



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE
CIENCIAS MARINAS



ICTIOFAUNA DE ARRECIFES ROCOSOS EN LA ISLA
SAN JOSÉ, B. C. S., MÉXICO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA:

BIÓL. CARMEN AMELIA VILLEGAS SÁNCHEZ

DIRECTOR: DR. LEONARDO ANDRÉS ABITIA CÁRDENAS

LA PAZ B. C. S. MÉXICO

MAYO DE 2004



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE
CIENCIAS MARINAS**



**ICTIOFAUNA DE ARRECIFES ROCOSOS EN LA ISLA
SAN JOSÉ, B. C. S., MÉXICO**



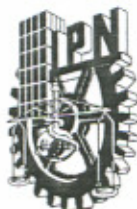
Tomada de Allen y Robertson, 1994.

PRESENTA:

BIÓL. CARMEN AMELIA VILLEGAS SÁNCHEZ

LA PAZ B. C. S. MÉXICO

MAYO DE 2004



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION
ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 10:00 horas del día 15 del mes de Abril del 2004 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

"ICTIOFAUNA DE ARRECIFES ROCOSOS EN LA ISLA SAN JOSÉ, B.C.S., MÉXICO"

Presentada por el alumno:

VILLEGAS

Apellido paterno

SÁNCHEZ

materno

CARMEN AMELIA

nombre(s)

Con registro:

A	0	2	0	0	9	5
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

Director de tesis
PRIMER VOCAL

DR. LEONARDO ANDRÉS ABITIA CARDENAS

PRESIDENTE

DR. JUAN FELIX ELORDUY GARAY

SECRETARIO

MC. FRANCISCO JAVIER GUTIÉRREZ SÁNCHEZ

SEGUNDO VOCAL

DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

TERCER VOCAL

MC. EDUARDO BALART PÁEZ

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. FRANCISCO ARREGUÍN SÁNCHEZ





INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 21 del mes Abril del año 2004, el (la) que suscribe CARMEN AMELIA VILLEGAS SÁNCHEZ alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro A020095 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. LEONARDO ANDRES ABITIA CARDENAS y cede los derechos del trabajo titulado: "ICTIOFAUNA DE ARRECIFES ROCOSOS EN LA ISLA SAN JOSÉ, B.C.S. MÉXICO"

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: cvillegas@ipn.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

CARMEN AMELIA VILLEGAS SANCHEZ

nombre y firma

DEDICATORIA:

A mis padres por su gran apoyo incondicional y sus magnas enseñanzas, pero sobre todo por ese gran amor con el que cubren su hogar y con el que cualquiera sería feliz.

Agradecimientos:

A mi grandiosa familia por que sin su apoyo y compañía mis sueños nunca llegarían a ser una realidad.

Papá: por que tu seguridad y ejemplo de superación son una llave importante en mi vida.

Mamá: no tengo palabras para decirte MIL GRACIAS por que, realmente eres la mejor mamá del mundo. Gracias por toda tu ternura y amor, y por que siempre tienes un detalle especial bajo la manga.

Andrea, Ro, Fo y Cho ¿qué hubiera sido la vida sin ustedes? Por todos esos momentos maravillosos que hemos compartido.

Al Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas por que desde que le escribí por primera vez sentí su apoyo, sin el cual esta tesis no se hubiera llevado a cabo. Gracias Doc por todas sus enseñanzas y paciencia.

Al Dr. Felipe Galvan Magaña, ya que es quien de cierto modo le pone sabor bonachón a las estancias en este equipo de trabajo.

A Don Pancheiro por su gran apoyo en el campo y en la revisión de esta tesis. Ojalá que su espíritu de ayuda nunca se termine.

Al Dr. Eduardo F. Balart y al Dr. Juan F. Elorduy por las acertadas correcciones realizadas en la revisión de esta tesis.

Al cardumen (Mary, Ofe, Xchel y Dana) por que a pesar de los momentos difíciles que vivimos juntos nuestra amistad nunca sufrió daño alguno.

A Mary, yo se que es difícil compartir 20 de las 24 horas del día con alguien, pero muchas veces pensé que era más difícil pasarlas sola. Gracias por todos esos momentos especiales.

A todos los que de alguna manera contribuyeron a la elaboración de esta tesis y a que mi estancia en esta ciudad fuera más placentera: Erick, el Huata, Don Cone, Deivis, Miguel, Nay, Caroline, Marcela, Zullete, Mario, Alex, Felipe, Carmen, Noemí, Alfredo y Ruth.

A la familia Del Rosal Pardo (Don Toño, Doña Rocío, Edgar y Toño) por su infinita hospitalidad y por que muchas veces me brindaron ese calor de hogar que en ocasiones hace falta.

A mis dos grandes amigas: Luz Ma y Marce por esas noches de desvelo debido a platicas interminables en las que apenas nos acomodábamos para dormir sonaba el despertador por que ya era hora de levantarse.

A la persona que revolucionó mis ideales y cambió mi vida ... gracias Gerardo.

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN) por brindarme la oportunidad de realizar mi maestría en sus instalaciones e integrarme al proyecto Fauna Íctica Insular del Golfo de California: Isla San José.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y al Programa Institucional para la Formación de Investigadores (PIFI) por el apoyo económico brindado.

ÍNDICE

Lista de figuras	ii
Lista de tablas	iii
Glosario	v
Resumen	vi
Abstract	vii
Introducción	1
Antecedentes	4
Justificación	7
Objetivo general	9
Objetivos particulares	9
Área de estudio	10
Materiales y métodos.....	13
a) Método de muestreo	13
b) Afinidad ictiogeográfica	15
c) Características del hábitat	16
d) Parámetros ecológicos	16
e) Clasificación de las especies de acuerdo a su abundancia relativa.....	18
Resultados	20
a) Composición de especies	20
b) Afinidad ictiogeográfica	21
c) Descripción del hábitat	21
d) Índices ecológicos	26
Discusión	48
a) Composición de especies	48
b) Efectos del hábitat	51
c) Variación espacial	52
d) Variación temporal	57
e) Especies dominantes	60
Conclusiones	62
Recomendaciones	63
Bibliografía	65
Anexos	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Localización de las cinco áreas seleccionadas para el estudio en la Isla San José.....	12
Figura 2.	Esquematación de los censos visuales realizados con transectos de 50 m de largo por 5 m de ancho.....	14
Figura 3.	Distribución de las especies de acuerdo a su abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia.....	22
Figura 4.	Porcentaje de especies pertenecientes a las diferentes provincias biogeográficas.....	21
Figura 5.	Temperatura promedio de las dos profundidades para cada uno de los sitios a lo largo del ciclo anual de muestreo.....	24
Figura 6.	Cobertura de roca y arena de cada uno de los sitios de muestreo.....	25
Figura 7.	Gráfica del número de especies acumuladas contra metros lineales muestreados, se señala la distancia a la que se observa la primera asíntota en el eje “y”.....	26
Figura 8.	Valores de riqueza total para cada una de las zonas de muestreo.....	27
Figura 9.	Datos de riqueza total en cada uno de los sitios y temperatura a lo largo del ciclo anual.....	28
Figura 10.	Riqueza total en los sitios para las dos épocas del año determinadas.....	29
Figura 11.	Abundancia promedio en cada uno de los sitios estudiados.....	30
Figura 12.	Variaciones de la abundancia promedio en los diferentes meses muestreados.....	30
Figura 13.	Abundancia total para cada uno de los sitios en las dos épocas del año establecidas.....	31
Figura 14.	Valores de diversidad promedio en los sitios de muestreo.....	32
Figura 15.	Diversidad promedio en los diferentes meses de muestreo.....	32
Figura 16.	Valores de diversidad en los sitios de estudio durante la época cálida y fría.....	33
Figura 17.	Valores de la equidad promedio en las zonas de muestreo.....	35
Figura 18.	Equidad promedio para los meses muestreados.....	36
Figura 19.	Equidad observada en las dos épocas del año para cada uno de los sitios.....	36
Figura 20.	Resultados del IVB para los seis meses de muestreo y el análisis total.....	38

Figura 21.	Especies con mayor porcentaje en el IVB para las dos épocas del año.....	39
Figura 22.	Resultados del IVB en cada sitio con su respectivo nivel de profundidad.....	40
Figura 23.	Especies dominantes para cada una de las profundidades estudiadas en el área de la Isla San José.....	41
Figura 24.	Análisis de agrupamiento para los cinco sitios de muestreo en la Isla San José y en los dos niveles de profundidad.....	42
Figura 25.	Análisis de componentes principales para los datos de abundancia, mostrando el componente 1 vs 2 (MI=Melón Intermedia, MS=Melón Somera, PI=Pardito Intermedia, PS=Pardito Somera, CI=Conejo Intermedia, CS=Conejo Somera, FI=Faro intermedia, FS=Faro Somera, SFI=San Francisquito Intermedia y SFS=San Francisquito Somera).....	44
Figura 26.	Análisis de Componentes principales para la matriz de parámetros: profundidad, temperatura, cobertura de roca, rugosidad, riqueza de especies, abundancia y diversidad (MI=Melón Intermedia, MS=Melón Somera, PI=Pardito Intermedia, PS=Pardito Somera, CI=Conejo Intermedia, CS=Conejo Somera, FI=Faro intermedia, FS=Faro Somera, SFI=San Francisquito Intermedia y SFS=San Francisquito Somera).....	46
Figura 27.	Proyección de las variables en el componente 1 y 2 para la matriz de parámetros: Profundidad (Prof.), Temperatura (Tem.), Cobertura de roca, Rugosidad, Riqueza de especies, Abundancia y Diversidad.....	47

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Valores de rugosidad para cada una de las estaciones de muestreo y para los dos niveles de profundidad.....	23
Tabla 2.	Análisis de correlación para la rugosidad con respecto a los datos de abundancia, riqueza y diversidad.....	24
Tabla 3.	Análisis de correlación para la cobertura con respecto a los datos de abundancia, riqueza y diversidad.....	25
Tabla 4.	Análisis de variancia de una vía, considerando meses, profundidad y sitios de muestreo para los datos de riqueza (95 % de	

	confiabilidad).....	29
Tabla 5.	Análisis de variancia de una vía, considerando épocas, profundidad y sitios de muestreo (95 % de confiabilidad).....	34
Tabla 6.	Resultados de la prueba de Fisher aplicada a los diferentes sitios (95 % de confiabilidad).....	34
Tabla 7.	Variancia explicada de cada uno de los componentes obtenidos en el análisis de ordenación.....	43
Tabla 8.	Variancia explicada para cada uno de los componentes obtenidos en el análisis de ordenación para los parámetros: profundidad, temperatura, cobertura de roca, rugosidad, riqueza de especies, abundancia y diversidad.....	45

◆ GLOSARIO ◆

Arrecife: desde el punto de vista ecológico un arrecife es cualquier estructura sumergida que provee de un sustrato duro para el crecimiento de vida marina (Thomson *et al.*, 2000).

Asociación: reunión de organismos, que forman parte de una comunidad, para un fin determinado en un mismo lugar.

Comunidad: población mixta, formada por individuos de diferentes especies que viven en un espacio continuo delimitado de manera convencional (Margalef, 1982).

Eigenvalores: término utilizado en las técnicas de ordenación que indica la variancia explicada con la que cada componentes influye en el análisis

Eigenvectores: término utilizado en las técnicas de ordenación que indica con qué proporción de la variancia influyen las variables, son los coeficientes de cada una de las variables.

Estructura de la comunidad: orden de importancia particular en el que se encuentra alguna unidad ecológica en un área determinada (Jiménez-Gutiérrez, 1999).

Hábitat: espacio utilizado por un organismo en conjunto con otros con los cuales coexiste y los elementos climáticos que lo afectan (Aburto-Oropeza, 1999).

Ictiofauna: fauna que integra el grupo de los peces

Isla: es una extensión natural de tierra rodeada de agua que se encuentra sobre el nivel de ésta en pleamar.

Nicho: función de una especie en un ecosistema; papel o lugar de un organismo después de adaptarse a todos los factores bióticos y abióticos de su ambiente (Aburto-Oropeza, 1999).

Parámetros ecológicos: características numéricas acerca de la comunidad que pueden ser univariados o multivariados.

Peces conspicuos: organismos que debido a sus características morfológicas son fácilmente visibles (González-Cabello, 2003).

Peces de arrecife rocoso: organismos cuyas historias de vida están íntimamente asociadas con el sustrato rocoso con propósitos de alimentación, refugio y/o reproducción (Thomson *et al.*, 2000).

Variaciones espaciales: cambios estructurales de la comunidad en un área establecida.

Variaciones temporales: cambios estructurales de la comunidad a través de un tiempo determinado.

◆ RESUMEN ◆

Los arrecifes son ecosistemas marinos costeros de alta diversidad en los que se crea una compleja trama de interacciones intraespecíficas e interespecíficas. Los trabajos realizados sobre peces de arrecife en el Golfo de California se han enfocado fundamentalmente a la descripción faunística y pocos a la estimación de las abundancias. En el presente estudio se eligieron cinco sitios de muestreo situados en las cercanías de la Isla San José, B.C.S., México. Se analizó la composición, diversidad y abundancia de la ictiofauna de cada uno de estos arrecifes rocosos durante octubre/2001 - agosto/2002, así como las variaciones espaciales y temporales. Las especies y sus abundancias se registraron por medio de censos visuales, los cuales se realizaron sobre un transecto de 50 metros de largo por cinco de ancho a dos niveles de profundidad: somera (1.5 m) e intermedia (6 m), empleando equipo de buceo autónomo. Se contabilizaron un total de 26,946 individuos pertenecientes a 84 especies agrupadas en 31 familias. Las que presentaron el mayor número de especies fueron Serranidae (9), Labridae (8), Pomacentridae (7), Haemulidae (6) y Scaridae (5). El 70.2 % de las especies registradas pertenecieron a la provincia Panámica, lo que indica que son especies de origen subtropical-tropical. La rugosidad presentó una relación positiva significativa con los datos de abundancia ($R = 0.6786$, $p_{\alpha 0.05} = 0.0310$), riqueza ($R = 0.6538$, $p_{\alpha 0.05} = 0.0403$) y diversidad ($R = 0.7008$, $p_{\alpha 0.05} = 0.0240$) lo cual podría deberse a que zonas con altos valores de rugosidad ofrecen a las asociaciones de peces más áreas de alimentación y refugio. Los índices ecológicos comunitarios mostraron una tendencia al aumento durante la temporada cálida, aunque la prueba de Fisher no mostró diferencias significativas entre las dos épocas del año (cálida y fría). Sin embargo, espacialmente, se observaron variaciones significativas entre las profundidades ($p < 0.05$) tanto para la diversidad como para la riqueza y, para el caso de los sitios sólo la diversidad varió significativamente. Los valores más altos de diversidad y riqueza se registraron en los sitios ubicados en el área expuesta de la isla (Conejo, El Pardito y San Francisquito). El Índice de Valor Biológico (IVB) indicó que las especies representativas de este tipo de hábitat fueron *Stegastes rectifraenum*, *Abudefduf troschelii*, *Thalassoma lucasanum*, *Scarus ghobban* y *Mulloidichthys dentatus*. Con el análisis de componentes principales, se determinó que dos de las variables ambientales que mayor influencia presentan en la estructuración de las asociaciones de peces de arrecifes rocosos son la profundidad y la exposición al oleaje.

◆ ABSTRACT ◆

Reefs are coastal marine ecosystems of high diversity in which a complex of inter- and intraspecies interactions is created. The works done on reef fish in the Gulf of California are focused specifically on description of fauna. There have been few estimations of species abundance made. For our work, five sites were chosen near Isla San José, B. C. S., México. Ichthyologic composition, diversity, and abundance from each area of the rocky reef during October 2001 to August 2002 were analyzed, as well as the temporal and spatial variations. Abundance of species was recorded by visual censuses, which were done over a transect of 50 meters by 5 meters at two depths, shallow (1.5 m) and intermediate (6 m), by using SCUBA equipment. A total of 26,946 organisms were counted. They belonged to 84 species in 31 families. The families with the greatest number of species were Serranidae (9), Labridae (8), Pomacentridae (7), Haemulidae (6), and Scaridae (5). Seventy percent of the recorded species belonged to the Panamic Province, species of subtropical-tropical origin. The rugosity showed a significant positive relationship with the abundance data ($R = 0.6786$, $P_{\alpha 0.05} = 0.031$), richness ($R = 0.6538$, $P_{\alpha 0.05} = 0.0403$) and diversity ($R = 0.7008$, $P_{\alpha 0.05} = 0.024$). This kind of zone, with a bottom covered with various-sized rocks, may offer more feeding and refuge areas to fish associations. The community ecological index showed an apparent, increasing tendency during the warm season. The Fisher proof did not show significant differences ($P \geq 0.05$) between the two seasons (warm and cold). Even though spatially significant variations ($P < 0.05$) were observed between depths, diversity, and richness, for different sites only diversity varied significantly. The highest values of diversity and richness were recorded at the sites in the exposed area of the island (Conejo, El Pardito and San Francisquito). The Index of Biological Value (IBV) indicated the representative species from this type of habitat were *Stegastes rectifraenum*, *Abudefduf troschelii*, *Thalassoma lucasanum*, *Scarus ghobban*, and *Mulloidichthys dentatus*. By using the analysis of principal components, the two environmental variables with greater influence on the structure of the rocky reef fish associations were shown to be depth and wave exposure.

♦ INTRODUCCIÓN ♦

Los arrecifes son ecosistemas marinos costeros complejos en los que existen una gran cantidad de interacciones interespecíficas e intraespecíficas. Estas comunidades se caracterizan por poseer una elevada riqueza específica y una gran diversidad en comparación con otras asociaciones de peces (Sale 1991), lo cual se asocia a las diferencias en el grado de exposición al oleaje, corrientes, luminosidad, fuentes de alimento, profundidad, temperatura entre otras características del arrecife, y que crean una gran cantidad de nichos (Lieske y Myers, 1996).

Una de las mayores biodiversidades submarinas del Golfo de California se encuentra en sus arrecifes rocosos. Estos se localizan a menos de 50 m de profundidad y se extienden principalmente a lo largo de su costa occidental y de sus más de cien islas e islotes. No existen arrecifes coralinos en el área a excepción de Cabo Pulmo, el cual se encuentra entre Los Frailes y Cabo San Lucas, Baja California Sur. Este último no se adecua estrictamente a la definición de arrecife puro pero puede ser considerado como un verdadero arrecife de coral, aunque muy joven y limitado en tamaño (Brusca y Thomson, 1975; Thomson *et al.*, 2000).

Se conocen alrededor de 750 especies que habitan en todos los ambientes del Golfo de California (Thomson y Gilligan, 1983), de las cuales 282 corresponden a peces característicos de fondos suaves (arena, arcilla o lodo), 271 a fondos duros, 119 son pelágicos y 81 de profundidad (Castro-Aguirre *et al.*, 1995).

La diversidad de peces arrecifales en el Golfo de California es elevada debido a su localización geográfica, la cual favorece la presencia de algunos organismos de las aguas templadas de la corriente de California y de la fauna panámica de origen tropical; además de encontrar ciertos organismos que provienen de la región del Indo-Pacífico. Al respecto, Walker (1960) calculó que el 73 % del total de las especies ícticas del Golfo de California está constituido por especies panámicas, 10 % de formas ártico-boreales (incluyendo especies compartidas con la ictiofauna californiana, oregoniana y canadiense) y 17 % son endémicas (Thomson *et al.*, 2000; Thomson y Gilligan, 1983; Castro-Aguirre *et al.*, 1995). Su diversidad es

comparable a lugares como las Bahamas, Hawaii y el norte del Golfo de México (Thomson *et al.*, 2000).

Thomson *et al.* (2000) determinaron 3 ambientes bien delimitados para el Golfo de California: alto Golfo, Golfo central y bajo Golfo. El alto Golfo se localiza al norte de una línea imaginaria que se extiende desde la Bahía de San Francisquito, Baja California, incluyendo la porción sur de la Isla Tiburón y llega hasta Bahía Kino, Sonora. Presenta un amplio rango anual de temperatura superficial del mar que va de los 12°C a los 33°C. La comunidad de peces de arrecife en esta región es relativamente pobre en especies y muestra grandes fluctuaciones estacionales de la población. El área del Golfo central, ubicado desde Bahía Kino a Guaymas y desde Bahía San Francisquito hasta La Paz está caracterizada por una ictiofauna subtropical, típica de la fauna panámica, la cual es más abundante y diversa que en el alto Golfo. Los peces en esta zona son más coloridos que las especies crípticas parduscas características de las costas rocosas de la parte norte. El bajo Golfo se extiende desde La Paz a Cabo San Lucas, B. C. S. y desde la parte sur de Guaymas, Sonora hasta Mazatlán, Sinaloa. En esta región los arrecifes son escasos para el caso de la costa de Sinaloa; sin embargo la costa de Baja California Sur se caracteriza por poseer una fauna abundante y el único arrecife coralino del Golfo de California. En esta zona la temperatura del agua oscila entre los 20°C y 30°C.

La Isla San José (ubicada en el golfo Central, de acuerdo a Thomson *et al.*, 2000), debido a sus características arrecifales constituye actualmente una zona tradicional e importante de pesca, por lo que es objeto de explotación permanente de sus recursos ícticos. Además, alberga una alta diversidad de especies potencialmente explotables. No obstante lo anterior, esta isla ha sido poco estudiada por lo que se desconocen muchos aspectos relacionados con la composición y estructura de su comunidad íctica.

En este contexto, la presente investigación aportará conocimientos nuevos de carácter ecológico que hasta el momento no se han investigado en los peces conspicuos de los arrecifes rocosos de la Isla San José. Esto permitirá conocer

cuáles son las especies dominantes que constituyen recursos importantes, y detectar las que pudieran ser consideradas como recursos potenciales.

♦ ANTECEDENTES ♦

La mayoría de los estudios realizados sobre la estructura de las asociaciones en ecosistemas arrecifales han sido desarrollados sobre arrecifes coralinos de Australia, Mar Rojo y Mar Caribe (e.g., Glynn *et al.*, 1972; Goldman y Talbot, 1976; Gladfelter *et al.*, 1980; Sale y Douglas, 1984; Lewis, 1986; Callum y Ormond, 1987; Galzin, 1987 a, b; Roberts y Ormond, 1987; Anderson *et al.*, 1989; Letourneur y Chabanet, 1994).

En el Golfo de California los estudios de la ictiofauna arrecifal que sobresalen son los trabajos sobre la descripción de las especies que se encuentran asociadas a las zonas costeras (Steinbeck y Ricketts, 1941; Walker, 1960; Brusca y Thomson, 1975; Molles, 1978; Thomson y Gilligan, 1983; Allen y Robertson, 1994; Fisher, *et al.*, 1995; Thomson *et al.*, 2000; Gotshall, 2001) y los elencos sistemáticos de Abitia-Cárdenas *et al.* (1994), Balart *et al.* (1995) y Galván-Magaña *et al.* (1996).

En cuanto a los estudios sobre la demanda y manejo de las especies arrecifales del Golfo de California, han sido realizados por Piña-Espallargas (2000), quien estima que para el Golfo de California existen alrededor de 236 especies que se han capturado tanto para acuarios educativos como para fines comerciales; Almenara-Roldán (2000) establece que la demanda que existe en el mercado acuarístico internacional para especies provenientes del Mar de Cortés está enfocada principalmente a las especies endémicas y también menciona que dos de las especies más buscadas y abundantes dentro del Golfo de California son el ángel de cortés (*Pomacanthus zonipectus*) y el ángel rey (*Holacanthus passer*). Sala y Sánchez-Ortíz (2000) mencionan que probablemente la explotación comercial de estas especies no es rentable económicamente si se pretenden conservar las poblaciones de peces de arrecife, por lo que recomienda a la par de estas acciones realizar estudios dirigidos a la reproducción en cautiverio de estas especies.

Trabajos sobre la ictiofauna de comunidades coralinas son los desarrollados por: Villarreal-Cabazos *et al.* (2000) quienes elaboraron un listado de las especies de peces presentes en el arrecife coralino de Cabo Pulmo registrando un total de 236

especies, pertenecientes a 155 géneros y 60 familias. Reyes-Bonilla y Calderón-Aguilera (1999) analizaron la densidad poblacional, distribución y tasa de consumo de tres coralívoros en el arrecife de Cabo Pulmo; Romero-Ponce (2002) estudió las comunidades de peces crípticos asociados a cabezas de coral en cuatro localidades de la Bahía de La Paz (Los Islotes, La Ballena, San Gabriel y El Portugués), encontrando que las familias que registraron un gran número de especies fueron Gobiidae, Muraenidae, Pomacentridae, Tripterygiidae y Serranidae; González-Cabello (2003) determinó las variaciones espacio temporales de las asociaciones de peces crípticos en arrecifes coralinos y rocosos de la región de La Paz, B.C.S., reportando que desde el punto de vista espacial si existen variaciones pero temporalmente no.

Para el caso específico de estudios en arrecifes rocosos se tienen los llevados a cabo por Pérez-España *et al.* (1996) sobre las variaciones espaciales y temporales de la comunidad de peces de arrecifes rocosos en cuatro sitios de la costa suroeste del Golfo de California, registrando un total de 76 especies; Sánchez-Ortíz *et al.* (1997) estudiaron la densidad poblacional y la estructura comunitaria en 11 sitios localizados entre la Isla Cerralvo y la Isla San Dieguito incluyendo las islas de la Bahía de La Paz, registrando una riqueza de 101 especies, pertenecientes a 40 familias; ellos proponen la presencia de un gradiente latitudinal norte-sur en la abundancia y distribución de algunas especies.

Jiménez-Gutiérrez (1999) determinó la abundancia y la estructura comunitaria de peces de arrecife rocoso en tres localidades de la Isla Cerralvo, contabilizando un total de 89 especies; Aburto-Oropeza y Balart (2001) estimaron la relación existente entre la distribución y la diversidad de peces conspicuos de arrecife rocoso con respecto a su hábitat; en el área de Los Islotes. Menciona que existe una relación entre las características físicas del ambiente y las distintas especies.

Arreola-Robles y Elorduy-Garay (2002) establecieron la variación espacio-temporal de la diversidad de peces en arrecifes de la región de La Paz. Viesca-Lobatón (2003) determinó si la influencia de las características del hábitat sobre la estructura de la comunidad de peces arrecifales se mantiene en una escala espacial

amplia en la parte Sur-Occidental del Golfo de California, encontrando que en esta escala el principal elemento de distinción entre arreglos es la latitud, seguido de las características del micro hábitat. Galván-Piña *et al.* (2003), estudiaron la estructura estacional de las asociaciones de peces de hábitats rocosos y arenosos en la Bahía de La Paz, observando que temporalmente no existen variaciones significativas, pero espacialmente sí.

En la Isla San José el único estudio realizado sobre su ictiofauna es el realizado por Uscanga-Aguilar (2002), quien describió la estructura de la comunidad de peces capturados con red agallera, registrando un total de 62 especies y observando un patrón estacional en el número de especies, riqueza específica y diversidad.

♦ JUSTIFICACIÓN ♦

Los arrecifes son estructuras que ofrecen protección a la costa con respecto al mar abierto, permitiendo el desarrollo de ecosistemas interdependientes como manglares y pastos marinos; ofrecen un valor estético y recreativo a las zonas en donde se presentan; además de su valor socioeconómico el cual ha sido ampliamente reconocido ya que proporcionan ingresos económicos a los diferentes países en actividades como la pesca y el turismo (Vázquez-Domínguez, 2000).

Los arrecifes proveen de peces, moluscos y crustáceos a diversas comunidades costeras de países en desarrollo. En muchas ocasiones los peces que anteriormente no eran explotados ahora sobrepasan el valor que tendrían con fines de alimentación (Beekhuis, 1981; Lieske y Myers, 1996.).

Del total de las especies de ornato capturadas mundialmente, cerca del 5 % son extraídas del Golfo de California, ya que esta región posee gran interés a escala mundial por sus características y ambientes únicos. Es por ello que en esta área al igual que en otros sitios que cuentan con arrecifes, se realizan actividades de extracción de peces e invertebrados que son comercializados o exhibidos en acuarios educativos (Piña-Espallargas, 2000). Pese a todo ello, hasta el momento no existe una legislación propia para la captura de estas especies en México, lo cual es justificado por la falta de información ecológica de estos ecosistemas (Almenara-Roldan, 2000; Sala y Sánchez-Ortíz, 2000).

Por ello es necesario desarrollar investigaciones para conocer las características de estructura y funcionamiento de estos ecosistemas. Una vía apropiada es la realización de censos intensivos en áreas pequeñas con la finalidad de conocer los aspectos relativos a la microdistribución de los componentes de la comunidad, e inferir los posibles mecanismos que generan los patrones observados.

Para el caso específico de la Isla San José, la cual presenta arrecifes rocosos y se supone, una gran diversidad de peces, hasta el momento no hay ningún estudio publicado sobre su ictiofauna. Por lo tanto se requiere de una descripción lo más

detallada posible de sus comunidades. Por ello se planteó este estudio con el que se pretende describir y analizar algunas de las asociaciones de peces conspicuos de arrecifes rocosos y con ello aportar la primera valoración cualitativa y cuantitativa de su ictiofauna.

Estas investigaciones aportan una herramienta básica para el buen aprovechamiento de este tipo de ambientes sin afectar su funcionamiento, es decir, brindan pautas para crear adecuados planes de manejo. Sobre todo por la actual demanda que existe hacia este tipo de organismos con fines de exhibición y los planteamientos de desarrollos turísticos en la isla.

♦ OBJETIVOS ♦

Objetivo general:

Describir la composición y variación espacio-temporal de la ictiofauna de arrecifes rocosos de la Isla San José, B.C.S. México.

Objetivos particulares:

- ♦ Establecer la composición específica de la ictiofauna de los arrecifes rocosos estudiados.
- ♦ Determinar la afinidad ictiogeográfica de los peces presentes en los sitios de muestreo.
- ♦ Caracterizar la estructura de las asociaciones ícticas de arrecifes rocosos por medio de sus atributos ecológicos (abundancia, riqueza, diversidad, equidad y dominancia).
- ♦ Establecer la influencia de la estructura del hábitat (rugosidad y cobertura de roca-arena) y la temperatura en las especies de peces de los sitios estudiados.
- ♦ Analizar las diferencias entre sitios, profundidades y épocas del año en cada uno de los arrecifes rocosos.

♦ ÁREA DE ESTUDIO ♦

La Isla San José se encuentra al norte de la Bahía de La Paz separada de la península por el canal que lleva su mismo nombre. Está comprendida entre los 24°52' y 25°06' de latitud norte y 110°43' y 110°35' de longitud oeste (Bourillón-Moreno *et al.*, 1988). Es de origen volcánico, tiene 194 km² de superficie, 28 km de largo y aproximadamente 7.5 km de ancho promedio, su mayor altura es de 633 m y en algunas áreas está cubierta de vegetación (Anónimo, 1987).

Sus costas son altas y acantiladas principalmente en el lado oriental; en el occidente hay algunas caletas protegidas de los vientos dominantes con pequeñas playas en su interior. La costa suroeste tiene extensas playas arenosas en la Bahía Amortajada y al sur de ésta se encuentra un laberinto de canales y lagunas bordeadas por manglar (Bourillón-Moreno *et al.*, 1988).

El promedio anual de la temperatura superficial del mar es de 24.3 °C (COADS, 1996), pero tiende a presentar fluctuaciones entre invierno y verano de hasta 15.1 °C (Fig. 1).

En esta área se eligieron cinco sitios para realizar el estudio en las cuales se tomó en cuenta que existieran arrecifes rocosos bien desarrollados:

Conejo: se ubica al sur de la Isla San José con coordenadas: 24°52'30.0''N y 110°32'02.2''W. En esta zona la profundidad máxima que se registró fue de 8.5 m y la mínima de 1.0 m; la exposición al oleaje es elevada.

El Pardito: se localiza en las cercanías del islote El Pardito (24°51'13.1''N y 110°34'46.5''W), el cual se ubica al sur de la Isla San José y en el que habitan permanentemente familias de pescadores.

Para esta zona la mayor profundidad registrada fue de 8 m y la mínima de 1.9 m; al igual que en el sitio anterior ésta zona esta expuesta al oleaje.

San Francisquito: como su nombre lo indica se ubica en las costas de una pequeña Isla de nombre similar, San Francisco, la cual está a 1.4 km al sur de Roca del Coyote y a 8.3 km de Cabeza de Mechudo, tiene 2.8 km² y una altura de 210 m; sus costas son acantiladas con alturas de 6 a 45 metros y playas de arena (Bourillón-Moreno *et al.*, 1988).

Las coordenadas de esta fueron 24°49'38.6''N y 110°35'14.2''W; la profundidad máxima muestreada fue de 6.5 m y la mínima de 1.5 m; esta área también se consideró como una zona expuesta.

El Faro: se ubicó en la parte suroeste de la isla San José (24°55'04.4''N y 110°38'32.1''W), y al norte de la Bahía Amortajada la cual es una zona extensa de playas arenosas.

Esta área se caracterizó por ser una zona muy somera, la profundidad máxima a la que se censó fue 4.6 m y la mínima 1.5 m; la exposición al oleaje y viento de esta zona es menor que para las zonas anteriores debido a la protección que ofrece la isla.

Melón: fue el sitio más norteño y se localizó en el lado oeste de la Isla San José (24°59'33.1''N y 110°40'26.0''W). La profundidad máxima a la que se muestreo fue de 9.6 m y la mínima de 1.5 m, ésta zona al igual que la anterior se localizó en un área protegida contra viento y oleaje.

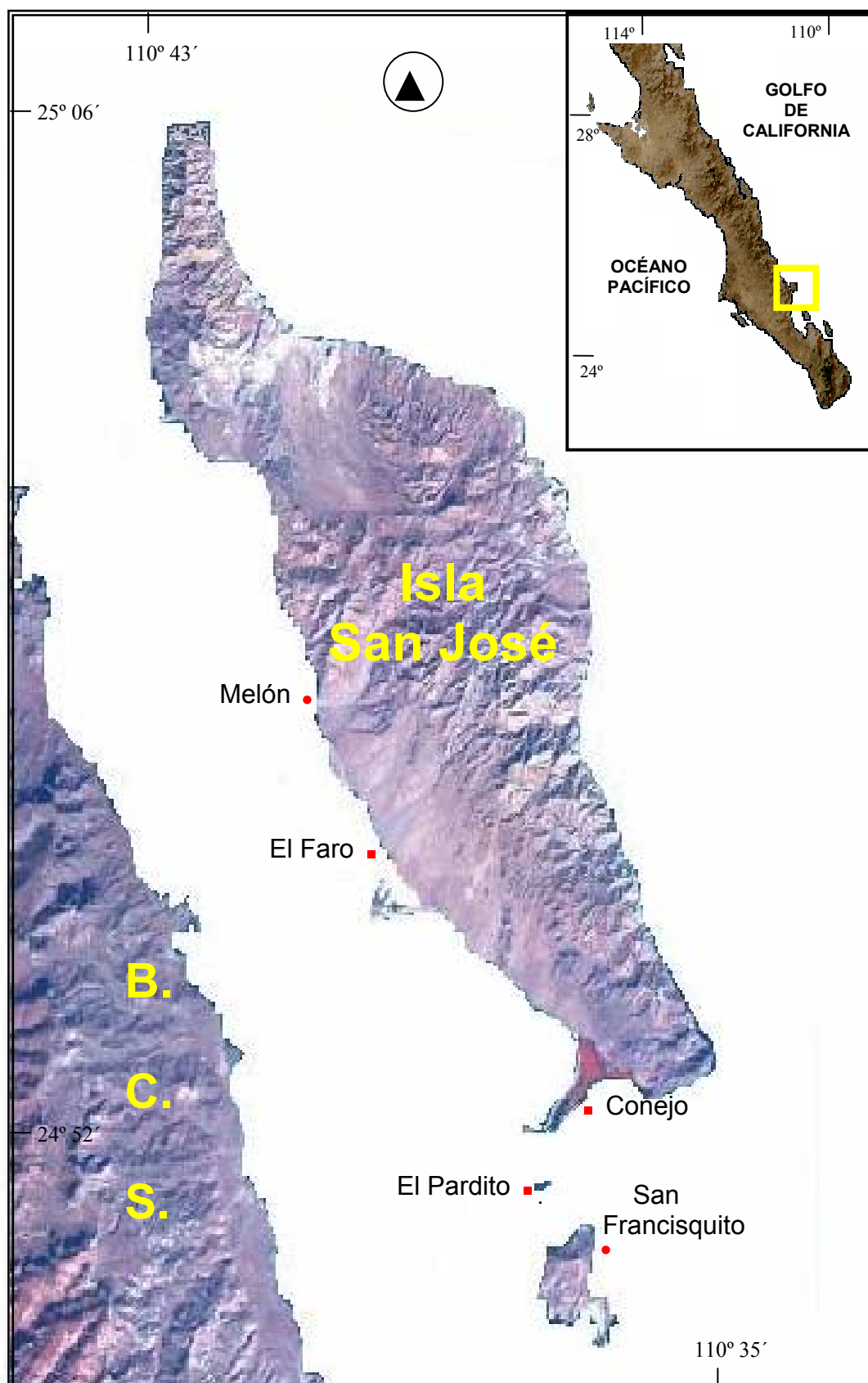


Figura 1. Localización de las cinco áreas seleccionadas para el estudio en la Isla San José.

♦ MATERIALES Y MÉTODOS ♦

En el presente estudio se realizaron seis muestreos durante los meses de octubre-01, enero-02, marzo-02, mayo-02, junio-02 y agosto-02 en la Isla San José.

a) Método de muestreo:

Se utilizó el método de censos visuales debido a que éste ha sido ampliamente utilizado en estudios de ecología de peces en este tipo de ecosistemas (Bortone *et al.*, 1991).

Este método presenta algunas desventajas como la subestimación de las abundancias de algunas especies, la no observación de especies crípticas y nocturnas, así como otras limitantes, como el efecto que causan las diferencias en la transparencia, temperatura y velocidad de nado durante cada uno de los muestreos (Brock, 1982; Sale y Sharp, 1983). Esto se ve compensado por ser un tipo de muestreo práctico, no destructivo y permitir la estimación de la riqueza y abundancia de la ictiofauna con poco empleo de tiempo en el campo, y sin afectar al medio con métodos como el marcado-recaptura o las trampas. Además, al no extraer organismos se pueden observar las variaciones temporales y espaciales. Brock (1982) demostró que esta técnica provee una buena evaluación de aquellas especies de peces que son de actividad diurna.

Los censos se realizaron por medio de transectos utilizando equipo de buceo autónomo, ya que esta técnica se recomienda cuando lo que se desea es obtener una estimación cuantitativa de la abundancia (Sanderson y Solonsky, 1986). Se tiene un control sobre la superficie muestreada y está menos influenciada por aspectos tales como la corriente y/o la velocidad de nado del buceador (Jiménez-Gutiérrez, 1999).

En este estudio se usó un transecto de 50 metros de largo por cinco de ancho, estimándose que el área total muestreada fue de 250 m² (Fig. 2). Ésta es una de las longitudes más ampliamente usada. A este respecto Elorduy-Garay y Jiménez-

Gutiérrez (2000) demostraron que con esta distancia se obtienen muestras representativas para describir la estructura comunitaria en este tipo de ambientes.

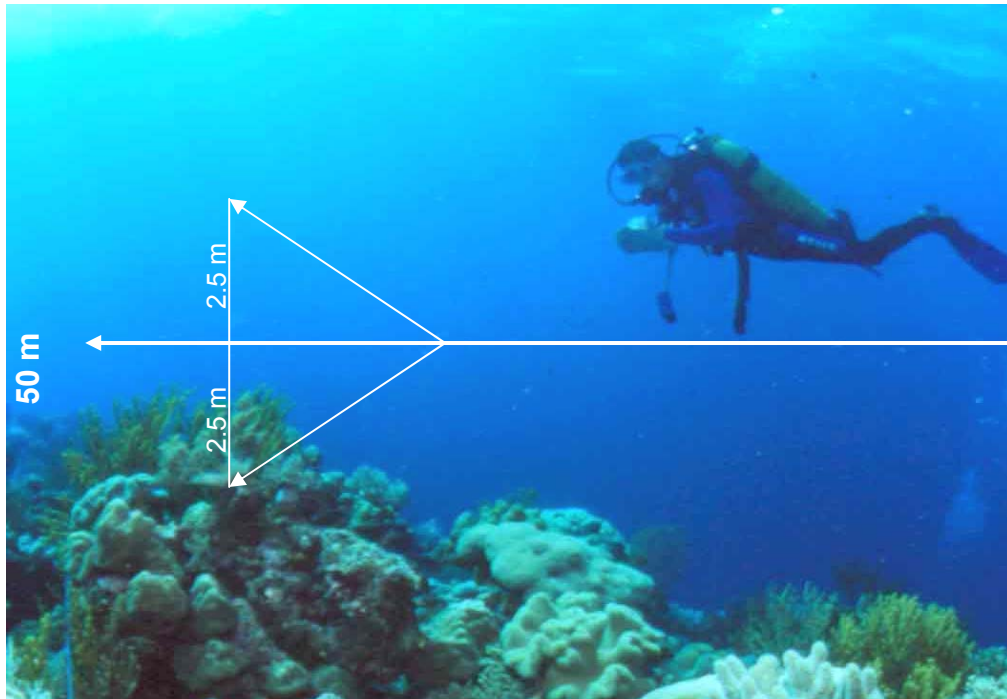


Figura 2. Esquematzación de los censos visuales realizados con transectos de 50 m de largo por 5 m de ancho.

Los censos se efectuaron en horarios diurnos entre las 10:00 y 16:00 horas, que es cuando la iluminación es mejor. Los transectos se realizaron desde un punto fijo, registrando las coordenadas con un posicionador por satélite (GPS) y una marca de costa, a partir de la cual se efectuó el transecto. Las especies de peces y sus abundancias se anotaron en hojas de acrílico con lápices de grafito.

Antes de comenzar los muestreos se estudiaron, hasta memorizar, las diferentes formas y patrones de coloración de las especies de peces de arrecife que se podrían encontrar en el área de estudio con ayuda de guías fotográficas (Allen y Robertson, 1994; Thomson *et al.*, 2000; Gotshall, 2001). Sincrónicamente se realizó un entrenamiento para la estimación de las abundancias. En los casos en los que existía duda con la identificación de alguna de las especies observada, se efectuó una descripción de colores y formas o se tomaban fotografías para su consulta

posterior en laboratorio con la bibliografía (e.g. Allen y Robertson, 1994; Fischer *et al.*, 1995; Thomson *et al.*, 2000; Gotshall, 2001).

En cada uno de los sitios seleccionados se realizaron dos repeticiones paralelas a la costa, tanto a 6 m como a 1.5 m de profundidad, por lo que en total para cada sitio se realizaban cuatro censos de 50 m de largo cada uno. Estos niveles se determinaron tomando en cuenta que los peces costeros tropicales presentan un alto grado de división del hábitat y que de manera general hay tres categorías principales: somera (0 a 4 m), intermedia (5 a 19 m) y profunda (20 m o más) (Allen y Robertson, 1994). Las repeticiones se llevaron a cabo con la finalidad de fijar el error estadístico de los datos.

b) Afinidad ictiogeográfica:

Con la finalidad de determinar el origen zoogeográfico de las especies presentes en la Isla San José se estableció la afinidad ictiogeográfica de cada una de éstas tomando como base los trabajos de Briggs (1960, 1974), Hubbs (1960), Walker (1960), Rosenblatt (1967), Thomson *et al.* (2000) y Galván *et al.* (2000).

1. Provincia Californiana: desde Bahía Magdalena a la frontera norte del estado de California, E. U. A.
2. Provincia Mexicana: desde Bahía Magdalena o Cabo San Lucas, B.C.S. al Istmo de Tehuantepec, Oaxaca (Galván *et al.* 2000).
3. Provincia de Cortés: incluye todo el Golfo de California, al sur limita con Cabo San Lucas y con Mazatlán, Sinaloa al este.
4. Provincia Panámica: desde Bahía Magdalena a Perú.
5. Pacífico Oriental: peces con amplia distribución en el Pacífico oriental, principalmente desde California a Perú.
6. Circumtropical: peces con amplia distribución en las zonas tropicales del mundo.
7. Indopacífico: especies que son originarias de la región del Indopacífico.

Algunas provincias se entremezclan en sus límites, pero las especies solo se asignaron a un área zoogeográfica de acuerdo a la zona en el que su distribución era mayoritaria.

c) Características del hábitat:

En todos los sitios de muestreo se registraron datos de la temperatura del agua, tanto en superficie como a la máxima profundidad de muestreo, con un termómetro de cubeta; así como algunas características fisiográficas, como cobertura del tipo de sustrato, la cual se estimó visualmente observando el porcentaje del fondo que cubría la roca y la arena. Únicamente se tomaron estos dos tipos de sustratos debido a que eran los dominantes en esta área de estudio.

La rugosidad se determinó calculando la relación existente entre la longitud real (L) y la longitud en línea recta o distancia horizontal (l) (L/l); para medir la longitud real se colocó una cadena de 9.7 m de longitud en el fondo siguiendo las salientes y entrantes del mismo.

d) Parámetros ecológicos:

Con la información generada se efectuó el análisis cuantitativo de los atributos ecológicos de las asociaciones de peces de arrecife rocoso de la Isla San José utilizando los siguientes índices:

Riqueza específica

Se evaluó contando el número de especies presentes en una muestra. Así se registraron los cambios en esta variable en las estaciones del año y en los distintos sitios. Es importante considerar que la riqueza está supeditada a un aspecto importante: no se conoce el total de las especies que componen la comunidad ya que lo que observamos es sólo una muestra y por lo tanto el valor resultante es limitado (Bravo-Núñez, 1991).

Con los datos de riqueza se graficó el número acumulada de especies contra la cantidad de metros muestreados, con la finalidad de determinar si el esfuerzo de muestreo era suficiente.

Diversidad:

Se calculó usando el índice de Shannon–Wiener (H'). Este índice es uno de los más utilizados para la evaluación de la diversidad de especies; sin embargo, en muchas ocasiones no se han considerado sus restricciones. A pesar de ello es importante poder comparar directamente un estudio con otro por lo que es adecuado ser consistente en la elección del índice de diversidad. Por esta razón puede ser mas informativo utilizar el mismo índice que se ha utilizado en otros trabajos (Magurran, 1988).

El índice de Shannon–Wiener proporciona una buena información sobre la comunidad, al considerar tanto el número de especies como las abundancias de cada una de éstas. Margalef (1972) demostró que los valores de este índice fluctúan de 1.5 a 3.5 y solamente en pocas ocasiones rebasa la cifra de 4.5, por su parte May (1975) menciona que si la distribución subyacente de los datos es del tipo lognormal, serían necesarias cien mil especies para obtener un valor mayor a 5. Valores bajos de diversidad son indicativos de que el ecosistema se encuentra sometido a situaciones de tensión y los valores altos se relacionan con comunidades estables.

$$H' = - \sum_{i=1}^n (n_i / N) \log_2 (n_i / N)$$

Donde n_i = número de individuos de la especie i

N = número total de individuos.

Equidad:

Fue evaluada utilizando el índice de Pielou (1975). Este índice considera en qué medida las especies son abundantes por igual. La equidad máxima se alcanza cuando todas las especies son igualmente abundantes, por lo tanto valores altos (cercaos a 1) equivalen a condiciones de uniformidad en la comunidad y valores bajos (cercaos a 0) indican dominancia alta de algunas especies.

$$J' = H' / H_{\max}$$

Donde: H' = índice de Shannon

$$H_{\max} = \ln S \text{ (} S = \text{número de especies)}$$

Análisis de variancia:

Para comprobar la existencia de diferencias significativas entre sitios, estaciones del año y profundidades para los datos de riqueza y diversidad se utilizó el análisis de variancia (Clarke y Warwick, 1994). En los casos que se encontraron diferencias significativas se usó la prueba de Fisher (Zar, 1996) de comparación múltiple de medias para determinar qué pares de medias difirieron significativamente.

Índice de valor biológico (IVB):

Propuesto por Sanders (1960), se utilizó para ordenar la importancia de las especies. Para calcularlo se asigna un valor de importancia a cada especie en función de su abundancia numérica en cada muestra, expresándolo a manera de puntajes lo que permite ordenar la importancia de las especies con base en la constancia espacio-temporal de sus abundancias (Loya y Escofet, 1990).

e) Clasificación de las especies de acuerdo a su abundancia relativa:

Las especies registradas fueron agrupadas en cuatro categorías de acuerdo a sus abundancias relativas:

- Especies raras: todas aquellas especies que registraron una abundancia relativa menor a 0.1 %.
- Especies comunes: las especies que conformaron esta categoría presentaron una abundancia relativa menor al 1 % y mayor al 0.1 %
- Especies frecuentes: consideró a las especies con una abundancia relativa mayor a 1 % y menor a 10 %.
- Especies abundantes: en este grupo se incluyó a todas aquellas especies que presentaron una a abundancia relativa mayor al 10 %.

Análisis de agrupamiento:

Este análisis permitió determinar las semejanzas existentes entre los diferentes arrecifes y agruparlos en ambientes con características similares. El método se realizó mediante una matriz de modo Q con un método aglomerativo, por contenido de información con datos depurados.

Componentes principales:

Es una técnica estadística de síntesis de información o reducción de la dimensión (número de variables). Es decir, ante un gran número de datos con muchas variables, el objetivo es reducirlas a un menor número perdiendo la menor cantidad de información. Los nuevos componentes principales o factores serán una combinación lineal de las variables originales. Un aspecto clave en este análisis es la interpretación de los factores, ya que esta no se da a priori, sino que será deducida por el investigador tras observar la relación de los factores con las variables iniciales.

Para este estudio se llevaron a cabo dos análisis: el primero por abundancias de cada una de las especies, con datos transformados a raíz cuadrada, y una matriz de varianza-covarianza de modo Q. El segundo se realizó por parámetros con los datos originales, mediante una matriz de correlación de modo Q; las variables que se utilizaron para este análisis fueron: profundidad, temperatura, cobertura de roca, rugosidad, riqueza de especies, abundancia y diversidad.

◆ RESULTADOS ◆

a) Composición de especies

Los muestreos fueron realizados en el período de octubre-2001 a agosto-2002 en la Isla San José, B.C.S., México. En el total de los muestreos realizados se contabilizaron 26,946 individuos pertenecientes a 31 familias, 60 géneros y 84 especies. (Anexo 1). La densidad general para el total del área censada fue de 0.898 inds/m².

El 51.2 % de las 84 especies se agruparon en 7 familias: Serranidae (9 especies), Labridae (8 especies), Pomacentridae (7 especies), Haemulidae (6 especies), Scaridae (5 especies), Lutjanidae y Muraenidae (4 especies cada una). Las familias que presentaron las mayores abundancias fueron Pomacentridae (38.1 %), Labridae (18.1 %) y Haemulidae (10.4 %).

De las 84 especies identificadas, sólo 12 fueron registradas en todos los arrecifes visitados y en las dos profundidades. Éstas especies pueden considerarse como las especies típicas de la Isla San José: *Abudefduf troschelii*, *Balistes polylepis*, *Bodianus diplotaenia*, *Canthigaster punctatissima*, *Fistularia commersonii*, *Holacanthus passer*, *Hoplopagrus guntheri*, *Lutjanus argentiventris*, *Mycteroperca rosacea*, *Scarus ghobban*, *Stegastes rectifraenum*, y *Thalassoma lucasanum*. Veinte especies sólo se registraron en un sitio; de las cuales 13 se presentaron en la profundidad intermedia (5-19 m) y 7 en la somera (0-4 m) (Anexo 2).

Clasificación de las especies de acuerdo a su abundancia relativa:

De acuerdo con la abundancia y frecuencia de aparición de cada una de las especies los grupos quedaron integrados de la siguiente manera:

Especies raras: en este grupo se incluyeron 34 especies (40.5 %). En relación a la frecuencia de aparición, estas especies se registraron en un intervalo de 1.7 % a 30 %.

Especies comunes: las especies clasificadas como comunes fueron 35 (41.7 %). La frecuencia de aparición que presentaron las especies de este grupo fue de 1.7 % - 71.7 %.

Especies frecuentes: las especies que integraron este grupo fueron 12 (14.3 %), y su intervalo de frecuencia de aparición fue de 8.3 % a 90 %

Especies abundantes: este grupo es el que presentó el menor número de especies 3 (3.6 %) y el intervalo de frecuencia de aparición fue de 80 % a 100 % (Anexo 3).

Con esta clasificación se observó que la mayoría de las especies que se encuentran en esta área son poco abundantes, pero su frecuencia de ocurrencia es elevada (Fig. 3).

b) Afinidad Ictiogeográfica.

De acuerdo con este análisis, el 70.2 % de las especies registradas en la Isla San José pertenecen a la provincia Panámica, lo cual indica que son especies de origen subtropical-tropical. La provincia Mexicana estuvo representada por el 8.3 %, seguida por la del Pacífico Oriental con 7.1 %. Por otra parte los peces de la provincia de la región del Indopacífico aportaron el 4.8 % y un porcentaje igual se registró para los peces Circumtropicales. Las provincias con el menor número de especies en esta área fueron la Californiana (3.6 %) y la de Cortés (1.2 %) (Anexo 1) (Fig. 4).

c) Descripción del hábitat.

Temperatura:

La temperatura se comportó de manera similar en cada uno de los sitios de muestreo, pero mostró variaciones a lo largo del ciclo anual; el valor mínimo registrado fue de 18.5°C en el mes de enero y el máximo se presentó en agosto con un valor de 31.0°C (Fig. 5).

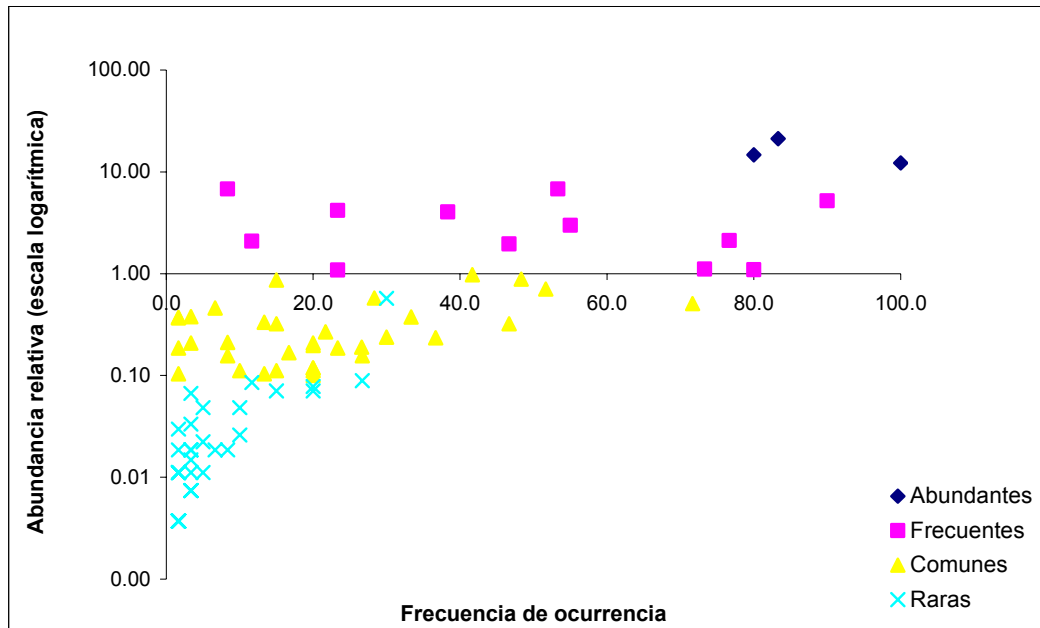


Figura 3. Distribución de las especies de acuerdo a su abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia.

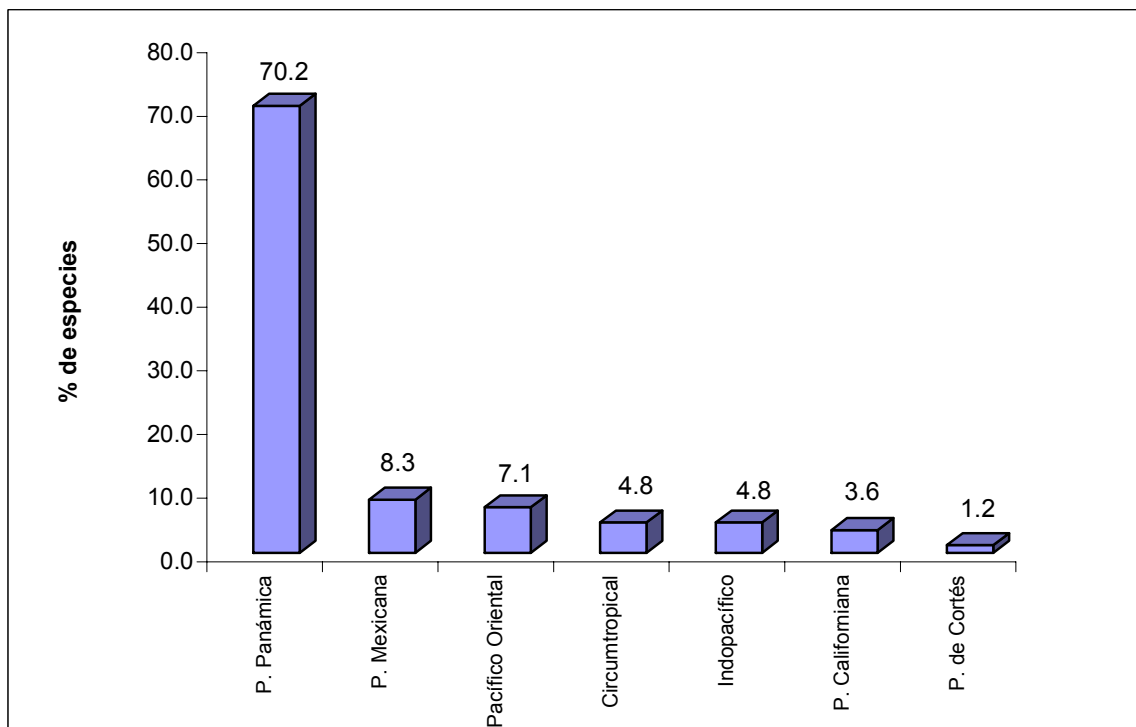


Figura 4. Porcentaje de especies pertenecientes a las diferentes provincias biogeográficas.

Para el análisis temporal de los datos, los seis meses de muestreo se dividieron en dos épocas: fría y cálida, considerando que para el Golfo de California sólo se registran estas dos temporadas del año (Alvarez-Borrego y Schwartzlose, 1979; Anónimo, 2001). Así mismo se tomó en consideración que los datos analizados de acuerdo a los meses, como fueron extraídos en el campo (octubre-01, enero-02, marzo-02, mayo-02, junio-02 y agosto-02), no aportaban información adicional a la encontrada con esta división.

Tomando en cuenta las tendencias de aumento y descenso de las temperaturas registradas en este estudio se consideró como época fría a los meses de enero, marzo y mayo y como época cálida a junio, agosto y octubre.

Rugosidad:

La rugosidad presentó valores muy semejantes en los cinco sitios, pero se puede observar que los valores más elevados corresponden a los sitios de profundidad intermedia. Se determinó que Conejo presentó la mayor rugosidad y la menor San Francisquito (Tabla 1).

Tabla 1. Valores de rugosidad para cada una de las estaciones de muestreo y para los dos niveles de profundidad.

Rugosidad		
Sitios	Profundidad 6 m	Profundidad 1.5 m
Conejo	1.44	1.12
El Faro	1.15	1.12
Melón	1.29	1.10
El Pardito	1.17	1.17
San Francisquito	1.25	1.06

Al realizar un análisis de correlación para determinar si este parámetro estaba relacionado con la abundancia, riqueza y/o diversidad de los organismos, se encontró

que los tres atributos analizados presentaron una correlación positiva con esta variable (Tabla 2).

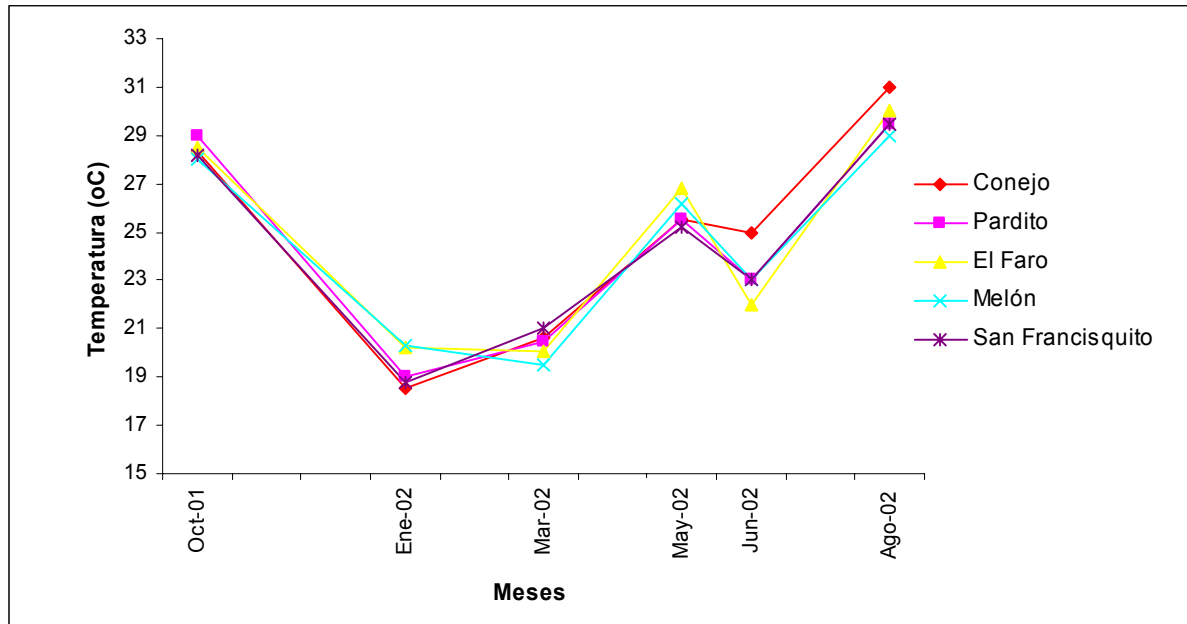


Figura 5. Temperatura promedio de las dos profundidades para cada uno de los sitios a lo largo del ciclo anual de muestreo.

Tabla 2. Análisis de correlación para la rugosidad con respecto a los datos de abundancia, riqueza y diversidad.

Análisis de Correlación		
Atributo	R	$p_{\alpha 0.05}$
Abundancia	0.6786	0.0310
Riqueza	0.6538	0.0403
Diversidad	0.7008	0.0240

Cobertura de tipo de sustrato:

Los sitios de muestreo presentaron, en general, coberturas superiores o iguales al 80 % de rocas, con excepción de El Pardito (65 %) en la zona intermedia y San Francisquito (50 %) en la misma profundidad como se puede observar en la figura 6.

Al realizar un análisis de correlación para determinar si este parámetro se encontraba relacionado con la abundancia, la riqueza y/o la diversidad de los organismos se encontró que estas variables no estaba correlacionada con ninguno de estos atributos de la comunidad (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de correlación para la cobertura con respecto a los datos de abundancia, riqueza y diversidad.

Análisis de Correlación		
Atributo	R	$p_{\alpha 0.05}$
Abundancia	0.2854	0.4242
Riqueza	0.5422	0.1054
Diversidad	0.5358	0.1104

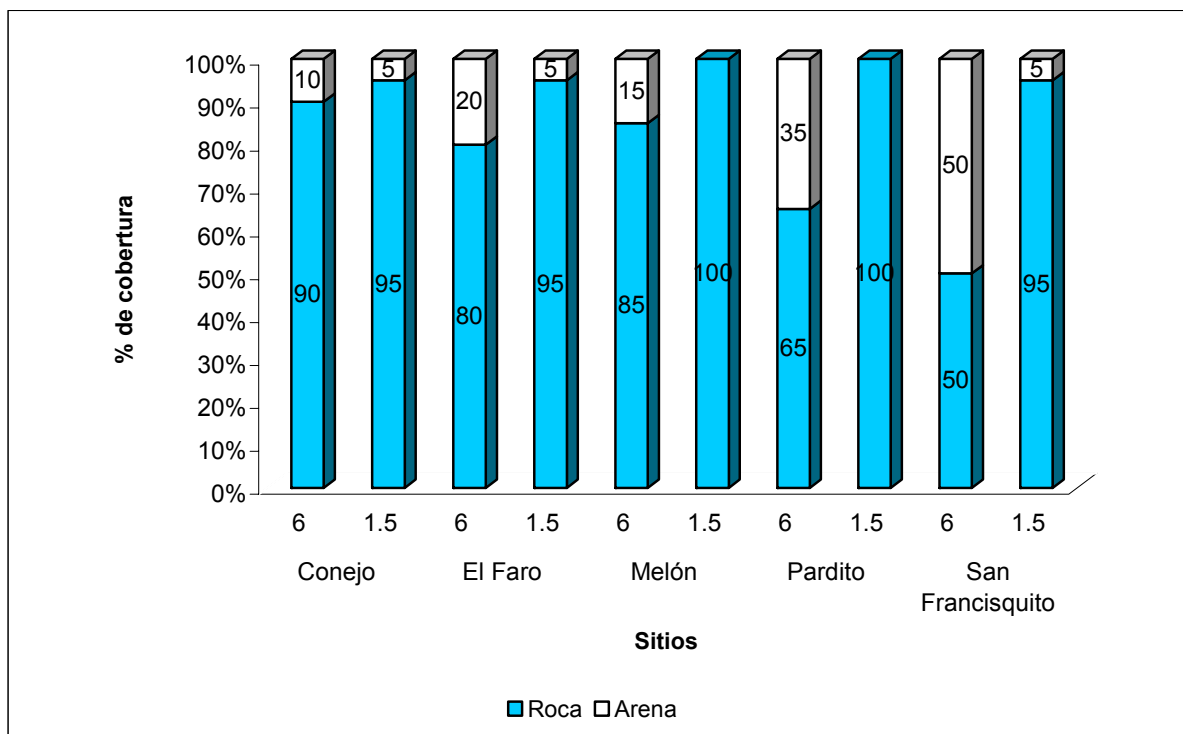


Figura 6. Cobertura de roca y arena de cada uno de los sitios de muestreo.

d) Índices ecológicos.

Riqueza:

El valor de riqueza total fue de 84 especies. La gráfica de número de especies acumuladas señala que la asíntota en esta área se alcanzó después de los 2550 m lineales de muestreo, lo cual nos indica que la distancia de transecto utilizada en esta área fue adecuada para el tipo de asociación estudiada (Fig. 7).

El sitio de Conejo fue el que presentó el mayor número total de especies (60), seguido por San Francisquito (55), El Pardito (54), Melón (52) y El Faro (51) (Fig. 8).

Los datos de riqueza total por mes en cada uno de los sitios muestran que la zona con mayor riqueza fue Conejo (39), durante el mes de octubre, y el valor más bajo también se presentó en este sitio pero en el mes de junio. En la figura 9 se observa la tendencia de aumento y disminución de la riqueza en relación con la temperatura.

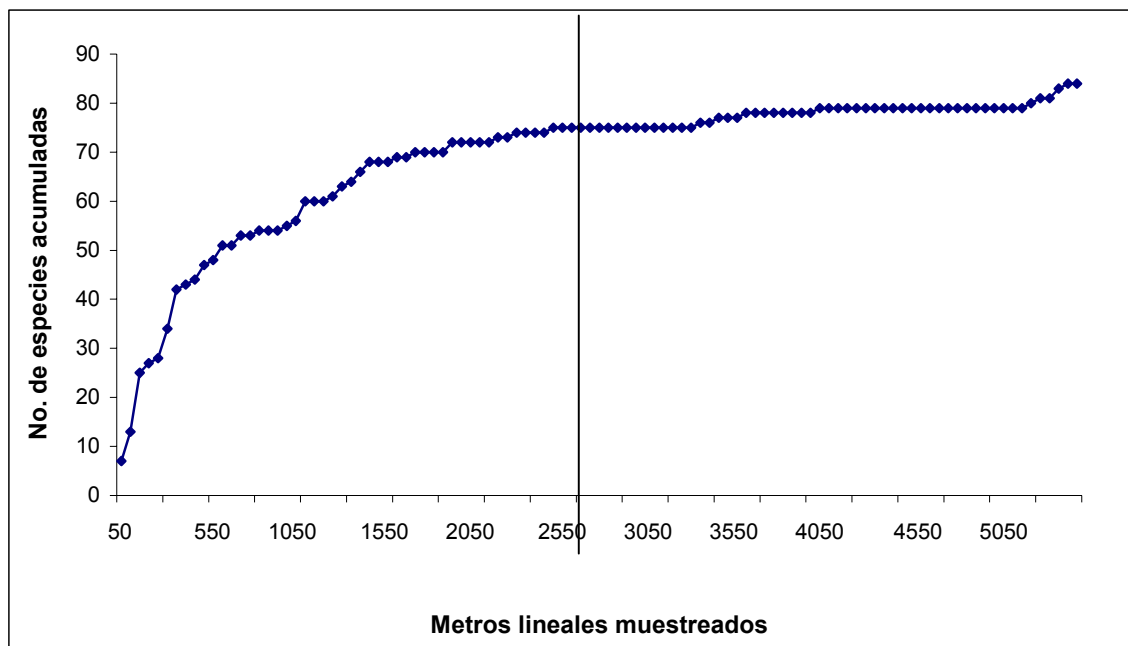


Figura 7. Gráfica del número de especies acumuladas contra metros lineales muestreados, se señala la distancia a la que se observa la primera asíntota en el eje "y".

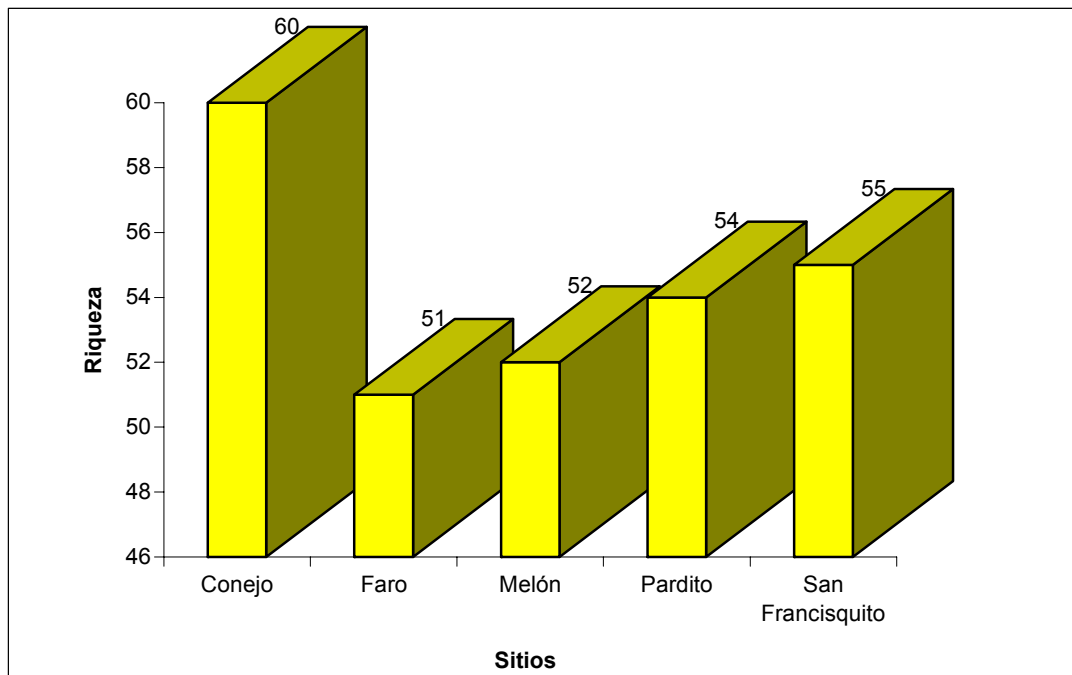


Figura 8. Valores de riqueza total para cada una de las zonas de muestreo.

En cuanto a las diferencias para las dos épocas consideradas, se observó que la temporada cálida presentó un mayor número total de especies (75) que lo registrado en la temporada fría (66 especies). Al examinar los valores de riqueza para cada uno de los sitios se observó que el número de especies siempre fue mayor en la época fría, excepto para San Francisquito en la cual el número de especies fue mayor en la temporada cálida y en El Pardito en donde los valores fueron iguales (Fig. 10).

La variación de la riqueza con respecto a la profundidad mostró que a 6 m de profundidad se presentó un mayor número de especies (76) que a 1.5 m (64).

Los resultados de las pruebas de variancia de una vía indicaron que entre sitios y épocas climáticas los datos de riqueza no presentaron diferencias significativas, pero sí en cuanto a profundidad (Tabla 4).

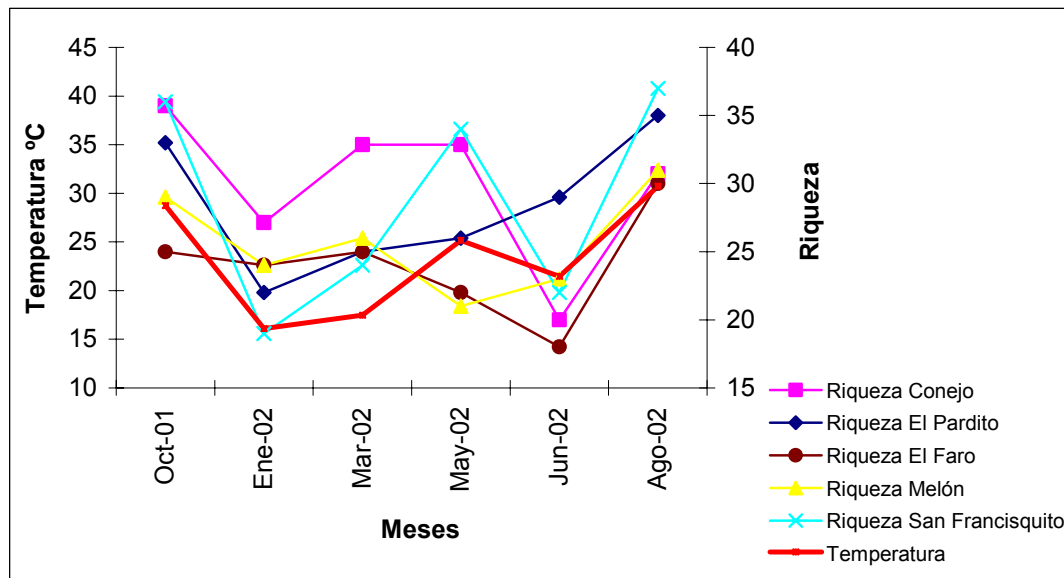


Figura 9. Datos de riqueza total en cada uno de los sitios y temperatura a lo largo del ciclo anual.

Abundancia:

Considerando a los peces censados como un indicador de la abundancia en estas localidades se encontró que ésta en total fue de 26,946 individuos, el lugar con mayor abundancia promedio fue El Pardo (1103), seguido por El Faro (946), San Francisquito (817), Conejo (813) y Melón (812) (Fig. 11).

La abundancia en los diferentes meses varió, siendo el mes de octubre el que presentó la mayor abundancia promedio (1,267 individuos), le siguió agosto con 1168 y después mayo (967), marzo (844), junio (617), y enero (526) (Fig. 12). Al realizar el análisis general para las épocas estudiadas (fría y cálida) se encontró que para este dato, al igual que para la riqueza, la época cálida presentó las mayores abundancias totales (época cálida = 15261 individuos; fría = 11685 individuos). Pero si analizamos los datos para cada uno de los sitios se encuentra lo contrario que en la riqueza, todos los sitios presentan mayores valores en la época cálida (Fig. 13).

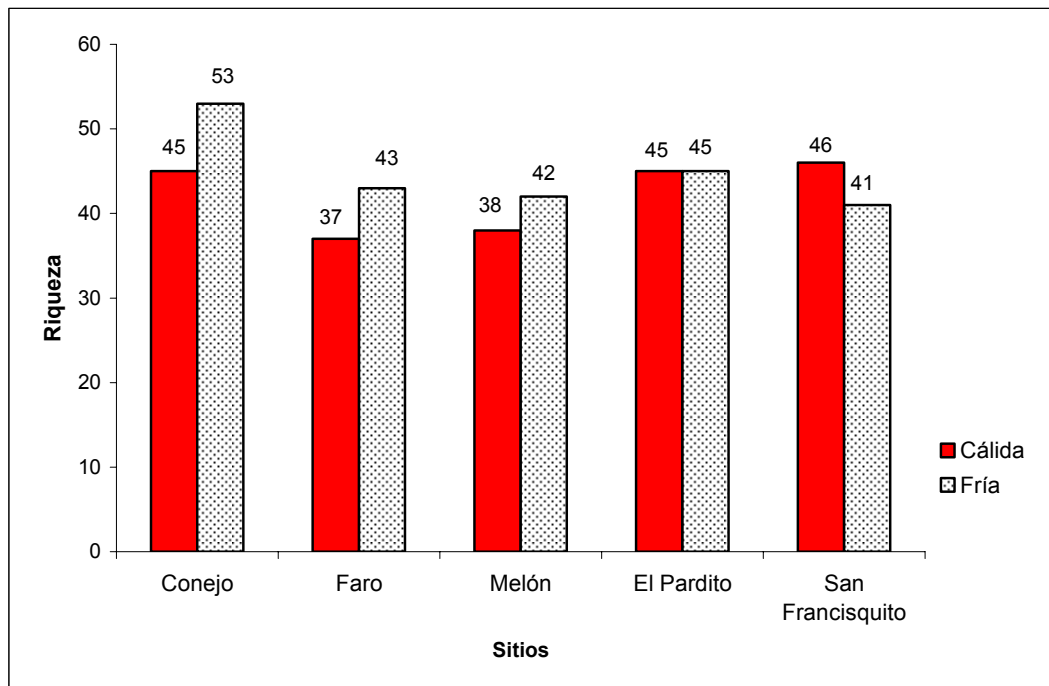


Figura 10. Riqueza total en los sitios para las dos épocas del año determinadas.

Tabla 4. Análisis de variancia de una vía, considerando meses, profundidades y sitios de muestreo para los datos de riqueza (95 % de confiabilidad).

Análisis de Variancia			
	g.l.	F	P
Sitios	4	1.2087	0.3319
Profundidades	1	33.3763	0.000*
Épocas	1	2.0137	0.2288

Datos con * denotan una diferencia significativa.

Para el caso de los dos niveles de profundidad los registros coinciden con lo observado en la riqueza, ya que la profundidad de 6 m presentó mayor abundancia total (16,931 individuos) que la de 1.5 m (10,015 individuos).

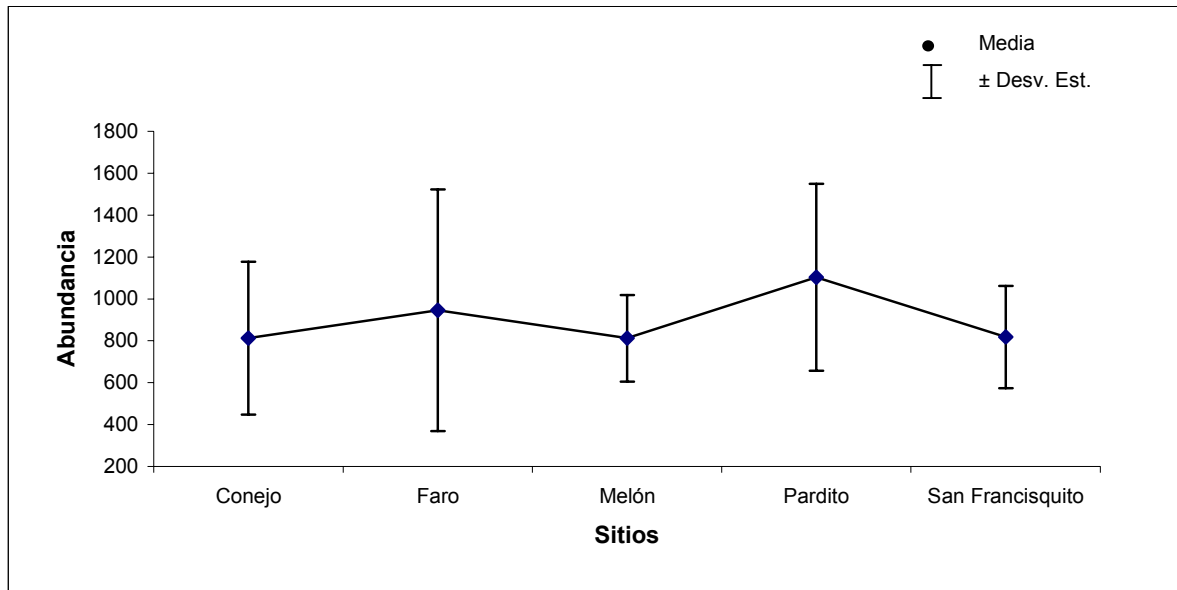


Figura 11. Abundancia promedio en cada uno de los sitios estudiados.

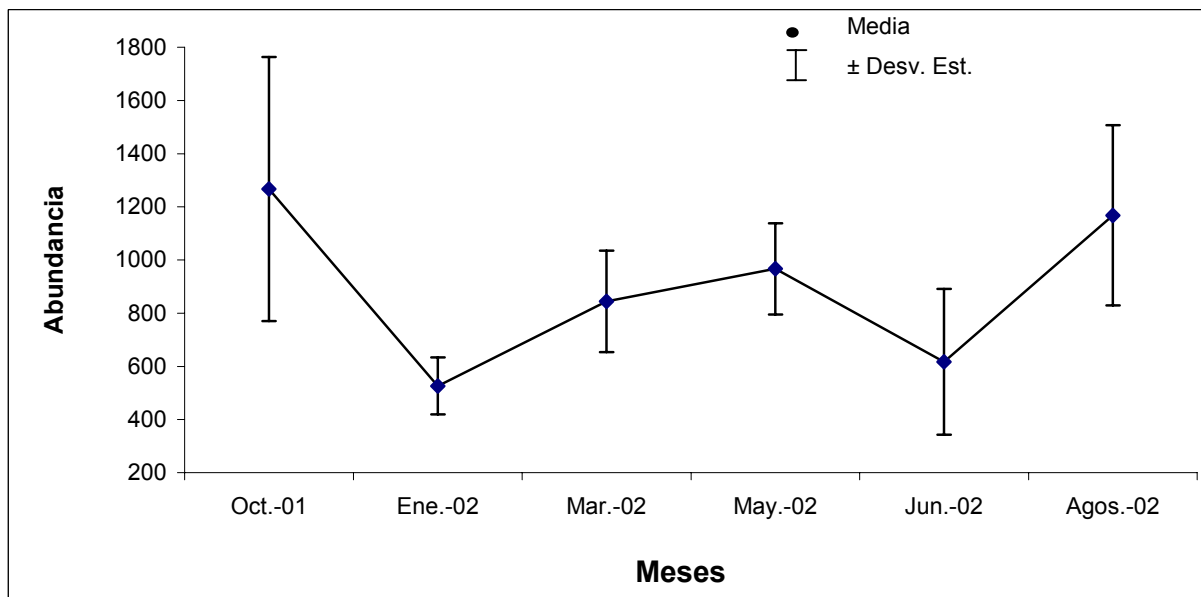


Figura 12. Variaciones de la abundancia promedio en los diferentes meses de muestreo.

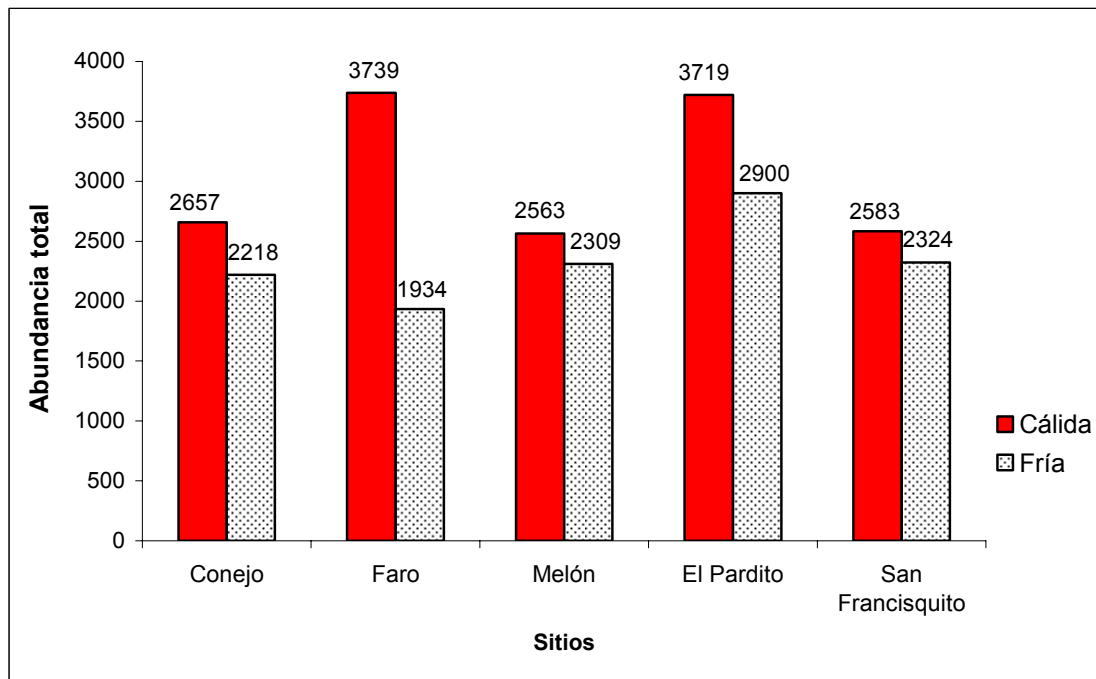


Figura 13. Abundancia total para cada uno de los sitios en las dos épocas del año establecidas.

Diversidad:

El valor de diversidad total para esta zona de estudio y para el período anual de muestreos fue de 4.107 bits/ind. Este índice, al igual que los anteriores varió localmente, siendo Conejo el sitio que presentó el mayor valor de diversidad promedio (3.3 bits/ind) seguida por El Pardito (3.1 bits/ind), San Francisquito (3.07 bits/ind), Melón (2.9 bits/ind) y El Faro (2.5 bits/ind) (Fig. 14).

En lo que respecta a las variaciones de este índice en los diferentes meses muestreados se encontró que el mes con la mayor diversidad promedio fue marzo (3.40 bits/ind) seguido por octubre (3.37 bits/ind), mayo (3.18 bits/ind), enero (3.14 bits/ind), agosto (3.11 bits/ind) y junio (2.67 bits/ind) (Fig. 15).

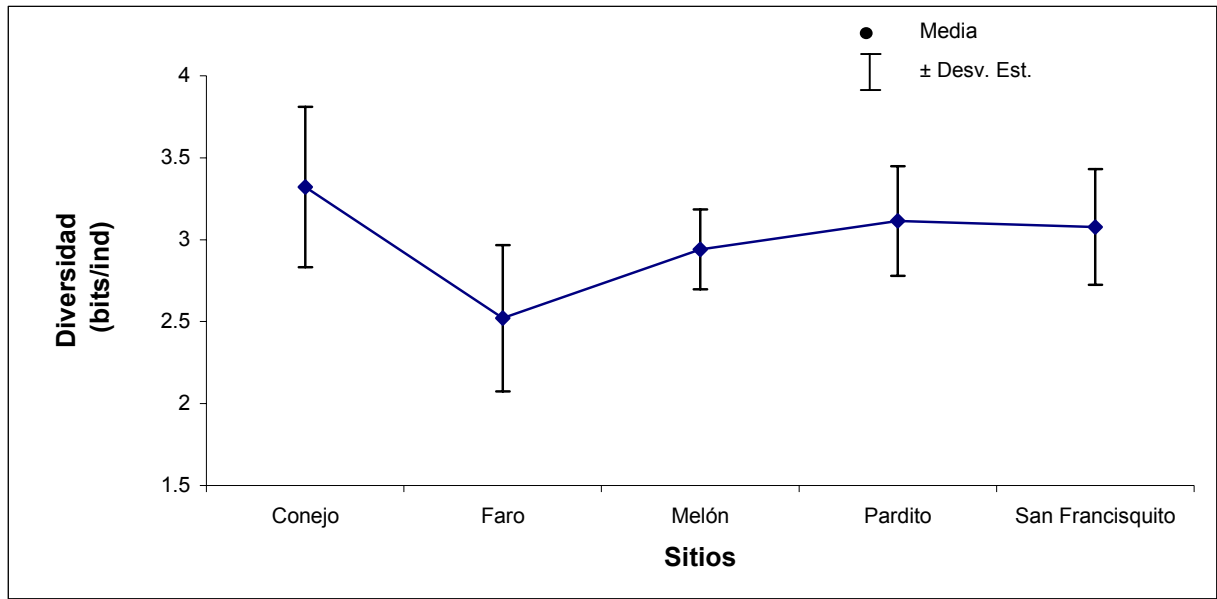


Figura 14. Valores de diversidad promedio en los sitios de muestreo.

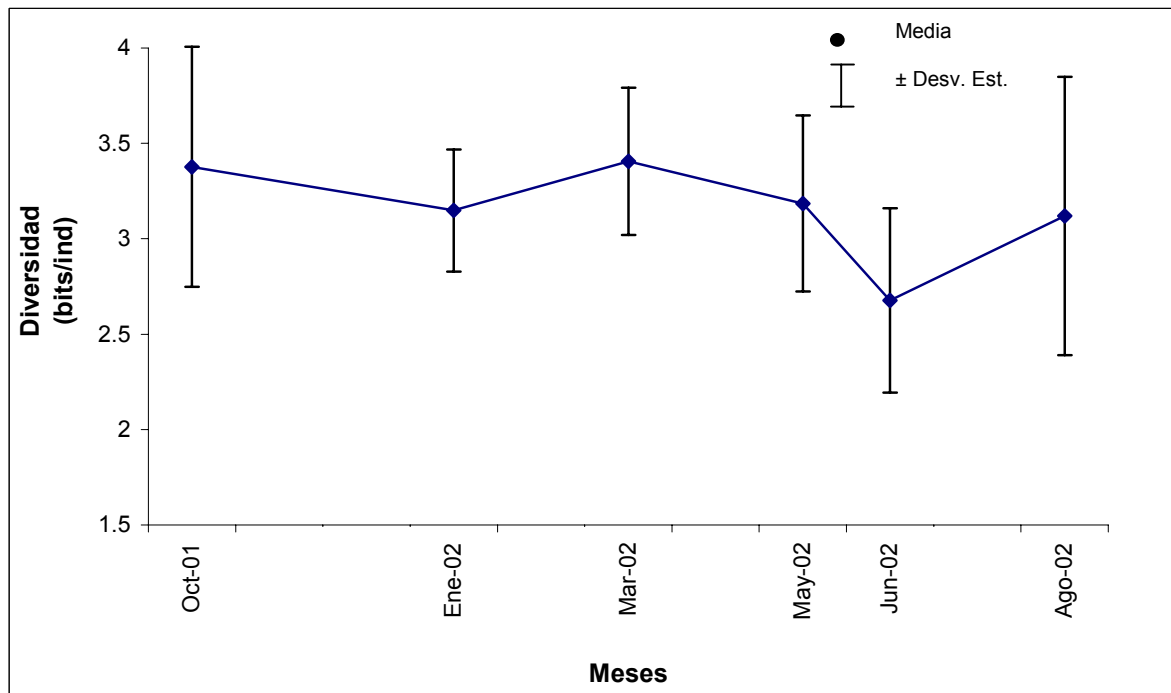


Figura 15. Diversidad promedio en los diferentes meses de muestreo.

Con respecto a la diversidad en las dos temporadas consideradas, se encontró que la cálida presentó mayor diversidad (4.06 bits/ind) que la temporada fría (3.9 bits/ind) y considerando cada uno de los sitios se determinó que para la mayoría de éstos (Conejo, El Faro, Melón y San Francisquito) la diversidad fue mayor durante la época fría y sólo El Pardito presentó mayores valores durante la temporada cálida (Fig. 16).

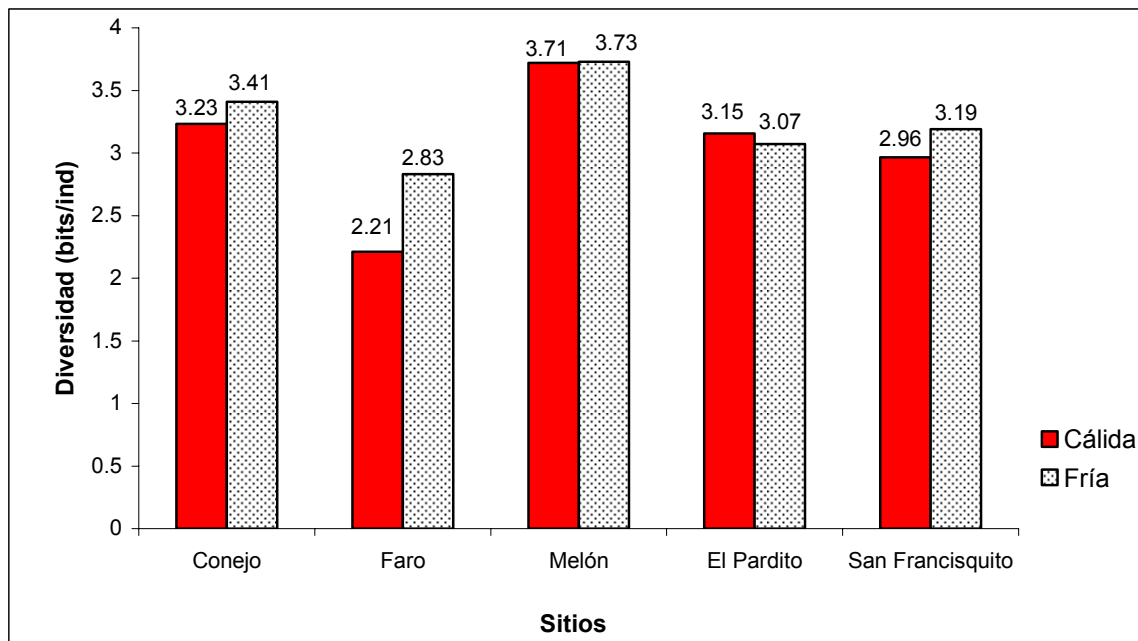


Figura 16. Valores de diversidad en los sitios de estudio durante las épocas cálida y fría.

En cuanto a los niveles de profundidad se observó que la profundidad intermedia (6 m) presentó una mayor diversidad (3.11 bits/ind) que la somera (2.62 bits/ind).

Se realizaron pruebas de variancia de una vía de los valores de diversidad obtenidos entre las diferentes profundidades, épocas y sitios; se encontró que tanto profundidades como sitios variaron significativamente mas no así las épocas (Tabla 5).

Para discriminar entre qué sitios existieron diferencias significativas, se realizó una prueba de comparación múltiple, en este caso se aplicó una prueba de Fisher. El

resultado mostró que la diferencia está marcada por el sitio denominado El Faro, ya que éste presentó diferencias significativas con los sitios Conejo y Melón (Tabla 6).

Tabla 5. Análisis de variancia de una vía, considerando épocas, profundidad y sitios de muestreo (95 % de confiabilidad).

Análisis de Variancia			
	g.l.	F.	P.
Sitios	4	7.849	0.00030*
Profundidades	1	14.627	0.000323*
Época	1	0.003	0.96222

Datos con * denotan una diferencia significativa.

Tabla 6. Resultados de la prueba de Fisher aplicada a los diferentes sitios (95 % de confiabilidad).

Prueba de Fisher para los datos de diversidad					
Sitios	Conejo	Melón	San Francisquito	El Faro	El Pardito
Conejo		0.38090	0.80052	0.01016*	0.87733
Melón	0.38090		0.05015	0.00022*	0.07129
San Francisquito	0.80052	0.05015		0.11650	0.99983
El Faro	0.01016*	0.00022*	0.11650		0.08374
El Pardito	0.87733	0.07129	0.99983	0.08374	

Datos con * denotan una diferencia significativa.

Equidad:

La zona que presentó el mayor valor de equidad promedio fue Conejo (0.6763), lo cual coincidió con la zona de mayor diversidad. Los sitios que le siguieron fueron Melón (0.6561), El Pardito (0.6483), San Francisquito (0.6438) y El Faro (0.5521) (Fig. 17).

En cuanto al análisis por mes, se observó que marzo fue el mes de mayor equidad (0.689) lo cual concordó con el mes de mayor diversidad. Los meses que le siguieron fueron enero (0.6708), octubre (0.6454), mayo (0.6356), agosto (0.594) y junio (0.574) (Fig. 18).

Los valores de equidad para las dos estaciones del año analizadas resaltaron que la época cálida siempre presentó valores más elevados, en todos los sitios, que los encontrados en la temporada fría (Fig. 19).

Considerando las profundidades se observó que, al igual que en los demás parámetros, la profundidad intermedia (6 m) mostró un valor más elevado (0.495) que la somera (0.436).

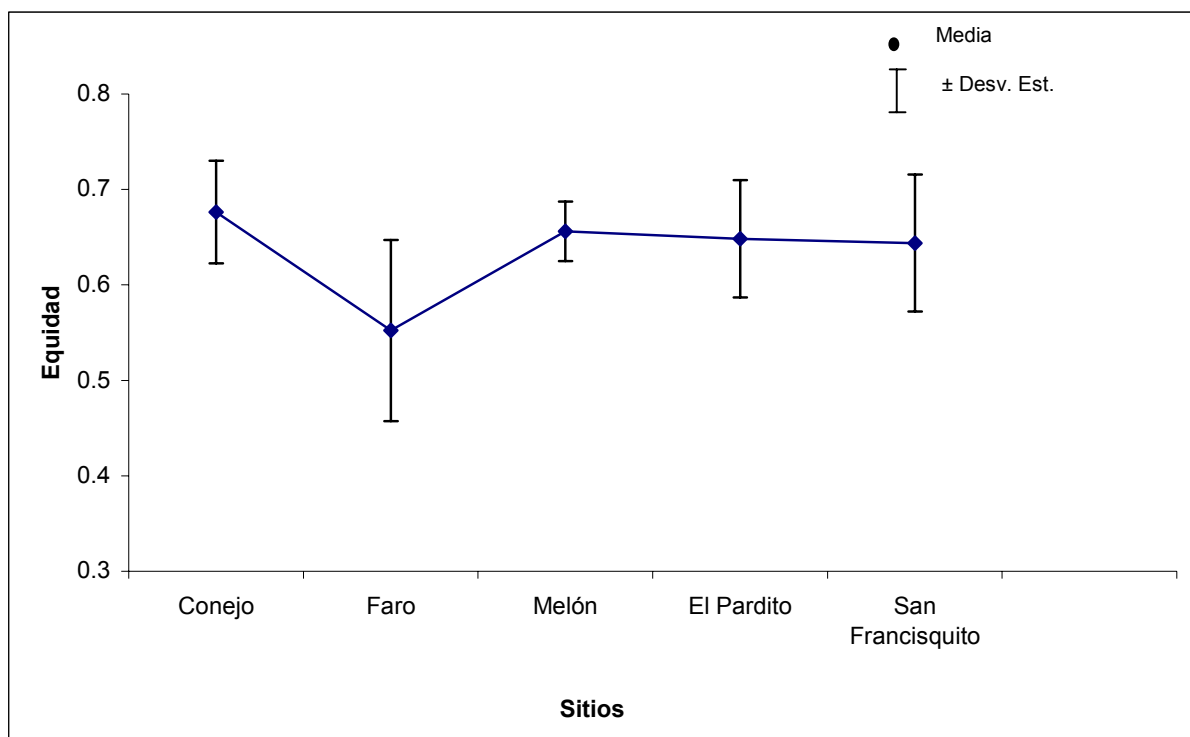


Figura 17. Valores de la equidad promedio en las zonas de muestreo.

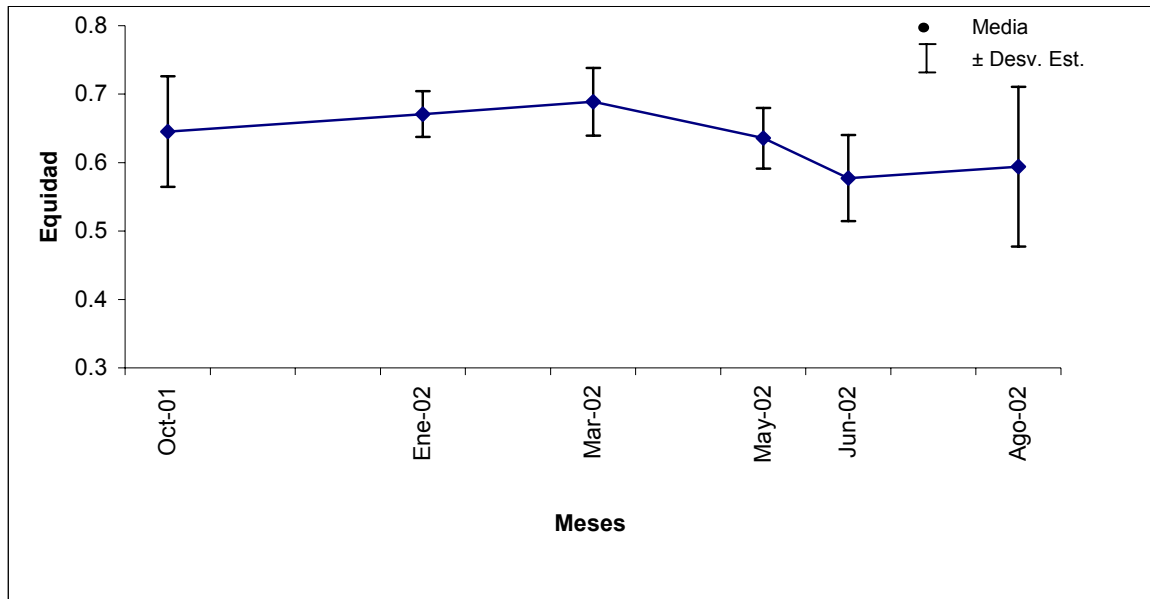


Figura 18. Equidad promedio para los meses muestreados.

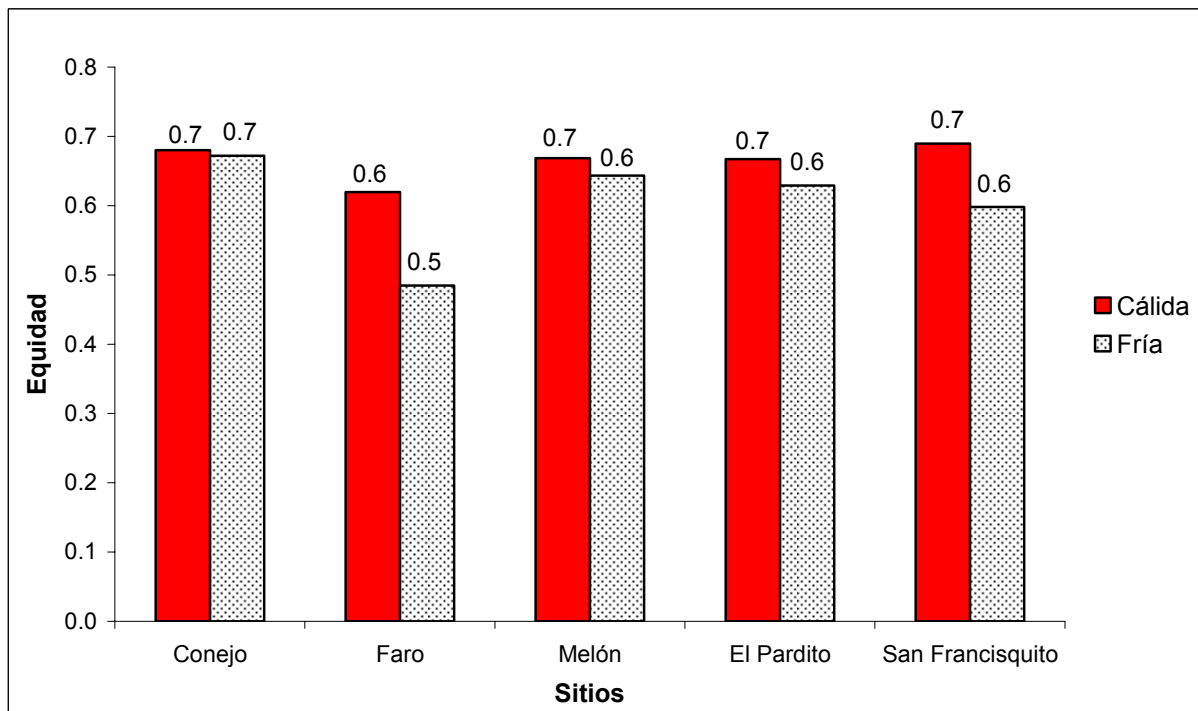


Figura 19. Equidad observada en las dos épocas del año para cada uno de los sitios.

Índice de Valor Biológico:

Al aplicar el IVB por mes de muestreo y total se observó que a lo largo del año las cinco especies que reunieron el 50 % del IVB, son constantes: *Stegastes rectifraenum*, *Abudefduf troschelii*, *Thalassoma lucasanum*, *Scarus ghobban* y *Mulloidichthys dentatus* (Fig. 20). En cuanto a los resultados obtenidos para las dos épocas del año, se determinó algo semejante, aunque en la temporada fría se pudo observar una mayor dominancia, ya que seis especies (*Abudefduf troschelii*, *Thalassoma lucasanum*, *Stegastes rectifraenum*, *Mulloidichthys dentatus*, *Scarus ghobban* y *Paranthias colonus*) acumularon el 80 % del porcentaje del IVB, mientras que en la época cálida ocho especies acumularon éste 80 % (*Abudefduf troschelii*, *Thalassoma lucasanum*, *Stegastes rectifraenum*, *Mulloidichthys dentatus*, *Scarus ghobban*, *Paranthias colonus*, *Microlepidotus inornatus* y *Haemulon maculicauda*); En la época cálida resalta la gran dominancia que presenta *Microlepidotus inornatus*, la cual ni siquiera se presentó con un puntaje significativo en la época fría (Fig. 21).

Los resultados por sitio muestran que las especies con mayor porcentaje variaron en cada uno de ellos. Aunque en la mayoría, las especies de mayor importancia son las mismas, sus porcentajes sí presentaron diferencias. Estas variaciones en la mayoría de los casos se ven influenciadas por los dos niveles de profundidad estudiados (Fig. 22).

Al realizar el análisis para las dos profundidades, se observó que a la profundidad somera cuatro especies reúnen el 50 % del IVB (*Stegastes rectifraenum*, *Abudefduf troschelii*, *Thalassoma lucasanum* y *Scarus ghobban*), y para la profundidad intermedia fueron seis especies las que reunían este 50 % (*Stegastes rectifraenum*, *Abudefduf troschelii*, *Thalassoma lucasanum*, *Scarus ghobban*, *Mulloidichthys dentatus* y *Chromis atrilobata*) (Fig. 23).

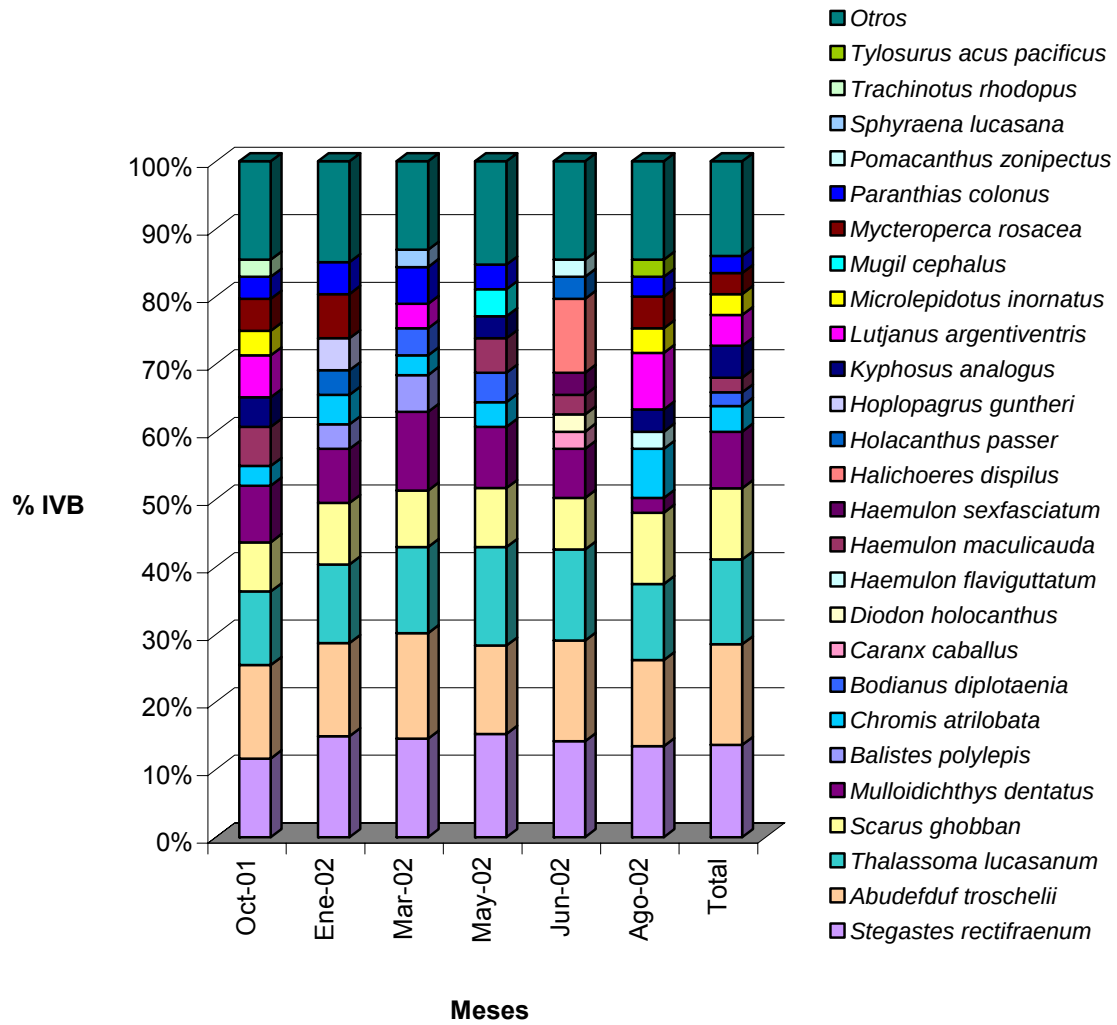


Figura 20. Resultados del IVB para los seis meses de muestreo y el análisis total.

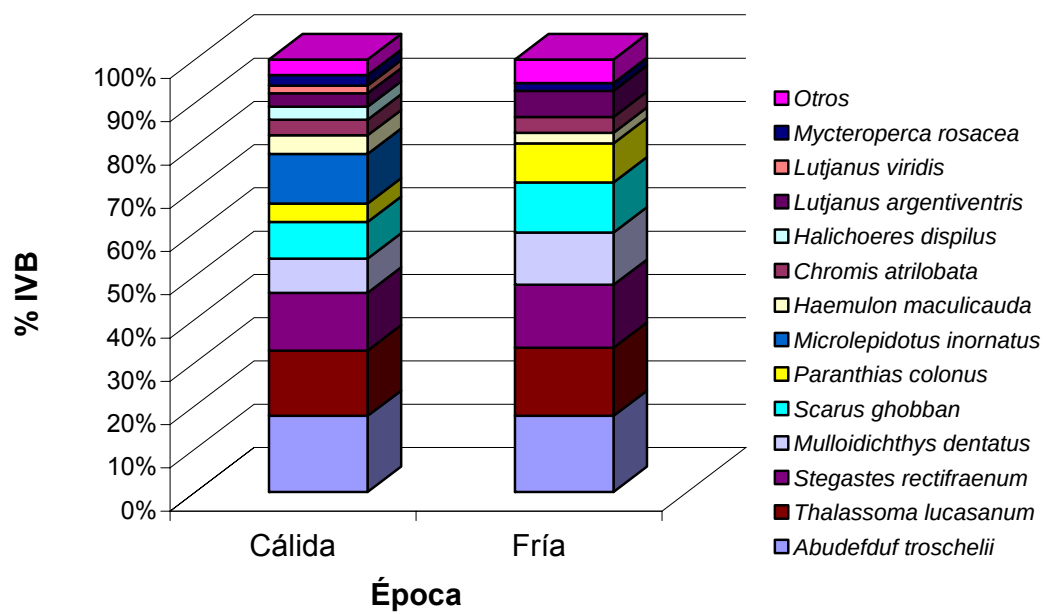


Figura 21. Especies con mayor porcentaje en el IVB para las dos épocas del año.

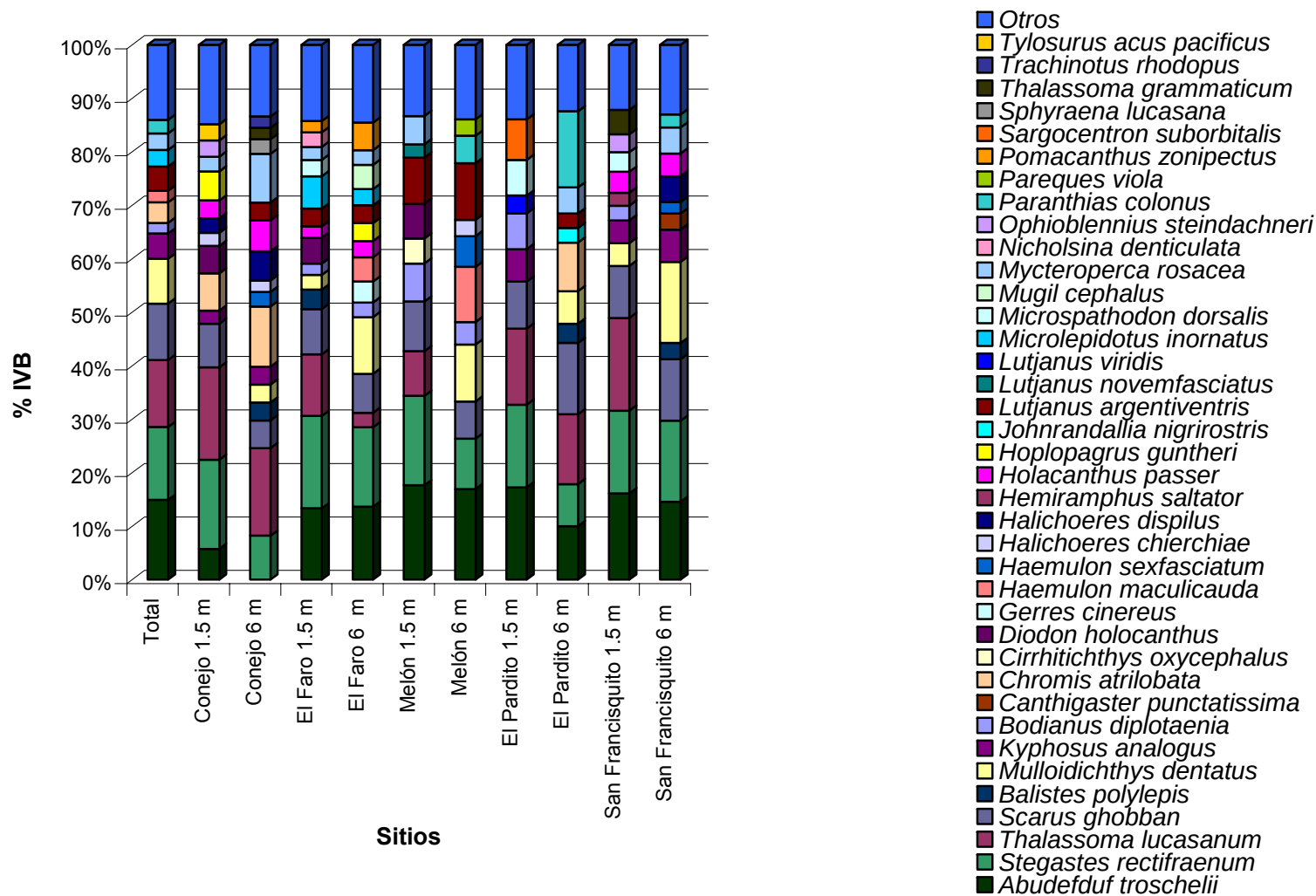


Figura 22. Resultados del IVB en cada sitio con su respectivo nivel de profundidad.

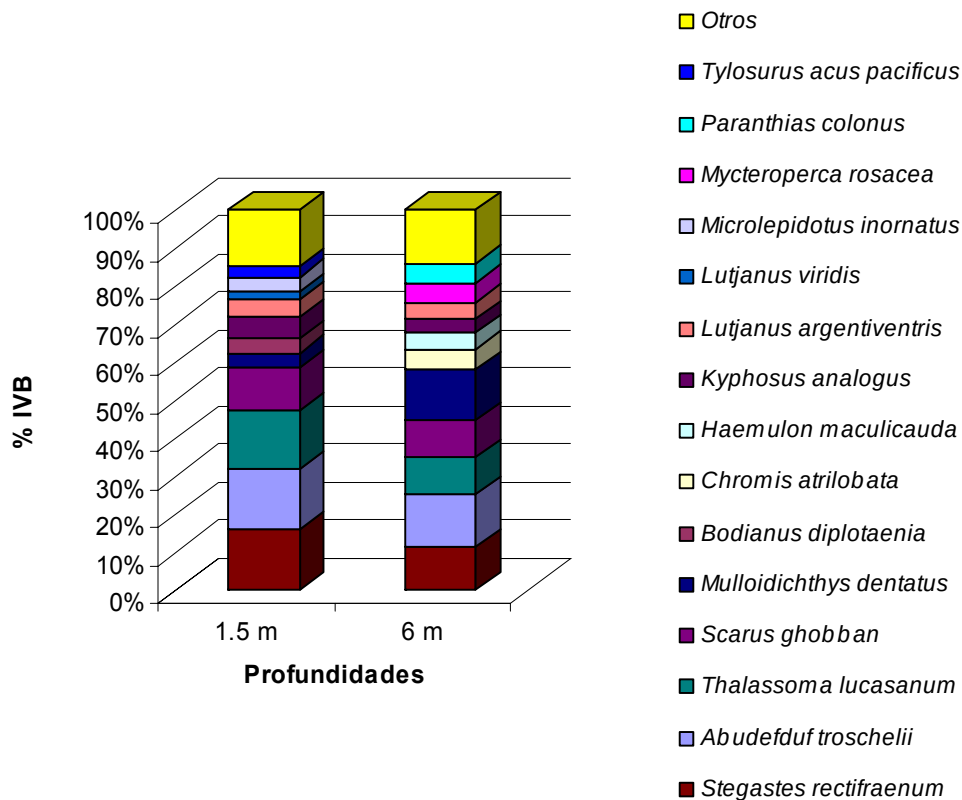


Figura 23. Especies dominantes para cada una de las profundidades estudiadas en el área de la Isla San José.

Análisis de agrupamiento:

De acuerdo al presente análisis se determinaron tres grupos. El primero se constituyó por los cinco sitios de la profundidad somera, de éstos El Faro fue el que se observó más alejado. El segundo grupo se integró por los sitios de El Faro intermedia y Melón intermedia, los cuales coincidieron en ser zonas ubicadas en el área protegida de la isla, y el grupo 3 se conformó por Conejo, San Francisquito y El Pardito todos en la profundidad intermedia y localizados en el área expuesta (Fig. 24).

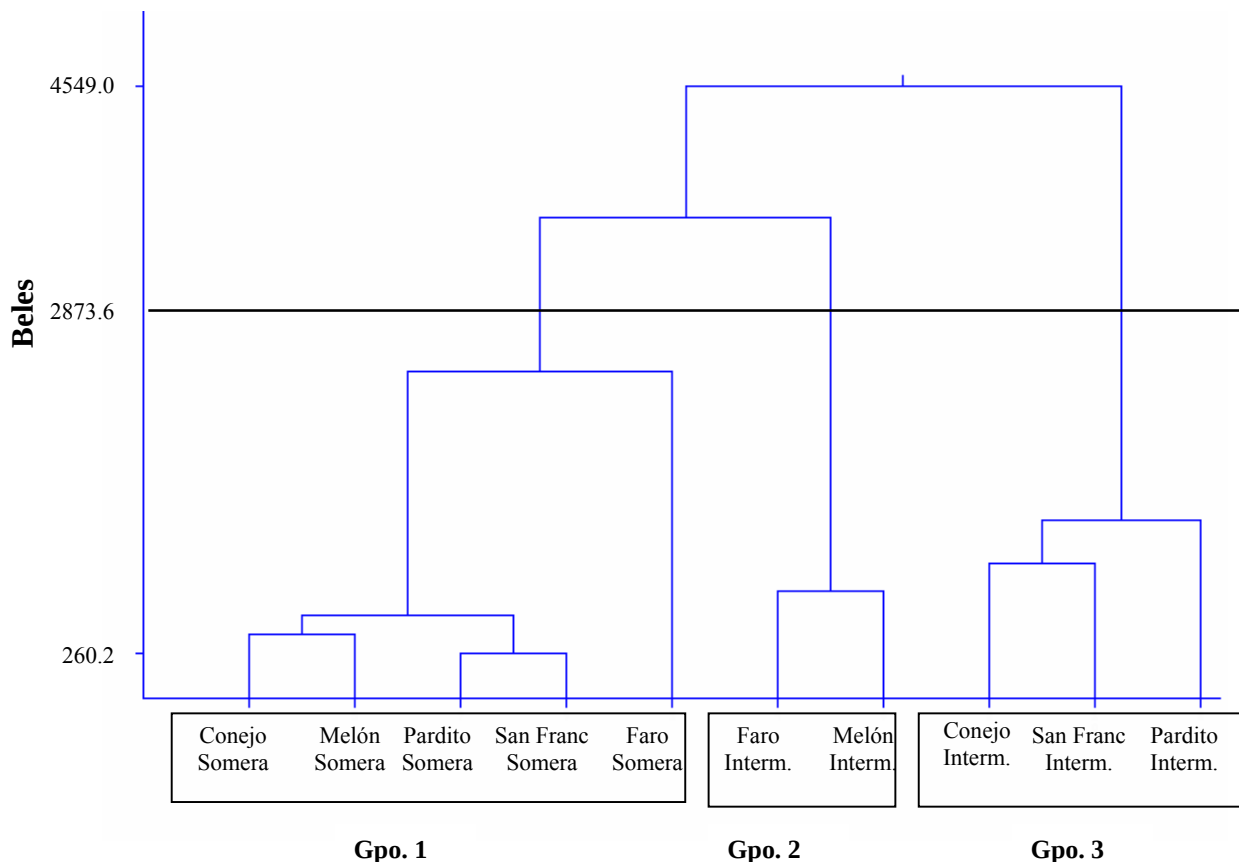


Figura 24. Análisis de agrupamiento para los cinco sitios de muestreo en la Isla San José y en los dos niveles de profundidad.

Análisis de Componentes Principales

a) Para los datos de abundancia

De acuerdo a los resultados obtenidos con el análisis de componentes principales utilizando los datos de abundancia, con dos componentes se reunió el 59.36 % de la varianza acumulada, lo que indicó un buen porcentaje, tratándose de material biológico, por lo que el análisis sólo se efectuó tomando en consideración estos dos componentes (Tabla 7).

Tabla 7. Variancia explicada de cada uno de los componentes obtenidos en el análisis de ordenación.

Variancia explicada		%	Acumulada
Componente	1	34.04	34.04
Componente	2	25.32	59.36
Total		59.36	

Al analizar los resultados gráficos del componentes 1 vs 2 se observa que en el componente 1, el cual explica el 34.04 % de la variancia, la variable ambiental que influyó, en gran medida, en la distribución de los sitios muestreados podría ser la exposición al oleaje, ya que del lado izquierdo de la gráfica se encuentra la mayoría de los sitios considerados como protegidos (Melón intermedia, Melón somera, El Faro intermedia y El Faro somera) y del lado derecho los expuestos (El Pardito intermedia, El Pardito somera, San Franciquito intermedia, San Francisquito somera, Conejo intermedia y Conejo somera). Para el eje 2, el cual representa el 25.3 % de la variancia es la profundidad; en la parte inferior de la gráfica tienden a presentarse los sitios de profundidad somera y en la parte superior observamos a los de nivel intermedio (Fig.25).

Los valores de los eigenvectores para cada variable indican que en el primer eje, hacia el lado positivo de la gráfica, las especies mas influyentes fueron *Chromis atrilobata*, *Paranthias colonus* y *Thalassoma lucasanum*, y hacia el lado negativo: *Microlepidotus inornatus* y *Abudefduf troschelii*. Para el caso del eje 2 las variables con mayor coeficiente positivo fueron *Abudefduf troschelii*, *Haemulon maculicauda*, *Lutjanus argentiventris*, *Mulloidichthys dentatus* y *Paranthias colonus*, y negativo fueron *Stegastes rectifraenum* y *Thalassoma lucasanum*.

Esto explica la posición del sitio El Faro somera en la gráfica, ya que las especies *Microlepidotus inornatus* y *Stegastes rectifraenum* en esta zona presentaron sus mayores abundancias (1600 y 698 individuos respectivamente). Por su parte la ubicación de Melón Intermedia en la parte superior izquierda de la gráfica se debe a la gran abundancia que las especies *Abudefduf troschelii*, *Haemulon maculicauda*, *Lutjanus argentiventris* y *Mulloidichthys dentatus* mostraron en esta área. Otro sitio que también se aleja mucho de los demás es Conejo Intermedia lo cual se explica muy bien porque en esta zona la abundancia de *Chromis atrilobata* y *Thalassoma lucasanum* fue mayor que en cualquier otro lugar (Fig. 25).

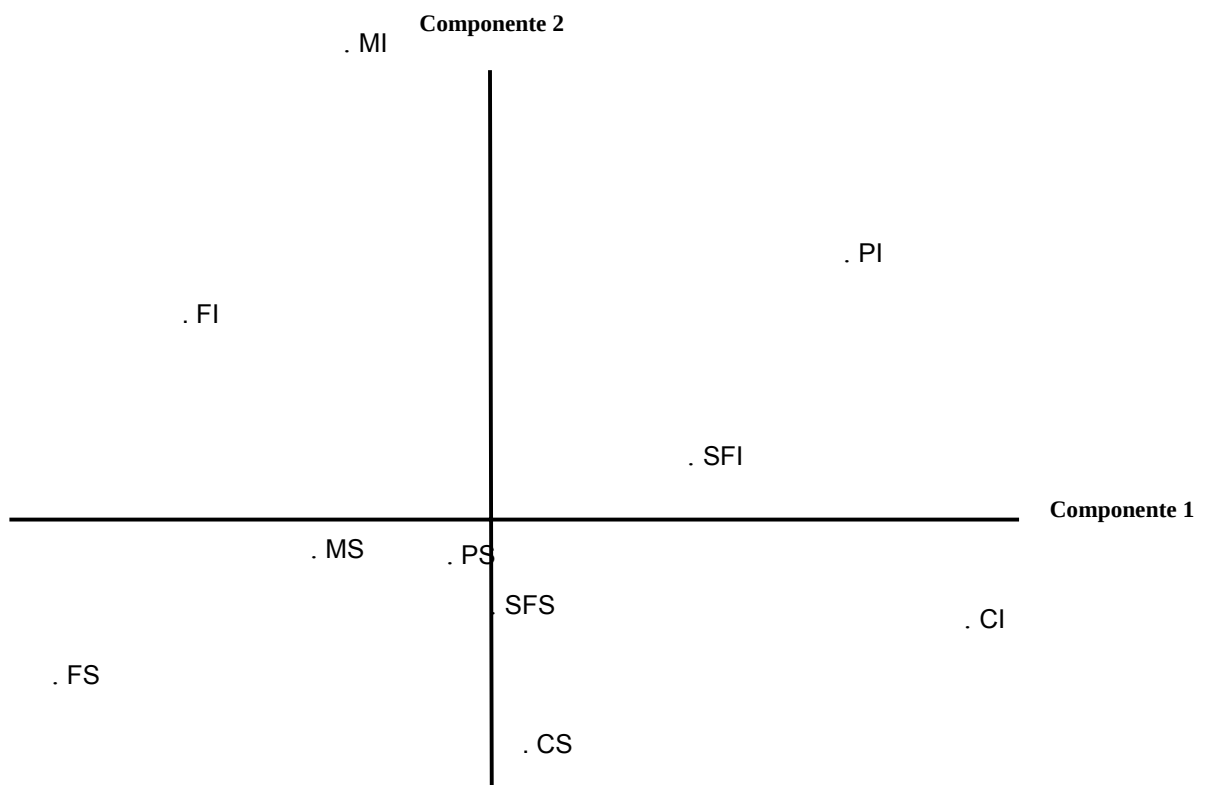


Figura 25. Análisis de componentes principales para los datos de abundancia, mostrando el componentes 1 vs 2 (MI=Melón Intermedia, MS=Melón Somera, PI=Pardito Intermedia, PS=Pardito Somera, CI=Conejo Intermedia, CS=Conejo Somera, FI=Faro intermedia, FS=Faro Somera, SFI=San Francisquito Intermedia y SFS=San Francisquito Somera).

b) Para los parámetros

En el caso del análisis realizado para la matriz de parámetros se tomaron también sólo los componentes 1 y 2, ya que reunían el 83.82 % de la variancia total (Tabla 8).

Tabla 8. Variancia explicada para cada uno de los componentes obtenidos en el análisis de ordenación para los parámetros: profundidad, temperatura, cobertura de roca, rugosidad, riqueza de especies, abundancia y diversidad.

Variancia explicada		%	Acumulada
Componente	1	73.03	73.03
Componente	2	10.8	83.82
Total		83.82	

La distribución espacial de los sitios en los ejes muestra que el gradiente ambiental que causa esta ordenación es de nuevo la profundidad pero en esta ocasión para el eje 1, el cual presenta el 73.03 % de la variancia. Del lado derecho de la gráfica se observan todos los sitios de profundidad somera y hacia la izquierda se encuentran los del nivel intermedio. Para el caso del eje 2 el factor que causa la distribución no se encuentra bien definido (Fig. 26).

Los coeficientes de los parámetros nos muestran que los que mayor influencia presentaron en el eje 1 fueron la profundidad y la riqueza hacia el lado negativo, y la temperatura hacia el lado positivo. En el eje 2 fueron la cobertura de roca y la rugosidad hacia el área positiva de la gráfica y la abundancia y la profundidad hacia el lado contrario. La separación que presenta el sitio de Conejo Intermedia en el lado superior izquierdo de la gráfica se debe principalmente a que en el se registraron los valores más altos de riqueza (51) y rugosidad (1.44). Por su parte, la agrupación que se observa entre los sitios de profundidad somera se debe fundamentalmente a su semejanza en la temperatura del agua (Fig. 27).

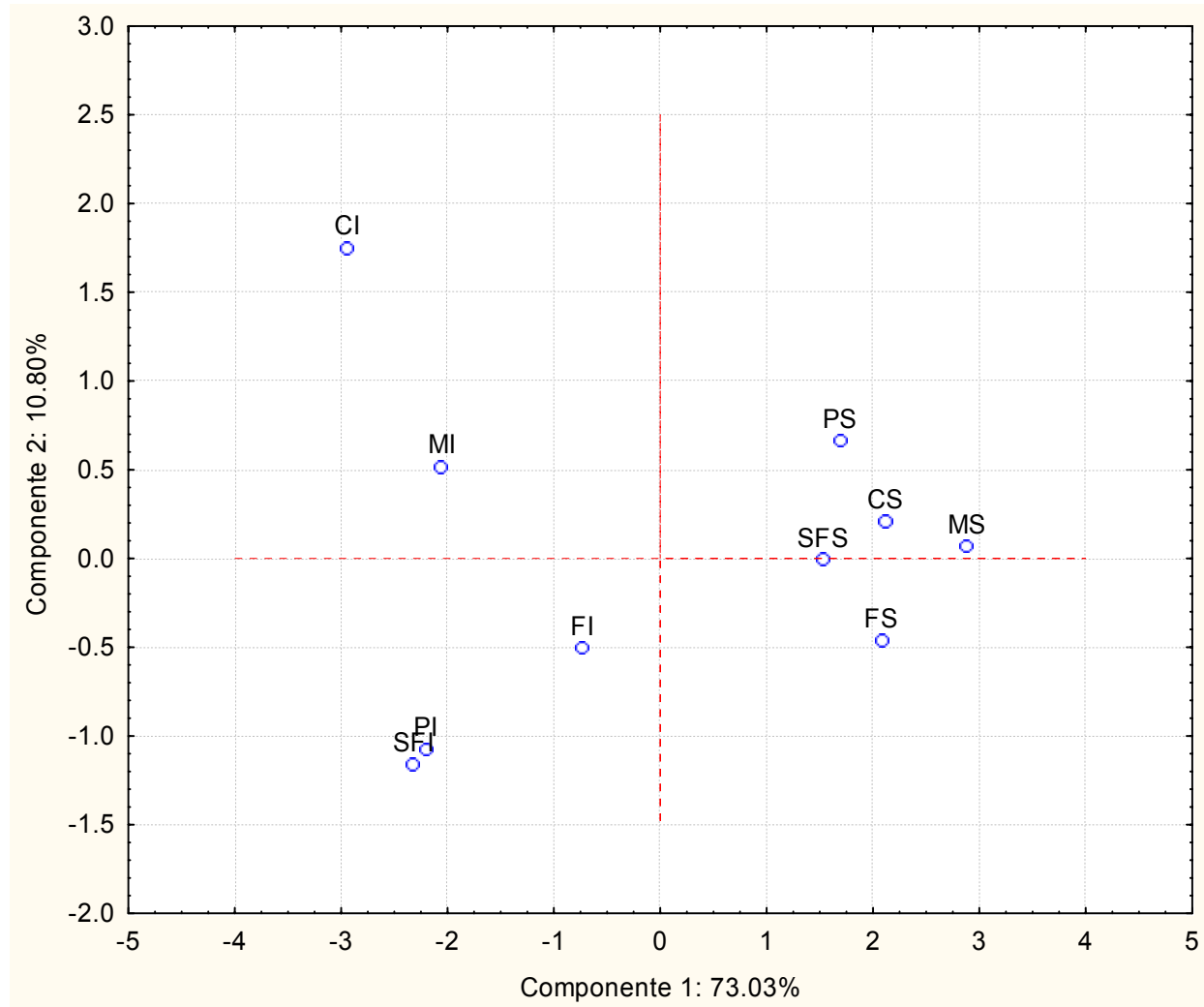


Figura 26. Análisis de Componentes principales para la matriz de parámetros: profundidad, temperatura, cobertura de roca, rugosidad, riqueza de especies, abundancia y diversidad (MI=Melón Intermedia, MS=Melón Somera, PI=Pardito Intermedia, PS=Pardito Somera, CI=Conejo Intermedia, CS=Conejo Somera, FI=Faro intermedia, FS=Faro Somera, SFI=San Francisquito Intermedia y SFS=San Francisquito Somera).

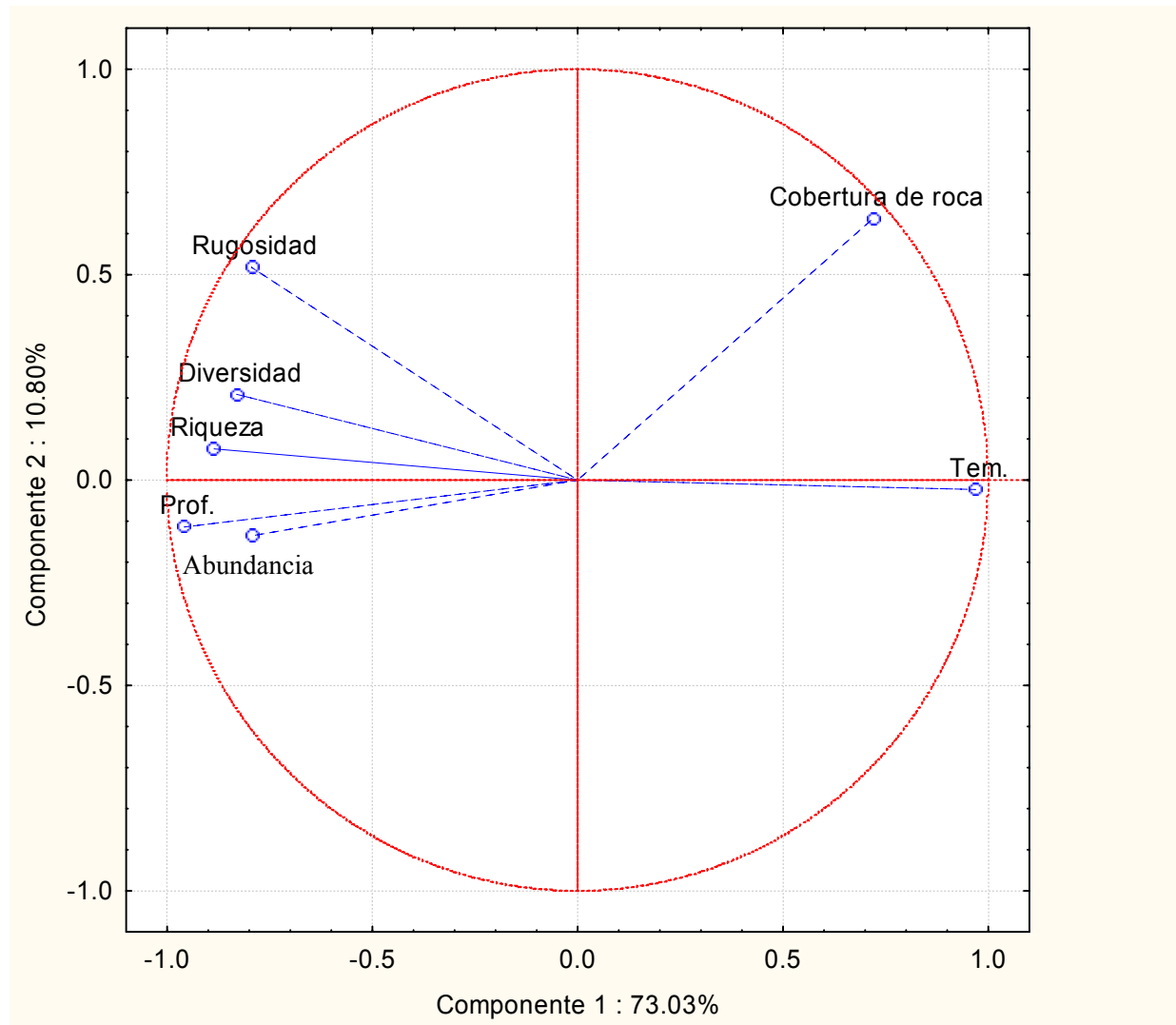


Figura 27. Proyección de las variables en el componente 1 y 2 para la matriz de parámetros: Profundidad (Prof.), Temperatura (Tem.), Cobertura de roca, Rugosidad, Riqueza de especies, Abundancia y Diversidad.

♦ DISCUSIÓN ♦

a) Composición de especies

El listado de especies que se presenta en este estudio muestra la importancia de los arrecifes rocosos de la Isla San José, ya que de las 281 especies de peces registradas para este tipo de ambientes (Thomson *et al.*, 2000) el 29.9 % fueron reportadas para esta isla (84 especies). Es importante considerar que el período de muestreo fue corto; sólo se cubrió un área espacial reducida y el trabajo se enfocó principalmente a las especies conspicuas, por lo que la riqueza calculada para el presente debe ser considerada menor que la real.

Se podría considerar que el método de muestreo utilizado fue adecuado puesto que en trabajos similares el número de especies registradas es semejante al obtenido en esta investigación, aunque las distancias y/o tiempos de censado variaron, por ejemplo: Pérez-España *et al.* (1996) reportaron 75 especies; Sánchez-Ortiz *et al.* (1997) 101 especies; Jiménez-Gutiérrez (1999) 89 especies; Aburto-Oropeza y Balart (2001) 74 especies; Arreola-Robles y Elorduy-Garay (2002) 80 especies y Viesca-Lobatón (2003) 92 especies. Además, al graficar los metros lineales censados contra el número de especies acumuladas se observa que la asíntota se alcanza con la mitad de los muestreos realizados.

Con este estudio se reitera la efectividad de los censos visuales como un buen método de muestreo en este tipo de ambientes. Comparando el número de especies reportado por Uscanga-Aguilar (2002) en esta misma Isla, pero usando red agallera y, tomando en consideración que también analizó zonas rocosas, su riqueza fue menor (63 especies) que la obtenida en el presente estudio (84 especies). Aunque cabe señalar que 27 especies reportadas por este autor no fueron registradas mediante censos visuales, lo cual puede originarse por la mayor cantidad de ambientes en los que se llevó a cabo dicho estudio, así como a la manera de operar de éste. Mientras que los censos visuales siempre se realizaron en horarios diurnos las redes agalleras se colocaban al atardecer (18:00 horas) y se levantaban por la mañana (6:00 horas) por lo que la presencia de organismos de diferentes hábitos se ve afectado por este factor.

La clasificación de las especies de acuerdo a su abundancia relativa muestra que la Isla San José se caracterizó por presentar muy pocas especies abundantes, seguido por un número moderado de frecuentes. Por su parte las comunes y raras fueron las más registradas. Los grupos intermedios (especies frecuentes y comunes) mantuvieron un balance entre la abundancia relativa y la frecuencia de ocurrencia. Este es un atributo de las comunidades determinado por Krebs (1985), lo cual concuerda con lo obtenido por Aburto-Oropeza y Balart (2001) para varios arrecifes rocosos del Golfo de California, esto podría estar reflejando la poca perturbación que presentan los arrecifes de esta isla, ya que los recursos existentes se encuentran repartidos entre un gran número de especies y aunque solo unas pocas son abundantes al aplicarles el IVB éstas no presentan porcentajes de dominancia muy elevados.

La lejanía que presenta la Isla San José de la ciudad de La Paz y por lo tanto la menor influencia de visitantes que presenta, posiblemente contribuyen a la poca perturbación que se refleja en esta comunidad. Aunque en esta área sí existe presión pesquera, sobre todo por las familias que habitan el islote El Pardito, se puede considerar que ésta no es elevada como para afectar la estabilidad de estas comunidades.

La mayoría de las especies (70.2 %) presentes en esta isla pertenecen a la provincia Panámica, por lo cual son consideradas de características tropicales-subtropicales, lo que coincide con lo señalado por Walker (1960), quien determinó que de las 586 especies de peces registradas, en ese año, en el Golfo de California el 65.7 % extienden su distribución hacia el sur, cerca de Panamá o hasta el norte de Perú.

Otros autores han reportado resultados semejantes para el área del Golfo de California: Rodríguez-Romero *et al.* (1994), encontraron que para el área de Bahía Concepción el 93 % de las especies fueron elementos de las provincias Panámica y Californiana; Balart *et al.* (1995) mencionan que la ictiofauna nerítica de Bahía de La Paz está compuesta mayoritariamente por elementos Panámicos; Galván-Magaña *et al.* (1996) determinaron que para la Isla Cerralvo el 44.2 % de las especies son

provenientes de la provincia Panámica y por su parte Villarreal-Cabazos, *et al.* (2000) mencionan que de las 236 especies que registraron en el arrecife coralino de Cabo Pulmo el 68.3 % son de la provincia Panámica.

En cuanto a la única investigación ictiológica realizada para la Isla San José, Uscanga-Aguilar (2002) encontró una gran cantidad de especies de afinidad tropical-subtropical, resultado muy similar al reportado aquí, aunque difiriendo en la cantidad de especies de la provincia del Pacífico Oriental, la cual fue superior a la reportada en este estudio, debido probablemente a la mayor variedad de hábitats estudiados por Uscanga-Aguilar (2002), incluyendo litorales expuestos y protegidos de la Isla, y si se considera que muchas de las especies registradas en esta provincia son móviles y buenas nadadoras (e. g., *Auxis thazard*, *Auxis rochei*, *Scomber japonicus*, *Scomber sierra*, *Carcharinus limbatus* y *Elops affinis*), se puede entender el por qué de su presencia en ese estudio. Por otra parte la cantidad de organismos de la provincia Mexicana fueron más frecuentes en el actual estudio, lo cual puede deberse a que esta investigación se enfocó a áreas de arrecife rocoso y la mayoría de las especies que se observaron en esta provincia tienen características de este tipo de hábitat y poco móviles (e. g. *Labrisomus xanti*, *Urolophus concentricus*, *Apogon retrosella*, *Microlepidotus inornatus*, *Stegastes rectifraenum*).

El mayor número de especies Panámicas que se observan en esta isla se pueden relacionar con el intervalo de temperaturas que se presentan en el Golfo central (33°C - 16°C), lo cual favorece la residencia de especies de características tropicales y que raramente podrían presentarse en el alto golfo (Thomson *et al.*, 2000). Sobre todo porque la Isla San José se encuentra hacia el sur de esta área, en donde las fluctuaciones de la temperatura no son tan marcadas.

Thomson *et al.* (2000) mencionan que especies como *Stegastes rectifraenum* no son comunes en el alto Golfo, pero en el Golfo central son unos de los peces conspicuos más abundantes, característica que se puso de manifiesto en este estudio. Algunas morenas, como *Gymnothorax castaneus* y *Muraena lentiginosa* se encuentran en esta misma situación, siendo los depredadores nocturnos dominantes de esta área del golfo (Thomson, *et al.*, 2000).

Sin embargo, no hay que dejar de considerar la contribución e importancia de las provincias restantes. Considerando que en la entrada del Golfo de California se encuentra una mezcla de masas de agua tanto de origen subártico de temperatura relativamente baja y las aguas cálidas de la región ecuatorial (De la Lanza-Espino, 1991), podría explicarse que en esta área se encuentren especies de tan amplia gama de regiones biogeográficas, además de que la mayoría de las especies pertenecientes a la provincia Panámica presentan la característica de tolerar grandes cambios de temperatura (Thomson *et al.*, 2000).

El traslape que presentan algunas provincias se puede explicar debido a los movimientos que presentan las diferentes especies. Aunque éstas tengan un tipo de afinidad ictiogeográfica sus diferentes hábitos biológicos, aunados a los cambios ambientales les permiten migraciones hacia otras áreas alejadas de sus centros de origen.

b) Efectos del hábitat

Para este estudio se consideraron diversas variables del hábitat como factores que podrían influir en la estructura de la comunidad. Sin embargo se determinó que la profundidad fue la que presentó la mayor influencia en estas asociaciones. Así, se observó que la riqueza, la diversidad y la abundancia tendieron a aumentar conforme se incrementó la profundidad; de hecho esta variable fue la única que presentó variaciones significativas en todos los índices ecológicos analizados.

Sala *et al.* (2002) determinaron mediante un análisis de correspondencia canónica que en los arrecifes del Golfo de California la latitud y la profundidad explican el 66 % de la variación en las asociaciones de peces. Por su parte Callum y Ormond (1987) en un estudio realizado en arrecifes coralinos de las costas del Mar Rojo observaron que la riqueza y la profundidad presentaban esta misma relación, e inclusive la profundidad sola fue un mejor predictor de la riqueza que la complejidad estructural. McCormick (1994) determinó que los patrones de distribución de los peces del norte de la Gran Barrera Australiana están influidos principalmente por la profundidad, y en segundo término por la topografía.

La variación observada con la profundidad se puede relacionar en esta área a la mayor incidencia de especies visitantes en el nivel intermedio. Las especies que sólo se observaron en un sitio y en una ocasión se presentaron con mayor frecuencia en este nivel. Además en esta profundidad se registraron algunas especies de hábitos pelágicos que en el nivel somero no se observaron (*Caranx caballus*, *Caranx caninus* y *Sphyraena lucasana* entre otras). Otro factor que pudo haber influido en esta tendencia fue la rugosidad, la cual según el análisis de regresión, presentó una correlación positiva con la abundancia, la riqueza y la diversidad, y se determinó, de manera general, mayor en la profundidad intermedia. Esta característica ofrece a las asociaciones de peces más zonas de refugio (cuevas y grietas) así como áreas de alimentación, ya que en estas zonas generalmente existen más asociaciones de algas e invertebrados (Anderson *et al.*, 1989; Aburto-Oropeza y Balart, 2001).

En lo que respecta a la cobertura, según el análisis de correlación, no presentó una relación significativa con la abundancia, riqueza y diversidad.

c) Variación espacial:

De acuerdo a los índices ecológicos, el único sitio que presentó una variación significativa con respecto a los demás fue El Faro; lo cual probablemente se debió a sus características particulares de profundidad. El nivel máximo al que se muestreo en este sitio fue de 4.6 m mientras que en los otros cuatro el promedio de profundidad fue de 8.1 m, es decir en este sitio apenas se alcanzó a rebasar el límite superior de profundidad del nivel denominado como somero que va de los 0 a los 4 m.

Se puede establecer que a escala espacial, como lo mencionan Castro-Aguirre *et al.* (1995) las comunidades rocosas del Golfo de California parecen formar un grupo relativamente homogéneo desde el punto de vista ecológico, ya que sus requerimientos se centran en los diversos recursos y protección que ofrecen este tipo de ambientes. Al respecto cabe añadir que la cercanía geográfica de los sitios analizados permitía un gran intercambio de especies.

Sin embargo, de acuerdo con los resultados del análisis de agrupamiento y ordenación se determinó que las estructuras de estas asociaciones de peces sí están influenciadas de manera diferencial por factores físicos tales como la profundidad y la exposición al oleaje.

Los sitios que presentaron los valores más altos de diversidad y riqueza fueron las áreas que se encuentran en el área expuesta de la isla (Conejo, El Pardito y San Francisquito), lo cual coincide con lo reportado por Sánchez-Ortíz *et al.* (1997), para diversos arrecifes del Golfo de California, quienes determinan que las localidades que presentan una gran influencia de corrientes tienen mayores diversidades. En este mismo estudio mencionan que estas áreas suelen presentar rocas grandes y acantilados; mientras que los ambientes protegidos muestran más cobertura de arena; lo cual de manera global también se ha reportado en las costas de la Isla San José (Bourillón-Moreno *et al.*, 1988). Sin embargo para las diferentes localidades censadas en este estudio se observó que las dos localidades que presentaron los porcentajes más bajos de cobertura de roca, y por lo tanto más de arena, estaban ubicadas en el un área expuesta (El Pardito y San Francisquito). Por su parte Arreola-Robles y Elorduy-Garay (2002) determinaron que los arrecifes de la región de La Paz se podían clasificar, de acuerdo a sus características distintivas, en arrecifes expuestos, protegidos y artificiales (especiales), al igual que Romero-Ponce (2002), quien estableció el mismo patrón.

Los mayores valores de riqueza encontrados en las zonas expuestas han sido explicados por la mayor probabilidad que tienen de recibir larvas y huevos de peces que son transportados por las corrientes, y que en las áreas protegidas no se presentan (Sánchez-Ortíz *et al.*, 1997; Arreola-Robles, 1998). A esto debe agregarse que las áreas que presentan mayor oleaje y viento son menos impactadas por actividades como la pesca comercial y el turismo y, por lo tanto, el número de especies y las abundancias en ellas son generalmente mayores.

Algunos de los organismos que exclusivamente se observaron en las localidades expuestas pertenecen a la familia Pomacentridae (*Chromis atrilobata*, *Stegastes flavilatus*, *Stegastes leucurus* y *Microspathodon bairdii*), lo cual puede ser

entendido si tomamos en cuenta sus hábitos alimenticios, tanto *C. atrilobata* como las especies del género *Stegastes* han sido reportadas como especies planctívoras (Allen y Robertson, 1994), por lo que requieren áreas con corrientes o muy productivas. Además se debe considerar que los huevos de estos organismos se pegan al fondo por medio de hilos adhesivos y después de dos a siete días eclosionan, provocando que las frágiles larvas suban hacia la superficie y sean transportadas por las corrientes oceánicas por períodos de 10 a 15 días hacia zonas costeras (Allen y Robertson, 1994). De hecho *Chromis atrilobata* fue una de las especies que mayor influencia tuvo en el arreglo espacial de las localidades en el análisis de componentes principales, provocando que los sitios de Conejo intermedia y El Pardito intermedia, en donde presentó sus mayores abundancias, se alejaran de los sitios restantes.

Otras de estas especies fueron *Caranx caninus* y *Trachinotus rhodopus*, de la familia Carangidae, las cuales también presentan larvas pelágicas y son consideradas nadadoras rápidas de media profundidad que se caracterizan por su forma aerodinámica (Allen y Robertson, 1994). Por lo que pueden soportar la influencia de las corrientes en zonas expuestas. Por su parte, *Caranx caballus* no fue exclusiva de las zonas expuestas pero su frecuencia de aparición siempre fue mayor en este tipo de áreas que en las protegidas.

De las especies registradas de modo exclusivo en las áreas protegidas se puede mencionar a *Haemulon flavittatum*, *Haemulon maculicauda*, *Haemulon steindachneri* y *Pareques viola*, las cuales se caracterizan por su comportamiento nocturno; durante el día se esconden y en las noches se dispersan para alimentarse, (Allen y Robertson, 1994), lo cual posiblemente reveló su presencia en estas zonas por utilizarlas como refugio y descanso en el horario en el que se llevaban a cabo los censos.

Espacialmente, otro de los factores que influyó en la estructura de las comunidades fue la profundidad, como ya se mostró anteriormente. Se debe mencionar que esta variable física implica otros factores tales como la temperatura del agua; a mayores profundidades ésta disminuye gradualmente hasta cierto límite,

lo cual provoca un uso diferencial de este hábitat. Esto se ve reflejado en el arreglo espacial de los sitios, en el cual, al graficar los componentes en el análisis de ordenación, las áreas de profundidad intermedia se agrupan, y la principal variable que influyó en este arreglo fue la temperatura.

Al observar las especies dominantes para los niveles de profundidad establecidos, se encontró que en la profundidad somera, de acuerdo al IVB, existen especies que presentan más altos porcentajes de dominancia que en la intermedia. La especie *Mulloidichthys dentatus* fue una de las más dominantes para el nivel intermedio, lo cual probablemente fue debido a su preferencia por zonas compuestas por parches de arena y rocas, característica que se presentó en los niveles de mayor profundidad. Esta especie a menudo forma cardúmenes y se alimenta de crustáceos, moluscos y poliquetos, los cuales busca entre la arena con la ayuda de sus barbillas (Thomson *et al.*, 2000).

Otra de las especies que se determinó como dominante en esta profundidad (6.0 m) y que para el otro nivel no se presentó con un porcentaje importante, fue *Chromis atrilobata*, la cual nunca se observó en los sitios protegidos (Mélón y El Faro) y se observó con mayor abundancia y frecuencia en el Conejo en la profundidad intermedia. Esto se puede entender al considerar su biología, ya que prefiere zonas relativamente profundas entre 6 m y 20 m, aunque ocasionalmente incursiona en aguas más profundas (Thomson *et al.*, 2000). Además, estos organismos prefieren áreas que presenten corrientes fuertes, que lleven alto contenido de zooplancton, el cual constituye su fuente de alimento (Arreola, 1998). Estos son pocos de los pomacéntridos que no son territorialistas (Villareal-Cavazos, 1988).

Sala *et al.* (2002) menciona que en los arrecifes del Golfo de California el número de especies decrece conforme la latitud incrementa. Un gradiente semejante fue reportado por Arreola-Robles y Elorduy-Garay (2002), pero para el caso de la diversidad en arrecifes de la región de La Paz, esta misma característica fue establecida por González-Cabello (2003) en un estudio posterior. Para el caso de los arrecifes rocosos estudiados en la Isla San José es posible que esta variación no se

haya observado debido a la cercanía que presentaron los sitios, es decir, a la escala de trabajo en la que se llevó a cabo.

De las 84 especies reportadas para los arrecifes rocosos de la Isla San José sólo 12 (14.1 %) fueron observadas para los cinco sitios a sus dos profundidades, lo cual indica que la composición de cada sitio presenta variaciones de acuerdo a sus características particulares. Un patrón semejante fue obtenido por Villareal-Cabazos *et al.* (2000) para el área de Cabo Pulmo, en el que de 236 especies totales sólo el 4.7 % (11 especies) aparecieron en mas del 75 % de los censos. Al examinar los datos obtenidos en la Isla San José sólo para sitios, se determina que el número de especies en común aumenta a 28 (32.9 %). Aún y tomando en cuenta estas variaciones se puede concluir que, de manera general, las especies dominantes son semejantes en todos los arrecifes.

Las especies que sólo se observaron en uno o dos sitios más que reflejar algún tipo de preferencia por el área en la que fueron reportadas, muestran que los arrecifes son visitados o usados como área de tránsito por algunas especies, ya que su frecuencia de aparición es baja. Esto se observó principalmente en la profundidad intermedia. De las 29 especies que sólo se reportaron en uno o dos sitios, 21 se registraron sólo en este nivel, lo cual puede ser explicado por la cobertura de fondo que presentó esta profundidad. Muchas de estas especies presentan preferencias por áreas con fondos arenosos-rocosos (*Haemulon flaviguttatum*, *Serranus psittacinus*, *Sphoeroides lobatus*, *Haemulon maculicauda*, *Haemulon steindachneri*, *Paralabrax maculatofasciatus*, *Dasyatis brevis*, *Diplobatis ommata* y *Acanthurus xanthopterus*) o por aguas pelágicas (*Caranx caballus* y *Caranx caninus*).

Con respecto a la única variación espacial significativa que se observó en los sitios, en cuanto a la diversidad, fue para El Faro. Esta fue una zona muy somera; el intervalo de profundidad al que se censó en este sitio fue 1.5 m a 4.6 m para los dos niveles estudiados, mientras que en las otras cuatro estaciones el promedio fue de 8.1 m, es decir en esta zona apenas se alcanzó a rebasar el límite superior de profundidad del nivel denominado como somero que va de los 0 a los 4 m, y si consideramos que las variaciones en cuanto a abundancia, diversidad, riqueza y

especies dominantes fueron diferentes para cada estrato es probable que esto fuera decisivo en la estructura diferencial de este sitio. Además, al considerar su ubicación, entre dos zonas arenosas (Bahía Amortajada y el área subsiguiente), podría contribuir a su diferencia en cuanto a diversidad. En El Faro se registraron algunas especies que son características de áreas arenosas y que no se registraron en ningún otro sitio como *Haemulon steindachneri*, *Paralabrax maculatofasciatus* y *Sphoeroides lobatus*, además de otras que se observaron con mayores abundancias en este sitio como: *Mugil cephalus*, *Mulloidichthys dentatus* y *Microlepidotus inornatus*, las cuales también presentan preferencias por zonas arenosas. Cabe destacar que la última especie presentó abundancias en este sitio mayores del promedio observado en los otros, característica que se manifestó en el análisis de ordenación, en el cual este sitio se alejó de los demás.

En relación a las comunidades de peces de los arrecifes del Golfo de California se observa una división del hábitat bien establecida con respecto a la profundidad, pudiendo considerarse como asociaciones con diferentes estructuras las observadas en profundidades de 0-4 m y las de 5-19 m, el límite superior de esta segunda categoría se estableció de acuerdo a lo reportado por Allen y Robertson (1994), quienes mencionan estas dos clases y una tercera de mayor profundidad. Esta aseveración se ve reforzada por el estudio llevado a cabo por Jiménez-Gutiérrez (1999), quien realizó un estudio en dos profundidades de estudio (5 y 10 m), similares a las de la segunda categoría del presente análisis, reportando que entre estos dos niveles las asociaciones ícticas no presentaron variaciones significativas.

d) Variación temporal

La riqueza, abundancia, diversidad y equidad presentaron una tendencia al aumento relacionada con el incremento de la temperatura, lo cual coincide con Pérez-España *et al.* (1996), Aburto-Oropeza y Balart (2001) en cuanto al número de especies. Por su parte Rodríguez-Romero *et al.* (1994) determinaron una relación directamente proporcional entre la temperatura y la abundancia.

Este incremento de los atributos ecológicos en la temporada cálida se puede deber a que durante esta época en el Golfo de California se presentan vientos

provenientes del sureste que generan surgencias y por lo tanto un incremento en la cantidad de alimento disponible a lo largo de las costas de Baja California, teniendo como resultado una mayor cantidad de organismos en el área (Roden, 1964). Por su parte en invierno los vientos del noroeste provocan este mismo fenómeno de surgencias en la costa este del golfo y en la Isla Tiburón, induciendo a que el número de especies en el golfo empiece a decrecer debido a la depredación, emigración y por supuesto a la disminución del alimento (Pérez-España *et al.*, 1996). Tomando en cuenta la ubicación de la Isla San José, es probable que la emigración de algunos organismos de esta zona hacia el Pacífico se lleve a cabo con frecuencia durante esta última temporada del año.

Observando la variación de los índices ecológicos en cada uno de los sitios, se encuentra que para la abundancia y la equidad todos los arrecifes presentan mayores valores en la época cálida. Sin embargo, para la riqueza y la diversidad se encontró lo contrario, excepto para la localidad de San Francisquito en el caso de la riqueza y El Pardito en la diversidad en los cuales se observó el patrón antes mencionado. Esto podría deberse a la mayor heterogeneidad del hábitat que estas zonas presentaron, influyendo en una mayor cantidad de especies visitantes, además de presentar la característica de ser áreas expuestas.

En el mes de junio se observó una disminución de los valores de los parámetros ecológicos relacionada con una baja en la temperatura. Cuando se presenta una disminución de la temperatura como la observada en dicho mes, los peces, debido a su condición ectotérmica, tienden a gastar menos energía en actividades motoras (Eckert *et al.*, 1991) por lo que permanecen inmóviles más tiempo de lo normal, lo cual los hace menos visibles ante los buceadores.

La abundancia en cada una de los sitios presentó mayores valores en la época cálida; lo cual podría ser el resultado de la mayor presencia de cardúmenes durante los meses de junio, agosto y octubre (temporada cálida), de especies como *Chromis atrilobata*, *Lutjanus argentiventris* y *Mycteroperca rosacea*. Con esta característica se podría esperar que la dominancia en esta época aumentara, lo cual no se observó debido principalmente a que en esta temporada también se observaron

algunos cardúmenes de especies que no se presentaron en la época fría como *Haemulon flaviguttatum*, *Microlepidotus inornatus*, *Trachinotus rhodopus* y *Tylosurus acus pacificus*.

Se podría considerar que las especies dominantes en estas asociaciones son constantes temporalmente, característica que ya había sido señalada por Castro-Aguirre *et al.* (1995), quienes mencionan que las comunidades ícticas de los arrecifes rocosos del Golfo de California son un grupo relativamente homogéneo, ya que los recursos y la protección que ofrece el Golfo de California son constantes.

Cabe señalar que durante el muestreo correspondiente al mes de mayo, se presentó una cantidad considerable de cobertura de sargazo, sobre todo en los sitios denominados como protegidos (Melón 98 %, El Faro 15 %, Conejo 5 %, El Pardito 0 %, San Francisquito 0 %). Casas-Valdez *et al.* (1997) reportaron que las macroalgas en el área de la Bahía de La Paz presentan sus mayores abundancias durante la primavera (mayo). Al considerar esta circunstancia y el método de muestreo usado, se puede concebir que, debido a la presencia de estas algas la visibilidad durante los censos visuales disminuyera y por lo tanto la cantidad de organismos registrados fuera menor en estos sitios. Esto ayudaría a comprender mejor el que en el análisis global de riqueza y diversidad por épocas sólo las localidades de San Francisquito y El Pardito (áreas expuestas) presentaran mayores valores en la época cálida.

En cuanto a las épocas del año, se observó que en la temporada fría existe una mayor dominancia. La especie *Microlepidotus inornatus* presenta una dominancia significativa durante la estación cálida; mientras que en la fría no se presentó. Es decir sólo se observó durante los meses de junio a octubre en los sitios de El Faro y Melón con abundancias elevadas. Esta especie durante el día suele formar densos cardúmenes que se desplazan lentamente en los bordes de los arrecifes y al anochecer migran hacia aguas oceánicas en donde se dividen en grupos pequeños sobre áreas arenosas, en donde se alimentan principalmente de moluscos bentónicos y crustáceos (Thomson *et al.* 2000). Otra especie que presentó uno de los mayores porcentajes en el Índice de Valor Biológico durante esta época fue *Haemulon maculicauda*, la cual se observó también sólo en Melón y El Faro, con

mayores abundancias durante los meses de junio y octubre; a este respecto Pérez-España *et al.* (1996) encontraron que dicha especie se presentaba con altas abundancias durante la estación fría. Esta especie, al igual que la anterior (*M. inornatus*), suele formar cardúmenes en arrecifes costeros durante el día, dispersándose de noche sobre fondos arenosos. Probablemente estas áreas representan una zona de descanso que les proporciona refugio en las rocas durante el día ya que se encuentran ubicadas en un área de bajo oleaje.

e) Especies dominantes

Los altos valores de equidad y los bajos valores obtenidos con el IVB podrían indicar que estas asociaciones de peces se encuentran poco perturbadas y se pueden considerar como estables.

Las especies con los mayores porcentajes de dominancia en los arrecifes de la Isla San José coinciden en ser especies que forman cardúmenes, por lo que obviamente fueron las registradas con grandes abundancias.

La especie más importante dentro del análisis general del IVB fue el mulegino *Abudefduf troschelii*, cuya alimentación se basa principalmente de organismos del plancton superficial y de media agua, aunque también consumen invertebrados del fondo y algas en los arrecifes, por lo que han sido considerados como omnívoros (Thomson *et al.*, 2000). Esta especie (*A. troschelii*) no presentó variaciones espaciales, ya que se registró de manera similar en todas las sitios y en cada una de las profundidades. En cuanto a la variación temporal, se observó un incremento de la abundancia en la temporada cálida, lo cual pudo deberse a que en su reproducción, la que se lleva a cabo desde el verano hasta principios de otoño, los machos suelen ser agresivos y territorialistas lo cual los hace más visibles ante los visitantes (Thomson *et al.*, 2000).

La segunda especie en dominancia fue *Stegastes rectifraenum*, la cual, al igual que la anterior, pertenece a la familia Pomacentridae. Presenta un comportamiento territorialista agresivo y es omnívora, por lo que compete activamente por el territorio con los muleginos (*A. troschelii*) y con algunas especies de las familias Serranidae y

Labridae. Esto podría explicar su menor abundancia en áreas en las que la especie *A. troschellii* era muy dominante, como en El Melón y El Pardito. La abundancia de estos organismos no varió a lo largo del ciclo anual.

Thalassoma lucasanum también fue una especie importante. Bermúdez-Almada y García-Laguna (1985) reportaron que suele encontrarse en áreas poco profundas (0.2 m a 3 m), aunque para este estudio no se observó preferencia por ninguna de las profundidades establecidas. En cuanto a los diferentes sitios, se detectó que estos organismos se registraron con mayores abundancias en las áreas expuestas de la isla, es decir, en El Pardito, Conejo y San Francisquito, lo cual pudo deberse a que es una especie de hábitos omnívoros y se alimenta preferentemente de moluscos (33.8 %) y crustáceos (33.1 %) (Bermúdez-Almada y García-Laguna, 1985), los cuales (*e.g. Tricolia* spp y *Oliva* spp) prefieren áreas arenosas y rocosas, condiciones que se observaron sobre todo en las localidades de El Pardito y San Francisquito.

Hobson (1968) observó que en algunas ocasiones los juveniles de esta especie actúan como limpiadores facultativos, quitando los parásitos de otros peces en estaciones de limpieza.

La cuarta especie más importante fue el perico *Scarus ghobban*. Estos organismos abundaron, al igual que la especie anterior, en las áreas expuestas al oleaje. Usualmente se les observa en las áreas adyacentes con fondos de arena y piedra, lo cual posiblemente explica su presencia en estas zonas. Usualmente son solitarios, pero los juveniles se agrupan (Lieske y Myers, 1996). Son de hábitos diurnos y se alimentan principalmente de algas. Durante la noche se encuentran inactivos en cuevas y secretan un mucus con el que cubren su cuerpo “posiblemente para evitar ser olfateados por sus depredadores” (Thomson, *et al.*, 2000).

◆ CONCLUSIONES ◆

La Isla San José constituye una zona de arrecifes rocosos importante, donde se encuentra el 29.9 % del total de las especies de peces reportadas para este tipo de hábitat en el Golfo de California. Estuvo constituida por 84 especies de 60 géneros en 31 familias.

La mayoría de las especies registradas son de origen subtropical, es decir pertenecieron a la provincia Panámica.

La profundidad fue la única variable espacial que afectó significativamente tanto la diversidad como la riqueza de las asociaciones de peces estudiadas. Se encontró que a mayor profundidad la abundancia, riqueza y diversidad tienden a incrementarse.

Temporalmente, los índices ecológicos de la comunidad mostraron una tendencia al aumento durante la estación cálida. Pero estadísticamente no se registró ninguna diferencia significativa entre la época cálida y fría.

Las zonas expuestas presentaron los más altos valores de diversidad y riqueza.

Las especies más representativas para los arrecifes rocosos de la Isla San José fueron: *Abudefduf troschelii*, *Stegastes rectifraenum*, *Thalassoma lucasanum*, *Scarus ghobban* y *Mulloidichthys dentatus*.

Se observó que zonas con mayor rugosidad tienden a presentar mayor abundancia, riqueza y diversidad. Estadísticamente se observó una correlación positiva de estos atributos con la rugosidad.

Se determinó que dos de las variables ambientales que mayor influencia presentan en la estructuración de las asociaciones de peces de arrecifes rocosos para esta área son la profundidad y la exposición al oleaje.

◆ RECOMENDACIONES ◆

Se considera importante realizar mas estudios concernientes a la ictiofauna de los arrecifes rocosos de la Isla San José tomando en consideración toda la periferia de la isla así como áreas de mayor profundidad. Estos estudios ayudarían a robustecer la hipótesis aquí planteada de que las asociaciones de peces en esta área son influenciadas en gran medida tanto por la profundidad de los arrecifes como por la exposición al oleaje que presentan.

Debido a los limitantes que presenta el utilizar censos visuales es necesario realizar trabajos con otro tipo de técnicas, como lo son anestésicos y/o redes, conjuntamente con muestreos nocturnos con la finalidad de conocer a detalle las asociaciones ícticas que allí se encuentran.

Se recomienda realizar investigaciones en una escala de tiempo mayor a un año para describir patrones de variabilidad temporal con mayor robustez.

Es necesario llevar a cabo investigaciones sobre la biología general y el reclutamiento de las especies que habitan estos arrecifes, sobre todo de aquellas que son de mayor importancia tanto ecológica como económica. Esto ayudaría a entender mejor sus relaciones tróficas, épocas de reproducción, emigración e inmigración, así como otros aspectos importantes.

Sería de gran utilidad tomar en cuenta, como parte del ambiente biótico de estas áreas, la cobertura de coral que se encuentra en algunas zonas, para detectar su posible efecto en los peces del área.

Es necesario estudiar más a detalle la influencia de las variables fisicoquímicas del medio en la estructura de estas asociaciones, lo cual sería factible tomando en consideración aspectos tales como el oxígeno disuelto, salinidad, temperatura, pendiente del suelo, rugosidad, tamaño promedio de rocas, tipo de cobertura, entre otras.

Al parecer las asociaciones de peces que se encuentran en esta isla aún no presentan grandes perturbaciones antropogénicas, pero sin duda están expuestas a estas, por lo que sería importante crear un plan de manejo para el área antes de que estos efectos sean cuantificables.

♦ BIBLIOGRAFÍA ♦

- Abitia-Cárdenas, L. A., J. Rodríguez-Romero, F. Galván-Magaña, J. de la Cruz-Agüero & H. Chávez-Ramos. 1994. Lista sistemática de la ictiofauna de Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Ciencias Marinas*. 20(2):159-181.
- Aburto-Oropeza, O. 1999. *Relación entre la distribución y la diversidad con respecto al hábitat, de la ictiofauna arrecifal de Los Islotes, B. C. S., México*. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México. 71 p.
- Aburto-Oropeza, O. & E. F. Balart. 2001. Community structure of reef fish in several habitats of rocky reef in the Gulf of California. *P.S.Z.N. Marine Ecology*. 22(4):283-305.
- Allen, G. R. & D. R. Robertson. 1994. *Fishes of tropical Eastern Pacific*. University of Hawaii Press, Honolulu. 332 p.
- Almenara-Roldan, S. 2000. Demanda internacional de especies marinas ornamentales del Golfo de California, 39-47. *En: Aburto-Oropeza, O. & C. Sánchez-Ortíz. Recursos arrecifales del Golfo de California. Estrategias de manejo para las especies marinas de ornato*. Universidad Autónoma de Baja California Sur y Brich Aquarium at SCRIPPS. 1ª edición, México. 139 p.
- Álvarez-Borrego, S. & R. A. Schwartzlose. 1979. Masas de agua del Golfo de California. *Ciencias Marinas*. 6(1 y 2):43-63.
- Anderson, T.W., E. De Martini & D. A. Roberts. 1989. The relationship between habitat structure, body size and distribution of fishes at a temperate artificial reef. *Bulletin of Marine Science*. 44(2):681-697.
- Anónimo. 1987. *Islas Mexicanas. Régimen jurídico y Catálogo*. México. 154 p.
- Anónimo. 2001. *Programa de manejo. Complejo Insular Espíritu Santo, México. Componente del área de protección de flora y fauna Islas del Golfo de California*. SEMARNAP-CONANP, México. 194 p.

-
- Arreola-Robles, J. L. 1998. *Diversidad de peces de arrecife en la región de La Paz, B.C.S., México*. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B.C.S., México. 83 p.
- Arreola-Robles, J. L. & 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.
- Balart, E. F., J. L. Castro-Aguirre, D. Aurióles-Gamboa, F. García-Rodríguez, & C. Villavicencio-Garayzar. 1995. Adiciones a la ictiofauna de Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Hidrobiología*. 5(1-2):79-85.
- Beekhuis, J. V. 1981. Tourism in the Caribbean; impacts on the economic, social and natural environments. *Ambio*. 10(6):325-331.
- Bermúdez-Almada, B. R. & G. García-Laguna. 1985. *Hábitos alimenticios en los peces de las zonas rocosas de la Bahía de La Paz, B. C. S.* Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 259 p.
- Bortone, S. A., T. Martín & C. M. Bundrick. 1991. Visual census of reef fish assemblages: a comparison of slate, audio and video recording devices. *Northeast Gulf Science*. 12(1):17-23.
- Bourillón-Moreno, L., A. C. Díaz-Barriga, F. Ecardi-Ambrosi, E. Lira-Fernández, J. Ramírez-Ruíz, E. Velarde-González & A. Zavala-González. 1988. *Islas del Golfo de California*. Secretaría de Gobernación y Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 292 p.
- Bravo-Núñez, E. 1991. Sobre la cuantificación de la diversidad ecológica. *Hidrobiología*. 1(1):87.
- Briggs, J. C. 1960. Fishes of worldwide (circumtropical) distribution. *Copeia*. 1960(3):171-180.
- Briggs, J. C. 1974. *Marine Zoogeography*. M.cGraw-Hill Book Company, New York 475 p.

- Brock, R. E. 1982. A critique of the visual census method for assessing coral reef fish populations. *Bulletin of Marine Science*. 32(1):269-276.
- Brusca, R.C. & D. A. Thomson. 1975. Pulmo reef: the only "coral reef" in the Gulf of California. *Ciencias Marinas*. 1:37-53.
- Callum, M. R. & R. F. G. Ormond. 1987. Habitat complexity and coral reef fish diversity and abundance on Red Sea fringing reefs. *Marine Ecology Progress Series*. 41:1-8.
- Casas-Valdez, M. M., M. B. Cruz-Ayala & G. E. López. 1997. Algas marinas bentónicas más abundantes en la Bahía de La Paz, B. C. S., 83-92. . En: Urbán-Ramírez, J. & M. Ramírez-Rodríguez. (Eds). *La Bahía de La Paz, investigación y conservación*. Universidad Autónoma de Baja California Sur, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas y Scripps Institution of Oceanography. La Paz., B. C. S., 345 p.
- Castro-Aguirre, J. L., E. F. Balart & J. Arvizu-Martínez. 1995. Contribución al conocimiento del origen y distribución de la ictiofauna del Golfo de California, México. *Hidrobiológica*. 5(1-2):57-78.
- Clarke, K.R. & R. M. Warwick. 1994. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Natural Environment Research Council, Plymouth. 144 p.
- COADS. 1960-1996. Comprehensive Oceanography and Atmospheric Data Set. CD-ROM.
- De la Lanza-Espino, G. 1991. *Oceanografía de mares mexicanos*. A.G.T. Editor, S. A., México. 569 p.
- Eckert, R., D. Randall & G. Augustine. 1991. *Fisiología animal, mecanismos y adaptaciones*. 3ª ed, Interamericana Mc Graw Hill. Madrid. 683 p.
- Elorduy-Garay, J. & S. Jiménez-Gutiérrez. 2000. Metodologías para el estudio de los peces de arrecife. 72-82, En: Aburto-Oropeza, O. & C. Sánchez-Ortíz. *Recursos arrecifales del Golfo de California. Estrategias de manejo para las especies marinas de ornato*. Universidad Autónoma de Baja California Sur y Birch Aquarium at SCRIPPS. 1ª edición, México. 139 p.

-
- Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter, V. H. Niem. (1995). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental*. Vol. II Vertebrados-Parte 1. Roma FAO. 647-1200.
- Galván-Magaña, F., L. A. Abitia-Cárdenas, J. Rodríguez-Romero, H. Pérez-España & H. Chávez-Ramos. 1996. Lista sistemática de los peces de la Isla Cerralvo, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*. 22:295-311.
- Galván-Magaña, F., F. J. Gutiérrez-Sánchez, L. A. Abitia-Cárdenas, & J. Rodríguez-Romero. 2000. The distribution and affinities of the shore fishes of the Baja California Sur Lagoons, 383-398 *En*: Munawar, M., S. G. Lawrence, I. F. Munawar & D. F. Malley (eds). *Aquatic ecosystems of México: Status and scope*. Ecovision world monograph series. Backhuns Publisher. Holanda.
- Galván-Piña, V. H., F. Galván-Magaña, L. A. Abitia-Cárdenas, F. J. Gutiérrez-Sánchez & J. Rodríguez-Romero. 2003. Seasonal structure of fish assemblages in rocky and sand habitats in Bahía de La Paz, México. *Bulletin of Marine Science*. 72(1):19-35.
- Galzin, R. 1987a. Structure of fish communities of French Polynesian coral reefs I. Spatial scales. *Marine Ecology Progress Series*. 41:129-136.
- Galzin, R. 1987b. Structure of fish communities of French Polynesian coral reefs II. Temporal scales. *Marine Ecology Progress Series*. 41:137-145.
- Gladfelter, W. B., J. C. Ogden & 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(5):1156-1168.
- Glynn, P.W., R. H. Stewart, & J. E. McCosker. 1972. Pacific coral reefs of Panama: structure, distribution and predators. *Geologische. Rundschau*. 61(2):483-519.
- Goldman, B. & F. H. Talbot. 1976. Aspects of the ecology of coral reef fishes. *In*: O. A. Jones and R. Endean (eds), *Biology and geology of coral reefs*. Vol. III. Academic Press, New York. 125-151.

- González-Cabello, A. 2003 *Variabilidad espacio-temporal de las asociaciones de peces crípticos en áreas arrecifales coralinas y rocosas de la región de La Paz, B.C.S., México*. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. La Paz, B. C. S., México. 84 p.
- Gotshall, D. W. 2001. *Pacific coast inshore fishes*. 4^a edición. Sea Challenger Inc. 117 p.
- Hobson, E. S. 1968. Predatory behavior of some shore fishes in the Gulf of California. Bulletin sport fish and wildlife, Research Report. 73-92.
- Hubbs, C. L. 1960. The marine vertebrates of the outer coast. Symposium: The biogeography of Baja California and adjacent seas. *Systematic Zoology*. 9 (3):134-147.
- Jiménez-Gutiérrez, S. A. 1999. *Abundancia y estructura comunitaria de peces de arrecife rocoso en la zona de Isla Cerralvo, B.C.S., México*. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México. 91 p.
- Krebs, C. J. 1985. *Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia*. 2^a Edición. Harla Ed, México. 753 p.
- Letourner, Y. & P. Chabanet. 1994. Variations spatio-temporelles de l'ichtyofaune de platiers récifaux a La Réunion. *Cybium*. 18(1):25-38.
- Lewis, S. M. 1986. The role of herbivorous fishes in the organization of a Caribbean reef community. *Ecological Monographs*. 56(3):183-200.
- Lieske, E. & R. Myers. 1996. *Coral reefs fishes. Caribbean, Indian Ocean and Pacific Ocean including the Red Sea*. Library of Congress Cataloging-in-Publication data. Italy. 400 p.
- Loya, S.D.H. & A. Escofet, 1990. Aportaciones al cálculo del índice de valor biológico (Sanders, 1960). *Ciencias Marinas*. 16(2):97-115.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. 179 p.
- Margalef, R. 1972. Homage to Evelyn Hutchinson, or why there is an upper limit to diversity. *Trans. Conn. Acad. Arts. Sci.* 44:211-235.

-
- Margalef, R. 1982. *Ecología*. Ediciones Omega, S. A. Barcelona. 951 p.
- May, R. M. 1975. Patterns of species abundance and diversity, 81-120. *En*: Cody, M. L. & J. M. Diamond (Eds.). *Ecology and evolution of communities*. The Belknap Press, Cambridge.
- Mc.Cormick, M. 1994. Comparison of field methods for measuring surface topography and their associations with a tropical reef fish assemblage. *Marine Ecology Progress Series*. 112:87-96.
- Molles, M. C. 1978. Fish species diversity on model and natural reef patches: experimental insular biogeography. *Ecological Monographs*. 48:289-305.
- Nelson, J. S. 1994. *Fishes of the world*. 3rd edition, John Wiley and Sons, New York. 523 p.
- Pérez-España, H., F. Galván-Magaña, & L. A. Abitia-Cárdenas. 1996. Variaciones temporales y espaciales en la estructura de la comunidad de peces de arrecifes rocosos del sur-oeste del Golfo de California, México. *Ciencias Marinas*. 22(3):273-294.
- Pérez-España, H., & L. A. Abitia-Cárdenas. 1996. Description of the digestive tract and feeding habits of the king angelfish and the Cortes angelfish. *Journal of Fish Biology*. 48:807-817.
- Pielou, E. C. 1975. *Ecological Diversity*. Wiley interscience. Nueva York. 142 p.
- Piña-Espallargas, R. 2000. Especies marinas de ornato del Golfo de California y su uso, 61-64. *En*: Aburto-Oropeza, O. & C. Sánchez-Ortiz. *Recursos arrecifales del Golfo de California. Estrategias de manejo para las especies marinas de ornato*. Universidad Autónoma de Baja California Sur y Brich Aquarium at SCRIPPS. 1^a edición, México. 139 p.
- Reyes-Bonilla, H. & L. E. Calderón-Aguilera. 1999. Population density, distribution and consumption rates of three corallivores at Cabo Pulmo Reef., Gulf of California, México. *P.S.Z.N. Marine Ecology*. 20(3-4):347-357.

-
- Roberts, C.M. & R. F. G. Ormond. 1987. Habitat complexity and coral reef fish diversity and abundance on Red Sea fringing reefs. *Marine Ecology Progress Series*. 41:1-18.
- Roden, G. I. 1964. Oceanographic aspects of Gulf of California. 26-45. *In*: van Andel, T. H. & G. G. Shore, Jr. (Eds.) *Marine geology of the Gulf of California*. A symposium, memoir No. 3. The American Association of Petroleum Geologists. 508 p.
- Rodríguez-Romero, J., L. A. Abitia-Cárdenas, F. Galván-Magaña & H. Chávez-Ramos. 1994. Composición, abundancia y riqueza específica de la ictiofauna de Bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 20(3):321-350.
- Romero-Ponce, R. 2002. *Estructura comunitaria de peces asociados a cabezas de coral en cuatro localidades de Bahía de La Paz, B.C.S., México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B. C. S., México. 97 p.
- Rosenblatt, R. H. 1967. The zoogeographic relationships of the marine shore fishes of tropical America. *Stud. Trop. Oceanog.* Miami. 5:579-592.
- Sala, E. & C. Sánchez-Ortiz. 2000. El "proyecto fauna arrecifal" y la investigación científica aplicada a la gestión de las especies marinas de ornato en el mar de Cortés, 55-66. *En*: Aburto-Oropeza, O. & C. Sánchez-Ortiz. *Recursos arrecifales del Golfo de California. Estrategias de manejo para las especies marinas de ornato*. Universidad Autónoma de Baja California Sur y Birch Aquarium at SCRIPPS. 1ª edición, México. 139 p.
- Sala, E., O. Aburto-Oropeza, G. Paredes, I. Parra, J. C. Barrera & P. K. Dayton. 2002. A general model for designing networks of marine reserves. *Science*. 298:1991-1993.
- Sale, P.F. & B. J. Sharp. 1983. Correction for bias in visual transect censuses of coral reef fishes. *Coral Reefs*. 2:37-42.
- Sale, P. F. & W. A. Douglas. 1984. Temporal variability in the community structure of fish on coral patch reefs and the relation of community structure to reef structure. *Ecology*. 65:409-422.
- Sale, P. F. 1991. *The ecology of fishes on coral reefs*. Academic Press. 754 p.

- Sánchez-Ortíz, C.; J. L. Arreola-Robles; O. Aburto Oropeza & M. Cortés-Hernández. 1997. Peces de arrecife en la región de La Paz, B.C.S, 177-188. *En: Urbán-Ramírez, J. & Ramírez-Rodríguez, M. (Eds). La Bahía de La Paz, investigación y conservación.* Universidad Autónoma de Baja California Sur, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas y Scripps Institution of Oceanography. La Paz., B. C. S., 345 p.
- Sanders, H. L. 1960. Benthic studies in Buzzard Bay III. The structure of soft-bottom community. *Limnology Oceanography*. 5:138-153.
- Sanderson, S. L. & A. C. Solonsky. 1986. Comparison of a rapid visual and a strip transect technique for censusing reef fish assemblages. *Bulletin of Marine Science*. 39(1):119-129.
- Steinbeck, J. & E. F. Ricketts. 1941. *Sea of Cortez. A leisurely journal of travel and research.* Viking, Nueva York. 598 p.
- Thomson, D. A., & M. Gilligan. 1983. The rocky-shores fishes, 98-129. *In: Case, T. J. y M. L. Cody (eds.). Island Biogeography in the Sea of Cortez.* University of California Press, Berkeley. 234 p.
- Thomson, D. A., L. T. Findley & A. N. Kerstitch. 2000. *Reef fishes of the Sea of Cortez. The rocky-shore fishes of the Gulf of California.* University of Texas Press. 374 p.
- Uscanga-Aguilar, S. 2002. *Caracterización de la comunidad íctica capturada con red agallera en Isla San José, B.C.S., México.* Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B. C. S., México. 69 p.
- Vázquez-Domínguez, E. 2000. Importancia de la biodiversidad arrecifal, 9-17. *En: Aburto-Oropeza, O. & C. Sánchez-Ortiz. Recursos arrecifales del Golfo de California. Estrategias de manejo para las especies marinas de ornato.* Universidad Autónoma de Baja California Sur y Birch Aquarium at SCRIPPS. 1ª edición, México 139 p.
- Viesca-Lobatón, C. 2003. *Cambios temporales en la estructura comunitaria de peces de arrecifes rocosos en la parte Sur-Occidental del Golfo de California.* Tesis de

Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B. C. S., México. 75 p.

Villarreal-Cabazos, A. 1988. *Distribución y abundancia de los peces de arrecife de Cabo Pulmo-Los Frailes, B.C.S.* Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B. C. S., México. 227 p.

Villarreal, A., H. Reyes, B. Bermúdez & O. Arizpe. 2000. Los peces del arrecife de Cabo Pulmo, Golfo de California, México: Lista sistemática y aspectos de abundancia y biogeografía. *Revista de Biología Tropical*. 48(2/3):413-424.

Walker, B. W. 1960. The distribution and affinities of the marine fish fauna of the Gulf of California. *Systematics Zoology*. 9(3-4):123-133.

Zar, J.H. 1996. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, New Jersey. 662 pp.

♦ ANEXOS ♦

Anexo 1 Listado sistemático y afinidad ictiogeográfica de la ictiofauna de arrecife rocoso de la Isla San José, B.C.S., México durante el período octubre/2001 - agosto/2002 (clasificación sistemática basada en Nelson, 1994). (Provincia Californiana = CA, Provincia Mexicana = ME, Provincia de Cortés = CO, Provincia Panámica = PA, Provincia Oriental = OR, Provincia Circumtropical = CI y Provincia del Indopacífico = IN)

Phylum Chordata

Subphylum Vertebrata (Craniata)

Superclase Gnathostomata

Clase Chondrichthyes

Subclase Elasmobranchii

Orden Rajiformes

Suborden Torpedinoidei

Familia Narcinidae

Diplobatis ommata (Jordan & Gilbert, 1890) (PA)

Suborden Myliobatoidei

Superfamilia Dasyatoidea

Familia Dasyatidae

Subfamilia Dasyatinae

Dasyatis brevis (Garman, 1880) (PA)

Familia Urolophidae

Urobatis concentricus Osburn & Nichols, 1916 (ME)

Urobatis halleri Cooper, 1863 (OR)

Clase Actinopterygii

Subclase Neopterygii

División Teleostei

Subdivisión Elopomorpha

Orden Anguilliformes

Suborden Muraenoidei

Familia Muraenidae

Subfamilia Muraeninae

Echidna nebulosa (Ahl, 1789) (IN)

Gymnomuraena zebra (Shaw, 1797) (PA)

Gymnothorax castaneus (Jordan & Gilbert, 1882) (PA)

Muraena lentiginosa Jenyns, 1842 (PA)

Orden Beloniformes

Suborden Belonoidei

Superfamilia Exocoetoidea

Familia Hemiramphidae

Hemirhamphus saltator Gilbert & Starks, 1904 (PA)

Superfamilia Scomberesocoidea

Familia Belonidae

Tylosurus acus pacificus (Steindachner, 1857) (PA)

Subdivisión Euteleostei

Superorden Acanthopterigii

Series Mugilomorpha

Orden Mugiliformes

Familia Mugilidae

Mugil cephalus Linnaeus, 1758 (CI)

Series Percomorpha

Orden Beryciformes

Familia Holocentridae

Subfamilia Holocentrinae

Sargocentron suborbitalis (Gill, 1864) (PA)

Subfamilia Myripristinae

Myripristis leiognathus Valenciennes, 1846 (PA)

Orden Gasterosteiformes

Suborden Syngnathoidei

Infraorden Aulostomoidae

Superfamilia Aulostomoidea

Familia Fistulariidae

Fistularia commersonii Rüppell, 1835 (PA)

Orden Perciformes**Suborden Percoidei****Superfamilia Percoidea****Familia Serranidae**

Alphestes immaculatus Breder, 1936 (PA)

Alphestes multiguttatus (Günther, 1866) (PA)

Subfamilia Serraninae

Paralabrax maculatofasciatus (Steindachner, 1868) (CA)

Serranus psittacinus Valenciennes, 1855 (PA)

Subfamilia Epinephelinae

Epinephelus labriformis (Jenyns, 1843) (PA)

Cephalopholis panamensis (Steindachner, 1876) (PA)

Mycteroperca rosacea (Streets, 1877) (ME)

Paranthias colonus Hildebrand, 1946 (PA)

Rypticus bicolor Valenciennes, 1846 (PA)

Familia Apogonidae**Subfamilia Apogoninae**

Apogon pacifici Herre, 1935 (PA)

Apogon retrosella (Gill, 1863) (ME)

Familia Carangidae

Caranx caballus Günther, 1869 (OR)

Caranx caninus Günther, 1869 (CI)

Trachinotus rhodopus Gill, 1863 (PA)

Familia Lutjanidae**Subfamilia Lutjaninae**

Hoplopagrus guntheri Gill, 1862 (PA)

Lutjanus argentiventris (Peters, 1869) (PA)

Lutjanus novemfasciatus Gill, 1862 (PA)

Lutjanus viridis (Valenciennes, 1845) (IN)

Familia Gerreidae

Gerres cinereus (Walbaum, 1792) (PA)

Familia Haemulidae

- Anisotremus interruptus* (Gill, 1862) (PA)
- Haemulon flaviguttatum* Gill, 1863 (PA)
- Haemulon maculicauda* (Gill, 1863) (PA)
- Haemulon sexfasciatum* Gill, 1863 (PA)
- Haemulon steindachneri* (Jordan & Gilbert, 1882) (PA)
- Microlepidotus inornatus* Gill, 1862 (ME)

Familia Sciaenidae

- Pareques viola* (Gilbert, 1904) (PA)

Familia Mullidae

- Mulloidichthys dentatus* (Gill, 1863) (PA)

Familia Kyphosidae**Subfamilia Girellinae**

- Girella simplicidens* Osburn & Nichols, 1916 (CO)

Subfamilia Kyphosinae

- Kyphosus analogus* (Gill, 1863) (PA)
- Kyphosus elegans* (Peters, 1869) (PA)

Familia Chaetodontidae

- Chaetodon humeralis* Günther, 1860 (PA)
- Johnrandallia nigristrois* (Gill, 1863) (PA)

Familia Pomacanthidae

- Holacanthus passer* Valenciennes, 1846 (PA)
- Pomacanthus zonipectus* (Gill, 1862) (PA)

Familia Pomacentridae**Subfamilia Chrominae**

- Chromis atrilobata* Gill, 1862 (PA)

Subfamilia Pomacentrinae

- Abudefduf troschelii* (Gill, 1862) (OR)
- Microspathodon bairdii* (Gill, 1862) (PA)

Microspathodon dorsalis (Gill, 1862) (PA)

Stegastes leucurus (Gilbert, 1891) (CA)

Stegastes flavilatus (Gill, 1863) (PA)

Stegastes rectifraenum (Gill, 1862) (ME)

Familia Cirrhitidae

Cirrhitichthys oxycephalus (Bleeker, 1855) (PA)

Cirrithus rivulatus Valenciennes, 1855 (PA)

Suborden Labroidei

Familia Labridae

Bodianus diplotaenia (Gill, 1862) (OR)

Halichoeres chierchiae Caporiacco, 1947 (PA)

Halichoeres dispilus (Günther, 1864) (PA)

Halichoeres nicholsi (Jordan & Gilbert, 1881) (PA)

Halichoeres notospilus Günther, 1864 (PA)

Halichoeres semicinctus (Ayres, 1859) (CA)

Thalassoma grammaticum Gilbert, 1890 (PA)

Thalassoma lucasanum (Gill, 1863) (PA)

Familia Scaridae

Subfamilia Scarinae

Scarus compressus (Osburn & Nichols, 1916) (PA)

Scarus ghobban Forsskal, 1775 (PA)

Scarus perrico Jordan & Gilbert, 1882 (PA)

Scarus rubroviolaceus Bleeker, 1847 (PA)

Subfamilia Sparisomatinae

Nicholsina denticulata (Evermann & Radcliffe, 1917)(PA)

Suborden Blennioidei

Familia Labrisomidae

Labrisomus xanti (Gill, 1860) (ME)

Familia Blennidae

Ophioblennius steindachneri Jordan & Evermann, 1898
(PA)

Plagiotremus azaleus (Jordan y Bollman, 1890) (PA)

Suborden Acanthuroidei

Familia Acanthuridae

Subfamilia Acanthurinae

Acanthurus nigricans (Linnaeus, 1758) (IN)

Acanthurus xanthopterus Valenciennes, 1835 (IN)

Prionurus punctatus Gill, 1862 (PA)

Familia Sphyraenidae

Sphyraena lucasana Gill, 1863 (ME)

Orden Tetraodontiformes

Suborden Tetraodontoidei

Superfamilia Balistoidea

Familia Balistidae

Balistes polylepis Steindachner, 1876 (OR)

Pseudobalistes naufragium (Jordan & Starks, 1895) (PA)

Sufflamen verres (Gilbert & Starks, 1904) (PA)

Superfamilia Tetraodontoidea

Familia Tetraodontidae

Subfamilia Tetraodontinae

Arothron meleagris (Bloch & Schneider, 1801) (CI)

Sphoeroides lobatus (Steindachner, 1870) (OR)

Subfamilia Canthigastrinae

Canthigaster punctatissima (Günther, 1870) (PA)

Familia Diodontidae

Diodon holocanthus Linnaeus, 1758 (CI)

Anexo 2. Lista de las especies reportadas en este estudio por sitio y profundidad (CO = Conejo, FA = El Faro, ME = Melón, PA = El Pardito y FR = San Francisquito), (1.5 m = profundidad somera y 6 m = profundidad intermedia), también se reporta la categoría de abundancia en la que se encuentra (Abd = Abundancia) (R = raro, F = frecuente, C = común, y A = abundante).

Especies	San										Abd
	Melón		El Faro		Conejo		Francisquito		El Pardito		
	1.5	6	1.5	6	1.5	6	1.5	6	1.5	6	
Especies presentes en las diez zonas muestreadas											
<i>Abudefduf troschelii</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	A
<i>Balistes polylepis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	C
<i>Bodianus diplotaenia</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	F
<i>Canthigaster punctatissima</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	C
<i>Fistularia commersonii</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	C
<i>Holacanthus passer</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	F
<i>Hoplopagrus guntheri</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	C
<i>Lutjanus argentiventris</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	F
<i>Mycteroperca rosacea</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	F
<i>Scarus ghobban</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	F
<i>Stegastes rectifraenum</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	A
<i>Thalassoma lucasanum</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	A
Especies presentes en nueve de las zonas muestreadas											
<i>Diodon holocanthus</i>	x	x	X	x	x	x	x	x		x	C
<i>Kyphosus analogus</i>	x	x		x	x	x	x	x	x	x	F
<i>Mulloidichthys dentatus</i>	x	x	X	x		x	x	x	x	x	F
<i>Sufflamen verres</i>	x	x		x	x	x	x	x	x	x	C
Especies presentes en ocho de las zonas muestreadas											
<i>Gymnothorax castaneus</i>		x	X	x	x	x	x	x		x	R
<i>Halichoeres dispilus</i>		x	X	x	x	x	x	x		x	F
<i>Mugil cephalus</i>	x	x	X	x	x	x	x	x			C
<i>Nicholsina denticulata</i>	x	x	X	x		x	x	x	x		C
<i>Serranus psittacinus</i>	x	x	X	x		x	x	x		x	C
Especies presentes en siete de las zonas muestreadas											
<i>Anisotremus interruptus</i>	x	x		x	x		x	x		x	C
<i>Cephalopholis panamensis</i>	x	x	X	x		x		x		x	R
<i>Cirrithus rivulatus</i>			X		x	x	x	x	x	x	R
<i>Haemulon sexfasciatum</i>		x		x	x	x	x	x		x	C

<u>Continuación anexo 2</u>	San										
	Melón		El Faro		Conejo		Francisquito		El Pardito		Abd
	1.5	6	1.5	6	1.5	6	1.5	6	1.5	6	
<i>Johnrandallia nigrirostris</i>		x			x	x	x	x	x	x	R
<i>Lutjanus novemfasciatus</i>	x	x	X	x	x		x	x			C
<i>Microspathodon dorsalis</i>		x	X		x		x	x	x	x	C
<i>Scarus perrico</i>	x	x	X				x	x	x	x	R
Especies presentes en seis de las zonas muestreadas											
<i>Halichoeres chierchiae</i>		x			x	x	x	x		x	C
<i>Halichoeres nicholsi</i>		x		x		x	x	x		x	C
<i>Halichoeres semicinctus</i>				x	x	x	x	x		x	C
Especies presentes en cinco de las zonas muestreadas											
<i>Alphestes immaculatus</i>	x	x		x	x			x			R
<i>Chaetodon humeralis</i>		x	X	x				x		x	C
<i>Chromis atrilobata</i>					x	x		x	x	x	F
<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i>	x					x		x	x	x	C
<i>Scarus compressus</i>	x					x		x	x	x	C
<i>Scarus rubroviolaceus</i>	x	x				x	x			x	C
<i>Thalassoma grammaticum</i>				x		X	x	X		x	C
<i>Urobatis concentricus</i>		x		x		x	x			x	R
Especies presentes en cuatro de las zonas muestreadas											
<i>Caranx caballus</i>		x				x		X		x	C
<i>Epinephelus labriformis</i>		x				x		x		x	C
<i>Gerres cinereus</i>		x	X	x	x						C
<i>Microlepidotus inornatus</i>		x	X	x			x				F
<i>Muraena lentiginosa</i>		x	X		x					x	R
<i>Ophioblennius steindachneri</i>			X		x		x		x		C
<i>Pomacanthus zonipectus</i>		x	X	x		X					C
<i>Sargocentron suborbitalis</i>		X	X	x					x		C
<i>Urobatis halleri</i>	x		X	x					X		R
Especies presentes en tres de las zonas muestreadas											
<i>Alphestes multiguttatus</i>		x			x		x				R
<i>Arothron meleagris</i>					x	x			X		R
<i>Kyphosus elegans</i>						x	x		X		R
<i>Lutjanus viridis</i>		x				x			X		C
<i>Stegastes flavilatus</i>					x	x	x				R
Especies presentes en dos de las zonas muestreadas											
<i>Apogon retrosella</i>						x				x	R
<i>Echidna nebulosa</i>								x		x	R

<u>Continuación anexo 2</u>	San										
	Melón		El Faro		Conejo		Francisquito		El Pardito		Abd
	1.5	6	1.5	6	1.5	6	1.5	6	1.5	6	
<i>Girella simplicidens</i>			X	x							R
<i>Haemulon flaviguttatum</i>		x		x							C
<i>Haemulon maculicauda</i>		x		x							F
<i>Pseudobalistes naufragium</i>					x	X					R
<i>Serranus fasciatus</i>				X		X					R
Especies presentes en sólo una de las zonas muestreadas											
<i>Acanthurus nigricans</i>									x		R
<i>Acanthurus xanthopterus</i>		x									R
<i>Apogon pacifici</i>										x	R
<i>Caranx caninus</i>						X					R
<i>Dasyatis brevis</i>						X					R
<i>Diplobatis ommata</i>										x	R
<i>Gymnomuraena zebra</i>								x			R
<i>Haemulon steindachneri</i>				x							R
<i>Halichoeres notospilus</i>					x						R
<i>Hemirhamphus saltator</i>							x				C
<i>Labrisomus xanti</i>			x								R
<i>Microspathodon bairdii</i>							x				R
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>				x							R
<i>Pareques viola</i>		x									C
<i>Rypticus bicolor</i>							x				R
<i>Sphoeroides lobatus</i>				x							R
<i>Sphyraena lucasana</i>						x					C
<i>Stegastes leucorus</i>								x			R
<i>Trachinotus rhodopus</i>						x					C
<i>Tylosurus acus pacificus</i>					x						C

Anexo 3 Especies abundantes, frecuentes, comunes y raras registradas en las cinco áreas de estudio mostrando el porcentaje de abundancia relativa (A.R. %) y la frecuencia de ocurrencia (F.O. %).

Especies	A.R.	F.O.	Categoría	Especies	A.R.	F.O.	Categoría
<i>Thalassoma lucasanum</i>	14.68	80.0	Abundante	<i>Microspathodon dorsalis</i>	0.375	33.3	Común
<i>Abudefduf troschelii</i>	21.24	83.3	Abundante	<i>Sufflamen verres</i>	0.234	36.7	Común
<i>Stegastes rectifraenum</i>	12.28	100.0	Abundante	<i>Haemulon sexfasciatum</i>	0.976	41.7	Común
<i>Microlepidotus inornatus</i>	6.80	8.3	Frecuente	<i>Canthigaster punctatissima</i>	0.323	46.7	Común
<i>Haemulon maculicauda</i>	2.09	11.7	Frecuente	<i>Balistes polylepis</i>	0.887	48.3	Común
<i>Chromis atrilobata</i>	4.17	23.3	Frecuente	<i>Hoplopagrus guntheri</i>	0.709	51.7	Común
<i>Halichoeres dispilus</i>	1.09	23.3	Frecuente	<i>Diodon holocanthus</i>	0.508	71.7	Común
<i>Paranthias colonus</i>	4.02	38.3	Frecuente	<i>Acanthurus xanthopterus</i>	0.004	1.7	Rara
<i>Kyphosus analogus</i>	1.96	46.7	Frecuente	<i>Apogon pacifici</i>	0.004	1.7	Rara
<i>Mulloidichthys dentatus</i>	6.79	53.3	Frecuente	<i>Caranx caninus</i>	0.019	1.7	Rara
<i>Lutjanus argentiventris</i>	2.98	55.0	Frecuente	<i>Dasyatis brevis</i>	0.011	1.7	Rara
<i>Bodianus diplotaenia</i>	1.11	73.3	Frecuente	<i>Diplobatis ommata</i>	0.011	1.7	Rara
<i>Mycteroperca rosacea</i>	2.11	76.7	Frecuente	<i>Gymnomuraena zebra</i>	0.004	1.7	Rara
<i>Holacanthus passer</i>	1.09	80.0	Frecuente	<i>Halichoeres notospilus</i>	0.011	1.7	Rara
<i>Scarus ghobban</i>	5.21	90.0	Frecuente	<i>Labrisomus xanti</i>	0.004	1.7	Rara
<i>Hemirhamphus saltator</i>	0.10	1.7	Común	<i>Microspathodon bairdii</i>	0.004	1.7	Rara
<i>Sphyræna lucasana</i>	0.19	1.7	Común	<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	0.004	1.7	Rara
<i>Trachinotus rhodopus</i>	0.37	1.7	Común	<i>Rypticus bicolor</i>	0.004	1.7	Rara
<i>Tylosurus acus pacificus</i>	0.37	1.7	Común	<i>Stegastes leucorus</i>	0.030	1.7	Rara
<i>Haemulon flaviguttatum</i>	0.38	3.3	Común	<i>Acanthurus nigricans</i>	0.011	3.3	Rara
<i>Pareques viola</i>	0.21	3.3	Común	<i>Apogon retrosella</i>	0.019	3.3	Rara
<i>Lutjanus viridis</i>	0.46	6.7	Común	<i>Echidna nebulosa</i>	0.007	3.3	Rara
<i>Caranx caballus</i>	0.21	8.3	Común	<i>Girella simplicidens</i>	0.033	3.3	Rara
<i>Scarus compressus</i>	0.16	8.3	Común	<i>Haemulon steindachneri</i>	0.067	3.3	Rara
<i>Halichoeres semicinctus</i>	0.11	10.0	Común	<i>Myripristis leiognathus</i>	0.015	3.3	Rara
<i>Sargocentron suborbitalis</i>	0.33	13.3	Común	<i>Plagiotremus azaleus</i>	0.019	3.3	Rara
<i>Scarus rubroviolaceus</i>	0.10	13.3	Común	<i>Pseudobalistes naufragium</i>	0.007	3.3	Rara
<i>Anisotremus interruptus</i>	0.11	15.0	Común	<i>Sphoeroides lobatus</i>	0.007	3.3	Rara
<i>Mugil cephalus</i>	0.87	15.0	Común	<i>Alphestes multiguttatus</i>	0.022	5.0	Rara
<i>Thalassoma grammaticum</i>	0.32	15.0	Común	<i>Kyphosus elegans</i>	0.048	5.0	Rara
<i>Gerres cinereus</i>	0.17	16.7	Común	<i>Stegastes flavilatus</i>	0.011	5.0	Rara
<i>Chaetodon humeralis</i>	0.21	20.0	Común	<i>Urobatis halleri</i>	0.019	6.7	Rara
<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i>	0.20	20.0	Común	<i>Muraena lentiginosa</i>	0.019	8.3	Rara

Continuación anexo 3

Especies	A.R.	F.O.	Categoría	Especies	A.R.	F.O.	Categoría
<i>Epinephelus labriformis</i>	0.10	20.0	Común	<i>Arothron meleagris</i>	0.026	10.0	Rara
<i>Nicholsina denticulata</i>	0.11	20.0	Común	<i>Alphestes immaculatus</i>	0.085	11.7	Rara
<i>Ophioblennius steindachneri</i>	0.12	20.0	Común	<i>Cephalopholis panamensis</i>	0.071	15.0	Rara
<i>Prionurus punctatus</i>	0.27	21.7	Común	<i>Cirrithus rivulatus</i>	0.071	20.0	Rara
<i>Serranus psittacinus</i>	0.19	26.6	Común	<i>Scarus perrico</i>	0.078	20.0	Rara
<i>Pomacanthus zonipectus</i>	0.19	23.3	Común	<i>Gymnothorax castaneus</i>	0.089	26.7	Rara
<i>Fistularia commersonii</i>	0.16	26.7	Común	<i>Johnrandallia nigrirostris</i>	0.572	30.0	Rara
<i>Halichoeres chierchiae</i>	0.58	28.3	Común				
<i>Halichoeres nicholsi</i>	0.24	30.0	Común				