

## Estructura temporal y espacial de la comunidad de peces arrecifales de la Isla San José, Golfo de California, México

Emelio Barjau<sup>1,2</sup>, Jesús Rodríguez-Romero<sup>1\*</sup>, Felipe Galván<sup>3</sup>, Francisco Gutiérrez<sup>3</sup> & Juana López<sup>1</sup>

1. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), Apdo. Postal 128, La Paz, Baja California Sur, C.P. 23000, México; jrodri04@cibnor.mx, jlopez@cibnor.mx
  2. Departamento Académico de Biología Marina, Universidad Autónoma de Baja California Sur, Carretera al sur km 5.5, Apdo. Postal 19-B, C.P.23080, La Paz, Baja California Sur, México; ebarjau@uabcs.mx
  3. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN), Departamento de Pesquerías y Biología Marina. Apdo. Postal 592. La Paz, Baja California Sur, México. C.P. 23000. México; galvan.felipe@gmail.com
- \* Autor de correspondencia: jrodri04@cibnor.mx

Recibido 13-IV-2011. Corregido 20-IX-2011. Aceptado 25-X-2011.

**Abstract: Seasonal and spatial structure of reef fish community in San Jose Island, Gulf of California, Mexico.** The Gulf of California is one of the most fish diverse areas of the Tropical Eastern Pacific Ocean. In spite of its economic value, few works have considered fish community studies for optimum management. With the aim to determine the seasonal and spatial variation of fish communities in eight locations around the San José Island, some ecological research was conducted from March 2001 to February 2002. For this, visual censuses were used in 48 transects of 100x5m (500m<sup>2</sup>); specific analysis such as diversity values, the relative abundance and the biological value indexes were undertaken, and a principal component analysis applied. Our results clearly showed two climatic seasons of cold and warm waters. A total number of 26 608 organisms of 112 species and 76 genera of fishes were identified. We used the relative abundance index to determine the most important species, which were: *Abudefduf troschelii*, *Thalassoma lucasanum*, *Stegastes rectifraenum*, *Mulloidichthys dentatus*, *Chromis atrilobata*, *Lutjanus argentiventris* and *Scarus ghobban*. February was the month with the lowest diversity with a value of 3.12bits/ind. and October was the most diverse (4.13bits/ind.). According to the biological value index (BVI) and considering the climatic seasons, the fish species with the highest score during cold months were: *A. troschelii*, *M. dentatus*, *S. ghobban*, *S. rectifraenum* and *T. lucasanum*. Besides, for warmer months, the same fish species were observed but in different order and abundance: *A. troschelii*, *S. ghobban*, *S. rectifraenum*, *T. lucasanum* and *M. dentatus*. Using the biological value index, 13 species were those which had a higher overall score. The locations by the Eastern side of the island had a greater number of species and abundance of fish. The principal component analysis (PCA) applied using the seasonal data, species richness, diversity, equity, number of species and total abundance during the warmer months also a PCA within spatial data, showed that location in Punta Colorada had a high correlation with the number of species, diversity and total abundance. Rev. Biol. Trop. 60 (2): 649-667. Epub 2012 June 01.

**Key words:** visual censuses, fish community, rocky reefs, San José island, Gulf of California.

El Golfo de California es una de las regiones más diversas del Océano Pacífico Oriental Tropical (OPOT), donde se puede encontrar aproximadamente 822 especies de peces: 92 de ellas endémicas (Thomson *et al.* 2000), y que representan el 75.5% de las 1 088 especies costeras conocidas (Robertson & Allen 2002). La amplia diversidad de especies encontrada en el Golfo de California, colocan al mismo

como un centro de origen y concentración de especies, equivalente al de Centroamérica (Mora & Robertson 2005). Asimismo, según ciertos documentos se puede definir como uno de los ecosistemas marinos con mayor productividad en el mundo (Enríquez-Andrade *et al.* 2005, Lara-Lara *et al.* 2008). Además, la elevada productividad primaria del Golfo de California la han comparado con regiones tan

productivas como la corriente de Benguela, zonas de surgencias de Perú y de California (Zeitzchel 1969). También, la riqueza de especies en el Golfo de California se ve favorecida por la diversidad topográfica y batimétrica, que proporciona un mayor número de hábitats para peces y otros animales marinos (Thomson *et al.* 2000, Rodríguez-Romero *et al.* 2005).

Las investigaciones e inventarios de la ictiofauna del Golfo de California están enfocados principalmente a sistemas lagunares (Abitia-Cárdenas *et al.* 1994, Rodríguez-Romero *et al.* 1994, 1998). Se han reportado algunos trabajos, los cuales hacen referencia a comunidades de peces en zonas rocosas de islas del Golfo de California, e incluyen aspectos de estructura, diversidad, abundancia y variaciones espacio-temporales en comunidades de peces (Galván-Magaña *et al.* 1996, Pérez-España *et al.* 1996, Sánchez-Ortiz *et al.* 1997, Jiménez-Gutiérrez 1999, Aburto-Oropeza & Balart 2001, Galván-Piña *et al.* 2003, Rodríguez-Romero *et al.* 2005).

Para la zona rocosa de la Isla San José, son mínimos los estudios de comunidades de peces reportados, a pesar de ser una isla de gran importancia desde el punto de vista pesquero y turístico. Solamente se tienen los estudios de Uscanga-Aguilar (2002), quien describió la estructura de la comunidad de peces en la Isla y registró un total de 62 especies, en donde observó: un patrón estacional en el número de especies, riqueza específica y diversidad; Villegas-Sánchez *et al.* (2009) caracterizaron las asociaciones de 84 especies de peces en cinco localidades de zonas rocosas arrecifales en la isla San José. En ambos trabajos únicamente se efectuaron los muestreos en la porción occidental de la isla. El presente trabajo tiene como objetivo principal caracterizar la estructura funcional, con base en la composición, abundancia relativa y diversidad espacio-temporal de peces conspicuos al entorno de la Isla San José, Baja California Sur.

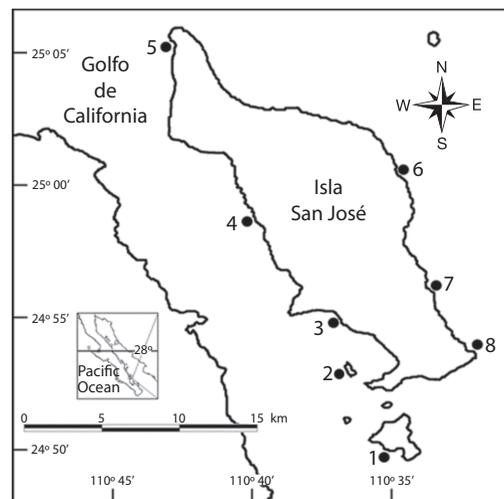
## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio:** La Isla San José es de origen volcánica, se localiza en el suroeste del

Golfo de California entre los 24°52' - 25°06' N y 110°43' - 110°35' W (Bourillón-Moreno *et al.* 1988). Tiene una superficie de 16336 hectáreas, y 85km de costa, la mayor elevación de la isla es el Niparaya de 633m de altura (Anónimo 1987).

Para determinar la estructura de la comunidad íctica y las asociaciones presentadas en el área de estudio, se realizaron 48 transectos en seis campañas de muestreo en ocho localidades, de forma bimensual, específicamente en: marzo, mayo, julio, octubre, noviembre 2001 y febrero 2002 (Fig. 1).

Las localidades de estudio fueron: San Francisquito, Cayuco, El Faro, La Cueva, Punta Ahogada, Punta Colorada, Cordón Negro y Estacuda (Fig. 1), éstas se caracterizan por presentar arrecifes rocosos, con una cobertura aproximada del 90%, por ello se empleó la metodología de censos visuales por medio de buceo libre en transectos de 100m de largo por 5m de ancho (Letorneur 1996, Jiménez-Gutiérrez 1999, Rodríguez-Romero *et al.* 2005). Los



**Fig. 1.** Localidades de muestreo en la Isla San José, Golfo de California. 1=San Francisquito, 2=Cayuco, 3=El Faro, 4=La Cueva, 5=Piedra Ahogada, 6=Punta Colorada, 7=Cordón Negro, 8=Estacuda.

**Fig. 1.** Sampling locations in San José Island, Gulf of California, México. 1=San Francisquito, 2=Cayuco, 3=El Faro, 4=La Cueva, 5=Piedra Ahogada, 6=Punta Colorada, 7=Cordón Negro, 8=Estacuda.

muestreos se efectuaron en horarios diurnos entre las 9-16h; para minimizar posibles errores, los censos de los peces conspicuos fueron realizados por un buzo, el cual hizo cuatro observaciones por día, y se consideró el traslado de una localidad a otra. La profundidad promedio en la cual se desarrollaron los censos fue de cinco metros y la visibilidad en cada uno de ellos fue considerada muy buena. También, se registraron las coordenadas en cada sitio de muestreo con posicionador satelital (GPS), marca Megallan, además se reconocieron parámetros como la temperatura ( $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ) y oxígeno del agua ( $\pm 0.1\text{mg/L}$ ), se utilizó un equipo marca YSI modelo 63 y la salinidad de cada localidad con un Refractómetro Atago ATC-S/Mill-E, con escala de 0% a 100% ( $\pm 1\%$ ); la toma de estas variables se realizó al término de cada censo.

Para caracterizar la estructura comunitaria de la Isla se utilizaron los siguientes índices y estadísticos que permiten entender la dinámica estructural del ecosistema:

- Abundancia relativa (Pérez-España *et al.* 1996, Rodríguez-Romero 1998, y otros).
- Riqueza específica propuesto por Margalef (1969).
- Para la diversidad de especies se utilizó el índice de Shannon & Weaver (1963).
- La equidad o uniformidad de la distribución de los individuos entre las especie, fue evaluada con el índice de Pielou (1966) (Ludwing & Reynolds 1988).
- Índice del Valor Biológico (IVB) propuesto por Sanders (1960), una de las características de este índice, es el balanceo entre la abundancia espacio-temporal de especies a través de la asignación de puntos en términos de la abundancia numérica en cada muestra. En el cual se considera como una especie dominante a la que muestre constancia en su abundancia y frecuencia de aparición (Loya-Salinas & Escofet 1990).
- Para conocer cómo están organizadas las especies dentro de la comunidad se empleó la abundancia y la frecuencia relativa, y se tomó en cuenta la ocurrencia de aparición

de cada una de las especies registradas. Con base en lo anterior, las especies de peces fueron clasificadas como abundantes, frecuentes, comunes y raras (Villegas-Sánchez 2004, Moreno-Sánchez 2009).

Ahora bien, para analizar las relaciones o afinidades de los peces más representativos con los parámetros fisicoquímicos e índices ecológicos en tiempo y espacio, se realizó un análisis multivariado de componentes principales (ACP), el mismo permite observar las relaciones y comparaciones de las especies de peces más dominantes en tiempo y espacio. Para este análisis, se estandarizaron los datos considerados. Además, este método ha sido ampliamente utilizado en zonas rocosas y arrecifales de bahías, islas y montañas submarinas del Golfo de California (Rodríguez-Romero *et al.* 2005, Moreno-Sánchez 2009, Galván-Villa *et al.* 2010). Para realizar los análisis estadísticos se utilizó el programa STATISTICA 8.0.

- Como medida de afinidad se llevo a cabo un análisis de similitud. Para tal fin, se aplicó el coeficiente de similaridad de Bray-Curtis, (SIMPER: Clarke & Warwick 2001). Para la realización del análisis y los dendrogramas se utilizó el software ecológico PRIMER-E 6 y PERMANOVA versión 1.0.2.

## RESULTADOS

De acuerdo con los parámetros fisicoquímicos, la temperatura del agua de mar fue uno de los factores que presentó mayor variación, la mínima que se registró fue de  $19.58^\circ\text{C}$  (febrero) y la máxima de  $26.75^\circ\text{C}$  (julio), además se observaron dos temporadas climáticas: una fría con temperatura promedio de  $21.15^\circ\text{C}$ , y otra cálida con temperatura promedio de  $26.37^\circ\text{C}$ . Asimismo, el mayor valor de oxígeno disuelto en el agua se registró en febrero ( $8.64\text{mg/L}$ ), el cual fue el mes más frío, y el más bajo octubre ( $6.65\text{mg/L}$ ). Ahora bien, los resultados sobre el comportamiento de los registros de los parámetros fisicoquímicos e índices

ecológicos durante el periodo de estudio (Cuadro 1), indican principalmente, la existencia de una relación inversa entre la temperatura del agua y el oxígeno disuelto; mientras que la salinidad registró poca variación. Entonces, la temperatura, que registró la mayor variación en la zona, presentó un patrón ascendente desde marzo hasta octubre, donde se reconoció el mayor valor, posteriormente, descendió con un registro mínimo en febrero (Cuadro 1). Al analizar el número de especies se observa una tendencia ascendente para alcanzar su máxima en noviembre; mientras que el menor registro fue en febrero, por consiguiente, cuando baja la temperatura del agua, el número de especies disminuye (Cuadro 1). Así pues, se registraron un total de 26 608 organismos (9 455 en la temporada fría y 17 153 en la cálida), pertenecientes a 112 especies (80 en la fría y 105 en la cálida), 76 géneros y 42 familias (Apéndice 1).

Las familias con más especies fueron: Serranidae (9), Labridae (9), Pomacentridae (9), Carangidae (8), Haemulidae (7), Lutjanidae (6), Scaridae (5). Siete especies *Abudefduf troschelii*, *Thalassoma lucasanum*, *Stegastes rectifraenum*, *Mulloidichthys dentatus*, *Chromis atrilobata*, *Lutjanus argentiventris* y *Scarus ghobban* acumularon 69.6% de la abundancia relativa con respecto al total, las 105 especies restantes conformaron 30.4% (Fig. 2). La diversidad fue menor en la temporada fría, que corresponde a los meses de febrero, marzo y mayo ( $H' = 5.51 \text{ bits/ind}$ ), y mayor en la temporada cálida que corresponde a los meses de julio, octubre y noviembre ( $H' = 5.85 \text{ bits/ind}$ ) (Cuadro 1). El mes con menor diversidad fue febrero ( $H' = 4.75 \text{ bits/ind}$ ), y el mayor octubre ( $H' = 5.5 \text{ bits/ind}$ ) (Cuadro 1). Asimismo, el valor más bajo de equidad por temporadas climáticas fue en la cálida ( $J' = 0.8726$ ) y ligeramente

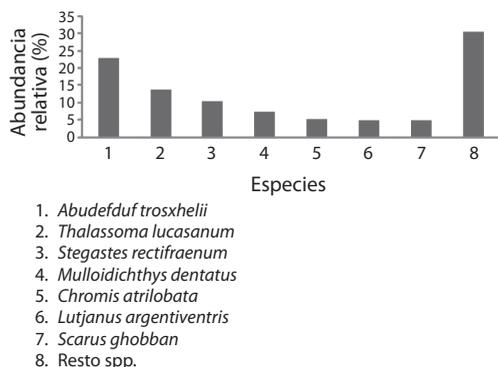
CUADRO 1  
Índices ecológicos y variables fisicoquímicas en las localidades muestreadas

TABLE 1  
Ecological indexes and physicochemical variables in the sampled locations

ISJ	T°	Ox.	‰	A. total	# spp	H'	J'	IRE
S. Francisquito	23.88	7.49	34.85	3475	50	3.78	0.67	6.01
Cayuco	23.98	7.14	34.9	3178	62	3.74	0.63	7.56
El faro	23.47	7.36	34.9	4400	58	3.87	0.66	6.79
La cuevita	23.98	7.5	35	2830	45	3.61	0.66	5.54
P. ahogada	23.7	7.37	35.05	3701	54	3.23	0.56	6.45
Pta. colorada	24.42	7.38	35.03	4744	77	3.9	0.62	8.98
Cordón negro	23.98	7.85	34.85	1856	54	3.66	0.63	7.04
Estacuda	22.69	7.72	34.95	2424	60	3.86	0.65	7.57
Temp. Fría	21.15	8.02	34.95	9455	80	5.51	0.87	12.6
Temp. Cal.	26.37	6.93	34.93	17153	105	5.85	0.87	15.56
Marzo	20.46	7.91	34.94	3256	51	3.99	0.91	4.776
Mayo	23.43	7.52	34.99	2831	61	4.1	0.91	5.311
Julio	26.75	7.42	35.01	4612	72	4.28	0.89	5.937
Octubre	26.65	6.65	34.69	5533	75	4.09	0.87	5.659
Noviembre	25.71	6.72	35.10	7008	76	4.28	0.89	5.783
Febrero	19.58	8.64	34.93	3368	48	3.56	0.87	4.003

Temperatura del agua (T°), oxígeno disuelto (Ox), salinidad del agua (‰), número de especies (#spp), diversidad (H'), equidad de Pielou (J') y riqueza de especies de Margalef (IRE).

Water temperature (T°), dissolved oxygen in water (Ox.), water salinity (‰), number of species (# spp), diversity (H'), Pielou's evenness (J') and species richness index of Margalef (IRE).



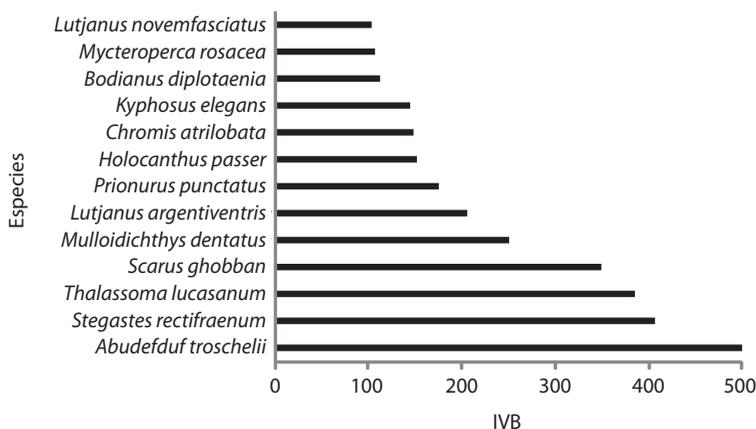
**Fig. 2.** Especies de peces más importantes en la Isla San José de acuerdo a su abundancia relativa.

**Fig. 2.** The most important fish species according to their overall relative abundance in San José Island.

mayor en la temporada fría ( $J' = 0.8729$ ), el mes con el valor más bajo fue febrero ( $J' = 0.8518$ ) y el mes con mayor equidad fue mayo ( $J' = 0.909$ ) (Cuadro 1). Para discernir las especies más dominantes de la comunidad íctica por temporada climática en la isla San José, el IVB mostró que las especies con mayor puntaje durante la temporada fría fueron: *A. troschelii*, *M. dentatus*, *S. ghobban*, *S. rectifraenum*, *T. lucasanum*; mientras que en la cálida lo fueron *A. troschelii*, *S. ghobban*, *S. rectifraenum*, *T.*

*lucasanu* y *M. dentatu*, y las especies formadoras de cardúmenes como *L. argentiventris*, *P. punctatus* y *K. elegans* presentaron puntuaciones máximas en la época cálida (Cuadro 2) o una mayor frecuencia y abundancia. Con respecto al Índice de IVB general, se observa que *A. troschelii*, *S. rectifraenum*, *T. lucasanum*, *S. ghobban*, *M. dentatus*, *L. argentiventris* y *P. punctatus* fueron las más representativas en este análisis (Fig. 3). Las fluctuaciones que se registraron en forma temporal y espacial, principalmente en la temperatura del agua, contribuyó a la distinción de dos periodos climáticos, uno frío (marzo, mayo y febrero) y otro cálido (julio, octubre y noviembre), lo que refleja el efecto de la temperatura del agua, el cual muestra que a pesar de que algunas especies se mantuvieron con mayor abundancia y dominancia, se notaron algunos cambios en la composición, frecuencia e índices ecológicos (Cuadros 1 y 2); así, durante el verano se observó lo siguiente: un mayor número de especies, mayor abundancia relativa, diversidad, riqueza específica y dominancia, además, el orden de aparición dentro del análisis de dominancia representa las diferencias registradas.

En la figura 4 se enseñan los resultados del análisis de similitud por localidad de muestreo, en donde se observan dos grupos, el primero de ellos, conformado por tres localidades:



**Fig. 3.** Especies de peces más dominantes en la Isla San José, de acuerdo a valores generales del índice del valor biológico de Sanders (IVB).

**Fig. 3.** Dominant fish species of San José Island according to their overall biological value index of Sanders (BVI).

CUADRO 2  
Peces registrados en la Isla San José de acuerdo al índice del valor biológico

TABLE 2  
Fish species in San José Island according to the biological value index

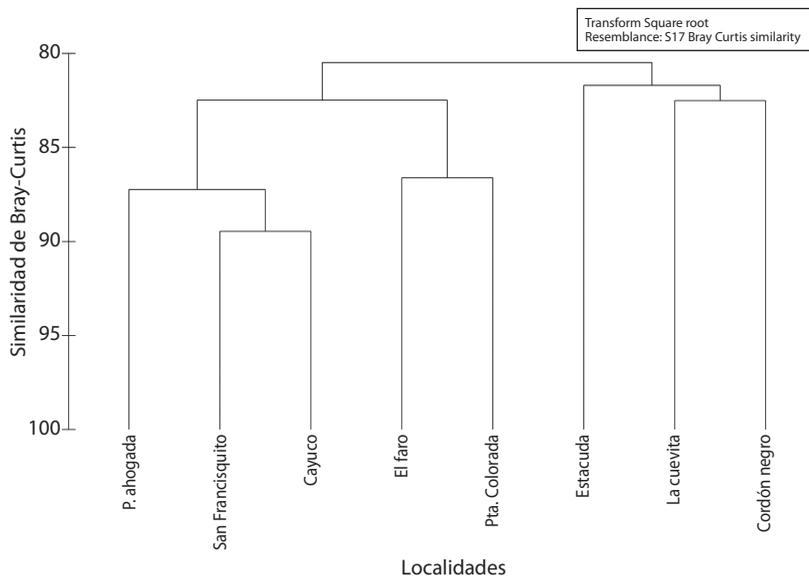
Especies	% Fría	Σ	IVB	Especies	% Cal	Σ	IVB
<i>Abudefduf troschelii</i>	23.51	23.51	25	<i>Abudefduf troschelii</i>	22.81	22.81	31
<i>Thalassoma lucasanum</i>	15.52	39.03	24	<i>Thalassomal ucasanum</i>	12.78	35.59	30
<i>Mulloidichthys dentatus</i>	13.06	52.09	23	<i>Stegastes rectifraenum</i>	10.27	45.85	29
<i>Stegastes rectifraenum</i>	10.59	62.68	22	<i>Lutjanusa rgentiventrís</i>	5.78	51.64	28
<i>Chromis atrilobata</i>	6.11	68.79	21	<i>Scarus ghobban</i>	5.00	56.63	27
<i>Scarus ghobban</i>	4.56	73.35	20	<i>Chromis atrilobata</i>	4.76	61.39	26
<i>Lutjanus argentiventrís</i>	3.22	76.56	19	<i>Mulloidichthys dentatus</i>	4.37	65.76	25
<i>Prionurus punctatus</i>	1.97	78.53	18	<i>Prionurus punctatus</i>	4.15	69.91	24
<i>Holocanthus passer</i>	1.76	80.29	17	<i>Microlepidotus inornatus</i>	3.50	73.41	23
<i>Haemulon sexfasciatum</i>	1.62	81.90	16	<i>Haemulon sexfasciatum</i>	3.44	76.85	22
<i>Kyphosus elegans</i>	1.37	83.28	15	<i>Kyphosus elegans</i>	3.23	80.08	21
<i>Caranx caballus</i>	1.27	84.55	14	<i>Hoplopagrus guntheri</i>	2.49	82.57	20
<i>Mugil cephalus</i>	1.26	85.81	13	<i>Scarus rubro violaceus</i>	1.27	83.84	19
<i>Diodon holocanthus</i>	1.21	87.01	12	<i>Lutjanus viridis</i>	1.13	84.96	18
<i>Microlepidotus inornatus</i>	1.15	88.16	11	<i>Balistes polylepis</i>	1.04	86.00	17
<i>Balistes polylepis</i>	1.08	89.24	10	<i>Lutjanus novemfasciatus</i>	1.02	87.02	16
<i>Bodianus diplotaenia</i>	0.92	90.16	9	<i>Mycteroperca rosacea</i>	0.92	87.94	15
<i>Lutjanus novemfasciatus</i>	0.86	91.02	8	<i>Cirrhithichthys oxycephalus</i>	0.88	88.82	14
<i>Mycteroperca rosacea</i>	0.85	91.87	7	<i>Holocanthus passer</i>	0.85	89.66	13
<i>Scarus perrico</i>	0.78	92.65	6	<i>Bodianus diplotaenia</i>	0.79	90.45	12
<i>Microspathodon dorsalis</i>	0.72	93.37	5	<i>Paranthias colonus</i>	0.69	91.14	11
<i>Cirrhithichthys oxycephalus</i>	0.68	94.05	4	<i>Nicholsina denticulata</i>	0.49	91.63	10
<i>Canthigaster punctatissima</i>	0.34	94.38	3	<i>Scarus perrico</i>	0.45	92.08	9
<i>Trachinotus rhodopus</i>	0.34	94.72	3	<i>Caranx caballus</i>	0.43	92.51	8
<i>Hoplopagrus guntheri</i>	0.33	<b>95.05</b>	1	<i>Mugil cephalus</i>	0.41	92.92	7
				<i>Microspathodon dorsalis</i>	0.41	93.33	6
				<i>Eucinostomus currani</i>	0.38	93.71	5
				<i>Chaetodon humeralis</i>	0.37	94.08	4
				<i>Diodon holocanthus</i>	0.36	94.44	3
				<i>Scarus compresus</i>	0.34	94.78	2
				<i>Canthigaster punctatissima</i>	0.29	<b>95.07</b>	1

Abundancia relativa en la temporada fría (% Fría), abundancia relativa temporada cálida (% Cal.), sumatoria de la abundancia relativa (Σ) y puntaje del valor biológico (IVB).

Relative abundance in the cold season (% Fría), relative abundance in the warm season (% Cal), summation of the relative abundance (Σ) and score achieved (IVB).

La Cueva y Cordón Negro que fueron más similares, posiblemente por registrar una composición y diversidad íctica más parecida entre ellas que la localidad Estacuda (Cuadro 1), el segundo grupo se aprecian dos subgrupos, el

primero de ellos conformado por las localidades: El Faro y Punta Colorada las cuales obtuvieron valores de abundancia total y diversidad muy cercana, y el segundo subgrupo, en el cual San Francisquito y Cayuco (ambas son islotes)

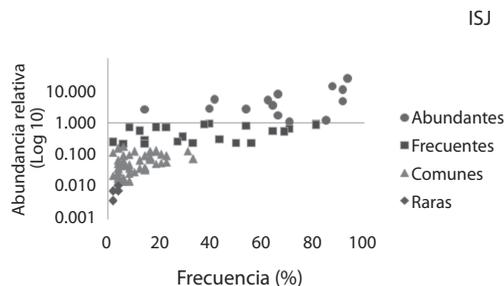


**Fig. 4.** Dendrograma de las ocho localidades mediante el uso del promedio de grupos con la liga de similitud de Bray-Curtis con datos ambientales, ecológicos y abundancia relativa de los peces registrados en la Isla San José.

**Fig. 4.** Hierarchical clustering of eight locations using group-average linking of Bray-Curtis similarities calculated on  $\sqrt{\cdot}$ -transformed environmental, ecological data and relative abundance of the species of fishes registered in San José Island.

fueron más similares y presentaron valores de diversidad semejantes, en comparación con Piedra Ahogada, la cual registró menor diversidad, pero mayor abundancia total (Cuadro 1).

De acuerdo con la frecuencia de ocurrencia de cada especie y su abundancia relativa se clasificaron en cuatro categorías (Fig. 5 y Cuadro 3).



**Fig. 5.** Clasificación de las especies de peces de acuerdo a su abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia.

**Fig. 5.** Fish species classification of San José Island, according to their relative abundance and occurrence frequency.

1. Especies abundantes: 14 especies se agruparon como abundantes, puesto que obtuvieron del 1% al 23% de su abundancia relativa, estas especies contribuyeron con el 84.9%.
2. Especies frecuentes: 22 especies se agruparon como frecuentes, debido a que su abundancia relativa fue de 0.229% a 0.962%, logrando este grupo el 11.4%.
3. Especies comunes: se determinaron 54 especies como comunes, pues su abundancia relativa fue de 0.011% a 0.180%, entre todas ellas se concentró el 3.35 de la abundancia relativa.
4. Especies raras: 22 especies se agruparon como raras, ya que su abundancia relativa fue de 0.004% a 0.008%, todas ellas obtuvieron el 0.128% de la abundancia relativa.

Ahora bien, con respecto al análisis multivariado de componentes principales durante el periodo estacional (Fig. 6), en los meses cálidos de julio, octubre y noviembre (verano-otoño), la riqueza de especies, diversidad,

CUADRO 3  
Especies de peces registradas en la Isla San José

TABLE 3  
Fish species registers in San José Island

Abundantes	f. %	AR	Frecuentes	f. %	AR	Comunes	f. %	AR	Raras	f. %	AR
<i>A. troschelii</i>	93.75	23.06	<i>L. novemfasciatus</i>	39.58	0.96	<i>S. flavilatus</i>	6.25	0.18	<i>A. taeniatus</i>	2.08	0.008
<i>T. lucasanum</i>	87.50	13.75	<i>S. rubroviolaceus</i>	37.50	0.92	<i>M. jordani</i>	4.17	0.16	<i>C. xanthostigma</i>	2.08	0.008
<i>S. rectifraenum</i>	91.67	10.38	<i>M. rosacea</i>	81.25	0.89	<i>C. sexfasciatus</i>	8.33	0.10	<i>D. macarellus</i>	2.08	0.008
<i>M. dentatus</i>	66.67	7.46	<i>B. diplotaenia</i>	81.25	0.83	<i>G. cinereus</i>	18.75	0.14	<i>E. puncticulatus</i>	2.08	0.008
<i>C. atrilobata</i>	41.67	5.24	<i>C. oxycephalus</i>	54.17	0.81	<i>C. panamensis</i>	31.25	0.13	<i>Exocoetus</i> spp	4.17	0.008
<i>L. argentiventris</i>	62.50	4.87	<i>C. caballus</i>	8.33	0.73	<i>H. steindachneri</i>	16.67	0.13	<i>G. equatorialis</i>	4.17	0.008
<i>S. ghobban</i>	91.67	4.84	<i>L. viridis</i>	22.92	0.73	<i>A. xanthopterus</i>	18.75	0.13	<i>H. trissina</i>	2.08	0.008
<i>P. punctatus</i>	64.58	3.37	<i>M. cephalus</i>	18.75	0.71	<i>H. scudleri</i>	18.75	0.13	<i>O. punctatus</i>	2.08	0.008
<i>H. sexfasciatum</i>	39.58	2.79	<i>D. holocanthus</i>	70.83	0.66	<i>T. rhodopus</i>	10.42	0.13	<i>R. bicolor</i>	4.17	0.008
<i>M. inornatus</i>	14.58	2.66	<i>S. perrico</i>	64.58	0.57	<i>K. analogus</i>	16.67	0.12	<i>S. lalandi</i>	2.08	0.008
<i>K. elegans</i>	54.17	2.57	<i>P. colonus</i>	12.50	0.55	<i>T. albacares</i>	2.08	0.12	<i>S. annulatus</i>	4.17	0.008
<i>H. guentherii</i>	66.67	1.72	<i>M. dorsalis</i>	68.75	0.52	<i>H. notospilus</i>	20.83	0.11	<i>S. californica</i>	4.17	0.008
<i>H. passer</i>	85.42	1.17	<i>N. denticulata</i>	29.17	0.35	<i>A. immaculatus</i>	22.92	0.09	<i>A. concolor</i>	2.08	0.004
<i>B. polylepis</i>	70.83	1.05	<i>C. punctatissima</i>	43.75	0.31	<i>E. lineatus</i>	6.25	0.09	<i>A. chinensis</i>	2.08	0.004
		<b>84.94</b>	<i>C. humeralis</i>	14.58	0.27	<i>S. psitacinus</i>	14.58	0.09	<i>C. brachysomus</i>	2.08	0.004
			<i>S. compresus</i>	27.08	0.27	<i>O. steindachneri</i>	16.67	0.09	<i>E. analogus</i>	2.08	0.004
			<i>E. currani</i>	2.08	0.24	<i>H. flaviguttatum</i>	16.67	0.08	<i>L. aratus</i>	2.08	0.004
			<i>J. nigrirostris</i>	33.33	0.24	<i>C. rivulatus</i>	33.33	0.08	<i>N. taeniurus</i>	2.08	0.004
			<i>F. commersonii</i>	56.25	0.24	<i>P. zonipectus</i>	16.67	0.07	<i>O. meleagris</i>	2.08	0.004
			<i>S. verres</i>	50.00	0.24	<i>A. interruptus</i>	12.50	0.07	<i>P. maculato-fasciatus</i>	2.08	0.004
			<i>C. affinis</i>	6.25	0.23	<i>H. eos</i>	4.17	0.07	<i>R. nigripinnis</i>	2.08	0.004
			<i>S. suborbitalis</i>	14.58	0.23	<i>S. leucurus</i>	6.25	0.06	<i>U. concentricus</i>	2.08	0.004
					<b>11.50</b>	<i>M. bairdii</i>	6.25	0.06			<b>0.128</b>
						<i>T. grammaticum</i>	22.92	0.06			
						<i>E. labriformis</i>	20.83	0.06			
						<i>G. simplicedens</i>	4.17	0.05			
						<i>G. castaneus</i>	18.75	0.05			
						<i>C. hippos</i>	6.25	0.05			
						<i>S. sierra</i>	8.33	0.05			
						<i>E. affinis</i>	6.25	0.05			
						<i>A. meleagris</i>	14.58	0.04			
						<i>C. melampygus</i>	4.17	0.03			
						<i>C. hippurus</i>	14.58	0.04			
						<i>H. nicholsi</i>	12.50	0.04			
						<i>M. curema</i>	4.17	0.04			
						<i>M. leiognathos</i>	4.17	0.04			
						<i>S. acapulcoensis</i>	8.33	0.04			
						<i>U. halleri</i>	14.58	0.03			
						<i>P. naufragium</i>	10.42	0.03			
						<i>H. semicinctus</i>	8.33	0.03			
						<i>A. triostegus</i>	4.17	0.02			
						<i>N. ductor</i>	2.08	0.02			
						<i>C. zonatus</i>	6.25	0.02			
						<i>L. xanti</i>	4.17	0.02			

CUADRO 3 (Continuación)  
Especies de peces registradas en la Isla San José

TABLE 3 (Continued)  
Fish species registers in San José Island

Abundantes	f. %	AR	Frecuentes	f. %	AR	Comunes	f. %	AR	Raras	f. %	AR
						<i>Z. cornutus</i>	4.17	0.02			
						<i>D. hystrix</i>	8.33	0.02			
						<i>G. zebra</i>	6.25	0.02			
						<i>H. dispilus</i>	4.17	0.02			
						<i>L. colorado</i>	6.25	0.02			
						<i>S. mystes</i>	4.17	0.02			
						<i>S. lobatus</i>	8.33	0.02			
						<i>U. maculatus</i>	6.25	0.02			
						<i>D. brevis</i>	4.17	0.01			
						<i>H. chierchie</i>	4.17	0.01			
							<b>3.37</b>				

De acuerdo a su abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia en los meses muestreados: frecuencia (f. %) y abundancia relativa (AR).

According to their relative abundance and frequency of occurrence in the studied months: frequency (f. %) and relative abundance (AR).

equidad, número de especies y abundancia total presentaron mayor afinidad, como sucede con las especies: *K. elegans*, *P. punctatus*, *L. argentiventris* y *S. ghobban*. En los meses fríos de febrero, marzo y mayo (invierno-primavera), las especies más afines o de mayor correlación fueron: *H. passer*, *A. troschellii*, *T. lucasanum*, *B. diplotaenia*, *M. dentatus*, *S. rectifraenum*, *C. atrilobata*, *M. rosacea* y *L. novemfasciatus*.

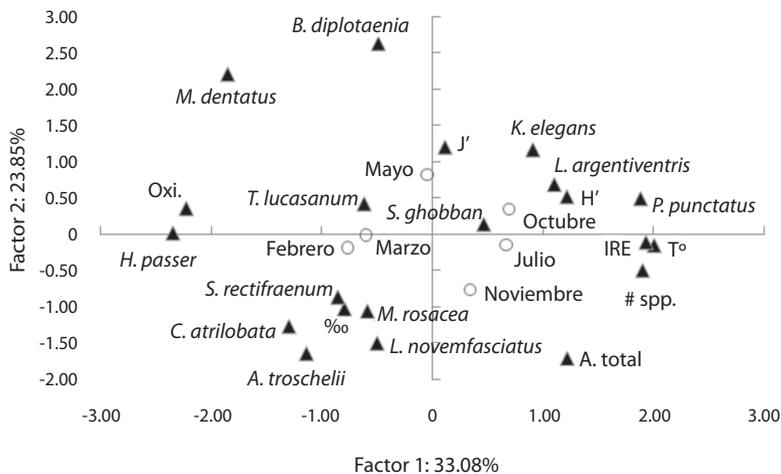
El ACP en su forma espacial (Fig. 7), muestra a 13 especies consideradas de mayor importancia, *L. argentiventris* y *M. dentatus* reflejaron mayor afinidad con la localidad de Punta Colorada, además, esta estación se correlacionó con el mayor registro de temperatura, abundancia total y número de especies, la localización de la misma se encuentra en el lado expuesto de la isla (Fig. 1); en la estación Estacuda, ubicada en el lado derecho de esta figura, las especies de peces afines a esta localidad fueron: *L. novemfasciatus*, *C. atrilobata*, *P. punctatus* y *M. rosacea*; la localidad Cordón Negro se correlacionó con los valores de oxígeno más altos, y la especie con mayor afinidad a

esta localidad fue *S. ghobban*. Las localidades del lado protegido de la isla como lo son La Cueva y San Francisquito, se correlacionaron más con la equidad y la especie que fue más a fin fue *S. rectifraenum*. La localidad El Faro, se correlacionó con la diversidad, la especie que más afín fue *B. diplotaenia*.

## DISCUSIÓN

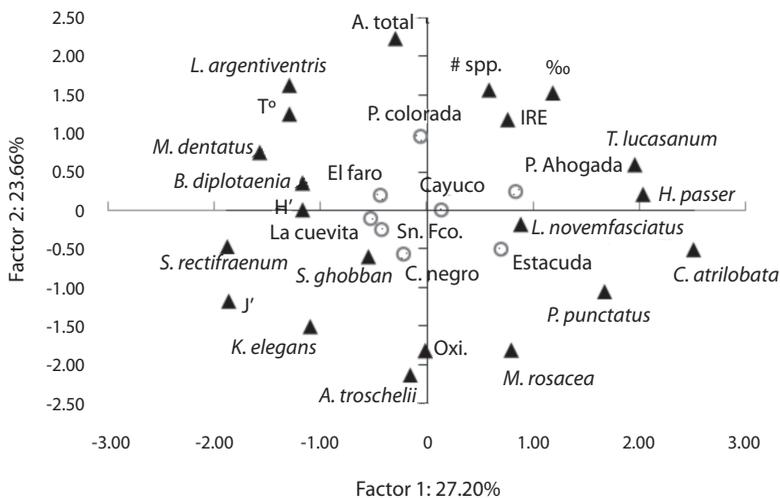
La Isla San José es un ecosistema de gran relevancia, puesto que en ella se alberga una gran riqueza de especies de importancia, tanto ecológica, como comercial y endémica, las cuales requieren ser estudiadas para comprender diversos aspectos, que conlleven a un mejor entendimiento de este relevante ecosistema del sur del Golfo de California (Thomson *et al.* 2000).

Las especies de peces conspicuos observados en los sustratos duros de la Isla San José, comprenden 112 especies, tanto permanentes como estacionales. De las 333 especies ícticas arrecifales registradas en el Golfo de California



**Fig. 6.** Análisis de componentes principales ACP en su forma temporal con las especies de peces más dominantes en la Isla San José. Riqueza de especie (IRE), diversidad (H'), equidad (J'), número de especies (# spp), abundancia total (A. total), salinidad (‰), temperatura del agua (T°) y oxígeno disuelto (Oxi).

**Fig. 6.** Principal component analysis (PCA) in its temporary form, dominant fish species in San José Island, species richness index (IRE), diversity (H'), Pielou's evenness (J'), number of species (# spp), total abundance (A total), salinity (‰), water temperature (T°) and dissolved oxygen (Oxi).



**Fig. 7.** Análisis de componentes principales (ACP) en su forma espacial de los peces más dominantes en la Isla San José. Índice de riqueza de especies (IRE), diversidad (H'), Equidad de Pielou (J'), número de especies (# spp), abundancia total (A. total), salinidad (‰), temperatura del agua (T°) y oxígeno disuelto (Oxi).

**Fig. 7.** Principal Component Analysis (PCA) in its spatial form, dominant fish species in San José Island. Species richness index (IRE), diversity (H'), Pielou's evenness (J'), number of species (# spp), total abundance (A total), salinity (‰), water temperature (T°) and dissolved oxygen (Oxi).

(Thomson *et al.* 2000), 33.6 % fueron observadas en el presente estudio. En otras islas del golfo como son: la Isla Cerralvo e Isla Espíritu Santo, se ha documentado que la temperatura del agua y la diversidad en fauna y flora circundante en el sustrato arrecifal, contribuye a incrementar la abundancia y diversidad de peces en el sur del Golfo de California, y se presenta como una caracterización estructural que se manifiesta en otros ecosistemas tropicales y subtropicales del sur del Golfo de California (Jiménez-Gutiérrez 1999, Arreola-Robles & Elorduy-Garay 2002, Rodríguez-Romero *et al.* 2005).

Por otro lado, se observaron fluctuaciones en la diversidad y equidad, principalmente debido a cambios en la composición específica y abundancia de los organismos, además, se consideró que los peces conforman diversos escenarios en el ambiente, uno de estos cambios importantes se presentan en los peces formadores de cardumen los cuales presentaron una mayor proporción durante verano-otoño, con presencia de algunas especies de origen tropical y subtropical, pero que son poco abundantes. Pérez-España *et al.* (1996), Galván-Piña *et al.* (2003), Dominici-Arosamena & Wolff (2006), han argumentado que la temperatura del agua, el tipo de hábitat, alimentación, zonas de crianza y protección que proporcionan los arrecifes rocosos contribuyen en gran medida a elevar la abundancia, concentración y riqueza específica de especies de peces. Helfman *et al.* (2005) documenta que es fundamental entender las interacciones sucedidas en las diferentes escalas de tiempo y espacio dentro de los ecosistemas, para comprender diversos procesos de comportamiento durante sus ciclos de vida.

En la Isla San José se registraron 112 especies, de las cuales 25 estuvieron presentes en todos los meses de muestreo (marcadas con asterisco en el anexo 1). Las especies más abundantes fueron: *A. troschellii*, *T. lucasanum*, *S. rectifraenum*, *M. dentatus*, *C. atrilobata*, *L. Argentiventris* y *S. ghobban*. En estudios realizados en islas y montañas submarinas, con el empleo de la metodología de censos visuales e inclusive con otras artes de pesca,

se ha encontrado que la diversidad de peces de la parte media al sur del Golfo de California presenta cambios estructurales en función de la temperatura del agua, tipo de hábitat, profundidad, corrientes, surgencias, giros ciclónicos y fauna y flora circundantes (Rodríguez-Romero *et al.* 1994, 1998, 2005, Amador-Buenrostro *et al.* 2003, Galván-Piña *et al.* 2003, Muhlia-Melo *et al.* 2003), los cuales forman cadenas alimenticias, también, son indicadores importantes de la alta biodiversidad y productividad biológica del Golfo de California.

Entonces, se registraron 12 especies de peces que estuvieron presentes en cinco meses, y son los siguientes: *L. argentiventris*, *S. rubroviolaceus*, *P. colonus*, *A. xanthopterus*, *A. immaculatus*, *C. humeralis*, *E. panamensis*, *N. denticulata*, *O. steindachneri*, *P. colonus*, *S. Suborbitalis* y *T. grammaticum*. Así mismo Galván-Piña *et al.* (2003), registraron a *L. argentiventris* como especie residente en la Bahía de La Paz.

Las especies de peces que estuvieron presentes en la Isla San José durante los cuatro meses analizados fueron: *G. cinereus*, *H. scudderi*, *S. psitacinus*; mientras que, el resto de las especies presentaron patrones de cambio temporal o mensual, tal y como lo han documentado otros autores en ecosistemas tropicales de latitudes similares (Horn & Allen 1985, Galván-Villa *et al.* 2010). Rodríguez-Romero *et al.* (1998, 2005) y Galván-Magaña *et al.* (2000), señalan que los cambios estructurales en la riqueza de especies por temporada pueden ser explicados con base en: la temperatura del agua, el tipo de sustrato y flora circundante establecida en forma diferencial dentro del Golfo de California; lo cual genera una alta productividad primaria (Casas-Valdez *et al.* 2000) por lo tanto, eficientes cadenas alimenticias.

Además, se han realizado diversos estudios oceanográficos, en donde se generan imágenes de satélite de la temperatura superficial del mar en el Golfo de California, y se pone en evidencia que en esta región se presentan dos periodos climáticos: frío y cálido (Rodríguez-Romero *et al.* 2005, Amador-Buenrostro *et al.* 2003, Muhlia Melo *et al.* 2003), lo cual indica

cambios estacionales regidos principalmente por la temperatura del agua. Incluso, en estas imágenes se detectan giros ciclónicos que aunado a surgencias, contribuyen a concentrar nutrientes y organismos planctónicos, lo cual enriquece esta región.

En el análisis de agrupamiento y en el de componentes principales se hacen evidentes las dos temporadas climáticas asociadas a cambios en la temperatura del agua y cómo se relaciona con la distribución, abundancia, diversidad y las especies de mayor dominancia. Este mismo efecto de asociación de especies se ha observado en la isla Espíritu Santo, inclusive en otros estudios hechos en la misma área del sur del Golfo de California (Galván-Piña *et al.* 2003, Rodríguez-Romero *et al.* 2005, Villegas-Sánchez *et al.* 2009), así como otros ecosistemas de la costa occidental de la Península de Baja California Sur (J. Rodríguez Romero *et al.*, en prep.), donde se manifiestan las dos temporadas climáticas.

De acuerdo con el ACP en su forma estacional se observa que en la época cálida, la temperatura del agua influye positivamente en la mayor diversidad, riqueza específica, número de especies y abundancia total. En latitudes tropicales y subtropicales la variación de las especies de peces en las comunidades costeras marinas se ha relacionado con los cambios en la temperatura del agua (Longhurst & Pauly 1987, Galván-Magaña *et al.* 2000). Las especies más afines en esta época cálida fueron: *Kyphosus elegans*, *Prionurus punctatus*, *L. argentiventris* y *S. gobban*, las mismas forman cardúmenes o altas concentraciones asociadas a sustratos arrecifales. El resto de las especies registradas que si bien no son dominantes, utilizan estos ambientes rocosos como refugio, protección, alimentación, reproducción o reclutamiento tal como se ha documentado (Ogden & Ebersole 1981, Dominici-Arosamena & Wolff 2006).

Las especies de mayor dominancia en este estudio se distribuyeron de forma importante alrededor de la Isla San José, de la siguiente forma: en el lado expuesto de la isla se registró el mayor número de organismos y diversidad; ahora bien del lado protegido presentaron

correlación con la diversidad de especies. Estas diferencias se debieron a que localidad de Punta Colorada es más expuesta, por lo tanto, las corrientes superficiales transportan más nutrientes, y al existir mayor disponibilidad de alimento, las especies transeúntes se hacen presentes, y en conjunto con las permanentes producen un incremento en la abundancia y diversidad específica de peces. En un estudio realizado con peces arrecifales, Letourneur & Chabanet (1994), encontraron que el incremento en la riqueza específica en sustratos coralinos es principalmente atribuido al reclutamiento y a una mayor disponibilidad de alimento en zonas arrecifales, comportamiento que también se hizo notorio en la Isla San José, donde se observó una mayor concentración de fauna y flora marina durante el periodo cálido, por ende, el mayor registro en la abundancia, riqueza y diversidad de especies. Asimismo, en un estudio realizado en una Isla y montaña submarina de El Bajo Espíritu Santo, Rodríguez-Romero *et al.* (2005) encontraron una relación peces-ambiente, con cambios estructurales de la comunidad íctica según la profundidad, sitio de muestreo y época del año. Por otro lado, Villegas-Sánchez *et al.* (2009), realizaron censos visuales en la zona costera de la zona arrecifal de esta isla los cuales cubrieron dos localidades de la zona protegida y cercanas a la del presente estudio, también, encontraron mayor incremento de la diversidad, riqueza específica y abundancia de peces durante los meses más cálidos, de ahí que concuerda en cierta medida con los del presente estudio, sin embargo a nivel espacial el número de especies, el valor de la diversidad y la riqueza específica fueron mayores en el presente estudio.

Al observar los análisis de componentes principales tanto en su forma estacional como espacial, se analiza a la Isla San José como un ecosistema, que por su diversidad de sustrato y complejidad del hábitat, presenta condiciones favorables para el establecimiento de diversas especies de peces, que se refleja en su alta diversidad y riqueza específica, tanto de peces como de otros organismos y pone en evidencia la elevada productividad biológica que caracteriza a

este tipo de ecosistemas del suroeste del Golfo de California. Estudios realizados en otras islas y áreas cercanas a la Bahía de La Paz, han presentado diversidades menores a las de este estudio (Aburto-Oropeza & Balart 2001, Galván-Piña *et al.* 2003, Alvarez-Filip *et al.* 2006). Al comparar estos trabajos con el presente estudio, se infiere que la Isla San José, se mantiene con una alta diversidad de peces, lo que pone en evidencia la alta productividad biológica y diversidad específica que caracteriza a este relevante ecosistema, donde los peces arrecifales cumplen un papel importante dentro de su ciclo de vida, información fundamental, tanto para entender la dinámica estructural de los peces arrecifales, como para aportar conocimiento para los planes de manejo y conservación que actualmente se desarrollan en el sur del Golfo de California (Pomeroy *et al.* 2006).

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al CIBNOR, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por proporcionarnos el apoyo financiero para la realización de este estudio así como a la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), por darle las facilidades al primer autor para realizar los estudios de doctorado en el CIBNOR, asimismo al CICIMAR-IPN (COFAA & EDI).

#### RESUMEN

Para determinar la variación estacional y espacial de la comunidad de peces en ocho localidades alrededor de la Isla San José en el Golfo de California se realizó un estudio ecológico de marzo 2001 a febrero 2002. Además, se utilizaron censos visuales en 48 transectos de 100x5m (500m<sup>2</sup>). También, se detectaron dos temporadas climáticas: una fría y otra cálida, se observaron 26 608 organismos de 112 especies de 76 géneros de peces. Asimismo, se utilizó el índice de abundancia relativa para determinar las especies más importantes. Febrero fue el mes de menor diversidad y octubre el mayor. De acuerdo con el índice de valor biológico, 13 especies fueron las que obtuvieron un mayor puntaje. En los meses cálidos se presentaron las mismas especies pero en diferente orden y abundancia. Las localidades de la zona oriental de la isla, presentaron un mayor número de especies y abundancia de peces. En el análisis

de componentes principales (ACP) la riqueza específica, diversidad, equidad, número de especies y abundancia total se relacionaron con los meses cálidos. Al utilizar el ACP en su forma espacial registró que la localidad Punta Colorada obtuvo una mayor correlación con el número de especies, diversidad y abundancia total.

**Palabras clave:** censos visuales, comunidad de peces, arrecifes rocosos, Isla San José, Golfo de California.

#### REFERENCIAS

- Abítia-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. *Cienc. Mar.* 20: 159-181.
- Aburto-Oropeza, O. & E.F. Balar. 2001. Community structure of reef fish in several habitats of a rocky reef in the Gulf of California. *Mar. Ecol.* 22: 283-305.
- Álvarez-Filip, L., H. Reyes-Bonilla & L.E. Calderón-Aguilera. 2006. Community structure of fishes in Cabo Pulmo Reef, Gulf of California. *Mar. Ecol.* 27: 253-262.
- Arreola-Robles, J.L. & J.F. Elorduy-Garay. 2002. Reef fish diversity in the region of La Paz, Baja California Sur, Mexico. *B. Mar. Sci.* 70: 1-18.
- Amador-Buenrostro, A., A. Trasviña-Castro, A. Muhlia-Melo & M.L. Argote-Espinoza. 2003. Influence of EBES seamount and Farallon basin on coastal circulation in the Gulf of California, Mexico. *Geofis. Int.* 42: 407-408.
- Anónimo. 1987. Islas Mexicanas. Régimen jurídico y Catálogo. *Rev. Jurídica, Bol. Mexicano de Derecho Comparado*, Talleres Gráficos de la Nación, Secretaría de Gobernación, México.
- Bourillón-Moreno, L., A.C. Díaz-Barriga, F. Ecardi-Ambrosi, E. Lira-Fernández, J. Ramírez-Ruiz, E. Velarde-González & A. Zavala-González. 1988. Islas del Golfo de California. Secretaría de Gobernación, UNAM, México D.F., Mexico.
- Casas-Valdez, M., R.A. Núñez-López, M.B. Cruz-Ayala, I. Sánchez-Rodríguez, R. Vázquez-Borja & G.E. López. 2000. Biodiversity and biogeographic affinities of the algal flora of Baja California Sur: A synthesis of the literature, p. 273-282. *In* M. Munawar, S.G. Lawrence, I.F. Munawar & D.F. Malley (eds.). *Aquatic Ecosystem of Mexico*. Ecovision World Monograph, Backhuys, Leiden, Holanda.

- Clarke, K.R. & R.M. Warwick. 2001. Change in marine communities: An approach to Statistical Analysis and Interpretation. Change in marine communities. Primer-E, Plymouth, Inglaterra.
- Dominici-Arosamena, A. & M. Wolff. 2006. Reef fish community structure in the Tropical Eastern Pacific (Panamá): living on a relatively stable rocky reef environment. *Helgoland Mar. Res.* 60: 287-305.
- Enríquez-Andrade, R., G. Anaya-Reyna, C. Barrera-Guevara, M.A. Carvajal-Moreno, M.E. Martínez-Delgado, J. Vaca-Rodríguez & C. Valdés-Casillas. 2005. An analysis of critical areas for biodiversity conservation in the Gulf of California Region. *Ocean Coast. Manage.* 48: 31-50.
- Galván-Magaña, F., L.A. Abítia-Cárdenas, J. Rodríguez-Rodríguez, H. Pérez-España & R.H. Chávez. 1996. Lista sistemática de los peces de la Isla Cerralvo, Baja California Sur, México. *Cienc. Mar.* 22: 295-311.
- Galván-Magaña, F., F. Gutiérrez-Sánchez, L.A. Abítia-Cárdenas & J. Rodríguez-Romero. 2000. The distribution and affinities of the shore fishes of Baja California lagoons, p. 338-398. *In* M. Munawar, S.G. Lawrence, I.F. Munawar & D.F. Malley (eds.). *Aquatic Ecosystem of Mexico*. *Ecovision World Monograph*, Backhuys, Leiden, Holanda.
- Galván-Piña, V.H., F. Galván-Magaña, L.A. Abítia-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. *B. Mar. Sci.* 72: 19-35.
- Galván-Villa, C.M., J.L. Arreola-Robles, E. Ríos-Jara & F.A. Rodríguez-Zaragoza. 2010. Ensamblajes de peces arrecifales y su relación con el hábitat bentónico de la Isla Isabel, Nayarit, México. *Rev. Biol. Mar. Ocean.* 45: 311-324.
- Helfman, S.G., B.B. Collette & D.E. Facey. 2005. The diversity of fishes. Blackwell, Londres, Inglaterra.
- Horn, M.H. & L.G. Allen. 1985. Fish community ecology in Southern California bays and estuaries, p. 169-190. *In* A. Yáñez-Arancibia (ed.). *Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons: Toward an ecosystem integration*. UNAM, México D.F., México.
- Jiménez-Gutiérrez, S.V. 1999. Abundancia y estructura comunitaria de peces de arrecifes rocosos en la zona de Isla Cerralvo, B.C.S., México. Tesis de Maestría, CICIMAR, IPN, La Paz, B.C.S., México.
- Lara-Lara, J.R., V. Arena-Fuentes, C. Bazán-Guzmán, V. Díaz-Castañeda, E. Escobar-Briones, M.C. García-Abad, G. Gaxiola-Castro, G. Robles-Jarero, R. Sosa-Avalos, L.A. Soto-González, M. Tapia-García & E. Valdez-Holguín. 2008. Los ecosistemas marinos, p. 135-159. *In* Conabio (ed.). *Capital natural de México: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Conabio, México D.F., México.
- Letourneur, Y. 1996. Dynamic of fish communities on Reunion Fringing Reef, Indian Ocean. I Patterns of spatial fluctuation. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 195: 1-30.
- Letourneur, Y. & P. Chabanet. 1994. Variations spatio-temporelles de l'ichtyofaune de platiers-récifaux a La Réunion. *Cybiurn* 18: 25-38.
- Loya-Salinas, D. & H.A. Escofet. 1990. Aportación al cálculo del índice del Valor Biológico (Sanders, 1960). *Cienc. Mar.* 16: 97-115.
- Longhurst, A.R. & D. Pauly. 1987. *Ecology of tropical oceans*. Academic, Londres, Inglaterra.
- Ludwig, J.A. & J.F. Reynolds. 1988. *Statistical ecology. A primer on methods and computing*. Wiley, Nueva York, EEUU.
- Margalef, D.R. 1969. *Perspective in ecological theory*. Chicago Univesity, Illinois, EEUU.
- Muhlia-Melo, A., P. Klimley, R. González-Armas, S. Jorgensen, A. Trasviña-Castro, J. Rodríguez-Romero & A. Amador-Buenrostro. 2003. Pelagic fish assemblages at the Espíritu Santo seamount in the Gulf of California during El Niño 1997-1998 and non-El Niño conditions. *Geofis. Int.* 42: 473-481.
- Mora, C. & D.R. Robertson. 2005. Causes of latitudinal gradients in species richness: a test with the endemic shore fishes of the Tropical Eastern Pacific. *Ecology* 86: 1771-1782.
- Moreno-Sánchez, X.G. 2009. Estructura y organización trófica de la ictiofauna del arrecife de Los Frailes, B.C.S. México. Tesis de Doctorado, CICIMAR, La Paz, B.C.S., México.
- Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the world*. Wiley, Nueva York, EEUU.
- Ogden, J.C. & J.P. Ebersole. 1981. Scale and community structure of coral reef fishes: A long term study of a large artificial reef. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 4: 97-103.
- Pérez-España, E.H., F. Galván-Magaña & L.A. Abítia-Cárdenas. 1996. Variaciones temporales y espaciales en la estructura de la comunidad de peces de arrecifes

- rocosos del suroeste del Golfo de California, México. *Cienc. Mar.* 22: 273-294.
- Pielou, E.C. 1976. *Ecological Diversity*. Wiley, Nueva York, EEUU.
- Pomeroy, R.S., J.E. Parks & L.M. Watson. 2006. Como evaluar una AMP: Manual de Indicadores Naturales y Sociales para Evaluar la Efectividad de la Gestión de Áreas marinas protegidas. UICN, Gland, Suiza.
- Robertson, D.R. & G.R. Allen. 2002. *Shore fishes of the Tropical Eastern Pacific: an information system*. Smithsonian Tropical Research Institute, Balboa, Panama.
- Rodríguez-Romero, J., L.A. Abítia-Cárdenas, F. Galván-Magaña & R.H. Chávez. 1994. Composición, abundancia y riqueza específica de la ictiofauna de Bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Cienc. Mar.* 20: 321-350.
- Rodríguez-Romero, J., L.A. Abítia-Cárdenas, F. Galván-Magaña, J. Arvizu-Martínez & P.B. Aguilar. 1998. Ecology of fish communities from the soft bottoms of Bahía Concepción, México. *Arch. Fish. Mar. Res.* 46: 61-76.
- Rodríguez-Romero, J., A.F. Muhlia-Melo, F. Galván-Magaña, F.J. Gutiérrez-Sánchez & V. Gracia-López. 2005. Fish assemblages around Espiritu Santo Island and Espiritu Santo Seamount in the Lower Gulf of California, México. *B. Mar. Sci.* 64: 383-390.
- Shannon, E.C. & W. Weaver. 1963. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois, Illinois, EEUU.
- Sanders, H.L. 1960. Benthic studies in Buzzards Bay. III. The structure of the soft-bottom community. *Limnol. Oceanogr.* 5: 138-153.
- Sánchez-Ortiz, C., J.L. Arreola-Robles, O. Aburto-Oropeza & M. Cortés-Hernández. 1997. Peces de arrecifes en la región de La Paz, BCS, p. 177-188. *In* R.J. Urban & M. Ramírez. (eds.). *La Bahía de La Paz, investigación y conservación*. UABCS, CICIMAR, SCRIPPS, La Paz, B.C.S., México.
- Thomson, D.A., L.T. Findley & A.N. Kerstitch. 2000. *Reef fishes of the Sea of Cortez*. University of Texas, Texas, EEUU.
- Uscanga-Aguilar, S. 2002. Caracterización de la comunidad íctica capturada con red agallera en Isla San José, B.C.S., México. Tesis de Licenciatura U.A.B.C.S., La Paz, B.C.S., México.
- Villegas-Sánchez, C.A., L.A. Abítia-Cárdenas, F.J. Gutiérrez-Sánchez & F. Galván-Magaña. 2009. Rocky-reef fish assemblages at San José Island, México. *Rev. Mex. Biodiv.* 80: 169- 179.
- Villegas-Sánchez, C. 2004. Ictiofauna de arrecifes rocosos en la isla San José, B.C.S. México. Tesis de Maestría, CICIMAR, La Paz, B.C.S, México.
- Zeitzchel, B. 1969. Primary productivity in the Gulf of California. *Mar. Biol.* 3: 201-207.

APÉNDICE 1

Especies de peces con su abundancia relativa por mes y temporada climática, en la isla San José

APPENDIX 1

Fish species and its relative abundance per month and climatic season, in San José Island

	Mar	May	Jul	Oct.	Nov.	Feb.	Fría	Cal.	% Total	# spp
<b>SQUATINIDAE</b>										1
<i>Squatina californica</i>				0.02	0.01			0.01	0.01	
<b>DASYATIDIDAE</b>										1
<i>Dasyatis brevis</i>		0.07		0.02			0.02	0.01	0.01	
<b>UROLOPHIDAE</b>										3
<i>Urobatis concentricus</i>					0.01			0.01		
<i>Urobatis halleri</i>	0.00	0.11	0.09			0.06	0.05	0.02	0.03	
<i>Urobatis maculatus</i>			0.04		0.03			0.02	0.02	
<b>ELOPIDAE</b>										1
<i>Elops affinis</i>			0.13		0.09			0.07	0.05	
<b>MURAENIDAE</b>										3
<i>Gymnomuraena zebra</i>				0.02	0.01	0.06	0.02	0.01	0.02	
<i>Gymnothorax equatorialis</i>				0.02	0.01			0.01	0.01	
<i>Gymnothorax castaneus</i>	0.09		0.07	0.07	0.06		0.03	0.06	0.05	
<b>CLUPEIDAE</b>										1
<i>Harengula trissina</i>					0.03			0.01	0.01	
<b>EXOCOETIDAE</b>										1
<i>Exocoetus</i> spp.				0.02	0.01			0.01	0.01	
<b>HEMIRAMPHIDAE</b>										1
<i>Hemiramphus soltator</i>		0.07			0.23		0.02	0.09	0.07	
<b>HOLOCENTRIDAE</b>										2
<i>Myripristis leiognathos</i>				0.18				0.06	0.04	
<i>Sargocentron suborbitalis</i>	0.00	0.32	0.28	0.20	0.29	0.24	0.18	0.26	0.23	
<b>FISTULARIIDAE</b>										1
<i>Fistularia commersonii</i> *	0.37	0.32	0.28	0.07	0.26	0.24	0.31	0.20	0.24	
<b>AULOSTOMIDAE</b>										1
<i>Aulostomus chinensis</i>			0.02					0.01		
<b>SCORPAENIDAE</b>										1
<i>Scorpaena mystes</i>			0.07		0.01			0.02	0.02	
<b>SERRANIDAE</b>										9
<i>Alphestes immaculatus</i>	0.09	0.04	0.09	0.11	0.16		0.04	0.12	0.09	
<i>Epinephelus analogus</i>			0.02					0.01		
<i>Epinephelus labriformis</i> *	0.03	0.14	0.04	0.09	0.03	0.03	0.06	0.05	0.06	
<i>Cephalopholis panamensis</i>	0.09	0.32	0.11	0.09	0.19		0.13	0.13	0.13	
<i>Mycteroperca jordani</i>		0.04		0.76			0.01	0.24	0.16	
<i>Mycteroperca rosacea</i> *	1.60	0.57	0.76	0.67	1.21	0.36	0.85	0.92	0.89	
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>			0.02					0.01		
<i>Paranthias colonus</i>	0.55	0.35	0.07	0.90	0.93		0.30	0.69	0.55	
<i>Serranus psitacinus</i>		0.11	0.15	0.04	0.19		0.03	0.13	0.09	
<b>GRAMMISTIDAE</b>										2
<i>Rypticus bicolor</i>				0.04				0.01	0.01	
<i>Rypticus nigripinnis</i>						0.03	0.01			

APÉNDICE 1 (Continuación)

Especies de peces con su abundancia relativa por mes y temporada climática, en la isla San José

APPENDIX 1 (Continued)

Fish species and its relative abundance per month and climatic season, in San José Island

	Mar	May	Jul	Oct.	Nov.	Feb.	Fría	Cal.	% Total	# spp
<b>CARANGIDAE</b>										8
<i>Caranx caballus</i>	3.69			0.00	1.04		1.27	0.43	0.73	
<i>Caranx caninus</i>				0.16	0.06			0.08	0.05	
<i>Caranx melampygus</i>	0.12	0.11		0.14				0.05	0.06	
<i>Caranx sexfasciatus</i>		0.92		0.11		0.03	0.29		0.12	
<i>Decapturus macarellus</i>			0.04					0.01	0.01	
<i>Seriola lalandi</i>	0.06						0.02		0.01	
<i>Trachinotus rhodopus</i>	0.68	0.35		0.04			0.34	0.01	0.13	
<i>Neurates ductor</i>					0.09			0.03	0.02	
<b>CORYPHAENIDAE</b>										1
<i>Coryphaena hippurus</i>		0.04	0.02	0.14			0.01	0.05	0.04	
<b>LUTJANIDAE</b>										6
<i>Hoplopagrus guntheri*</i>	0.55	0.28	0.80	0.29	5.34	0.15	0.33	2.49	1.72	
<i>Lutjanus aratus</i>			0.02					0.01		
<i>Lutjanus argentiventris</i>	5.28	4.67	9.76	5.98	3.01		3.22	5.78	4.87	
<i>Lutjanus colorado</i>			0.04	0.02		0.03	0.01	0.02	0.02	
<i>Lutjanus novemfasciatus*</i>	1.07	0.88	0.91	0.23	1.71	0.62	0.86	1.02	0.96	
<i>Lutjanus viridis</i>			1.08	1.19	1.10			1.13	0.73	
<b>GERREIDAE</b>										2
<i>Gerres cinereus</i>		0.18	0.41	0.18	0.03		0.05	0.18	0.14	
<i>Eucinostomus currani</i>			1.41					0.38	0.24	
<b>HAEMULIDAE</b>										7
<i>Anisotremus interruptus</i>	0.09	0.07			0.17	0.03	0.06	0.07	0.07	
<i>Anisotremus taeniatus</i>					0.03			0.01	0.01	
<i>Haemulon flaviguttatum</i>		0.18	0.09	0.14		0.15	0.11	0.07	0.08	
<i>Haemulon scudderi</i>	0.15		0.13	0.05	0.29		0.05	0.17	0.13	
<i>Haemulon sexfasciatus*</i>	1.35	3.36	0.43	4.64	4.47	0.42	1.62	3.44	2.79	
<i>Haemulon steindachneri</i>			0.22	0.42	0.03			0.20	0.13	
<i>Microlepidotus inornatus</i>		3.85	0.02	5.68	4.07		1.15	3.50	2.66	
<b>SPARIDAE</b>										1
<i>Calamus brachysomus</i>			0.02					0.01		
<b>MULLIDAE</b>										1
<i>Mulloidichthys dentatus*</i>	11.2	18.6	2.65	6.25	4.02	10.3	13.7	4.37	7.46	
<b>KYPHOSIDAE</b>										3
<i>Girella simplicedens</i>				0.22	0.03			0.08	0.05	
<i>Kyphosus analogus</i>	0.06	0.32		0.09	0.09	0.33	0.23	0.06	0.12	
<i>Kyphosus elegans*</i>	2.00	2.16	2.23	7.03	0.88	0.12	1.38	3.23	2.57	
<b>EPHIPPIDIDAE</b>										1
<i>Chaetodipterus zonatus</i>			0.02	0.04	0.03			0.03	0.02	
<b>CHAETODONTIDAE</b>										2
<i>Chaetodon humeralis</i>	0.12	0.21	0.11	0.11	0.74		0.11	0.37	0.27	
<i>Johrmandallia nigrirostris</i>	0.49	0.32	0.15	0.05	0.40		0.26	0.22	0.24	

APÉNDICE 1 (Continuación)

Especies de peces con su abundancia relativa por mes y temporada climática, en la isla San José

APENDIX 1 (Continued)

Fish species and its relative abundance per month and climatic season, in San José Island

	Mar	May	Jul	Oct.	Nov.	Feb.	Fría	Cal.	% Total	# spp
<b>POMACANTHIDAE</b>										2
<i>Holocanthus passer</i> *	1.54	1.20	0.89	0.74	0.90	2.43	1.76	0.85	1.17	
<i>Pomacanthus zonipectus</i>	0.06	0.21			0.13	0.06	0.11	0.05	0.07	
<b>POMACENTRIDAE</b>										9
<i>Abudefduf concolor</i>						0.03	0.01		0.00	
<i>Abudefduf troschelii</i> *	23.77	13.33	21.38	22.84	23.71	31.83	23.53	22.81	23.06	
<i>Chromis atrilobata</i> *	13.94	0.07	5.77	1.75	6.46	3.62	6.12	4.76	5.24	
<i>Microspathodon dorsalis</i> *	0.64	0.35	0.50	0.38	0.37	1.10	0.72	0.41	0.52	
<i>Microspathodon bairdii</i>	0.06				0.20		0.02	0.08	0.06	
<i>Stegastes acapulcoensis</i>					0.06	0.18	0.06	0.02	0.04	
<i>Stegastes flavilatus</i>			0.04	0.83				0.28	0.18	
<i>Stegastes leucurus</i>		0.35		0.13			0.11	0.04	0.06	
<i>Stegastes rectifraenum</i> *	6.05	10.18	7.52	8.04	13.82	15.32	10.60	10.27	10.38	
<b>CIRRHITIDAE</b>										2
<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i> *	0.28	0.88	0.50	1.70	0.49	0.89	0.68	0.88	0.81	
<i>Cirrhitus rivulatus</i> *	0.06	0.14	0.04	0.05	0.06	0.15	0.12	0.05	0.08	
<b>MUGILIDAE</b>										2
<i>Mugil cephalus</i> *	0.40	2.40	1.15	0.14	0.14	1.13	1.26	0.41	0.71	
<i>Mugil curema</i>			0.22					0.06	0.04	
<b>LABRIDAE</b>										9
<i>Bodianus diplotaenia</i> *	0.92	1.17	0.72	1.08	0.60	0.71	0.92	0.79	0.83	
<i>Halichoeres chierchie</i>			0.04		0.01			0.02	0.01	
<i>Halichoeres dispilus</i>				0.05	0.01			0.02	0.02	
<i>Halichoeres nicholsi</i>			0.07	0.07	0.04			0.06	0.04	
<i>Halichoeres notospilus</i>			0.17	0.27	0.04	0.12	0.04	0.15	0.11	
<i>Halichoeres semicinctus</i>	0.06		0.04	0.02		0.06	0.04	0.02	0.03	
<i>Thalassoma grammaticum</i>	0.21	0.07	0.02	0.05		0.09	0.13	0.02	0.06	
<i>Thalassoma lucasanum</i> *	10.10	14.88	17.65	12.02	10.17	21.29	15.53	12.78	13.75	
<i>Novaculichthys taeniurus</i>			0.02					0.01		
<b>SCARIDAE</b>										5
<i>Nicholsina denticulata</i>	0.12	0.21	1.43	0.22	0.09		0.11	0.49	0.35	
<i>Scarus compressus</i>		0.39	0.13	0.76	0.14	0.06	0.14	0.34	0.27	
<i>Scarus ghobban</i> *	4.76	5.94	8.89	2.42	4.47	3.21	4.56	5.00	4.84	
<i>Scarus perrico</i> *	1.20	0.57	0.46	0.36	0.53	0.56	0.78	0.45	0.57	
<i>Scarus rubroviolaceus</i>	0.28	0.60	0.28	3.49	0.17		0.28	1.27	0.92	
<b>OPISTOGNATHIDAE</b>										1
<i>Opistognathus punctatus</i>	0.06						0.02		0.01	
<b>LABRISOMIDAE</b>										1
<i>Labrisomu sxanti</i>				0.05		0.06	0.02	0.02	0.02	
<b>BLENNIDAE</b>										1
<i>Ophioblennius steindachneri</i>	0.25	0.25	0.04		0.03	0.12	0.20	0.02	0.09	

APÉNDICE 1 (Continuación)

Especies de peces con su abundancia relativa por mes y temporada climática, en la isla San José

APPENDIX 1 (Continued)

Fish species and its relative abundance per month and climatic season, in San José Island

	Mar	May	Jul	Oct.	Nov.	Feb.	Fría	Cal.	% Total	# spp
<b>GOBIIDAE</b>										1
<i>Elacatinus puncticulatus</i>	0.06						0.02		0.01	
<b>ZANCLIDAE</b>										1
<i>Zanclus cornutus</i>				0.02		0.12	0.04	0.01	0.02	
<b>ACANTHURIDAE</b>										3
<i>Acanthurus triostegus</i>		0.04		0.09			0.01	0.03	0.02	
<i>Acanthurus xanthopterus</i>	0.25	0.14	0.35	0.07	0.03		0.13	0.13	0.13	
<i>Prionurus punctatus*</i>	1.69	3.22	5.57	4.70	2.78	1.19	1.97	4.15	3.37	
<b>SCOMBRIDAE</b>										3
<i>Euthynnus lineatus</i>		0.64		0.02	0.09		0.19	0.04	0.09	
<i>Scomberomorus sierra</i>				0.02	0.11	0.12	0.04	0.05	0.05	
<i>Thunnus albacares</i>			0.69					0.19	0.12	
<b>PARALICHTHYIDAE</b>										1
<i>Citharichthys xanthostigma</i>		0.07					0.02		0.01	
<b>BALISTIDAE</b>										3
<i>Balistes polylepis*</i>	2.36	0.53	0.91	0.34	1.67	0.30	1.08	1.04	1.05	
<i>Sufflamen verres*</i>	0.03	0.28	0.28	0.05	0.49	0.12	0.14	0.29	0.24	
<i>Pseudobalistes naufragium</i>		0.14		0.02	0.04		0.04	0.02	0.03	
<b>OSTRACIIDAE</b>										1
<i>Ostracion meleagris</i>		0.04					0.01			
<b>TETRAODONTIDAE</b>										4
<i>Arothron meleagris</i>		0.14	0.02		0.03	0.12	0.08	0.02	0.04	
<i>Canthigaster punctatissima*</i>	0.15	0.67	0.41	0.49	0.06	0.24	0.34	0.29	0.31	
<i>Sphoeroides annulatus</i>			0.02		0.01			0.01	0.01	
<i>Sphoeroides lobatus</i>	0.03		0.02		0.01	0.03	0.02	0.01	0.02	
<b>DIODONTIDAE</b>										3
<i>Chilomicterus affinis</i>	0.03	0.88			0.50		0.28	0.20	0.23	
<i>Diodon hystrix</i>			0.04	0.02		0.03	0.01	0.02	0.02	
<i>Diodon holocanthus*</i>	0.95	1.13	0.89	0.14	0.19	1.51	1.21	0.36	0.66	

Temporada fría (Fría), temporada cálida (Cal), abundancia relativa (% total) y número de especies (# spp), especies presentes durante todo los meses muestreados (\*). Lista de nombres de familia, género y especie de acuerdo a Nelson (2006).

Cold season (Fría), warm season (Cal), total relative abundance (% total) and number of species (# spp), present species throughout the sampled months (\*). List of family, genus and species names according to Nelson (2006).

