

VARIACIONES TEMPORALES Y ESPACIALES EN LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE PECES DE ARRECIFES ROCOSOS DEL SUROESTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO

TEMPORAL AND SPATIAL VARIATIONS IN THE STRUCTURE OF THE ROCKY REEF FISH COMMUNITY OF THE SOUTHWEST GULF OF CALIFORNIA, MEXICO

Horacio Pérez-España
Felipe Galván-Magaña
Leonardo Andrés Abitia-Cárdenas

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN)
Apartado postal 592
La Paz, Baja California Sur, México

Recibido en junio de 1995; aceptado en abril de 1996

RESUMEN

En el Golfo de California existe una gran cantidad de arrecifes rocosos; sin embargo, son pocos los estudios sobre las comunidades de peces que los habitan. En el presente trabajo se evalúan estas comunidades mediante censos visuales en cuatro sitios de la costa suroeste del golfo. Se analizaron la riqueza específica, frecuencia de ocurrencia, equitatividad y diversidad en cada sitio, así como los cambios que se presentaron entre las estaciones del año y entre los sitios estudiados. Se registró un total de 76 especies; las cinco más abundantes fueron *Stegastes* spp., *Thalassoma lucasanum*, *Abudefduf troschelii*, *Chromis atrilobata* y *Haemulon maculicauda*, las cuales presentaron abundancias importantes en la mayoría de las zonas y durante la mayor parte del tiempo del estudio. Sólo las tres primeras especies estuvieron presentes en todos los censos realizados. La estructura de las comunidades presentó diferencias entre las estaciones y entre los sitios de estudio; sin embargo, el valor de diversidad no varió significativamente. La zona con un mayor número de especies fue Cueva de León. Se detectó una relación positiva entre la riqueza específica y la temperatura.

Palabras clave: arrecifes rocosos, peces, comunidad, diversidad, Golfo de California.

ABSTRACT

Many rocky reefs exist in the Gulf of California; however, there are few studies on the fish communities that inhabit them. In the present work, these communities are evaluated through visual censuses at four sites of the southwestern coast of the gulf. The specific richness, frequency, evenness and diversity were analyzed at each site. Seasonal changes and differences among the sites studied were also analyzed. A total of 76 species was registered. Five species were the most abundant in most of the zones and during the greater part of the study: *Stegastes* spp., *Thalassoma lucasanum*, *Abudefduf troschelii*, *Chromis atrilobata* and *Haemulon maculicauda*. Only the first three species were present in all censuses made. Differences were found in the structure of the communities between different seasons and between study sites; however, the diversity values had no significant differences. The zone with the greatest number of species was Cueva de León. A positive relationship was found between specific richness and temperature.

Key words: rocky reefs, fish, community, diversity, Gulf of California.

INTRODUCCIÓN

Los arrecifes son zonas con una alta riqueza de especies, lo cual crea una compleja trama de relaciones interespecíficas; sin embargo, la mayoría de los estudios realizados sobre la estructura de las comunidades han sido sobre arrecifes coralinos (e.g., Glynn *et al.*, 1972; Goldman y Talbot, 1976; Galzin, 1987a, b; Roberts y Ormond, 1987; Letourneur y Chabanet, 1994) y son pocos los estudios hechos en arrecifes rocosos (e.g., Burchmore *et al.*, 1985; Donaldson, 1995).

En el Golfo de California, solo el arrecife de Cabo Pulmo puede considerarse un arrecife coralino (Brusca y Thomson, 1975), siendo la mayor cantidad de arrecifes de tipo rocoso (Thomson *et al.*, 1987). Estos arrecifes rocosos son explotados por pescadores ribereños y, además, en la parte sur de Baja California Sur, también han sido explotados por los permisionarios de especies de ornato; sin embargo, son pocos los estudios existentes que evalúen la abundancia y diversidad de la comunidad íctica de estas zonas (e.g., Villarreal-Cabazos, 1988; Sánchez *et al.*, 1994).

En el presente estudio se calcularon los valores de abundancia relativa, diversidad, riqueza específica y equitatividad de la comunidad íctica en cuatro zonas de la costa suroeste del Golfo de California, haciendo comparaciones entre zonas y con trabajos realizados por otros autores.

ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio comprendió cuatro sitios de muestreo con arrecifes rocosos ubicados cerca de la ciudad de La Paz, Baja California Sur, México. Estos sitios se localizan entre los 24°02' y 24°33' latitud N y 109°49' y 110°24' longitud O (fig. 1).

La estación de muestreo denominada Cueva de León se localiza en el sur de la península de Baja California y es, de los cuatro sitios que se estudiaron, el menos protegido de la influencia del viento y las corrientes, ya que se ubica fuera de la Bahía de La Paz. Los otros tres sitios se encuentran ubicados en la Isla Espíritu Santo,

INTRODUCTION

Reefs are areas with high species richness, which creates a complex web of interspecific relationships. Most studies, however, deal with the structure of coral reef communities (e.g., Glynn *et al.*, 1972; Goldman and Talbot, 1976; Galzin, 1987a, b; Roberts and Ormond, 1987; Letourneur and Chabanet, 1994) and only a few studies deal with rocky reef communities (e.g., Burchmore *et al.*, 1985; Donaldson, 1995).

In the Gulf of California, only Cabo Pulmo can be considered a coral reef (Brusca and Thomson, 1975); most of the reefs are rocky (Thomson *et al.*, 1987). These rocky reefs are exploited by fishermen and, in the southern region of Baja California Sur, they have also been exploited by permit holders that catch ornamental species. However, there are few studies that evaluate the abundance and diversity of the ichthyic fauna of these areas (e.g., Villarreal-Cabazos, 1988; Sánchez *et al.*, 1994).

In the present study, the values of relative abundance, diversity, specific richness and evenness were calculated for the ichthyic community of four areas of the southwest coast of the Gulf of California. Comparisons are made between the areas and with studies conducted by other authors.

STUDY AREA

The study area comprised four sampling sites with rocky reefs, located close to the city of La Paz, Baja California Sur, Mexico, between 24°02' and 24°33'N and 109°49' and 110°24'W (fig. 1).

The sampling station called Cueva de León is located in the southern region of the Baja California Peninsula and is, of the four stations studied, the least protected from the wind and waves, since it is located outside of Bahía de La Paz. The other three stations are located at Isla Espíritu Santo, inside Bahía de La Paz, and are, therefore, more protected.

These sites, except for Ensenada Grande, have a gentle slope with substrate formed by large rocks and a few areas covered, mainly, by heads of the coral *Pocillopora elegans*.

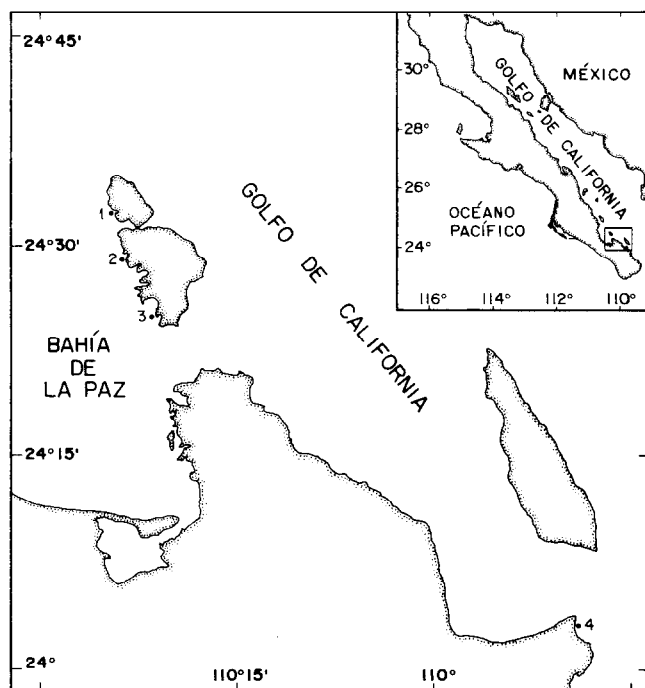


Figura 1. Localización de los sitios de estudio.

Figure 1. Location of the study sites.

1 = Ensenada Grande, 2 = Candelerero, 3 = San Gabriel, 4 = Cueva de León.

hacia el interior de la Bahía de La Paz, lo cual les proporciona mayor protección.

Estos sitios, con excepción de Ensenada Grande, presentan una pendiente suave con sustrato formado por rocas grandes y escasas áreas cubiertas con cabezas del coral *Pocillopora elegans*, principalmente.

METODOLOGÍA

Se realizaron censos visuales mensualmente de junio de 1992 a junio de 1993, los cuales se efectuaron mediante buceo libre. Se contaron los peces avistados en transectos paralelos a la línea de costa, cuyas longitudes fueron de 100, 117 y 136 m, con una amplitud aproximada de 4 m. Las longitudes de los transectos fueron fijas para cada zona. Los sitios de estudio fueron ubicados cerca de la línea de costa (menos de 10 m), a profundidades entre 3 y 5 m. Todos

METHODS

Visual censuses were made monthly from June 1992 to June 1993, skin diving. The fish sighted in transects parallel to the coastline were counted. The lengths of the transects, which were the same for each station, were 100, 117 and 136 m, with an approximate width of 4 m. The study sites were located close to the coastline (less than 10 m), at depths between 3 and 5 m. All the censuses were conducted by the same diver in order to minimize errors at the moment of identification. When it was not possible to identify to species level, the lowest taxonomic level was recorded. The notations were made on acrylic slates. The duration of the censuses was similar at each site in order to maintain a constant velocity. The censuses were conducted between 10:00 and 16:00 hours, when light is best. The same time frame was

los censos fueron realizados por un mismo buzo con el fin de disminuir el error que pudiera existir al momento de la identificación. En aquellos casos que no fue posible la identificación a nivel de especie, se dejó en el nivel taxonómico más bajo posible. Las anotaciones se realizaron sobre tablas de acrílico. El tiempo de censado fue similar en cada sitio con el fin de mantener una velocidad constante. Los censos se hicieron entre las 10:00 y 16:00 horas, cuando la iluminación es mejor. La hora de censado fue similar para cada sitio; así, en Cueva de León los censos fueron realizados siempre entre las 10:00 y las 12:00, en San Gabriel entre las 12:00 y 14:00, en El Candelero entre las 13:00 y 15:00 y en Ensenada Grande, el último sitio censado, los censos se realizaron entre las 14:00 y 16:00 horas. Según Hobson (1965), Helfman (1986) y Ebeling y Hixon (1991), los cambios en la estructura de las comunidades de peces de arrecife ocurren en los crepúsculos, por lo que suponemos que en las horas en que se realizaron los muestreos, la comunidad no sufrió cambios. Mensualmente se tomó la temperatura superficial en los sitios de muestreo, con un termómetro de 1°C de precisión.

Se calculó la abundancia relativa para cada especie por estación del año mediante la expresión:

$$\%N_i = \frac{N_i}{N_T}$$

donde N_i es el número de individuos de la especie i y N_T es el número total de individuos en la zona.

Mediante este índice, se evidenció la importancia numérica de cada especie y los cambios que presentó la comunidad de peces a través de las diferentes estaciones del año. Fue calculada también la frecuencia relativa (F) de cada especie en los sitios de muestreo.

Para observar los cambios en el número de especies presentes en las estaciones del año en cada zona, se calculó el valor de riqueza específica (D) propuesto por Margalef (1969). Mediante una prueba t de Student se compararon los valores obtenidos durante las estaciones cálidas (verano y otoño) con aquellos obtenidos

used for each site: at Cueva de León the censuses were conducted between 10:00 and 12:00, at San Gabriel from 12:00 to 14:00, at El Candelero between 13:00 and 15:00 and at Ensenada Grande, the last site, between 14:00 and 16:00. According to Hobson (1965), Helfman (1986) and Ebeling and Hixon (1991), changes in the structure of reef fish communities occur at dusk. We can, therefore, assume that the community did not undergo changes during the hours when we conducted the samplings. Surface temperature was recorded monthly at the sampling sites with a 1°C precision thermometer.

The relative abundance of each species was calculated per season using the equation:

$$\%N_i = \frac{N_i}{N_T}$$

where N_i is the number of individuals of species i and N_T is the total number of individuals in the region.

This index showed the numerical importance of each species and the changes undergone by the fish community during the different seasons. The relative frequency (F) of each species at the sampling sites was also calculated.

In order to observe changes in the number of species present in each area during each season, the specific richness (D) proposed by Margalef (1969) was calculated. Student's t -test was used to compare the values obtained during the hot seasons (summer and autumn) with those obtained during the cold seasons (winter and spring).

The Shannon-Weaver index (H') was used to calculate diversity; n_i is the number of individuals of species i , and N the total number of individuals.

$$H' = \sum_{i=1}^n \left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

This index provides better information about the community, since it takes into account the number of species as well as the abundance of each one. Since the H' value

durante las estaciones frías (invierno y primavera).

Para el cálculo de la diversidad, se empleó el índice de Shannon-Weaver (H'); n_i es el número de individuos de la especie i y N el número total de individuos.

$$H' = \sum_{i=1}^n \left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

Este índice proporciona una mejor información sobre la comunidad al considerar tanto el número de especies como la abundancia de cada una de éstas. Puesto que el valor de H' depende tanto de la riqueza de especies como de la equitatividad, fueron obtenidos también estos últimos valores.

La equitatividad (E) se calculó a partir del índice de diversidad de Shannon-Weaver; S es el número de especies.

$$E = \frac{H'}{H'_{\max}} \quad \text{y} \quad H'_{\max} = \ln(S)$$

Este índice toma valores entre 0 y 1; a mayor equitatividad se obtendrá un valor más cercano a cero.

De acuerdo con Magurran (1988), la distribución de H' es normal. Mediante una prueba χ^2 encontramos que efectivamente nuestros valores presentaron una distribución normal ($\chi^2 = 3.085$, 3 grados de libertad (g.l.), $P > 0.5$). Con base en esto, a los valores mensuales de H' se les aplicó un análisis de varianza de dos vías, modelo II, para comparar el efecto de las estaciones del año y de las zonas de muestreo. Finalmente, mediante la prueba no paramétrica de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov (K-S), se hicieron comparaciones entre las abundancias de las especies en las zonas muestreadas. Se utilizó la fórmula de K-S para datos discretos como lo recomienda Zar (1974). Para evitar sesgos debido al número de individuos, se estandarizaron los datos dividiendo la abundancia de cada especie entre el número total de individuos en la zona.

RESULTADOS

Se observaron un total de 46,894 individuos, pertenecientes a 75 especies, 57 géneros

depende on species richness and evenness, these values were also calculated.

Evenness (E) was calculated with the Shannon-Weaver diversity index; S is the number of species.

$$E = \frac{H'}{H'_{\max}} \quad \text{and} \quad H'_{\max} = \ln(S)$$

This index uses values between 0 and 1; the greater the evenness, the closer the value obtained will be to zero.

According to Magurran (1988), the H' distribution is normal. Using a χ^2 test, we found that our results also presented a normal distribution ($\chi^2 = 3.085$, 3 degrees of freedom (d.f.), $P > 0.5$). Based on this, a model II, two-way analysis of variance was applied to the monthly H' values in order to compare the effect of the seasons and of the sampling areas. Lastly, comparisons were made between the abundances of species in the sampling areas using the Kolmogorov-Smirnov (K-S) nonparametric goodness-of-fit test. The K-S formula was used for discrete data as recommended by Zar (1974). In order to avoid biases due to the number of individuals, the data were standardized by dividing the abundance of each species by the total number of individuals in the area.

RESULTS

A total of 46,894 individuals was observed, belonging to 75 species, 57 genera and 30 families (table 1). The most abundant species were: *Stegastes* spp. (26.10%), *Thalassoma lucasanum* (17.19%), *Abudefduf troschelii* (13.21%), *Chromis atrilobata* (10.45%) and *Canthigaster punctatissima* (5.21%). The predominant species at San Gabriel was *Haemulon maculicauda* (30.96%), representing 7.74% of the total of the four areas (fig. 2). *Stegastes* spp. were the most abundant at Ensenada Grande and Candelero, and *T. lucasanum* and *H. maculicauda* were the most abundant at Cueva de León and San Gabriel, respectively.

The analysis of the most abundant species per season in each area shows a clear predominance of *Stegastes* spp., *T. lucasanum* and *A. troschelii*. *Canthigaster punctatissima*

Tabla 1. Abundancia relativa porcentual de las familias y especies avistadas en cada zona durante el periodo de estudio. CL = Cueva de León, EG = Ensenada Grande, C = Candelero y SG = San Gabriel.

Table 1. Percent relative abundance of the families and species sighted in each area during the study period. CL = Cueva de León, EG = Ensenada Grande, C = Candelero and SG = San Gabriel.

Especies	CL	EG	C	SG	Total
Squatinae					0.004
<i>Squatina californica</i> Ayres, 1859		0.018			0.004
Elopidae					0.011
<i>Elops affinis</i> Regan, 1909		0.044			0.011
Muraenidae					0.017
<i>Echidna zebra</i> (Shaw, 1797)	0.015				0.004
<i>Gymnothorax castaneus</i> Jordan y Gilbert, 1882		0.018		0.008	0.006
<i>Muraena lentiginosa</i> Jenyns, 1842	0.008		0.021		0.007
Hemiramphidae					2.467
<i>Hyporhamphus</i> spp.			9.869		2.467
Holocentridae					0.816
<i>Sargocentron suborbitalis</i> Gill, 1864	0.811	0.194	0.280	1.412	0.674
<i>Myripristis leiognathos</i> Valenciennes, 1846	0.533	0.018	0.010	0.008	0.142
Fistulariidae					0.523
<i>Fistularia commersonii</i> Rüppell, 1835	0.440	0.361	0.873	0.417	0.523
Scorpaenidae					0.003
<i>Scorpaena mystes</i> Jordan y Starks, 1895			0.010		0.003
Serranidae					0.503
<i>Alphestes immaculatus</i> Breder, 1936		0.009	0.052	0.046	0.027
<i>Cephalopholis panamensis</i> (Steindachner, 1876)	0.023	0.564	0.156	0.162	0.226
<i>Epinephelus labriformis</i> (Jenyns, 1843)	0.015	0.167	0.135	0.008	0.081
<i>Mycteroperca rosacea</i> (Streets, 1877)	0.008	0.114	0.093	0.039	0.064
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i> (Steindachner, 1868)		0.009			0.002
<i>Paranthias colonus</i> (Valenciennes, 1855)	0.015	0.396			0.103
Carangidae					0.039
<i>Trachinotus rhodopus</i> (Gill, 1863)	0.116				0.029
<i>Caranx caballus</i> Günther, 1869	0.039				0.010
Priacanthidae					0.006
<i>Priacanthus cruentatus</i> (Lacepede, 1802)	0.023				0.006
Apogonidae					0.003
<i>Apogon retrosella</i> (Gill, 1863)			0.010		0.003

Tabla 1 (Cont.)

Especies	CL	EG	C	SG	Total
Lutjanidae					1.714
<i>Hoplopagrus guentheri</i> Gill, 1862		0.211	0.156	0.154	0.130
<i>Lutjanus aratus</i> (Günther, 1864)		0.009		0.039	0.012
<i>Lutjanus argentiventris</i> (Peters, 1869)	0.008	1.453	0.925	2.932	1.329
<i>Lutjanus novemfasciatus</i> Gill, 1863	0.039	0.255	0.177	0.023	0.123
<i>Lutjanus viridis</i> (Valenciennes, 1855)	0.432	0.044			0.119
Haemulidae					8.413
<i>Anisotremus interruptus</i> (Gill, 1863)		0.009			0.002
<i>Haemulon maculicauda</i> Gill, 1863				30.959	7.740
<i>Haemulon sexfasciatum</i> Gill, 1863	0.015	0.097	0.862	0.046	0.255
<i>Microlepidotus inornatus</i> Gill, 1863	1.081		0.010	0.571	0.416
Sparidae					0.020
<i>Calamus brachysomus</i> (Lockington, 1880)		0.035	0.021	0.023	0.020
Mullidae					1.852
<i>Mulloidichthys dentatus</i> (Gill, 1863)	0.888	1.576	2.608	2.338	1.852
Kyphosidae					0.564
<i>Kyphosus analogus</i> (Gill, 1863)	0.587	0.493	0.904	0.17	0.538
<i>Girella simplicidens</i> Osburn y Nichols, 1916		0.018	0.083		0.025
Chaetodontidae					0.251
<i>Chaetodon falcifer</i> Hubbs y Reaenitzer, 1958	0.008				0.002
<i>Chaetodon humeralis</i> Günther, 1860	0.015	0.070	0.031		0.029
<i>Forcipiger flavissimus</i> Jordan y McGregor, 1898	0.054				0.014
<i>Johnrandallia nigrirostris</i> (Nalbant, 1974)	0.394	0.238	0.177	0.015	0.206
Pomacanthidae					0.733
<i>Holacanthus passer</i> Valenciennes, 1846	0.757	0.511	0.696	0.841	0.701
<i>Pomacanthus zonipectus</i> (Gill, 1863)	0.008	0.018	0.093	0.008	0.032
Pomacentridae					51.845
<i>Stegastes</i> spp.	15.594	29.297	34.739	24.794	26.106
<i>Abudefduf troschelii</i> (Gill, 1863)	5.527	23.212	16.632	7.477	13.212
<i>Microspathodon bairdii</i> (Gill, 1863)	0.301		0.083	0.069	0.113
<i>Microspathodon dorsalis</i> (Gill, 1863)	4.331	0.159	0.519	2.786	1.949
<i>Nexilarius concolor</i> (Gill, 1863)	0.069				0.017
<i>Chromis atrilobata</i> Gill, 1863	15.818	19.303	5.142	1.528	10.448
Mugilidae					0.170
<i>Mugil</i> spp.				0.679	0.170
Sphyraenidae					0.014
<i>Sphyraena lucasana</i> Gill, 1863	0.023			0.031	0.014

Tabla 1 (Cont.)

Especies	CL	EG	C	SG	Total
Cirrhitidae					0.808
<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i> (Bleeker, 1855)	2.802	0.053	0.249	0.069	0.793
<i>Cirrhitus rivulatus</i> Valenciennes, 1855	0.031	0.018	0.010		0.015
Labridae					18.896
<i>Bodianus diplotaenia</i> (Gill, 1863)	0.795	1.796	1.797	0.749	1.284
<i>Halichoeres chierchiaie</i> Caporiacco, 1947	0.178	0.044		0.147	0.092
<i>Halichoeres nicholsi</i> (Jordan y Gilbert, 1881)	0.069	0.194	0.104	0.077	0.111
<i>Halichoeres semicinctus</i> (Ayres, 1859)			0.010		0.003
<i>Hemipteronotus taeniourus</i> (Lacepede, 1802)	0.008				0.002
<i>Thalassoma lucasanum</i> (Gill, 1863)	31.241	10.277	13.827	13.40	17.187
<i>Thalassoma lutescens</i> (Lay y Bennett, 1839)	0.618	0.009	0.031	0.208	0.216
Scaridae					1.583
<i>Scarus</i> spp.				0.062	0.015
<i>Scarus compressus</i> (Osburn y Nichols, 1916)	0.062	0.026	0.073		0.040
<i>Scarus ghobban</i> Forskal, 1775	0.124	0.467	1.413	0.370	0.593
<i>Scarus perrico</i> Jordan y Gilbert, 1882	0.062	0.907	0.582	0.509	0.515
<i>Scarus rubroviolaceus</i> Bleeker, 1849	0.695	0.616	0.280	0.062	0.413
<i>Nicholsina denticulata</i> (Evermann y Radcliffe, 1917)			0.021		0.005
Blenniidae					1.362
<i>Ophioblennius steindachneri</i> Jordan y Evermann 1898	5.157	0.114	0.114	0.062	1.362
Acanthuridae					1.580
<i>Acanthurus glaucopareius</i> Cuvier, 1829	0.015				0.004
<i>Acanthurus triostegus</i> (Linnaeus, 1758)	0.008				0.002
<i>Acanthurus xanthopterus</i> Valenciennes, 1835	0.008	0.035	0.312	0.386	0.185
<i>Prionurus punctatus</i> Gill, 1862	4.362	0.528	0.343	0.108	1.335
<i>Zanclus cornutus</i> (Linnaeus, 1758)	0.185		0.031		0.054
Balistidae					0.314
<i>Balistes polylepis</i> Steindachner, 1876	0.085	0.299	0.291	0.147	0.205
<i>Sufflamen verres</i> (Gilbert y Starks, 1904)	0.015	0.396	0.021		0.108
Ostraciidae					0.002
<i>Ostracion meleagris</i> Shaw, 1796	0.008				0.002
Tetraodontidae					5.385
<i>Arothron meleagris</i> (Bloch y Schneider, 1801)	0.695	0.009	0.010		0.178
<i>Canthigaster punctatissima</i> (Günther, 1870)	4.686	5.143	4.955	6.042	5.206
Diodontidae					0.105
<i>Diodon holocanthus</i> Linnaeus, 1758	0.100	0.132	0.156	0.015	0.101
<i>Diodon hystrix</i> Linnaeus, 1758		0.018			0.004
Total	100%	100%	100%	100%	

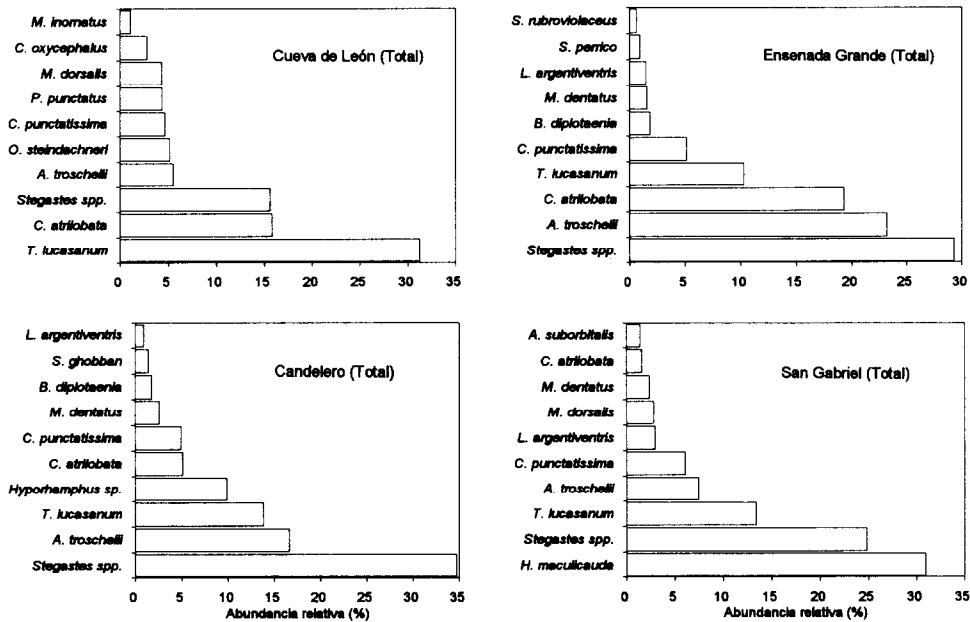


Figura 2. Abundancias relativas totales de las principales especies en cada sitio de estudio.
Figure 2. Total relative abundances of the main species at each site.

y 30 familias (tabla 1). Las especies más abundantes fueron: *Stegastes spp.* (26.10%), *Thalassoma lucasanum* (17.19%), *Abudefduf troscheli* (13.21%), *Chromis atrilobata* (10.45%), *Canthigaster punctatissima* (5.21%). En la localidad de San Gabriel, destaca *Haemulon maculicauda* (30.96%), representando el 7.74% del total de las cuatro zonas (fig. 2). Se observó que *Stegastes spp.* fueron las más abundantes en la zona de Ensenada Grande y Candelero; en tanto, *T. lucasanum* y *H. maculicauda* lo fueron en Cueva de León y San Gabriel, respectivamente.

Al analizar las especies más abundantes por estación climática en cada zona, se observa, en general, un claro predominio de especies como *Stegastes spp.*, *T. lucasanum* y *A. troscheli*. Por su parte, *C. punctatissima* mantuvo una abundancia elevada, especialmente durante el verano en las cuatro zonas, aunque sin llegar a ser la más abundante; *C. atrilobata* también tuvo abundancias importantes, pero éstas no

maintained a high abundance, especially during the summer, in the four areas, but it was not the most abundant; *C. atrilobata* was also abundant, but it did not show seasonality. *Hyporhamphus sp.* was very abundant only at Candelero during the cold months (fig. 3).

In the analysis per families, the pomacentroids had the highest percentage, with 51.85% of the total number of individuals recorded.

Table 2 shows that the three most abundant species (*Stegastes spp.*, *T. lucasanum* and *A. troscheli*) were present in every census at the four sites. Some species were not very abundant but did present a very high frequency in all the areas, such as *Bodianus diptoaenia*, *C. punctatissima*, *Fistularia commersonii* and *Holacanthus passer*.

Figure 4 shows that the greatest values of specific richness were obtained during the summer and autumn, the hot seasons ($t = 2.602$, 14 d.f., $0.02 < P < 0.05$). Cueva de León presented the greatest changes between seasons.

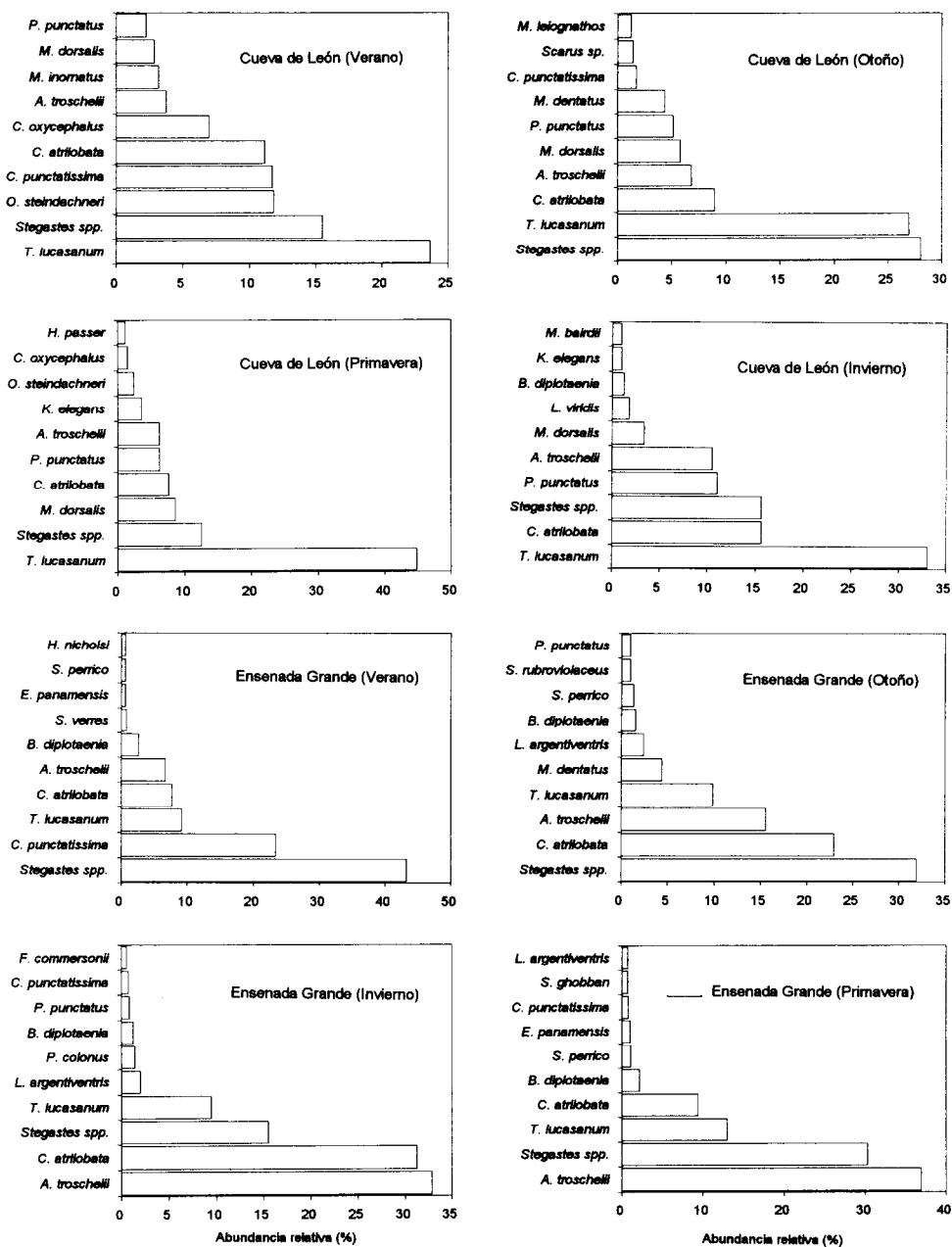


Figura 3. Abundancias relativas estacionales de las principales especies en los sitios de estudio: Cueva de León, Ensenada Grande, Candelero y San Gabriel.

Figure 3. Seasonal relative abundances of the main species at the study sites: Cueva de León, Ensenada Grande, Candelero y San Gabriel.

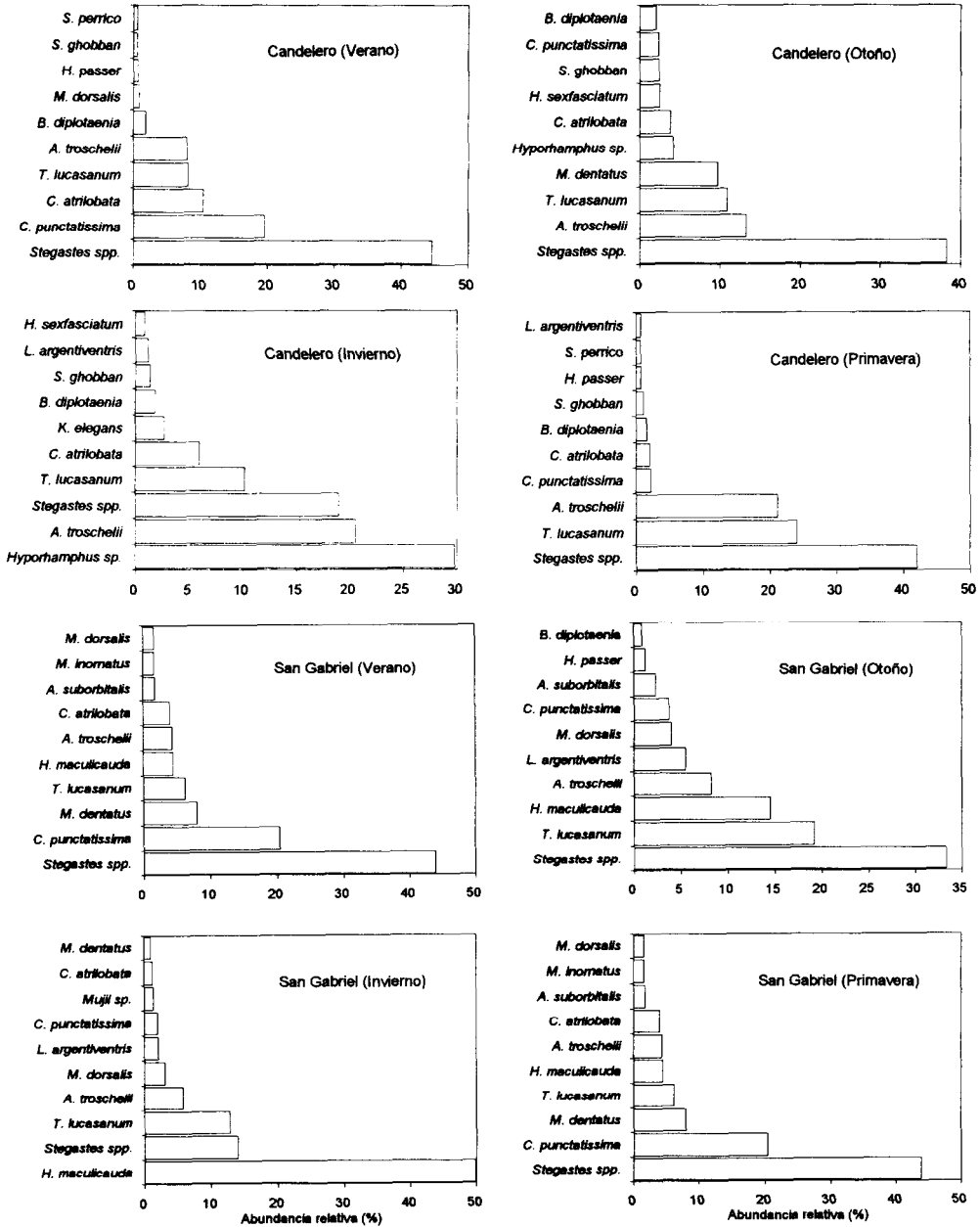


Fig. 3 (Cont.)

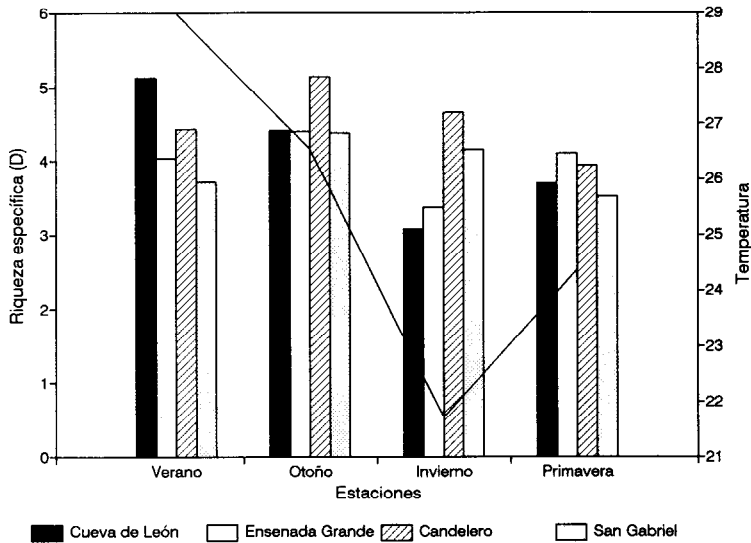


Figura 4. Valor de la riqueza específica para cada sitio en las cuatro estaciones del año; se muestra también la relación que mantienen con la temperatura.

Figure 4. Values of specific richness for each site during the four seasons; their relationship with temperature is also shown

mostraron una estacionalidad. *Hyporhamphus* sp. fue muy abundante sólo en la zona de Candelero y durante los meses fríos (fig. 3).

En el análisis por familias, los pomacéntricos tuvieron el porcentaje más alto, con 51.85% del total de individuos registrados.

En la tabla 2 se observa que las tres especies más abundantes (*Stegastes* spp., *T. lucasanum* y *A. troschelii*) estuvieron presentes en todos los censos de todas las zonas. Hubo también especies que sin ser muy abundantes, presentaron una frecuencia muy elevada en todas las zonas; tal es el caso de *Bodianus diplotaenia*, *C. punctatissima*, *Fistularia commersonii* y *Holacanthus passer*.

En la fig. 4, se observa que los mayores valores de riqueza específica se obtuvieron durante el verano y el otoño, las estaciones cálidas ($t = 2.602$, 14 g.l., $0.02 < P < 0.05$), siendo Cueva de León el sitio que presentó los mayores cambios entre las estaciones. El número de organismos avistados en cada zona y el número

The number of organisms observed at each site and the number of species they had in common are shown in table 3.

Regarding the diversity values (H'), fig. 5 shows that maximum values of the sampling sites were recorded in autumn, except at Cueva de León, where they occurred in summer; both seasons had high temperatures. Regarding evenness (E), Cueva de León had the highest values, occurring during summer and autumn (fig. 6). The results of the analysis of variance show that the differences observed in the H' values between seasons at the sampling sites were not statistically significant ($F_{\text{temporal}} = 2.794$ (3, 27 d.f.), $P > 0.06$; $F_{\text{spatial}} = 0.235$ (3, 27 d.f.), $P > 0.25$; $F_{\text{interaction}} = 0.495$ (9, 27 d.f.), $P > 0.25$). The results of the K-S test are shown in table 4. The hypothesis that the areas compared have an equal distribution is rejected. The species that presented the greatest differences in abundance between areas were also identified with the K-S test.

Tabla 2. Frecuencias anuales de las especies más abundantes en las respectivas zonas de muestreo. Valores dados en porcentajes.

Table 2. Annual frequencies of the most abundant species in the respective sampling areas. Values are given in percentages.

Especies	Cueva de León	Ensenada Grande	Candelero	San Gabriel
<i>Thalassoma lucasanum</i>	100	100	100	100
<i>Stegastes</i> sp.	100	100	100	100
<i>Abudefduf troschelii</i>	100	100	100	100
<i>Canthigaster punctatissima</i>	100	100	91	100
<i>Chromis atrilobata</i>	100	100	73	55
<i>Scarus rubroviolaceus</i>	100	100	64	45
<i>Fistularia commersonii</i>	100	82	91	91
<i>Prionurus punctatus</i>	100	55	64	45
<i>Microspathodon dorsalis</i>	100	27	73	100
<i>Ophioblennius steindachneri</i>	100	18	45	45
<i>Thalassoma lutescens</i>	100	9	27	91
<i>Arothron meleagris</i>	100	9	9	0
<i>Holacanthus passer</i>	90	100	100	100
<i>Bodianus diplotaenia</i>	90	100	100	100
<i>Heniochus nigrirostris</i>	90	82	73	9
<i>Microspathodon bairdii</i>	80	0	55	55
<i>Zanclus canescens</i>	80	0	27	0
<i>Kyphosus elegans</i>	70	82	64	55
<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i>	70	9	45	27
<i>Diodon holocanthus</i>	60	82	45	9
<i>Scarus ghobban</i>	60	64	82	55
<i>Adioryx suborbitalis</i>	60	55	64	100
<i>Halichoeres chierchiae</i>	60	18	0	82
<i>Scarus perrico</i>	40	82	91	73
<i>Balistes polylepis</i>	40	73	82	64
<i>Epinephelus panamensis</i>	30	91	91	82
<i>Sufflamen verres</i>	20	91	18	0
<i>Epinephelus labriformis</i>	20	82	55	9
<i>Lutjanus argentiventris</i>	10	91	91	91
<i>Acanthurus xanthopterus</i>	10	36	73	100
<i>Hoplopagrus guentheri</i>	0	82	45	64
<i>Haemulon maculicauda</i>	0	0	0	82

Tabla 3. Número de organismos y especies registrados en cada zona y número de especies en común entre las zonas estudiadas.

Table 3. Number of organisms and species recorded at each site and number of species in common at the areas studied.

Zonas	No. de organismos	Matriz del número de especies que tienen en común las zonas estudiadas			
		Cueva de León	Ensenada Grande	Candelero	San Gabriel
Cueva de León	12,954	56	40	41	36
Ensenada Grande	11,356		51	41	37
Candelero	9,626			50	37
San Gabriel	12,958				44

de especies que tuvieron en común las zonas se muestran en la tabla 3.

Con respecto a los valores de diversidad (H'), en la fig. 5 se observa que con excepción de Cueva de León, cuyos máximos valores fueron obtenidos durante el verano, los otros sitios de muestreo registraron sus máximos valores durante el otoño; ambas estaciones presentaron temperaturas altas. Por otro lado, con respecto a la equitatividad (E), Cueva de León fue la zona que presentó los mayores valores, los cuales se registraron durante el verano y el otoño (fig. 6). Del análisis de varianza aplicado, se obtuvo que las diferencias observadas en los valores de H' entre las estaciones del año en las zonas de muestreo, no fueron estadísticamente significativas ($F_{\text{temporal}} = 2.794$ (3, 27 g.l.), $P > 0.06$; $F_{\text{espacial}} = 0.235$ (3, 27 g.l.), $P > 0.25$; $F_{\text{interacción}} = 0.495$ (9, 27 g.l.), $P > 0.25$). En la tabla 4 se muestran los resultados de la prueba de K-S, en los que se rechaza la hipótesis de que las zonas comparadas tengan una distribución igual. La prueba K-S, además, permitió identificar cuáles fueron las especies que presentaron la mayor diferencia de abundancias entre las zonas.

DISCUSIÓN

Aun cuando se ha demostrado que los censos visuales pueden presentar un sesgo al estimar el número de organismos (Brock, 1982; Sanderson y Colonsky, 1986; Smith, 1988;

DISCUSSION

Even though it has been shown that visual censuses can produce biases when estimating the number of organisms (Brock, 1982; Sanderson and Colonsky, 1986; Smith, 1988; Greene and Alevizon, 1989), they are a precise method for estimating the number of species. They also permit the study of temporal changes without extracting organisms and, thus, the community is not affected. Furthermore, if relative abundances are used and the results compared to others obtained in the same manner (as in this case), we can consider that the results obtained are representative of the community.

The marine fauna of the mouth of the Gulf of California is considered to be of the transition zone between the Panamic and Gulf provinces (Briggs, 1974), which is why the presence of tropical and temperate species is common; however, species of temperate climates were scarce in this study. Most of the species recorded are distributed from the midsection of the Gulf of California to Panama or Ecuador (Thomson *et al.*, 1987) and can, therefore, be considered tropical, although with a great tolerance to changes in temperature.

On comparing the results of this study to others conducted in the same area (table 5), it is observed that Abitia-Cárdenas *et al.* (1994) recorded a greater number of species. This is because they took into account the species they

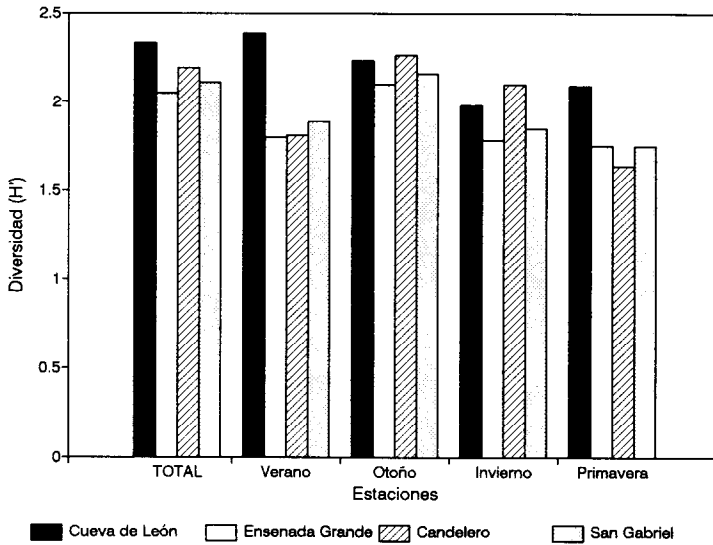


Figura 5. Valores de diversidad de Shannon-Weaver en los sitios de estudio; se muestran los valores totales y estacionales.

Figure 5. Shannon-Weaver diversity values for the study sites; total and seasonal values are shown.

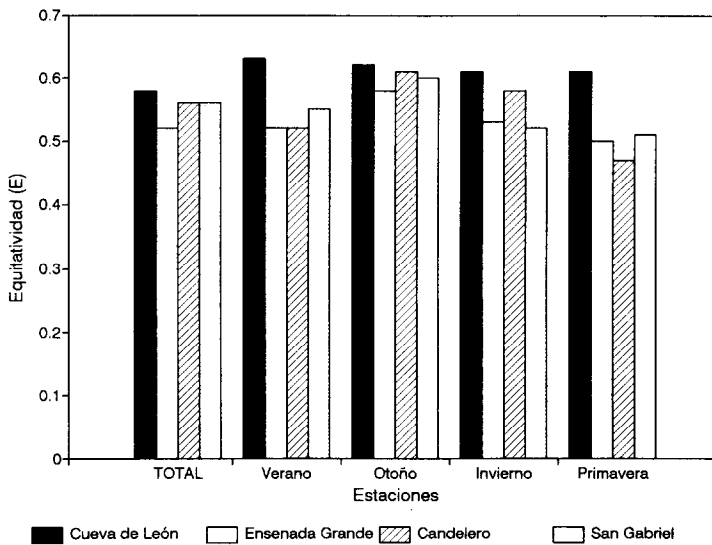


Figura 6. Valores de equitatividad (E) en los sitios de estudio; se muestran los valores totales y estacionales.

Figure 6. Evenness (E) values for the study sites; total and seasonal values are shown.

Tabla 4. Resultados de la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov para comparar las abundancias entre las zonas muestreadas. Cueva de León (CL), Ensenada Grande (EG), Candelero (C) y San Gabriel (SG).

Table 4. Results of the Kolmogorov-Smirnov goodness-of-fit test to compare the abundances between the study sites. Cueva de León (CL), Ensenada Grande (EG), Candelero (C) and San Gabriel (SG).

Zonas	Kolmogorov-Smirnov (D)	P	Especies con mayor diferencia entre zonas
CL-EG	0.0959	$P < 0.001$	<i>Thalassoma lucasanum</i>
CL-C	0.1106	$P < 0.001$	<i>Thalassoma lucasanum</i>
CL-SG	0.3374	$P < 0.001$	<i>Haemulon maculicauda</i>
EG-C	0.1530	$P < 0.001$	<i>Chromis atrilobata</i>
EG-SG	0.3801	$P < 0.001$	<i>Haemulon maculicauda</i>
C-SG	0.3170	$P < 0.001$	<i>Haemulon maculicauda</i>

Tabla 5. Número de especies registradas por otros autores en Bahía de La Paz. Se muestran también los resultados de trabajos hechos en arrecifes del Golfo de California. † Estudio realizado en zonas arenosas; * estudio realizado en zonas rocosas.

Table 5. Number of species recorded by other authors at Bahía de La Paz. The results of studies on reefs of the Gulf of California are also shown. † Study conducted in sandy areas; * study conducted in rocky areas.

Autor	No. de especies	Metodología	Área estudiada
Castro-Aguirre <i>et al.</i> (1994a)	135	Redes estacionarias	Bahía de La Paz†
Castro-Aguirre <i>et al.</i> (1994b)	104	Redes estacionarias	Bahía de La Paz†
Sánchez <i>et al.</i> (1994)	101	Censos visuales	Isla Espíritu Santo*
Abitia-Cárdenas <i>et al.</i> (1994)	390	Varios	Bahía de La Paz†*
Villarreal-Cabazos (1988)	110	Censos visuales	Cabo Pulmo*
Bermúdez y García (1985)	89	Varios	Bahía de La Paz*
Thomson <i>et al.</i> (1987)	271	Varios	Golfo de California*

Greene y Alevizon, 1989), son un método preciso al estimar el número de especies y permiten estudiar los cambios temporales ya que no es necesario extraer organismos, por lo que no se afecta a la comunidad. Por otro lado, si se trabaja con abundancias relativas y si los resultados se comparan con otros obtenidos de la misma manera (como en este caso), podemos considerar que los resultados obtenidos son representativos de la comunidad.

La fauna marina de la boca del Golfo de California es considerada como de una zona

caught and those recorded by other researchers, as well as species from rocky and sandy environments. Bermúdez and García (1985) and Sánchez *et al.* (1994) focused on the ichthyofauna of rocky areas of Bahía de La Paz and also recorded a greater number of species. This can be explained by differences in the sampling sites and intensity, as well as in the depth and distance from the shore where they were sampled.

A notable trait of the abundant species was their size. There was a clear predominance of

de transición entre la Provincia Panámica y la Provincia del Golfo (Briggs, 1974), razón por la cual la presencia de especies de afinidad tropical y templada puede ser común; sin embargo, en el presente estudio las especies de climas templados fueron escasas. La mayoría de las especies registradas se distribuyen desde la parte media del Golfo de California hasta Panamá o Ecuador (Thomson *et al.*, 1987), por lo que pueden ser consideradas como tropicales, aunque con una gran tolerancia a cambios de temperatura.

Al comparar los resultados del estudio con otros realizados en la misma zona (tabla 5), se observa que Abitia-Cárdenas *et al.* (1994) registraron un mayor número de especies, ya que consideran tanto las especies capturadas por ellos como aquellas que han sido registradas por otros investigadores, y tanto especies de ambientes rocosos como de ambientes arenosos. Bermúdez y García (1985) y Sánchez *et al.* (1994), quienes se enfocaron en la ictiofauna de las áreas rocosas de Bahía de La Paz, registraron también un mayor número de especies, lo cual puede explicarse debido a las diferencias en las áreas de muestreo y a la intensidad del mismo, así como a la profundidad y distancia de la costa en la cual fueron realizados.

Algo notorio respecto a las especies más abundantes fue su tamaño; en general, se observa una clara dominancia de especies de tallas pequeñas (longitud patrón media menor a 10 cm), con excepción de San Gabriel, en donde se observaron concentraciones altas de *H. maculicauda* (longitud patrón media de 20 cm). Esta especie es un depredador gregario nocturno de zonas arenosas que durante el día se encuentra en zonas rocosas (Hobson, 1968). Probablemente San Gabriel sea una zona de descanso que les proporciona refugio en las rocas y está ubicada cerca de una zona arenosa de baja pendiente, la cual les permitiría alimentarse durante la noche. *Haemulon maculicauda* fue más abundante en las estaciones frías (fig. 3). El resto de las especies dominantes en todas las zonas fueron de talla pequeña, con hábitos territorialistas o gregarios.

Stegastes spp., las especies territorialistas más numerosas, no mostraron una variación espacial muy marcada ya que fueron abundantes

small-sized species (mean standard length less than 10 cm), except at San Gabriel, where high concentrations of *H. maculicauda* (mean standard length of 20 cm) were observed. This species is a gregarious nocturnal predator of sandy areas that occupies rocky areas during the day (Hobson, 1968). San Gabriel is probably a rest area that provides them with refuge among the rocks and, since it is located close to a sandy area with a gentle slope, they are able to feed during the night. *Haemulon maculicauda* was more abundant during the cold seasons (fig. 3). The rest of the dominant species of the four areas were of a small size, with territorial or gregarious habits.

Stegastes spp., the most numerous species, did not show a very marked spatial variation since they were abundant at the four sampling sites. Regarding temporal variations, an increase in their number was observed during the summer and autumn, possibly due to their reproductive period that occurs in late spring and throughout the summer (Thomson *et al.*, 1987). The territorial behavior of these species increases during their reproductive period, making them more aggressive towards intruders, even of a larger size, and more conspicuous to the diver. This behavior might have caused an overestimation; however, we feel that it is not very large, since most of the species, even if they were not aggressive, did not fear the divers.

Thalassoma lucasanum was the most abundant species at Cueva de León and presented important abundances in the other areas. It maintained a constant temporal abundance throughout the year, between first and fourth place in order of importance, but it did not show a clear pattern, even though its predominance at Cueva de León was notable during the cold months. This does not coincide with that found by Thomson *et al.* (1987), who found a decrease in the activity of this warm-water species during the winter, making it less visible.

Abudefduf troschelii, the third most numerous species, presented spatial variations. It was the most abundant at Ensenada Grande, where it was also the most numerous species during the winter and spring (cold seasons). Except at Ensenada Grande, the temporal changes

en los cuatro sitios de muestreo. Respecto a las variaciones temporales, se observó un incremento en su número durante el verano y otoño, lo cual puede ser debido a que su reproducción se realiza durante la última parte de la primavera y se extiende durante todo el verano (Thomson *et al.*, 1987). Durante la época reproductiva, estas especies aumentan su comportamiento territorialista, haciéndolos agresivos hacia los intrusos, aun de mayor tamaño, lo cual los hace más conspicuos pues se hacen más evidentes ante la cercanía del buzo. Este comportamiento pudiera hacer que fueran sobrestimados; sin embargo, consideramos que esta sobrestimación no es muy grande, ya que la mayoría de las especies, si bien no fueron agresivas, tampoco mostraron temor de los buzos.

Thalassoma lucasanum fue la especie más abundante en Cueva de León y presentó abundancias importantes en las otras zonas. Temporalmente, mantuvo una abundancia constante a través del año, manteniéndose entre el primero y cuarto lugar en orden de importancia y sin mostrar un patrón de abundancia claro en el tiempo, aunque fue notoria su dominancia en Cueva de León durante los meses fríos. Este hecho va en desacuerdo con lo encontrado por Thomson *et al.* (1987), quienes encontraron que al ser *T. lucasanum* una especie de aguas cálidas, disminuye su actividad durante el invierno, lo cual la hace menos visible.

Abudefduf troschelii, la tercer especie más numerosa, presentó variaciones espaciales, siendo más abundante en Ensenada Grande, en donde incluso fue la especie más numerosa durante el invierno y la primavera (estaciones frías). Temporalmente, excepto en Ensenada Grande, los cambios presentados fueron mínimos, presentándose un ligero incremento durante la primavera. El comportamiento planctóforo de esta especie provoca que usualmente se encuentre cerca de la superficie o a media agua, pero durante la época reproductiva construyen nidos sobre la superficie vertical de las rocas (Thomson *et al.*, 1987). Sin embargo, en los lugares en los que se hicieron los censos, las rocas están protegidas por *Stegastes* spp., los cuales son peces territorialistas muy agresivos. Nosotros suponemos que *A. troschelii* construye sus nidos en zonas más profundas o en donde

observed were minimum, with a slight increase during the spring. Because this species is a plankton feeder, it is usually found close to the surface or at mid-water; however, during the reproductive period, they build nests on the vertical surface of the rocks (Thomson *et al.*, 1987). At the sites where the censuses were made, the rocks are protected by *Stegastes* spp., which is a very aggressive territorial fish. We assume that *A. troschelii* builds its nests in deeper waters or in areas uninhabited by *Stegastes* spp., making them less abundant in the censuses conducted during the summer and autumn which, according to Thomson *et al.* (1987), is when they reproduce.

Chromis atrilobata, fourth in the order of abundance, is a species that forms groups along the reefs and prefers relatively deep areas (6 to 20 m, according to Thomson *et al.*, 1987). This is probably why it was more abundant at Ensenada Grande and Cueva de León: the first site has a very pronounced slope and approximately 3 m offshore, where the censuses were conducted, it reaches depths of 15 m; Cueva de León is the deepest area of the four sites studied. We have little information regarding its temporal variation since we do not know the biology and behavior of this species. In general, changes in the order of importance of the dominant species were observed between seasons and areas, even though these species always had relatively high values.

Regarding the less abundant and infrequent species observed, many only visit the reefs in search of food or refuge. These species included: *Squatina californica*, *Elops affinis*, *Hyporhamphus* spp., *Trachinotus rhodopus*, *Caranx caballus*, *Lutjanus aratus*, *Mugil* spp. and *Sphyræna lucasana* (Thomson *et al.*, 1987). Nocturnal species were also found in low abundance, generally in caves. These include: *Sargocentron suborbitalis*, *Myripristis leiognathus*, *Priacanthus cruentatus*, *Apogon retrosella*, *Hoplopagrus guentheri*, *Lutjanus argentiventris*, *L. novemfasciatus*, *Anisotremus interruptus* and *Mulloidichthys dentatus* (Hobson, 1965; Thomson *et al.*, 1987). *Haemulon maculicauda* is a nocturnal species; however, since it forms large schools, it was abundant in the area where it was observed.

existan espacios no habitados por *Stegastes* spp., por lo cual fueron vistos en menor abundancia durante los censos del verano y el otoño que, de acuerdo con Thomson *et al.* (1987), es cuando ocurre su época reproductiva.

Chromis atrilobata, la cuarta en orden de abundancia, es una especie que forma agrupaciones sobre los arrecifes y prefiere zonas relativamente profundas (6 a 20 m, según Thomson *et al.*, 1987). Probablemente ésta sea la razón por la cual fue más abundante en Ensenada Grande y Cueva de León: el primer sitio tiene una pendiente muy pronunciada y a aproximadamente 3 m mar adentro de donde se hicieron los censos, se alcanzan profundidades de 15 m; Cueva de León, por su parte, es el lugar más profundo de los cuatro que fueron estudiados. Respecto a las variaciones temporales, no podemos decir mucho ya que desconocemos la biología y comportamiento de esta especie. En general, se observaron cambios en el orden de importancia de las especies dominantes, tanto entre las estaciones del año como entre las zonas, aunque dichas especies mantuvieron siempre valores relativamente altos.

Con respecto a las especies encontradas en menor abundancia y frecuencia, muchas son solo visitantes ocasionales de los arrecifes, principalmente en busca de alimento o refugio. Estas especies fueron: *Squatina californica*, *Elops affinis*, *Hyporhamphus* spp., *Trachinotus rhodopus*, *Caranx caballus*, *Lutjanus aratus*, *Mugil* spp. y *Sphyræna lucasana* (Thomson *et al.*, 1987). Otras especies de abundancias bajas son las especies nocturnas que generalmente fueron encontradas en cuevas; éstas son: *Sargocentron suborbitalis*, *Myripristis leiognathus*, *Priacanthus cruentatus*, *Apogon retrosella*, *Hoplopogrus guentheri*, *Lutjanus argentiventris*, *L. novemfasciatus*, *Anisotremus interruptus* y *Mulloidichthys dentatus* (Hobson, 1965; Thomson *et al.*, 1987). *Haemulon maculicauda* es una especie nocturna; sin embargo, debido a que forma grandes cardúmenes, fue abundante en la zona en que se encontró.

Como resultado de la prueba *t* de Student, se comprobó la relación positiva existente entre la riqueza específica y la temperatura (fig. 4), ya que fue durante las estaciones cálidas (verano y otoño) cuando se obtuvieron los máximos

The positive relationship between specific richness and temperature was demonstrated with Student's *t*-test (fig. 4), since the highest values of richness were obtained during the warm seasons (summer and autumn). Gibson *et al.* (1993) and Letourneur and Chabanet (1994) found this same pattern in a sandy beach and coral reef, respectively. They attribute it to the recruitment that occurs during the warm seasons as well as to the increase in food availability; later, in the cold seasons, the number begins to decrease because of depredation, emigration and a decrease in food. Something similar may be occurring in the areas of the present study.

The results obtained from the statistical analysis show that there were no significant differences between areas or seasons in the comparison of the diversity values. This is possibly due to the closeness of the areas and to the fact that they have a similar organization because they are all rocky reefs. In fact, similar *H'* values were obtained even when the number of organisms observed in each area was different (table 3), as well as when the numbers were similar but changes in the most abundant species were observed (fig. 2), indicating that they are relatively stable communities. Differences were observed, however, in the comparison of species abundances between areas using the K-S test. This is because this method compares the accumulated abundances of each species in each area and, if the dominant species for each area are not the same, this difference will, at some point, be statistically significant. These results are similar to those found by Galzin (1987a, b), who studied the structure of the fish community in five areas distributed around an island with an average diameter of 800 m and found differences between the arcs; this author attributes these differences to the effect of the wind, marine currents and type of substrate. If this is true, then the differences observed in this study are explainable, since the areas analyzed differ with regard to their protection from the wind, currents and in their type of substrate. Letourneur and Chabanet (1994) also found spatial and temporal differences in coral reefs off an island of the Indian Ocean. On the other hand, Burchmore *et al.* (1985) did not find

valores de riqueza. Gibson *et al.* (1993) y Letourneur y Chabanet (1994) encontraron este mismo patrón en una playa arenosa y en un arrecife coralino, respectivamente, el cual infieren es debido al reclutamiento que ocurre en las estaciones cálidas así como al incremento de alimento disponible; posteriormente, en las estaciones frías, el número empieza a decrecer debido a la depredación, emigración y disminución del alimento. Algo similar podría estar ocurriendo en la zona del presente estudio.

En los resultados de los análisis estadísticos, puede notarse que al comparar los valores de diversidad, no se obtuvieron diferencias significativas ni entre las zonas ni entre las estaciones. Este resultado podría deberse a la cercanía entre las zonas y a que al ser todas arrecifes rocosos, presentan una organización similar; de tal forma que aun cuando el número de organismos avistados en cada zona fue diferente (tabla 3), se obtuvieron valores de H' semejantes y aun cuando en aquellas zonas que presentaron números similares se observaron cambios en las especies más abundantes (fig. 2), también se obtuvieron valores de H' semejantes, lo cual indica que son comunidades relativamente estables. Por otro lado, al comparar las abundancias de las especies entre las zonas mediante K-S, se observaron diferencias; esto es debido a que el método compara las abundancias acumuladas de cada especie en cada zona y al no ser las mismas las especies dominantes en cada zona, hacen que en algún momento esta diferencia sea estadísticamente significativa. Estos resultados son semejantes a los encontrados por Galzin (1987a, b), quien estudió la estructura de la comunidad de peces en cinco zonas distribuidas alrededor de una isla de un diámetro promedio de 800 m, y encontró diferencias entre las zonas; dichas diferencias las atribuye al efecto de los vientos, de las corrientes marinas y del tipo de sustrato. Si esto es cierto, entonces se explican las diferencias observadas en el estudio, ya que las zonas analizadas muestran diferencias en relación a su protección contra el viento y corrientes, así como en relación al sustrato. Letourneur y Chabanet (1994) también encontraron diferencias espaciales y temporales en arrecifes cora-

significant differences in the temporal variations of a rocky reef.

On calculating the number of species common to the four sampling sites, a value of 32 spp. was obtained (42.66% of the total). This is logical if we consider that the study areas are located relatively close to one another, which allows for an exchange of species. Furthermore, on calculating the number of species observed in only one area (Cueva de León), a value of 24 spp. was obtained (32% of the total), which is high if we consider the previous argument. This is possibly explained by the fact that this site is located outside Bahía de La Paz (fig. 1), and is more exposed to currents and, thus, to a greater presence of fish eggs and larvae from other areas. Hence, a greater number of species are present that are not found in the other three areas that are more protected.

The diversity values obtained by Villarreal-Cabazos (1988) at Cabo Pulmo, using the same index and visual censuses, vary between 1.1 and 2.6. They are more extreme than those obtained in the present study (1.7-2.4). These differences are due to different sampling sites, times and methods.

In conclusion, the dominant species were practically the same at the four sites; differences in the structure of the ichthyic community were observed between the areas as well as between seasons. The area of Cueva de León presented a greater number of species and, proportionally, more species that were not observed in the other areas. The changes in specific richness are related to changes in temperature and are greater at higher temperatures.

ACKNOWLEDGEMENTS

We wish to thank CONACYT, PIFI, COFFA and DEPI for financing this study; Berta Ceballos, Marcial Arellano, Mr. Beltrán and Ciro Arista for their help in the field; and the anonymous reviewers for their comments and suggestions to the manuscript.

English translation by Jennifer Davis.

linos de una isla del Océano Índico. Por otro lado, Burchmore *et al.* (1985), al estudiar las variaciones temporales en un arrecife rocoso, no encontró diferencia significativa.

Al calcular el número de especies comunes en las cuatro zonas de muestreo, se obtuvo un valor de 32 spp. (42.66% del total), lo cual es lógico si consideramos que las zonas de estudio se ubican relativamente cerca una de otra, lo que permite que exista un intercambio de especies. Por otro lado, al calcular el número de especies que fueron observadas en un solo lugar (Cueva de León), se obtuvo un valor de 24 spp. (32% del total), el cual es alto si consideramos el argumento anterior. Este hecho podría explicarse debido a que esta localidad se encuentra fuera de la Bahía de La Paz (fig. 1), lo cual permite que se encuentre más expuesta a corrientes y, por lo tanto, a una mayor presencia de huevos y larvas de peces de otras zonas; este hecho ocasiona que en la zona se presente un mayor número de especies que no se encuentran en los otros tres sitios, pues éstos se localizan en áreas más protegidas.

Los valores de diversidad obtenidos por Villarreal-Cabazos (1988) en Cabo Pulmo, utilizando el mismo índice y mediante censos visuales, varían entre 1.1 y 2.6; ambos son más extremos que los obtenidos en el presente estudio (1.7-2.4). Estas diferencias se explican debido a que los muestreos se realizaron en áreas diferentes, en tiempo diferente y con una metodología distinta.

En conclusión, las especies dominantes fueron prácticamente las mismas en las cuatro zonas; se observaron diferencias en la estructura de la comunidad íctica entre las zonas así como entre las estaciones del año. La zona de Cueva de León presentó un mayor número de especies y, proporcionalmente, un mayor número de especies que no fueron vistas en las otras zonas. Los cambios en la riqueza específica se relacionaron con los cambios de temperatura, siendo mayores a temperaturas altas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos al CONACYT, PIFI, COFFA y DEPI el financiamiento del presente estudio. Agradecemos también el

apoyo recibido en las salidas al campo de parte de Berta Ceballos, Marcial Arellano, el Sr. Beltrán y Ciro Arista. Finalmente, nuestro agradecimiento a aquellos revisores anónimos que con sus comentarios mejoraron nuestro trabajo.

REFERENCIAS

- Abitia-Cárdenas, L.A., Rodríguez-Romero, J., Galván-Magaña, F., de la Cruz-Agüero, J. y Chávez-Ramos, H. (1994). Lista sistemática de la ictiofauna de Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, 20(2): 159-181.
- Bermúdez, A.B.R. y García, L.G. (1985). Hábitos alimentarios en los peces de las zonas rocosas de la Bahía de La Paz, BCS. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF, 259 pp.
- Briggs, J.C. (1974). *Marine Zoogeography*. McGraw-Hill, New York, 475 pp.
- Brock, R.E. (1982). A critique of the visual census method for assessing coral reef fish populations. *Bull. Mar. Sci.*, 32(1): 269-276.
- Brusca, R.C. and Thomson, D.A. (1975). Pulmo reef: the only coral reef in the Gulf of California. *Ciencias Marinas*, 1: 37-53.
- Burchmore, J.J., Pollard, D.A., Bell, J.D., Middleton, M.J., Pease, B.C. and Matthews, J. (1985). An ecological comparison of artificial and natural rocky reef fish communities in Botany Bay, New South Wales, Australia. *Bull. Mar. Sci.*, 37(1): 70-85.
- Castro-Aguirre, J.L., Balart, E.F. y Arvizu-Martínez, J. (1994a). Contribución al conocimiento de la ictiofauna de fondos blandos y someros de la Ensenada y Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Coloquio sobre la Bahía de La Paz, BCS, México, 42 pp.
- Castro-Aguirre, J.L., Balart, E.F., Arvizu-Martínez, J. y de la Chica-Bonilla, F. (1994b). Análisis comparativo de las comunidades ícticas de fondos blandos y someros de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. IV Congreso Nacional de Ictiología, 123 pp.

- Donaldson, T.J. (1995). Comparative analysis of reef fish distribution patterns in the Northern and Southern Mariana Islands. *Nat. Hist. Res.*, 3(2): 161-168.
- Ebeling, A.W. and Hixon, M.A. (1991). Tropical and temperate reef fishes: comparison of community structures. In: P.F. Sale (ed.), *The Ecology of Fishes on Coral Reefs*. Academic Press, San Diego, pp. 509-563.
- Galzin, R. (1987a). Structure of fish communities of French Polynesian coral reefs. I. Spatial scales. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 41: 129-136.
- Galzin, R. (1987b). Structure of fish communities of French Polynesian coral reefs. II. Temporal scales. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 41: 137-145.
- Gibson, R.N., Ansell, A.D. and Robb, L. (1993). Seasonal and annual variations in abundance and species composition of fish and macrocrustacean communities on a Scottish sandy beach. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 98: 89-105.
- Glynn, P.W., Stewart, R.H. and McCosker, J.E. (1972). Pacific coral reefs of Panama: structure, distribution and predators. *Geol. Rundschau.*, 61(2): 483-519.
- Goldman, B. and Talbot, F.H.. (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, pp. 125-151.
- Greene, L.E. and Alevizon, W.S. (1989). Comparative accuracies of visual assessment methods for coral reef fishes. *Bull. Mar. Sci.*, 44(2): 899-912.
- Helfman, G.S. (1986). Fish behaviour by day, night, and twilight. In: T.J. Pitcher (ed.), *The Behavior of Teleost Fishes*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp. 366-387.
- Hobson, E.S. (1965). Diurnal-nocturnal activity of some inshore fishes in the Gulf of California. *Copeia*, (3): 291-302.
- Hobson, E.S. (1968). Predatory behavior of some shore fishes in the Gulf of California. *Bur. Sports Fish. and Wildlife, Research Rep. No. 73*, 92 pp.
- Letourneur, Y. and Chabanet, P. (1994). Variations spatio-temporelles de l'ichtyofaune de platiers récifaux a La Réunion. *Cybiurn*, 18(1): 25-38.
- Magurran, A.E. (1988). *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.
- Margalef, D.R. (1969). *Perspective in Ecological Theory*. Chicago University Press, Chicago, 111 pp.
- Roberts, C.M. and Ormond, R.F.G. (1987). Habitat complexity and coral reef fish diversity and abundance on Red Sea fringing reefs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 41: 1-18.
- Sánchez, C., Arreola, J.L. y Cifuentes, J. (1994). Diversidad y abundancia de peces de arrecife en la región de La Paz, Baja California Sur, México. *Coloquio sobre la Bahía de La Paz, BCS, México*, 42 pp.
- Sanderson, S.L. and Colonsky, A.C. (1986). Comparison of a rapid visual and a strip transect technique for censusing reef fish assemblages. *Bull. Mar. Sci.*, 39(1): 119-129.
- Smith, M.P.L. (1988). Effects of observer swimming speed on sample counts of temperate rocky reef fish assemblages. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 43: 223-231.
- Thomson, D.A., Findley, L.T. and Kerstitch, A.N. (1987). *Reef Fishes of the Sea of Cortez*. 2nd edition. University of Arizona Press, Arizona, 302 pp.
- Villarreal-Cabazos, A. (1988). Distribución y diversidad de peces en el arrecife coralino de Cabo Pulmo-Los Frailes, BCS. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, BCS, México, 138 pp.
- Zar, J.H. (1974). *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, New Jersey, 718 pp.