

**DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS DE FONDOS BLANDOS
DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DE
JALISCO Y COLIMA, MÉXICO**

**DIVERSITY OF SOFT-BOTTOM MACROINVERTEBRATES FROM THE
CONTINENTAL SHELF OFF JALISCO AND COLIMA, MEXICO**

Enrique Godínez-Domínguez¹
Gaspar González-Sansón²

¹ Departamento de Ecología y Recursos Naturales
Centro de Ecología Costera
Universidad de Guadalajara
Gómez Farías 82
San Patricio-Melaque, CP 48980, Jalisco, México
E-mail: egodinez@costera.melaque.udg.mx

² Centro de Investigaciones Marinas
Universidad de La Habana
Avenida Primera 2808, Miramar
La Habana, Cuba

Recibido en julio de 1998; aceptado en junio de 1999

RESUMEN

Se realizaron tres cruceros (DEM I, II y III) durante las tres estaciones hidroclimáticas existentes en la costa sur de Jalisco y norte de Colima (México), determinadas de acuerdo con los patrones de circulación marina. Se seleccionaron siete sitios de muestreo a lo largo de la costa y cuatro estratos batimétricos (20, 40, 60 y 80 m). Las muestras se recolectaron con redes de arrastre tipo camarero. Se identificaron durante los tres cruceros un total de 170 especies de invertebrados. La jaiba *Portunus xantusii affinis* fue la más abundante: 62.6% en DEM I, 26.8% en DEM II y 42% en DEM III. La diversidad media estimada (H') se considera de moderada a baja, de 1.93, 2.62 y 2.39 para los tres cruceros, respectivamente. No se observaron diferencias significativas en la diversidad entre los cruceros y las diferencias de la diversidad entre profundidades sólo fueron significativas en el crucero DEM I. Los tamaños mínimos de muestra tanto para la diversidad como para la riqueza, a partir de la acumulación de muestras, indica que al menos se requiere 20,422 individuos en el caso de la diversidad y 34,476 para riqueza.

Palabras clave: índice de diversidad, invertebrados, bentos, Pacífico tropical.

ABSTRACT

Three cruises (DEM I, II and III) were conducted along the coast of Jalisco and Colima (Mexico) during three hydroclimatic seasons, defined by the pattern of the surface currents. Trawl samples were

taken at seven sites along the coastline and four bathymetric levels (20, 40, 60 and 80 m). During the three cruises, 170 invertebrate species were identified. The crab *Portunus xantusii affinis* was the most abundant species: 62.6% during DEM I, 26.8% during DEM II and 42% during DEM III. The diversity (H') estimated was moderate to low, of 1.93, 2.62 and 2.39 for the three cruises, respectively. No significant differences in diversity were observed among the three cruises and the differences in diversity among depths were only significant during DEM I. The minimum sample sizes for diversity and richness indicate that at least 20,422 organisms are needed to estimate diversity and 34,476 for richness.

Key words: diversity index, invertebrates, benthos, tropical Pacific.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la fauna bentónica en la región costera de Jalisco y Colima es más bien escaso y los pocos trabajos realizados están encaminados a conocer la composición de especies: peces (Aguilar-Palomino *et al.*, 1996) y macroinvertebrados (Aguilar y Godínez-Domínguez, 1996; Ríos-Jara *et al.*, 1996; García de Quevedo *et al.*, 1997; Landa-Jaime *et al.*, 1997; Landa-Jaime y Arciniega-Flores, 1997, 1998). Solamente se sabe de la existencia de cuatro trabajos enfocados a determinar los patrones de distribución en el gradiente batimétrico de las abundancias de peces y macroinvertebrados (González-Sansón *et al.*, 1997; Saucedo-Lozano *et al.*, 1998) y macroinvertebrados (Godínez-Domínguez y González-Sansón, 1998; Arciniega-Flores *et al.*, 1998). Sin embargo, la mayoría de los trabajos se pueden considerar como primeras aproximaciones, caracterizándose por su naturaleza descriptiva.

No se tiene conocimiento de la existencia de trabajos realizados en la costa de Jalisco y Colima acerca de comunidades o asociaciones de invertebrados demersales o bentónicos de fondos blandos, reduciéndose el material bibliográfico localizado a algunas tesis de licenciatura: foraminíferos (Carrillo-Maciel, 1990), moluscos (González-Villarreal, 1977; López-Uriarte, 1989; Pérez-Peña, 1989; Castillo-Figa, 1992) y poliquetos (Varela-Hernández, 1993).

El presente trabajo pretende analizar la diversidad, dominancia y riqueza de las asociaciones de especies de invertebrados de la llamada fauna

INTRODUCTION

Knowledge of the benthic fauna from the coastal region of Jalisco and Colima is scarce and the few available studies deal mainly with species composition: fishes (Aguilar-Palomino *et al.*, 1996) and macroinvertebrates (Aguilar and Godínez-Domínguez, 1996; Ríos-Jara *et al.*, 1996; García de Quevedo *et al.*, 1997; Landa-Jaime *et al.*, 1997; Landa-Jaime and Arciniega-Flores, 1997, 1998). We know of only four works on the distribution patterns in the bathymetric gradient of the abundance of fishes and macroinvertebrates (González-Sansón *et al.*, 1997; Saucedo-Lozano *et al.*, 1998) and macroinvertebrates (Godínez-Domínguez and González-Sansón, 1998; Arciniega-Flores *et al.*, 1998). However, most of the studies are basically first approximations and of a descriptive nature.

The only studies found that deal with communities or assemblages of soft-bottom demersal or benthic invertebrates off the coast of Jalisco and Colima (Mexico) were dissertations: foraminifera (Carrillo-Maciel, 1990), molluscs (González-Villarreal, 1977; López-Uriarte, 1989; Pérez-Peña, 1989; Castillo-Figa, 1992) and polychaetes (Varela-Hernández, 1993).

This study aims to analyze the diversity, dominance and richness of the invertebrate communities of the shrimp by-fauna and to determine their variation in the bathymetric gradient, during three hydroclimatic seasons in the area determined by the pattern of the surface currents.

acompañante del camarón y analizar su variación en el gradiente batimétrico, esto durante las tres estaciones hidroclimáticas existentes en la zona, determinadas de acuerdo con los patrones de circulación marina.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se ubica sobre la plataforma continental, en la porción central del Pacífico mexicano (fig. 1), entre las isóbatas de 10 y 90 m, desde Punta Farallón, Jalisco, en la desembocadura del Río Cuitzmala (19°21'N, 105°01'W), hasta Cuyutlán, Colima (18°55'N, 104°07'W), y está descrita en Godínez-Domínguez y González-Sansón (1998).

El patrón de corrientes predominante para la zona de estudio es el descrito por Wyrтки (1965) para el Océano Pacífico oriental, que establece tres pautas típicas de circulación: la primera, con influencia de la Corriente de California, se caracteriza por una masa de agua fría (febrero a abril); la segunda es una etapa de transición donde convergen la Corriente de California y la Contracorriente Norecuatorial, sin dominancia de alguna de ellas (mayo a junio); y la tercera es un periodo con influencia de la Contracorriente Norecuatorial, caracterizada por una masa de agua típicamente tropical (agosto a enero).

Recolección de las muestras y de información

Se realizaron tres cruceros a bordo del barco de investigación pesquera *BIP-V*, propiedad de la Universidad de Guadalajara, durante cada una de las pautas de corrientes marinas en la zona. El primer crucero, DEM I, se realizó en el periodo de mayo a junio de 1995; el segundo, DEM II, en el mes de noviembre de 1995; y el tercero, DEM III, en marzo de 1996. En cada crucero se definieron siete sitios de muestreo a lo largo de la costa y en cada sitio se establecieron cuatro estaciones definidas por la profundidad (20, 40, 60 y 80 m), lo que hace un total de 28 estaciones por campaña.

MATERIAL AND METHODS

Study area

The study area is located on the continental shelf, in the central part of the Mexican Pacific (fig. 1), between the 10- and 90-m isobaths, from Punta Farallón, Jalisco, at the mouth of the Cuitzmala River (19°21'N, 105°01'W), to Cuyutlán, Colima (18°55'N, 104°07'W). A more detailed description can be found in Godínez-Domínguez and González-Sansón (1998).

The predominant current pattern in the area is that described by Wyrтки (1965) for the eastern Pacific Ocean, consisting of three typical phases of circulation: the first is influenced by the California Current and is characterized by a cold water mass (February to April); the second is a transition stage where the California Current and North Equatorial Countercurrent converge, without either one dominating (May to June); and the third is a period influenced by the North Equatorial Countercurrent and characterized by a typically tropical water mass (August to January).

Collection of samples and data

Three cruises were conducted aboard the research vessel *BIP-V* of the University of Guadalajara, during each phase of the currents in the area. The first cruise, DEM I, was carried out from May to June 1995; the second, DEM II, in November 1995; and the third, DEM III, in March 1996. Seven sampling sites were selected along the coast during each cruise and, at each site, four stations were defined by depth (20, 40, 60 and 80 m), making a total of 28 stations per cruise. Details on the length of the trawls, description of the fishing gear and sampling procedures can be found in González-Sansón *et al.* (1997).

Taxonomic classification of the organisms

The organisms collected were identified using specific keys for each taxon and the results are

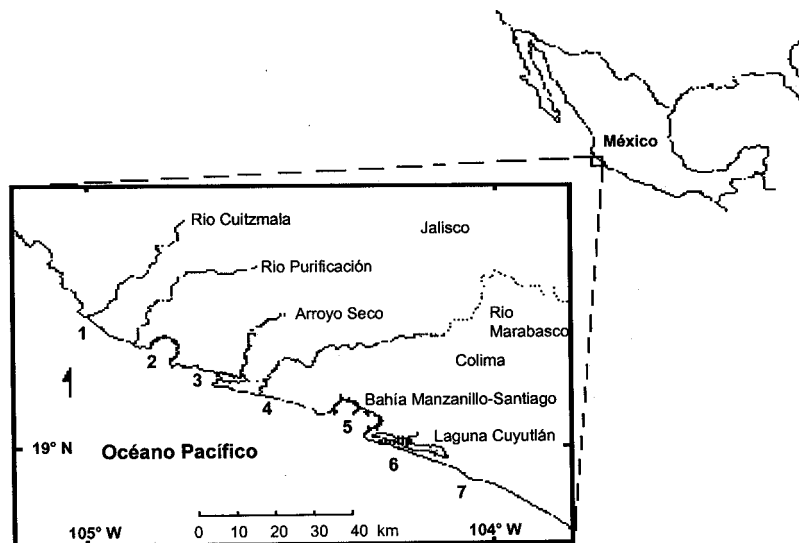


Figura 1. Localización del área de estudio y sitios de muestreo.

Figure 1. Location of the study area and sampling sites.

1. Cuitzmala, 2. Tenacatita, 3. Bahía de Navidad, 4. El Coco, 5. Bahía Manzanillo-Santiago, 6. Tepalcates, 7. Cuyutlán.

Detalles como el tiempo de duración de los arrastres, descripción de los equipos de pesca y detalles de la maniobra de muestreo, se encuentran en González-Sansón *et al.* (1997).

Ubicación taxonómica de los organismos

La ubicación taxonómica de los organismos de las muestras se determinó utilizando claves específicas para cada taxón y los resultados son los publicados por Landa-Jaime *et al.* (1997) y Landa-Jaime y Arciniega-Flores (1998). Para los crustáceos, se siguió el arreglo sistemático propuesto por Hendrickx (1993); para moluscos, Ponder (1973), Salvini-Plawen (1980), Abbott y Boss (1989), Skoglund (1991, 1992) y Poutiers (1995); y para equinodermos, Caso (1983).

Análisis de la diversidad

Se utilizó el índice de Shannon como medida de la diversidad:

those published by Landa-Jaime *et al.* (1997) and Landa-Jaime and Arciniega-Flores (1998). The crustaceans were classified according to the systematic order proposed by Hendrickx (1993); the molluscs, according to Ponder (1973), Salvini-Plawen (1980), Abbott and Boss (1989), Skoglund (1991, 1992) and Poutiers (1995); and the echinoderms, according to Caso (1983).

Analysis of diversity

The Shannon index was used as a measure of diversity:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

where p_i is the proportional abundance of species i , so the index can be interpreted as the relation between the number of species S and their relative abundance.

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

donde p_i es la abundancia proporcional de la especie i , por lo que el índice puede ser interpretado como la relación entre el número de especies S y su abundancia relativa.

Se utilizó el índice de equitatividad de Pielou (1975, 1977), el cual expresa la diversidad H' relativa al máximo valor que H' puede alcanzar cuando todas las especies en la muestra son perfectamente equitativas, con un individuo por especie:

$$E = H' / \ln(S)$$

Se utilizaron los valores de diversidad acumulada tanto del índice de Shannon como de Pielou, según los criterios de Ludwig y Reynolds (1988). Se determinaron los tamaños mínimos de muestra para diversidad a partir de las curvas acumuladas de diversidad siguiendo lo propuesto por Magurran (1988). Este procedimiento, además de estimar el tamaño mínimo de muestra, brinda certidumbre al estimado de diversidad al extraer el efecto del tamaño de muestra.

Se estimó el valor medio de los índices de Shannon y de Pielou a través de la técnica de remuestreo Jack-knife (Zahl, 1977). La utilización de este método proporciona un estimado robusto de la diversidad e intervalos de confianza. El procedimiento implica repetidos cálculos del estimado (H' y E), dejando fuera del cálculo una muestra al azar. Cada cálculo produce un estimado de Jack-knife, VJ_i , y el mejor estimado de V es el promedio de los pseudovalores de VP :

$$VP_i = (nV) - [(n-1)(VJ_i)]$$

El intervalo de confianza se obtuvo a partir de estimar el error estándar (EE):

$$EE \text{ de } VP = \text{var}(VP)/n$$

Pielou's (1975, 1977) evenness index was used, which expresses the diversity H' relative to the maximum value of H' when all the species in the sample are equal in abundance, with one individual per species:

$$E = H' / \ln(S)$$

The accumulated diversity values of both the Shannon and Pielou indices were used, following the criteria of Ludwig and Reynolds (1988). The minimum sample sizes were calculated for diversity from the accumulated diversity curves according to Magurran (1988). This procedure, apart from estimating the minimum sample size, ascertains the diversity estimate as it extracts the effect of the sample size.

The mean value of the Shannon and Pielou indices was estimated using the Jack-knife procedure (Zahl, 1977). This method provides a good estimate of the diversity and confidence intervals. The procedure entails repeated calculations of the estimate (H' and E), omitting from the calculation a random sample. Each calculation produces a Jack-knife estimate, VJ_i , and the best V estimate is the average of the pseudovalues of VP :

$$VP_i = (nV) - [(n-1)(VJ_i)]$$

The confidence interval was obtained by estimating the standard error (SE):

$$SE \text{ of } VP = \text{var}(VP)/n$$

where var is the variance of VP and n is the number of samples. The calculations were done following the procedures described by Routledge (1980) and Heltshe and Forrester (1983).

The differences in the values of the Shannon diversity index among depths per cruise, as well as among cruises, were determined with a one-way analysis of variance. The values used were the pseudovalues obtained with the Jack-knife method, which are assumed to follow a normal distribution (Zahl, 1977).

donde var es la varianza de VP y n es el número de muestras. Los cálculos se realizaron siguiendo los procedimientos descritos por Routledge (1980) y Heltshy y Forrester (1983).

Las diferencias en los valores del índice de diversidad de Shannon entre profundidades para cada crucero, así como entre cruceros, se determinaron a través de un análisis de varianza de una vía de clasificación. Los valores utilizados son los pseudovalores obtenidos con el método Jack-knife, de los que se asume siguen una distribución normal (Zahl, 1977).

Como medida de dominancia se utilizó el índice de Sanders (Sanders, 1960) por estrato de profundidad y para cada crucero. Este índice balancea dos atributos numéricos principales: abundancia y constancia (Loya-Salinas y Escofet, 1990); también se le conoce como el índice biológico de Sanders o índice de valor biológico.

El cálculo de la diversidad (H' y E) se realizó a través de programas diseñados a propósito. Los valores del índice de Sanders se calcularon con la ayuda del programa ANACOM (de la Cruz-Agüero, 1994).

RESULTADOS

Se realizaron 84 muestreos sobre la plataforma continental de Jalisco y Colima, y se arrastró un total de 42 horas aproximadamente, lo que hace un total de 100.4 ha de área barrida. Se procesaron 2203.83 kg de muestra y 204,761 individuos durante las tres campañas. Se ubicó sistemáticamente un total de 161 especies, de las cuales 59 fueron crustáceos, 92 moluscos y 10 equinodermos. Cinco cnidarios, tres esponjas y un sipuncúlido no pudieron identificarse taxonómicamente hasta especie por carecer de claves adecuadas.

Crucero DEM I (mayo a junio de 1995)

Se ubicaron sistemáticamente a 135 especies: 42 crustáceos, 75 moluscos, 9 equinodermos, 2 anélidos, 5 cnidarios y 2 esponjas. La especie más importante en cuanto al número de organismos

As a measure of dominance, the Sanders index (Sanders, 1960) was used per depth layer and per cruise. This index balances two main numeric attributes: abundance and constancy (Loya-Salinas and Escofet, 1990); it is known as the Sanders biological index or the biological value index.

Diversity (H' and E) was calculated using specifically designed programs. The values of the Sanders index were calculated using the ANACOM program (de la Cruz-Agüero, 1994).

RESULTS

A total of 84 samplings were conducted on the continental shelf off Jalisco and Colima, and 100.4 ha were trawled in approximately 42 hours. During the three cruises, 2203.83 kg of sample and 204,761 individuals were processed. A total of 161 species were classified: 59 crustaceans, 92 molluscs and 10 echinoderms. Five cnidarians, three sponges and one sipunculid could not be identified to species because we lacked the appropriate keys.

Cruise DEM I (May to June 1995)

A total of 135 species were identified: 42 crustaceans, 75 molluscs, 9 echinoderms, 2 annelids, 5 cnidarians and 2 sponges. The most abundant species was *Portunus xantusii affinis*, with 62.6%, followed by *Trachypenaeus brevisuturiae*, with 4.85%, and a symbiotic sponge/hermit crab association, with 3.46% (table 1).

A mean diversity was estimated considering all the samples (28) of $H' = 1.932$, with a 95% confidence interval of 1.33 to 2.53. The accumulated values of the index of diversity consistently fluctuated around an approximate diversity value of 2, without showing an asymptotic behaviour (fig. 2a). The greatest diversity was observed at 20 and 40 m depth ($F = 7.7$, $P < 0.0009$) (fig. 3a), where the mean diversity values according to the Tukey test (table 2) were similar and significantly different than the diversity values at 60 and 80 m depth. The value of

fue *Portunus xantusii affinis*, con 62.6%, seguida por *Trachypenaeus brevisuturæ*, con 4.85%, y una asociación simbiótica de esponja con ermitaño, con 3.46% (tabla 1).

Se estimó una diversidad media considerando al total de muestras (28) de $H' = 1.932$, con un intervalo de confianza (95%) de 1.33 a 2.53. Los valores acumulados del índice de diversidad oscilaron consistentemente en torno a un valor aproximado de diversidad de 2, sin llegar a observarse un comportamiento asintótico (fig. 2a). La mayor diversidad se observó a 20 y 40 m de profundidad ($F = 7.7$, $P < 0.0009$) (fig. 3a), en los cuales los valores medios de diversidad según la prueba de Tukey (tabla 2) fueron similares entre sí y significativamente diferentes de los valores de diversidad a 60 y 80 m de profundidad. El valor de la riqueza de especies se estabilizó hacia el final de la curva, en 123 especies.

De acuerdo con los resultados del índice de dominancia de Sanders, en el estrato de 20 m las especies dominantes fueron *T. brevisuturæ* y *Arenaeus mexicanus*, con valores de 13.00% y 11.53%, respectivamente (tabla 3). El resto de las especies no alcanzaron valores porcentuales por encima de 10. En el estrato de 40 m, *T. brevisuturæ*, 13.92%, y *Luidia foliolata*, 8.97%, tuvieron el valor de dominancia más alto. En el estrato de 60 m, el valor de dominancia mayor fue de *P. x. affinis*, con 13.37%, seguido de *Sicyonia disdorsalis*, con 9.34%. En el estrato de 80 m, también dominó *P. x. affinis*, con 15.20%, junto con *Solenosteira gatesi*, 8.97%.

Crucero DEM II (noviembre de 1995)

Se ubicaron sistemáticamente un total de 116 especies: 37 crustáceos, 59 moluscos, 9 equinodermos, 2 anélidos, 5 cnidarios, 3 esponjas y 1 sipuncúlido. La especie más abundante fue *P. x. affinis*, con 26.8%, seguida por *Solenocera mutator*, con 19.1%, *Portunus* spp., con 16.7%, y *T. brevisuturæ*, con 7% (tabla 1).

La diversidad media del total de las muestras fue de $H' = 2.622$, con un intervalo de confianza (95%) de 2.31 a 2.93. En la curva de diversidad

species richness was established towards the end of the curve, at 123 species.

According to the results of the Sanders index, at 20 m the dominant species were *T. brevisuturæ* and *Arenaeus mexicanus*, with values of 13.00% and 11.53%, respectively (table 3). The percentages of the remaining species were below 10. At 40 m, *T. brevisuturæ*, 13.92%, and *Luidia foliolata*, 8.97%, had the highest dominance values. At 60 m, the dominant species was *P. x. affinis*, with 13.37%, followed by *Sicyonia disdorsalis*, with 9.34%. At 80 m, *P. x. affinis* also dominated, with 15.20%, together with *Solenosteira gatesi*, 8.97%.

Cruise DEM II (November 1995)

A total of 116 species were identified: 37 crustaceans, 59 molluscs, 9 echinoderms, 2 annelids, 5 cnidarians, 3 sponges and 1 sipunculid. The most abundant species was *P. x. affinis*, with 26.8%, followed by *Solenocera mutator*, with 19.1%, *Portunus* spp., with 16.7%, and *T. brevisuturæ*, with 7% (table 1).

The mean diversity of all the samples was $H' = 2.622$, with a 95% confidence interval of 2.31 to 2.93. In the accumulated diversity curve (fig. 2b), the values of the Shannon index stabilized at sample 19; a total of 20,422 organisms and 84 species were analyzed. However, species richness did not stabilize, with a total of 28 accumulated samples and 2877 organisms. The values of the accumulated evenness index attained a stable value of 0.53.

There were no significant differences in diversity among depths ($F = 2.084$, $P > 0.128$) (fig. 3b).

The highest values of the Sanders index at 20 m depth were obtained by *T. brevisuturæ*, 14.55%, and *P. asper*, 10.45%. At 40 m, these same two species also dominated, with values of 12.11% and 10.46%, respectively. At 60 m, the dominant species were *P. x. affinis*, with 14.10%, *Portunus* spp., with 13.55%, and *S. florea*, with 10.99%. At 80 m, the dominant species was *Solenosteira gatesi*, 9.57% (table 3).

Tabla 1. Importancia relativa de las especies de invertebrados. Sólo se consideran las especies hasta el 95% de la frecuencia acumulada.

Table 1. Relative importance of the invertebrate species. Only the species up to 95% of the accumulated frequency are considered.

	<i>n</i>	<i>F</i> (%)	<i>F</i> acum.
Crucero DEM I			
1. <i>Portunus xantusii affinis</i>	21,944	62.66	62.66
2. <i>Trachypenaeus brevisuturæ</i>	1,699	4.85	67.51
3. Esponja con ermitaño	1,213	3.46	70.97
4. <i>Sicyonia disdorsalis</i>	1,078	3.07	74.04
5. <i>Luidia foliolata</i>	1,047	2.99	77.03
6. <i>Portunus asper</i>	724	2.06	79.10
7. <i>Solenocera florea</i>	686	1.59	81.06
8. <i>Squilla hancocki</i>	490	1.39	82.46
9. <i>Harpa crenata</i>	399	1.14	83.60
10. Amphinomidae	391	1.16	84.71
11. <i>Solenosteira gatesi</i>	365	1.04	85.76
12. <i>Ficus ventricosa</i>	311	0.88	86.64
13. <i>Arenaeus mexicanus</i>	294	0.84	87.48
14. <i>Paradasygyus depresus</i>	293	0.83	88.32
15. <i>Astropecten armatus</i>	292	0.83	89.16
16. <i>Loliolopsis diomedæ</i>	278	0.79	89.95
17. <i>Bufo nana</i>	257	0.73	90.68
18. <i>Fusinus dupetitthouarsi</i>	237	0.67	91.36
19. <i>Renilla kollikeri</i>	221	0.63	91.99
20. <i>Portunus</i> spp.	220	0.62	92.62
21. <i>Sicyonia martini</i>	207	0.58	93.21
22. <i>Sicyonia disedwardsi</i>	175	0.49	93.71

Tabla 1 (Cont.)

	<i>n</i>	<i>F</i> (%)	<i>F</i> acum.
23. <i>Cycloes bairdii</i>	168	0.48	94.19
24. <i>Iliacantha hancoki</i>	165	0.47	94.66
25. <i>Euphylax robustus</i>	164	0.46	95.13
26. <i>Squilla panamensis</i>	120	0.34	95.47
27. <i>Collodes tenuirostris</i>	117	0.33	95.81
Crucero DEM II			
1. <i>Portunus xantusii affinis</i>	6,155	26.86	26.86
2. <i>Solenocera mutator</i>	4,377	19.10	45.96
3. <i>Portunus</i> spp.	3,832	16.72	62.68
4. <i>Trachypenaeus brevisuturæ</i>	1,614	7.04	69.72
5. <i>Squilla hancocki</i>	1,232	5.37	75.09
6. <i>Portunus asper</i>	659	2.87	77.96
7. <i>Astropyga pulvinata</i>	606	2.64	80.60
8. <i>Sicyonia disdorsalis</i>	527	2.29	82.89
9. <i>Solenocera florea</i>	482	2.10	84.99
10. Esponja con ermitaño	429	1.87	86.86
11. <i>Penaeus brevirostris</i>	404	1.76	88.62
12. <i>Solenosteira gatesi</i>	332	1.44	90.06
13. <i>Sicyonia martini</i>	300	1.30	91.36
14. <i>Penaeus californiensis</i>	204	0.89	92.25
15. <i>Luidia foliolata</i>	200	0.87	93.12
16. Amphinomidae	149	0.65	93.77
17. <i>Squilla panamensis</i>	148	0.65	94.42
18. Poliqueto tubícola	138	0.60	95.02
19. <i>Sicyonia disedwardsi</i>	116	0.50	95.52

Tabla 1 (Cont.)

	<i>n</i>	<i>F</i> (%)	<i>F</i> acum.
Crucero DEM III			
1. <i>Portunus xantusii affinis</i>	14,638	42.06	42.06
2. <i>Portunus</i> spp.	4,134	11.88	53.94
3. <i>Trachypenaeus brevisuturæ</i>	2,694	7.74	61.68
4. <i>Solenocera florea</i>	2,177	6.25	67.93
5. <i>Solenocera mutator</i>	1,995	5.73	73.66
6. <i>Squilla panamensis</i>	1,616	4.64	78.30
7. Poliqueto tubícola	972	2.79	81.09
8. <i>Sicyonia disdorsalis</i>	673	1.93	83.02
9. <i>Portunus asper</i>	663	1.90	84.92
10. Amphinomidae	452	1.29	86.21
11. <i>Squilla hancocki</i>	422	1.21	87.42
12. <i>Astropyga pulvinata</i>	393	1.12	88.54
13. <i>Sicyonia disedwardsi</i>	332	0.95	89.49
14. Esponja con ermitaño	327	0.94	90.43
15. <i>Metapenaopsis</i> sp.	303	0.871	91.301
16. <i>Astropecten armatus</i>	238	0.683	91.984
17. <i>Solenosteira gatesi</i>	214	0.614	92.598
18. <i>Sicyonia martini</i>	212	0.608	93.206
19. <i>Solenosteira</i> sp.	164	0.47	93.676
20. <i>Ficus ventricosa</i>	155	0.44	94.116
21. <i>Luidia foliolata</i>	154	0.44	94.556
22. <i>Pleuroncodes planipes</i>	151	0.43	94.986
23. <i>Penaeus brevirostris</i>	138	0.39	95.376
24. <i>Paradasygyus depressus</i>	127	0.36	95.736

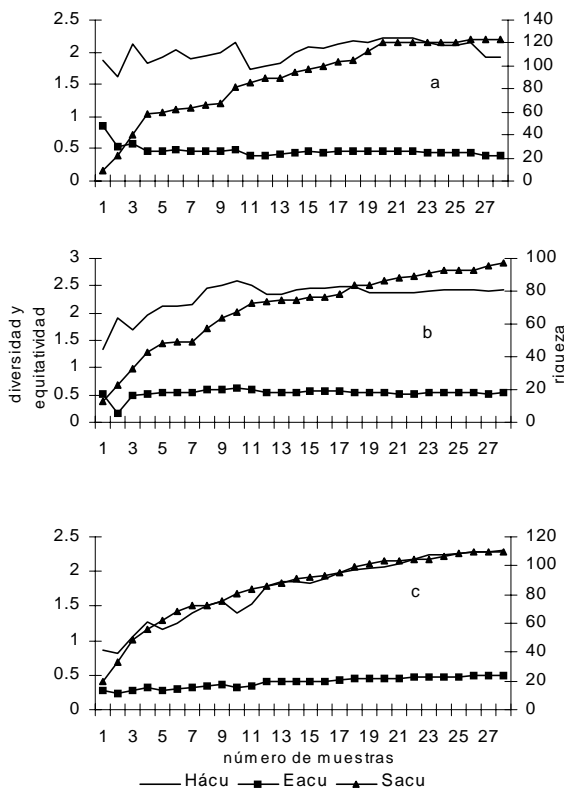


Figura 2. Distribución acumulada de los índices de diversidad (H'), equitatividad (E) y riqueza (S) para los tres cruceros: (a) DEM I, (b) DEM II y (c) DEM III.

Figure 2. Accumulated distribution of the indices of diversity (H'), evenness (E) and richness (S) for the three cruises: (a) DEM I, (b) DEM II and (c) DEM III.

acumulada (fig. 2b), los valores del índice de Shannon se estabilizaron a partir de la muestra 19, al analizarse 20,422 organismos y 84 especies. Sin embargo, la riqueza de especies al parecer no logra estabilizarse con un total de 28 muestras acumuladas y 2877 organismos. El valor del índice de equitatividad acumulado alcanzó un valor estable de 0.53.

No se encontraron diferencias significativas en la diversidad entre profundidades ($F = 2.084$, $P > 0.128$) (fig. 3b).

Los valores mayores del índice de dominancia de Sanders en el estrato de 20 m fueron para *T. brevisuturæ*, con 14.55%, y *P. asper*, con

Cruise DEM III (March 1996)

A total of 128 species were identified: 47 crustaceans, 62 molluscs, 10 echinoderms, 2 annelids, 4 cnidarians and 3 sponges. The most abundant species was *P. x. affinis*, with 42%, followed by *Portunus* spp., with 11.88%, *T. brevisuturæ*, with 7.74%, and *S. florea*, with 6.25% (table 1).

The total mean diversity estimated was $H' = 2.39$, with a 95% confidence interval of 2.01 to 2.76. Both the accumulated diversity and species richness seem to stabilize towards the end of the curve at sample 26 (fig. 2c); 33,885 organisms

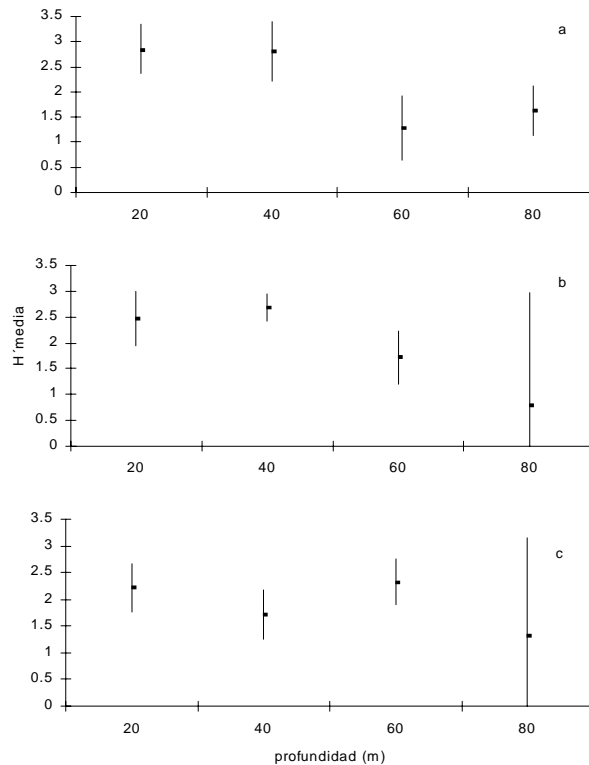


Figura 3. Valores de diversidad (H') media estimados a través del método de Jack-knife (intervalo de confianza de 95%) en los diferentes niveles batimétricos muestreados para los tres cruceros: (a) DEM I, (b) DEM II y (c) DEM III.

Figure 3. Mean diversity (H') values estimated with the Jack-knife method (95% confidence interval) for the different bathymetric levels during the three cruises: (a) DEM I, (b) DEM II and (c) DEM III.

10.45%. El estrato de 40 m estuvo dominado por las mismas especies del estrato anterior, con valores de 12.11% y 10.46%, respectivamente. El estrato de 60 m fue dominado por *P. x. affinis*, *Portunus* spp. y *S. florea*, con valores de 14.10%, 13.55% y 10.99%, respectivamente. *Solenosteira gatesi* presentó el máximo valor de dominancia, 9.57%, en el estrato de 80 m (tabla 3).

Crucero DEM III (marzo de 1996)

Se identificaron 128 especies: 47 crustáceos, 62 moluscos, 10 equinodermos, 2 anélidos, 4 cnidarios y 3 esponjas. La especie más abundante fue

and 110 species were analyzed. The values of the accumulated evenness index attained a stable value of 0.48.

No significant differences in diversity were observed among depths ($F = 0.83$, $P > 0.49$) (fig. 3c).

The values of the Sanders index show that at 20 m, the dominant species were *T. brevisuturæ*, 13.37%, and *P. x. affinis*, 12.64%. At 40 m, the dominant species was *P.x. affinis*, with 13.55%, followed by *Portunus* spp., with 10.99%. At 60 m, *P. x. affinis* dominated, 13.19%. At 80 m, the dominant species were a sponge with hermit crab, *Astropecten armatus* and *P. x. affinis*, with

Tabla 2. Resultados del análisis de varianza de los valores de diversidad media (pseudovalores Jack-knife) entre profundidades durante el crucero DEM I.

Table 2. Results of the analysis of variance of the mean diversity values (Jack-knife pseudovalues) among depths during the DEM I cruise.

Efectos principales	Suma de cuadrados	Grados de libertad	F	Probabilidad
Entre grupos	13.33	3	7.708	0.0009
Dentro de los grupos	13.84	24		
Total	27.17	27		

Prueba de rangos de Tukey

Nivel (m)	Muestra	Tukey HSD	Grupos homogéneos
60	7	1.27	x
80	7	1.62	x
40	7	2.79	x
20	7	2.81	x

P. x. affinis, con 42%, seguida por *Portunus* spp., con 11.88%, *T. brevisuturæ*, con 7.74%, y *S. florea*, con 6.25% (tabla 1).

La diversidad media total estimada fue de $H' = 2.39$, con un intervalo de confianza (95%) de 2.01 a 2.76. Tanto la diversidad acumulada como la riqueza de especies parecen estabilizarse hacia el final de la curva (fig. 2c) en la muestra 26; se analizaron 33,885 organismos y 110 especies. Los valores del índice de equitatividad acumulado alcanzan un valor estable de 0.48.

No se encontraron diferencias significativas de los valores de diversidad entre profundidades ($F = 0.83, P > 0.49$) (fig. 3c).

Los valores del índice biológico de Sanders para el estrato de 20 m indican que las especies dominantes fueron *T. brevisuturæ*, 13.37%, y *P. x. affinis*, 12.64%. En el estrato de 40 m, el mayor valor de dominancia lo tuvo *P. x. affinis*, con 13.55%, seguido por *Portunus* spp., con 10.99%. En el estrato de 60 m, la especie dominante fue *P. x. affinis*, 13.19%. En el estrato de

values of 9.57%, 9.02% and 8.84%, respectively (table 3).

There were no significant differences in the mean diversity values among the three cruises ($F = 2.381, P > 0.0989$) (fig. 4).

DISCUSSION

The differences in diversity among depths were only significant during DEM I. A significant relationship between diversity and depth in invertebrate demersal communities is more likely to be found in studies that consider large depth intervals and along well-defined environmental gradients (Haedrich *et al.*, 1975, 1980). This relationship, when it happens, can be both linear and non-linear (Fariña *et al.*, 1997), so it has not been possible to establish a sole pattern for the depth/diversity relation.

According to Magurran (1988), the minimum sample size needed to estimate diversity and richness may vary, as has been shown in this

Tabla 3. Resultados del índice de dominancia de Sanders.
Table 3. Results of the Sanders index of dominance.

Crucero DEM I			40 m			60 m			80 m			
20 m	Especie	Sanders	%	Especie	Sanders	%	Especie	Sanders	%	Especie	Sanders	%
	<i>Trachypenaeus brevisuturae</i>	71	13.00	<i>Trachypenaeus brevisuturae</i>	76	13.92	<i>Portunus xantusii affinis</i>	73	13.37	<i>Portunus xantusii affinis</i>	83	15.20
	<i>Arenaeus mexicanus</i>	63	11.53	<i>Luidia foliolata</i>	49	8.974	<i>Sicyonia disdorsalis</i>	51	9.34	<i>Solenosteira gatesi</i>	49	8.974
	<i>Portunus xantusii affinis</i>	44	8.059	<i>Portunus xantusii affinis</i>	44	8.059	<i>Solenocera florea</i>	51	9.341	Esponja con ermitaño	41	7.509
	<i>Loliolopsis diomedae</i>	43	7.875	<i>Portunus asper</i>	39	7.143	<i>Luidia foliolata</i>	44	8.059	<i>Astropecten armatus</i>	37	6.77
Crucero DEM II			40 m			60 m			80 m			
20 m	Especie	Sanders	%	Especie	Sanders	%	Especie	Sanders	%	Especie	Sanders	%
	<i>Trachypenaeus brevisuturae</i>	78	14.55	<i>Trachypenaeus brevisuturae</i>	66	12.11	<i>Portunus xantusii affinis</i>	77	14.10	<i>Solenosteira gatesi</i>	52	9.576
	<i>Portunus asper</i>	56	10.45	<i>Portunus asper</i>	57	10.46	<i>Portunus sp.</i>	74	13.55	Esponja con ermitaño	49	9.024
	<i>Astropyga pulvinata</i>	50	9.32	<i>Portunus sp.</i>	49	8.991	<i>Solenocera florea</i>	60	10.99	<i>Astropecten armatus</i>	48	8.84
	<i>Arenaeus mexicanus</i>	45	8.39	<i>Luidia foliolata</i>	47	8.624	<i>Squilla hancocki</i>	47	8.608	<i>Portunus xantusii affinis</i>	44	8.103

Tabla 1 (Cont.)

Crucero DEM III											
20 m			40 m			60 m			80 m		
Especie	Sanders	%	Especie	Sanders	%	Especie	Sanders	%	Especie	Sanders	%
<i>Trachypenaeus brevisuturae</i>	73	13.37	<i>Portunus xantusii affinis</i>	74	13.55	<i>Portunus xantusii affinis</i>	72	13.19	Esponja con ermitaño	52	9.576
<i>Portunus xantusii affinis</i>	69	12.64	<i>Portunus</i> sp.	60	10.99	<i>Solenocera florea</i>	45	8.242	<i>Astropecten armatus</i>	49	9.024
<i>Portunus</i> sp.	47	8.608	<i>Solenocera florea</i>	51	9.341	<i>Astropecten armatus</i>	43	7.875	<i>Portunus xantusii affinis</i>	48	8.84
<i>Portunus asper</i>	41	7.509	<i>Trachypenaeus brevisuturae</i>	40	7.326	<i>Squilla panamensis</i>	42	7.692	<i>Bursa nana</i>	44	8.103

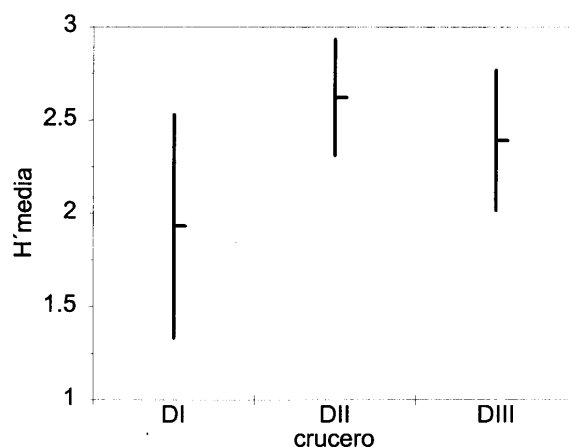


Figura 4. Valores de diversidad (H') media de los tres cruceros (método de Jack-knife, con un intervalo de confianza de 95%).

Figure 4. Mean diversity (H') values for the three cruises (Jack-knife procedure, with 95% confidence interval).

80 m, las especies dominantes fueron una especie de esponja con ermitaño, *Astropecten armatus* y *P. x. affinis*, con valores de 9.57%, 9.02% y 8.84%, respectivamente (tabla 3).

No se encontró diferencia significativa en los valores medios de diversidad entre los tres cruceros ($F = 2.381$, $P > 0.0989$) (fig. 4).

DISCUSIÓN

Solamente durante el crucero DEM I fueron significativas las diferencias de la diversidad con la profundidad. Al parecer, la relación significativa de la diversidad con la profundidad en comunidades demersales de invertebrados es más probable encontrarla en trabajos que consideran grandes intervalos de profundidad y enmarcada a lo largo de gradientes ambientales bien definidos (Haedrich *et al.*, 1975, 1980). Esta relación, cuando ocurre, ha sido tanto lineal como no lineal (Fariña *et al.*, 1997), por lo que no ha sido posible establecer un patrón único para la relación diversidad/profundidad.

De acuerdo con Magurran (1988), el tamaño mínimo de muestra para un estimado de

work. The results obtained for DEM I show that the curve of accumulated diversity does not seem to stabilize, whereas that of species richness does. The opposite occurs for DEM II: accumulated diversity stabilizes but accumulated richness does not. For DEM III, both diversity and richness stabilize towards the end of the curve. These results indicate that a satisfactory estimate of the diversity of the soft-bottom demersal community from Jalisco and Colima may be obtained with at least 20,422 organisms (in the case of DEM II). Regarding species richness, at least 34,476 organisms would be needed (DEM I).

At 20 and 40 m depth, *T. brevisuturæ* had the highest dominance values (Sanders index) in all three cruises; only in DEM III was *P. x. affinis* the dominant species. This change in dominance occurs because species like *P. x. affinis* (mainly), *Portunus* sp. and *S. florea* move to shallower waters during the effect of the California Current. *Portunus x. affinis* had the highest dominance values during the three cruises at 60 m depth, and during DEM I (influenced by the North Equatorial Countercurrent), it dominated at 80 m. This could also indicate a shift of this species to deeper

diversidad y riqueza podría variar, como se pudo constatar en este trabajo. Durante el crucero DEM I, la curva de diversidad acumulada parece no alcanzar a estabilizarse, a diferencia de la curva de número de especies. Los resultados del crucero DEM II muestran una tendencia opuesta: la diversidad acumulada logra estabilizarse, pero no la riqueza acumulada. Durante el crucero DEM III, tanto la diversidad como la riqueza alcanzan a estabilizarse hacia el final de la curva. Estos resultados indican que un estimado satisfactorio de la diversidad de la asociación demersal de fondos blandos de Jalisco y Colima, podría alcanzarse considerando al menos 20,422 organismos (en el caso de DEM II). Para la riqueza de especies, se requerirían al menos 34,476 organismos en el menor de los casos (DEM I).

A la profundidad de 20 m, el camarón *T. brevisuturæ* presentó un mayor valor de dominancia de Sanders durante los tres cruceros, al igual que en la profundidad de 40 m; sólo durante el crucero DEM III, la especie dominante fue *P. x. affinis*. Este cambio en la dominancia es propiciado por el desplazamiento hacia aguas más someras, que especies como *P. x. affinis* (principalmente), *Portunus* sp. y *S. florea* realizan durante el efecto de la Corriente de California. *Potunus x. affinis* presentó los valores más altos de dominancia durante los tres cruceros en el estrato de 60 m; inclusive, durante el crucero DEM I (efecto de la Contracorriente Norecuatorial), dominó el estrato de 80 m. Esto también podría indicar un desplazamiento de dicha especie de jaiba a aguas profundas durante la presencia de condiciones oceanográficas tropicales, es decir, hundimiento de la termoclina y agua cálida. Variaciones temporales en la dominancia en asociaciones demersales de crustáceos han sido relacionadas con cambios estacionales en las condiciones ambientales (Fariña *et al.*, 1997).

REFERENCIAS

Abbott, R.T. and Boss, K.J. (1989). A Classification of Living Mollusca. American Malacologists, Melbourne, Florida, 189 pp.

waters during the presence of tropical oceanographic conditions, that is, sinking of the thermocline and warm water. Temporal variations in the dominance of demersal crustacean communities have been related to seasonal changes in environmental conditions (Fariña *et al.*, 1997).

English translation by Christine Harris

- Aguilar, C.S. y Godínez-Domínguez, E. (1996). Presencia del pulpo *Octopus hubbsorum* (Cephalopoda: Octopoda) en el Pacífico central mexicano. *Rev. Biol. Trop.*, 44(3)/45(1): 678.
- Aguilar-Palomino, B., Mariscal-Romero, J., González-Sansón, G. y Rodríguez-Ibarra, L.E. (1996). Ictiofauna demersal de fondos blandos de la plataforma continental de Jalisco y Colima, México, en la primavera de 1995. *Ciencias Marinas*, 22(4): 469–481.
- Arciniega-Flores, J., Landa-Jaime, V. y González-Sansón, G. (1998). Distribución y abundancia de los crustáceos estomatópodos de fondos blandos en las costas de Jalisco y Colima, México. *Ciencias Marinas*, 24(2): 169–181.
- Carrillo-Maciel, C. (1990). Foraminíferos bentónicos de la campaña oceanográfica Atlas V: plataforma continental Jalisco-Colima, México. Tesis de licenciatura, Universidad de Guadalajara, México, 76 pp.
- Caso, M.M. (1983). Los Equinoideos del Pacífico de México. Parte cuarta. Órdenes Cassidubida y Spatangoida. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limol., Univ. Nal. Autón. México, Publ. Esp.* 6: 1–200.
- Castillo-Figa, M. (1992). Sistemática, distribución, abundancia y variación estacional de los moluscos gasterópodos de la plataforma continental de Jalisco, México. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, 89 pp.
- De la Cruz-Agüero, G. (1994). ANACOM. Sistema para el Análisis de Comunidades. Versión 3.0. Dept. de Pesquerías y Biología Marina, CICIMAR-IPN, México, 99 pp.
- Fariña, A.C., Freire, J. and González-Gurriarán, E. (1997). Megabenthic decapod crustacean assemblages on the Galician continental shelf and upper slope (north-west Spain). *Mar. Biol.*, 127: 419–434.

- García de Quevedo, M.R., Godínez-Domínguez, E. and Saucedo-Lozano, M. (1997). Range extension and large size of *Sicyonia mixta* (Decapoda: Sicyoniidae) off Jalisco, Mexico. *Rev. Biol. Trop.*, 45(4): 1695.
- Godínez-Domínguez, E. y González-Sansón, G. (1998). Variación de los patrones de distribución batimétrica de la fauna macrobentónica en la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. *Ciencias Marinas*, 24(3): 337–351.
- González-Sansón, G., Aguilar-Palomino, B., Arciniega-Flores, J., García de Quevedo-Machain, R., Godínez-Domínguez, E., Landa-Jaime, V., Mariscal-Romero, J., Michel-Morfín, J.E. y Saucedo-Lozano, M. (1997). Variación espacial de la abundancia de la fauna de fondos blandos en la plataforma continental de Jalisco y Colima, México (primavera, 1995). *Ciencias Marinas*, 23(1): 93–110.
- González-Villarreal, L.M. (1977). Estudio taxonómico de los gasterópodos marinos de la Bahía de Tenacatita, Jalisco, México. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Guadalajara, México, 171 pp.
- Haedrich, R.L., Rowe, G.T. and Polloni, P.T. (1975). Zonation and faunal composition of epibenthic populations on the continental slope south of New England. *J. Mar. Res.*, 33: 191–212.
- Haedrich, R.L., Rowe, G.T. and Polloni, P.T. (1980). The megabenthic fauna in the deep sea south of New England, USA. *Mar. Biol.*, 57: 165–179.
- Heltsh, J.F. and Forrester, N.E. (1983). Estimating species richness using a Jack-knife procedure. *Biometrics*, 39: 1–11.
- Hendrickx, M.E. (1993). Crustáceos decápodos del Pacífico mexicano. En: S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González (eds.), *Biodiversidad Marina y Costera de México*. Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, pp. 271–318.
- Landa-Jaime, V. y Arciniega-Flores, J. (1997). Ampliación de ámbito del *Lysiosquilla panamica* (Stomatopoda: Lysiosquillidae) en el Pacífico tropical mexicano. *Rev. Biol. Trop.*, 45(3): 1269.
- Landa-Jaime, V. y Arciniega-Flores, J. (1998). Moluscos macrobentónicos de la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. *Ciencias Marinas*, 24(2): 155–167.
- Landa-Jaime, V., Arciniega-Flores, J., García de Quevedo-Machain, R., Michel-Morfín, J.E. y González-Sansón, G. (1997). Crustáceos decápodos y estomatópodos de fondos blandos de la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. *Ciencias Marinas*, 23(4): 403–417.
- López-Urriarte, E. (1989). Moluscos bivalvos de la campaña oceanográfica Atlas V. Plataforma continental Jalisco-Colima, México. Tesis de licenciatura, Universidad de Guadalajara, México, 109 pp.
- Loya-Salinas, D.H. y Escofet, A. (1990). Aportaciones al cálculo del índice de valor biológico (Sanders, 1960). *Ciencias Marinas*, 16(2): 97–115.
- Ludwig, A.J. and Reynolds, J.F. (1988). *Statistical Ecology. A Primer on Methods and Computing*. John Wiley, New York, 337 pp.
- Magurran, A.E. (1988). *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey, 179 pp.
- Pérez-Peña, M. (1989). Moluscos gasterópodos de la campaña oceanográfica Atlas V. Plataforma continental de Jalisco-Colima, México. Tesis de licenciatura, Universidad de Guadalajara, México, 114 pp.
- Pielou, E.C. (1975). *Ecological Diversity*. John Wiley, New York, 165 pp.
- Pielou, E.C. (1977). *Mathematical Ecology*. John Wiley, New York, 165 pp.
- Ponder, W.F. (1973). The origin and evolution of the Neogastropoda. *Malacologia*, 12: 295–338.
- Poutiers, J.M. (1995). Bivalvos, pp. 100–221. Gasterópodos, pp. 224–297. En: W. Fisher, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter y V.H. Niem (eds.), *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro Oriental. Vol. I. Plantas e Invertebrados*. FAO, Roma.
- Ríos-Jara, E., Pérez-Peña, M., Lizárraga-Chávez, L. and Michel-Morfín, J.E. (1996). Additional gastropod records from the continental shelf off Jalisco and Colima, Mexico. *Ciencias Marinas*, 22(3): 347–359.
- Routledge, R.D. (1980). Bias in estimating the diversity of large uncensused communities. *Ecology*, 61(2): 276–281.
- Salvini-Plawen, L.V. (1980). A reconsideration of systematics in the Mollusca (phylogeny and higher classification). *Malacologia*, 19: 249–278.
- Sanders, H.L. (1960). Benthic studies in Buzzard Bay. III. The structure of the soft-bottom community. *Limnol. Oceanogr.*, 5: 138–153.
- Saucedo-Lozano, M., Godínez-Domínguez, E., García de Quevedo-Machain, M.R. y González-Sansón, G. (1998). Distribución y densidad de juveniles de

- Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) (Pisces: Lutjanidae) en la costa de Jalisco y Colima, México. *Ciencias Marinas*, 24(4): 409–423.
- Skoglund, K. (1991). Additions to the Panamic Province bivalve (Mollusca) literature 1971 to 1990. *Festivus*, XXII (Suppl. 2): 63 pp.
- Skoglund, K. (1992). Additions to the Panamic Province gasteropods (Mollusca) literature 1971 to 1990. *Festivus*, XXII (Suppl.): 169 pp.
- Varela-Hernández, J.J. (1993). Anélidos poliquetos de la plataforma continental de Jalisco, México. Tesis de licenciatura, Universidad de Guadalajara, México, 113 pp.
- Wyrki, K. (1965). Surface currents of the eastern tropical Pacific Ocean. *Bull. Inter. Am. Trop. Tuna Comm.*, IX(5): 271–294.
- Zahl, S. (1977). Jack-knifing an index of diversity. *Ecology*, 58: 907–913.