

**VARIACIÓN DE LOS PATRONES DE DISTRIBUCIÓN BATIMÉTRICA
DE LA FAUNA MACROBENTÓNICA EN LA PLATAFORMA
CONTINENTAL DE JALISCO Y COLIMA, MÉXICO**

**VARIATION OF THE BATHYMETRIC DISTRIBUTION PATTERNS OF
THE MACROBENTHIC FAUNA ON THE CONTINENTAL SHELF OFF
JALISCO AND COLIMA, MEXICO**

Enrique Godínez-Domínguez¹
Gaspar González-Sansón²

¹ Centro de Ecología Costera
Centro Universitario de la Costa Sur
Universidad de Guadalajara
Gómez Farías 82
San Patricio-Melaque, CP 48980, Jalisco, México
E-mail: egodínez@costera.melaque.udg.mx

² Centro de Investigaciones Marinas
Universidad de La Habana
Avenida Primera 2008, Miramar
La Habana, Cuba

Recibido en agosto de 1997; aceptado en marzo de 1998

RESUMEN

Se analizó la abundancia en biomasa y número de individuos de la fauna de invertebrados de fondos blandos de una porción de la plataforma continental del estado de Jalisco y Colima (México). Se realizaron tres cruceros durante las tres estaciones hidroclimáticas existentes en el área de estudio, 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 camaronero. Se determinaron diferencias significativas en la distribución batimétrica de la abundancia en los tres cruceros. Las diferencias de abundancias entre cruceros no fueron significativas. Se encontraron dos patrones de distribución batimétrica de la abundancia de la comunidad béntica: el primero, con una masa de agua cálida, durante los cruceros DEM I y DEM II, concentra la abundancia a los 60 m; y el segundo, con condiciones de baja temperatura, abatimiento de los niveles de oxígeno disuelto y la termoclina más próxima a la superficie, durante DEM III, concentra la mayor biomasa a los 20 m y el mayor número de individuos a los 40 m. El intervalo de temperatura a la profundidad de máxima abundancia fluctuó entre 19°C y 21°C en los tres cruceros, lo que indica una estrecha preferencia térmica de la asociación de especies de invertebrados bentónicos.

Palabras clave: comunidades bentónicas, distribución batimétrica, biomasa.

ABSTRACT

The abundance, in terms of number of individuals and biomass, of the invertebrate communities in one sector of the soft-bottom continental shelf off Jalisco and Colima (Mexico) was analyzed. The cruises were carried out during three hydroclimatic seasons, as defined by the surface current patterns.

Trawl samples were taken from seven sites along the coastline at four bathymetric levels (20, 40, 60 and 80 m). Abundance in the different bathymetric strata was significantly different, but the overall abundance did not vary significantly between seasons. Two bathymetric distribution patterns were found: the first, during the cruises DEM I and DEM II, with warm water, presents the greatest abundance at 60 m; the second, during DEM III, with cold water, a low level of dissolved oxygen and the thermocline close to the surface, presents the greatest abundance at 20 m (biomass) and 40 m (number of individuals). The temperature fluctuation in the depth of maximum abundance during the three cruises was 19–21°C, which suggests a narrow range of thermal preference in the demersal invertebrate community.

Key words: benthic communities, bathymetric distribution, biomass.

INTRODUCCIÓN

Actualmente subsiste un virtual desconocimiento del potencial pesquero y composición de la fauna demersal de la región costera de Jalisco y Colima (Hendrickx, 1994; Hendrickx y Toledano-Granados, 1994), esto a pesar de la existencia de diversas exploraciones encaminadas a evaluar los recursos pesqueros y la biodiversidad de los fondos blandos en el Pacífico mexicano, ya que la mayoría de esos esfuerzos se encuentran concentrados en regiones como el Golfo de California y el Golfo de Tehuantepec (Chávez y Ramos, 1974; Mathews *et al.*, 1974; Ehrhardt *et al.*, 1980, 1982; Grande-Vidal, 1983; Amezcua-Linares, 1985, 1996; Hendrickx, 1985; van der Heiden, 1985; Yáñez-Arancibia, 1985; Pérez-Mellado y Findley 1985; Acal y Arias, 1990). Sólo se conocen tres recientes trabajos para esa región del Pacífico central mexicano (Aguilar-Palomino *et al.*, 1996; González-Sansón *et al.*, 1997; Landa-Jaime *et al.*, 1997).

El estudio de los recursos de fondos blandos, a nivel mundial, está reconocido como altamente prioritario, por la importancia de las pesquerías que sustentan y el carácter multi-específico de las capturas, lo cual demanda un enfoque integrado en su estudio a partir de un marco de referencia ecológico (Pauly y Murphy, 1982; Pauly, 1988).

El presente trabajo pretende analizar los patrones de distribución batimétrica de la abundancia de invertebrados bentónicos de la plataforma continental de Jalisco y Colima durante tres estaciones hidroclimáticas, inferidas a partir de las pautas de circulación en la zona descritas por Wyrтки (1965), y analiza la relación de

INTRODUCTION

To date, the fishery potential and composition of the demersal fauna of the coastal region of Jalisco and Colima are virtually unknown (Hendrickx, 1994; Hendrickx and Toledano-Granados, 1994), in spite of the many studies that aim to evaluate the fishery resources and biodiversity of the soft bottoms of the Mexican Pacific, since most of them have been conducted in the Gulf of California and Gulf of Tehuantepec (Chávez and Ramos, 1974; Mathews *et al.*, 1974; Ehrhardt *et al.*, 1980, 1982; Grande-Vidal, 1983; Amezcua-Linares, 1985, 1996; Hendrickx, 1985; van der Heiden, 1985; Yáñez-Arancibia, 1985; Pérez-Mellado and Findley, 1985; Acal and Arias, 1990). Only three recent works are known for this region of the central Mexican Pacific (Aguilar-Palomino *et al.*, 1996; González-Sansón *et al.*, 1997; Landa-Jaime *et al.*, 1997).

The study of soft-bottom resources is of great significance throughout the world, due to the importance of the fisheries they sustain and the multispecific character of the catches, the study of which should focus on ecological aspects (Pauly and Murphy, 1982; Pauly, 1988).

The purpose of this study is to analyze the bathymetric distribution patterns of the abundance of benthic invertebrates on the continental shelf off Jalisco and Colima during three hydroclimatic seasons, inferred from the circulation patterns described by Wyrтки (1965) for the area, and to analyze the relationship of some abiotic factors that are considered the most influential in the dynamics of the demersal community.

algunos factores abióticos que se consideran más influyentes en la dinámica de la comunidad demersal.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica sobre la plataforma continental, entre las isóbatas de 10 y 90 m, desde Punta Farallón, en la desembocadura del río Cuitzmala (19°21'N, 105°01'O) en Jalisco, al norte, hasta Cuyutlán, Colima (18°55'N, 104°07'O), al sur. La línea de costa es irregular y presenta tres señales importantes, constituidas por las bahías de Tenacatita, de Navidad y el conjunto Santiago-Manzanillo; el resto de la línea está formada por playas extensas de alta energía (fig. 1).

A pesar de que la zona de estudio no se considera típica de fondos camareros (Hernández-Carballo, 1988), existen importantes zonas donde los sedimentos son blandos, constituidos fundamentalmente por limos arenosos de composición y origen diverso y contenidos variables de materia orgánica; en estos fondos es factible la pesca de arrastre con redes camareras (González-Sansón *et al.*, 1997).

El patrón de corrientes considerado para la zona de estudio es el definido por Wyrki (1965) para el Océano Pacífico oriental, donde establece tres pautas típicas de circulación: la primera, con influencia de la Corriente de California, caracterizada 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, con influencia de la Contracorriente Norecuatorial, caracterizada por una masa de agua típicamente tropical (agosto a enero).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron tres cruceros a bordo del barco de investigación pesquera *BIP V*, propiedad de la Universidad de Guadalajara, uno en 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

STUDY AREA

The study area is located on the continental shelf between the 10- and 90-m isobaths, from Punta Farallón, at the mouth of the Cuitzmala River (19°21'N, 105°01'W), Jalisco, southward to Cuyutlán, Colima (18°55'N, 104°07'W). The coastline is irregular and has three important accidents: Tenacatita and Navidad bays and the group of the Santiago-Manzanillo bays; the rest of the coastline consists of extensive, high-energy beaches (fig. 1).

Even though the sea bottom of the study area is not considered typical for shrimping activities (Hernández-Carballo, 1988), there are important areas where shrimp trawl nets can be used, because the sediments are soft, mainly sandy silts of different composition and origin, with varying amounts of organic matter (González-Sansón *et al.*, 1997).

The current patterns considered for the study area are those described by Wyrki (1965) for the eastern Pacific Ocean. This author established three typical circulation patterns: the first is influenced by the California Current and characterized as a cold water mass (February to April); the second is a transition stage where the California Current and the North Equatorial Countercurrent converge, but neither one dominates (May to June); and the third is influenced by the North Equatorial Countercurrent and characterized as a typically tropical water mass (August to January).

MATERIALS AND METHODS

A total of three cruises were made aboard the R/V *BIP V* of the University of Guadalajara, one in each of the current patterns of the area. The first cruise (DEM I) was conducted from May to June 1995, the second (DEM II) in November 1995 and the third (DEM III) in March 1996. Seven sampling sites were established along the coast during each cruise (see fig. 1); at each site, four stations were defined by depth (20, 40, 60 and 80 m), for a total of 28 stations per cruise.

The R/V *BIP V* is equipped for shrimp trawling with two semi-Portuguese nets (described in detail by González-Sansón *et al.*,

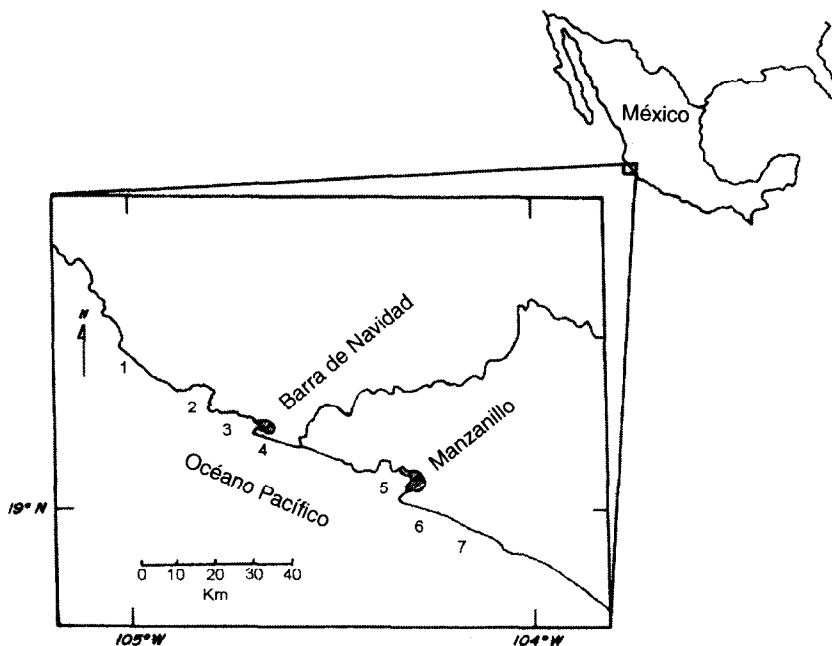


Figura 1. Área de estudio y los sitios de muestreo.

Figure 1. Study area and sampling sites.

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

tercero (DEM III) en el mes de marzo de 1996. En cada crucero se definieron siete sitios de muestreo a lo largo de la costa (ver fig. 1) y en cada sitio, cuatro estaciones definidas por la profundidad (20, 40, 60 y 80 m), lo que hace un total de 28 estaciones por campaña.

El barco *BIP V* está equipado para la pesca de arrastre tipo camaronero a través de dos redes tipo semiportuguesa (descrita en detalle por González-Sansón *et al.*, 1997), con las cuales se recolectaron las muestras en arrastres nocturnos de media hora de duración, a velocidad media de dos nudos. El orden en que fueron muestreados los sitios en cada crucero se seleccionó al azar. Todas las muestras de un sitio se tomaron en una noche, estableciendo el orden de los arrastres en forma aleatoria. En cada estación se tomaron dos muestras, correspondientes a la captura de babor y estribor, y se preservaron en hielo para su traslado e inmediato procesamiento en las instalaciones del Centro

1997), which were used to collect the samples during nocturnal trawls lasting half an hour, at a mean speed of two knots. The sampling order of the sites was randomly selected. All the samples from one site were collected the same night, and the order of the trawls was randomly selected. Two samples were taken at each site, corresponding to the port and starboard catch, and were kept on ice for their immediate transport and processing at the Coastal Ecology Center of the University of Guadalajara.

The start and end position of each trawl was determined with a global positioning system (GPS), from the moment the brake of the winch was set, until the nets were hauled in. The distance covered was calculated from the positions obtained, using the method of Sparre *et al.* (1989). The area swept was estimated by multiplying the distance covered by the net opening (6.9 m). For convenience, this area is expressed in hectares.

de Ecología Costera de la Universidad de Guadalajara.

Se determinó la posición de inicio y fin del arrastre a través de un posicionador global por satélite (GPS), desde el momento en que se colocaba el freno al winche, hasta que se comenzaba a cobrar las redes. La distancia recorrida se calculó con las posiciones obtenidas, utilizando el método de Sparre *et al.* (1989). Así, el área barrida se estimó a partir del producto de la distancia recorrida y la abertura de la red (6.9 m). Esta área, por comodidad, se expresó en hectáreas.

Antes de cada arrastre se realizaron determinaciones de temperatura y salinidad de la masa de agua adyacente al fondo. La temperatura en DEM I se determinó a través de termómetros de inversión (precisión de 0.1°C) dispuestos en una botella tipo Niskin, con la cual se tomó una muestra de agua. A dicha muestra se le determinó, en el laboratorio, la salinidad con un salinómetro (precisión de 0.1 ppm). En los demás cruceros (DEM II y III), tanto la salinidad como la temperatura de la masa de agua de fondo se determinaron con un perfilador CTD (Seabird SBE19). Únicamente durante DEM III se determinó la concentración de oxígeno disuelto en el agua de fondo, utilizando el método de Winkler. Las muestras de agua se tomaron con una botella tipo Niskin.

En los casos en que la captura fue muy abundante, se tomó una muestra seleccionada al azar. La porción de la muestra no utilizada se pesó a bordo con un dinamómetro de precisión de 1 kg. El valor de la captura descartada se utilizó posteriormente en los factores de ponderación. En el laboratorio, se clasificó el contenido de la muestra hasta especie (para la mayoría de los casos), y se determinó el número de individuos y el peso de cada categoría taxonómica. La estimación de la abundancia del grupo de invertebrados se realizó considerando el número de individuos y el peso, utilizando como índice la captura por unidad de área.

Las tendencias en el tiempo de las variables abióticas y las abundancias, tanto en número de individuos como en peso, se analizaron gráficamente, considerando el promedio por profundidad y los intervalos de confianza del estimado, calculados según Zar (1996):

The temperature and salinity of the water mass near the bottom was determined before each trawl. During DEM I, temperature was determined with inversion thermometers (0.1°C precision) placed in the Niskin bottle used to take the water sample. The salinity of this sample was determined in the laboratory with a salinometer (0.1 ppt precision). During DEM II and III, both salinity and temperature of the bottom water were determined with a CTD profiler (Seabird SBE19). Only during DEM III was the concentration of dissolved oxygen in the bottom water estimated, using Winkler's method. The water samples were taken with Niskin bottles.

When the catch was very abundant, a random sample was taken. The portion of the unused samples was weighed on board with a dynamometer of 1 kg precision. The value of the catch discarded was later used in the weighting factors. In the laboratory, the content of the sample was classified to species (in most cases), and the number of individuals and the weight of each taxonomic category were determined. The abundance of the group of invertebrates was estimated with the number of individuals and weight, using the catch per unit area as the index.

The temporal tendencies of the abiotic variables and abundance, both in number of individuals and weight, were graphically analyzed, considering the average per depth and the confidence intervals of the estimate, calculated according to Zar (1996):

$$IC = \bar{X} \pm t_{0.95(n-1)}(s/n^{1/2})$$

where \bar{X} is the average; $t_{0.95(n-1)}$, the value of t for a confidence coefficient of 0.95; s , the standard deviation of the sample; and n , the sample size.

In order to analyze the effects of depth and season on the abundance indexes of number of organisms and weight, a two-way analysis of variance, balanced with replicas, was made, considering the seven sites within each depth and season combination as the replicas. The analysis followed the linear equation (Zar, 1996):

$$IC = \bar{X} \pm t_{0.95(n-1)}(s/n^{1/2})$$

donde \bar{X} es el promedio, $t_{0.95(n-1)}$ es el valor de t para un coeficiente de confianza de 0.95, s es la desviación estándar de la muestra y n es el tamaño de la muestra.

Para analizar los efectos de la profundidad y la época del año en los índices de abundancia en número de organismos y peso, se realizó un análisis de varianza de dos vías de clasificación, balanceado con réplicas, considerando como tales a los siete sitios dentro de cada combinación profundidad y época. El análisis siguió el modelo lineal (Zar, 1996):

$$y_{ijk} = \mu + \varnothing_i + \beta_j + \varnothing\beta_{ij} + e_{ijk}$$

donde y_{ijk} es la transformación logarítmica del valor de abundancia en la profundidad i , del crucero j y del sitio k ; μ es el valor promedio del efecto total; \varnothing_i es el efecto fijo de la i ésima profundidad; β_j es el efecto del j ésimo crucero; $\varnothing\beta_{ij}$ es el efecto de la interacción de los factores; y e_{ijk} es el término del error aleatorio para la i ésima profundidad del j ésimo crucero del k ésimo sitio.

Como método exploratorio para analizar el comportamiento de las variables ambientales y la abundancia con relación a la profundidad y a la campaña oceanográfica, se realizó un análisis de clasificación numérica, utilizando como medida de distancia $1 - r$, donde r es el coeficiente de correlación de Pearson, y como método de agrupamiento, el algoritmo de promedios aritméticos no ponderados (UPGMA). Los análisis numéricos se realizaron con el programa Statistica versión 4.5 (StatSoft, 1994). En todos los casos, se utilizó un nivel de significación de 0.05.

RESULTADOS

Se realizaron 84 muestreos sobre la plataforma continental de Jalisco y Colima; se arrastró un total de 42 h aproximadamente, lo que hace 100.4 ha de área barrida. Se procesaron 2203.83 kg de muestra y 204,761 individuos durante las tres campañas.

$$y_{ijk} = \mu + \varnothing_i + \beta_j + \varnothing\beta_{ij} + e_{ijk}$$

where y_{ijk} is the logarithmic transformation of the abundance value at depth i , of cruise j and site k ; μ is the average value of the total effect; \varnothing_i is the fixed effect of the i -th depth; β_j is the effect of the j -th cruise; $\varnothing\beta_{ij}$ is the effect of the interaction of the factors; and e_{ijk} is the random error for the i -th depth of the j -th cruise of the k -th site.

In order to analyze the behavior of the environmental variables and abundance in relation to depth and oceanographic cruise, a numerical classification analysis was made, using $1 - r$ as the distance measured, where r is the Pearson correlation coefficient. A cluster analysis was also made using the algorithm of the unweighted pair group method with arithmetic averages (UPGMA). The numerical analyses were made with the Statistica program, version 4.5 (StatSoft, 1994). A significance level of 0.05 was used in all cases.

RESULTS

A total of 84 samplings were conducted along the continental shelf off Jalisco and Colima; in a total of approximately 42 h, 100.4 ha were trawled. A total of 2203.83 kg of sample and 204,761 individuals were processed during the three cruises.

Cruise DEM I

The highest average values of abundance of organisms and biomass (fig. 2) were observed at 60 m depth (2870 ind/ha and 31.86 kg/ha); the lowest abundance values were observed at 20 m (174.6 ind/ha and 2.6 kg/ha).

The temperature tended to decrease with depth; the minimum average of 18.48°C was recorded at 80 m and the maximum of 25.21°C at 20 m (fig. 3). Salinity was homogeneous through depth, with a total fluctuation of less than 1 ppt among the mean values.

Cruise DEM II

The bathymetric distribution of abundance was similar to that of the previous cruise; the

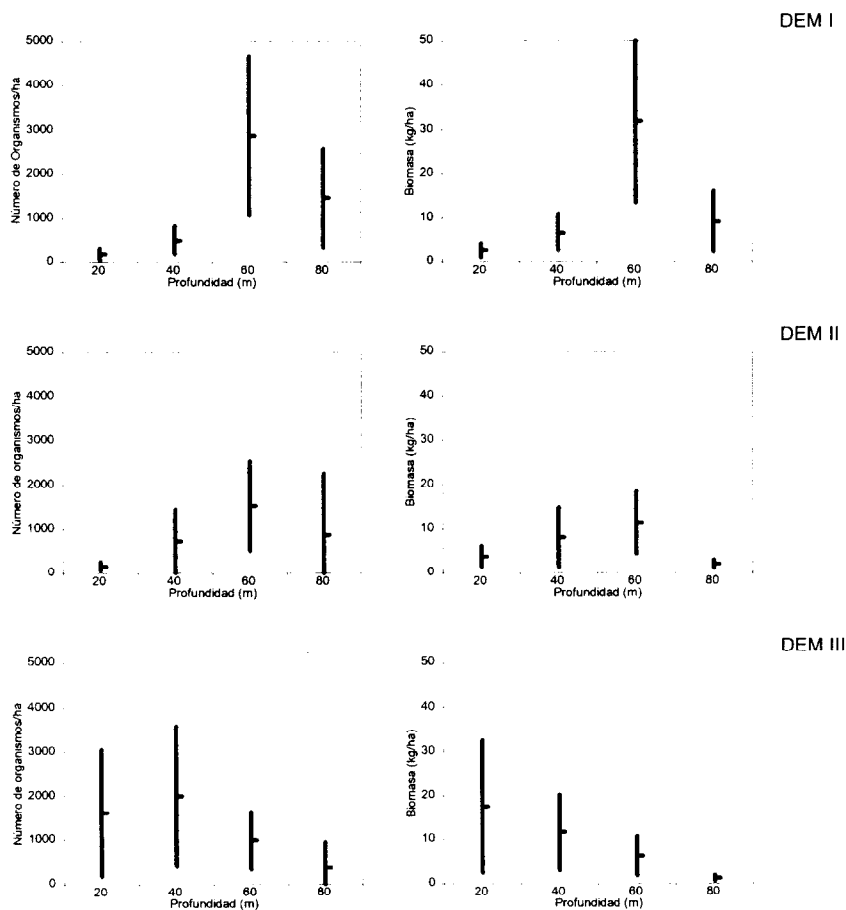


Figura 2. Valores medios de abundancia en peso y número de individuos en los diferentes niveles batimétricos muestreados durante los cruceros DEM I, DEM II y DEM III (de arriba a abajo).

Figure 2. Mean abundance values in weight and number of individuals in the different bathymetric levels sampled during cruises DEM I, DEM II and DEM III (from top to bottom).

Crucero DEM I

Tanto el valor de la abundancia de organismos como el de la biomasa (fig. 2) presentó un valor promedio más alto a los 60 m de profundidad (2870 ind/ha y 31.86 kg/ha); los valores menores de abundancia se presentaron a los 20 m (174.6 ind/ha y 2.6 kg/ha).

La temperatura presentó una tendencia a descender con la profundidad, registrando una media mínima de 18.48°C a los 80 m y una máxima de 25.21°C a los 20 m (fig. 3). La salinidad presentó un comportamiento homogéneo

highest abundance values were observed at 60 m (1520 ind/ha and 11.35 kg/ha). The lowest mean values of biomass were observed at 80 m (2.0 kg/ha) and of number of individuals at 20 m (158.9 ind/ha).

The bottom water temperature decreased with depth, with a maximum variation of 10.6°C among the average values; the lowest average temperature was 16.7°C at 80 m and the highest was 27.1°C at 20 m. Salinity was homogenous through the layers, with a total fluctuation of less than 1 ppt among the average values.

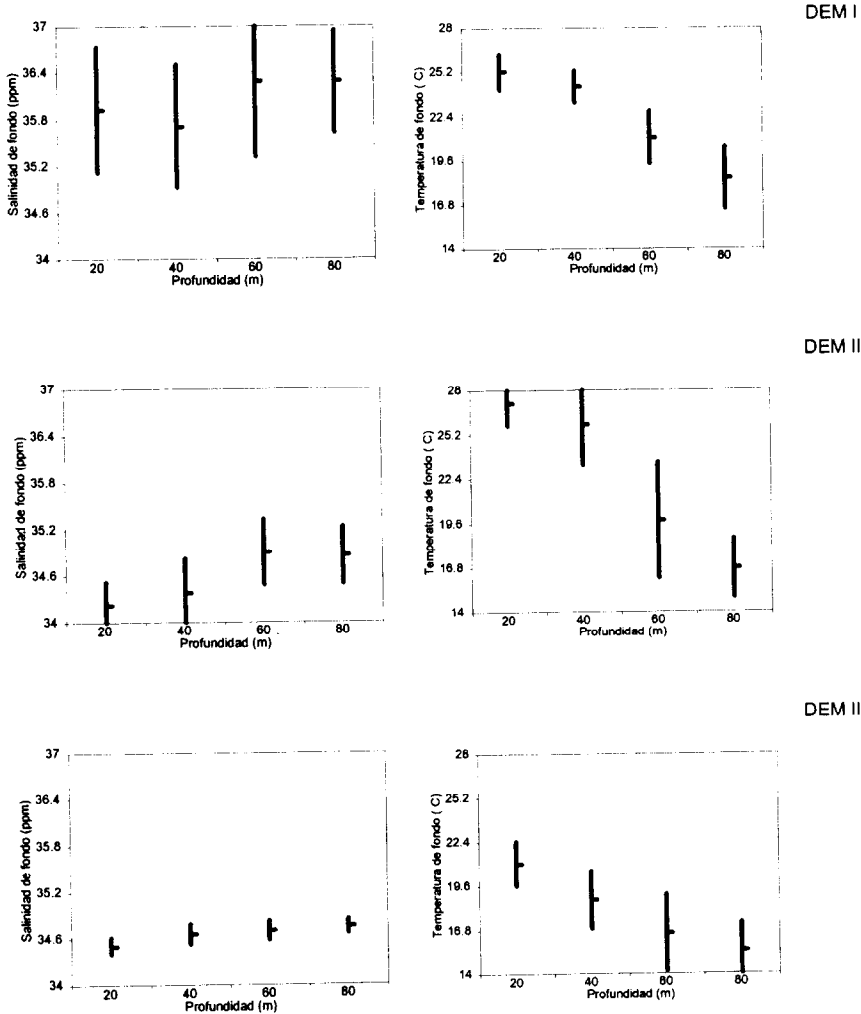


Figura 3. Valores medios de temperatura y salinidad de la masa de fondo en los diferentes niveles batimétricos muestreados durante los cruceros DEM I, DEM II y DEM III (de arriba a abajo).
Figure 3. Mean temperature and salinity values of the bottom water in the different bathymetric levels sampled during cruises DEM I, DEM II and DEM III (from top to bottom).

entre las profundidades, mostrando una fluctuación total entre los valores medios menor que 1 ppm.

Crucero DEM II

La distribución batimétrica de las abundancias fue similar al crucero anterior; se

Cruise DEM III

The distribution pattern of abundance during this cruise was different from the other two, since the greatest abundance of organisms was located at 40 m (1616 ind/ha) and greatest biomass at 20 m (17.52 kg/ha). This indicates a shift in the benthic fauna towards shallower

encontraron los valores mayores de abundancia a los 60 m (1520 ind/ha y 11.35 kg/ha). Los valores medios de menor biomasa se presentaron a los 80 m en la biomasa (2.0 kg/ha) y a los 20 m en número de individuos (158.9 ind/ha).

La temperatura de la masa de fondo presentó un descenso en función a la profundidad, con una variación máxima entre los valores promedio de 10.6°C, siendo la temperatura media más baja de 16.7°C a 80 m y la más alta de 27.1°C a los 20 m. La salinidad presentó homogeneidad entre los estratos y una fluctuación total de los valores promedio de los estratos menor que 1 ppm.

Crucero DEM III

Durante este crucero, el patrón de distribución de las abundancias se modificó en relación con los anteriores, ya que la mayor abundancia de organismos se localizó a los 40 m (1616 ind/ha) y la mayor biomasa a los 20 m (17.52 kg/ha); esto evidencia un corrimiento de la fauna béntica hacia zonas más someras y a una posible recomposición de la comunidad, ya que durante este crucero las mayores abundancias de organismos no corresponden a las mayores biomásas.

La temperatura de fondo se relacionó inversamente con la profundidad, y la fluctuación entre los valores promedio fue de 4.5°C. La temperatura media menor fue de 15.5°C a los 80 m y la mayor de 21°C a los 20 m. La salinidad presentó homogeneidad entre profundidades, con una variación máxima de los valores promedio menor que 1 ppm.

La concentración de oxígeno disuelto de la masa de fondo presentó una disminución con la profundidad (fig. 4), con un valor máximo de 4 g/mL a los 20 m y mínimo de 0.7 g/mL a los 80 m. La capa de oxígeno mínimo (<1 g/mL) se localizó entre los 70 y 80 m de profundidad.

Comparación de los tres cruceros

No se encontraron diferencias significativas en las abundancias, tanto en número de organismos como en biomasa (tabla 1), entre los cruceros; no así entre las profundidades, donde las diferencias fueron significativas. En ambos

áreas and a possible recomposition of the community, since the greatest abundance of organisms does not correspond to the greatest biomass.

Bottom water temperature was inversely related to depth and the fluctuation among the average values was 4.5°C. The lowest average temperature was 15.5°C at 80 m, and the highest was 21°C at 20 m. Salinity was homogeneous through depth, with a maximum variation of less than 1 ppt among the average values.

The concentration of dissolved oxygen of the bottom water decreased with depth (fig. 4), with a maximum value of 4 g/mL at 20 m and a minimum of 0.7 g/mL at 80 m. The minimum oxygen layer (<1 g/mL) was located between 70 and 80 m depth.

Comparison of the three cruises

No significant differences were found in the abundance, either in number of organisms or biomass (table 1), among the cruises; however, there were significant differences in the depths. In both cases, significant differences were found among the combinations of levels of the two factors, indicating interaction; a similar behavior is established in abundance with respect to depth during cruises DEM I and DEM II, which differs from the bathymetric distribution pattern of abundance of DEM III (fig. 2).

It was possible to establish relationships between the abundance indexes and the environmental variables with the numerical classification method (fig. 5), in such a way that the similarity observed explains the behavior patterns of the invertebrate fauna within the variation range of a hydroclimatic cycle. Due to the minimum variation in salinity and the fact that dissolved oxygen was estimated for only one cruise, the analysis only considered the temperature of the bottom water. A greater correlation was observed between biomass and number of organisms during DEM I and DEM II, as well as a greater affinity between the first two cruises than with DEM III. The temperature of the bottom water, which was similar during the three cruises (the

Tabla 1. Análisis de varianza de la abundancia de la bentofauna de fondos blandos de la plataforma continental de Jalisco y Colima.

Table 1. Analysis of variance of the abundance of the soft-bottom benthic fauna of the continental shelf off Jalisco and Colima.

(a) En función de la biomasa por hectárea

Efectos principales	Suma de cuadrados	g.l.	F	Probabilidad
Crucero	3.82	2	2.03	0.13
Profundidad	27.74	3	9.84	<0.001
Interacción				
Crucero-profundidad	31.70	6	5.62	0.0001
Error	67.64	72		
Total	130.91	83		

(b) En función del número de individuos por hectárea

Efectos principales	Suma de cuadrados	g.l.	F	Probabilidad
Crucero	8.30	2	3.01	0.55
Profundidad	31.81	3	7.68	0.0002
Interacción				
Crucero-profundidad	39.76	6	4.82	0.0004
Error	99.30	72		
Total	179.18	83		

casos, se comprobó la existencia de diferencias significativas entre combinaciones de niveles de los dos factores, lo que permitió determinar la existencia de interacción, donde se establece un comportamiento similar de la abundancia con respecto a la profundidad durante los cruceros DEM I y DEM II, que difiere del patrón de distribución batimétrico de las abundancias de DEM III (fig. 2).

La utilización del método de clasificación numérica (fig. 5) permitió establecer las relaciones entre los índices de abundancia y las variables ambientales, de tal forma que la similitud encontrada explica los patrones de comportamiento de la fauna de invertebrados en el marco de variación de un ciclo hidroclimático. Debido a la mínima variación de la salinidad y a que solamente para un crucero se pudo contar con información de oxígeno disuelto, el análisis

opposite of depth), also indicated greater similarity between the two first cruises. A direct relationship between abundance and temperature was only observed for DEM III, since the relationship observed for DEM I and II with temperature was not linear.

DISCUSSION

The differential pattern of bathymetric distribution of the demersal fauna has been confirmed in this study and reinforces that established in other studies for this and other areas of the world (Williams, 1968; Wenner *et al.*, 1979; MacManus, 1986; Pauly, 1988; Acal and Arias, 1990; González-Sansón *et al.*, 1997). Despite the spatial heterogeneity of this type of resource, due to a strong aggregating behavior (González-Sansón *et al.*, 1997), two unique

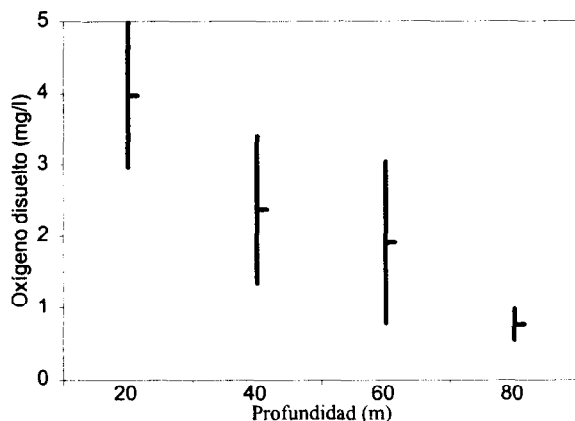


Figura 4. Valores medios de la concentración de oxígeno disuelto de la masa de fondo durante el crucero DEM III.

Figure 4. Mean values of the dissolved oxygen concentration of the bottom water during cruise DEM III.

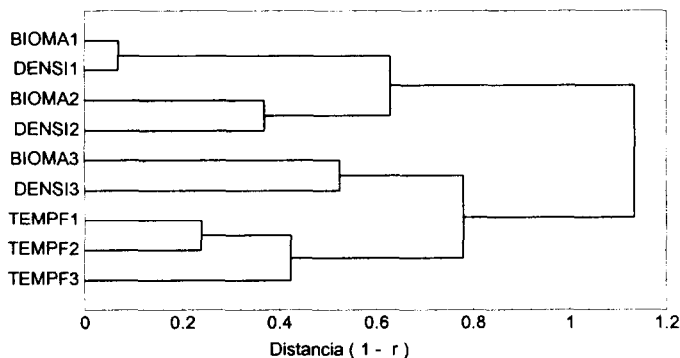


Figura 5. Dendrograma resultante del análisis de correlación entre las variables de abundancia y la temperatura de la masa de agua de fondo. BIOMA 1, 2 y 3 corresponden a la abundancia en kilogramos por hectárea para los tres cruceros; DENSI 1, 2 y 3 son los valores de abundancia en número de individuos por hectárea para los tres cruceros; TEMPF 1, 2 y 3 corresponden a la temperatura de la masa de agua de fondo para los cruceros.

Figure 5. Dendrogram of the correlation analysis between the abundance and temperature variables of the bottom water mass. BIOMA 1, 2 and 3 correspond to abundance in kilograms per hectare for the three cruises; DENSI 1, 2 and 3 are the abundance values in number of individuals per hectare for the three cruises; TEMPF 1, 2 and 3 correspond to the temperature of the bottom water mass during the cruises.

sólo consideró a la temperatura de la masa de fondo. Se observó una mayor correlación entre la biomasa y el número de organismos durante DEM I y DEM II, así como también una mayor afinidad entre los dos primeros cruceros que con DEM III. La temperatura de la masa de fondo, cuyo comportamiento fue similar en los tres cruceros (inverso a la profundidad), también mostró una mayor similitud entre los dos primeros cruceros. Una relación directa entre la abundancia y la temperatura sólo se observó para el DEM III, ya que la relación observada de DEM I y II con la temperatura no es lineal.

DISCUSIÓN

El patrón diferencial de distribución batimétrico de la fauna demersal ha sido confirmada por el presente trabajo y refuerza lo establecido en otros estudios para éste y otros lugares del mundo (Williams, 1968; Wenner *et al.*, 1979; MacManus, 1986; Pauly, 1988; Acal y Arias, 1990; González-Sansón *et al.*, 1997). A pesar de la heterogeneidad espacial de este tipo de recursos, debido al fuerte comportamiento de agregación (González-Sansón *et al.*, 1997), se identificó la existencia de dos estructuras únicas estacionales de la comunidad de invertebrados, al comprobar la similitud en DEM I y DEM II de los patrones de distribución espacial de la abundancia, tanto en número de individuos como en biomasa, ya que la mayor abundancia se presentó a los 60 m y durante DEM III, a los 20 y 40 m; esto indica un desplazamiento de la comunidad hacia zonas someras durante el efecto de la Corriente de California en la zona. Además, la temperatura de la masa de agua de fondo también presentó una mayor correlación entre los dos primeros cruceros (DEM I y II), indicando una homogeneidad ambiental cuyas características principales tienen una afinidad tropical.

Las profundidades con mayor abundancia presentaron temperaturas promedio de 21°C, 20°C y 21–19°C durante los tres cruceros, respectivamente. Esto podría indicar una estrecha preferencia por la temperatura y propiciaría los desplazamientos batimétricos encontrados a lo largo del año. Sin embargo, no sólo

seasonal structures were identified in the invertebrate community, upon establishing similarity in the spatial distribution patterns of abundance in DEM I and DEM II, both in number of individuals and biomass, since the greatest abundance occurred at 60 m and during DEM III at 20 and 40 m; this indicates a displacement of the community towards shallower areas during the effect of the California Current in the area. The temperature of the bottom water also showed greater correlation between the first two cruises (DEM I and II), indicating environmental homogeneity, with principal characteristics that are of tropical affinity.

The depths with greatest abundance had average temperatures of 21°C, 20°C and 21–19°C during the three cruises, respectively. This could indicate a close preference for temperature and cause the bathymetric displacements observed throughout the year. However, thermal preference alone does not determine the distribution of the community, since according to García and Le Reste (1987) some species of decapod crustaceans show periodic bathymetric displacements in close relation to fluctuations in the thermocline. Based on the thermal behavior of the water mass in the tropical Mexican Pacific (Pacheco, 1991) and on some information on thermal profiles obtained by us, a similar displacement in the thermocline and maximum abundance was observed throughout the year. During the period of convergence and of the effect of the North Equatorial Counter-current (DEM I and II), the thermocline is deep (between 50 and 100 m), and during the influence of the California Current (DEM III), the thermocline displaces towards the surface until almost disappearing (10–30 m). As the exact location of the thermocline cannot be determined, it is not possible to establish its relationship with the invertebrate community, since strategically speaking, the greatest abundance could be located under the thermocline.

Even though the availability of dissolved oxygen is known to be a limiting factor in the distribution of benthic organisms (Hendrickx, 1995), our results only indicated that the greatest abundance of invertebrates was located between the values of 2.4 and 4 mg/L, and that

la preferencia térmica podría determinar la distribución de la comunidad, ya que según García y Le Reste (1987), algunas especies de crustáceos decápodos presentan desplazamientos batimétricos periódicos en estrecha relación con las fluctuaciones de la termoclina. De acuerdo con el comportamiento térmico de la masa de agua en el Pacífico tropical mexicano (Pacheco, 1991) y con alguna información de perfiles térmicos obtenidos por nosotros, se observó un desplazamiento similar de la termoclina y las abundancias máximas a lo largo del año. Es decir, durante el periodo de la convergencia y del efecto de la Contracorriente Norecuatorial (DEM I y II), la termoclina se encuentra profunda (entre 50 y 100 m), y durante la época de la influencia de la Corriente de California (DEM III), la termoclina se desplaza hacia la superficie hasta casi desaparecer (10–30 m). La imposibilidad de determinar con precisión la ubicación de la termoclina impide establecer la relación que guarda con la comunidad de invertebrados, ya que estratégicamente, las mayores abundancias podrían localizarse por debajo de la termoclina.

Si bien se sabe que la disponibilidad del oxígeno disuelto es un factor limitante en la distribución de los organismos bentónicos (Hendrickx, 1995), nuestros resultados sólo encuentran que la mayor abundancia de los invertebrados se localizó entre los valores de 2.4 y 4 mg/L, y que a la profundidad de la capa de mínimo oxígeno, las abundancias tienden a disminuir.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto sigue teniendo como única fuente de financiamiento a la Universidad de Guadalajara y se desarrolla en el marco del permiso SEMARNAP No. 150995-214-03. Agradecemos a la eficiente tripulación del barco de investigación pesquera *BIP V* su amplia colaboración y paciencia, a todos los compañeros del Proyecto Demersales su incondicional participación en todo el proceso de muestreo y a los compañeros del Programa de Tortugas Marinas su desinteresada participación.

abundance tends to decrease at the depth of the minimum oxygen layer.

ACKNOWLEDGEMENTS

This project is financed solely by the University of Guadalajara, SEMARNAP permit No. 150995-214-03. Our thanks to the crew of the *R/V BIP V* for their help and patience, to our colleagues of the Proyecto Demersales for their unconditional participation during the samplings and to our colleagues of the Programa de Tortugas Marinas for their collaboration.

English translation by Jennifer Davis.

REFERENCIAS

- Acal, D.E. y Arias, A. (1990). Evaluación de los recursos demerso-pelágicos vulnerables a redes de arrastre de fondo en el sur del Pacífico de México. *Ciencias Marinas*, 16(3): 93–129.
- 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. *Ciencias Marinas*, 22(4): 469–481.
- Amezcu-Linares, A. (1985). Recursos potenciales de peces capturados con redes camaroneras en la costa del Pacífico de México. Cap. 2. En: A. Yáñez-Arancibia (ed.), *Recursos Pesqueros Potenciales de México: La pesca acompañante del camarón*. Prog. Univ. de Alimentos, Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Inst. Nal. de Pesca. UNAM, México, DF, pp. 39–49.
- Amezcu-Linares, A. (1996). Peces Demersales de la Plataforma Continental del Pacífico Central de México. ICML, UNAM. CONABIO-ICML, UNAM, México, 184 pp.
- Chávez, H. y Ramos, R. (1974). Informe de las actividades de pesca exploratoria efectuadas con el barco *Louis Aubriere*, en aguas nacionales del Pacífico, durante 1968 y 1969. INP/SI, México, 122 pp.
- Ehrhardt, N.M., Ramírez, E.M., Arenas, P., Carranza, A., de la Garza, C., Jacquemin, P., Prado de S., P. y Solís, A. (1980). Evaluación de los recursos demersales accesibles a redes de arrastre de fondo en el Golfo de California (Mar de Cortés,

- México), durante 1979. Prog. Inv. y Des. Pesq. Integr. México/PNUD/FAO, 138 pp.
- Ehrhardt, N.M., Ramírez, E.M., Aguilera, P., Jacquemin, P., Lozano, M. y Romo, I. (1982). Evaluación de los recursos demersales accesibles a redes de arrastre de fondo de la plataforma continental de la costa occidental de la península de Baja California, México, durante 1979 y 1980. Prog. Inv. Des. Pesq. Integr. México/PNUD/FAO/INP, Serie Científica (23): 46 pp.
- García, S. y Le Reste, L. (1987). Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros. FAO Doc. Tec. Pesca, (203): 180 pp.
- González-Sansón, G., Aguilar-Palomino, B., Arciniega-Flores, J., García de Quevedo, M.R., Godínez-Domínguez, E., Landa-Jaime, V., Mariscal-Romero, J., Michel-Morfin, 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): 1-18.
- Grande-Vidal, J.M. (1983). Evaluación biotecnológica de los recursos demersales vulnerables a redes de fondo en el Golfo de California, 1978-1980. Ciencia Pesquera. Inst. Nal. de Pesca, México, 4: 97-125.
- Hernández-Carballo, A. (1988). Camarón del Pacífico. Programa de actividades y vinculación institucional. Los recursos pesqueros del país. Secretaría de Pesca, México, pp. 303-312.
- Hendrickx, M.E. (1985). Diversidad de los macroinvertebrados bentónicos acompañantes del camarón en el área del Golfo de California y su importancia como recurso potencial. Cap. 3. En: A. Yáñez-Arancibia (ed.), Recursos Pesqueros Potenciales de México: La pesca acompañante del camarón. Prog. Univ. de Alimentos, Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Inst. Nal. de Pesca. UNAM, México, DF, pp. 95-148.
- Hendrickx, M.E. (1994). Catálogo de crustáceos decápodos y estomatópodos. Colección de referencia, Estación Mazatlán, ICML, UNAM. CONABIO-ICML, UNAM, 134 pp.
- Hendrickx, M.E. (1995). Camarones. 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, Italia, pp. 417-537.
- Hendrickx, M.E. y Toledano-Granados, A. (1994). Catálogo de moluscos pelecípodos, gasterópodos y polioplacóforos. Colección de referencia, Estación Mazatlán, ICML, UNAM. CONABIO-ICML, UNAM, 71pp.
- Landa-Jaime, V., Arciniega-Flores, J., García de Quevedo, M.R., Michel-Morfin, 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.
- MacManus, J.W. (1986). Depth zonation in a demersal fishery in the Samar Sea, Philippines. In: J.L. MacLean, L.B. Dizon and L.V. Hosillos (eds.), The First Asian Fisheries Forum. Asian Fisheries Soc., Manila, Philippines, pp. 420-426.
- Mathews, C.P., Granados, J.L. and Arvizu-Martínez, J. (1974). Results of the exploratory cruises of the Alejandro de Humboldt in the Gulf of California. CalCOFI Tech. Rep., 17: 101-111.
- Pacheco, S.P. (1991). Pacífico tropical mexicano, Cabo Corrientes a la frontera con Guatemala. Oceanografía física. En: E.G. de la Lanza (ed.), Oceanografía de Mares Mexicanos. AGT, México, DF, 569 pp.
- Pauly, D. (1988). Fisheries research and the demersal fisheries of southeast Asia. Chap. 13. In: J.A. Gulland (ed.), Fish Population Dynamics. 2nd ed. John Wiley, Chichester, pp. 329-348.
- Pauly, D. and Murphy G.I. (eds.) (1982). Theory and management of tropical fisheries. ICLARM Conf. Proc., 9: 360 pp.
- Pérez-Mellado, J. y Findley, L.T. (1985). Evaluación de la ictiofauna acompañante del camarón comercial capturado en las costas de Sonora y norte de Sinaloa. Cap. 5. En: A. Yáñez-Arancibia (ed.), Recursos Pesqueros Potenciales de México: La pesca acompañante del camarón. Prog. Univ. de Alimentos, Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Inst. Nal. de Pesca. UNAM, México, DF, pp. 201-254.
- Sparre, P., Ursin, E. and Venema, S.C. (1989). Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. FAO Fish. Tech. Pap., (306.1): 337 pp.
- StatSoft (1994). Statistica. Vol I: Conventions and Statistics. StatSoft Inc., Tulsa, USA, 706 pp.
- Van der Heiden, A.M. (1985). Taxonomía, biología y evaluación de la ictiofauna demersal del Golfo de California. Cap. 4. En: A. Yáñez-Arancibia (ed.), Recursos Pesqueros Potenciales de México: La pesca acompañante del camarón. Prog. Univ. de Alimentos, Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Inst. Nal. de Pesca. UNAM, México, DF, pp. 149-200.

- Wenner, C.A., Barans, C.A., Stender, B.W. and Berry, F.H. (1979). Results of marmap otter trawl investigations in the South Atlantic Bight. III. Summer, 1974. South Carolina Marine Resources Center, Tech. Rep., 41: 62 pp.
- Williams, F. (1968). Report on the Guinean trawling survey. Vols. I, II and III. Publ. Sci. Tech. Res. Comm., Organ. Af. Unity, 99: 1-529, 1-551, 1-600.
- Wyrki, K. (1965). Surface currents of the eastern tropical Pacific Ocean. Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm., IX(5): 271-294.
- Yáñez-Arancibia, A. (1985). Recursos demersales de alta diversidad en las costas tropicales: perspectiva ecológica. Cap. 1. En: A. Yáñez-Arancibia (ed.), Recursos Pesqueros Potenciales de México: La pesca acompañante del camarón. Prog. Univ. de Alimentos, Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Inst. Nal. de Pesca. UNAM, México DF, pp. 17-38.
- Zar, J.H. (1996). Biostatistical Analysis. 3rd ed. Prentice Hall, New Jersey, 662 pp.