

VARIACION TEMPORAL DEL ZOOPLANCTON DE LA BAHIA DE TODOS SANTOS, BAJA CALIFORNIA, MEXICO

TEMPORAL VARIATION OF ZOOPLANKTON IN TODOS SANTOS BAY, BAJA CALIFORNIA, MEXICO

Luis Clemente Jiménez Pérez

Secretaría de Marina
Dirección General de Oceanografía Naval
Estación de Investigación Oceanográfica
Av. Vicente Guerrero 133-Altos
Fraccionamiento Bahía
Ensenada, Baja California, México

Jiménez Pérez, L.C. Variación temporal del zooplancton de la Bahía de Todos Santos, Baja California, México. Temporal variation of zooplankton in Todos Santos Bay, Baja California, Mexico. *Ciencias Marinas*, 15(3): 81-96, 1989.

RESUMEN

Se investigaron las variaciones estacionales de la abundancia y composición del zooplancton de la Bahía de Todos Santos entre marzo de 1986 y febrero de 1987, a lo largo de un transecto hidrográfico. Los análisis estadísticos indicaron que las variaciones costa-altamar no fueron significativas. La principal fuente de variación del zooplancton estuvo representada por eventos estacionales; los datos sugieren que el calentamiento estacional del agua y los fenómenos de surgencia que ocurrieron cerca de la Bahía de Todos Santos fueron los procesos responsables de la alta biomasa y densidad de zooplancton detectada durante la primavera y el verano. Los procesos de depredación por peces y advección horizontal, así como la escasez de nutrientes y fitoplancton pudieron ser los principales factores limitantes del crecimiento poblacional durante el otoño e invierno.

ABSTRACT

Seasonal variations of zooplankton abundance and composition were studied in Todos Santos Bay between March 1986 and February 1987, along a hydrographic line. The statistical analyses carried out showed that nearshore-offshore zooplankton variations were not significant. The main source of zooplankton variability was represented by seasonal events; the data suggest that seasonal warming and coastal upwellings occurring near Todos Santos Bay were the processes responsible for the high zooplankton biomass and density values detected during the spring and summer conditions. Fish predation, horizontal advection and scarcity of nutrients and phytoplankton could be the factors limiting population growth during autumn and winter.

INTRODUCCION

En las aguas costeras mexicanas de la región de la Corriente de California se han realizado pocos estudios de zooplancton. Entre ellos están los de Castro-Barrera (1982),

INTRODUCTION

Few studies on zooplankton ecology have been carried out along the Mexican coast of the California Current region. Among these are the works of Castro-Barrera (1982), Jimé-

Jiménez-Pérez *et al.* (1985), Alfonzo-Hernández *et al.* (1987) y las tesis no publicadas de Castro-Longoria (1986) y Castro-Longoria (1987). En general, es posible señalar que a pesar de los intentos por investigar las características del zooplancton costero regional, se tiene un pobre conocimiento de sus niveles de abundancia, composición taxonómica y variaciones espacio-temporales, y se desconoce la naturaleza de los factores que producen estas variaciones.

En este estudio se analizan los cambios estacionales y la variabilidad costa-altamar de la abundancia del zooplancton a lo largo de una línea hidrográfica; los principales objetivos son identificar los rasgos estructurales más sobresalientes del zooplancton, sus posibles fuentes de variabilidad y los factores que determinan estas variaciones. Además, para investigar el papel de la Bahía de Todos Santos como una zona de importancia en los procesos de alimentación y crecimiento de las larvas de peces, las estimaciones de biomasa y abundancia numérica del zooplancton son comparadas con los valores reportados en otras áreas geográficas cercanas, por la utilidad de estos parámetros como indicadores de la productividad relativa de un sistema (Cushing, 1975; Kelly y Dragovich, 1967).

MATERIALES Y METODOS

Entre marzo de 1986 y febrero de 1987 se colectaron muestras mensuales del zooplancton de la Bahía de Todos Santos, Baja California. Las muestras fueron colectadas haciendo lances verticales de 10m de profundidad a la superficie a lo largo de un transecto de 10km de longitud en cinco estaciones ubicadas a 1, 3, 6, 8 y 10 km de la costa (Fig. 1).

En cada estación hidrográfica se colectaron muestras de zooplancton utilizando una red estándar de 40cm de diámetro de boca y 0.300mm de luz de malla, equipada con un contador de flujo. Para estimar la biomasa, se hizo un arrastre superficial horizontal de cinco minutos en la región central de la Bahía. La abundancia de las larvas de copépodos, fue estimada haciendo muestreos de microzooplancton con una red estándar de 25cm de diámetro de boca y 0.075mm de luz de malla. Debido a la pérdida de la red, estos organis-

nez-Pérez *et al.* (1985), Alfonzo-Hernández *et al.* (1987), and the unpublished theses of Castro-Longoria (1986) and Castro-Longoria (1987). In general, it is possible to point out that despite attempts to study the main structural features of the coastal zooplankton communities, only limited information is available regarding their abundance, taxonomic composition, onshore-offshore distribution and seasonal variations.

In this study, the seasonal changes and onshore-offshore distribution of the zooplankton community structure, along a hydrographic line, are analyzed. The main objectives are to identify the main features of the zooplankton community, their seasonal variability and the factors determining them. Moreover, in order to study the role of Todos Santos Bay as a potential feeding and growing zone for fish larvae, the estimations of the zooplankton abundance are compared with values reported for other neighboring systems, because of the utility of this parameter as an indicator of the relative productivity in pelagic ecosystems (Cushing, 1975; Kelly and Dragovich, 1967).

MATERIALS AND METHODS

From March 1986 to February 1987 zooplankton tows were carried out during a monthly sampling program in Todos Santos Bay. Zooplankton samples were collected making 0-10m deep vertical tows along a hydrographic line (31° 50' N) at five stations located 1, 3, 6, 8 and 10 km from the shore (Fig. 1). At each station, a 40cm mouth diameter standard net with 0.300mm mesh was used to collect the samples.

In order to estimate the abundance of copepod larvae, microzooplankton samples were also collected making 0-5m deep vertical tows, using a 25cm mouth diameter standard net with 0.075mm mesh size; however, due to the loss of the net, the microzooplankton was only sampled between March and October. The biological material was preserved with a 10% buffered formaldehyde solution.

In the laboratory, zooplankton abundance and taxonomic composition were recorded. The samples collected were poured

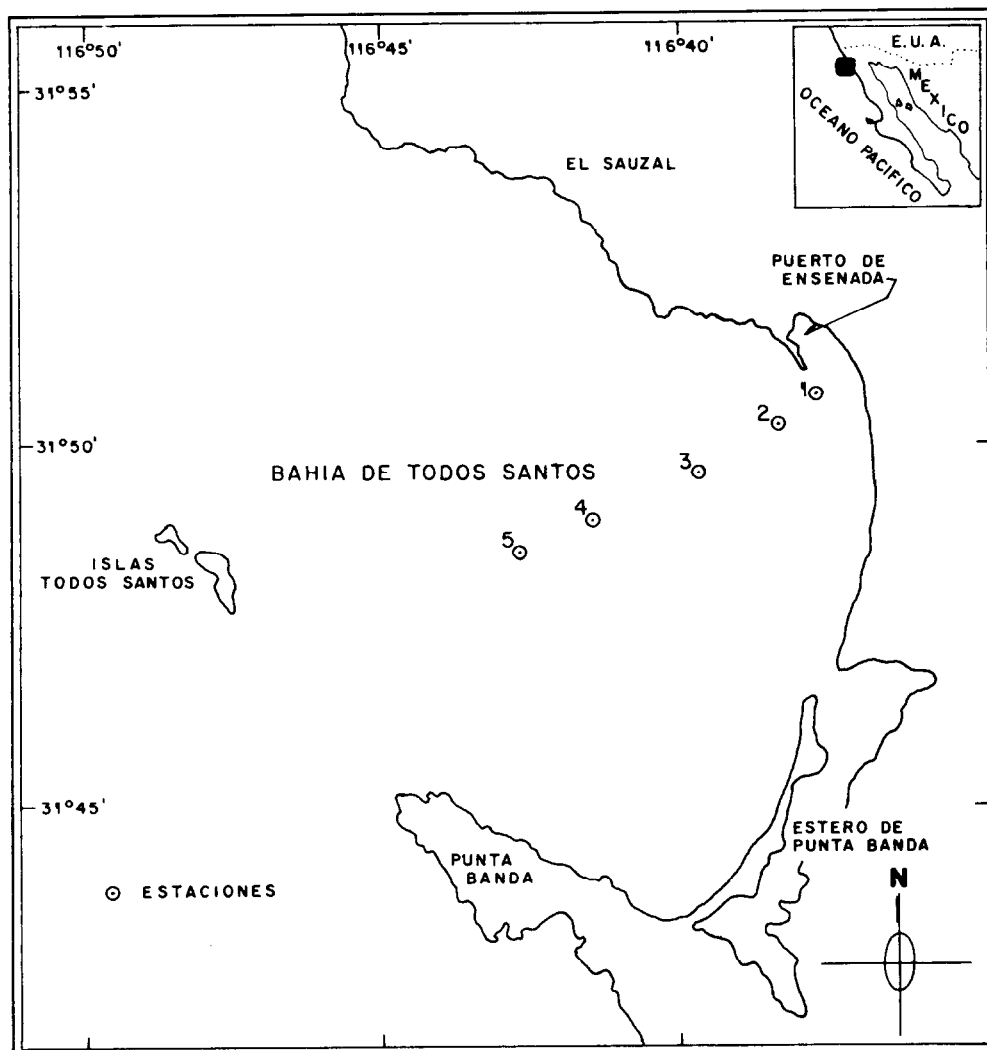


Figura 1. Mapa de la Bahía de Todos Santos mostrando la ubicación de las cinco estaciones de muestreo.

Figure 1. Map of Todos Santos Bay showing the five sampling stations.

mos sólo fueron muestreados durante el período comprendido entre marzo y octubre. Las muestras fueron preservadas con formaldehído al 10% neutralizado con borato de sodio.

En el laboratorio se determinó la abundancia y composición taxonómica del zooplancton y se cuantificaron las larvas de copépodos. Las muestras colectadas en los lances verticales fueron vertidas en recipientes graduados de 200ml, y de este volumen se obtuvieron submuestras utilizando una pipeta

into 200ml graduated beakers and three aliquots were removed with a 5ml Stempel pipette, after suspending the animals by agitation with a small spatula. The organisms were counted with the aid of a binocular dissecting microscope at 25 x magnification. In general, systematic identifications were done at the level of highest taxa; identification at species level was carried out only for copepods, using a compound microscope to observe the smaller parts of the organism's anatomy.

Stempel de 5ml, después de haber suspendido los organismos por agitación con una pequeña espátula. Se analizaron tres submuestras de cada colecta. Los organismos fueron contados e identificados con la ayuda de un microscopio estereoscópico con 25 aumentos; en general, las identificaciones fueron hechas a nivel de grupos planctónicos, pues sólo se hicieron identificaciones a nivel de especie en los copépodos, utilizando un microscopio compuesto para observar las estructuras más finas, cuando fue necesario. Las estimaciones de la biomasa del zooplancton se hicieron utilizando el método del volumen desplazado (Kramer *et al.*, 1972).

Para identificar las fuentes de variación en espacio y tiempo del zooplancton se realizaron análisis de varianza paramétrico, con los valores de densidad de zooplancton total, de los grupos taxonómicos por separado y de las principales poblaciones de copépodos. Los datos de densidad de zooplancton se ajustaban a una distribución normal, pero no cumplían con la condición de homogeneidad de varianzas. Por esta razón, los datos fueron transformados utilizando la transformación logarítmica ($x + 1$); se verificó que los logaritmos de los datos cumplieran con las condiciones de normalidad e igualdad de varianzas, utilizando las pruebas estadísticas de Kolmogorov-Smirnov y Bartlett, respectivamente.

RESULTADOS

Los datos de las variables ambientales de las aguas de la Bahía mostraron la existencia de claro, calentamiento estacional. En marzo el promedio de la temperatura del agua superficial fue de 16°C, pero posteriormente se detectó un incremento gradual hasta alcanzar el máximo de 22.14°C en septiembre; después la temperatura mostró una disminución que alcanzó el mínimo de 13.18°C en enero (Fig. 2a). La salinidad del agua superficial varió entre 33.00 y 34.00 ppm (Fig. 2a).

Los resultados del análisis cuantitativo de las muestras de zooplancton mostraron que en promedio, los valores detectados entre mayo y agosto fueron relativamente altos alcanzando valores mayores de 10,000 ind/m³ en varias estaciones. Durante septiembre y

In order to analyze the onshore-offshore zooplankton distribution and their seasonal variations, variance analyses were carried out separately on density data of the total zooplankton, the main taxonomic groups and on each of the main copepod populations. The zooplankton abundance data were normally distributed. However, as the statistical condition of independent mean and variance was not fulfilled, data were converted to $\text{Log}(x + 1)$ to decorrelate the mean and standard deviation; it was verified that the logarithms of the data were fulfilled with the hypothesis of normality and statistical independence, using the Kolmogorov-Smirnov and Bartlett tests, respectively.

RESULTS

The hydrographic data show the existence of a clear seasonal warming. In March, the average water temperature was 16°C, but a gradual increase was detected afterwards, reaching a maximum value of 24.0°C in September. The water temperature then began to decrease reaching a minimum of 13.18°C in January (Fig. 2a). The surface water salinity ranged from 33.00 to 34.00 ppm (Fig. 2a).

The quantitative zooplankton analysis shows that zooplankton density was high during May, July and August, recording values higher than 10,000 ind/m³ in several stations. During September and October the zooplankton abundance decreased, reaching averages of 3,000 ind/m³; during November a slight increase was detected, but after this month, the zooplankton abundances tended to decrease until reaching their lowest abundances during winter, showing values usually lower than 1,000 ind/m³ (Fig. 2b).

The monthly average of the zooplankton density ranged from 835 to 9,696 ind/m³ (Table I), while the biomass ranged from 0.08 to 0.78 ml/m³. Copepods were the most abundant taxa, particularly at stations 3 and 4 in May, stations 4 and 5 in July and at all stations sampled in August (Fig. 3).

The abundance of copepod larvae was low between March and April, recording averages of almost 10,000 larvae/m³. How-

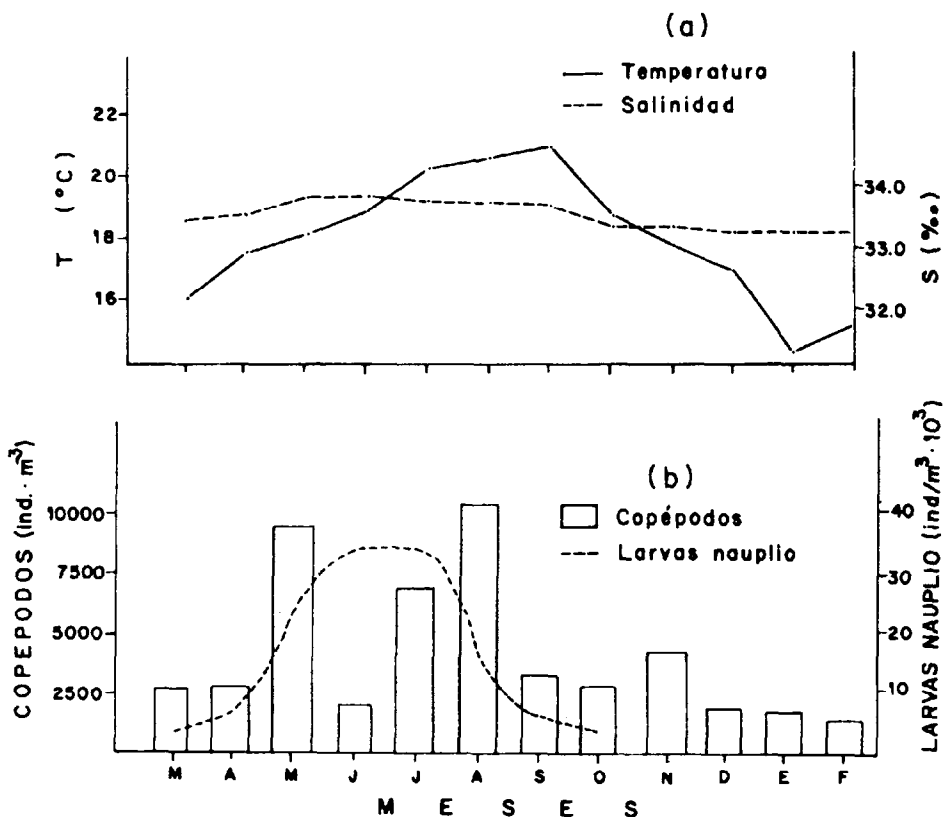


Figura 2. Variación estacional de la salinidad y temperatura del agua superficial (a) y densidad de zooplancton (b) en la Bahía de Todos Santos, entre marzo de 1986 y febrero de 1987.

Figure 2. Seasonal variations in surface water temperature and salinity (a) and zooplankton density (b) in Todos Santos Bay from March 1986 to February 1987.

octubre la abundancia empezó a disminuir hasta llegar a presentar un promedio de 3,000 ind/m³, pero en noviembre se detectó un ligero aumento; después, la abundancia tendió a disminuir hasta alcanzar sus valores más bajos durante el invierno, presentando valores usualmente menores de 1,000 ind/m³ (Fig. 2b).

Los valores de densidad de zooplancton variaron entre 835 y 9,696 ind/m³ (Tabla I), mientras que la biomasa varió entre 0.08 y 0.78 ml/m³. Los copépodos fueron el grupo más abundante, particularmente en las estaciones 3 y 4 del mes de mayo, 4 y 5 de julio y en todas las estaciones muestreadas en agosto (Fig. 3).

ever, a strong increase was detected in May reaching an average of 22,000 larvae/m³. The maximum values were registered during June and July, averaging 35,000 larvae/m³. In August the copepod larvae abundance shows a small decrease, recording an average of 16,000 larvae/m³; during September and October their abundance only averaged 8,000 and 5,000 larvae/m³, respectively.

Other relatively abundant components among the holoplanktonic forms were chaetognaths, siphonofores, medusae and appendicularians (Table I). Chaetognaths were mainly abundant during September and siphonofores during August; both groups seem to have the same seasonal pattern, increasing their abundance during the maximum of

Tabla I. Abundancia mensual promedio de los principales grupos holoplanctónicos de la Bahía de Todos Santos.
Table I. Monthly averaged abundance of the main holoplanktonic groups in Todos Santos Bay.

Holoplancton	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.
Medusas	66	63	30	10	33	120	12	103	145	41	30	77
Sifonóforos	107	40	5	6	37	430	25	43	121	21	13	2
Quetognatos	98	135	148	43	143	212	326	45	145	30	23	25
Cladoceros	5	1	8	--	60	604	5	26	65	15	38	99
Copépodos	1,833	2,243	9,304	1,668	6,004	7,754	2,762	2,021	2,822	1,217	616	1,114
Anfípodos	--	--	--	--	2	--	--	--	--	--	--	--
Isópodos	--	+	+	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Misidáceos	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	+	--
Eufásidos	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4	--	--
Apendicularias	289	28	63	278	337	576	56	197	241	100	113	65
Doliolidos	--	--	--	--	--	--	--	253	98	40	2	4
Ctenóforos	--	--	--	--	--	1	--	--	--	--	--	--
TOTAL	2,398	2,510	9,558	2,005	6,616	9,697	3,186	2,688	3,637	1,468	835	1,386

+ = Valores menores de 1.

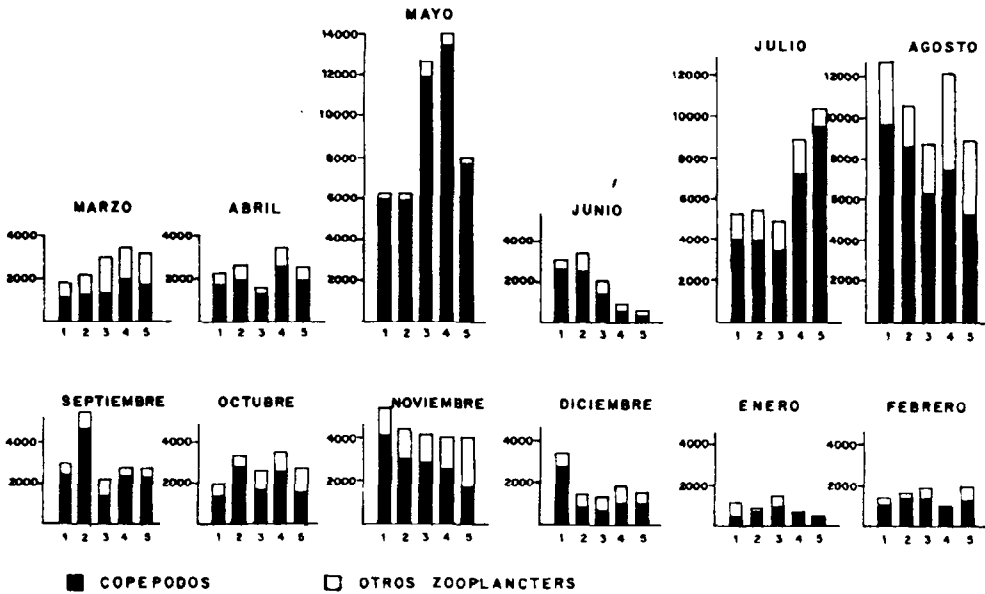


Figura 3. Densidad de los copépodos pelágicos de la Bahía de Todos Santos en relación con la densidad del zooplancton total.

Figure 3. Density of the pelagic copepod of Todos Santos Bay, in relation to total zooplankton density.

La abundancia de larvas de copépodos fue baja durante marzo y abril, alcanzando un promedio de 10,000 larvas/m³ pero en mayo se presentó un fuerte incremento, registrándose una densidad promedio de 22,000 larvas/m³. Los valores de máxima densidad de larvas se detectaron en junio y julio llegando a detectarse en ambos meses una densidad promedio de 35,000 larvas/m³ (Fig. 2b). En agosto su abundancia presentó una ligera disminución, mostrando un promedio de 16,000 larvas/m³; en septiembre y octubre se detectaron valores de 8,000 y 5,000 larvas/m³, respectivamente.

Otros componentes abundantes del holoplancton fueron los quetognatos, sifonóforos, medusas y apendicularias (Tabla I). Los quetognatos fueron principalmente abundantes durante septiembre y los sifonóforos durante agosto, ambos presentaron una tendencia a aumentar el tamaño de sus poblaciones en las épocas de mayor abundancia de copépodos. Las apendicularias presentaron sus valores más altos entre junio y agosto, con un pequeño incremento en noviembre. Las

zooplankton abundance. The apendicularians had their maximum abundance during the June-August period, with small increases during November. Medusae show small peaks during March, April, August and November. Cladocerans were important during July and August, *Podon polyphemoides* and *Evadne tergestina* being the main populations. Doliolidae were abundant during October.

Some meroplanktonic forms were also abundant in Todos Santos Bay, the bryozoan larvae being the most important in terms of relative abundance (Fig. 4). Other abundant larval forms were those belonging to the cirripedia, decapoda and eufausiid groups (Table II).

The results of the variance analyses showed that seasonal variations in density of total zooplankton, copepods, chaetognaths, siphonofores, apendicularians and medusae were highly significant ($p > 0.05$; Table III). Some onshore-offshore variations in zooplankton abundance were detected along the

Tabla II. Abundancia mensual promedio de los principales grupos meroplanktónicos de la Bahía de Todos Santos.
Table II. Monthly averaged abundance of the main meroplanktonic groups in Todos Santos Bay.

Meroplancton	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.
Poliquetos	6	1	6	--	3	33	8	--	2	--	8	4
Gastrópodos	29	10	28	8	50	186	2	2	24	15	4	4
Cirripedios	32	57	14	2	18	105	53	4	40	--	4	15
Bivalvos	--	--	--	--	--	20	--	--	2	5	--	--
Decápodos	32	23	26	21	28	46	38	10	50	--	4	8
Estomatópodos	--	--	--	--	1	--	1	--	--	--	--	--
Equinodermos	3	--	--	--	--	33	5	--	13	18	27	41
Broazoarios	112	57	85	29	284	509	101	129	627	393	143	73
Peces Huevos	6	3	38	15	23	43	2	11	21	7	1	8
Peces Larvas	--	11	--	3	18	13	4	9	7	4	--	2
Eufásidos	117	2	--	25	16	155	--	5	62	51	4	60
TOTAL	337	160	197	103	440	1,143	214	170	848	493	195	215

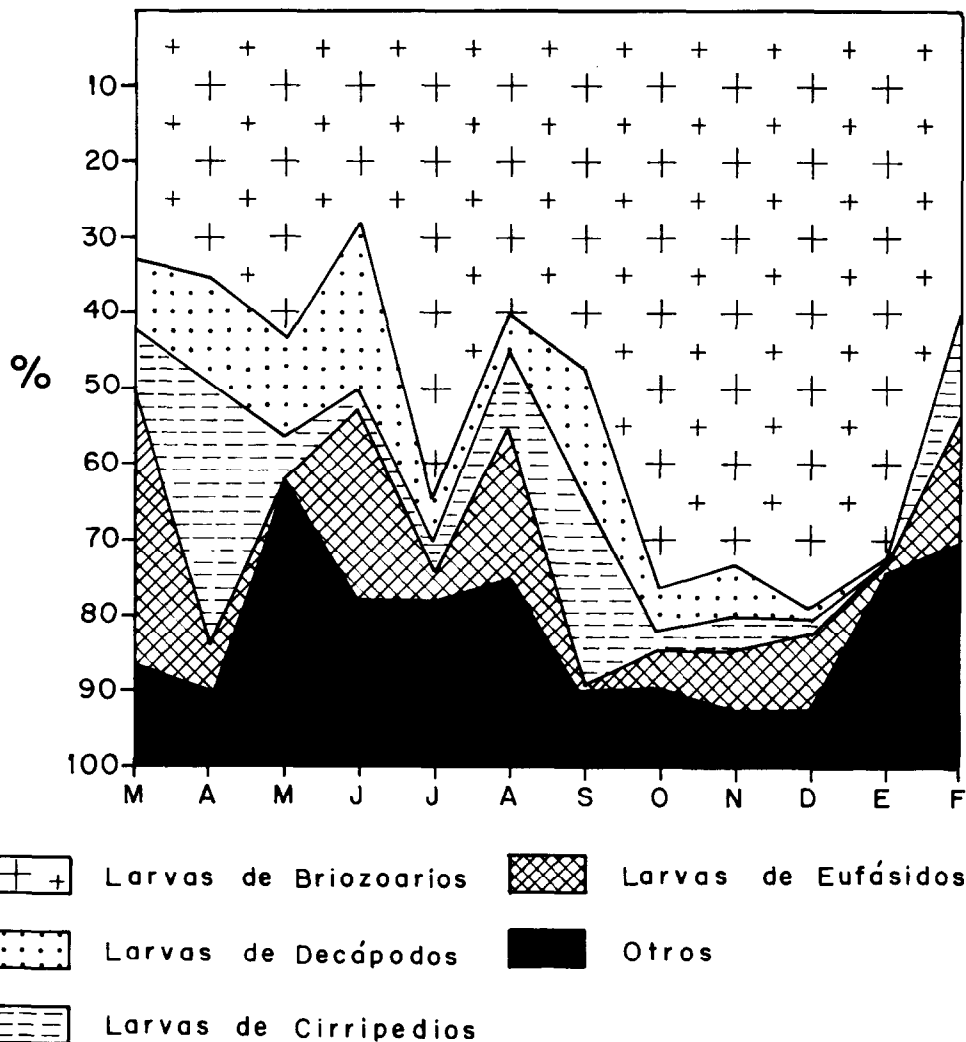


Figura 4. Variación estacional del porcentaje de los diferentes grupos meroplanktónicos de la Bahía de Todos Santos.

Figure 4. Seasonal variation in the percentage of different meroplanktonic groups in Todos Santos Bay.

medusas, aunque menos abundantes, también presentaron pequeños incrementos durante marzo, abril, agosto y noviembre.

Los cladoceros fueron más abundantes durante julio y agosto, siendo *Podon polyphemoides* y *Evadne tergestina* las principales poblaciones. Los doliolidos también presentaron valores de densidad relativamente altos en octubre.

transect; however, they were not significant within the limits of the analyses which were performed.

Fifteen species and two additional genera of free-living copepods were identified in the plankton samples collected in Todos Santos Bay (Table IV). Eleven of these belong to the Order Calanoida, five to the Order Cyclopoide and only one to the Order

Tabla III. Parámetros estadísticos (F) y porcentajes de variación resultantes de los análisis de varianza en las diferentes categorías taxonómicas del zooplancton de la Bahía de Todos Santos.
Table III. Statistical parameters (F) and percentage of variability for the various zooplankton categories in Todos Santos Bay.

Taxa	F	Fuente de Variación	
		Tiempo	Espacio
Zooplancton total	20.34	84.49	15.51
Copépodos	21.41	80.40	19.60
<i>Acartia tonsa</i>	19.49	78.70	21.30
<i>Paracalanus parvus</i>	22.93	91.40	8.60
<i>Calanus pacificus</i>	5.96	49.71	50.29
<i>Corycaeus anglicus</i>	13.03	70.63	29.37
<i>Labidocera trispinosa</i>	8.52	70.45	29.55
Medusas	3.59	41.79	58.21
Quetognatos	4.84	36.16	63.84
Sifonóforos	11.60	68.00	32.00
Apendicularias	7.69	57.00	43.00
F ₉₅ (11,48) = 2.02		F ₉₉ (11,98) = 2.78	

Algunas formas del meroplancton también fueron abundantes, siendo las larvas de briozoarios las más importantes en términos de densidad relativa (Fig. 4). Otras formas larvales que también presentaron valores relativamente altos fueron las larvas de cirripedios, de crustáceos decápodos y de eufáusidos (Tabla II).

Los resultados de los análisis de varianza mostraron que tanto las variaciones temporales del zooplancton total como de copépodos, quetognatos, sifonóforos, apendicularias y medusas, fueron significativas (Tabla III); sin embargo, las variaciones costa-altamar no fueron significativas dentro de los límites de los análisis realizados.

Harpacticoida. The Order Calanoida contained the greatest number of individuals averaging approximately 78.42% of all copepods. The Cyclopoid ranked second with 21.39%, and the Harpacticoids were only 0.19% of all copepods. The calanoid copepods *Acartia tonsa*, *Paracalanus parvus*, *Labidocera trispinosa* and the cyclopoid *Corycaeus anglicus* and *Oithona* spp. were the most abundant species; however, important populations of *Calanus pacificus* were also registered during summer. Some organisms of tropical species such as *Mecynocera clausi* and *Pleuromamma gracilis* were captured during winter.

DISCUSSION

Some studies have shown that even when the samplings are made under optimal

Tabla IV. Lista preliminar de los copépodos de la Bahía de Todos Santos.
Table IV. A preliminar list of the pelagic copepods in Todos Santos Bay.

	Meses											
	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F
Orden Calanoida												
<i>Calanus pacificus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>Acartia tonsa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Paracalanus parvus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Labidocera trispinosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
<i>L. jollae</i>	-	-	+	-	+	+	-	+	-	+	-	-
<i>Mecynocera clausi</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+
<i>Pleuromamma gracilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Tortanus discaudatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Ctenocalanus vanus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Eucalanus californicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Scolecithicella dentata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Orden Ciclopoida												
<i>Corycaeus anglicus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Corycaeus amazonicus</i>	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+
<i>Conaea rapax</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-
<i>Oithona</i> spp.	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Oncaea</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Orden Harpacticoida												
<i>Euterpina acutifrons</i>	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+

+ Presencia.

- Ausencia.

Se identificaron quince especies y dos géneros adicionales de copépodos pelágicos (Tabla IV). Once de ellos pertenecen al Orden Calanoida, cinco al Orden Ciclopoida y solamente uno al Orden Harpacticoida. El Orden Calanoida contuvo el mayor número de individuos, promediando aproximadamente el 78.42% de todos los copépodos. Los ciclopoideos alcanzaron el segundo lugar con 21.39% y los harpacticoides sólo alcanzaron un 0.19%. Los copépodos calanoides *Acartia tonsa*, *Paracalanus parvus* y *Labidocera trispinosa* y los ciclopoideos *Corycaeus anglicus* y *Oithona* spp. fueron los más abundantes,

technical conditions, there are important variations in the estimations of zooplankton abundance that make the interpretation of the data difficult (Bougis, 1976). The results of this study show that the spatial distribution of the zooplankton was highly variable, while onshore-offshore variations were not significant. These findings indicate that seasonal factors were principally responsible for the total zooplankton variability. There is an indication in the data, that suggests that seasonal warming and coastal upwellings could be the major processes determining the zooplankton variability. Increases in zooplankton

pero durante el verano también se registraron importantes poblaciones de *Calanus pacificus* y durante los meses de invierno, algunos individuos de especies tropicales como *Mecynocera clausi* y *Pleuromamma gracilis* fueron capturados.

DISCUSION

Algunas investigaciones sobre los patrones de distribución espacial de plancton han mostrado que aún cuando los muestreos sean realizados bajo condiciones técnicas óptimas, hay variaciones muy importantes en las estimaciones de abundancia, que dificultan la interpretación de los datos (Bougis, 1976). Los resultados obtenidos en esta investigación mostraron que la variabilidad espacial del zooplancton no fue significativa en ninguno de los grupos estudiados, mientras que la variabilidad temporal sí lo fue. Estos resultados sugieren que las principales fuentes de la variabilidad del zooplancton de la Bahía de Todos Santos fueron procesos de naturaleza temporal. Existe una indicación en los datos que sugiere que el calentamiento estacional del agua y la influencia de eventos de surgencia en la zona costera adyacente fueron los principales procesos que originaron las variaciones temporales del zooplancton, pues la detección de valores altos de densidad de zooplancton entre mayo y agosto, concuerda con reportes de la presencia de agua de surgencia en la Bahía de Todos Santos (Mancilla-Peraza y Martínez-García, 1987) y en la región de Punta Banda, Baja California (González-Morales, 1987).

Los bajos valores de zooplancton detectados en junio podrían estar relacionados con fenómenos de advección horizontal hacia mar afuera o con la actividad alimenticia de los peces, pues es muy común que durante esta época de año, cardúmenes de peces planctófagos tales como la anchoveta norteña (*Engraulis mordax*), la macarela del Pacífico (*Scomber japonicus*) y la sardina del Pacífico (*Sardinops sagax caerulea*) entren a la Bahía.

La disminución de la abundancia del zooplancton detectada en septiembre y octubre, así como el ligero incremento detectado en noviembre y la disminución en los meses de invierno, indica la influencia de varios factores. Wickstead (1979) atribuye la

recorded in May and August seem to be associated with intense upwelling events occurring near Todos Santos Bay (Mancilla-Peraza and Martínez-García, 1987) and near Punta Banda (González-Morales, 1987).

Low zooplankton densities and biomass detected during June were probably related to fish feeding activity, since it is very common for schools of planktivorous fish, such as the northern anchovy (*Engraulis mordax*), Pacific mackerel (*Scomber japonicus*) and the Pacific sardine (*Sardinops sagax caerulea*), to enter the Bay during early summer.

The decrease of zooplankton abundance recorded during September and October, as well as the slight increase detected in November and the decrease recorded during winter, indicate the influence of several factors. Wickstead (1979) ascribes the decrease of zooplankton abundance at the end of summer to the depletion of nutrients caused by the phytoplankton activity, and the autumnal increase to the occurrence of a period of atmospheric instability, that mix the water column increasing the level of nutrients. The same author indicates that the winter decrease is caused by the combined effect of the decrease in water temperature and the low radiation intensity, which could suppress the phytoplankton growth.

The increase in the abundance of copepod larvae during summer indicates the occurrence of important spawning by some copepod populations during this period and the decrease recorded since August suggests a possible decrease in size of the adult copepod populations or possible changes in the survival rates of the larvae.

The quantitative data analysis showed that zooplankton biomass was slightly lower than that reported for the Estero de Punta Banda by Jiménez-Pérez and Lara-Lara (in preparation), but it was higher than that reported by Smith (1971) for the coastal waters of the California Current region. The estimations of the zooplankton density were also lower than those recorded for the Estero de Punta Banda by Jiménez-Pérez and Lara-Lara (in preparation). This apparent

disminución del zooplancton a finales del verano, al agotamiento de los nutrientes por la actividad del fitoplancton y el incremento del otoño a la ocurrencia de un período de inestabilidad atmosférica que causa la mezcla de la columna de agua y pone a disposición otros nutrientes; este mismo autor señala que el descenso invernal de la abundancia de las poblaciones zooplanctónicas se debe al efecto combinado de la disminución de la temperatura y la baja incidencia de luz solar llega a suprimir la actividad del fitoplancton.

El incremento en la abundancia de las larvas de copépodos durante los meses de verano en comparación con los valores detectados durante la primavera, indican la ocurrencia de importantes desoves de algunas poblaciones durante este período y la disminución registrada desde agosto sugiere una posible disminución del tamaño de las poblaciones adultas o de las tasas de supervivencia de sus larvas.

El análisis cuantitativo mostró que la biomasa de zooplancton fue ligeramente más baja que la reportada en el Estero de Punta Banda durante la primavera y verano de 1985 (Jiménez-Pérez y Lara-Lara, en preparación), pero fue ligeramente mayor que la reportada en las aguas costeras de latitud similar en la región de la Corriente de California (Smith, 1971). Las estimaciones de densidad zooplanctónica también fueron menores que las detectadas en el Estero de Punta Banda (Jiménez-Pérez y Lara-Lara, en preparación). Esta diferencia en la productividad aparente entre la Bahía y el Estero de Punta Banda, podría ser atribuida a la estrategia de muestreo utilizada, pues mientras que en el Estero se muestreó toda la columna de agua, en la Bahía sólo se muestrearon los primeros 10m.

Los valores de densidad de zooplancton total fueron un orden de magnitud mayores que los valores reportados por Castro-Longoria (1986) y Castro-Longoria (1987) para la Bahía de Todos Santos entre octubre de 1982 y septiembre de 1983. Las diferencias podrían ser explicadas en función del tamaño de la luz de malla de las redes (ellas utilizaron una red con 0.500mm de luz de malla, mientras que nosotros usamos una de

difference in the relative productivity between Todos Santos Bay and the Estero de Punta Banda could be attributed to differences in sampling strategies, since in the Estero the entire water column was sampled, whereas in Todos Santos Bay only the first 10m were sampled.

The density values of total zooplankton were one order of magnitude higher than those reported by Castro-Longoria (1986) and Castro-Longoria (1987) for Todos Santos Bay between October 1982 and September 1983. Differences could be explained in terms of different mesh sizes of the nets used: in the above a mesh size of 0.505mm was used, whereas a 0.300 mesh size was used in this study. However, it is possible that the climatic and oceanographic anomalies recorded in the Eastern Pacific Ocean during 1982 and 1983 (McGowan, 1984; Simpson, 1983), could have affected the zooplankton abundance levels in the Bay.

In general, it can be considered that zooplankton abundance in Todos Santos Bay was low in relation to those recorded for the Estero de Punta Banda in other studies, but it is possible that zooplankton abundance could be higher in both systems, especially if the populations of the small coastal copepods such as *Euterpina acutifrons* are more efficiently sampled.

The zooplankton biomass and density values recorded in Todos Santos Bay were one order of magnitude higher than those reported by Jiménez-Pérez *et al.* (1985) in the near-shore zone of San Quintín Bay. This difference could be attributed to the type of nets used since the San Quintín region was sampled with an opening-closing Clarke-Bumpus net, which has a heavy metallic structure with a smaller mouth diameter (12.4cm) which could favour the avoidance of the most active organisms (Clutter and Anraku, 1968).

Results of the taxonomic analysis showed that the epipelagic zooplankton of Todos Santos Bay is dominated by small organisms and high densities of other relatively big organisms, such as the calanoid copepods *Calanus pacificus* or *Rhincalanus nasutus*, are only occasionally detected.

0.300mm), aunque es posible que la ocurrencia de condiciones oceanográficas anómalas registradas en la región de la Corriente de California (e.g. el fenómeno de "El Niño") durante el período de 1982-1983 (McGowan, 1984; Simpson, 1983), pudiera haber afectado los niveles de abundancia del zooplancton de la Bahía.

En general, se puede considerar que los valores de densidad de zooplancton de la Bahía fueron bajos en relación a los valores del Estero de Punta Banda, pero es posible que los valores reales de abundancia de ambos sistemas sean más altos que los detectados; sobre todo si las poblaciones de copépodos costeros de pequeño tamaño, tales como *Euterpina acutifrons*, son muestreados más eficientemente.

Los valores de biomasa y densidad zooplanctónica registrados en la Bahía de Todos Santos también fueron un orden de magnitud más altos que los reportados para la zona costera de la región adyacente a San Quintín, Baja California (Jiménez-Pérez *et al.*, 1985). Estas diferencias son atribuidas al tipo de muestreadores utilizados, pues aunque la luz de malla usada en los muestreos de ambos sitios fue similar, la región de San Quintín fue muestreada con una red Clarke-Bumpus que se caracteriza por tener un diámetro de boca reducido y una estructura metálica pesada que podría favorecer la evasión de los organismos más activos (Clutter y Anraku, 1968).

Los resultados obtenidos en el análisis taxonómico de las muestreas indican que el zooplancton epipelágico de la Bahía de Todos Santos es dominado por individuos de tamaño pequeño y sólo ocasionalmente se encuentran altas concentraciones de organismos más grandes tales como *Calanus pacificus* o *Rhincalanus nasutus*.

Estudios relacionados con las variaciones estacionales y geográficas del tamaño de los organismos planctónicos son generalmente interpretados en términos de diferencias en la temperatura del agua o del tamaño de partículas alimenticia; algunos autores han sugerido que es la temperatura del agua la que determina el tamaño final de los organismos, ya que se ha demostrado experimentalmente

Studies related to seasonal and geographic variations in the size of the planktonic organisms are generally interpreted in terms of differences in water temperature or food size particle. Some authors have suggested that water temperature determines the final size of the planktonic animals, since it has been experimentally demonstrated that the size of copepods is inversely related to water temperature (Corkett and McLaren, 1970; Lock and McLaren, 1970).

There is also evidence indicating that changes in the phytoplankton size could affect the zooplankton community structure. During the last "El Niño" event, Jiménez-Pérez and Lara-Lara (1988) reported important differences between the central and southern zooplankton communities in the Gulf of California, which seem to be related to the dominance of nannophytoplankton in the southern region and the major abundance of diatoms in the central region (Valdez-Holguín and Lara-Lara, 1987). In this study, the dominance of small zooplankters seems to be associated with the size of the phytoplankton cells, since Millán-Núñez (1985) reported the dominance of cells lower than 10 micron in the phytoplankton of Todos Santos Bay.

ACKNOWLEDGEMENTS

The support of the Dirección General de Oceanografía Naval of the Secretaría de Marina and the Dirección Adjunta de Desarrollo Tecnológico de the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), through grant PCCNCNA-050429, is gratefully acknowledged. I also thank Claude Razouls for his valuable comments and criticisms, Antonio Sánchez-Mena for his help during the samplings, Gabriel López-Castillo for drawing the figures and Daniel Loya-Salinas for valuable help in the statistical treatment of the data.

English translation by the author.

que el tamaño de los copépodos está inversamente relacionado con la temperatura del agua (Corkett y McLaren, 1970; Lock y McLaren, 1970).

También existen evidencias que indican que los cambios en la distribución de fre-

cuencia del tamaño del fitoplancton puede afectar la estructura de las comunidades del zooplancton; durante el último evento de "El Niño", Jiménez-Pérez y Lara-Lara (1988) reportaron importantes diferencias entre la estructura del zooplancton de las regiones central y sur del Golfo de California, que parecían estar relacionadas con la dominancia de nanofitoplancton en la región sur del Golfo, y de diatomeas en la región central (Valdez-Holguín y Lara-Lara, 1987). En este estudio, la dominancia de especies de copéodos de pequeño tamaño sugiere la influencia del fitoplancton de las aguas de la Bahía, pues Millán-Núñez (1988) reportó la dominancia de células menores de 10 micras (nanofitoplancton) en las mismas estaciones hidrográficas muestreadas en este estudio.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo de la Dirección General de Oceanografía Naval y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a través del convenio CONACYT-MARINA PCCNCNA-050429, así como a Manuel Mancilla Peraza y a Guillermo Martínez por facilitar los datos hidrográficos. También se agradecen los valiosos comentarios y críticas que Claude Razouls hiciera al manuscrito original y la colaboración del técnico en pesca y navegación Antonio Sánchez Mena y a Gabriel López Castillo en la elaboración de los dibujos, así como la asesoría de Daniel Loya Salinas en el tratamiento de los datos.

LITERATURA CITADA

- Alfonzo Hernández, I., Hammann, M.G. y Rosales Casián, J.A. (1987). Zooplancton suprabentónico de la Bahía de Todos Santos, B.C., México, durante otoño de 1986 e invierno de 1987. *Ciencias Marinas*, 13(4): 53-68.
- Bougis, E.P. (1976). *Marine plankton ecology*. American Elsevier Publ. Co. Inc., New York, 327.
- Castro Barrera, T. (1982). Densidad, diversidad y distribución de los grupos zooplanctónicos en relación con algunos nutrientes y productos de degradación de la clorofila *a* en la Bahía de San Quintín, Baja California. *Ciencias Marinas*, 8(1): 1-19.
- Castro Longoria, R. (1986). Ecología alimenticia de los estadios larvales de tres especies de peces dominantes en el ictioplancton de la Bahía de Todos Santos, B.C., México. Tesis de Maestría en Ciencias, CICESE, Ensenada, Baja California, México.
- Castro Longoria, E. (1987). Variación espacial y temporal de la biomasa del zooplancton de la Bahía de Todos Santos, B.C., México. Octubre de 1982 a septiembre de 1983. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias Marinas, UABC, México.
- Clutter, R.I. and Anraku, M. (1968). Avoidance of samplers. In: *Zooplankton sampling methods* (UNESCO). Monographs on Oceanographic Methodology, No. 2: 57-76.
- Corkett, C.J. and McLaren, I.A. (1970). Relationships between development rate of eggs and older stages of copepods. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 50: 161-168.
- Cushing, D.H. (1975). *Ecología marina y pesquerías*. Ed. Acirbia, Barcelona, España, 252 pp.
- González Morales, T.A. (1987). Parámetros fotosintéticos en dos fracciones de fitoplancton en una zona de surgencia costera de Baja California. Tesis de Maestría en Ciencias, CICESE, Ensenada, Baja California, México.
- Jiménez Pérez, L.C., Hammann, M.G. y Gutiérrez Wing, M.T. (1985). Depredación sobre estadios tempranos de la anchoveta norteña (*Engraulis mordax*) en la zona costera de Playa San Ramón, Baja California, México. *Ciencias Marinas*, 11(1): 49-63.
- Jiménez Pérez, L.C. and Lara Lara, J.R. (1988). Zooplankton biomass and copepod community structure in the Gulf of California during the 1982-1983 "El Niño" event. *Calif. Coop. Fish. Invest. Rep.* XXIX: 122-128.
- Jiménez Pérez, L.C. y Lara Lara, J.R. Variación espacio-temporal de la biomasa y estructura del zooplancton en el Estero de

- Punta Banda, Baja California, México (en preparación).
- Kelly, A.J. and Dragovich, A. (1987). Occurrence of macrozooplankton in Tampa Bay, Florida and adjacent Gulf of México. *Fish Bull.*, 66(2): 209-221.
- Kramer, D., Kalin, M.J., Stevens, E.G., Trailkill, J.R. and Zweifel, J.R. (1972). Collecting and processing data on fish eggs and larvae in the California Current. NOAA Tech. Rep. NMFS Circ. 370: 1-78.
- Lock, R.A. and McLaren, I.A. (1970). The effect of varying and constant temperature on the size of a marine copepod. *Limnol. Oceanogr.*, 15: 638-640.
- Mancilla Peraza, M. y Martínez García, G.M. (1987). Estudio hidrológico de la Bahía de Todos Santos, B.C.N. Una aplicación a la instalación de un emisor-difusor de aguas residuales urbanas. Resúmenes del VII Congreso Nacional de Oceanografía, 27-31 de julio de 1987, Ensenada, Baja California.
- McGowan, J.A. (1984). The California El Niño, 1983. *Oceanus*, 27(2): 48-51.
- Millán Núñez, E. (1988). Variabilidad temporal fitoplanctónica en la zona costera al noroeste de Baja California. En reporte final del proyecto: "Estudio oceanográfico para la instalación de emisores submarinos de aguas residuales en la zona costera de Ensenada y Tijuana, B.C.", Dir. Gral. de Oceanografía Naval, 30 pp.
- Simpson, J.J. (1983). Large-scale thermal anomalies in the California Current during the 1982-1983 El Niño. *Geophys. Res. Letters*, 10: 937-940.
- Smith, E.P. (1971). Distributional atlas of zooplankton volumes in the California Current region. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Atlas*, No. 13: 1-144.
- Valdez Holguín, J.E. y Lara Lara, R. (1987). Productividad primaria en el Golfo de California: efectos del evento de "El Niño" 1982-1983. *Ciencias Marinas*, 13(2): 34-50.
- Wickstead, H.J. (1979). *Zooplankton marino*. Barcelona, Ed. Omega, S.A., 70 pp.