

**COMPOSICION Y VARIABILIDAD DEL FITOPLANCTON
A FINALES DE PRIMAVERA, 1985 EN
EL ESTERO DE PUNTA BANDA, BAJA CALIFORNIA, MEXICO**

**PHYTOPLANKTON COMPOSITION AND VARIABILITY AT THE
END OF SPRING, 1985 IN THE ESTERO DE PUNTA BANDA, BAJA
CALIFORNIA, MEXICO**

Eduardo Millán Núñez ¹

Roberto Millán Núñez ²

¹ Secretaría de Marina

Estación de Investigación Oceanográfica de Ensenada

Vicente Guerrero 133-altos, Fracc. Bahía

Ensenada, Baja California, México

² Facultad de Ciencias Marinas

Apartado Postal 453

Ensenada, Baja California, México

Millán Núñez, Eduardo y Millán Núñez Roberto. Composición y variabilidad del fitoplancton a finales de primavera, 1985 en el Estero de Punta Banda, Baja California, México. *Phytoplankton Composition and Variability at the End of Spring, 1985 in the Estero de Punta Banda, Baja California, Mexico*. Ciencias Marinas 13 (4): 21-34, 1987.

RESUMEN

Se generó una serie de tiempo para el fitoplancton del 8 al 12 de mayo de 1985 en Estero de Punta Banda. Las mayores concentraciones de clorofila *a* mostraron un comportamiento inverso a los máximos valores del fitoplancton total que correspondieron con la mayor amplitud de marea y se registró un total de 28 géneros: 18 de diatomeas, nueve de dinoflagelados y uno de silicoflagelados. El grupo de los nanoflagelados menores de 10 micras fue el de los organismos más abundantes durante la serie de tiempo, y presentaron una mayor amplitud del nicho temporal los géneros *Rhizosolenia* sp., *Nitzschia* sp., *Chaetoceros* sp. y *Prorocentrum* sp.

ABSTRACT

A phytoplankton time series was generated from May 8th to the 12th, 1985 in Estero de Punta Banda. The highest chlorophyll *a* concentrations showed an inverse behavior to the maximum values of the total phytoplankton, corresponding to the greatest tide level. We recorded a total of 28 genera: 18 from diatoms, nine from dinoflagellates and one from silicoflagellates. The nanoplankton group of organisms smaller than 10 μ was the one with the most abundant organisms during the time series. The genera *Rhizosolenia* sp., *Nitzschia* sp., *Chaetoceros* sp. y *Prorocentrum* sp. showed a broader temporal niche.

INTRODUCCION

Desde el comienzo de la década de los setentas ha habido un interés creciente en el desarrollo de la maricultura en las lagunas

INTRODUCTION

From the beginning of the 70's, there has been a growing interest in developing mariculture in the coastal lagoons of Baja

costeras de Baja California. El interés principal se ha concentrado en la ostricultura. En la mayor parte de las lagunas de la costa del Pacífico de la península se han desarrollado experimentos exitosos con el Ostión Japonés *Crassostrea gigas* y el Ostión Europeo *Ostrea edulis* (Islas Olivares, 1975; Islas Olivares *et al.*, 1978 y Gendrop Funes *et al.*, 1979). Así, los esteros y lagunas costeras de Baja California han constituido áreas donde se pueden aplicar técnicas de acuicultura de organismos potencialmente útiles, con los cuales el ecosistema puede ser puesto a su más alto nivel de producción. Para tales fines es necesario un conocimiento científico de los mecanismos de producción, de los factores ambientales, su variación espacial y temporal y un conocimiento de las especies presentes y de las cultivables (Alvarez-Borrego *et al.*, 1977).

La información que existe para el Estero de Punta Banda sobre la composición y variabilidad del fitoplancton es escasa; se mencionan algunos trabajos como: Alvarez-Borrego y Nájera de Muñoz (1979) que realizaron una serie de tiempo de siete días en la boca del Estero de Punta Banda para febrero de 1977 y reportaron la abundancia del fitoplancton por grandes grupos taxonómicos. Estos autores concluyen que los organismos de mayor abundancia estuvieron representados por los nanoflagelados, después los dinoflagelados y por último las diatomeas. Millán-Núñez *et al.* (1981) generaron una serie de tiempo de diez días en verano de 1979 para el Estero de Punta Banda en dos lugares simultáneamente y concluyeron que las concentraciones de clorofila *a* fueron muy similares en ambos puntos de muestreo, con excepción de los últimos tres días en que la concentración se duplicó en la boca del Estero. Asimismo asumieron que la abundancia del fitoplancton disminuyó desde la boca hacia el interior del Estero en un 29% y dominó el grupo de las diatomeas en ambos puntos de muestreo.

Los objetivos del presente trabajo son: conocer la variabilidad temporal del fitoplancton por grandes grupos taxonómicos (diatomeas, dinoflagelados y nanoflagelados), conocer la variabilidad temporal de la concentración de la clorofila *a* y su feofitina y determinar la amplitud del nicho temporal de los diferentes géneros fitoplanctónicos.

California. The main interest has been directed to the culture of oysters. Successful experiments have been carried out in most of the lagoons in the Pacific coast of the peninsula with the Japanese Oyster *Crassostrea gigas* and the European Oyster *Ostrea edulis* (Islas-Olivares, 1975; Islas-Olivares *et al.*, 1978 and Gendrop-Funes *et al.*, 1979).

Estuaries and coastal lagoons of Baja California are considered areas where aquaculture techniques of potentially useful organisms can be applied, raising the ecosystem to its highest production level. For such purpose it is necessary to have a scientific knowledge of the production mechanisms, of the environmental factors, of the phytoplankton spatial and temporal variation and a knowledge of the species present and the ones that can be cultivated (Alvarez-Borrego *et al.*, 1977).

The information available for the Estero de Punta Banda about the phytoplankton composition and variability is scarce. Alvarez-Borrego and Nájera de Muñoz (1979) generated a seven day time series at the mouth of the Estero de Punta Banda in February 1977, reporting the phytoplankton abundance by high taxonomic groups. These authors concluded that the most abundant organisms were the nanoplankton followed by dinoflagellates and diatoms. Millán-Núñez *et al.* (1981) generated a ten day time series in summer 1979 for the Estero de Punta Banda simultaneously in two places. They also concluded that the chlorophyll *a* concentrations were very similar in both stations, except for the last three days when the concentration at the mouth of the Estero doubled. They also found that the phytoplankton abundance decreased from the mouth towards the inner part of the Estero in 29%, with the diatom group dominating in both stations.

The objectives of this study are to know the phytoplankton temporal variability by high taxonomic groups (diatoms, dinoflagellates and nanoplankton), the temporal variability of chlorophyll *a* concentration and its phaeophytin, and to determine the broadness of the temporal niche of the different phytoplanktonic genera.

MÉTODOS

Se generó una serie de tiempo para las diferentes variables físico-químicas del agua de mar durante cinco días, con muestreos realizados día y noche en un solo punto localizado en la parte central del Estero de Punta Banda ($31^{\circ} 44'N$ y $116^{\circ} 38'W$). El muestreo se realizó del 8 al 12 de mayo de 1985. Las muestras se tomaron a 1.5m de profundidad. La penetración de luz se midió con un disco de Secchi de 30cm de diámetro. Las muestras de fitoplancton se tomaron con botellas Niskin con capacidad de 1.7 litros. Se obtuvo un total de 24 muestras con un volumen de 250ml de agua cada una, fijadas con 5ml de formol al 4% de acuerdo a la recomendación de Elder (1979). De los 250ml se tomaron 50ml y se dejaron posteriormente 24 horas en reposo, tal como lo sugirió Steemann Nielsen (1933) para organismos preservados con formol.

Para el análisis se utilizó un microscopio invertido marca Carl Zeiss con objetivos de 16 y 40 ampliificaciones. Se midieron e identificaron los organismos a nivel de grandes grupos taxonómicos (diatomeas, dinoflagelados y nanoflagelados). El término nanoflagelados se utilizó para todos aquellos organismos fitoplanctónicos menores de 20 micras, que no pudieron ser identificados a nivel de género. Las células que formaron cadena se contaron en forma individual.

Para determinar la densidad de células del fitoplancton nos apoyamos en la técnica Utermöhl (1958) y Hasle (1978), hasta cubrir un total de 50 campos. Para la concentración de pigmentos fotosintéticos se filtraron 270ml de agua con filtros Millipore de 0.45μ de poro y se conservaron los filtros congelados hasta su procesamiento en el laboratorio. El análisis fue realizado en un espectrofotómetro Spectronic UV-210 digital de Shimadzu y Bausch & Lomb. Se usó como base el método SCOR-UNESCO (1966) con algunas modificaciones de acuerdo con Lorenzen (1967); después de acidificar, se hicieron segundas lecturas a 665, 645 y 630 nanómetros. Se utilizó como solvente acetona al 90% para la extracción de los pigmentos. Se utilizaron las ecuaciones espectrofotométricas desarrolladas por

METHODS

A five day time series was generated for the different physical-chemical variables in the seawater, sampling every four hours day and night at one point in the center of the Estero de Punta Banda ($31^{\circ} 44'N$, $116^{\circ} 38'W$). We sampled from May 8th to the 12th., 1985. The samples were taken at a depth of 1.5m. The light penetration was measured with a 30cm diameter Secchi disk. The phytoplankton samples were collected with 1.7 liters Niskin bottles. A total of 24 bottles were obtained with 250ml of seawater each, fixed with 5ml - 4% formalin, following Elder's (1979) recommendation. From the 250ml, 50ml were taken apart, letting them rest for 24 hours, as suggested by Steemann Nielsen (1933) for organisms preserved in formalin.

For the phytoplankton analysis, a Carl Zeiss inverted microscope was used with objectives of 16 and 40X, measuring and identifying organisms to a large taxonomic group level (diatoms, dinoflagellates and nanoflagellates). The term "nanoflagellates" was used for all phytoplanktonic organisms smaller than 20μ in size, that could not be identified to a genus level. The cells forming chains were counted individually.

To determine the phytoplankton cell density we used the Utermöhl (1958) and Hasle (1978) technique, covering a total of 50 fields. For the photosynthetic pigments concentration, 270ml of seawater were filtered with 0.45μ pore size Millipore filters. The filters were frozen until analyzed in the laboratory. The chlorophylls were analyzed following the SCOR-UNESCO method slightly modified. Second readings were taken at 665, 645 and 630nm following acidification (after Lorenzen, 1967), using 90% acetone as a solvent for the pigment extraction. The spectrophotometric equations developed by Millán-Núñez and Alvarez-Borrego (1978) were used to estimate chlorophyll *a*, *b* and *c* concentrations and their phaeophytins.

The salinity was analyzed by a Kahlsico 118WA200 induction salinometer. The temperature was measured with a $\pm 0.01^{\circ}C$ preci-

Millán-Núñez y Alvarez-Borrego (1978) para estimar las concentraciones de las clorofilas *a*, *b* y *c* y sus feofitinas.

La salinidad se analizó por medio de un salinómetro de inducción marca Kahlsico 118WA200. La temperatura se midió con un termómetro de cubeta con una precisión de $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$. Los diferentes géneros del fitoplancton se ordenaron por abundancia relativa; para tal fin se utilizó el Índice del Valor Biológico (IVB) (Sanders, 1960). La diversidad (H') de las diatomeas y dinoflagelados identificados a nivel de género fue calculada con la ecuación de Shannon-Wiener (1949). La dominancia (λ) de organismos entre los distintos géneros encontrados se calculó por medio del índice de predominio (Simpson, 1949). La medición de la amplitud temporal (B_j) de los diferentes géneros encontrados se calculó por medio de la ecuación de Levin's (1968).

RESULTADOS

Descripción de las series de tiempo.

El intervalo de valores presentados en la serie de tiempo para la altura de marea fue de -0.70 a 1.65m (Fig. 1b). En los dos primeros días se observó la mayor amplitud, correspondiente a mareas vivas, mientras que en el resto del muestreo ocurrieron amplitudes menores, correspondientes a mareas muertas (Fig. 1b).

Se observó en la serie de tiempo que la temperatura se pudo dividir en dos partes (Fig. 1a). La primera abarcó las primeras 50 horas del muestreo con un intervalo de 17.2 a 20.1 $^{\circ}\text{C}$, mientras que la segunda parte presentó un intervalo de 18.0 a 19.6 $^{\circ}\text{C}$ (Fig. 1a). La salinidad mostró un intervalo de 31.44 a 35.77‰ en todo el transcurso de la serie de tiempo. Se observó que los valores máximos correspondieron con la bajamar inferior (Fig. 1c).

El fitoplancton total mostró un intervalo de 131,800 a 889,300 células $\cdot\text{l}^{-1}$, donde las máximas abundancias se observaron los dos primeros días del muestreo (Fig. 2a).

Los grupos taxonómicos del fitoplancton mostraron casi siempre la misma relación entre

sion bucket thermometer. The presence of the different phytoplankton genera were arranged by their relative abundance using the Biological Value Index (Sanders, 1960). The diversity (H') of diatoms and dinoflagellates identified to genus level, was calculated by the Shannon-Wiener (1949) equation. The organism dominance (λ) among the different genera found was calculated by the predominance Index (Simpson, 1949). The temporal broadness (B_j) of the different genera was calculated using the Levin's equation (1968).

RESULTS

Time series description.

Tidal eight time series ranged between -0.70 to 1.65m (Fig. 1b). In the first two days, the highest amplitude, corresponding to spring tides, was observed. During the rest of the sampling, lower heights were recorded corresponding to neap tides (Fig. 1b).

The temperature time series showed two sections (Fig. 1a). The first one included the first 50 hours of the sampling with a range of 17.2 to 20.1 $^{\circ}\text{C}$, while the second one showed a range of 18.0 to 19.6 $^{\circ}\text{C}$ (Fig. 1a). The salinity showed a range of 31.44 to 35.77‰ throughout sampling with the maximum values corresponding to low tide (Fig. 1c).

The total phytoplankton showed a range of 131 800 to 889 300 cell. $\cdot\text{l}^{-1}$ with the maximum abundance during the first two days of the sampling (Fig. 2a).

The phytoplankton taxonomic groups almost always showed the same relation with each other during the first three days (Fig. 2b), except for the last two days when the diatoms decreased considerably. The nanoflagellates were the dominant organisms and the dinoflagellates were slightly higher than nanoflagellates in only two samples (Fig. 2b).

Maximum light penetration values appeared on days three and four with a light penetration range of 0.70 to 2.70m (Fig. 3a). These values correspond to a superior high tide.

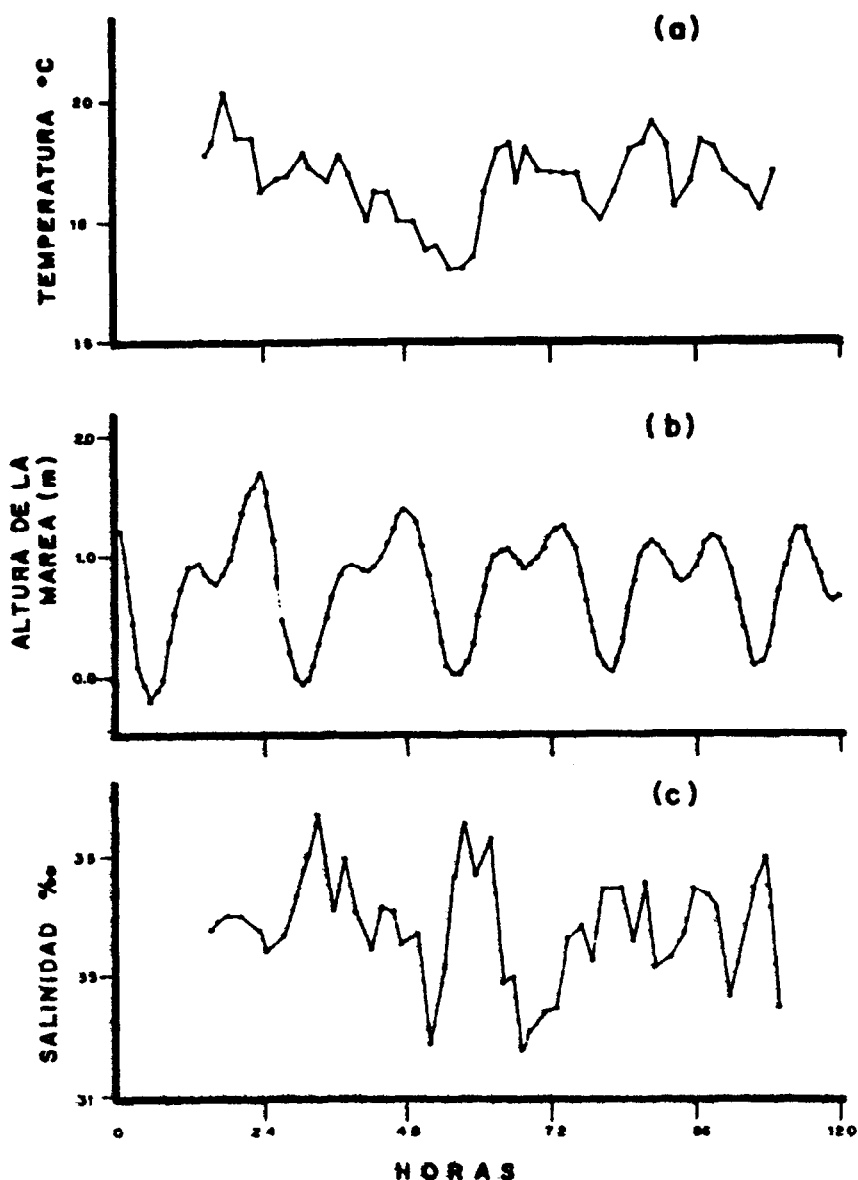


Figura 1. Serie de tiempo para los días del 8 al 12 de mayo de 1985: (a) temperatura, (b) nivel de marea y (c) salinidad. Los números marcan las medias noches.

Figure 1. Time series from 8 to 12 of May, 1985: (a) temperature, (b) tide level and (c) salinity. The numbers mark the midnights.

si durante los tres primeros días de la serie de tiempo (Fig. 2b), a excepción de los últimos dos días, en que el grupo de las diatomeas decrecieron considerablemente con relación a

During the sampling period, the chlorophyll *a* concentration varied from non detectable values to 2.70mg/M^{-3} , with maximum values at the beginning and a tendency

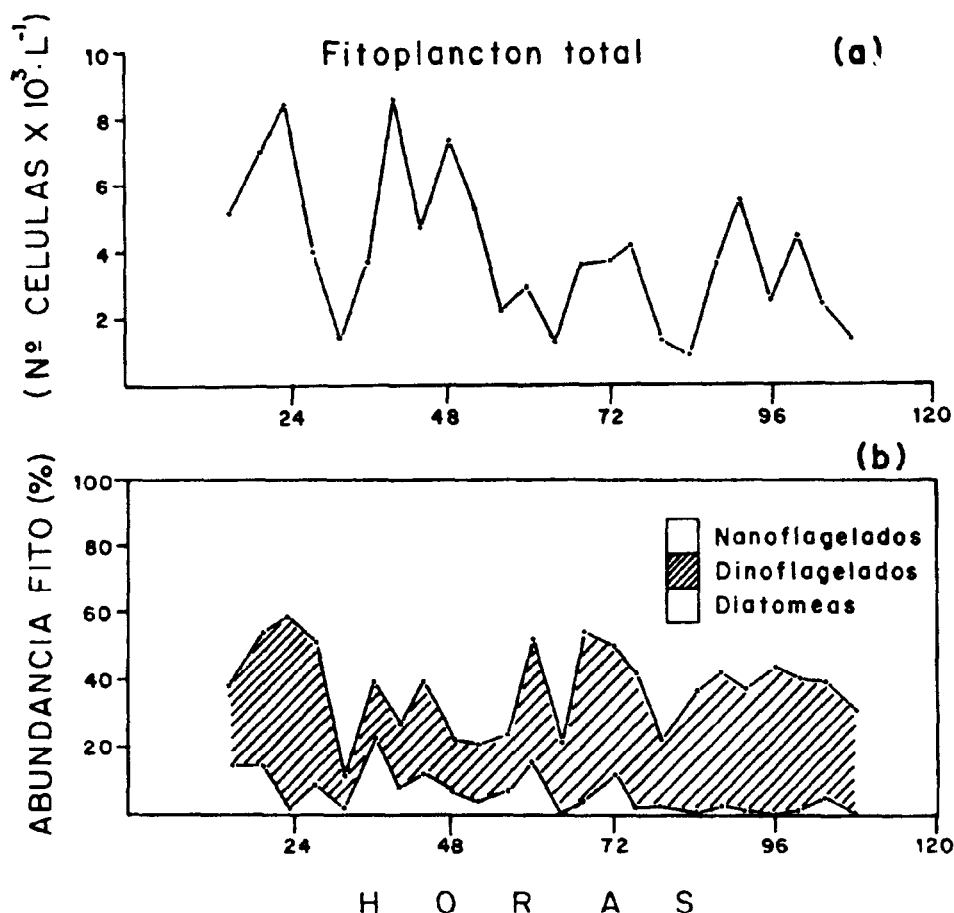


Figura 2. Serie de tiempo para los días del 8 al 12 de mayo de 1985: (a) fitoplancton total y (b) grupos taxonómicos. Los números marcan las medias noches.

Figure 2. Time series from 8 to 12 of May, 1985: (a) total phytoplankton and (b) taxonomic groups. The numbers mark the midnights.

los tres primeros días del muestreo. Los organismos del grupo de los nanoflagelados fueron los dominantes, y únicamente se observaron dos muestras en que el grupo de los dinoflagelados fue ligeramente mayor que el grupo de los nanoflagelados (Fig. 2b).

Se observaron los máximos valores de penetración de luz los días tres y cuatro, con un intervalo de penetración de luz de 0.70 a 2.70m (Fig. 3a) y coincidieron los máximos con la pleamar superior.

Durante el período de muestreo, la concentración de clorofila *a* varió desde valo-

to decrease towards the end of the sampling (Fig. 3b). The phaeophytin *a* concentration showed values inverse to those of its chlorophyll (Fig. 3c).

Description of phytoplankton.

For this purpose we made a presence and absence table (Table I) where the phytoplankton is represented at genus level (diatoms, dinoflagellates and silicoflagellates) for the hours and days sampled.

A total of 28 genera were found during the time series, 18 diatoms, nine dinoflagel-

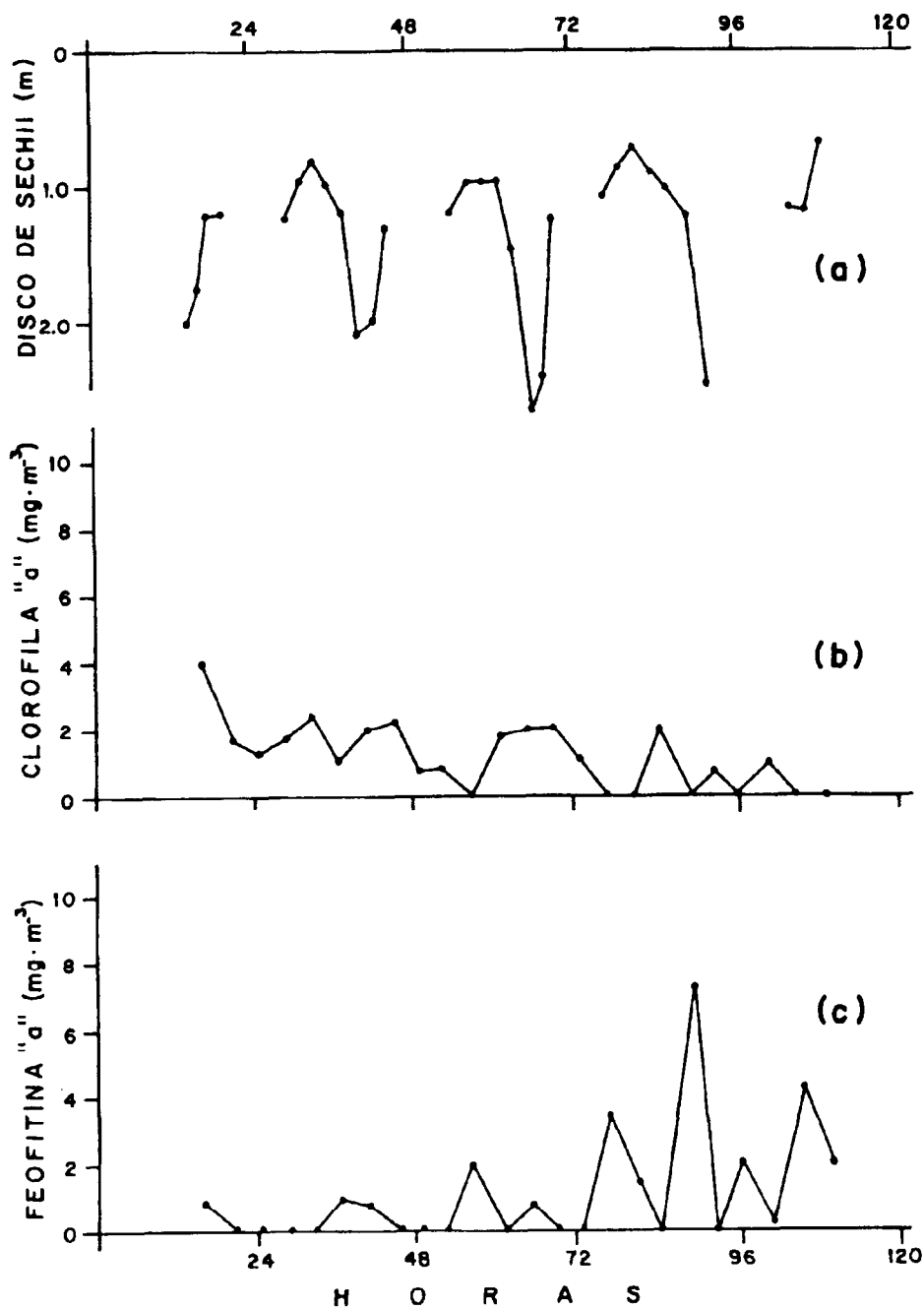


Figura 3. Serie de tiempo para los días 8 al 12 de mayo de 1985: (a) penetración de luz, (b) clorofila *a* y (c) feofitina *a*. Los números marcan las medias noches.

Figure 3. Time series from 8 to 12 of May, 1985 (a) light penetration (b) chlorophyll *a* (c) phaeophytine *a*. The numbers mark the midnights.

res no detectables hasta 2.70mg.m^{-3} , con valores máximos al inicio y una tendencia a decrecer al finalizar la serie (Fig. 3b). Las concentraciones de feofitina *a* mostraron un comportamiento inverso a su clorofila (Fig. 3c).

lates and one silicoflagellate. The diatom genera with the greatest occurrence through time were: *Nitzschia* sp., *Rhizosolenia* sp., *Chaetoceros* sp., and *Coscinodiscus* sp. whereas the dinoflagellates were *Prorocentrum* sp., *Ceratium* sp. and *Peridinium* sp. The only silicoflagellate present was *Distephanus* sp., occurring sporadically in the series (Table I).

Tabla I. Los cuadros oscuros representan presencia y los blancos ausencia de los principales géneros del fitoplancton. Ordenados por el Índice del Valor Biológico (IVB).

Table I. The black squares represent presence, and the white squares absence, of the main genera of phytoplankton. Ordered by the Biological Value Index (IVB).

		MAYO 1985																								
Nº	GENERO	DIA	OCHO			NUEVE				DIEZ				ONCE				DOCE								
		HORA	16	20	24	4	8	12	16	20	24	4	8	12	16	20	24	4	8	12	16	20	24	4	8	12
DIATOMEAS																										
1	Nitzschia																									
2	Rhizosolenia																									
3	Chaetoceros																									
4	Coscinodiscus																									
5	Gyrosigma																									
6	Navicula																									
7	Thalassiothrix																									
8	Thalassionema																									
9	Hemiaulus																									
10	Biddulphia																									
11	Stephanophysis																									
12	Cocconeis																									
13	Ditylum																									
14	Lauderia																									
15	Climacodium																									
16	Melosira																									
17	Guillardia																									
18	Ropalodia																									
DINOFLAGELADOS																										
19	Prorocentrum																									
20	Gonyaulax																									
21	Ceratium																									
22	Peridinium																									
23	Gymnodinium																									
24	Dinophysis																									
25	Oxirozum																									
26	Pyrocystis																									
27	Podolampas																									
SILICOFLAGELADOS																										
28	Distephanus																									

Descripción del fitoplancton a nivel de género.

Para este fin se elaboró una tabla de presencia y ausencia (Tabla I), donde está representado el fitoplancton (diatomeas, di-

Community analysis.

The diatoms showed a 2.04 bits diversity during spring tides and a 1.75 bits diversity in neap tides (Table II), while the dinoflagellates showed no considerable variation in

Tabla II. Índice de diversidad (Shannon-Wiever, 1948) y de predominio (Simpson, 1949) para el grupo de diatomeas y dinoflagelados con relación a la amplitud de la marea.

Table II. Diversity Index (Shannon-Wiever, 1948) and Predominium Index (Simpson, 1949) for the diatom and dinoflagellate group with relation to tide amplitude.

Grupo	Amplitud de marea	Shannon-Wiever (H')	Simpson (λ)
Diatomeas	mayor	2.04	0.33
Diatomeas	menor	1.75	0.36
Dinoflagelados	mayor	0.45	0.86
Dinoflagelados	menor	0.49	0.83

noflagelados y silicoflagelados) a nivel de género para los días y horas muestreados a través del tiempo.

Se encontró un total de 28 géneros durante la serie de tiempo, de los cuales 18 corresponden al grupo de las diatomeas, nueve al de los dinoflagelados y uno al de los silicoflagelados. Los géneros de las diatomeas que más veces estuvieron presentes a través del tiempo fueron: *Nitzschia* sp., *Rhizosolenia* sp., *Chaetoceros* sp. *Coscinodiscus* sp., mientras que los dinoflagelados fueron: *Prorocentrum* sp., *Ceratium* sp. y *Peridinium* sp. El único representante del grupo silicoflagelados fue *Distephanus* sp., el cual ocurrió esporádicamente en la serie (Tabla I).

Análisis de la comunidad.

El grupo de las diatomeas mostró una diversidad de 2.04 bits en mareas de mayor amplitud y 1.75 bits en mareas de menor amplitud (Tabla II), mientras que el grupo de los dinoflagelados no mostró variación considerable en la diversidad con relación a la amplitud de marea (Tabla II). Los dos grupos taxonómicos (diatomeas y dinoflagelados) identificados a nivel de género no mostraron variación en la dominancia con relación a la amplitud de marea (Tabla II). Dentro del

diversity in relation to tide levels (Table II). Both taxonomic groups (diatoms and dinoflagellates) identified to genus level did not show a variation in dominance in relation to tide level (Table II). Within the diatoms, the genera that showed a higher temporal niche broadness were: *Rhizosolenia* sp., *Nitzschia* sp. and *Chaetoceros* sp. (Table III), and for the dinoflagellates, *Prorocentrum* sp. and *Gonyaulax* sp.

DISCUSSION

The temperature and salinity increased during low tide because the water had enough time to warm up by the sun and evaporation. The minimum temperature values were found at high tide because of the cold water from the bay coming into the Estero as shown before by Alvarez-Borrego and Alvarez-Borrego (1982), correlating an annual temperature time series at the mouth with the inner part of the Estero de Punta Banda.

The total phytoplankton showed the same patterns as the tide. We observed a higher abundance at high tide and a lower abundance at low tide. The mean total phytoplankton found in this study was approximately 10% lower than the one found by Millán-Núñez *et al.* (1981), and about 50%

Tabla III. Medición de la amplitud del nicho temporal (B_i) de los diferentes géneros del fitoplancton.

Table III. Measurement of the temporal niche amplitude (B_i) of the different phytoplankton genera.

GENERO	MAYO 1985																								AMPLITUD DEL NICHOS (h)		
	DIA		OCHO			NUEVE				DIEZ				ONCE				DOCE									
	HORA	10	20	24	4	8	12	16	20	24	4	8	12	16	20	24	4	8	12								
DIATOMEAS																											
1	Rhizosolenia	04	01	07	12	48		02	48	11	33	61	38		09	08	18	88	10	84	11	10	21	30	89	13.94	
2	Nitzschia	33	80	64	43	01	12	78	24	73	49	03	04		79	87	79	10		28	38		63	30	06	12.91	
3	Chaetoceros	14	20		28	46	33	14	23	07	12	23	36	25	06	22					08					12.67	
4	Navicula	01	01								02	03						03		02	02					6.42	
5	Syracigma				02	01	03					03			02						02					9.36	
6	Thalassiothrix		04		02			01	04								02			05						9.28	
7	Coscinodiscus	04	01					01				03	25	02							02			10	03	4.92	
8	Thalassiosira				13			03															14			2.57	
9	Naviculae		07		04																		30			2.37	
10	Stephanodiscus	04		06																						1.99	
11	Mastocira																		04	05						1.88	
12	Biddulphia						02					30														1.17	
13	Cocconeis																										
14	Ditylum																										
15	Climacodius																										
16	Leanderia				05																						
17	Gyrodinium	12																									
18	Rapheodia																										
DINOFLAGELADOS																											
19	Prorocentrum	37	93	97	96	63	94	93	94	89	93	34	91	71	94	94	96	71	94	97	93	90	90	88	37	22.42	
20	Gonyaulax						19	01	03	04	07	03	30	04	19	01	02	01	27	03	01	02	09	07	09	42	11.53
21	Gymnodinium	01	01				03			01	01	09	01	02	01	01	02				01					3.02	
22	Ceratium				16									02												1.41	
23	Pseudo-nitzschia											06															
24	Dinophysis													01													
25	Peridinium													01													
26	Oryzopsis																										
27	Paracoccus																										
SILICOFAGELADOS																											
28	Dityleneus																										

grupo de las diatomeas, los géneros que mostraron tener una mayor amplitud de nicho temporal fueron: *Rhizosolenia* sp., *Nitzschia* sp. y *Chaetoceros* sp. (Tabla III), mientras que en el grupo de los dinoflagelados los más representativos fueron *Prorocentrum* sp. y *Gonyaulax* sp.

DISCUSION

Los valores de temperatura y salinidad se incrementaron en marea baja; ésto se debió a que el agua tuvo el tiempo suficiente para calentarse debido a la radiación solar y evaporación. Los valores mínimos de temperatura correspondieron a marea alta; ésto se debió a que entró agua fría de la Bahía hacia el interior del Estero, como ya anteriormente lo habían demostrado Alvarez-Borrego y

higher than the one reported by Alvarez-Borrego and Nájera de Muñoz (1979) for the Estero's mouth. However, these authors found the maximum values of phytoplankton at low tide, opposed to what was found in this study. These differences could be related to the different time of the year when the samples were taken. The maximum values of total phytoplankton found here were very similar to the ones presented by Rivas-Lozano (1985) for the area close to Punta Banda. This similarity supports the idea that the phytoplankton found at the Estero originated from Punta Banda, located at the south end of Bahía de Todos Santos.

The proportion of the phytoplankton taxonomic groups was very similar to what Alvarez-Borrego and Nájera de Muñoz (1979)

Alvarez-Borrego (1982) al correlacionar una serie de tiempo anual de temperatura de la boca con la parte interna del Estero de Punta Banda.

El fitoplancton total mostró el mismo patrón de comportamiento que la marea. Se observó que, a mayor amplitud, la abundancia del fitoplancton fue mayor e inverso cuando la amplitud de la marea fue menor. El promedio del fitoplancton total en este estudio fue menor de aproximadamente 10% a los presentados por Millán-Núñez *et al.* (1981) y un 50% mayor que los reportados por Alvarez-Borrego y Nájera de Muñoz (1979) para la boca del Estero. Sin embargo, estos autores encontraron los máximos valores de fitoplancton con la menor amplitud de marea, contrario a los obtenidos en este estudio; estas diferencias pudieran estar relacionadas con las distintas épocas de muestreo. Los valores máximos de fitoplancton total en este trabajo fueron muy semejantes a los presentados por Rivas Lozano (1985) para la zona cercana a Punta Banda. Esta similitud de valores apoya la idea de que el fitoplancton que se encontró en el Estero es originario de la zona de Punta Banda, área localizada en el extremo sur de la Bahía de Todos Santos.

La proporción de los grupos taxonómicos del fitoplancton en este trabajo fue muy semejante a los presentados por Alvarez-Borrego y Nájera de Muñoz (1979) en primavera para la boca del Estero, donde se observó que el grupo de las diatomeas fue el menos abundante con relación a los restantes grupos taxonómicos, muy diferentes a los valores presentados por Millán-Núñez *et al.* (1981) para la boca del Estero, donde el grupo de las diatomeas fue el de mayor abundancia proporcional.

De las muestras de fitoplancton que se tomaron en este estudio, el 60% estuvo representado por los nanoflagelados, organismos en su mayoría menores de 10 micras. El grupo de los dinoflagelados se caracterizó durante toda la serie de tiempo por estar representado principalmente por el dinoflagelado *Prorocentrum micans* (Ehrenberg), mientras que el grupo de las diatomeas fue el de menor abundancia, representado por *Rhizosolenia* sp., en su mayoría organismos mayores de 20 micras.

found in spring at the Estero's mouth where the diatoms were the least abundant. This very different from values presented by Millán-Núñez *et al.*, 1981, at the Estero's mouth where the diatoms showed the highest proportional abundance.

Of the phytoplankton samples taken for this study, 60% were represented by nanoflagellates, organisms of less than 10 μ in size. The dinoflagellates were represented through the time series by *Prorocentrum micans* (Ehrenberg). The diatoms were the least abundant and they were represented by *Rhizosolenia* sp. mostly organisms larger than 20 μ in size.

The maximum chlorophyll *a* concentrations did not correspond to the maximum total phytoplankton, observing an inverse tendency between both variables. This indicates that possibly the organisms were adapted to lower light intensities, producing a higher amount of photosynthetic pigments per organism (Beardall and Morris, 1976).

The mean chlorophyll *a* concentration values were very similar to the ones presented by Alvarez-Borrego *et al.* (1977) at the Estero's mouth in spring 1975, while the mean values presented by Millán-Núñez and Alvarez-Borrego (1978b) in winter for the Estero's mouth were lower than the one found in this study; however, these authors found in summer of the same year at Bahía de San Quintín's mouth a mean concentration of chlorophyll *a* 50% higher than the one found in this study. These differences could be related to the upwelling phenomena that occur in San Quintín. Rivas-Lozano (1985) showed low chlorophyll *a* concentrations for the Bahía de Todos Santos compared to most of the studies carried out at the Estero de Punta Banda. These differences in photosynthetic pigment concentration are probably due to the turbidity in the Estero's waters. Therefore, the phytoplanktonic organisms produce a great amount of pigments for they are adapted to low irradiances.

The phaeophytin *a* concentration in this study showed an inverse behavior to its chlorophyll, with the maximum concentrations

Las máximas concentraciones de clorofila *a* no correspondieron con el máximo de fitoplancton total y se observó una tendencia inversa entre ambas variables; esto nos indica que posiblemente los organismos estuvieron acondicionados a bajas intensidades de luz, por lo cual produjeron una mayor cantidad de pigmentos fotosintéticos por unidad de organismo (Beardall y Morris, 1976).

Los valores promedio de clorofila *a* en este estudio fueron muy semejantes a los presentados por Alvarez-Borrego *et al.* (1977) para la boca del Estero en primavera de 1975, mientras que los valores promedios presentados por Millán-Núñez y Alvarez-Borrego (1978b) en invierno para la boca del Estero de Punta Banda fueron menores que los de este estudio; sin embargo, estos autores para el mismo año encontraron en verano para la boca de Bahía San Quintín un promedio de la concentración de la clorofila *a* de un 50% mayor que los reportados en este trabajo. Estas diferencias podrían estar relacionadas con los eventos de surgencias que ocurrieron en San Quintín. Rivas Lozano (1985) mostró concentraciones bajas de clorofila *a* para la Bahía de Todos Santos en comparación con la mayoría de los estudios realizados en el Estero de Punta Banda. Estas diferencias en concentración de pigmentos fotosintéticos probablemente se debieron a que las aguas del Estero de Punta Banda son más turbias, por lo tanto producen mayor cantidad de pigmentos ya que los organismos fitoplanctónicos están acondicionados a bajas irradiancias.

La concentración de feofitina *a* en este estudio mostró un comportamiento inverso a su clorofila. Estas máximas concentraciones correspondieron con la mayor densidad de zooplancton (Jiménez Pérez y Lara Lara, en preparación) debido al pastoreo del zooplancton.

En el grupo de las diatomeas se encontraron dos valores de diversidad ligeramente diferentes; el valor más alto ocurrió con la mayor amplitud de marea. Esto posiblemente se debió al intercambio continuo con la Bahía. De esta forma, se incrementó la diversidad y la cantidad de organismos, mientras que el grupo de los dinoflagelados no mostró

corresponding to the highest zooplankton density (Jiménez Pérez and Lara Lara, unpubl.) due to grazing.

The diatoms show two slightly different diversity values, with the highest one occurring during the high tide. This is probably due to the continuous exchange with the Bay, increasing in this way the diversity and amount of organisms, while the dinoflagellates did not show a variation in the genera diversity in relation to the tide, but a high dominance of the ciliated *Prorocentrum micans* was observed. It is thought that this corresponds to the presence of a red tide observed at the Bahía de Todos Santos some days before the sampling (Gaxiola-Castro, pers. com.).

CONCLUSION

It is considered that the phytoplankton found at the Estero de Punta Banda came from the Bahía de Todos Santos since the total phytoplankton values as well as its diversity corresponded to the high tide.

The nanoflagellates smaller than 10 μ represented 50% the total samples during the time series.

During the sampling period, the most abundant diatoms were *Rhizosolenia* sp., *Nitzschia* sp., and *Chaetoceros* sp., while for the dinoflagellates, the most abundant were *Prorocentrum micans* and *Gonyaulax* sp.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the Secretaría de Marina DGO/01/84 through the project: Evaluación de las Comunidades Marinas en el Estero de Punta Banda, Baja California, México (Marine Community Evaluation at Estero de Punta Banda, Baja California, Mexico).

The author translated this paper into English.

variación en la diversidad de géneros con relación a la amplitud de marea, pero sí se observó una marcada dominancia del ciliado *Prorocentrum micans*, lo cual hace suponer que correspondió a una marea roja que se observó en la Bahía de Todos Santos días anteriores al muestreo (Gaxiola Castro, com. pers.).

CONCLUSION

Se considera que los organismos que se encontraron en el Estero de Punta Banda provinieron de la Bahía de Todos Santos, ya que los valores de fitoplancton total como su diversidad correspondieron con la mayor amplitud de marea.

El grupo taxonómico de los nanoflagelados menores de 10 micras fue en un 50% el de los organismos más dominantes durante la serie de tiempo.

Durante el período de muestreo, los géneros más dominantes del grupo de las diatomeas correspondieron a *Rhizosolenia* sp., *Nitzschia* sp. y *Chaetoceros* sp., mientras que en el grupo de dinoflagelados, correspondieron a *Prorocentrum micans* y a *Gonyaulax* sp.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se elaboró con presupuesto de la Secretaría de Marina DGO 01/84 de la obra "Evaluación de las Comunidades Marinas en el Estero de Punta Banda, Baja California, México".

Agradecemos al jefe de la estación de Investigación Oceanográfica de Ensenada, Manuel Mancilla Peraza por las facilidades brindadas para la realización de este trabajo. Asimismo, agradecemos la participación en el muestreo de campo al personal de esta Estación, Arnulfo Estrada R., Clemente Jiménez P., Ricardo Troncoso G., Norberto Castro C., Alfonso Mexía D., Fernando Molina P., Ramón Velázquez M., Leopoldo García D.†, José Luis Torres G., y a Gabriel López por la realización de los dibujos aquí presentados.

LITERATURA CITADA

Alvarez Borrego, S., Acosta Ruiz, J.J. y Lara Lara, J.R. (1977) Hidrología comparativa de las bocas de dos antiestuarios de Baja California. *Ciencias Marinas* 4(1): 1-11.

Alvarez-Borrego, S. y Nájera de Muñoz, S. (1979) Series de tiempo de fitoplancton en dos lagunas costeras de Baja California. *Ciencias Marinas* 6(1 y 2): 75-88.

Alvarez-Borrego, J. and Morris, J. (1982) Temporal and Spatial Variability of Temperature in Two Coastal Lagoons. *Calcofi Rep.* XXIII: 188-197.

Beardall, J. and Morris, J. (1976) The Concept of Light Intensity Adaptation in Marine Phytoplankton: Some Experiments with *Phaeodactylum Trocarnatum*. *Mar. Biol.* 37: 377-387.

Elder, L. (1979) Recommendations for Marine Biological Studies in the Baltic Sea. Phytoplankton and Chlorophyll. National Swedish Environmental Protection Board. pp. 37.

Gendrop Funes, V. e Islas Olivares, R. (1979) Análisis comparativo de producción del Ostión Europeo (*Ostrea edulis*) en dos localidades de Baja California. *Ciencias Marinas* 6(1 y 2): 19-26.

Hasle, G. R. (1978) Using the Inverted Microscope, P. 191-196. En *Phytoplankton Manual* (A. Sournia, ed.). UNESCO; Paris. pp. 335.

Islas Olivares, R. (1975) El Ostión Japonés (*Crassostrea gigas*) en Baja California. *Ciencias Marinas* 2(1): 58-59.

Islas Olivares R., Miranda Aguilar, M. y Gendrop Funes V. (1978) Crecimiento y sobrevivencia del Ostión Europeo (*Ostrea edulis*) en aguas de Baja California. *Ciencias Marinas* 5(1): 137-148.

Jiménez Pérez, C. and Lara Lara, R. (en preparación) Spatio-temporal Variations of Zooplankton Structure and Biomass in a Coastal Lagoon.

- Levins, R. (1978) *Evolution in Changing Environments*. Princeton Univ. Press. Princeton. 39-65.
- Lorenzen, C.J. (1967) Determination of Chlorophyll and Phaeopigments: Spectrophotometric Equations. *Limnol. Oceanogr.* 12: 343-346.
- Millán-Núñez, R. y Alvarez-Borrego, S. (1978) Ecuaciones espectrofotométricas tricromáticas para la determinación de clorofila *a*, *b* y *c* sus feofitinas. *Ciencias Marinas* 5(1): 47-55.
- Millán-Núñez, R. y Alvarez-Borrego, S. (1978) (1978b) Series de tiempo de clorofilas *a*, *b* y *c* y sus feofitinas, en las bocas de dos lagunas costeras. *Ciencias Marinas* 5(2): 41-52.
- Millán-Núñez, E., Ortiz Cortés, F.J. y Alvarez-Borrego, S. (1981) Variabilidad temporal y espacial de nutrientes y fitoplancton en una laguna costera, a finales de verano. *Ciencias Marinas* 7(1): 103-128.
- Rivas Lozano, A.M. (1985) Distribución y abundancia de fitoplancton en la Bahía de Todos Santos (primavera 1983) Baja California. México. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ciencias Marinas, UABC. Ensenada, Baja California. pp 49.
- Sanders Howard, L. (1960) Benthic Studies in Buzzard's Bay, the Structure of the Soft-bottom Community. *Limnol. & Oceanogr.* 5: 138-153.
- SCOR-UNESCO (1966) Determination of Photosynthetic Pigments. *Monogr. Oceanogr. Methodol.* pp. 19.
- Shannon, C.E., Weaver, W. (1949) *Mathematical Theory of Communication*. Urbana, Ill. Univ. Illinois Press. pp. 117.
- Simpson, E.H. (1949) Measurement of Diversity. *Nature*. 163-688.
- Steemann Nielsen, E. (1933) Über quantitative. Untersuchung von marinem plankton mit Utermöhls umgekehrten mikroskop. *J. Cons. Ciem.* 8(2): 201-210.
- Utermöhl, H. (1958) Zur vervollkommen der quantitativen Phytoplankton Methodik. *Int. Verein Theur. Angew Limnol.* 9: 1-38.