

DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA DEL FITOPLANCTON EN LA BAHIA DE TODOS SANTOS (MAYO, 1983)

DISTRIBUTION AND ABUNDANCE OF THE PHYTOPLANKTON IN TODOS SANTOS BAY (MAY, 1983)

Ana Margarita Rivas Lozano
Roberto Millán Núñez

Facultad de Ciencias Marinas
Universidad Autónoma de Baja California
Apartado Postal 453
Ensenada, Baja California, México

Ciencias Marinas (1991), Vol. 17, No. 1, pp. 13-24.

RESUMEN

Del 20 al 22 de mayo de 1983 se realizó un muestreo en 32 estaciones en la bahía de Todos Santos a tres profundidades (superficie, 20 y 30 m) para conocer la distribución y abundancia del fitoplancton. La distribución del fitoplancton total fue en forma de parches con valores diferentes en abundancia, valores máximos cerca de la costa y menores en el centro de la bahía. Por grandes grupos taxonómicos, se reporta que en el 60% de las muestras, los dinoflagelados tuvieron una densidad mayor al 50% de los organismos de cada muestra, esto debido posiblemente a que las corrientes hacia el norte durante el fenómeno de El Niño traen consigo comunidades típicas tropicales, y/o por la sucesión de las especies fitoplanctónicas.

ABSTRACT

From 20 to 22 May, 1983, 32 stations were sampled in Todos Santos Bay at three depths (surface, 20 and 30 m) in order to determine the distribution and abundance of the phytoplankton. The distribution of the total phytoplankton was patchy with different abundance values: maximum values close to the coast and minimum values in the centre of the bay. By major taxa, the dinoflagellates had a density higher than 50% of the organisms in 60% of the samples. This was probably due to the fact that northward currents during the El Niño phenomenon carry typical tropical communities and/or to the succession of the phytoplanktonic species.

INTRODUCCION

Las investigaciones que se han llevado a cabo sobre el fitoplancton en la costa oeste de Baja California, se han realizado principalmente en las lagunas costeras (Alvarez-Borrego *et al.*, 1977; Alvarez-Borrego y Nájera de Muñoz, 1979), y en una menor cantidad en los mares adyacentes (Walsh *et al.*, 1974; Estrada y Blasco, 1979). La información sobre el fitoplancton en la bahía de Todos Santos es casi nula (Gaxiola-Castro y Alvarez-Borrego, 1984; Millán-Núñez y Loya-Salinas, en pre-

INTRODUCTION

Studies on the phytoplankton of the western coast of Baja California have mainly been carried out in coastal lagoons (Alvarez-Borrego *et al.*, 1977; Alvarez-Borrego and Nájera de Muñoz, 1979), and to a lesser extent in the adjacent seas (Walsh *et al.*, 1974; Estrada and Blasco, 1979). Information on the phytoplankton in Todos Santos Bay is practically nonexistent (Gaxiola-Castro and Alvarez-Borrego, 1984; Millán-Núñez and Loya-Salinas, in preparation). The typical

paración). La composición típica del fitoplancton en la corriente de California es principalmente dominada por diatomeas y dinoflagelados (Eppley *et al.*, 1979). En 1983 se presentó el fenómeno de El Niño a lo largo de la corriente de California hasta cerca de Alaska (Simpson, 1983). Durante este evento, Torres-Moye y Alvarez-Borrego (1985) reportaron para la bahía de San Quintín mayores abundancias de nanoplancton, altas temperaturas, mayor concentración de nutrientes y clorofila *a*, durante el verano de 1983. Estos autores reportan que la abundancia de diatomeas y dinoflagelados tuvo entre uno y dos órdenes de magnitud menor, mientras que el nanoplancton tuvo un orden de magnitud mayor que los reportados por Lara-Lara *et al.* (1980) y Millán-Núñez *et al.* (1982) para los años de 1977, 1979 de no ocurrencia del evento de El Niño. El presente trabajo tiene como objetivo el conocer la distribución y abundancia por grandes grupos taxonómicos del fitoplancton en la bahía de Todos Santos en mayo de 1983.

AREA DE ESTUDIO

La bahía de Todos Santos se encuentra localizada entre los paralelos 31°43' y 31°54' N y entre los meridianos 116°36' y 116°49' O. Esta bahía es de aguas poco profundas; aproximadamente el 90% del área tiene una profundidad que varía entre los 10 y 50 m, y el resto forma parte del angosto cañón submarino de Todos Santos, entre las islas del mismo nombre y Punta Banda con salida al SO (Secretaría de Marina, 1974) (Fig. 1).

METODOLOGIA

A bordo de la embarcación *Mariano Matamoros* de la Secretaría de Marina, se llevó a cabo un crucero los días 20, 21 y 22 de mayo de 1983, en el cual se muestrearon, en 32 estaciones (Fig. 1), tres niveles (superficie, 10 y 30 m), este último cuando la profundidad lo permitió. Las muestras de agua de mar fueron colectadas con botellas Van Dorn. De cada muestra, se obtuvieron submuestras en botellas de plástico de 125 ml, que fueron fijadas con lugol para ser analizadas posteriormente en el laboratorio. Se contaron las diatomeas céntricas y penadas, dinoflagelados y nanoplancton. Para el análisis se siguió el método

composition of the phytoplankton in the California Current is mainly dominated by diatoms and dinoflagellates (Eppley *et al.*, 1979). In 1983, an El Niño phenomenon occurred along the California Current up to Alaska (Simpson, 1983). During this event, for the summer of 1983, Torres-Moye and Alvarez-Borrego (1985) reported higher abundances of nanoplankton, high temperatures, greater concentration of nutrients and chlorophyll *a* in San Quintín Bay. These authors reported that the abundance of diatoms and dinoflagellates was one or two orders of magnitude lower, whereas that of the nanoplankton was one order of magnitude higher than the values reported by Lara Lara *et al.* (1980) and Millán-Núñez *et al.* (1983) for 1977 and 1979, when the El Niño event did not occur. The objective of the present study is to determine the distribution and abundance by major taxa of the phytoplankton in Todos Santos Bay in May 1983.

STUDY AREA

Todos Santos Bay is located between parallels 31°43' and 31°54' N and meridians 116°36' and 116°49' W. It is a shallow bay. Approximately 90% of the area has a depth that varies between 10 and 50 m and the rest forms part of the narrow submarine canyon of Todos Santos, between the islands of the same name and Punta Banda (Secretaría de Marina, 1974) (Fig. 1).

METHODOLOGY

A cruise was conducted on board the vessel *Mariano Matamoros* of the Secretaría de Marina, on 20, 21 and 22 May, 1983. Thirty-two stations (Fig. 1) were sampled at three levels (surface, 10 and 30 m), the latter when the depth allowed. The samples of sea water were collected with Van Dorn bottles. From each sample, subsamples were obtained in 125 ml plastic bottles; they were fixed with lugol in order to be later analysed in the laboratory. The centric and pennate diatoms, dinoflagellates and nanoplankton were counted. For the analysis, the Utermöhl method was followed (Hasle, 1974), using 10 cc chambers with a sedimentation time of four hours for each centimetre of elevation of the chamber.

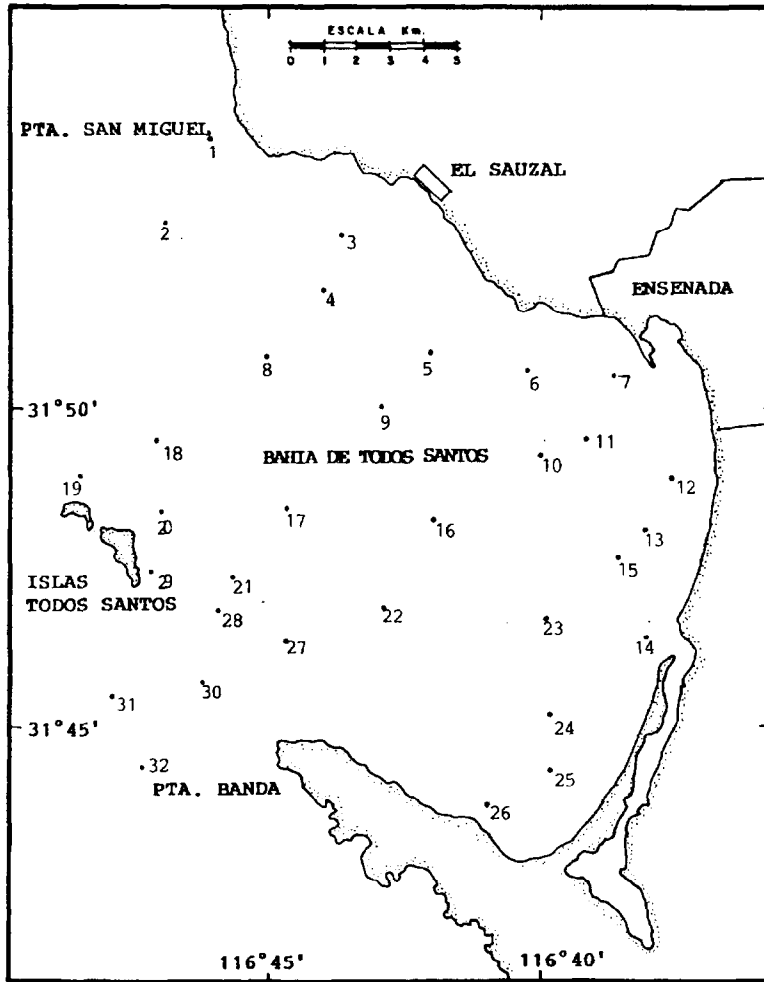


Figura 1. Localización del área de estudio y estaciones de muestreo.
Figure 1. Location of the study area and sampling stations.

de Utermöhl (Hasle, 1974), utilizándose cámaras de 10 cc con un tiempo de sedimentación de cuatro horas por cada centímetro de elevación de la cámara.

RESULTADOS Y DISCUSION

La abundancia de fitoplancton total y por grandes grupos taxonómicos en cada estación y profundidad se reporta en la Tabla 1. La distribución de la abundancia total del fitoplancton de las muestras tomadas

RESULTS AND DISCUSSION

The abundance of the total phytoplankton and by major taxa at each station and depth is reported in Table 1. The distribution of the total phytoplankton abundance of the surface samples was patchy with different densities. The highest density occurred close to the coast and between the islands and Punta Banda, coinciding with the maximum temperatures reported for the bay during the sampling period (Millán-Núñez

en superficie, se observó en forma de parches con densidades diferentes. La mayor densidad ocurrió cerca de la costa y entre las islas y Punta Banda, coincidiendo con las temperaturas máximas reportadas para la bahía durante el período de muestreo (Millán-Núñez y Rivas-Lozano, 1988). Las abundancias del fitoplancton en muestras superficiales fluctuaron entre 5×10^3 y 3.49×10^5 cel/l (Fig. 2a). Para las muestras colectadas a 10 m de profundidad, se observó la misma distribución de densidad en parches con intervalos de abundancia menores que en superficie, entre 14×10^3 y 60×10^3 cel/l, con excepción de algunas estaciones cerca de la costa y entre las islas y Punta Banda que alcanzaron entre 3.55×10^5 y 5.2×10^6 cel/l (Figs. 2a, 3a). La densidad del fitoplancton a 30 m fue menor que en las otras dos profundidades, con un intervalo entre 2×10^3 y 3.4×10^5 cel/l localizado entre las islas y Punta Banda (Fig. 4a). En las estaciones donde la abundancia del fitoplancton total fue alta, posiblemente fue debido a florecimientos de algunas especies. Por ejemplo, las muestras de superficie y 10 m en la estación 12 y de superficie en la estación 13 (Figs. 2b, 3b), estuvieron dominadas por *Trichodesmium* sp. La estación 30 a 10 m de profundidad (Fig. 3b) fue dominada por *Exuviella* sp. La distribución en abundancias relativas (%) por grandes grupos taxonómicos en la superficie y 10 m de profundidad, fue dominada por los dinoflagelados que tuvieron, en un 60% de las muestras, una densidad mayor de 50% de los organismos, mientras que a los 30 m de profundidad el porcentaje disminuyó ligeramente, y en algunas muestras las diatomeas sobrepasaron a los dinoflagelados (Figs. 2b, 3b, 4b). Los géneros de dinoflagelados más abundantes fueron *Exuviella* sp., *Gonyaulax* sp., *Prorocentrum* sp. y *Peridinium* sp. Entre las diatomeas céntricas encontradas en mayor número están *Bacteriastrium* sp., *Melosira* sp., *Leptocylindrus* sp. y *Chaetoceros* sp. Entre las diatomeas penadas, las más abundantes fueron *Navicula* sp. y *Nitzschia* sp. Del grupo de las azul verdes fue *Trichodesmium* sp., y de las clorofitas *Pediastrum* sp., aunque este último grupo tiene entre las algas unicelulares marinas muy poca abundancia y variedad. Es en el agua dulce donde son muy numerosas (Margalef, 1969), por lo que es factible que la presencia de dicha especie esté en función de los afluentes de drenaje terrestre a la bahía.

and Rivas-Lozano, 1988). The abundance of the phytoplankton in surface samples fluctuated between 5×10^3 and 3.49×10^5 cells/l (Fig. 2a). For the 10 m samples, the same patchy density distribution was observed, with a lower range of abundance than the surface samples, between 14×10^3 and 60×10^3 cells/l, except for some stations close to the coast and between the islands and Punta Banda that reached between 3.55×10^5 and 5.2×10^6 cells/l (Figs. 2a, 3a). The density of the phytoplankton at 30 m was lower than at the other two depths, with a range between 2×10^3 and 3.4×10^5 cells/l between the islands and Punta Banda (Fig. 4a). The total phytoplankton abundance was probably high at some stations because of the blooms of some species. For example, the surface and 10 m samples from station 12 and the surface samples from station 13 (Figs. 2b, 3b) were dominated by *Trichodesmium* sp. Station 30, at 10 m (Fig. 3b), was dominated by *Exuviella* sp. The relative abundance distribution (%) by major taxa at the surface and 10 m, was dominated by the dinoflagellates that had, in 60% of the samples, a density higher than 50% of the organisms. At 30 m, the percentage decreased slightly and in some samples the diatoms exceeded the dinoflagellates (Figs. 2b, 3b, 4b). The most abundant genera of dinoflagellates were *Exuviella* sp., *Gonyaulax* sp., *Prorocentrum* sp. and *Peridinium* sp. The most abundant centric diatoms were *Bacteriastrium* sp., *Melosira* sp., *Leptocylindrus* sp. and *Chaetoceros* sp. Among the pennate diatoms, the most abundant were *Navicula* sp. and *Nitzschia* sp. Of the blue-green group, the most abundant was *Trichodesmium* sp., and of the chlorophytes, the most abundant was *Pediastrum* sp., even though the latter group is not very abundant and has little variety among the unicellular algae. They are most numerous in fresh water (Margalef, 1969), and it is therefore possible that the presence of this species can be attributed to the inflow of drainage affluents into the bay.

For a station in Todos Santos Bay, Gaxiola-Castro and Alvarez-Borrego (1984) reported an abundance of phytoplankton by major taxa of 70 to 110 cells/ml for diatoms, of 14 to 25 cells/ml for dinoflagellates and of 202 to 526 cells/ml for the nanoplankton in July 1981, during a period when the El Niño phenomenon did not occur. They concluded that, in all the samples, the nanoplankton was

Tabla 1. Abundancia total y por grandes grupos taxonómicos del fitoplancton en las estaciones y profundidades muestreadas.

Table 1. Total abundance and by major taxa of the phytoplankton at the stations and depths sampled.

Estación	Profundidad (m)	Diatomeas (cel/ml)		Dinoflagelados (cel/ml)	Nanoflagelados (cel/ml)	Total (cel/ml)
		Pen.	Cen.			
1	0	0.3	1.9	194.5	152.6	249.3
	10			13.6	1.9×10^3	1.9×10^3
2	0	9.6		73.6		83.2
	10		0.8	67.6		68.4
3	0		1.6	66.2		67.8
	10	8.0	1.6	345.6		355.2
4	0	8.0	1.6	98.0		107.6
	10			72.8		72.8
5	0			19.2		19.2
	10		0.8	38.4		39.2
6	0	1.3	0.8	41.2		43.2
	10	2.2	0.8	64.0		67.0
7	0	12.8	8.0	114.8		135.6
	8	32.4	1.4	22.2	0.5	56.5
8	0	1.2	21.2	4.8		27.2
	10		9.2	6.8		16.0
	30	4.8	4.4	2.0		11.2
9	0	40.0	0.8	30.4		71.2
	10	9.6	2.4	48.0		60.0
	30	44.0	41.6	45.6	137.6	268.8
10	0	0.8	0.2	6.4	0.4	7.8
	10	26.4		39.6		66.0
12	0	1.2	2.4	2.4	5.0×10^3	5.0×10^3
	10	1.2	2.4	2.4	5.0×10^3	5.0×10^3

Tabla 1 (Cont.)

Estación	Profundidad (m)	Diatomeas (cel/ml)		Dinoflagelados (cel/ml)	Nanoflagelados (cel/ml)	Total (cel/ml)
		Pen.	Cen.			
13	0	0.8		82.4	504.0	587.2
14	0	4.8	40.8	12.4		58.0
	10	1.2	4.4	13.6		19.2
15	0	0.8	9.2	14.0		24.0
	10	17.6	3.2	14.4	1.2	36.4
16	0			26.4	2.4	28.8
	10	10.0	2.0	11.8		23.8
	30	3.7	5.8	6.2		15.7
17	0	26.8	2.0	128.1		156.9
	10	3.2	2.4	39.2		44.8
	30	3.2	6.4	142.4		152.0
18	0	4.8	19.6	6.4		30.8
	10	10.4	0.4	3.2	0.8	14.4
	30	6.4	5.6	6.4		18.4
19	0		13.6	4.4		18.0
	10		20.0	11.6		31.6
	30	5.6	3.4	4.2		18.4
20	0	22.0	40.0	4.4		66.4
	10	0.4	2.0	23.6	1.6	27.6
21	0	1.6	2.0	4.8		8.4
	10	8.0	4.0	12.4		24.4
	30		8.4	6.0		14.4
22	0	5.2	28.4	18.8		52.4
	10	11.2	12.8	38.0	1.6	63.6
	30	4.4	4.8	4.4	3.6	17.2

Tabla 1 (Cont.)

Estación	Profundidad (m)	Diatomeas (cel/ml)		Dinoflagelados (cel/ml)	Nanoflagelados (cel/ml)	Total (cel/ml)
		Pen.	Cen.			
23	0		0.8	4.4		5.2
	10	8.8	2.0	33.2	0.4	44.4
24	0	4.8	1.2	37.2	0.8	44.0
	10	1.6	13.6	12.4	1.6	29.2
25	0	60.0	0.8	26.4	6.4	93.6
	10	3.0	1.2	1.5	0.2	5.9
26	0	6.8	1.6	25.6	1.6	97.6
	10	9.6		4.0		13.6
27	0	29.6	11.2	16.8		57.6
	10	3.0	12.0	8.0		23.0
	30	7.6		40.0		47.6
28	0	17.6	0.3	6.0	0.8	24.7
	10	5.2	2.8	64.0	2.0	74.0
	30	2.0	1.2	5.85		9.0
29	0	25.6	9.6	139.2	4.0	178.4
	10	5.2	2.8	64.0		55.6
	30		0.4	2.2		2.6
30	0	6.0	3.6	7.2	1.2	18.0
	10	46.4	3.2	5272.0		5321.6
	30	14.4	14.4			32.8
31	0	14.4	4.0	130.4		148.8
	10	43.2	3.2	376.0		422.4
	30	8.8	7.2	324		340
32	0	16.0	5.6	76.8		98.4
	10	18.4	7.2	36.8		62.4
	30	2.4	7.2	12.0		21.6

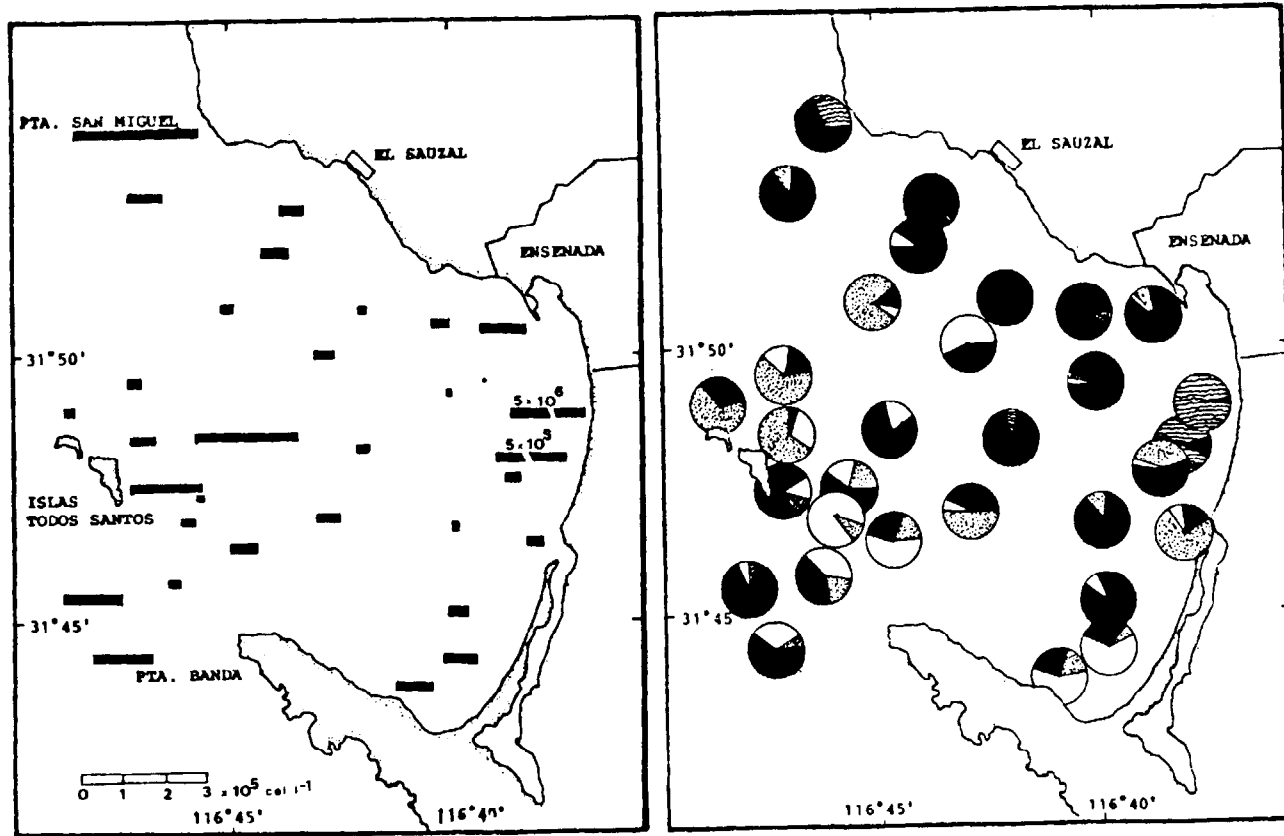


Figura 2. (a) Concentración de cel/l para las estaciones de muestreo en superficie; (b) porcentaje de abundancias relativas de los principales grupos taxonómicos del fitoplancton en muestras superficiales. ● = dinoflagelados; ○ = diatomeas céntricas; ⊙ = diatomeas penadas; ⊗ = nanoflagelados.

Figure 2. (a) Concentrations, in cells/l, for the sampling stations at the surface; (b) percentage of relative abundances for the major taxa of the phytoplankton in surface samples. ● = dinoflagellates; ○ = centric diatoms; ⊙ = pennate diatoms; ⊗ = nanoflagellates.

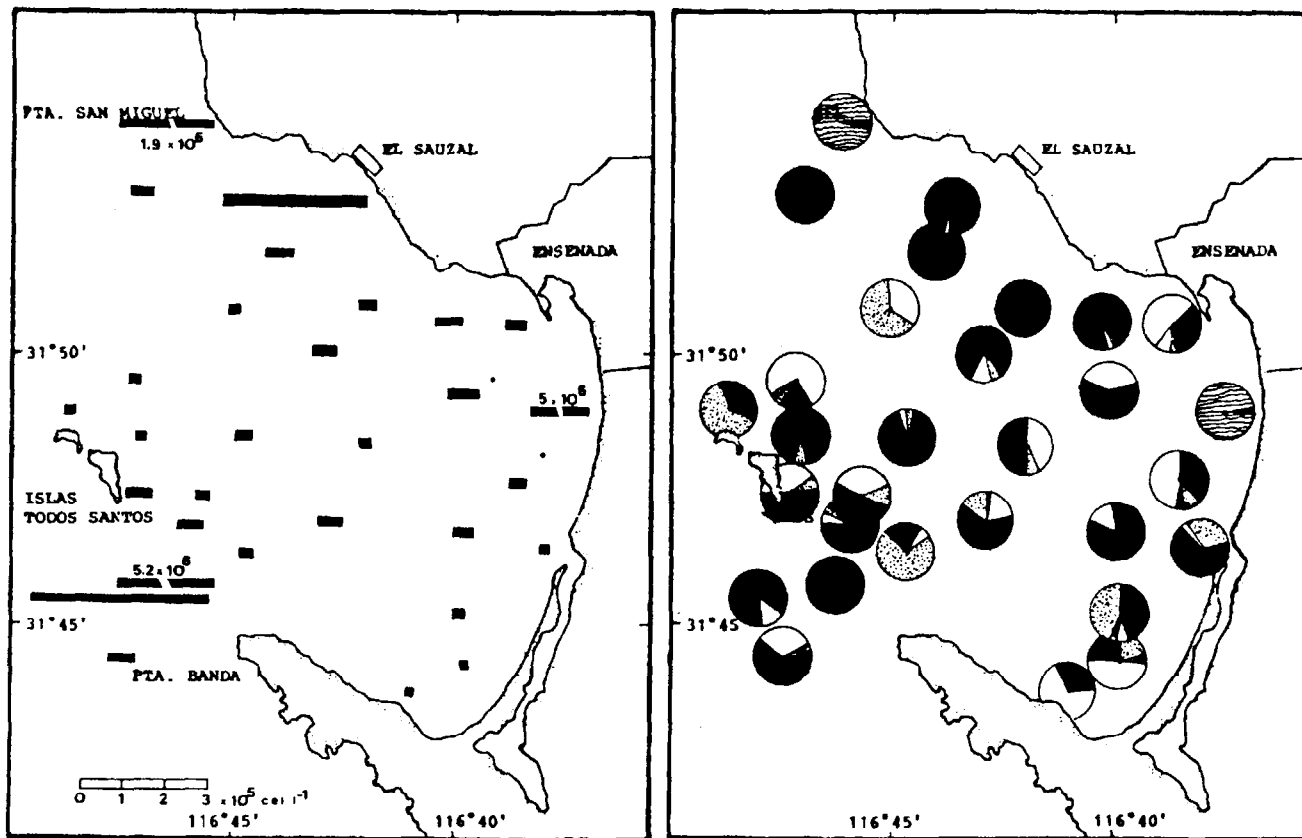


Figura 3. (a) Concentración de cel/l para las estaciones de muestreo a 10 m; (b) porcentaje de abundancias relativas de los principales grupos taxonómicos del fitoplancton en muestras a 10 m. ● = dinoflagelados; ○ = diatomeas céntricas; ⊙ = diatomeas penadas; ⊚ = nanoflagelados.
Figure 3. (a) Concentrations, in cells/l, for the sampling stations at 10 m; (b) percentage of relative abundances for the major taxa of the phytoplankton in 10 m samples. ● = dinoflagellates; ○ = centric diatoms; ⊙ = pennate diatoms; ⊚ = nanoflagellates.

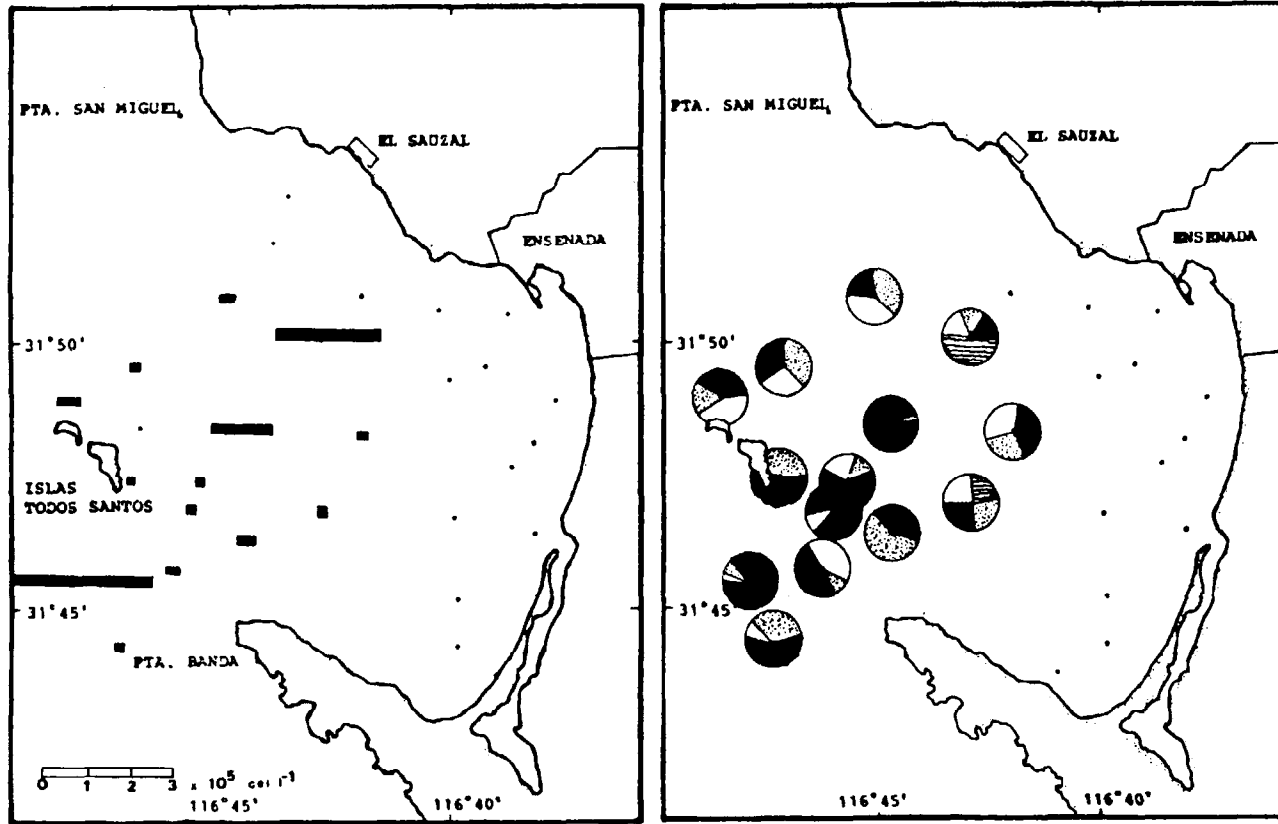


Figura 4. (a) Concentración de cel/l para las estaciones de muestreo a 30 m; (b) porcentaje de abundancias relativas de los principales grupos taxonómicos del fitoplancton en muestras a 30 m. ● = dinoflagelados; ○ = diatomeas céntricas; ⊗ = diatomeas penadas; ⊙ = nanoflagelados.
Figure 4. (a) Concentrations, in cells/l, for the sampling stations at 30 m; (b) percentage of relative abundances for the major taxa of the phytoplankton in 30 m samples. ● = dinoflagellates; ○ = centric diatoms; ⊗ = pennate diatoms; ⊙ = nanoflagellates.

Gaxiola-Castro y Alvarez-Borrego (1984) reportaron para una estación en la bahía de Todos Santos, una abundancia de fitoplancton por grandes grupos taxonómicos de 70 a 110 cel/ml para diatomeas, de 14 a 25 cel/ml para dinoflagelados y de 202 a 526 cel/ml para el nanoplancton en el mes de julio de 1981, en un período de no ocurrencia de El Niño, concluyendo que en todas las muestras el nanoplancton fue mayor que los otros grupos y las diatomeas fueron mayores que los dinoflagelados. Sin embargo, para este trabajo, en la mayoría de las muestras la abundancia de los dinoflagelados fue mayor que la de las diatomeas. Esto pudo ser debido a que el muestreo se llevó a cabo a finales de primavera, siendo típico para estas latitudes la sucesión de especies fitoplanctónicas (Margalef, 1969). Millán-Núñez *et al.* (1982) reportaron en una serie de tiempo de 10 días en la boca de la bahía de San Quintín, que la abundancia de los dinoflagelados sobrepasó la de las diatomeas, después del relajamiento de la surgencia en verano de 1979. De igual manera, se reportó para una estación al sur y afuera de la bahía de Todos Santos (González-Morales, 1988); o a que las aguas calientes que fueron transportadas por las corrientes hacia el norte durante el fenómeno de El Niño, traen consigo comunidades del fitoplancton típicas de zonas tropicales, constituidas en un porcentaje mayor de dinoflagelados (Raymont, 1980). De igual manera, esta ocurrencia fue reportada por Torres-Moye y Alvarez-Borrego (1985), para el inicio de la serie de tiempo en bahía San Quintín en junio de 1983.

Por lo anterior, se concluye que la comunidad fitoplanctónica de la bahía de Todos Santos fue afectada durante el periodo de El Niño 1983. Se recomienda llevar a cabo muestreos sistemáticos en toda la bahía, e inclusive generando series de tiempo, para llegar a conocer la variación del fitoplancton en la bahía de Todos Santos.

LITERATURA CITADA

- 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, S., Lara Lara, J.R. y Acosta Ruíz, M.J. (1977). Parámetros relacionados con la productividad orgánica

more abundant than the other groups and that the diatoms were more abundant than the dinoflagellates. However, in the present work, the dinoflagellates were more abundant than the diatoms in most of the samples. This could be due to the fact that the sampling was carried out at the end of spring, when the succession of phytoplanktonic species is typical for these latitudes (Margalef, 1969). Millán-Núñez *et al.* (1982), in a ten-day time series at the mouth of San Quintín Bay, reported that the abundance of the dinoflagellates exceeded that of the diatoms, after the relaxation of the upwelling in summer 1979. This was also reported for a station to the south and outside of Todos Santos Bay (González-Morales, 1988). This could also be due to the warm waters that were transported by northward currents during the El Niño phenomenon which carry typical phytoplankton communities of tropical zones, mainly composed of dinoflagellates (Raymont, 1980). This occurrence was also reported by Torres-Moye and Alvarez-Borrego (1985) for the beginning of a times series in San Quintín Bay in June 1983.

It is therefore concluded that the phytoplankton community of Todos Santos Bay was affected during the 1983 El Niño event. Further systematic studies throughout the bay, including time series, are recommended in order to determine the variation of the phytoplankton in Todos Santos Bay.

English translation by Christine Harris.

-
- primaria en dos antiestuarios de Baja California. *Ciencias Marinas*, 4(1): 12-22.
- Eppley, R.W., Renger, E.H. and Harrison, W.G. (1979). Nitrate and phytoplankton production in southern California coastal waters. *Limnol. Oceanogr.*, 24(3): 483-494.
- Estrada, M. and Blasco, D. (1979). Two phases of the phytoplankton community in the Baja California upwelling. *Limnol. Oceanogr.*, 24(6): 1065-1080.
- Gaxiola Castro, G. y Alvarez Borrego, S. (1984). Relación fotosíntesis-irradiación en el fitoplancton de aguas costeras del noroeste de Baja California. *Ciencias Marinas*, 10(3): 53-66.

- González Morales, T.A. (1988). Parámetros fotosintéticos en dos fracciones del fitoplancton en una zona de surgencias costera en Baja California. Tesis de Maestría, CICESE, 71 pp.
- Hasle, G.R. (1974). The inverted microscope method, Chap. 5.2. In: A. Sournia (ed.), UNESCO Phytoplankton Manual, pp. 88-96.
- Lara Lara, J.R., Alvarez Borrego, S. and Small, L.F. (1980). Variability and tidal exchange of ecological properties in a coastal lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 11(6): 613-637.
- Margalef, R. (1969) Comunidades planctónicas en lagunas litorales. *Lagunas Costeras, un Simposium. Mem. Simp. Inter. Lag. Costeras, UNAM-UNESCO*, pp. 545-565.
- Millán Núñez, R. y Rivas Lozano, A.M. (1988). Nutrientes y clorofilas en bahía de Todos Santos (mayo 1983). *Ciencias Marinas*, 14(4): 23-42.
- Millán Núñez, R., Alvarez Borrego, S. and Nelson, D.M. (1982). Effects of the physical phenomena on the distribution of nutrients and phytoplankton productivity in a coastal lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 15: 317-335.
- Raymont, J.E.G. (1980). *Plankton and productivity in the ocean*, 2nd edition. Vol. 1, Phytoplankton. Pergamon International Library, 489 pp.
- Torres Moye, G. y Alvarez Borrego, S. (1985). The 1983 El Niño effects on nutrients and summer phytoplankton of western Baja California coastal waters. *Ciencias Marinas*, 11(3): 107-113.
- Secretaría de Marina (1974). Estudio geográfico de la región de Ensenada, B.C. Cap. IV y X. *Oceanología y Aerografía Armada de México. Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marítimo. México, D.F.*, 57-104 y 311 y 322.
- Simpson, J.J. (1983). Anomalous thermal structure in the California current during the 1982-1983 El Niño. *Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter, Special Issue II, update: 1982-1983 equatorial Pacific warm event No. 21*: 22.
- Walsh, J.J., Kelley, J.C., Whitley, T.E., MacIsaac, J.J. and Huntsman, S.A. (1974). Spin-up of the Baja California upwelling ecosystem. *Limnol. Oceanogr.*, 19(4): 553-572.