

NOTAS CORTAS

<http://dx.doi.org/10.7773/cm.v6i1.348>

SERIES DE TIEMPO DE FITOPLANCTON EN DOS LAGUNAS
COSTERAS DE BAJA CALIFORNIA
PHYTOPLANKTON TIME SERIES FROM TWO COASTAL LAGOONS OF BAJA
CALIFORNIA

Por

By

Saúl Alvarez Borrego

y

and

Sila Nájera de Muñoz

Departamento de Oceanografía
Centro de Investigación Científica
y de Educación Superior de Ensenada, B.C.
Espinoza No. 843
Ensenada, Baja California, México

RESUMEN.

Se presentan y discuten series de tiempo de abundancia de fitoplancton por grandes grupos taxonómicos (diatomeas, dinoflagelados y microflagelados), generadas en las bocas del Estero de Punta Banda y Bahía San Quintín, B.C. En San Quintín las diatomeas fueron las más abundantes, con una concentración muy baja de microflagelados, mientras que en el Estero la situación fué al revés. Los dinoflagelados en ambos casos presentaron concentraciones intermedias y similares. La diferencia posiblemente se deba a la incidencia de surgencias en la boca de San Quintín. El espectro de variancia de la serie de abundancia total de fitoplancton en San Quintín no muestra una dominancia clara de la variancia para frecuencias características de fenómenos como marea, ciclo de irradiación solar, eventos de surgencia, etc., debido a la distribución espacial irregular en forma de "manchas" del fitoplancton. En San Quintín las concentraciones de fitoplancton fueron mayores en la boca que en los extremos internos. En la boca de San Quintín las diatomeas fueron las más abundantes, pero en los extremos internos los dinoflagelados fueron los más abundantes.

ABSTRACT.

Phytoplankton gross taxonomic groups (diatoms, dinoflagellates and microflagellates) abundance time series, generated at the mouths of San Quintín Bay and Estero de Punta Banda, are presented and discussed. Diatoms were the most abundant group at San Quintín, while microflagellates had the lowest concentration. At Estero de Punta Banda the situation was the opposite. In both places dinoflagellates presented intermediate concentrations. Possibly, the difference between the two coastal lagoons is due to incidence of upwelling events at the mouth of San Quintín Bay. The total phytoplankton abundance time series variance spectrum of San Quintín does not show a clear dominance of variance at characteristic frequencies of phenomena such as tides, solar radiation cycles, upwelling events, etc. This is due to the patchy distribution of phytoplankton. In San Quintín, phytoplankton abundance was greater at the mouth than at the two heads of the lagoon. At San Quintín mouth, diatoms were the most abundant; but at the heads the most abundant were dinoflagellates.

INTRODUCCION.

Del 1 al 7 de febrero y del 20 de junio al 7 de julio de 1977, se realizaron muestreos cuasicontinuos en las bocas del Estero de Punta Banda y Bahía San Quintín, B.C.N., respectivamente (Fig. 1). Cada hora, día y noche, se tomaron muestras de agua superficial para determinación de salinidad, oxígeno disuelto, fosfato inorgánico y pigmentos fotosintéticos, y cada dos horas para determinar la abundancia de fitoplancton. Además, se determinó la temperatura del agua, marea y variables meteorológicas tales como temperatura del aire, irradiación solar (intensidad de luz), velocidad del viento, nubocidad y porcentaje de humedad. Zertuche González y Alvarez Borrego (1978) presentaron y discutieron los resultados de marea, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y fosfato inorgánico; y Millán Núñez y Alvarez Borrego (1978) reportaron los resultados sobre Clorofilas a, b y c y sus feofitinas, para ambas lagunas costeras. Lara Lara, Alvarez Borrego y Small (en prensa), utilizando los datos de Bahía San Quintín, hicieron un estudio de la variabilidad y el intercambio de propiedades ecológicas por mareas entre la Bahía y el océano

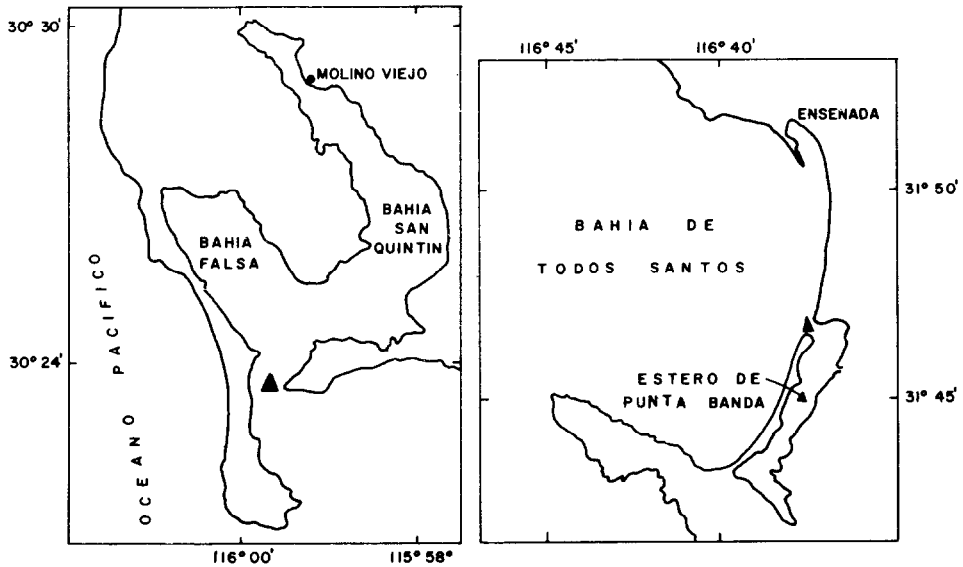


Fig. 1. Localización de los puntos donde se generaron las series de tiempo (triángulos negros). Location of the stations where the time series were generated (black triangles).

abierto adyacente. En el momento de la ejecución del estudio de Lara Lara, Alvarez Borrego y Small (en prensa) solamente se contaba con datos limitados sobre la abundancia de fitoplancton, debido a que su análisis consume mucho tiempo.

El propósito del presente trabajo es presentar en una forma más completa las series de tiempo de abundancia de fitoplancton por grandes grupos taxonómicos (diatomeas, dinoflagelados y microflagelados, siendo éstos últimos principalmente constituidos por cocolitofóridos) de la boca de Bahía San Quintín; compararlas con las series de tiempo de la boca del Estero de Punta Banda; y además, presentar los datos de distribución espacial de Bahía San Quintín en flujo y reflujo.

En julio 6 y 7 de 1977 se tomaron muestras superficiales en 16 estaciones en Bahía San Quintín, en flujo el primer día y en reflujo el segundo (Fig. 2). Estos muestreos tuvieron una duración de 2 a 3 horas. El primero comenzó de bahía Falsa (estación 1) a las 10:30 horas, y el segundo comenzó en la boca a las 14:15 horas (estación 9).

La abundancia de fitoplancton se determinó por el método Utermohl (1958) usando un microscopio invertido

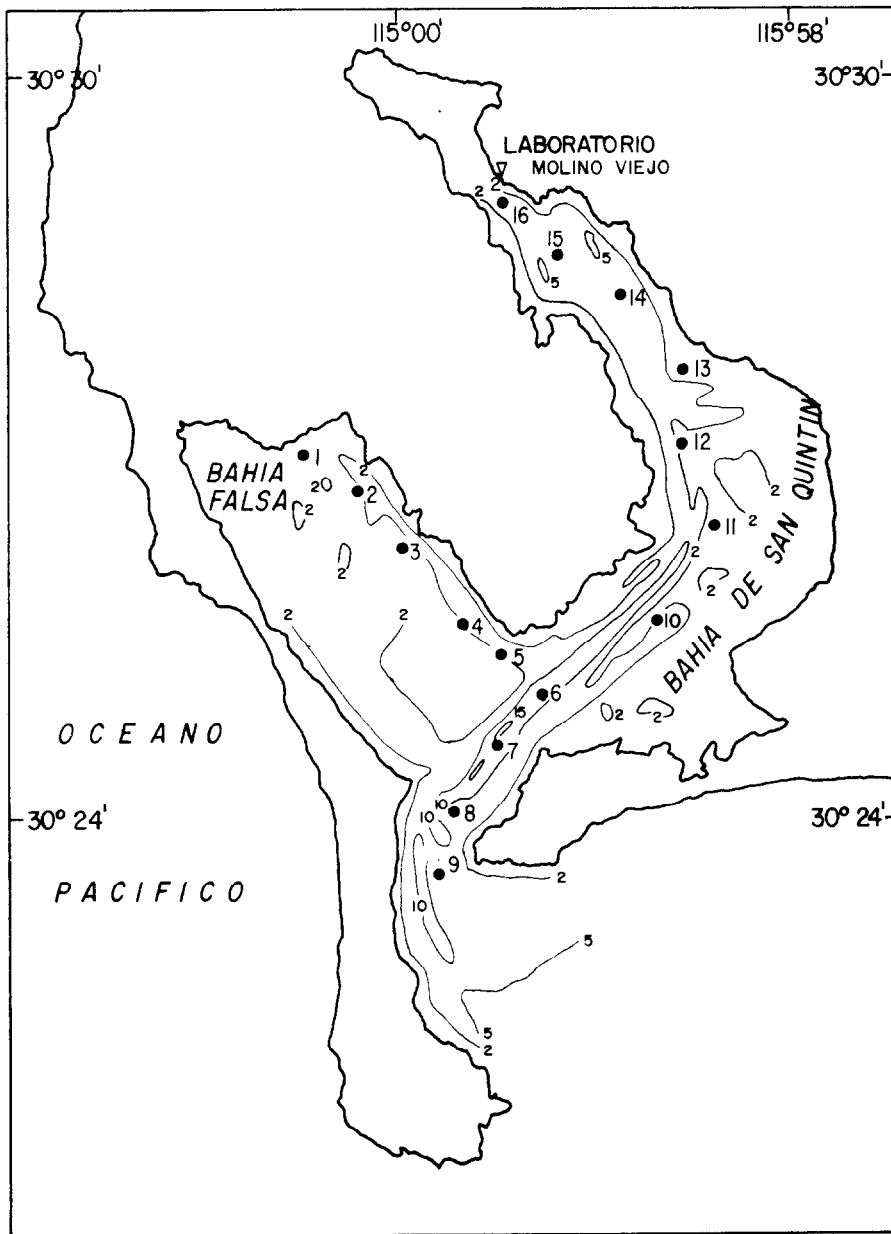


Fig. 2. Localización de las estaciones para el estudio de distribución espacial en Bahía San Quintín. Los números más pequeños indican la batimetría en metros.
 Space distribution stations locations in San Quintín Bay. Smaller numbers are the bathymetry in meters.

American Optical, modelo 1810.

La longitud de las series de tiempo de Bahía San Quintín (17 días) permite hacer un análisis espectral para tratar de discriminar con claridad hasta las componentes diurnas y semidiurnas de la variancia. De acuerdo con Platt y Denman (1975), el análisis espectral de una serie de datos puede ser considerado como un análisis de variancia, en el que la variancia total de una propiedad se parte en las componentes que se deben a procesos o fenómenos con diferentes escalas características de tiempo.

Lara Lara, Alvarez Borrego y Small (en prensa) presentaron una descripción geográfica y oceanográfica de Bahía San Quintín; y Acosta Ruiz y Alvarez Borrego (1974) lo hicieron para el Estero de Punta Banda. Por lo cual referimos a los lectores no familiarizados con estas lagunas costeras a esos trabajos. Bástenos indicar aquí que Bahía San Quintín tiene dos brazos, uno occidental y el otro oriental. El primero se denomina Bahía Falsa y el segundo Bahía San Quintín.

INTRODUCTION.

During February 1 to 7, and from June 20 to July 7, 1977, quasicontinuous samplings were carried on at the mouths of Estero de Punta Banda and San Quintín Bay, respectively (Fig. 1). Every hour, day and night, surface water samples were taken to determine salinity, oxygen, inorganic phosphate and photosynthetic pigments; and every two hours to determine phytoplankton abundance. Also, water temperature, tides and meteorological variables, such as air temperature, solar radiation (light intensity), wind velocity, cloud coverage and percent humidity, were measured. Zertuche-González and Alvarez-Borrego (1978) presented and discussed the results on tides, temperature, salinity, oxygen and phosphate; and Millán-Núñez and Alvarez-Borrego (1978) reported the results on chlorophylls a, b and c, and their phaeophytins, for both coastal lagoons. Lara-Lara, Alvarez-Borrego and Small (1980), using data from San Quintín, studied the variability and tidal exchange of ecological properties between the bay and the adjacent open ocean. Lara-Lara, Alvarez-Borrego and Small (1980) had only few phytoplankton data due to the analisis not being fully done yet (i.e.: their time series had two results per day only).

The purpose of this contribution is to present the San Quintín phytoplankton abundance time series in a more

complete form. The series are presented by gross taxonomic groups (diatoms, dinoflagellates and microflagellates). Also, to present the Estero de Punta Banda phytoplankton time series and compare them with those from San Quintín. And to present, in a more complete form, the phytoplankton space distributions of San Quintín bay, in flood end ebb conditions.

During July 6 and 7, 1977, surface water samples were taken at 16 stations in San Quintín Bay (Fig. 2), to determine phytoplankton abundance. The first day samples were taken during flood flow, and the second during ebb flow. These samplings had a duration of 2 to 3 hours, the first starting at 10:30 hours from Falsa bay (station 1), and the second starting at 14:15 hours from the mouth (station 9).

Phytoplankton abundance was determined by the Utermohl (1958) inverted microscope technique using an American Optical model 1810 inverted microscope.

The San Quintín Bay time series length (17 days) permitted to do spectral analysis to try discriminating the semi-diurnal and diurnal components of variance. According to Platt and Denman (1975), spectral analysis of a series of data may be regarded as an analysis of variance in which the total variance of a variable is partitioned into contributions arising from processes with different characteristic time scales.

Lara, Lara, Alvarez-Borrego and Small (1980) presented a geographic and oceanographic description of San Quintín Bay; and Acosta-Ruiz and Alvarez-Borrego (1974) presented one for Estero de Punta Banda. Readers not familiar with these coastal lagoons are referred to those works. We only indicate here that San Quintín Bay has two arms: The western arm is called Falsa bay, and the eastern is called specifically San Quintín Bay.

RESULTADOS Y DISCUSIONES.

En las bocas de ambas lagunas costeras se aprecia una gran variabilidad en la abundancia de fitoplancton (Fig. 3 y 4). Una diferencia inmediatamente aparente entre los dos lugares, es que en San Quintín las diatomeas fueron en la mayoría de los casos las más abundantes, con una concentración muy baja de microflagelados, mientras que en el Estero de Punta Banda la situación fué al revés. Los dinoflagelados en ambos casos presentaron concentraciones intermedias. Ya que los microflagelados son muy pequeños (3-18 μ) comparados con las diatomeas (5-80 μ), en San Quintín la biomasa de fitoplancton fué mayor que en el Estero. En

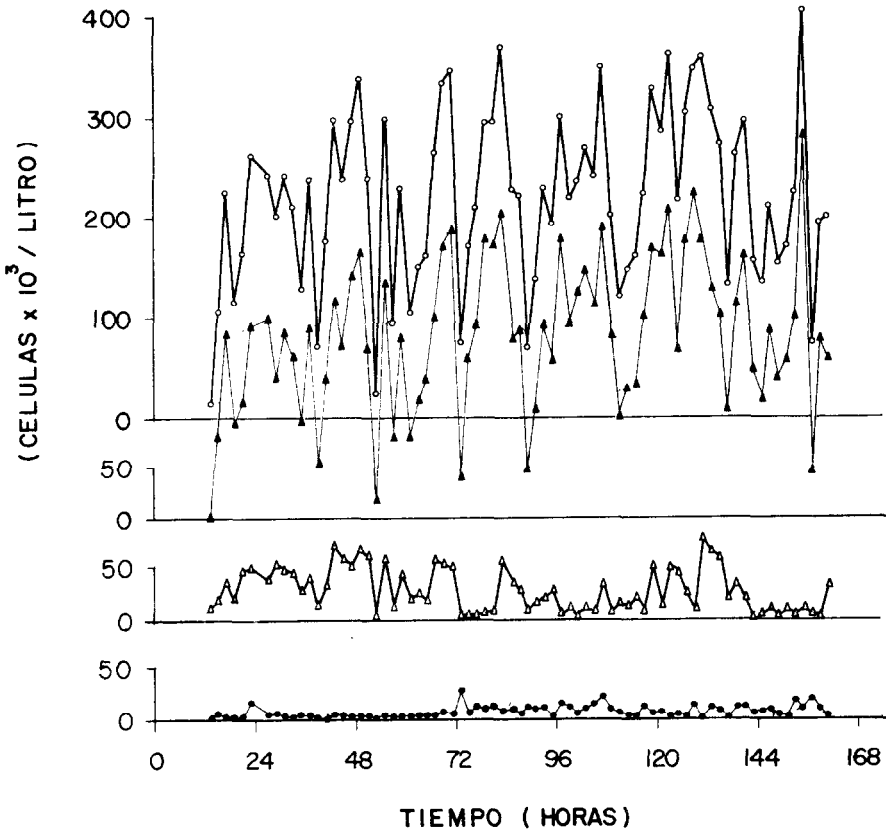


Fig. 3. Series de tiempo de fitoplancton del Estero de Punta Banda. A las diatomeas les corresponden los círculos negros y la escala vertical inferior. A los dinoflagelados los triángulos claros y la segunda escala inferior. A los microflagelados los triángulos oscuros y la segunda escala superior. Y a la suma de los tres los círculos claros y la escala superior. Estero de Punta Banda phytoplankton time series. The lowest vertical scale corresponds to diatoms, with black circles. The second lowest scale corresponds to dinoflagellates, with clear triangles. The second highest scale corresponds to microflagellates, with black triangles. And the highest scale corresponds to total phytoplankton abundance, with clear circles.

San Quintín la mayor parte de la variancia de la abundancia total de fitoplancton se debió a las diatomeas, mientras que en el Estero se debió a los microflagelados (en número). En sentido estricto los dos conjuntos de series no son comparables, ya que el muestreo

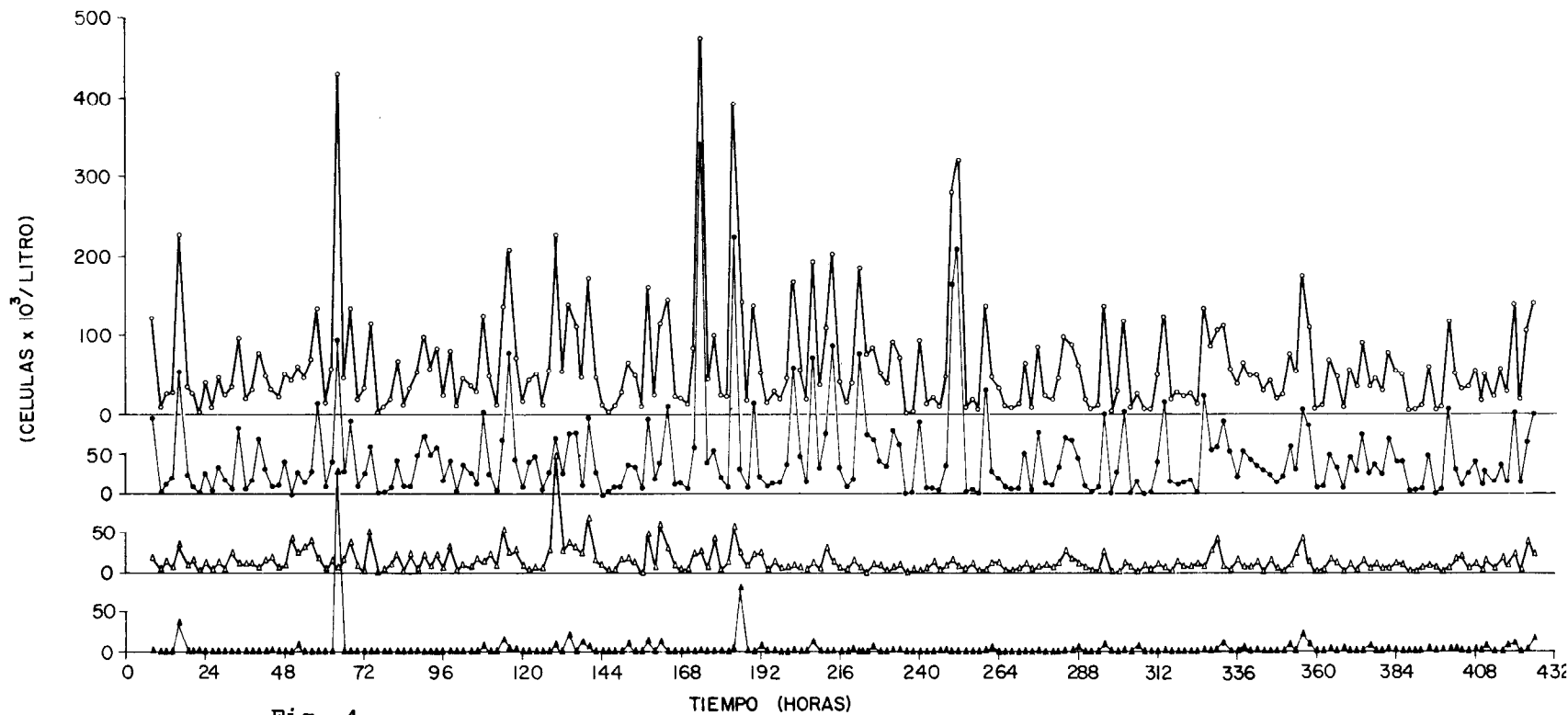


Fig. 4.

Series de tiempo de fitoplancton de Bahía San Quintín. A los microflagelados les corresponden los triángulos negros y la escala vertical inferior. A los dinoflagelados los triángulos claros y la segunda escala inferior. A las diatomeas los círculos negros y la segunda escala superior. Y a la suma de los tres los círculos claros y la escala superior.

San Quintín Bay phytoplankton time series. The lowest vertical scale corresponds to microflagellates, with black triangles. The second lowest scale corresponds to dinoflagellates, with clear triangles. The second highest scale corresponds to diatoms, with black circles. And the highest scale corresponds to total phytoplankton abundance, with clear circles.

del Estero fué en invierno mientras que el de San Quintín fué en verano. Recientemente se han hecho muestreos en ambos lugares en verano (1979) que proporcionarán datos más comparables. Sin embargo, con los datos aquí presentados se sigue observando que hay diferencias notables en la ecología de ambas lagunas. Millán Núñez y Alvarez Borrego (1978) reportaron valores de concentración de clorofilas a y c tres o más veces en San Quintín que los valores del Estero. Las concentraciones de fosfato son también mayores en San Quintín que en el Estero (Alvarez Borrego, Lara Lara y Acosta Ruiz, 1977; Zertuche González y Alvarez Borrego, 1978). Esto puede ser indicativo de que todos los nutrientes en general tienen mayor concentración en San Quintín. Los eventos de surgencia frente a la boca de San Quintín en verano deben ser responsables de la mayor fertilidad en esa bahía. La boca del Estero queda por lo menos 10 millas náuticas alejada de la zona de surgencia de Punta Banda. Además, en invierno las surgencias son muy débiles. En el Estero de Punta Banda la temperatura fluctuó durante el muestreo aproximadamente de 15.5°C a 17.0°C, y en San Quintín de 12°C a 20°C (Zertuche González y Alvarez Borrego, 1978).

Es muy difícil apreciar una correlación entre la variabilidad de la abundancia de fitoplancton en San Quintín y el Estero (Fig. 3 y 4) y fenómenos que "a priori" se puede pensar que sean la causa de esta variación, tales como la marea, el ciclo de irradiación solar, cambios de temperatura, etc. El espectro de variancia de la serie de abundancia total de fitoplancton de San Quintín muestra picos para los períodos diurno y semidiurno, que indican una relación con el ciclo de irradiación solar y la marea (Fig. 5). Sin embargo, hay picos de similar tamaño a menores y mayores frecuencias, mostrando una variación muy irregular. Una distribución espacial del fitoplancton en forma de "manchas" irregulares, aunada a las corrientes de marea, puede ser uno de los principales causantes de este tipo de espectro. El valor alto de variancia en las más bajas frecuencias puede deberse a la secuencia de eventos de surgencia en la boca de San Quintín, pero no se muestra tan claro como en el caso de clorofila reportado por Lara Lara, Alvarez Borrego y Small (en prensa). Los espectros de variancia de los grupos fitoplanctónicos separados son todavía más irregulares que el de abundancia total, no pudiéndose discernir con claridad picos en frecuencias características de fenómenos como marea, ciclo de irradiación solar, etc.

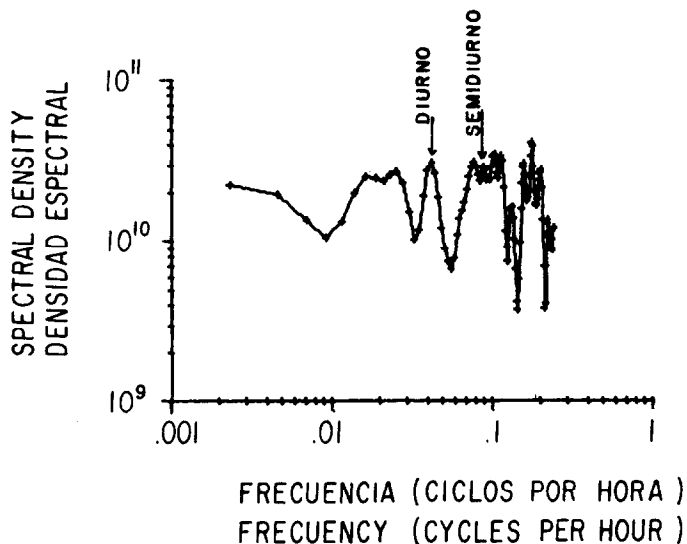


Fig. 5. Espectro de variancia de la serie de tiempo de abundancia total de fitoplancton de Bahía San Quintín.

Variance spectrum of the phytoplankton total abundance San Quintín time series.

En Bahía San Quintín, en general las concentraciones de fitoplancton fueron mayores en la boca que en los extremos internos (Fig. 6 y 2). Las estaciones 5,6,7,8 y 9, presentaron en general mayor abundancia de fitoplancton que las demás estaciones. Alvarez Borrego y López Alvarez (1975) reportaron esta tendencia de variación de fitoplancton en Bahía San Quintín para el período Julio de 1973 a marzo de 1974. Hacia el extremo interno de Bahía Falsa la abundancia de fitoplancton disminuye menos que hacia el extremo interno oriental. Esto posiblemente se deba a las condiciones de temperatura más elevada en Bahía San Quintín (extremo oriental). Lara-Lara, Alvarez-Borrego y Small (en prensa) reportaron temperaturas en la estación 1 de 18.5°C en flujo y 19.3°C en reflujo; y en la estación 16 de 20.1°C en flujo y 20.8°C en reflujo. La diferencia de abundancia de fitoplancton entre los dos extremos internos se acentúa en reflujo con respecto a las condiciones de flujo (Fig. 6). El extremo oriental tiende a tener una concentración muy pobre de fitoplancton en reflujo, sobre todo de diatomeas y microflagelados, indicando una abundancia baja en la parte somera de la estación 16 hacia el norte, que no fué muestreada.

En toda la bahía de San Quintín, en flujo las concentraciones de diatomeas y microflagelados fueron mayores que en reflujo. Las concentraciones de dinoflagelados no disminuyeron muy marcadamente en reflujo con respecto a las de flujo. En la boca las diatomeas tendieron a ser el grupo más abundante, pero en los extremos internos los dinoflagelados fueron los más abundantes (Fig. 6).

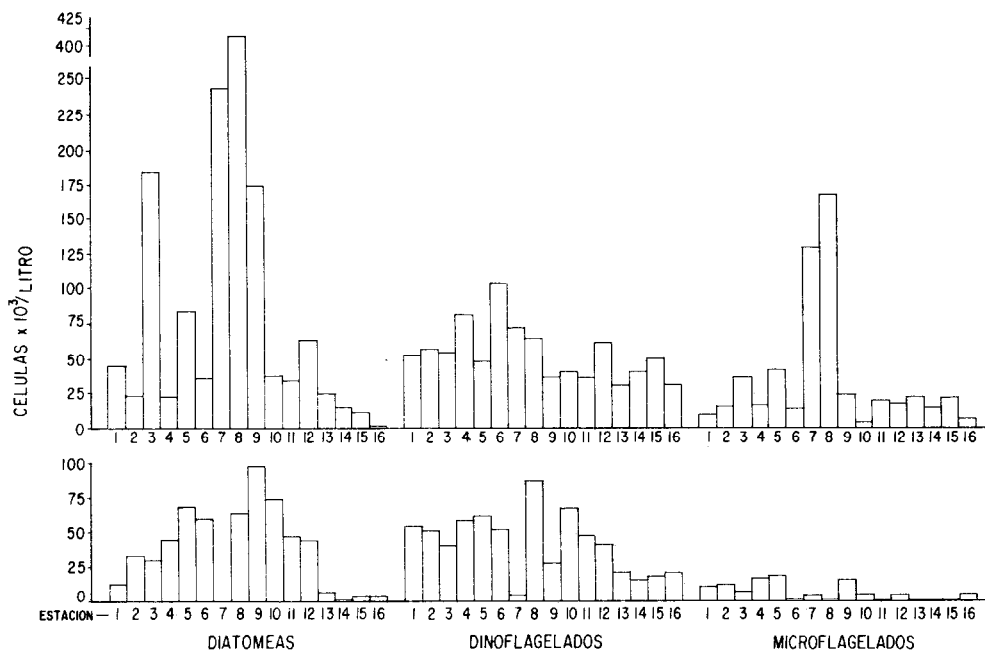


Fig. 6. Distribución espacial de abundancia de fitoplancton en Bahía San Quintín. Los números de los ejes horizontales son los de las estaciones de muestreo. Su localización geográfica está en la figura 2. La parte superior corresponde al muestreo en flujo, y la inferior a reflujo. San Quintín Bay space distribution of phytoplankton. Numbers on the horizontal axes are the stations. Station locations are in figure 2. The upper diagram corresponds to sampling during flood, and the lower to ebb.

RESULTS AND DISCUSSIONS.

A great variability of phytoplankton abundance is appreciated at the mouths of both coastal laggons (Figs. 3 and 4). Immediately apparent is the difference in group dominance between the two places. At San Quintín mouth, diatoms were the most abundant group, in most cases, with a very low abundance of microflagellates. While

at Estero de Punta Banda the situation was the opposite. Dinoflagellates presented intermediate concentration at both places. Since microflagellates are very small (3-18 μ) compared to diatoms (5-80 μ) phytoplankton biomass was greater at San Quintín than at the Estero. At San Quintín most of the total phytoplankton abundance variance (by number) was due to diatoms, while at the Estero it was due to microflagellates. In strict sense the two sets of time series are not comparable, because sampling was not simultaneous. Recently we have sampled from both places during summer (1979). These later data will be more comparable. Nevertheless, with the data we present here, we can appreciate a great difference in the ecology of these two lagoons. Millán-Núñez and Alvarez-Borrego (1978) reported chlorophyll a and c concentration values for San Quintín two or three times those of the Estero. Phosphate concentrations are also greater in San Quintín than at the Estero (Alvarez-Borrego, Lara-Lara and Acosta-Ruiz, 1977; Zertuche-González and Alvarez-Borrego, 1978). This may indicate that all nutrients in general are in greater concentration in San Quintín. Incidence of upwelling events off the mouth of San Quintín during summer may be responsible for the greater fertility of this bay. The Estero mouth is some 10 nautical miles away from the nearest upwelling region, and furthermore, upwelling is very weak during winter. At the Estero, the temperature range during sampling was 15.5°C-17.0°C; and at San Quintín it was 12.0°C-20.0°C (Zertuche-González and Alvarez-Borrego, 1978).

It is very difficult to appreciate a correlation between the phytoplankton abundance variation and phenomena such as tides, solar radiation cycles, etc., that "a priori" might be thought of as causes of this variation, in San Quintín and the Estero (Fig. 3 and 4). The San Quintín total phytoplankton abundance time series variance spectrum shows peaks corresponding to diurnal and semidiurnal periods, indicating some relation with tides and the solar radiation cycles (Fig. 5). However, there are peaks of similar size at lower and higher frequencies, showing a very irregular variation. A patchy space distribution of phytoplankton, together with tidal currents, may be the main cause of this type of spectrum. The high variance value at the lowest frequencies might be due to the sequence of upwelling events at the mouth of San Quintín, but the effect is not shown as clearly as with chlorophyll a, reported by Lara-Lara, Alvarez-Borrego and Small (1980). The separate phytoplankton groups time series variance spectra are even more irregular than that of total abundance. In these spectra it is not possible to discriminate peaks at characteristic frequencies of phenomena such as tides, radiation cycles, etc.

At San Quintín, phytoplankton concentrations were in general greater at the mouth than in the interiors (Fig. 6 and 2). Stations 5, 6, 7, 8 and 9 had greater phytoplankton abundance than the others. Alvarez-Borrego and López-Alvarez (1975) reported this phytoplankton space variation tendency in San Quintín bay for the period July 1973 through March 1974. Phytoplankton abundance decreases less towards the head of Falsa bay than towards the head of the eastern arm. This may be due to the greater temperature at the eastern arm. Lara-Lara, Alvarez-Borrego and Small (1980) reported 18.5°C during flood flow and 19.3°C during ebb flow, for station 1; and 20.1°C during flood flow and 20.8°C during ebb flow, for station 16. The phytoplankton abundance difference between the heads of the two arms is accentuated during ebb flow, with respect to conditions during flood flow (Fig. 6). The eastern arm tends to have a poor phytoplankton concentration during ebb flow, specially diatoms and microflagellates, indicating a low abundance in the shallow part of the bay from station 16 northwards, which was not sampled.

In all San Quintín Bay, diatoms and microflagellates abundance during flood flow were greater than those of ebb flow. Dinoflagellates abundance did not decrease much during ebb flow. At the mouth, diatoms were the most abundant group, while at the heads the most abundant were dinoflagellates (Fig. 6).

RECONOCIMIENTOS.

Agradecemos la colaboración de Antoine Badán Dangón en la generación de los espectros de variancia, y la de Lucía Vargas en el análisis de las muestras de fitoplancton del Estero de Punta Banda. Para la realización de este trabajo se contó con un apoyo económico parcial del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

ACKNOWLEDGMENTS.

We are grateful to Antoine Badan Dangon for his help in the generation of the variance spectra, and to Lucía Vargas for her help in the analysis of samples from Estero de Punta Banda. This work was partially supported by the National Council for Science and Technology of México.

BIBLIOGRAFIA.

- ACOSTA RUIZ, M.J. y S. Alvarez Borrego, 1974. Distribución superficial de algunos parámetros hidrológicos físicos y químicos, en el Estero de Punta Banda, B.C., en otoño e invierno. Ciencias Marinas (Méx.) Vol. 1, Núm. 1: 16-45.

- ALVAREZ BORREGO, S. y C.López Alvarez, 1975. Distribución de biomasa de fitoplancton por grupos taxonómicos en Bahía San Quintín, B.C., a través de un ciclo anual. Reporte para el Instituto Nacional de Pesca de la SIC, y la Dirección de Acuicultura de la SRH (no publicado).
- ALVAREZ BORREGO, S., J.R.Lara Lara y M.de J.Acosta Ruiz. 1977. Parámetros relacionados con la productividad orgánica primaria en dos antiestuarios de Baja California. Ciencias Marinas (Méx.), Vol. 4, Núm. 1:12-21.
- LARA LARA, J.R., S.Alvarez Borrego and L.F.Small, 1980. Variability and tidal exchange of ecological properties in a coastal lagoon. Journal of Estuarine and Coastal Marine Research (accepted for publication).
- MILLAN NUÑEZ, R. y S.Alvarez Borrego, 1978. Series de tiempo de clorofilas a, b y c, y sus feofitinas en las bocas de dos lagunas costeras. Ciencias Marinas (Méx), Vol. 5, Núm. 2: 41-52.
- PLATT, T. and K.L.Denman, 1975. Spectral analysis in ecology. Annual Review of Ecology and Systematics. Vol. 6: 189-210.
- UTERMOHL, H., 1958. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton methodik (en alemán). Mitt.Int.Verein Theor.Angew.Limnol. 17,47.
- ZERTUCHE GONZALEZ, J.A. y S.Alvarez Borrego, 1978. Series de tiempo de variables fisicoquímicas en las bocas de dos antiestuarios de Baja California. Ciencias Marinas (Méx.) Vol. 5, Núm. 1: 1: 91-103.

Recibido: junio 28 de 1979.