

**ESTRUCTURA DE LAS ASOCIACIONES MICROFITOPLANCTONICAS
DE LA REGION SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MEXICO,
EN PRIMAVERA Y VERANO DE 1984**

**STRUCTURE OF THE MICROPHYTOPLANKTON ASSOCIATIONS OF
THE SOUTHERN REGION OF THE GULF OF CALIFORNIA, MEXICO,
IN SPRING AND SUMMER 1984**

Irma González López¹
David A. Siqueiros Beltrones²

¹ División de Biología Marina
Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur
Apartado Postal 128, La Paz 23000, B.C.S., México

² Departamento de Biología Marina
Universidad Autónoma de Baja California Sur
Apartado Postal 219-B, La Paz 23080, B.C.S., México

González López, I. y Siqueiros Beltrones, D.A. (1990). Estructura de las asociaciones microfitorplánticas de la región sur del golfo de California, México, en primavera y verano de 1984. Structure of the microphytoplankton associations of the southern region of the Gulf of California, Mexico, in spring and summer 1984. *Ciencias Marinas*, 16(4): 157-188.

RESUMEN

Se analizaron las asociaciones de microfitorplankton superficial de la región sur del golfo de California, para primavera y verano de 1984. Se determinó la composición específica, la diversidad de especies (H'), el espectro de diversidad, la similitud entre las muestras (SIMI) y la densidad de células por litro (cel/l), para ambos periodos.

Se identificaron un total de 165 especies. En la primavera se observó la dominancia de diatomeas, siendo *Rhizosolenia alata* la más abundante; para el verano predominó el grupo de los dinoflagelados observándose una codominancia de las especies *Ceratocorys horrida*, *Climacodium frauenfeldianum* y *Ceratium deflexum*. De acuerdo al origen de estos grupos, se puede caracterizar las condiciones en primavera como templado-cálidas y el verano como tropical-subtropical. Las densidades de células caen dentro de la categoría de pobres, con valores máximos de 4,900 cel/l para primavera y 2,240 cel/l para verano. La diversidad de especies en ambos periodos fue en general baja, siendo más uniforme en verano ($H' = 2.14-3.83$) que en primavera ($H' = 0.15-4.62$). El espectro de diversidad y la similitud entre muestras sugieren para la primavera la presencia de dos asociaciones, una dominada por *Rhizosolenia alata* y otra sin dominantes claros; para el verano se presentó una sola asociación, con una codominancia de especies. En este análisis se detectaron condiciones anómalas debidas al evento de "El Niño" que se presentó en 1983 y se prolongó hasta 1984; los resultados obtenidos estuvieron influidos por este fenómeno.

ABSTRACT

The surface microphytoplankton associations of the southern region of the Gulf of California were analysed, in spring and summer 1984. Specific composition, species diversity (H'), diversity spectrum, similarity between samples (SIMI) and density of cells per litre (cells/l) were determined for both periods.

A total of 165 species were identified. In spring, the diatoms predominated and the most abundant species was *Rhizosolenia alata*. In summer, the group of dinoflagellates predominated and co-dominance of the species *Ceratocorys horrida*, *Climacodium frauenfeldianum* and *Ceratium deflexum* was observed. According to the origin of these groups, conditions can be described as warm-temperate in spring and as tropical-subtropical in summer. Cell densities were found to be poor, with maximum values of 4,900 cells/l for spring and 2,240 cells/l for summer. Species diversity in both periods was generally low and more uniform in spring ($H' = 2.14-3.83$) than in summer ($H' = 0.15-4.62$). The diversity spectrum and similarity between samples indicate the presence of two associations in spring, one dominated by *Rhizosolenia alata* and the other without a clear dominant species; only one association was found in summer, with co-dominant species. In this analysis, anomalous conditions were detected due to the 1983-1984 "El Niño" event and the results obtained were influenced by this phenomenon.

INTRODUCCION

El golfo de California, además de mantener una pesquería substancial, ha sido reconocido desde hace tiempo como un área importante para investigaciones oceanográficas debido a su significancia como un mar marginal (Badan-Dangon *et al.*, 1985). Se ha observado que las corrientes superficiales en el golfo varían significativamente a lo largo de un ciclo anual, como una respuesta a los cambios de intensidad y posición de los dos principales sistemas de vientos (Roden, 1964; Baumgartner y Christensen, 1985), uno de los cuales domina en invierno y primavera y es el más productivo; el otro domina en verano y otoño y se caracteriza por una baja productividad. Además de las variaciones estacionales, hay variaciones interanuales asociadas con "El Niño" que producen variaciones en la producción de fitoplancton (Baumgartner *et al.*, 1985).

El objetivo de este estudio es describir la estructura de la asociación microfitoroplanctónica en la región sur del golfo y su variación estacional entre primavera y verano, en cuanto a la composición específica de diatomeas y dinoflagelados, así como la diversidad de especies. Asimismo, se determina la similitud existente entre los diferentes puntos muestreados, para conocer la distribución de las asociaciones de estos grupos taxonómicos. También se pretende conocer su densidad como un índice de biomasa.

A excepción del trabajo de Nienhuis (1980), quien realizó un estudio comparativo de la composición específica, la sucesión, la distribución y la diversidad en la ensenada de La Paz, la Bahía de La Paz y la región sur del golfo de California, la mayoría de los trabajos

INTRODUCTION

The Gulf of California, apart from supporting a substantial fishery, has long been recognized as an important area for oceanographic research due to its significance as a marginal sea (Badan-Dangon *et al.*, 1985). The surface currents in the Gulf have been found to vary significantly throughout an annual cycle, in response to changes in intensity and position of the two main wind systems (Roden, 1964; Baumgartner and Christensen, 1985). One of these systems prevails in winter and spring and is more productive, whereas the other predominates in summer and autumn and is characterized by low productivity. Apart from seasonal changes, there are interannual variations associated with "El Niño" that produce variations in the production of phytoplankton (Baumgartner *et al.*, 1985).

The objective of this study is to describe the structure of the microphytoplankton association in the southern region of the Gulf and its seasonal variation between spring and summer, regarding the specific composition of diatoms and dinoflagellates as well as species diversity. Furthermore, the similarity between the different sampling points is determined in order to learn the distribution of the associations of these taxonomic groups as well as their density as a biomass index.

Except for the work of Nienhuis (1980), who undertook a comparative study of the specific composition, succession, distribution and diversity in La Paz harbour, La Paz Bay and the southern region of the Gulf of California, most studies conducted in the southern region of the Gulf were made more than 20 years ago. In view of the dynamic

en la región sur del golfo se realizaron hace más de 20 años. Con base en lo anterior y en consideración a la dinámica característica de la región sur del golfo de California, es necesario realizar un nuevo análisis del fitoplancton de esa zona, con el fin de comparar su comportamiento en primavera y verano, ya que se observan cambios significativos entre estas dos estaciones del año debido a la circulación oceánica que varía con la estación del año (Groves y Reid, 1958; Roden y Groves, 1959; Roden, 1964; Baumgartner y Christensen, 1985).

AREA DE ESTUDIO

El golfo de California (Fig. 1) se encuentra localizado entre la península de Baja California y las costas de los estados de Sonora y Sinaloa, México. Además, está localizado hidrográficamente como una región compleja de transición oceánica (Baumgartner y Christensen, 1985). Tiene aproximadamente 1,000 km de longitud, orientado de noroeste a sureste con una anchura aproximada de 100 a 200 km y su batimetría es extremadamente variable. Roden y Groves (1959) han propuesto la división del golfo de California en tres zonas oceanográficas: la sur, la central y la norte basada en la distribución de temperatura y salinidad.

La región de la boca del golfo de California, incluyendo la región sur, comprende un sistema dinámico, donde pueden concurrir tres diferentes masas superficiales de agua que son: el agua del golfo, agua de la Corriente de California y el agua del Pacífico tropical superficial (Roden, 1964; Alvarez-Borrego, 1983; Baumgartner y Christensen, 1985).

MATERIALES Y METODOS

En 1984 se hicieron dos cruceros oceanográficos a bordo de los buques de investigación *El Puma* y *Mariano Matamoros*. El primer crucero fue el de primavera, GOLCA 8404, comprendido del 20 de marzo al 7 de abril en el buque *El Puma* (Fig. 1); el segundo crucero fue el de verano, GOLCA 8407, comprendido del 23 de julio al 5 de agosto en el buque *Mariano Matamoros* (Fig. 1). Se marcaron transectos que separaron una estación de otra 20 millas náuticas en un mismo transecto y 30 millas náuticas entre transectos.

characteristic of the southern region of the Gulf of California, it is therefore necessary to carry out a new analysis of the phytoplankton of this area, in order to compare its behaviour in spring and summer, since significant changes have been observed between these two seasons due to the oceanic circulation that varies seasonally throughout the year (Groves and Reid, 1958; Roden and Groves, 1959; Roden, 1964; Baumgartner and Christensen, 1985).

STUDY AREA

The Gulf of California (Fig. 1) is located between the peninsula of Baja California and the coasts of Sonora and Sinaloa, Mexico. Hydrographically, it is considered a complex oceanic transition zone (Baumgartner and Christensen, 1985). It is approximately 1,000 km long, in a NW-SE direction, with an approximate width of 100 to 200 km and its bathymetry is extremely variable. Roden and Groves (1959) proposed an oceanographic division of the Gulf of California into three regions, based on salinity and temperature distribution: the southern, central and northern regions.

The region of the mouth of the Gulf of California, including the southern region, comprises a dynamic system in which three different masses of water converge: the waters of the Gulf, of the California Current and of the tropical Pacific (Roden, 1964; Alvarez-Borrego, 1983; Baumgartner and Christensen, 1985).

MATERIALS AND METHODS

In 1984 two oceanographic cruises were conducted on board the research vessels *El Puma* and *Mariano Matamoros*. The spring cruise, GOLCA 8404, was conducted from 20 March to 7 April aboard the vessel *El Puma* (Fig. 1) and the summer cruise, GOLCA 8407, from 23 July to 5 August aboard the vessel *Mariano Matamoros* (Fig. 1). Transects were established separating the stations 20 nautical miles apart along one transect and 30 nautical miles between transects.

To determine the specific composition and the population parameters used, samples of microphytoplankton were collected by

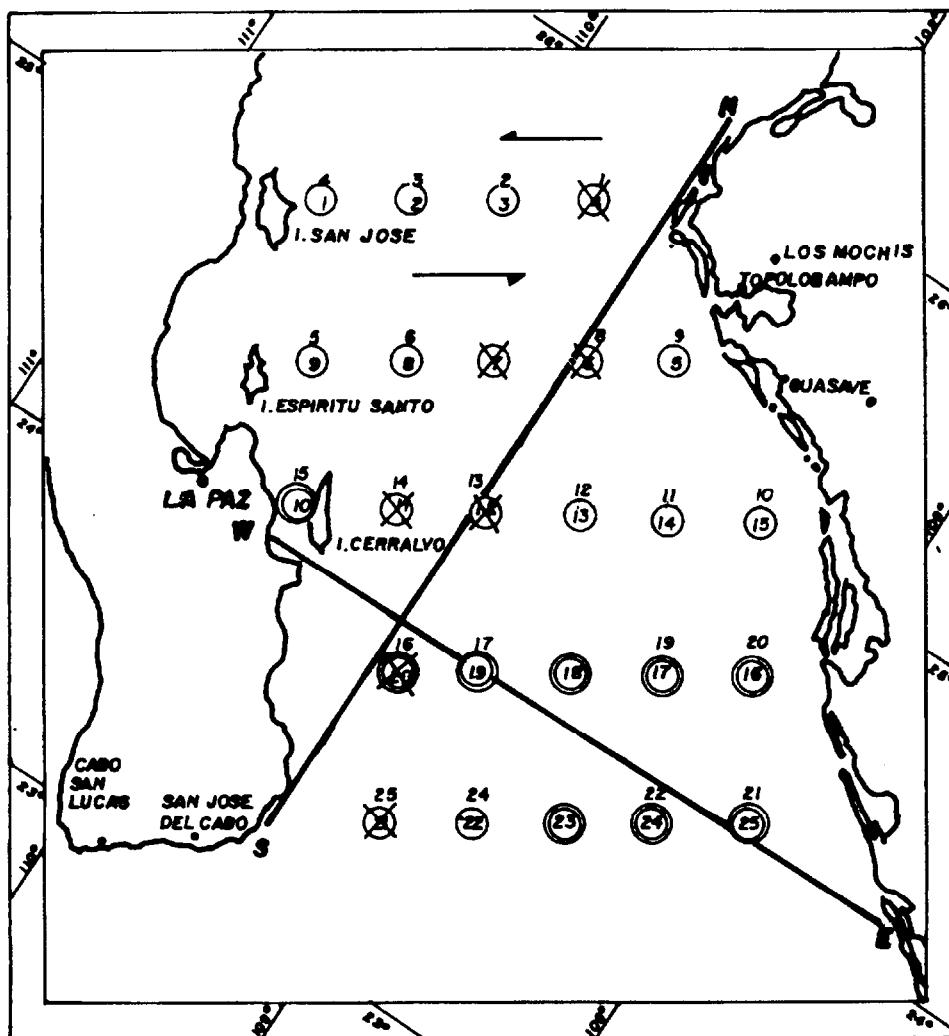


Figura 1. Área de estudio y red de estaciones para los cruceros de primavera GOLCA8404 (-) y verano GOLCA 8407 (-). Localización de los transectos Norte-Sur (X) y Oeste-Este (O) del espectro de diversidad de primavera y verano.

Figure 1. Study area and network of stations for the spring GOLCA8404 (-) and summer GOLCA 8407 (-) cruises. Location of the North-South (X) and West-East (O) transects of the diversity spectrum.

Para la determinación de la composición específica y de los parámetros poblacionales utilizados, se tomaron muestras de microfitorplancton con red. Las muestras de red se obtuvieron por medio de arrastres horizontales superficiales de cinco minutos, a la velocidad de un nudo con una red de 100 cm de longitud de malla, 65 mm de abertura de malla y 30 cm de diámetro de la boca, con bridas en la boca de la red. Para los análisis de densidades de células y para complementar la información de la composición específica, se obtuvieron muestras de agua superficial con botellas Niskin. Las muestras tomadas con red y con botellas se fijaron con formol al 4% y se neutralizaron con borato de sodio. Como apoyo a la investigación se tomaron datos de temperatura superficial, utilizando un termómetro de cubeta.

Las muestras de red se analizaron mediante un microscopio Zeiss, estándar 18 con contraste de fases, oculares CPL W 10x/18 y objetivos 10x/0.22, 40x/0.65 y 100x/1.25. La identificación se realizó hasta el nivel de especie, siempre que fue posible, siguiendo claves y trabajos especializados. Para diatomeas: Cupp y Allen (1938), Hustedt (1959a, 1959b), Cleve-Euler (1951, 1952, 1953a, 1953b), Licéa-Durán (1974), Cupp (1977). Para dinoflagelados: Schiller (1933, 1937), Taylor (1976).

Las muestras obtenidas con botellas fueron analizadas mediante la técnica Utermöhl utilizando un microscopio invertido, Zeiss Invertoscope D con contraste de interferencia diferencial, oculares KPL W 10x/18, objetivos 4x/0.14, 6.3x/0.16, 10x/0.22, 16x/0.35 y 40x/0.65. Se contaron todos los fitoplanctones encontrados, haciendo la diferenciación entre nanoplankton ($\leq 25 \mu$) y microplankton ($\geq 25 \mu$) (Margalef, 1980; Nienhuis y Guerrero, 1985). Se determinó la distribución y abundancia de especies según la frecuencia con que fueron observadas en las diferentes estaciones del área de estudio.

Para el cálculo de los parámetros de las asociaciones se adoptó un tamaño de muestra de 250 individuos, con base en los trabajos de Nienhuis (1980) y Nienhuis y Guerrero (1985). Para constatar que el número de individuos propuesto fuera el adecuado para las muestras de este trabajo, se practicaron dos análisis

means of five-minute horizontal surface trawls at a velocity of one knot, with a net 100 cm long, mesh size of 65 mm and mouth diameter of 30 cm, with brides at the mouth of the net. For the analysis of cell densities and to complement the information on specific composition, samples of surface water were obtained with Niskin bottles. The net and bottle samples were fixed with 4% formol and neutralized with sodium borate. Surface temperature data were also taken, with a bucket thermometer.

The net samples were analysed with a Zeiss microscope, standard 18 with phase contrast, CPL W 10x/18 eyepieces and 10x/0.22, 40x/0.65 and 100x/1.25 objectives. The samples were identified to species, whenever possible, based on keys and specialized works. For diatoms: Cupp and Allen (1938), Hustedt (1959a, 1959b), Cleve-Euler (1951, 1952, 1953a, 1953b), Licéa-Durán (1974), Cupp (1977). For dinoflagellates: Schiller (1933, 1937), Taylor (1976).

The bottle samples were analysed following the Utermöhl method, using an inverted microscope, Zeiss Invertoscope D with differential interference contrast, KPL W 10x/18 eyepieces and 4x/0.14, 6.3x/0.16, 10x/0.22, 16x/0.35 and 40x/0.65 objectives. All the phytoplankton collected were counted, differentiating between nanoplankton ($\leq 25 \mu$) and microplankton ($\geq 25 \mu$) (Margalef, 1980; Nienhuis and Guerrero, 1985). Species distribution and abundance were determined according to the frequency with which they were observed at the different stations of the study area.

To calculate the parameters of the associations, a sample size of 250 individuals was adopted, based on the works of Nienhuis (1980) and Nienhuis and Guerrero (1985). To verify that this number of individuals was adequate, two analyses suggested by Margalef (1956) were made and according to these, the sample size was considered to be adequate.

Diversity within the associations was calculated with the Shannon-Wiener index, H' , ($\log 2$) (Peet, 1974; Pielou, 1977).

In order to quantify the data obtained, the diversity spectrum proposed by Margalef (1980) was used. This consists in aligning

sugeridos por Margalef (1956) y de acuerdo a éstos, se consideró que el tamaño de muestra adoptado era el adecuado.

Se calculó la diversidad dentro de las asociaciones mediante el índice de Shannon-Wiener, H' , (log 2) (Peet, 1974; Pielou, 1977).

Con el fin de conferirle dimensionalidad a los datos obtenidos se utilizó el espectro de diversidad propuesto por Margalef (1980). Este consiste en alinear estaciones y sumar las abundancias relativas de cada estación y calcular acumulativamente los valores de H' . Al adicionar a una muestra los resultados obtenidos de otra, es probable incorporar más especies y observar cambios en las proporciones de las ya incluidas. La diversidad calculada para esta muestra ampliada se relaciona con la de la muestra inicial. Se obtiene así un espectro de la diversidad en el que la diversidad es función del tamaño de la muestra, en la que se incorporan además referencias espaciales o temporales, según se vayan adicionando muestras de puntos cercanos, u obtenidas en una localidad se sumen muestras obtenidas en otro momento. Se alinearon dos transectos, uno de Norte-Sur desde la estación más cercana a la costa sinaloense hasta la estación más sureña próxima a Baja California Sur y se integraron al espectro por orden de aparición las estaciones más cercanas a la línea imaginaria. El otro transecto Oeste-Este se orientó entre la estación más cercana a Mazatlán para terminar en la Isla Cerralvo (Fig. 1).

Para describir la variación en las asociaciones entre estaciones se utilizó el índice de similitud de Stander (1970) colocando los resultados en los diagramas de Trellis para su interpretación.

RESULTADOS

Temperatura del agua

En el crucero de primavera las temperaturas registradas variaron entre 20.2°C para la estación cercana a Isla Cerralvo (15) y 23.6°C para la estación oceánica más sureña (23). En general los valores más altos correspondieron a las estaciones más al sur (Fig. 2a). En verano las temperaturas del agua variaron entre 28°C en la estación oceánica de

stations and adding the relative abundances of each station and accumulatively calculating the H' values. On adding the results obtained for one sample to another, it is possible to incorporate more species and observe changes in the proportions of those already included. The diversity calculated for this enlarged sample is compared to that of the initial sample. Thus, a diversity spectrum is obtained in which diversity is a function of the size of the sample, in which spatial or temporal references are also incorporated as samples from nearby points or from the same site but obtained at different times are added. Two transects were aligned: one North-South, from the station closest to the coast of Sinaloa to the southernmost station off Baja California Sur, and the stations closest to the imaginary line were integrated to the spectrum in order of appearance; the other West-East, from the station closest to Mazatlán to Cerralvo Island (Fig. 1).

To describe the variation in the associations between stations, Stander's (1970) similarity index was used. The results were placed in Trellis diagrams for their interpretation.

RESULTS

Water temperature

The temperatures recorded during the spring cruise varied between 20.2°C at station 15 off Cerralvo Island and 23.6°C at the southernmost oceanic station (23). In general, the highest values corresponded to the southernmost stations (Fig. 2a). In summer, water temperatures varied between 28°C at the oceanic station of the northern part (7) and 32°C at station 3. The highest temperatures occurred at the northernmost stations and on the eastern side of the Gulf (Fig. 2b). In both cruises, temperature gradients occurred with differences of approximately 4°C between maximum and minimum; between cruises, the differences were of 8 and 9°C for maximum and minimum temperatures.

Specific composition of the microphytoplankton

In the spring cruise, 66 species of diatoms in 25 genera and 71 species of dinoflagellates in 10 genera were found in the

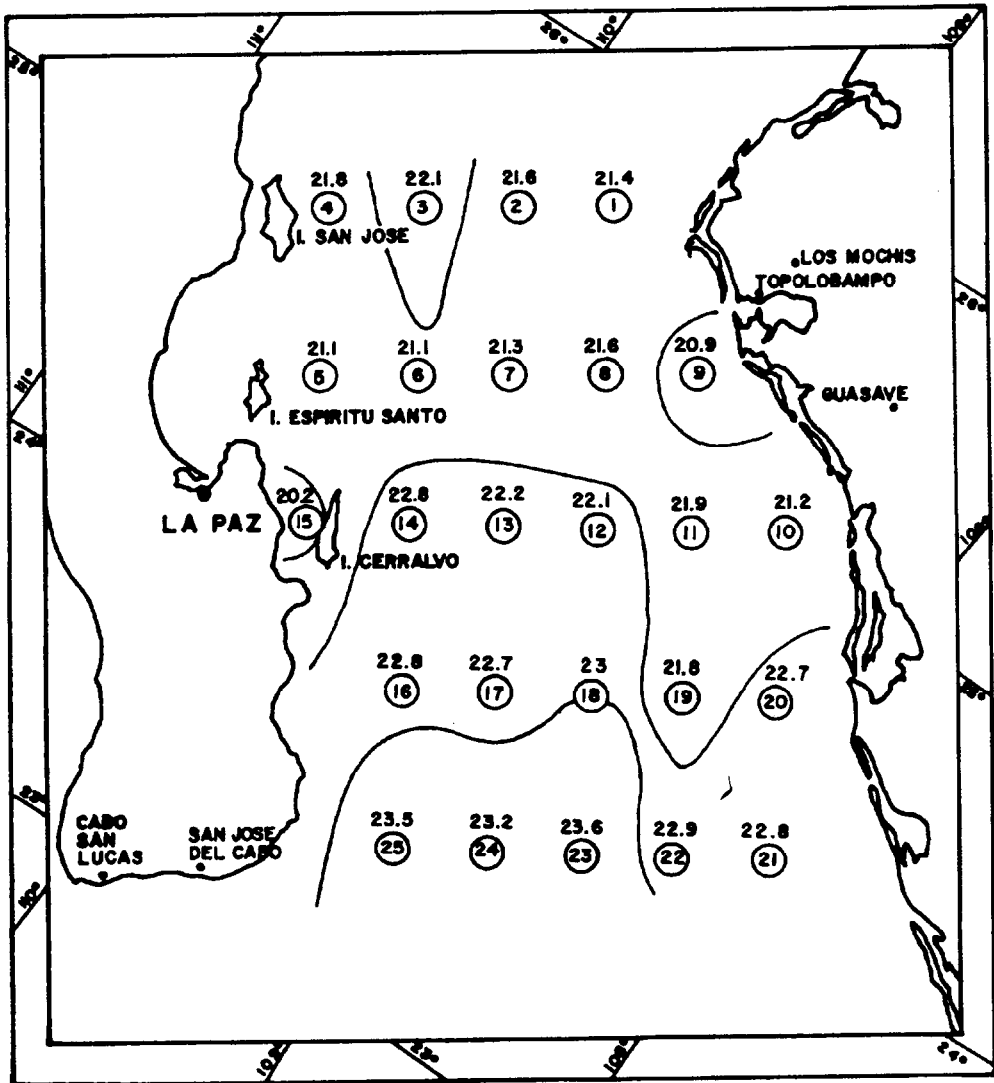


Figura 2a. Valores de temperatura (°C) por estación del crucero de primavera.
Figure 2a. Temperature values (°C) per station for the spring cruise.

la porción norte (7) y 32°C en la estación 3. Se observó que las temperaturas más altas se presentaron en las estaciones más norteñas y del lado este del golfo (Fig. 2b). En ambos cruceros las temperaturas presentaron gradientes; las diferencias fueron aproximadamente de 4°C entre máxima y mínima, mientras que entre cruceros las diferencias fueron de entre 8 y 9°C para temperaturas máxima y mínima.

Composición específica del microfitoroplancton

En el crucero de primavera se identificaron 66 especies de diatomeas comprendidas en 25 géneros, y 71 especies de dinoflagelados en 10 géneros en las muestras de red (Apéndice). Las especies observadas con más frecuencia fueron las diatomeas: *Rhizosolenia alata*, *Rhizosolenia styliformis*, *Chaetoceros coarctatus*, *Coscinodiscus oculus iridis* y *Rhizosolenia castracanei*. Las especies más frecuentes de dinoflagelados fueron: *Ceratium furca*, *Pyrophacus steinii*, *Ceratium massiliense*, *Peridinium grande* y *Noctiluca scintillans*.

La especie *Rhizosolenia alata* dominó en prácticamente la mitad de las estaciones, con porcentajes superiores a 70 y en especial en las estaciones 5 y 15 (enfrente de la Bahía de La Paz) y en la 19 en la porción sureña del lado de Sinaloa, donde mantuvo una dominancia mayor del 94% (Fig. 3a); en las estaciones 9 (enfrente de Topolobampo), 13, 14, 16, 17, 18 y 21 no hubo dominancia de esta especie, sino una codominancia entre *Rhizosolenia alata* var. *indica*, *Ceratium furca*, *Coscinodiscus oculus iridis*, *Rhizosolenia castracanei*, *Ceratocorys horrida*, *Chaetoceros coarctatus* y *Ceratium pulchellum*.

Proporcionalmente, las especies de diatomeas fueron más abundantes que las de los dinoflagelados en la mayoría de las estaciones; se observó que las diatomeas se encontraron más en la parte norte de la región estudiada, mientras que los dinoflagelados se encontraron más abundantemente en la parte sur. Sin embargo, se notó que en algunas de las estaciones donde proporcionalmente los dinoflagelados presentaron una mayor riqueza de especies, las especies dominantes fueron de diatomeas (est. 11, 17 y 21).

net samples (Appendix). The species observed with most frequency were the diatoms: *Rhizosolenia alata*, *Rhizosolenia styliformis*, *Chaetoceros coarctatus*, *Coscinodiscus oculus iridis* and *Rhizosolenia castracanei*. The most frequent species of dinoflagellates were: *Ceratium furca*, *Pyrophacus steinii*, *Ceratium massiliense*, *Peridinium grande* and *Noctiluca scintillans*.

The species *Rhizosolenia alata* predominated at nearly half of the stations, with percentages higher than 70, and especially at stations 5 and 15 (in front of La Paz Bay) and at station 19 in the southern part on the side of Sinaloa, where the dominance was higher than 94% (Fig. 3a). However, this species did not predominate at stations 9 (in front of Topolobampo), 13, 14, 16, 17, 18 and 21, where the co-dominant species were *Rhizosolenia alata* var. *indica*, *Ceratium furca*, *Coscinodiscus oculus iridis*, *Rhizosolenia castracanei*, *Ceratocorys horrida*, *Chaetoceros coarctatus* and *Ceratium pulchellum*.

Proportionally, the species of diatoms were more abundant than the species of dinoflagellates at most of the stations. The diatoms were found to be more abundant in the northern part of the region, whereas the dinoflagellates were more abundant in the southern part. However, at some stations, where proportionally the dinoflagellates presented higher species richness, the predominant species were found to be diatoms (sta. 11, 17 and 21).

In summer, 58 species of diatoms in 26 genera and 44 species of dinoflagellates in 11 genera were identified (Appendix). The species of diatoms observed most frequently were: *Climacodium frauenfeldianum*, *Rhizosolenia styliformis*, *Chaetoceros coarctatus* and *Rhizosolenia castracanei*. The most frequent species of dinoflagellates were: *Ceratium deflexum*, *Ceratocorys horrida*, *Pyrophacus steinii*, *Ceratium fusus*, *Ceratium breve*, *Ceratium biceps* and *Ceratium tripos* var. *indicum*.

At this time of year there was a co-dominance of species, mainly *Ceratocorys horrida*, *Pyrophacus steinii*, *Climacodium frauenfeldianum*, *Ceratium deflexum*, *Chaetoceros didymus* and *Rhizosolenia castracanei* (Fig. 3b).

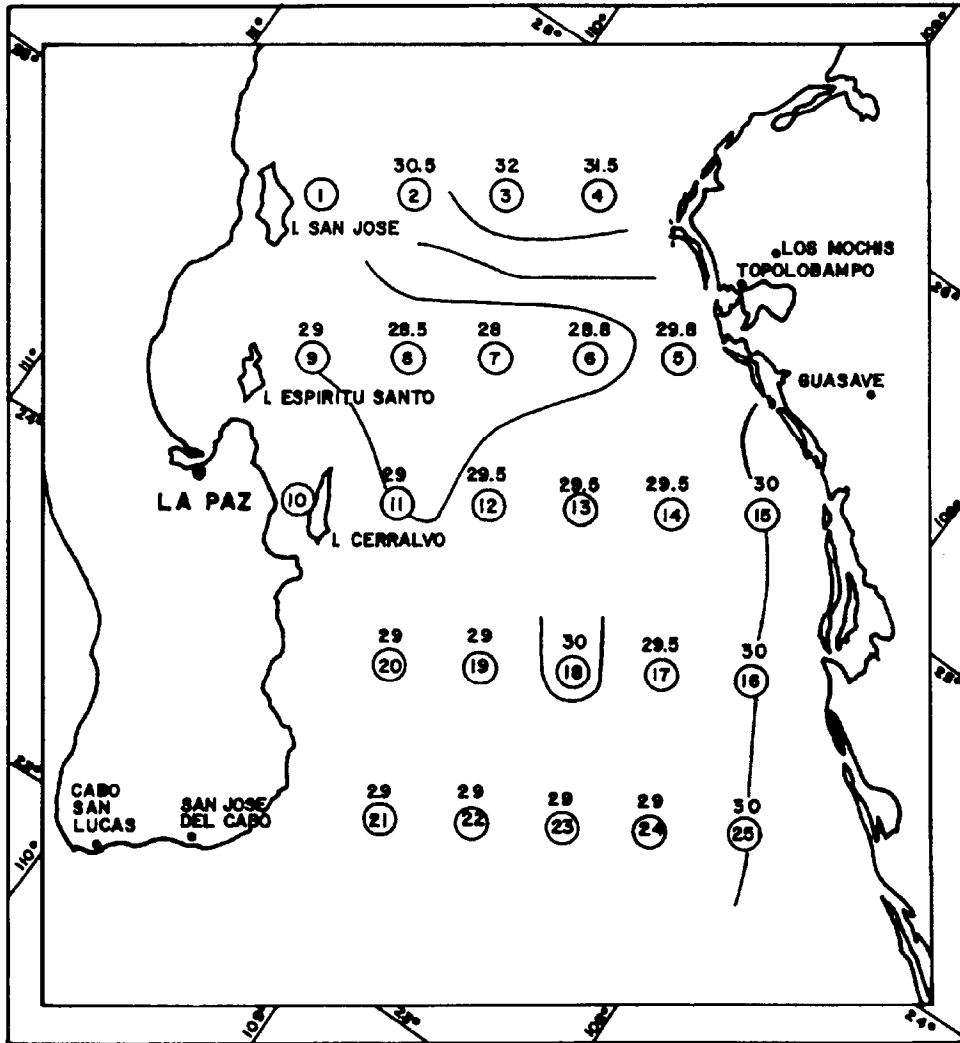


Figura 2b. Valores de temperatura (°C) por estación del crucero de verano.
Figure 2b. Temperature values (°C) per station for the summer cruise.

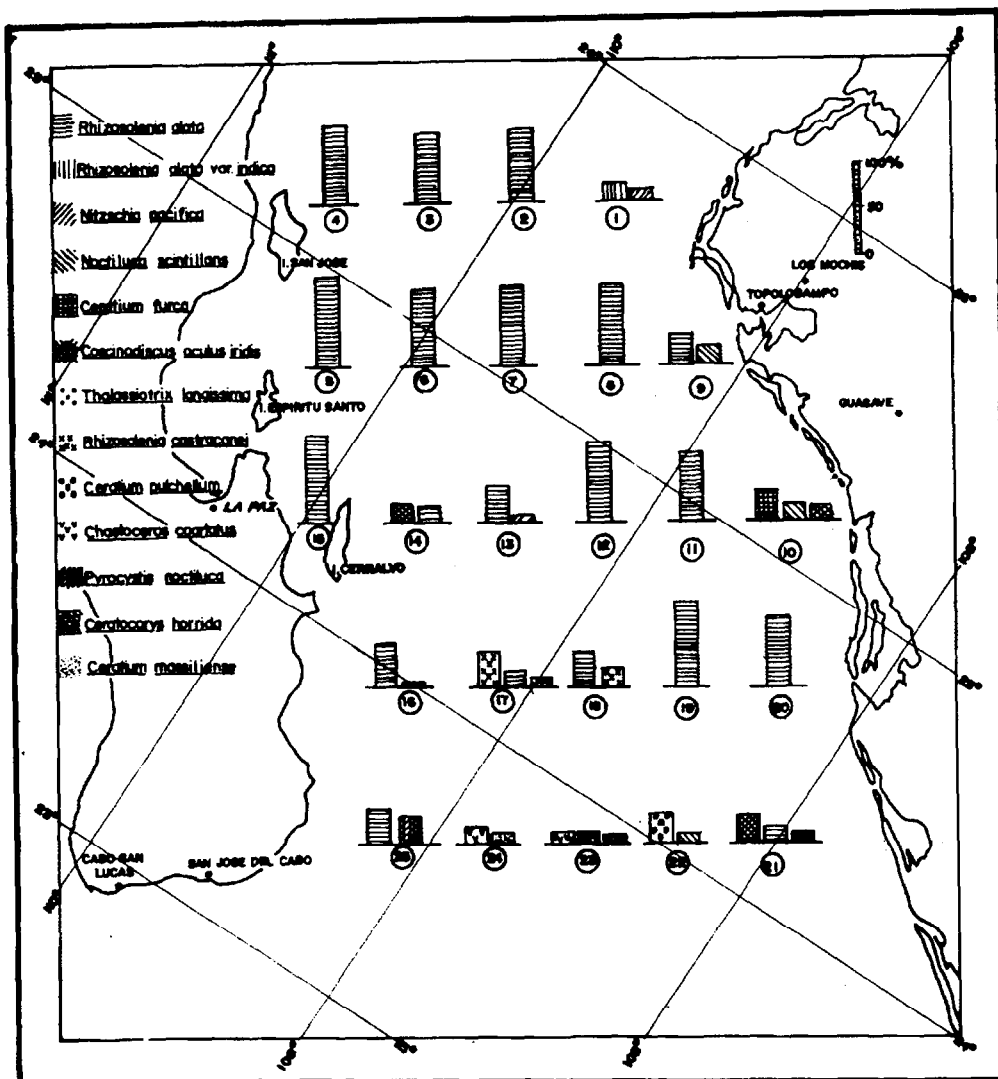


Figura 3a. Distribución de las especies más abundantes de diatomeas y dinoflagelados del crucero de primavera.

Figure 3a. Distribution of the most abundant species of diatoms and dinoflagellates for the spring cruise.

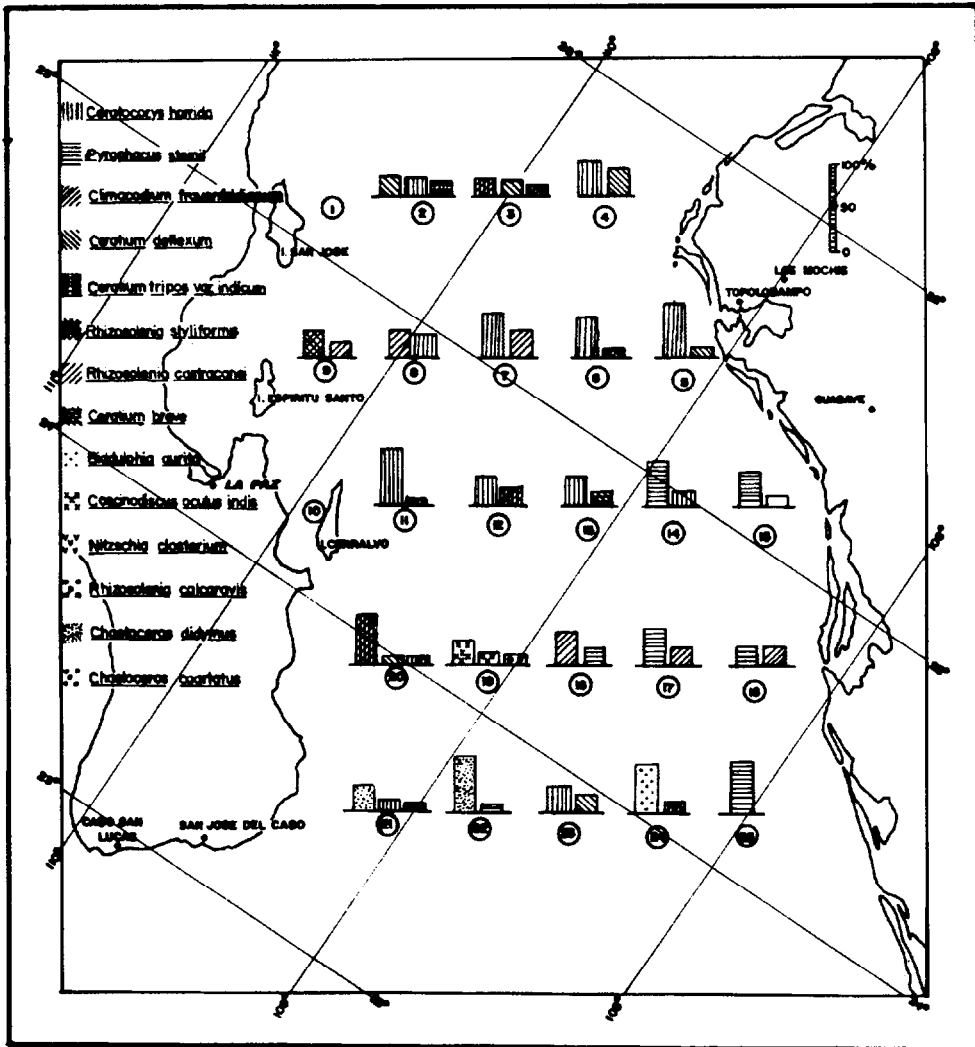


Figura 3b. Distribución de las especies más abundantes de diatomeas y dinoflagelados del crucero de verano.

Figure 3b. Distribution of the most abundant species of diatoms and dinoflagellates for the summer cruise.

En el verano, se identificaron 58 especies de diatomeas comprendidas en 26 géneros, y 44 especies de dinoflagelados en 11 géneros (Apéndice). Las especies de diatomeas observadas más frecuentemente fueron: *Climacodium frauenfeldianum*, *Rhizosolenia styliformis*, *Chaetoceros coarctatus* y *Rhizosolenia castracanei*. Las especies más frecuentes de dinoflagelados fueron: *Ceratium deflexum*, *Ceratocorys horrida*, *Pyrophacus steinii*, *Ceratium fusus*, *Ceratium breve*, *Ceratium biceps* y *Ceratium tripos* var. *indicum*.

En esta época del año se presentó una codominancia de especies, principalmente *Ceratocorys horrida*, *Pyrophacus steinii*, *Climacodium frauenfeldianum*, *Ceratium deflexum*, *Chaetoceros didymus* y *Rhizosolenia castracanei* (Fig. 3b).

Proporcionalmente, en esta época del año se encontraron más especies de dinoflagelados que de diatomeas y se encontraron ocupando casi toda la región, con excepción de tres pequeñas zonas o parches de diatomeas, localizados, uno a la salida de la Bahía de La Paz (est. 8 y 9), otro en la porción sur del lado de la península de Baja California (est. 21 y 22) y el otro en la parte sur y central de la costa de Sinaloa (est. 15, 16, 17 y 24).

Densidad de células

En primavera, la mayor densidad de células en la fracción microfitoroplanctónica estimada por los conteos de las muestras de botella se observó en la estación costera más sureña de Sinaloa (21) con 4,960 cel/l y la mínima fue de 80 cel/l en la estación oceánica más al sur del golfo (23) (Fig. 4a). En el verano, la mayor densidad se registró en la estación localizada enfrente de la Isla Espíritu Santo (9) con 2,240 cel/l y la menor en la estación 14 situada en la parte media de la región, con 160 cel/l (Fig. 4b). En la primavera hubo más estaciones con densidades celulares mayores de 1,000 cel/l que en el verano.

En el crucero de primavera se puede marcar una zona de mayor densidad que se encuentra hacia la costa de Sinaloa, mientras que en el crucero de verano no es posible marcar o delimitar una zona de mayor densidad de células. Las estaciones que presenta-

Proportionalmente, at this time of year more species of dinoflagellates than of diatoms were found. They occupied nearly all the region, except for three small zones or patches of diatoms located, one in front of La Paz Bay (sta. 8 and 9), one in the southern part on the side of the peninsula of Baja California (sta. 21 and 22) and another in the southern and central part off the coast of Sinaloa (sta. 15, 16, 17 and 24).

Density of cells

In spring, the highest density of cells in the microphytoplankton fraction, estimated from counts of the bottle samples, was 4,960 cells/l at the southernmost coastal station off Sinaloa (21), and the lowest was 80 cells/l at the southernmost oceanic station of the Gulf (23) (Fig. 4a). In summer, the highest density recorded was 2,240 cells/l at station 9 located in front of Espíritu Santo Island and the lowest was 160 cells/l at station 14 located in the middle part of the region (Fig. 4b). There were more stations with cellular densities over 1,000 cells/l in spring than in summer.

In the spring cruise an area of higher density, located towards the coast of Sinaloa, could be delimited, while in the summer cruise it was not possible to delimit an area of higher density of cells. The stations that presented higher cell densities were not the same in both cruises; in spring there were two bands or patches with densities over 1,000 cells/l, whereas in summer isolated stations presented high densities.

Species diversity

In spring, the values of the Shannon-Wiener index (H') varied from 0.15 to 4.62. In the whole area, the lowest diversity occurred in the zone around La Paz Bay, including stations 6, 7 and 8, with values below 1.0 (Fig. 5a). This was mainly due to the high dominance of only one species. The highest H' values were calculated for stations 1, 14, 23 and 24. In general, the southern region in spring was not very uniform with regard to specific diversity by stations.

In summer, the H' values varied between 2.14 and 3.83 and presented greater uniformity. A large part of the area was

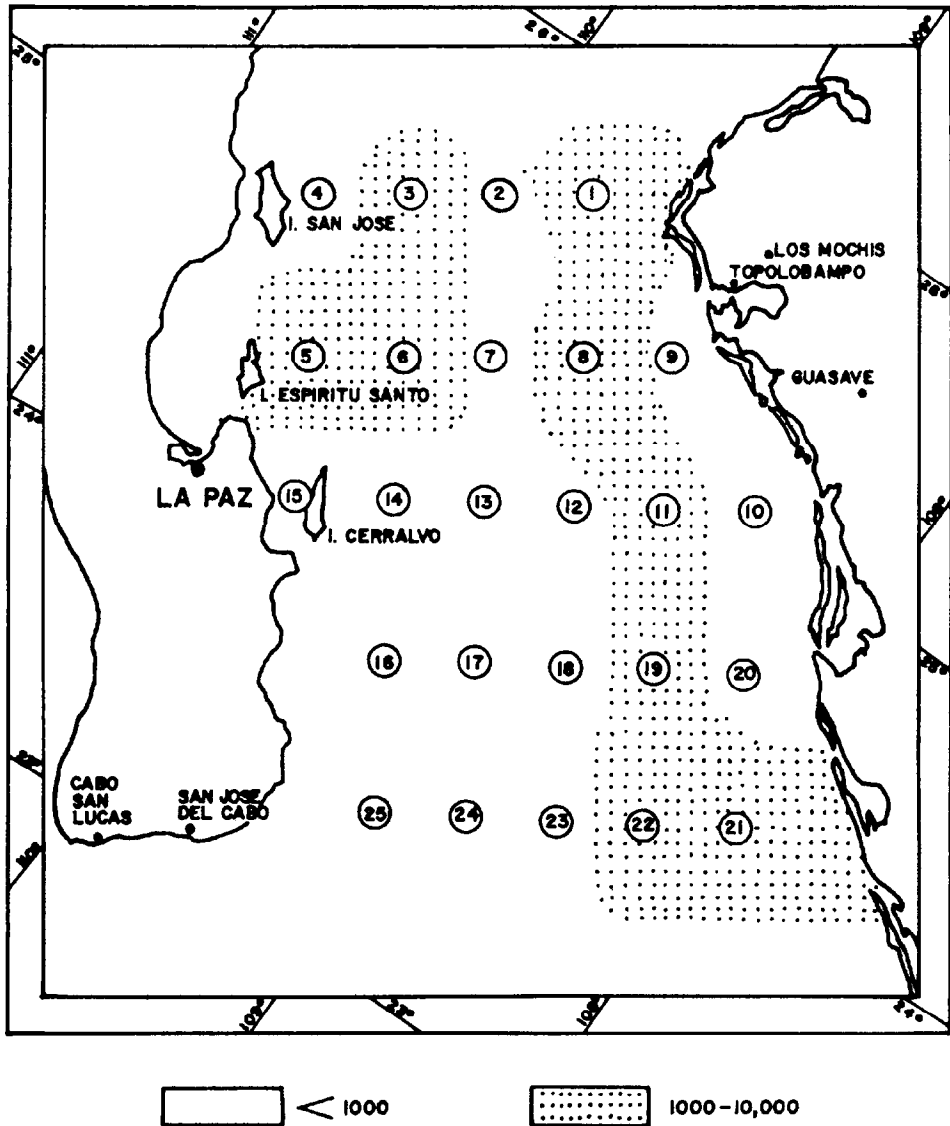


Figura 4a. Densidad de células por litro del microfitoplancton (cel/l) del crucero de primavera.
Figure 4a. Microphytoplankton cell densities (cells/l) for the spring cruise.

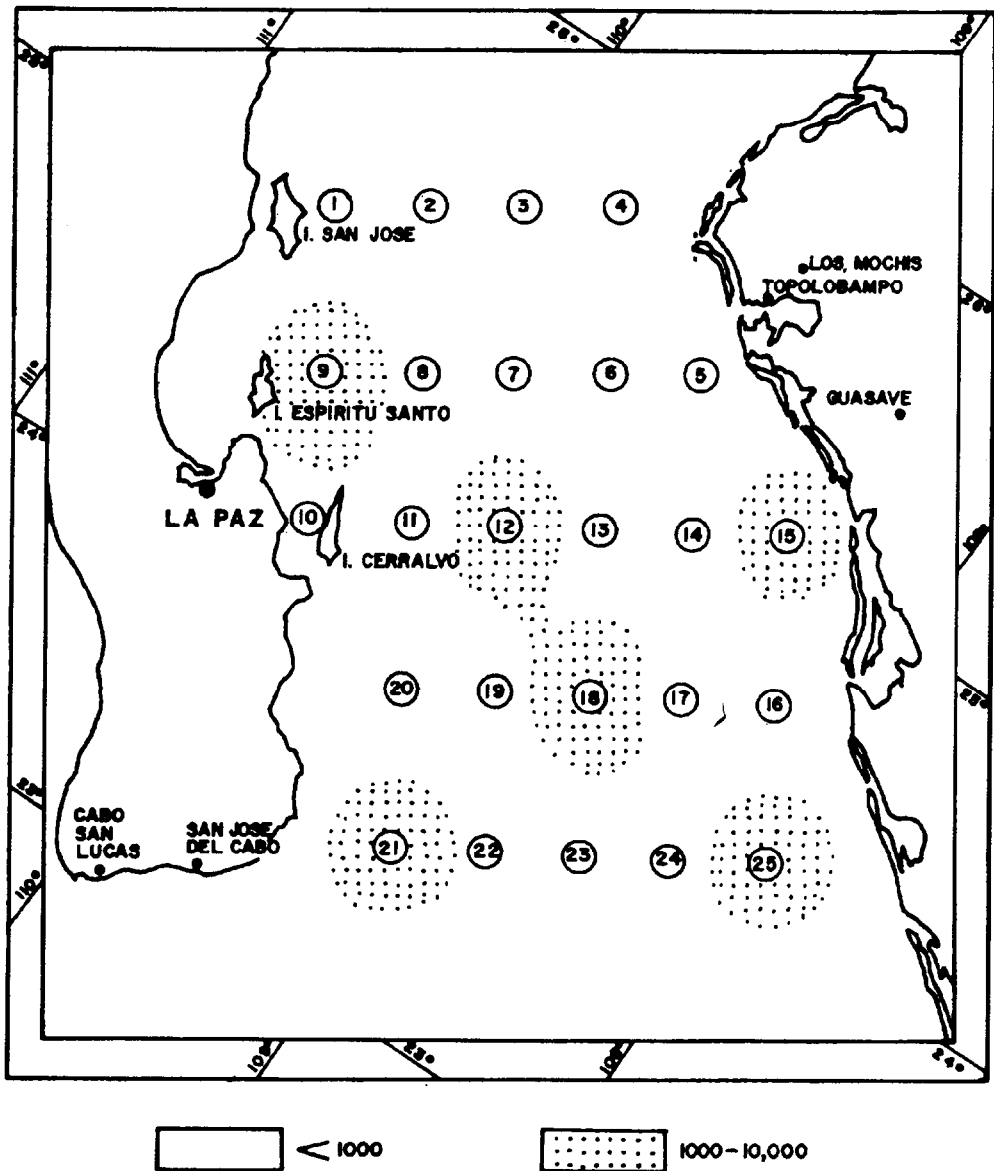


Figura 4b. Densidad de células por litro del microfitoplancton (cel/l) del crucero de verano.
Figure 4b. Microphytoplankton cell densities (cells/l) for the summer cruise.

ron mayores densidades de células no coincidieron en ambos cruceros, ya que en primavera se presentaron dos franjas o parches con densidades por arriba de las 1,000 cel/l, mientras que en verano las estaciones con densidades altas se presentaron aisladas.

Diversidad de especies

En primavera los valores del índice de Shannon-Wiener (H') variaron de 0.15 a 4.62. La zona circundante a la Bahía de La Paz fue la que presentó la menor diversidad en toda el área, incluyendo las estaciones 6, 7 y 8, con valores por debajo de 1.0 (Fig. 5a); esto se debió principalmente a la alta dominancia de una sola especie. Los valores más altos de H' se calcularon para las estaciones 1, 14, 23 y 24. En general, la región sur en primavera fue poco uniforme en cuanto a la diversidad específica por estaciones.

En verano los valores de H' variaron entre 2.14 y 3.83. En este período los valores presentaron una mayor uniformidad. Gran parte del área se caracterizó por una diversidad mediana con valores entre 2.1 y 3.0, presentándose también parches discretos dentro del área con valores que oscilaron entre 3.1 y 4.0 (Fig. 5b). En este período los valores de diversidad de especies en la zona, considerados medios y altos, puede deberse a que no hubo un dominante exclusivo, sino una codominancia de especies.

Para el crucero de primavera, el transecto Norte-Sur del espectro de diversidad (Fig. 6) se inició con valores elevados (4.20) que decrecen abruptamente a medida que se suman las estaciones del segundo transecto (2.82); los valores de diversidad vuelven a elevarse a partir del tercer transecto y se mantiene una tendencia al aumento hasta la última estación, que supera ligeramente el valor inicial (4.29). El transecto Oeste-Este se inicia con una diversidad de 0.32, que a medida que incorpora estaciones llega a 3.09 en la parte media de la región estudiada y mantiene una tendencia general a aumentar hasta alcanzar 3.81 en la estación cercana a Mazatlán.

Para el crucero de verano, el transecto Norte-Sur muestra una clara tendencia al aumento a partir de un valor de 2.38, que

characterized by a medium diversity with values between 2.1 and 3.0. Discrete patches also occurred within the area with values that oscillated between 3.1 and 4.0 (Fig. 5b). During this period, the species diversity values in the area, considered median and high, can be due to the presence of co-dominant species rather than one predominant species.

For the spring cruise, the North-South transect of the diversity spectrum (Fig. 6) began with high values (4.20) that decreased abruptly as stations from the second transect were added (2.82). The diversity values again began to rise in the third transect and continued to increase until the last station, which slightly exceeded the initial value (4.29). The West-East transect began with a diversity of 0.32. As more stations were added, diversity values reached 3.098 in the middle part of the region and maintained a general increasing trend until reaching 3.81 at the station close to Mazatlán.

For the summer cruise, the North-South transect began with a value of 2.38. It showed a clear increasing trend, indicating the integration of new assemblages, and gradually reached 3.59 at the southernmost station (Fig. 6). The West-East transect began with a value of 2.47 and then abruptly reached 3.70 after which it continued to increase gradually until reaching 4.02 at the easternmost station.

The North-South spring spectrum showed a clear inflection at the level of station 8 (near Topolobampo), whereas the West-East spectrum showed that inflection at station 19. These inflections as well as the stations involved, before and after these, indicate the presence of two different microphytoplankton associations, one dominated by a single species (*Rhizosolenia alata*) and the other without dominance of one species, both in the North-South and West-East direction.

In the summer cruise, the North-South and West-East spectra had a continuous line, thus indicating the presence of only one association in summer.

Similarity of species between stations

In spring, most of the stations presented a Stander similarity value (SIMI) higher than

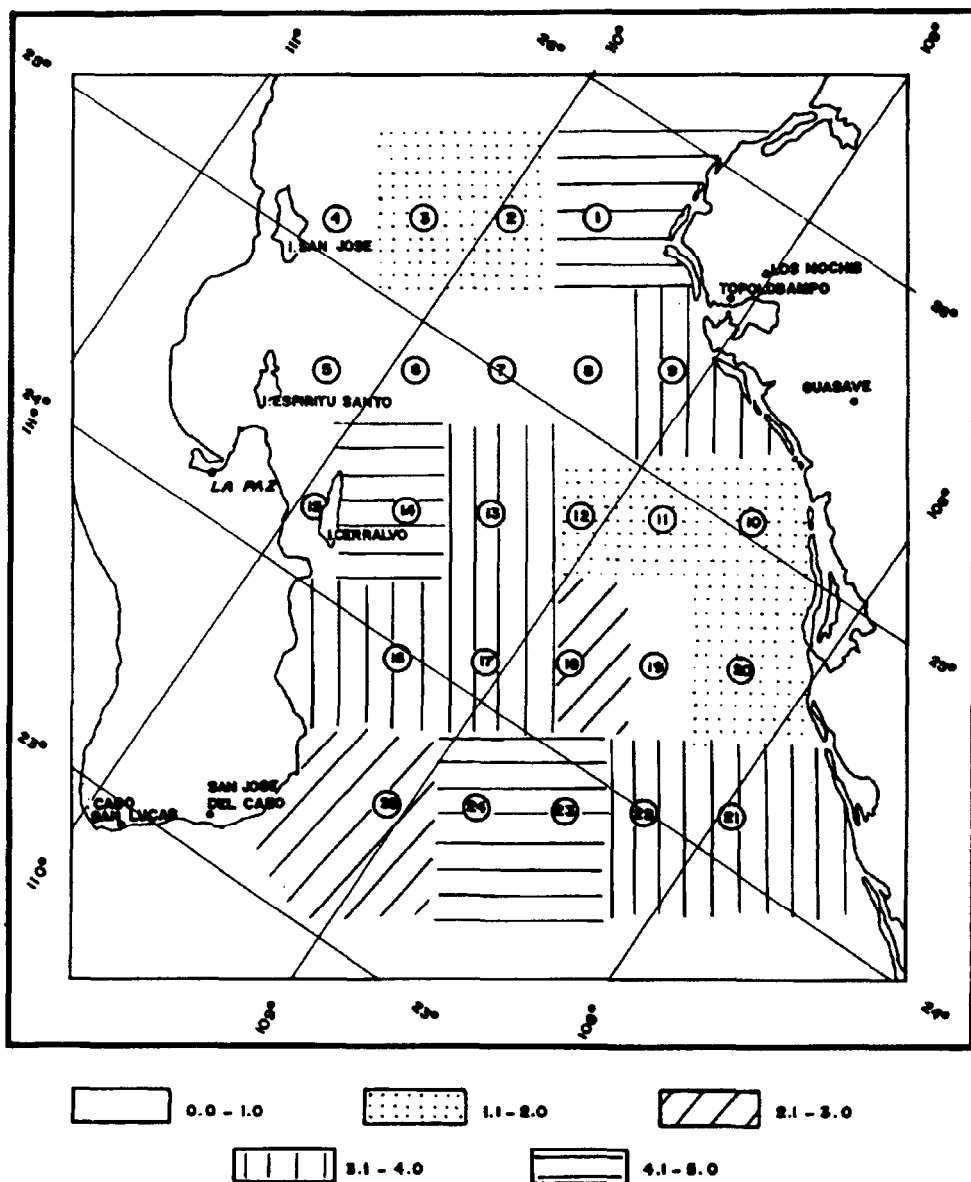


Figura 5a. Distribución de la diversidad de especies, según el índice de Shannon-Wiener (H'), en el crucero de primavera.

Figure 5a. Distribution of species diversity, according to the Shannon-Wiener index (H'), for the spring cruise.

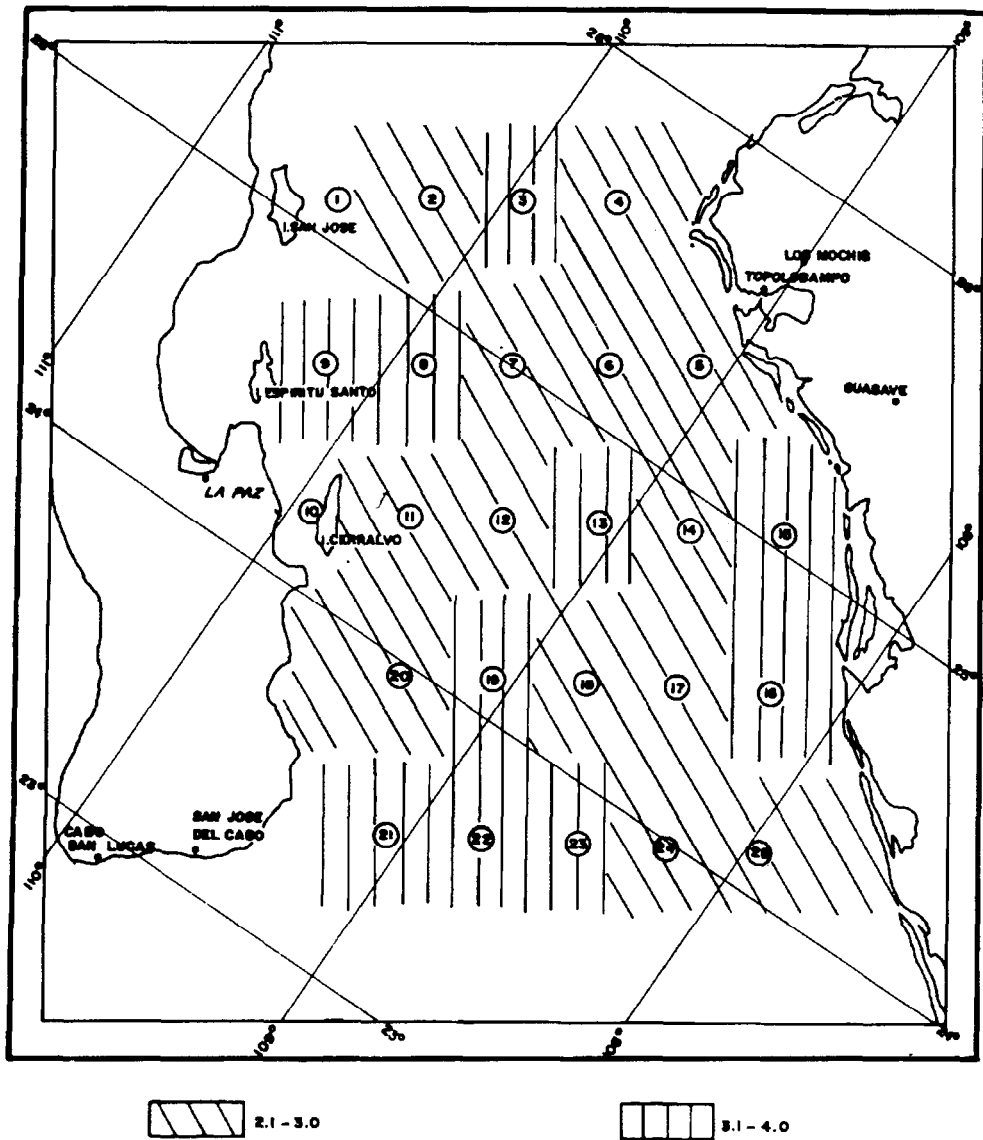


Figura 5b. Distribución de la diversidad de especies, según el índice de Shannon-Wiener (H'), en el crucero de verano.

Figure 5b. Distribution of species diversity, according to the Shannon-Wiener index (H'), for the summer cruise.

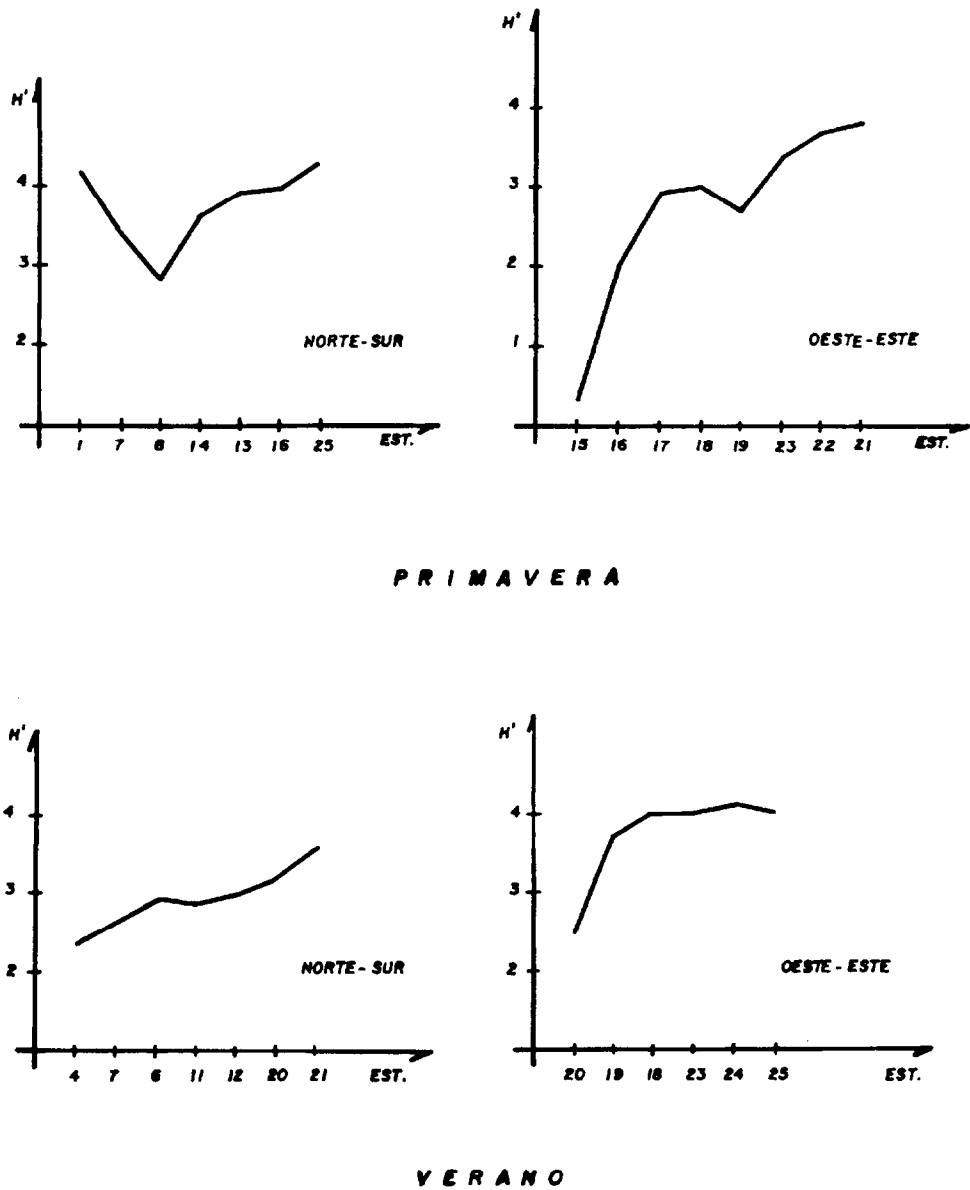


Figura 6. Espectro de diversidad de Norte-Sur y Oeste-Este del crucero de primavera y del crucero de verano.

Figure 6. North-South and West-East diversity spectra of the spring and summer cruises.

muestra la integración de nuevos elencos; es un proceso gradual que llega a 3.59 en la estación más sureña (Fig. 6). El transecto Oeste-Este se inicia con un valor de 2.47 y llega primero abruptamente a 3.70 y a partir de este valor aumenta gradualmente hasta 4.02 en la estación más oriental.

El espectro de primavera de Norte a Sur muestra una clara inflexión al nivel de la estación 8 (cercana a Topolobampo), mientras que el espectro de Oeste a Este muestra esa inflexión en la estación 19. Dichas inflexiones así como las estaciones involucradas, antes y después de éstas, muestran la presencia de dos asociaciones microfitoroplanctónicas diferentes, una dominada por una sola especie (*Rhizosolenia alata*) y la otra sin dominancia de una sola especie, tanto en sentido Norte-Sur como Oeste-Este.

En el crucero de verano, los espectros Norte-Sur y Oeste-Este tienen una continuidad en el trazo, lo que muestra una sola asociación para el verano.

Similitud de especies entre estaciones

En la época de primavera la mayoría de las estaciones presentaron un valor de similitud de Stander (SIMI) mayor que 0.76, siendo la principal responsable de esta similitud *Rhizosolenia alata* (Tabla I); hubo estaciones en que los valores de SIMI fueron de medianos a altos, presentando valores de 0.51 a 0.75, o bajos, con valores de SIMI que variaron entre 0.26 y 0.50, o bien se presentaron valores de SIMI nulos o casi nulos con valores entre 0.00 y 0.25. Esto se debió principalmente a que las especies dominantes en algunas estaciones fueron diferentes y otras no compartieron ni una sola especie. Entre las estaciones 23 y 24 (oceánicas más sureñas) se midió una similitud mayor que 0.76, debido principalmente a la presencia de *Chaetoceros coarctatus* y *Ceratocorys horrida* en ambas; la estación 14 (enfrente de Isla Cerralvo) presentó una similitud media con respecto al resto de las estaciones, lo que se explica en gran parte por la presencia co-dominante de especies entre *Coscinodiscus oculus iridis* y *Rhizosolenia alata*. En las estaciones restantes los valores de SIMI encontrados fueron bajos o nulos, debido a que las especies dominantes fueron diferentes en

0.76, *Rhizosolenia alata* mainly being responsible for this similarity (Table I). There were stations where the SIMI values were median to high (0.51 to 0.75), low (varying between 0.26 and 0.50) or null or nearly null (between 0.00 and 0.25). This mainly occurred because some stations had different predominant species and others did not share a single species. Between stations 23 and 24 (southernmost oceanic) a similarity higher than 0.76 was measured, mainly due to the presence of *Chaetoceros coarctatus* and *Ceratocorys horrida* at both stations. Station 14 (in front of Cerralvo Island) presented a medium similarity relative to the rest of the stations, largely explained by the presence of the co-dominant species *Coscinodiscus oculus iridis* and *Rhizosolenia alata*. At the other stations, the SIMI values were low or null because the predominant species were different at each station and at some all the species were different.

In summer, the SIMI values were also higher than 0.76 but due to the presence of co-dominant species (Table II): *Ceratium deflexum* and *Ceratocorys horrida* co-dominated at stations 2 and 4; *Ceratocorys horrida* and *Climacodium frauenfeldianum* at stations 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12 and 13; *Pyrophacus steinii* and *Climacodium frauenfeldianum* at stations 14, 15, 16, 17 and 18 (middle part on the side of Sinaloa); *Chaetoceros didymus* and *Ceratocorys horrida* at stations 21 and 22 (southern part of the peninsula). At station 23 there were SIMI values higher than 0.76 with stations 14, 15 and 17, and medium similarities with stations 16 and 18 due to the shared presence of the species *Pyrophacus steinii*, which was by far the most abundant. The remaining stations presented generally low or null SIMI values relative to the other stations because the predominant species were different or they did not have a species in common.

In the spring samples, the SIMI values were high almost throughout the area, whereas in summer there were few high values. This was largely due to the fact that in spring nearly all the area was dominated by *Rhizosolenia alata*. Therefore, the Stander index should be interpreted with reservations since many samples consist almost entirely of a single species.

Tabla I. Diagrama de Trellis para los valores del índice de similitud de Stander (SIMI) del crucero de primavera.

Table I. Trellis diagram for the values of the Stander similarity index (SIMI) of the spring cruise.

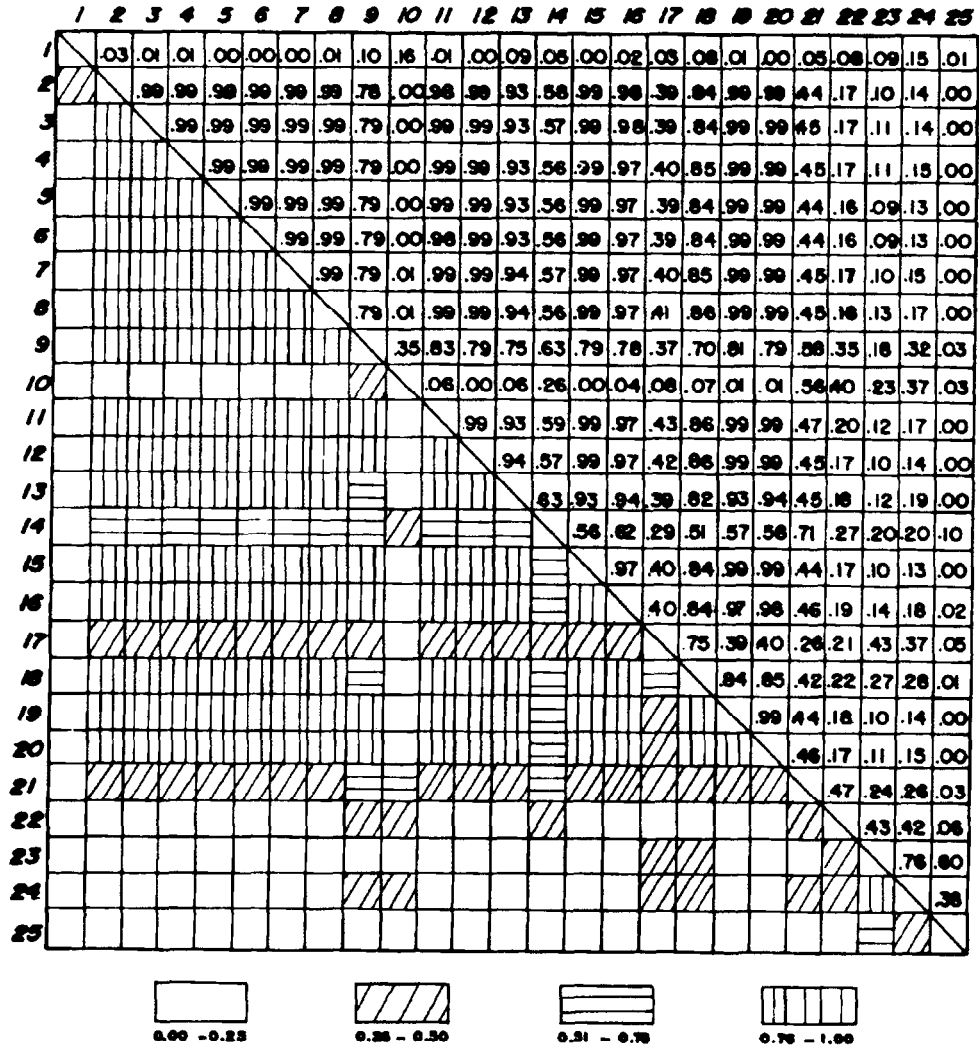
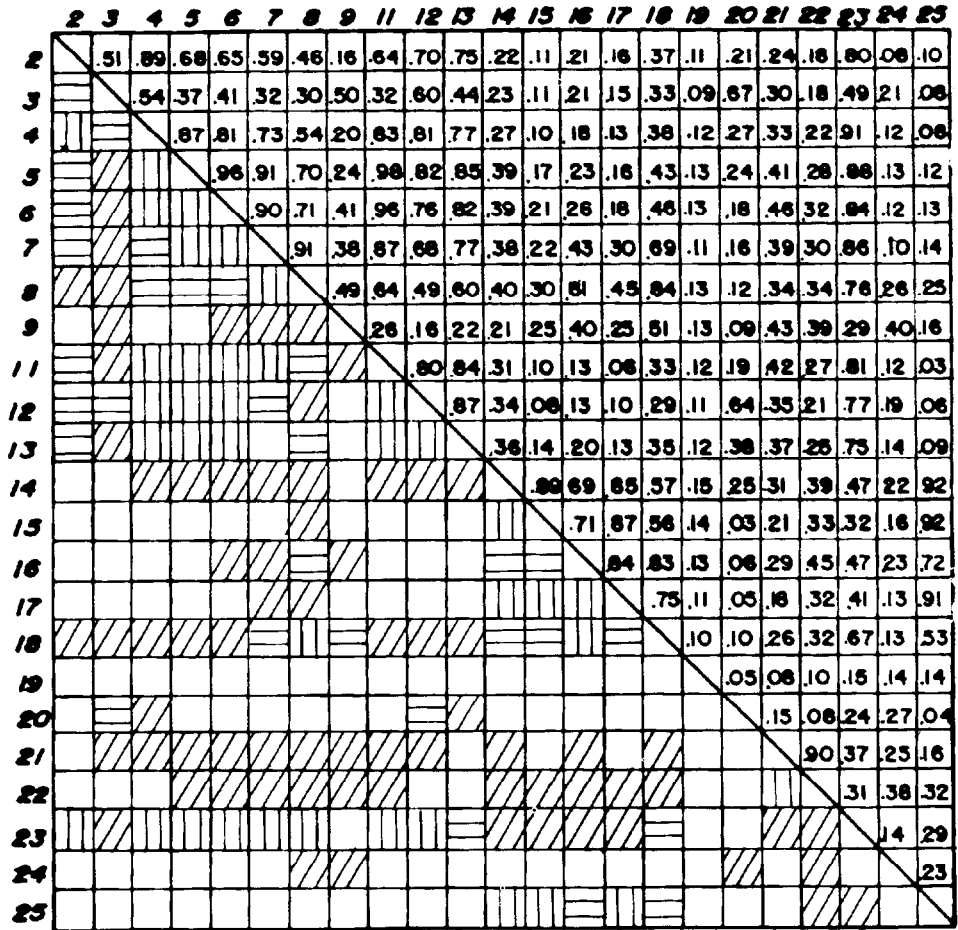




Tabla II. Diagrama de Trellis para los valores del índice de similitud de Stander (SIMI) del crucero de verano.

Table II. Trellis diagram for the values of the Stander similarity index (SIMI) of the summer cruise.




0.00 - 0.25


0.26 - 0.50


0.51 - 0.75


0.76 - 1.00

cada estación y en algunas todas las especies fueron diferentes.

En el crucero de verano también se calcularon valores de SIMI mayores que 0.76, pero debido a la presencia de especies codominantes (Tabla II); en las estaciones 2 y 4 (estaciones más norteñas) fueron *Ceratium deflexum* y *Ceratocorys horrida*; en las estaciones 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12 y 13 se presentaron *Ceratocorys horrida* y *Climacodium frauenfeldianum*; en las estaciones 14, 15, 16, 17 y 18 (porción media del lado de Sinaloa) codominaron *Pyrophacus steinii* y *Climacodium frauenfeldianum*; en las estaciones 21 y 22 (parte sur de la península) estuvieron presentes *Chaetoceros didymus* y *Ceratocorys horrida*; en la estación 23 hubo valores de SIMI mayores que 0.76 con las estaciones 14, 15 y 17 y similitudes medias con las estaciones 16 y 18 debido a la presencia compartida de la especie *Pyrophacus steinii*, que fue por mucho la más abundante. Las estaciones restantes presentaron valores de SIMI en general bajos o nulos con respecto a las demás estaciones, debido a que sus especies dominantes fueron diferentes o no tuvieron ninguna especie en común.

En las muestras de primavera los valores de SIMI fueron altos en casi toda la zona, mientras que en verano los valores altos fueron pocos. Esto se debió en gran parte a que en primavera casi toda la zona se encontró dominada por *Rhizosolenia alata*, por lo tanto la interpretación del índice de Stander debe hacerse con reserva ya que muchas muestras consisten casi en su totalidad de una sola especie.

Por otra parte, en esta época del año *R. alata* caracteriza a una gran comunidad fitoplanctónica en la región sur, mientras que otra comunidad se caracteriza por otras especies codominantes. En las muestras de verano se establece una codominancia de especies, según las estaciones, en casi toda el área, siendo las especies más abundantes *Ceratocorys horrida*, *Pyrophacus steinii*, *Climacodium frauenfeldianum* y *Ceratium deflexum*; además, los valores de H' (altos y homogéneos) indican que de hecho, las similitudes altas entre algunas estaciones del crucero de verano son representativas y no sesgadas por la proliferación de una sola especie.

On the other hand, at this time of year *R. alata* characterizes a large phytoplankton community in the southern region, whereas another community is characterized by other co-dominant species. In summer, a co-dominance of species is established, according to the stations, in nearly all the area; the most abundant species were *Ceratocorys horrida*, *Pyrophacus steinii*, *Climacodium frauenfeldianum* and *Ceratium deflexum*. Furthermore, the H' values (high and homogeneous) indicate that in fact, the high similarities between some stations of the summer cruise are representative and not biased by the proliferation of one species.

DISCUSSION

The temperature values recorded in the Gulf of California, in spring as well as summer, by Groves and Reid (1958), Roden and Groves (1959), Roden (1964) and Robinson (1973), varied between 20 and 22°C in spring and between 29 and 30°C in summer. The temperatures registered in this study varied between 20.2 and 23.6°C in spring and between 28 and 32°C in summer. These values agree with the circulation patterns in the region, the California Current being present in spring and the waters of the tropical Pacific in summer. However, comparing the average values of Robinson (1973) for the mouth of the Gulf, anomalies of up to approximately 2°C can be observed in spring and summer. These anomalies indicate that these dates were still influenced by the "El Niño" event, which occurred with great intensity in 1983 and whose effects extended to 1984 (McGowan, 1984; Rassmusson, 1984).

Cupp and Allen (1938) mention that the southern region is an area of low cell densities. This was confirmed by Allen (1938) and Gilbert and Allen (1943) who, in their respective studies, found that samples containing 100,100 cells/l were rare; in general, their samples contained less than 10,000 cells/l and samples that contained no cells were common. In this study, the highest values observed were 4,960 cells/l in spring and 2,240 cells/l in summer; thus, these values can be considered to fall within the range cited by several authors. However, these values are considered to be low, since in other regions of the Gulf of California, such as the central region, densities

DISCUSION

Groves y Reid (1958), Roden y Groves (1959), Roden (1964) y Robinson (1973), determinaron temperaturas tanto en primavera como en verano en el golfo de California y sus valores variaron entre los 20 y 22°C para primavera y entre los 29 y 30°C en verano. Las temperaturas registradas en este estudio variaron entre los 20.2 y 23.6°C en primavera y entre los 28 y 32°C en verano. Los valores concuerdan con los patrones de circulación en la zona, manifestándose la Corriente de California en primavera y el agua del Pacífico tropical en el verano. Sin embargo, comparando los valores promedio de Robinson (1973) para la boca del golfo, se aprecian anomalías hasta de aproximadamente 2°C en el período de primavera y de verano. Estas anomalías indican que para estas fechas todavía existió la influencia del evento de "El Niño" que se presentó con mucha intensidad en 1983 y cuyos efectos se prolongaron hasta 1984 (McGowan, 1984; Rassmusson, 1984).

Cupp y Allen (1938) mencionan a la región sur como una zona de bajas densidades de células, hecho que lo confirman Allen (1938) y Gilbert y Allen (1943) quienes en sus respectivos estudios encontraron que eran raras las muestras que llegaban a contener 100,100 cel/l; en general sus muestras contenían menos de 10,000 cel/l y las muestras sin contenido de células eran comunes. En la presente contribución, durante la época de primavera el valor más alto observado fue de 4,960 cel/l mientras que en el crucero de verano fue de 2,240 cel/l; así, se puede considerar que los valores encontrados caen dentro del intervalo citado por varios autores. Sin embargo, se considera que los valores obtenidos fueron muy bajos, ya que en otras regiones del golfo de California, como en la región central, se han registrado densidades de 200,000 y 800,000 cel/l y en la región norte se han encontrado densidades hasta de tres a cuatro millones de cel/l en la Cuenca de Guaymas (Nienhuis, 1984); por ende, las densidades con menos de 10,000 cel/l resultan verdaderamente pobres. Nuevamente, esto indica la influencia del evento de "El Niño", ya que éste trae como consecuencia una baja densidad en el plancton, debido a que sustituye a las aguas ricas en nutrientes prove-

of 200,000 and 800,000 cells/l have been recorded, and in the northern region, densities of up to three and four million cells/l have been found in the Guaymas Basin. Hence, densities lower than 10,000 cells/l are really poor. Again, this indicates the influence of the "El Niño" event which causes low plankton density since it substitutes nutrient-rich waters from upwelling events with oligotrophic waters (McGowan, 1984).

During spring, the most representative species were in general diatoms. The very numerous presence of *Rhizosolenia alata* agrees with the data obtained by Gilbert and Allen (1943) and Round (1967), who also record it as dominant. Other authors report it only as abundant. Alvarez-Borrego (1983) mentions that this species may not occur or may be scarce in other areas of the Gulf. Allen (1938) and Round (1967) indicate that the representative genera of this area are *Rhizosolenia*, *Chaetoceros* and *Nitzschia*; this coincides with the results obtained in spring.

The species found in the southern region during spring are mostly oceanic; those from the central and northern part are of temperate origin, whereas those from the southernmost part are tropical. This distribution is related to the circulation pattern described by Baumgartner and Christensen (1985) for spring, with a strong propagation of waters of the California Current which favours the presence of temperate-water diatoms, as well as a weak equatorial system, in which dinoflagellates of tropical origin proliferate, probably caused by the influx of the waters of the tropical Pacific. However, the influence of the "El Niño" event cannot be discarded since the circulation pattern is not so pronounced when it occurs.

The presence of one dominant species recorded at that time was caused by predominant northerly winds that propitiate upwelling events (Gilbert and Allen, 1943). However, the low density of cells in the samples discards the possibility of blooming because of upwellings.

The species diversity values (H') calculated for the spring samples were in general low. This was mainly due to the dominance of *R. alata*. According to Margalef (1980), high diversity values (H'), between 3.5 and 4.5, are usually found for marine phytoplankton;

nientes de eventos de surgencias, por aguas oligotróficas (McGowan, 1984).

En la primavera las especies más representativas en general fueron diatomeas. La presencia tan numerosa de *Rhizosolenia alata* concuerda con los datos obtenidos por Gilbert y Allen (1943) y Round (1967), quienes también la registran como especie dominante. Otros autores la reportan sólo como abundante; Alvarez-Borrego (1983) menciona que esta especie puede no presentarse o ser escasa en otras regiones del golfo; Allen (1938) y Round (1967) coinciden en señalar que los géneros representativos de esta área son *Rhizosolenia*, *Chaetoceros* y *Nitzschia*, lo cual coincide con los resultados obtenidos en la época primaveral.

Las especies presentes en la región sur durante primavera fueron en su mayoría oceánicas, siendo las de la parte central y norte de origen templado, mientras que las de la porción más sureña fueron tropicales. Esta distribución tiene relación con el patrón de circulación descrito por Baumgartner y Christensen (1985) para la primavera, con una propagación fuerte de aguas de la Corriente de California que propicia la presencia de diatomeas de aguas templadas, así como un sistema ecuatorial débil, en el que proliferaron dinoflagelados de origen tropical, probablemente ocasionado por el influjo de la masa de agua del Pacífico tropical. Sin embargo, no se puede descartar la influencia del evento de "El Niño", ya que cuando éste se presenta, el patrón de circulación no es tan marcado.

La presencia de una sola especie dominante registrada en esa época, fue causada por los vientos predominantes del norte que propician los eventos de surgencias (Gilbert y Allen, 1943). Sin embargo, la baja densidad de células en las muestras descarta la posibilidad de un florecimiento por surgencias.

La diversidad de especies (H') calculada para las muestras de primavera fueron bajas en general. Esto se debió principalmente a la dominancia de *R. alata*. Según Margalef (1980), en el fitoplancton marino suelen encontrarse valores altos de diversidad (H') entre 3.5 y 4.5; sin embargo, los valores pueden ser más bajos en comunidades transi-

however, values can be lower in transitional communities, upwelling zones, or under fluctuating environmental conditions.

The similarity values of the summer samples were not as high as in spring, since they were not influenced by only one widely distributed species; thus, the SIMI values are more representative for this period. A co-dominance of dinoflagellate species was observed (*Ceratocorys horrida*, *Pyrophacus steinii*, *Climacodium frauenfeldianum* and *Ceratium deflexum*). This group generally dominated the southern region in summer. Round (1967) indicates that at this time of year, the phytoplankton of the area is characterized by great specific richness, as well as by species indicators of the waters of the tropical Pacific. The dominant species recorded in this study are of tropical origin (Margalef, 1961). Nienhuis (1980) found, for this time of year, that both dinoflagellates and diatoms dominated in the area, but the former were mainly distributed on the eastern side and the latter towards the west of the Gulf, both groups being of tropical origin. Though the genera recorded by this author are the same as in this study, the species are not the same. This and the fact that most species were eminently tropical, confirms the existence of warm waters at this time of year which are also influenced by the "El Niño" event.

Nienhuis (1980) reported extreme H' values (1.04-4.59) for summer in the southern region and observed that the highest diversities corresponded to the coast of Sinaloa and the lowest to the coasts of the peninsula. In this study the H' values in summer varied between 2.14 and 3.83, which denotes medium and high diversities, uniformly distributed throughout the area.

The species recorded by other authors in the southern region of the Gulf of California are similar to those obtained in this study. A total of 165 species were identified, by far more than those recorded by other authors. Many of the species found in this study have not been mentioned before by these authors. However, whether or not they can be considered new records for the area remains uncertain, since these authors did not present complete lists of the species that they identified.

torias, zonas de afloramiento, o bajo condiciones ambientales muy fluctuantes.

Los valores de similitud entre las muestras de verano no fueron tan elevados como en primavera, dado que no existió la influencia de una sola especie tan ampliamente distribuida; así, los valores de SIMI son más representativos para esta época. Se observó una codominancia de especies de dinoflagelados (*Ceratocorys horrida*, *Pyrophacus steinii*, *Climacodium frauenfeldianum* y *Ceratium deflexum*), grupo que dominó en general la región sur en el verano. Round (1967) señala que en esta época del año el fitoplancton de la zona está caracterizado por una gran riqueza específica, así como por especies indicadoras del agua del Pacífico tropical; las especies dominantes registradas en este estudio son de origen tropical (Margalef, 1961). Nienhuis (1980) encontró para esta época, que en la zona dominaban tanto dinoflagelados como diatomeas, sólo que los primeros se distribuían principalmente del lado este y las diatomeas hacia el oeste del golfo, siendo ambos grupos de origen tropical; aunque los géneros que registró son los mismos que en este trabajo, las especies no son las mismas. Esto y el hecho de que la mayoría de las especies hayan sido eminentemente tropicales, responde a que en esta época existen aguas cálidas y además influenciadas por el evento de "El Niño".

Nienhuis (1980) reportó valores de H' extremos (1.04-4.59) para verano en la región sur, observando que las diversidades mayores correspondían a la costa de Sinaloa y las menores a las costas de la península. En este caso los valores de H' en verano variaron entre 2.14 y 3.83, lo que supone diversidades medianas y altas, uniformemente distribuidas en toda la zona.

Las especies registradas por otros autores en la región sur del golfo de California son en gran medida similares a las obtenidas en este trabajo; se identificaron 165 especies, siendo por mucho, más que las registradas por otros autores. Muchas de las especies observadas en este estudio no son mencionadas anteriormente por estos autores. Sin embargo, no se puede asegurar que se trate de nuevos registros para el área, ya que los autores anteriores no presentaron listas completas de las especies identificadas por ellos y el men-

The variation in the specific composition between spring and summer was notable. According to Cupp and Allen (1938) and Margalef (1961), in spring the predominant species in the area are of warm-temperate climate, whereas those observed in summer are of tropical-subtropical climate.

The proportion of diatoms and dinoflagellates per station varied according to the time of year. The higher species richness of diatoms in spring was due, in general, to the fact that this group is of temperate climate, while the higher richness of dinoflagellates in summer was due to these species being of tropical climate.

In spring, most of the region was occupied by *Rhizosolenia alata*. Hence, the high similarity between the samples could be considered biased given the wide distribution and dominance of this species. However, the information provided in this analysis reaffirms the idea suggested by the application of the diversity spectrum, which indicates the presence of two discernible associations in this area; that is, one dominant association represented by *R. alata* and another without a clear predominant species.

At the summer stations, conditions were more propitious, widely distributed, for a larger number of species. Based on this and the similarity between samples and the diversity spectrum, the southern region of the Gulf at this time of year presents only one large microphytoplankton association, in which the dinoflagellates predominate.

Although the results coincide, in general, with the circulation pattern described for the southern region, the presence of species of oligotrophic oceanic waters increased, especially in spring, since normally species representative of summer are of tropical waters and mostly dinoflagellates (Margalef, 1961). The low cell densities in the samples are normal for the area, but on this occasion they are considered to be lower due to the "El Niño" event. On the other hand, according to Margalef (1975), Orians (1975) and Whittaker (1975), the low species diversity detected in the southern region is normal in transition zones with cyclic environmental changes.

cionarlas como nuevos registros sería aventurado.

La variación en la composición específica entre primavera y verano fue notoria. Según los trabajos de Cupp y Allen (1938) y Margalef (1961), en la primavera las especies imperantes en el área fueron de clima templado-cálido, mientras que las observadas en verano fueron de clima tropical-subtropical.

La proporción de diatomeas y dinoflagelados por estación varió de acuerdo a la época del año. La mayor riqueza de especies de diatomeas en primavera se debió, en general, a que este grupo es de clima templado, mientras que la mayor riqueza de dinoflagelados en el verano se debió a que éstos son de climas tropicales.

En la primavera, la mayor parte de la región sur estuvo ocupada por *Rhizosolenia alata* por lo que la alta similitud entre las muestras podría considerarse sesgada, dada la amplia distribución y dominancia de esta especie. Sin embargo, la información proporcionada por este análisis reafirma la idea sugerida mediante la aplicación del espectro de diversidad, el cual sugiere la presencia de dos asociaciones discernibles en esta zona; esto es, una asociación dominante representada por *R. alata* y otra sin dominantes claros.

Entre las estaciones de verano existieron condiciones más propicias, ampliamente distribuidas, para un mayor número de especies. Con base en esto y en la similitud entre muestras y el espectro de diversidad, la región sur del golfo en esta época presenta una sola gran asociación microfitoplanctónica, en la que predominan los dinoflagelados.

Aunque los resultados coinciden en general con el patrón de circulación descrito para la región sur, la presencia de especies de aguas oceánicas oligotróficas se vio acentuada, sobre todo en primavera, ya que normalmente las especies representativas de verano son de aguas tropicales y en su mayoría dinoflagelados (Margalef, 1961). Las densidades bajas de células en las muestras son normales para la zona, pero en esta ocasión se considera que fueron menores debido al evento de "El Niño". Por otra parte, de acuerdo con Margalef (1975), Orians (1975) y Whittaker (1975), la

The values of the indices are biased calculations of the parameters of the associations, since they were based on net samples. Nevertheless, the information was complemented with bottle samples which do not contradict the results. Only the microphytoplankton associations and not the nanophytoplankton, which constitute an important part of the community, were analysed. Perhaps the patterns observed are similar for this fraction, but this has to be confirmed by appropriate observations.

It is therefore concluded that the microphytoplankton associations of the southern region of the Gulf of California are transitional and unstable and that the characteristics of the associations were influenced by the anomalous conditions provoked by the "El Niño" event during this study.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank CICIMAR for the use of the phytoplankton laboratory and Tim Baumgartner from CICESE for his comments on the manuscript.

English translation by Christine Harris.

baja diversidad de especies detectada en la región sur es normal en zonas de tipo transicional, con cambios ambientales cíclicos.

Los valores de los índices son cálculos sesgados de los parámetros de las asociaciones, ya que se hicieron con base en muestreos de red; no obstante, la información fue complementada con muestras de botella, las cuales no contradicen los resultados. Sólo se analizaron las asociaciones de microfitoplancton y no el nanofitoplancton, que constituye una parte importante de la comunidad; quizá los patrones observados sean similares para esta fracción, pero esto deberá confirmarse mediante observaciones apropiadas.

Se concluye por ende, que las asociaciones microfitoplanctónicas de la región sur del golfo de California son transicionales e inestables y que las características de las asociaciones estuvieron influidas por las condiciones anómalas provocadas por el evento de "El Niño" durante este estudio.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro agradecimiento al CICIMAR, por haber facilitado el material de trabajo y el apoyo del laboratorio de fitoplancton. Especialmente deseamos agradecer a Tim Baumgartner del CICESE por la revisión y comentarios hechos sobre el manuscrito.

LITERATURA CITADA

Allen, W.E. (1938). The Templeton Crocker Expedition to the Gulf of California in 1935. *The Phytoplankton. Trans. Am. Micr. Soc.*, 67: 328-335.

Alvarez-Borrego, S. (1983). Gulf of California, Chap. 17. In: B.H. Ketchum (ed.), *Estuaries and Enclosed Seas*. Elsevier, Amsterdam, pp. 427-449.

Badan-Dangon, A., Koblinski, C.K., and Baumgartner, T. (1985). Spring and summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. *Oceanol. Acta*, 8(1): 13-22.

Baumgartner, T. and Christensen, N. (1985). Coupling of the Gulf of California to large-scale interannual climatic variability. *J. Mar. Res.*, 43: 825-848.

Baumgartner, T., Ferreira, B.V., Schrader, H. and Soutar, A. (1985). A 20-year varve record of siliceous phytoplankton variability in the central Gulf of California. *Mar. Geol.*, 64: 113-129.

Cleve-Euler, A. (1951). *Die Diatomeen von Schweden und Finland*. Almqvist y Wiksells Boktryckeri. Stockholm. Teil I, 220 pp.

Cleve-Euler, A. (1952). *Die Diatomeen von Schweden und Finland*. Almqvist y Wiksells Boktryckeri. Stockholm. Teil V, 200 pp.

Cleve-Euler, A. (1953a). *Die Diatomeen von Schweden und Finland*. Almqvist y Wiksells Boktryckeri. Stockholm. Teil II, 194 pp.

Cleve-Euler, A. (1953b). *Die Diatomeen von Schweden und Finland*. Almqvist y Wiksells Boktryckeri. Stockholm. Teil III, 296 pp.

Cupp, E.E. (1977). *Marine Plankton Diatoms for the West Coast of North America*. Svenz Koeltz. Koenigstein, 235 pp.

Cupp, E.E. and Allen, W.E. (1938). Plankton diatoms of the Gulf of California obtained by the Allan Hancock Pacific Expedition of 1937. *Allan Hancock Pac. Exped., Univ. S. Calif. Publ.*, 3(5): 61-100.

Gilbert, J.Y. and Allen, W.E. (1943). The phytoplankton of the Gulf of California obtained by the "E.W. Scripps" in 1939 and 1940. *J. Mar. Res.*, 5(2): 89-110.

Groves, G.W. y Reid, L.J. Jr. (1958). Estudios oceanográficos sobre las aguas de Baja California. *Mem. Primer Congreso de Historia Regional. Memoria, Mexicali*, pp. 89-121.

Hustedt, F. (1959a). *Diatomeen in monographischer behandlung. Rabenhorst Kryptogamen Flora. Leipzig. Teil I*, 916 pp.

Hustedt, F. (1959b). *Diatomeen in monographischer behandlung. Rabenhorst Kryptogamen Flora. Leipzig. Teil II*, 845 pp.

Licéa-Durán, S. (1974). Sistemática y distribución de diatomeas en la Laguna de Agiabampo, Son. Sin., México. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. UNAM*, 1(1): 99-156.

Margalef, R. (1956). Información y diversidad específica en las comunidades de organismos. *Inv. Pesq.*, 3: 99-106.

Margalef, R. (1961). Distribución ecológica y geográfica de las especies del fitoplancton marino. *Inv. Pesq.*, 19: 81-101.

Margalef, R. (1975). Diversity, stability and maturity in natural ecosystems. In: W.H. van Dobben and R.H. Lowe-McConnell (eds.), *Unifying Concepts in Ecology*. Junk, The Hague, pp. 151-160.

Margalef, R. (1980). *Ecología*. Omega. Barcelona, 915 pp.

McGowan, J.A. (1984). The California "El Niño", 1983. *Oceanus*, 27(2): 48-51.

- Nienhuis, H. (1980). Phytoplankton characteristics in the southern part of the Gulf of California. *CIBCASIO Trans.*, 6(1): 152-186.
- Nienhuis, H. (1984). Fitoplancton marino de zonas neríticas y oceánicas de Baja California. *CICIMAR-IPN, México*, 33 pp.
- Nienhuis, H. and Guerrero, R.C. (1985). A quantitative analysis of the annual phytoplankton cycle of the Magdalena Lagoon complex (Mexico). *J. Plank. Res.*, 7(4): 427-441.
- Orians, G.H. (1975). Diversity, stability and maturity in natural ecosystems. In: W.H. van Dobben and R.H. Lowe-McConnell (eds.), *Unifying Concepts in Ecology*. Junk, The Hague, pp. 139-150.
- Peet, R.K. (1974). The measurement of species diversity. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 5: 285-307.
- Pielou, E.C. (1977). *Mathematical Ecology*. Wiley, New York, 385 pp.
- Rassmusson, E.M. (1984). "El Niño": The ocean/atmosphere connection. *Oceanus*, 27(2): 5-12.
- Robinson, M.K. (1973). Atlas of monthly mean sea surface and subsurface in the Gulf of California, Mexico. *Mem. Soc. Nat. Hist. San Diego*, 5: 19.
- Roden, G.I. (1964). Oceanographic aspects of the Gulf of California. In: Tj.H. van Andel and G.G. Shor Jr. (eds.), *Marine Geology of the Gulf of California: A Symposium*. Am. Assoc. Pet. Geol. Mem., 3: 30-58.
- Roden, G.I. and Groves, G.W. (1959). Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. *J. Mar. Res.*, 18(1): 10-35.
- Round, F.E. (1967). The phytoplankton of the Gulf of California. Part I. Its composition, distribution and contribution to the sediments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 1: 76-97.
- Schiller, J. (1933). *Dinoflagellatae in monographischer behandlung*. Rabenhorst Kryptogamen Flora. Leipzig. Teil I, 616 pp.
- Schiller, J. (1937). *Dinoflagellatae in monographischer behandlung*. Rabenhorst Kryptogamen Flora. Leipzig. Teil II, 945 pp.
- Stander, J.M. (1970). Diversity and similarity of benthic fauna off Oregon. M.Sc. Thesis, Oregon State Univ., Oregon, 72 pp.
- Taylor, F.J.R. (1976). *Dinoflagellates from the International Indian Ocean Expedition*. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 227 pp.
- Whittaker, R.H. (1975). *Communities and Ecosystems*. MacMillan, New York, 385 pp.

APENDICE

Lista florística de diatomeas y dinoflagelados presentes durante los períodos de primavera y verano

DIATOMEAS		Primavera	Verano
01	<i>Actinoptychus splendens</i> (Shadbolt)	x	x
02	<i>Amphora</i> sp.		x
03	<i>Asterionella japonica</i> (Cleve)		x
04	<i>Asterolampra marylandica</i> (Ehrenberg)	x	
05	<i>Asteromphalus heptactis</i> (Brebisson)	x	
06	<i>A. robustus</i> (Castracane)	x	
07	<i>Bacteriastrium delicatulum</i> (Cleve)	x	x
08	<i>B. elongatum</i> (Cleve)	x	
09	<i>B. hyalinum</i> (Lauder)	x	x
10	<i>Biddulphia aurita</i> (Lyngbye)		x
11	<i>B. mobiliensis</i> (Bailey)		x
12	<i>Cerataulina bergonii</i> (Peragallo)	x	x
13	<i>Chaetoceros affinis</i> (Lauder)	x	x
14	<i>Ch. brevis</i> (Schutt)	x	x
15	<i>Ch. coarctatus</i> (Lauder)	x	x
16	<i>Ch. compressus</i> (Lauder)	x	
17	<i>Ch. curvisetus</i> (Cleve)	x	
18	<i>Ch. decipiens</i> (Cleve)	x	x
19	<i>Ch. dichchaeta</i> (Ehrenberg)	x	
20	<i>Ch. didymus</i> (Ehrenberg)	x	x
21	<i>Ch. diversus</i> (Cleve)	x	x
22	<i>Ch. lorenzianus</i> (Grunow)	x	x
23	<i>Ch. messanensis</i> (Castracane)	x	x
24	<i>Ch. pendulus</i> (Karsten)	x	x
25	<i>Ch. peruvianus</i> (Brightwell)	x	x
26	<i>Ch. radicans</i> (Schutt)	x	x
27	<i>Ch. vanheurcki</i> (Gran)	x	
28	<i>Climacodium frauenfeldianum</i> (Grunow)	x	x
29	<i>Coconeis</i> sp.		x
30	<i>Coscinodiscus centralis</i> (Ehrenberg)	x	x
31	<i>C. concinus</i> (Smith)		x
32	<i>C. granii</i> (Gough)	x	
33	<i>C. lineatus</i> (Ehrenberg)	x	
34	<i>C. oculus iridis</i> (Ehrenberg)	x	x
35	<i>C. perforatus</i> (Ehrenberg)	x	x
36	<i>C. sp.</i>		x
37	<i>C. waillessi</i> (Gray y Angst)		x
38	<i>Dactyliosolen mediterraneus</i> (Peragallo)	x	
39	<i>Diploneis</i> sp.		x
40	<i>Ditylum brightwelli</i> (West)	x	x

Apéndice (Cont.)

	Diatomeas	Primavera	Verano
41	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane)	x	x
42	<i>Hemialus hauckii</i> (Grunow)	x	x
43	<i>H. membranaceus</i> (Cleve)		x
44	<i>H. sinensis</i> (Greville)	x	x
45	<i>Hemidiscus cuneiformis</i> (Castracane)		x
46	<i>Lauderia borealis</i> (Gran)	x	x
47	<i>Leptocylindrus danicus</i> (Cleve)	x	
48	<i>Licmophora abbreviata</i> (Agardh)		x
49	<i>Melosira sulcata</i> (Ehrenberg)	x	x
50	<i>Navicula</i> sp.	x	x
51	<i>Nitzschia closterium</i> (Ehrenberg)		x
52	<i>N. delicatissima</i> (Cleve)	x	
53	<i>N. longissima</i> (Brebisson)	x	
54	<i>N. pacifica</i> (Cupp)	x	x
55	<i>N. paradoxa</i> (Gmelin)	x	
56	<i>N. pungens</i> var. <i>atlantica</i> (Cleve)	x	x
57	<i>N. seriata</i> (Cleve)	x	
58	<i>N.</i> sp.		x
59	<i>Pseudoeunotia doliolus</i> (Wallich)	x	
60	<i>Rhizosolenia acuminata</i> (Peragallo)	x	
61	<i>R. alata</i> (Brightwell)	x	x
62	<i>R. alata</i> var. <i>gracillima</i> (Cleve)	x	x
63	<i>R. alata</i> var. <i>indica</i> (Peragallo)	x	
64	<i>R. bergonii</i> (Peragallo)	x	x
65	<i>R. calcaravis</i> (Schultze)	x	x
66	<i>R. castracanei</i> (Peragallo)	x	x
67	<i>R. delicatula</i> (Cleve)		x
68	<i>R. fragilissima</i> (Bergon)	x	
69	<i>R. hebetata</i> var. <i>semispina</i> (Hensen)	x	x
70	<i>R. robusta</i> (Norman)	x	x
71	<i>R. setigera</i> (Brightwell)	x	x
72	<i>R. styliformis</i> (Brightwell)	x	x
73	<i>R. styliformis</i> var. <i>longispina</i> (Brightwell)	x	
74	<i>Skelotonema costatum</i> (Greville)	x	
75	<i>Stauroneis</i> sp.		x
76	<i>Stephanopyxis palmeriana</i> (Greville)	x	
77	<i>S. turis</i> (Greville y Arnot)		x
78	<i>Synedra</i> sp.		x
79	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow)	x	x
80	<i>Thalassiothrix delicatula</i> (Cupp)	x	x
81	<i>T. frauenfeldii</i> (Grunow)	x	
82	<i>T. longissima</i> (Cleve y Grunow)	x	
83	<i>T. mediterranea</i> var. <i>pacifica</i> (Peragallo)	x	x
84	<i>Triceratium favus</i> (Ehrenberg)	x	x

Apéndice (Cont.)

DINOFLAGELADOS		Primavera	Verano
01	<i>Amphisolenia asymmetrica</i> (Kofoid)		x
02	<i>A. bidentata</i> (Schroder)		x
03	<i>Ceratium belone</i> (Cleve)	x	x
04	<i>C. c.f. belone</i>	x	
05	<i>C. biceps</i> (Claparade y Lachmann)	x	x
06	<i>C. boehmii</i> (Graham y Bronikovsky)	x	
07	<i>C. breve</i> (Ostenfeld y Schmidt)	x	x
08	<i>C. breve</i> var. <i>parallelum</i> (Schmidt)	x	x
09	<i>C. candelabrum</i> (Ehrenberg)	x	x
10	<i>C. carriense</i> (Gourret)	x	x
11	<i>C. contortum</i> (Gourret)	x	
12	<i>C. c.f. contortum</i>	x	x
13	<i>C. contrarium</i> (Gourret)	x	
14	<i>C. declinatum</i> (Karsten)	x	
15	<i>C. deflexum</i> (Kofoid)	x	x
16	<i>C. euarquatum</i> (Jorgensen)	x	x
17	<i>C. furca</i> (Ehrenberg)	x	x
18	<i>C. fusus</i> (Ehrenberg)	x	x
19	<i>C. gibberum</i> (Gourret)	x	x
20	<i>C. gravidum</i> (Gourret)	x	
21	<i>C. horridum</i> (Cleve)	x	
22	<i>C. incisum</i> (Karsten)		x
23	<i>C. inflatum</i> (Kofoid)		x
24	<i>C. lunula</i> (Schrimper y Karsten)	x	
25	<i>C. lunula</i> var. <i>lunula</i> (Schrimper y Karsten)		x
26	<i>C. lunula</i> var. <i>robustum</i> (Schrimper y Karsten)	x	x
27	<i>C. macroceros</i> (Ehrenberg)	x	
28	<i>C. massiliense</i> (Gourret)	x	x
29	<i>C. pentagonum</i> (Gourret)	x	
30	<i>C. pulchellum</i> (Schroder)	x	x
31	<i>C. schrankii</i> (Kofoid)	x	x
32	<i>C. sp</i>	x	
33	<i>C. symmetricum</i> (Pavillard)	x	
34	<i>C. trichoceros</i> (Ehrenberg)	x	x
35	<i>C. tripos</i> (Muller)	x	x
36	<i>C. tripos</i> var. <i>atlanticum</i> (Ostenfeld)	x	
37	<i>C. tripos</i> var. <i>indicum</i> (Bohm)	x	x
38	<i>C. tripos</i> var. <i>pulchellum</i> (Schroder)	x	
39	<i>C. vultur</i> (Cleve)	x	x
40	<i>Ceratocorys horrida</i> (Stein)	x	x
41	<i>C. magna</i> (kofoid)	x	

Apéndice (Cont.)

	Dinoflagelados	Primavera	Verano
42	<i>Dinophysis caudata</i> (Saville y Kent)	x	x
43	<i>D. doryphorum</i> (Stein)		x
44	<i>Dissodinium gerbaultii</i> (Pavillard)	x	
45	<i>D. lunula</i> (Schutt)	x	
46	<i>Gonyaulax brunii</i> (Taylor)	x	
47	<i>G. kofoidii</i> (Pavillard)	x	
48	<i>G. polyedra</i> (Stein)	x	
49	<i>Heteraulacus polyedricus</i> (Pouchet)	x	
50	<i>Kofoidinium lebourae</i> (Pavillard)		x
51	<i>Noctiluca scintillans</i> (McCartey)	x	
52	<i>Ornithocercus splendidus</i> (Schutt)	x	
53	<i>O. steinii</i> (Schutt)	x	x
54	<i>O. thumii</i> (Schmidt)	x	
55	<i>Oxytoxum</i> sp		x
56	<i>Peridinium acutipes</i> (Dangeard)	x	
57	<i>P. asymmetricum</i> (Karsten)	x	
58	<i>P. conicum</i> (Gran)	x	
59	<i>P. dakariense</i> (Dangeard)	x	
60	<i>P. decipiens</i> (Jorgensen)		x
61	<i>P. depressum</i> (Bailey)	x	x
62	<i>P. diabolus</i> (Cleve)	x	
63	<i>P. divergens</i> (Ehrenberg)	x	x
64	<i>P. elegans</i> (Cleve)	x	x
65	<i>P. globulus</i> (Stein)	x	
66	<i>P. grande</i> (Kofoid)	x	x
67	<i>P. latissimum</i> (Kofoid)		x
68	<i>P. murrayi</i> (Kofoid)	x	
69	<i>P. oceanicum</i> (Vanhoffen)	x	
70	<i>P. paradoxum</i> (Taylor)	x	
71	<i>P. pentagonum</i> (Gran)	x	
72	<i>P. subpyriforme</i> (Dangeard)	x	x
73	<i>P. solidicome</i> var. <i>makronys</i> (Schiller)	x	
74	<i>P. tumidum</i> (Okamura)	x	x
75	<i>Prorocentrum gracile</i> (Schutt)		x
76	<i>P. micans</i> (Ehrenberg)	x	x
77	<i>Pyrocystis lunula</i> (Schutt)	x	
78	<i>P. noctiluca</i> (Murray y Schutt)	x	x
79	<i>Pyrophacus horologium</i> (Stein)	x	
80	<i>P. steinii</i> (Schiller)	x	x
81	<i>P. vancampoeae</i> (Rossognol)	x	x