

**ESTRUCTURA DE LAS ASOCIACIONES MICROFITOPLANCTONICAS  
DE LA REGION CENTRAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA  
EN EL OTOÑO DE 1986**

**STRUCTURE OF THE MICROPHYTOPLANKTON ASSOCIATIONS  
OF THE CENTRAL REGION OF THE GULF OF CALIFORNIA  
IN AUTUMN 1986**

Ismael Gárate Lizárraga <sup>1</sup>  
David A. Siqueiros Beltrones <sup>2</sup>  
Carlos H. Lechuga Deveze <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Plancton del CICIMAR  
Apartado Postal 592  
La Paz, Baja California Sur, México

<sup>2</sup> Departamento de Biología Marina  
Universidad Autónoma de Baja California Sur  
Apartado Postal 19-B  
La Paz, Baja California Sur, C.P. 23080, México

<sup>3</sup> Departamento de Biología Marina del CIB  
Apartado Postal 128  
La Paz, Baja California Sur, México

Gárate Lizárraga, I., Siqueiros Beltrones, D.A. y Lechuga Deveze, C.H. (1990). Estructura de las asociaciones microfítolantónicas de la región central del Golfo de California en el otoño de 1986. Structure of the microphytoplankton associations of the central region of the Gulf of California in autumn 1986. Ciencias Marinas, 16(3): 131-153.

**RESUMEN**

Se realizó un análisis de la estructura de las asociaciones del microfítolantón de la región central del Golfo de California para el otoño de 1986. Se calculó la diversidad (H y SMP), equitabilidad (E) y dominancia (REDI); así como la similitud entre muestras (SIMI) y la amplitud de nicho espacial (Bi). Se determinó la biomasa fitolantónica en muestras de superficie y se estimó la proporción de nano y microfítolantón.

Se identificaron 172 taxa entre especies y variedades, comprendidas en 61 géneros. Las especies más abundantes fueron: *Stephanopyxis palmeriana*, *Thalassionema frauenfeldii*, *Chaetoceros lorenzianum*, *C. radicans* y *T. nitzschoides*. Exceptuando el valor de  $H' = 0.85$ , la diversidad fue comparativamente alta (5.0-5.87). La similitud entre muestras sugiere una sola asociación con codominancia de especies en toda el área de estudio. Las especies con mayor amplitud de nicho espacial fueron: *T. frauenfeldii* (19.82), *Dictyocha messanensis* (19.74) y *Distephanus pulchra* (19.25). La abundancia fitolantónica mínima fue de 13,400 cel/l y la máxima fue de 475,000 cel/l; se encontró que la mayor concentración de células se presentó en las áreas en donde se registraron las temperaturas más bajas y viceversa. La fracción del microfítolantón dominó en abundancia al nanofítolantón en un 60% de las muestras.

## ABSTRACT

An analysis of the structure of the microphytoplankton associations of the central region of the Gulf of California was made in autumn 1986. Diversity (H and SMP), equitability (E) and dominance (REDI), as well as the similarity between samples (SIMI) and spatial niche amplitude (Bi) were calculated. The phytoplanktonic biomass was determined in surface samples and the proportion of nano- and microphytoplankton was estimated.

A total of 172 taxa were identified between species and varieties, comprising 61 genera. The most abundant species were: *Stephanopyxis palmeriana*, *Thalassionema frauenfeldii*, *Chaetoceros lorenzianum*, *C. radicans* and *T. nitzschioides*. Except for the value of  $H' = 0.85$ , diversity was comparatively high (5.0-5.87). The similarity between samples suggests only one association with codominance of species throughout the study area. The species with the highest spatial niche amplitude were: *T. frauenfeldii* (19.82), *Dictyocha messanensis* (19.74) and *Distephanus pulchra* (19.25). Minimum phytoplanktonic abundance was 13,400 cells/l and maximum was 475,000 cells/l; the highest concentration of cells was found to occur in the areas where the lowest temperatures were recorded and vice versa. The microphytoplankton fraction dominated, in abundance, the nanophytoplankton in 60% of the samples.

## INTRODUCCION

El Golfo de California presenta una ubicación oceanográfica única entre los mares marginales del océano Pacífico, debido a que se localiza en una zona de transición oceánica (Hubbs y Roden, 1964; Roden, 1971). En él convergen tres masas de agua con características fisicoquímicas diferentes: la Corriente de California, la Corriente del Golfo y una rama de la Corriente Norecuatorial (Roden, 1971). Sus aguas son importantes para la industria pesquera de México, ya que en general presentan una alta productividad y una gran variedad de peces y crustáceos de importancia comercial.

Los estudios de las asociaciones del fitoplancton en el Golfo de California han tenido diferentes enfoques. Allen (1937, 1938) se concretó a mencionar las especies encontradas y las áreas de mayor concentración de células. Cupp y Allen (1938) y Cupp (1943) realizaron trabajos taxonómicos del grupo de las diatomeas, Klement (1964) y González-Villalobos (1975) del grupo de los dinoflagelados y Murray y Schrader (1983) del grupo de los silicoflagelados. Valero-Gamboa (1981) y Cortés-Lara (1985) han determinado la biomasa fitoplanctónica a través del conteo de células por litro, mientras que Zeitzschel (1969, 1970), Gilmartin y Revelante (1978) y Lara-Lara *et al.* (1984) han calculado la biomasa fitoplanctónica fraccionada mediante la determinación de pigmentos fotosintéticos; asimismo, Valdéz-Holguín y Lara-Lara (1987)

## INTRODUCTION

The oceanographic location of the Gulf of California among the marginal seas of the Pacific Ocean is unique, since it is located in an oceanic transition zone (Hubbs and Roden, 1964; Roden, 1971). Three masses of water with different physicochemical characteristics converge in the gulf: the California Current, the Gulf Current and a branch of the North Equatorial Current (Roden, 1971). Its waters are important to the Mexican fisheries industry, as they are generally highly productive and contain a great variety of fish and crustacea of commercial importance.

Different aspects of the phytoplankton associations in the Gulf of California have been studied. Allen (1937, 1938) only mentioned the species found and the areas of highest cell concentration. Cupp and Allen (1938) and Cupp (1943) carried out taxonomic studies of the diatoms, Klement (1964) and González-Villalobos (1975) of the group of dinoflagellates and Murray and Schrader (1983) of the group of silicoflagellates. Valero-Gamboa (1981) and Cortés-Lara (1985) determined the phytoplanktonic biomass through cell counts per litre, while Zeitzschel (1969; 1970), Gilmartin and Revelante (1978) and Lara-Lara *et al.* (1984) calculated the fractionated phytoplanktonic biomass through the determination of photosynthetic pigments. Valdéz-Holguín and Lara-Lara (1987) calculated the primary productivity of the phytoplankton during the "El Niño" event of

calcularon la productividad primaria del fitoplancton durante el evento de "El Niño" de 1982-1983. Finalmente, Hernández-Becerril (1987) realizó un estudio de la distribución vertical del fitoplancton en las regiones central y norte del Golfo de California.

Nienhuis (1980), Gilmartin y Revelante (1979) son los primeros en analizar la estructura de las asociaciones del microfitoroplancton utilizando los índices de Shannon-Wiener y el SIMI para calcular la similitud entre las muestras. Asimismo, Hernández-Becerril (1985) analizó la estructura del fitoplancton, incluyendo las dos fracciones de tamaño principales; su estudio se completó con mediciones de variables fisicoquímicas. Posteriormente, González-López (1987) y Atilano (1987) realizaron estudios más completos sobre la estructura de las asociaciones de los grupos que conforman el microfitoroplancton, al incluir los índices de Simpson, de valor biológico (IVB) y de amplitud de nicho espacial (Bi).

El presente trabajo es una contribución al conocimiento de las asociaciones de microfitoroplancton de la región central del Golfo de California, ya que hace un análisis de la estructura de dichas asociaciones mediante la determinación de diversos índices de importancia ecológica. Por otra parte, se determinó la abundancia fitoplanctónica (cel/l) y la proporción del microfitoroplancton (org. > de 20  $\mu$ ) y nanofitoroplancton (org. < de 20  $\mu$ ) en las muestras superficiales.

## AREA DE ESTUDIO

El Golfo de California se extiende desde los 32° N, dentro de la zona de transición templado-cálida californiana y se comunica con la provincia panámica cerca del Trópico de Cáncer, 23° 27' N (Brinton *et al.*, 1986). Es un mar marginal que se localiza entre la Península de Baja California y los estados de Sonora y Sinaloa, México, y se considera una cuenca de evaporación que tiene una longitud de aproximadamente 1,000 km y varía de 100 a 200 km de ancho (Alvarez-Borrego, 1983).

De acuerdo a la división hidrográfica realizada por Roden (1958), el área de estudio en el presente trabajo se localiza dentro de la región central (Fig. 1), la cual se encuentra comprendida entre la Isla Tiburón y

1982-1983. Finalmente, Hernández-Becerril (1987) estudió la distribución vertical del fitoplancton en la región central y norte del Golfo de California.

Nienhuis (1980) and Gilmartin and Revelante (1979) were the first to analyse the structure of the microphytoplankton associations using the Shannon-Wiener and SIMI indices to calculate the similarity between the samples. Likewise, Hernández-Becerril (1985) analysed the structure of the phytoplankton, including the two main size fractions, and measured physicochemical variables. Subsequently, González-López (1987) and Atilano (1987) carried out more complete studies on the structure of the associations of the groups which constitute the microphytoplankton, by including the Simpson, biological value (BVI) and spatial niche amplitude (Bi) indices.

The present study contributes to the knowledge of the associations of microphytoplankton of the central region of the Gulf of California. An analysis is made herein of the structure of these associations through the determination of several indices of ecological importance. Furthermore, the phytoplanktonic abundance (cells/l) and the proportion of the microphytoplankton (org. > 20  $\mu$ ) and nanophytoplankton (org. < 20  $\mu$ ) in the surface samples were determined.

## STUDY AREA

The Gulf of California extends from 32° N, in the warm-temperate Californian transition zone and meets the Panamic Province near the Tropic of Cancer, 23° 27' N (Brinton *et al.*, 1986). It is a marginal sea located between the Peninsula of Baja California and the states of Sonora and Sinaloa, Mexico. It is considered an evaporation basin and has an approximate length of 1,000 km, varying from 100 to 200 km in width (Alvarez-Borrego, 1983).

According to Roden's (1958) hydrographic division, the present study area is located in the central region (Fig. 1), between Isla Tiburón and Topolobampo. It is characterized by being a deep zone which is in direct communication with the Pacific Ocean and by presenting high salinities. The currents with most influence in the central region are: the

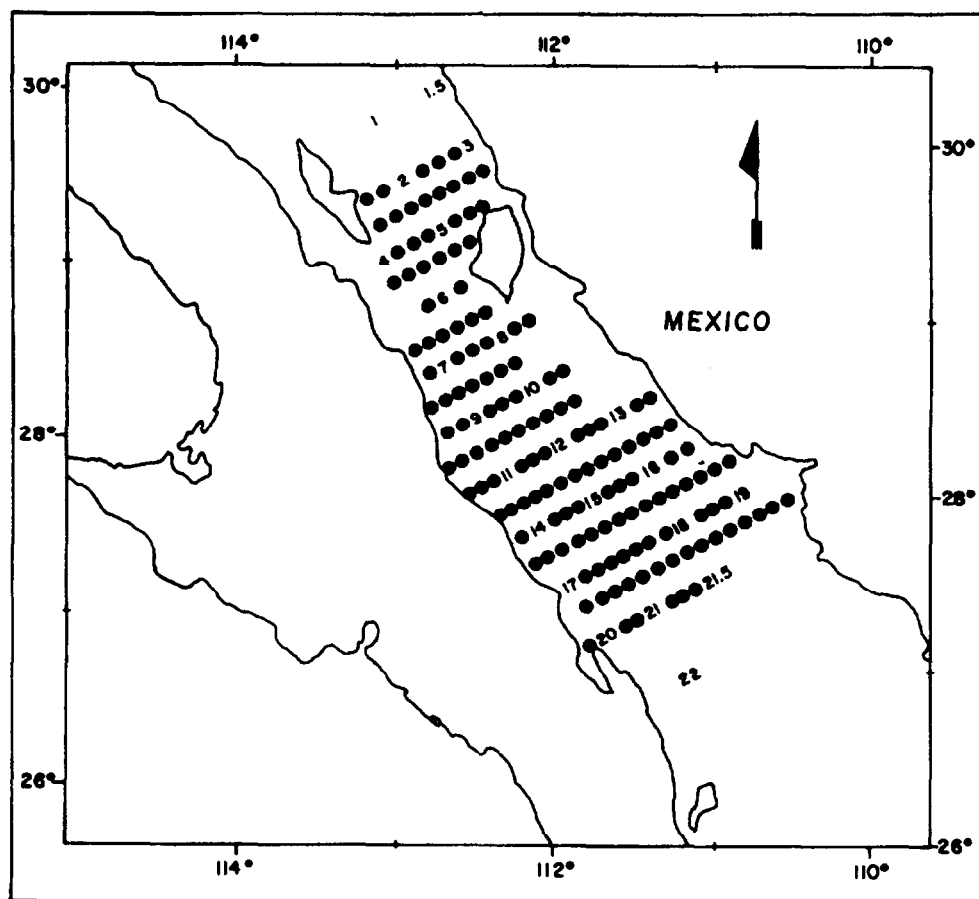


Figura 1. Localización de las estaciones en el área de estudio.  
Figure 1. Location of the stations in the study area.

Topolobampo y se caracteriza por ser una zona profunda que está en comunicación directa con el océano Pacífico y por presentar altas salinidades. Las corrientes que tienen mayor influencia en la región central son: la Corriente del Golfo, que acarrea aguas cálidas y de alta salinidad y una rama de la Corriente Norecuatorial, que fluye del sureste hacia el noroeste con aguas cálidas y de baja salinidad.

#### MATERIALES Y METODOS

Las muestras que se utilizaron en este trabajo se colectaron durante el crucero oceanográfico GOLCA 8611, el cual se llevó a cabo del 20 de noviembre al 2 de diciembre de 1986 a bordo del B/O *El Puma*. Con base

Gulf Current, which carries warm, high salinity waters, and a branch of the North Equatorial Current, which flows from the southeast towards the northwest carrying warm, low salinity waters.

#### MATERIALS AND METHODS

The samples used in this work were collected during the GOLCA 8611 oceanographic cruise, which was conducted from 20 November to 2 December 1986 on board the R/V *El Puma*. Based on the network of CICIMAR stations, 24 stations were established distributed in 11 transects perpendicular to the coast line and spaced 20 nautical miles apart.

en la red de estaciones del CICIMAR se establecieron 24 estaciones distribuidas en 11 transectos perpendiculares a la línea de costa con una distancia de 20 millas náuticas entre una y otra.

Para determinar la abundancia fitoplanctónica (cel/l), se tomaron 24 muestras superficiales de agua con una cubeta de plástico. Para determinar la composición específica y la estructura de las asociaciones del microfitoroplancton de red se hicieron en 22 estaciones, arrastres verticales desde una profundidad de 50 m hasta la superficie con una red de 1.5 m de longitud, un diámetro de 50 cm en la boca y una abertura de malla de 64  $\mu$ . Las muestras de red y las tomadas con la cubeta de plástico se vaciaron en frascos de un litro y se preservaron con formol a una concentración final del 4% neutralizado con borato de sodio.

Como apoyo a este trabajo se tomó la temperatura del agua con un batitermógrafo hasta una profundidad aproximada de 100 m, en una red de 165 estaciones (Fig. 1), incluyendo las 24 estaciones mencionadas.

Las muestras de fitoplancton superficial se analizaron cuantitativamente por medio del método de Utermöhl (Hasle, 1978), utilizando un microscopio invertido Invertoscope D. La medición de células nano y microfitoroplanctónicas se hizo con un ocular micrométrico.

El análisis cualitativo de las muestras de red se hizo con un microscopio compuesto Zeiss STD 16 por medio de preparaciones en fresco, el cual se completó con la elaboración de preparaciones permanentes y temporales (Gárate-Lizárraga, 1988). La determinación taxonómica se realizó consultando los siguientes trabajos especializados. Para diatomeas: Hustedt (1930, 1959), Cupp (1943), Hendey (1964), Licea-Durán (1974), Navarro (1981a, 1981b, 1982) y Sundström (1986). Para dinoflagelados: Schiller (1933), Graham y Bronykovsky (1944), Sournia (1967), Wood (1968), Taylor (1976) y Pesantes (1978). Para silicoflagelados: Murray y Schrader (1983) y Schrader *et al.* (1985).

Para el análisis cuantitativo de las muestras de red se determinó un tamaño de muestra de 700 organismos mediante el método de Margalef (1972).

In order to determine the phytoplanktonic abundance (cells/l), 24 surface samples of water were taken with a plastic bucket. To determine the specific composition and structure of the associations of net microphytoplankton at 22 stations, vertical hauls were made from a depth of 50 m to the surface using a net 1.5 m in length, 50 cm mouth diameter and mesh size of 64  $\mu$ . The net samples and those obtained with the plastic bucket were emptied into one-litre flasks and preserved with formol at a final concentration of 4% neutralized with sodium borate.

In support of this work, the water temperature was taken with a bathythermograph down to an approximate depth of 100 m in a network of 165 stations (Fig. 1), including the 24 stations mentioned.

The samples of surface phytoplankton were quantitatively analysed following the Utermöhl method (Hasle, 1978), using an Invertoscope D. inverted microscope. The measurement of nano- and microphytoplanktonic cells was done with a micrometric eyepiece.

The qualitative analysis of the net samples was done with a Zeiss STD 16 microscope using fresh preparations followed by the elaboration of permanent and temporal preparations (Gárate-Lizárraga, 1988). The taxonomic determination was done by consulting the following specialized works. For diatoms: Hustedt (1930, 1959), Cupp (1943), Hendey (1964), Licea-Durán (1974), Navarro (1981a, 1981b, 1982) and Sundström (1986). For dinoflagellates: Schiller (1933), Graham and Bronykovsky (1944), Sournia (1967), Wood (1968), Taylor (1976) and Pesantes (1978). For silicoflagellates: Murray and Schrader (1983) and Schrader *et al.* (1985).

For the quantitative analysis of the net samples, a sample size of 700 organisms was determined through the Margalef method (1972).

For each of the samples the following parameters of the structure of the associations were estimated: diversity ( $H'$ ) was calculated with the Shannon-Wiener index (Peet, 1974); to add to the information of  $H'$ , species diversity was calculated through the comple-

Para cada una de las muestras se estimaron los siguientes parámetros de la estructura de las asociaciones: la diversidad ( $H'$ ) se calculó por medio del índice de Shannon-Wiener (Peet, 1974); para complementar la información de  $H'$  se calculó la diversidad de especies por medio del complemento del índice de Simpson ( $1-\lambda$ ) (Brower y Zar, 1979). Asimismo, para determinar el grado de uniformidad y de distribución de los individuos entre las distintas especies, se calculó la equitabilidad ( $J'$ ), así como la redundancia (REDI) como medida de la dominancia; el primero también se utiliza como una diversidad ponderada para permitir la mejor comparación con otros estudios (Pielou, 1969; Brower y Zar, 1979). Para conocer el grado de distribución que presentan las especies en el área se determinó la amplitud de nicho espacial (McIntire y Overton, 1971). Por otra parte, dado que los estudios comparativos de muestras requieren de una medida objetiva de similitud entre las asociaciones que representan, se aplicó también el índice de similitud de Stander (SIMI) (Clifford y Stephenson, 1975).

## RESULTADOS

### Temperatura

Las temperaturas superficiales variaron entre los 19.5 y los 23°C; en general, fueron mayores en la costa de la península y disminuyeron gradualmente hacia las costas de Sonora y Sinaloa (Fig. 2a). Los valores de temperatura obtenidos a 50 m (profundidad máxima de los arrastres de fitoplancton) variaron de 16 a 23°C (Fig. 2b); los valores más altos se registraron también en las estaciones cercanas a la costa occidental, disminuyendo gradualmente hacia la costa oriental. En algunas estaciones la variación de la temperatura mostró un gradiente de la superficie hasta los 50 m que fue de 0.5 a 1.5°C; en algunas estaciones no hubo tal variación, lo cual indica que la temperatura del agua hasta esta profundidad fue homogénea.

### Abundancia fitoplanctónica (densidad de cel/l)

Las estaciones 2 y 5 presentaron la menor densidad de células por litro (13,800 y

ment of the Simpson index ( $1-\lambda$ ) (Brower and Zar, 1979). Likewise, to determine the degree of uniformity and of distribution of the individuals among the different species, the equitability ( $J'$ ) was calculated, as well as the redundancy (REDI) as a measure of dominance; the former is also used as a weighed diversity to allow the best possible comparison with other studies (Pielou, 1969; Brower and Zar, 1979). The spatial niche amplitude was determined in order to learn the degree of distribution of the species in the area (McIntire and Overton, 1971). On the other hand, since comparative studies of samples require an objective measure of similarity between the associations which they represent, the Stander similarity index (SIMI) was also applied (Clifford and Stephenson, 1975).

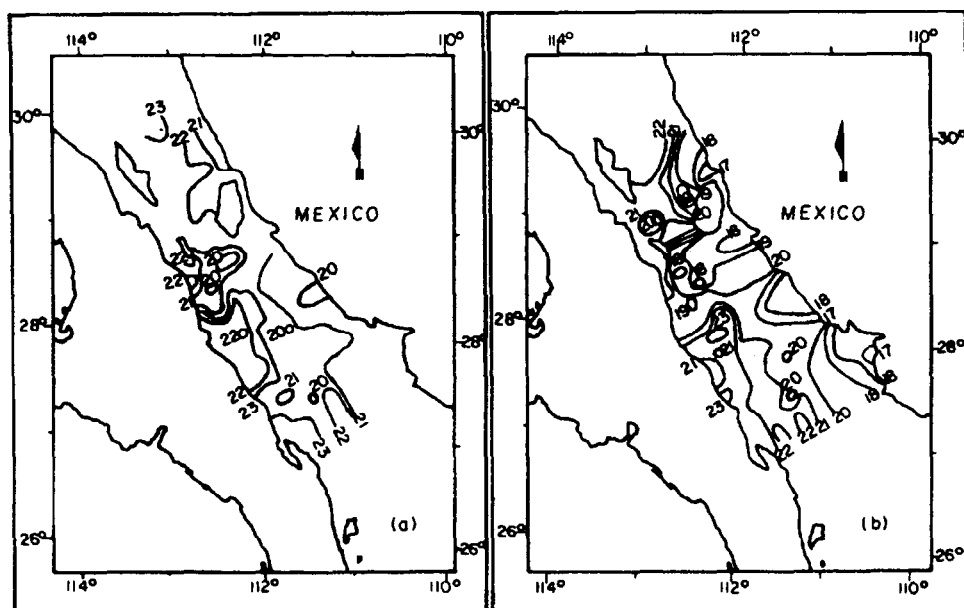
## RESULTS

### Temperature

Surface temperatures varied between 19.5 and 23°C. In general, they were higher along the coast of the peninsula and gradually decreased towards the coasts of Sonora and Sinaloa (Fig. 2a). The temperature values obtained at 50 m (maximum depth of the phytoplankton hauls) varied from 16 to 23°C (Fig. 2b); the highest values were also recorded at the stations close to the western coast, gradually decreasing towards the eastern coast. At some stations, the temperature values showed a gradient of 0.5 to 1.5°C from the surface to 50 m; this variation did not occur at some stations indicating that the temperature of the water down to this depth was homogeneous.

### Phytoplanktonic abundance (density in cells/l)

The lowest cell densities were found at stations 2 and 5 (13,800 and 13,400 cells/l respectively), while the highest biomass values were observed at stations 15 and 19 with 232,000 and 475,000 cells/l, respectively. The rest of the stations had biomass values which varied between 18,000 and 200,000 cells/l. In Figure 3a it can be appreciated that, in general, the stations near the coast of the Peninsula of Baja California had the lowest biomass values, while the highest values were



**Figura 2.** (a) Valores de temperatura superficial y (b) valores de temperatura a 50 m de profundidad para las estaciones del crucero GOLCA 8611.

**Figure 2.** (a) Values of surface temperature and (b) values of temperature at a depth of 50 m for the stations of the GOLCA 8611 cruise.

13,400 respectivamente), mientras que en las estaciones 15 y 19 se observaron los valores más altos de biomasa con 232,000 y 475,000 cel/l, respectivamente. El resto de las estaciones presentaron valores de biomasa que variaron entre los 18,000 y los 200,000 cel/l. En la Figura 3a se puede apreciar que, en general, las estaciones cercanas a la costa de la Península de Baja California presentaron los valores más bajos de biomasa, mientras que las estaciones cercanas a la costa oriental del golfo registraron valores más altos, en particular, la estación 19 frente a las costas de Guaymas que presentó 475,000 cel/l.

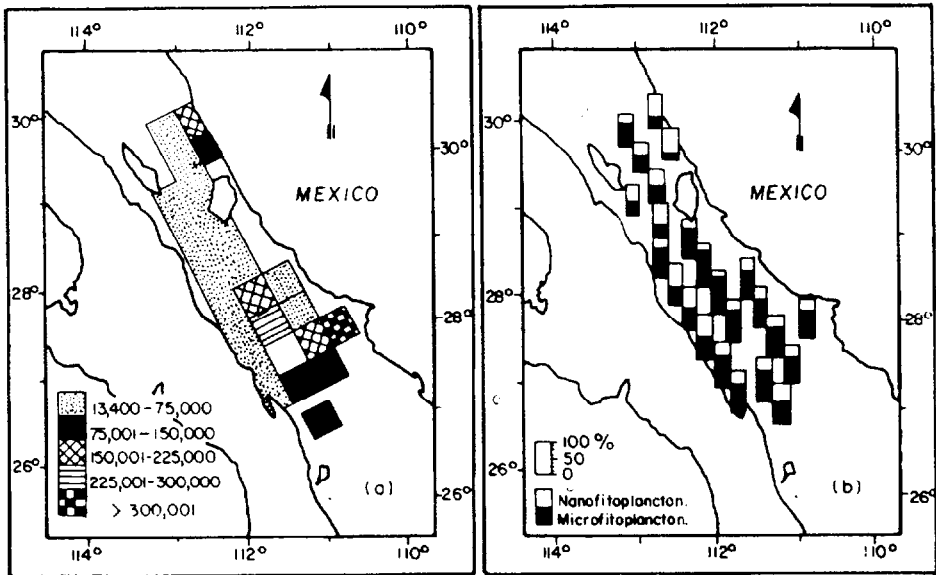
En 16 de las 24 estaciones que conforman este trabajo, la proporción porcentual del microfitoroplancton fue superior a la del nanoplancton, alcanzando hasta un 80%. El área en donde la proporción de este grupo fue mayor se localizó en las estaciones abajo de la Isla Tiburón y en otras estaciones ubicadas entre las costas de Guaymas y Bahía Concepción (Fig. 3b). Las mayores proporciones de nanofitoroplancton se registraron en

recorded at the stations close to the western coast of the gulf, in particular, at station 19 in front of the Guaymas coast, where a value of 475,000 cells/l was recorded.

At 16 of the 24 stations, the percentage proportion of the microfitoroplancton was higher than that of the nanoplancton, reaching 80%. The proportion of this group was found to be greater at the stations below Isla Tiburón and at other stations located between the coasts of Guaymas and Bahía Concepción (Fig. 3b). The highest proportions of nanofitoroplancton were recorded at the stations close to Isla Tiburón and the stations located above Santa Rosalía, reaching 87% of the phytoplanktonic abundance.

#### Specific composition of the phytoplankton

A total of 172 species and varieties were identified comprising 61 genera. The diatoms were the most important group both in number of organisms and in number of species (S = 100). A list of the taxa of diatoms,



**Figura 3.** (a) Valores de abundancia fitoplanctónica (cel/l) y (b) distribución porcentual del nano y microfitoplancton para las estaciones del crucero GOLCA 8611.

**Figure 3.** (a) Values of phytoplanktonic abundance (cells/l) and (b) distribution percentage of the nano- and microphytoplankton for the stations of the GOLCA 8611 cruise.

las estaciones cercanas a la Isla Tiburón y las estaciones ubicadas arriba de Santa Rosalía, alcanzando hasta un 87% de la abundancia fitoplanctónica.

#### Composición específica del fitoplancton

Se identificaron un total de 172 especies y variedades comprendidas en 61 géneros. Las diatomeas fueron el grupo más importante tanto en número de organismos como en número de especies ( $S = 100$ ). En la Tabla I se presenta una lista de los taxa de diatomeas, dinoflagelados y silicoflagelados observados en este estudio. Los géneros más frecuentes fueron *Chaetoceros* (25 especies), *Rhizosolenia* (12) y *Bacteriastrium* (4).

Las cinco especies que presentaron abundancias relativas más altas en toda el área fueron: *Stephanopyxis palmeriana* (1,050 organismos), *Thalassionema frauenfeldii* (922), *Chaetoceros lorenzianum* (804), *C. radicans* (739) y *Thalassionema nitzschioides* (667). *S. palmeriana* registró abundancias relativas bajas en la mayoría de las estaciones, pero en

dinoflagelados y silicoflagelados observados en this study is presented in Table I. The most frequent genera were *Chaetoceros* (25 species), *Rhizosolenia* (12) and *Bacteriastrium* (4).

The five species with the highest relative abundances throughout the area were: *Stephanopyxis palmeriana* (1,050 organisms), *Thalassionema frauenfeldii* (922), *Chaetoceros lorenzianum* (804), *C. radicans* (739) and *Thalassionema nitzschioides* (667). Relatively low abundances were registered for *S. palmeriana* at most stations, but at station 3 and particularly at station 5 it was the most abundant species; 91% of the total of organisms counted occurred at the latter. *T. frauenfeldii* was found to occur most frequently at station 6 and at stations 16, 20 and 22 in the southern part of the study area. *C. lorenzianum* was found at 21 stations with more or less constant relative abundances; *C. radicans* reached its maximum value at stations 7 and 8. *T. nitzschioides* registered a gradual increase in its relative abundance from north to south, reaching its maximum value at stations 18 to 22.



Tabla I. Lista de especies de diatomeas, silicoflagelados y dinoflagelados observados en el área de estudio en el período de otoño de 1986.

Table I. List of the species of diatoms, silicoflagellates and dinoflagellates observed in the study area in autumn 1986.

D I A T O M E A S		
<i>Actinocyclus</i> sp.	<i>C. messanense</i>	<i>Odontella alternans</i>
<i>Actinoptychus senarius</i>	<i>C. pelagicum</i>	<i>O. aurita</i>
<i>A. splendens</i>	<i>C. pendulum</i>	<i>O. mobiliensis</i>
<i>A. vulgaris</i>	<i>C. peruvianus</i>	<i>Paralia sulcata</i>
<i>Asterionella glacialis</i>	<i>C. radicans</i>	<i>Planktoniella sol</i>
<i>Asterolampra marylandica</i>	<i>C. rostratum</i>	<i>Pleurosigma elongatum</i>
<i>Asteromphalus flabellatus</i>	<i>C. seychellarum*</i>	<i>Pleurosigma</i> sp.
<i>A. heptactis</i>	<i>C. sociale</i>	<i>Proboscia alata</i>
<i>Bacteriastrum comosum</i>	<i>C. weissflogii*</i>	<i>Pseudoeunotia doliolus</i>
<i>B. delicatulum</i>	<i>Climacodium frauenfeldianum</i>	<i>Pseudosolenia calcar avis</i>
<i>B. elongatum</i>	<i>Corethron criophilum</i>	<i>Rhizosolenia acuminata</i>
<i>B. hyalinum</i>	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	<i>R. bergonii</i>
<i>B. hyalinum</i> var. <i>princeps</i>	<i>C. centralis</i> var. <i>pacifica</i>	<i>R. clevei</i> var. <i>communis</i>
<i>Cerataulina pelagica</i>	<i>C. devius</i>	<i>R. fragilissima</i>
<i>Chaetoceros affine</i>	<i>C. nodulifer</i>	<i>R. formosa*</i>
<i>C. atlanticum</i> var.	<i>C. subtilis</i>	<i>R. hyalina*</i>
<i>neapolitanum</i>	<i>C. waillessii</i>	<i>R. imbricata</i>
<i>C. atlanticum</i> var. <i>skeleton*</i>	<i>Cylindrotheca closterium</i>	<i>R. phuketensis*</i>
<i>C. breve</i>	<i>Detonula pumila</i>	<i>R. robusta</i>
<i>C. coarctatum</i>	<i>Ditylum brightwellii</i>	<i>R. setigera</i>
<i>C. compressum</i>	<i>Eucampia cornuta</i>	<i>R. stolterfothii</i>
<i>C. constrictum</i>	<i>Gosslerella tropica</i>	<i>R. temperei*</i>
<i>C. costatum</i>	<i>Guinardia flaccida</i>	<i>Skeletonema costatum</i>
<i>C. curvisetum</i>	<i>Gyrosigma fasciola</i>	<i>Stauroneis membranaceus</i>
<i>C. decipiens</i>	<i>Hemiaulus hauckii</i>	<i>Stephanopyxis palmeriana</i>
<i>C. debile</i>	<i>H. membranaceus</i>	<i>Streptotheca tamensis</i>
<i>C. didymum</i>	<i>H. sinensis</i>	<i>Thalassionema frauenfeldii</i>
<i>C. didymum</i> var. <i>anglica</i>	<i>Hemidiscus cuneiformis</i>	<i>T. nitzschoides</i>
<i>C. didymum</i> var. <i>protuberans</i>	<i>Lauderia annulata</i>	<i>Thalassiosira eccentrica</i>
<i>C. diversum</i>	<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>T. gravida</i>
<i>C. eibenii</i>	<i>L. mediterraneus</i>	<i>T. leptopus</i>
<i>C. filiferum*</i>	<i>Lithodesmium undulatum</i>	<i>Thalassiosira subtilis</i>
<i>C. laeve</i>	<i>Nitzschia delicatissima</i>	<i>Thalassiothrix heteromorpha</i>
<i>C. lorenzianum</i>	<i>N. pungens</i> var. <i>atlantica</i>	var. <i>mediterranea</i>

S I L I C O F L A G E L A D O S

*Dictyocha californica*

*D. messanensis*

*Distephanus pulchra*

Continúa...

Tabla I (Cont.)

D I N O F L A G E L A D O S		
<i>Amphidinium</i> sp.	<i>C. pentagonum</i> var.	<i>Parahistioneis paraformis</i> *
<i>Amphisolenia bidentata</i>	<i>subrobustum</i>	<i>Phyrophacus steinii</i>
<i>Ceratium azoricum</i>	<i>C. prorectum</i> *	<i>Podolampas bipes</i>
<i>C. belone</i>	<i>C. trichoceros</i>	<i>P. elegans</i>
<i>C. breve</i>	<i>C. tripos</i>	<i>P. palmipes</i>
<i>C. candelabrum</i> var. <i>depressum</i>	<i>C. tripos</i> var. <i>semipulchelum</i>	<i>Prorocentrum compressum</i>
<i>C. carriense</i>	<i>C. vultur</i> var. <i>sumatrum</i>	<i>P. micans</i>
<i>C. contortum</i> var. <i>robustum</i>	<i>Ceratocorys horrida</i>	<i>P. triestinum</i> *
<i>C. deflexum</i>	<i>Dinophysis caudata</i>	<i>Protogonyaulax catenella</i>
<i>C. extensum</i>	<i>D. doryphorum</i>	<i>Protooperidinium bipes</i> *
<i>C. falcatum</i>	<i>D. hastata</i> *	<i>P. conicum</i>
<i>C. furca</i>	<i>D. ovum</i>	<i>P. crassipes</i>
<i>C. fusus</i>	<i>D. rapa</i>	<i>P. depressum</i>
<i>C. gibberum</i> var. <i>dispar</i>	<i>D. shueltii</i> *	<i>P. elegans</i>
<i>C. gravidum</i>	<i>D. tripos</i>	<i>P. grande</i>
<i>C. hexacanthum</i>	<i>Diplopsalis</i> sp.	<i>P. longipes</i>
<i>C. horridum</i> var. <i>claviger</i> *	<i>Dissodinium pseudolunula</i>	<i>P. murrayi</i>
<i>C. horridum</i> var. <i>molle</i>	<i>Gonyaulax polygrama</i>	<i>P. oceanicum</i>
<i>C. lineatus</i>	<i>G. polyedra</i>	<i>P. pentagonum</i>
<i>C. lunula</i>	<i>Heterocaulus polyedricus</i>	<i>P. steinii</i>
<i>C. macroceros</i> var. <i>gallicum</i>	<i>Noctiluca scintillans</i>	<i>P. subinermis</i>
<i>C. massiliense</i>	<i>Ornithocercus magnificus</i>	<i>Pyrocystis noctiluca</i>
<i>C. pavillardii</i> *	<i>O. steinii</i>	<i>Scrippsiella trochoidea</i>

\* Nuevos registros para las aguas del Golfo de California.

la estación 3 y particularmente en la estación 5 fue la especie más abundante, comprendiendo en esta última el 91% del total de los organismos contados; *T. frauenfeldii* presentó su mayor frecuencia de aparición en la estación 6 y en las estaciones 16, 20 y 22 en la porción sur del área de estudio; *C. lorenzianum* se presentó en 21 estaciones con abundancias relativas más o menos constantes; *C. radicans* alcanzó su máximo valor en las estaciones 7 y 8. *T. nitzschiioides* registró un incremento gradual en su abundancia relativa de norte a sur, alcanzando su máximo valor en las estaciones 18 a la 22.

El grupo de los dinoflagelados fue el segundo en importancia con un total de 69 especies y variedades comprendidas en 19 géneros. Los géneros más frecuentes fueron: *Ceratium* (25 especies), *Protooperidinium* (12) y *Dinophysis* (7). Las tres especies más

The group of dinoflagellates was the second in importance with a total of 69 species and varieties comprising 19 genera. The most frequent genera were: *Ceratium* (25 species), *Protooperidinium* (12) and *Dinophysis* (7). The three most abundant species were: *Ceratium pentagonum* var. *subrobustum* (70 individuals) which was found forming chains of up to 29 individuals and appeared with higher frequency at stations 1 and 2; *Pyrocystis noctiluca* (58) reached a diameter of 1,600 and was more abundant at station 17; *Ceratium furca* (56) was more frequent at stations 1 and 2.

Only three species of silicoflagellates were found: *Dyctiocha messanensis* (106) and *Distephanus pulchra* (88) occurred with constant relative abundances at all the stations, while *Dictyocha californica* only occurred at the southern stations.

abundantes fueron: *Ceratium pentagonum* var. *subrobustum* (70 individuos) que se presentó formando cadenas de hasta 19 individuos y apareció con mayor frecuencia en las estaciones 1 y 2. *Pyrocystis noctiluca* (58) es una especie que llegó a alcanzar un diámetro de 1,600 y fue más abundante en la estación 17. *Ceratium furca* (56) fue más frecuente en las estaciones 1 y 2.

Los silicoflagelados presentaron sólo tres especies; *Dyctiocha messanensis* (106) y *Distephanus pulchra* (88) se presentaron con abundancias relativas constantes en todas las estaciones, mientras que *Dictyocha californica* sólo se presentó en las estaciones sureñas.

#### Parámetros de la estructura de las asociaciones

En general, los valores de diversidad para el período de otoño de 1986 fueron altos (Tabla II). El valor mínimo se calculó para la estación 5 con  $H' = 0.85$  y  $1-\lambda = 0.176$ ; el primero resulta aun más bajo si se compara con su  $H'$ -max = 4.90, lo que se refleja en el valor de  $J' = 0.174$ , indicando que las especies presentes en la muestra están distribuidas muy heterogéneamente; así, el valor de  $REDI = 0.907$  responde a la presencia de una especie dominante en la muestra, la diátomea *S. palmeriana* que dominó con un 91% del total de los organismos contados.

Para el resto de las estaciones los valores de  $H'$  variaron entre 5.0 en la estación 3 y 5.87 en la estación 17; en estas mismas estaciones, los valores de  $1-\lambda$  variaron entre 0.908 y 0.974. En las estaciones 1 y 2 se presentó el mayor número de especies, 110 y 109 respectivamente; sin embargo no se calculó en éstas el valor más alto de  $H'$ , aunque sí de los más altos,  $H' = 5.72$  para la estación 1 y  $H' = 5.78$  para la estación 2.

En la Tabla III se muestran las 25 especies que presentaron los valores más altos de  $Bi$ ; de éstas, 20 son diátomeas, tres dinoflagelados y dos silicoflagelados, siendo evidente que el grupo de las diátomeas estuvo más ampliamente representado. Sin embargo, los silicoflagelados sobresalen también por su amplia distribución, ya que de tres especies observadas, dos de ellas estuvieron presentes en todas las estaciones.

#### Parameters of the structure of the associations

In general, the diversity values for autumn 1986 were high (Table II). The lowest value was calculated for station 5 with  $H' = 0.85$  and  $1-\lambda = 0.176$ ; the former is even lower when it is compared with its corresponding  $H'$ -max = 4.90, which is reflected in the value of  $J' = 0.174$ , indicating that the species present in the sample are distributed very heterogeneously. Thus, the value of  $REDI = 0.907$  corresponds to the presence of a dominant species in the sample, the diatom *S. palmeriana* which dominated with 91% of the total of the counted organisms.

For the rest of the stations, the values of  $H'$  varied between 5.0 at station 3 and 5.87 at station 17. At these stations, the values of  $1-\lambda$  varied between 0.908 and 0.974. The highest number of species was found at stations 1 and 2, 110 and 109 respectively. However, the highest value of  $H'$  was not found at these stations though these values were among the highest:  $H' = 5.72$  for station 1 and  $H' = 5.78$  for station 2.

The 25 species which had the highest  $Bi$  values are shown in Table III. Of these, 20 are diatoms, three dinoflagellates and two silicoflagellates. Evidently, the diatoms were the most amply represented group. However, the silicoflagellates also stand out because of their wide distribution, since two of the three species observed were present at all the stations.

The SIMI values calculated (Table IV) varied from a minimum of 0.021 between stations 5 and 20, to maximum values of 0.930 between stations 3 and 5 and 0.940 between stations 7 and 8. The combination of stations 3 and 5 with the rest had very low similarity values mainly due to the dominance of *S. palmeriana* at the first two and the low frequency of occurrence at the rest of the stations. The high similarity value between these two stations was mainly due to the shared presence of this species and 24 others. Stations 7 and 8 showed the highest value of SIMI because they shared 66 species which appeared with similar relative abundances.

**Tabla II.** Valores de los índices de importancia ecológica obtenidos para las estaciones del crucero GOLCA 8611.**Table II.** Values of the indices of ecological importance obtained for the stations of the GOLCA 8611 cruise.

No. de estación	N	S	H'	H'-max	$1 - \lambda$	J'	REDI
1	730	110	5.719	6.794	0.968	0.841	0.208
2	728	109	5.780	6.768	0.973	0.854	0.194
3	731	86	5.002	6.426	0.908	0.778	0.276
4	711	95	5.698	6.570	0.972	0.867	0.170
5	714	30	0.854	4.907	0.176	0.174	0.907
6	707	82	5.219	6.358	0.955	0.821	0.220
7	711	80	5.410	6.457	0.955	0.835	0.207
8	707	85	5.217	6.409	0.947	0.814	0.233
9	711	90	5.514	6.492	0.964	0.849	0.190
10	728	77	5.420	6.267	0.966	0.865	0.165
11	724	99	5.466	6.294	0.960	0.824	0.224
12	713	102	5.673	6.672	0.970	0.850	0.194
13	719	62	5.142	6.044	0.967	0.850	0.178
14	707	104	5.735	6.700	0.970	0.856	0.188
15	708	87	5.545	6.443	0.967	0.860	0.175
16	706	87	5.601	6.443	0.970	0.870	0.164
17	726	93	5.870	6.540	0.974	0.897	0.131
18	709	90	5.560	6.492	0.967	0.856	0.182
19	725	80	5.314	6.322	0.960	0.840	0.196
20	713	96	5.331	6.585	0.958	0.810	0.244
21	706	106	5.513	6.672	0.972	0.826	0.226
22	718	98	5.626	6.615	0.966	0.850	0.191

N: tamaño de muestra; S: número de especies; H': índice de Shannon-Wiener; H'-max: diversidad máxima posible;  $1 - \lambda$ : índice de Simpson; J': equitabilidad; REDI: índice de redundancia.

Los valores de SIMI calculados (Tabla IV) variaron desde un mínimo de 0.021 entre las estaciones 5 y 20, hasta valores máximos de 0.930 entre las estaciones 3 y 5 y 0.940 entre las estaciones 7 y 8. Las combinaciones de las estaciones 3 y 5 con el resto de las mismas tuvieron valores de similitud muy bajos debido principalmente a la dominancia de *S. palmeriana* en las dos primeras y a la baja frecuencia de aparición en el resto de las estaciones. El alto valor de similitud entre estas dos estaciones se debió principalmente a la presencia compartida de ésta y otras 24

More than 45% of the total of the combinations show SIMI values between 0.510 and 0.750. This is due to the fact that these stations had most of the species in common with more or less constant relative abundances, even though many species were rare. In lesser proportion (25%), there were groups with SIMI values of 0.760 to 0.940. The species mainly responsible for this high similarity were: *Chaetoceros affine*, *C. lorenzianum*, *C. messanense*, *T. nitzschoides* and *Bacteriastrum delicatulum*; the stations which comprise this last group are found isolated in subgroups of two to seven stations.

Tabla III. Lista de las especies que presentaron los valores más altos de amplitud de nicho espacial (Bi).

Table III. List of the species that presented the highest values of spatial niche amplitude (Bi).

Nombre de la especie	Amplitud de nicho (Bi)
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	19.82
<i>Dictyocha messanensis</i>	19.74
<i>Distephanus pulchra</i>	19.25
<i>Chaetoceros lorenzianum</i>	19.19
<i>Rhizosolenia robusta</i>	18.75
<i>Ceratium trichoceros</i>	18.41
<i>Thalassiothrix heteromorpha</i> var. <i>mediterranea</i>	18.31
<i>Planktoniella sol</i>	18.26
<i>Proboscia alata</i>	18.13
<i>Actinoptychus vulgaris</i>	17.85
<i>Chaetoceros didymus</i> var. <i>anglica</i>	17.58
<i>Asteromphalus heptactis</i>	17.57
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	17.47
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	17.41
<i>Thalassiosira subtilis</i>	17.33
<i>Ceratium fusus</i>	17.28
<i>Guinardia flaccida</i>	17.27
<i>Ceratium azoricum</i>	17.19
<i>Hemiaulus hauckii</i>	17.11
<i>Pseudoeunotia doliolus</i>	17.00
<i>Rhizosolenia setigera</i>	17.00
<i>Chaetoceros curvisetum</i>	16.33
<i>Asteromphalus flabellatus</i>	16.30
<i>Bacteriastrum hyalinum</i> var. <i>princeps</i>	16.29
<i>Chaetoceros messanense</i>	16.04

especies. Las estaciones 7 y 8 presentaron el valor de SIMI más alto debido a que comparten 66 especies que aparecieron con abundancias relativas similares.

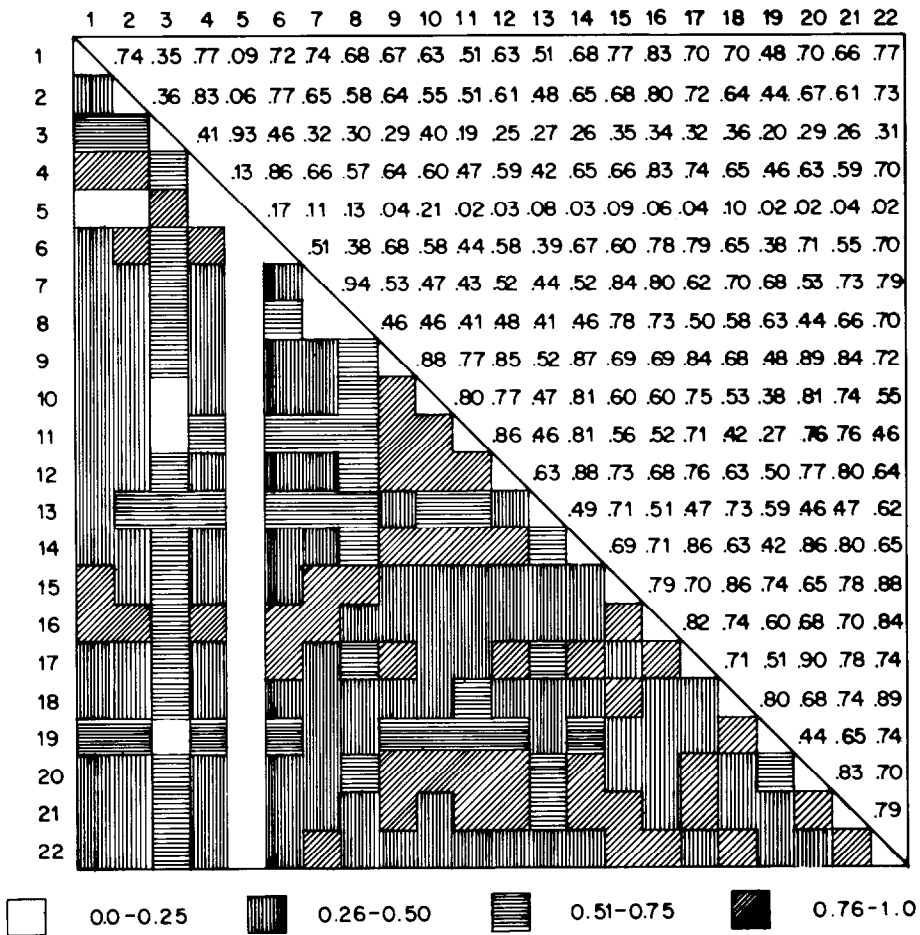
Más del 45% del total de las combinaciones muestran valores de SIMI entre 0.510 y 0.750. Este hecho se debe a que estas estaciones tuvieron en común la mayoría de las especies con abundancias relativas más o menos constantes, aunque muchas especies fueron raras. En menor proporción (25%), hubo grupos con valores de SIMI de 0.760 a 0.940. Las especies principalmente respon-

## DISCUSSION

Of the 12 cruises conducted from 1889 to 1961 to determine some oceanographic aspects of the Gulf of California, only one was carried out in autumn (Roden, 1964). For this period, temperature values were recorded which varied between 21°C in the northern part of the central region and 27°C in the southern region of the gulf. On the other hand, Robinson (1973) reported temperatures between 21 and 26°C for the central region for that same period. Recently, Valdéz-Holguín and Lara-Lara (1987) studied the primary

Tabla IV. Diagrama de Trellis con los valores de índice de similitud de Stander (SIMI) para las estaciones del crucero GOLCA 8611.

Table IV. Trellis diagram with the values of the Stander similarity index (SIMI) for the stations of the GOLCA 8611 cruise.



sables de esta alta similitud fueron: *Chaetoceros affine*, *C. lorenzianum*, *C. messanense*, *T. nitzschoides* y *Bacteriastrium delicatulum*; las estaciones que conforman este último grupo se encuentran aisladas en subgrupos de dos a siete estaciones.

**DISCUSION**

De 12 cruceros efectuados desde 1889 hasta 1961 para determinar algunos aspectos oceanográficos del Golfo de California, sólo

productivity in the gulf, including the central region in autumn. They registered an average surface temperature of 26.8°C during an "El Niño" event.

The temperature ranges obtained on the surface are slightly lower than those reported by Roden (1964) and Robinson (1973). The lowest temperature values recorded on the eastern coast of the gulf, especially in front of the coast of Guaymas, can be related to upwelling caused by northwesterly winds that

uno se llevó a cabo en el período de otoño (Roden, 1964); para este período se registraron valores de temperatura que variaron entre los 21°C en la parte norte de la región central y de 27°C en la región sur del golfo. Por otra parte, Robinson (1973) reportó temperaturas entre los 21 y 26°C para la región central para ese mismo período. Más recientemente, Valdéz-Holguín y Lara-Lara (1987) hicieron estudios de productividad primaria en el golfo, incluyendo la región central en el período de otoño. Ellos registraron una temperatura superficial promedio de 26.8°C durante un evento de "El Niño".

Los intervalos de temperatura obtenidos en la superficie están ligeramente abajo del reportado por Roden (1964) y Robinson (1973). Los valores más bajos de temperatura registrados en la costa oriental del golfo, particularmente frente a las costas de Guaymas, pueden estar relacionados con las surgencias que se originan por los vientos del noroeste que prevalecen durante esta época del año (Roden, 1964). Por otra parte, los valores más altos de temperatura observados en la costa occidental del golfo, pueden deberse (según Roden, 1971) a la presencia de la Corriente del Golfo.

Gilbert y Allen (1943) y Round (1967) encontraron que las regiones central y norte son las más productivas del Golfo de California. Valero-Gamboa (1981) reportó valores de biomasa entre 100,000 y 1,500,000 cel/l para la primavera de 1978 y Cortés-Lara (1985) calculó concentraciones de 326,000 hasta 4,000,000 cel/l.

Los valores de biomasa fitoplanctónica (cel/l) obtenidos en este estudio caen dentro de los intervalos reportados para el Golfo de California; asimismo, se puede decir que sus aguas son productivas para este período y se confirma el patrón descrito por Round (1967), Valero-Gamboa (1981), Cortés-Lara (1985) y Atilano (1987) de que las aguas de la costa oriental del golfo son más productivas. Por otra parte, también se observó que existe relación entre la temperatura del agua y la biomasa; en las aguas cálidas la biomasa fitoplanctónica fue menor, mientras que las aguas frías de la costa oriental, presentaron las concentraciones celulares más elevadas. Esto sugiere que las bajas temperaturas favorecen

prevail during this time of year (Roden, 1964). On the other hand, the highest temperature values observed on the western coast of the gulf can be due (according to Roden, 1971) to the presence of the Gulf Current.

Gilbert and Allen (1943) and Round (1967) found that the central and northern regions are the most productive of the Gulf of California. Valero-Gamboa (1981) reported biomass values between 100,000 and 1,500,000 cells/l for spring 1978 and Cortés-Lara (1985) calculated concentrations of 326,000 to 4,000,000 cells/l.

The phytoplanktonic biomass values (cells/l) obtained in this study are within the ranges reported for the Gulf of California. Likewise, it can be said that its waters are productive for this period and the pattern described by Round (1967), Valero-Gamboa (1981), Cortés-Lara (1985) and Atilano (1987), i.e. that the waters of the western coast of the gulf are more productive, is confirmed. On the other hand, it was also observed that a relationship exists between water temperature and biomass; in warm waters the phytoplanktonic biomass was lower, while the highest cellular concentrations were found in cold waters along the eastern coast. This suggests that cold temperatures favour the reproduction of the phytoplankton, or perhaps, the waters are enriched with nutrients due to the influence of upwelling events.

Gilmartin and Revelante (1978) and Lara-Lara *et al.* (1984) indicated that the nanophytoplanktonic fraction plays the most important role in the primary production of the waters of the gulf. However, our results indicate that in surface waters, the contribution of the microphytoplankton was important and even higher than that of the nanophytoplankton in most of the samples. This agrees with Hernández-Becerril (1985) who observed dominance of the microphytoplankton at some of the stations of the central and northern regions, associating it with high concentrations of nutrients. Lara-Lara *et al.* (1984) reported that for March 1983 in the central region the most important contribution to the primary productivity was that of the microphytoplankton. Although the proportional fractions and their species composition vary in

la reproducción de los fitoplanctones, incrementándose en forma numérica, o debido quizá a que existe la influencia de eventos de surgencia que enriquecen las aguas con nutrientes.

Gilmartin y Revelante (1978) y Lara-Lara *et al.* (1984) señalaron que la fracción nanofitoroplanctónica juega el papel más importante dentro de la producción primaria de las aguas del golfo. Sin embargo, nuestros resultados indican que, en aguas superficiales, el microfitoroplancton tiene una contribución importante que llegó a ser superior a la del nanofitoroplancton en la mayoría de las muestras. Esto concuerda con lo reportado por Hernández-Becerril (1985) quien observó dominancia del microfitoroplancton en algunas de las estaciones de las regiones central y norte, asociándolo con altas concentraciones de nutrientes. Lara-Lara *et al.* (1984) reportaron que para marzo de 1983 en la región central la contribución del microfitoroplancton a la productividad primaria fue la más importante. Aunque la proporción de estas fracciones y su composición de especies varía en tiempo y espacio, el nanofitoroplancton es comúnmente más abundante y productivo que el plancton de red, especialmente en aguas oceánicas (Malone, 1980). La fracción del microfitoroplancton se incrementa en la plataforma continental y en áreas de surgencia, donde las diatomeas que forman cadenas y los dinoflagelados armados dominan y a menudo constituyen todo el fitoplancton (Malone, 1980); no obstante, en este caso no se observó ningún patrón en las diferentes proporciones que guardaban entre sí ambas fracciones, de acuerdo a temperaturas o cercanía de las estaciones en la costas

Aunque no se realizó un análisis de la composición específica en las muestras de fitoplancton de botella, es importante mencionar que, en general, el grupo de las diatomeas fue más abundante que el de los dinoflagelados y silicoflagelados. Además se observó que, en algunas estaciones, dinoflagelados desnudos y diatomeas naviculoides nanoplantónicas fueron muy abundantes y en esta última clasificación el grupo de los coccolitofóridos estuvo pobremente representado.

time and space, the nanophytoplankton are usually more abundant and productive than the net plankton, especially in oceanic waters (Malone, 1980). The microphytoplanktonic fraction increases in the continental platform and in upwelling areas, where the chain-forming diatoms and the armored dinoflagellates dominate and often constitute all the phytoplankton (Malone, 1980). However, in this case no pattern was found in the different fractional proportions, relative to temperatures or proximity of the stations to the coast.

Even though no analysis was made of the specific composition of the phytoplankton in the bottle samples, it should be mentioned that, in general, the group of diatoms was more abundant than the group of dinoflagellates and silicoflagellates. It was also observed that at some stations, naked dinoflagellates and nanoplanktonic naviculoid diatoms were more abundant and in the latter, the group of coccolithophorids was poorly represented.

Very few studies on phytoplankton associations have been carried out between October and December in the Gulf of California. Among these are those of Allen (1938), Murray and Schrader (1983). These studies served as reference in order to compare the results obtained herein. However, the spring and summer studies were of great help in understanding and explaining the succession of species and phytoplanktonic biomass.

From the taxonomic work, 172 taxa were identified, a larger number than that reported by several authors for the waters of the gulf: Gilbert and Allen (1943) determined 104 species of diatoms and dinoflagellates for spring and summer; González-López (1987) reported 165 species of both groups for the same periods in 1984. On the other hand, Hernández-Becerril (1985) registered 216 species, including nanoplanktonic species, but for the central and northern regions. Atilano (1987) found 177 taxa of only diatoms and silicoflagellates for March 1983.

Previous studies indicate that some species can proliferate and be dominant in certain areas of the gulf (Gilbert and Allen,



Existen muy pocos trabajos sobre asociaciones fitoplanctónicas que hayan sido llevados a cabo entre los meses de octubre a diciembre en el Golfo de California. Entre éstos se encuentran los de Allen (1938), Gilbert y Allen (1943), Round (1967) y Murray y Schrader (1983), mismos que sirvieron de marco principal de referencia para comparar los resultados obtenidos en el presente estudio; no obstante, los trabajos realizados en primavera y verano fueron de gran ayuda para tratar de entender y aplicar la sucesión de especies y la biomasa fitoplanctónica.

El trabajo taxonómico dio como resultado la identificación de 172 taxa, dato que resultó superior al reportado por varios autores para las aguas del golfo: Gilbert y Allen (1943) determinaron 104 especies de diatomeas y dinoflagelados para primavera y verano; asimismo, González-López (1987) reportó 165 especies de ambos grupos para los mismos períodos en 1984. Por otra parte, Hernández-Becerril (1985) registró 216 especies, pero para las regiones central y norte, e incluyó especies nanoplanctónicas; a su vez, Atilano (1987) encontró 177 taxa tan solo de diatomeas y silicoflagelados, para marzo de 1983.

Trabajos realizados con anterioridad señalan que algunas especies pueden proliferar y ser dominantes en determinadas áreas del golfo (Gilbert y Allen 1943; Round 1967; González-López, 1987). Aquí se observó una proliferación puntual de *S. palmeriana* en el área comprendida entre las costas de la Isla Angel de la Guarda y Sonora; este florecimiento debió haber ocurrido en las aguas subsuperficiales, ya que la estación en la que se presentó registró la menor abundancia fitoplanctónica. Round (1967) encontró que esta especie llega a constituir grandes florecimientos y además, señaló que las surgencias son las principales responsables de que dichas proliferaciones ocurran a lo largo de todo el año.

De acuerdo con Allen (1938) y Round (1967) el grupo de los dinoflagelados es poco representativo del período de otoño. Sin embargo, en este trabajo se encontró un alto número de taxa de dinoflagelados por estación y en particular del género *Ceratium*. Klement (1964) y Round (1967) obtuvieron resultados

1943; Round, 1967; González-López, 1987). Here, a proliferation of *S. palmeriana* was observed in the area located between the coasts of Isla Angel de la Guarda and Sonora; this blooming must have occurred in subsurface waters, as this was found at the station with the lowest phytoplanktonic abundance. Round (1967) found that large blooms of this species can occur and indicated that upwelling is mainly responsible for this proliferation throughout the year.

According to Allen (1938) and Round (1967), the dinoflagellate group is not very representative in autumn. However, in the present study, a large number of taxa of dinoflagellates was found per station and in particular of the genus *Ceratium*. Klement (1964) and Round (1967) obtained very similar results regarding this group for spring 1960 and 1959, respectively. Round (1967) suggested that the samples of phytoplankton analysed could have been collected before the large spring blooms occurred or rather, before the displacement of the branch of the Pacific Equatorial Current. This was supported by González-López (1987), who found a larger number of species of dinoflagellates than of diatoms, but also observed blooms of a single species; these being characteristic of spring. Most of the taxa of dinoflagellates recorded in this study have a subtropical or tropical-subtropical distribution, from which it can be inferred that a branch of the Pacific Equatorial Current strongly influences the waters of the Gulf of California at this time of year.

Except for the value of  $H' = 0.85$ , the diversity values calculated for this period were comparatively high. The values of  $1-\lambda$ , equitability ( $J'$ ) and redundancy (REDI) indicated great uniformity in the distribution of the species in the samples, which was reflected in a high diversity of species.

The rather high values of  $H'$  are not comparable with the range of  $H'$  values reported for the Gulf of California. Gilmartin and Revelante (1978) recorded  $H'$  values between 3.78 and 4.24 for summer 1972; Nienhuis (1980) reported the highest value of  $H' = 4.59$  for the southern region. Hernández-Becerril (1985) calculated  $H'$  values between 0.56 and 1.45, but contrary to what he indicated, this author used  $\log_{10}$ ; thus, these

muy similares con respecto a este grupo para el período de primavera de 1960, 1959, respectivamente; Round (1967) sugirió que las muestras de fitoplancton analizadas en su trabajo pudieron haber sido colectadas antes de que se presentaran los grandes florecimientos de primavera o bien, antes del desplazamiento de la rama de la Corriente del Pacífico Ecuatorial. Lo anterior se apoya con el trabajo de González-López (1987), quien encontró un mayor número de especies de dinoflagelados que de diatomeas, pero también observó florecimientos de una sola especie; éstos son característicos del período primaveral. La gran mayoría de los taxa de dinoflagelados registrados en nuestro estudio tienen una distribución subtropical o tropical-subtropical, lo cual hace suponer que una rama de la Corriente del Pacífico Ecuatorial tiene una gran influencia sobre las aguas del Golfo de California en esta época del año.

Exceptuando el valor de  $H' = 0.85$ , los valores de diversidad calculados para este período fueron comparativamente altos. Los valores de  $1-\lambda$ , equitabilidad ( $J'$ ) y redundancia (REDI) indicaron una gran uniformidad en la distribución de las especies en las muestras, que se vio reflejada en una elevada diversidad de especies.

Los valores de  $H'$  por ser demasiado altos no se comparan con el intervalo de valores de  $H'$  registrados para el Golfo de California, ya que Gilmartin y Revelante (1978) reportaron valores de  $H'$  entre 3.78 y 4.24 para el verano de 1972; Nienhuis (1980) reportó el valor más alto de  $H' = 4.59$  en la región sur; Hernández-Becerril (1985) calculó valores de  $H'$  entre 0.56 y 1.45, pero contrario a lo que indicó, utilizó log base 10; así sus datos equivalen a 1.86 y 4.82 con base dos. Por otra parte, Atilano (1987) calculó valores de diversidad entre 3.57 y 4.89 (1.061 y 1.474, calculados con  $\log_{10}$ ) para las regiones central y sur, mientras que los valores más altos registrados para la región sur por González-López (1987) fueron de 4.62 y 3.83 para la primavera y el verano de 1984, respectivamente. En el fitoplancton oceánico se suelen encontrar valores de  $H'$  entre 3.5 y 4.5 aunque la proliferación de una especie hace que se calculen valores de  $H'$  más bajos (Margalef, 1977). Asimismo, Margalef (en Washington, 1984) ha señalado que un valor de  $H' = 5.0$

data are equivalent to 1.86 and 4.82 using  $\log_2$ . On the other hand, Atilano (1987) calculated diversity values between 3.57 and 4.89 (1.061 and 1.474 calculated with  $\log_{10}$ ) for the central and southern regions, while the highest values recorded for the southern region by González-López (1987) were 4.62 and 3.83 for spring and summer 1984, respectively. Values of  $H'$  between 3.5 and 4.5 are usually found for oceanic phytoplankton, although because of the proliferation of a species the calculated  $H'$  values tend to be lower (Margalef, 1977). Likewise, Margalef (in Washington, 1984) indicated that a value of  $H' = 5.0$  is low if it is to be used as an upper limit. The only value which falls in the range of values reported for the waters of the gulf is  $H = 0.85$ . This and the value of  $H' = 5.00$  are the only ones which fall in the range proposed by Margalef (1977).

The relatively high values of  $H'$  may be due mainly to the sampling method used. When vertical hauls of phytoplankton from a depth of 50 m or more are made, species can be collected from several strata of the water column which could be part of different phytoplankton associations, thus increasing their diversity in the sample. Furthermore, it should be considered that diversity is usually sensitive to the mesh size of the net used during the hauls.

In general, the values of  $B_i$  were high for most of the species, which means that the species observed had a wide distribution. This agrees with Atilano (1987), who found that approximately 33% of the species had  $B_i$  values higher than 10. The diatoms were widely distributed in both studies, as was the silicoflagellate *D. pulchra*.

The calculated values of the similarity index suggest that the analysed samples belong to one association in which the wide distribution of several species, reflected in their values of  $B_i$ , is indicative of similar conditions throughout the central region. However, it should be considered that physical phenomena occur in the Gulf of California, such as the convergence of three masses of water with different physicochemical characteristics, upwellings, etc. at certain times of the year, causing a continuous change in the structure of the phytoplanktonic associations.

resulta bajo para ser utilizado como límite superior. El único valor que entra en el intervalo de valores reportados para las aguas del golfo es  $H' = 0.85$  y junto con el valor de  $H' = 5.00$ , son los únicos valores que caen en el intervalo propuesto por Margalef (1977).

Los valores relativamente altos de  $H'$  pueden deberse principalmente al tipo de muestreo, ya que al realizar arrastres verticales de fitoplancton desde una profundidad de 50 m o más se pueden coleccionar especies de varios estratos de la columna de agua que podrían formar parte de diferentes asociaciones fitoplanctónicas, lo que hace que la diversidad de las mismas aumente en la muestra. Además, se debe considerar que la diversidad suele ser sensible a la luz de malla de la red utilizada en el arrastre.

En general, los valores de  $B_i$  fueron altos en la mayoría de las especies, lo cual significa que las especies observadas tuvieron una amplia distribución; esto concuerda con lo reportado por Atilano (1987), quien encontró que aproximadamente el 33% de las especies presentaron valores de  $B_i$  por arriba de 10. Las diatomeas estuvieron ampliamente distribuidas en ambos estudios, al igual que el silicoflagelado *D. pulchra*.

Los valores del índice de similitud calculados, sugieren que las muestras analizadas pertenecen a una sola asociación en donde la amplia distribución de varias especies, reflejada en sus valores de  $B_i$ , es indicadora de condiciones similares en toda la región central. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que en el Golfo de California ocurren fenómenos físicos como la convergencia de tres masas de agua con características fisicoquímicas diferentes, surgencias, etc. en determinadas épocas del año, lo que ocasiona que esté cambiando continuamente la estructura de las asociaciones fitoplanctónicas. Así se explican proliferaciones puntuales como las observadas en este y otros estudios; al respecto se tendrían que considerar también factores bióticos en la fertilización local de las aguas del golfo, debida a la actividad de aves y mamíferos marinos. Por otra parte, las diferencias en las temperaturas observadas no afectan significativamente la estructura de las

This would explain proliferations such as those observed in this and other studies. In this respect, biotic factors in the local fertilization of the waters of the gulf, due to the activity of birds and marine mammals, would also have to be considered. On the other hand, the observed differences in temperatures do not significantly affect the structure of the associations, but vary according to the time of year or to anomalous conditions (Lara-Lara *et al.*, 1984; González-López, 1987; Valdéz-Holguín and Lara-Lara, 1987).

Margalef (1977) indicated that diversity is higher and constant in uncontaminated areas and can be used indirectly as an indicator of the maturity and stability of an ecosystem. According to this and the values of  $H'$  and  $1-\lambda$  found in the present study and supported by the values of  $J'$  and RED, the central region can be considered a mature and stable ecosystem.

The results of this study can be extrapolated for autumn since a relationship has been found between the variation of the oceanographic processes (circulation pattern) and the structure of the phytoplanktonic associations in different regions of the gulf (Cortés-Lara, 1985; Atilano, 1987; González-López, 1987). In order to undertake a more complete ecological study, a more appropriate methodology should be used. It would be necessary to measure other physicochemical variables such as salinity, nutrients (and temperature), as well as widen the study area. The use of other techniques such as locating other productive zones by measuring photosynthetic parameters (Gaxiola-Castro and Alvarez-Borrego, 1986) and by satellite surveys (Peláez and McGowan, 1986), as well as their variations in time and the analysis of the structure of the associations, could be added to direct observations of the primary planktonic producers. This would result in a better understanding of the phytoplanktonic associations, their annual community structure, their primary productivity, as well as their relation to oceanographic and biological processes in this ecosystem.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Alfonso Esquivel Herrera (CICIMAR) for his help in the statistical

asociaciones, sino que varían de acuerdo a la época del año o por condiciones anómalas (Lara-Lara *et al.*, 1984; González-López, 1987; Valdéz-Holguín y Lara-Lara, 1987).

Margalef (1977) ha señalado que la diversidad es mayor y constante en zonas no contaminadas y que puede utilizarse de manera indirecta como indicador de la madurez y estabilidad de un ecosistema. De acuerdo con esto y los valores de  $H'$  y  $1-\lambda$  encontrados en el presente estudio y apoyados por los valores de  $J'$  y REDI, la región central puede considerarse como un ecosistema maduro y estable.

Los resultados de este estudio, aunque son puntuales, se pueden extrapolar para el período de otoño, ya que se ha detectado una relación entre la variación de los procesos oceanográficos (patrón de circulación) y la estructura de las asociaciones fitoplanctónicas en diversas regiones del golfo (Cortés-Lara, 1985; Atilano, 1987; González-López, 1987). Para un estudio ecológico más completo se debe utilizar una metodología más apropiada. Se hace necesaria la medición de otras variables fisicoquímicas como salinidad, nutrientes (y temperatura), así como ampliar el área de estudio. La utilización de otras técnicas como la localización de zonas productivas por medio de la medición de parámetros fotosintéticos (Gaxiola-Castro y Alvarez-Borrego 1986) y mediante satélite (Peláez y McGowan, 1986), así como sus variaciones en el tiempo y los análisis de la estructura de las asociaciones, podrían complementarse con la observación directa de los productores primarios planctónicos. Esto daría como resultado un mejor entendimiento sobre las asociaciones fitoplanctónicas, su estructura anual de comunidad, su productividad primaria, así como las relaciones que guardan con los procesos oceanográficos y biológicos de este ecosistema.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Alfonso Esquivel Herrera (CICIMAR) su ayuda en el procesamiento estadístico de los datos mediante el programa ODI (Haro Garay y Esquivel Herrera). A Andrés Levy Pérez por facilitarnos los datos de temperatura.

processing of the data with the ODI program (Haro Garay and Esquivel Herrera), and Andrés Levy Pérez for providing the temperature data.

English translation by Christine Harris.

---

#### LITERATURA CITADA

Allen, W.E. (1937). Plankton diatoms of the Gulf of California obtained by the Allan Hancock Expedition of 1936. *Allan Hancock Exped.*, 3: 47-59.

Allen, W.E. (1938). The Templeton Crocker Expedition to the Gulf of California in 1935. *The Phytoplankton. Trans. Amer. Microsc. Soc.*, 57: 328-335.

Alvarez Borrego, S. (1983). Gulf of California, Mexico. In: B.H. Ketchum (ed.), *Ecosystems of the World, Vol. 26, Estuaries and Enclosed Seas.* Elsevier Sci. Pub., Amsterdam, pp. 427-449.

Atilano, M.H.M. (1987). Composición y estructura de la comunidad del fitoplancton silíceo en el Golfo de California en marzo de 1983. Tesis Profesional, CICESE, 161 pp.

Brinton E., Fleminger, A. and Siegel-Causey, D. (1986). The temperate and tropical planktonic biotas of the Gulf of California. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Rep.*, 27: 228-266.

Brower, J.E. and Zar, J.H. (1979). *Field and Laboratory Methods for the General Ecology.* W.C. Brown Co. Pub., Dubuque, Iowa, 194 pp.

Clifford, H.T. and Stephenson, N. (1975). *An Introduction to Numerical Classification.* Academic Press, N.Y., 54 pp.

Cortés Lara, M.C. (1985). Contribución al conocimiento del fitoplancton del Golfo de California (mayo 1982), Expedición Cortés I, B/O El Puma. Tesis Profesional, UAG, 100 pp.

Cupp, E.E. (1943). Marine plankton diatoms of the west coast of North America. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr.*, 5: 1-238.

- Cupp, E.E. and Allen, W.A. (1938). Plankton diatoms of the Gulf of California. Allan Hancock Exped., 3: 61-99.
- Gárate Lizárraga, I. (1988). Un análisis de la estructura de las asociaciones microfitoroplanctónicas de la región central del Golfo de California y su distribución espacial en el otoño de 1986. Tesis Profesional, UABCS, 121 pp.
- Gaxiola Castro, G. y Alvarez Borrego, S. (1986). Photosynthesis-irradiance relationship for winter phytoplankton in Pacific waters off Mexico. *Oceanologica Acta*, 5: 71-89.
- 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: 89-110.
- Gilmartin, M. and Revelante, N. (1978). The phytoplankton characteristics of the barrier island lagoons of the Gulf of California. *Est. Coastal Mar. Sci.*, 7: 29-47.
- González López, I. (1987). Composición específica, diversidad, distribución y abundancia relativa de las diatomeas y dinoflagelados microfitoroplanctónicos de aguas superficiales de la región sur del Golfo de California, México, durante la primavera y verano de 1984. Tesis Profesional, UABCS, 107 pp.
- González Villalobos, I. (1975). Contribución al estudio de los dinoflagelados marinos de la zona nerítica comprendida entre Guaymas, Son., y la Boca de Teacapan, Sin. Tesis Profesional, Inst. Politec. Nal. de Ciencias Biol., 115 pp.
- Graham, H.D. and Bronykovsky, N. (1944). The genus *Ceratium* in the Pacific and Atlantic Oceans. *Sci. Res. Cruise VII. Carnegie during 1928-1929. Biology-V. Carnegie Inst. Washington Pub.*, 565 pp.
- Hasle, G.R. (1978). Using the inverted microscope. In: A. Sournia (ed.), *Phytoplankton Manual*. UNESCO, Paris, pp. 191-196.
- Hendey, N.I. (1964). An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V: Bacillariophyceae (Diatoms). *Fish Invest. Series IV: HMSO London*, 371 pp.
- Hernández Becerril, D.U. (1985). Estructura del fitoplancton del Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 11(2): 23-38.
- Hernández Becerril, D.U. (1987). Vertical distribution of phytoplankton in the central and northern part of the Gulf of California (June 1982). *Marine Ecology*, 8(3): 237-251.
- Hubbs, C.L. and Roden, G.I. (1964). Oceanography and marine life along the Pacific coast of Middle America. In: *Nat. Environments and Early Culture. Vol. 1 of Handbook of Middle American Indians*. Univ. Texas Press, 5: 143-186.
- Hustedt, F. (1930). Bacillariophyta. In: A. Pasher (ed.), *Die Susswasser Flora Mitteleuropas*. Otto Koeltz Science Pub., W. Germany, 466 pp.
- Hustedt, F. (1959). Die Kieselalgen Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. In: L. Raberhorst (ed.), *Kryptogamen-Flora. Band VII, P. I-II*. Johnson Rep. Co., N. Y., 845 pp.
- Klement, K.W. (1964). Armored dinoflagellates of the Gulf of California. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr.*, 8: 347-371.
- Lara Lara, J.R., Valdéz Holguín, J.E. and Jiménez, L.C. (1984). Plankton studies in the Gulf of California during the 1982-1983 El Niño. *Tropical Atmosph. Newsletter*, 28: 16-17.
- Licea Durán, S. (1974). Sistemática y distribución de diatomeas de la Laguna de Agiabampo, Son./Sin., México. *An. Centro. Mar. y Limnol., UNAM*, 1: 99-157.
- Malone, T.C. (1980). Algal size. In: Morris (ed.), *The Physiological Ecology of Phytoplankton*. Blackwell Sci. Pub., pp. 433-463.
- Margalef, R. (1972). El ecosistema. En: H. Ginés y R. Margalef (eds.), *Ecología Marina*. Fundación Lasalle de Cien. Nat. Monografías, 14: 377-453.
- Margalef, R. (1977). *Ecología*. Ed. Omega, Barcelona, España, 951 pp.
- McIntire, C.D. and Overton, W.S. (1971). Distributional patterns in assemblages of at-

- tached diatoms from Yaquina Estuary, Oregon. *Ecol.*, 52: 758-777.
- Murray, D. and Schrader, H. (1983). Distribution of silicoflagellates in plankton and core type samples from the Gulf of California. *Mar. Micropaleont.*, 7: 517-539.
- Navarro, J.N. (1981a). A survey of the marine diatoms of Puerto Rico. I. Suborders Coscinodiscineae and Rhizosoleniineae. *Bot. Mar.*, 24: 427-439.
- Navarro, J.N. (1981b). A survey of the marine diatoms of Puerto Rico. III. Suborders Biddulphiiniineae: Families Biddulphiaceae and Eupodiscaceae. *Bot. Mar.*, 24: 615-630.
- Navarro, J.N. (1982). A survey of the marine diatoms of Puerto Rico. III. Suborder Biddulphiiniineae: Family Chaetoceraceae. *Bot. Mar.*, 24: 305-319.
- Nienhuis, H. (1980). Phytoplankton characteristics in the southern part of the Gulf of California. *CIBCASIO Trans.*, 6: 152-186.
- Peet, R.K. (1974). The measurement of species diversity. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 15: 285-307.
- Peláez, J. and McGowan, J.A. (1986). Phytoplankton pigment patterns in the California Current as determined by satellite. *Limnol. Oceanogr.*, 31: 972-950.
- Pielou, E.C. (1969). *An Introduction to Mathematical Ecology*. Wiley-Interscience, New York, 286 pp.
- Pesantes, F. (1978). Dinoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. *Bol. Inst. Ocean. de la Armada, Ecuador, C.M.-Biol.*, 17(2): 1-198.
- Robinson, M.K. (1973). Atlas of monthly mean sea subsurface temperatures in the Gulf of California, Mexico. *San Diego Soc. Nat. Hist. Mem.*, 5: 97.
- Roden, G.I. (1958). Oceanographic and meteorological aspects of the Gulf of California. *Pac. Sci.*, 12: 21-45.
- Roden, G.I. (1964). Oceanographic aspect 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*. Mem. 3, The American Assoc. of Petroleum Geologists, Tulsa, pp. 30-58.
- Roden, G.I. (1971). Aspects of the transition zone in the northeastern Pacific. *J. Geophys. Res.*, 76: 3462-3468.
- Round, F.E. (1967). The phytoplankton of the Gulf of California. Part I. Its composition, and contribution to the sediments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 1: 76-97.
- Schiller, J. (1933). Dinoflagellatae (Peridiniaceae) in monographischer Dehandlung teil 2. In: L. Rabenhorst (ed.), *Kryptogamen-Flora*, Leipzig, 10: 1-598.
- Schrader, H., Psias, N. and Cheng, G. (1985). Seasonal variation of silicoflagellates in phytoplankton and varved sediments in the Gulf of California. *Mar. Micropal.*, 10: 207-233.
- Sournia, A. (1967). Le genre *Ceratium* (Peridiniien planctonique) dans le canal de Mozambique. Contribution a une revision mondiale. *Vie Milie, Ser. A.*, 18: 375-499.
- Sundström, B.G. (1986). The marine diatom genus *Rhizosolenia*. A new approach to the taxonomy. Ph.D. Thesis. Lund Univ., Sweden, 245 pp.
- Taylor, F.V.R. (1976). Dinoflagellates from the International Indian Ocean Expedition. A report on material collected by the R.V. "Anton Bruun" 1963-1964. *Bibliotheca bot.*, 243 pp.
- Valdéz Holguín, E. y Lara Lara, J.R. (1987). Productividad primaria en el Golfo de California, efectos del evento de El Niño 1982-1983. *Ciencias Marinas*, 13(2): 34-50.
- Valero Gamboa, M.E. (1981). Diatomeas del Golfo de California, abundancia y distribución. Tesis Profesional, UNAM, 50 pp.
- Washington, G.H. (1984). Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to the aquatic ecosystems. *Wat. Res.*, 18: 653-694.
- Wood, E.J.F. (1968). Dinoflagellates of the Caribbean Sea and adjacent areas. *Univ. Miami Press*, 143 pp.

Zeitzschel, B. (1969). Primary productivity in the Gulf of California. *Marine Ecology*, 3: 201-207.

Zeitzschel, B. (1970). The quantity, composition and distribution of suspended particulate matter in the Gulf of California. *Marine Biology*, 7: 305-318.