



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS**



**“COMPOSICIÓN FITOPLANCTÓNICA EN LA COLUMNA DE AGUA
EN MUESTRAS COLECTADAS CON UN TUBO MUESTREADOR
SEGMENTADO”**

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
O C E A N O L O G O
PRESENTA
MARICRUZ MONTIEL NIEVES**

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, DICIEMBRE DE 1998.

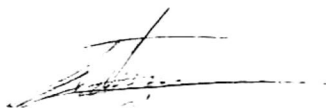
**“COMPOSICIÓN FITOPLANCTÓNICA EN LA COLUMNA DE AGUA EN
MUESTRAS COLECTADAS CON UN TUBO MUESTREADOR SEGMENTADO”**

**T E S I S
QUE PRESENTA
MARICRUZ MONTIEL NIEVES**

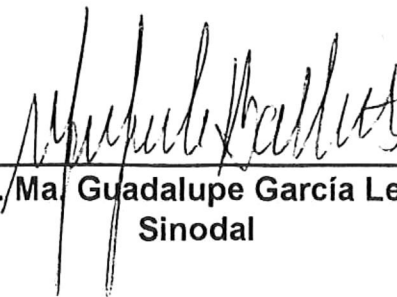
Aprobada por:



**Dra. Elizabeth Orellana Cepeda
Directora de tesis**



**Dr. Eduardo Santamaría del Ángel.
Sinodal**



**M.C. Ma. Guadalupe García Lepe.
Sinodal**

RESUMEN

En un crucero oceanográfico realizado el 26 de septiembre de 1997 a la Bahía de Todos Santos, se tomaron 70 muestras de agua de mar en 9 estaciones distribuidas dentro de la bahía. Se colectaron 9 muestras con red y 61 muestras con un tubo muestreador segmentado (9 muestras integradas y 52 de segmentos). El tubo muestreador segmentado consta de 6 tramos de tubo PVC de 3 metros cada uno, por lo que se pueden muestrear los primeros 18 m de la columna de agua. Mediante el análisis cualitativo de las muestras de red se obtuvo una lista de las especies presentes en el área de estudio. A las muestras colectadas con el tubo segmentado se les aplicó un análisis cuantitativo según el método de Uthermöhl. A partir de los resultados del análisis cuantitativo, se comparó la composición fitoplanctónica de la columna de agua en muestras integradas y de segmentos con el objetivo de saber si la información que proporcionan las muestras integradas difiere significativamente de la información que se obtiene de cada uno de los segmentos. Para ello se aplicó una prueba de bondad de ajuste basada en una χ^2 (ji-cuadrada). También se determinó la abundancia y distribución de fitoplancton en cada una de las estaciones de muestreo, así como el índice de dominancia de Simpson. Se encontró un total de 69 especies (30 dinoflagelados, 36 diatomeas y 3 silicoflagelados). La especie dominante en todas las muestras colectadas con el tubo segmentado fue *Thalassiosira subtilis*, excepto en una muestra integrada (estación C₃) en la que la especie dominante fue *Prorocentrum gracile*. Los dinoflagelados más abundantes fueron *Scrippsiella trochoidea*, *Heterocapsa* sp. y *Prorocentrum gracile*. La mayor abundancia de fitoplancton se encontró en la región Sur de la bahía (frente a Rincón de Ballenas). En las estaciones donde la profundidad era menor a 26 m, se registró la mayor densidad de fitoplancton en superficie (0 – 6 m). El mayor valor de dominancia registrado fue de 0.96 (frente a Rincón de Ballenas) y el menor fue de 0.4 (frente a Punta Banda). Se identificó la presencia de un florecimiento de la diatomea *Thalassiosira subtilis* durante el día de muestreo a partir de las muestras integradas colectadas con el tubo segmentado, por lo que, se pudo comprobar la hipótesis y se concluyó que en casos de florecimientos fitoplanctónicos, dichas muestras proporcionan la información requerida para dar soluciones rápidas a eventos de mareas rojas (Proyecto "Impacto ambiental de las mareas" convenio CONACyT-UABC 1984-PT).

ÍNDICE

	Pag.
Resumen	I
Indice de figuras	III
Indice de tablas	V
1. Introducción	
1.1 Antecedentes	3
1.2 Objetivos	5
1.3 Hipótesis	5
2. Materiales y métodos	
2.1 Descripción del área de estudio	6
2.2 Descripción del tubo muestreador segmentado	8
2.3 Obtención y procesamiento de muestras	8
2.4 Tratamiento de datos	10
2.4.1 Análisis estadístico	11
3. Resultados	13
4. Discusión	28
5. Conclusiones	35
6. Literatura citada	36

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Fig. 1.- Bahía de Todos Santos, B.C. Ubicación de las estaciones de muestreo	7
Fig. 2.- Tubo muestreador segmentado (modificado de Sutherland, 1990)	9
Fig. 3.- Especies más abundantes durante el periodo de muestreo. (a) <i>Thalassiosira subtilis</i> , (b) <i>Scrippsiella trochoidea</i> , (c) <i>Heterocapsa</i> sp., (d) <i>Prorocentrum gracile</i> (a, tomado de Cupp, 1943; b, c y d, tomado de Tomas, 1997)	14
Fig. 4.- Abundancia de fitoplancton en la estación A ₁ (frente a Punta Banda) considerando la sumatoria de todos los segmentos (a) Porcentaje; (b) Densidad total de cada especie en cél l ⁻¹	15
Fig. 5.- Abundancia de fitoplancton en la estación A ₂ (frente a 3 Hermanas) considerando la sumatoria de todos los segmentos. (a) Porcentaje; (b) Densidad total de cada especie en cél l ⁻¹	16
Fig. 6.- Abundancia de fitoplancton en la estación A ₃ (frente a La Joya) considerando la sumatoria de todos los segmentos. (a) Porcentaje; (b) Densidad total de cada especie en cél l ⁻¹	17
Fig. 7.- Abundancia de fitoplancton en la estación A ₄ (frente a Rincón de Ballenas) considerando la sumatoria de todos los segmentos. (a) Porcentaje; (b) Densidad total de cada especie en cél l ⁻¹	18
Fig. 8.- Abundancia de fitoplancton en la estación B (medio de la bahía) considerando la sumatoria de todos los segmentos. (a) Porcentaje; (b) Densidad total de cada especie en cél l ⁻¹	19
Fig. 9.- Abundancia de fitoplancton en la estación C ₁ (norte de la bahía) considerando la sumatoria de todos los segmentos. (a) Porcentaje; (b) Densidad total de cada especie en cél l ⁻¹	20
Fig. 10.- Abundancia de fitoplancton en la estación C ₂ (norte de los cultivos de mejillones) considerando la sumatoria de todos los segmentos. (a) Porcentaje; (b) Densidad total de cada especie en cél l ⁻¹	21

- Fig. 11.- Abundancia de fitoplancton en la estación C₃ (frente a Punta Morro) considerando la sumatoria de todos los segmentos.
(a) Porcentaje; (b) Densidad total de cada especie en cél l^{-1} 22
- Fig. 12.- Abundancia de fitoplancton en la estación C₄ (frente al espigón) considerando la sumatoria de todos los segmentos.
(a) Porcentaje; (b) Densidad total de cada especie en cél l^{-1} 23
- Fig. 13.- Distribución de la abundancia de fitoplancton (cél l^{-1}) a partir de los resultados obtenidos de muestras integradas de 0 a 18 m de profundidad en la Bahía de Todos Santos 25
- Fig. 14.- Densidad de fitoplancton (cél l^{-1}) a diferentes niveles de profundidad, a partir de los resultados obtenidos de las muestras de segmentos en la Bahía de Todos Santos 26

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla I.- Localización de las estaciones de muestreo dentro de la Bahía de Todos Santos.....	6
Tabla II.- Lista de especies identificadas en muestras de red. Crucero oceanográfico 1997-2 en Bahía Todos Santos (26 de septiembre de 1997)	13
Tabla III.- Comparación entre la abundancia determinada a partir de muestras integradas y aquella calculada a partir de muestras provenientes de los segmentos correspondientes a niveles verticales de la columna de agua. La hipótesis nula es: "las muestras no difieren entre sí"	27
Tabla IV.- Índice de dominancia de Simpson (τ) en cada estación de muestreo	27

1. INTRODUCCIÓN

El fitoplancton es una fuente importante de alimento para moluscos bivalvos filtradores (ostiones, almejas, mejillones) así como de larvas de crustáceos y peces de importancia comercial (Hallegraeff, 1995). En muchos casos la proliferación de fitoplancton (florecimientos) son benéficos para la acuicultura y las pesquerías.

Cuando la especie que produce el florecimiento es tóxica, se tiene un efecto negativo causando severas pérdidas económicas en la acuicultura, pesquerías y en operaciones turísticas, aunque su principal impacto es sobre la salud (Hallegraeff, 1995). Sin embargo, en ocasiones se producen florecimientos de especies que no son tóxicas, pero por su estructura o forma de colonización pueden obstruir las branquias de peces o moluscos bivalvos causando su muerte. Un ejemplo de lo anterior son algunas especies de diatomeas céntricas, ya que las células se encuentran embebidas en mucilago (Hasle y Fryxell, 1995). En 1951, en la bahía de Tokio se reportaron pérdidas económicas de cerca de 58 millones de yenes, debido a que un florecimiento de *Thalassiosira mala* obstruyó las branquias de bivalvos cultivados en la zona (Takano, 1956; 1965 en Hasle y Fryxell, 1995).

Los florecimientos fitoplanctónicos (llamados también "mareas rojas") son eventos que se han registrado por mucho tiempo, pero desde hace 2 décadas los impactos económicos y de salud pública de tales eventos se han incrementado en frecuencia, intensidad y distribución geográfica (Hallegraeff, 1995). Por tal motivo es importante desarrollar la habilidad de predecir las primeras etapas de un brote o florecimiento fitoplanctónico dañino y si se cuenta con un buen diseño de muestreo de fitoplancton, esto puede ayudar a desarrollar tal habilidad.

Dentro de las estrategias de toma de muestra, además de considerar el arreglo espacial de las estaciones y tener objetivos bien definidos, es muy importante tomar en cuenta el equipo de muestreo más adecuado (Venrick,

1978a). Los requisitos para que un muestreador sea útil son: 1) Que permitan obtener muestras representativas de volumen conveniente para una profundidad específica y 2) que mantenga el agua sin contaminarse durante la recuperación del muestreador (Riley, 1965; Martin, 1968). Hay numerosos diseños disponibles, los cuales cumplen con dichos requisitos en menor o mayor grado y pueden variar en costos y en manejo.

Los muestreadores más básicos son las redes, sin embargo, tienen algunas limitaciones en estudios de fitoplancton, pues no pueden usarse para realizar estimaciones cuantitativas, ni sirven para determinar la distribución vertical de las células. Pero sí son útiles para obtener información de presencia/ausencia de especies, es decir, permite realizar determinaciones cualitativas (Franks, 1995).

El tipo de muestreador más utilizado para coleccionar plancton son las botellas hidrológicas, porque ofrecen algunas ventajas tanto de manejo, como de costo y tipo de información que permite recabar, ya que puede ser cuantificada (Venrick, 1978a). Sin embargo, con esta clase de muestreador se obtienen muestras discretas o puntuales; es decir, no se obtiene información de lo que sucede en toda la columna de agua, sino sólo a las profundidades a las que se colecciona cada muestra. Cuando se trata de mareas rojas producidas por organismos que se concentran a una cierta profundidad, y ésta no coincide con la profundidad a la cual se cierra la botella oceanográfica de muestreo, su densidad poblacional no podría ser confiablemente representada con el uso de estos muestreadores puntuales o discretos.

Por otra parte, en algunos estudios relacionados con la dinámica del fitoplancton se ha empleado un muestreador llamado "tubo muestreador segmentado" (Franks, 1995). Este tubo segmentado funciona como un nucleador de agua que se sumerge con los segmentos unidos, por lo que se puede precisar exactamente la profundidad muestreada. Las ventajas que ofrece este muestreador son: 1) Se puede obtener una muestra integrada de

la columna de agua o una muestra por separado de cada tramo que corresponde a cada intervalo de profundidad; 2) es de bajo costo; 3) es fácil de construir; 4) es fácil de manejar; 5) se obtienen volúmenes suficientes (1litro) para realizar otro tipo de estudios. Su principal desventaja es que no proporciona información vertical de tiempo real (instantánea) (Franks, 1995).

1.1. ANTECEDENTES

A pesar de que el tubo segmentado se ha empleado en algunos trabajos de monitoreo, no se han publicado comparaciones entre los resultados obtenidos a partir de la muestra integrada y aquellos obtenidos a partir de las muestras tomadas de cada uno de los segmentos del tubo muestreador. Sutherland *et al.*, 1992, publicaron un estudio en el cual realizaron cálculos del coeficiente de correlación con el fin de comparar los resultados obtenidos entre muestras colectadas con el tubo muestreador segmentado, botellas oceanográficas tipo Niskin y sistema de bombeo. De la comparación entre muestras colectadas con botellas tipo Niskin y muestras colectadas con el tubo segmentado se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.9. De la comparación entre muestras colectadas con sistema de bombeo y muestras colectadas con el tubo segmentado se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.8.

Entre los trabajos relacionados con la composición fitoplanctónica en la bahía de Todos Santos, se encuentra el estudio de un muestreo anual realizado en 1990, en el cual se muestrearon dos estaciones en la zona norte de la bahía, en donde se encontraron 113 especies y se observaron 2 sucesiones fitoplanctónicas (Mozqueda-Razo, 1995). Durante dicho ciclo anual, las especies más abundantes fueron *Peridinium cuadra* y *Lingulodinium polyedrum*, mientras que la diatomea *Pseudo-nitzschia seriata* fue abundante únicamente en marzo y otoño.

En mayo de 1983 se realizó un crucero a la bahía de Todos Santos, donde se muestrearon 32 estaciones a 3 niveles de profundidad (0, 10 y 30 m) con botellas Van Dorn y sólo se realizaron arrastres con red en tres estaciones. En este trabajo no se menciona el total de especies encontradas durante el periodo de muestreo, sólo menciona que el fitoplancton presentó una dominancia de dinoflagelados, siendo los géneros más abundantes: *Exuviaella*, *Gonyaulax*, *Oxytoxum*, *Prorocentrum*, y *Peridinium*. Las diatomeas céntricas encontradas en mayor número fueron: *Bacteriastrum*, *Melosira*, *Leptocylindrus* y *Chaetoceros*; en el grupo de las diatomeas penadas las más abundantes fueron *Navicula* y *Pseudonitzschia* (Rivas-Lozano, 1985).

Millán-Nuñez y Loya-Salinas (1993), realizaron un estudio anual del fitoplancton en la Bahía de Todos Santos de marzo de 1986 a marzo de 1987, con muestreos mensuales en tres estaciones a profundidades de 1, 10 y 20 m usando botellas Niskin. Encontraron un total de 52 géneros, siendo *Nitzschia*, *Chaetoceros*, *Rhizosolenia*, *Thalassiothrix*, *Gymnodinium*, *Ceratium* y *Prorocentrum* los géneros más abundantes.

Aguirre-Buenfil (1983) realizó un estudio de la biomasa e índice pigmentario en zonas afectadas por descargas orgánicas en la Bahía de Todos Santos de febrero a diciembre de 1982 y encontró una mayor biomasa de fitoplancton en zonas influenciadas por el aporte de aguas residuales. Por su parte Giffard-Mena (1995), estudió dentro de la Bahía de todos Santos la variación de fitoplancton con relación a las aguas residuales, encontrando que hay un enriquecimiento local de fosfatos aportados a la bahía por las aguas de desecho que incrementan la abundancia del fitoplancton y la clorofila "a".

1.3. OBJETIVOS

a) OBJETIVO GENERAL

Comparar la composición fitoplanctónica de la columna de agua en muestras integradas y de los segmentos colectados con el tubo muestreador segmentado en un crucero oceanográfico a la bahía de Todos Santos.

b) OBJETIVOS PARTICULARES

1. Identificar las principales especies en muestras de red por medio de análisis cualitativos.
2. Determinar la abundancia de especies de las muestras integradas y de segmentos.

1.4. HIPÓTESIS

La hipótesis de trabajo es que las muestras integradas obtenidas del tubo muestreador segmentado son significativamente iguales a la información obtenida a partir del análisis de las muestras provenientes de los segmentos que lo componen. De comprobarse lo anterior, se obtendrían las siguientes ventajas: 1) El número de muestras disminuiría en una proporción de 6:1, de tal manera que hace que el análisis de las muestras sea más rápido y se tendría una pronta respuesta de los responsables del monitoreo del fitoplancton; 2) disminuiría los costos de la investigación, ya que su costo es mucho menor comparado con cualquier otro muestreador. Esto es un punto muy importante en cualquier trabajo o estudio científico, y 3) el volumen que se obtiene sería suficiente para realizar otros estudios complementarios.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Descripción del área de estudio.

La Bahía de Todos Santos (fig. 1) se encuentra localizada a 100 km de la frontera México-Estados Unidos, sobre la costa occidental de Baja California, entre los 31° 40' y 31° 56' de latitud Norte y los 116° 36' y 116° 50' de longitud Oeste (Secretaría de Marina, 1974). El área de la bahía está delimitada al Sur por la península de Punta Banda, al Norte por Punta San Miguel, al Este por la ciudad de Ensenada y por el Estero de Punta Banda, y al Oeste por las Islas Todos Santos.

La temperatura del mar presenta variaciones estacionales diferenciadas a lo largo del año. En el verano se registra un máximo de 22°C con una varianza de 8°C y una termoclina bien establecida a los 9 metros de profundidad. En el invierno se registra hasta un máximo de 12°C, existen condiciones de mezcla y la columna de agua se encuentra homogénea; la varianza en esta época presenta valores de 0.15°C (Cruz-Colín, 1997).

Se localizaron 9 estaciones: A₁, A₂, A₃, A₄, B, C₁, C₂, C₃ y C₄ (tabla I) perpendiculares a la línea de costa de tal manera que abarcaran la mayor parte de la bahía (fig.1).

Tabla I.- Localización de las estaciones de muestreo dentro de la Bahía de Todos Santos.

Estación	Latitud	Longitud	Profundidad de fondo (m)
A ₁	31°46' N	116°44' 45" O	180
A ₂	31°46' N	116°42' O	53
A ₃	31°46' N	116°41' O	22.6
A ₄	31°45' N	116°40' O	12.6
B	31°48' N	116°41' O	25
C ₁	31°51' N	116°45' O	40
C ₂	31°50' N	116°43' O	30
C ₃	31°50' N	116°41' O	25
C ₄	31°51' N	116°39' O	20

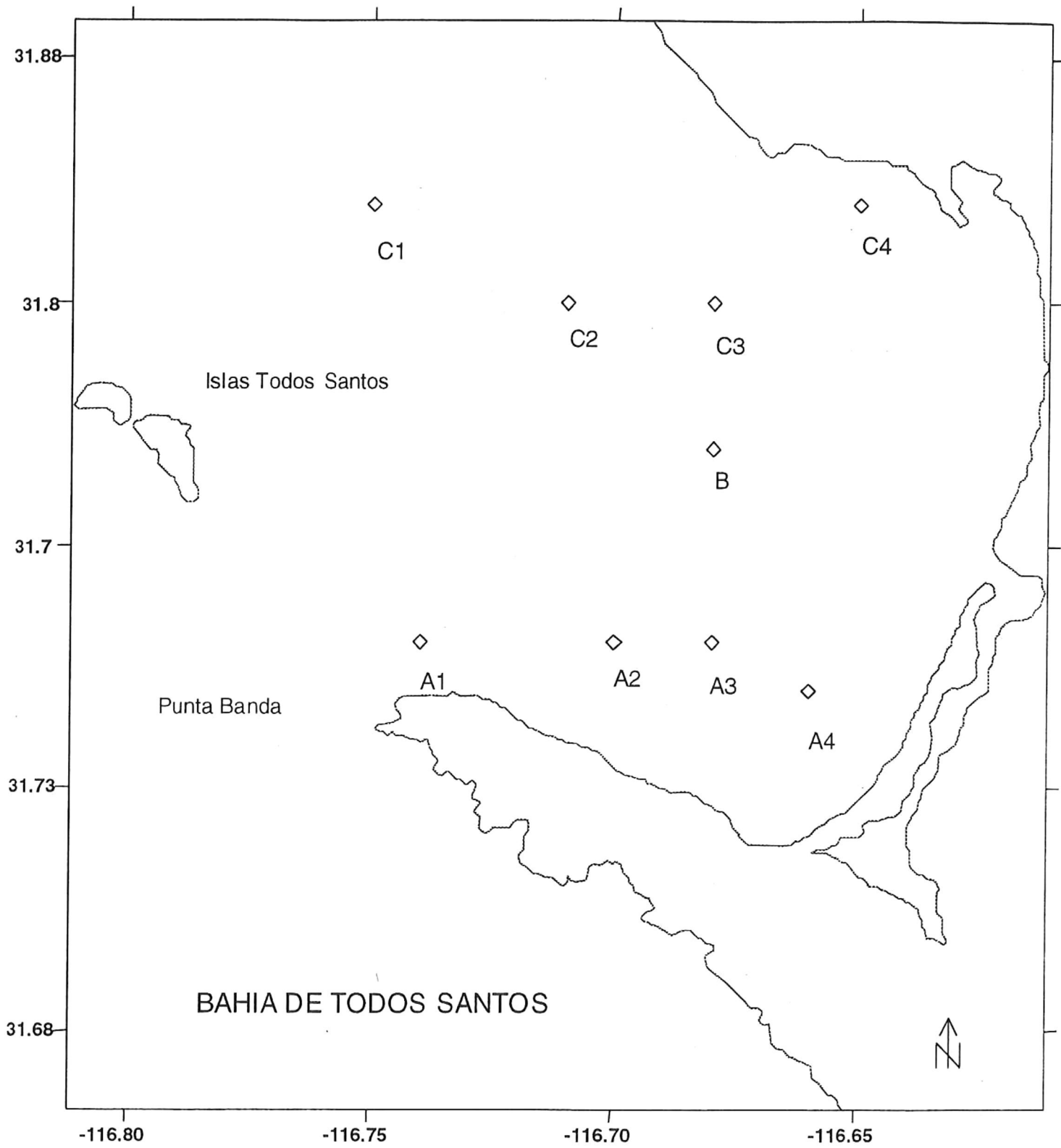


Figura 1.- Bahía de Todos Santos, B.C. Ubicación de las estaciones de muestreo.

2.2. Descripción del tubo muestreador segmentado

El tubo muestreador segmentado consta de 6 tramos de tubo PVC de $\frac{3}{4}$ de pulgada de 3 metros de longitud cada uno (fig. 2). Cada tramo tiene en su base una válvula de paso ("check"), con el extremo separado por conectores (tuerca unión)(Morales-Zamorano, com. pers.). El muestreador es sumergido en el agua lentamente con todas las válvulas abiertas, dando lugar a que el tubo se llene completamente. Una vez llenos todos los segmentos, se inicia el izamiento del cabo con el tubo, cerrándose automáticamente las válvulas de cada segmento. Finalmente, el agua de cada segmento podrá ser drenada en recipientes independientes de 1 litro de capacidad.

2.3. Obtención y procesamiento de las muestras

En un crucero oceanográfico realizado el 26 de septiembre de 1997 se colectaron con ayuda del tubo segmentado 9 muestras integradas (6 litros de columna de agua de 18 metros cada una). Las muestras divididas se obtuvieron de los segmentos correspondientes a los estratos de 0-3 m; 3-6m; 6-9 m; 9-12 m; 12-15 m; 15-18 m, con excepción de la estación A₄ (frente a Punta Banda), ya que debido a su poca profundidad (12.6 m), sólo se obtuvieron los 4 primeros segmentos de la columna de agua (12 m). Simultáneamente, en cada estación se realizaron arrastres verticales con una red cónica estándar #20 (75 μ m de luz de malla). En total se tomaron 9 muestras integradas, 52 muestras de segmentos (9 de cada nivel de profundidad) y 9 muestras de red.

Las muestras de red se almacenaron en botellas de 400 ml y se fijaron con formaldehído (formol) al 4% neutralizado con borato de sodio (bórax) de acuerdo con el método descrito por Throndsen (1978). Las muestras colectadas con el tubo muestreador segmentado se almacenaron en botellas de 250 ml y se fijaron con lugol neutralizado (Sournia, 1978).

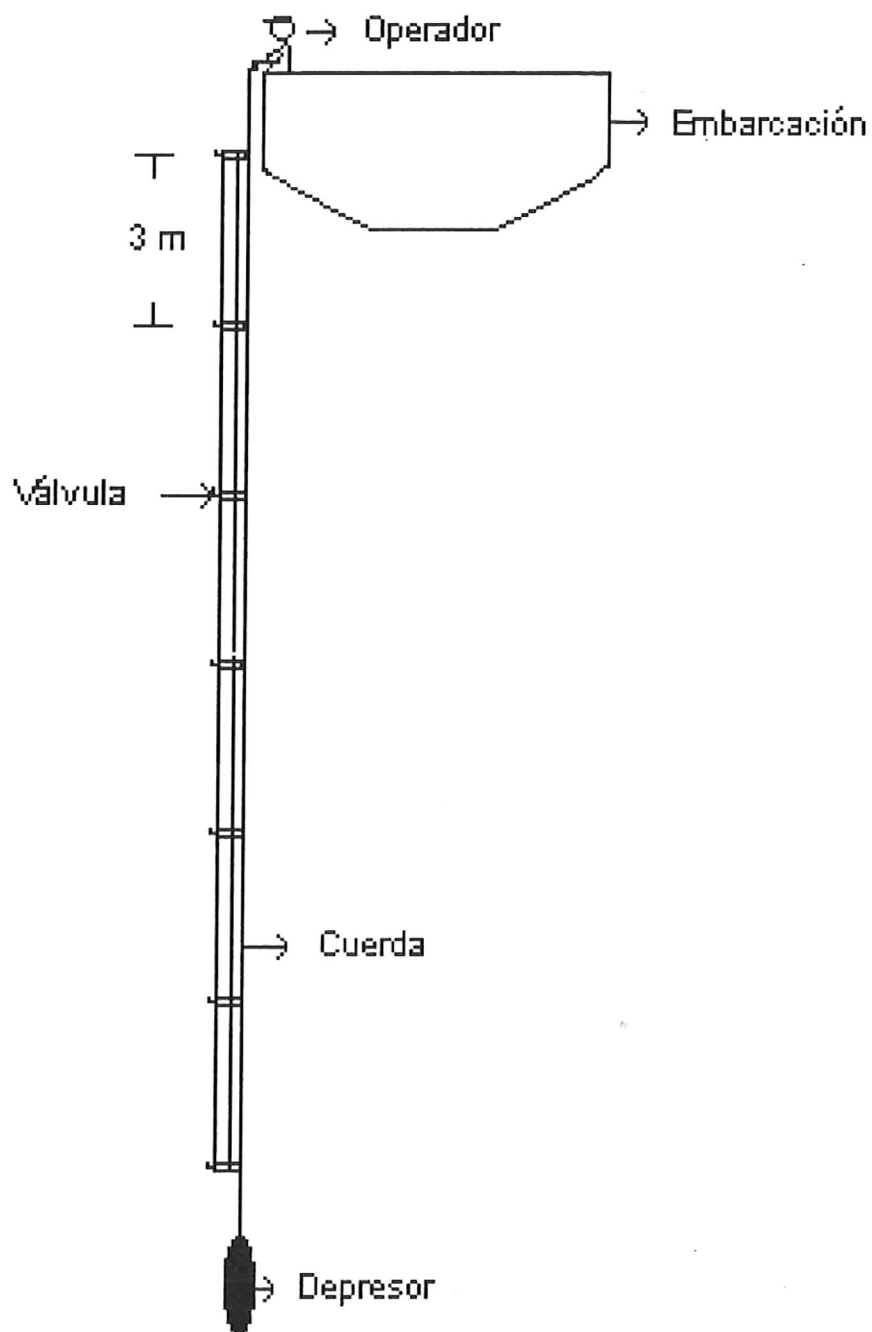


Figura 2.- Tubo muestreador segmentado (modificado de Sutherland, 1992).

En laboratorio se realizaron análisis cualitativos a las muestras de red con el fin de elaborar una lista de especies presentes en cada estación de muestreo. Para ello se empleó un microscopio compuesto Wild Heerbrugg, utilizando los aumentos 100x y 400x. Para la identificación de especies a nivel género y especie se consultaron los trabajos de Balech (1988); Cupp (1943); Yamaji (1979); Taylor (1976) y Tomas (1997).

A las muestras del tubo segmentado se les aplicó análisis cuantitativos mediante un microscopio invertido con contraste de fases marca Carl Zeiss y utilizando cámaras de sedimentación de 5, 10, 50 y 100 ml conforme al método de Utermöhl (Sournia, 1978). Se hizo un sorteo de las muestras previo a su análisis para evitar un sesgo por el orden de conteo.

Cabe mencionar que los volúmenes de sedimentación se seleccionaron dependiendo de la concentración de células en cada muestra. El tiempo de sedimentación fue de 24 horas para las cámaras de 5, 10 y 50 ml y de 48 horas para las cámaras de 100 ml (Margalef, 1969).

La estrategia de conteo consistió en recorrer todo el fondo de las cámaras con los aumentos de 100x y 400x, enumerando todo el fitoplancton sedimentado. Como criterio para aumentar el volumen de análisis se fijó contar como mínimo 400 células en cada muestra, para no tener un error de conteo mayor del 5% (Margalef, 1983).

2.4. Tratamiento de datos

Con los resultados obtenidos del análisis cualitativo se elaboró una tabla donde las especies encontradas se dividieron en grupos taxonómicos (dinoflagelados, diatomeas céntricas, diatomeas penadas y silicoflagelados).

Para determinar la abundancia total de cada especie en cada una de las estaciones, se sumó la abundancia obtenida en cada segmento vertical (3 m) de la columna de agua y se graficó en cél l^{-1} en escala logarítmica. A partir de los valores totales se calculó el porcentaje de abundancia de cada especie en cada estación.

Los resultados de las muestras del tubo segmentado fueron expresados en número de células por litro (cél l^{-1}). Con los resultados de las muestras integradas se graficó la distribución de la abundancia de fitoplancton dentro del área de estudio. Asimismo, con los resultados de los segmentos se graficó la densidad de fitoplancton a diferentes niveles de profundidad para cada estación de muestreo.

Para aplicar la prueba de bondad de ajuste, a los resultados (cél l^{-1}) obtenidos a partir de las muestras integradas y de segmentos se les aplicó la transformación de $\log_{10}(n_i)$ para estabilizar su varianza (Venrick, 1978c).

Se aplicó el índice de dominancia de Simpson, el cual considera el número de especies (n) el total de individuos (N) y la proporción del total (n_i/N) que ocurre para cada especie (i).

$$\tau = \frac{\sum n_i (n_i - 1)}{N (N - 1)}$$

Para aplicar dicho índice los resultados de los conteos (cél l^{-1}) se expresaron en potencias de 10^3 . El índice de dominancia se aplicó para probar si el tubo muestreador segmentado sirve para monitoreos en donde se tenga una especie dominante.

2.4.1. Análisis estadístico

Para probar si existía diferencia significativa entre las muestras integradas y la de los segmentos se aplicó la prueba de bondad de ajuste basada en una χ^2 (ji -cuadrada) (Siegel, 1956), cuya ecuación es la siguiente:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

donde:

O : es el número observado (valores provenientes de las muestras de cada uno de los segmentos).

E : es el número esperado (valores provenientes de las muestras integradas).

Se plantearon las siguientes hipótesis:

H_0 = la información obtenida de las muestras integradas no difiere significativamente en abundancia de la información obtenida de cada uno de los segmentos.

H_A = la información obtenida de las muestras integradas difieren significativamente en abundancia de la información obtenida de cada uno de los segmentos.

Los grados de libertad ($k - 1$) con los que se trabajó fue de 5 para los datos de todas las estaciones, excepto con los resultados de la estación A₄. Para esta estación se trabajó con un valor de 3 grados de libertad, debido a que el número de muestras fue menor (4) que el de las demás estaciones. El nivel de significancia (α) fue de 0.05 en todas las estaciones.

3. RESULTADOS

Se registró un total de 69 taxa, de los cuales 30 especies fueron de dinoflagelados, 15 de diatomeas centrales, 21 de diatomeas penadas y 3 silicoflagelados (tabla II).

Tabla II.- Lista de especies identificadas en muestras de red. Crucero oceanográfico 1997-2 en Bahía Todos Santos (26 de septiembre 1997).

DINOFLAGELADOS	DIATOMEAS CENTRICAS	DIATOMEAS PENADAS	SILICOFLAGELADOS
<i>Ceratium furca</i>	<i>Asterolampra marylandica</i>	<i>Bacillaria paxillifera</i>	<i>Dictyocha fibula</i>
<i>C. fusus</i>	<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	<i>Climacosphenia moniligera</i>	<i>Distephanus speculum</i>
<i>C. macroceros</i>	<i>Chaetoceros affinis</i>	<i>Cocconeis pseudomarginata</i>	<i>Mesocena polymorpha</i>
<i>C. minutum</i>	<i>Ch. peruvianus</i>	<i>Cylindrotheca closterium</i>	
<i>C. pulchellum</i>	<i>Coscinodiscus centralis</i>	<i>Diploneis fusca</i>	
<i>C. trichoceros</i>	<i>Ditylum brightwelli</i>	<i>D. splendida</i>	
<i>C. tripos</i>	<i>Eucampia zodiacus</i>	<i>Mastogloia minuta</i>	
<i>Ceratocorys horrida</i>	<i>Hemiaulus hauckii</i>	<i>Navicula cancellata</i>	
<i>Cladopyxis brachiolata</i>	<i>H. membranaceus</i>	<i>N. fragilaroides</i>	
<i>Dinophysis acuminata</i>	<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>N. lanceolata</i>	
<i>Diplopsalis lenticula</i>	<i>Rhizosolenia delicatula</i>	<i>N. sp.</i>	
<i>D. splendida</i>	<i>R. imbricata</i>	<i>Pleurosigma elegantum</i>	
<i>Gymnodinium gracile</i>	<i>R. styliformis</i>	<i>Pseudonitzschia dieselbe</i>	
<i>G. sp.</i>	<i>Thalassiosira subtilis</i>	<i>P. granii</i>	
<i>Heterocapsa sp.</i>	<i>Triceratium reticulum</i>	<i>P. longissima</i>	
<i>Oxytoxum parchiderme</i>		<i>P. pungens</i>	
<i>O. scolapax</i>		<i>P. seriata</i>	
<i>Podolampas palmipes</i>		<i>Rhoicosphenia curvata</i>	
<i>Prorocentrum gracile</i>		<i>Striatella unipunctata</i>	
<i>P. lima</i>		<i>Surirella robusta var. splendida</i>	
<i>P. micans</i>		<i>Thalassionema nitzschioides</i>	
<i>Protoperdinium divergens</i>			
<i>P. minusculum</i>			
<i>P. minutum</i>			
<i>P. oceanicum</i>			
<i>P. pallidum</i>			
<i>P. sourniai</i>			
<i>P. subpyriforme</i>			
<i>Pyrocystis fusiforme</i>			
<i>Scrippsiella trochoidea</i>			

En la estación A₁, *Thalassiosira subtilis*, tuvo una abundancia de 4460 cél l⁻¹ (63%), seguida de la especie *Bacteriastrum hyalinum* con una abundancia de 450 cél l⁻¹ (7%) y de la especie *Scrippsiella trochoidea* con 290 cél l⁻¹ (6%) (fig. 4 a y b).

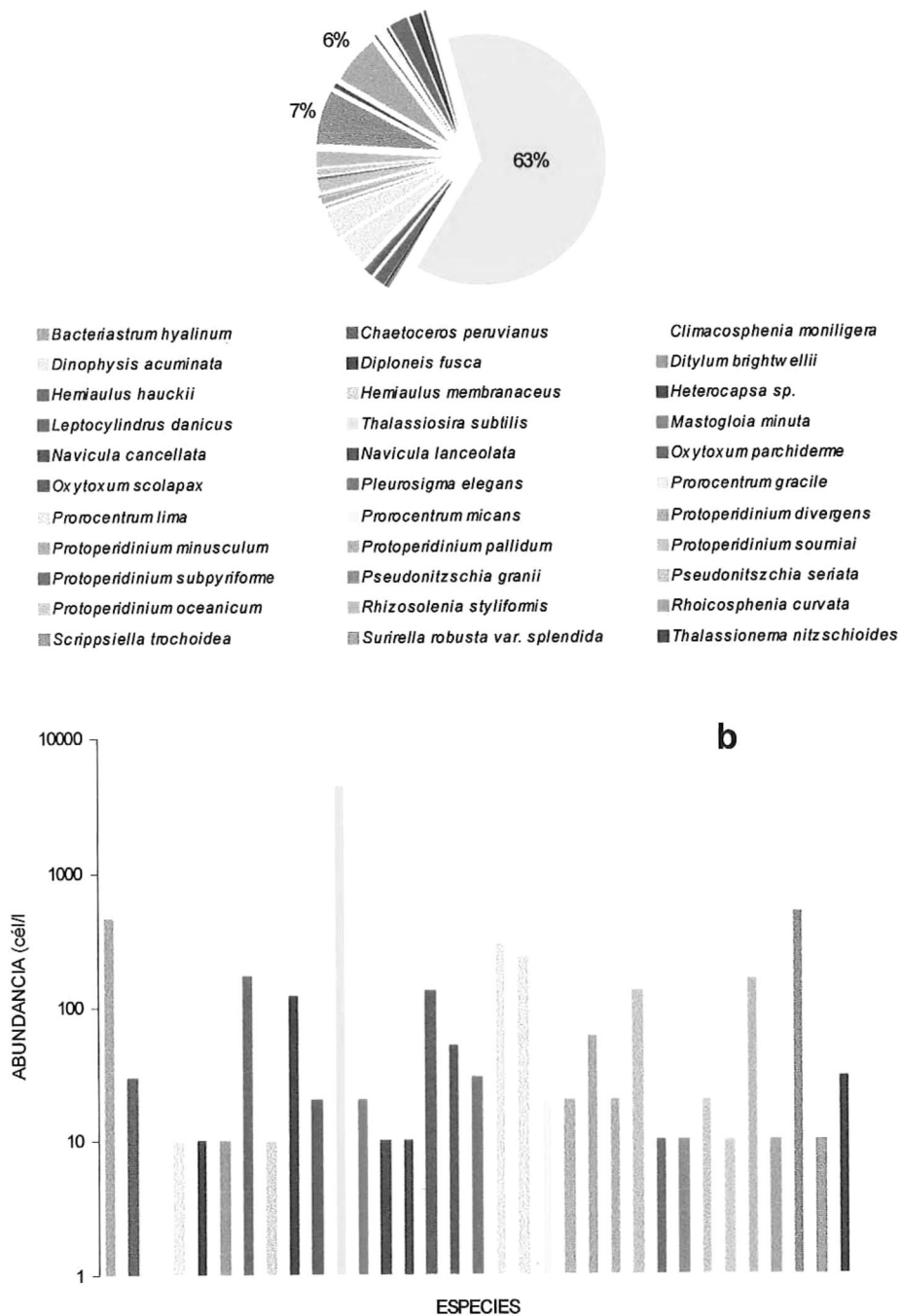


Figura 4.- Abundancia de fitoplancton en la estación A₁ (frente a Punta Banda) considerando la sumatoria de todos los segmentos. a) Porcentaje; b) Densidad total de cada especie (cél l⁻¹).

En la estación A₂, las especies de mayor abundancia fueron: *Thalassiosira subtilis* con una abundancia de 28 500 cél l⁻¹ (80%), *Scrippsiella trochoidea* con 2 240 cél l⁻¹ (6%) y *Prorocentrum gracile* con 1 620 cél l⁻¹ (5%) (fig. 5 a y b).

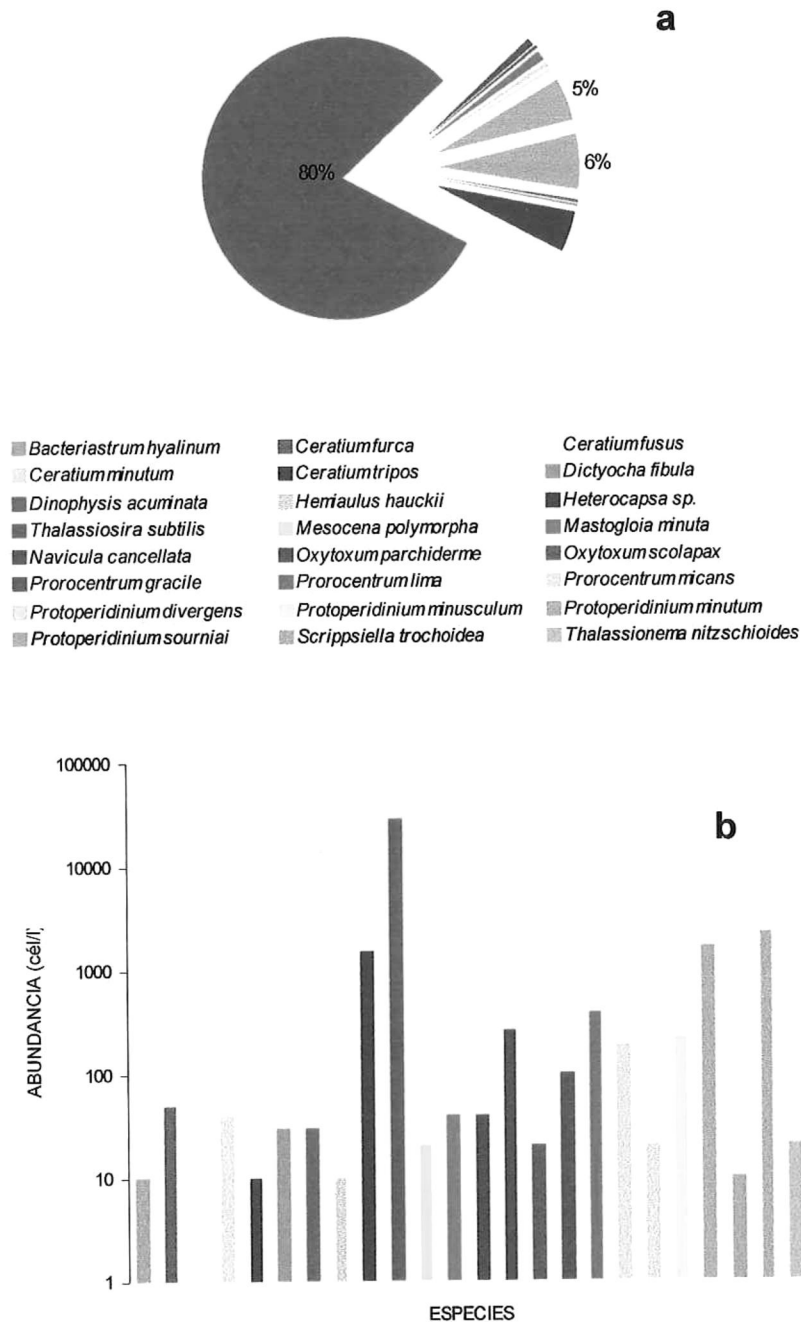


Figura 5.- Abundancia de fitoplancton en la estación A₂ (frente a 3 Hermanas) considerando la sumatoria de todos los segmentos. a) Porcentaje; b) Densidad total de cada especie (cél l⁻¹).

Las especies más abundantes en la estación A₃ fueron *Thalassiosira subtilis* con 216 000 cél l⁻¹ (87%), *Heterocapsa* sp. con un 9 750 cél l⁻¹ (4%), *Prorocentrum gracile* con 7 770 cél l⁻¹ (3%) y *Scrippsiella trochoidea* con 6 840 cél l⁻¹ (3%) (fig. 6 a y b).

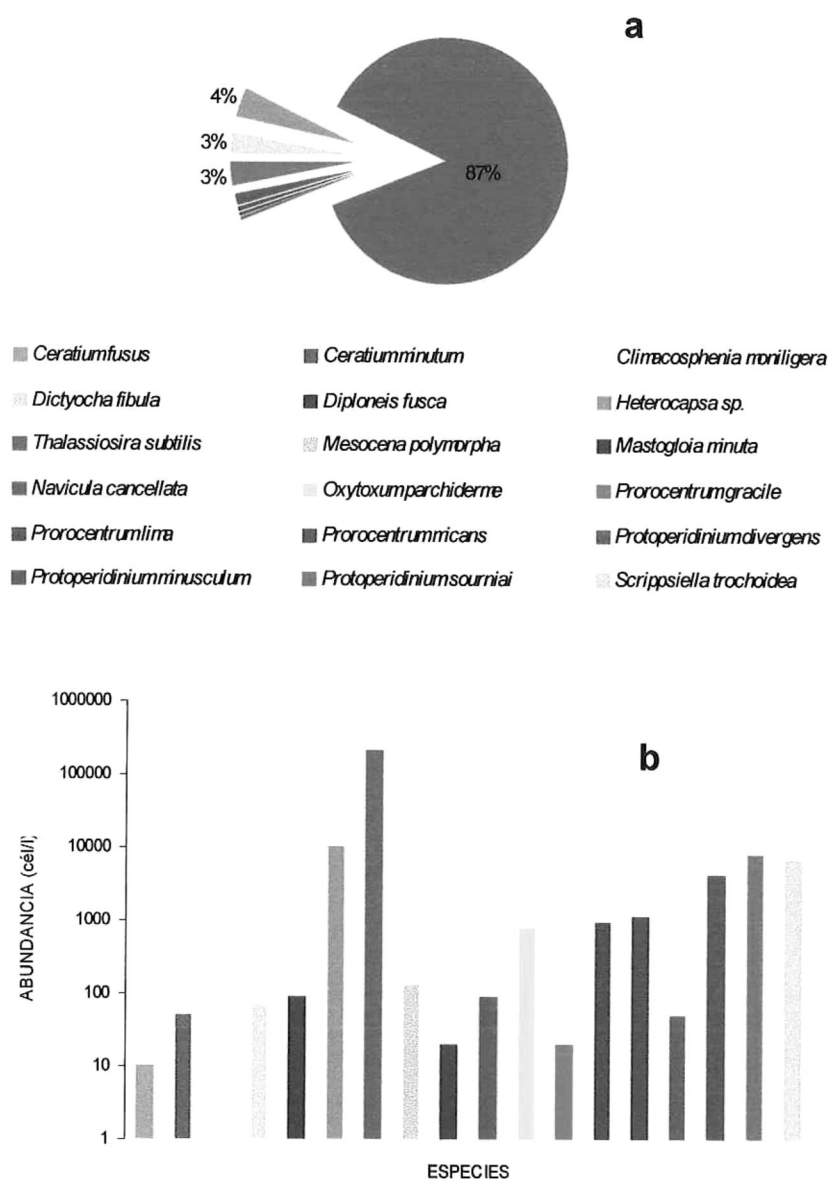


Figura 6.- Abundancia de fitoplancton en la estación A₃ (frente a La Joya) considerando la sumatoria de todos los segmentos. a) Porcentaje; b) Densidad total de cada especie (cél l⁻¹).

Thalassiosira subtilis con una abundancia de $1\ 009\ 000\ \text{cél l}^{-1}$ (98%) fue la especie más abundante en la estación A₄ (fig. 7 a y b). Cabe mencionar que fue en esta estación en donde se encontró la mayor abundancia de la especie de *Thalassiosira subtilis*. Las demás especies tuvieron un porcentaje menor al 1%.

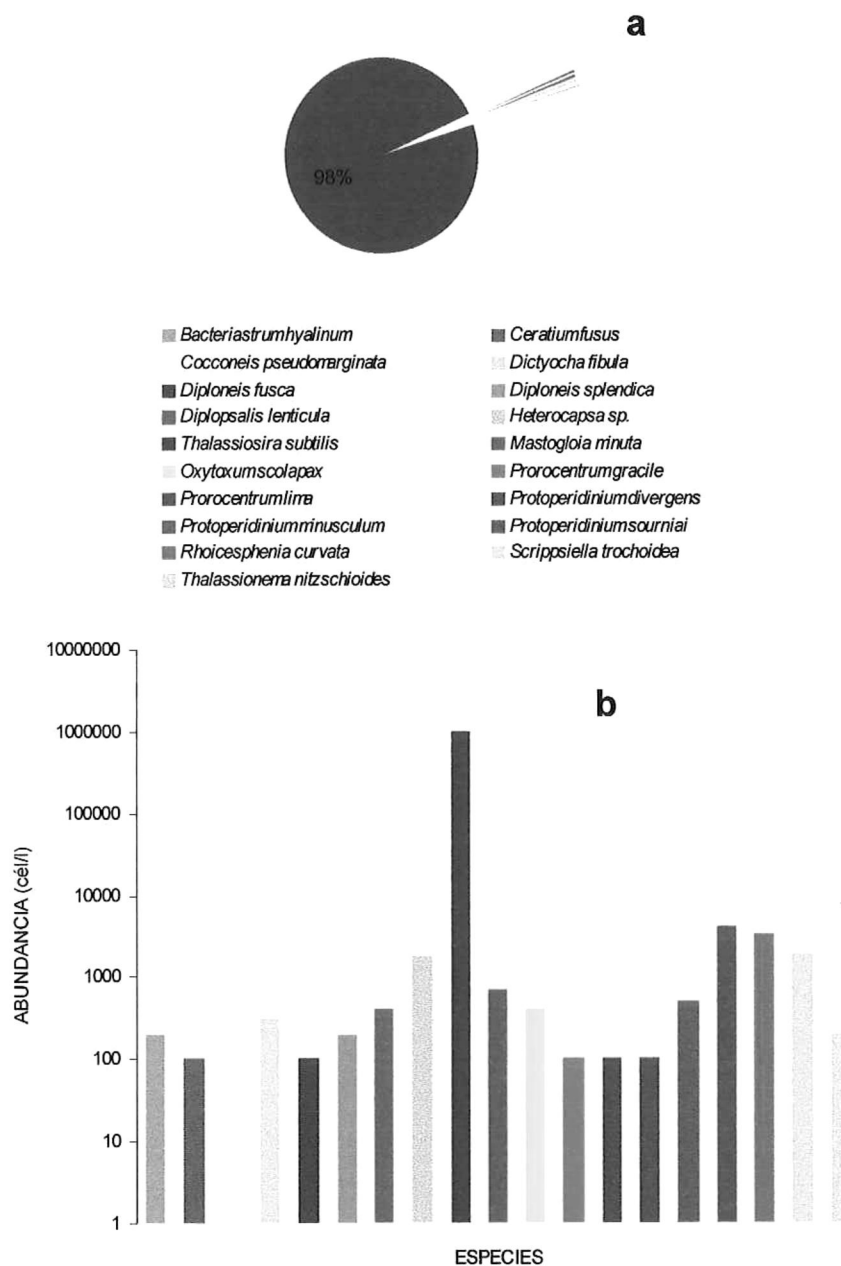


Figura 7.- Abundancia de fitoplancton en la estación A₄ (frente a Rincón de Ballenas) considerando la sumatoria de todos los segmentos. a) Porcentaje; b) Densidad total de cada especie (cél l^{-1}).

En la estación B las especies de mayor abundancia fueron: *Thalassiosira subtilis* con 501 000 cél l⁻¹ (62%) y *Scrippsiella trochoidea* con 288 030 cél l⁻¹ (35%) (fig. 8 a y b).

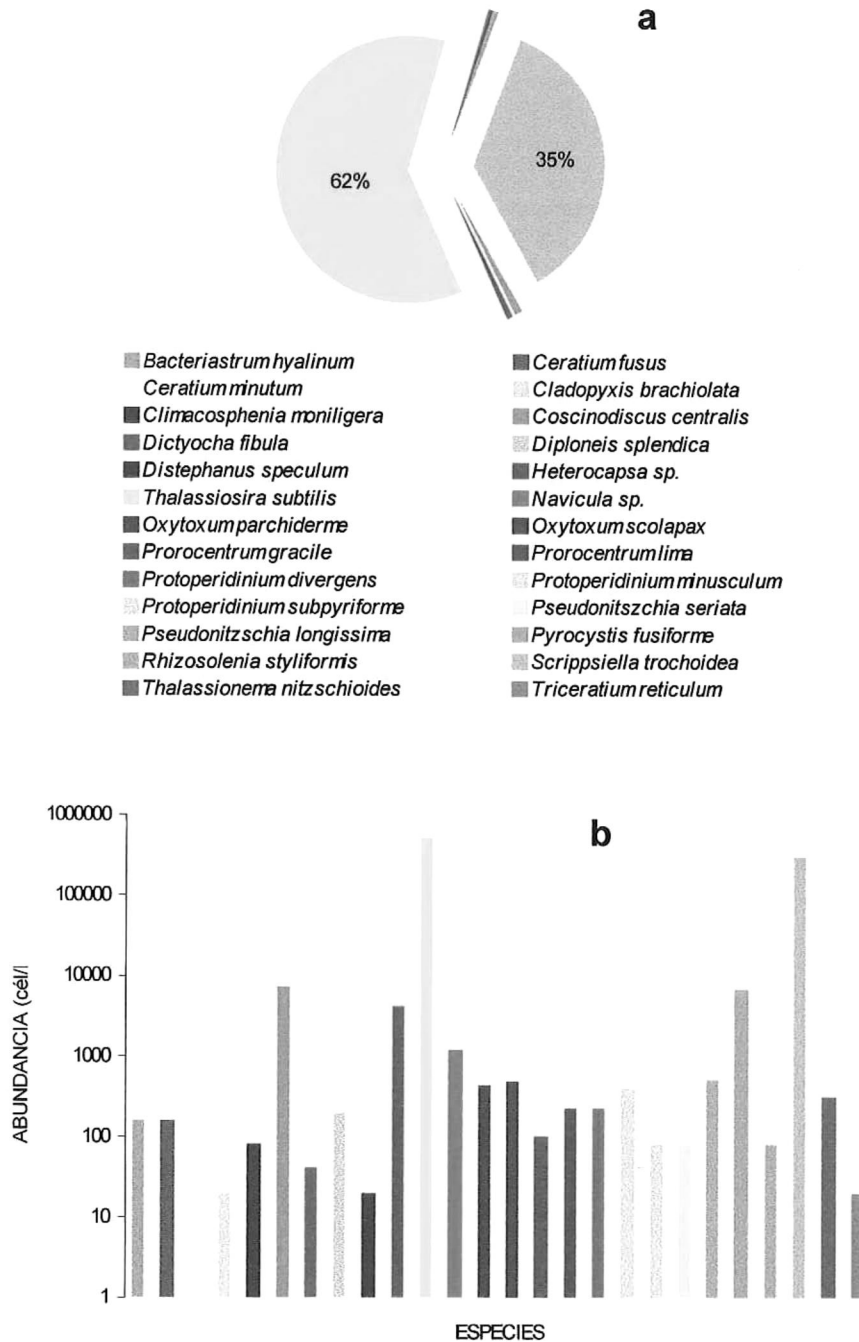


Figura 8.- Abundancia de fitoplancton en la estación B (medio de la bahía) considerando la sumatoria de todos los segmentos. a) Porcentaje; b) Densidad total de cada especie (cél l⁻¹).

En la estación C₁ las especies de mayor abundancia fueron *Thalassiosira subtilis* con 34 100 cél l⁻¹ (72%), *Heterocapsa* sp. con 5 870 cél l⁻¹ (12%) y *Prorocentrum gracile* con 2 400 cel l⁻¹ (5%) (fig. 9 a y b).

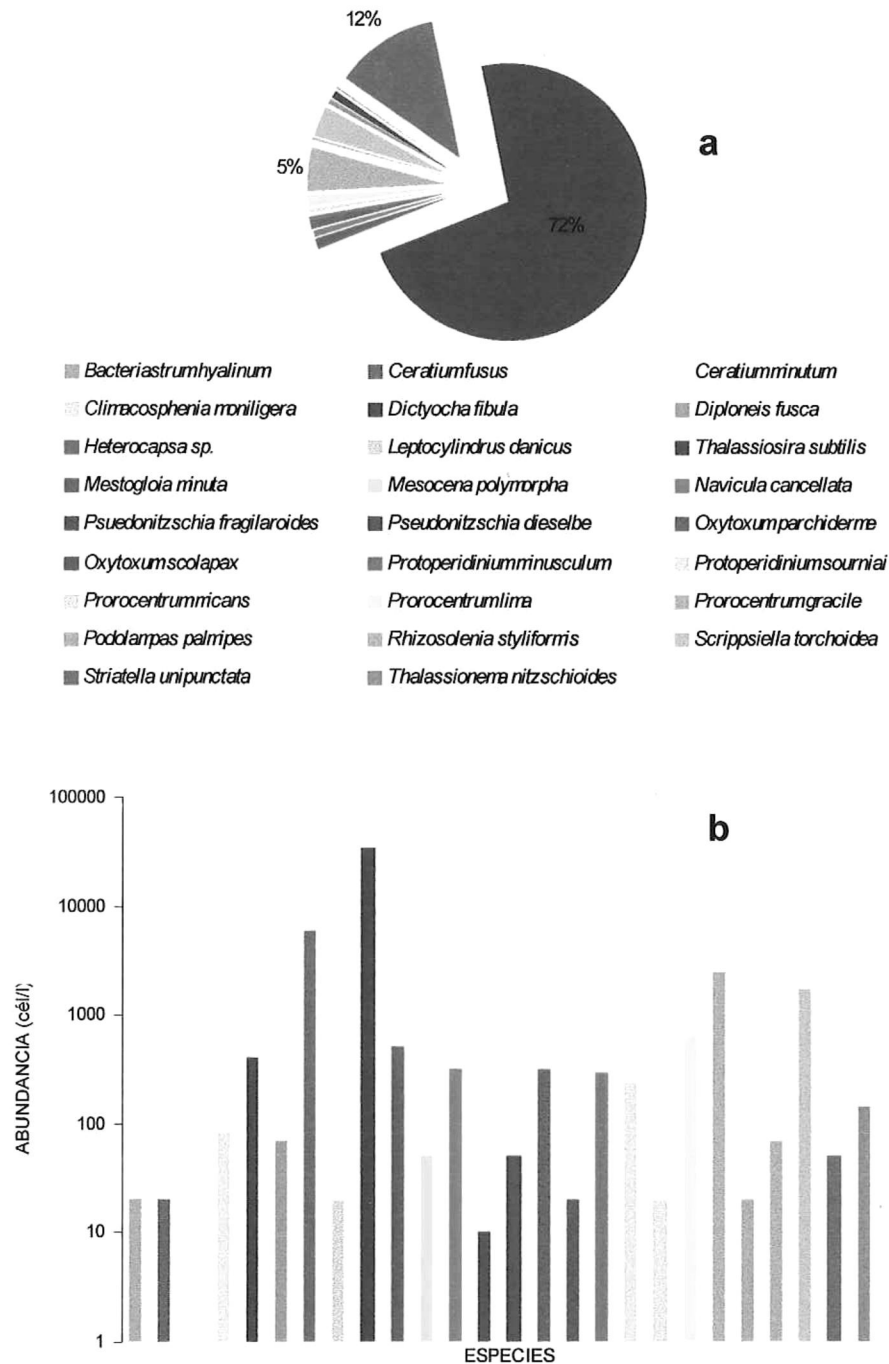


Figura 9.- Abundancia de fitoplancton en la estación C₁ (norte de la bahía) considerando la sumatoria de todos los segmentos. a) Porcentaje; b) Densidad total de cada especie (cél l⁻¹).

En la estación C₂, las especies más abundantes fueron *Thalassiosira subtilis* con 153 000 cél l⁻¹ (85%), *Hemiaulus hauckii* con 5 300 cél l⁻¹ (3%), *Scrippsiella trochoidea* con 5 280 cél l⁻¹ (3%) y *Pyrocystis fusiforme* con 4 740 cél l⁻¹ (fig. 10 a y b).

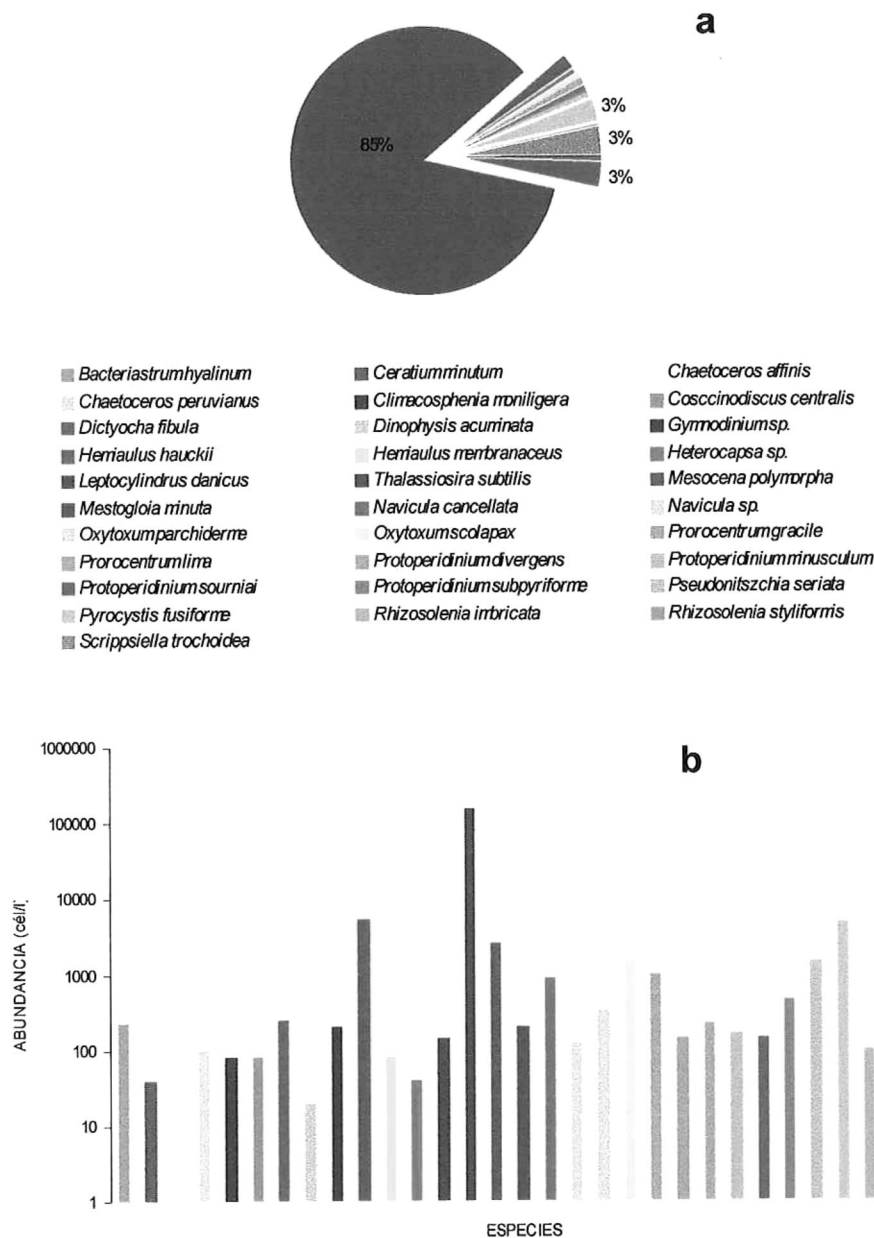


Figura 10.- Abundancia de fitoplancton en la estación C₂ (norte de los cultivos de mejillones) considerando la sumatoria de todos los segmentos. a) Porcentaje; b) Densidad total de cada especie (cél l⁻¹).

Thalassiosira subtilis con 761 500 cél l⁻¹ (91%), *Scrippsiella trochoidea* con 22 300 cél l⁻¹ (3%), *Protoperdinium sourniai* con 17 300 cél l⁻¹ (2%) y *Heterocapsa* sp. con 16 000 cél l⁻¹ (2%) fueron las especies más abundantes en las estación C₃ (fig. 11 a y b).

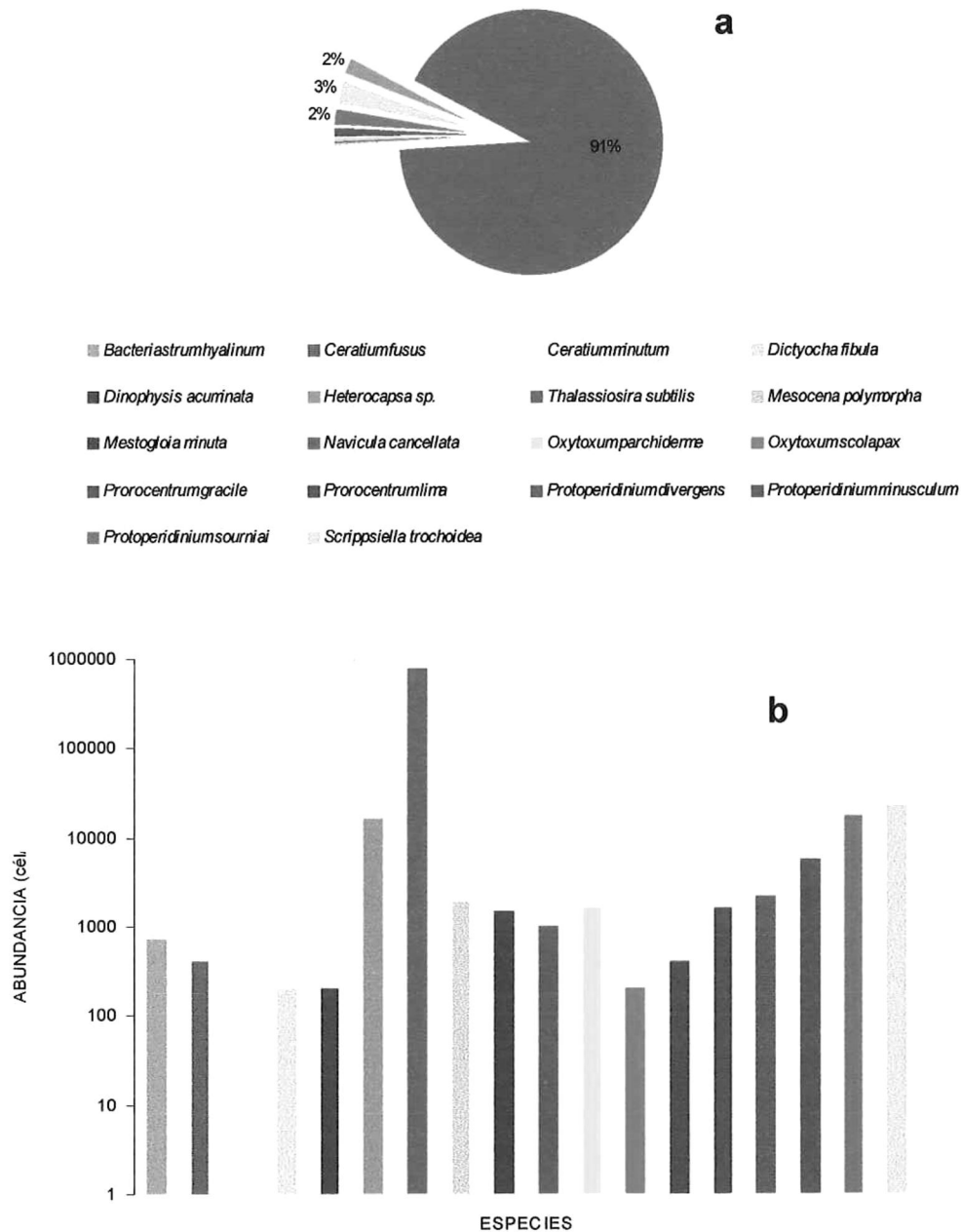


Figura 11.- Abundancia de fitoplancton en la estación C₃ (frente a Punta Morro) considerando la sumatoria de todos los segmentos. a) Porcentaje; b) Densidad total de cada especie (cél l⁻¹).

En la estación C₄, *Thalassiosira subtilis* con 984 000 cél l⁻¹ (88%), *Heterocapsa* sp. con 50 100 cél l⁻¹ (4%) y *Scrippsiella trochoidea* con 30 400 cél l⁻¹ (3%) fueron las especies más abundantes (fig. 12 a y b).

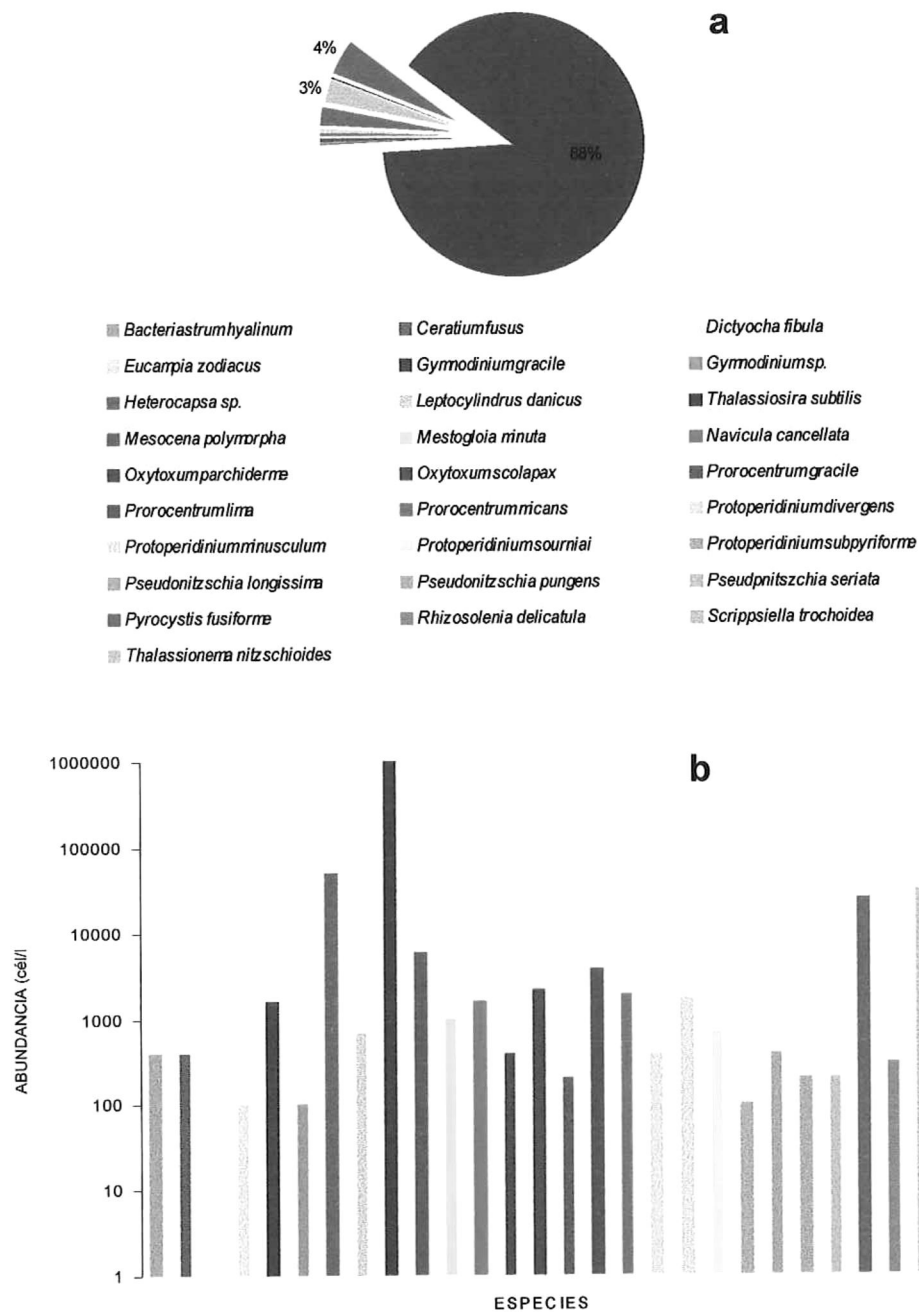


Figura 12.- Abundancia de fitoplancton en la estación C₄ (frente al espigón) considerando la sumatoria de todos los segmentos. a) Porcentaje; b) Densidad total de cada especie (cél l⁻¹).

A partir de los resultados de las muestras integradas se obtuvo que la abundancia de fitoplancton fue mayor en las estaciones A₃, A₄, B, C₃ y C₄ con más de 20 000 cél l⁻¹ (fig. 13). Se observa un gradiente de abundancia de Sur a Oeste (de mayor a menor), siendo en la estación A₄ (frente a Rincón de Ballenas) en donde se encontró la mayor abundancia con un valor de 296 800 cél l⁻¹ y el de menor abundancia se registró en la estación A₁ (frente a Punta Banda) con un valor de 180 cél l⁻¹.

La densidad de fitoplancton registrada en las estaciones de muestreo para cada nivel de profundidad se ilustra en la Figura 14. En ésta se observa que en las estaciones A₂, A₃, A₄, B y C₄ la mayor densidad se encontró en superficie, es decir, en los dos primeros segmentos (0-3 y 3-6 m de profundidad) con valores mayores a 100 000 cél l⁻¹. En las estaciones C₁, C₂ y C₃ el mayor valor de densidad se encontró en los segmentos intermedios; en los segmentos de 6-9 y 9-12 m en la estación C₁ con 10 450 y 10 360 cél l⁻¹ respectivamente, en el segmento de 9-12 m en la estación C₂ con un valor de 131 160 cél l⁻¹ y en el de 6-9 m en la estación C₃ con un valor de 159 600 cél l⁻¹. En la estación A₁ en los niveles más profundos (12-15 y 15-18 m de profundidad) fue donde se registró la mayor abundancia de especies, con un valor de 2 150 y 2 140 cél l⁻¹ respectivamente.

Del análisis estadístico aplicado (prueba de bondad de ajuste), se encontró que de los resultados de fitoplancton total de muestras integradas y de las muestras provenientes de los segmentos del tubo muestreador se obtuvo que la hipótesis nula ("las muestras no difieren entre sí") fue aceptada en todas las estaciones de muestreo (tabla III "**fitoplancton total**"). De las pruebas aplicadas a los valores de la especie dominante, la hipótesis nula se aceptó en todas las estaciones a excepción de la estación frente a Punta Morro (C₃) (tabla III "**especie dominante**").

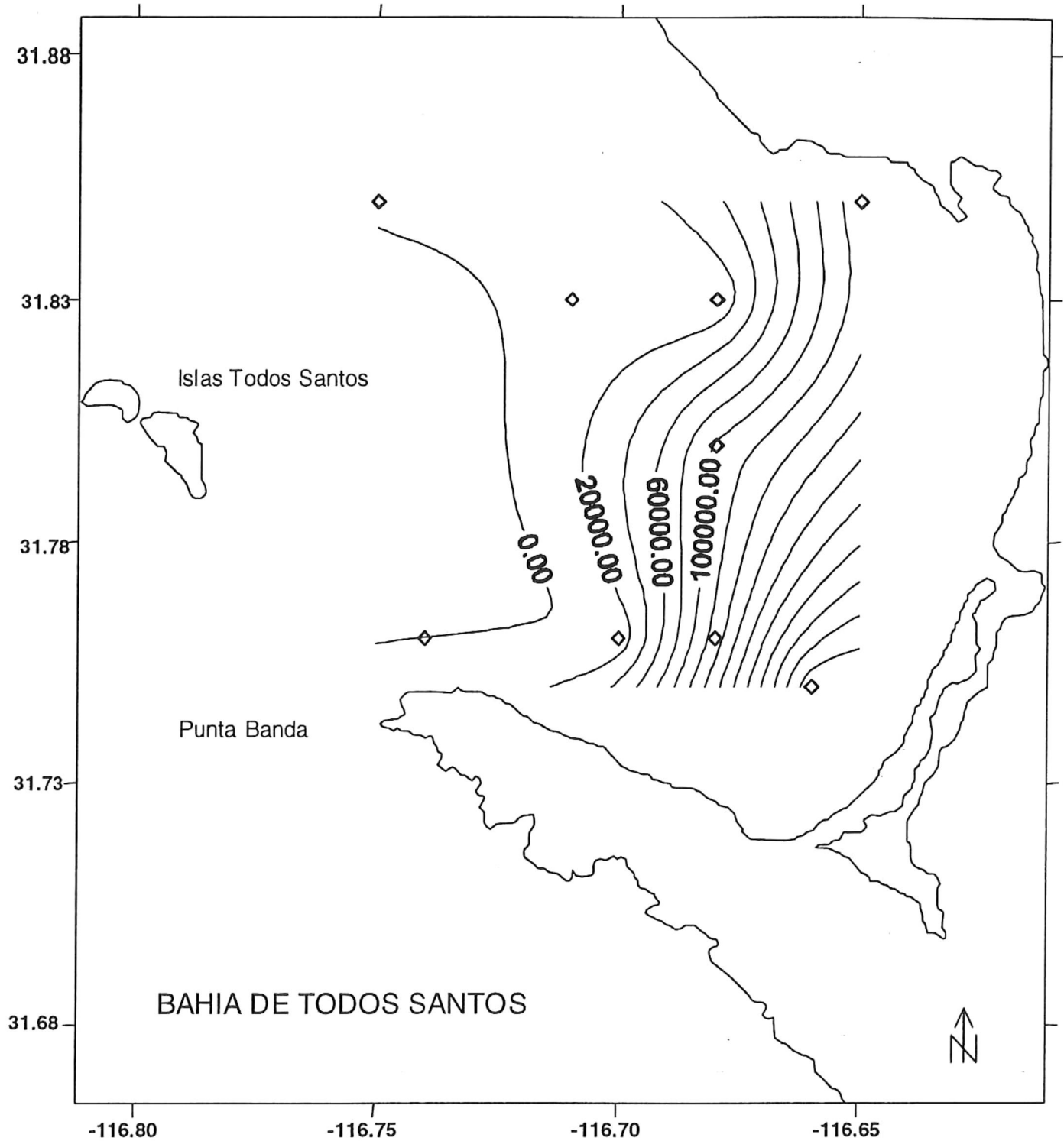


Figura 13.- Distribución de la abundancia de fitoplancton (cél l⁻¹) a partir de los resultados obtenidos de muestras integradas de 0 a 18 m de profundidad en la Bahía de Todos Santos.

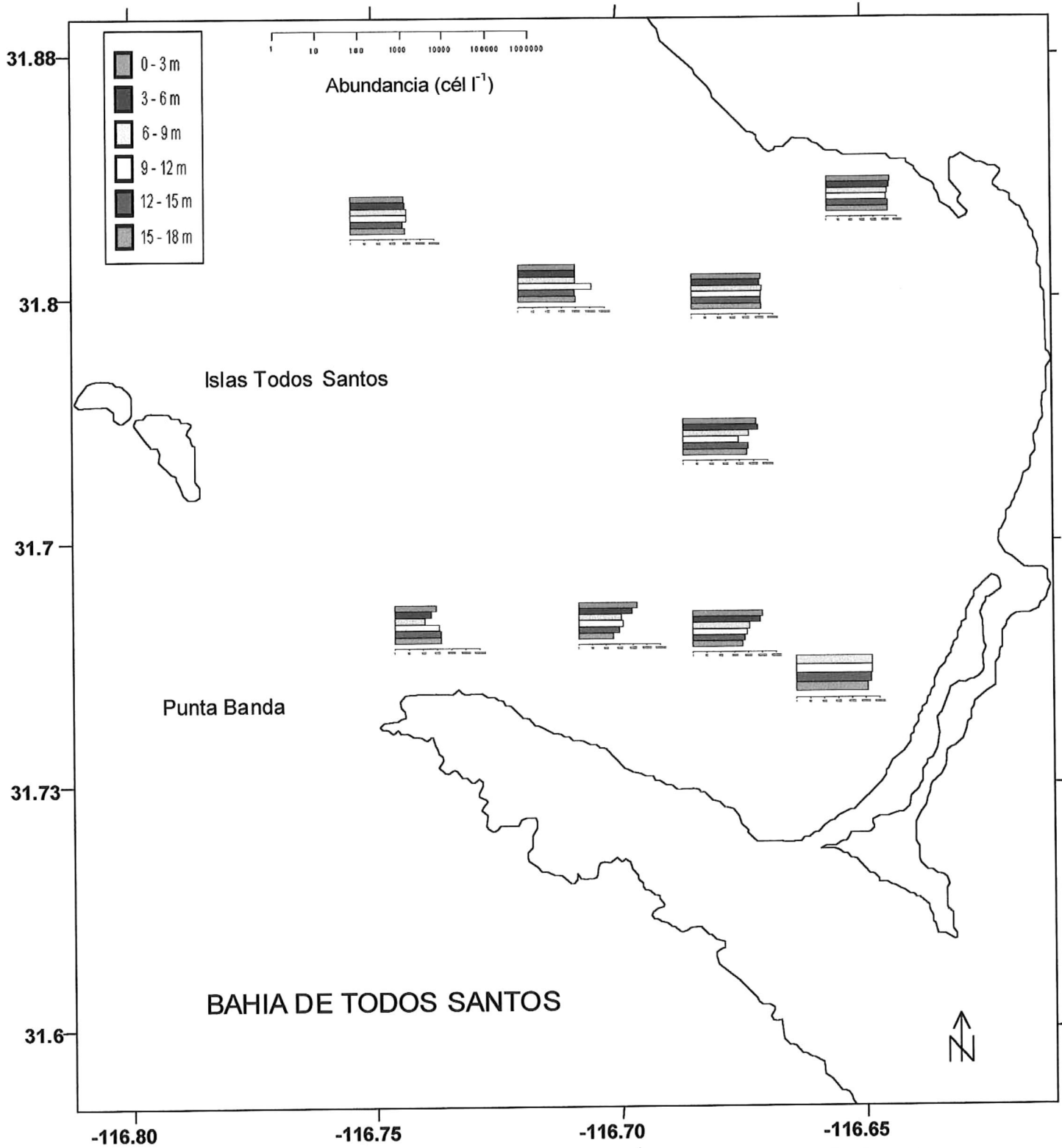


Figura 14.- Densidad de fitoplancton (cél l⁻¹) a diferentes niveles de profundidad, a partir de los resultados obtenidos de las muestras de segmentos en la Bahía de Todos Santos.

Tabla III. Comparación entre la abundancia determinada a partir de muestras integradas y de aquella calculada a partir de muestras provenientes de los segmentos correspondientes a niveles verticales de la columna de agua. La hipótesis nula es: "las muestras no difieren entre sí".

Fitoplancton total				
Estación	χ^2	gl	α	
A ₁	1.63	5	< 0.05	H ₀ es aceptada
A ₂	0.68	5	< 0.05	H ₀ es aceptada
A ₃	0.47	5	< 0.05	H ₀ es aceptada
A ₄	0.02	3	< 0.05	H ₀ es aceptada
B	0.58	5	< 0.05	H ₀ es aceptada
C ₁	0.45	5	< 0.05	H ₀ es aceptada
C ₂	0.49	5	< 0.05	H ₀ es aceptada
C ₃	4.57	5	< 0.05	H ₀ es aceptada
C ₄	0.02	5	< 0.05	H ₀ es aceptada

Especie dominante				
A ₁	2.18	5	< 0.05	H ₀ es aceptada
A ₂	4.87	5	< 0.05	H ₀ es aceptada
A ₃	0.87	5	< 0.05	H ₀ es aceptada
A ₄	0.01	3	< 0.05	H ₀ es aceptada
B	0.64	5	< 0.05	H ₀ es aceptada
C ₁	0.29	5	< 0.05	H ₀ es aceptada
C ₂	0.55	5	< 0.05	H ₀ es aceptada
C ₃	21.07	5	> 0.05	H ₀ es rechazada
C ₄	0.01	5	< 0.05	H ₀ es aceptada

El índice de dominancia de Simpson (τ) que se obtuvo en cada estación se muestra en la tabla IV, en ella puede observarse que el valor mayor fue de 0.96 obtenido en la estación A₄ (frente a Rincón de Ballenas) y el valor menor fue de 0.40 correspondiente a la estación A₁ (frente a Punta Banda).

Tabla IV.- Índice de dominancia de Simpson en las estaciones de muestreo.

Estación	A1	A2	A3	A4	B	C1	C2	C3	C4
τ	0.40	0.64	0.75	0.96	0.50	0.52	0.72	0.83	0.78

4. DISCUSIÓN

En este estudio se registró para el día 26 de septiembre de 1997 en la Bahía de Todos los Santos, un total de 69 especies. Mozqueda-Razo (1995) encontró un total de 40 especies en la zona Norte de la bahía el día 15 de septiembre de 1990 y en este estudio el 26 de septiembre de 1998, para dicha zona, un total de 33 especies. Ambos resultados, pueden compararse, aunque sólo en una región de la bahía, ya que coinciden en el tipo de muestreo para el análisis cualitativo aplicado y en el mes de muestreo. La diferencia entre ambos valores puede deberse a que las condiciones fisicoquímicas del medio hayan sido diferentes en ambos días. Además probablemente el aporte de fitoplancton del océano a la bahía fue mayor el día en que Mozqueda-Razo muestreo que en el día de muestreo de este estudio, reflejándose en una mayor diversidad.

En el trabajo de Rivas-Lozano (1985) también se realizó el mismo análisis cualitativo que en el presente estudio, sólo que en su trabajo no se menciona el total de especies encontradas.

Existen otros trabajos relacionados con la composición fitoplanctónica dentro de la Bahía de Todos Santos como los de Giffard-Mena (1997) y Millán-Núñez y Loya-Salinas (1993), sin embargo, en estos trabajos no se llegó a identificar a nivel especie y no concentraron plancton con red. Por lo tanto, el número especies encontradas en este trabajo tampoco puede compararse con lo encontrado en dichos estudios.

Se determinó la existencia de un florecimiento de *Thalassiosira subtilis* dentro de la Bahía de Todos Santos, ya que dicha diatomea fue la más abundante en las 9 estaciones de muestreo. La estación en la que esta diatomea fue más abundante fue en la estación frente a Rincón de Ballenas (A₄) con una abundancia de 1 009 000 cél l⁻¹ (98%). *Thalassiosira subtilis* es una especie común frente al sur de California (Cupp, 1943) que produce mareas rojas (Hasle y Fryxell, 1995) y se considera una especie dañina debido a que produce masas irregulares de gelatina o mucilago en la que se encuentra embebida, como una forma de colonización. Ésta gelatina puede causar la

muerte de peces ya que obstruye sus branquias (Hasle y Fryxell, 1995). Sin embargo, en esta ocasión aunque fue la especie más abundante en todas las estaciones de muestreo no se observó coloración del agua, ni muerte de peces. Este florecimiento de *Thalassiosira subtilis* puede estar asociado a una alta concentración de nutrientes, ya que la mayoría de los florecimientos de diatomeas se han observado en aguas costeras donde la concentración de nutrientes es alta (Hasle y Fryxell, 1995). *Thalassiosira subtilis* se reportó como especie dominante con un 69% de la biomasa total de fitoplancton en la península de Yucatán durante el invierno de 1994 (Pérez-de los Reyes *et al.*, 1997) y se concluyó que fue por la disponibilidad de altas concentraciones de nutrientes y altos niveles de irradiancia.

En la zona frente a Punta Banda la mayor abundancia de especies fue de 4 460 cél l⁻¹ (63%) correspondiente a la especie *Thalassiosira subtilis*, mientras que Rosas-Gómez (1987) registró una abundancia de 102 346 cél l⁻¹ correspondientes a esporas de dinoflagelados.

En el área frente a Punta Morro la mayor abundancia también corresponde a *Thalassiosira subtilis* pero con una abundancia de 761 500 cél l⁻¹ y Rosas-Gómez (1987) encontró en esta zona una abundancia menor con 13 620 cél l⁻¹ y predominancia de *Thalassiosira* sp. y *Navicula* sp.

En la estación C₄ la mayor abundancia fue de 984 000 cél l⁻¹ correspondiente a la especie *Thalassiosira subtilis*, mientras que en la estación B la mayor abundancia fue de 501 000 cél l⁻¹ también correspondiente a la especie *Thalassiosira subtilis*. Millán-Nuñez y Loya-Salinas (1993) para un área cercana a las estaciones C₄ y B de este estudio, encontraron que la mayor abundancia que se registró en el mes de septiembre fue de 10 863 cél l⁻¹ correspondiente al género *Nitzschia*. Aunque Millán-Nuñez y Loya-Salinas sólo identificaron géneros, es importante notar que como en los trabajos antes mencionados (Giffard-Mena (1997); Rosas-Gómez (1987)) la mayor abundancia correspondió al grupo de las diatomeas. El haber encontrado valores mayores de abundancia en la mayoría de las estaciones de muestreo del presente estudio a comparación de los valores que se reportan en otros estudios, puede

deberse a que la concentración de nutrientes fue mayor en el día en que se muestreó para el presente estudio y esto benefició a la proliferación de las células. Millán-Nuñez y Loya-Salinas (1993) mencionan que durante los meses de abril, mayo y septiembre se observaron incrementos esporádicos en la concentración de nitratos y Giffard-Mena (1997) asoció el florecimiento de *Skeletonema* sp. a una alta concentración de fosfatos dentro de la bahía.

Los dinoflagelados de mayor abundancia fueron *Scrippsiella trochoidea* (en 5 estaciones), *Heterocapsa* sp. (en 4 estaciones) y *Prorocentrum gracile* (en 3 estaciones) (figs. 4-12).

Scrippsiella trochoidea es una especie registrada como productora de mareas rojas (Moncheva *et al.*, 1993). En este estudio la mayor abundancia con que se encontró dicha especie fue de 288 030 cél l⁻¹ (medio de la bahía), pero existen otros trabajos en los que registran mareas rojas producidas por esta especie con más de 1 millón de cél l⁻¹ como en el caso del estudio realizado por Cortéz-Altamirano *et al.*, (1995). Se encontraron otras especies que producen mareas rojas como *Dinophysis acuminata*, *Prorocentrum lima*, *Prorocentrum micans*, *Ceratium fusus*, *Chaetoceros peruvianus*, *Pseudo-nitzschia pungens* y *Pseudo-nitzschia seriata* (Taylor *et al.*, 1995; Hasle y Fryxell, 1995; Orellana-Cepeda *et al.*, 1993), sin embargo, estas especies se encontraron con muy poca densidad (< 1 millón de cél l⁻¹), por lo que no se observó ningún cambio en el color del agua (marea roja).

Los dinoflagelados fueron el grupo con menos fluctuaciones, es decir, a pesar de que se presentaron en menor abundancia, aparecieron más constantes en las estaciones de muestreo. En cambio las diatomeas tuvieron más fluctuaciones en las 9 estaciones de muestreo. Esto nos lleva a pensar que las poblaciones de dinoflagelados son más estables, aunque con baja abundancia, en cambio la población de diatomeas sufre mayores cambios taxonómicos y numéricos en relación con los cambios en el medio ambiente.

De los resultados obtenidos tanto de las muestras integradas como de las de cada segmento, se observó que la mayor abundancia de fitoplancton se encontró en las estaciones más costeras (estaciones con profundidades

menores a 26 m). Esto puede deberse a que la Bahía de Todos Santos recibe un aporte importante de descargas orgánicas de tipo industrial y urbano (Cacho-López, 1992), esto puede incrementar la concentración de nutrientes en la zona cerca de los efluentes y provocar un aumento en la densidad de fitoplancton. Esto puede apoyarse en los estudios realizados por Giffard-Mena (1997) y Aguirre-Buenfil (1983) quienes detectaron un incremento en la abundancia de fitoplancton cerca de zonas afectadas por aguas residuales en la Bahía de Todos Santos. Por su parte, López-Ramírez (1993), concluyó que el impacto ecológico que ocasiona la descarga de materia orgánica al medio marino en Punta Morro se ve marcadamente en la biomasa fitoplanctónica.

En la Figura 13 puede apreciarse un gradiente de abundancia de Sur a Oeste (de mayor a menor), lo que sugiere que hay una intrusión de agua pobre en fitoplancton a la bahía, tanto por el Norte como por el Sur de las islas, descartándose la posible influencia de surgencias hacia la misma, en esta ocasión. Con esto puede suponerse que el agua dentro de la bahía es más rica que las aguas oceánicas, probablemente por el aporte de nutrientes de aguas residuales y del estero de Punta Banda hacia la bahía, observación que corresponde con Cacho-López (1992) y Contreras-Rivas (1973).

Se ha determinado que la región Sur de la Bahía de Todos Santos es la que presenta los valores más altos en cuanto a productividad (Ziehl-Verde, 1992). Esto concuerda con lo que se puede deducir de este trabajo, pues se determinó la mayor densidad de fitoplancton en la estación A₄ (cerca de Rincón de Ballenas). Esto se puede atribuir a que el estero de Punta Banda tiene una influencia sobre la bahía en un radio de 6 km a partir de la boca (Contreras-Rivas, 1973). Además, se ha reportado que hay un transporte de nutrientes de la región interna del estero de Punta Banda hacia la bahía durante el refluo de la marea (Martínez-Inostros, 1994), lo cual sugiere el aporte de nutrientes del estero a la bahía. De hecho la región Sur de la bahía es la más limpia y rica, apta para el maricultivo de mejillones, por tal motivo el Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO) tiene su Unidad de Desarrollo y

Demostración de Tecnologías Acuiculturales (UDDTA) (García-Pámanes, com. pers.).

La densidad de fitoplancton varió para cada nivel de profundidad (fig. 14). En la mayoría de las estaciones de muestreo (A_2 , A_3 , A_4 , B y C_4) la mayor densidad se registró en superficie. Esto se refleja en que la penetración de la luz (disco de Secchi) no llegó a más de 10 m de profundidad, provocado probablemente por la acumulación de células acondicionadas a altas irradiancias. Esto puede confirmar que la penetración de la luz en la columna de agua es controlada principalmente por la biomasa de fitoplancton (Giffard-Mena, 1997). Cabe mencionar que las estaciones en las que la mayor densidad de fitoplancton se encontró en superficie, son estaciones cercanas a la costa y esto se debió probablemente a que el aporte de nutrientes por aguas residuales se da a niveles superficiales.

Del estadístico de prueba se determinó que de los resultados de fitoplancton total la hipótesis nula fue aceptada en todas las estaciones de muestreo (tabla III), es decir, los resultados obtenidos a partir de las muestras integradas y de cada uno de los segmentos no difieren entre sí. Sin embargo, de los resultados obtenidos de la especie dominante, la hipótesis se aceptó en todas las estaciones a excepción de la estación C_3 (tabla III).

Se analizaron los cálculos de ji-cuadrada en la estación en donde la hipótesis nula se rechazó (C_3), y se observó que la especie dominante en la muestra integrada fue una especie diferente (*Prorocentrum gracile*) a la especie que había sido dominante en cada uno de los segmentos (*Thalassiosira subtilis*), por lo tanto, el valor de la especie dominante en los segmentos tenía un valor mayor que en la muestra integrada, lo que hacía que el valor de la ji-cuadrada calculada fuera mayor que la ji-cuadrada observada y así se rechazara la hipótesis nula.

En un principio se pensó que posiblemente no se había realizado adecuadamente el análisis cuantitativo de la muestra integrada de la estación en cuestión, por lo que se tomó la decisión de realizar un segundo análisis cuantitativo de dicha muestra. Se cuidó de realizar una buena homogeneización

de la muestra y se dejó sedimentar 50 ml durante el tiempo requerido. Los resultados del nuevo análisis dieron la misma información, por lo tanto, el primer conteo fue comprobado (la especie dominante fue *Prorocentrum gracile* con 1 690 cél l⁻¹ en el primero y 1 240 cél l⁻¹ en el segundo, así como una densidad total de 2 530 cél l⁻¹ en el primero y 1 600 cél l⁻¹ en el segundo).

Una posible razón por la cual en la estación C₃ la especie dominante en las muestras de los segmentos no lo haya sido en la muestra integrada, es que se observó que dicha especie (*Thalassiosira subtilis*) se encontraba embebida en una sustancia gelatinosa, ya que es su forma de colonización. Esto pudo ocasionar que al tomar las alicuotas (250 ml) de cada segmento la gelatina se fuera con la mayor cantidad de células. Así cuando se tomó la alicuota (250 ml) de la muestra ya integrada se capturaron una menor cantidad de mucilago.

Sin embargo, en la mayoría de las muestras integradas pudo observarse que la especie *Thalassiosira subtilis* fue la especie dominante. Por lo tanto, en casos de florecimientos de fitoplancton, en donde hay una especie dominante, las muestras integradas van a proporcionar la información requerida y así obtener una pronta respuesta del o de los causantes del florecimiento fitoplanctónico o marea roja, pero en casos en los que se identifiquen florecimientos de especies que formen masas gelatinosas sería recomendable analizar todos los segmentos por separado.

El índice de dominancia de Simpson se aplicó con el fin de probar si el aparato de muestreo sirve para una especie dominante. Sin embargo, esto fue difícil de establecer debido a que aunque la dominancia fue baja, como en el caso de la estación A₁ (0.4), la hipótesis nula fue aceptada. Se aplicó el estadístico de prueba para especies que fueron poco abundantes, pero que aparecieran en la muestra integrada para poder realizar la comparación con las muestras de segmentos, y aún así la hipótesis se aceptó.

Finalmente se afirmó que con las muestras integradas colectadas con el tubo muestreador segmentado se obtiene información necesaria para determinar el o los causantes de una marea roja en un plazo corto de tiempo (considerando que el tiempo para analizar una muestra en promedio se llevó 3

horas), y que el número de muestras a analizar se reduce en una proporción de 6:1. Por lo tanto, con el análisis de las muestras integradas pueden darse respuestas y soluciones rápidas en un evento de mareas rojas.

5. CONCLUSIONES

De las 69 especies de fitoplancton encontradas en la Bahía de Todos Santos en este estudio, se concluye que las especies: *Thalassiosira subtilis*, *Scrippsiella trochoidea*, *Dinophysis acuminata*, *Prorocentrum lima*, *Prorocentrum micans*, *Ceratium fusus*, *Chaetoceros peruvianus*, *Pseudo-nitzschia seriata* y *Pseudo-nitzschia pungens* son productoras de mareas rojas, por lo que se deben monitorear aunque no se observe ningún cambio en el color del agua.

A partir del florecimiento de la diatomea *Thalassiosira subtilis* detectado durante el día de muestreo con el tubo muestreador segmentado, se concluye que en casos de florecimientos fitoplanctónicos, dicha técnica proporciona la información requerida para dar soluciones rápidas a tales eventos.

En este estudio, la abundancia de fitoplancton fue mayor en niveles superficiales (0-6 m) en la región más somera (< 26 m de profundidad), especialmente en la región Sur, por lo tanto se confirma su aptitud para el maricultivo.

Por primera vez se comprueba estadísticamente que de las muestras integradas colectadas con el tubo muestreador segmentado, se obtiene información necesaria para determinar el o los causantes de una marea roja, salvo en casos en los que la especie dominante forme masas gelatinosas.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Buenfil, L.A. 1983. Biomasa e índice pigmentario (D430 – D665) del fitoplancton en zonas afectadas por descargas orgánicas en la Bahía de Todos Santos, Baja California (febrero – diciembre de 1982). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C., 64 pp.
- Balech, E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Instituto Español de Oceanografía. Publicaciones especiales, Madrid, 310pp.
- Cacho-López, L. 1992. Variación estacional de nutrientes al noroeste de la Bahía Todos Santos, B.C. (1989 – 1990). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C., 46 pp.
- Contreras-Rivas, I. 1973. Influencia termohalina de las aguas del Estera de Punta Banda en la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C., 68 pp.
- Cortéz-Altamirano, R., D.V. Hernández-Becerril y R. Luna-Soria. 1995. Evaluación y prevención de los efectos de las mareas rojas en la Bahía de Mazatlán (1994), Sinaloa, México. *Ciencias del Mar*, UAS. 14: 10-14.
- Cupp, E.E. 1943. Marine plankton diatoms of the West coast of Northamerica. University of California Press. 203 pp.
- Cruz-Colín, M.E. 1997. Variabilidad de temperatura del mar en la Bahía de Todos Santos, B.C. México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C., 98 pp.
- Franks, P.J.S. 1995. Sampling Techniques and Strategies for Coastal Phytoplankton Blooms. In: G.M. Hallegraeff, D.M. Anderson, A.D. Cembella (eds.), *Manual on Harmful Marine Microalgae*. IOC Manuals and Guides No. 33. UNESCO., Paris, p. 25 - 43.
- Giffard-Mena, I. 1997. Variación del fitoplancton con relación a las aguas residuales en la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C., 53 pp.

- Hallegraeff, G.M. 1995. Harmful algal blooms: A global overview. In: G.M. Hallegraeff, D.M. Anderson, A.D. Cembella (eds.), Manual on Harmful Marine Microalgae. IOC Manuals and Guides No. 33. UNESCO, Paris, p. 1-22.
- Hallegraeff, G.M., D.M. Anderson and, A.D. Cembella. 1995. Manual on Harmful Marine Microalgae. IOC Manuals and Guides No. 33. UNESCO, Paris, 551pp.
- Hasle, G.R., and G.A. Fryxell. 1995. Taxonomy of diatoms. In: G.M. Hallegraeff, D.M. Anderson, A.D. Cembella (eds.), Manual on Harmful Marine Microalgae. IOC Manuals and Guides No. 33. UNESCO, Paris, p. 339-364.
- López-Ramírez, P.E. 1993. Variaciones diurnas de algunos efectos producidos por la descarga del material orgánico introducido por la UABC Unidad Ensenada, en la línea de costa cercana al efluente, durante noviembre de 1992. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C., 92 pp.
- Margalef, R. 1969. Counting. In: R.A. Vollenweider, J.F. Talling and D.F. Westlake (eds.), A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments including a chapter on bacteria. London, International Biological Programme; Oxford and Edinburgh, Blackwell Scient. Publ., p. 7-14.
- _____ 1983. Limnología. Ediciones Omega, Madrid, 1010 pp.
- Martínez-Inostros, M. 1994. Caracterización de: oxígeno disuelto, salinidad, temperatura y nutrientes antes y después de una temporada de lluvia (septiembre de 1992 y marzo de 1993) en el Estero de Punta Banda, B. C. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C., 42 pp.
- Martin, D.F. 1968. Marine Chemistry, I. Analytical Methods. Marcel Dekker New York, 280 pp.
- Millán-Nuñez, E. y D.H. Loya-Salinas. 1993. Variabilidad temporal del fitoplancton en una zona costera del noroeste de Baja California. Ciencias Marinas 19(1)61-74.

- Moncheva, S., V. Petrova-Karadjova, A. Palasov. 1993. Harmful algal blooms along the Bulgarian Black Sea coast and possible patterns of fish and zoobenthic mortalities. *In*: P. Lassus, G. Arzul, E. Erard-Ledenn, P. Gentien and C. Marcallou-Lebaut (eds.), Proceedings of the Sixth International Conference on Toxic Marine Phytoplankton, October 1993, Nantes, France. Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, France, p. 193 – 198.
- Mozqueda-Razo, C.A. 1995. Variabilidad anual de la estructura de fitoplancton de red en el área norte de Bahía de Todos Santos (1990). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C., 80 pp.
- Orellana-Cepeda, E., L.A. Morales-Zamorano, N. Castro-Castro. 1993. A Conceptual model of coastal red tides off Baja California. Sixth International Conference on Toxic Marine Phytoplankton. France, p. 152.
- Pérez-de los Reyes, R., C. Gil-Varona, M. Signorel-Poillon, S. Licea-Durán. 1997. Red tide caused by *Scrippsiella trochoidea* in a frontal ecosystem off Yucatan peninsula Mexico. *In*: VIII International Conference on Harmful algae, Vigo, p. 160.
- Riley, J.P. 1965. Analytical Chemistry of seawater. *In*: J.P. Riley and G. Skirrow (eds.), Chemical Oceanography. Academic Press Inc., New York, Vol. II, p. 295 - 424.
- Rivas-Lozano, A.M. 1985. Distribución del fitoplancton en la Bahía de Todos Santos (primavera 1983). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C., 49 pp.
- Secretaría de Marina. 1974. Estudio Geográfico de la Región de Ensenada, Baja California. Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marítimo, 463 pp.
- Siegel, S. 1956. Nonparametric Statistics: for the behavioral sciences. McGraw-Hill Book Company., New York, 312 pp.
- Sournia, A. 1978. Phytoplankton Manual. UNESCO., Paris, 337 pp.
- Sutherland, T.F., C. Leonard and F.J.R. Taylor. 1992. A segmented pipe

- sampler for integrated profiling of the upper water column. *J. Plankton Res.* (14): 915 - 923.
- Taylor, F.J.R. 1976. Dinoflagellates from the International Indian Ocean Expedition. A report on material collected by the R.V. "Anton Bruun" 1963 -1964 Stuttgart. 227 pp.
- Taylor, F.J.R., Y. Fukuyo and J. Larsen. 1995. Taxonomy of Harmful Dinoflagellates. *In*: G.M. Hallegraeff, D.M. Anderson, A.D. Cembella (eds.), *Manual on Harmful Marine Microalgae*. IOC Manuals and Guides No. 33. UNESCO, Paris, p. 339–364.
- Thronsdon, J. 1978. Preservation and storage. *In*: A. Sournia (ed.), *Phytoplankton Manual*. UNESCO., Paris, p. 69 - 74.
- Tomas, R.C. 1997. *Identifying Marine Phytoplankton*. Tomas. R.C. (ed.) Academic Press. 858 pp.
- Venrick, E.L. 1978a. Sampling strategies. *In*: A. Sournia (ed.) *Phytoplankton Manual*. UNESCO., Paris, p. 7 - 16.
- _____ 1978c. Statistical considerations. *In*: A. Sournia (ed.) *Phytoplankton Manual*. UNESCO., Paris, p. 238 – 250.
- Yamaji, I. 1979. *Illustrations of the marine plankton of Japan*. Hoikusha Publishing Co. 109 pp.
- Ziehl-Verde, F.L. 1992. Evaluación de la interrelación de la corriente costera y su influencia en los cambios de la productividad dentro de la Bahía de Todos Santos, B.C. México. *Pregunta Problema*. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C., 22 pp.