

00361



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ciencias  
División de Estudios de Posgrado

Estructura y dinámica en el corto plazo, de la  
comunidad de fitoplancton en la boca de la Bahía  
Magdalena, Costa Occidental de Baja California  
Sur, México.

T E S I S  
Que para obtener el Grado Académico de  
MAESTRIA EN CIENCIAS (BIOLOGIA)  
p r e s e n t a  
ERENDIRA JULIETA COHEN FERNANDEZ

Director de Tesis:

DR. DAVID URIEL HERNANDEZ BECERRIL

28/1/00

2000



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedico esta tesis

a Paloma, Alba y Adolfo, por su inagotable cariño, paciencia y comprensión

a mi mamá, por su ejemplo

a mi papá que me acercó al mar y

a mis hermanos que lo compartieron conmigo

a mi mamá Lupita y a mi papá Julito, *in memoriam*

Agradezco al Dr. David Uriel Hernández Becerril los extensos y profundos conocimientos que compartió conmigo, me hicieron descubrir la belleza del fitoplancton y son uno de los pilares de esta tesis. Quiero dejar constancia de que además de su gran capacidad intelectual y científica, rivalizan en él su humanismo y solidaridad. A él y a su familia, muchas gracias.

A la Dra. María Esther Meave del Castillo porque al aplicar su habitual acuciosidad, tenacidad y esfuerzo en la revisión de la tesis, me hizo ver fallas que resultaron en la corrección de errores importantes en el análisis de datos.

El Dr. Virgilio Arenas Fuentes me mostró la importancia del fitoplancton en la ecología de pesquerías, realzando la importancia de la tesis en un contexto más allá de la ficología. Quiero agradecerle por darme un espacio en su laboratorio, así como por permitirme disponer de su infraestructura. La convivencia con los miembros de su laboratorio, en especial a Gabriel Medina, Ernesto Bravo Sierra y Jorge Castro Sánchez, quienes me brindaron su apoyo generoso e incondicional.

A la M en C María Eugenia Zamudio Resendiz y al Dr. F. Xavier Chiappa Carrara, por contribuir a que los aspectos teóricos de la tesis fueran expuestos con mayor claridad.

Al Dr. Eberto Novelo Maldonado y al Dr. Javier Carmona Jiménez, excelentes maestros, les agradezco compartir su interés y entusiasmo por el tema de la tesis, haciendo renacer en mí el gusto por ella. Sus observaciones y sugerencias mejoraron de manera considerable la calidad de la estructura general de la tesis, la discusión y conclusiones.

He tenido la fortuna de contar, para la elaboración de la tesis, con el consejo y apoyo de un sin número de personas, no puedo mencionarlas a todas aquí por su nombre, sin embargo queda escrito en mi corazón.

Sin la labor y colaboración de todos, esta tesis no hubiera sido posible, pero no tienen responsabilidad por cualquier error que pudiera contener.

Eréndira Julieta Cohen Fernández  
México, D.F., Agosto del 2000

# **Estructura y dinámica en el corto plazo, de la comunidad de fitoplancton en la boca de la Bahía Magdalena, Costa Occidental de Baja California Sur, México.**

Tesista: Biól. Eréndira Julieta Cohen Fernández

Director de Tesis: Dr. David Uriel Hernández Bocerril

## **RESUMEN**

Se describen la estructura y dinámica de las comunidades de fitoplancton, en tres localidades (Bahía Magdalena, Boca de la Bahía Magdalena y Mar Abierto) que forman parte del área en que la Bahía Magdalena se comunica con el Océano Pacífico. Se utilizaron muestras recolectadas con botella en los puntos señalados, a varias profundidades (dependiendo de la profundidad de la estación), cada 6 a 9 h, durante 42 h, en el mes de diciembre de 1996. Las localidades Bahía Magdalena, Boca de la Bahía Magdalena y Mar Abierto (arriba de los 30 m), tienen una estructura tan similar que considero constituyen una misma comunidad. En el Mar Abierto, el fitoplancton fué menos diverso y abundante, pero compartió especies con las otras localidades. Se esboza la propuesta de un modelo explicativo que predice la existencia de una corriente que fluye desde el Mar Abierto hacia la Bahía Magdalena (5 m), y de una contracorriente (10-20 m), que se relaciona con la distribución del fitoplancton y la dinámica de las comunidades. El mayor componente del fitoplancton fueron las diatomeas. La marea no pareció influir de manera sensible en las variables ambientales, ni en la dinámica de las comunidades. La temperatura indicó cambios constantes en las características de la columna de agua por debajo de los 40 m.

**ÍNDICE**

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>EL FITOPLANCTON MARINO</b>	<b>5</b>
<b>LA ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES DE FITOPLANCTON MARINO Y SU DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO</b>	<b>9</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>7</b>
<b>HIPÓTESIS</b>	<b>8</b>
<b>ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>9</b>
<b>MÉTODO</b>	<b>11</b>
<b>MÉTODO DE COLECTA</b>	<b>11</b>
<b>ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS EN EL LABORATORIO</b>	<b>11</b>
<b>ANÁLISIS DE DATOS</b>	<b>12</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>15</b>
<b>BAHÍA MAGDALENA</b>	<b>16</b>
<b>EL FITOPLANCTON</b>	<b>16</b>
<b>LAS ASOCIACIONES</b>	<b>18</b>
<b>LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD</b>	<b>18</b>
<b>DIFERENCIAS ENTRE ESTRATOS</b>	<b>18</b>
<b>DIFERENCIAS DENTRO DE CADA ESTRATO</b>	<b>21</b>
<b>BOCA DE LA BAHÍA MAGDALENA</b>	<b>23</b>
<b>EL FITOPLANCTON</b>	<b>23</b>
<b>LAS ASOCIACIONES</b>	<b>25</b>
<b>LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD</b>	<b>25</b>
<b>DIFERENCIAS ENTRE ESTRATOS</b>	<b>25</b>
<b>DIFERENCIAS DENTRO DE CADA ESTRATO</b>	<b>26</b>
<b>MAR ABIERTO</b>	<b>28</b>
<b>EL FITOPLANCTON</b>	<b>28</b>
<b>LAS ASOCIACIONES</b>	<b>30</b>
<b>LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD</b>	<b>30</b>
<b>DIFERENCIAS ENTRE ESTRATOS</b>	<b>30</b>
<b>DIFERENCIAS DENTRO DE CADA ESTRATO</b>	<b>30</b>
<b>COMPARACIÓN ENTRE LAS COMUNIDADES DE LAS DISTINTAS LOCALIDADES</b>	<b>33</b>
<b>EL FITOPLANCTON</b>	<b>33</b>
<b>COMPARACIÓN ENTRE LAS ASOCIACIONES</b>	<b>35</b>
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>36</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>40</b>
<b>ANEXO 1</b>	

## INTRODUCCIÓN

La comunidad es el conjunto de especies que comparten espacio y tiempo. El investigador en su que hacer, establece el universo de la muestra, determinando que rebanada del universo quedará incluida en la muestra, el área de estudio y la duración del mismo (Taylor 1992). Los factores que influyen en esta decisión dependen de las condiciones en las que se desarrolla la investigación en el área del conocimiento en la que participa, tanto como de su interés por describir y/o proponer un modelo explicativo para un fenómeno particular.

El interés por estudiar la estructura de la comunidad de organismos planctónicos tiene su origen en la "paradoja del plancton" planteadas por G. E. Hutchinson (1961). El problema consiste en explicar la coexistencia de diferentes especies de organismos planctónicos en aguas homogéneas, que aparentan ser un solo nicho. Una de las soluciones a la paradoja es la propuesta de un nicho en constante evolución. Desde entonces y hasta la mitad de la década de los 70's, la representación matemática de la estructura de la comunidad y de la amplitud del nicho, se centra en dos parámetros fundamentales: la diversidad de especies y la abundancia de organismos que pertenecen a cada una de ella (Kingsland, 1988).

Un nicho que evoluciona es dinámico, está cambiando, se "mueve" en el tiempo, por lo tanto la estructura de la comunidad cambia. Por esta razón la escala temporal a la que los cambios pueden ser registrados, depende de la longevidad de los organismos y de su tiempo de generación. Parsons y Takahashi (1973) y Eppley (1980), estiman que el fitoplancton tiene una tasa de crecimiento de entre una y dos duplicaciones por día. La Figura 1 muestra tanto los tiempos de división celular, como el número de divisiones celulares por día ( $k'$ ) de fitoplancton de tamaño creciente. Esta información se obtuvo en cultivos de laboratorio para algas de agua dulce, por lo que los tiempos en condiciones naturales para organismos marinos podrían variar. Sobre todo considerando que los grupos de organismos puedan ser muy distintos.

Sin embargo es suficiente para mostrar la importancia de realizar estudios sobre la estructura y dinámica de las poblaciones de fitoplancton, en el corto plazo. El presente proyecto propone describir la estructura de la comunidad de fitoplancton, detectando los cambios que ocurren en su estructura dentro de un lapso de 42 h. La Figura 1 muestra que en el intervalo de 42 h están incluidos los tiempos de generación de organismos cuyas dimensiones van de los 10 a los  $10^4 \mu\text{m}^3$ .

La escala de tiempo relativo a los cambios en la estructura de la comunidad, necesita expresarse en relación con el tiempo de vida de los organismos. Las perturbaciones ambientales en escalas de tiempo que abarcan más de una generación (de 6 a 200 h) tendrán un efecto muy importante sobre la diversidad de la comunidad, porque influyen en las tasas de crecimiento y la dinámica poblacional del fitoplancton (Harris 1986).

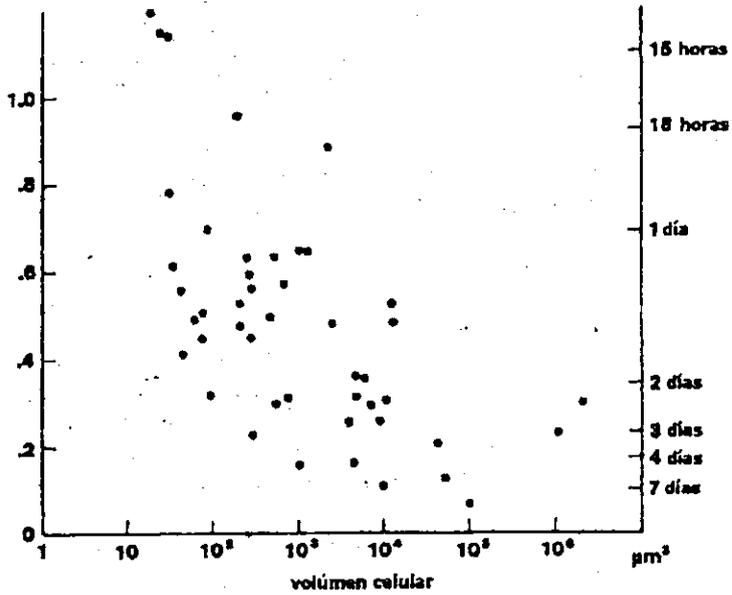


Figura 1. Resumen de la tasa de crecimiento como función del tamaño celular en fitoplancton superficial de agua dulce (Harris, 1986).

Las características de las poblaciones de las diferentes especies determinan las características de la comunidad y su estructura. La lista de las especies de fitoplancton presentes en el área de estudio constituye el primer acercamiento a la estructura de la comunidad. Posteriormente se incluye en la tesis una primera aproximación al análisis descriptivo del mayor número posible de características biológicas de las especies encontradas, aun cuando la información proviene de la literatura. Esta información incluye:

- Tamaño: volúmen celular en  $\mu\text{m}^3$  reportado por Margalef (1994).
- Categoría taxonómica (División o Clase) a la que pertenecen las especies.
- Formas de vida: planctónicas y ticoplanctónicas
- Nivel de organización: Coloniales o solitarias.
- Distribución: cosmopolitas, agua fría, templada y tropical.

El análisis de la estructura de la comunidad se basa en la matematización de dos atributos o propiedades de las comunidades: Abundancia y diversidad de especies, estableciendo índices y gráficas que representan la relación entre el número de organismos y las especies a las que pertenecen. La estimación de la diversidad es una forma de representar, indirectamente, la estructura y funcionamiento de la comunidad (Santoyo y Signoret 1977). La dinámica de la comunidad no es más que la representación de los cambios en la estructura de la comunidad a través del tiempo. La matematización y el uso de la estadística permite encontrar patrones y poner a prueba modelos explicativos.

## □ EL FITOPLANCTON MARINO

El fitoplancton es la porción "vegetal" del plancton, el conjunto de organismos microscópicos fotosintetizadores que flotan en la columna de agua, aun cuando algunos de ellos han sido tradicionalmente considerados como heterótrofos. Éste es el caso del ciliado *Mesodinium rubrum*, la especie productora de mareas rojas más común (Cortés-Altamirano *et al.* 1995), que ha establecido una relación de endosimbiosis con una especie de criptoficea fotosintetizadora, la que determina su distribución en la columna de agua (Crawford, 1989). Por esta razón lo he incluido en el análisis, aunque no es considerado fitoplancton. Por otra parte, se excluyeron del análisis las especies heterótrofas, tales como los dinoflagelados del género *Protoberidinium*, no obstante que tradicionalmente la mayoría de autores las han considerado como parte del fitoplancton (por ejemplo Martínez-López 1993, Margalef 1994).

Las comunidades de fitoplancton en el ambiente marino, están estrechamente correlacionadas con la penetración de la luz solar, con la estructura de densidad del agua (que depende de la temperatura y la salinidad), con la disponibilidad de nutrimentos y con factores biológicos como la depredación por pastoreo del zooplancton. Las fluctuaciones en la estabilidad de la columna de agua en el corto plazo son importantes por la forma en que los gradientes de densidad se alteran y restablecen, controlando procesos que determinan el crecimiento y la desaparición de poblaciones en las capas mezcladas. Dichas fluctuaciones son producidas por la turbulencia, la mezcla en la columna de agua, por los cambios en la velocidad y dirección del viento, y por la marea (Harris 1986).

## □ LA ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES DE FITOPLANCTON MARINO Y SU DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO

En México los estudios sobre la composición de especies de las comunidades marinas de fitoplancton son abundantes. Consisten en listas florísticas y revisiones de especies en áreas determinadas, que en ocasiones incluyen la descripción de especies nuevas. Así, existen estudios sobre la sistemática y taxonomía de diatomeas, dinoflagelados, cocolitofóridos, silicoflagelados y cianofíceas planctónicas. En lo que respecta a la estructura de las comunidades fitoplanctónicas, se han publicado, además de las listas de especies y su abundancia, índices de diversidad, índices de equidad, índices pigmentarios y análisis de asociación, que vienen mencionados en Hernández-Becerril (1993).

Sobre los patrones de distribución en el tiempo y el espacio, Hernández Becerril (1993) menciona que desde 1974 se han publicado 11 estudios sobre ciclos anuales realizados en la Laguna de Yávaros en Sonora, el Sistema Lagunar Huizache-Caimanero en Sinaloa, la Bahía de La Paz en Baja California Sur, el Estero Urias en Sinaloa y en Punta Limón en Veracruz. Sobre los intentos por conocer los patrones de distribución en periodos de tiempo más cortos, menciona el estudio de ciclos nictemerales (ciclos de 24 h), la migración de dinoflagelados en costas de Baja California y la aplicación de series de tiempo en lagunas costeras. Gama Hernández (1995) muestreando cada 6 horas en la plataforma continental

## □ EL FITOPLANCTON MARINO

El fitoplancton es la porción "vegetal" del plancton, el conjunto de organismos microscópicos fotosintetizadores que flotan en la columna de agua, aun cuando algunos de ellos han sido tradicionalmente considerados como heterótrofos. Éste es el caso del ciliado *Mesodinium rubrum*, la especie productora de mareas rojas más común (Cortés-Altamirano *et al.* 1995), que ha establecido una relación de endosimbiosis con una especie de criptoficea fotosintetizadora, la que determina su distribución en la columna de agua (Crawford, 1989). Por esta razón lo he incluido en el análisis, aunque no es considerado fitoplancton. Por otra parte, se excluyeron del análisis las especies heterótrofas, tales como los dinoflagelados del género *Protoberidinium*, no obstante que tradicionalmente la mayoría de autores las han considerado como parte del fitoplancton (por ejemplo Martínez-López 1993, Margalef 1994).

Las comunidades de fitoplancton en el ambiente marino, están estrechamente correlacionadas con la penetración de la luz solar, con la estructura de densidad del agua (que depende de la temperatura y la salinidad), con la disponibilidad de nutrimentos y con factores biológicos como la depredación por pastoreo del zooplancton. Las fluctuaciones en la estabilidad de la columna de agua en el corto plazo son importantes por la forma en que los gradientes de densidad se alteran y restablecen, controlando procesos que determinan el crecimiento y la desaparición de poblaciones en las capas mezcladas. Dichas fluctuaciones son producidas por la turbulencia, la mezcla en la columna de agua, por los cambios en la velocidad y dirección del viento, y por la marea (Harris 1986).

## □ LA ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES DE FITOPLANCTON MARINO Y SU DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO

En México los estudios sobre la composición de especies de las comunidades marinas de fitoplancton son abundantes. Consisten en listas florísticas y revisiones de especies en áreas determinadas, que en ocasiones incluyen la descripción de especies nuevas. Así, existen estudios sobre la sistemática y taxonomía de diatomeas, dinoflagelados, cocolitofóridos, silicoflagelados y cianofíceas planctónicas. En lo que respecta a la estructura de las comunidades fitoplanctónicas, se han publicado, además de las listas de especies y su abundancia, índices de diversidad, índices de equidad, índices pigmentarios y análisis de asociación, que vienen mencionados en Hernández-Becerril (1993).

Sobre los patrones de distribución en el tiempo y el espacio, Hernández Becerril (1993) menciona que desde 1974 se han publicado 11 estudios sobre ciclos anuales realizados en: la Laguna de Yávaros en Sonora, el Sistema Lagunar Huizache-Caimanero en Sinaloa, la Bahía de La Paz en Baja California Sur, el Estero Uriás en Sinaloa y en Punta Limón en Veracruz. Sobre los intentos por conocer los patrones de distribución en periodos de tiempo más cortos, menciona el estudio de ciclos nictemerales (ciclos de 24 h), la migración de dinoflagelados en costas de Baja California y la aplicación de series de tiempo en lagunas costeras. Gama Hernández (1995) muestreando cada 6 horas en la plataforma continental

de Yucatán, concluyó que los cambios en la comunidad de fitoplancton eran producto de los cambios en las masas de agua y de los cambios en intensidad luminosa. Hernández-Becerril (1993), cita 8 estudios sobre la distribución espacio-temporal del fitoplancton que consideran su distribución vertical en aguas de Baja California, en el Golfo de California y en el Pacífico mexicano. Cita también 4 estudios sobre el efecto de los cambios climáticos (en especial por "El Niño"), en la distribución del fitoplancton. Estudios sobre la estructura de la comunidad de plancton en el corto plazo, realizados en la región central del Pacífico Norte, parecen mostrar que los cambios en la estructura de la comunidad, durante un ciclo de 24 h, son producto de la migración vertical (Hayward *et al.* 1983).

En diferentes localidades del Mar Abierto y el Golfo de California, se registra a las diatomeas como el grupo taxonómico dominante (Santoyo 1974, Carvajal y de la Lanza 1987, Hernández-Becerril 1987, Gárate-Lizarraga 1992). La abundancia de diatomeas en estas regiones, así como la abundancia total de fitoplancton están asociadas con temperaturas bajas en la superficie, altas concentraciones de nutrimentos, e inestabilidad en la columna de agua, independientemente de la fecha de muestreo (Millán-Núñez y Gaxiola-Castro 1989). La dominancia de las diatomeas está relacionada con la surgencia de agua profunda, salina y con muchos nutrientes, que proviene de la corriente de California, durante el evento de surgencia (Estrada y Blasco 1979).

Estudios sobre el efecto de la marea en lagunas costeras, indican que la salinidad es directamente proporcional y que la temperatura es inversamente proporcional al flujo de la marea. la densidad del fitoplancton descendió en la pleamar (Gómez-Aguirre y Santoyo 1975). Lechuga-Devéze *et al.* (1990), muestran que las variaciones en la marea se corresponden con variaciones en la salinidad y la temperatura en la Ensenada de Baja California Sur.

## **OBJETIVOS**

### **1. Estructura de la comunidad**

- 1.1. **Determinar las comunidades presentes en el área de estudio.**
  - 1.1.1. **Llevar a cabo el levantamiento florístico de cada una de las tres localidades.**
  - 1.1.2. **Establecer las asociaciones de especies en cada localidad, indicando la profundidad a la que ocurren.**
  - 1.1.3. **Comparar las asociaciones de especies entre localidades.**
- 1.2. **Describir la diversidad de la comunidad y la abundancia de especies en cada localidad**
- 1.3. **Incorporar el análisis descriptivo de características biológicas (tamaño, formas de vida, nivel de organización y distribución) de las especies**
  - 1.3.1. **Recopilar información bibliográfica sobre los atributos biológicos: tamaño, formas de vida, nivel de organización y distribución, de las especies de fitoplancton recolectadas**
  - 1.3.2. **Comparar el tamaño, formas de vida, nivel de organización y distribución de las especies presentes en cada localidad**

### **2. Dinámica de la comunidad**

- 2.1. **Estimar la sustitución de especies, si la hubiera, en cada localidad**
- 2.2. **Establecer si hay una correlación entre el número de especies y la profundidad, entre las localidades**
- 2.3. **Detectar la participación de los movimientos de la marea en la dinámica de la(s) comunidad(es) de fitoplancton**
- 2.4. **Detectar si hay cambios en las variables temperatura y salinidad, relacionados con los movimientos de la marea**
- 2.5. **Detectar si hay cambios en la densidad de fitoplancton, relacionados con los movimientos de la marea**

**Con base en los objetivos y en los antecedentes, se enuncian las hipótesis**

## **HIPOTESIS**

1. En el área de estudio ocurren dos comunidades de fitoplancton diferentes: Una en la Bahía Magdalena y otra en el Mar Abierto.
  - 1.1. Existen asociaciones de especies que comparten las localidades Bahía Magdalena y Boca de la Bahía Magdalena.
2. La localidad más dinámica (con mayores cambios en la diversidad, abundancia y composición de especies) es la Boca de la Bahía Magdalena dado que es la zona de transición entre la bahía y el océano.
3. Las diatomeas serán el grupo que caracterice al fitoplancton en todas las localidades colectadas. Por lo tanto, las características biológicas del fitoplancton (tamaño, formas de vida, nivel de organización y distribución) serán semejantes en las especies de las tres localidades.

## ÁREA DE ESTUDIO

La Bahía Magdalena forma parte del sistema lagunar Magdalena-Almejas. Se localiza en la costa occidental de Baja California Sur, entre los 24° 15' a 25° 20' latitud Norte y 111° 30' a 112° 15' longitud Oeste (Figura 2). La boca de la bahía es ancha, con una profundidad promedio de 38 m. Este sistema es la principal zona de captura de sardina. El movimiento de la marea determina la dinámica del sistema: importación de aguas ricas que provienen de las surgencias y exportación de altas concentraciones de fitoplancton al océano (Gárate-Lizárraga 1992).

Los estudios de fitoplancton en Bahía Magdalena tienen ya más de 10 años. El estudio sobre sistemática de fitoplancton en esta zona, fue realizado y publicado por Gárate-Lizárraga (1992), Gárate-Lizárraga y Verdugo (1994) y por Gárate-Lizárraga y Siqueiros (1998). El objetivo de dichos estudios ha sido la caracterización de las variaciones espacio-temporales de variables ecológicas con el objeto de predecir el comportamiento de los niveles tróficos superiores, esto es, de las especies de pelágicos menores.

Durante diciembre de 1996, la temperatura de las áreas colectadas (Figura 3) varió de 22 a 24 °C incluso dentro de los primeros 40 m en Mar Abierto, que marcan el inicio de la termoclina. La salinidad varió entre 34 a 35 partes por mil (ups), sin que hubiera habido diferencias aparentes entre las tres áreas, ni una haloclina apreciable (Figura 4).

En cuanto al fitoplancton de la bahía, Gárate-Lizárraga (1992) caracterizó a la zona designada como "zona central de la Bahía Magdalena" (que corresponde a la zona en la cual se localizan las estaciones Bahía y Boca de la Figura 2) como de alta diversidad (73 diatomeas, 2 silicoflagelados y 2 cianofitas). Las especies más abundantes durante diciembre de 1984 fueron: *Proboscia alata*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Bacteriastrum hyalinum* var. *princeps*, *Guinardia flaccida*, *Rhizosolenia imbricata*, *Rhizosolenia robusta*, *Chaetoceros rostratus*, *Chaetoceros curvisetus*, *Cylindrotheca closterium*, *Coscinodiscus asteromphalus*, *Coscinodiscus* sp., *Nitzschia pungens*, *Gyrosigma (Pleurosigma)* y *Leptocylindrus danicus*.

La abundancia en el área que corresponde a la "Bahía Magdalena" varió entre 73,200 a 91,700 células/litro. Gárate-Lizárraga (1992) relacionó los índices de diversidad y dominancia, con el patrón de circulación. Una conclusión más detallada se encuentra en el trabajo que publicó posteriormente (Gárate y Siqueiros 1998):

1. las mareas y las surgencias son responsables de las altas densidades de plancton en el sistema lagunar Magdalena-Almejas
2. el microplancton es más importante que el nanoplancton
3. hay mas diversidad y menos abundancia en áreas bajo la influencia de aguas oceánicas.

Castro-Sánchez (1998) investigó acerca de la variación del fitoplancton afuera de la Bahía Magdalena (que corresponde a la estación denominada Mar Abierto de la presente tesis), analizando material colectado en 1992 con el SIMSUP II (Sistemas de surgencias marinas y su relación con pelágicos menores), cada 4 h durante 24 h. Y determinó que la abundancia



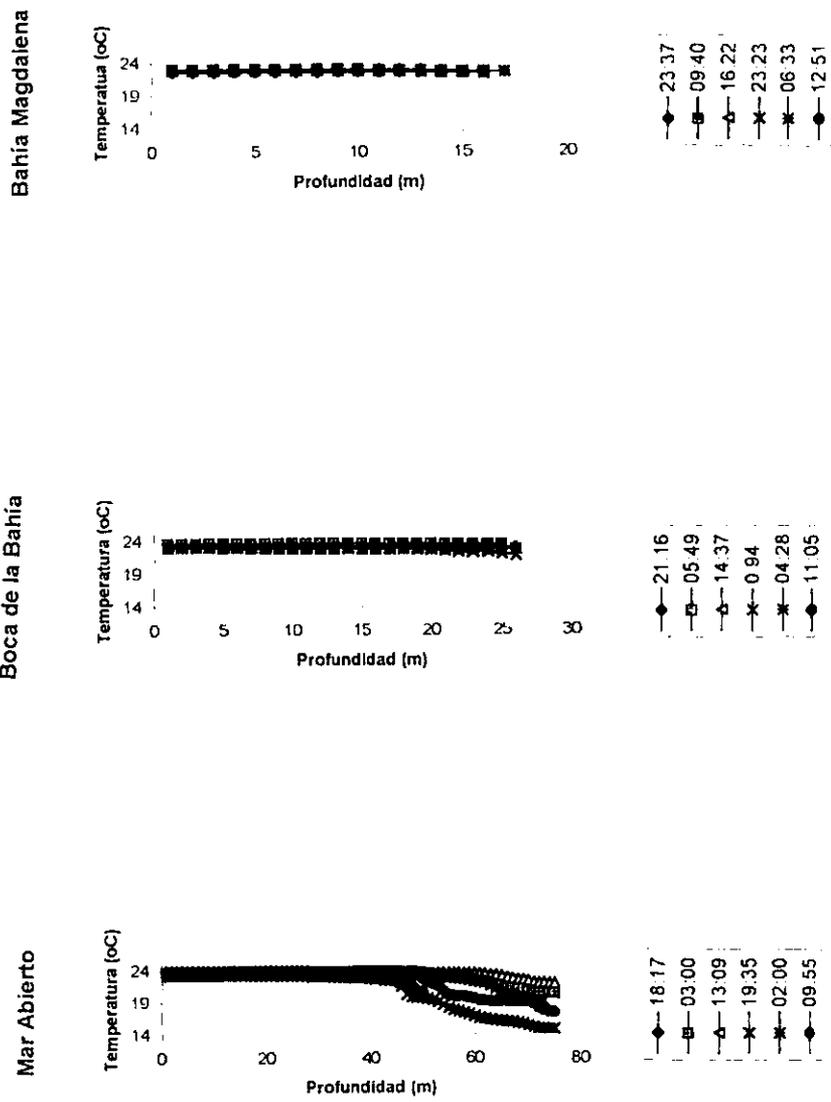
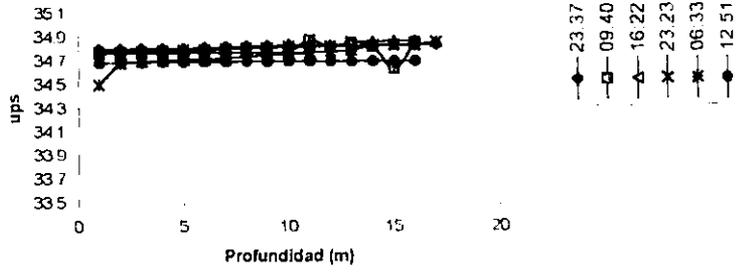
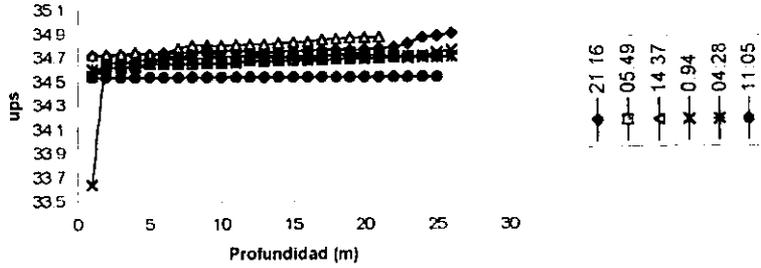


Figura 3. Registros de temperatura (datos para el período de colecta, obtenidos mediante CTD)

**Bahia Magdalena**



**Boca de la Bahia**



**Mar Abierto**

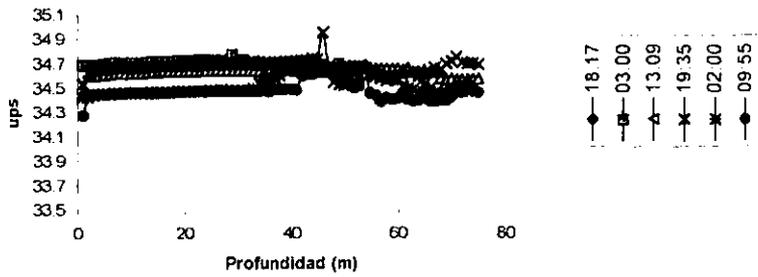


Figura 4. Registros de salinidad (datos para el periodo de colecta, obtenidos mediante CTD)

total promedio fue de 4,340 células/litro. Las diatomeas fueron el grupo dominante (96.2%). También señala que la abundancia aumenta conforme aumenta la profundidad.

Durante el año 2000 un gran número de trabajos realizados en la Bahía Magdalena fue presentado en sendos congresos. Es importante mencionar a aquellos que se refieren a la estructura de la comunidad de fitoplancton de la bahía, al flujo de energía dentro de la bahía, así como sobre la estructura de las poblaciones de sus depredadores, del zooplancton, y de la presencia de depredadores de los depredadores del fitoplancton y de especies omnívoras, como las larvas de pelágicos menores y el camarón café (Palomares-García *et al.* 2000, Funes-Rodríguez *et al.* 2000 a y b, Hernández-Trujillo *et al.* 2000, Martínez-López *et al.* 2000, García-Borbón y Loreto-Campos 2000, Calderón-Aguilera *et al.* 2000).

En la presente tesis se propone que la composición de especies y la estructura de la comunidad (la caracterización de la comunidad en términos de su abundancia y diversidad), establecer y describir el comportamiento de las asociaciones de fitoplancton en diferentes profundidades, en las distintas estaciones de muestreo y los cambios a través del tiempo. Los objetivos generales y particulares se presentan a continuación.

## MÉTODO

### □ Método de Colecta

El Crucero SIMSUP XI (Sistemas de surgencias marinas y su relación con pelágicos menores), se realizó del 3 al 12 de diciembre de 1996, a bordo del B/O "El Puma". Se diseñó una metodología de colecta de muestras, que permitieran detectar los cambios en el corto plazo, de la distribución y abundancia del fitoplancton. Se colectaron muestras y se obtuvieron datos oceanográficos, consecutivamente, en tres estaciones de un mismo transecto (ver Figura 2), cada 6-9 hs, durante 42 hs: dentro de la Bahía Magdalena (24° 36' N y 111° 58' O), en la boca de la bahía (24° 32' N y 112° 01' O) y en el Mar Abierto frente a la boca (24° 28' N y 112° 04' O).

La temperatura, la salinidad y el porcentaje de transmitancia en la columna de agua, fueron medidos con el sistema CTD (Conductivity-Temperature-Depth System). La información sobre mareas no fue evaluada en el campo, sino que se obtuvo de las predicciones disponibles por el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México (<http://www.cicese.mx/cgi-oc/premarea>), a partir de registros efectuados en la estación de San Carlos, B. C. S., localizada a una distancia de 36 Km de la localidad muestreada más alejada de la estación (Mar Abierto).

Se colectó fitoplancton con botellas Van Dorn de varios volúmenes (1, 2 y 5 l), a profundidades de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 65 y 75 m. Para las muestras se tomaron 250 ml de las botellas Van Dorn, los cuales fueron fijados con 5 gotas de lugol-acetato.

### Análisis de muestras en el laboratorio

- Se utilizó el método de Utermöhl (Hasle, 1978), para el análisis de un total de 72 muestras: 18 de la Bahía, 22 de la Boca y 32 de Mar Abierto; el detalle del método adoptado es el siguiente
- Antes de iniciar la sedimentación se agitó con suavidad cada una de las muestras observadas, con objeto de homogeneizarla. Se utilizaron 50 ml que fueron vertidos en una cámara de sedimentación compuesta y se le dejó reposar entre 24 y 30 hs. Margalef (1969) sugiere que el tiempo de sedimentación se calcule con la fórmula:  

$$3 \times (\text{altura en cm de la cámara de sedimentación})$$
- Se decidió usar una alicuota de 50 ml, después de hacer pruebas utilizando cámaras de sedimentación de 10, 25 y 50 ml, las cuales mostraron que el número de organismos observados en la cámara de 50 ml era semejante al de 100ml, pero mayor que el número de especies observadas en la cámara de 25 ml y este a su vez fue mayor que el de las observadas en la cámara de 10 ml
- Se identificaron únicamente las células "vivas" al momento de la colecta. Es decir, se consideraron únicamente las células o fragmentos de cadenas o colonias reconocibles de células, con presencia de cloroplastos.

- Las observaciones en el microscopio consistieron de un censo de toda el área de la cámara, utilizando los objetivos 10x y 20x con la técnica de contraste de fases. También se observaron dos transectos, en busca de nanoplancton, usando el objetivo de 40x. Los transectos dividían el área total de la cámara de sedimentación, en cuatro partes iguales.
- El número de células final de cada especie en cada muestra, se calculó de la siguiente manera: se sumó el número de células observado en el censo, más el número de células observado en los transectos, aplicando la siguiente (APHA-AWWA-WPCF, 1992):

$$\text{Número de células / 50 ml} = C \times A_1 / L \times W \times S \times V$$

donde:

C = número de organismos contados

A<sub>1</sub> = Área total de la base de la cámara en mm<sup>2</sup> (491 mm<sup>2</sup>)

L = Longitud del transectos en mm (25 mm)

W = Ancho del transecto en mm (0.5 mm)

S = Número de transectos contados (2)

V = Volumen de la muestra sedimentada (50 ml)

- Se calculó el número de células por litro, multiplicando el número de células en 50 ml por 20.
- La determinación se realizó utilizando diversas fuentes (Kofoid *et al.*, 1921, Hustedt 1930, Cupp 1943, Cleve-Euler 1951, Wood 1970, Hernández-Becerril 1995, Moreno *et al* 1996, Steidinger y Tangen 1997). Para la actualización de nombres y autoridades se utilizó el texto de Navarro & Hernández-Becerril (1997).

## **Análisis de datos**

### Descripción de la estructura de la comunidad

La descripción de la estructura de la comunidad se basó en la descripción y análisis de los atributos: composición de especies, abundancia y diversidad.

La descripción de los patrones relacionados con la abundancia, consistió en la elaboración de **perfiles verticales y horizontales** del número total de células por litro de fitoplancton, para cada una de las localidades: Bahía, Boca y Mar Abierto.

La descripción de los patrones relacionados con la diversidad, consistió del análisis gráfico de la **relación abundancia-número de especies**, y el cálculo de índices de diversidad (diversidad -alpha y la función Shannon-Wiener) y equidad (calculado a partir del índice de Shannon-Wiener).

Iniciamos el análisis empírico de los datos, graficando la curva de la abundancia de especies:

eje X: Intervalos, en escala logarítmica base 2, del número de individuos (células/litro)

eje Y: Número de especies

para corroborar la hipótesis de que las comunidades presentes en las localidades muestreadas, se ajustan a una distribución lognormal.

### Descripción de la dinámica de la comunidad

Se consideró como dinámica de la comunidad, el cambio en la composición de especies en el tiempo. Una primera aproximación consistió en establecer, gráficamente, si dentro de un mismo estrato la abundancia total (células/litro) cambiaba en el tiempo, es decir, comparando las muestras de una misma localidad y de una misma profundidad.

### $\beta$ -Diversidad

Una propuesta interesante que proviene del estudio de las comunidades terrestres de plantas, es que hay varias determinantes de la diversidad de especies (Shmida y Wilson 1985). Las diferencias en la composición de especies, se pueden deber a diferencias ambientales y estas serán reflejadas en las medidas de  $\beta$ -diversidad, ya que provee información acerca del número de cambios en la composición de especies. La  $\beta$ -diversidad es calculada con la ecuación:

$$\beta_T = (g(H) + p(H)) / 2\alpha$$

donde:

$\beta_T$  = índice de  $\beta$ -diversidad

H = Gradiente de habitats

g(H) = Número de especies encontradas a lo largo de H

p(H) = Número de especies perdidas a lo largo de H

$\alpha$  = Número promedio de especies encontradas en las muestras a lo largo de H

Si  $\beta_T$  es el número de cambios, entonces  $\beta_T + 1$  equivale al número de comunidades descritas. Usamos  $\beta_T$  para analizar el cambio en la composición de especies y medir la similitud entre las comunidades, ya que no requiere del conocimiento del número total de especies presentes en la comunidad, a diferencia de los índices de similitud usados comúnmente. Es interesante el hecho de que la mayoría de los artículos consultados, con excepción del publicado por Hernández-Becerril (1987), no incluyen ningún índice de similitud.

$\beta_T$  fué calculada para comparar los cambios en la composición de especies de las muestras de la misma localidad, a distinta profundidad. También para comparar los cambios entre las tres localidades: Bahía Magdalena, Boca de la Bahía Magdalena y Mar Abierto.

### El análisis de componentes principales

Se utilizó el análisis de componentes principales (Ludwig y Reynolds 1988, James y McCulloch 1990), para probar que tan significativas eran las diferencias entre las asociaciones de especies. El análisis de componentes principales ha sido el más utilizado en las publicaciones consultadas (Estrada 1979, 1984, Carrada *et al.* 1981, Matta y Marshall 1984, Goodman *et al.* 1984, Sullivan y Moncreif 1988).

Debido a que los datos no se distribuyen normalmente, los datos fueron normalizados utilizando la fórmula  $x_n = \log_2 x + 1$  (Venrick 1978, Estrada 1979 ; 1984, Margalef 1994).

James y McCulloch (1990) enumeran las limitaciones de este análisis y enfatizan la importancia de considerarlas seriamente:

1. Los coeficientes de los componentes individuales son muy susceptibles a la variabilidad de muestreo, así que no se debe poner mucho énfasis en el valor exacto de los coeficientes.
2. El análisis requiere de la distribución normal de los datos y necesita que estos sean transformados, para ser útiles
3. Los factores independientes no necesariamente representan patrones independientes en la naturaleza, de manera que las interpretaciones biológicas deben hacerse con precaución.
4. Al contrario de muchas recomendaciones, el análisis de componentes principales no debe usarse en una situación de muestreo múltiple, debido a que es incapáz de discriminar las fuentes de variación intra e inter-grupal. En estudios de variación geográfica, deben usarse los promedios por localidad, esto dará la reducción apropiada de los datos. Por esto al comparar las localidades Bahía Magdalena, boca de la bahía y Mar Abierto entre si, se utilizó la abundancia promedio de las especies en cada localidad.

El análisis de componentes principales se hizo utilizando el paquete STATISTICA (StatSoft, 1996)

#### Sobre las características biológicas de las especies

Se recabó información bibliográfica sobre distintas características biológicas de las especies recolectadas. Se calculó el porcentaje de especies presentes en cada localidad, que presentaba alguna de las características que se enumeran a continuación.

- Distribución: cosmopolita, fría, templada, templada a tropical y tropical
- Nivel de organización: colonial, solitaria, ambas
- Forma de vida: planctónico, ticoplanctónico/planctónico y ticoplanctónico
- Clase de tamaño en  $\mu\text{m}^3$ : A (12-50), B (50-200), C (200-800), D (800-3,200), E (3,200-12,800), F (12,800-51,200) y G (51,200-204,800). Las anteriores son categorías de clase de tamaño fueron propuestas por Margalef (1994).

## **RESULTADOS**

Empezaremos por describir la composición y estructura del fitoplancton en cada una de las tres estaciones colectadas; las especies que la habitan y las asociaciones entre ellas, con objeto de establecer cuantas comunidades están presentes, caracterizándolas en sus atributos de diversidad y abundancia, para después describir cómo cambia la estructura de la comunidad en el tiempo.

## □ BAHÍA MAGDALENA

### El fitoplancton

En las 18 muestras analizadas de la Bahía Magdalena se encontraron un total de 85 especies y una abundancia que varía de 828 a 44,114 células/l. La Tabla 1 muestra el listado florístico así como los atributos biológicos<sup>1</sup> de las especies encontradas.

Tabla 1. Atributos biológicos de las especies de la Bahía Magdalena.

Sistemática: D= Bacylariophyceae, I= Dinophyceae, Cl= Cianophyceae, S= Dictyocophyceae, M= *Mesodinium rubrum*

Nivel de organización: C<sup>2</sup>= Colonial, S= Solitaria

Formas de vida: P= Planctónico, T= Tiooplanctónicas

Clase de tamaño: A= 12-50  $\mu\text{m}^3$ , B= 50-200  $\mu\text{m}^3$ , C= 200-800  $\mu\text{m}^3$ , D= 800-3,200  $\mu\text{m}^3$ , E= 3,200-12,800  $\mu\text{m}^3$ ,

F= 12,800-51,200  $\mu\text{m}^3$ , G= 51,200-204,800  $\mu\text{m}^3$ ;

Distribución: C= Cosmopolita, T= Templada, TR= Tropical, FT= Fria a Templada.

Especie	Sistemática	Nivel de organización	Formas de vida	Clase de tamaño	Distribución
<i>Achnanthes</i> sp.	D	C	P		FT
<i>Amphora</i> sp.	D	S	P	F	
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round	D	C	P	D	C
<i>Bacteriastrum delicatum</i> Cleve	D	C	P	E	C
<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder	D	C	P	E	C
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey	D	C	P	E	C
<i>Ceratium lineatum</i> (Erh.) Cleve	I	S	P		C
Cianofitas	Cl		S	A	
<i>Climacodium frauenfeldianum</i> Grunow	D	C/S	P	F	C
Coccolitoforales				B	
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	D	S	P	G	C
<i>Coscinodiscus</i> sp.	D	S	P	G	
<i>Cyclotella</i> sp.	D	S	P	E	
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Lewin et Reimann	D	C/S	P	B	C
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	D	C	P	D	T
<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cleve	D	C	P	E	FT
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder	D	C	P	D	C
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve	D	C	P	E	C
<i>Chaetoceros dymus</i> Ehrenberg	D	C	P	D	C
<i>Chaetoceros filiferus</i> Karsten	D	C	P	D	T
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow	D	C	P	E	C
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell	D	C	P	E	TR
<i>Chaetoceros</i> sp.	D	C	P	C	
<i>Dactyliosolen antarcticus</i> Castracane	D	C	P		T
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle	D	C	P	D	C
<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundström) Hasle	D	C	P		TR

<sup>1</sup> Toda la información se obtuvo de la literatura.

<sup>2</sup> Se consideran colonias las cadenas de células

Especie	Sistemática	Nivel de organización	Formas de vida	Clasificación tamaño	Distribución
<i>Detonula pumila</i> (Castracane) Gran	D	C	P		C
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg	S	S		D	C
<i>Dictyocha messanense</i> Haecckel	S	S			C
<i>Diplopsalis</i> sp.	I	S			
<i>Entomoneis alata</i> Ehrenberg	D	S	P		C
<i>Eucampia cornuta</i> Cleve	D	C	P	F	C
<i>Eucampia zodiacus</i> Ehrenberg	D	C	P	F	C
<i>Guinardia delicatula</i> (Cleve) Hasle	D	C	P		C
<i>Guinardia flaccida</i> Castracane	D	C	P	G	TR-T
<i>Guinardia striata</i> (Stolterforth) Hasle	D	C	P		C
<i>Gymnodinium fuscum</i> (Ehr.) Stein	I	S	P		C
<i>Gymnodinium</i> sp.	I	S	P		
<i>Gyrodinium</i> sp.	I	S	P	F	
<i>Gyrosigma</i> sp.	D	S	P		
<i>Haslea</i> sp.	D	S	P		
<i>Haslea wawriksae</i> (Hustedt) Simonsen	D	S	P		TR
<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve	D	C	P	F	TR
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow	D	C	P	F	TR-T
<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	D	C	P	F	TR-T
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	D	C	P	D	C
<i>Licmophora abbreviata</i> Agardh	D	C/S	T		
<i>Lioloma delicatulum</i> (Cupp) Hasle	D	C/S	P		TR-T
<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle	D	C/S	P		TR-T
<i>Lioloma</i> sp.	D	C/S	P		
<i>Mesodinium rubrum</i> Lohmann	M	S	P		C
<i>Navicula crabro</i> Cleve	D	S	P		
<i>Navicula</i> sp.	D	S	P	F	
<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve	D	C/S	P		TR-T
<i>Nitzschia longissima</i> (Bréb.) Grunow	D	C/S	P		TR-T
<i>Nitzschia</i> sp.	D	C/S	P		TR-T
<i>Octatis pulchra</i> Schiller	D	S	P	C	
<i>Odontella mobilensis</i> (Ball.) Grunow	D	C	P		C
<i>Oxytoxum variable</i> Schiller	I	S	P	F	T
<i>Paralia sulcata</i> (Ehr.) Cleve	D	C	T	F	C
<i>Plagiotropis lepidoptera</i> (Gregory) Kuntze	D	S	T	F	
<i>Pleurosigma</i> sp.	D	S	P		C
<i>Proboscia alata</i> (Bright.) Sundström	D	C	P	F	
<i>Proocentrum gracile</i> Schütt	I	S	P	F	FT-TR
<i>Proocentrum minimum</i> (Pavillard) Schiller	I	S	P	F	FT-TR
<i>Proocentrum</i> sp.	I	S	P		
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> (Grunow ex Cleve) Hasle	D	C	P	D	C
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultz) Sundström	D	S	P	G	TR
<i>Pyrophacus</i> sp.	I	S	P		TR
<i>Raphoneis</i> sp.	S	S	T		C
<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brighwell	D	C	P		C
<i>Rhizosolenia bergonii</i> H. Peragallo	D	C	P		TR

Especie	Sistemática	Nivel de organización	Formas de vida	Clasode tamaño	Distribución
<i>Rhizosolenia clevei</i> var. <i>communis</i> Sundström	D	C	P		TR
<i>Rhizosolenia crassispina</i> Schröder	D	C	P		C
<i>Rhizosolenia formosa</i> H. Peragallo	D	C	P		TR
<i>Rhizosolenia hyalina</i> Ostensfeld	D	C	P		TR
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brighwell	D	C	P	E	TR
<i>Rhizosolenia</i> sp.	D	C	P		C
<i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cleve	D	C	P	C	C
<i>Stephanopyxus turris</i> (Grev. et Arnott) Ralfs	D	C	P		T-TR
<i>Thalassionema bacillare</i> (Heiden) Kolbe	D	C	P		TR
<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grun.) Hallegraeff	D	C	P		TR-T
<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grunow	D	C	P	C	C
<i>Thalassiosira rotula</i> Mcunier	D	C	P	F	C
<i>Triceratium alternans</i> Bailey	D	S	P		

### Las asociaciones

El análisis de componentes principales utilizó 71 casos y muestra una correlación para 18 variables, el Log(10) de la matriz de correlación determinante fue de -5.26 y formó 2 grupos cuyos eigenvalores fueron 8.24 y 1.64, los cuales explican el 45.77 % y el 9.14 % de la varianza, respectivamente. El resultado del análisis de componentes principales mostró una tendencia que asocia a las muestras colectadas a las 9:40, 16:22 y 23:23 hs, independientemente de la profundidad de colecta (primera gráfica de la Figura 5, Tablas 1 y 2 del Anexo 1).

El resultado del análisis de componentes principales sugieren que en la Bahía Magdalena la asociación de especies incluye a *Dactyliosolen phuketensis*, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Leptocylindrus danicus*, *Detomula pumila*, *Guinardia striata*, *Rhizosolenia hyalina*, *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassionema frauenfeldii*, *Paralia sulcata*, *Amphora* sp., *Pseudo-nitzschia pungens*, *Proboscia alata*, *Haslea* sp., *Chaetoceros compressus*, *Rhizosolenia bergonii*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Cerataulina pelagica*, *Ceratium lineatum*, *Guinardia flaccida*, *Hemiaulus hauckii*, *Coscinodiscus* sp., *Rhizosolenia setigera*.

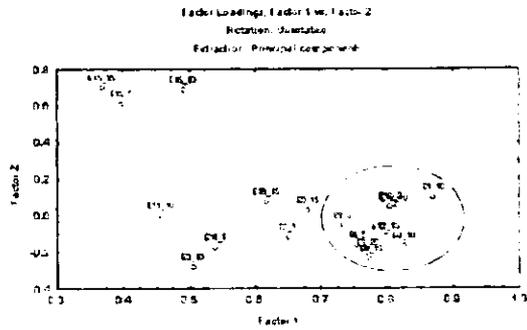
### La estructura de la comunidad

Una de las maneras en que la estructura de la comunidad puede ser representada, es mediante la relación entre el número de especies y la abundancia (cél/l) con la que cada una de las especies estuvo representada en la muestra (primera gráfica de la Figura 6). Las curvas de 5 y 10 m muestran una forma semejante, en tanto que la curva de 15 m se separa y forma una joroba en el intervalo de abundancia de 128 a 4,095 (cél/l), y se mantiene consistentemente por encima de las otras.

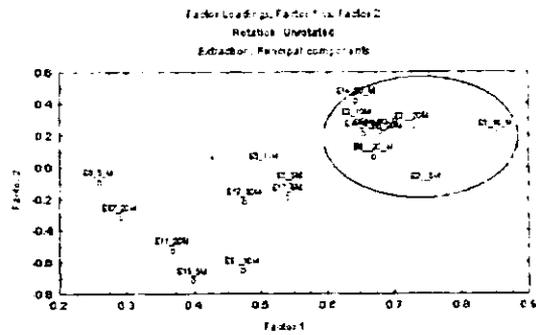
### Diferencias entre estratos (5, 10 y 15 m)

El mayor número de especies (primera gráfica de la Figura 7) y el mayor número de individuos (primera gráfica de la Figura 8) se registró a los 10 y 15 m. Al comparar los tres

### Bahía Magdalena



### Boca de la Bahía



### Mar Abierto

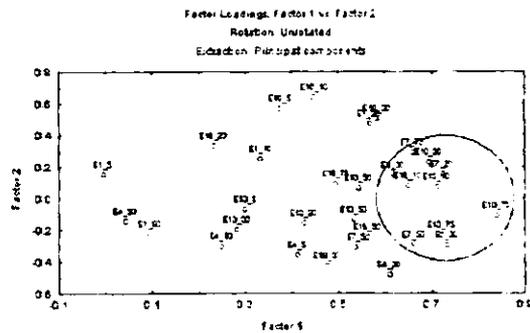
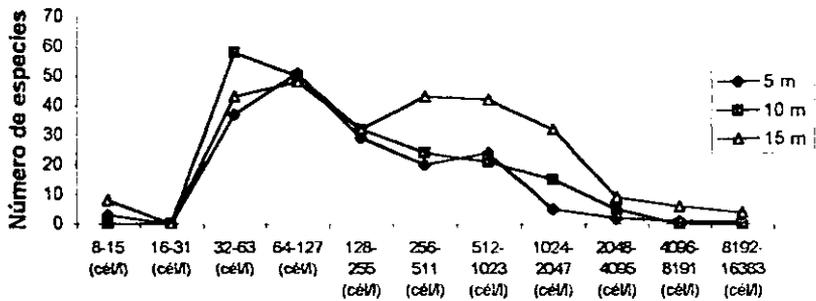
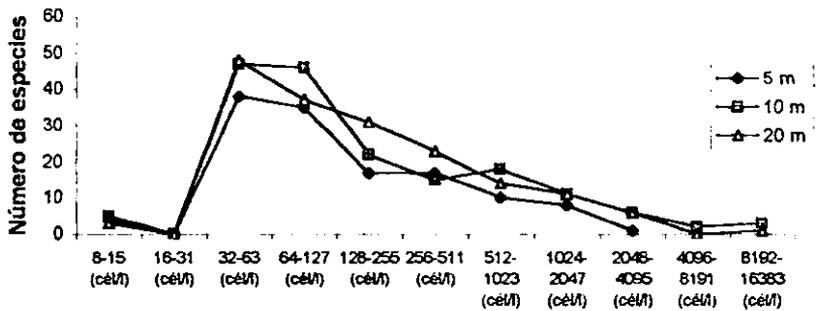


Figura 5 Resultados del Análisis de componentes principales

### Bahía Magdalena



### Boca de la Bahía Magdalena



### Mar Abierto

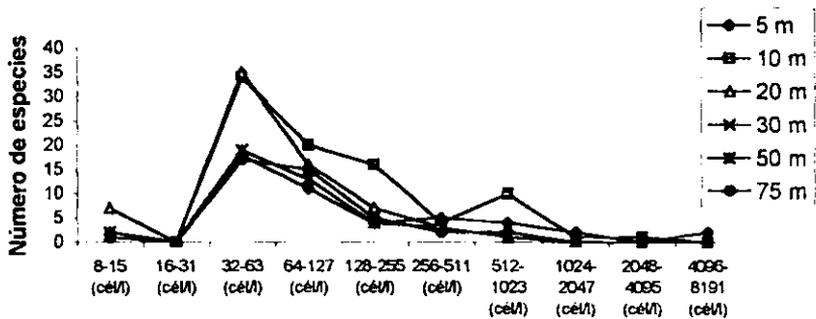


Figura 6. Estructura de la comunidad: Relación entre el número de especies y su abundancia

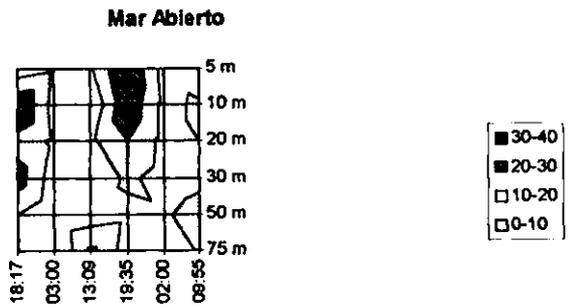
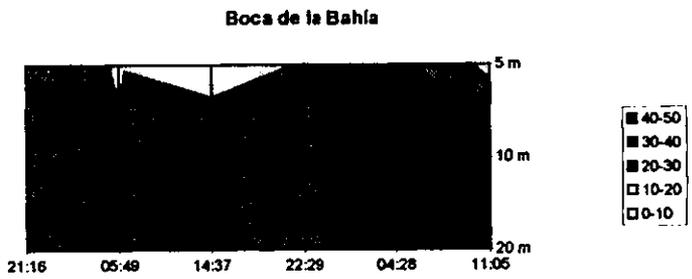
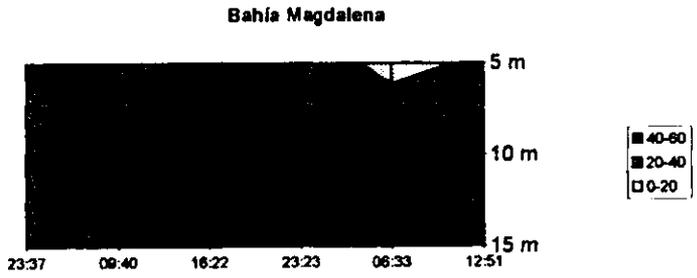


Figura 7. Diversidad (número de especies).

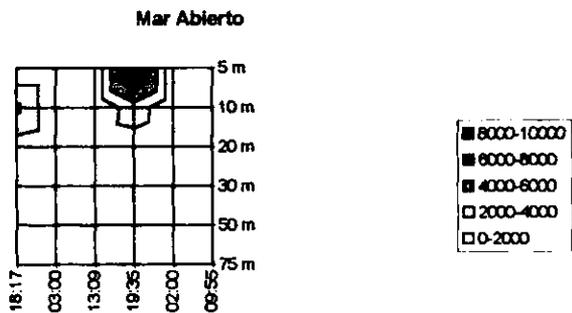
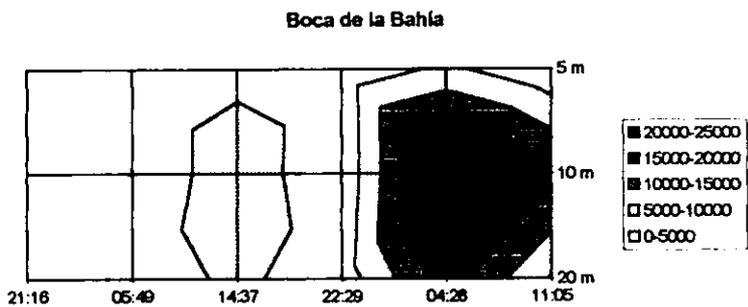
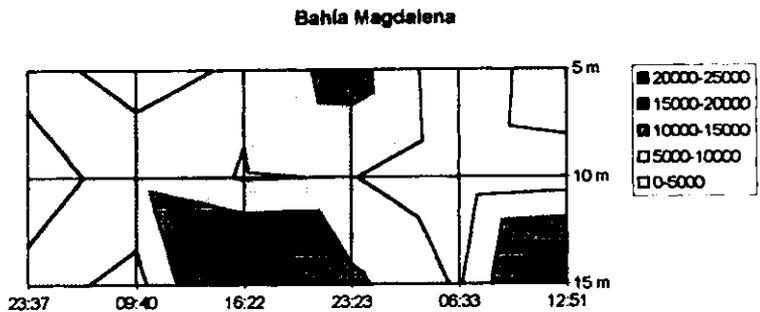


Figura 8. Abundancia (cél/l).

estratos entre sí, se observa que la abundancia aumenta con la profundidad, formando dos picos, a las 16:22 y a las 12:51. Los índices de diversidad **H** (Shannon-Wiener),  **$\alpha$ -diversidad** y **E** (equidad) reflejan esta tendencia (Tabla 2).

El índice de  $\beta$ -diversidad, que mide las diferencias en la composición de especies entre los estratos, indica que hubo un cambio importante en la composición de especies. Los cambios en la composición se deben a dos causas: especies nuevas, presentes a los 15 m, no registradas a los 10 m y especies ausentes que estando presentes a los 10 m ya no aparecen a los 15 m.

Tabla 2. Comparación de los atributos de la comunidad entre las localidades.

	Bahía Magdalena			Boca de la Bahía Magdalena			Mar Abierto					
	5	10	15	5	10	20	5	10	20	30	50	75
Profundidad (m)	5	10	15	5	10	20	5	10	20	30	50	75
Rango del número de spp.	14 a 58	25 a 47	26 a 58	12 a 33	21 a 38	21 a 44	4 a 32	6 a 30	8 a 20	4 a 25	1 a 10	5 a 22
Promedio del no. de spp.	34	34	45	22	30	29	12	17	12	11	6	11
Mediana del número de spp.	33	32	48	20	31	27	8	12	9	8	6	8
Rango de la abundancia (cél/l) por especie	8 a 6,600	20 a 1,960	8 a 8,180	8 a 1,140	8 a 7,200	8 a 4,220	8 a 2,640	8 a 1,060	8 a 260	8 a 350	8 a 160	8 a 340
promedio de la abundancia (cél/l) por especie	207	221	377	127	319	200	180	102	43	63	33	61
mediana de la abundancia (cél/l) por especie	60	60	140	48	60	80	40	40	20	40	20	40
rango de la abundancia (cél/l) por profundidad	828 a 12,320	1,460 a 12,680	3,360 a 44,114	808 a 6,088	920 a 25,216	2,120 a 17,200	108 a 9,804	108 a 4,480	92 a 976	128 a 1,840	20 a 340	180 a 1,800
promedio de la abundancia (cél/l) por profundidad	5,259	5,786	18,258	2,743	9,503	5,900	2,017	1,545	463	679	195	645
mediana de la abundancia (cél/l) por profundidad	4,830	4,948	15,980	2,302	4,964	3,941	140	650	280	188	220	300
H'	2.31	2.71	3.44	2.18	2.70	2.43	1.96	2.24	1.91	1.98	1.36	1.34
E	0.48	0.53	0.62	0.49	0.55	0.50	0.57	0.55	0.55	0.57	0.53	0.40
$\alpha$ -diversidad promedio	4.17	4.05	5.02	3.29	4.31	4.27	1.81	2.67	2.31	1.88	1.08	1.84
Varianza promedio de $\alpha$ -diversidad	0.61	0.58	0.75	0.51	0.64	0.61	0.3	0.44	0.42	0.33	0.21	0.32
$\beta$ -diversidad		0.33	0.56		0.76	0.71		2.8	1.68	0.84	1.55	1.59

### Diferencias dentro de cada estrato (5, 10 y 15 m) en el tiempo.

Los cambios en diversidad y abundancia a través del tiempo en la Bahía Magdalena fueron notables (Tabla 3) y no pueden ser asociados causalmente con la temperatura y la salinidad, puesto que estas permanecen sin cambio (Figuras 3 y 4).

Tabla 3. Comparación entre los atributos de la comunidad de fitoplancton en el tiempo, dentro de cada uno estratos (5, 10 y 15 m de profundidad) en la Bahía Magdalena.

5 m

Marca	subc	sube	baja	subc	baja	sube
Atributos	23:37	09:40	16:22	23:23	06:33	12:51
No. Especies	41	29	40	33	14	23
Abundancia total (cél/l)	3880	2876	5870	12320	828	5779
H'	4.3	4.5	4.9	3	2.9	3.4
$\alpha$ -diversidad	5.17	4.50	5.84	4.07	2.47	2.85
E	0.67	0.70	0.77	0.47	0.45	0.53
$\beta$ -diversidad		0.39	0.39	0.42	0.46	0.39

10 m

Marca	subc	sube	baja	subc	baja	sube
Atributos	23:37	09:40	16:22	23:23	06:33	12:51
No. Especies	25	47	34	30	40	28
Abundancia total (cél/l)	1460	8440	4656	5240	1268	2240
H'	4.1	4.8	4.2	4	4.2	4.9
$\alpha$ -diversidad	4.37	6.59	5.03	4.2	5.07	4.51
E	0.64	0.75	0.66	0.62	0.66	0.72
$\beta$ -diversidad		0.47	0.39	0.23	0.23	0.48

15 m

Marca	subc	sube	baja	subc	baja	sube
Atributos	23:37	09:40	16:22	23:23	06:33	12:51
No. Especies	35	26	57	49	58	47
Abundancia total (cél/l)	7076	3360	20820	11140	4414	23037
H'	4.3	3.7	4.8	4.9	4.9	4.7
$\alpha$ -diversidad	4.81	3.70	7.30	6.69	6.62	5.78
E	0.67	0.58	0.75	0.77	0.77	0.73
$\beta$ -diversidad		0.26	0.42	0.34	0.36	0.40

Los valores de  $\beta$ -diversidad para cada estrato en los distintos momentos en que se tomaron las muestras muestra que hay sustitución de especies aunque no suficiente para definir más de una comunidad por estrato.

La gráfica en la parte superior de la Figura 6 muestra la estructura de la comunidad, considerando el número de especies y la abundancia (cél/l) con la que cada especie

participa. La curva de los 5 m es la más corta, lo que significa que las especies presentes en ese estrato participaron con una abundancia que no superó a las 4,000 (cél/l). La curva de 15 m corre por encima de la de 10 m, mostrando que participó con más especies y que las especies también estuvieron representadas por una mayor cantidad de células.

La gráfica en la parte superior de la Figura 7 muestra que la diversidad a los 5 m tuvo dos picos (23:37 y 16:22 hs), a los 10 m también (9:40 y 6:33), en tanto que a los 15 m, la diversidad se incrementó a partir de las 16:22 hs, y se mantuvo elevada.

La gráfica en la parte superior de la Figura 8 muestra que a los 5 m la abundancia tuvo un pico a las 23:23 hs, en los 10 m, la abundancia fue menor que en los otros estratos, con dos picos, a las 9:40 y 23:23 hs. La mayor abundancia a los 15 m tuvo dos picos a las 16:22 y 12:51 hs.

## □ BOCA DE LA BAHÍA MAGDALENA

### El fitoplancton

En las 18 muestras analizadas de la Bahía Magdalena se encontraron un total de 84 especies y una abundancia que varió de 808 a 25,216 cél/l. La Tabla 4 muestra el listado florístico así como los atributos biológicos<sup>3</sup> de las especies encontradas.

Tabla 4. Atributos biológicos de las especies de la Boca de la Bahía Magdalena.

Sistemática: D= Bacillariophyceae, I= Dinophyceae, Cl= Cyanophyceae, S= Dictyocophyceae, M= *Mesodinium rubrum*

Nivel de organización: C= Colonial, S= Solitaria

Formas de vida: P= Planctónico, T= Tiooplanctónicas

Clase de tamaño: A= 12-50  $\mu\text{m}^3$ , B= 50-200  $\mu\text{m}^3$ , C= 200-800  $\mu\text{m}^3$ , D= 800-3,200  $\mu\text{m}^3$ , E= 3,200-12,800  $\mu\text{m}^3$ ,

F= 12,800-51,200  $\mu\text{m}^3$ , G= 51,200-204,800  $\mu\text{m}^3$ ;

Distribución: C= Cosmopolita, T= Templada, TR= Tropical, FT= Fria a Templada.

Especie	Sistemática	Nivel de organización	Formas de vida	Clase de tamaño	Distribución
<i>Achnanthes</i> sp.	D	C	P		FT
<i>Amphora</i> sp.	D	S	P	F	C
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round	D	C	P	D	C
<i>Bacteriastrium delicatum</i> Cleve	D	C	P	E	C
<i>Bacteriastrium hyalinum</i> Lauder	D	C	P	E	C
<i>Ceratulina pelagica</i> (Cleve) Hendey	D	C	P	E	C
<i>Ceratium lineatum</i> (Ehr.) Cleve	I	S	P		C
Cianofitas	Cl	S		A	
Coccolitoforales				B	
<i>Coscinodiscus</i> sp.	D	S	P	G	C
<i>Cyclotella</i> sp.	D	S		E	
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Lewin et Reimann	D	C/S	P	B	C
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	D	C	P	D	T
<i>Chaetoceros atlanticus</i> var. <i>neapolitanum</i> (Schröd.) Hustedt	D	C	P		TR
<i>Chaetoceros brevis</i> Schütt	D	C	P	D	T
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder	D	C	P	D	C
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	D	C	P	D	
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg	D	C	P	D	C
<i>Chaetoceros filiferus</i> Karsten	D	C	P		T
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow	D	C	P	E	C
<i>Chaetoceros</i> sp.	D	C	P	C	
<i>Dactyliosolen antarcticus</i> Castracane	D	C	P	C	T
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle	D	C	P	D	C
<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundström) Hasle	D	C	P		TR

<sup>3</sup> Toda la información se obtuvo de la literatura.

<sup>4</sup> Se consideran colonias las cadenas de células.

Especie	Sistemática	Nivel de organización	Formas de vida	Clasode tamaño	Distribución
<i>Detonula pumila</i> (Castracane) Gran	D	C	P	C	C
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg	S	S	P	D	
<i>Dictyocha messanense</i> Haeckel	S	S	P	D	
<i>Diplopsalis</i> sp.	I	S			C
<i>Entomoneis alata</i> Ehrenberg	D	S	P		C
<i>Eucampia cornuta</i> Cleve	D	C	P	F	C
<i>Eucampia zodiacus</i> Ehrenberg	D	C	P	F	C
<i>Guinardia flaccida</i> Castracane	D	C	P	G	TR-T
<i>Guinardia striata</i> (Stolterforth) Hasle	D	C	P	G	C
<i>Gymnodinium</i> sp.	I	S	P	G	
<i>Gyrodinium</i> sp.	I	S	P	E	
<i>Gyrosigma</i> sp.	D	S	P		
<i>Haslea</i> sp.	D	S	P		
<i>Haslea wawriacae</i> (Hustedt) Simonsen	D	S	P		TR
<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve	D	C	P	F	TR
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow	D	C	P	F	TR-T
<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	D	C	P	E	TR-T
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	D	C	P	D	C
<i>Licmophora abbreviata</i> Agardh	D	C/S	T		
<i>Licmophora</i> sp.	D	C/S	T	F	
<i>Lioloma delicatulum</i> (Cupp) Hasle	D	C/S	P		TR-T
<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle	D	C/S	P		TR-T
<i>Lioloma</i> sp.	D	C/S	P		
<i>Mesodinium rubrum</i> Lohmann	M	S	P		C
<i>Navicula crabro</i> Cleve	D	S	P		
<i>Navicula</i> sp.	D	S	P	F	
<i>Navicula transitans</i> Ehrenberg	D	S	P		
<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve	D	C/S	P		TR-T
<i>Nitzschia longissima</i> (Bréb.) Grunow	D	C/S	P		TR-T
<i>Nitzschia</i> sp.	D	C/S	P		TR-T
<i>Octatis pulchra</i> Schiller	D	S	P	C	
<i>Odontella mobilensis</i> (Bail.) Grunow	D	C	P		C
<i>Paralia sulcata</i> (Ehr.) Cleve	D	C	T	E	C
<i>Plagiotropis lepidoptera</i> (Gregory) Kuntze	D	S	T	E	
<i>Planktoniella sol</i> (Wallich) Schütt	D	S	P	G	TR
<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs	D	S	P	F	C
<i>Pleurosigma</i> sp.	D	S	P		C
<i>Proboscia alata</i> (Bright.) Sundström	D	C	P	F	
<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt	I	S	P	F	FT-TR
<i>Prorocentrum minimum</i> (Pavillard) Schiller	I	S	P	E	FT-TR
<i>Prorocentrum</i> sp.	I	S	P		
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> (Grunow ex Cleve) Hasle	D	C	P	D	C
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	D	C			
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultz) Sundström	D	S	P	G	TR
<i>Pyrophacus steinii</i> (Schiller) Wall et Dale	I	S	P		FT-TR
<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brighwell	D	C	P		C

Especie	Sistemática	Nivel de organización	Formas de vida	Clase de tamaño	Distribución
<i>Rhizosolenia bergonii</i> H. Peragallo	D	C	P		TR
<i>Rhizosolenia crassispina</i> Schröder	D	C	P		C
<i>Rhizosolenia delicatula</i> Cleve	D	C	P		TR-T
<i>Rhizosolenia formosa</i> H. Peragallo	D	C	P		TR
<i>Rhizosolenia hyalina</i> Ostefeld	D	C	P		TR
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brighwell	D	C	P	E	TR
<i>Rhizosolenia</i> sp.	D	C	P		C
<i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cleve	D	C	P	C	C
<i>Stephanopyxis</i> cf. <i>nipponica</i> Gran et Yendo	D	C	P		FT
<i>Stephanopyxis turris</i> (Grev. et Arnott) Ralfs	D	C	P		T-TR
<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grun.) Hallegraeff	D	C	P		TR-T
<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grunow	D	C	P	C	C
<i>Thalassiosira rotula</i> Meunier	D	C	P	F	C
<i>Thalassiosira</i> sp.	D	C	P	E	

### Las asociaciones

El análisis de componentes principales utilizó 71 casos y muestra una correlación para 18 variables, el Log(10) de la matriz de correlación determinante fue -3.79 y formó 2 grupos cuyos eigenvalores son 6.17 y 1.94, los cuales explican el 34.31 y el 10.80 % de la varianza, respectivamente. El eigenvalor más alto muestra una tendencia que asocia a las muestras colectadas a las 21:16, 14:37 y 04:28 hs, independientemente de la profundidad (segunda gráfica de la Figura 5, Tablas 3 y 4 del Anexo 1).

El resultado del análisis de componentes principales sugiere que en la Boca de la Bahía Magdalena la asociación de especies está definida por *Paralia sulcata*, *Dactyliosolen phuketensis*, *Detonula pumila*, *Cylindrotheca closterium*, *Mesodinium rubrum*, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Rhizosolenia setigera*, *Amphora* sp., *Skeletonema costatum*, *Guinardia striata*, *Chaetoceros compressus*, *Pseudo-nitzschia pungens*, *Thalassionema nitzschioides*, *Navicula* sp., *Chaetoceros lorenzianus*, *Leptocylindrus danicus*, *Guinardia flaccida*, *Hemiaulus haukii* y *Rhizosolenia bergonii*.

### La estructura de la comunidad

La segunda gráfica de la Figura 6 muestra la relación entre la diversidad y la abundancia de especies en la Boca de la Bahía Magdalena. Las tres curvas tienen la misma forma. La curva de los 5 m es más corta, indicando que no se encontraron especies que participen con más de 2,000 (cél/l).

### Diferencias entre estratos (5, 10 y 20 m)

La abundancia y la diversidad fueron más elevadas a los 10 m, todos los índices son consistentes (Tabla 2).

El índice de  $\beta$ -diversidad, que mide las diferencias en la composición de especies entre los estratos indica que hubo un cambio en la composición de especies, equivalente a más de dos terceras partes.

#### Diferencias dentro de cada estrato (5, 10 y 20 m) en el tiempo.

Los cambios en diversidad y abundancia a través del tiempo en la Boca de la Bahía Magdalena (Tabla 5), no pueden ser asociados causalmente con la temperatura y la salinidad, puesto que estas permanecen sin cambio. En ninguno de los estratos parece haber posibilidad de asociar las variaciones en los atributos de la comunidad con los movimientos de la marea.

Tabla 5. Comparación entre los atributos de la comunidad de fitoplancton en el tiempo, dentro de cada uno estratos (5, 10 y 20 m de profundidad) en la Boca de la Bahía Magdalena.

#### 5 m

Marea	subc	baja	subc	subc	baja	subc
Atributos	21:16	05:49	14:37	22:29	04:28	11:05
No. Especies	29	9	13	21	33	18
Abundancia total (cél/l)	3060	808	3600	1360	6088	1544
H	4.2	4	3.3	2.2	4.5	3.2
$\alpha$ -diversidad	4.26	3.54	1.44	3.45	4.56	2.93
E	0.66	0.63	0.52	0.34	0.70	0.50
$\beta$ -diversidad		0.66	0.49	0.61	0.98	0.51

#### 10 m

Marea	subc	baja	subc	subc	baja	subc
Atributos	21:16	05:49	14:37	22:29	04:28	11:05
No. Especies	29	10	34	23	38	37
Abundancia total (cél/l)	1808	920	8120	1112	25216	19843
H	4.4	4.3	4.5	4.5	4.1	3.4
$\alpha$ -diversidad	4.88	3.92	4.87	4.18	4.54	5.03
E	0.69	0.67	0.70	0.70	0.64	0.53
$\beta$ -diversidad		0.75	0.47	0.61	0.72	0.79

#### 20m

Marea	subc	baja	subc	subc	baja	subc
Atributos	21:16	05:49	14:37	22:29	04:28	11:05
No. Especies	27	13	34	20	45	34
Abundancia total (cél/l)	2120	2249	6028	2168	17200	5633
H	4.3	3.4	4.3	3.5	4.7	4.1
$\alpha$ -diversidad	4.25	3.14	4.79	3.03	6.02	5.08
E	0.67	0.53	0.67	0.55	0.74	0.64
$\beta$ -diversidad		0.68	0.49	0.54	0.71	0.78

Los valores de  $\beta$ -diversidad indican que al menos la mitad de las especies cambia constantemente dentro de cada estrato. El valor de  $\beta$ -diversidad más interesante (0.98), ocurrió a los 5 m de profundidad, cuando los valores de diversidad y abundancia fueron mayores; muestra que la composición de especies ha cambiado tanto que es ya una comunidad diferente.

La segunda gráfica de la Figura 6 muestra la estructura de la comunidad, considerando el número de especies y la abundancia (cél/l) con la que cada especie participa. La curva de los 5 m es la más corta, lo que significa que las especies presentes en ese estrato participan con una abundancia que no supera a las 2,000 (cél/l). Las curvas de 10 y 15 m corren paralelas y en partes se sobrelapan, mostrando que participaron con un número similar de especies y que las especies también estuvieron representadas por una cantidad semejante de células.

A los 5 m, la diversidad mostró un pico a las 4:28 hs (segunda gráfica de la Figura 7), a los 10 m hay dos picos, a las 14:37 y a las 4:28 hs, este pico se mantiene a las 11:05hs, en tanto que a los 20 m, el pico de mayor diversidad se presentó a las 4:28 hs.

La abundancia a los 5 m tuvo un pico a las 4:28 hs (segunda gráfica de la Figura 8), a los 10 y 15 m ocurrieron dos picos de abundancia, uno menor a las 14:37 y el mayor a las 4:28 hs.

## □ MAR ABIERTO

### El fitoplancton

En las 31 muestras analizadas del Mar Abierto se encontraron en total 68 especies y con una abundancia que varió de 92 a 9,804 (cél/l). La Tabla 6 muestra el listado florístico así como los atributos biológicos<sup>5</sup> de las especies encontradas.

Tabla 6. Atributos biológicos de las especies del Mar Abierto.

Sistemática: D= Bacylarophyceae, I= Dinophyceae, Cl= Cianophyceae, S = Dictyocophyceae, M = *Mesodinium rubrum*

Nivel de organización: C= Colonial, S= Solitaria

Formas de vida: P = Planctónico, T= Ticooplanctónicas

Clase de tamaño: A= 12-50  $\mu\text{m}^3$ , B=50-200  $\mu\text{m}^3$ , C=200-800  $\mu\text{m}^3$ , D=800-3,200  $\mu\text{m}^3$ , E=3,200-12,800  $\mu\text{m}^3$ ,

F=12,800-51,200  $\mu\text{m}^3$ , G=51,200-204,800  $\mu\text{m}^3$ ,

Distribución: C =Cosmopolita, T =Templada, TR =Tropical, FT= Fria a Templada.

Especie	Sistemática	Nivel de organización	Formas de vida	Clasode tamaño	Distribución
<i>Amphora</i> sp.	D	S		F	FT
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round	D	C	P	D	C
Especie	Sistemática	Nivel de organización	Formas de vida	Clasode tamaño	Distribución
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve	D	C	P	E	C
<i>Bacteriastrium hyalinum</i> Lauder	D	C	P	E	C
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey	D	C	P	E	C
<i>Ceratium lineatum</i> (Ehr.) Cleve	I	S	P		C
<i>Climacodium frauenfeldianum</i> Grunow	D	C,S	P	F	C
Coccolitoforales				B	
<i>Coscinodiscus</i> sp.	D	S	P	G	C
<i>Cyclotella</i> sp.	D	S		E	
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Lewin & Reimann	D	C,S	P	B	C
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	D	C	P	D	T
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder	D	C	P	D	C
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	D	C	P	D	C
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve	D	C	P	E	
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg	D	C	P	D	C
<i>Chaetoceros lorentianus</i> Grunow	D	C	P	E	C
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell	D	C	P	E	TR
<i>Chaetoceros</i> sp.	D	C	P	C	
<i>Dactyliosolen antarcticus</i> Castracane	D	C	P	C	T
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle	D	C	P	D	C
<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundström) Hasle	D	C	P	D	TR
<i>Detonula pumila</i> (Castracane) Gran	D	C	P	C	C
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg	S	S		D	C

<sup>5</sup> Toda la información se obtuvo de la literatura C

<sup>6</sup> Se consideran colonias las cadenas de células

Especie	Sistemática	Nivel de organización	Formas de vida	Clasado tamaño	Distribución
<i>Fucampia cornuta</i> Cleve	D	C	P	F	
<i>Guinardia flaccida</i> Castracane	D	C	P	G	TR-TC
<i>Guinardia striata</i> (Stolterforth) Hasle	D	C	P		C
<i>Gymnodinium</i> sp.	I	S	P		
<i>Gyrosigma</i> sp.	D	S	P		
<i>Haslea</i> sp.	D	S	P		
<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve	D	C	P	F	TR
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow	D	C	P	F	TR-T
<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	D	C	P	E	TR-T
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	D	C	P	D	C
<i>Lacmophora abbreviata</i> Agardh	D	C/S	T		
<i>Lioloma delicatum</i> (Cupp) Hasle	D	C/S	P		TR-T
<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle	D	C/S	P		TR-T
<i>Lioloma</i> sp.	D	C/S	P		
<i>Mesodinium rubrum</i> Lohmann	M	S	P		C
<i>Navicula crabro</i> Cleve	D	S	P		
<i>Navicula</i> sp.	D	S	P	F	
<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve	D	C/S	P		TR-T
<i>Nitzschia longissima</i> (Bréb.) Grunow	D	C/S	P		TR-T
<i>Nitzschia</i> sp.	D	C/S	P		TR-T
<i>Odontella mobilensis</i> (Bail.) Grunow	D	C	P		C
<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller	I	S	P	F	T
<i>Paralia sulcata</i> (Ehr.) Cleve	D	C	T	E	C
<i>Pleurosigma</i> sp.	D	S	P		C
<i>Proboscia alata</i> (Bright) Sundström	D	C	P	F	
<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt	I	S	P	F	FI-TR
<i>Prorocentrum minimum</i> (Pavillard) Schiller	I	S	P	E	FI-TR
<i>Prorocentrum</i> sp.	I	S	P		
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> (Grunow ex Cleve) Hasle	D	C	P	D	C
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultz) Sundström	D	S	P	G	TK
<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brighwell	D	C	P		C
<i>Rhizosolenia acuminata</i> (H. Peragallo) H. Peragallo	D	C	P		TR
<i>Rhizosolenia bergonii</i> H. Peragallo	D	C	P		TR
<i>Rhizosolenia crassispina</i> Schröder	D	C	P		C
<i>Rhizosolenia formosa</i> H. Peragallo	D	C	P		TR
<i>Rhizosolenia hyalina</i> Ostefeld	D	C	P		TR
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brighwell	D	C	P	E	TR
<i>Rhizosolenia</i> sp.	D	C	P		C
<i>Stephanopyxis cf. nipponica</i> Gran et Yendo	D	C	P		FT
<i>Thalassionema bacillare</i> (Heiden) Kolbe	D	C	P		TR
<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grun.) Hallegraeff	D	C	P		TR-T
<i>Thalassionema nitzschoides</i> Grunow	D	C	P	C	C
<i>Thalassiosira rotula</i> Meunier	D	C	P	F	C
<i>Triceratium alternans</i> Bailey	D	S	P		

### Las asociaciones

El análisis de componentes principales utilizó 71 casos y mostró una correlación para 32 variables, el Log(10) de la matriz de correlación determinante fue  $-9.88$  y formó 2 grupos cuyos eigenvalores son 8.71 y 2.79, los cuales explican el 28.11 y el 9.04 % de la varianza, respectivamente. El eigenvalor más importante agrupó las muestras colectadas a las 03:00, 19:35 y 02:00 hs, independientemente de la profundidad (tercera gráfica de la Figura 5, Tablas 5 y 6 del Anexo 1)

El resultado del análisis de componentes principales sugiere que en el Mar Abierto, la asociación de especies incluye a *Thalassionema nitzschoides*, *Rhizosolenia setigera*, *Coscinodiscus* sp., *Thalassionema frauenfeldii*, *Rhizosolenia hyalina*, *Navicula* sp., *Thalassiosira rotula* y los cocolitoforidos.

### La estructura de la comunidad

La tercera gráfica de la Figura 6 muestra la relación entre la diversidad y la abundancia de especies en el Mar Abierto. Las curvas se sobrelapan antes de las 500 (cél/l) y solo las curvas de los 5 y 10 m se extienden más allá de las 2,000 (cél/l)

### Diferencias entre estratos (5, 10, 20, 30, 50 y 75 m)

La Tabla 2 muestra que la información se divide formando dos conjuntos de datos. En el primero, que incluye las profundidades 5, 10 y 20 m, la abundancia y la diversidad fueron más elevadas a los 10 m y todos los índices son consistentes. En el segundo conjunto que incluye las profundidades 30, 50 y 75, hay un sorpresivo aumento en la abundancia del fitoplancton a los 75 m de profundidad.

El índice de  $\beta$ -diversidad, que mide el cambio en la composición de especies entre estratos, muestra comunidades diferentes en cada estrato, sobrepasando las más de las veces el valor de 1.0, que indica que las especies son totalmente diferentes.

### Diferencias dentro de cada estrato (5, 10, 20, 30, 50 y 75 m) en el tiempo.

Los cambios en diversidad y abundancia a través del tiempo en el Mar Abierto se muestran en la Tabla 7. Solo en los estratos por encima de los 30 m tendría sentido tratar de asociar las variaciones en los atributos de la comunidad con los movimientos de la marea, sin embargo esto no es aparente.

Tabla 7. Comparación entre los atributos de la comunidad de fitoplancton en el tiempo, dentro de cada uno estratos (5, 10, 20, 30, 50, 75 m de profundidad) en el Mar Abierto.

## 5 m

Marca	baja	baja	subc	baja	subc	subc
Atributos	18:17	03:00	13:09	19:35	02:00	09:55
No. Especies	4	4	8	34	7	No hay muestra
Abundancia total (cél/l)	108	140	308	9804	120	
H	1.1	1.7	2.7	1.7	2.6	
$\alpha$ -diversidad	0.82	1.00	1.51	4.33	1.33	
E	0.18	0.28	0.44	0.28	0.43	
$\beta$ -diversidad		0.39	0.39	1.36	1.23	

## 10m

Marca	baja	baja	subc	baja	subc	subc
Atributos	18:17	03:00	13:09	19:35	02:00	09:55
No. Especies	29	6	No hay muestra	28	8	12
Abundancia total (cél/l)	4480	108		3180	200	840
H	4.1	2.5		3.7	2.6	2.8
$\alpha$ -diversidad	4.30	1.39		4.23	1.41	2.02
E	0.68	0.41		0.61	0.43	0.46
$\beta$ -diversidad		0.84		0.90	0.63	0.33

## 20m

Marca	baja	baja	subc	baja	subc	subc
Atributos	18:17	03:00	13:09	19:35	02:00	09:55
No. Especies	17	8	7	20	6	10
Abundancia total (cél/l)	960	188	460	976	92	300
H	3.3	2.4	0.0	3.5	2.4	3.2
$\alpha$ -diversidad	2.72	1.74	1.38	3.57	1.63	1.99
E	0.54	0.40	0	0.58	0.4	0.53
$\beta$ -diversidad		0.80	0.53	0.80	0.88	0.71

## 30 m

Marca	baja	baja	subc	baja	subc	subc
Atributos	18:17	03:00	13:09	19:35	02:00	09:55
No. Especies	25	4	No hay muestra	12	5	8
Abundancia total (cél/l)	1840	180		1060	128	188
H	3.7	1.7		3.1	2.0	2.8
$\alpha$ -diversidad	4.06	0.72		1.89	1.05	1.71
E	0.61	0.28		0.51	0.33	0.46
$\beta$ -diversidad		0.97		0.56	0.56	0.46

## 50 m

Marea	baja	baja	sube	baja	sube	sube
Atributos	18:17	03:00	13:09	19:35	02:00	09:55
No. Especies	10	1	4	7	9	3
Abundancia total (cél/l)	320	20	260	220	340	76
H	3.2	0.0	1.0	5.0	2.9	1.0
$\alpha$ -diversidad	1.93	0	0.65	1.37	1.66	0.66
E	0.52	0	0.82	0.48	0.16	0.1
$\beta$ -diversidad		0.97	0.44	0.62	0.88	0.88

## 75 m

Marea	baja	baja	sube	baja	sube	sube
Atributos	18:17	03:00	13:09	19:35	02:00	09:55
No. Especies	No hay muestra	No hay muestra	22	5	5	10
Abundancia total (cél/l)			1800	180	300	300
H			0.6	2.3	2.1	3.1
$\alpha$ -diversidad			3.54	0.93	0.81	1.99
E			0.38	0.35	0.51	
$\beta$ -diversidad				0.81	0.24	0.43

La tercera gráfica de la Figura 7, muestra que los picos de diversidad se presentaron a las 19:35 (5 m, 10 m), a las 18:17 (10 y 30 m) y a las 13:09 hs, el pico de diversidad en 75 m

La abundancia a los 5 m tuvo un pico a las 19:35 hs (tercera gráfica de la Figura 8) y a los 10 m hubo un pico a las 18:17 hs

## □ COMPARACIÓN ENTRE LAS COMUNIDADES DE LAS DISTINTAS LOCALIDADES

### El fitoplancton

La Bahía Magdalena registró la abundancia más alta (Tabla 8) y una riqueza de especies casi igual al de la Boca de la Bahía Magdalena.

Tabla 8. Comparación entre las comunidades de fitoplancton en las tres localidades

	Bahía Magdalena	Boca de la Bahía Magdalena	Mar Abierto
Rango del número de spp.	14 a 58	12 a 44	1 a 32
Promedio del no. de spp.	42	27	11
Mediana del número de spp.	44	29	8
Rango de la abundancia (cél/l) por especie	8 a 8,180	8 a 7,200	8 a 2,640
promedio de la abundancia (cél/l) por especie	114	224	86
mediana de la abundancia (cél/l) por especie	80	60	40
rango de la abundancia (cél/l) por profundidad	828 a 44,114	808 a 25,216	92 a 9,804
promedio de la abundancia (cél/l) por profundidad	9,768	6,048	838
mediana de la abundancia (cél/l) por profundidad	5,825	2,665	300

Las Tablas 1, 4 y 6 muestran las especies registradas en cada localidad, de estas, seis especies fueron exclusivas en la Bahía Magdalena (*Chaetocerus atlanticus*, *Guinardia delicatula*, *Gymnodinium fuscus*, *Pyrophacus* sp., *Raphoneis* sp. y *Rhizosolenia clevei* var. *communis*), diez especies solo fueron registradas en la Boca de la Bahía Magdalena (*Ch. atlanticus* var. *neapolitanus*, *Ch. brevis*, *Licmophora* sp., *Navicula transitans*, *Planktoniella sol*, *Pleurosigma normanii*, *Pseudonitzschia* sp., *Pyrophacus steinnii*, *Rhizosolenia delicatula* y *Thalassiosira* sp) y una particular del Mar Abierto solamente una especie (*Rhizosolenia acuminata*).

### Características Biológicas de las Especies

Utilizando la información disponible, la cual se muestra en las tablas (1, 4 y 6), se describió en terminos muy generales a la comunidad de fitoplancton de las tres localidades. La comunidad (el subconjunto de especies para las que se tiene información), estuvo compuesta en su mayor parte (84%) por Diatomeas (Bacilariophyceae), 41% fueron especies reportadas como cosmopolitas, coloniales (58 %), planctónicas (95%) y con un rango de tamaño de 3,200 a 12, 800  $\mu\text{m}^3$  (31%). Las Tablas 9 a 12 presentan el resumen de esta información. Las tres localidades muestran el mismo patrón en cuanto a la proporción de especies representantes de cada uno de los atributos biológicos.

Tabla 9. Nivel de organización. Se muestra el porcentaje de especies de cada Nivel de organización presentes en cada localidad y el porcentaje de cada Nivel de organización respecto al total de especies reportadas.

Nivel de organización	Bahía	Boca	Mar Abierto
Colonial	58	58	64
Colonial / Solitario	11	12	14
Solitario	31	30	22

Tabla 10. Habitat. Se muestra el porcentaje de especies de cada habitat presentes en cada localidad y el porcentaje de cada habitat respecto al total de especies reportadas.

Habitat	Bahía	Boca	Mar Abierto
Plancton	95	94	97
Bentos	4	3	2
Bentos (s/cpifita)	1	3	2

Tabla 11. Clases de tamaño. Se muestra el porcentaje de especies de cada clase de tamaño presentes en cada localidad y el porcentaje de cada clase de tamaño respecto al total de especies reportadas (los tamaños provienen de información bibliográfica).

Clases de Tamaño ( $\mu\text{m}^3$ )	Bahía	Boca	Mar Abierto
12 a 50	2	2	0
50 a 200	5	5	6
200 a 800	9	9	6
800 a 3,200	19	22	25
3,200 a 12,800	32	28	30
12,800 a 51,200	26	26	27
51,200 a 204, 800	7	8	6

Tabla 12. Distribución. Se muestra el porcentaje de especies de acuerdo con su distribución, presentes en cada localidad y el porcentaje de cada una respecto al total de especies reportadas.

Distribución	Bahía	Boca	Mar Abierto
Cosmopolita	46	42	44
Fría	2	2	2
Fría a Templada	4	6	5
Templada	4	4	5
Templada a Tropical	20	23	22
Tropical	20	19	20
Litoral	4	4	2

### **Comparación entre las asociaciones**

El análisis de componentes principales utilizó 71 casos y muestra una correlación para 67 variables, el Log (10) de la matriz de correlación determinante fue  $-0.15$ , el eigenvalor fue  $1.66$  que explica el  $55.27\%$  de la varianza, de las tres localidades forman un solo grupo (Tablas 7 y 8 del Anexo1).

## DISCUSIÓN

### □ La estructura de la comunidad

La comunidad es un conjunto de especies. Los listados de especies siguen siendo la principal herramienta para comprender a la comunidad, porque su estructura depende de las características de las especies y de las relaciones que los organismos de las distintas especies establecen entre sí.

Los resultados del levantamiento florístico indican que las localidades son semejantes, pues comparten la mayor parte de las especies. Únicamente el 7 % de las especies de la Bahía solo se encontraron en la Bahía, el 12 % de las especies de la Boca de la Bahía, solo se encontraron en la Boca de la Bahía; y el 1.5 % de las especies de la localidad Mar Abierto solo se encontraron en Mar Abierto.

La diversidad y abundancia de las especies en las localidades sí mostró diferencias, sobre todo entre Mar Abierto y las otras. Las diferencias y las similitudes en la distribución de la abundancia y la diversidad entre las localidades, se deben en parte a la topografía de la zona de estudio, como lo muestra el diagrama de fondo de la Figura 2. Las localidades en la que se hizo el muestreo se encuentran en el canal navegable, la zona más profunda dentro de la Bahía Magdalena. El movimiento del agua a través del canal, produce la mezcla de la columna de agua, por esta razón se encontraron estratificaciones reflejadas en la gráfica de temperatura, únicamente en Mar Abierto y por debajo de los 40 m. La comparación entre la abundancia de fitoplancton presentada en esta tesis y aquellas presentadas en las publicaciones consultadas, no es comparable, dado que utilizamos criterios distintos para presentar la información.

Dada la dificultad que representa el conocimiento directo de las relaciones entre los organismos, la abundancia y la diversidad son las herramientas conceptuales que nos permiten medir el éxito relativo que las diferentes especies tienen en la comunidad (May 1975, Patrick 1975). La estructura de la comunidad puede ser interpretada de manera que de indicios de la forma en que los recursos disponibles son repartidos entre las especies. La Figura 6 muestra que el conjunto de las especies sigue estrategias semejantes en las tres localidades: El pico en el número de especies se dio con una abundancia de 32 a 64 (cél/l), a los 10 y 15 m en la Bahía y en todos los estratos en la Boca de la Bahía y el Mar Abierto. En las tres localidades, parece que la mayor parte de los recursos se localiza entre los 10 y los 20 m de profundidad.

Las tres localidades difieren en la diversidad y abundancia de las especies que las componen. Sin embargo, las comunidades Bahía Magdalena, Boca de la Bahía Magdalena y los primeros 30 m del Mar Abierto son tan similares que podrían ser subconjuntos de una misma comunidad a la que denominaremos **Bahía –Boca de la Bahía Magdalena –Mar Abierto “superficial”**

La estructura de las comunidades es independiente de las variables ambientales consideradas en la tesis: temperatura, salinidad y el movimiento de la marea.

Si la estructura depende de alguna variable ambiental, es posible que esta sea el movimiento de corrientes constantes de agua hacia adentro y afuera de la bahía. Adelantando una predicción, que debe ser corroborada en un trabajo posterior, la estructura de estas comunidades, en esta época del año, dependería de una corriente superficial (arriba de los 5 m) que fluye desde el Océano Pacífico hacia la Bahía Magdalena y de una contracorriente (debajo de los 5 m), desde la bahía hacia el océano.

En consecuencia, se formaría un flujo de fitoplancton hacia el océano desde las zonas profundas de la bahía y de la boca (las zonas con mayor abundancia y diversidad de especies). Esto explicaría la presencia de especies epifitas (*Licmophora abbreviata*) y estuarinas (*Proocentrum gracile*) en la localidad Mar Abierto. A su vez, habría un flujo de fitoplancton del Océano Pacífico hacia la Bahía Magdalena, que explicaría la presencia de especies oceánicas (*Ocistis pulchra*) en la bahía.

Sin embargo, si la distribución de la abundancia del fitoplancton es producto de, o refleja la, dirección de las corrientes, es probable que esta sea una condición que cambia estacionalmente. Hernández-Trujillo *et al.* (2000) presentaron la distribución de zooplancton en la Bahía Magdalena para los meses de marzo y abril de 1998, en el que describen un patrón inverso en la distribución de la abundancia del zooplancton, mayor abundancia en el océano y menor en la boca y el cuerpo de la laguna.

Dentro y en la boca de la Bahía Magdalena los organismos se concentran en el fondo. La mayoría de las especies de diatomeas colectadas ha sido reportada como de gran tamaño (arriba de los  $10^4 \mu\text{m}^3$ ), por ello tienden a hundirse (resultado consistente con los de Gama y Hernández, 1995).

#### □ La dinámica de la comunidad

Las relaciones entre los organismos representada en la estructura de la comunidad, son dinámicas, cambian en el tiempo.

La localidad con mayor estabilidad fue la Bahía Magdalena: variaciones menos bruscas en la diversidad y la abundancia, y una sustitución de alrededor del 50% de las especies en todos sus estratos (las diferentes profundidades a las que se tomaron las muestras). La Boca de la Bahía Magdalena es una zona de transición, con una elevada sustitución de especies, por encima del 70%, que incluso llegó a la sustitución completa puntual en uno de sus estratos; con mayores variaciones en la diversidad y abundancia. El Mar Abierto tiene la estructura más inestable, con sustituciones completas de especies en todos los estratos todo el tiempo.

La dinámica de las comunidades tampoco depende de las variables ambientales consideradas, a excepción del estrato de 10 m la Bahía Magdalena, donde parece que la abundancia aumenta al subir la marea y disminuye cuando la marea baja.

Encontrar una relación causal entre las variables ambientales y la estructura de la comunidad requiere del registro minucioso y en detalle de factores relevantes y en la escala adecuada para la fisiología del fitoplancton. Aun así estas relaciones son difíciles de establecer. Por ejemplo, el movimiento de la marea debería notarse en cambios en la temperatura y salinidad registrados, y no fue así. Esto no quiere decir que no ocurran, simplemente que no fueron detectados debido a las escalas utilizadas.

La “paradoja del plancton” de Hutchinson se refería a especies de agua dulce. Este trabajo muestra que en las comunidades marinas también coexisten diferentes especies de organismos fitoplanctónicos en aguas homogéneas. Los cambios en la estructura de la comunidad, la dinámica de la comunidad, basados en la diversidad de especies y la abundancia de los organismos que pertenecen a ellas, representa no a un nicho homogéneo, sino uno en constante evolución.

Cabe destacar que los valores de diversidad calculados para cada una de las muestras, son muy elevados, porque la sustitución de especies en cada profundidad, es muy alta, como lo muestran los valores de b-diversidad y porque el número máximo de especies recolectadas representó entre el 68 y el 37 % del total de las especies registradas en cada localidad.

Estos cambios podrían ser efecto del pastoreo del zooplancton sobre el fitoplancton. Los trabajos de Cota-Meza (2000) y de Palomares-García (2000), realizados en la Bahía Magdalena, indican que los cambios en la cantidad de nano y microfitoplancton son resultado de las actividades de pastoreo del zooplancton. En la Bahía Magdalena se reproducen especies pertenecientes a 34 de las 61 familias de peces recolectadas en la misma bahía, algunas de ellas son pelágicos menores de importancia comercial (Funes-Rodríguez *et al.*, 2000 a y b), lo mismo que el camarón café (García-Borbón J. A. y P. A. Loreto-Campos, 2000).

Desde el punto de vista del análisis estadístico, el área de estudio cambia en el tiempo, mostrando “grupos” que coinciden por su mayor diversidad y abundancia. Las diferencias entre estratos y entre localidades se diluyen debido a que comparten la mayoría de sus especies.

La importancia de localizar los “grupos” de fitoplancton en la columna de agua, tanto para el zooplancton como para organismos filtradores o hervívoros, es evidente. Lo mismo que el efecto probable del pastoreo sobre la estructura del fitoplancton. Evaluar este último punto será objeto de un trabajo posterior, utilizando información acústica obtenida en las mismas estaciones de muestreo, y cuyo análisis muestra la presencia de zooplancton y de peces, pero no de fitoplancton, por lo que la información disponible en esta tesis es indispensable.

Los resultados expuestos en esta tesis se pueden interpretar a la luz de una concepción dialéctica de la comunidad, que muestra la tensión entre las partes que la componen y el todo. Donde las partes son los “grupos” de diversidad y abundancia, que son conjuntos de poblaciones de especies que se sustituyen unas a otras cíclicamente, reapareciendo en combinaciones nuevas de especies, incrementando la diversidad pero conservando la identidad de la comunidad, a través de las asociaciones.

Como corolario y parafraseando a Levins y Lewontin (1985): Al cambiar las combinaciones de especies que constituyen una comunidad, esta puede cambiar muy poco cualitativamente. Es posible entonces percibir a dos comunidades como similares, a pesar de haber sustitución de especies. Finalmente, la comunidad persiste en el tiempo, aunque sus partes constitutivas estén cambiando constantemente.

## BIBLIOGRAFÍA

- APHA-AWWA-WPCF. 1992. Standard Methods for Examination of water and Wastewater. American Public Health Association. New York. 17<sup>th</sup> edition
- Calderón-Aguilera L.E., K.Heist, A. Young, H. Morin, J. Jackson. 2000. Ecological aspects and Anthropogenic Effects on the Energy Flow Within the Bahía Magdalena Ecosystem. Programa y Resúmenes del XII Congreso Nacional de Oceanografía, Huatulco, Oax. México.
- Carrada, G.E., Fresi, D. Marino, M. Modigh y M. Rebera D'Alcalá. 1981. Structural analysis of winter phytoplankton in the Gulf of Naples. *Journal of Plankton Research* 3(2):291-314.
- Castro-Sanchez, J. A. 1998. Variación diaria del fitoplancton y de algunos parámetros oceanográficos en zonas de surgencia al oeste de la Península de Baja California, México. México. UNAM, Fac. de Ciencias.
- Carvajal, J.L. y G. De la Lanza. 1987. Variación nictemeral de hidrología y plancton en la Bahía de Tortugas, Baja California Sur. *Universidad y Ciencia*. 4:
- Cleve-Euler, A. 1951. Die Diatomeen von Schweden und Finnland. *Kungliga Svenska Vetenskapsakademiense, Handlingar*, 2(1):1-163.
- Cortés-Altamirano, R., F.A.Manrique y R. Luna-Soria. 1995. Presencia de mareas rojas en la costa este del golfo de california. *Rev. Lat.-Amer. Microbiol.* 37:337-342.
- Crawford, D.W. 1989. *Mesodinium rubrum* The phytoplankter that wasn't. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 58:161-174.
- Cupp, E.E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography* 5:1-238.
- Eppley, R.W. 1980. Estimating phytoplankton growth rates in the central oligotrophic oceans. Falkowski, P.(ed.). *Primary production in the sea Environmental Science Research* No. 19, Plenum, New York:231-42.
- Estrada, M. 1979. Observaciones sobre la heterogeneidad del fitoplancton en una zona costera del mar Catalán. *Inv. Pesq.* 43:
- Estrada, M. 1984. Phytoplankton distribution and composition off the coast of Galicia (Northwest of Spain). *Journal of Plankton Research* 6(3):417-434.
- Estrada, M. y D. Blasco. 1979. Two phases of the phytoplankton community in the Baja California upwelling. *Limnol. Oceanog.*, 24(6):1065-1080.

Funes-Rodriguez, R., M.E. Hernández-Rivas, R. Saldierna-Martinez, R. González-Armas, A. Hinojosa-Medina y R. Adendaño-Ibarra. 2000a. Abundancia de huevos y larvas de especies de peces pelágicos menores en una laguna subtropical al inicio del evento El Niño (1997-1998), p 37-38. En: Estudios sobre plancton de México y el Caribe. E. Rios-Jara, E. Juárez Carillo, M. Pérez-Peña, E. López-Uriarte, E.G., Robles-Jarero, D.U. Hernández-Becerril y M. Silva-Briano (eds.) Sociedad Mexicana de Planctología y Universidad de Guadalajara, 147 p

Funes-Rodriguez, R., M.E. Hernández-Rivas, R. Saldierna-Martinez, R. González-Armas, A. Hinojosa-Medina y R. Adendaño-Ibarra. 2000b. Biodiversidad del Ictioplancton de Bahía Magdalena Baja California Sur. P 35-36 En: Estudios sobre plancton de México y el Caribe. E. Rios-Jara, E. Juárez Carillo, M. Pérez-Peña, E. López-Uriarte, E.G., Robles-Jarero, D.U. Hernández-Becerril y M. Silva-Briano (eds.) Sociedad Mexicana de Planctología y Universidad de Guadalajara, 147 p

Gama Hernández, M. Del R. 1995. Dinámica de la comunidad de fitoplancton durante una serie de tiempo del 25 de noviembre al 7 de diciembre, en un punto de la plataforma continental de Yucatán, en el Otoño de 1993. Tesis de Licenciatura, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Gárate-Lizárraga I. 1990. Estructura de las asociaciones del microfitorplancton en el complejo lagunar Magdalena-Almejas durante 1984-1986. Res. V. SOMPAC. 4

Gárate-Lizárraga I. 1992. Variación espacio temporal de la abundancia fitoplanctónica y de la estructura de las asociaciones microfitorplanctónicas en el sistema lagunar Magdalena-Almejas durante 1884-1986. Tesis de Maestría. IPN-CICIMAR. La Paz, B.C.S.

Gárate-Lizárraga I. y D. A. Siqueiros B. 1998. Time variations in phytoplankton assemblages in a subtropical Lagoon System after the 1982-1983 "El Niño" event (1984 to 1986). *Pacific Science*. 52(1):79-97.

Gárate-Lizárraga I. y Verdugo D.G. 1994. Estructura de la comunidad fitoplanctónica en el sistema lagunar Magdalena-Almejas, B.C.S., durante la primavera de 1988. Res III Congr. De Cienc. Del Mar. La Habana, Cuba. 082

García-Borbón J.A. y P.A. Loreto-Campos. 2000. Análisis de la Población Virtual de Camarón Café (*Farfantepenaeus californiensis*, Holmes, 1900) del Complejo Lagunar de Bahía Magdalena-Almejas, Baja California Sur, México. Programa y Resúmenes del XII Congreso Nacional de Oceanografía, Huatulco, Oax. México.

Gómez-Aguirre, S. Y H. Santoyo. 1975. Plancton de lagunas costeras: XI. Transporte en tres estuarios del noroeste de México (noviembre, 1973). *Rev. Lat. Amer. Microbiol.* 17: 175-183.

Goodman, D. R.W. Eppley y F.M.H. Reid. 1984. Summer phytoplankton assemblages and their environmental correlates in the Southern California Bight. *Journal of Marine Research*, 42:1019-1049.

Harris, P.G. 1986. *Phytoplankton Ecology*. Chapman and Hall, London, xi-384 p.

Hasle. 1978. The inverted microscope method. In Sournia, A. (Ed.), *Phytoplankton manual*. Monographs in Oceanographic Methodology 6, UNESCO. Paris, France, pp 88-96.

Hayward, T.L., E.L. Venkick y J.A. McGowan. 1983. Environmental heterogeneity and plankton community structure in the central North Pacific. *Journal of Marine Research*, 41:711-729.

Hernández-Becerril, D.U. 1987. Vertical distribution of phytoplankton in the central and Northern part of the Gulf of California (June 1982). *P.S.Z.N.I.: Marine Ecology* 8(3):237-251.

Hernández-Becerril, D.U. 1993. Fitoplancton Marino de México. In *Biodiversidad Marina y Costera de México*. S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González (eds.) Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO., México, 865 pp.

Hernández-Becerril, D.U. 1995. Planktonic diatoms from the Gulf of California and coasts of Baja California: The genera *Rhizosolenia*, *Proboscia*, *Pseudosolenia* and former *Rhizosolenia* species. *Diatom Research*, 10 (2):251-267.

Hernández-Trujillo, S., G.M. Esqueda-Escárcega, A. Zárate-Villafranco, C. Robinson Mendoza y V. Arenas-Fuentes. 2000. Variación circadiana del volumen del zooplancton en Bahía Magdalena, B.C.S., México. P57-58. En: *Estudios sobre plancton de México y el Caribe*. E. Ríos-Jara, E. Juárez Cariillo, M. Pérez-Peña, E. López-Uriarte, E.G., Robles-Jarero, D.U. Hernández-Becerril y M. Silva-Briano (eds.) *Sociedad Mexicana de Planctología y Universidad de Guadalajara*, 147 p.

<http://www.cicese.mx/cgi-oc/premarec>

Hutchinson G. E. 1961. The Paradox of Plankton. *American Naturalist* 95:137-45

Hustedt, F. 1930. Die Kieselalgen Deutschlands, Österreich un der Schweiz mit Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzende Meeresgebiete. In *Kryptogamen Flora von Deutschland, Österreich un der Schweiz* (L. Rabenhorst, ed.). Akademische Verlagsgessellschaft m.b. H., Leipzig. 7(1):1-920.

James, F. C. y Ch. E. McCulloch. 1990. Multivariate analysis in Ecology and Systematics: Panacea or Pandora's Box. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 21:129-166.

Kingsland, S.E. 1988. *Modeling Nature*. Chicago: Univ Of Chicago Press.

- Kofoid, C.A. y O. Swezy. 1921. The free-living unarmored Dinoflagellata. *Memoirs of the University of California*. Berkeley, California: Univ. of California Press. 480 pp.
- Krebs, C.J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper y Row. New York.
- Lechuga-Devéze, C.H., J. Bustillos Guzman, Barreiro Gómez M.T. y López Cortéz D. 1990. Oscilaciones semi-diurnas, diarias y estacionales de variables físicas en la ensenada de la Paz, B.C.S. *Inv. Mar. CICIMAR*, 5:
- Levins, R. y Lewontin, R.C. 1985 *The Dialectical Biologist*. Cambridge MA: Harvard University Press
- Ludwig, J.A. y J.F. Reynolds. 1988 *Statistical Ecology: a primer on methods and computing*. USA: John Wiley & sons.
- Margalef, R. 1969. Organization and distribution of phytoplankton communities. Final Tech. Rep. Office Naval. Res.
- Margalef, R. 1994. Through the looking glass: how marine phytoplankton appears through the microscope when graded by size and taxonomically sorted. *Sci. Mar.* 6., 58(1-2):87-101.
- Martínez López, A. 1993. Efectos del evento "El Niño" 1982-1983 en la estructura de fitoplancton de la costa occidental de B.C.S. Tesis para obtener el grado de M. En Ciencias. IPN CICIMAR. Departamento de Plancton.
- Martínez-López A., J.R. Hernández-Alfonso, C. Band-Schmidt y R. Palomares-García. 2000. Cambios de corto plazo de la comunidad de fitoplancton de Bahía Magdalena, durante el verano de 1998. P 67-68. En: *Estudios sobre plancton de México y el Caribe*. E. Ríos-Jara, E. Juárez Cariillo, M. Pérez-Peña, E. López-Uriarte, E.G., Robles-Jarero, D.U. Hernández-Becerril y M. Silva-Briano (eds.). Sociedad Mexicana de Planctología y Universidad de Guadalajara, 147 p
- Matta, J.F. y H.G. Marshall. 1984. A multivariate analysis of a phytoplankton assemblages in the western north atlantic. *Journal of Plankton Research* 6(4):663-675.
- May, R. 1975. Patterns of species abundance and diversity. in Cody Martin L. y J. M. Diamond. *Ecology and Evolution of Communities*. Cambridge MA: Harvard University Press: 181-195.
- Millán Nuñez, E. y Gaxiola-Castro G. 1989. Spatial variability of phytoplankton in the Gulf of California, during the El Niño 1983. *Nova Hedwigia* 49(1-2):113-119
- Moreno, J.L.; S. Licea y H. Santoyo. 1996. Diatomeas del Golfo de California. UABCS, México, 273 pp.

Navarro, N y D. U. Hernández-Becerril. 1997. Check-list of marine Diatoms from de Caribbean Sea. Listados Florísticos de México No. 15. Inst. de Biología. UNAM. 48 pp.

Palomares-García, R., R. De silva-Dávila, A. Martínez-López, A. Carballido-Carranza y J. Gómez-Gutiérrez. 2000. Crecimiento somático y producción de huevos de copépodos en Bahía Magdalena. P 29-30. En: Estudios sobre plancton de México y el Caribe. E. Rios-Jara, E. Juárez Carillo, M. Pérez-Peña, E. López-Urriarte, E.G., Robles-Jarero, D.U. Hernández-Becerril y M. Silva-Briano (eds.). Sociedad Mexicana de Planctología y Universidad de Guadalajara, 147 p

Parsons, T.R. y M. Takahashi. 1973. Environmental Control of Phytoplankton Cell Size. *Limnology and Oceanography*. 18(4):511-515.

Patrick, R. 1975. Structure of stream communities. in Cody Martin L. y J. M. Diamond. *Ecology and Evolution of Communities*. Cambridge MA: Harvard University Press: 445-459.

Santoyo, H. 1974. Fitoplancton otoñal en la región de San Blas, Nayarit (1971). *Rev. Lat Amer. Microbial*. 16:155-161.

Santoyo, H. y M. Signoret 1977. Diversidad y afinidad de fitoplancton en un ciclo nictemeral. *An. Centro Cienc. Del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 4(1) 233-242.

Shmida, A. y M.V. Wilson. 1985. Biological determinants of species diversity. *Journal of Biogeography*. 12: 1-20.

Smayda, T.J. 1970. The suspension and sinking of phytoplankton in the sea. *Mar. Biol. Ann. Rev.* 8:353-414.

Statsoft, Inc. 1996. STATISTICA for Windows (computer program manual). Tulsa, OK.

Steidinger, A.K. y K. Tangen. 1997. Dinoflagellates. In Carmelo R. Tomas (Ed.) *Identifying Marine Phytoplankton*. San Diego California Academic Press: 387-584.

Sullivan, M.J. y C.A. Moncreif. 1988. A multivariate analysis of diatom community structure and distribution in a Mississippi Salt Marsh. *Botanica Marina* 31: 93-99.

Taylor, P. 1992. *Community in* Keller, E.F. y E.A. Lloyd. *Keywords in Evolutionary Biology*. Cambridge, MA: Harvard University Press:52-60.

Venrick, E.L. 1978. Systematic sampling in a phytoplanktonic ecosystem. *Fish. Bull.* 76:617-627.

Wood, E.J.F. 1970. *Dinoflagellates of the Caribbean Sea and adjacent areas*. Cambridge Univ. Press.

## Anexo 1. Resultados del análisis de componentes principales.

Tabla 1. Calificaciones obtenidas por las estaciones de muestro de la Bahía Magdalena<sup>1</sup>

Estaciones de muestreo	Factor 1	Factor 2
E3_5	0.64959296	-0.12292318
E3_10	0.5050154	-0.28122898
E3_15	0.68029749	0.02317663
E6_5	<b>0.75514224</b>	-0.16197817
E6_10	<b>0.8254852</b>	-0.16850183
E6_15	<b>0.77671205</b>	-0.23965392
E9_5	<b>0.73219268</b>	-0.05973839
E9_10	<b>0.86917419</b>	0.09508042
E9_20	<b>0.77187406</b>	-0.20189407
E12_5	<b>0.80509501</b>	0.05105405
E12_10	<b>0.81147263</b>	0.0396489
E12_15	<b>0.79910272</b>	-0.11439805
E15_5	0.39670637	0.61031697
E15_10	0.49010238	0.68595668
E15_15	0.36782922	0.69929519
E18_5	0.53972069	-0.17270836
E18_10	0.45631224	0.00446014
E18_15	0.61671061	0.0719761
Expl Var	8.24007978	1.64450219
Prp Totl	0.45778221	0.09136123

<sup>1</sup>Las estaciones se nombraron de acuerdo al orden y a la profundidad a la que fueron recolectadas las muestras. Correspondiendo al siguiente horario: E3 - 23:37, E6 - 09:40, E9 - 16:22, E12 - 23:23, E15 - 06:33 y E18 - 12:51 hs.

Tabla 2. Resultados del análisis de componentes principales de la Bahía Magdalena. Calificaciones de las especies para cada factor.

Especie	Factor 1	Factor 2
<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundström) Hasle	2.19412525	1.53772984
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle	2.09649193	0.57095261
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	1.93740978	0.40689008
<i>Detonula pumila</i> (Castracane) Gran	1.8680223	1.91352947
<i>Guinardia striata</i> (Stolterforth) Hasle	1.65880437	1.37669337
<i>Rhizosolenia hyalina</i> Ostensfeld	1.59966692	-1.24443923
<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grunow	1.58484917	-0.18498968
<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grun.) Hallegraeff	1.44530096	-1.71646256
<i>Paralia sulcata</i> (Ehr.) Cleve	1.44119057	-1.54898267
<i>Amphora</i> sp.	1.24871037	0.37442367
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> (Grunow ex Cleve) Hasle	1.21457189	-0.78692785
<i>Proboscia alata</i> (Bright.) Sundström	1.20092383	-0.14788664
<i>Haslea</i> sp.	1.09844911	-1.04993676
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder	0.92512791	2.32444324
<i>Rhizosolenia bergonii</i> H. Peragallo	0.91209259	-1.06919558
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow	0.89296087	0.26386285
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey	0.84238168	0.57354273
<i>Ceratium lineatum</i> (Ehr.) Cleve	0.83029824	-0.08839554
<i>Guinardia flaccida</i> Castracane	0.83006403	0.31241784
<i>Hemaulus hauckii</i> Grunow	0.74719756	-0.22968255
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0.73396005	1.23392243
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brighwell	0.62790325	0.99907266
<i>Navicula</i> sp.	0.41857818	0.07805001
<i>Mesodinium rubrum</i> Lohmann	0.3378101	-0.90670291
<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle	0.33500301	0.39804943
<i>Gymnodinium</i> sp.	0.28401076	-1.21211359
<i>Hemialus membranaceus</i> Cleve	0.22749461	1.04819565
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Lewin & Reimann	0.12829915	2.59581464
<i>Cyclotella</i> sp.	0.12202138	-1.37078832
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultz.) Sundström	0.0442978	-1.01754224
<i>Rhizosolenia crassispina</i> Schröder	0.00760807	-0.9864322
<i>Haslea wawriakae</i> (Husted) Simonsen	-0.01427394	-0.58713163
<i>Nitzschia</i> sp.	-0.03602128	-0.0032319
<i>Stephanopyxis turris</i> (Grev. & Arnott) Ralfs	-0.19969244	-1.03238343
<i>Lioloma delicatum</i> (Cupp) Hasle	-0.22019082	0.31884085
<i>Prorocentrum</i> sp.	-0.25868405	-0.5389074
<i>Pleurosigma</i> sp.	-0.27265072	-0.99539939
<i>Chaetoceros dymus</i> Ehrenberg	-0.30643558	-0.26988998
<i>Asterionellopsis glacialis</i> Round	-0.32712345	-0.3178203
<i>Eucampia cornuta</i> Cleve	-0.3558777	-0.07353951
<i>Octatis pulchra</i> Schiller	-0.37781929	-1.10145861
Coccolitoforales	-0.38874349	-0.61062363
<i>Planktoniella sol</i> (Wallich) Schött	-0.43647503	-1.27051478
<i>Gyrosigma</i> sp.	-0.44352176	-0.12964428
<i>Nitzschia longissima</i> (Bréb.) Grunow	-0.49368495	-0.13150455

Especie	Factor 1	Factor 2
Cianofitas	-0.49919271	-0.97349341
<i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cleve	-0.57884112	-0.74877774
<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve	-0.58400093	-0.71274087
<i>Navicula crabro</i> Cleve	-0.60468507	-0.40810879
<i>Dactyliosolen antarcticus</i> Castracane	-0.65111873	1.05229869
<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve	-0.68497976	-0.21554908
<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder	-0.7523408	0.57293701
<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	-0.76084265	1.80027976
<i>Gyrodinium</i> sp.	-0.76823901	-0.86903517
<i>Thalassiosira rotula</i> Meunier	-0.89357535	1.62112158
<i>Eucampia zodiacus</i> Ehrenberg	-0.91212536	0.05706317
<i>Chaetoceros brevis</i> Schütt	-0.9760106	-0.87348909
<i>Chaetoceros filiferus</i> Karsten	-0.9760106	-0.87348909
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg	-0.9760106	-0.87348909
<i>Pyrophacus steinii</i> (Schiller) Wall & Dale	-0.9760106	-0.87348909
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve	-1.07732376	0.08314646
<i>Thalassiosira</i> sp.	-1.09169512	-0.41754862
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	-1.12071133	0.25453892
<i>Licmophora abbreviata</i> Agardh	-1.22360809	0.64273626
<i>Chaetoceros atlanticus</i> var. <i>napolitanum</i> (Schrod.) Husted	-1.24805901	0.05326894
<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt	-1.28218249	0.828808
<i>Plagiotropis lepidoptera</i> (Gregory) Kuntze	-1.30567669	1.04334236
<i>Chaetoceros</i> sp.	-1.31436173	0.27913527
<i>Rhizosolenia</i> sp.	-1.3460127	0.73698436
<i>Stephanopyxis</i> cf. <i>nipponica</i> Gran & Yendo	-1.40588013	0.68137337
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	-1.69493622	2.42827227

Tabla 3. Calificaciones obtenidas por las estaciones de muestro de la Boca de la Bahía Magdalena<sup>2</sup>

Estaciones de muestro	Factor 1	Factor 2
E2_5M	0.74567755	-0.12096276
E2_10M	0.64380538	0.28478035
E2_20M	0.72582464	0.25284179
E5_5M	0.54300124	-0.11752989
E5_10M	0.50479076	0.00384449
E5_20M	0.68963938	0.19237847
E8_5_M	0.25805346	-0.09857971
E8_10_M	0.85052219	0.20643755
E8_20_M	0.66934625	0.06129499
E11_5M	0.39685549	-0.72056895
E11_10M	0.47158871	-0.65606764
E11_20M	0.36682929	-0.52926497
E14_5_M	0.6523374	0.21016112
E14_10_M	0.67798586	0.22017568
E14_20_M	0.64289467	0.4116718
E17_5M	0.54067667	-0.19157885
E17_10M	0.47482231	-0.22153803
E17_20M	0.28994835	-0.31515661
Expl Var	6.17544622	1.94357954
Prp Totl	0.34308035	0.10797664

<sup>2</sup>Las estaciones se nombraron de acuerdo al orden y a la profundidad a la que fueron recolectadas las muestras. Correspondiendo al siguiente horario: E2 - 21:16, E5 - 05:49, E8 - 14:37, E11 - 22:29, E14 - 04:28 y E17 - 11:05 hs

Tabla 4. Resultados del análisis de componentes principales de la Boca de la Bahía Magdalena. Calificaciones de las especies para cada factor.

Especie	Factor 1	Factor 2
<i>Paralia sulcata</i> (Ehr.) Cleve	2.48601665	-1.65202378
<i>Dacyliosolen phuketensis</i> (Sundstrom) Hasle	2.24759592	1.26401641
<i>Detonula pumila</i> (Castracane) Gran	2.21022567	1.78166933
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Lewin & Reimann	1.69609268	2.47479051
<i>Mesodinium rubrum</i> Lohmann	1.59042219	-0.4343749
<i>Dacyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle	1.55969383	0.94711947
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brighwell	1.48251786	0.55722145
<i>Amphora</i> sp.	1.4590578	-0.44931944
<i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cleve	1.43580797	-0.38556099
<i>Guinardia striata</i> (Stolterforth) Hasle	1.34081879	0.93314778
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder	1.2203019	2.9360138
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> (Grunow ex Cleve) Hasle	1.13409437	-0.19663388
<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grunow	1.12957451	-0.84581128
<i>Navicula</i> sp.	0.99526264	-1.16706077
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow	0.98581972	1.39540249
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	0.91911415	-0.85699632
<i>Guinardia flaccida</i> Castracane	0.85292541	-0.94256685
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow	0.72246188	-0.20469357
<i>Rhizosolenia bergomi</i> H. Peragallo	0.69726289	-0.84300054
<i>Proboscia alata</i> (Bright.) Sundström	0.518066	1.28144912
<i>Chaetoceros</i> sp.	0.47855408	-0.54437634
<i>Eucampia cornuta</i> Cleve	0.45995397	-0.35127025
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg	0.43609874	-0.9081511
<i>Nitzschia</i> sp.	0.42236874	-1.17685142
<i>Haslea wawrkae</i> (Husted) Simonsen	0.30639271	-0.68470595
<i>Haslea</i> sp.	0.29462195	-0.10918579
<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grun.) Hallegraeff	0.20464609	-0.46173388
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey	0.1534756	0.37154279
<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle	0.14496283	0.35592548
<i>Cyclotella</i> sp.	0.12770351	0.4827887
<i>Asterionellopsis glacialis</i> Round	0.06619957	-0.77955953
<i>Rhizosolenia hyalina</i> Ostenfeld	0.01879803	-0.37833784
<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve	-0.05566638	-0.96244659
<i>Chaetoceros filiferus</i> Karsten	-0.11660135	-1.07540076
<i>Gyrosigma</i> sp.	-0.22441961	-0.51446181
<i>Gymnodinium</i> sp.	-0.2876156	-0.70266024
<i>Octatis pulchra</i> Schiller	-0.33600482	-0.5384329
<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve	-0.36099806	-0.49484204
<i>Chaetoceros brevis</i> Schutt	-0.46014673	-0.98536038
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	-0.47113443	-0.97783237
<i>Licmophora abbreviata</i> Agardh	-0.50115662	-0.32644594
<i>Stephanopyxis turris</i> (Grev. & Arnott) Ralfs	-0.51825067	-0.6857353
<i>Chaetoceros atlanticus</i> var. <i>anpopolitanum</i> (Schröd.) Husted	-0.53644671	-0.93308494
<i>Planktoniella sol</i> (Wallich) Schött	-0.55815513	-0.57658816
<i>Pleurosigma</i> sp.	-0.59709816	0.15902084

Especie	Factor 1	Factor 2
<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve	-0.6638693	-0.49524334
<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder	-0.66435311	-0.23311867
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultz) Sundström	-0.69421224	-0.44189679
<i>Ceratium lineatum</i> (Ehr.) Cleve	-0.71239923	1.41595873
<i>Nitzschia longissima</i> (Bréb.) Grunow	-0.73422988	-0.5288493
<i>Prorocentrum</i> sp.	-0.7424583	-0.71928748
Coccolitoforales	-0.75707022	0.02251694
<i>Thalassiosira</i> sp.	-0.76130742	0.22231719
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg	-0.8159136	-0.69834613
<i>Prorocentrum gracile</i> Schutt	-0.84605434	-0.16666435
<i>Gyrodinium</i> sp.	-0.86155641	-0.08768461
<i>Eucampia zodiacus</i> Ehrenberg	-0.87973976	-0.28135893
<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	-0.90090836	1.49737552
Cianofitas	-0.91311103	0.65479575
<i>Dactyliosolen antarcticus</i> Castracane	-0.92710115	-0.6654357
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve	-0.92710115	-0.6654357
<i>Coscinodiscus</i> sp.	-0.93496137	1.07757666
<i>Rhizosolenia crassispina</i> Schröder	-0.98407599	-0.18163563
<i>Stephanopyxis</i> cf. <i>nipponica</i> Gran & Yendo	-0.98726975	-0.41013171
<i>Pyrophacus steinii</i> (Schiller) Wall & Dale	-0.99425023	0.01262043
<i>Navicula crabro</i> Cleve	-1.01013816	2.61554219
<i>Plagiotropis lepidoptera</i> (Gregory) Kuntze	-1.0865252	0.32577169
<i>Lioloma delicatulum</i> (Cupp) Hasle	-1.12214716	0.10434349
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	-1.40492461	0.76887309
<i>Rhizosolenia</i> sp.	-1.58817276	1.43775961
<i>Thalassiosira rotula</i> Meunier	-1.85936362	2.62503475

Tabla 5. Calificaciones obtenidas por las estaciones de muestreo del Mar Abierto.<sup>3</sup>

Estaciones de muestreo	Factor 1	Factor 2
E1_5	-0.00533361	0.15413407
E1_10	0.3323938	0.24651105
E1_20	0.56739242	0.46790453
E1_30	0.61719901	0.14622673
E1_50	0.09372696	-0.22528508
E4_5	0.41120863	-0.36152466
E4_10	0.24773916	-0.30550894
E4_20	0.60802875	-0.48522202
E4_30	<b>0.73154496</b>	-0.29304358
E4_50	0.04218975	-0.1473077
E7_5	0.53848147	-0.30911567
E7_20	<b>0.72177204</b>	0.15257567
E7_50	0.65983395	-0.2929367
E7_75	0.65803397	0.28752428
E10_5	0.37419245	0.56812146
E10_10	0.44846727	0.63312305
E10_20	0.69383386	0.2271854
E10_30	0.58291973	0.50690931
E10_50	0.5444456	0.06306785
E10_75	0.83754369	-0.10780643
E13_5	0.2987364	-0.07101606
E13_10	<b>0.71016298</b>	0.07028412
E13_20	0.42524732	-0.15688624
E13_30	0.28135077	-0.19896379
E13_50	0.53470604	-0.13887908
E13_75	<b>0.71990084</b>	-0.23378564
E16_10	0.64865428	0.07636753
E16_20	0.23125025	0.33298504
E16_30	0.47448404	-0.42685333
E16_50	0.56346468	-0.24962071
E16_75	0.49253245	0.0896796
Expl. Var	8.71600371	2.79513023
Prp. Totl	0.28116141	0.09016549

<sup>3</sup>Las estaciones se nombraron de acuerdo al orden y a la profundidad a la que fueron recolectadas las muestras. Correspondiendo al siguiente horario. E1 – 18:17, E4 – 03:00, E7 – 13:09, E10 – 19:35, E13 – 02:00 y E16 – 09:55

Tabla 6. Resultados del análisis de componentes principales del Mar Abierto. Calificaciones de las especies para cada factor.

Especie	Factor 1	Factor 2
<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grunow	4.97280163	2.4758251
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brighwell	3.96770279	0.92500193
<i>Coscinodiscus</i> sp	2.63773182	0.48289
<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grun.) Hallegraeff	1.95037039	-0.58922056
<i>Rhizosolenia hyalina</i> Ostensfeld	1.21962085	-0.31548928
<i>Navicula</i> sp.	1.10315302	-0.63519442
<i>Thalassiosira rotula</i> Mcunier	0.95868353	1.64166429
Coccolitoforales	0.75875726	-0.99506871
<i>Rhizosolenia bergonii</i> H. Peragallo	0.50591476	-0.50648351
<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle	0.48146049	-0.47121544
<i>Cyclotella</i> sp.	0.47084372	-1.14252698
<i>Nitzschia</i> sp.	0.32355895	-0.2901537
<i>Gymnodinium</i> sp.	0.31685235	-0.4440259
<i>Stephanopyxis turris</i> (Grev. & Arnott) Ralfs	0.26242076	-0.97350917
<i>Prorocentrum</i> sp.	0.2567322	-0.82033261
<i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cleve	0.21418612	-0.70706841
<i>Rhizosolenia</i> sp.	0.21138322	-0.54215153
<i>Amphora</i> sp.	0.11194399	0.5470747
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve	0.02739585	-0.92743661
<i>Nitzschia bicipitata</i> Cleve	0.01179607	-0.38626121
<i>Navicula crabro</i> Cleve	0.00431122	-0.52807435
<i>Rhizosolenia crassispina</i> Schröder	-0.00573115	-0.65020208
<i>Alesodinium rubrum</i> Lohmann	-0.01243343	-0.17390014
<i>Haslea</i> sp.	-0.02975833	-0.47839762
<i>Lacnophora abbreviata</i> Agardh	-0.12491578	-0.36525127
<i>Lioloma delicatulum</i> (Cupp) Hasle	-0.13302648	0.22812145
<i>Asterionellopsis glacialis</i> Round	-0.13686427	-0.36592442
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg	-0.16037611	-0.57364845
<i>Hemialus membranaceus</i> Cleve	-0.18150372	-0.57395916
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultz) Sundstrom	-0.18671567	-0.60524224
Cianofitas	-0.20924135	-0.74044546
<i>Plagiotropis lepidoptera</i> (Gregory) Kuntze	-0.20924135	-0.74044546
<i>Fucampia zodiacus</i> Ehrenberg	-0.20924135	-0.74044546
<i>Ocatus pulchra</i> Schüller	-0.20924135	-0.74044546
<i>Gyrodinium</i> sp.	-0.20924135	-0.74044546
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	-0.20924135	-0.74044546
<i>Chaetoceros filiferus</i> Karsten	-0.20924135	-0.74044546
<i>Haslea wawriake</i> (Husted) Simonsen	-0.20924135	-0.74044546
<i>Chaetoceros atlanticus</i> var. <i>napolitani</i> (Schrod.) Husted	-0.20924135	-0.74044546
<i>Stephanopyxis</i> cf. <i>nipponica</i> Gran & Yendo	-0.20924135	-0.74044546
<i>Chaetoceros brevis</i> Schütt	-0.20924135	-0.74044546
<i>Pyrophacus steinii</i> (Schüller) Wall & Dale	-0.20924135	-0.74044546
<i>Gyrosigma</i> sp.	-0.23672666	-0.54001619
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve	-0.25519415	-0.6188368
<i>Chaetoceros diadymus</i> Ehrenberg	-0.2764591	-0.56256162

Especie	Factor 1	Factor 2
<i>Planktoniella sol</i> (Wallich) Schött	-0.31984663	0.06512162
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	-0.32879371	0.04490609
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Lewin & Reimann	-0.34686961	2.38132008
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow	-0.34889273	-0.51832097
<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder	-0.34889273	-0.51832097
<i>Thalassiosira</i> sp.	-0.36218702	-0.24155421
<i>Paralia sulcata</i> (Ehr.) Cleve	-0.37029454	0.66221754
<i>Ceratium lineatum</i> (Ehr.) Cleve	-0.37197706	0.00023362
<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt	-0.3719899	-0.26569791
<i>Dactylosolen antarcticus</i> Castracane	-0.44897289	-0.34595011
<i>Nitzschia longissima</i> (Bréb.) Grunow	-0.44897289	-0.34595011
<i>Guinardia flaccida</i> Castracane	-0.45628573	0.26294154
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey	-0.53710861	0.06353663
<i>Pleurosigma</i> sp.	-0.66400534	0.7943251
<i>Chaetoceros</i> sp.	-0.66763202	0.08485914
<i>Detonula pumila</i> (Castracane) Gran	-0.68082554	1.65502642
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow	-0.70388584	0.74843801
<i>Eucampia cornuta</i> Cleve	-0.77612267	0.27095195
<i>Dactylosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle	-0.79678986	0.84634456
<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	-0.80095901	0.33460492
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> (Grunow ex Cleve) Hasle	-0.92665868	4.03209145
<i>Guinardia striata</i> (Stolterforth) Hasle	-0.94435193	1.83691599
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder	-1.1079309	2.11368505
<i>Leptocylindrus damicus</i> Cleve	-1.12637015	1.22120066
<i>Dactylosolen phuketensis</i> (Sundström) Hasle	-1.12858101	1.62181378
<i>Proboscia alata</i> (Bright.) Sundström	-1.13182293	1.55918054

Tabla 5. Calificaciones obtenidas al comparar todas las tres localidades de muestreo.

Localidad	Factor 1
BAHIA	0.78795833
BOCA	0.59815153
O P	0.82431942
Expl.Var	1.65816609
Prp.Totl	0.55272203

Tabla 8. Calificación obtenida por las especies agrupadas en el Factor 1.

Especie	Factor 1
<i>Detonula pumila</i> (Castracane) Gran	1.89787158
<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundstrom) Hasle	1.71822003
<i>Guinardia striata</i> (Stolterforth) Hasle	1.70509496
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow	1.57429931
<i>Chaetoceros</i> sp.	1.52645127
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle	1.50120908
<i>Paralia sulcata</i> (Erh.) Cleve	1.48915056
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	1.46721092
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Lewin & Reimann	1.44655027
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> (Grunow ex Cleve) Hasle	1.28338445
<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grunow	1.16795734
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brighwell	1.04208383
<i>Dactyliosolen antarcticus</i> Castracane	0.79199557
<i>Eucampia cornuta</i> Cleve	0.71684434
<i>Amphora</i> sp.	0.71564819
<i>Guinardia flaccida</i> Castracane	0.69882913
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0.69086988
<i>Proboscia alata</i> (Bright) Sundström	0.63239465
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	0.61872651
<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	0.58851016
<i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cleve	0.58304
<i>Thalassiosira rotula</i> Meunier	0.5493135
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder	0.54214799
<i>Rhizosolenia hyalina</i> Ostenfeld	0.52698817
<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grun.) Hallegraeff	0.45681479
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendeby	0.42488285
<i>Navicula</i> sp.	0.37823818
<i>Nitzschia</i> sp.	0.35282597
<i>Pleurosigma</i> sp.	0.32011012
<i>Mesodinium rubrum</i> Lohmann	0.31430509
<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle	0.1938676
<i>Rhizosolenia bergonii</i> H. Peragallo	0.18843849
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow	0.18836567
<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve	0.13435601
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg	0.0557818
<i>Navicula crabro</i> Cleve	-0.01465711
<i>Prorocentrum</i> sp.	-0.11422418

Especie	Factor 1
Coccolitoforales	-0.11573274
Cianofitas	-0.13752082
Haslea sp	-0.13768544
Asterionellopsis glacialis Round	-0.18486005
Ceratium lineatum (Erh.) Cleve	-0.23958407
Cyclotella sp.	-0.28111419
Lioloma delicatulum (Cupp) Hasle	-0.30074349
Bacteriastrum delicatulum Cleve	-0.35638451
Nitzschia longissima (Bréb.) Grunow	-0.36510734
Nitzschia bicapitata Cleve	-0.38122182
Planktoniella sol (Wallich) Schött	-0.48232933
Licmophora abbreviata Agardh	-0.48890115
Rhizosolenia sp.	-0.49215378
Gyrosigma sp.	-0.55101161
Plagiotropis lepidoptera (Gregory) Kuntze	-0.55566335
Prorocentrum gracile Shütt	-0.55707942
Rhizosolenia crassispina Schröder	-0.62658944
Gymnodinium sp.	-0.64811151
Stepanopyxis turris (Grev. & Arnott) Ralfs	-0.68372368
Bacteriastrum hyalinum Lauder	-0.78091905
Thalassiosira sp.	-0.82138932
Pseudonitzschia sp.	-0.90052226
Eucampia zodiacus Ehrenberg	-0.90337948
Haslea wawriake (Husted) Simonsen	-0.91988319
Pseudosolenia calcar-avis (Schultz) Sundström	-1.06672755
Chaetoceros atlanticus var. anpolitatum (Schröd.) Husted	-1.10884096
Octatis pulchra Schüller	-1.11281537
Gyrodinium sp.	-1.31933937
Stepanopyxis cf. nipponica Gran & Yendo	-1.56676695
Dictyocha fibula Ehrenberg	-1.5789912
Chaetoceros decipiens Cleve	-1.64602295
Chaetoceros filiferus Karsten	-2.22072044
Chaetoceros brevis Schütt	-2.40418485
Pyrophacus steinii (Schiller) Wall & Dale	-2.41787632