VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DEL FITOPLANCTON EN LA BAHÍA DE MAYAGÜEZ, PUERTO RICO

Por

Claudia Milena Tapia Larios

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS
en

BIOLOGÍA

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ
2007
Aprobada por:

_____	_____
Juan G. González Lagoa, Ph.D. Miembro del Comité Graduado	Fecha
_____	_____
Fernando Gilbes Santaella, Ph.D Miembro del Comité Graduado	Fecha
_____	_____
Mónica Alfaro Lozano, Ph.D. Miembro del Comité Graduado	Fecha
_____	_____
Sonia Borges Delgado, Ph.D. Presidente del Comité Graduado	Fecha
_____	_____
Lucy B. Williams, Ph.D. Director del Departamento	Fecha
_____	_____
Reinaldo García, Ph.D. Representante Estudios Graduados	Fecha

ABSTRACT

Mayagüez Bay is an area off western Puerto Rico affected by effluents of domestic waste treatment plants and the three major rivers flowing into the region. In either case, anthropogenic factors are seen as contributing elements influencing its primary production. This study represents an effort to study the diversity, abundance, and temporal and spatial variations of the phytoplankton in Mayagüez Bay.

Phytoplankton samples and physical-chemical parameters (temperature, salinity, nutrients, and chlorophyll-*a*), were collected at four coastal and two oceanic stations during the rainy season (2005) and the dry season (2006). Phytoplankton was identified using scaninnig electron microscopy techniques and Nomarsky microscopy; cell counts were done under a regular compound microscope in a Neubauer chamber.

The highest abundance (4685 cells/liter) was observed during the dry season in April, 2006. The phytoplankton composition throughout the study was made up principally by diatoms and dinoflagellates. The chlorophycea, cocolithophorida, and cyanophycea were infrequent. The most abundant genera were *Asterionella, Guinardia, Skeletonema, Chaetoceros, Cylindrotheca, Alexandrium, Rhizosolenia, Ceratium, Gonyaulax*, and *Protoperidinium.*

Surface temperature and salinity data showed a sharp influence on the succession of the phytoplankton community. The statistical analysis indicated that population of phytoplankton and the concentration of chlorophyll-*a* were significantly different in space and time. However, independently of the abundance, the highest concentration of chlorophyll-*a* was observed during the rainy season. High densities of phytoplankton were found associated with high concentration of nitrates.

In general, Mayagüez Bay can be classified as a complex estuarine system integrating nearshore and oceanic species. Continuous changes in nutrients due to river discharges influence the species and also maintain their diversity.

RESUMEN

La Bahía de Mayagüez ubicada al oeste de Puerto Rico, es un área afectada por la descarga de aguas servidas y por los tres principales ríos que desembocan en ésta región. Presenta un alto grado de intervención antrópica, lo que parece afectar directamente su producción primaria. En este estudio se determinó la diversidad, abundancia y variaciones espacio-temporales de las principales poblaciones fitoplanctónicas de la Bahía de Mayagüez.

Se colectaron muestras de fitoplancton y se midieron los parámetros fisicoquímicos (temperatura, salinidad, nutrientes, clorofila-*a*) en cuatro estaciones costeras y dos estaciones oceánicas. El tiempo de estudio abarcó el periodo de lluvia (2005) y de época seca (2006). Las muestras fueron identificadas por microscopía electrónica de rastreo y de Nomarsky, y la abundancia se determinó por conteo directo de células utilizando una cámara de Neubauer.

La mayor abundancia (4685 cel/mL) se encontró en la época seca en abril, 2006. Durante el tiempo de estudio, la comunidad fitoplanctónica estuvo conformada principalmente por diatomeas y dinoflagelados. La presencia de clorofíceas, cocolitofóridos y cianofíceas fue relativamente baja. Los géneros más abundantes fueron *Asterionella, Guinardia, Skeletonema, Chaetoceros, Cylindrotheca, Alexandrium, Rhizosolenia, Ceratium, Gonyaulax* y *Protoperidinium.*

La temperatura y la salinidad en la superficie mostraron una marcada influencia en la sucesión de la comunidad fitoplanctónica. El análisis estadístico mostró que la comunidad fitoplanctónica y la concentración de clorofila-*a* fueron significativamente diferentes en espacio y tiempo. Sin embargo, a diferencia de la abundancia poblacional, la mayor concentración de clorofila-*a,* se encontró en la época húmeda. La mayor abundancia del fitoplancton se encontró en los meses de mayor concentración de nitratos. En general, la Bahía de Mayagüez se clasifica como un sistema estuarino integrado por especies costeras y oceánicas. Cambios

continuos en el aporte de nutrientes, producto del arrastre de los ríos mantienen la diversidad de las especies.

A mi princesa Alejandra y a mi campeón Rogercito

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que ayudaron en la ejecución de este proyecto.

A los miembros del comité de evaluación, a mi directora de investigación, la Dra. Sonia Borges, le agradezco haber confiado en mí y recibirme como su estudiante. Al Dr. Fernando Gilbes y a la propuesta NOAA-CREST (NA06OAR4810162), por permitirme desarrollar la parte experimental de mi trabajo dentro de su grupo de investigación y muy especialmente al Dr. Juan González Lagoa por su apoyo incondicional, sin el cual no hubiese logrado esta meta y a quien quiero demostrar mi admiración y respeto por estar siempre dispuesto a brindarme su ayuda.

Agradezco al Dr. Nelson Navarro de la Pontificia Universidad Católica de Puerto Rico, por ayudarme en el manejo e identificación de las diatomeas colectadas, a la Dra. Maribel Vargas Montero de la Universidad de Costa Rica, por su ayuda al facilitarme gran parte de la literatura para la identificación de dinoflagelados y cianobacterias. Agradezco tambien al equipo de trabajo del barco La Sultana, a Patrick Reyes y Vilmaliz Rodríguez por su colaboración en la toma de muestra y procesamientos de datos.

Quiero darle las gracias a mi esposo por su amor y ayuda para mejorar mi trabajo y sobre todo por tenerme paciencia en momentos de estrés. A mis hijos Alejandra y Roger, que son la fuerza y el motivo de mi vida. Quiero dar gracias a mis padres por su cariño y por mostrarme su apoyo y confianza en la distancia.

Gracias Dios mío por darme la fuerza para soportar momentos de debilidad y tristeza, de los cuales me cultivé y por poner en mi camino a estas personas de las cuales estaré siempre agradecida.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS **X**

LISTA DE FIGURAS **XI**

1. INTRODUCCIÓN **1**

2. REVISIÓN DE LITERATURA **4**

2.1. GENERALIDADES DEL FITOPLANCTON 4
2.2. VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS 6
2.3. ESTUDIOS FICOLÓGICOS EN PUERTO RICO 8
2.4. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LA BAHÍA DE MAYAGÜEZ. 13

3 OBJETIVOS **18**

3.1. GENERALES 18
3.2. ESPECÍFICOS 18

4 MATERIALES Y MÉTODOS **19**

4.1. ÁREA DE ESTUDIO 19
4.1.1 Sitios y fechas de muestreo *20*
4.2. VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS 20
4.3. MEDICIÓN DE NUTRIENTES 22
4.4. MEDICIÓN DE CLOROFILA-*A* 23
4.5. MUESTRAS DE FITOPLANCTON 23
4.5.1. Análisis cuantitativo *23*
4.6. DISEÑO ESTADÍSTICO 24

5 RESULTADOS **25**

5.1. VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS 25
5.1.1. Temperatura *25*
5.1.2. Salinidad *25*
5.1.3. Lluvia *26*
5.1.4. Descarga de ríos *26*
5.1.5. Nutrientes *29*
5.1.6. Concentración de clorofila-a *36*
5.1.7. Relación entre la concentración de nutrientes y la descarga de los ríos *38*
5.1.8. Correlación entre nutrientes y clorofila-a *38*
5.2. ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA EN LA BAHÍA DE MAYAGÜEZ 40
5.2.1. Abundancia del fitoplancton *40*
5.2.2. Variación temporal y espacial de la abundancia del fitoplancton *40*
5.2.3. Diatomeas *48*
5.2.4. Dinoflagelados *54*
5.2.5. Cianobacterias *61*
5.2.6. Clorofíceas *62*
5.2.7. Cocolitofóridos *63*
5.3. DIVERSIDAD Y DOMINANCIA 64

6. DISCUSIÓN **67**

6.1. VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA BAHÍA DE MAYAGÜEZ 67
6.2. NUTRIENTES 70
6.3. VARIACIONES EN LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA-*A* 75
6.4. EL FITOPLANCTON DE LA BAHÍA DE MAYAGÜEZ 79
6.5. DIATOMEAS 81
6.6. DINOFLAGELADOS 85
6.7. CIANOBACTERIAS 90
6.8. CLOROFÍCEAS Y COCOLITOFÓRIDOS 91
6.9. ÍNDICES ECOLÓGICOS 92
6.10. AFINIDAD ENTRE ESTACIONES 94

7. CONCLUSIONES **96**

8. BIBLIOGRAFÍA **98**

ANEXOS **111**

LISTA DE TABLAS

Tablas **Páginas**

Tabla 1. Ampliación propuesta para los niveles tróficos 8
Tabla 2. Localización geográfica de las estaciones de muestreo en la Bahía de Mayagüez y su distancia de la costa. 22
Tabla 3. Análisis de varianza de dos vías (ANOVA) para probar diferencias temporales y espaciales de la concentración de clorofila-*a* y nutrientes en la Bahía de Mayagüez 30
Tabla 4. Análisis de varianza de una vía para determinar diferencias temporales en las concentraciones de clorofila-*a* y nutrientes. 33
Tabla 5. Análisis de varianza de una vía determinar diferencias espaciales en las concentraciones de clorofila-*a* y nutrientes. 35
Tabla 6. Índice de riqueza y abundancia del fitoplancton de la Bahía de Mayagüez. 42
Tabla 7. Análisis de varianza Kruskal-Wallis para evaluar diferencias de abundancia del fitoplancton durante el tiempo de estudio. 43
Tabla 8. Análisis de varianza Kruskal-Wallis para evaluar diferencias de abundancia del fitoplancton por estaciones de muestreo 44
Tabla 9. Análisis de varianza Kruskal-Wallis para evaluar diferencias de abundancia de diatomeas planctónicas entre los meses de estudio 52
Tabla 10. Análisis de varianza Kruskal-Wallis para evaluar diferencias de abundancia de diatomeas planctónicas en las estaciones de estudio. 53
Tabla 11. Análisis de varianza Kruskal-Wallis para evaluar diferencias de abundancia de dinoflagelados entre los meses de estudio 56
Tabla 12. Análisis de varianza Kruskal-Wallis para evaluar diferencias de abundancia de dinoflagelados en las estaciones de estudio 60
Tabla 13. Análisis de varianza Kruskal-Wallis para evaluar diferencias en abundancia de cianobacterias, clorofíceas y cocolitofóridos entre los distintos meses de estudio 61
Tabla 14. Análisis de varianza Kruskal-Wallis para evaluar diferencias en abundancia de cianobacterias, clorofíceas y cianobacterias en las estaciones de estudio 62
Tabla 15. Índices de Diversidad y Dominancia del fitoplancton de la Bahía de Mayagüez. 66

LISTA DE FIGURAS

Figuras **Pagina**

Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo en la Bahía de Mayagüez. 21
Figura 2. Variación mensual de la temperatura en la superficie de las estaciones de muestreo en la Bahía de Mayagüez 26
Figura 3. Variación mensual de la salinidad superficial en las distintas estaciones de muestreo en la Bahía de Mayagüez 28
Figura 4. Promedio mensual de lluvia reportado para la Bahía de Mayagüez 28
Figura 5. Promedio mensual de la descarga de los ríos Añasco y Guanajibo en la Bahía de Mayagüez 29
Figura 6. Promedio de la concentración mensual de los nutrientes en la superficie de la Bahía de Mayagüez 30
Figura 7. Promedio de la concentración mensual de los nutrientes en la superficie para las estaciones en la Bahía de Mayagüez 31
Figura 8. Patrón de la variación mensual de la concentración de nutrientes a nivel de la superficie en las distintas estaciones en la Bahía de Mayagüez 32
Figura 9. Promedio mensual de las concentraciones de clorofila-*a* en la Bahía de Mayagüez 36
Figura 10. Promedio de las concentraciones de clorofila-*a* en las estaciones de muestreo en la Bahía de Mayagüez. 37
Figura 11. Patrón de variación de la clorofila-*a* en las distintas estaciones de muestreo durante el tiempo de estudio en la Bahía de Mayagüez 37
Figura 12. Composición taxonómica y abundancia del fitoplancton entre los meses de estudio en la Bahía de Mayagüez. 45
Figura 13. Composición taxonómica y abundancia del fitoplancton en las estaciones de muestreo en la Bahía de Mayagüez. 45
Figura 14. Correlación entre la salinidad y la abundancia del fitoplancton en la época de lluvia en la Bahía de Mayagüez. 46
Figura 15. Variación de la riqueza de especies en las estaciones de muestreo en la Bahía de Mayagüez. 46
Figura 16. Índice de Similitud de Bray-Curtis de la riqueza del fitoplancton en las estaciones de muestreo durante el tiempo de estudio en la Bahía de Mayagüez. 47
Figura 17. Variación mensual de las diatomeas más abundantes durante el tiempo de estudio en la Bahía de Mayagüez. 49
Figura 18. Promedio mensual de la abundancia de diatomeas planctónicas en la Bahía de Mayagüez 50
Figura 19. Promedio de la abundancia de diatomeas planctónicas en las estaciones de muestreo en la Bahía de Mayagüez. 50

Figura 20. Correlación entre la abundancia de diatomeas y la concentración de clorofila-*a* en el tiempo de estudio. 51
Figura 21. Especies de dinoflagelados más abundantes en la Bahía de Mayagüez durante los meses de estudio. 57
Figura 22. Promedio mensual de la abundancia de dinoflagelados en la Bahía de Mayagüez. 57
Figura 23. Promedio de la abundancia de dinoflagelados en las estaciones de muestreo en la Bahía de Mayagüez. 58
Figura 24. Correlación entre la concentración de clorofila-a y la abundancia de dinoflagelados en la Bahía de Mayagüez en septiembre, 2005. 58
Figura 25. Correlación entre abundancia de dinoflagelados y la temperatura superficial del agua en septiembre, 2005. 59
Figura 26. Correlación entre la abundancia de clorofíceas y la concentración de clorofila-*a*. 63

1. INTRODUCCIÓN

La distribución del fitoplancton, así como la de otros organismos acuáticos está determinada por varios factores ambientales, de los cuales uno de los más importantes es la composición química del medio en que viven. Dada su condición de productores primarios y su amplia distribución en los ecosistemas acuáticos, varias especies del fitoplancton han sido utilizadas como indicadores de calidad de agua debido al bajo grado de tolerancia que dichos organismos presentan ante pequeñas alteraciones en la composición química del ambiente (Abarzua et al., 1995). El conocimiento del fitoplancton en ambientes marinos proporciona la base requerida para el manejo y ordenamiento de los recursos naturales, así como para el control de la calidad ambiental, lo cual permite conocer la composición, distribución y la variación de nutrientes que afectan directamente la producción primaria que, a su vez, tiene un impacto directo en el resto de la cadena alimentaria (Contreras y Zabalegui, 1991).

En el trópico, la variación en la estructura, función y distribución del fitoplancton obedece también a los cambios estacionales de lluvias, las cuales afectan directamente la descarga de los ríos, induciendo fluctuaciones en la concentración de nutrientes, salinidad y turbidez. La limitación de nitrógeno disuelto ha sido tomada como una de las causas para las bajas tasas de productividad primaria en aguas oceánicas del trópico en general (Dugdale, 1967; Thomas, 1970; Corredor et al., 1984) y para el Mar Caribe en particular (Corredor, 1979).

El panorama heterogéneo de las aguas costeras de Puerto Rico afecta la comunidad fitoplanctónica en diferentes escalas espaciales y temporales (García y López, 1989). Variaciones en el clima y la topografía, combinadas con actividades humanas, producen cambios en la cantidad y en la composición del material de descarga de los ríos.

La contaminación del agua costera y marina por los desechos provenientes de efluentes industriales producen una modificación en la concentración natural de los compuestos químicos del agua de mar. Esta alteración de la estructura química natural del agua podría dar lugar al proceso de eutrofización, que afecta al ecosistema en la estructura taxonómica, abundancia de su biota y en la tasa de producción del fitoplancton.

El intenso desarrollo urbano, especialmente en las áreas costeras, acelera la erosión de los suelos e incrementa el sedimento suspendido de los ríos y el aporte de nutrientes (Morelock et al., 1983). La alta sedimentación a largo plazo hace que los nutrientes se encuentren, en gran medida, en formas particuladas en el sistema y pasen a acumularse dentro de la biomasa de los organismos fitoplanctónicos. El aumento de biomasa del fitoplancton hace que aumente la turbidez y disminuya la penetración de la luz, por lo que se generan condiciones que favorecen el reemplazo de especies, como la aparición de especies persistentes con lento crecimiento, alta acumulación de biomasa, baja presión en la depredación, formación de estructuras de resistencias, etc. (Reynolds, 1997).

La Bahía de Mayagüez ha sido afectada por la descarga directa de los efluentes de la industria atunera y por aguas negras de la región, lo que ha llevado a una degradación progresiva de la calidad del agua de la bahía. Asimismo, este sistema presenta una alta incidencia de material particulado suspendido (MPS) por la descarga de los ríos Añasco, Guanajibo y Yagüez con un máximo pico de descarga para los meses de agosto a noviembre (Webb et al., 2000). Esto hace que la Bahía de Mayagüez sea un escenario ideal para analizar el efecto de los procesos naturales y la actividad antropogénica en la comunidad fitoplanctónica. Las variaciones en la cantidad de MPS producen, a su vez, variaciones temporales y espaciales en la dinámica del fitoplancton.

Diferentes estudios relacionaron los cambios en la producción primaria de la Bahía de Mayagüez no sólo con los periodos de lluvia y descarga local de los ríos, sino además, con la descarga de los ríos Orinoco y Amazonas durante los

meses de septiembre a octubre (Müller-Karger et al., 1989; Müller-Karger y Aparicio Castro, 1994). Actualmente, las imágenes de satélite han demostrado que el plumacho del Río Amazonas es desviado por las corrientes, influenciando mayormente las costas del continente africano. El Río Orinoco no parece tener tanta influencia en la costa oeste de Puerto Rico. Sin embargo, se ha reconocido su influencia en la estación oceánica Caribbean Time Series (CaTS), ubicada suroeste de la isla (Gilbes, Com. Per.).

Este estudio constituye el primer trabajo sobre el conocimiento de las poblaciones fitoplanctónicas presentes en la Bahía de Mayagüez y fue realizado con el objetivo de analizar la variabilidad temporal del fitoplancton a nivel de estructura comunitaria y especies dominantes en diferentes estaciones costeras y oceánicas.

Los resultados de esta investigación permitirán conocer parcialmente el estado actual de este ecosistema y brindarán elementos para establecer comparaciones futuras. Este trabajo además forma parte de un estudio multidisciplinario que se ha realizado en la Bahía de Mayagüez, el cual comprende a su vez la caracterización tanto a nivel oceanográfico como taxonómico, y que pueden servir como una guía para el manejo de áreas marinas en vías de restauración.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del fitoplancton

El fitoplancton está integrado por muy diversos grupos: diatomeas, heterocontas, cianofíceas, escasas clorofíceas y un conjunto de organismos flagelados: dinoflagelados, silicoflagelados, cocolitofóridos, crisomonádidos y euglénidos. Por su importancia cualitativa los grupos principales son las diatomeas, los dinoflagelados, las cianofíceas (en ciertas ocasiones) y los cocolitofóridos. El fitoplancton se localiza en todas las aguas superficiales del mar, adaptándose rápidamente a cualquier cambio en las condiciones fisicoquímicas del océano, como la temperatura y la salinidad (Jørgensen, 1968). Las especies que forman el fitoplancton varían mucho de un tipo de ambiente a otro, pero a todas corresponde la misma función dentro de la cadena de alimentación: producir la materia orgánica del océano (Balech, 1977; Margalef, 1974; Richmond, 1986).

Por requerir de la luz del Sol para su actividad fotosintética, el fitoplancton está limitado al estrato superficial, ya que los rayos sólo penetran en estas capas en donde, a medida que las plantas crecen y aumentan en número, se absorbe una porción cada vez mayor de esta radiación. Los organismos del fitoplancton requieren, además de la luz y el bióxido de carbono, nutrientes esenciales representados por los nitratos y fosfatos que se encuentran siempre en el agua del mar en cantidades que exceden a sus necesidades. Sin embargo, estos elementos son asimilados por los organismos de manera tan completa que se ven reducidos a concentraciones imperceptibles en las aguas superficiales del océano, donde la estratificación termal se rompe o disuelve durante el invierno.

Las bacterias atacan y desintegran rápidamente al fitoplancton a medida que se muere, a los animales que de él se alimentan o los desechos que

producen. Esta acción bacteriana permite que se formen nuevamente los nutrientes que pueden ser utilizados otra vez por el fitoplancton. Este ciclo se repite indefinidamente en tanto la fotosíntesis continúe (Goodchild et al., 1972).

Cualquier organismo que se hunda o se desplace fuera del estrato eufótico representa una pérdida neta de materia orgánica, junto con su contenido propio y esencial de nutrientes. Esta pérdida podría representar una fracción muy pequeña de la producción orgánica total, pero en un periodo suficientemente prolongado, llevaría al empobrecimiento de las aguas menos profundas del mar. Esto hace que el mar deba desarrollar un mecanismo para devolver los nutrientes de las profundidades al estrato eufótico, pues en caso contrario el mar se volvería estéril (Balech 1977; Richmond, 1986; Tait, 1987).

En el océano se presenta una serie de condiciones hidrodinámicas y meteorológicas muy variables, tanto estacional como geográfica. Estas condiciones permiten recuperar nutrientes al presentarse los movimientos del océano llamados de surgencia, los que hacen que algunas zonas sean muy ricas en vida marina, mientras que otras son virtualmente desiertos biológicos. En los mares tropicales y en las regiones templadas durante los meses de verano, la radiación solar entibia las aguas superficiales. Así se establecen zonas de diferente temperatura y se forman la llamada estratificación térmica, la cual es muy estable e impide los movimientos de surgencia. Esto trae como consecuencia que estas aguas sean menos productivas. Este empobrecimiento es una característica permanente en casi todos los mares tropicales y explica por qué las pesquerías más grandes se encuentran en las regiones frías del océano.

Este hecho explica también el color azul intenso de los mares tropicales, como el que se presenta en el Mar Caribe frente a las costas de Quintana Roo o de Cuba, y no es más que una clara manifestación de la falta de vida planctónica y de materia orgánica en general (Leal et al., 2001; Hernandez-Becerril y Almazán, 2004). Se puede señalar que la productividad primaria de las regiones

oceánicas templada y polar es del doble o más que la producción que se presenta en los mares tropicales, casi siempre pobres en nutrientes.

Las zonas cercanas a los continentes, en donde existe una mayor actividad de las aguas por la acción del oleaje, las mareas y las corrientes, presentan surgencias que les permiten contar con la cantidad suficiente de nutrientes compuestos principalmente por nitrógeno y fósforo, formándose las zonas más productivas. No obstante, el océano abierto, donde las aguas pueden ser más tranquilas, no es un medio especialmente favorable para la producción de materia orgánica. Estas regiones costeras son cien veces más productivas por unidad de superficie que el mar abierto y se les considera entre las regiones que más producen en el planeta. Sólo rivalizan con las cosechas que el humano establece en los continentes, intensamente cultivadas y abundantemente fertilizadas (Richmond, 1986).

2.2. Variables físicas y químicas

La lluvia produce deslave de los suelos que llevan a un enriquecimiento de formas de nitrógeno (NO_3^-, NH_4^+, nitrógeno orgánico) a las aguas costeras y estuarinas. Las zonas costeras son altamente sensitivas a la introducción de estas fuentes de nitrógeno, debido a que se refleja en un incremento en las poblaciones del fitoplancton, lo que muchas veces puede acelerar el proceso de eutrofización.

Los patrones estacionales de lluvias en áreas tropicales producen diferencias estacionales en la descarga de los ríos, lo que conlleva cambios en la composición química del agua de mar como son las variaciones en la salinidad, aumento en la turbidez, disponibilidad de luz, disposición de nutrientes, etc. Todos estos factores inducen directamente a variaciones en la estructura y

composición de las diferentes poblaciones fitoplanctónicas porque este tipo de comunidad está limitada a la zona eufótica.

Dentro de los fenómenos más importantes en el flujo energético de los ecosistemas acuáticos están la cantidad y variación de los nutrientes responsables de la productividad primaria acuática. De aquí que la cuantificación de los nutrientes forme parte esencial del concepto de trofodinamismo, es decir, clasificar a los cuerpos acuáticos desde pobres en nutrientes (oligotróficos) o excedentes en ellos (hipereutróficos) (Contreras et al., 1994). Existe una estrecha relación entre la cantidad de los nutrientes y la concentración de clorofila-*a*. La razón de lo anterior es que la presencia de clorofila en el agua es una respuesta casi inmediata a la variabilidad de los nutrientes, lo cual propicia que su cuantificación y seguimiento sean indicadores de las variaciones de la biomasa fitoplanctónica, que es la responsable directa de la salud del ecosistema (Müller-Karger et al., 1989; Contreras et al., 1994). El fenómeno anterior, aunque no se trata de una regla universal, ha resultado tan conceptualmente útil que ha permitido recientemente la clasificación, incluso, de las zonas costeras (Giovanardi y Tromellini, 1992; Vollenweider et al., 1992) que aparece en la Tabla 1.

Como puede apreciarse, existe un agrupamiento de ecosistemas bajo ciertos promedios de concentración de clorofila. Si se analiza cada uno de éstos, las diferencias tienen una explicación causal, ya que la cantidad de pigmento corresponde a la de los nutrientes, lo mismo su variación, lo cual en cada caso es propiciado por diferentes factores. Así se identifican ecosistemas en que, por su propia naturaleza, es de esperarse que presenten cantidades elevadas de sales biogénicas.

La tipificación empleada abarca intervalos muy amplios en la concentración de clorofila, sobre todo hacia las dos últimas categorías. Es en ellas, precisamente, en donde se ubica la mayoría de los ecosistemas tropicales costeros. Sin embargo, en la Bahía de Mayagüez, no se han reportado estas concentraciones de clorofila-*a*. Es importante el seguimiento metódico de la

presencia y abundancia de la clorofila, porque provee elementos para detectar cambios en el comportamiento, tanto espacial como temporal, de un atributo que posee un valor ecológico significativo.

Tabla 1. Ampliación propuesta para los niveles tróficos (tomado de Contreras et al., 1994)

Categorías	Intervalos en la concentración de Clorofila-*a* (µg/l)		Índice trófico	
Ultraoligotrófico	0.000	0.122	0	9
α Oligotrófico	0.123	0.340	10	19
β Oligotrófico	0.350	0.940	20	29
γ Oligotrófico	0.950	2.600	30	39
α Mesotrófico	2.700	7.200	40	49
β Mesotrófico	7.300	20.000	50	59
α Eutrófico	21.000	55.000	60	69
β Eutrófico	56.000	155.000	70	79
γ Eutrófico	156.000	425.000	80	89
Hiperetrófico		> 426.000		> 90

2.3. Estudios ficológicos en Puerto Rico

Las algas de Puerto Rico han sido estudiadas desde hace muchos años ya que de acuerdo con Taylor (1942) para 1884 se habían realizado las primeras colecciones de algas en la isla, informándose 92 especies. Taylor (1942) organizó una expedición para realizar un inventario de las especies de las islas

occidentales, incluyendo a Puerto Rico. Encontró 25 especies en Puerto Rico distribuidas en 23 géneros, que a la vez se encontraban en otras 15 islas.

De acuerdo a Margalef (1957), las especies observadas en las aguas de Puerto Rico eran comunes en el plancton de la mayoría de los mares de aguas cálidas. Ejemplo de ellas son *Peridinium abei* (Paulsen), *Peridinium latissimun* (Kofoid), *Pyrodinium bahamense, Chaetoceros coartatus* (Lauder), *Eucampia corneta* (Cleve), *Climacodium biconcuvum* (Cleve), *Bidulphia tuomeyi* (Bail). Las tres primeras (dinoflagelados) indican afinidad entre el Pacífico y el Atlántico occidental.

Burkholder y Burkholder (1958) estudiaron la Bahía Fosforescente de La Parguera y atribuyeron la abundancia del fitoplancton a los aportes del drenaje de las áreas vecinas, más cierta cantidad de vitamina B_{12} sintetizada *in situ*. Para finales de la década de 1950 y principios de 1970, Almodóvar y Blomquitst (1959, 1961,1965) realizaron trabajos más detallados sobre las algas de Puerto Rico. Los datos de la colección de las algas encontradas en Puerto Rico en estos estudios están incluidos en la Bibliografía de Botánica Marina de Almodóvar (1979).

Durante doce meses Margalef (1961) tomó medidas de salinidad, distribución de fitoplancton y de clorofila en aguas de la costa oeste y suroeste de la isla, frente a Mayagüez, y de esta latitud hacia el sur, incluyendo La Parguera y Bahía Fosforescente. Identificó gran variedad de dinoflagelados, bacilariofíceas y cianofíceas permanentes en todas las bahías. Margalef sostuvo que el mantenimiento de una densa población de *Pyrodinium bahamense* en la Bahía Fosforescente era producto de una serie de circunstancias favorables relacionadas con la morfometría de dicha bahía.

Muchas de las investigaciones de fitoplancton en Puerto Rico se han enfocado en estimar la dinámica poblacional de los dinoflagelados, organismos fotoautótrofos en su mayoría y algunos con facultad bioluminicente. Estos organismos tienen amplia distribución y son de gran importancia trófica en el océano.

Seliger et al. (1962) demostraron que *P. bahamense* es altamente fototáctico, por lo que las muestras tomadas durante el día en la Bahía Fosforescente mostraban que este microorganismo era diez veces más abundante que en las obtenidas durante horas de la noche. Glynn, Almodóvar y González (1964) reportaron una disminución en las poblaciones de *P. bahamense* en la Bahía Fosforescente como consecuencia del huracán Edith.

Gold (1965) determinó que *Ceratium furca* (Ehrenberg) forma parte de la población de organismos bioluminiscentes en Bahía Fosforescente y que su abundancia supera a las demás especies después de fuertes lluvias.

Carpenter y Seliger (1968) reportaron la presencia de bioluminiscencia en Puerto Mosquito, en Vieques, Puerto Rico con una alta población de *Pyrodinium bahamense* (aproximadamente 100.000 cel/L). Informaron además, que las concentraciones de clorofila-a y la productividad primaria se incrementaban en otoño y primavera, y que estos picos estaban relacionados con las lluvias.

Cintrón (1969) reportó afloraciones continuas de *Cochlodinium polikrikoides* y *Gymnodinium splendens* en los brazos de la Bahía Fosforescente, principalmente al oeste. Asimismo, sugirió que los incrementos en la clorofila y en la producción primaria durante el otoño y primavera podrían estar relacionados con el régimen de aguaceros.

Seliger et al. (1971) determinaron fototaxis y transporte diferencial en capas de diferentes salinidades como mecanismo que explica la persistencia de alta poblaciones de *Pyrodinium bahamense* en la Bahía Fosforescente. Dahl (1973) investigó la ecología de las algas bénticas en los arrecifes profundos y en lugares arenosos de Puerto Rico y en el margen suroeste de Mayagüez. Detectó un lento desarrollo de las algas debido a la gran cantidad de sedimento que disminuye la actividad fotosintética de las especies presentes en esta zona de estudio.

En 1979, Navarro estudió las diatomeas marinas en la Bahía Fosforescente y en los arrecifes de Cayo Enrique y Cayo La Gata en La Parguera, en la costa suroeste de Puerto Rico. Identificó 60 géneros, 22

especies, 20 variedades y 13 formas. Esta investigación aportó 53 nuevos taxones para Puerto Rico y 37 para el Caribe.

Seixas (1983) estudió las variaciones en las poblaciones de *Ceratium furca*, *P. bahamense, Peridinium divergens* (Ehrengerg)*, Dinophysis caudata* var. *ventricosa* (Plavill) y *Gimnodinium splendens* (Stein), en dos bahías del suroeste de Puerto Rico: Bahía Fosforescente y Bahía Monsio José. Encontró diferencias en la distribución espacial y temporal de los géneros de dinoflagelados dominantes en ambas bahías. Los valores de clorofila-*a* se ajustaron a estos cambios sucesionales y fue la Bahía Fosforescente la que mostró el mayor contenido de este pigmento. Los meses de invierno registraron los menores valores de biomasa y de clorofila inactiva mientras que en la primavera y el verano se presentaron los mayores picos poblacionales. En la Bahía Monsio José los valores superficiales de feopigmentos se mantuvieron constantes durante los meses de otoño y primavera y las poblaciones de dinoflagelados fueron significativamente menores a los obtenidos en la Bahía Fosforescente.

Seixas (1988) realizó un trabajo sobre los patrones de distribución espacial y la sucesión temporal en las poblaciones de cinco especies de dinoflagelados en la Bahía Fosforescente. El estudio incluyó la descripción de los cambios diurnos, semanales y mensuales en la distribución espacial de los microorganismos. Los patrones de vientos determinaron la generación y el mantenimiento de la agregación de los dinoflagelados, produciendo una mayor abundancia en el margen este y el extremo sureste de la bahía.

La distribución temporal de todos los dinoflagelados estudiados presentó como factor primordial los regímenes de lluvia para el establecimiento de cambios sucesionales durante el año. Las formas predominantes fueron *Ceratium furca* y *Pyrodinium bahamense,* con patrones de distribución agregados. La distribución temporal de *C. furca* presentó dos picos anuales, uno en primavera y otro en otoño, con una abundancia promedio de 140 cel/ml. *Pyrodinium bahamense* resultó tener una población sumamente inestable, su distribución mostró dos picos anuales, uno en mayo (con concentraciones

promedios de 250 cel/ml) y el segundo se registró en julio (con un promedios de 20 cel/ml). A partir de octubre los niveles fueron no detectables para esta especie. Los periodos de reaparición de esta población sugieren la germinación de quistes bénticos como el mecanismo para explicar estos cambios anuales.

Hernández-Becerril y Navarro (1994) estudiaron los dinoflagelados tecados (Dinophyceae) de Bahía Fosforescente, obtenidos mediante diversas colectas con red efectuadas durante 1975-1987. Encontraron 26 taxones: 19 especies, 3 variedades, 1 forma y 3 especies sin identificar. Se anotaron los nombres reconocidos actualmente, así como sus sinónimos conspicuos, referencias, ilustraciones y datos de distribución. La presencia constante de la especie responsable de la bioluminiscencia en la bahía, *Pyrodinium bahamense,* es notable a lo largo del período estudiado, lo mismo que *Ceratium hircus* y *Dinophysis caudata* var. *ventricosa.* El género *Protoperidinium* estuvo representado por el más alto número de especies (15). La diversidad de formas típicamente planctónicas, donde sólo se detectó una especie béntica, está sustentada en las singulares condiciones hidrográficas de un ambiente somero como el de esta bahía.

Walker (1997) comparó las poblaciones de los dinoflagelados de Bahía Fosforescente, La Parguera y Puerto Mosquito, Vieques. Encontró la coexistencia de especies como *Pyrodinium bahamense, Ceratium furca, Ceratium fusus*, *Peridinium divergens* y otras poblaciones menores. Los factores que influyeron en las fluctuaciones y la abundancia de las poblaciones fueron la lluvia, los nutrientes, la marea, la temperatura, la salinidad y el viento.

Las poblaciones de *P. bahamense* y *C. furca* presentaron una dominancia alternada en Bahía Fosforescente cuando el promedio de lluvia superaba 25.4 cm. Sin embargo, en Puerto Mosquito, *P. bahamense* permaneció constante durante el año de muestreo, probablemente porque esta bahía tiene mayor área de superficie, por lo que su salinidad sólo se ve afectada cuando hay un incremento en la lluvia. En Puerto Mosquito, los despliegues de luminiscencia

observados fueron consistentemente más altos debido a las altas agregaciones de dinoflagelados en esa bahía.

Sanjuan y González (1998) encontraron que las altas concentraciones de fitoplancton en la Bahía Fosoforescente estaban relacionadas con la distribución espacial y temporal de los nutrientes. Esto indica que el proceso de amonificación del sedimento es el que permite la alta productividad primaria en la bahía.

Soler (2006) comparó la abundancia y composición de las poblaciones de dinoflagelados de la Bahía Fosforescente, La Parguera y Puerto Mosquito, Vieques. Reportó que *Pyrodinium bahamense* es la especie dominante en Puerto Mosquito, mientras que *Ceratium furca* dominó en la Bahía Fosforescente. Soler (2006) no pudo establecer cuáles eran las causas principales que producían esa variación entre las poblaciones de estas bahías luminiscentes.

Aparte del trabajo realizado por Margalef (1961) en la Bahía de Mayagüez, sólo se han realizado estudios que relacionan la concentración de clorofila con la abundancia de fitoplancton. Sin embargo, no se han hecho estudios que identifiquen cuáles poblaciones están presentes en esta zona, ni sus patrones ecológicos, dependiendo de las condiciones actuales de la bahía.

2.4. Caracterización físico-química de la Bahía de Mayagüez.

La Bahía de Mayagüez es un sistema altamente dinámico debido a la interacción de sedimentos y nutrientes producto tanto del arrastre de los ríos como del desagüe de aguas servidas.

Morelock et al. (1983) establecieron que las fluctuaciones estacionales de lluvia en la Bahía de Mayagüez resultan en una máxima descarga de sedimento para los meses de septiembre a noviembre y una mínima descarga para los meses de febrero y marzo. Estas descargas producen fluctuaciones en la disponibilidad de nutrientes, salinidad, turbidez, oxígeno disuelto y en la

disponibilidad de la luz, lo que consecuentemente puede afectar la dinámica de los organismos fitoplanctónicos de esta zona.

Sequiomp y Martínez (1985), por medio de fotografía aérea, explican los cambios en la geomorfología de la Bahía de Mayagüez debido al arrastre de sedimentos por los ríos que allí desembocan. Demostraron que los cambios en los patrones de erosión y deposición de sedimento en la orilla de la bahía se debían al incremento en la construcción urbana en un 60% desde 1936 a 1983, junto a una expansión de la industria atunera e infraestructura portuaria, que crearon grandes diferencias en la geomorfología costera por una alta deposición en este área.

Con el uso de datos de sensor remoto Miller et al. (1994) presentaron métodos de desarrollo de mapas y análisis de los cambios en la distribución espacial del material particulado suspendido en la Bahía de Mayagüez. Los resultados demostraron que los cambios espaciales diarios del material particulado dependen directamente de la descarga de los ríos que desembocan en esta zona, y que además, por efecto de los vientos locales se producen eventos de resuspensión en las zonas más llanas de la bahía, lo que aumenta la cantidad de materiales sólidos suspendidos.

Gilbes (1992) estudió la dinámica espacial del fitoplancton de la Bahía de Mayagüez con relación a los sólidos suspendidos y la variación de la clorofila-*a*. Encontró tres aspectos de gran importancia en este sitio: una relación directa entre los nutrientes y los sólidos suspendidos por la descarga de los ríos, una adaptación fisiológica del fitoplancton a la intensidad de luz de acuerdo a la concentración de los sólidos suspendidos en la bahía, y por medio de análisis estadísticos, pudo determinar que la relación entre clorofila-*a* y los sólidos suspendidos es diferente en escalas de tiempo y espacio.

Cruise y Miller (1994) describieron un modelo integrado para determinar los procesos de sedimentación que afectan la Bahía de Mayagüez, además de evaluar la variabilidad de descarga espacial y estacional interanual. Los resultados demostraron que las lluvias y el arrastre del sedimento de las áreas

deforestadas localizadas en las estribaciones de las montañas contribuyen al desproporcionado aporte de sedimentos en la bahía. En los años en que la distribución de las lluvias es uniforme en el área, el arrastre de sedimento puede superar en un 100% al arrastre de sedimento en los años en que las lluvias se concentran en la región de altas montañas (Gilbes et al., 1996).

Parrilla (1996) examinó la influencia del Río Grande de Añasco en la distribución y concentración de clorofila-*a*, nutrientes y material particulado suspendido en la Bahía de Añasco. Estos parámetros presentaron mayores concentraciones en las estaciones costeras y los patrones espaciales de su distribución fueron atribuidos a las mareas y a la lluvia.

Grove (1998) estudió el transporte de los sedimentos y los cambios en la línea costera de la Bahía de Añasco. La costa presentó eventos de erosión localizada o de corta duración. El oleaje generalmente mostraba dirección hacia el sur, de forma que ocasionaba un transporte paralelo de sedimentos a la costa, lo que a su vez incrementaba la acumulación de arena en Punta Algarrobo.

Muchos de los estudios realizados en el área oeste de Puerto Rico están relacionados con el análisis de los patrones de circulación de las bahías de Mayagüez y Añasco (Alfonso, 1995; Capella y Grove, 2002) ya que estos dos sistemas comparten características debido a la alta influencia de los ríos que desembocan en estas zonas. La circulación del agua en la Bahía de Mayagüez está determinada por las corrientes oceánicas que vienen del canal de la Mona y por los efectos de marea, vientos superficiales, oleaje y descarga de ríos. Alfonso (1995) demostró que los vientos tienen un corto pero marcado efecto en las corrientes profundas lo que finalmente afecta la velocidad de las corrientes que vienen de mar afuera.

Rosado (2000) establece que las características bio-ópticas de la Bahía de Mayagüez se deben no sólo a la descarga de material sólido suspendido por la influencia de los ríos Añasco, Yagüez y Guanajibo que especialmente durante la época de lluvia aumentan la carga de sedimento, sino también a la descarga de aguas servidas de la zona que solamente se sometían a un tratamiento

primario. Esto conlleva un aumento en el material particulado que dificulta aún más el proceso de penetración de la luz al cuerpo de agua afectando así la capacidad fotosintética de los organismos presentes en esta zona.

Un estudio realizado por Alfaro (2002) mostró cómo el efecto de la actividad antropogénica tiene un impacto espacial en la distribución del fitoplancton en la Bahía de Mayagüez. Las estaciones cercanas a la industria atunera y al desagüe de la planta de aguas servidas presentaron niveles altos de nitrógeno, lo que incrementa el pastoreo por parte del zooplancton, especialmente de medusas y ctenóforos.

Gilbes et al. (2002) describen a la Bahía de Mayagüez como un sistema que muestra rápidos cambios en sus propiedades bio-ópticas, tanto a nivel espacial como temporal. La estación de lluvia *versus* la seca, junto a la descarga de los ríos, aparecen como los principales factores que regulan las propiedades bio-ópticas de la bahía incluyendo las poblaciones del fitoplancton. Durante la época seca la resuspensión de sedimentos y materia orgánica por acción de vientos y mareas tiene un impacto importante en las condiciones de la bahía. Demostraron que la distribución de los sedimentos muestra patrones estacionales, ya que para la época de lluvia (octubre) las estaciones del área norte presentaron una alta concentración de MSP, mientras que para la época seca (febrero) las estaciones del sur de la bahía mostraron mayor cantidad de sedimentos suspendidos, esto posiblemente debido a la alta actividad antropogénica que afecta a esta zona.

Lee-Borges (2003) comparó valores *in situ* de clorofila-a con valores obtenidos a través de imágenes del Sea-viewing Wide Field-of-View Sensor (SeaWiFS) con diferentes algoritmos (calculados con datos obtenidos de un espectroradiómetro) para la estación Caribbean Time Series (CaTS), para estaciones oceánicas de la Cuenca del Caribe Oriental y la Bahía de Mayagüez. El análisis de fraccionamiento por tamaño del fitoplancton reveló que el picoplancton es el tamaño dominante en las estaciones oceánicas contribuyendo un 60-85% de la biomasa total del fitoplancton y un 61-77% de la absorción de la

luz por partículas. El fitoplancton mayor de 20 µm dominó en las estaciones costeras. Los resultados demostraron la importancia del picoplancton y sugieren que este grupo de fotoautótrofos constituye un componente activo y cambiante de la comunidad microbiana en aguas oceánicas y hasta en aguas costeras.

3 OBJETIVOS

3.1. GENERALES

Determinar la abundancia y la diversidad del fitoplancton en la Bahía de Mayagüez y establecer si existe una variación espacio-temporal en sus poblaciones con respecto a los parámetros fisicoquímicos de interés.

3.2. ESPECÍFICOS

Cuantificar la abundancia y diversidad del fitoplancton en la Bahía de Mayagüez.

Determinar la composición taxonómica y estructura de la comunidad fitoplanctónica.

Relacionar las variaciones espaciales y temporales del fitoplancton con los parámetros de temperatura, salinidad y nutrientes (nitratos, fosfatos, silicatos).

Medir la relación entre los principales grupos de organismos fitoplanctónicos a nivel de la superficie y la concentración de clorofila-*a,* con las variaciones temporales de lluvia y descarga de los ríos en la Bahía de Mayagüez.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Área de estudio

La Bahía de Mayagüez está localizada en la costa oeste de Puerto Rico entre la latitud 18° 10' y 18° 16' N y longitud 67° 10' y 67° 14' W. Tiene un área aproximada de 100 Km^2 y recibe los efluentes de los ríos Añasco, Yagüez y Guanajibo (Fig. 1). El Río Grande de Añasco es uno de los más extensos de la costa oeste, cuenta con un área de drenaje de 360 Km^2 y transporta gran cantidad de sedimentos de origen ígneo. El Río Yagüez sólo aporta un 10% del total del flujo de entrada de agua dulce a la bahía y se caracteriza por estar altamente afectado por la descarga de aguas servidas, lo cual conlleva a un aumento en el aporte de material particulado (Curtis et al., 1990). El Río Guanajibo también aporta gran cantidad de material terrígeno a la bahía y cuenta con un área de drenaje de 47.4 km^2 (Figueroa et al., 2004).

La Bahía de Mayagüez se caracteriza por ser un sistema con alta carga orgánica, a causa del desagüe directo de aguas servidas, que se someten a tratamiento secundario, por parte de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA).

Se ha reportado una alta incidencia de lluvia en la bahía debido a la convergencia de la brisa marina, con un promedio anual de lluvia de 178 cm (Morelock et al., 1983; Webb et al., 2000). Las aguas profundas presentan un flujo hacia la costa y reemplazan las aguas superficiales que son llevadas lejos de la costa por la prevalencia de los vientos alisios.

Las mareas diurnas (24-horas) y las semidiurnas (12.4 horas) son aproximadamente iguales en magnitud, pero cambian durante el mes (Capella y Grove, 2002). La velocidad de las corrientes oscilan entre 2 a 38 cm/s, los efectos de la descarga de los ríos, el patrón de circulación y el oleaje son los

responsables de la distribución de los sedimentos suspendidos en la Bahía de Mayagüez (Capella y Grove, 2002).

4.1.1 Sitios y fechas de muestreo

Se establecieron seis estaciones de muestreo basadas en las características físicas de la Bahía de Mayagüez. La posición geográfica y las distancias de las estaciones hasta la costa se encuentran en la Tabla 1. Se realizaron siete muestreos: julio, agosto, septiembre, octubre y diciembre de 2005, y en marzo y abril de 2006. Los sitios se seleccionaron clasificándolos de la siguiente forma: cuatro estaciones neríticas, (cercanos a las desembocaduras de los ríos Añasco [A_1], Guanajibo [G_1], Yagüez [Y_1], una estación cercana al tubo de desagüe de aguas servidas [AAA]) y dos estaciones oceánicas (denominadas A_2 y G_2) (Fig.1).

4.2. Variables físicas y químicas

Se usó un CTD (Seabird SBE-19 con bomba) para medir la temperatura (°C) y salinidad (UPS). Los valores de lluvia (mm) se obtuvieron del Caribbean Atmospheric Research Center (Universidad de Puerto Rico - Mayagüez) y los datos de descarga (m^3/s), de los ríos Añasco y Guanajibo fueron suministrados por la oficina del Sistema Nacional de Meteorología en San Juan, Puerto Rico y por el "U.S. Geological Survey Water Resources of the Caribbean". El Río Yagüez no cuenta con una estación de registro de caudal en la Bahía de Mayagüez, razón por la que no hay datos reportados.

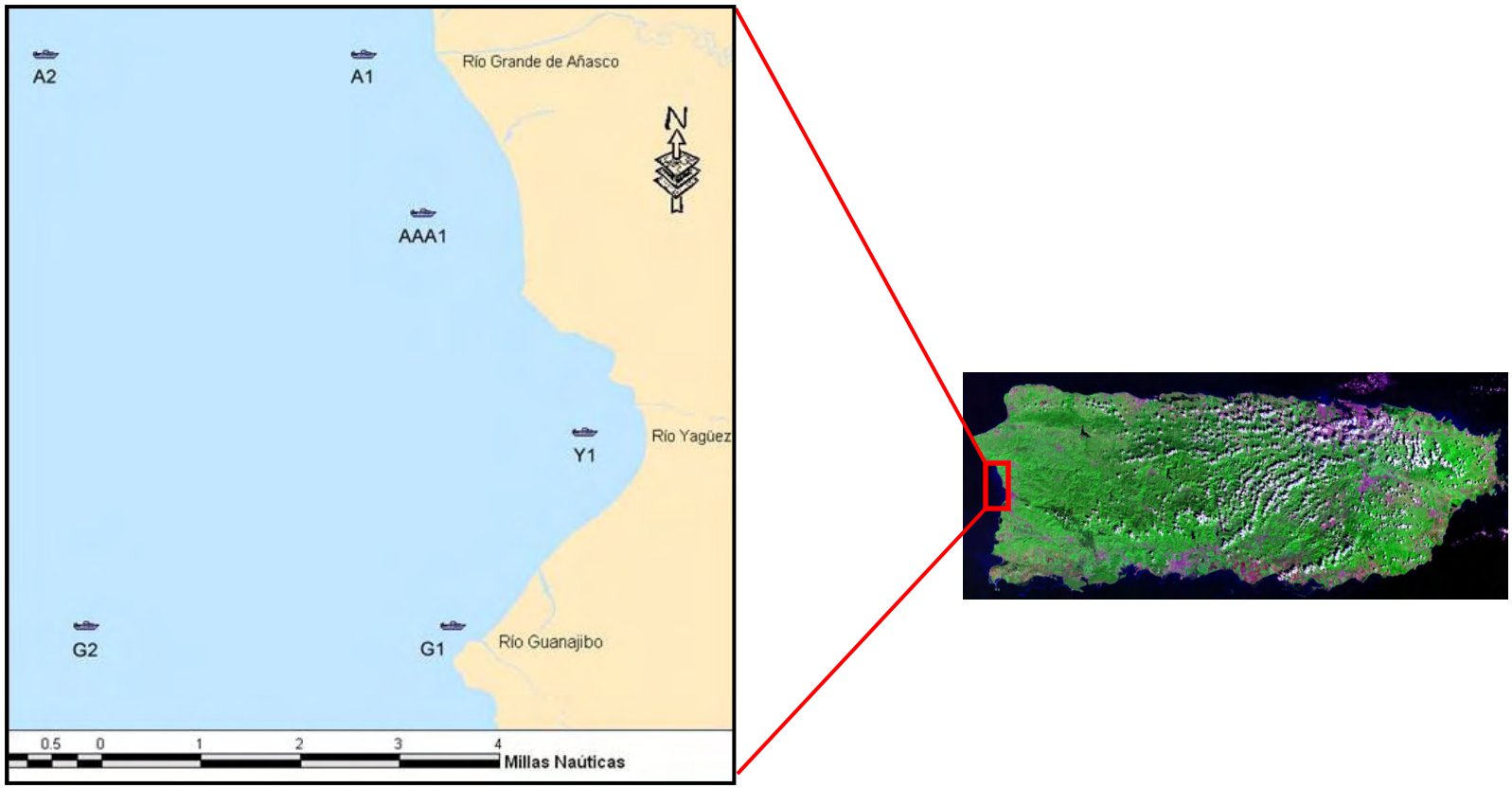

Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo en la Bahía de Mayagüez.

Tabla 2. Localización geográfica de las estaciones de muestreo en la Bahía de Mayagüez y su distancia de la costa.

ESTACIÓN	POSICIÓN	DISTANCIA (Km)
A1	18°16.00' N 67°12.00' W	1.21
A2	18°16.00' N 67°15.20' W	2.33
AAA	18°14.40' N 67°11.40' W	1.61
Y1	18°12.20' N 67°09.78' W	0.38
G1	18°10.25' N 67°11.10' W	0.25
G2	18°10.25' N 67°14.80' W	2.40

4.3. Medición de nutrientes

Para las muestras de nutrientes se utilizaron botellas Nalgen® de 250 ml. Las muestras se congelaron hasta ser analizadas en el laboratorio. Las lecturas fueron realizadas una vez las muestras alcanzaban la temperatura ambiente.

Los nutrientes, nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), fosfato (PO_4^{3-}) y sílica (SiO_4^{4-}) se midieron mediante pruebas colorimétricas, usando el equipo LaMotte Smart 2 Colorimeter (±0.01).

4.4. Medición de clorofila-*a*

Los datos de clorofila-*a* se obtuvieron mediante muestras de agua en botellas ámbar, con un volumen de 250 ml y filtradas en papel de filtro de 0.7 μm GF/F. Los filtros se sumergieron en tubos con 10 ml de metanol al 100 % durante 24 horas en oscuridad, a una temperatura de 5 °C. Posteriormente, se centrifugaron por 10 minutos a 3000 *g*.

La fluorescencia de las muestras de clorofila se midió utilizando el método estándar fluorométrico (Welschmeyer, 1994) con un fluorómetro TD- 700, Turner Designs (± 0.001), calibrado con un estándar de clorofila-*a*.

4.5. Muestras de fitoplancton

4.5.1. Análisis cuantitativo

Con el fin de evaluar los cambios espaciales y estacionales de la abundancia de la comunidad fitoplanctónica, se tomaron muestras a un metro de la superficie por medio de una bomba de agua sumergible (Bilge Pump 360 GPH; 12 volts, 2.5 amp). Se filtró un volumen de 4 litros a través de una malla de 20μ, concentrando un volumen final de 50 ml. Este procedimiento se realizó por triplicado.

El material fue fijado con glutaraldehido al 4 %. El procesamiento de muestras se hizo de acuerdo al Manual de Fitoplancton Marino de la UNESCO (Sournia, 1978). La oxidación de materia orgánica y montaje se realizaron de acuerdo al procedimiento recomendado por Steidinger y Tangen (1997).

Las observaciones y mediciones de los organismos se efectuaron con un microscopio Nomarsky con un objetivo de 20x, complementada con microscopía electrónica de rastreo. El estimado de abundancia de organismos se llevó a cabo teniendo en cuenta el número de campos contados de una cámara de

Neubauer de 1/10mm de profundidad de acuerdo al método de Sournia (1978). La abundancia del fitoplancton fue expresada en número de células por mililitros.

En lo posible, los organismos fueron identificados hasta especie. La identificación de los microorganismos se llevó a cabo utilizando las siguientes claves taxonómicas: Taylor (1942); Taylor (1963-1964); Dodge (1982); Balech (1988); Navarro (1981, 1982, 1983); Navarro y Torres (1987); Tomas (1997); Komárek (2005).

4.6. Diseño estadístico

Se realizaron pruebas de Shapiro-Wilks, para determinar si existía una distribución normal de los datos, y de Levene (1960), para comprobar si cumplía con el supuesto de igualdad de las varianzas. Cuando se cumplió con este supuesto se aplicó el análisis paramétrico de varianza ANOVA (de una y dos vías). Los datos que no cumplían con la homoscedasticidad de varianza se les aplicaron una transformación logarítmica. A los que no pudieron ser transformados, se le aplicó la prueba de varianza no paramétrica Kruskall-Wallis. Se aplicó el análisis de correlación de Spearman para examinar posibles relaciones entre las diferentes poblaciones del fitoplancton con las variables químicas de clorofila-*a,* descarga de ríos y nutrientes.

El programa estadístico InfoStat versión 2 (http://www.infostat.com.ar) se empleó en la aplicación de los diferentes estadísticos y elaboración de gráficas. El programa PAST (Hammer et al., 2005), fue utilizado para en el análisis de diversidad tales como riqueza (S), diversidad Shannon-Weaver (H), el índice de dominancia de Simpson y el Índice de Similitud de Bray-Curtis. Estos índices se usaron como herramientas para interpretar la relación entre el número de especies y su abundancia relativa en tiempo y espacio.

5 RESULTADOS

5.1. Variables físicas y químicas

5.1.1. Temperatura

La temperatura superficial del agua tuvo un valor promedio de 28.7 ºC. Las mayores temperaturas (31.2 ºC) se registraron en septiembre y las mínimas (26.6 ºC) ocurrieron en marzo. Todas las estaciones siguieron un patrón similar de temperatura. Sin embargo, las estaciones Y1 y G1 mostraron un leve aumento en la temperatura superficial del agua durante julio, agosto y septiembre (Fig. 2).

5.1.2. Salinidad

Los cambios mensuales de salinidad en la superficie para las distintas estaciones se muestran en la Figura 3. Las salinidades más altas se registraron en los meses de marzo (35.91 UPS) y abril (35.83 UPS), mientras que el mínimo de salinidad (33.19 UPS) se midió en octubre.

El patrón de salinidad mantuvo un comportamiento similar entre las estaciones durante la mayor parte del tiempo. Los máximos se registraron en la estación oceánica G2. En octubre la estación cercana a la desembocadura del Río Guanajibo (G1) mostró un descenso marcado de salinidad superficial.

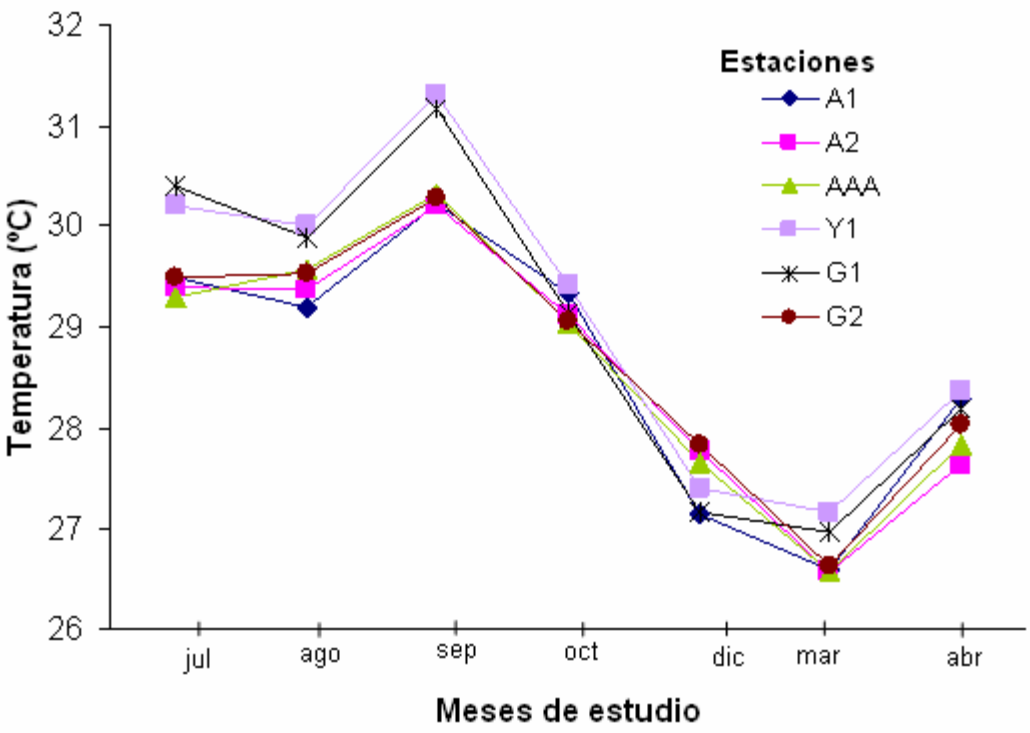

Figura 2. Variación mensual de la temperatura en la superficie de las estaciones de muestreo en la Bahía de Mayagüez (2005-2006).

5.1.3. Lluvia

El promedio de lluvia para la Bahía de Mayagüez entre julio de 2005 y abril de 2006 se muestra en la Figura 4. Un total acumulativo de 1,293.51 mm de lluvia fue registrado en Mayagüez durante el tiempo de estudio. Los valores de mayor lluvia se registraron en octubre y agosto, con 280.16 mm y 288.54 mm, respectivamente.

El mínimo de lluvia durante el 2005 se dio en diciembre, con un promedio de 29.21 mm. En marzo de 2006 se registró un leve incremento de lluvia con 73.152 mm, mientras que en abril se registró un valor de 22.76 mm.

5.1.4. Descarga de ríos

Las fluctuaciones mensuales de la descarga de los ríos Añasco y Guanajibo de julio 2005 hasta abril 2006 se muestran en la Figura 5. El promedio mensual de entrada de agua dulce a la Bahía de Mayagüez fue de 2.25 x 10^8 m^3. El Río Grande de Añasco presentó un flujo promedio mensual de 1.52 x 10^7 m^3, mientras que el Río Guanajibo tuvo un promedio de 7.33 x $10^5 m^3$. La gráfica indica la presencia de dos picos en los niveles de descarga durante el tiempo de estudio.

En ambos ríos se observó un incremento marcado para el mes de octubre con un valor promedio de 39.79 m^3/s. Un segundo pico de menor intensidad se midió en agosto (15.90 m^3/s). Este incremento de entrada de agua dulce se debe particularmente al caudal del Río Grande de Añasco. La menor descarga se registró en marzo (3.08 m^3/s).

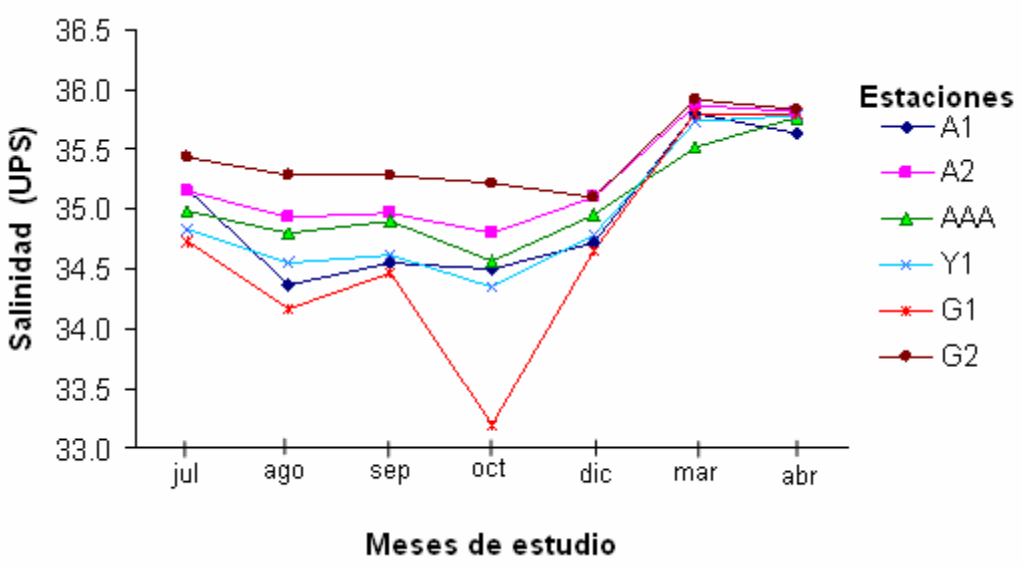

Figura 3. Variación mensual de la salinidad superficial en las distintas estaciones de muestreo en la Bahía de Mayagüez, Puerto Rico (2005-2006).

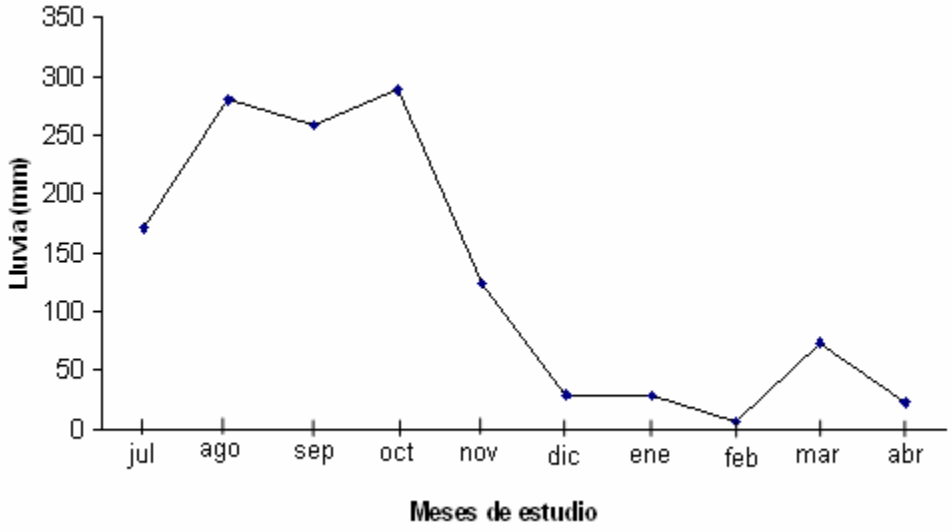

Figura 4. Promedio mensual de lluvia reportado para la Bahía de Mayagüez, Puerto Rico (2005- 2006).

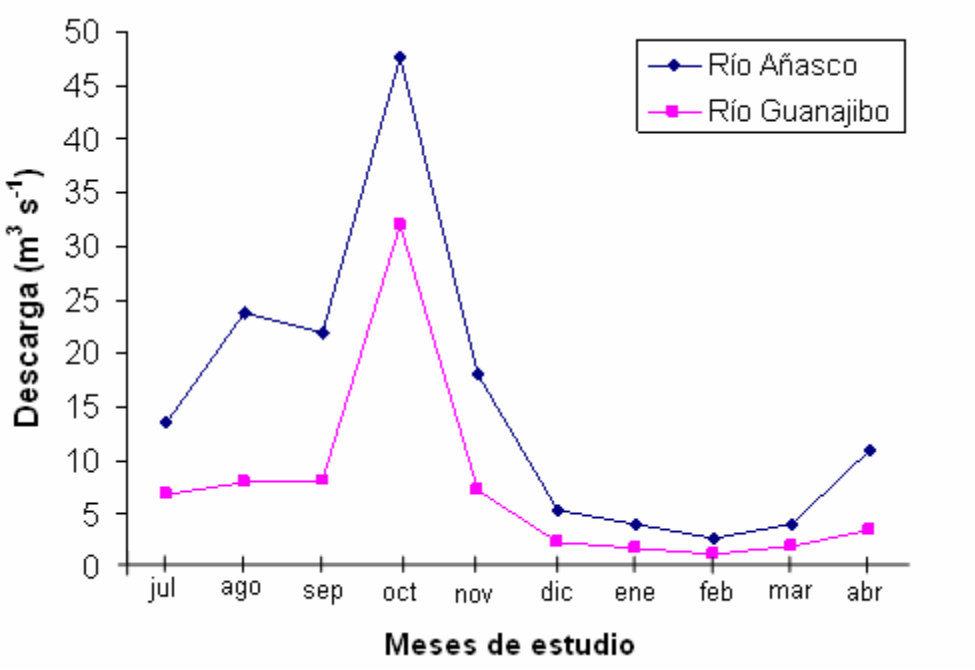

Figura 5. Promedio mensual de la descarga de los ríos Añasco y Guanajibo en la Bahía de Mayagüez, Puerto Rico (2005-2006).

5.1.5. Nutrientes

La concentración mensual de los nutrientes se muestra en la Figura 6. El análisis de varianza de dos vías demostró diferencias en la variabilidad temporal y espacial de las concentraciones de nutrientes en este estudio (Tabla 3).

El promedio de la concentración de nitrato (NO_3^-) fue de 0.42 mg/l. Los meses con mayor concentración de NO_3^- fueron diciembre y abril con valores promedio de 0.88 y 0.47 mg/l, respectivamente. En diciembre se presentó un máximo de 3.92 mg/l mientras que el mínimo valor de nitrato se registró en octubre, con un valor promedio de 0.12 mg/l. Sólo en agosto y diciembre se encontraron diferencias significativas en las concentraciones de este nutriente.

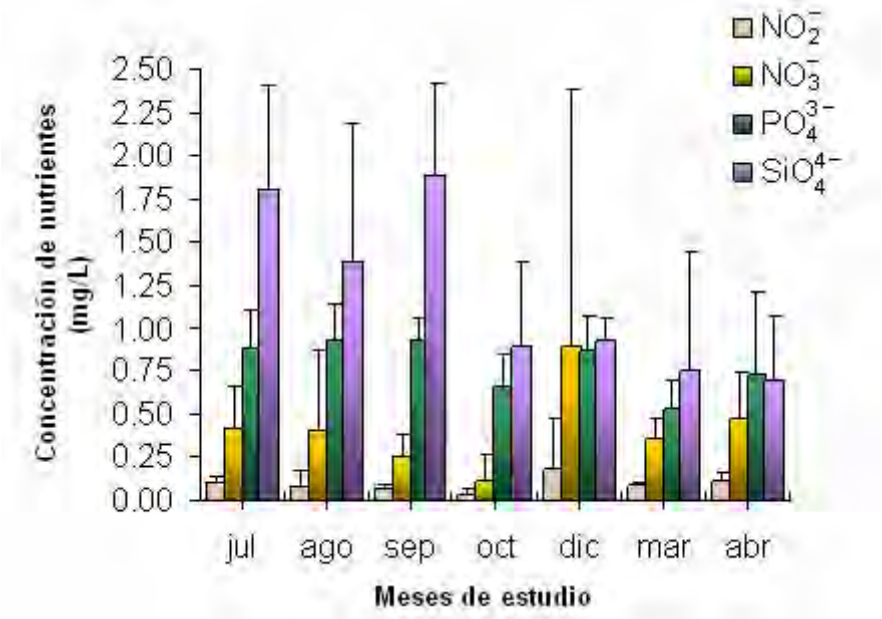

Figura 6. Promedio de la concentración mensual de los nutrientes en la superficie de la Bahía de Mayagüez (2005-2006). La barra indica desviación estándar.

Tabla 3. Análisis de varianza de dos vías (ANOVA) para probar diferencias temporales y espaciales de la concentración de clorofila-*a* y nutrientes en la Bahía de Mayagüez (σ=0.05).

Fuente	Valor F	Valor P
Clorofila-*a*		
Mes	137.14	<0.0001*
Estación	1167.61	<0.0001*
Mes* Estación	78.92	<0.0001*
Nitrato		
Muestreo	14.35	<0.0001*
Estación	5.56	0.0002*
Muestreo*Estación	4.02	<0.0001*
Nitrito		
Muestreo	14.36	<0.0001*
Estación	3.73	0.0045*
Muestreo*Estación	3.65	<0.0001*

Fuente	Valor F	Valor P
Fosfato		
Muestreo	26.05	<0.0001*
Estación	11.85	<0.0001*
Muestreo*Estación	7.64	<0.0001*
Silica		
Muestreo	20.72	<0.0001*
Estación	9.14	<0.0001*
Muestreo*Estación	3.57	<0.0001*

El patrón espacial demuestra que las estaciones AAA y G1 presentaron la mayor concentración de NO_3^-, con promedios de 0.90 y 0.61 mg/l, respectivamente (Figura 7). En agosto, estas dos estaciones mostraron un evidente incremento de este nutriente, mientras que en las demás estaciones se observaba el efecto contrario. Las estaciones oceánicas mostraron un patrón muy similar en las concentraciones de nitrato. Con excepción de la estación A2, la tendencia en todas las estaciones fue a aumentar el contenido de nitratos en los meses de diciembre, marzo y abril. En la estación AAA se incrementaron notablemente las concentraciones de nitrato, nitrito y fosfato en diciembre (Figura 8).

Los valores de nitrito (NO_2^-) fueron inferiores a los demás nutrientes. El análisis estadístico demostró que sólo en los meses de agosto y diciembre hay diferencias en la concentración de este nutriente (Tabla 4). La máxima concentración de NO_2^- fue medida en diciembre con 0.18 mg/l, seguido por el mes de abril (0.11 mg/l). El mínimo valor se encontró en octubre, con un promedio de 0.037 mg/l.

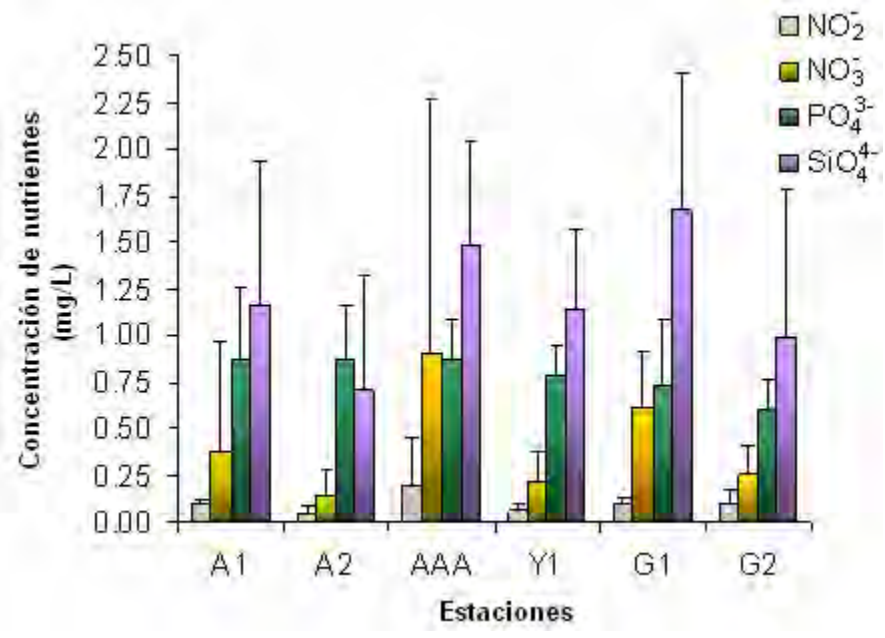

Figura 7. Promedio de la concentración de los nutrientes en la superficie para las estaciones en la Bahía de Mayagüez. La barra indica desviación estándar.

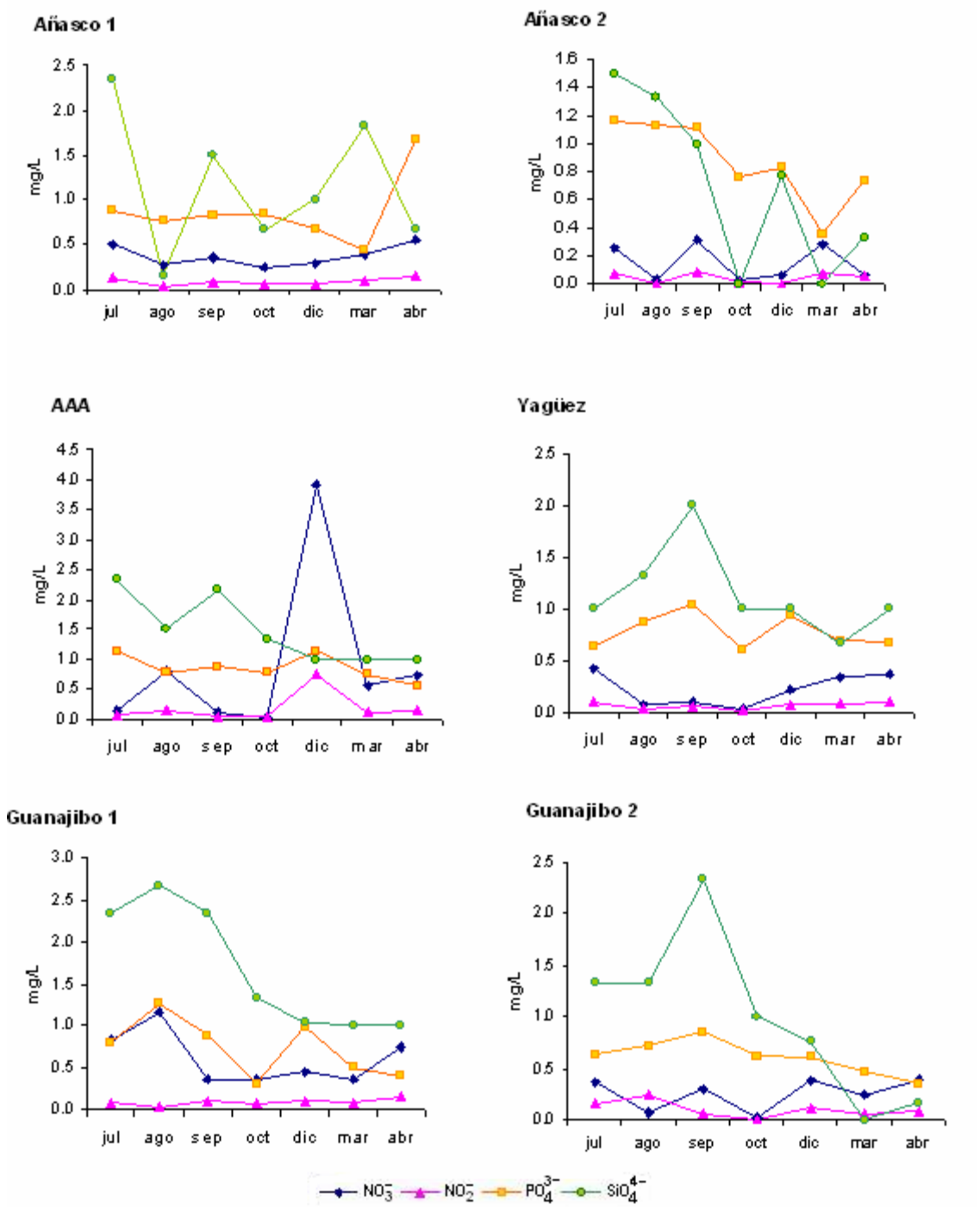

Figura 8. Patrón de la variación mensual de la concentración de nutrientes a nivel de la superficie en las distintas estaciones en la Bahía de Mayagüez (2005-2006).

Tabla 4. Análisis de varianza de una vía para determinar diferencias temporales en las concentraciones de clorofila-*a* y nutrientes.

	Clorofila-*a*		NO_3^-		NO_2^-		PO_4^{3-}		SiO_4^{4-}	
Meses	**Valor F**	**Valor P**	**Valor F**	**Valor P**	**Valor F**	**Valor P**	**Valor F**	**Valor P**	**Valor F**	**Valor P**
julio	173.58	<0.0001*	1.94	0.1605	1.51	0.2577	6.49	0.0038*	5.31	0.0084*
agosto	396.06	<0.0001*	5.67	0.0065*	5.48	0.0075*	31.33	<0.0001*	4.21	0.0285*
septiembre	711.91	<0.0001*	2.44	0.0953	2.98	0.0563	9.22	0.0009*	3.53	0.0341*
octubre	198.65	<0.0001*	2.21	0.1214	0.28	0.9137	13.81	0.0001*	3.2	0.0458
diciembre	132.73	<0.0001*	25.27	<0.0001*	86.47	<0.0001*	4.98	0.0107*	22.32	<0.0001*
marzo	185.16	<0.0001*	1.18	0.374	0.94	0.4911	2.49	0.0911	5.15	0.0112*
abril	108.25	<0.0001*	2.92	0.0593	2.32	0.1075	15.25	0.0001*	6.07	<0.0001*

La prueba de ANOVA de una vía demostró que las estaciones AAA y A2 presentaron diferencias significativas en la concentración de nitrito (Tabla 5). La estación AAA, presentó el máximo valor con 0.19 mg/l, el valor más bajo se presentó en la estación A2 con un promedio de 0.04 mg/l.

Las concentraciones de PO_4^{3-} presentaron un valor promedio de 0.79 mg/l. Los niveles más altos de este nutriente se dieron en agosto y septiembre, ambos con un promedio 0.92 mg/l. El máximo fue en abril con 1.68 mg/l. La concentración mínima de fosfato se midió en marzo con un promedio de 0.53 mg/l. Sólo en este mes no hubo diferencias significativas en las concentraciones de este nutriente (Tabla 4). La distribución espacial indica que hubo variación en las concentraciones de fosfato. Entre los meses de marzo y abril, se registró un incremento en este nutriente para la estación A1 al igual que en la estación A2 (aunque en menor proporción), mientras que en las demás estaciones la tendencia fue a disminuir su concentración.

El promedio general de las concentraciones de silicatos (SiO_4^{4-}) fue de 1.19 mg/l, pero presentó marcadas fluctuaciones temporales y espaciales. Los valores más altos se midieron de julio a septiembre con un máximo en septiembre (1.90 mg/l). En general, la estación G1 fue la de mayor concentración de silicato, con un promedio de 1.70 mg/l, seguida por la estación AAA, (1.48 mg/l). De las estaciones oceánicas, G2 mostró mayores niveles de silicato (1.00 mg/l) que la estación A2 (0.70 mg/l).

Tabla 5. Análisis de varianza de una vía determinar diferencias espaciales en las concentraciones de clorofila-*a* y nutrientes.

	Clorofila-*a*		NO_3^-		NO_2^-		PO_4^{3-}		SiO_4^{4-}	
Estación	**Valor F**	**Valor P**	**Valor F**	**Valor P**	**Valor F**	**Valor P**	**Valor F**	**Valor P**	**Valor F**	**Valor P**
A1	163.91	<0.0001*	4.77	0.0076*	1.86	0.1591	26.5	<0.0001*	8.52	0.0005*
A2	92.26	<0.0001*	4.23	0.0123*	6.71	0.0016*	40.07	<0.0001*	2.98	0.0434*
AAA	27.48	<0.0001*	20.83	<0.0001*	14.57	<0.0001*	3.1	0.0382*	4.17	0.013*
Y1	174.42	<0.0001*	4.3	0.0115*	2.17	0.109	4.22	0.0124*	26.12	<0.0001*
G1	192.46	<0.0001*	3.19	0.0346*	2.59	0.067	16.44	<0.0001*	10.22	0.0002*
G2	29.26	<0.0001*	5.32	0.0047*	0.52	0.7817	4.94	0.0065*	5.35	0.0046*

* Indica diferencias significativas.

5.1.6. Concentración de clorofila-*a*

Durante el tiempo de estudio el valor promedio de clorofila–*a* a nivel de la superficie fue de 0.50 µg/L. Septiembre presentó el valor promedio más alto de clorofila-*a*, y en julio se detectó el menor valor de este pigmento (0.12 µg/L) (Fig. 9). El ANOVA de dos vías demostró las diferencias espaciales y temporales de las concentraciones de clorofila-*a* en la Bahía de Mayagüez (Tabla 3).

La estación G1 presentó la concentración máxima de este pigmento con un valor promedio de 0.92 µg/L, seguida por la estación A1, con un valor promedio de 0.68 µg/L (Fig. 10). En esta última estación se incrementó la concentración de clorofila-*a* en abril (1.16 µg/L), mientras que la tendencia de las demás estaciones fue a disminuir para esta misma época (Fig. 11).

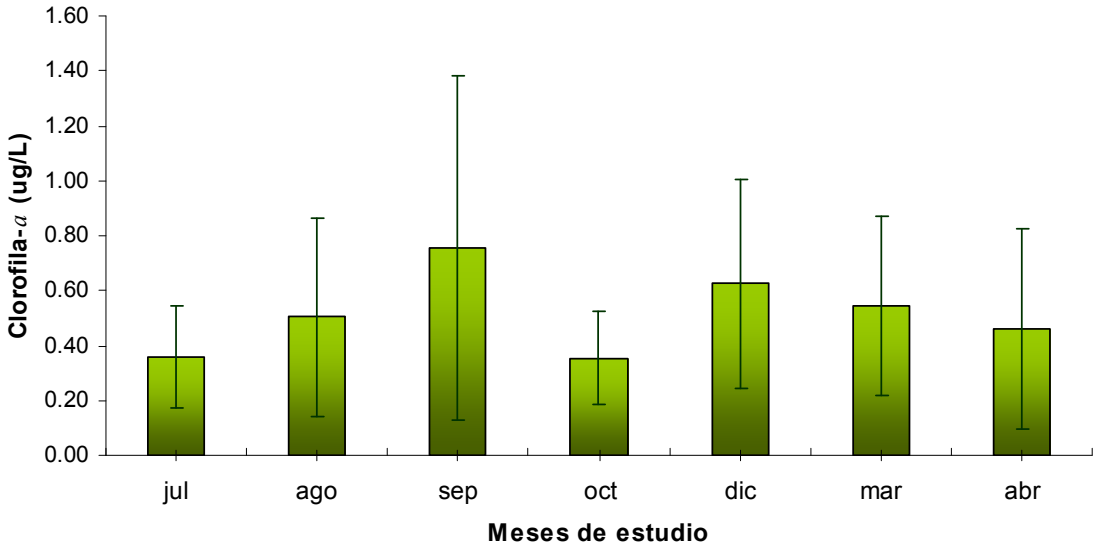

Figura 9. Promedio mensual de las concentraciones de clorofila-*a* en la Bahía de Mayagüez (2005-2006). La barra indica desviación estándar.

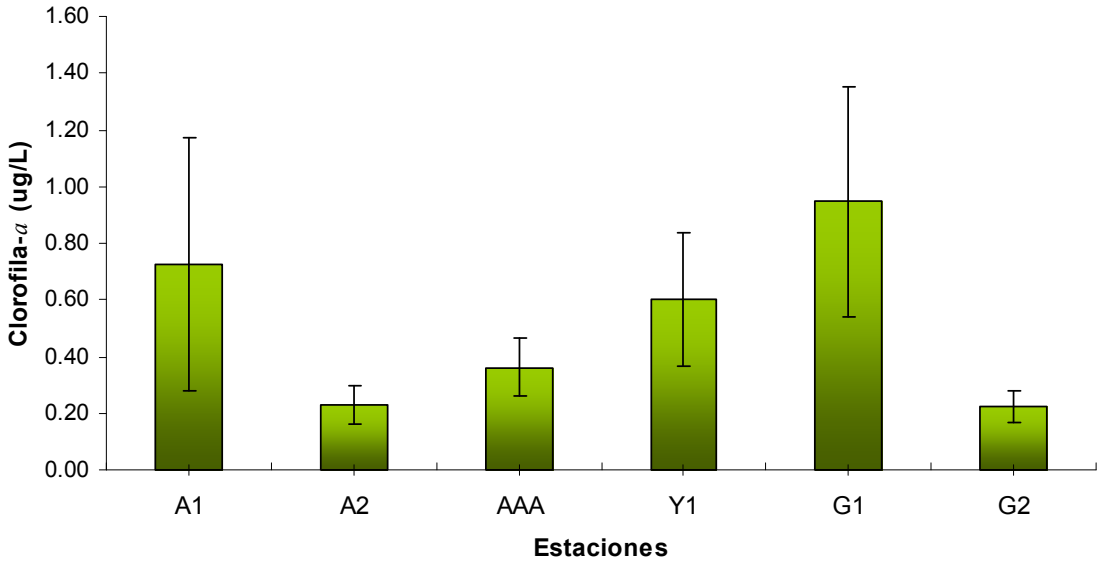

Figura 10. Promedio de las concentraciones de clorofila-*a* en las estaciones de muestreo en la Bahía de Mayagüez. La barra indica desviación estándar.

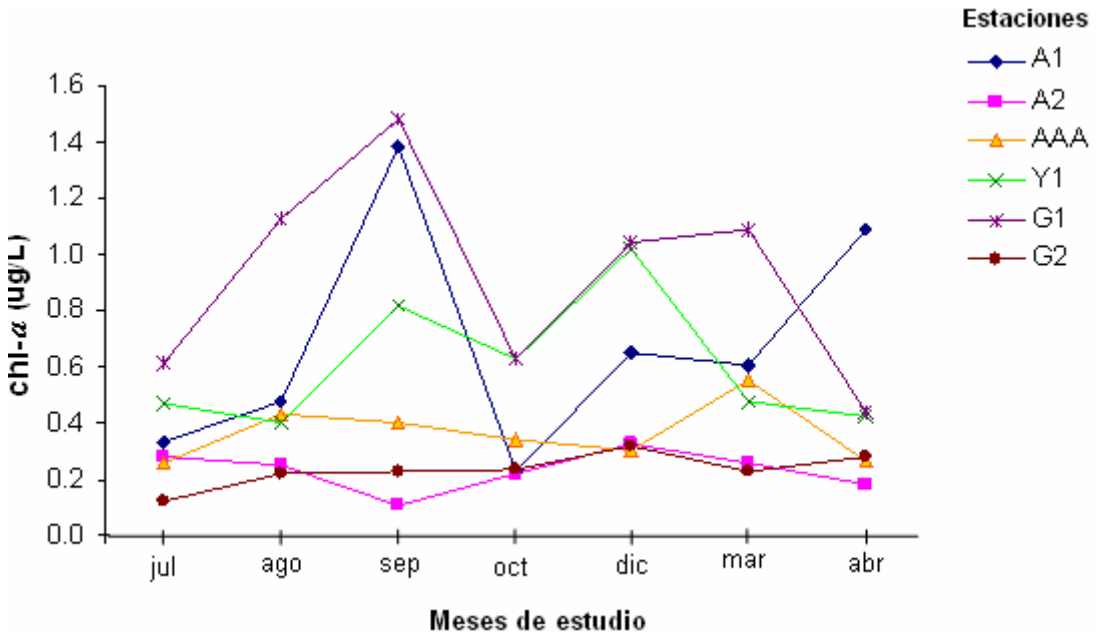

Figura 11. Patrón de variación de la clorofila-*a* en las distintas estaciones de muestreo durante el tiempo de estudio en la Bahía de Mayagüez (2005-2006).

5.1.7. Relación entre la concentración de nutrientes y la descarga de los ríos

La correlación entre nutrientes y la descarga de los ríos de la zona mantuvo valores independientes entre sí. En la estación A2 se encontró una asociación negativa entre la descarga del Río Grande de Añasco con las concentraciones de nitrato (R^2 = -0.46). De igual forma, la asociación entre este nutriente con la descarga del Río Grande de Añasco fue negativa para todas las estaciones. El nitrito también mostró un patrón similar al nitrato, ya que las asociaciones entre este nutriente con la descarga del Río Guanajibo fueron negativas en las estaciones costeras.

En las estaciones oceánicas se encontró una correlación positiva entre la descarga del Río Guanajibo y las concentraciones de fosfato, mientras que el Río Grande de Añasco presentó una correlación positiva con la estación A1 para este nutriente (R^2= 0.30). Los silicatos tuvieron una correlación significativamente alta en la estación G1 con respecto a la descarga del Río Guanajibo (R^2= 0.60) y AAA (R^2= 0.37). La estación Y1 (R^2= 0.43) mostró una fuerte asociación entre la concentración de silicatos con la descarga del Río Grande de Añasco.

5.1.8. Correlación entre nutrientes y clorofila-*a*

Una correlación positiva fue encontrada entre las concentraciones de nutrientes y los niveles de clorofila-*a*. Los valores de nitrato indican una relación positiva con la clorofila durante julio (R^2= 0.49), agosto (R^2= 0.49) y septiembre (R^2= 0.59). En abril la correlación entre clorofila y nitrito es significativamente alta con un R^2= 0.50. También se encontró la mayor correlación de nitrito con clorofila durante el mes de octubre (R^2= 0.69).

El fosfato estuvo positivamente relacionado con la clorofila, en especial en agosto (R^2= 0.37) y diciembre (R^2= 0.29). La concentración de silicatos mostró

una fuerte asociación positiva con las concentraciones de clorofila-*a* en diciembre (R^2=0.71), marzo (R^2=0.40) y abril (R^2=0.69).

5.2. Estructura de la comunidad fitoplanctónica en la Bahía de Mayagüez

5.2.1. Abundancia del fitoplancton

El análisis cualitativo y cuantitativo de las muestras permitió identificar una población conformada en un 73 % por diatomeas, 17 % por dinoflagelados y 8 % por cianofíceas. La presencia de clorofíceas y cocolitofóridos fue escasa, pues constituyeron sólo un 2 % de la población. La abundancia del fitoplancton varió temporalmente entre 1,872 cel/mL y 4,685 cel/mL, con un valor promedio de 3,368 cel/mL. En las estaciones de muestreo, este valor osciló entre 2,906 cel/mL y 4,785 cel/mL (Tabla 6). Las especies más frecuentes durante el periodo de estudio fueron *Asterionella glacialis* (58 %), *Guinardia striata* (54 %), *Skeletonema costatum* (53 %), *Chaetoceros decipiens* (52 %), *Cylindrotheca closterium* (48 %), *Pseudosolenia calcar-avis* (45 %) *Alexandrium* sp. (45 %), *Rhizosolenia imbricada* (44 %), *Chaetoceros curvicetus* (39 %), *Ceratium furca* (39 %), Chaetoceros didymus (32 %), *Gonyaulax* sp. (33 %), *Protoperidinium steinii* (33 %) y *Tricodesmium* sp. (24 %).

5.2.2. Variación temporal y espacial de la abundancia del fitoplancton

Se encontraron diferencias espaciales y temporales en la composición del fitoplancton en la Bahía de Mayagüez (Tablas 7 y 8). Los meses de mayor abundancia de organismos fueron abril, diciembre, marzo y julio (Fig. 12). En abril se encontró la mayor abundancia de organismos con 4,685 cel/mL, seguido por el mes de diciembre con 4,017 cel/mL. Octubre fue el mes con la menor abundancia de fitoplancton (1,872 cel/mL) (Tabla 6).

La estación G1 mostró la mayor abundancia con 4785 cel/mL, mientras que la estación con menor cantidad de individuos fue A2, con 2906 cel/mL (Fig. 13). Se encontró una asociación negativa entre la salinidad y la abundancia del fitoplancton en la época de lluvia (Fig. 14).

Los valores más altos de riqueza de especies se encontraron durante los meses de marzo, diciembre y julio (Fig. 15). En la estación G1, se encontró el valor más alto de este índice, mientras que el menor valor se consiguió en octubre en la estación A2. La asociación de las estaciones de muestreo basadas en la riqueza de las especies encontradas durante todo el tiempo de estudio se muestra en la Figura 16. La unión de los grupos (con una similitud mayor al 80 %) estuvo dada de tal forma que las estaciones G1 y Y1 formaron un grupo claramente separado de las demás estaciones. Un segundo grupo fue conformado por las estaciones A1 y A2. La estación G2 presentó mayor semejanza con las estaciones A1 y A2, mientras que la estación AAA se nota claramente separada de los otros grupos.

Tabla 6. Índice de riqueza (S) y abundancia (A) del fitoplancton de la Bahía de Mayagüez.

Mes	Grupos Taxonómicos										Abundancia Total	Riqueza Total
	Diatomeas		Dinoflagelados		Cianobacterias		Clorofíceas		Cocolitofóridos			
	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S		
julio	1925	141	863	52	692	7	29	4	13	4	3522	208
agosto	1992	114	667	48	117	2	125	3	0	0	2901	167
septiembre	1425	68	1229	58	158	5	58	3	8	2	2878	136
octubre	1513	88	246	23	0	0	113	5	0	0	1872	116
diciembre	3463	169	296	34	258	4	0	0	0	0	4017	207
marzo	3121	194	333	35	250	3	0	0	0	0	3704	232
abril	3713	164	258	26	504	4	118	1	92	5	4685	200

Estación	Grupos Taxonómicos										Abundancia Total	Riqueza Total
	Diatomeas		Dinoflagelados		Cianobacterias		Clorofíceas		Cocolitofóridos			
	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S		
A1	3442	158	883	52	254	2	125	3	0	0	4704	215
A2	2350	133	458	47	0	0	38	1	58	3	2906	184
AAA	2942	166	146	27	1004	13	38	2	8	1	4138	209
Y1	2817	148	800	51	146	2	21	2	21	3	3805	206
G1	2922	172	1080	50	575	8	192	4	18	2	4785	236
G2	2679	161	525	49	0	0	29	4	8	2	3241	216

Tabla 7. Análisis de varianza Kruskal-Wallis para evaluar diferencias de abundancia del fitoplancton durante el tiempo de estudio (P<0.05).

Sitio	Mes	Medias	H	p
A1	jul	29.33	17.63	0.0072
	ago	47.67		
	sep	61.33		
	oct	9.00		
	dic	60.00		
	mar	48.33		
	abr	118.67		
A2	jul	19.00	17.57	0.0073
	ago	39.33		
	sep	16.33		
	oct	9.00		
	dic	42.00		
	mar	32.33		
	abr	74.33		
AAA	jul	41.67	16.38	0.0118
	ago	33.67		
	sep	14.33		
	oct	43.33		
	dic	44.67		
	mar	83.00		
	abr	70.33		

Sitio	Mes	Medias	H	p
Y1	jul	66.33	16.01	0.0136
	ago	56.67		
	sep	53.67		
	oct	32.00		
	dic	54.33		
	mar	18.33		
	abr	23.00		
G1	jul	82.33	17.81	0.0066
	ago	39.67		
	sep	60.67		
	oct	49.33		
	dic	40.67		
	mar	74.33		
	abr	35.67		
G2	jul	41.00	19.07	0.004
	ago	15.00		
	sep	24.00		
	oct	7.00		
	dic	79.67		
	mar	40.00		
	abr	52.67		

Tabla 8. Análisis de varianza Kruskal-Wallis para evaluar diferencias de abundancia del fitoplancton por estaciones de muestreo (P<0.05).

Mes	Estación	Medias	H	p
julio	A1	29.33	13.52	0.0189
	A2	19.00		
	AAA	41.67		
	Y1	66.33		
	G1	82.33		
	G2	41.00		
agosto	A1	47.67	11.71	0.0381
	A2	39.33		
	AAA	33.67		
	Y1	56.67		
	G1	39.67		
	G2	15.00		
septiembre	A1	61.33	14.31	0.0136
	A2	16.33		
	AAA	14.33		
	Y1	53.67		
	G1	60.67		
	G2	24.00		
octubre	A1	9.00	13.6	0.0181
	A2	9.00		
	AAA	43.33		
	Y1	32.00		
	G1	49.33		
	G2	7.00		
diciembre	A1	60.00	12.34	0.0303
	A2	42.00		
	AAA	44.67		
	Y1	54.33		
	G1	40.67		
	G2	79.67		
marzo	A1	48.33	15.5	0.0083
	A2	32.33		
	AAA	83.00		
	Y1	18.33		
	G1	74.33		
	G2	40.00		
abril	A1	118.67	16.13	0.0064
	A2	74.33		
	AAA	70.33		
	Y1	23.00		
	G1	35.67		
	G2	52.67		

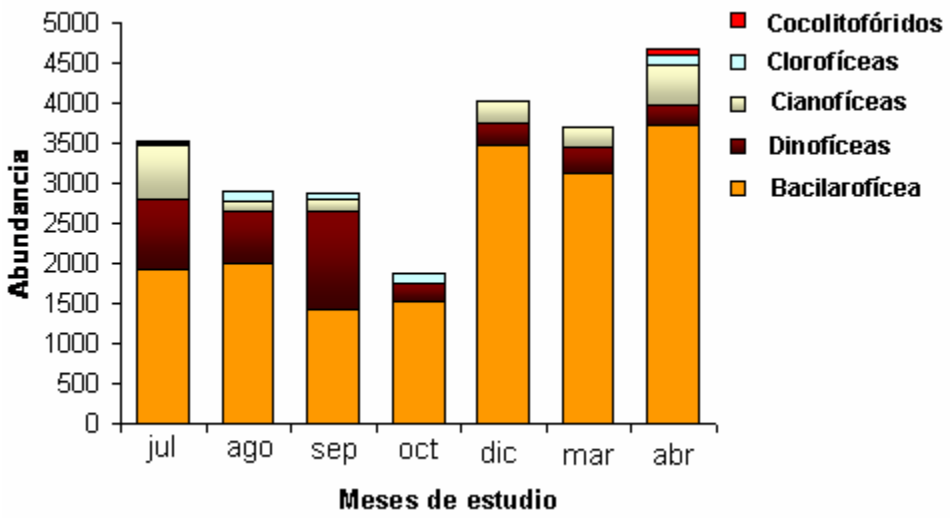

Figura 12. Composición taxonómica y abundancia del fitoplancton entre los meses de estudio en la Bahía de Mayagüez.

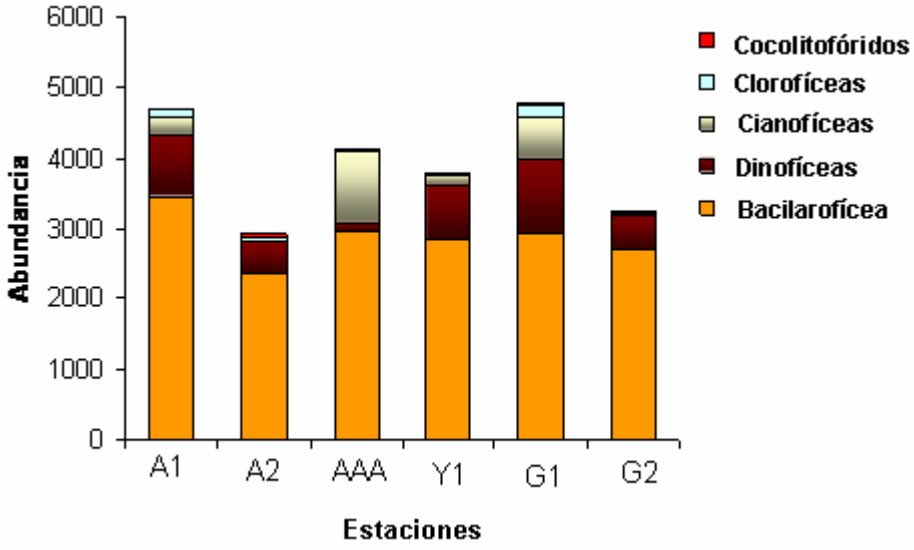

Figura 13. Composición taxonómica y abundancia del fitoplancton en las estaciones de muestreo en la Bahía de Mayagüez.

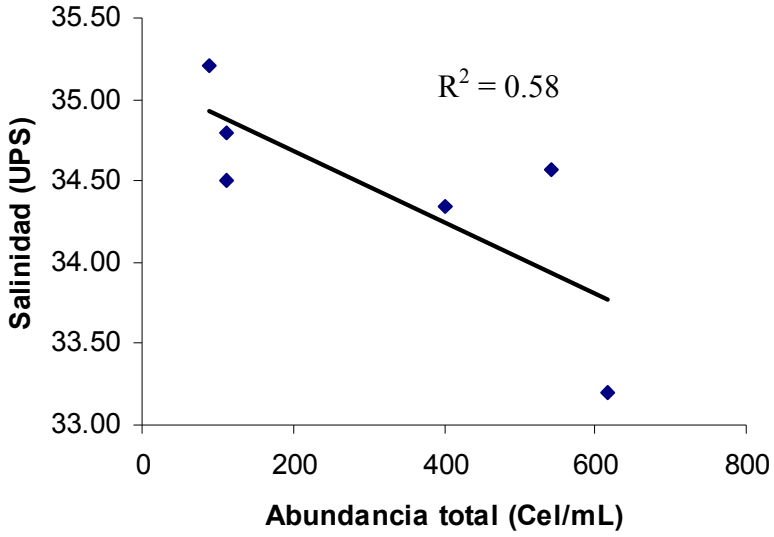

Figura 14. Correlación entre la salinidad y la abundancia del fitoplancton en la época de lluvia en la Bahía de Mayagüez.

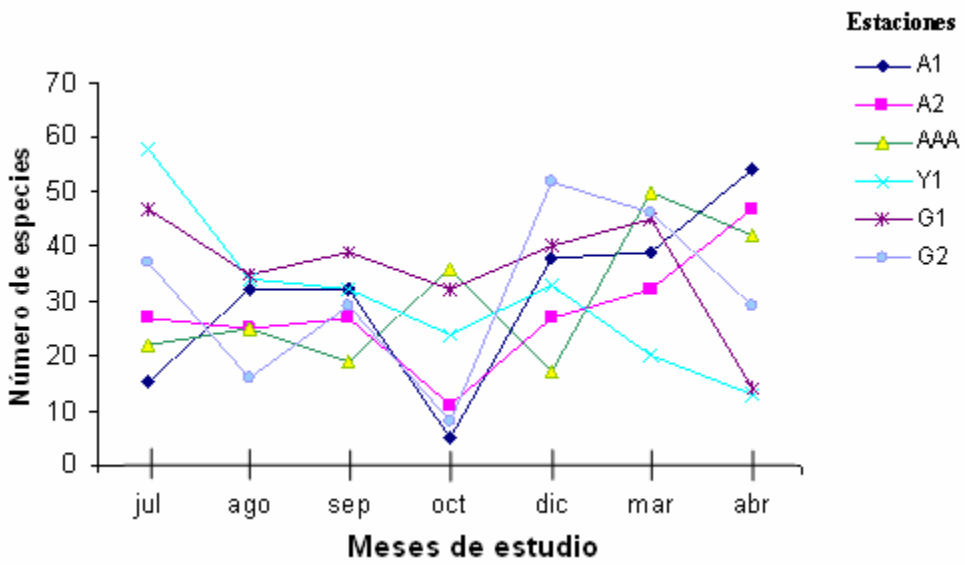

Figura 15. Variación de la riqueza de especies (S) en las estaciones de muestreo en la Bahía de Mayagüez.

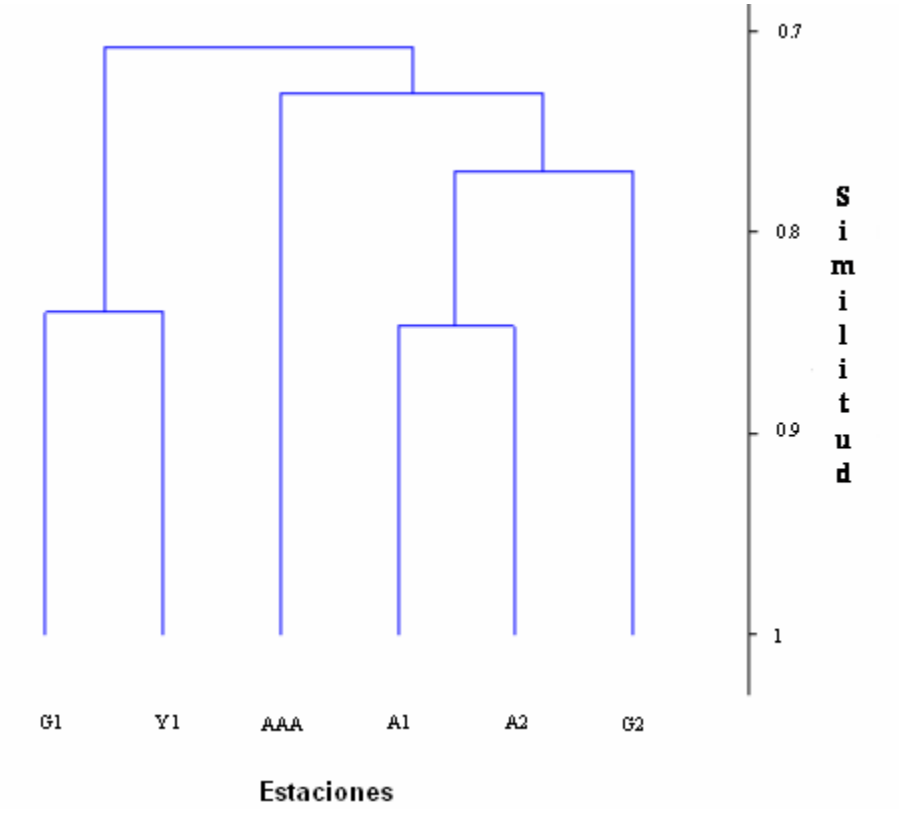

Figura 16. Índice de Similitud de Bray-Curtis de la riqueza del fitoplancton en las estaciones de muestreo durante el tiempo de estudio en la Bahía de Mayagüez.

5.2.3. Diatomeas

Las diatomeas constituyeron el grupo de mayor abundancia durante todo el tiempo de estudio. Las especies abundantes fueron *Asterionella glacialis*, *Skeletonema costatum, Guinardia striata, Chaetoceros decipiens, Rhizosolenia imbricata, Pseudosolenia calcar-avis, Chaetoceros didymus* y *Cylindrotheca closterium*. La variación mensual de estas especies se encuentra en la Figura 17.

La mayor riqueza de especies se presentó durante el mes de marzo, con 194 especies, seguido por los meses de diciembre (169 especies) y abril (164 especies). La riqueza más baja se encontró durante septiembre y octubre con 68 y 88 especies, respectivamente. Las especies dominantes durante diciembre y abril fueron *A. glacialis, G. striata* y *S. costatum,* mientras que en marzo predominaron especies del género *Chaetoceros.* En abril se encontró una población grande del género *Thalassiosira*.

La mayor abundancia de diatomeas se presentó en los meses de abril (3713 cel/mL), diciembre (3463 cel/mL) y marzo (3121 cel/mL), mientras que en septiembre (1425 cel/mL) y octubre (1513 cel/mL) se encontró la menor abundancia de estos organismos (Fig. 18). Las estaciones de mayor riqueza de diatomeas fueron G1 con 172 especies, AAA con 166 y G2 con 161 especies. Las estaciones con menor riqueza de especies fueron A2 y Y1 con 133 y 148 especies, respectivamente. Las variaciones de la abundancia de diatomeas en las distintas estaciones se muestran en la Figura 19. La abundancia de diatomeas en la estación A1 fue de 3442 cel/mL mientras que en AAA fue de 2942 cel/mL. En la estación A1, las especies dominantes fueron *Asterionella glacialis*, *Chaetoceros didymus y Skeletonema costatum.* La estación G1 estuvo representada por las especies *S. costatum, R. imbricada, C. closterium* y *P. calcar-avis.* La estación AAA presentó diversas especies del género *Chaetoceros* y una alta abundancia de la especie *G. striata,* se destaca la presencia de algunas especies del género *Amphora* (Anexo 1).

Los niveles de abundancia de la estación A1 mostraron una correlación positiva con las concentraciones de clorofila-*a* (R^2=0.69). El coeficiente de correlación establece que la asociación entre diatomeas y clorofila-*a* fue de R^2= 0.40 (Fig. 20). El análisis Kruskal-Wallis establece que sólo la estación Y1 no mostró diferencias marcadas en la abundancia de diatomeas durante el tiempo de estudio (H=12, P= 0.0611) (Tabla 9). Se encontraron diferencias en la distribución espacial de las diatomeas con excepción del mes de agosto, donde no hubo diferencias significativas entre la abundancia de diatomeas por estación de muestreo (H= 6.47, P= 0.2576) (Tabla 10).

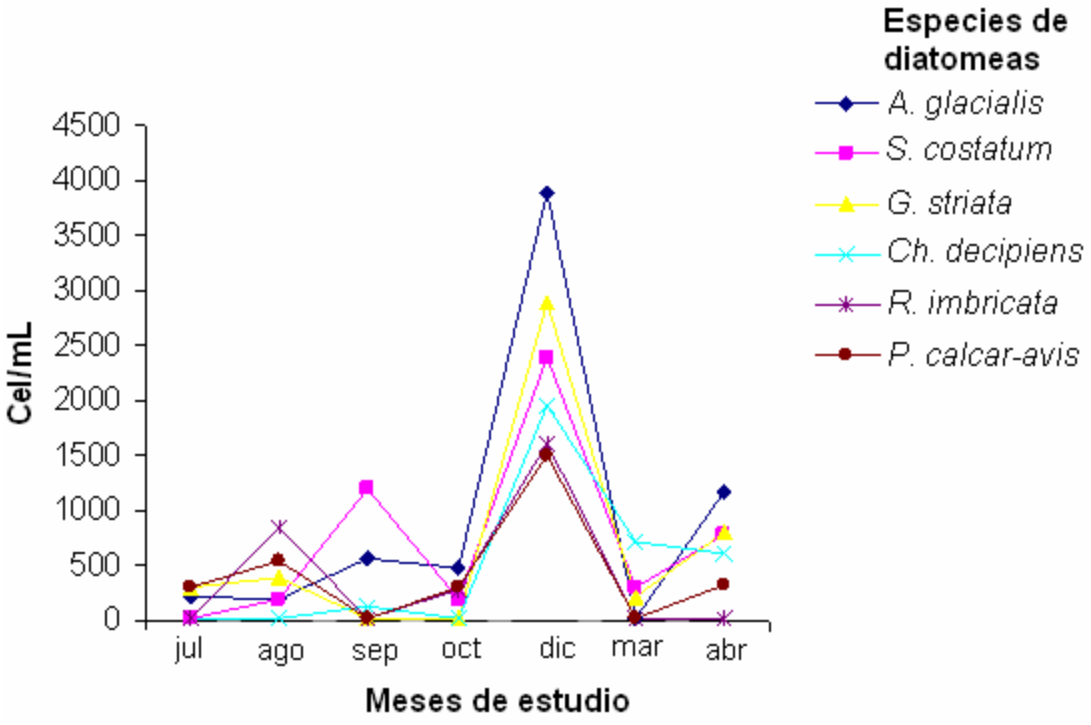

Figura 17. Variación mensual de las diatomeas más abundantes durante el tiempo de estudio en la Bahía de Mayagüez.

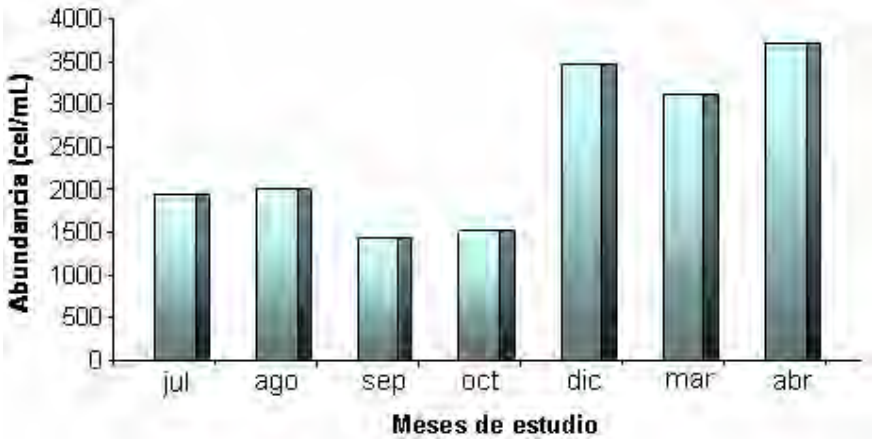

Figura 18. Promedio mensual de la abundancia de diatomeas planctónicas en la Bahía de Mayagüez (2005-2006).

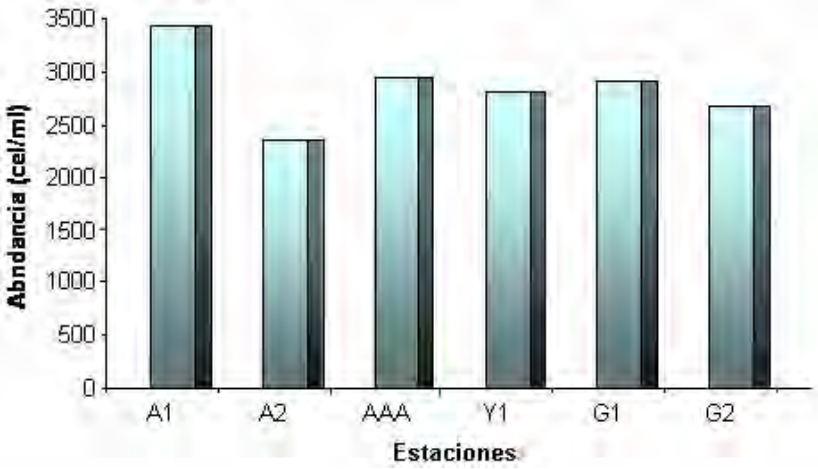

Figura 19. Promedio de la abundancia de diatomeas planctónicas en las estaciones de muestreo en la Bahía de Mayagüez.

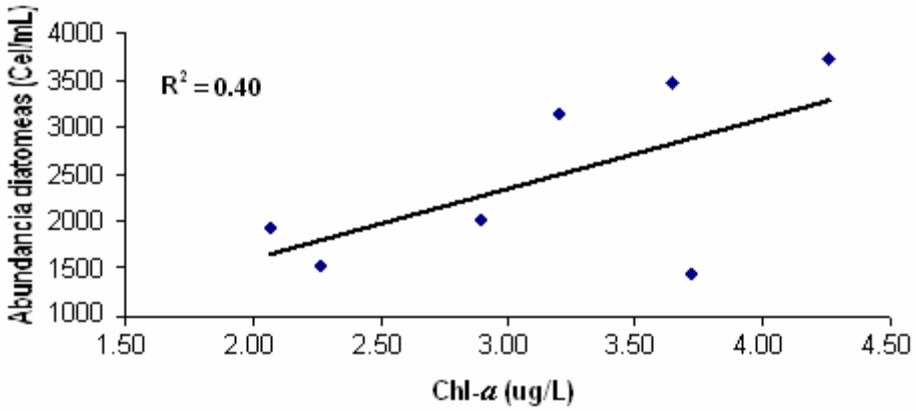

Figura 20. Correlación entre la abundancia de diatomeas y la concentración de clorofila-*a* en el tiempo de estudio.

Tabla 9. Análisis de varianza Kruskal-Wallis para evaluar diferencias de abundancia de diatomeas planctónicas entre los meses de estudio (P<0.05).

Estación	Mes	Medias	H	p
A1	jul	13.00	17.96	0.0063*
	ago	31.00		
	sep	34.67		
	oct	4.67		
	dic	58.33		
	mar	36.67		
	abr	97.00		
A2	jul	13.67	17.57	0.0072*
	ago	34.67		
	sep	7.33		
	oct	5.67		
	dic	35.00		
	mar	30.67		
	abr	61.00		
AAA	jul	8.00	17.18	0.0086*
	ago	22.33		
	sep	9.33		
	oct	40.33		
	dic	24.00		
	mar	75.33		
	abr	54.00		

Estación	Mes	Medias	H	p
Y1	jul	44.00	12	0.0611
	ago	32.33		
	sep	32.00		
	oct	29.33		
	dic	52.33		
	mar	14.33		
	abr	21.00		
G1	jul	45.33	17.94	0.0062*
	ago	26.00		
	sep	19.67		
	oct	39.00		
	dic	36.67		
	mar	57.00		
	abr	12.00		
G2	jul	30.00	18.65	0.0047*
	ago	13.00		
	sep	11.00		
	oct	2.00		
	dic	70.67		
	mar	35.67		
	abr	52.00		

Tabla 10. Análisis de varianza Kruskal-Wallis para evaluar diferencias de abundancia de diatomeas planctónicas en las estaciones de estudio (P<0.05).

Mes	Estación	Medias	H	p
julio	A1	13.00	14.51	0.0124
	A2	13.67		
	AAA	8.00		
	Y1	44.00		
	G1	45.33		
	G2	30.00		
agosto	A1	31.00	6.47	0.2576
	A2	34.67		
	AAA	22.33		
	Y1	32.33		
	G1	26.00		
	G2	13.00		
septiembre	A1	34.67	12.78	0.0251
	A2	7.33		
	AAA	9.33		
	Y1	32.00		
	G1	19.67		
	G2	11.00		
octubre	A1	4.67	14.57	0.0122
	A2	5.67		
	AAA	40.33		
	Y1	29.33		
	G1	39.00		
	G2	2.00		
diciembre	A1	58.33	14.93	0.0104
	A2	35.00		
	AAA	24.00		
	Y1	52.33		
	G1	36.67		
	G2	70.67		
marzo	A1	36.67	14.99	0.0104
	A2	30.67		
	AAA	75.33		
	Y1	14.33		
	G1	57.00		
	G2	35.67		
abril	A1	97.00	14.46	0.0128
	A2	61.00		
	AAA	54.00		
	Y1	21.00		
	G1	12.00		
	G2	52.00		

5.2.4. Dinoflagelados

Las especies de dinoflagelados encontrados en cada estación aparecen en el anexo 1. El análisis de varianza Kruskal-Wallis demostró diferencias significativas en la abundancia de dinoflagelados durante los meses de estudio (Tabla 11). Sólo en la estación AAA no se encontraron diferencias marcadas en la abundancia de esta población de organismos durante los distintos meses de estudio (H= 5.52, P= 0.3958).

Los dinoflagelados más frecuentes fueron *Alexandrium* sp.*, Protoperidinium steinii, Ceratium furca, Gonyaulax* sp.*, Pyrodinium bahamense, Protoperidinium depressum* y *Lingulodinium* sp. La variación mensual de la abundancia de estas especies se muestra en la Figura. 21. La mayor riqueza de especies se encontró en septiembre (58 especies) con un segundo pico en julio (52 especies). La menor riqueza se encontró en octubre con 23 especies y en abril con 26 especies.

Esta riqueza de especies coincidió con los altos valores de abundancia, siendo septiembre el mes que presentó mayor abundancia de dinoflagelados (1229 cel/mL). Julio le siguió en abundancia con 863 cel/mL (Fig. 22). En octubre se encontró la menor abundancia con 246 cel/mL, durante este mes la especie dominante fue *P. steinii* con un índice de dominancia de 0.90.

Las estaciones A1, Y1 y G1 presentaron los valores más altos de riqueza de especies. El menor valor para este índice se encontró en la estación AAA, con 27 especies. La mayor abundancia de dinoflagelados se dio en la estación G1, con 1079 cel/mL, seguida por la estación A1 con 883 cel/mL, mientras que en la estación Y1 se encontraron 800 cel/mL (Fig. 23). La menor abundancia de dinoflagelados se presentó en la estación AAA (146 cel/mL). De las estaciones oceánicas, la estación G2 fue la de mayor abundancia (525 cel/mL), en comparación con la estación A2 (458 cel/mL).

La relación entre clorofila-*a* y la abundancia de dinoflagelados fue significativamente alta en septiembre (Fig. 24). En ese mes se encontró una correlación positiva entre dinoflagelados y la temperatura del agua (Fig. 25).

El análisis estadístico Kruskal-Wallis demostró que durante los meses de octubre y marzo no hubo diferencias en la abundancia de dinoflagelados entre las distintas estaciones de muestreo (Tabla 12). Durante estos meses los más abundantes fueron *Protoperidinium steinii, Alexandrium* sp. y *Gonyaulax* sp.

Tabla 11. Análisis de varianza Kruskal-Wallis para evaluar diferencias de abundancia de dinoflagelados entre los meses de estudio (P<0.05).

Sitio	Mes	Medias	H	p
A1	jul	1.00	17.5	0.0074
	ago	16.33		
	sep	26.33		
	oct	4.33		
	dic	1.67		
	mar	11.67		
	abr	7.33		
A2	jul	5.33	12.86	0.0391
	ago	4.67		
	sep	6.00		
	oct	3.33		
	dic	7.00		
	mar	1.67		
	abr	8.67		
AAA	jul	2.33	5.52	0.3958
	ago	2.33		
	sep	0		
	oct	0.33		
	dic	1.33		
	mar	2.33		
	abr	3.00		

Sitio	Mes	Medias	H	p
Y1	jul	10.00	18.29	0.0053
	ago	24.33		
	sep	21.67		
	oct	1.33		
	dic	2.00		
	mar	4.00		
	abr	0.67		
G1	jul	38.00	16.29	0.0112
	ago	3.67		
	sep	33.33		
	oct	5.67		
	dic	2.67		
	mar	2.67		
	abr	0.33		
G2	jul	10.33	16.64	0.0101
	ago	2.00		
	sep	11.00		
	oct	4.67		
	dic	9.00		
	mar	4.33		
	abr	0.67		

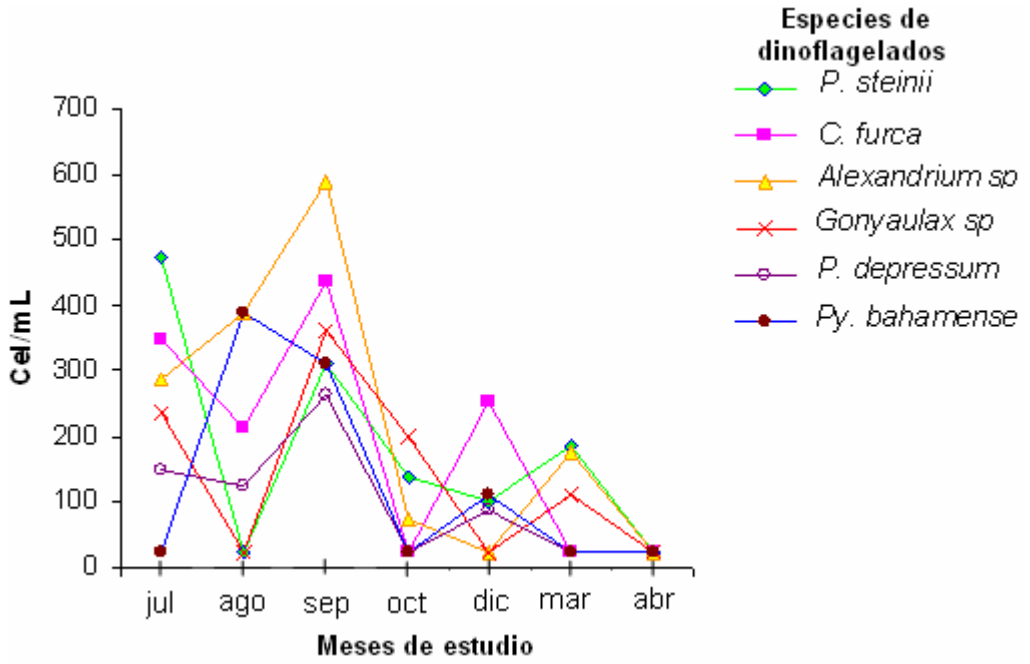

Figura 21. Especies de dinoflagelados más abundantes en la Bahía de Mayagüez durante los meses de estudio.

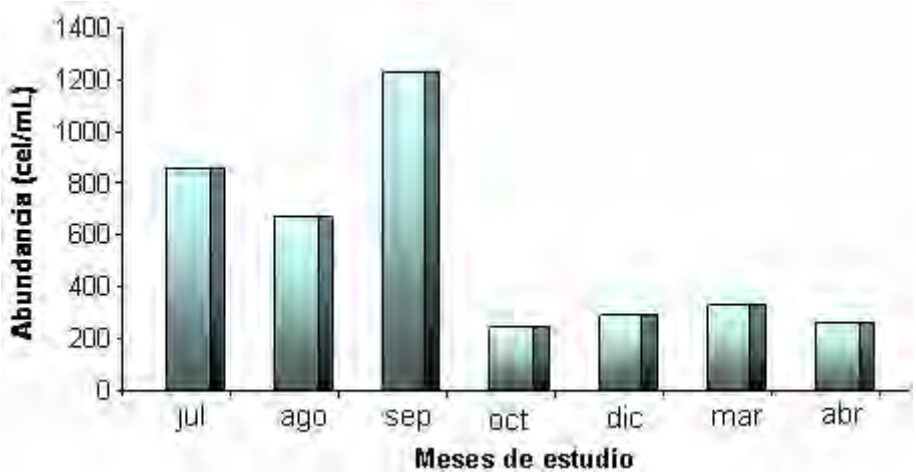

Figura 22. Promedio mensual de la abundancia de dinoflagelados en la Bahía de Mayagüez.

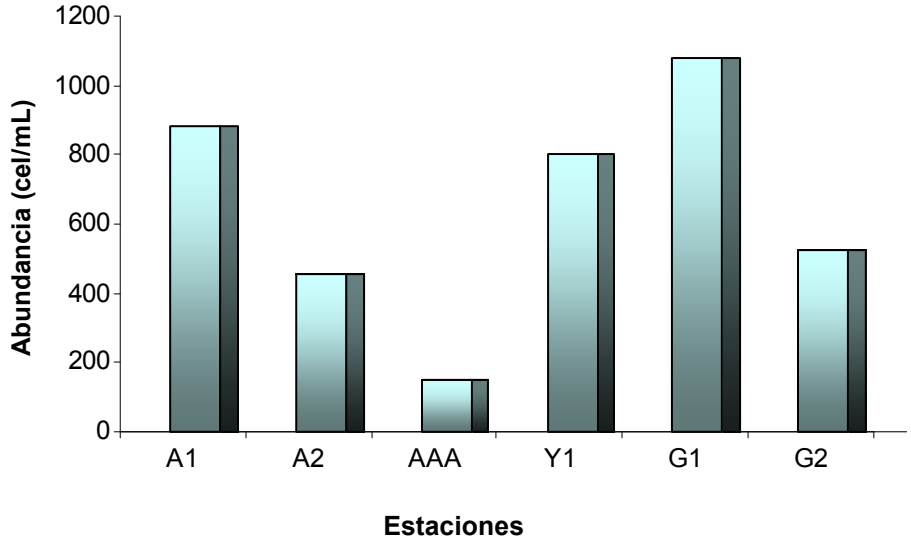

Figura 23. Promedio de la abundancia de dinoflagelados en las estaciones de muestreo en la Bahía de Mayagüez.

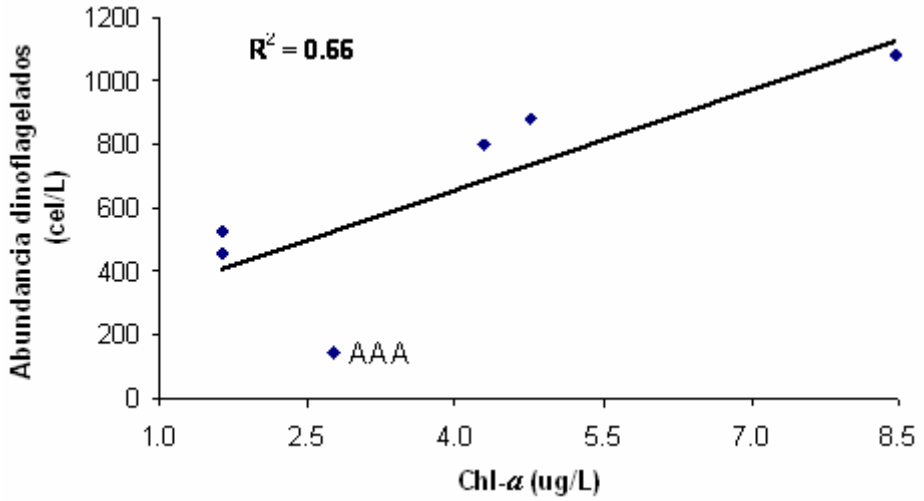

Figura 24. Correlación entre la concentración de clorofila-*a* y la abundancia de dinoflagelados en la Bahía de Mayagüez en septiembre, 2005.

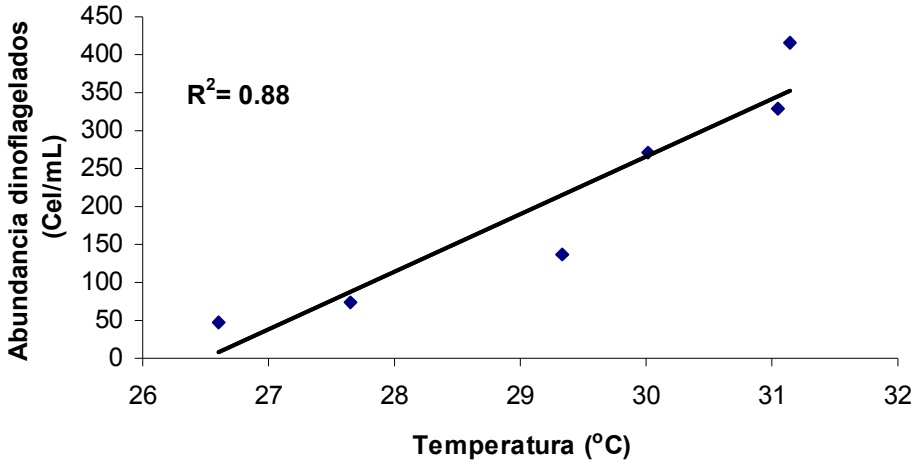

Figura 25. Correlación entre abundancia de dinoflagelados y la temperatura superficial del agua en septiembre, 2005.

Tabla 12. Análisis de varianza Kruskal-Wallis para evaluar diferencias de abundancia de dinoflagelados en las estaciones de estudio (P<0.05).

Mes	Estación	Medias	H	p
julio	A1	1.00	15.92	0.0068
	A2	5.33		
	AAA	2.33		
	Y1	10.00		
	G1	38.00		
	G2	10.33		
agosto	A1	16.33	13.32	0.019
	A2	4.67		
	AAA	2.33		
	Y1	24.33		
	G1	3.67		
	G2	2.00		
septiembre	A1	26.33	16.2	0.0059
	A2	6.00		
	AAA	0.00		
	Y1	21.67		
	G1	33.33		
	G2	11.00		
octubre	A1	4.33	8.85	0.1019
	A2	3.33		
	AAA	0.33		
	Y1	1.33		
	G1	5.67		
	G2	4.67		
diciembre	A1	1.67	11.83	0.0347
	A2	7.00		
	AAA	1.33		
	Y1	2.00		
	G1	2.67		
	G2	9.00		
marzo	A1	11.67	10.53	0.053
	A2	1.67		
	AAA	2.33		
	Y1	4.00		
	G1	2.67		
	G2	4.33		
abril	A1	7.33	11.85	0.0301
	A2	8.67		
	AAA	3.00		
	Y1	0.67		
	G1	0.33		
	G2	0.67		

5.2.5. Cianobacterias

Las cianobacterias no mostraron diferencias significativas con respecto a las variaciones de abundancia durante el tiempo de estudio (H= 1.7, P=0.8576). (Tabla 13 y 14). Los géneros dominantes en el análisis cuantitativo fueron *Tricodesmium*, *Spirulina* y *Lyngbya*.

Julio estuvo representado por *Tricodesmium* spp. En este mes se encontró una abundancia de 692 cel/mL, seguido por abril con 504 cel/mL. La correlación de cianobacterias con la clorofila-*a* fue de R^2= 0.49. En octubre no hubo presencia de cianobacterias en el análisis cuantitativo (Tabla 13).

El análisis estadístico encontró diferencias en la abundancia de cianobacterias entre estaciones de muestreo (H=35.02, P=<0.0001). La estación AAA mostró una abundancia de 1004 cel/mL, donde predominó *Tricodesmium* spp. (Índice de dominancia fue de 0.80) acompañada de algunas especies del género *Amphora* (diatomea). La estación G1 le siguió en abundancia con 575 cel/mL, *Lyngbya* fue frecuente en la mayoría de los meses, pero en abril fue el género dominante en esta estación (Anexo 1). En las estaciones oceánicas no se encontraron cianobacterias en el análisis cuantitativo (Tabla 14).

Tabla 13. Análisis de varianza Kruskal-Wallis para evaluar diferencias en abundancia de cianobacterias, clorofíceas y cocolitofóridos entre los distintos meses de estudio (P<0.05).

	Cianobacterias			Clorofíceas			Cocolitofóridos		
Mes	**Media**	**H**	**P**	**Media**	**H**	**P**	**Media**	**H**	**P**
julio	9.22	1.7	0.8576	0.39	-1.22	>0.9999	0.17	-5.47	>0.9999
agosto	1.56			1.67			0		
septiembre	2.11			0.78			0.11		
octubre	0			1.50			0		
diciembre	3.44			0			0		
marzo	3.33			0			0		
abril	6.72			1.56			1.22		

Tabla 14. Análisis de varianza Kruskal-Wallis para evaluar diferencias en abundancia de cianobacterias, clorofíceas y cianobacterias en las estaciones de estudio (P<0.05).

	Cianobacterias			Clorofíceas			Cocolitofóridos		
Estación	**Media**	**H**	**P**	**Media**	**H**	**P**	**Media**	**H**	**P**
A1	2.9	35.02	<0.0001	1.43	1.96	0.5431	0	0.74	0.5323
A2	0			0.43			0.67		
AAA	11.48			0.43			0.1		
Y1	1.67			0.24			0.24		
G1	6.57			2.19			0.19		
G2	0			0.33			0.1		

5.2.6. Clorofíceas

La presencia de clorofíceas fue escasa, los géneros representativos fueron *Chlorosarcinopsis*, *Senedesmus* y *Ulotrix.* Agosto y abril presentaron una abundancia de 125 y 118 cel/mL, respectivamente. Durante diciembre y marzo no hubo registros de clorofíceas. Las estaciones G1 y A1 presentaron una población grande, mientras que Y1 y G2 la presencia de este grupo fue escasa.

El análisis estadístico no encontró diferencias temporales ni espaciales en la abundancia de clorofíceas (Tablas 13 y 14). El índice de correlación (R^2=0.76) establece una asociación positiva entre la concentración de clorofila-*a* y la abundancia de clorofíceas (Fig. 26).

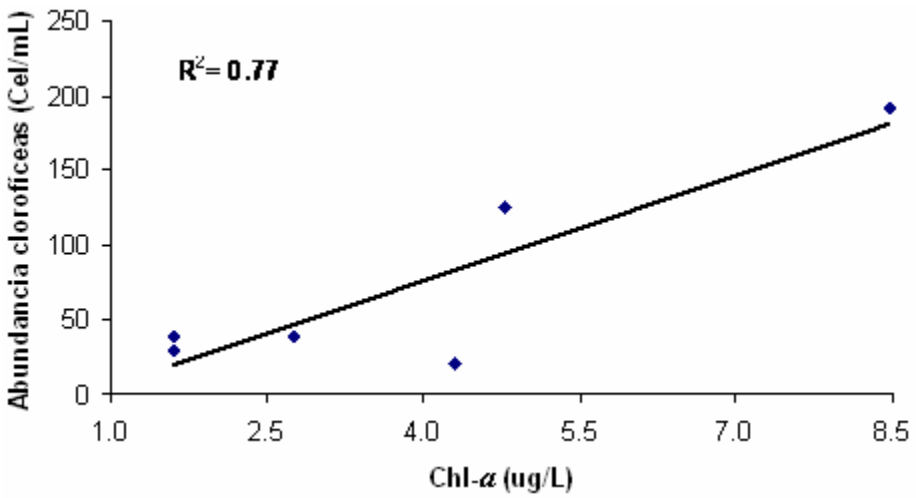

Figura 26. Correlación entre la abundancia de clorofíceas y la concentración de clorofila-*a*.

5.2.7. Cocolitofóridos

Uno de los grupos más escasos en este estudio fue el de los cocolitofóridos. Sólo en julio, septiembre y abril se encontraron cocolitofóridos. Abril presentó una abundancia de 92 cel/mL.

La estación A2 mostró una alta abundancia con 58 cel/mL, seguida por la estación Y1 con 21 cel/mL. No se encontraron diferencias en la abundancia de los cocolitofóridos tanto a nivel temporal como espacial (Tablas 13 y 14). Los géneros más abundantes fueron *Pontosphaera* y *Caliptrolipthophora.*

5.3. Diversidad y dominancia

La diversidad de Shannon (H) calculada para todos los grupos fitoplanctónicos en los distintos meses y estaciones osciló entre 2.59 y 2.99 bits. El índice de dominancia, tuvo estimaciones entre 0.052 y 0.087. El índice más alto de diversidad se encontró en diciembre (2.84 bits), seguido por el mes de agosto (2.80 bits). En contraste, estos meses tuvieron una baja dominancia de especies 0.061 y 0.065 respectivamente (Tabla 15). El menor valor de H se halló en octubre (2.59 bits), dominado por las especies *Asterionella glacialis y Protoperidinium steiini.*

De las estaciones costeras, el índice más alto de diversidad se encontró en G1 (2.99 bits), seguida por la estación Y1 (2.93 bits). La estación A1, a pesar de contar con una alta abundancia de fitoplancton, tuvo una diversidad menor (2.85 bits) que el resto de las estaciones costeras.

Las estaciones oceánicas mostraron altos índices de diversidad para las diatomeas, especialmente la estación G2 (4.00 bits), mientras que de las estaciones costeras, el valor mas alto en diversidad se encontró en la estación AAA. Las diatomeas presentaron un alto índice de diversidad en marzo (4.14 bits), mientras que el valor más alto de dominancia se halló en septiembre (0.117), representado por la especie *Skeletonema costatum*.

Los dinoflagelados mostraron dominancia de algunas especies, mayormente durante los meses de octubre y agosto (0.141 y 0.106, respectivamente) mientras que en septiembre se encontró la mayor diversidad en este grupo (2.75 bits). Las estaciones A1 y G2 presentaron un alto índice de dominancia. La estación Y1, estuvo mayormente representada por la especie *Pyrodinium bahamense*. La estación oceánica A2 fue la de mayor diversidad de dinoflagelados.

Dentro de los grupos representativos, las cianobacterias mostraron los índices más altos de dominancia de especies. La mayor diversidad de especies se observó en julio (1.32 bits), mientras que el valor más bajo de este índice se

encontró en abril (0.43 bits), respaldado por un alto valor de dominancia (0.735). La estación Y1 estuvo dominada por la presencia de *Oscillatoria* sp.

La presencia de clorofíceas y cocolitofóridos fue escasa (2 % de la población), no obstante en octubre las clorofíceas alcanzaron el mayor índice de diversidad (1.22 bits), mientras que en abril mostraron el índice más alto de dominancia. Los cocolitofóridos presentaron la mayor diversidad en abril (1.02 bits) y el mayor índice de dominancia se encontró en septiembre.

Tabla 15. Índices de Diversidad (H) y Dominancia (D) del fitoplancton de la Bahía de Mayagüez.

	Principales grupos taxonómicos											
	Diatomeas		Dinoflagelados		Cianobacterias		Clorofíceas		Cocolitofóridos		Diversidad	Dominancia
Mes	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	Total	Total
julio	3.897	0.028	2.708	0.092	1.329	0.281	0.796	0.551	0.637	0.556	2.760	0.070
agosto	3.434	0.050	2.595	0.106	0	1	0.691	0.502	-	-	2.808	0.065
septiembre	2.919	0.117	2.750	0.081	0.922	0.453	0.652	0.541	0	1	2.722	0.073
octubre	3.660	0.037	2.284	0.141	-	-	1.220	0.347	-	-	2.598	0.087
diciembre	3.849	0.032	2.609	0.082	0.547	0.682	-	-	-	-	2.843	0.061
marzo	4.145	0.025	2.623	0.099	0.679	0.514	-	-	-	-	2.774	0.068
abril	3.710	0.031	2.490	0.092	0.435	0.735	0	1	1.021	0.384	2.759	0.071

	Diatomeas		Dinoflagelados		Cianobacterias		Clorofíceas		Cocolitofóridos		Diversidad	Dominancia
Estación	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	total	total
A1	3.884	0.034	2.622	0.098	0.972	0.407	0.291	0.873	-	-	2.855	0.065
A2	3.862	0.029	2.953	0.060	-	-	0	1.000	0.953	0.416	2.839	0.068
AAA	4.007	0.030	2.701	0.079	1.371	0.323	0.687	0.506	0.693	0.500	2.911	0.059
Y1	3.340	0.073	2.784	0.087	1.015	0.387	0.500	0.680	0.693	0.500	2.935	0.058
G1	3.936	0.033	2.838	0.082	1.220	0.340	1.265	0.298	0.693	0.500	2.992	0.052
G2	4.007	0.027	2.643	0.093	-	-	1.154	0.388	0.693	0.500	2.840	0.066

6. DISCUSIÓN

6.1. Variables físicas y químicas de la Bahía de Mayagüez

La temperatura es un parámetro fundamental para el desarrollo de muchos organismos fitoplanctónicos, pues afecta las reacciones celulares, la naturaleza del metabolismo, los requerimientos nutricionales, así como su composición bioquímica. El fitoplancton presenta una relación entre la temperatura y la actividad biológica. La tasa de crecimiento aumenta cuando aumenta la temperatura dentro de una gama óptima, por encima de la cual el crecimiento disminuye si la temperatura continúa incrementándose.

Aparte del efecto directo de la temperatura sobre el grado de fotosíntesis, este parámetro también influye la producción primaria indirectamente a través de sus efectos sobre el movimiento y la mezcla del agua, lo que a su vez, influye el aporte de nutrientes a los niveles eufóticos. La influencia de la temperatura en la disponibilidad de nutrientes limita de alguna forma la tasa de crecimiento del fitoplancton, estableciendo varios tipos de respuestas como, por ejemplo, que la afinidad del fitoplancton a ciertas zonas aumente o disminuya con respecto a este parámetro (Sommer, 1987). Temperaturas mayores a 30.4 ^{o}C causan un cambio en las comunidades del fitoplancton haciendo que algunas poblaciones de diatomeas disminuyan y comiencen a darse cambios poblacionales con la aparición de algas verdes y cianobacterias (Patrick, 1974). Esto fue observado en la Bahía de Mayagüez durante la época de lluvia cuando se registraron las mayores temperaturas, donde se observó cómo las poblaciones de diatomeas fueron disminuyendo dando paso a una mayor población de dinoflagelados y una población de clorofíceas, que aunque escasa, alcanzó su máxima diversidad en el mes de octubre (Tabla 15; Fig. 12). En zonas tropicales, cuando la temperatura del agua llega alrededor de los 34 ^{o}C, muchas especies de diatomeas llegan al máximo de

tolerancia lo que ocasiona que la estructura silícea se dañe y algunas no sobrevivan. Es conocido que un incremento en la temperatura afecta la tasa de difusión de oxígeno. Estas variaciones producen cambios en el metabolismo y la tasa de reproducción de las diatomeas (Patrick 1974; Werner, 1977; Sommer, 1987; Tait, 1987).

Además de los efectos fisiológicos directos, los cambios de temperatura ejercen ciertas acciones indirectas, alterando las propiedades físicas del agua, especialmente la densidad, la viscosidad y la solubilidad de los gases, que a su vez influyen sobre la flotabilidad y la respiración del fitoplancton (Tait, 1987). En Puerto Rico, se produce un fenómeno estacional de lluvia, que en el área de Mayagüez se extiende de agosto a noviembre, seguida por una estación seca que va de enero a febrero (Gilbes et al., 1996). Estos cambios estacionales conllevan a variaciones leves en la temperatura superficial del agua.

Durante el tiempo de estudio las mayores temperaturas se registraron en septiembre, época en la que comienzan la altas temporadas de lluvia, lo que ocasionó fluctuaciones bien marcadas en el patrón de distribución de nutrientes y variaciones de salinidad por efecto del aumento de la descarga de los ríos. Las menores temperaturas se registraron en diciembre y marzo, con un mínimo registro en marzo. Esto se debe a que las costas de Puerto Rico están influenciadas indirectamente por los frentes fríos del norte, lo que ocasiona una leve disminución en la temperatura del agua y cambios en la densidad del agua. A su vez, esto conlleva un proceso de mezcla, que influye directamente en la disponibilidad de nutrientes al fitoplancton, lo que concuerda con la alta producción de microorganismos encontrados en este estudio para esa época.

La salinidad mostró un marcado incremento en la superficie del agua, especialmente en marzo y abril donde la lluvia disminuyó (Fig. 3). Estos resultados concuerdan con los reportados por Parrilla (1996) quien establece que durante el periodo de marzo y abril existe una variación de 2-3 UPS entre la superficie y 1 m

de profundidad en la Bahía de Mayagüez. Esto ocasiona una micro-estratificación en la columna de agua, asociada a una capa de agua con menor densidad.

La salinidad es un factor que adquiere mayor influencia cuando interactúa con otros factores como la concentración de nutrientes, la luz y la fuente de nitrógeno (Terlizzi y Karlander, 1980). Además de la respuesta osmorregulatoria, la adaptación del fitoplancton a aumentos en la salinidad implica cambios fisiológicos como la disminución en la actividad fotosintética, junto con el aumento de la respiración (Richmond, 1986). Esto podría explicar el por qué de la disminución en las concentraciones de clorofila-*a* en los meses de abril y marzo, cuando se encontró la mayor abundancia fitoplanctónica (Figura 10 y 12).

Muchos autores establecen que la temperatura y la salinidad están fuertemente influenciadas por la intrusión de agua dulce a los ambientes costeros. Durante el desarrollo de este estudio, los patrones de lluvia y los niveles de descarga del Río Guanajibo y el Río Grande de Añasco, aumentaron de agosto a octubre. Esto influyó en la disminución de la salinidad con un menor valor registrado en octubre (33.19 UPS) en la estación G1. La marcada disminución de la salinidad en este sitio de muestreo pudiera explicarse debido a su cercanía a la costa (Tabla 2). Gilbes et al. (1996) reportaron en todas las estaciones de la Bahía de Mayagüez, una reducción en las medidas de salinidad de agosto a noviembre, con variaciones entre 31-33 UPS, con un mínimo durante el mes de octubre, mientras que Parrilla (1996) reportó una mínima salinidad de 30.8 UPS sólo para las estaciones costeras de la bahía. Alfaro (2002) menciona una estratificación vertical en las estaciones costeras de la Bahía de Mayagüez asociada a bajas salinidades en la superficie del agua durante los periodos de lluvia (agosto a noviembre).

6.2. Nutrientes

La descarga de los ríos y las escorrentías por lluvia, introducen una cantidad considerable de partículas en suspensión, compuestos orgánicos e inorgánicos así como nutrientes disueltos, los cuales son esenciales para el crecimiento del fitoplancton. Muchos de estos constituyentes son considerados elementos menores en el agua de mar, presentes sólo en concentraciones muy bajas y su disponibilidad ejerce un control total en la producción (Pingree et al., 1978).

Los nitratos y fosfatos tienen una importancia especial. Tait (1987) y muchos autores como Dugdale (1967); Thomas (1970); Corredor (1979) y Corredor et al. (1999) entre otros, establecen que en mares tropicales el nitrógeno es el elemento limitante para el crecimiento del fitoplancton. En la Bahía de Mayagüez, durante la época de lluvia, las mayores concentraciones de nitrato se presentaron en julio y agosto con un promedio de 0.42 y 0.40 mg/l, respectivamente. No está claro lo que podría explicar el aumento en julio, pero la abundancia de *Tricodesmium* sp. pudiera favorecer la formación de este nutriente, por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico porque su proceso metabólico libera excesivas cantidades de nitrógeno disuelto al medio. Según Navarro et al. (2000), entre junio y julio en el Golfo de México se da un enriquecimiento por hierro proveniente del polvo del Sahara, por lo que se presume que es una de los principales causas del incremento de la población de *Trichodesmium erythraeum,* y esto explicaría las altas concentraciones de las formas de nitrógeno encontradas en el Golfo de México. También es probable que este incremento en las concentraciones de nitrato se dieron por las altas concentraciones de nitrógeno inorgánico descargados en la bahía por parte del alcantarillado local durante este mes (Anexo 2). Corredor y Morell (2001) encontraron que en la estación CaTS se da un enriquecimiento de nutrientes durante junio y julio por acción del viento que causa un cambio en la picnoclina, lo que conlleva a una resuspensión de nutrientes a la zona eufótica.

Al iniciarse la alta temporada de lluvia, el máximo de nitrato (1.16 mg/l) fue encontrado en agosto. Sin embargo, se observó que al aumentar las descarga de los ríos, los niveles de nitrato fueron disminuyendo considerablemente, hasta el punto en que en octubre, mes con mayor nivel de lluvia y descarga de ríos (Figuras 4 y 5) la concentración de nitrato fue la menor reportada en este estudio (0.12 mg/l).

Esto podría deberse a que en agosto, al iniciarse la época de lluvia, se aumenta la descarga de los ríos, los que arrastran gran cantidad de material terrígeno el cual contiene grandes cantidades de compuestos nitrogenados, induciendo a un aumento en la concentración de este nutriente en la bahía. La alta disposición de nitratos (forma más utilizada por el fitoplancton) tiene un efecto inmediato, lo que conlleva a un rápido consumo, creciendo así sus poblaciones y que en septiembre se refleja con la mayor producción de clorofila-*a*. En octubre se encontró la menor concentración de este nutriente (0.02 mg/l), a pesar de que en este mes se reportó la mayor descarga de nitrógeno total por parte del alcantarillado local. Posiblemente por el largo periodo de lluvia previo a este mes y el aumento del caudal de los ríos, ocasionó una disminución proporcional en la carga de nutrientes que llegan a la desembocadura o también se pudo dar un efecto de dilución, lo que explicaría la disminución notable en la concentración de clorofila-*a* (0.37 µg/L) en este mes. Esto podría explicar la correlación negativa entre la descarga total de los ríos y la concentración de clorofila-*a* (R^2= -0.63). Estos resultados concuerdan con los reportados por Parrilla (1996), quien encontró una correlación negativa entre la concentración de las formas de nitrógeno inorgánico y los picos de mayor descarga del Río Grande de Añasco. Parrilla (1996) relacionó este resultado con procesos de erosión del suelo, debido a que el largo periodo de lluvia disminuye las formas de nutrientes que entran a la bahía. Alfaro (2002) asoció la correlación negativa entre las mayores descargas de los ríos y las bajas concentraciones de nitrato en la bahía a un rápido consumo por el fitoplancton. Es importante destacar que las medidas de nutrientes reportadas son el reflejo de eventos anteriores al día de muestreo, los cuales nos ayudan a explicar los procesos ecológicos poblacionales observados.

Los datos reportados por Santiago (1988), García y López (1989), Parrilla (1996) y Sastre (2000), atribuyen el aumento de las concentraciones de clorofila a la entrada de nutrientes exógenos por efecto de las descargas riverinas, seguidas de una marcada disminución en las concentraciones de este pigmento en un tiempo relativamente corto. Corredor y Morell (2001) indican que las concentraciones de nitrato, nitrito y amonia durante el periodo de influencia del Río Orinoco sobre la estación CaTS son muy bajas, por lo que plantean que los nutrientes que trae el río son utilizados inmediatamente por el fitoplancton, reflejándose en una alta producción primaria seguida por su disminución marcada en un tiempo corto.

En la época seca, la máxima concentración de nitrato se encontró en diciembre con un promedio de 0.80 mg/l, seguido por abril con un promedio de 0.47 mg/l. Encontramos un pico de nitrato que podría ser atribuido a la actividad antropogénica, a procesos naturales, o ambos. En la Bahía de Mayagüez existe una fuente alterna de nutrientes, la cual es el tubo de desagüe de la planta de tratamiento de aguas servidas cercanas a la estación AAA. En diciembre se encontró la mayor concentración de nitrato, con 3.92 mg/l, lo cual se reflejó en un aumento de la abundancia total de microorganismos, en especial en la abundancia de cianofíceas en este sitio. Parrilla (1996) menciona que el desagüe de la planta de tratamiento puede superar de cuatro a seis veces la concentración de nutrientes que aportan de los tres ríos principales que descargan en la bahía. Alfaro (2002) menciona que en la estación AAA predominan las formas de ion amonio y compuestos nitrogenados de origen orgánico, los cuales permanecen más tiempo en la columna de agua, e indica que algunas formas del fitoplancton prefieren este tipo de compuesto.

También es sabido que durante los meses de invierno se dan procesos de mezclas que se extienden en profundidad en la columna de agua. Estos procesos traen nitratos, fosfatos y otros nutrientes a la superficie y pueden ser transportados por los vientos a zonas costeras.

En abril, se encontró el segundo pico en concentración de nitrato. Al disminuir los promedios de lluvia y la descarga de los ríos locales en esta época, el aumento de nitrato podría atribuirse a un evento de resuspensión de nutrientes ocasionados por acción del viento o por cambios de la temperatura en la columna del agua. La remineralización es otro evento que podría explicar este incremento de nutrientes debido a procesos microbianos que permiten una transformación de nitrógeno orgánico a nitrito y nitrato. Rosado (2000) menciona que factores como la dirección del viento, mareas internas y actividad antropogénica son los posibles causantes de un incremento en la concentración de clorofila-*a* durante el mes de abril en la Bahía de Mayagüez.

El fósforo se encuentra en el agua de mar casi completamente como iones ortofosfato ($H_2PO_4^-$) aunque también hay trazas de fósforo orgánico. Este elemento, al igual que el nitrógeno, es importante para el crecimiento del fitoplancton. La concentración de estos nutrientes es mayor en la profundidad que en las aguas superficiales donde se da una escala de 1 a 120 µg/L de NO_3-N y de 0 a 20 µg/L de PO_4^- -P (Tait, 1987). Cerca de la costa se pueden encontrar valores más elevados de fosfatos debido a la resuspensión de los sedimentos del fondo y a las grandes cantidades de nitratos y fosfatos presentes en las aguas de los ríos. Alfaro (2002) encontró que en la Bahía de Mayagüez el fósforo se comportó como el elemento limitante e indicó que el Río Grande de Añasco era el único tributario de este nutriente. Esto lo relacionó con una posible remoción inmediata por el fitoplancton y a procesos de absorción por partículas de arcillas y carbonatos de calcio.

En la Bahía de Mayagüez se observaron fluctuaciones mensuales en la concentración de fosfatos, la cual disminuyó con la reducción de las descargas de los ríos. Además, en la época seca la abundancia del fitoplancton fue mayor, lo que podría explicar la disminución en este nutriente, ya que cuando las condiciones favorecen la reproducción del fitoplancton, el consumo de nitrógeno y en especial del fósforo es muy elevado, lo que ocasiona una reducción creciente de estos compuestos, a menos que, en alguna forma, haya un rápido y constante reemplazo

de los mismos. Las concentraciones de fosfatos en el mar varían, no sólo con los requerimientos de las especies, sino que además se ven influenciados por otros factores y sustancias (Balech, 1977). Es el caso que algunas sustancias pueden complicar la absorción del fósforo, probablemente por este mecanismo se explique el retardo con muchos organismos fitoplanctónicos responden a un enriquecimiento súbito de nutrientes. En el caso de la Bahía de Mayagüez, se observó un alto flujo de este nutriente en la época de lluvia que no necesariamente se reflejó en un aumento en la población del fitoplancton. Se ha establecido una cierta relación entre la actividad y la reproducción del fitoplancton con la cantidad de nitratos y fosfatos, pero en algunos casos esto no ocurre. Ketchum (1968) notó que en cultivos de diatomeas la velocidad de las divisiones es independiente de la concentración de nitratos (por lo menos con concentraciones no menores de 47 mg/m^3), si se les provee abundantes fosfatos.

El silicio está presente en el agua de mar en forma de iones silicatos y posiblemente como pequeñas trazas de sílice coloidal y es un constituyente de la pared celular de las diatomeas. El sílice es normalmente absorbido en forma de ácido ortosilícico y la luz parece tener una influencia en su asimilación (Tait, 1987). Las concentraciones de sílice mostraron una asociación positiva con la descarga de los ríos en la Bahía de Mayagüez. Las mayores concentraciones de este compuesto fueron encontradas durante la época de lluvia, con un mayor pico en septiembre. Su alta permanencia en el medio puede explicarse debido a que en esta época las poblaciones de dinoflagelados fueron predominantes en la bahía. La menor concentración de silicatos correspondió al mes de abril, cuando la abundancia de diatomeas fue mayor, por lo que se presume que su disminución se deba a la utilización de este nutriente para la formación de la frústula. Corredor y Morell (2001) han detectado que hay un nivel elevado de silicatos todo el año en la estación CaTS, relativo a las concentraciones típicas del agua superficial del Atlántico tropical.

6.3. Variaciones en la concentración de clorofila-*a*

El conocimiento general de parámetros como la clorofila y feopigmentos, y su seguimiento a través del tiempo, puede servir como un gran indicador del estado de un ecosistema y su probable evolución hacia el futuro. La técnica de medición de clorofila es una de las más comunes para cuantificar indirectamente la biomasa fitoplanctónica, la cual está asociada a la producción primaria. Sin embargo, se ha demostrado que la clorofila no guarda una relación tan estrecha o directa con el proceso de producción primaria (Nixon, 1988; Contreras et al., 1994). Las razones de lo anterior son múltiples, entre éstas la maduración o juventud del fitoplancton, el estado fisiológico y la cantidad de feopigmentos o pigmentos accesorios (Margalef, 1974). Esto explica el por qué en este estudio, las concentraciones de clorofila-*a* no guardan proporción con las mediciones de abundancia fitoplanctónica.

Es importante agregar que en este estudio no se tuvo en cuenta el aporte del picoplancton (< 2 µm), el cual puede constituir una parte importante de la biomasa de todo el sistema. Su contribución a la producción primaria del ecosistema es también muy significativa. Es sabido que cuando las células del picoplancton crecen cerca de la superficie, contienen generalmente altas concentraciones de pigmentos fotoprotectores, los cuales no son extraídos completamente con metanol frío (Bidigare et al., 1990). En las zonas oceánicas de la Bahía de Mayagüez se ha encontrado que el aporte del picoplancton al total de clorofila-*a* en la superficie es de 40-95%, mientras que en las zonas costeras es de 0-74% (Lee-Borges, 2003). Sin embargo, si no se utilizan las técnicas adecuadas para su medición, no se puede estimar la verdadera producción de un sistema.

Diversos factores como los nutrientes y la disponibilidad e intensidad de luz, tienen un marcado efecto sobre la formación de clorofilas en el fitoplancton. Deficiencias en hierro, nitrógeno y magnesio inhiben la síntesis y la acumulación de clorofila. Es sabido que la clorofila-*a* es el catalizador fotoquímico esencial al que

otros pigmentos transfieren energía, así que las concentraciones altas de clorofila-*a* corresponden a un plancton muy productivo, el cual se encuentra en masas de aguas relativamente ricas en nutrientes. Por el contrario, cuando predomina la clorofila-*b* se considera un plancton viejo (Cohen, 1986).

La producción de clorofila-*a* mostró tres picos, uno de mayor concentración en septiembre, uno de segunda intensidad en diciembre y otro en marzo. Durante estos picos, el comportamiento de los nutrientes fue diferente.

Se notó cómo en septiembre las concentraciones de silicatos y fosfatos fueron las mayores encontradas. La temperatura superficial alcanzó su punto más elevado y hubo una baja en salinidad. Sin embargo, los valores de nitrato y nitritos fueron bajos y la abundancia de organismos fue una de las menores encontradas. Este incremento en la clorofila podría explicarse porque durante la temporada de lluvia y de aumento de descarga de los ríos, se incrementa la cantidad de materia orgánica disuelta. Como resultado, algunos organismos fitoplanctónicos utilizan estas formas de nutrientes, los cuales tienen efectos fisiológicos distintos, dependiendo de la especie. Muchos de estos solutos orgánicos e incluso metabolitos externos de las algas, estimulan el crecimiento y parecen jugar un papel comparable al de las vitaminas, auxinas y hormonas en la nutrición (Werner, 1977; Tait, 1987). Esto explicaría el incremento en el volumen celular de las diatomeas identificadas en este mes.

Estos cambios fisiológicos hacen que las células aumenten la cantidad de sus pigmentos debido al aumento de los tilacoides. Cabe destacar que en septiembre, se registró la mayor abundancia de dinoflagelados, los cuales se encontraban en una fase de crecimiento, cuando la fotosíntesis supera ampliamente la respiración. La temperatura es otro factor importante, ya que se ha encontrado que al incrementarse la temperatura, la fotosíntesis también aumenta (Jørgensen, 1968). *Skeletonema costatum* es una microalga que ha sido muy estudiada tanto a nivel de laboratorio como en el medio natural. Una disminución de 4 ^{o}C en la columna de agua provoca que su tasa fotosintética se reduzca a una tercera parte,

pero luego de un tiempo la tasa fotosintética vuelve a su normalidad. Esta adaptación se debe a que a bajas temperaturas se incrementa el contenido enzimático. La adaptación a cambios en la temperatura en especies como *Dunaliella salina* y *Phaeodactiylum tricornotum* se debe a que leves cambios en la temperatura del medio provocan un aumento en la producción de la ribulosa 1, 5-difosfato carboxilasa en un 50 %, lo que incrementa el volumen celular (Werner, 1977).

Algunos estudios sugieren que al aumentar la cantidad de sólidos suspendidos por acción de los ríos, los organismos se adaptan a los cambios de intensidad de luz, lo que ocasiona que varíe el contenido de pigmentos fotosintéticos activos o que hallan cambios en la actividad de las enzimas fotosintéticas. Este cambio, conocido como tipo-*Chlorella*, se caracteriza por la formación de más clorofila en condiciones de poca luz (Goodchild et al., 1972; Werner, 1977; Cloern et al., 1983; Kirk, 1994).

En diciembre se registró el segundo pico en intensidad de clorofila-*a*. Este incremento puede asociarse a la alta concentración de nutrientes en el medio, sobre todo al incremento en las concentraciones de nitrato y nitrito. Durante este mes se registró el segundo pico en la abundancia total del fitoplancton con una significativa abundancia de diatomeas. En marzo hubo otro pico en clorofila, pero de menor intensidad, también asociado a un incremento en las poblaciones de diatomeas. La temperatura en este lapso de tiempo fue disminuyendo progresivamente, alcanzando el mínimo valor a principios de marzo (26.5 °C), lo que pudo ocasionar la diferencia en la producción de clorofila-*a* durante estos dos meses.

En cuanto a la variación espacial (Fig. 11), se encontró que las estaciones cercanas a la desembocadura de los ríos mostraron mayor concentración de clorofila-*a*, siendo la estación G1 la de mayor concentración. Le sigue en proporción A1 y, finalmente, Y1 con la menor cantidad. Gilbes et al. (1996) encontraron concentraciones altas de clorofila-*a* en agosto para las estaciones costeras cercanas a la desembocadura de los ríos Añasco y Yagüez. No obstante, en la

estación cercana a la desembocadura del Río Guanajibo se daba el proceso contrario. Ellos concluyeron que la descarga de estos ríos difiere en nutrientes, sólidos suspendidos y componentes que puedan afectar la dinámica del fitoplancton. Varona-Cordero y Gutiérrez (2003) establecen que la influencia de la precipitación pluvial y cambios en la salinidad provocan grandes cambios en pocas horas en la concentración de clorofila-*a,* hasta un 300 % en sistemas costeros tropicales.

La Bahía de Mayagüez muestra un patrón de variación en las concentraciones de clorofila-*a*, por lo que se puede inferir que estas variaciones en el tiempo se deben básicamente a las poblaciones fitoplanctónicas presentes en esta zona, las cuales muestran un patrón de sucesiones. Esto no indica que las poblaciones deban mantenerse constante de un año a otro, debido a que la fotoperiodicidad es uno de los factores determinantes para que cada especie crezca rápidamente en un momento dado. Además, hay que recordar que los metabolitos externos pueden ser responsables, en parte, del dominio sucesivo y la pérdida de las especies, y éstos pueden estar sujetos a cambios por las sustancias disueltas en el medio. Muchas teorías clásicas explican los procesos de sucesión a distintas velocidades de reproducción, diferentes óptimos térmicos y variaciones en el contenido de nutriente del medio. Actualmente se sabe que hay mecanismos más sutiles, como los requerimientos de ciertas vitaminas del medio y la formación y excreción de éstas por el mismo fitoplancton.

Las poblaciones de *Gonyaulax polyedra, Skeletonema costatum y Stephanopyxis turris* requieren vitamina B_{12} en el medio. Estas tres especies segregan tiamina y biotina (Werner, 1977; Balech, 1977), elementos necesarios para algunos cocolitofóridos y otros fitoplancteres. Sin embargo, también se conocen procesos auto y heteroinhibitorios que se ejercen debido a sustancias que actúan directamente sobre las células inhibidas. Algunos organismos producen sustancias que fijan la vitamina $B_{12,}$ haciéndola indisponible para otras especies, de este modo controlan la aparición de otras poblaciones y mantienen su dominancia en el medio.

6.4. El fitoplancton de la Bahía de Mayagüez

Las mayores abundancias fitoplanctónicas fueron registradas durante los meses de diciembre, marzo y abril (época seca). En estos meses las diatomeas presentaron un incremento significativo con respecto a las demás poblaciones. Los dinoflagelados fueron muy escasos y las poblaciones de cianobacterias se mantuvieron relativamente iguales, salvo en el mes de abril cuando se registró un segundo pico en abundancia para este grupo. Además de los cambios ambientales ya mencionadas para estos tres meses, la luz juega un papel importante para el desarrollo de las poblaciones, ya que durante la época seca, la luz es lo suficientemente intensa para permitir el máximo crecimiento del fitoplancton.

En abril, el aumento en la insolación hace que la temperatura de las aguas superficiales se eleve, lo que ocasiona que la columna de agua se estabilice por estratificación térmica. Esto permite que la luz penetre más en la columna de agua y provoca un aumento en las poblaciones del fitoplancton, no sólo en la abundancia, sino también en la riqueza y diversidad de especies. En este mes se encontró el punto más alto en abundancia total. Se observó cómo los nutrientes comenzaron a decrecer bruscamente por el consumo de los organismos, los cuales se encontraban en fases de crecimiento.

Las diatomeas presentaron una población muy mezclada, con numerosas especies abundantes. También en abril fue observada la mayor abundancia de cocolitofóridos y se encontró una población grande de clorofíceas. Esto podría reafirmarse con lo señalado por Sosa (2001), quien establece que la producción primaria al suroeste de Puerto Rico es mayor en abril debido a un aumento en la irradianza, que junto a la buena disposición de nutrientes, incrementa la producción primaria en el máximo profundo de clorofila-a.

En la época de lluvia se mostró una población con gran cantidad de dinoflagelados y pocas diatomeas pero, en general, la abundancia del fitoplancton fue disminuyendo a tal punto que en octubre se encontró la menor abundancia de

organismos. Esto podría deberse a un efecto de dilución debido a que 4 días previos al muestreo (19 octubre 2005), se registraron las mayores descargas de los ríos Guanajibo y Añasco (datos suministrados por U.S.G.S.). Se observó cómo la cantidad de diatomeas fue disminuyendo de julio a octubre, siendo la especie *Skeletonema costatum* la más frecuente en este periodo. Esto podría explicar las altas concentraciones de silicato disponibles en el medio, ya que es una especie que no requiere altas concentraciones de este nutriente por no poseer una estructura muy silificada.

Los dinoflagelados, en especial *Alexandrium* sp., son más numerosos y alcanzan las cifras más elevadas entre julio y septiembre con un mayor pico en el mes de septiembre. Es importante destacar que durante esta época no hubo un incremento significativo en la abundancia total del fitoplancton. Esto podría explicarse debido a la escasez de nitrógeno inorgánico y al consumo por el zooplancton, que durante esta época llega a su punto máximo, según Alfaro (2002), quien encontró dos picos de mayor abundancia de zooplancton en los meses de agosto y octubre en la Bahía de Mayagüez. Autores como González–Figueroa (2002) y García y López (1989) han demostrado que existe una correlación negativa entre el fitoplancton y el zooplancton. Las diferencias en la tasa de multiplicación del fitoplancton y del zooplancton pueden tener efectos de vaivén sobre la abundancia relativa de estos dos grupos. Observaciones de Bainbridge (1967) sugieren que la relación inversa fitoplancton/zooplancton puede explicarse según los términos de un ciclo dinámico de crecimiento, alimentación y migración de manera que al darse las condiciones favorables, el rápido crecimiento da origen a manchas de fitoplancton que atraen a muchos animales herbívoros. La tasa de alimentación aumenta, pero la abundancia fitoplanctónica no disminuye apreciablemente hasta que la velocidad de extracción del alimento supera a la del aumento por división celular. A medida que aumenta el consumo, las manchas fitoplanctónicas disminuyen hasta desaparecer. Mientras tanto, en aguas adyacentes se puede dar origen a un

crecimiento rápido de fitoplancton y así se establecen las condiciones para un nuevo ciclo.

Según las características ecológicas de la Bahía de Mayagüez, se presentó una comunidad mezclada en donde se encuentran especies de tipo nerítico, estuarino y oceánico. La abundancia de organismos fitoplanctónicos son relativamente altas con respecto a otros sistemas marinos con similares condiciones (Anexo 3). Las especies más frecuentes fueron *Asterionella glaciales* (58 %), *Guinardia striata* (54 %), *Skeletonema costatum* (53 %), *Chaetoceros decipiens* (52 %), *Cylindrotheca closterium* (48 %), *Pseudosolenia calcar-avis* (45 %) *Alexandrium* sp. (45 %), *Rhizosolenia imbricada* (44 %), *Chaetoceros curvicetus* (39 %), *Ceratium furca* (39 %), Chaetoceros didymus (32 %), *Gonyaulax* sp. (33 %), *Protoperidinium steinii* (33 %), *Tricodesmium* sp. (24 %) y *Chlorococcus* sp. (colonias) (24 %) (Anexo 1).

La alta frecuencia de estos organismos posiblemente se debe a que son especies cosmopolitas, la mayoría de ambientes neríticos, comunes en mares tropicales. La presencia de *Dinophysis acuminata, Ceratium lineatum* y *Chaetoceros decipiens* puede indicar que puede haber un aporte de aguas frías, ya que estas especies son típicas de aguas frías de ambos hemisferios, aunque a veces se encuentren en aguas cálidas (Margalef, 1957; Balech, 1977; Mahoney, 1979; Dodge, 1982).

6.5. Diatomeas

Las poblaciones de diatomeas mostraron cambios estacionales no solamente en abundancia, sino también en la riqueza y diversidad de especies. *Asterionella glacialis*, *Skeletonema costatum, Guinardia striata, Chaetoceros decipiens, Rhizosolenia imbricata, Rhizosolenia fallax, Pseudosolenia calcar-avis, Chaetoceros didymus, Cylindrotheca closterium, Bacteriastrum comosum, Pseudos-nitzschia* sp.,

Dactyliosolen sp.*, Chaetoceros curvicetus y Thalassionema nitzschioide* fueron las que predominaron a nivel espacial y temporal.

Las diatomeas pertenecen a la clase Bacillariophyceae (Diatomales o Bacillariales) del Phylum Crysophyta, dividida en dos grandes ordenes: Centricae y Pennatae. Para los fines de clasificación se siguió a Tomas (1997) y una revisión de los trabajos de Navarro (1981, 1982, 1983) quien ha realizado la mayor parte de las investigaciones de diatomeas en Puerto Rico.

Cabe destacar que las formas planctónicas son principalmente centrales y las formas bénticas son generalmente pennadas. La alta abundancia de especies que pertenecen al Orden Pennatae en la Bahía Mayagüez indica que es un ambiente donde se dan procesos de mezcla continua. *Asterionella glacialis, Guinardia striata* y *Skeletonema costatum* se catalogan como especies adiafóricas (presentes en aguas neríticas y oceánicas) (Tomas, 1997).

En julio, se encontró una población medianamente escasa de diatomeas cuya mayor abundancia fue de 2686 cel/mL. Las poblaciones dominantes en este mes fueron: *Cylindrotheca closterium, Guinardia striata, Pseudosolenia calcar-avis, Pseudo-nitzschia delicatissima y Asterionella glacialis. Cylindrotheca closterium*, se caracteriza por ser cosmopolita y muy común en la zona litoral. Es una diatomea pennada que generalmente vive asociada a macroalgas y su abundancia en el plancton indica procesos de altas corrientes en la zona. Según Werner (1977), presenta un crecimiento heterotrófico acelerado en comparación con otras diatomeas, ya que es capaz de asimilar rápidamente ácidos orgánicos. Más del 95 % de estos ácidos orgánicos, son convertidos en constituyentes celulares, particularmente metabolitos derivados del ciclo del ácido tricarboxílico. Esta asimilación, a su vez, está afectada por la luz. La baja disposición de luz puede disminuir y, hasta cierto punto, bloquear uno o más pasos necesarios para la síntesis de constituyentes celulares esenciales. En la Bahía de Mayagüez, la presencia de *C. closterium* se ve posiblemente limitada a los meses de poca descarga de los ríos, por lo que solamente fue contada durante los meses de julio,

marzo y abril. En estos dos últimos meses, la abundancia de esta alga es opacada por la presencia de otras especies dominantes.

En agosto la abundancia relativa fue muy similar a la del mes de julio, las especies dominantes durante este mes pertenecen a la Familia Rhizosoleniaceae. La población estuvo representada por *R. imbricata, P. calcar-avis, G. striata, R. fallax, R. castracanei, R. styliformis, S. costatum* y *A. glacialis.* Las especies encontradas en la Bahía de Mayagüez son de amplio espectro de distribución, desde zona templada a tropical. El género *Rhizosolenia* es uno de los más importantes porque puede llegar a formar masas enormes que ocasionan mortandades de peces por incrustarse en sus branquias.

R. imbricata es una especie céntrica clasificada como nerítica, pero en este estudio se encontró muy abundante en las estaciones oceánicas. Este género es típico en épocas de alta temperatura y pocas concentraciones de nitrógeno inorgánico (Werner, 1977). La temperatura puede ocasionar cambios en la morfología de algunas especies de *Rhizosolenia*, posiblemente por alteraciones en la viscosidad del agua y la flotabilidad (Werner, 1977; Tait, 1987).

En septiembre y octubre se encontró la menor abundancia relativa de diatomeas. En septiembre la forma dominante fue *S. costatum* la cual triplicó la abundancia de las demás especies. Esto puede explicarse porque *S. costatum* presenta dos tipos de adaptación a los cambios de luz (Jørgensen, 1968). En el tipo-*Chlorella,* la cantidad de clorofila aumenta en deficiencia de luz y en el tipo-*Cyclotella* la célula mantiene igual el contenido de clorofila, tanto en altos como bajos niveles de luz. Este tipo de adaptación lo presentan muy pocas algas, hasta lo que se conoce actualmente.

Por ser la especie dominante en septiembre, se puede establecer que podría ser una de las causantes del máximo pico de clorofila-*a* registrado durante este mes. Además, esta especie presenta un incremento en la tasa fotosintética cuando aumenta la temperatura, variando el contenido celular de clorofila-*c* y fucoxantina por un incremento en clorofila-*a.* Se ha encontrado también, que *S. costatum* puede

producir una sustancia que excreta al medio y que controla la aparición de otras especies (Werner, 1977).

En octubre la población cambió notablemente y *S. costatum* fue una de la menos abundantes, pasando entonces a dominar la especie *A. glacialis,* aunque con la mitad de abundancia presentada por *S. costatum*. Esto posiblemente se debió a la variación de las concentraciones de nutrientes y cambios ambientales que favorecieron al aparición de clorofíceas, más adaptadas a estas condiciones ambientales. Durante diciembre y abril, *A. glacialis*, permaneció como la especie dominante*,* pero su abundancia duplicó las concentraciones encontradas en octubre, posiblemente favorecida por el incremento en la radiación solar y el incremento en nutrientes.

En diciembre se presentó la mayor diversidad, y esto se vio reflejado en una población con muchas especies abundantes. En marzo, se encontró una población con gran abundancia de dos especies del género *Chaetoceros*: *C. dydimus,* característicos de aguas calidas costeras (algunas variedades neríticas), y *C. decipiens,* definida como una especie oceánica. Además, se encontró un grupo abundante de *Cylindrotheca closterium* y de diatomeas céntricas (Anexo 4). Durante abril se observó la presencia de *Thalassiosira* sp*.* que aparece dominando en sitios donde hay una abundancia de nutrientes. Entre sus características más sobresalientes se destaca el hecho que sus células (de un tamaño promedio de 20 µm) se encuentran embebidas en un mucílago formando grandes agrupaciones. Hutchings et al. (1995) señalaron que las diatomeas que forman cadenas o colonias con gamas de tamaños entre 5-30 µm, pueden tener una mayor habilidad para explorar escenarios de surgencia costera, porque mantienen una alta eficiencia en términos de captación de luz, incorporación de nutrientes y crecimiento, dado que cada célula conserva su individualidad viéndose favorecida por una mayor relación superficie/volumen.

En la estación A1 se encontró una población poco diversa conformada por una alta abundancia de las especies *A. glacialis*, *C. didymus* y *S. costatum.* En este

sitio de muestreo, se encontró la mayor abundancia de diatomeas y una asociación positiva con las concentraciones de clorofila-*a*. Esto indica que las poblaciones presentan una marcada adaptación a las condiciones de altas descarga del Río Grande de Añasco. Las estaciones oceánicas presentaron altas poblaciones de diatomeas, pero con poca diversidad, representadas en su mayoría por diferentes especies del género *Chaetoceros.* No obstante, la estación A2 mostró una población integrada con especies típicas de ambientes costeros, muchas de las cuales se encontraron en la estación A1, lo que podría indicar que el Río Grande de Añasco tiene una fuerte influencia en la zona oceánica.

La estación AAA presentó diversas especies del género *Chaetoceros* y se destaca la presencia de algunas especies de los géneros *Amphora* y *Nitzschia*. Muchas de las especies del género *Amphora*, tienen una fuerte capacidad de crecimiento heterotrófico y se encuentran dominando en ambientes con alta carga de material orgánico producto de aguas servidas (Cisternas et al., 2000).

6.6. Dinoflagelados

Las peridíneas son, en comparación con las diatomeas, más adaptadas a la vida en alta mar y más diversificadas en especies. En las aguas oceánicas intertropicales dominan completamente sobre las diatomeas en la constitución de poblaciones planctónicas y su distribución cuantitativa horizontal es, en general, más homogénea que las diatomeas. En cuanto a la abundancia, suelen ser menores que las diatomeas, salvo en ciertas ocasiones donde algunas especies pueden llegar a constituir mareas rojas.

Los dinoflagelados fueron el segundo grupo en abundancia en la Bahía de Mayagüez. Presentaron un evento contrario a las diatomeas, ya que fueron más abundantes en los meses de lluvia. En julio, agosto y septiembre se encontró la mayor abundancia, con un máximo en el mes de septiembre, con una abundancia

relativa de 1229 cel/mL. Cabe destacar que durante este mes se registró el mayor incremento en la temperatura superficial del agua y se encontró una fuerte correlación positiva entre estos dos factores, como se demuestra en la Figura 25. En octubre y la época seca, los dinoflagelados presentaron una fuerte reducción en su abundancia, sin embargo, su presencia se mantuvo relativamente igual durante los últimos meses de muestreo.

Las especies dominantes fueron: *Alexandrium* sp.*, Peridinium steinii, Ceratium furca, Gonyaulax* sp., *Pyrodinium bahamense, Protoperidinium depressum, Lingulodinium* sp., *Alexandrium catanella* y *Noctiluca* sp.

En julio se observó una población dominada por la especie *P. steinii*. Sus características morfológicas y requerimientos nutritivos la hacen exitosa, desde el punto de vista reproductivo y de crecimiento, en aguas tropicales donde la estabilidad en la columna de agua es mayor y la concentración de nutrientes es relativamente baja. Las otras especies de dinoflagelados presentaron proporciones semejantes en abundancia por lo que el mes de julio se pudo considerar como uno de alta abundancia y de una diversidad relativamente alta.

Agosto y septiembre presentaron una población semejante, representadas por *Alexandrium* sp. Pero también fue encontrada una alta población de *Ceratium furca* y *Gonyaulax verior*. Se han realizado numerosas investigaciones con los géneros *Ceratium* y *Gonyaulax,* relacionadas con su actividad fotosintética y su foto-adaptación. Especies del género *Ceratium* presentan diferencias marcadas en estos procesos debido a que especies como *C. fusus* y *C. tripos*, incrementan el número de reacciones fotosintéticas cuando se encuentran expuestas a intensidades de luz altas. Por otro lado, *C. lineatum* incrementa su actividad fotosintética al igual que su tamaño al encontrarse en aguas con poca intensidad de luz (Rivkin y Voytek, 1985). Lo mismo se ha comprobado con especies del genero *Gonyaulax* cuyas concentraciones de clorofila–a se duplican cuando estas células son expuestas a baja intensidad de luz.

Estas especies se caracterizan por hacer ajustes en la toma de carbono y nitrógeno, cambiando su actividad enzimática, el contenido y el arreglo de todo su estructura fotosintética (Miranda, 1985). Probablemente las altas concentraciones de clorofila-*a* encontradas en el mes de septiembre se deban a la abundancia en las poblaciones de dinoflagelados. Esto explicaría la alta correlación positiva (R^2= 0.66) entre este grupo con las concentraciones de clorofila-*a* en la Bahía de Mayagüez (Fig. 24).

Se ha comprobado que existe una correlación negativa acentuada entre la viscosidad del agua y el desarrollo de los apéndices. En el agua cálida que es menos viscosa, la superficie de las células suele estar aumentada. Es decir, al comparar formas de aguas calientes con otras próximas de aguas frías, las termófilas suelen caracterizarse por una mayor longitud de las prolongaciones, hecho que es muy común en el género *Ceratium*. Esto comprueba las observaciones en el aumento del volumen celular de los dinoflagelados y diatomeas en el mes de septiembre, donde prevalecían las temperaturas más altas que favorecen el desarrollo de las formas peridiniales. Las prolongaciones de la célula en los individuos del género *Ceratium* son capaces de una regulación de sus dimensiones, de modo que a menudo se ven cuernos que han sido cortados por una especie de procesos de autonomía, y otras veces se observa, al contrario, un proceso de regeneración o aumento de longitud (Margalef,1950).

Entre octubre y la época seca se estimó una población pobre en dinoflagelados que no sobrepasaba las 250 cel/mL. Las especies presentes en octubre, diciembre y marzo fueron muy similares, mientras que en abril se encontró una población distinta que no se había presentado en el resto del tiempo de estudio, dominada por la especie *A. catanella,* que en grandes concentraciones puede causar daños irreparables a la salud humana. Sin embargo, abril fue el mes con menor población de dinoflagelados, por lo que no puede considerarse como un peligro. *Alexandrium catenella* constituye la principal amenaza a la salud pública por la formación de mareas rojas en América Latina. Además, produce el tipo de

intoxicación por consumo de mariscos que se ha presentado en la costa Pacífica costarricense desde hace más de 20 años. Esta especie ha sido observada en muestras a lo largo del Golfo de Nicoya y se le atribuye la producción de saxitoxinas y neosaxitoxinas (Vargas-Montero y Freer, 2002).

La presencia de *P. bahamense* y de *Noctiluca* sp*.,* puede explicar la bioluminiscencia que se ha visto en poca intensidad en la Bahía de Mayagüez. Especies del género *Noctiluca* frecuentemente producen floraciones bioluminiscentes a todo lo largo de la costa Pacífica ocasionando intensas discoloraciones en el agua. Se sabe que floraciones densas de este microorganismo disminuyen la calidad del agua con gran impacto ambiental. Según Sar et al. (2002), acumulan grandes cantidades de amonio en sus vacuolas por lo que puede resultar tóxicas para los peces.

Las variaciones entre las estaciones de muestreo son determinadas por la abundancia relativa mas no por la diversidad de especies. Se encontró que en las estaciones riverinas, las poblaciones de dinoflagelados fueron mayores. No está claramente definido qué puede ocasionar esto, pero se puede asociar a las altas concentraciones de fosfatos. Se ha encontrado que el mayor crecimiento de especies de dinoflagelados en el trópico, como las del género *Ceratium,* se observan bajo condiciones de altas concentraciones de fosfatos que varían de 2.0 a 198.0 mg PO_4 /m^3, temperaturas mayores a los 29.5 ^oC y salinidades entre 31.6 a 36.6 UPS (Mahoney, 1979).

Es probable que la alta presencia de dinoflagelados en estas zonas, se deba a su tipo de alimentación, pues se ha encontrado que además de ser autótrofos, tienen variaciones con respecto a su tipo de nutrición. Algunos son holozoicos, carecen de cromatóforos e ingieren alimento en forma de partículas por medio de seudópodos o de otra manera. Se ha dicho también que los largos cuernos de *Ceratiu*m representan órganos absorbentes (Balech, 1977). Ciertas formas que tienen pocos cromatóforos combinan ambas formas de alimentación, es decir, autótrofas y heterótrofas, por lo que pueden representar una afinidad mayor a estos

sitios donde constantemente se encuentran concentraciones de sustancias orgánicas disponibles para su alimentación.

Ahora bien, la pregunta sería ¿Por qué en la estación AAA no se encontró una población significativa de dinoflagelados, si las concentraciones de nutrientes fueron altas? Esto podría estar asociado a la presencia de sustancias inhibitorias que impidan un buen desarrollo de estas especies. Leves variaciones en el pH del agua pueden causar una merma en el crecimiento de los dinoflagelados en sitios con aguas contaminadas (Tait, 1987). Se ha comprobado que una disminución de 2.5 en el pH del agua de mar y cambios leves en la temperatura (±3 ^{o}C) ocasionan cambios en las poblacionales de dinoflagelados, reduciendo la tasa de crecimiento de algunas especies. Esto se debe al aumento en las concentraciones internas de la anhidrasa carbónica, la cual disminuye el proceso de fotosíntesis (Nimer et al., 1999; Dason y Colman, 2004). Diferentes especies del género *Amphidinium* y especies como *Heterocapsa oceanica* y *Prorocentrum micans,* han mostrado una reducción en la toma de carbón inorgánico disuelto cuando se disminuye el pH de 8.3 a 7.5 en el medio que ocasiona una disminución en el pH interno del cloroplasto de 7.7 a 6.8, lo cual disminuye la tasa de producción fotosintética (Nimer et al., 1999).

Sin embargo, existen antecedentes que indican que las bacterias y el fitoplancton compiten por los nutrientes inorgánicos en aguas marinas. Al mismo tiempo, la liberación de materia orgánica por parte del fitoplancton estimula la incorporación de compuestos carbonados y nutrientes en las comunidades bacterianas heterotróficas las cuales pueden superar rápidamente las poblaciones fitoplanctónicas (Fuhrman, 1991). Resultados similares fueron observados en el golfo de Arauco, Chile, un sistema con alta carga de nutrientes orgánicos, donde se encontró una alta correlación de la abundancia de algas fitoplanctónicas y bacterias heterotróficas con la temperatura, parámetro que explica un alto porcentaje de las variaciones temporales en la comunidad fitoplanctónica (Abarzua et al., 1995).

De las estaciones oceánicas, G2 en general presentó la mayor diversidad de especies y abundancia de dinoflagelados, algunos de ellos descritos como de ambientes neríticos. Es probable que por la influencia del Río Guanajibo se pueda presentar una comunidad integrada por especies tanto oceánicas como riverinas.

6.7. Cianobacterias

Las cianobacterias fueron escasas en este estudio. Los géneros más abundantes fueron: *Oscillatoria, Nostoc* y *Lyngbya.* Cabe destacar que se encontró una gran población de *Rhizosolenia setigera* y *R. styliformis* con simbiontes de *Rhichelia*, sobre todo en las encontradas en la estación AAA. Sin embargo, éstas no fueron incluidas dentro del conteo de cianobacterias, por no ser objetivo de la investigación.

Las cianobacterias del plancton marino son poco numerosas y corresponden a tipos filamentosos (Komárek, 2005). Las cianobacterias fueron abundantes en julio y abril. Se pudo observar que a medida que aumentaba la descarga de los ríos y los periodos de lluvia, las poblaciones de cianobacterias fueron disminuyendo hasta el punto en que en octubre, mes con la mayor descarga y lluvia, no se pudo detectar la presencia de ningún individuo en el análisis cuantitativo. No obstante, en diciembre y marzo se observó un incremento paulatino hasta alcanzar un segundo pico poblacional en abril.

Durante julio el género dominante fue *Thrichodesmiun*, cuya forma en paquetes o fascículos flotantes le permite alcanzar grandes concentraciones e inclusive se encuentra clasificado como formador de mareas rojas (Vargas-Montero y Freer, 2002). Esta cianobacterias típica de aguas tropicales, es muy parecida a *Oscillatoria* y se ha reportado como abundante en el Golfo de México, en el Pacifico y Océano Índico. *Thrichodesmiun* parece estar muy adaptada a temperaturas que superen los 25°C para su desarrollo y una salinidad no mayor de 35 UPS (Carr & Whitton, 1973), condiciones dadas durante el mes de julio. Este género se ha

definido como gran fijador de nitrógeno, cuya tasa de fijación puede llegar a 2 µg N $1^{-1}h^{-1}$ (Navarro et al., 2000). La contribución de nitrógeno al ecosistema puede ser considerable, pero esta tasa de fijación varía considerablemente con las estaciones. Las explosiones poblacionales de *Trichodesmium* generalmente no son tóxicas para los peces, pero pueden ocasionar enfermedades en el humano. Ramamurthy (1970) sugiere que *T. erythraeum* es responsable de la actividad antibacterial detectada en el tracto gastro-intestinal de peces pelágicos y de gaviotas. Durante abril los géneros dominantes fueron *Oscillatoria, Calothrix,* y *Lyngbya.* Se ha encontrado que algunas especies del género *Lyngbya* pueden adquirir diferentes coloraciones como mecanismo de fotoprotección. En la superficie pueden tomar coloraciones verde-azules o marrón, pero en profundidades de 20–30 m adquieren una coloración rosada debido a la preponderancia de ficoeritrina-*c* sobre ficocianina-*c,* para absorber al máximo las diferentes longitudes de onda que son mejor transmitidas en aguas claras. Algunas especies de los géneros *Calothrix* y *Lyngbya* toleran variaciones de salinidad de 1 a 100 UPS (Carr y Whitton, 1977).

6.8. Clorofíceas y Cocolitofóridos

La presencia de clorofíceas y algunos cococlitofóridos fue escasa en este estudio. Las clorofíceas fueron encontradas sólo en las muestras correspondientes a la época de lluvia con un incremento en agosto, mientras que en la época seca sólo se detectaron en abril. Las estaciones A1 y G1 fueron las que contaron con la mayor presencia de clorofíceas, lo cual es típico de este grupo de organismos, que es más afín a las zonas estuarinas. Las clorofíceas asimilan ciertas concentraciones de materia orgánica. Los géneros representativos en este estudio fueron *Ulotrix, Chlorosarcinopsis, Chlorophaeropsis, Selenastrum, Scenedesmus* y *Chlorococcum.* Diferentes estudios han demostrado que en el trópico, durante la época de lluvia, las criptomonas y clorofíceas incrementan su producción en el fitoplancton. En la Bahía de Mayagüez, las clorofíceas durante esta época se encontraron

generalmente formando colonias envueltas en una sustancia gelatinosa. Según Reynolds (1997), este tipo de colonias se forma en lagos eutroficados o en sistemas donde se encuentran altas concentraciones de fósforo, lo que coincide con las medidas registradas durante esta época en la bahía. Un estudio realizado por Comas y Krienitz (1997) detectó 79 especies de clorofíceas pertenecientes al orden *Chlorococcales* provenientes de muestras colectadas en Puerto Rico. En muchas de las muestras se encontró gran diversidad de los géneros *Ankistrodesmun* y *Scenedesmus.* Santoyo (1994) menciona que las Chlorococcales se presentan frecuentemente en aguas costeras.

Los cocolitofóridos fueron encontrados en las muestras de julio, septiembre y abril y estuvieron representados por los géneros *Discosphaera* y *Pontosphaera*. *Emiliania* spp. y *Caliptrosphaera* spp. se observaron en algunas ocasiones. La distribución de los cocolitofóridos está fuertemente, pero no completamente, afectada por la dependencia de luz. Ellos tienen un efecto en la dispersión de la luz en el océano, por sus cocolitos (placas externas). Como resultado de esto, altas concentraciones de cocolitofóridos pueden causar inadecuadas estimaciones de abundancia de fitoplancton basados en medidas de percepción remota (Balch et al., 1991). Especies de los generos *Emiliania* y *Discosphaera* son de amplia distribución y se han encontrado mayormente en el Golfo de México. El género *Emiliania* presenta un tipo de clorofila-*c* con una composición distinta, designada como clorofila-$c_{3,}$ pero que es muy similar a la clorofila-a (Tomas, 1997). La mayor abundancia de este grupo de microorganismos se encontró en la estación oceánica A2.

6.9. Índices ecológicos

El comportamiento de los índices presentó un patrón definido en relación con las propiedades intrínsecas de la Bahía de Mayagüez. Las variaciones en el número

de especies y de individuos están influenciadas por diversos factores ecológicos, como la época climática, el lugar de muestreo y las horas de muestreo. En efecto, se encontró que las estaciones estudiadas presentan su propia configuración, mostrando variaciones en cuanto a la disponibilidad de nutrientes, influencia de los ríos y leves variaciones en la salinidad y temperatura superficial a lo largo del tiempo de estudio.

Estos factores dan como resultado un ambiente donde la diversidad (H) osciló entre 2.5 y 2.99 bits. El análisis de varias comunidades fitoplanctónicas de diferentes áreas oceánicas del Caribe, el Mediterráneo y el Atlántico Noroeste de África ha proporcionado una extensa serie de valores de diversidad de Shannon, los cuales fluctúan entre 2,4 y 2,6 bits (Margalef, 1980). De acuerdo con lo anterior, las diversidades del fitoplancton de la Bahía de Mayagüez son levemente mayores que la moda de las diversidades más frecuentes en el océano abierto.

En general, la diversidad mostró cambios a lo largo del tiempo de estudio, pero éstos no siguen un patrón estacional bien marcado pues sólo parece mostrarse una ligera tendencia oscilatoria entre los meses de muestreo. Podría pensarse entonces que el aumento o disminución de este índice no presentó una asociación bien marcada (excepto en octubre) con alguna época del año y sus valores se mantuvieron dentro de una estrecha gama de fluctuaciones. Se podría afirmar mas bien, que estas variaciones son debidas, principalmente, a la presencia de algunas especies dominantes durante algunos de los meses de muestreo, como lo señalan Yáñez-Arancibia et al. (1988). También podría decirse que las variaciones poblacionales se deban a la confluencia de aguas neríticas y oceánicas, lo que contribuye a la diversidad del fitoplancton en la Bahía de Mayagüez.

Por otra parte, los meses de agosto y diciembre de 2005 presentaron las diversidades más altas (Tabla 15) posiblemente porque en dichos muestreos se dio la aparición de nuevas especies con un aumento en las poblaciones de clorofíceas y se redujo la dominancia de algunas especies de los géneros *Chaetoceros*,

Rhizosolenia, Ceratium, y *Protoperidinium.* Esto ocasionó un aumento en la proporcionalidad de la comunidad. El índice de Simpson mostró una baja dominancia, coherente con la alta diversidad. Sólo en octubre se notó una marcada dominancia de las especies *A. glacialis* y *P. steiini.*

La estación G1 presentó las diversidades más altas, posiblemente debido a procesos de aporte de nutrientes particulares con el arrastre del Río Guanajibo, a cambios en la salinidad, resuspensión de nutrientes ocasionados por vientos locales o a otros procesos no integrados en este estudio.

6.10. Afinidad entre estaciones

La asociación de las estaciones basadas en la riqueza de las especies indica que la composición de la comunidad fitoplanctónica varió posiblemente por las diferencias en los parámetros físico-químicos encontrados durante el tiempo de estudio. El análisis de varianza de dos vías presentó diferencias significativas a nivel espacial y temporal en las concentraciones de nutrientes. Por lo tanto, es posible que estas condiciones ambientales fueran las causantes, al menos parcialmente, de los cambios en la composición del fitoplancton. La elevada similitud entre todas las estaciones evidencia cierta regularidad en las características de la bahía, no obstante, la estación cercana al sistema de desagüe de aguas servidas (AAA), tiende a segregarse independientemente de las demás estaciones.

Es posible que por las condiciones ecológicas de la estación AAA, las especies presenten un tipo de antagonismo con bacterias heterotróficas, las cuales son capaces de controlar las poblaciones fitoplanctónicas ya sea por senescencia o por lisis celular (Riquelme y Avendaño, 2003). Puede darse el caso contrario en el cual algunas especies del fitoplancton, especialmente diatomeas, pueden producir sustancias antibacterianas que controlan además la presencia de otras especies fitoplanctónicas como es el caso de *S. costatum* y diversas especies de los géneros

Chaetoceros y *Tetraselmis,* entre otros (Pesando, 1990). Una posible causa de las diferencias en las poblaciones fitoplanctónicas de la estación G2 es su distancia de la costa (2.40 Km). Dado a que es una de las estaciones con más característica oceánica, se pueden encontrar en ella especies que tengan mayor afinidad a este tipo de zona. En este sitio se encontraron algunas especies consideradas como de zona costera y riverina, especialmente en la época de lluvia, debido posiblemente al impacto de los ríos Guanajibo y Añasco.

7. CONCLUSIONES

- El fitoplancton de la Bahía de Mayagüez, está fuertemente influenciado por las interacciones climáticas, antropogénicas y biológicas. Durante la época de lluvia la entrada de nutrientes, así como la de sólidos suspendidos, provocan cambios sucesionales en las poblaciones de microorganismos, ocasionando que algunas especies jueguen un rol dominante en la comunidad. Sin embargo, esto no se refleja en una gran abundancia de individuos. No obstante, en la época seca se encuentró una comunidad más diversa y abundante ocasionada, al parecer, por efectos de resuspensión de nutrientes, cambios en la intensidad de la luz y en la temperatura superficial del agua.

- El fitoplancton presentó variaciones estacionales y espaciales importantes. A pesar de ser las diatomeas el grupo más abundante la mayor parte del tiempo, en la época de lluvia las dinofíceas fueron el principal componente del plancton.

- El fitoplancton nerítico fue más diverso que el oceánico, debido al aporte de nutrientes de los ríos que desembocan en la zona. No obstante, en la estación AAA se mantiene una población poco diversa de diatomeas y cianobacterias, pero limitada casi por completo para dinoflagelados. Es importante destacar el pastoreo del zooplancton en este sitio, debido a que se ha demostrado la dominancia numérica de especies de copépodos oportunistas y alta prevalencia de depredadores gelatinosos omnívoros, los cuales son típicos de ambientes contaminados por materia orgánica.

- Algunas de las especies de dinoflagelados encontradas en la Bahía de Mayagüez son considerados de alto potencial toxicológico y formadoras de mareas rojas.

- Un hecho sobresaliente en la comunidad fitoplactónica fue la mezcla de los integrantes de las diversas regiones como resultado del transporte de las masas de agua. Dicha mezcla puede ser responsable de valores de diversidad relativamente elevados, sin que éstos indiquen necesariamente un grado de estructuración alta dentro de la comunidad.

- Las variaciones espaciales indican que la estación con mayor abundancia fitoplanctónica fue G1, seguida por la estación A1, posiblemente porque el contenido de material particulado que arrastran los ríos difiere en composición lo que puede favorecer el incremento de ciertas poblaciones. Diciembre fue el mes de mayor diversidad de especies y octubre el que presentó mayor índice de dominancia, con las especies *Asterionella glacialis* y *Protoperidinium steiini.*

- La producción de clorofila-*a* no tuvo una relación directa con la abundancia fitoplanctónica. En los meses donde se encontró una menor abundancia, la concentración de clorofila-*a* fue la mayor. En la época de mayor abundancia se redujo las concentraciones de este pigmento. Estas variaciones podrían asociarse a procesos biológicos del fitoplancton o a factores como la salinidad y temperatura superficial del agua que parecieron mostrar una alta influencia en los procesos de cambio en las comunidades del fitoplancton.

8. BIBLIOGRAFÍA

Abarzua, M., S. Basualto y H. Urrutia, 1995. Relación entre la abundancia y biomasa de fitoplancton y bacterioplancton heterotrófico en aguas superficiales del Golfo de Arauco, Chile. Investig. Mar. 23: 67-74.

Alfaro, M. 2002. Oceanographic features and zooplankton community structure at Mayagüez Bay, Puerto Rico. Ph.D. Dissertation, University of Puerto Rico, Mayagüez, 151pp.

Alfonso, E. 1995. The coastal current regime in Añasco Bay during a one year period. M.S. Thesis, University of Puerto Rico, Mayagüez, 116 pp.

Almodóvar, L.R. 1979. Bibliografía sobre botánica marina en Puerto Rico. Ciencias 6(3): 126-129.

Almodóvar, L.R. and H. Blomsquitst, 1959. The benthic algae of Bahía Fosforescente, Puerto Rico. Quart. J. Florida Acad. Sci. 22: 163-169.

_____, 1961. Notes on marine algae of Cabo Rojo, Puerto Rico. Quart. J. Fla. Acad. Sci. 24(2): 81-93.

_____, 1965. Some marine algae new to Puerto Rico. Nova. Hedwigia 9(1-4): 63-71.

Avaria, S., P. Muñoz y E. Uribe, 2003. Composición y biomasa del fitoplancton del norte de Chile. Cienc. Tecn. del Mar, 7: 5-36.

Bainbridge, R. 1967. Studies of the interrelationships of zooplankton and phytoplankton. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 2: 382- 385.

Balch, W.M., P.M. Holligan, S.G, Ackleson, and K.J. Voss, 1991. Biological and optical properties of mesoscale cocolitophore blooms in the Gulf of Maine. Limnol. Oceanogr. 36: 629-643.

Balech, E. 1977. Introducción al fitoplancton marino. Ed. Universitaria de Buenos Aires, Argentina, 211 pp.

Balech, E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico sudoccidental. Inst. Esp. Oceanogr. N°1. Madrid, 156 pp.

Biidgare, R.R., M.E. Ondrusek, J.H. Marrow, and D.A. Kiefer, 1990. *In vivo* absorption of algal pigment. SPIE. 1320: 290-302.

Burkholder, P. and L.M. Burkholder, 1958. Studies on B vitamins in relation to productivity of the Bahía Fosforescente, Puerto Rico. Bull. Mar. Sci. Gulf & Carib. 8(3): 201-223.

Capella, J.E. and K.A. Grove, 2002. A review of oceanographic data from the Mayagüez and Añasco Bay system. Final Project Report. University of Puerto Rico, Mayagüez, 74 pp.

Carpenter, J.H. and H.H. Seliger, 1968. Studies at Oyster Bay in Jamaica, West Indies. II. Effects of flow patterns and exchange on bioluminescent distributions. J. Mar. Res. 26(3): 257-271.

Carr, M. and H. Whitton, 1977. The biology of cianophites. University of California Press. (15) Great Britain, 569 pp.

Cintrón, G. 1969. Seasonal fluctuaciones in a tropical bay. M.S. Thesis. University of Puerto Rico, Mayagüez, 110 pp.

Cisternas, M., L. Torres y R. Urrutia, 2000. Comparación ambiental, mediante registros sedimentarios, entre las condiciones prehispánicas y actuales de un sistema lacustre. Rev. Chil. Hist. Nat. Mar. 73(1): 151-162.

Cloern, J.E., A.E. Alpine, B.E. Collie, R.L.J. Wong, J.F. Arthur, and M.D. Ball, 1983. River discharge controls phytoplankton dynamics in the Northern San Francisco estuary. Estuarine, Coastal and Shelf Science 16(40): 451-429.

Cohen, Z. 1986. Products from microalgae. *In*: Handboook of microalgal mass culture. Richmond, A. (Ed.) CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, pp. 421-454.

Comas, A. and L. Krienitz, 1997. Taxonomical observations on some coccal green algae exsiccate (*Chlorococcales*, Chlorophyceae). Algological St. 84: 13-84.

Contreras, F., O. Castañeda y A. García-Nagaya, 1994. La clorofila-*a* como base para un índice trófico en lagunas costeras mexicanas. Anales Inst. Cienc. Mar. Limno. Contribución No. 70, 14 pp.

Contreras, F. y L.M. Zabalegui, 1991. Hidrología, nutrientes y productividad primaria en la laguna La Joya-Buenavista, Chiapas, México. Anales Inst. Cienc. Mar. Limno. 18(2): 207-215.

Corredor, J. 1979. Phytoplankton response k.o. low level nutrient enrichement through upwelling in the Colombian Caribbean Bassin. Deep-Sea Res. 26A: 731-741.

_____, R.W. Howarth, R.R. Twilley, and J.M. Morell. 1999. Nitrogen cycling and antropogenic impact in the tropical interamerican seas. Biogeochemistry, 46: 163-178.

_____ and J.M. Morell, 2001. Seasonal variation of physical and biogeochemical features in eastern Caribbean surface water. J. Geophys. Res. 106(C3): 4517-4525.

_____, J.M. Morell, and A. Méndez, 1984. Dissolved nitrogen, phytoplankton biomass and island mass effects in the northeastern Caribbean Sea. Carib. J. Sci. 20(3-4): 129-137.

Cruise, J.F. and R.L. Miller, 1994. Hydrologic modeling of land processes in Puerto Rico using remotely sensed data. Water Resources Bull. 30(3): 419-428.

Curtis, R.E., Z. Aquino, P.L. Díaz, and R.J. Vachier, 1990. Water resources data, Puerto Rico and the Virgin Island, Water year 1990. U.S. Geol. Sur. Water-Data Report PR-90-1, 530 pp.

Dahl, A.L. 1973. Benthic algal ecology in deep reef and sand habitats off Puerto Rico. Bot. Mar. 16: 171-175.

Dason, J. and B.S. Colman, 2004. Inhibition of growth in two dinoflagellates by rapid changes in external pH. Can J. Bot. 82(4): 515- 516.

Dodge, J. 1982. Marine dinoflagellates of the British Isles. London: Her Majesty's Stationery Office. London, 303 pp.

Doremus, C.M., S.W. Nixon, P.F. Roques, and S.K. Seitzinger, 1988. Primary productivity in the sea. *In*: Nitrogen limitation in the ocean versus phosphorus limitation in lakes: An analysis of possible regulatory mechanisms. Falkowski; P.G. (Ed.) Environmental Sci. Res. Plenum Press. New Jersey, pp. 108-135.

Dugdale, R. 1967. Nutrient limitation in the sea: dynamics, identification and significance. Limnol. Oceangr. 12: 685-695.

Figueroa, C., Z. Aquino, S. Guzmán, and A. Sánchez, 2004. Water Resource Data Puerto Rico and the U.S Virgin Island Water Year 2004. Water Data Report P.R-04-01, 196 pp.

Fuhrman, L. 1991. Bacterioplankton roles in cycling of organic matter: a microbial food web uptake. *In*: Brookhaven National Laboratory Symposium. Richmond, D. (Ed.) Plenum Press, California, 1: 1-22.

García, J.R. and J.M. López, 1989. Seasonal patterns of phytoplankton productivity, zooplankton abundance and hydrological conditions in Laguna Joyuda, Puerto Rico. *In*: Topics in Marine Biology, Ros, J.D. (Ed.) Sci. Mar. 53: 625-631.

Gilbes, F. 1992. The relationship between phytoplankton chlorophyll–*a* and suspended particulate matter in Mayagüez Bay, Puerto Rico. M.S. Thesis, University of Puerto Rico, Mayagüez, 53 pp.

Gilbes, F., R. Armstrong, R. Miller, C. Del Castillo, M. Rosado, and N. Ramírez, 2002. Bio-optical evidence of land-sea interaction in the western coast of Puerto Rico. Ocean optics XVI conference, Santa Fe, New Mexico, pp. 10-14.

Gilbes, F., J.M. López, and P. Yoshioka, 1996. Spatial and temporal variation of phytoplankton chlorophyll-*a* and suspended particulate matter in Mayagüez Bay, Puerto Rico. J. Phyt. Res. 18(1): 29-43.

Giovanardi, G. and E. Tromellini, 1992. Marine coastal eutrophication interrelationships between phytoplankton biomass and nutrients in the eutrophic areas of the north-western Adriátic Sea. *In*: Vollenweider R. A., R. Marchetti, and R. Viviani (Eds.) Elsevier Science Pub. Co., Inc. N.Y., pp. 211-234.

Glynn, P.W., L.R. Almodóvar, and J.G. González, 1964. Effects of hurricane Edith on marine life in La Parguera, Puerto Rico. Carib. J. Sci. 4: 335-345.

Gold, K. 1965. A note on the distribution of luminescent dinoflagellates and water constituents in Phosphorescent Bay, Puerto Rico. Ocean. Sci. 1: 77-80.

González-Figueroa, A.J. 2002. Vertical distribution patterns and taxonomic composition of ictyoplankton and zooplankton off the insular shelf-edge at Guayanilla Bay, southwest Puerto Rico. M.S. Thesis, University of Puerto Rico, Mayagüez, 90 pp.

Goodchild, D.J., O. Björkman, and N.A. Pyliotis, 1972. Chloroplast ultraestructure, leaf anatomy, and content of chlorophyll and soluble protein in rainforest species. Carnegie Inst. 71: 102-107.

Grove. K. 1998. Nearshore sediment transport and shoreline change at Añasco Bay, Puerto Rico. Ph.D. Dissertation, University of Puerto Rico, Mayagüez, 143 pp.

Hammer, O., D.A.T. Harper, and P.D. Ryan, 2005. PAST, Palaeontological Statistics. Versión 1.37. Programa gratuito para computadora accesible en http://folk.uio.no/ohammer/past/index.html.

Hernández-Becerril, D.U y A. Almazán Becerril, 2004. Especies de dinoflagelados del género *Gambierdiscus* (Dinophyceae) del Mar Caribe mexicano. Rev. Biol. Trop. 52: 77-87.

_____, A. García, D. Salas de León, A. Monreal, M. Signoret y A. Ramírez, 2000. Estructura del fitoplancton y su relación con las condiciones oceanográficas en el sureste del Golfo de México. Anales Inst. Cienc. Mar. Limno. 20(2): 252-255.

_____ y N. Navarro, 1994. Dinoflagelados tecados (Dinophyceae) de Bahía Fosforescente, Puerto Rico. http://rbt.ots.ac.cr/revistas/44-2/herna.htm.

Hutchings, L., T. Pitcher, T. Probyn, and G. Bailey, 1995. The chemical and biological consequences of costal upwelling. *In*: Upwelling in the ocean modern process and ancient record. Summerhayes C.P., K.C. Emers, M.V, Angel, R.L. Smith, and B. Zietzchel (Eds.) John Wiley and Sons, New York, pp. 103-122.

InfoStat 2003. InfoStat, versión 2. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina http://www.infostat.com.ar.

Jørgensen, E.G. 1968. The adaptation of plankton algae. II. Aspects of the temperature adaptation of *Skeletonema costatum*. Physiologia Pl. 21: 423-427.

Kirk, J.T. 1994. Light and photosynthesis in the aquatic ecosystems. Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain, 485 pp.

Ketchum, B.H. 1968. The phosphorus cycle and productivity of marine phytoplankton. Contr. Woods Hole Ocean. Inst. 144: 132-140.

Komárek, J. 2005. Cyanoprokariota. 2nd Part: Oscillatoriales. Elsevier GmbH, München. Spektrum Akademischer Verlag. 747pp.

Leal, S., G. Delgado y F. Nodas, 2001. Distribución y abundancia del fitoplancton en un área de la zona nororiental de Cuba. Rev. Invest. Mar. 23(1): 45-51.

Lee-Borges, J. 2003. Contribution of picoplankton to phytoplankton dynamics and bio-optics of the eastern Caribbean Sea. Ph.D. Dissertation, University of Puerto Rico, Mayagüez, 149 pp.

Levene, H. 1960. Elementary statiscs. *In*: Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling, Olkin, I. et al. (Eds.), Stanford University Press, pp. 278-292.

Licea, S. y H. Santoyo, 1990. Algunas características ecológicas del fitoplancton de La Central de la Bahía de Campeche. Anales Inst. Cienc. Mar. Limno. Contribución No. 705, 12 pp.

Mahoney, J. 1979. Environmental and physiological factors in the growth and seasonal maxima of the dinoflagellate *Ceratium tripos.* Bull. N. J. Acad. Sci. 24(1): 23-28.

Margalef, R. 1950. Peridíneas (Dinoflagellatae, Dinophyceae, Peridiniineae, Peridiniales). *En*: Introducción al estudio del plancton marino. Massuti, M y R. Margalef. (Eds.) Patronato Juan De la Cierva de Invest. Tecn. Barcelona, 182 pp.

_____. 1957. Fitoplancton de las costas de Puerto Rico. Invest. Pesq. 6: 41-95.

_____. 1961. Hidrografía y fitoplancton de un área marina de las costas meridionales de Puerto Rico. Invest. Pesq. 18: 33-96.

_____. 1974. Ecología. Ed. Omega, Barcelona, 193pp.

_____. 1980. La Biosfera. Entre la termodinámica y el juego. Ed. Omega, Barcelona, 218 pp.

Miller, R.L., J.F. Cruise, E. Otero, and J.M. López, 1994. Monitoring suspended particulate matter in Puerto Rico: Field Measurements and Remote Sensing. Water Resources Bull. 30(2): 271-282.

Miranda, L. 1985. Response time of the *Gonyaulax tamarensis* to changes in irradiance. *In*: Toxic dinoflagellates. Anderson, W. and B. Colman (Eds), Elsevier Science Pub. Co., Inc. N.Y., pp. 328-349.

Morelock, J., K. Grove, and M.L. Hernández, 1983. Oceanography and patterns of shelf sediments Mayagüez, Puerto Rico. J. Sedimentary Petrology 53(2): 371-381.

Müller-Karger, F.E. and R. Aparicio Castro, 1994. Messcale process affecting phytoplankton abundance in the southern Caribbean Sea. Cont. Shelf Res. 14: 199-221.

_____, C.R. McClain, T.R. Fisher, W.E. Esaias, and R. Varela, 1989. Pigment distribution in the Caribbean Sea: observation from space. Prog. Oceanogra. 23: 23-64.

Navarro, A., J. E. Corredor, J.M. Morell, and R.A. Armstrong, 2000. Distribution of the cyanophyte *Trichodesmium* (Oscillatoriaceae) in the eastern Caribbean Sea: influence of the Orinoco River. Revista de Biol. Trop. 48(1): 115-124.

Navarro, N. 1979. Diatomeas marinas de Puerto Rico. Disertación Doctoral, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, 361 pp.

_____. 1981. A survey of the marine diatoms of Puerto Rico. I. Suborders Coscinodiscineae and Rhizosoleniineae. Bot. Mar. 24: 427-439.

_____. 1982. A survey of the marine diatoms of Puerto Rico. IV. Suborders Araphidineae: families Diatomaceae and Protoraphidaceae. Bot. Mar. 25: 247-263.

_____. 1983. A survey of the marine diatoms of Puerto Rico. VII. Suborders Raphidineae: families Auriculaceae, Epithemiaceae, Nitzschiaceae and Surirellaceae. Bot. Mar. 26: 393-408.

_____ and R. Torres, 1987. Distribution and community structure of diatoms associated with mangrove prop roots in the Indian River, Florida, USA. Nova Hedwigia 45(1-2): 101-112.

Nimer, N.A., C. Brownlee, and M.J. Merrett, 1999. Extracellular carbonic anhydrase facilitates carbon dioxide availability for photosynthesis in the marine dinoflagellate *Prorocentrum micans*. Plant Phys. 120: 105-111.

Nixon, W.S. 1988. Physical energy inputs and the comparative ecology of the lake and marine ecosystems. Limnol. Oceanogr. 33(4 part 2): 1005-1025.

Ochoa, N y L. Tarazona, 2003. Composición y distribución del fitoplancton en la región de afloramientos de las costas peruanas. Inv. Pesq. 35: 61-112.

Parrilla, D. 1996. Distribution of the clorophyll–*a*, suspended particulate matter and nutrients in the vencinity of the Añasco River outlet. M.S. Thesis, University of Puerto Rico, Mayagüez, 60 pp.

Patrick, R. 1974. Effects abnormal temperature on algal communities. *In:* Thermal ecology. Gibbons. J.W. and R.R. Sharitz. (Eds.) Proc. Symp Held at Augusta Ga., U.S. Atomic Energy Commission, 136 pp.

Peña, V. y G.A. Pinilla, 2002. Composición, distribución y abundancia de la comunidad fitoplanctónica de la ensenada de Utría, Pacífico colombiano. Rev. Biol. Mar. Oceanogr. 37(1): 67-81.

Pérez, G. y P. Spiniello, 2000. Estudio comparativo de la tasa de crecimiento y la tasa de pastoreo de la comunidad fitoplanctónica en dos zonas contrastantes del Parque Nacional Morrocoy, Venezuela. Anales Inst. Zool. Trop. 5(2): 102-109.

Pesando, D. 1990. Antibacterial and antifungical activities of marine algae. *In:* Introduction to applied phycology. Akatsuka, I. (Ed.) Balogh Interna. Incorp, Illinois, USA, pp. 119-152.

Pingree, R.D., P.M. Holligan, and G.T. Mardell, 1978. Effects of vertical stability on phytoplankton distribution. Deep Sea Res. 25: 1011-1028.

Ramamurthy, V.D. 1970. Antibacterial activity traceable to the marine blue-green alga *Trichodesmium erythraeum* in the gastro-intestinal contents of two pelagic fishes. Hydro. 36: 159-163.

Redfield, A.C. 1958. The biological control of chemical factors in the environment. Am. Sci. 46: 206-221.

Reynolds, C.S. 1997. Vegetation process in the pelagic: a model for ecosystem theory.*In*: Kynne, O. (Ed.) Excellence in ecology. Ecology Institute, Germany, pp.71-93.

Richmond, A. 1986. Cell response to environmental factors. *In*: Handbook of microalgal mass culture. Richmond, A. (Ed.) CRC. Press Inc., Boca Raton, Florida, pp. 69-99.

Rinaldi, A., G. Montanari, A. Ghetti, C.R. Ferrari and A. Ferrari, 1992. Eutrophy and dystrophy in the Goro lagoon. *In*: Marine coastal eutrophication. Vollenweider, R.A., R. Marchetii, and R. Viviani. (Eds.) Elsevier Science Pub. Co., Inc. N.Y., pp. 457-470.

Riquelme, C.E y R. Avendaño, 2003. Interacción bacteria-microalga en el ambiente marino y uso potencial en la acuicultura. Rev. Chil. de Hist. Nat. 76: 725-736.

Rivkin, R. and M. Voytek, 1985. Photoadaptation and photosynthesis by dinoflagellates from natural populations: A species approach. *In*: Toxic dinoflagellates. Anderson, W. and B. Colman (Eds.) Elsevier Science Pub. Co., Inc. N.Y., pp. 315-338.

Rosado, M. 2000. Variability in the bio-optical properties of Mayagüez Bay. M.S. Thesis, University of Puerto Rico, Mayagüez, 149 pp.

Salbatier, M.G. y S. Sánchez, 2000. Variación espacial del fitoplancton con relación a parámetros físicos en las bahías Ferrol y Samanco (Chimbote-Perú). Inst. Mar del Perú, 7: 198-201.

Sanjuan, A.E. y J.G. González, 1998. Distribution of nutrients in the Phosphorescent Bay at La Parguera in the southwest coast of Puerto Rico. Proc. 51 Annual Gulf and Carib. Fisheries Inst. pp. 451-456.

Santander, E., L. Herrera y C. Merino, 2003. Fluctuación diaria del fitoplancton en la capa superficial del océano durante la primavera de 1997 en el noreste de Chile (20^{o} 18'S): II. Composición específica y abundancia celular. Rev. Biol. Mar. Oceanogr. 38(1): 13-25.

Santiago, D. 1988. Temporal patterns of total zooplankton abundance in neritic waters off the northwest coast of Puerto Rico, with notes on the occurrence of *Acartia spinata* (Esterly) and *Acartia lilgeborgii* (Giesbrecht) (Copepoda: Calanoidea). M.S. Thesis, University of Puerto Rico, Mayaguez, 54 pp.

Santoyo, H. 1994. Fitoplancton y productividad. *En*: Lagunas costeras y el litoral mexicano. De la Lanza, G. y J. Cáceres (Eds.) UABC. México, D.F., pp. 86-107.

Sar, E., M.E, Ferrario y B. Reguera, 2002. Floraciones Nocivas en el Cono Sur Americano, Inst. Esp. Ocean. Vigo, España. 311pp.

Sastre, M. 2000. Estimates of primary productivity rates for the Eastern Caribbean Sea using satellite ocean-color observations. M.S. Thesis, University of Puerto Rico, Mayagüez, 107 pp.

Seixas, C. 1983. Algunas variaciones en la dinámica del fitoplancton en dos bahías del suroeste de Puerto Rico. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, 92 pp.

_____. 1988. Patrones de distribución espacial y sucesión temporal en poblaciones de dinoflagelados de la Bahía Fosforescente, Puerto Rico. Disertación Doctoral, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, 93 pp.

Seliger, H., W. Fastie, R. Taylor, and D. McElroy, 1962. Bioluminescence of marine dinoflagellates. J. Gen. Phys. 45: 1003-1019.

_____, J.H. Carpenter, M. Loftus, W.H. Biggley, and W.D. McElroy, 1971. Bioluminescence and phytoplankton succession in Bahía Fosforescente, Puerto Rico. Limnol. Oceanogr. 16: 608-622.

Sequiomp, B.J. and P.W. Martínez, 1985. Geographic transformation of the Mayagüez Bay aerial photography. Science/Ciencia, 12(4): 92-98.

Snedaker, S.C. and M.S. Brown, 1982. Primary productivity of mangroves. *In*: Handbook on biosolar resources. C. Black and A. Mitsui (Eds.) CRS Press, Florida, pp. 477-485.

Soler, B. 2006. Comparación temporal y espacial de los factores bióticos y abióticos en la Bahía Bioluminiscente en La Parguera y Puerto Mosquito en Vieques. Tesis M.S., Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, 93 pp.

Sommer, U. 1987. Factors controlling the seasonal variation in phytoplankton species composition- A case study for a deep, nutrient rich lake. *In*: Progress in Phycological Research. R. Bailey and C. Werner (Eds.) Biopress Ltd., N. Y., 188 pp.

Sosa, E. 2001. Variabilidad temporal de la producción primaria fitoplanctónica en la estación CaTS (Caribbean Time series Station): con énfasis en el impacto de la marea interna semidiurna sobre la producción. Disertación Doctoral, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, 402 pp.

Sournia, A. 1978. Phytoplankton marine. Monographs on oceanographic methodology. UNESCO. United Kingdom, 219 pp.

Steidinger, K.A. and K, Tangen, 1997. Dinoflagellates. *In:* Identifying Marine Phytoplankton. C.R. Tomas (Ed.) Academic Press, New York, 387-584 pp.

Steidinger, K.A and L. Walker, 1984. Marine Plankton Life Cycle Strategies. C.R.C. Press, Florida, USA, pp.143-181.

Tait, V.R. 1987. Elementos de ecología marina. Ed. Acribia, S.S., Zaragoza, España, 446 pp.

Taylor, F.J. Dinoflagellates from international Indian Ocean expedition. A report on material colleted by the R.V. ″Anton Bruun″ 1963-1964. Institute of Oceanography and Department of Botany. University of British Columbia, Vancouver, Canada, 921 pp.

Taylor, W.R. 1942. Caribbean marine algae of the Allan Hancock Expedition, 1939. Hancock Atlantic Exped Rpt. Number 2, 193 pp.

Terlizzi, D. and E. Karlander, 1980. Growth of cocoid nanoplankter (Eustigmatophyceae) from the Chesapeake Bay as an influence by light, temperature, salinity and nitrogen source in factorial combination. J. Phycol. 16: 364-368.

Thomas, W.H. 1970. A nitrogen deficiency in tropical Pacific Ocean phytoplankton: photosynthetic parameter in poor and rich waters. Limnol. Oceanogr. 15: 380-385.

Tomas, C. 1997. Identifying marine phytoplankton. Florida Marine Research Institute, Academic Press, St. Petersburg, Florida, U.S.A. 858 pp.

Vargas-Montero, M. y E. Freer, 2002. Descripción morfológica y ultraestructural de floraciones algales nocivas en el Golfo de Nicoya, Costa Rica y su impacto en la salud. Rev. Costaric. Cienc. Méd. San José. 23(3-4): 225-231.

Varona-Cordero, F y M. Gutiérrez, 2003. Estudio multivariado de las fluctuaciones espacio-temporal de la comunidad fitoplanctónica en dos lagunas costeras del Estado de Chiapas. Hidrobiol. 13(3): 177-194.

Vollenweider, R.A., R. Marchetti, and R. Viviani, 1992. Marine coastal eutrophication. Elsevier Science Pub, Co., Inc. N.Y., 1310 pp.

Walker, L. 1997. Population dynamics of dinoflagellates in two bioluminescent bays: Bahía Fosforescente, La Parguera, Lajas and Puerto Mosquito, Vieques. M.S. Thesis, University of Puerto Rico, Mayagüez, 51 pp.

Webb, R., P.D. Collar, W.C. Schwab, C. Goenaga, J.R. García, and R. Castro, 2000. Assessment of the habitats, biota, sediments, and water quality near the discharge of the primary-treated effluent from the Mayagüez regional wastewater treatment plant, Bahía de Añasco, Puerto Rico. Water- Resources Investigations Report 99-4141 USGS, 196 pp.

Welschmeyer, N. 1994. Fluorometric analysis of chlorophyll-*a* in the presence of chlorophyll-*b* and pheopigments. Limnol. Oceanogr. 39(8): 1985-1992.

Werner, D. 1977. The biology of the diatoms. Botanical Monographs (13). University of California Press, California, 520 pp.

Yánez-Arancibia, A., A. L. Lara-Domínguez, P. Sánchez-Gil, J.L. Rojas-Galavis, H. Álvarez-Guillén, G. Soberón-Chávez y J.W. Day, 1988. Ecología de los ecosistemas costeros en el sur del Golfo de México: La región de la Laguna de Términos. *En*: Dinámica de las comunidades nectónicas costeras en el sur del Golfo de México. Yáñez-Arancibia, A. y J.W. Day (Eds.) Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM, Coast. Ecol. Inst. LSU. Editorial Universitaria México, D.F., pp. 357-380.

ANEXOS

Anexo 1. Abundancia del fitoplancton (Cel/mL) en las distintas estaciones de muestreo durante el periodo de estudio.

Estación A1

DIATOMEAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	Abun. Rel
Actinoptychus sp									6	3	6	5													0	3	0	1	0.86
Amphora sp									3	3	6	4					3	4	2	3									1.00
Asterionella glacialis					6	18	9	11	1	0	2	1	6	6	9	7	21	33	15	23	2	5	2	3	27	24	33	28	10.43
Azpeitia sp	3	0	3	2					9	8	10	9																	1.57
Bacillaria paxilifera																					3	4	2	3					0.43
Bacteriastrum comosum																									0	3	0	1	0.14
Bacteriastrum delicatulum																									1	1	1	1	0.14
Bacteriastrum furcatum	2	1	0	1	2	1	3	2													4	2	3	3	0	2	1	1	1.00
Bacteriastrum sp				0	0	3	0	1									1	1	1	1	3	0	3	2	1	0	2	1	0.71
Biddulphia alternans																	4	2	3	3									0.43
Biddulphia aurita																	0	3	0	1					11	13	9	11	1.71
Bidulphia rhombus									3	2	1	2													2	3	7	4	0.86
Cerataulus smithii																					4	7	4	5					0.71
Ceratulina pelagica																					2	0	1	1					0.14
Chaetoceros atlanticus	1	3	2	2													4	4	4	4	1	1	1	1	10	12	11	11	2.57
Chaetoceros decipiens																	6	2	1	3	12	12	15	13	12	15	12	13	4.14
Chaetoceros didymus	2	2	2	2																	30	48	27	35	18	19	14	17	7.71
Chaetoceros lorenzianus	6	4	8	6													1	1	1	1	1	1	1	1	15	12	9	12	2.86
Chaetoceros pseudocurvicetus																									18	15	15	16	2.29
Chaetoceros sp					2	3	4	3	2	1	3	2					1	3	2	2	4	1	4	3	18	20	10	16	3.71
Chaetoceros teres																	5	6	4	5									0.71
Climacosphenia sp																					2	5	2	3					0.43
Coscinodiscus radiatus																					8	3	4	5	0	2	1	1	0.86
Cyclophora tenuis																									4	3	5	4	0.57
Cylindrotheca closterium					4	4	6	5	3	0	0	1					7	7	4	6					12	9	12	11	3.24
Dactyliosolen sp									6	3	3	4									0	1	2	1	15	13	17	15	2.86
Ditylum brightwelii																									4	6	8	6	0.86
Entomoneis sp									2	0	1	1													1	0	2	1	0.29
Guinardia striata	9	9	6	8	19	15	14	16									8	9	4	7	4	2	3	3	7	6	8	7	5.86
Helicotheca tamesis																	3	3	3	3									0.43
Hemiaulus hauckii					0	2	1	1													3	4	2	3					0.57
Hemiaulus membranacea																					7	7	4	6					0.86
Hemiaulus sp																									9	4	5	6	0.86

DIATOMEAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	Abun. Rel
Leptocilindrus danicus	7	4	7	6													1	4	1	2					7	6	5	6	2.00
Lithodesmium sp																									1	1	1	1	0.14
Melosira sp																	5	2	5	4					1	2	0	1	0.71
Meuneria sp					6	5	5	5	2	0	1	1																	0.90
Navicula granii	0	2	1	1																									0.14
Navicula lyra																					1	1	1	1					0.14
Navicula transitans	1	1	1	1					3	4	5	4																	0.71
Nitzschia sp					0	1	2	1	3	3	3	3													12	15	6	11	2.14
Pleurosigma angulata																	3	2	4	3					6	6	9	7	1.43
Pleurosigma fasciola																									2	5	5	4	0.57
Pleurosigma sp									1	2	0	1					6	6	3	5	3	6	9	6					1.71
Proboscia alata	2	5	2	3	4	6	2	4																	3	4	2	3	1.43
Pseudoguinardia recta					5	5	2	4													1	2	3	2	3	3	6	4	1.43
Pseudo-nitzschia delicatissima	3	5	4	4					7	5	6	6					8	6	4	6									2.29
Pseudonitzschia pugens					4	1	1	2	10	7	10	9													10	9	8	9	2.86
Pseudo-nitzschia seriata													8	3	7	6	4	6	8	6									1.71
Pseudosolenia calcar-avis					1	2	0	1									6	6	6	6	3	2	4	3	0	0	3	1	1.57
Rhabdonema sp																	6	6	3	5					1	3	2	2	1.00
Rhizosolenia bergonii					6	3	6	5																					0.71
Rhizosolenia castracanei					5	5	2	4													2	1	3	2					0.86
Rhizosolenia debyana					3	0	3	2																					0.29
Rhizosolenia fallax	2	3	4	3																									0.43
Rhizosolenia imbricata					18	24	15	19									6	7	5	6	3	0	0	1	7	4	4	5	4.43
Rhizosolenia pungens					2	1	3	2					0	3	0	1													0.43
Rhizosolenia setigera																	2	2	2	2	3	1	2	2	6	6	3	5	1.29
Rhizosolenia sp																	6	8	7	7									1.00
Schröderella sp																									12	9	6	9	1.29
Skeletonema costatum									39	33	21	31					21	27	27	25					11	16	12	13	9.86
Sp 1									4	7	7	6																	0.86
Stephanopyxis sp									1	2	3	2					4	3	2	3	2	1	0	1					0.86
Striatella unipunctata					2	4	3	3																	9	3	3	5	1.14
Thalassionema frauenfeldi																									2	4	6	4	0.57
Thalassionema nitzschioide					2	2	2	2	6	6	9	7					3	4	2	3	0	3	0	1	6	3	6	5	2.57
Thalassiosira sp																	10	5	12	9					6	12	12	10	2.71
Thalassiothrix mediterranea																	8	3	7	6									0.86
Thalassiothrix sp									3	6	6	5					6	12	9	9									2.00

DIATOMEAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	Abun. Rel
Trachyneis aspera																									1	3	2	2	0.29
Triceratium formosum																	6	5	7	6									0.86
total			**117**				**279**				**312**				**42**				**525**				**330**				**873**		**354.00**
Conversión Sournia (1978)			**163**				**388**				**433**				**58**				**729**				**458**				**1213**		**3442**

DINOFLAGELADOS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	Abun. Rel
Alexandrium sp	3	6	3	4	18	14	10	14	6	3	6	5									5	7	6	6	0	2	1	1	4.14
Ceratium furca	4	2	3	3	7	8	9	8	18	20	16	18					0	3	3	2									4.43
Dinophysis acuminata																									4	5	3	4	0.57
Dinophysis caudata									1	1	1	1									2	4	3	3					0.57
Dinophysis lenticula																					1	0	2	1					0.14
Gambierdiscus sp																	3	0	0	1	6	6	3	5					0.86
Goniodoma sp																	1	1	1	1	0	2	1	1					0.29
Gonyaulax sp					0	3	0	1	10	14	12	12									9	7	11	9	2	1	3	2	3.43
Gymnodinium catenatum (Cadenas)					4	5	3	4	0	1	2	1																	0.71
Gyrodinium sp																					1	1	4	2					0.29
Lingulodinium sp					2	6	4	4													0	2	1	1	1	1	1	1	0.86
Noctiluca sp					3	1	2	2	0	3	0	1													6	3	6	5	1.14
Ostreopsis sp									2	1	0	1																	0.14
Peridinium sp																									4	5	6	5	0.71
Phalacroma sp									4	2	3	3																	0.43
Pronoctiluca sp																					2	1	0	1					0.14
Prorocentrum sp																					1	1	1	1					0.14
Prorocentrum micans					0	3	0	1																	4	6	2	6	0.93
Protoperidinium depressum					7	4	7	6	24	27	12	21	3	5	4	11					0	1	2	1					5.56
Protoperidinium excentricum					3	3	3	3																					0.43
Protoperidinium steinii	1	1	1	1					18	10	17	15	7	10	10	11	0	1	2	1	2	0	1	1					4.08
Pyrodinium bahamense					4	3	8	5	0	0	3	1									3	2	4	3					1.29
Pyrophacus sp					0	1	2	1																	1	1	2	1	0.29
total			**23**				**147**				**237**				**39**				**15**				**105**				**70**		**90.86**
Conversión Sournia (1978)			**32**				**204**				**329**				**54**				**21**				**146**				**97**		**883**

CIANOBACTERIAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	Abun. Rel
Tricodesmium sp	63	48	28	46																					18	10	16	15	8.71
total			**139**																								**44**		**26.14**
Conversión Sournia (1978)			**193**																								**61**		**254**
CLOROFICEAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	Abun. Rel
Chlorosarcinopsis sp																									24	30	27	27	4.00
Senedesmus sp					2	1	3	2																					0.14
Ulotrix									1	3	0	1																	0.14
total			**0**				**6**				**3**																**81**		**12.86**
Conversión Sournia (1978)			**0**				**8**				**4**																**113**		**125**
total de organismos			388				600				767				113				750				604				1483		**4704**

Estación A2

DIATOMEAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Actinocyclus sp									1	0	2	1																	0.14
Actinoptychus senarius																									1	2	0	1	0.14
Amphora sp																					5	3	4	4					1.00
Asterionella glacialis																	0	3	0	1					3	7	5	5	2.14
Aulacoseira sp																					2	2	2	2					0.29
Bacteriastrum comosum					2	1	3	2																	9	4	8	7	1.29
Bacteriastrum delicatulum																					0	2	1	1					0.14
Bacteriastrum furcatum	1	1	1	1																	1	2	3	2	0	0	3	1	0.57
Bacteriastrum sp																									3	4	2	3	0.43
Bleakeleya notata																	2	3	4	3									0.43
Ceratulina pelagica																	2	3	1	2					3	4	5	4	0.86
Chaetoceros atlanticus					2	0	1	1																	3	6	3	4	0.71
Chaetoceros costatus									7	11	9	9																	1.29
Chaetoceros curvicetus																	7	9	11	9	8	7	3	6	11	6	7	8	3.29
Chaetoceros danicus					3	2	4	3																					0.43
Chaetoceros decipiens	3	3	3	3	2	5	2	3									12	18	12	14	4	4	4	4	14	10	12	12	5.14
Chaetoceros didymus																	9	9	12	10	15	11	13	13					3.29
Chaetoceros diversus																									7	10	7	2	1.14
Chaetoceros lorenzianus																									4	2	3	3	0.43
Chaetoceros pseudocurvicetus																					6	3	3	4					0.57
Chaetoceros sp					3	3	0	2									5	5	2	4	14	12	10	12	1	1	1	1	2.71
Chaetoceros subtilis					10	11	12	11	3	6	6	5																	2.00
Chaetoceros tortissimus					1	3	2	2									9	5	7	7					2	2	2	2	1.57
Climacosphenia moniligera																					1	0	2	1					0.14
Coscinodiscus centralis									2	0	1	1																	0.14
Coscinodiscus granii																					8	4	6	6					0.86
Coscinodiscus sp																									0	0	3	1	0.14
Cyclotella sp																									3	2	1	2	0.29
Cylindrotheca closterium	2	1	0	1									1	1	1	1									3	5	7	5	1.00
Dactyliosolen sp																					0	3	0	1	4	5	3	4	0.71
Ditylum brightwelii					1	0	2	1																	3	1	2	2	0.43
Entomoneis sp																									1	1	1	1	0.14
Eucampia zodiacus	1	2	3	2	3	1	2	2																					0.57
Guinardia delicatula																									7	8	5	9	1.29
Guinardia flacida																	2	2	5	3					11	13	9	11	2.00

DIATOMEAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Guinardia striata	6	6	6	6	12	6	9	9									6	4	8	6	6	5	4	5	6	4	8	6	5.00
Gyrosigma robustum																					1	2	0	1					0.14
Hemiaulus hauckii	3	0	3	2																									0.29
Hemiaulus sp																									7	4	4	5	0.71
Istmia sp																									3	3	3	3	0.29
Leptocilindrus danicus	3	3	6	4													0	2	1	1					7	9	11	9	2.00
Licmophora remulus																					3	0	3	2					0.29
Mastogloia sp																					1	1	1	1					0.14
Meuneria membranacea	6	3	3	4																									0.57
Navicula granii	0	3	0	1																									0.14
Navicula lyra																					0	1	2	1					0.14
Navicula sp					1	1	1	1																					0.14
Navicula transitans													0	1	2	1													0.14
Nitzchia sigma	2	0	1	1																									0.14
Nitzschia longisima																									2	3	4	3	0.43
Proboscia alata					9	8	4	7													3	0	0	1	7	5	6	6	2.00
Pseudo-nitzschia delicatissima	6	2	4	4																									0.57
Pseudonitzschia pugens																	3	2	7	4									0.57
Pseudo-nitzschia seriata	1	1	1	1																									0.14
Pseudosolenia calcar-avis	3	1	2	2	10	10	13	11									5	6	7	6	4	1	1	2	4	7	7	6	3.86
Rhizosolenia castracanei																					1	1	1	1	4	8	6	6	1.00
Rhizosolenia debyana					2	5	2	3													0	1	2	1					0.57
Rhizosolenia decipiens					10	9	11	10																				5	1.43
Rhizosolenia fallax					0	3	0	1									6	4	5	5	2	2	2	2	3	9	6	6	2.00
Rhizosolenia imbricata					20	17	20	19									5	9	7	7	4	3	5	4	6	6	6	6	4.86
Rhizosolenia ostenfeldii																	6	11	4	7									1.00
Rhizosolenia pungens	3	3	3	3					3	3	3	3	7	9	5	7													1.86
Rhizosolenia setigera	4	2	3	3					7	3	2	3	5	2	3	3									2	2	5	3	1.76
Rhizosolenia sp																	4	5	4	4	2	2	2	2					0.90
Rhizosolenia striata																									8	4	6	6	1.29
Rhizosolenia styliformis					18	12	12	14													2	2	2	2					2.29
Skeletonema costatum									2	3	1	2	0	3	3	2									4	2	4	3	1.05
Stephanopyxis sp	4	1	1	2													2	4	5	4									1.67
Striatella interrupta																					3	2	1	2					0.29
Striatella unipunctata					1	2	3	2																	2	2	2	2	0.57
Synedra longisima													3	3	2	3													0.38
Synedra ondulata																					1	0	2	1					0.14

DIATOMEAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Synedra sp																	3	1	2	2									0.29
Thalassionema frauenfeldi																									1	4	4	3	0.24
Thalassionema nitzschioide	1	2	0	1																	7	4	4	5					0.86
Thalassiosira sp																									5	3	8	5	0.71
total			123				312				66				51				315				276				549		**241.71**
Conversión Sournia (1978)			171				433				92				71				438				383				763		**2350**

DINOFLAGELADOS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Alexandrium catanella					2	2	2	3	0	1	2	2					1	1	1	1					7	9	9	8	0.71
Ceratium furca	5	3	5	4	1	0	2	1	2	2	2	2	2	0	1	1	2	1	0	1									1.43
Dinophysis lenticula	1	2	3	2																	1	1	1	1					0.43
Fragilidinium sp	3	2	1	2																									0.29
Goniodoma sp					5	6	4	5																					0.71
Gonyaulax sp											5	4	7	2	2	2													0.57
Gonyaulux verior									7	4	4	5																	0.71
Gymnodinium catenatum (Cadenas)					1	1	1	1																					0.14
Gyrodinium sp																									3	3	3	3	0.43
Karenia sp	1	0	2	1																	0	3	0	1					0.29
Lingulodinium sp																	1	3	2	2					1	3	2	2	0.57
Noctiluca sp																					2	2	2	2	2	1	3	2	0.57
Ostreopsis sp	0	1	2	1	0	2	0	1					3	0	0	1													0.38
Peridinium sp													4	6	2	4									3	7	5	5	1.29
Polikrikos sp	2	1	1	1																									0.29
Pronoctiluca sp					5	3	5	4																	2	2	2	2	0.90
Prorocentrum sp																	3	5	3	4									0.52
Prorocentrum micans																	1	3	0	1									0.19
Protoperidinium depressum	2	1	0	1																					5	4	3	4	0.71
Protoperidinium excentricum																	7	5	3	5									0.71
Protoperidinium leonis									3	3	3	3					2	4	3	3									0.86
Protoperidinium steinii	2	1	3	2					3	1	5	3	2	2	2	2	2	5	5	4	0	2	1	1					1.71
Pyrophacus sp									0	0	3	1													0	2	1	1	0.29
total			44				42				54				30				63				15				82		**47.14**
Conversión Sournia (1978)			61				58				75				42				88				21				114		**458**

CLOROFICEAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Senedesmus sp									10	8	9	9																	1.14
total											**27**																		**3.43**
Conversión Sournia (1978)											**38**																		**38**
COCOLITOFORIDOS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Caliptrolipthophora sp																									2	4	3	3	0.43
Pontosphaera sp																									7	9	8	8	1.57
total																											**42**		**6.00**
Conversión Sournia (1978)																											**58**		**58**
total de organismos			232				492				204				113				525				404				935		**2906**

Estación AAA

DIATOMEAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Achnanthes brevipes																					3	4	5	4					0.57
Actinoptychus senarius									3	1	2	2																	0.29
Actinoptychus sp																					2	2	2	2					0.29
Amphora sp	9	6	6	7					1	3	3	3									4	3	3	3	18	12	27	19	4.57
Asterionella glacialis													7	8	12	9					4	0	2	2					1.57
Bacillaria paxilifera																					15	17	13	15					2.14
Bacteriastrum comosum													4	2	3	3					6	12	9	9	4	4	4	4	2.29
Bacteriastrum furcatum													2	2	2	2													0.29
Bacteriastrum sp									1	1	4	2	0	1	2	1					7	3	5	5	4	2	3	3	1.57
Bellerochea malleus																					7	6	11	8					1.14
Bleakeleya notata					1	0	2	1									4	6	2	4	2	4	3	3					1.14
Campylosira sp													3	4	5	4													0.57
Cerataulus sp																	3	1	2	2									0.29
Ceratulina pelagica													3	0	3	2	0	3		2					3	3	9	5	1.21
Chaetoceros affinis																									2	1	0	1	0.14
Chaetoceros costatus					3	3	3	3					12	15	15	14	1	2	3	2					18	12	18	16	5.00
Chaetoceros danicus					7	3	5	5													12	18	14	15	1	4	2	2	3.14
Chaetoceros decipiens									0	2	1	1	2	2	2	2	4	3	5	4	27	27	18	2	10	11	15	12	3.00
Chaetoceros didymus													3	1	2	2					12	17	9	13				0	2.10
Chaetoceros lorenzianus					6	4	2	4					5	3	4	4									11	12	13	12	2.86
Chaetoceros pseudocurvicetus													6	3	6	5									2	5	7	5	1.38
Chaetoceros socialis													7	10	10	9					5	2	4	4					1.81
Chaetoceros subtilis																	4	1	4	3	12	1	1	5	4	6	2	4	1.67
Climacosphenia moniligera													2	2	2	2													0.29
Climacosphenia sp																									2	0	1	1	0.14
Coscinodiscus centralis					2	2	2	2																					0.29
Coscinodiscus radiatus									1	2	0	1													1	1	1	1	0.29
Coscinodiscus sp									2	0	1	1	3	2	1	2													0.43
Cyclophora tenuis													4	3	2	3													0.43
Cyclotella sp																									1	2	3	2	0.29
Cylindrotheca closterium									8	10	9	9					3	2	1	2	0	3	0	1	1	1	1	1	1.86
Cymbella sp									1	0	2	1									4	4	4	4	1	2	0	1	0.86
Dimerogramma sp																					4	5	3	4					0.57
Diploneis sp									2	3	1	2									6	9	6	7					1.29
Ditylum brightwelii									1	0	2	1									2	0	1	3	3	1	2	2	0.86

DIATOMEAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Entomoneis sp																									0	2	1	1	0.14
Eucampia zodiacus																													0.00
Eupodiscus sp																					1	2	3	2					0.29
Florella sp																									0	3	0	1	0.14
Fragilaria sp													2	2	2	2				0	0	3	0	1					0.43
Fragilariopsis sp																	12	10	14	12									1.71
Girosigma sp									2	2	2	2	2	3	4	3													0.71
Guinardia flacida																					1	1	1	1					0.14
Guinardia striata	0	3	0	1	6	3	6	5					7	9	9	8	42	51	21	38	3	4	5	4	8	12	10	10	9.48
Gyrosigma robustum																					3	4	2	3					0.43
Helicotheca tamesis																									1	1	1	1	0.14
Hemiaulus membranacea																									1	2	3	2	0.29
Hemiaulus sp																					4	2	3	2					0.29
Leptocilindrus danicus	2	3	1	2																									0.29
Licmophora remulus	1	2	3	2									2	2	4	3													0.67
Lithodesmium undulatum																					4	1	1	2					0.29
Melosira sp					5	3	4	4																					0.57
Meuneria membranacea					3	1	2	2	2	3	1	2					3	1	5	3									1.00
Navicula sp																	3	0	0	1									0.14
Nitzchia sigma													0	2	0	1													0.10
Nitzschia delicatissima																					2	7	3	4					0.57
Nitzschia longa																					9	7	11	9					1.29
Nitzschia sp																					0	2	3	3					0.48
Plagiogramma sp													1	1	1	1					2	0	4	2					0.43
Pleurosigma angulata	0	1	2	1																									0.14
Pleurosigma fasciola																					1	1	1	1					0.14
Pleurosigma formosum																					2	1	0	1					0.14
Pleurosigma sp																					12	9	12	11					1.57
Proboscia alata					3	0	3	2													3	1	3	2	0	0	3	1	0.76
Pseudoguinardia recta													1	0	2	1													0.14
Pseudonitzschia pugens													6	3	3	4					2	4	1	2	2	2	1	2	1.14
Pseudosolenia calcar-avis	1	1	1	1	3	0	0	1					1	1	1	1					5	7	3	5	5	5	3	4	1.76
Rhizosolenia castracanei					3	6	6	5													3	6	3	2	1	1	1	1	1.14
Rhizosolenia debyana					7	2	6	5																					0.71
Rhizosolenia fallax					10	13	13	12																	1	2	0	1	1.86
Rhizosolenia imbricata					3	1	2	2	1	3	2	2	3	3	6	4					3	1	2	2	3	0	3	2	1.71
Rhizosolenia setigera	0	3	0	1	4	6	2	4					12	9	11	11					3	3	3	3	1	2	2	2	2.90

DIATOMEAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Rhizosolenia styliformis																					4	3	8	5	2	1	3	2	1.00
Skeletonema costatum	6	12	9	9	9	6	9	8					2	0	4	2					3	0	0	1	25	20	24	23	6.14
Stephanopyxis sp	3	2	4	3																					4	2	5	4	0.95
Striatella interrupta					1	1	1	1																	6	4	4	5	0.81
Striatella unipunctata					3	0	0	1													7	5	4	5					0.86
Synedra longisima													2	2	2	2													0.29
Synedra ondulata													3	4	2	3													0.43
Synedra sp													4	6	8	6													0.86
Thalassionema frauenfeldi													5	4	9	6													0.86
Thalassionema nitzschioide																					6	6	9	7	5	5	2	4	1.57
Thalassiosira sp																					9	11	13	11	10	2	6	6	2.43
Thalassiothrix mediterranea													1	1	1	1													0.14
Thalassiothrix sp													2	3	0	2													0.24
Tropidoneis sp									1	0	1	1																	0.10
total		**81**				**201**				**87**				**372**				**216**				**675**				**486**			**302.57**
Conversión Sournia (1978)		**113**				**279**				**121**				**517**				**300**				**938**				**675**			**2942**

DINOFLAGELADOS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Alexandrium sp	1	0	2	1													0	1	2	1					2	2	2	2	0.57
Ceratium furca	2	2	2	2																	1	0	2	1					0.43
Dinophysis caudata	1	1	1	1																									0.14
Gonyaulax sp					1	2	3	2									2	0	1	1					0	2	1	1	0.57
Gyrodinium sp																									1	1	1	1	0.14
Lingulodinium sp	0	1	2	2	0	0	3	1																	2	0	1	1	0.50
Noctiluca sp																									3	1	2	2	0.29
Peridinium sp					1	1	1	1																					0.14
Phalacroma sp																									1	1	1	1	0.14
Podolampas palmipes	1	1	1	1																	3	0	0	1					0.29
Prorocentrum gracile					3	2	1	2																					0.29
Protoperidinium steinii													0	3	0	1					3	1	3	2	0	0	3	1	0.57
Pyrodinium bahamense																	2	5	5	4									0.29
Pyrophacus sp																					2	2	2	2					0.29
Scrippsiella sp					1	0	2	1																					0.14
total		**18**				**21**								**3**				**17**				**19**				**27**			**14.57**
Conversión Sournia (1978)		**25**				**29**								**4**				**24**				**26**				**38**			**146**

CIANOBACTERIAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	**Abun. Rel**
Lyngbia	9	6	9	8													54	51	45	50					34	47	39	40	14.00
Mycrocystis sp (colonias)	30	36	21	29																									4.14
Oscillatoria sp	10	7	11	9	25	29	27	27	2	0	0	1					1	1	1	1									5.57
Spirulina sp									5	4	6	5																	0.71
Tricodesmium sp	45	34	38	39					8	10	6	8					5	8	9	7	15	20	16	17					10.00
total			**256**				**81**				**41**								**174**				**51**				**120**		**102.71**
Conversión Sournia (1978)			**356**				**113**				**57**								**242**				**71**				**167**		**1004**

CLOROFICEAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	**Abun. Rel**
Chroococcus sp (colonias)	6	3	3	4																									0.57
Chlorophaeropsis sp													6	4	5	5													0.71
total			**12**												**15**														**3.86**
Conversión Sournia (1978)			**17**												**21**														**38**

COCOLITOFORIDOS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	**Abun. Rel**
Calyptrosphaera sp	2	1	3	2																									0.29
total			**6**																										**1.71**
Conversión Sournia (1978)			**8**																										**8**
total de organismos			518				421				178				542				565				1035				879		**4138**

Estación Y1

DIATOMEAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Amphora sp																					3	0	3	2					0.33
Asterionella glacialis	6	6	9	7									18	24	18	20	16	12	20	16					21	19	17	19	7.00
Aulacoseira sp																					3	1	2	2					0.33
Bacillaria paxilifera	10	8	9	9													14	12	16	14									3.83
Bacteriastrum comosum	6	4	5	5																	18	10	11	20					4.08
Bacteriastrum delicatulum	2	0	1	1																	2	1	0	1					0.33
Bacteriastrum furcatum	2	2	2	2	1	0	2	1																					0.50
Bacteriastrum sp	2	4	3	3									2	0	1	1	7	10	6	8	6	3	3	4	2	0	1	1	2.61
Biddulphia aurita									6	10	14	11					1	1	1	1									1.94
Bleakeleya notata	3	2	1	2																	2	0	1	1					0.50
Ceratulina pelagica	1	2	0	1																					1	1	1	1	0.33
Chaetoceros affinis					3	2	1	2													1	3	5	3	11	15	12	13	3.00
Chaetoceros constrictus					12	18	15	15																					2.50
Chaetoceros curvicetus	1	1	1	1	6	5	4	5					2	2	2	2	11	7	9	9					7	9	11	9	4.00
Chaetoceros decipiens	5	4	4	4	6	6	9	7													5	7	3	5	1	0	2	1	2.89
Chaetoceros didymus	2	2	2	2													2	4	3	3	4	2	3	3					1.33
Chaetoceros difficilis	5	4	6	5																									0.83
Chaetoceros gracilis	3	3	0	2													3	7	8	6	1	0	2	1					1.17
Chaetoceros pelagicus	3	2	1	2									4	2	3	3													0.33
Chaetoceros sp	6	7	5	6	7	7	3	6					3	3	3	3	3	1	2	2									2.28
Chaetoceros tortissimus	3	3	3	3	1	3	0	1					6	6	6	6													0.72
Coscinodiscus sp					1	3	3	2					3	0	3	2	3	4	5	4									1.06
Cyclophora sp	5	3	4	4													2	2	2	2									1.00
Cylindrotheca closterium	6	5	5	5					6	8	7	7	4	3	2	3	3	5	7	5					1	1	1	1	3.33
Entomoneis sp																					1	1	1	1					0.17
Fragilaria sp																					0	1	2	1					0.17
Fragilariopsis sp																	3	2	1	2									0.33
Grammatophora marina	3	3	6	4																									0.67
Guinardia flacida	0	1	2	1													1	1	1	1									0.33
Guinardia striata	4	6	5	5	0	3	0	1					2	5	2	3	2	0	4	2									1.33
Gyrosigma sp									2	2	2	2																	0.33
Helicotheca sp																	3	4	2	3									0.50
Leptocilindrus danicus									2	4	1	2					2	6	5	4					3	4	2	3	1.61
Lithodesmium sp	3	2	1	2													7	7	4	6									1.33
Mastogloia minuta	3	1	2	2																									0.33

DIATOMEAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Mastogloia sp	1	0	2	1									2	1	0	1													0.17
Melosira sp	2	2	2	2																									0.33
Meuneria membranacea	2	3	4	7	6	2	4	4																					1.83
Navicula sp																	3	4	4	4									0.61
Navicula transitans									3	5	3	4																	0.61
Nitzschia delicatissima																					2	0	1	1					0.17
Nitzschia longa	0	3	0	1																									0.17
Nitzschia longisima									5	4	6	5																	0.83
Nitzschia sp									2	2	4	3																	0.44
Pleurosigma sp	1	3	2	2	6	6	2	5					1	1	1	1	3	4	5	4									1.78
Proboscia alata	6	8	4	6																									1.00
Pseudoguinardia recta	15	11	13	13	3	5	1	3																					2.67
Pseudo-nitzschia delicatissima	2	2	2	2									8	4	6	6													0.33
Pseudonitzschia pugens	2	1	0	1	7	6	5	6																					1.17
Pseudo-nitzschia seriata	4	2	3	3									7	6	5	6	0	1	1	1									0.61
Pseudonitzschia sp													5	4	6	5													0.00
Pseudosolenia calcar-avis	2	4	3	3	19	14	17	17									1	2	3	2									3.61
Rhizosolenia acicularis	4	3	2	3																									0.50
Rhizosolenia castracanei					5	9	7	7																					1.17
Rhizosolenia fallax	0	3	0	1	1	3	2	2																					0.50
Rhizosolenia formosa	1	1	1	1													1	1	1	1									0.33
Rhizosolenia imbricata																	1	2	3	2					2	2	2	2	0.67
Rhizosolenia pungens	1	4	2	2	9	7	9	8																					2.89
Rhizosolenia setigera	0	3	0	1									6	9	9	8	12	11	13	12	1	3	2	2					2.50
Rhizosolenia styliformis	4	2	0	2	2	2	2	2																					0.67
Skeletonema costatum									51	63	48	54	12	12	3	9	27	27	15	23					12	12	15	13	15.00
Stephanopyxis sp	3	0	0	1													8	8	6	7									1.39
Striatella unipunctata					4	2	3	3													2	4	3	3					1.00
Synedra ondulata													0	3	0	1													0.00
Synedra sp													1	1	1	1	2	2	3	2									0.39
Thalassionema frauenfeldi																	10	6	8	8									1.33
Thalassionema nitzschioide	4	3	5	4									4	6	2	4													0.67
Thalassiothrix sp									9	5	7	7	4	2	3	3	4	2	3	3									1.67
Trachyneis aspera	1	2	0	1																									0.17
total		**396**				**291**				**288**				**264**				**471**				**129**				**189**			**289.71**
Conversión Sournia (1978)		**550**				**404**				**400**				**367**				**654**				**179**				**263**			**2817**

DINOFLAGELADOS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Alexandrium catanella																	0	0	3	1	0	3	3	2	3	0	0	1	0.57
Alexandrium monilatum									11	13	12	12																	1.71
Ceratium furca																	3	2	0	2									0.29
Alexandrium sp	4	2	3	3	6	9	11	9																					1.86
Ceratium fusus																	3	0	0	1									0.14
Ceratium teres									20	13	16	16																	2.33
Ceratium trichoceros	8	9	6	8	9	5	4	6																					1.95
Dinophysis caudata	2	2	2	2																									0.29
Fragilidinium sp					2	0	4	2																					0.29
Gambierdiscus sp					1	1	1	1																					0.14
Goniodoma sp	5	3	4	4					3	5	8	5													2	0	1	1	1.48
Gonyaulax polygramma									3	6	3	4																	0.57
Gonyaulax sp	7	4	5	5									1	2	0	1													0.90
Gonyaulax spinifera					3	3	9	5																					0.71
Gonyaulux verior	1	3	2	2					11	9	12	11																	1.81
Gymnodinium uncatenatum					0	3	0	1																					0.14
Karenia sp					2	5	2	3																					0.43
Lingulodinium sp	3	0	0	1	9	6	3	6	3	3	6	4																	1.57
Ostreopsis sp	2	4	0	2																									0.29
Peridinium sp					3	3	6	4																					0.57
Phalacroma sp									1	1	2	1									0	0	3	1					0.29
Podolampas palmipes													1	1	1	1													0.14
Polikrikos sp									12	15	5	11																	1.67
Pronoctiluca sp	0	0	3	1	0	0	3	1																					0.29
Prorocentrum sp					3	3	6	4													5	2	3	3					1.14
Prorocentrum gracile					1	1	1	1																					0.14
Protoperidinium conicum					4	5	3	4																					0.57
Protoperidinium depressum	1	1	1	1				0									3	3	0	2									0.43
Protoperidinium excentricum					0	4	2	2																					0.29
Protoperidinium leonis													1	3	0	1													0.29
Protoperidinium steinii	3	2	4	3																	4	7	3	5					1.00
Pyrodinium bahamense	0	3	0	1	18	15	36	23																.					3.43
Pyrophacus sp																					0	0	3	1					0.14
total		**99**				**215**				**193**				**10**				**17**				**36**				**6**			**83.57**
Conversión Sournia (1978)		**138**				**299**				**268**				**14**				**24**				**50**				**8**			**800**

CIANOBACTERIAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Nostoc sp	9	15	12	12																									1.71
Oscillatoria sp	27	24	18	23																									3.29
total			**105**																										**15.00**
Conversión Sournia (1978)			**146**																										**146**

CLOROFICEAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Senedesmus sp	0	2	3	2																									0.29
Chlorosarcinopsis sp													3	4	3	3													0.57
total			**5**												**10**														**2.57**
Conversión Sournia (1978)			**7**												**14**														**21**

COCOLITOFORIDOS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Cruciplacolithus sp	2	1	0	1																					4	3	5	4	0.71
total			**3**																								**12**		**2.14**
Conversión Sournia (1978)			**4**																								**17**		**21**
total de organismos			844				703				668				394				678				229				288		**3805**

Estación G1

DIATOMEAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Actinocyclus sp																					1	1	3	2					0.24
Actinoptychus senarius													7	7	4	6													0.86
Amphipora sp	8	9	10	9	2	2	2	2																					1.57
Amphora obtusa													0	3	0	1					4	3	2	3					0.57
Asterionella glacialis	1	0	2	1					15	12	18	15	7	5	6	6	3	4	2	3	4	2	3	3	6	3	3	4	4.57
Bacteriastrum sp	8	3	4	5	0	2	1	1									0	0	3	1	6	3	12	7	1	2	0	1	2.14
Biddulphia alternans									1	1	1	1									0	3	0	1					0.29
Bidulphia rhombus	4	2	3	3																	5	5	5	5					1.14
Bleakeleya notata																	3	3	3	3									0.43
Ceratulina pelagica																	3	7	5	5									0.71
Chaetoceros atlanticus																									3	8	7	6	0.86
Chaetoceros constrictus													2	2	2	2													0.29
Chaetoceros costatus																	6	2	4	4									0.57
Chaetoceros curvicetus					0	2	1	1									2	3	4	3					6	6	10	7	1.62
Chaetoceros danicus																	1	1	1	1									0.14
Chaetoceros decipiens					3	6	6	5	6	6	6	6					13	6	11	10	9	7	5	7					4.00
Chaetoceros didymus													1	2	3	2	7	5	12	8	2	2	2	2					1.71
Chaetoceros difficilis																					12	3	3	6					0.86
Chaetoceros diversus																	3	3	3	3									0.43
Chaetoceros lorenzianus	1	2	0	1																	2	2	2	2					0.43
Chaetoceros sp	3	3	6	4	3	1	2	2									1	1	1	1	2	3	1	2					1.29
Coscinodiscus centralis					0	3	0	1																					0.14
Coscinodiscus sp					2	1	0	1																	1	2	0	1	0.29
Cyclophora sp	3	3	6	4																	6	5	4	5					1.29
Cyclotella sp																					3	0	0	1					0.14
Cylindrotheca closterium	21	27	27	25	2	2	2	2													13	14	24	17					6.29
Dentonula sp																					9	6	6	7					1.00
Dimerogramma sp																					1	2	0	1					0.14
Diploneis didyma																					6	3	6	5					0.71
Diploneis sp																					2	4	3	3					0.43
Florella sp	1	0	2	1													4	1	1	2	3	0	3	2	0	2	1	1	0.86
Fragilaria sp																	0	0	3	1	8	7	6	7					1.14
Fragilariopsis sp																					6	6	0	4					0.57
Gyrosigma sp					2	1	3	2									3	0	3	2	8	5	5	6	1	1	1	1	1.57
Grammatophora marina																					2	3	7	4					0.57
Guinardia delicatula	6	6	6	6																									0.86

DIATOMEAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Guinardia flacida													3	2	4	3													0.43
Guinardia striata	5	3	7	5					6	4	8	6					3	0	0	1	2	2	2	2					2.00
Helicotheca tamesis																	5	6	3	5									0.71
Hemiaulus hauckii					1	1	1	1																					0.14
Leptocilindrus danicus									3	3	9	5					0	1	2	1									0.86
Licmophora remulus	1	3	2	2																									0.29
Lithodesmium undulatum																					6	5	3	5					0.67
Mastogloia minuta	7	8	6	7																									1.00
Mastogloia sp	2	2	2	2																									0.29
Melosira sp	3	3	6	4																	10	10	10	12					2.29
Meuneria membranacea	2	2	2	2													7	5	6	6									1.14
Navicula granii				0									2	0	1	1													0.14
Navicula lyra	3	0	3	2																									0.29
Navicula sp	1	2	0	1													3	3	3	3									0.57
Navicula transitans					3	0	0	1													1	3	2	2					0.43
Nitzchia sigma	1	2	3	2									6	3	3	4													0.86
Plagiogramma sp				0	2	1	0	1													7	6	5	6					1.00
Pleurosigma	3	6	3	4	1	1	1	1																					0.71
Pleurosigma angulata													2	2	2	2													0.29
Pleurosigma elongatum	3	2	6	4																									0.52
Proboscia alata	2	4	3	3	1	0	2	1									3	3	0	2	2	2	2	2	2	1	0	1	1.29
Pseudoguinardia recta	3	3	3	3																									0.43
Pseudo-nitzschia delicatissima	6	3	9	6																									0.86
Pseudo-nitzschia seriata					1	2	3	2					6	6	3	5													1.00
Pseudonitzschia sp	3	3	6	4									3	1	2	2	2	0	4	2									1.14
Pseudosolenia calcar-avis	2	2	2	2	6	9	12	9					30	15	27	24	3	0	0	1	1	0	2	1					5.29
Rhizosolenia castracanei					3	2	4	3					9	10	5	8				0	1	1	1	1					1.71
Rhizosolenia debyana													0	3	3	2	3	3	0	2									0.57
Rhizosolenia decipiens													6	7	5	6													0.86
Rhizosolenia delicatissima													6	3	3	4													0.57
Rhizosolenia fallax	3	3	3	3	9	12	6	9									3	0	0	1	5	2	6	4					2.48
Rhizosolenia formosa					3	2	4	3					0	3	3	2	7	6	2	5									1.43
Rhizosolenia imbricata					18	15	9	14					19	21	21	20	15	9	12	12					6	3	6	5	7.33
Rhizosolenia ostenfeldii													3	4	2	3													0.43
Rhizosolenia pungens	3	5	4	4																	2	1	2	2	2	5	2	3	1.24
Rhizosolenia setigera					2	2	2	2									3	2	1	2	6	9	3	6					1.43
Rhizosolenia sp	0	2	1	1	3	0	6	3									1	3	5	3									1.00

DIATOMEAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Rhizosolenia striata													5	4	8	6													0.81
Rhopalodias sp																					1	1	1	1					0.14
Skeletonema costatum					6	10	8	8	30	27	21	26	0	3	3	2	2	2	2	2	21	18	27	22	2	1	3	2	8.86
Stephanopyxis sp					1	1	1	1									9	7	5	7									1.14
Striatella interrupta																	5	7	3	5									0.71
Synedra ondulata																	1	1	1	1									0.14
Thalassionema nitzschioide	10	6	6	7																	2	3	1	2					1.33
Thalassiosira sp	1	2	0	1													3	0	3	2					5	3	4	4	1.00
Thalassiothrix sp	3	6	6	5																									0.71
Trachyneis aspera																					1	1	1	1					0.14
Tropidoneis sp					1	2	3	2					2	4	3	3					0	1	1	1					0.81
total		399				234				177				342				330				513				109			**300.57**
Conversión Sournia (1978)		**554**				**325**				**246**				**475**				**458**				**713**				**151**			**2922**

DINOFLAGELADOS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Alexandrium catanella	14	16	18	16																					5	7	8	7	3.24
Alexandrium monilatum													0	3	3	2													0.29
Alexandrium sp									12	19	20	17									4	2	3	3					2.86
Ceratium candelabrum					3	0	0	1																					0.14
Ceratium furca	8	7	3	6					0	*3*	6	3																	1.29
Dinophysis acuminata	9	4	12	8									2	0	1	1													1.33
Dinophysis caudata	5	3	6	5																									0.67
Dinophysis lenticula	4	2	3	3									1	3	2	2													0.71
Fragilidinium sp	4	2	3	3																									0.43
Goniodoma sp									1	2	3	2					1	2	0	1									0.43
Gonyaulax sp	12	15	12	13					9	6	9	8	9	9	6	8									0	3	0	1	4.29
Gonyaulux verior	2	2	2	2																									0.29
Gymnodinium sp									10	8	9	9																	1.29
Karenia sp									4	8	11	11																	1.57
Lingulodinium sp									9	8	9	9																	1.24
Ostreopsis sp	9	5	5	6													1	1	1	1									1.05
Phalacroma sp	6	3	3	4													1	1	1	1									0.71
Podolampas palmipes	2	2	2	2					1	2	3	2																	0.57
Polikrikos sp									4	3	4	4																	0.52
Prorocentrum sp					1	1	1	1									2	1	4	2									0.48

DINOFLAGELADOS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Prorocentrum gracile	11	7	5	8																									1.10
Prorocentrum micans					3	3	0	2																					0.29
Protoperidinium depressum	10	11	9	10									2	2	2	2					5	2	2	3					2.14
Protoperidinium excentricum					3	1	2	2																					0.29
Protoperidinium leonis					1	0	2	1	4	4	5	4																	0.76
Protoperidinium steinii	34	22	21	26									1	2	3	2	4	2	2	3	3	0	4	2					4.67
Pyrodinium bahamense	3	2	2	2	3	4	2	3	15	10	12	12																	2.52
Pyrophacus sp					3	0	0	1	12	8	8	9																	1.48
Scrippsiella sp									7	7	4	6																	0.86
total		342				33				279				51				24				25				23			**111.00**
Conversión Sournia (1978)		**475**				**46**				**388**				**71**				**33**				**35**				**32**			**1080**

CIANOBACTERIAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Lyngbia																					20	13	18	17	75	60	45	60	11.0
Mycrocystis sp (colonias)									2	2	1	2																	0.24
Oscillatoria sp					0	0	3	1	8	10	12	10					2	4	3	3									2.00
Tricodesmium sp	24	20	18	21																	25	21	20	22	4	2	2	3	6.48
total		62				3				35								9				117				188			**59.14**
Conversión Sournia (1978)		**86**				**4**				**49**				**0**				**13**				**163**				**261**			**575**

CLOROFICEAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Chlorophaeropsis sp					14	15	10	13																					1.86
Chlorosarcinopsis sp					12	16	20	16																					2.29
Selenastrum sp													15	9	18	14													2.00
Senedesmus sp													2	2	2	3													0.43
total						87								51															**19.71**
Conversión Sournia (1978)						**121**								**71**															**192**

COCOLITOFORIDOS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Caliptrolipthophora sp																									8	3	2	4	0.62
total																										13			**1.86**
Conversión Sournia (1978)																										**18**			**18**
total de organismos		1115				354				491				444				363				655				333			4785

Estación G2

DIATOMEAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Actinocyclus sp																	6	6	6	6									0.86
Amphora obtusa																					0	1	2	1	3	2	1	2	0.43
Amphora sp																	0	3	0	1									0.14
Asterionella glacialis	6	10	11	9									9	3	6	6	30	18	24	24					8	5	7	7	6.57
Azpeitia sp																					1	0	2	1					0.14
Bacillaria paxilifera																	1	1	1	1	1	1		1					0.29
Bacteriastrum comosum																	0	0	3	1					3	3	0	2	0.43
Bacteriastrum furcatum					2	2	2	2									4	2	3	3					4	6	5	5	1.43
Bacteriastrum sp	1	3	2	2													18	3	3	8									1.43
Biddulphia aurita																	3	0	0	1	3	0	3	2					0.43
Bleakeleya notata																					0	2	1	1	2	3	4	3	0.57
Ceratulina pelagica																	1	2	0	1									0.14
Chaetoceros costatus																	3	4	5	4									0.57
Chaetoceros curvicetus																	7	6	8	7				9	9	12	27	19	3.71
Chaetoceros decipiens									9	12	6	9					4	2	3	3	4	6	2	4	11	10	12	11	3.86
Chaetoceros didymus																	15	18	9	14					12	6	10	9	3.33
Chaetoceros gracilis																	9	10	11	10									1.43
Chaetoceros lorenzianus																									2	4	3	3	0.43
Chaetoceros pelagicus																	3	9	0	4									0.57
Chaetoceros pseudocurvicetus																	5	7	3	5									0.71
Chaetoceros sp					0	0	3	1									7	5	3	5	0	0	3	1					1.00
Chaetoceros teres	5	4	3	4													6	9	9	8									1.71
Chaetoceros tortissimus																									2	3	1	2	0.29
Climacosphenia moniligera									2	5	2	3									15	15	3	11	2	4	3	3	2.43
Coscinodiscus centralis																	0	3	0	1	4	5	7	5					0.90
Coscinodiscus sp	0	0	3	1																	3	6	3	4					0.71
Cylindrotheca closterium	9	21	9	13													4	5	3	4	2	2	2	2					2.71
Dactyliosolen sp									1	1	1	1																	0.14
Ditylum brightwelii																									1	1	1	1	0.14
Entomoneis sp					0	0	3	1									1	0	2	1									0.29
Eucampia zodiacus	6	3	3	4																									0.57
Eupodiscus sp									6	8	4	6																	0.86
Florella sp																	0	2	1	1					1	2	0	1	0.29
Grammatophora marina	1	1	1	1													2	2	2	2	1	0	2	1	8	6	10	8	1.71
Guinardia flacida									1	2	0	1					9	9	9	9								0	1.43

DIATOMEAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Guinardia striata									3	0	0	1					4	5	3	4	4	7	6	6	27	48	42	39	7.10
Helicotheca tamesis																					1	1	1	1					0.14
Hemiaulus hauckii	7	5	6	6																	0	0	3	1	2	2	2	2	1.29
Istmia sp																					4	2	3	3	5	4	3	4	1.00
Leptocilindrus danicus	4	3	2	3																	1	0	2	1	3	2	1	2	0.86
Lithodesmium sp																	6	4	2	4									0.57
Lithodesmium undulatum																	6	6	6	6									0.86
Mastogloia exigua	5	4	3	4																									0.57
Mastogloia meisteri																					0	3	3	2					0.29
Mastogloia sp	2	2	2	2					2	0	1	1									3	6	6	5					1.14
Mastogloia splendida	2	2	5	3					1	1	1	1																	0.57
Melosira sp																					2	1	3	2					0.29
Navicula lyra																					0	3	0	1					0.14
Navicula sp	4	3	2	3																	1	0	0	0	1	2	3	2	0.76
Navicula transitans																					1	1	1	1					0.14
Nitzchia sigma																	3	2	1	2	0	3	3	2					0.57
Nitzschia longisima																	0	3	3	2					0	0	3	1	0.43
Nitzschia sp																					3	2	3	3					0.38
Plagiogramma sp	1	1	1	1													9	3	6	6									1.00
Pleurosigma angulata																					1	1	1	1					0.14
Pleurosigma elongatum	0	2	1	1																									0.14
Pleurosigma sp																	4	6	5	5	6	3	3	4					1.29
Proboscia alata																	1	1	1	1	0	2	0	1	7	2	6	5	0.95
Pseudoguinardia recta					1	2	0	1																	1	1	4	2	0.43
Pseudo-nitzschia delicatissima	3	2	0	3																									0.43
Pseudonitzschia pugens																	4	4	8	5									0.76
Pseudonitzschia sp																	24	19	20	21									3.00
Pseudosolenia calcar-avis	16	12	20	16	3	0	0	1									4	2	3	3	5	3	4	4					3.43
Rhizosolenia castracanei					2	3	4	3													1	0	0	0					0.48
Rhizosolenia crassa																					1	0	0	0	0	2	3	2	0.29
Rhizosolenia debyana					5	4	9	6																					0.86
Rhizosolenia delicatissima	1	0	2	1																									0.14
Rhizosolenia fallax					5	4	3	4													5	4	6	5					1.29
Rhizosolenia imbricata	7	3	5	5	14	16	12	14									3	3	3	3	9	5	9	8	5	4	4	4	4.86
Rhizosolenia ostenfeldii																					8	10	3	7	1	3	2	2	1.29
Rhizosolenia setigera					3	5	1	3	10	6	5	7					6	3	3	4	0	2	0	1					2.10
Rhizosolenia striata	5	2	2	3													4	2	2	3	2	4	4	3					1.33

DIATOMEAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Rhizosolenia styliformis	0	3	0	1	3	2	1	2													4	7	4	5					1.14
Rhopalodias sp									0	3	0	1									2	2	2	2					0.43
Skeletonema costatum	0	1	2	1					0	1	2	1					1	0	2	1	2	1	0	1	17	12	7	12	2.29
Stephanopyxis sp	2	3	4	3																									0.43
Thalassionema frauenfeldi									1	1	1	1									2	6	1	3					0.57
Thalassionema nitzschioide																									3	3	2	3	0.38
Thalassiothrix mediterranea																	8	6	9	8									1.10
Thalassiothrix sp																	11	6	10	9									1.29
Trachyneis aspera					0	0	3	1												0									0.14
Tropidoneis sp																	2	1	0	1									0.14
total	270				117				99				18				636				321				468				**275.57**
Conversión Sournia (1978)	**375**				**163**				**138**				**25**				**883**				**446**				**650**				**2679**

DINOFLAGELADOS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Alexandrium catanella																	2	1	3	2	3	2	4	3					0.71
Alexandrium monilatum					3	5	4	4																					0.57
Alexandrium sp	4	5	6	5					4	5	6	5	4	3	2	3													1.86
Ceratium furca	9	6	7	7													3	2	1	2	3	1	2	2					1.62
Ceratium lineatum									3	3	6	4	0	3	0	1													0.71
Ceratium macroceros					1	1	1	1																					0.14
Gambierdiscus sp									2	3	1	2																	0.29
Goniodoma sp									0	1	2	1	4	3	2	3													0.57
Gonyaulax sp									1	0	2	1					5	3	4	5									0.86
Gymnodinium sp									2	2	5	3																	0.43
Lingulodinium sp	7	8	5	7					0	0	3	1					3	3	6	4									1.67
Noctiluca sp	1	1	1	1					6	8	9	8									2	1	3	2					1.52
Ostreopsis sp									2	1	3	2					1	1	1	1									0.43
Peridinium sp	1	2	0	1																	0	3	3	2					0.43
Phalacroma sp	0	0	3	1																					2	2	2	2	0.43
Podolampas palmipes																					1	2	3	2					0.29
Pronoctiluca sp									1	1	1	1																	0.14
Prorocentrum sp					2	1	0	1																					0.14
Prorocentrum micans									0	2	1	1					1	2	0	1									0.29
Protoperidinium excentricum													2	2	5	3	0	3	0	1									0.57
Protoperidinium steinii	9	8	10	9					3	2	2	2	2	4	3	3	2	0	1	1	0	3	3	2					2.48

DINOFLAGELADOS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Pyrodinium bahamense									2	1	0	1					5	7	9	7									1.14
Pyrophacus sp									1	1	1	1	1	2	0	1													0.29
Scrippsiella sp																	4	3	2	3									0.43
total		93				18				99				42				81				39				6			**54.00**
Conversión Sournia (1978)		**129**				**25**				**138**				**58**				**113**				**54**				**8**			**525**

CLOROFICEAS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Chlorophaeropsis sp	1	1	1	1																									
Chlorosarcinopsis sp	1	2	0	1																									
Dunaliella sp									4	3	5	4	1	0	2	1													
total		6								12				3															**3.00**
Conversión Sournia (1978)		**8**								**17**				**4**															**29**

COCOLITOFORIDOS	JUL				AGO				SEP				OCT				DIC				MAR				ABR				
Especies	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$	Abun. Rel
Caliptrolipthophora sp									2	1	3	2																	0.28
total										6																			**0.86**
Conversión Sournia (1978)										**8**																			**8**
total de organismos		513				188				300				88				996				500				658			3241

Anexo 2. Promedio mensual de las concentraciones de Nitrógeno en las descargas de aguas usadas por parte del alcantarillado local en la Bahía de Mayagüez durante el periodo de estudio. Datos suministrados por la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados de Puerto Rico.

	PARAMETRO		
MES	**$NO^-_3 + NO^-_2$ (µg/L)**	**TKN (µg/L)**	**N- Total (µg/L)**
julio 2005	4.10	1.44	4.30
agosto 2005	Código 8*	1.07	0.15
septiembre 2005	1.32	0.85	1.32
octubre 2005	5.24	< 0.20	5.34
diciembre 2005	1.29	0.68	1.44
marzo 2006	2.31	2.11	3.51
abril 2006	1.08	Código 8*	1.080

* Código 8= Sin resultados

Anexo 3. Tabla de comparación de la abundancia del fitoplancton de la Bahía de Mayagüez con otros sistemas marinos.

Referencia	Localización	Método de muestreo	Abundancia
Ochoa y Tarazona (2003)	Bahía Independencia (Perú)	Cámaras Utermöhl	16549 Cel/50mL (Diat. pequeñas)
Avaria et. al. (2003)	Golfo Corcovado (Chile)	Cámaras Utermöhl y Camara Nageotte	400000 Cel/L (*Skeletonema costatum*)
Salbatier y Sánchez (2000)	Bahía Ferrol (Perú)	Cámara Neubauer	1.79 x 10^5 Cel/mL (*S. costatum, T. subtilis*)
Salbatier y Sanchez (2000)	Bahía Samanco (Perú)	Cámara Neubauer	2301 x 10^2 Cel/mL Dinoflagelados
Licea y Santoyo (1990)	Bahía Campeche (México)	Cámaras Utermöhl	20300 Cel/mL (Diat. pequeñas)
Hernandez- Becerril et al., (2000)	Golfo de México (sureste)	Campos ópticos	7.2 x 10^3 Cel/L
Peña y Pinilla (2002)	Ensenada de Utría (Colombia)	Cámaras Utermöhl	1471 Cel/mL
Leal et al. (2001)	Región nororiental de Cuba	Cámara Rigosha	2040 Cel/mL
Pérez y Spiniello (2000)	Bahía Morrocoy Venezuela (Costa occidental)	Cámara Neubauer	3079 Cel/mL
Santander et al. (2003)	Costa de Iquique (Chile)	Cámaras Utermöhl	2,08 x 10^3 Cel/mL
Estudio presente	Bahía de Mayagüez	Cámara Neubauer	4685 Cel/mL

Anexo 4. Algunas especies fitoplanctónicas encontradas en la Bahía de Mayagüez.

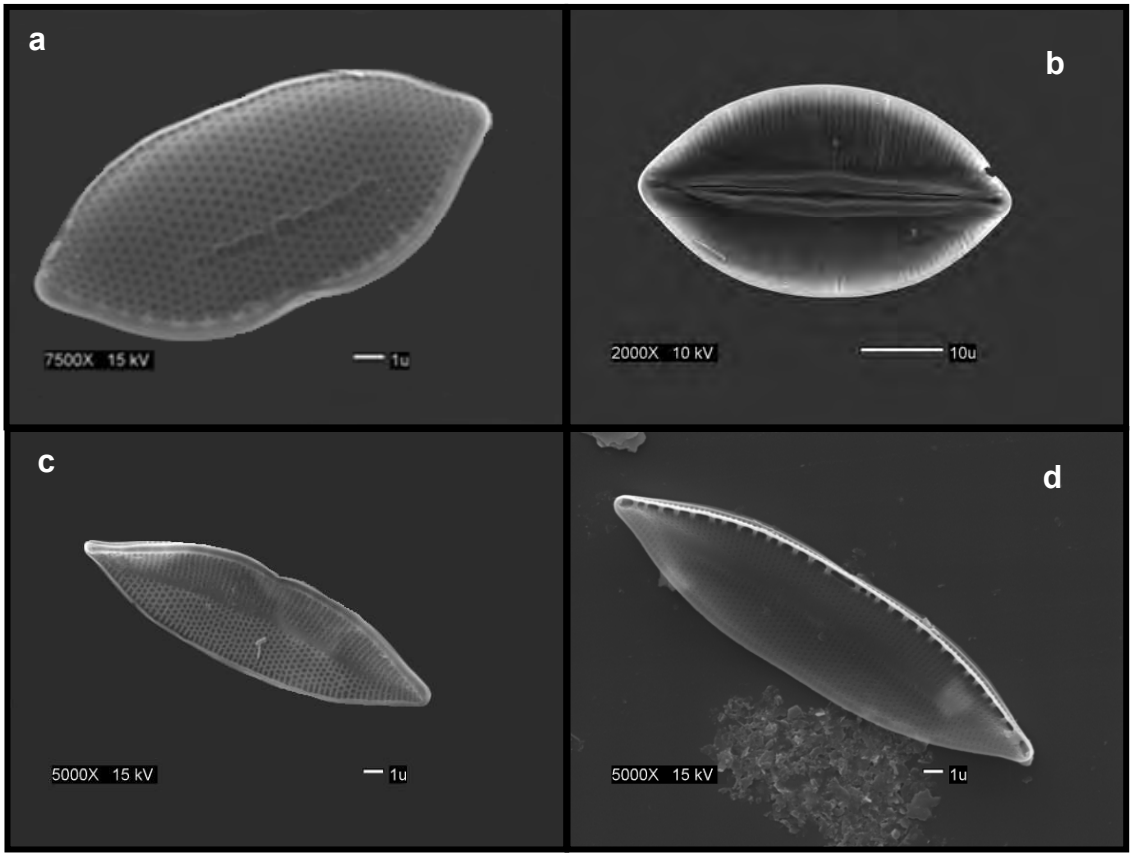

Lámina 1. Microscopía electronica de rastreo (MER) de diatomeas: a. *Nitzschia* sp. (Hassall) b, *Diploneis* sp. (Cleve); c-d. Vista externa *Psammodictyon* sp. (Gregory).

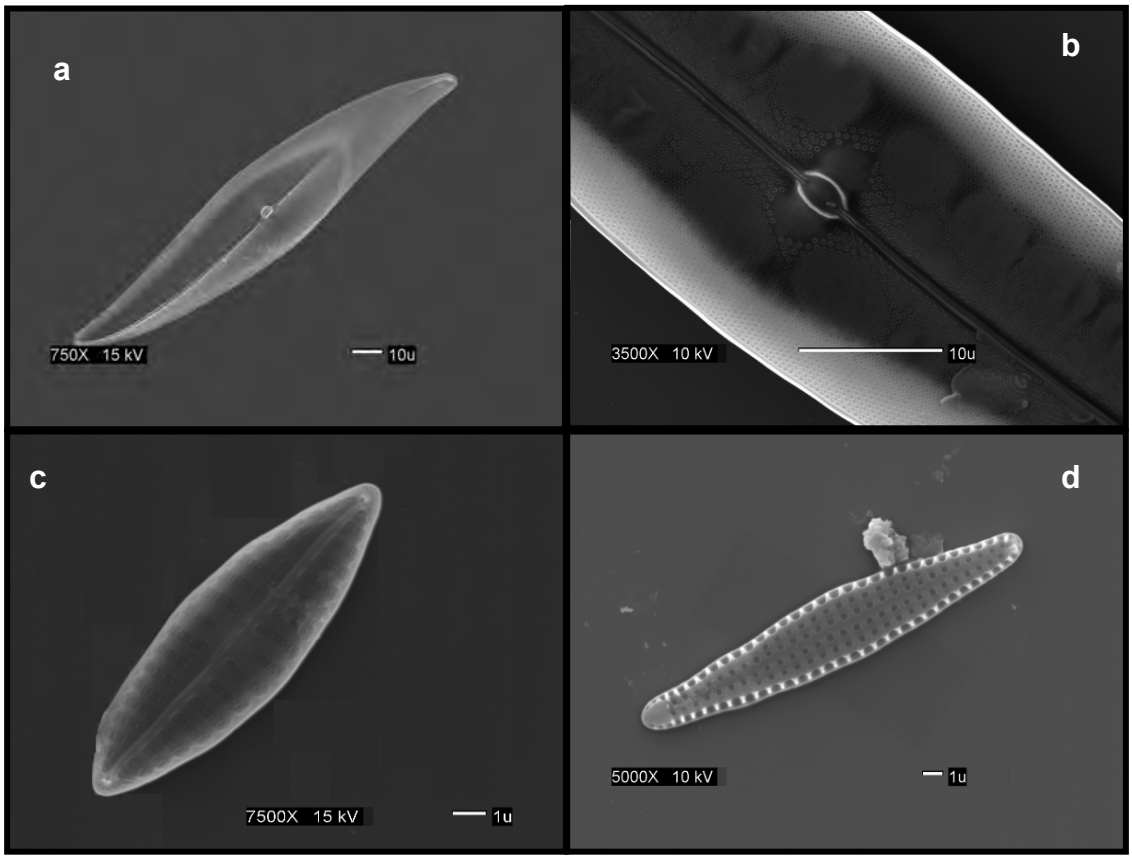

Lámina 2. MER de diatomeas: a- *Pleurosigma angulatum* (Quekett), vista interna. b. *P. Angulatum,* área central; c. *Navicula* sp. (Schütt); d. *Dimerogramma* sp. (Ralphs), parte externa.

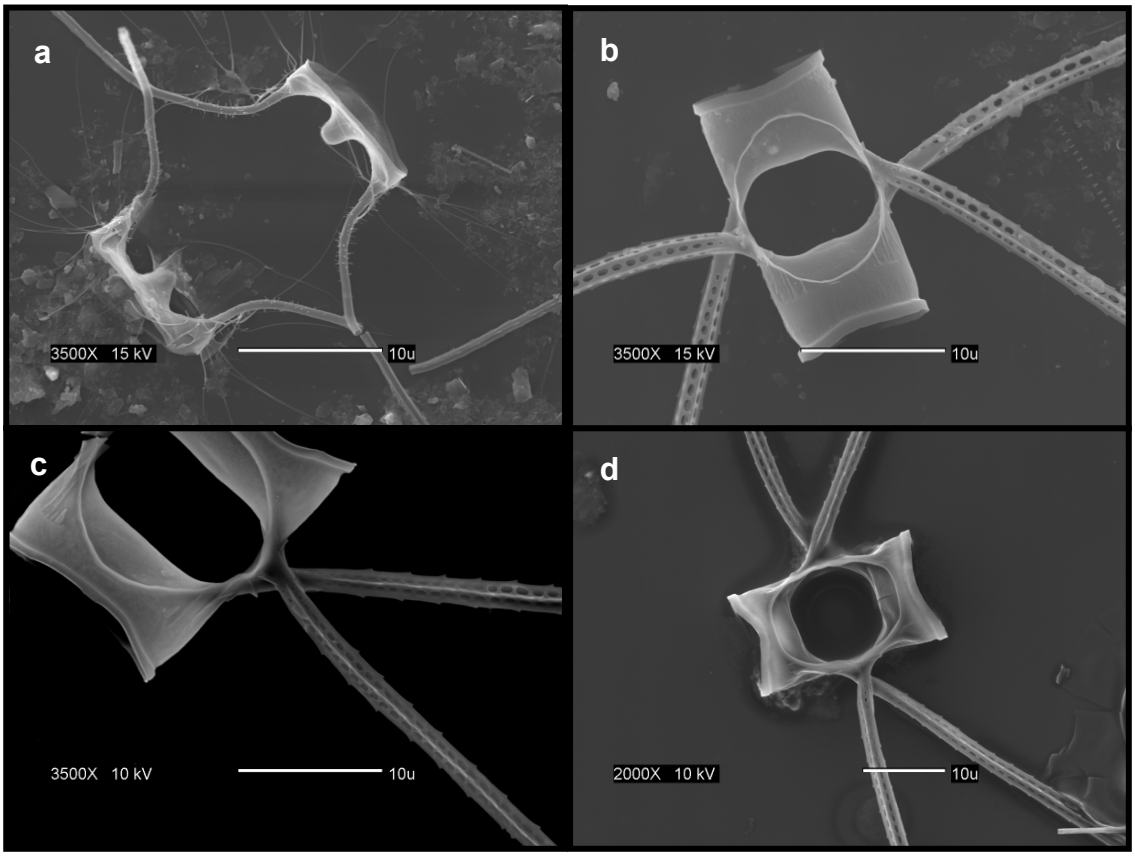

Lámina 3. MER de diatomeas: a. *Chaetoceros didymus* (Grunow); b. *Chaetoceros decipiens* (Cleve); c. *Chaetoceros lorenzianus* (Grunow); d. *Chaetoceros laciniosus* (Schütt).

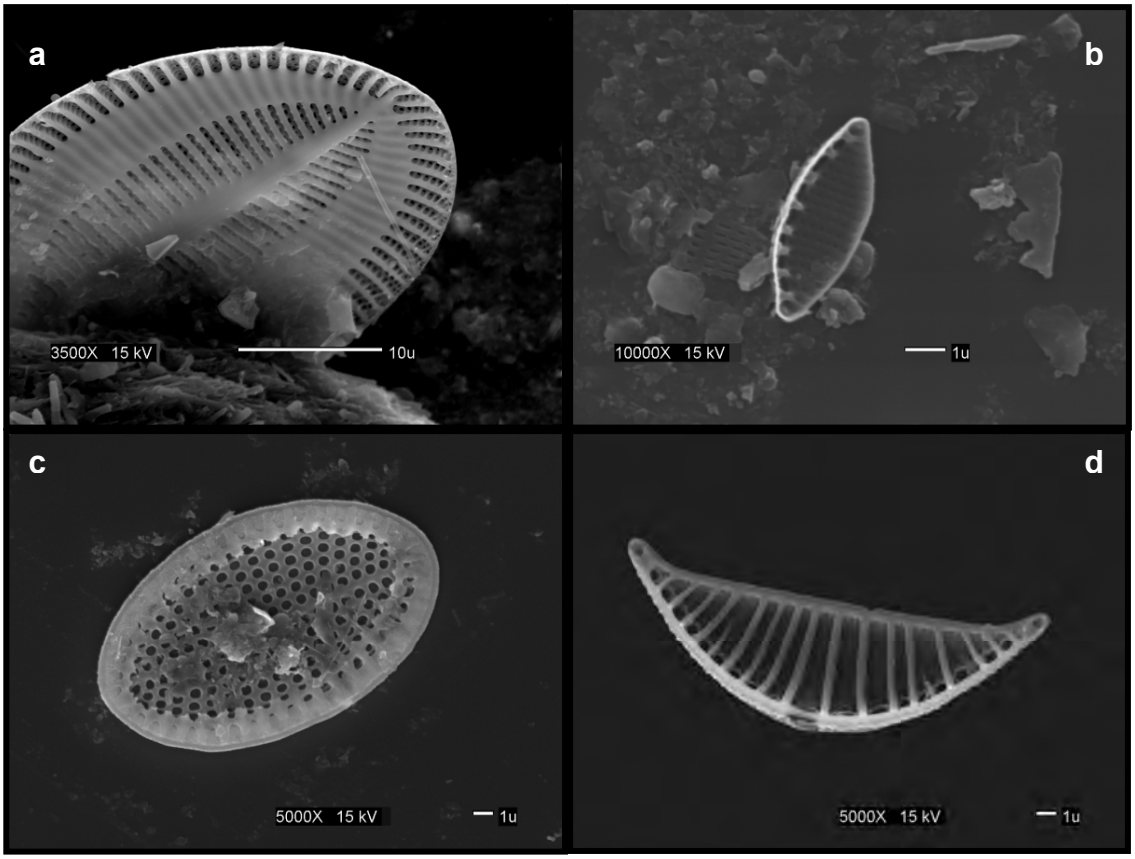

Lámina 4. MER de diatomeas: a. *Cocconeis britanica.* b. *Nitzschia* sp. (Hassall); c. C*occoneis scutellum* (Ehrenberg); d. *Rhopalodia* sp. (Müller).

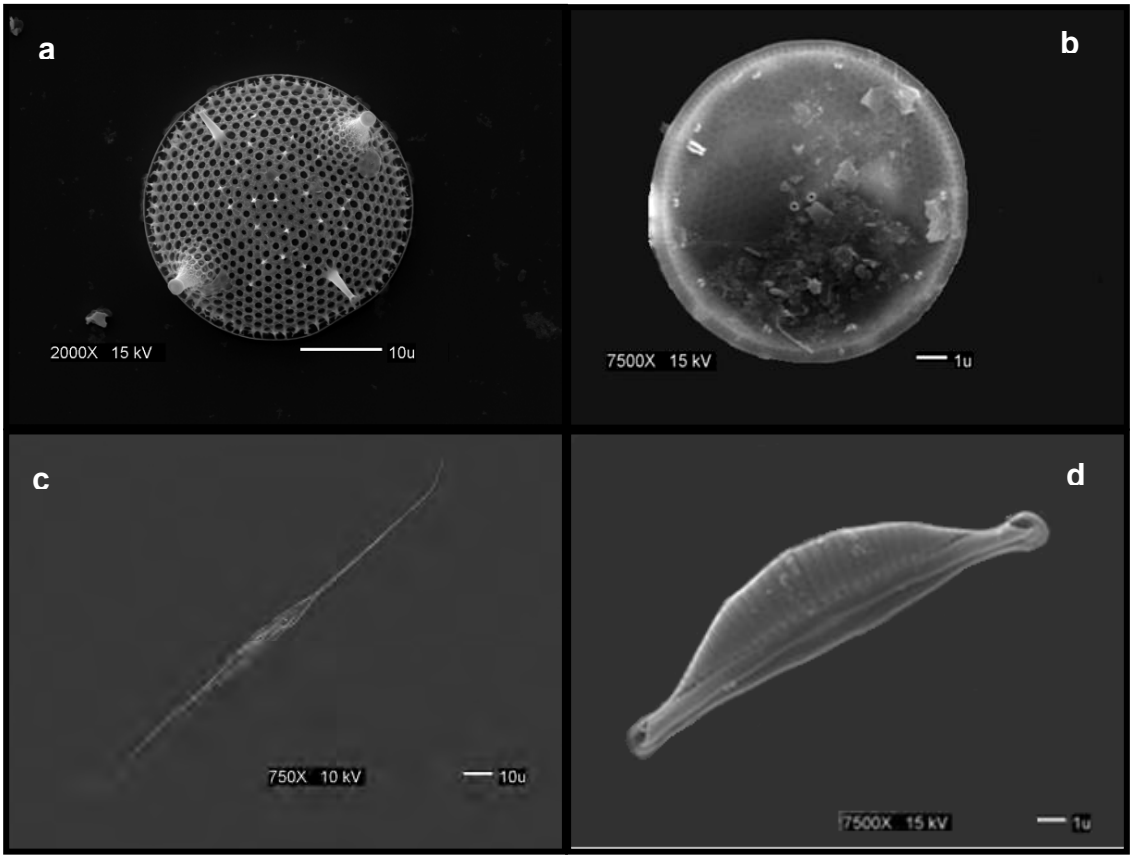

Lámina 5. MER de diatomeas: a. *Cerataulus smithii* (Ralfs); b.*Thalassiosira* sp. (Cleve), vista interna; c. *Cylindrotheca closterium*; d. *Amphora* sp. (Ehrenberg).

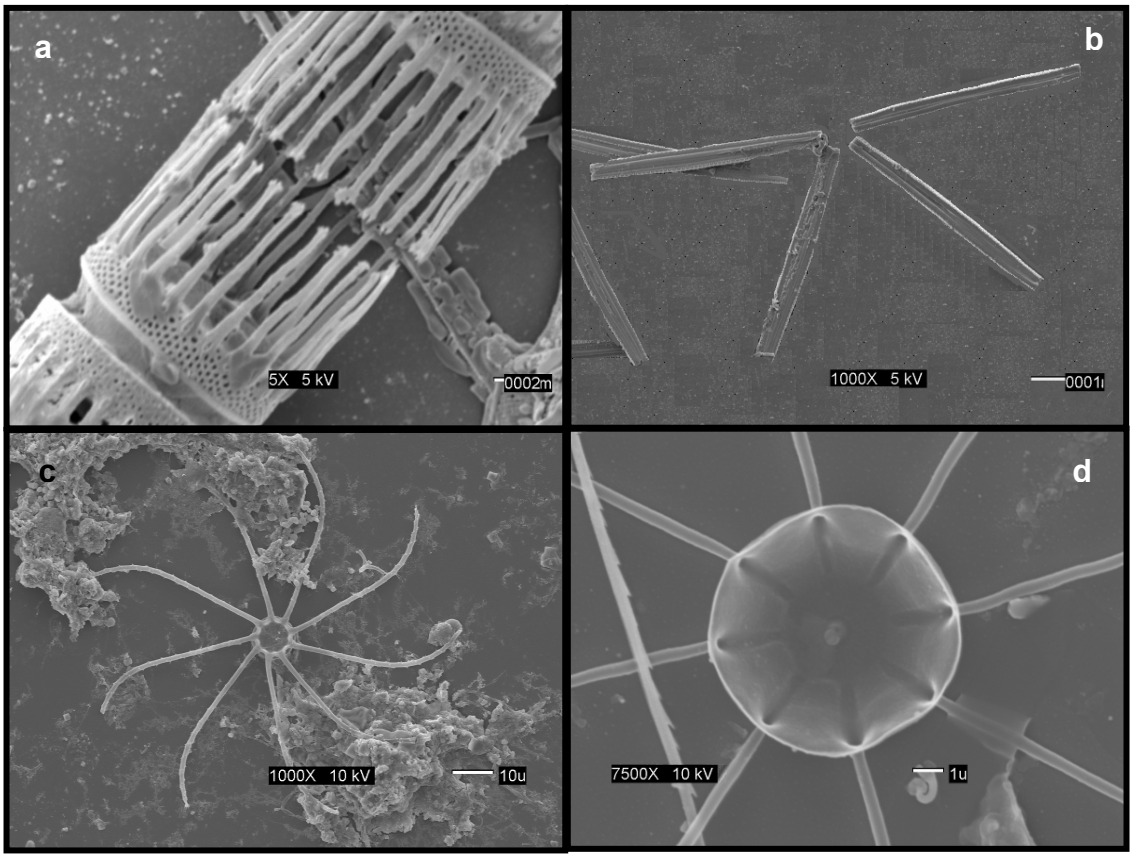

Lámina 6. MER de diatomeas: a. *Skeletonema costatum* (Greville); b. *Thalassiotrix* sp. (Grunow); c. *Bacteriastrum* sp. (Shadbolt); d. *Bacteriastrum comosum* (Pavillard).