



Temporal variation in the abundance and composition of phytoplankton species, collected with net in the Acapulco Bay, Mexico

Variación temporal de la abundancia y composición de especies de fitoplancton colectado con red, en la Bahía de Acapulco, México

Moreno-Díaz, G.^{1*}, Rojas-Herrera, A.A.², González-González, J.¹,
Violante-González, J.², Rosas Acevedo, J.L.¹, García Ibáñez, S.².

Universidad Autónoma de Guerrero, ¹Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional, Pino s/n Col. El Roble. Acapulco, Guerrero, México. ²Unidad Académica de Ecología Marina, Gran Vía Tropical No. 20, Fracc. Las Playas. C.P. 39390. Acapulco, Guerrero, México.

ABSTRACT

Phytoplankton community species were collected from September 2009 to April 2010 in Acapulco Bay, Mexico, in order to determine their composition and abundance. Samples were collected in two stations within the Bay. A total of 65 species were identified: 34 dinoflagellates, 26 diatoms, 1 cyanobacteria, 1 silicoflagellate, 2 chlorophytes and 1 charophyte. The dinoflagellate dominated during the dry season and the diatoms dominated during the rainy season. At least 5 potentially toxic dinoflagellates were recorded, which could increase their populations and generate harmful algal blooms (HABs) if Bay environmental conditions are altered.

KEY WORDS

Marine phytoplankton, species composition, Acapulco Bay, Mexico.

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: July 7th 2014.

Accepted/Aceptado: September 12th 2014.

Introduction

Microalgae constitute one of the most complex communities in the marine environment, the great

RESUMEN

Durante los meses de septiembre de 2009 a abril del 2010, fueron colectadas muestras de fitoplancton de la Bahía de Acapulco, con el objetivo de determinar su composición y abundancia de especies. Las muestras fueron colectadas en dos estaciones dentro de la bahía. Se identificaron un total de 65 especies: 34 de dinoflagelados, 26 de diatomeas, una cianobacteria, un silicoflagelado, dos clorofitas y una carofita. Los dinoflagelados fueron más abundantes en la temporada de secas, mientras que las diatomeas dominaron durante las lluvias. Se registraron al menos 5 especies de dinoflagelados potencialmente tóxicas, las cuales pueden incrementar sus poblaciones y llegar a ocasionar florecimientos algales nocivos (FANs), si las condiciones ambientales de la Bahía son alteradas.

PALABRAS CLAVE

Fitoplancton marino, Composición de especies, Bahía de Acapulco, México.

Introducción

Las microalgas constituyen una de las comunidades más complejas del ambiente marino, las numerosas especies que la componen presentan estrategias de

*Corresponding Author:

Moreno-Díaz, G. Universidad Autónoma de Guerrero, Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional, Pino S/N Col. El Roble CP. 39640. Acapulco, Guerrero, México. Phone: +52(747) 4722 910. E-mail: acu.amar@hotmail.com

number of species that compose them present nutrient uptake strategies and rapid reaction to fluctuations of hydrographic conditions (Silver and Platt, 1978). Its distribution along the coast zone is not homogenous, although some microalgae species of different groups, under specific environmental conditions, proliferate massively, forming harmful algal blooms (HAB), stressing dinoflagellates such as: *Akashiwo sanguinea*, *Cochlodinium polykrikoides*, *Gymnodinium catenatum*, *Neoceratium furca*, *Prorocentrum micans*, *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* and *Scripsiella trochoidea* and diatomaceous: *Chaetoceros curvisetus*, *Leptocylindrus minimus*, *Pseudo-nitzshia* cf. *pseudodelicatissima* (Meave del Castillo *et al.*, 2012).

It is known that in an annual cycle dominance in components of marine phytoplankton can change, during this succession there are changes in the taxonomic composition of phytoplankton communities, apart from fluctuations in the total abundance. These successions in natural communities of phytoplankton reflect the capacity that species have to respond to seasonal changes in the availability of light and nutrients which are controlled by turbulent mechanisms (Steel, 1976).

Red tide is a biological phenomenon that appears in determined places of the sea surface, either as great stains or reddish, orange, brown or green-brown color stripes, which are observed during hours or days and then disappear (Cortés-Altamirano, 1998; Cabrera-Mancilla *et al.*, 2000; Díaz-Ortiz *et al.*, 2007; Garate-Lizárraga *et al.*, 2009). This phenomenon is geographically universal, and is produced mainly by certain species of dinoflagellates. Most of them occur mainly during warm seasons; the main factor that provoke the development of these microorganisms can be associated with changes in the water mass that are reflected in the salinity, fresh water inflows from terrestrial origin, increase in the sea temperature, and most common for the carry of nutrients in the rainy season by rivers and streams.

The only studies that exist about phytoplankton in the Bay of Acapulco have been made by Pérez-Castro (1984), Bejarano-Angulo (1985); Meave-del Castillo *et al.*, (2012) and Rojas-Herrera *et al.*, (2012). Other studies about phytoplankton have been focused in phenomena of red tide in the Bay of Acapulco and the state of Guerrero (Licea *et al.*, 1995; Cabrera-Mancilla *et al.*,

captación de nutrientes y reacción rápida a fluctuaciones de las condiciones hidrográficas (Silver y Platt, 1978). Su distribución en la zona costera no es homogénea, aunque algunas especies de microalgas de diferentes grupos, bajo condiciones ambientales muy específicas, proliferan de forma masiva, formando florecimientos algales nocivos (FAN); destacando dinoflagelados como: *Akashiwo sanguinea*, *Cochlodinium polykrikoides*, *Gymnodinium catenatum*, *Neoceratium furca*, *Prorocentrum micans*, *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* y *Scripsiella trochoidea* y diatomeas: *Chaetoceros curvisetus*, *Leptocylindrus minimus*, *Pseudo-nitzshia* cf. *pseudodelicatissima* (Meave del Castillo *et al.*, 2012).

Se sabe que en un ciclo anual, puede cambiar la dominancia en los componentes del fitoplancton marino, durante esta sucesión existen cambios en la composición taxonómica de las comunidades fitoplanctónicas, además de fluctuaciones en la abundancia total. Estas sucesiones en las comunidades naturales de fitoplancton reflejan la capacidad que tienen las especies de responder a cambios estacionales en la disponibilidad de luz y nutrientes los cuales son controlados por mecanismos turbulentos (Steel, 1976).

La marea roja es un fenómeno de naturaleza biológica, que aparece en determinados lugares de la superficie del mar, en forma de grandes manchas o franjas de coloración rojiza, anaranjada, café o café verdosa, las cuales se observan durante horas o días y luego desaparecen (Cortés-Altamirano, 1998; Cabrera-Mancilla *et al.*, 2000; Díaz-Ortiz *et al.*, 2007; Garate-Lizárraga *et al.*, 2009). Este fenómeno es de carácter geográficamente universal, y es producido principalmente por ciertas especies de dinoflagelados. La mayoría ocurren principalmente durante las estaciones cálidas; los principales factores que provocan el desarrollo de estos microorganismos pueden estar asociados con cambios en las masas de agua que se reflejan en la salinidad, aportes de agua dulce de origen terrestre, aumento de la temperatura del mar, y más comúnmente por el acarreo de nutrientes en la época de lluvias por ríos y arroyos.

Los únicos estudios que existen sobre el fitoplancton en la Bahía de Acapulco, han sido realizados por Pérez-Castro (1984), Bejarano-Angulo (1985); Meave-del Castillo *et al.*, (2012) y Rojas-Herrera *et al.*, (2012). Otros estudios sobre fitoplancton, se han enfocado en fenómenos de marea roja en la Bahía de Acapulco y el estado de Guerrero (Licea *et al.*, 1995; Cabrera-Manci-

2000; Díaz-Ortiz *et al.*, 2007; Garate-Lizárraga *et al.*, 2001, 2008, 2009, 2013).

This paper complements information of plankton microalgae for Mexico and the South Pacific in general. The research had as main objective to identify the phytoplankton species in the Bay of Acapulco collected with plankton net of 150 micrometers and to study its temporal variations.

Material and methods

The samplings of phytoplankton were made in the interior of the Bay of Acapulco between september 2009 and april 2010. Within the area of study, 2 stations were established: 1 Morro San Lorenzo (16°51'N, 99°53'W), and 2 Casa de Diaz Ordaz (16°50'N, 99°51'W) (Figure 1).

Ila *et al.*, 2000; Díaz-Ortiz *et al.*, 2007; Garate-Lizárraga *et al.*, 2001, 2008, 2009, 2013).

El presente estudio complementa la información de microalgas planctónicas para México y para el Pacífico Sur en general. La investigación tuvo como objetivo identificar las especies fitoplanctónicas de la Bahía de Acapulco colectadas con red de plancton de 150 micrómetros y estudiar sus variaciones temporales.

Material y métodos

Los muestreos de fitoplancton fueron realizados en el interior de la Bahía de Acapulco entre los meses de septiembre de 2009 a abril del 2010. Dentro del área de estudio, se establecieron 2 estaciones: 1 Morro San Lorenzo (16°51'N, 99°53'W), y 2 Casa de Díaz Ordaz (16°50'N, 99°51'W) (Figura 1).

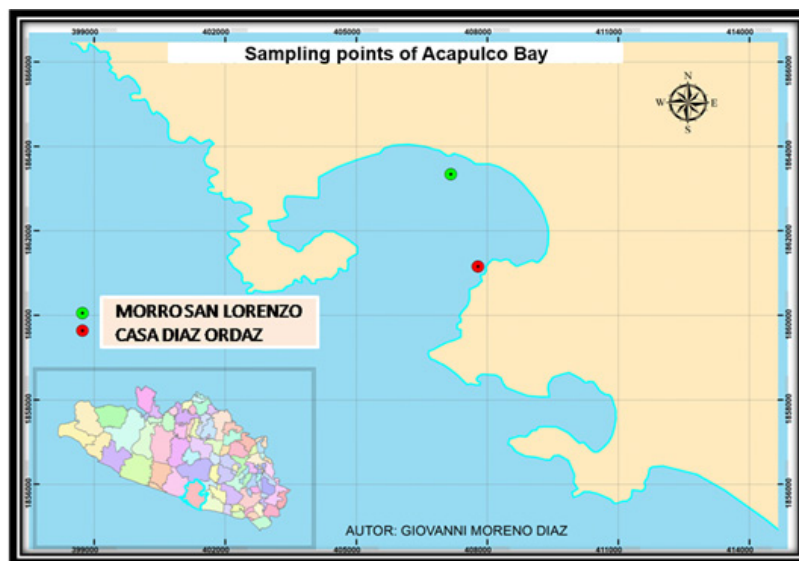


Figure 1. Location of the sampling points stations in the Bay of Acapulco.

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

Samplings were made using a barge with an outboard motor, salinity (‰) and superficial sea temperature (°C) were taken at meter of depth in each station before beginning the trawling using a multiparameter sonde (YSI6600V2-4) previously calibrated according to the manufacturer's recommendations. Samples were taken with a plankton net of 31 centimeters (cm) of width of the

Los muestreos se realizaron utilizando una panga con motor fuera de borda, la salinidad (‰) y la temperatura superficial del mar (°C) se tomaron a un metro de profundidad en cada estación antes de iniciar el arrastre utilizando una sonda multipárametros (YSI6600V2-4) previamente calibrada según las recomendaciones del fabricante. Se tomaron muestras con una red de plancton de 31 cen-

grip, 1.28 meters (m) of extension piece and 150 micron (μm) of mesh size, the trawling was superficial during 5 minutes (min) horizontally at an average velocity of 2 to 4 kilometers per hour (km/h). Samples of phytoplankton were immediately fixed with lugol concentrated acid and the quantification of cells was made using the method of random count of the first 500 observed cells in the sample. For the analysis of the samples, a counting camera Sedgewick-Rafter and a biological microscope Zeiss, with zoom lenses of 12X, 16X and 40X, were used. The identification of the species of phytoplankton was carried using specialized bibliography (Round *et al.*, 1990; Licea *et al.*, 1995; Moreno *et al.*, 1995; Tomas, 1997; Hernández-Becerril, 2000, 2003; Meave-del Castillo *et al.*, 2012). Average monthly values for precipitation and ambient temperature were taken, based to what was registered in the meteorological station No. 768050 from the Sistema Meteorológico Nacional (SMN) (Anónimo, 2010).

From published information on records in Mexico and other countries on the identified phytoplankton species, a classification based in its origin was established, using the next codes: (1) estuarine, (2) neritic, (3) adiafhoric and (4) oceanic. The association test of Olmstead-Tukey (Sokal and Rohlf, 1998) was used to classify phytoplankton species based in its frequency parameters of average occurrence and abundance: D = dominant (abundant and frequent), F = frequent (low in abundance but frequent), O = occasional (abundant but not that frequent) and R = rare (low in abundance and not very frequent).

At a community level, relative abundance data were grouped monthly in order to know the variation of these indexes temporarily, the considered parameters included: The Richness (No) considered as the number of species present in every sample:

$$No = S$$

The Relative Abundance (%Ni) for each species was calculated through the next expression:

$$\%Ni = ni / NT * 100$$

Where "%Ni" is the percentage of relative abundance of the species, "ni" is the number of individuals of the species and "NT" is the total number of individuals of all the species of phytoplankton. By means of this index, the percentage importance of each species is shown and

tímetros (cm) de apertura de boca, 1.28 metros (m) de manga y 150 micras (μm) de luz de malla, el arrastre fue superficial durante 5 minutos (min) de forma horizontal a una velocidad promedio de 2 a 4 kilómetros por hora (km/h). Las muestras de fitoplancton fueron fijadas inmediatamente con lugol ácido concentrado y la cuantificación de las células se realizó utilizando el método del conteo aleatorio de las primeras 500 células observadas en la muestra. Para el análisis de las muestras se utilizó una cámara de conteo Sedgewick-Rafter y un microscopio biológico Zeiss, con aumento ocular de 12X, 16X y 40X. La identificación de las especies de fitoplancton se llevó a cabo utilizando bibliografía especializada (Round *et al.*, 1990; Licea *et al.*, 1995; Moreno *et al.*, 1995; Tomas, 1997; Hernández-Becerril, 2000, 2003; Meave-del Castillo *et al.*, 2012). Se tomaron los valores promedio mensuales para precipitación y temperatura ambiental en base a lo registrado en la estación meteorológica No. 768050 del Sistema Meteorológico Nacional (SMN) (Anónimo, 2010).

A partir de información publicada sobre registros en México y otros países de las especies de fitoplancton identificadas, se estableció una clasificación basada en su origen empleando los siguientes códigos: (1) estuarina, (2) nerítica, (3) adiafórica y (4) oceánica. La prueba de asociación de Olmstead-Tukey (Sokal y Rohlf, 1998) fue utilizada para clasificar a las especies de fitoplancton en base a sus parámetros de frecuencia de ocurrencia y abundancia promedio: D = dominante (abundante y frecuente), F = frecuente (baja abundancia pero frecuente), O = ocasional (abundante pero poco frecuente) y R = rara (baja abundancia y poco frecuente).

A nivel comunidad los datos de abundancia relativa se agruparon por mes para conocer la variación de estos índices temporalmente, los parámetros considerados incluyeron: La Riqueza (No) considerada como el número de especies presentes en cada muestra:

$$No = S$$

La Abundancia Relativa (%Ni) para cada especie fue calculada mediante la siguiente expresión:

$$\%Ni = ni / NT * 100$$

Donde "%Ni" es el porcentaje de la abundancia relativa de la especie, "ni" es el número de individuos de la especie y "NT" es el número total de los individuos de todas las especies de fitoplancton. Mediante este índice, se evidencia la importan-

the changes that presents to the community through the different seasons.

Diversity (H') of species was determined through the index of Shannon-Wiener (Margalef, 1981), which is expressed as follows:

$$H' = -\sum_{i=1}^S (ni/N) \ln(ni/N)$$

Where "ni" is the number of individuals that belong to the species in the sample "S", "N" is the total number of individuals in the sample and "S" is the number of species in the sample. This index provides better information on the community by considering the number of species as well as the abundance of each of them. It obtains the maximum values of diversity when all species in the sample have the same number of individuals per species (Ludwing and Reynolds, 1988).

Equity (J) was estimated by using the index of Pielou (Ludwing and Reynolds, 1988). This index allows to know how the individuals are distributed among the species; the equation is defined as:

$$J = H' / \ln(S)$$

Where "J" is the Equity value; H' is the highest value of diversity of Shannon-Wiener, and "S" is the number of species. When all species are equally abundant, the equity index is maximum and tends to zero when relative abundance of few species is very high.

As a measure of numeric dominance of the species, the index of Berger-Parker (IBP) (Magurran, 1991; Krebs, 1999) was determined. In order to establish the similarity in the composition of the species along the sample period, analyses of classification were performed using abundances (number of cells) through the index of Bray-Curtis and the grouping strategy by simple average (Digby and Kempton, 1987).

Results and discussion

Mean temperature registered in the sampled stations varied significantly between 30.88 and 24.99 °C, during the period September 2009 to April 2010 (Figure 2). Lowest temperature was registered on March 2010, while the highest was recorded in September 2009.

cia porcentual de cada especie y los cambios que presenta la comunidad a través de las diferentes estaciones.

La Diversidad (H') de especies se determinó por medio del índice de Shannon-Wiener (Margalef, 1981), el cual se expresa de la siguiente manera:

$$H' = -\sum_{i=1}^S (ni/N) \ln(ni/N)$$

Donde "ni" es el número de individuos perteneciente a la i -ésima especie en la muestra "S", "N" es el número total de individuos en la muestra y "S" es el número de especies en la muestra. Este índice proporciona una mejor información sobre la comunidad al considerar tanto el número de especies como la abundancia de cada una de éstas. Obtiene los valores máximos de diversidad cuando todas las especies en la muestra tienen el mismo número de individuos por especie (Ludwing y Reynolds, 1988).

La Equidad (J) se estimó utilizando el índice de Pielou (Ludwing y Reynolds, 1988). Este índice permite conocer como están distribuidos los individuos entre las especies; la ecuación se define como:

$$J = H' / \ln(S)$$

Donde "J" es el valor de Equidad; H' es el máximo valor de diversidad de Shannon-Wiener, y "S" es el número de especies. Cuando todas las especies son igualmente abundantes, el índice de equidad es máximo y tiende a cero cuando la abundancia relativa de pocas especies es muy alta.

Como una medida de dominancia numérica de las especies se determinó el índice de Berger-Parker (IBP) (Magurran, 1991; Krebs, 1999). Para establecer la similitud en la composición de especies a lo largo del periodo de muestreo, se realizaron análisis de clasificación empleando las abundancias (número de células), mediante el índice de Bray-Curtis y la estrategia de agrupamiento por promedio simple (Digby y Kempton, 1987).

Resultados y discusión

La temperatura promedio registrada en las estaciones muestreadas varió significativamente entre 30.88 y 24.99 °C, durante el periodo de septiembre de 2009 a abril de 2010 (Figura 2). La temperatura más baja se registró en el mes de marzo de 2010, en tanto que la más alta en septiembre de 2009.

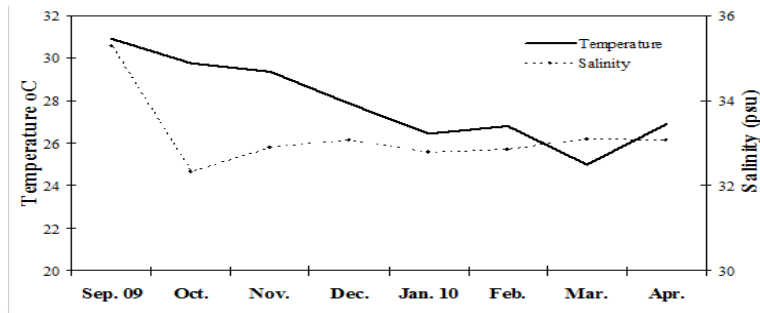


Figure 2. Temperature vs salinity in the Bay of Acapulco.

Figura 2. Temperatura vs salinidad en la Bahía de Acapulco.

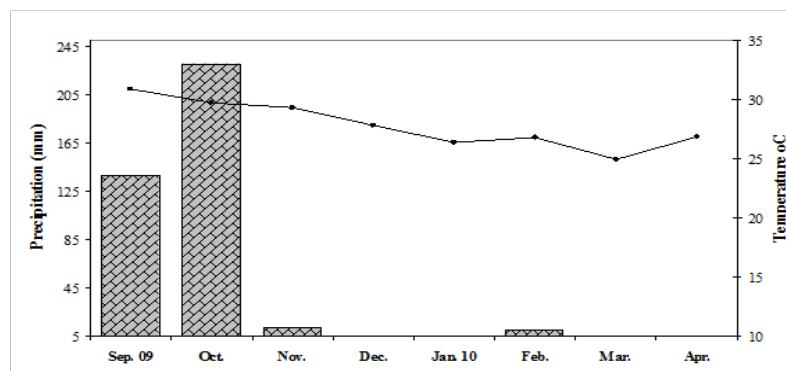


Figure 3. Precipitation vs temperature in Acapulco, Guerrero.

Figura 3. Precipitación vs temperatura en Acapulco, Guerrero.

Regarding salinity, this parameter also varied significantly between 32.3 and 35.26 psu, the highest value was registered in September and the lowest in October 2010. October was the month when there was more pluvial precipitation (Figure 3).

The taxonomic composition analysis of the phytoplankton community indicated that a total of 65 species conformed the community of the Bay: 34 species of dinoflagellates (Dinophyta), 26 diatoms (Bacillariophyta), one cyanobacteria (Cyanobacteria), one silicoflagellate (Heterokontophyta), 2 chloropytas (Chlorophyta) and one charophyta (Charophyta) (Table 1). Even though the number of diatom species was less than the number of dinoflagellates, relative total abundance of the cells of this microalgae group represented the 53.7 % from the total of quantified cells throughout the sampling period. The most important Dinoflagellates genders were *Neoceratium* (20 species), *Protoperidinium* (5 species) and *Dinophysis* (2 species), while those diatoms were *Chaetoceros* (8 species), *Nitzschia* and *Rhizosolenia* (4 species).

En cuanto a la salinidad, este parámetro varió también de forma significativa entre 32.3 a 35.26 ups, el valor más alto se registró en septiembre y el más bajo en octubre de 2009. Octubre fue el mes en que ocurrió la mayor precipitación pluvial (Figura 3).

El análisis de la composición taxonómica de la comunidad de fitoplancton indicó, que un total de 65 especies conformaron la comunidad de la Bahía: 34 especies de dinoflagelados (Dinophyta), 26 de diatomeas (Bacillariophyta), una cianobacteria (Cyanobacteria) un silicoflagelado (Heterokontophyta), dos clorofitas (Chlorophyta) y una carofita (Charophyta) (Tabla 1). No obstante que el número de especies de diatomeas fue menor que el número de especies de dinoflagelados, la abundancia relativa total de células de este grupo de microalgas, representó el 53.7 % del total de células cuantificadas en todo el período de muestreo. Los géneros de dinoflagelados más importantes fueron *Neoceratium* (20 especies), *Protoperidinium* (5) y *Dinophysis* (2 especies), mientras que los de diatomeas fueron los de *Chaetoceros* (8 especies), *Nitzschia* y *Rhizosolenia* (4 especies).

Differentiation of group species indicated that dinoflagellates dominated numerically during the months of February, March and April 2010; while diatoms registered a constant decrease in abundance from September 2009, until they reached their lowest values in February and April 2010 (Figure 4). Seven species dominated numerically the phytoplankton community: 3 species of dinoflagellates (*Neoceratium deflexum*, *Neoceratium tripos* and *Neoceratium trichoceros*) and 4 diatoms (*Chaetoceros* sp, *Rhizosolenia hebetata*, *Chaetoceros didymus* and *Proboscia alata*) (Tables 1 and 2). These 7 species represented the 66.7 % from the total of cells estimated in all samplings. Dinoflagellates *Neoceratium deflexum*, *Neoceratium furca*, *Neoceratium fusus*, and *Neoceratium tripos* were collected in all sampled months, *Neoceratium deflexum* was dominant in January and February 2010, and *Neoceratium tripos* was dominant in October 2009, while the other species were not dominant in any of the months. Diatoms *Chaetoceros didymus* and *Rhizosolenia hebetata* were also present in all the months.

According to the classification of the species based in their origin, more than 75 % of dinoflagellates and diatoms were classified as adiaiphoric species (species

La diferenciación de grupos de especies indicó que los dinoflagelados dominaron numéricamente durante los meses de febrero, marzo así como en el mes de abril de 2010; en tanto que las diatomeas registraron un decremento constante en su abundancia a partir del mes de septiembre de 2009, hasta alcanzar sus valores más bajos entre los meses de febrero y abril de 2010 (Figura 4). Siete especies dominaron numéricamente la comunidad de fitoplancton: 3 especies de dinoflagelados (*Neoceratium deflexum*, *Neoceratium tripos* y *Neoceratium trichoceros*) y 4 de diatomeas (*Chaetoceros* sp, *Rhizosolenia hebetata*, *Chaetoceros didymus* y *Proboscia alata*) (Tablas 1 y 2). Estas 7 especies representaron el 66.7 % del total de células estimado en todos los muestreos. Los dinoflagelados *Neoceratium deflexum*, *Neoceratium furca*, *Neoceratium fusus*, y *Neoceratium tripos* fueron colectados en todos los meses muestreados, *Neoceratium deflexum* fue dominante en los meses de enero y febrero de 2010 y *Neoceratium tripos* fue dominante en octubre de 2009, mientras que las otras especies no fueron dominantes en ninguno de los meses. Las diatomeas *Chaetoceros didymus*, y *Rhizosolenia hebetata* estuvieron también presentes en todos los meses.

De acuerdo a la clasificación de las especies en base a su origen, más del 75 % de dinoflagelados y diatomeas fueron clasificadas como especies adiafóricas (especies que ocu-

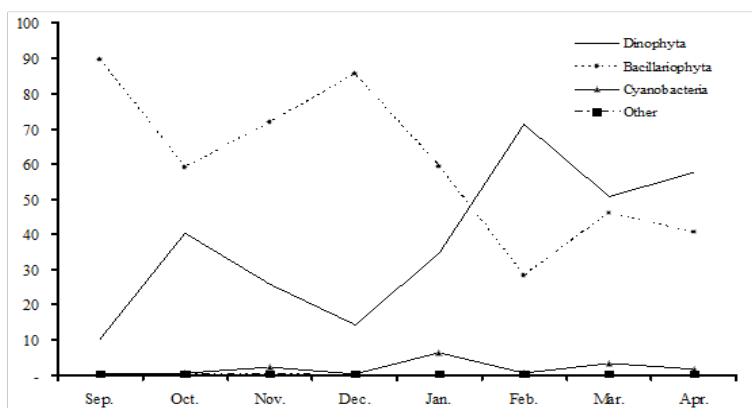


Figure 4. Temporal variation of total relative abundance (%) of phytoplankton groups in the Bay of Acapulco, Mexico.

Figura 4. Variación temporal de la abundancia relativa total (%) de grupos de fitoplancton en la Bahía de Acapulco, México.

adapted to both neritic and oceanic zones), while the percentage of neritic and oceanic species was 18.2 and 4.5 % for diatoms, and 10.4 % for dinoflagellates. The application of the graphic method of classification based in frequency and abundance of species indicated that 34.6

en tanto en zonas neríticas como oceánicas, en tanto que el porcentaje de especies neríticas y oceánicas fue el fue de 18.2 y 4.5 % para diatomeas para ambos grupos para dinoflagelados, respectivamente. La aplicación del método gráfico de clasificación en base a la frecuencia y abundan-

% of the diatom species were classified as dominant (abundant and frequent), whereas 23.5 % of the dinoflagellates species had the same classification.

Species richness varied between 19 (September and December 2009) and 36 species (April 2010). Values of diversity were higher in March (2.65) and April (2.71 bits) 2010. Comparison in the similarity of species composition between the sampled months indicated that the percentages of similarity were generally low, and only between October and November 2009, and March and April 2010, a percentage higher than 62 % was recorded. This indicates that the structure of the phytoplankton community fluctuates widely in respect of time. Two groups were clearly observed, one that covered the months of January, February, March and April 2010, which correspond to dry months of the studied period, and the other group was composed by the rainy months (Figure 5).

Comparison of species

Dinoflagellates group (34 species) dominated in terms of species richness the community of phytoplank-

ton in the Bay of Acapulco; although their total relative abundance was significantly lower than the diatoms. This result regarding species richness coincides with Rojas-Herrera *et al.*, (2012) and with Meave-del Castillo *et al.*, (2012) in the same study area, but it contrasts with the observed pattern in other studies of phytoplankton composition performed in other tropical zones, where diatoms dominate in species number (Peña and Pinilla,

ton en la Bahía de Acapulco; aunque su abundancia total relativa fue significativamente más baja que la de las diatomeas. Este resultado en cuanto a riqueza de especies coincide con Rojas-Herrera *et al.*, (2012) y con Meave-del Castillo *et al.*, (2012) en la misma área de estudio pero contrasta con el patrón observado en otros estudios de composición de fitoplancton realizados en otras localidades tropicales, en las cuales las diatomeas dominan en número de especies (Peña y Pinilla,

Composición de especies

El grupo de los dinoflagelados (34 especies) dominó en términos de riqueza de especies la comunidad del fitoplanc-

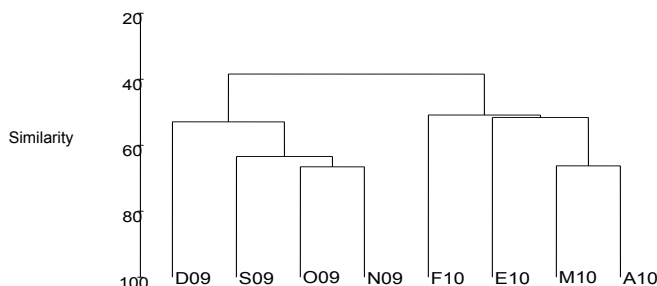


Figure 5. Similarity percentages between samplings of phytoplankton in the Bay of Acapulco, Mexico.

Figura 5. Porcentajes de similitud entre muestreos de fitoplancton en la Bahía de Acapulco, México.

ton in the Bay of Acapulco; although their total relative abundance was significantly lower than the diatoms. This result regarding species richness coincides with Rojas-Herrera *et al.*, (2012) and with Meave-del Castillo *et al.*, (2012) in the same study area, but it contrasts with the observed pattern in other studies of phytoplankton composition performed in other tropical zones, where diatoms dominate in species number (Peña and Pinilla,

ton en la Bahía de Acapulco; aunque su abundancia total relativa fue significativamente más baja que la de las diatomeas. Este resultado en cuanto a riqueza de especies coincide con Rojas-Herrera *et al.*, (2012) y con Meave-del Castillo *et al.*, (2012) en la misma área de estudio pero contrasta con el patrón observado en otros estudios de composición de fitoplancton realizados en otras localidades tropicales, en las cuales las diatomeas dominan en número de especies (Peña y Pinilla,

2002; Ochoa and Tarazona, 2003; Varona-Cordero and Gutiérrez-Mendieta, 2006; Moreira *et al.*, 2007).

The phytoplankton species groups are considered as good indicators of water masses (Castillo and Vidal, 1982). Dinoflagellates are better adapted to oceanic environments, while diatoms are better adapted to coastal environments (Castillo, 1984; Peña and Pinilla, 2002). Therefore, our results suggest that environmental conditions within the Bay change along the year due to the variation of environmental parameters.

On the other hand, environmental changes that occur in the masses of water of the Bay are reflected in the characteristics that the phytoplankton community present, due to the fact that more than 75 % of the species of dinoflagellates and diatoms that inhabit are adapted to living in both neritic and oceanic environments, meaning that they are classified as adiaiphoric species (Peña and Pinilla, 2002). No freshwater or estuary influence was observed in the composition of phytoplankton species.

Numeric dominance of diatoms can be due to the fact that this microalgae are perfectly adapted to living in the whole water column. Their great ornamentations and long cellular projections, as well as their tendency to form cell chains, allows them to remain in superficial layers, helped possibly by the turbulence in the water (Peña and Pinilla, 2002).

Different species dominated numerically each of the months, indicating a great variability in the composition of species through time. Diatom *Rhizosolenia hebetata* dominated in rain season (September 2009), registering a relative abundance of 36.4 % (Table 2); while its relative abundance diminished significantly in the dry season months (<13 % December 2009 to April 2010). While the dinoflagellate *Neoceratium deflexum* dominated in April, registering a relative abundance of 19.01 %, even though it occurred in all the months except September, being classified therefore as a frequent and abundant dinoflagellates (Table 1).

The great abundance registered by *Neoceratium deflexum* during some months can be attributed to the fact that *Ceratium* (currently *Neoceratium*) dinoflagellates can form chains of up to 4 cells; in some regions of the Pacific and the Caribbean this allows them to remain floating in the photic zone (Vargas-Montero *et al.*, 2008); they can even constitute chains of 4 to 12 individuals in deep zones (higher than 20 m), where tur-

2002; Ochoa y Tarazona, 2003; Varona-Cordero y Gutiérrez-Mendieta, 2006; Moreira *et al.*, 2007).

Los grupos de especies de fitoplancton, son considerados como buenos indicadores de masas de aguas (Castillo y Vidal, 1982). Los dinoflagelados se encuentran mejor adaptados a los ambientes oceánicos, en tanto que las diatomeas están mejor adaptadas a los ambientes costeros (Castillo, 1984; Peña y Pinilla, 2002). Por lo tanto nuestros resultados sugieren que las condiciones ambientales dentro de la Bahía cambian a lo largo del año, debido a la variación de los parámetros ambientales.

Por otra parte, los cambios ambientales que ocurren en las masas de agua de la Bahía, son reflejados en las características que presenta la comunidad de fitoplancton, debido a que más del 75 % de las especies de dinoflagelados y diatomeas que ahí habitan, se encuentran adaptadas a vivir tanto en ambientes nerfíticos como oceánicos, es decir, son clasificadas como especies adiafóricas (Peña y Pinilla, 2002). No se observó influencia dulceacuícola o estuarina en la composición de especies del fitoplancton.

La dominancia numérica de las diatomeas, puede ser debido a que estas microalgas se encuentran perfectamente adaptadas a vivir en toda la columna de agua. Sus grandes ornamentaciones y largas proyecciones celulares, así como su tendencia a formar cadenas de células, les permite permanecer en capas superficiales, ayudadas posiblemente por la turbulencia del agua (Peña y Pinilla, 2002).

Diferentes especies dominaron numéricamente en cada uno de los meses, indicando una gran variabilidad en la composición de especies a través del tiempo. La diatomea *Rhizosolenia hebetata* dominó en plena temporada de lluvias (septiembre de 2009), registrando una abundancia relativa de 36.4 % (Tabla 2); mientras que su abundancia relativa disminuyó de manera significativa en los meses correspondientes a la temporada de secas (<13 % diciembre de 2009 a abril de 2010). En tanto que el dinoflagelado *Neoceratium deflexum* dominó en el mes de abril registrando una abundancia relativa de 19.01 %, aunque ocurrió en todos los meses menos septiembre, siendo por lo tanto clasificado como un dinoflagelado frecuente y abundante (Tabla 1).

La gran abundancia registrada por *Neoceratium deflexum* durante algunos meses, puede ser atribuida a que los dinoflagelados del género *Ceratium* (actualmente *Neoceratium*),

Table 1.

Relative composition of abundance in the phytoplankton community in the Bay of Acapulco, Mexico. Distribution: 1 = Estuary, 2 = Nerítica, 3 = Adiaphorica, 4 = Oceanic. Classification: (D) Dominant, (F) frequent, (O) ocasional, (R) rare.

Tabla 1.

Composición relativa de la abundancia de la comunidad de fitoplancton en la Bahía de Acapulco, México. Distribución: 1 = Estuarina, 2 = Nerítica, 3 = Adiaforica, 4 = Oceánica. Clasificación: (D) Dominante, (F) frecuente, (O) ocasional, (R) rara.

Species	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	April
Dinophyta								
<i>Amphisolenia</i> spp. ^(R)								0.083
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent, 1881 ^{3(C)}							1.914	2.418
<i>Dinophysis tripos</i> Gourret, 1883 ^{3(R)}						0.062		
<i>Gonyaulax</i> spp. ^(R)						0.248	0.087	4.503
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparede et Lachmann) Diesing, 1866 ^{2(R)}					0.167			
<i>Neoceratium arietinum</i> (Cleve) Gómez, et al., 2001 ^{3(R)}	0.204							
<i>Neoceratium carriense</i> (Gourret) Gómez, et al., 2001 ^{3(R)}				0.504		0.248	0.957	
<i>Neoceratium contortum</i> (Gourret) Gómez, et al., 2009 ^{3(R)}						0.496		
<i>Neoceratium deflexum</i> (Kofoid) Gómez, et al., 2001 ^{3(D)}		5.671	6.05	3.193	18.896	26.488	8.703	19.015
<i>Neoceratium dens</i> (Ostenfeld & Schmidt) Gómez, et al., 2009 ^{3(R)}						0.124		6.171
<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, et al., 2001 ^{2(R)}	0.819	0.472	1.114		1.337	2.729	0.435	1.251
<i>Neoceratium fuscum</i> (Ehrenberg) Gómez, et al., 2009 ^{2(D)}	0.819	7.183	5.254	1.176	0.167	4.032	0.348	1.084
<i>Neoceratium horridum</i> var <i>buceros</i> (Gran) Gómez, et al., 2009 ^{3(D)}		1.417	0.796	1.848	3.678	2.047	5.831	1.834
<i>Neoceratium incisum</i> (Karsten) Gómez, et al., ^{3(R)}							0.348	
<i>Neoceratium inflatum</i> (Kofoid) Gómez, et al., 2009 ^{3(R)}		0.094	0.159			0.806	0.261	
<i>Neoceratium longirostrum</i> (Gourret) Gómez, et al., 2009 ^{3(C)}				1.344		0.124	0.087	0.166
<i>Neoceratium lunula</i> (Schimper ex Karsten) Gómez, et al., 2001 ^{3(C)}					0.167	0.93	0.348	0.083
<i>Neoceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Gómez, et al., 2001 ^{3(D)}		12.570	0.955	1.512		0.744	0.087	
<i>Neoceratium massiliense</i> (Gourret) Gómez, et al., 2009 ^{4(R)}						1.178		
<i>Neoceratium</i> spp. ^(R)							9.138	
<i>Neoceratium symmetricum</i> (Cleve) Gómez, et al., 2001 ^{4(R)}						0.124	0.087	0.333
<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, et al., 2009 ^{3(D)}		0.094	6.369	4.537	2.842	7.196	0.783	2.752
<i>Neoceratium tripos</i> (Müller) Gómez, et al., 2001 ^{3(D)}	2.868	16.918	7.324	3.529	6.187	11.972	2.436	10.091
<i>Neoceratium vultur</i> (Cleve) Gómez, et al., 2009 ^{3(R)}		0.945				0.31		
<i>Ornithocercus</i> spp. ^(R)				0.168			0.087	
<i>Ornithocercus steinii</i> Schütt, 1900 ^{3(R)}						0.062		
<i>Proocentrum gracile</i> Schütt, 1895 ^{3(D)}					0.167	0.124	15.230	0.667
<i>Protoperdinium cerasus</i> (Paulsen) Balech, 1973 ^{3(R)}						0.062		
<i>Protoperdinium claudicans</i> (Paulsen) Balech, 1974 ^{3(R)}	0.204	0.094			0.167	0.124		
<i>Protoperdinium conicum</i> (Gran) Balech, 1974 ^{3(R)}							0.087	
<i>Protoperdinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech, 1974 ^{3(R)}	0.204					0.062		
<i>Protoperdinium</i> spp. ^(D)				0.168		0.310	10.095	4.587
<i>Pyrocystis fusiformis</i> Wyville-Thompson ex Blackmann, 1902 ^{4(R)}							1.131	1.084
Subtotal	5.12	45.46	28.02	17.98	34.44	62.15	59.61	56.63
Bacillariophyta								
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder, 1864 ^{3(D)}	2.049	1.039	2.707		0.167	6.637	1.479	1.251
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve, 1889 ^{3(R)}	0.819	0.378	1.433	0.504	0.334			
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve, 1873 ^{3(R)}	3.278	1.512	0.159					

<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg, 1845 ^{3(D)}	0.819	1.134	0.796	0.336	2.842	10.794	0.261	1.334
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow, 1863 ^{2(R)}	1.434	0.094						
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder, 1864 ^{2(R)}					0.167	0.062		
<i>Chaetoceros</i> spp. ^(D)		2.551	2.547	13.277	47.993	18.672	16.449	13.761
<i>Chaetoceros teres</i> Cleve, 1896 ^{3(O)}	16.803	6.899					0.261	0.500
<i>Coscinodiscus heteroporus</i> Ehrenberg, 1844 ^{3(L)}	2.663	4.820	0.796	5.042		0.372	2.872	1.084
<i>Ditylum brightwellii</i> (West) Grunow, 1883 ^{3(C)}	1.024	0.567	1.114	0.168	0.668			
<i>Guinardia delicatula</i> (Cleve) Hasle, 1997 ^{2(D)}					2.508	0.310	1.566	2.168
<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo, 1892 ^{3(R)}								0.083
<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle, 1996 ^{3(D)}					0.836		0.870	4.253
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve, 1889 ^{3(R)}					0.334		0.783	0.333
<i>Licmophora abbreviata</i> Agardh, 1831 ^{2(R)}							1.218	0.083
<i>Nitzschia closterium</i> (Ehrenberg) Smith, 1853 ^{3(R)}							0.087	
<i>Nitzschia pacifica</i> Cupp, 1943 ^{3(R)}					2.508		0.087	
<i>Nitzschia</i> spp. ^(R)								1.751
<i>Planktoniella sol</i> (Wallich) Schütt, 1893 ^{4(R)}								0.166
<i>Pleurosigma</i> spp. ^(R)						0.062		
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström, 1986 ^{3(D)}	26.024	7.844	31.369	1.176				0.083
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden, 1928 ^{3(D)}	2.459	1.134		0.336	1.003			
<i>Rabdonema</i> spp. ^(R)						0.31	2.785	3.085
<i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey, 1856 ^{3(D)}	36.475	25.330	28.980	61.008	3.846	0.434	11.662	12.927
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve, 1873 ^{3(R)}	0.409	0.189	0.318		0.836			0.166
<i>Stephanopyxis palmeriana</i> (Greville) Grunow, 1884 ^{3(R)}					1.505			
Subtotal	94.262	53.497	70.382	81.848	65.551	37.655	40.382	43.119
Heterokontophyta								
<i>Dictyocha octonaria</i> Ehrenberg, 1844 ^{4(R)}		0.850						
Cyanobacteria								
<i>Phormidium limosum</i> (Dillwyn) P.C. Silva, 1996 ^{1(D)}	0.614	0.189	1.592			0.186		0.166
Chlorophyta								
<i>Chlamydomonas</i> spp. ^(R)				0.168				
<i>Volvox</i> spp. ^(R)								0.083
Charophyta								
<i>Staurastrum</i> spp. ^(R)			0.159					0.083

bulence is less (Vargas-Montero *et al.*, 2008). In this sense, the gender *Neoceratium* was the most abundant and it included a total of 20 species of dinoflagellates, which represented in the whole a 38.5 % from the total of cells of phytoplankton.

Structure of the community

Some studies indicate that changes in the structure of the phytoplankton community can be related with small changes in the water temperature (Varona-Cordero

pueden formar cadenas de hasta 4 células; en algunas regiones del Pacífico y el Caribe, esto les permite poder permanecer flotando en la zona fótica (Vargas-Montero *et al.*, 2008), pueden incluso constituir cadenas de 4 a 12 individuos en zonas profundas (mayores de 20 m), donde la turbulencia es menor (Vargas-Montero *et al.*, 2008). En este sentido, el género *Neoceratium* fue el más abundante e incluyó a un total de 20 especies de dinoflagelados, las cuales representaron en conjunto un 38.5 % del total de células de la comunidad de fitoplancton.

and Gutiérrez-Mendieta, 2006; Ochoa and Tarazona, 2003), or with the employed strategies by different groups of phytoplankton, for the absorbance of nutrients available in the water column (Langlois and Smith, 2001).

Therefore, the highest abundances of some species of phytoplankton registered during the months of September and October 2009 can be attributed to significantly warmer temperatures (Rojas-Herrera *et al.*, 2012), due to the fact that high temperatures can favor the growth of some populations of dinoflagellates. On the other hand, diatoms respond quicker to the increase in the concentration of available nutrients (Örnólfsson *et al.*, 2004), so they can present a faster population growth than the populations of dinoflagellates, as it occurs during the rainy season.

At least 5 from the 34 species of identified dinoflagellates (*Dinophysis caudata*, *D. tripos*, *Neoceratium furca*, *N. fusus* and *N. tripos*), have been related in cases of Harmful Algal Blooms (HAB) or red tides, in other localities of Mexico (Cortés-Altamirano, 1998). However, only the species *Neoceratium furca* and *N. tripos* were abundant and frequent (dominant) during the sampling months. *Neoceratium tripos* reached a relative maximum abundance of 16.9 % in October 2009 (Table 1).

Distribution pattern of species that the phytoplankton community presented in the Bay of Acapulco was similar to the one observed in other marine or estuary communities, meaning, it was structured by a low number of dominant species (8 dinoflagellates and 9 diatoms), which contributed with over 80 % of the total abundance, as well as for a high number of occasional and rare species (>64 %).

Total richness registered (65 species) is within the range of species reported in the study area (Rojas-Herrera *et al.*, 2012) and other localities of Mexico (Varona-Cordero and Gutiérrez-Mendieta, 2006), and other countries with similar weather conditions (Peña and Pinilla, 2002; Ochoa and Tarazona, 2003; Moreira *et al.*, 2007), however, Meave-del Castillo *et al.*, (2012) report that for the Bay of Acapulco and adjacent areas 641 total taxa, belonging to eight algae divisions, the most diverse group was Dinophyta, with 347 taxa, followed by Bacillariophyta with 274 taxa, through a decade of studies, including an intensive one with bimonthly samplings,

Estructura de la comunidad

Algunos estudios indican que cambios en la estructura de la comunidad del fitoplancton, pueden estar relacionados con pequeños cambios en la temperatura del agua (Varona-Cordero y Gutiérrez-Mendieta, 2006; Ochoa y Tarazona, 2003), o con las estrategias empleadas por diferentes grupos de fitoplancton, para la absorción de los nutrientes disponibles en la columna de agua (Langlois y Smith, 2001).

Por lo tanto, las mayores abundancias de algunas especies de fitoplancton registradas durante los meses de septiembre y octubre de 2009, pueden ser atribuidas a temperaturas significativamente más cálidas (Rojas-Herrera *et al.*, 2012), debido a que las temperaturas altas pueden favorecer el crecimiento de algunas poblaciones de dinoflagelados. Por otra parte, las diatomeas responden más rápidamente al incremento en la concentración de nutrientes disponibles (Örnólfsson *et al.*, 2004), por lo que pueden presentar un crecimiento poblacional más rápido, que las poblaciones de dinoflagelados como ocurre durante la temporada de lluvias.

Al menos 5 de las 34 especies de dinoflagelados identificadas (*Dinophysis caudata*, *D. tripos*, *Neoceratium furca*, *N. fusus* y *N. tripos*), han sido relacionadas con casos de florecimientos algales nocivos (FANs) o mareas rojas, en otras localidades de México (Cortés-Altamirano, 1998). Sin embargo, solo las especies *Neoceratium furca* y *N. tripos*, fueron abundantes y frecuentes (dominantes), durante los meses de muestreo. *Neoceratium tripos* alcanzó una abundancia relativa máxima de 16.9 % en octubre de 2009 (Tabla 1).

El patrón de distribución de especies que presentó la comunidad de fitoplancton en la Bahía de Acapulco, fue similar al observado en otras comunidades marinas o estuarinas, esto es, estuvo estructurada por un bajo número de especies dominantes (8 dinoflagelados y 9 diatomeas), las cuales contribuyeron con más del 80 % de la abundancia total, así como por un alto número de especies ocasionales y raras (> 64 %).

La riqueza total registrada (65 especies), se encuentra dentro del rango de especies reportado en el área de estudio (Rojas-Herrera *et al.*, 2012) y en otras localidades de México (Varona-Cordero y Gutiérrez-Mendieta, 2006) y otros países con condiciones climatológicas similares (Peña y Pinilla, 2002; Ochoa y Tarazona, 2003; Moreira *et al.*, 2007), sin embargo Meave-del Castillo *et al.*, (2012) reportan para la bahía de Acapulco y aéreas adyacentes en total 641 taxa, pertenecientes a ocho divisiones algales, el grupo más diverso fue Dinophyta, con 347 taxa, seguido de Bacillariophyta con 274 taxa, a través

using a phytoplankton net, bottle and living samples observation, from February 2010 to February 2011, in our case, species were collected exclusively with a plankton net of 150 microns. Diversity values (1.85 a 2.91 bits) are also similar to those previously reported in the study area where Rojas-Herrera *et al.*, (2012) report diversity values (index of Shannon-Wiener) between 1.45 and 3.92 bits, as well as other localities in the tropical Pacific. Peña and Pinilla (2002) report diversity values (index of Shannon-Wiener) between 3.5 and 5.3 bits, while Sanchez (1996) recorded values of 2.5 and 5 bits. According to Margalef (1980), the analysis of several phytoplankton communities from different oceanic areas of the Caribbean, the Mediterranean and the Northeast Atlantic of Africa has given a wide series of diversity values of Shannon, which fluctuate among 2.4 and 2.6 bits. Therefore, phytoplankton diversities of the Bay of Acapulco are the range of the most frequent diversities in open sea. Possibly, our values are underestimated due to the sampling method that we used in this paper.

Major values of diversity registered in March (2.65) and April (2.71) 2010, can be due to the fact that communities were less dominated by a few species, in contrast with other months, so abundances of species were more homogeneous (equity ≥ 0.59 , Table 2). On the other hand, the low values of similarity registered (Figure 5) indicate that the composition of species was different in most part of the months, due to the great environmental variability registered along time.

In general, results indicate that the composition and abundance of species in the community of phytoplankton varied significantly temporarily due to variations in the environmental conditions. In this respect, environmental variation originated by dry and rainy seasons originated significant changes in the concentration of nutrients, favoring the population growth of some species of dinoflagellates or diatoms along the year. The phytoplankton community proved to be a good indicator in the environmental changes in the Bay of Acapulco.

de una década de estudios, incluyendo uno intensivo con muestreos bimestrales usando red de fitoplancton, botella y observación de muestras vivas, de febrero/2010 a febrero/2011, en nuestro caso las especies fueron colectadas exclusivamente con una red de plancton de 150 micras. Los valores de diversidad (1.85 a 2.91 bits), son también similares a los reportados previamente en el área de estudio donde Rojas-Herrera *et al.*, (2012) reportan valores de diversidad (índice de Shannon-Wiener) entre 1.45 y 3.92 bits, así como en otras localidades del Pacífico tropical. Peña y Pinilla (2002) reportan valores de diversidad (índice de Shannon-Wiener) entre 3.5 y 5.3 bits, mientras que Sánchez (1996) registra valores de 2.5 y 4 bits. Según Margalef (1980), 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. De acuerdo con lo anterior, las diversidades del fitoplancton de la bahía de Acapulco son iguales que la moda de las diversidades más frecuentes en el océano abierto. Posiblemente nuestros valores estén subestimados debido al método de muestreo que utilizamos en el presente trabajo.

Los mayores valores de diversidad registrados en los meses de marzo (2.65) y abril de 2010 (2.71), pueden ser debidos a que las comunidades estuvieron menos dominadas por unas pocas especies, en contraste con otros meses, por lo que las abundancias de las especies fueron más homogéneas (equidad ≥ 0.59 , Tabla 2). Por otra parte, los bajos valores de similitud registrados (Figura 5), indican que la composición de especies fue diferente en la mayor parte de los meses, debido a la gran variabilidad ambiental registrada a lo largo del tiempo.

De manera general, los resultados indican que la composición y la abundancia de especies de la comunidad de fitoplancton, varió de manera significativa temporalmente, debido a variaciones en las condiciones ambientales. En este sentido, la variación ambiental originada por las temporadas de secas y lluvias, originan cambios significativos en las concentraciones de nutrientes, favoreciendo el crecimiento poblacional de algunas especies de dinoflagelados o diatomeas a lo largo del año. La comunidad de fitoplancton demostró ser un buen indicador de cambios ambientales en la Bahía de Acapulco.

Table 2.

Characteristics of the phytoplankton communities in the Bay of Acapulco, Mexico. Dino = dinoflagellates, Diat. = diatoms; BPI = Berger-Parker Index; H = Shannon-Wiener Diversity Index; J = Equity Index.

Tabla 2.

Características de las comunidades de fitoplancton de la Bahía de Acapulco, México. Dino = dinoflagelados, Diat. = diatomeas; BPI = Índice de Berger-Parker; H = Índice de diversidad de Shannon-Wiener; J = Índice de equidad.

MONTH	No. of species	Dino.	Diat.	Others	Dominant species	BPI	H'	J'
		Abun.	Abun.	Abun.				
		Rel.	Rel.	Rel.				
September	19	5.12	89.69	0.61	<i>Rhizosolenia hebetata</i>	36.47	1.85	0.63
October	25	45.46	58.93	1.03	<i>Rhizosolenia hebetata</i>	25.33	2.36	0.73
November	20	28.02	71.88	1.59	<i>Proboscia alata</i>	31.36	2.04	0.68
December	19	17.98	85.53	0.16	<i>Rhizosolenia hebetata</i>	61.0	1.52	0.51
January	25	34.44	59.17	0.0	<i>Chaetoceros</i> spp.	47.99	1.9	0.59
February	35	62.15	28.15	0.18	<i>Chaetoceros</i> spp.	26.48	2.32	0.65
March	35	59.61	46.06	0.0	<i>Chaetoceros</i> spp.	16.44	2.65	0.74
April	36	56.63	40.59	0.25	<i>Neoceratium deflexum</i>	19.01	2.71	0.75

References

- Anónimo. 2010. Clima en Acapulco. Est. Meteor. 768050 (Coordenadas: Latitud: +16°83 N, Longitud: -099°93 W). Alpred, S. L. Murcia, España. <http://clima.tiempo.com/clima-en-acapulco-768050-2010>.
- Bejarano-Angulo, N. R. (1985). Abundancia, diversidad y distribución de los géneros de diatomeas en la Bahía de Acapulco agosto/84-enero/85. Tesis Profesional. Unidad Académica de Ecología Marina, Univ. Autón. de Gro., 24 pp.
- Cabrera-Mancilla, E., Ramírez-Camarena, L., Muñoz-Cabrera, A. and Monreal-Prado. 2000. Primer registro de *Gymnodinium catenatum* Graham (Gymnodiniaceae) como causante de marea roja en la Bahía de Acapulco, Guerrero. México. pp. 85-86. In: Ríos-Jara, Juárez-Carillo, E.E., Pérez-Peña, M., López-Uriarte, E., Robles-Jarero, E.G.D., Hernández-Becerril, U., Silva-Briano, M. (eds). Estudios sobre plancton en México y el Caribe. Sociedad Mexicana de Planctonología y Universidad de Guadalajara.
- Castillo, F. 1984. Fitoplancton del Pacífico colombiano como indicador de masas de agua. Erfen IV. *Biología pesquera* 13: 67-70.
- Castillo, F. and Vidal, A. 1982. Fitoplancton del Pacífico colombiano como indicadores de masas de agua. Fase Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe, Cartagena 1-57.
- Cortés-Altamirano, R. 1998. Informe regional sobre mareas rojas en México. IOCARIBE-ANCA. II Taller regional, Ciudad de la Habana, Cuba, 4 pp.
- Díaz-Ortiz, J., Pérez, B., Alarcón, M., Torres, A., Alarcón, M. and López, S. 2007. Eventos de marea roja tóxicas en la costa del estado de Gro. y su impacto en la salud pública periodo 1992-2007. XII Foro de Estudios sobre Guerrero, 275-277 pp.
- Digby, P. and Kempton, R. 1987. Multivariate analysis of ecological communities, Chapman and Hall, London, 204 pp.
- Gárate-Lizárraga, I., Pérez-Cruz, B., Díaz-Ortiz, J. and Band-Schmidt, C.J. 2008. Microalgas y biotoxinas marinas en las costas mexicanas. *Conversus* 9: 22-26.
- Gárate-Lizárraga, I., Sevilla-Torres, G., Álvarez-Añorve, M., Aguirre-Bahena, F., Violante-González, J. and Rojas-Herrera, A. 2013. First Record of a red tide caused by *Gyrodinium instriatum* (Dinophyceae: Gymnodiniales) in Bahía de Acapulco, Guerrero. *Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) Océánides* 28(1): 43. 47.
- Gárate-Lizárraga, I., Díaz-Ortiz, J., Pérez-Cruz, B., Alarcón, M.A., Salgado, P. and López, S. 2009. Florecimientos de *Cochlodinium polykrikoides* y *Gymnodinium catenatum* en la bahía de Acapulco, Guerrero, México (2005-2008) Resúmenes III Taller sobre Florecimientos Algaes Nocivos, Acapulco, Guerrero. 14-17 pp.

- Gárate-Lizárraga, I., Hernández-Orozco, M.L., Band-Schmidt, C.J. and Serrano-Casillas, G. 2001. Red tides along the coasts of the Baja California Península, México (1984 to 2001). *Oceánides*, 16: 127-134.
- Hernández-Becerril, D.U. 2000. Morfología y taxonomía de algunas de las especies de diatomeas del género *Coscinodiscus* de las costas del Pacífico mexicano. *Revista de biología Tropical* 48: 7-18.
- Hernández-Becerril, D.U. 2003. Diversidad del fitoplancton marino de México. Un acercamiento actual. pp. 1–18. Cap. 1. En: Planctonología Mexicana. Barreiro-Güemes M. T., M. E. Meave del Castillo, M. Signoret-Poillon, M. G. Figueroa-Torres (eds.). Sociedad Mexicana de Planctonología, A. C. México.
- Krebs, C. J. 1999. Ecological methodology. Addison-Welsey Educational Publishers, Inc. Boston, Massachusetts, 654 pp.
- Langlois, G. W and Smith, P. 2001. Phytoplankton In: Biology and Ecological Niches in the Gulf of the Farallones: U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, 32–35 pp.
- Licea, S.J.L., Moreno, H., Santoyo and Figueroa, G. 1995. Dinoflagelados del Golfo de California. México. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México, 165 pp.
- Ludwig, J.A. and Reynolds, J.F. 1988. Statistical ecology. pp. 337. A primer on methods and computing. John Wiley & Sons, New York.
- Magurran, A. 1991. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 178 pp.
- Margalef, R. 1980. La Biosfera. Entre la termodinámica y el juego, pp.236 Omega, Barcelona.
- Margalef, D.R. 1981. Ecología. (5ª Ed.) Omega. Barcelona, España. 951 pp.
- Meave-del Castillo, M.H., Zamudio-Resendiz, M.E. and Castillo-Rivera, M. 2012. Riqueza fitoplanctónica de la Bahía de Acapulco y zona costera aledaña, Guerrero, México. *Acta Botánica Mexicana* 100: 405-487.
- Moreno, J. L., Licea, S. and Santoyo, H. 1995. Diatomeas del Golfo de California. México. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México, 273 pp.
- Moreira, A., Seisdedo, M. I., Leal, S., Comas, A., Delgado, G., Regadera, R., et al. 2007. Composición y abundancia del fitoplancton de la Bahía de Cienfuegos, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 28: 97-109.
- Ochoa, N. and Tarazona, J. 2003. Variabilidad temporal de pequeña escala en el fitoplancton de Bahía Independencia, Pisco, Perú. *Revista Peruana de Biología* 10: 59-66.
- Örnólfsson, E. B., Lumsden, E. and Pinckney, J.L. 2004. Phytoplankton community growth-rate response to nutrient pulses in a shallow turbid estuary, Galveston Bay, Texas. *Journal of plankton research* 26: 325-339.
- Peña, V. and Pinilla, G.A. 2002. Composición, distribución y abundancia de la comunidad fitoplanctónica de la ensenada de Utría, Pacífico colombiano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 37: 67-81.
- Pérez-Castro, D. 1984. Claves de identificación de diatomeas de la Bahía de Acapulco. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Morelos. 74 pp.
- Rojas-Herrera, A.A., Violante-González, J., García-Ibáñez, S., Sevilla-Torres, V.M.G., Gil-Guerrero, J.S. and Flores-Rodríguez, P. 2012. Temporal variation in the phytoplankton community of Acapulco Bay, Mexico. *Microbiology Research* 3(1): 13-19.
- Round, F.E., Crawford, R.M. and Mann, D.G. 1990. The Diatoms. Biology and morphology of the genera. Cambridge. University Press. 747 pp.
- Sánchez, E. 1996. Caracterización espacial del fitoplancton nerítico en el Pacífico Colombiano durante julio-agosto de 1994. Tesis de Biólogo, Facultad de Ciencias, Universidad del Valle, Cali, Colombia. 60 pp.
- Silver, W. and Platt, T. 1978. Energy flux in the pelagic ecosystem: A time-dependent equation. *Limnology Oceanography* 23(4): 813-816.
- Steel, J.H. 1976. Patchiness. pp. 98-115. In: the Ecology of the seas. D.H. Cushing y Walsh J.J. (Eds) Blackwell Scientific Publications, Londres, Gran Bretaña.
- Tomas, C.R. 1997. Identifying Marine Phytoplankton. Academic Press. San Diego. USA. 858 pp.
- Vargas-Montero, M., Bustamante, E.F., Guzmán, J.C. and Vargas, J.C. 2008. Florecimientos de dinoflagelados nocivos en la costa Pacífica de Costa Rica. *Hidrobiológica* 18: 15-23.
- Varona-Cordero, F. and Gutiérrez-Mendieta, F.J. 2006. Composición estacional del fitoplancton de dos lagunas del Pacífico tropical. *Hidrobiológica* 16: 159-174.

Como citar este artículo: Moreno-Díaz, G., Rojas-Herrera, A.A., González-González, J., Violante-González, J., Rosas Acevedo, J.L., García Ibáñez, S. (2015). Temporal and spatial variation in the phytoplankton community of Acapulco Bay, Mexico. *Revista Bio Ciencias* 3(2): 88-102. <http://editorial.uan.edu.mx/BIOCIENCIAS/article/view/169/150>

