



## **Doctorado en Ciencias Ambientales**

### **TESIS**

“ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA,  
EN RELACIÓN CON FACTORES AMBIENTALES DE LA BAHÍA DE  
ACAPULCO, GUERRERO. MÉXICO.”

### **PRESENTA:**

**GIOVANNI MORENO DIAZ**

**Para obtener el grado de:**

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**

### **Director de Tesis**

DR. AGUSTIN A. ROJAS HERRERA

### **Co-Director**

DR. JUSTINIANO GONZALEZ GONZALEZ

### **Asesores**

DR. JUAN VIOLANTE GONZALEZ

DR. JOSE LUIS ROSAS ACEVEDO

DR. SERGIO GARCIA IBAÑEZ

**Acapulco, Gro., Julio del 2015.**



# UAGro UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional

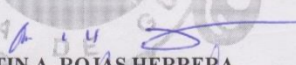
Acapulco, Gro., a 10 de Junio de 2015.

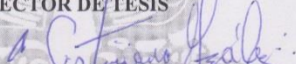
**DR. JOSÉ LUIS ROSAS ACEVEDO**  
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE CIENCIAS  
DE DESARROLLO REGIONAL DE LA  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO  
P R E S E N T E.

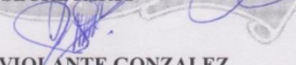
Por medio del presente, le comunicamos que después de haber leído, analizado y revisado el trabajo de tesis titulado "ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA, EN RELACIÓN CON FACTORES AMBIENTALES DE LA BAHÍA DE ACAPULCO, GUERRERO, MÉXICO." del alumno: **GIOVANNI MORENO DÍAZ**, lo hemos aprobado para su impresión. El trabajo esta listo para ser sustentado ante un jurado calificador para la obtención del grado de Doctorado en Ciencias Ambientales.

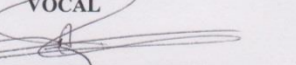
Sin otro particular, le reiteramos nuestro respeto y consideración.

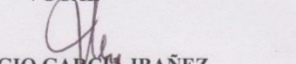
ATENTAMENTE

  
**DR. AGUSTIN A. ROJAS HERRERA**  
DIRECTOR DE TESIS

  
**DR. JUSTINIANO GONZÁLEZ GONZÁLEZ**  
SECRETARIO

  
**DR. JUAN VIOLANTE GONZÁLEZ**  
VOCAL

  
**DR. JOSÉ LUIS ROSAS ACEVEDO**  
VOCAL

  
**DR. SERGIO GARCÍA IBAÑEZ**  
VOCAL

Pino s/n  
Col. El Roble, C.P 39840  
Tel/Fax. 744 4876624, 4876694  
Correo electrónico: : unidad\_cdr@uagro.mx  
Acapulco de Juárez, Guerrero, México





# UAGro UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

Coordinación de Administración Escolar Zona Sur

OFICIO No. 5913/2014/ C.A.E.Z.S..

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE EXAMEN  
DE GRADO DE DOCTORADO

ACAPULCO, GRO., A 18 DE JUNIO DEL 2015.

C. DR. JOSÉ LUIS ROSAS ACEVEDO  
DIRECTOR DE LA UNIDAD ACADÉMICA  
UNIDAD DE CIENCIAS DE DESARROLLO REGIONAL  
DE LA UAGro.  
PRESENTE.

CON BASE A LO ESTABLECIDO EN EL ARTÍCULO 81 INCISO a) DEL REGLAMENTO GENERAL DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN VIGENTE, SE AUTORIZA LA APLICACIÓN DEL EXAMEN DE GRADO, MEDIANTE LA OPCIÓN DE: TESIS TITULADA:

"ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA, EN RELACIÓN CON FACTORES AMBIENTALES DE LA BAHÍA DE ACAPULCO, GUERRERO, MÉXICO"

AL (LA) C. GIOVANNI MORENO DÍAZ

PARA OBTENER EL GRADO DE: DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES  
HABIENDO CURSADO SUS ESTUDIOS EN EL PERIODO 2011 - 2015.

EN VIRTUD DE HABER CUMPLIDO CON LOS REQUISITOS DE REVISIÓN EXIGIDOS POR LA LEY EN ESTOS CASOS.

AGRADECERÉ A USTED, INFORMAR A ESTA COORDINACIÓN EL RESULTADO DEL EXAMEN, A MÁS TARDAR 15 DÍAS HÁBILES DESPUÉS DE EFECTUARLO.

SIN OTRO PARTICULAR, RECIBA UN CORDIAL SALUDO.

ATENTAMENTE,

M.A. CARLOS JESÚS SAAVEDRA SÁNCHEZ  
COORDINADOR

Administración  
Escolar  
ZONA SUR

c.c.p. Dirección de la Unidad Académica  
C.c.p. Interesado (a).  
C.c.p. Archivo.  
CJSS/mrc

Av. Niños Héroes No.133  
Col. Progreso C.P. 39350  
Tel. 01 (744) 4880919, Ext. 109, 110  
Correo electrónico: escolarsur@uagro.mx  
Acapulco de Juárez, Guerrero México

www.uagro.mx

## DEDICATORIA

### A MI ESPOSA E HIJOS:

Ana, Génesis y Giovanni

Por estar siempre conmigo apoyándome y dándome ánimos, les agradezco su paciencia, por las noches de desvelo o por todas esas ocasiones que no pude estar con ustedes a causa de mi trabajo, en una sola palabra gracias, (si se pudo).

### A MIS PADRES:

Magdalena y Albino

Por sus palabras siempre de aliento y de perseverancia, por su apoyo incondicional, por todas esas ocasiones que siempre me estuvieron dando ánimo para continuar trabajando.

### A MIS HERMANOS:

Jonathan y Alexis

Por haberme apoyado en todo este tiempo y siempre estar conmigo en las buenas y malas experiencias, espero que esto los anime a seguir preparándose académicamente.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios, por estar siempre conmigo, por el don de la vida y por dejarme realizar este sueño tan anhelado.

A mi director de tesis el Dr. Agustín A. Rojas Herrera, por todos los conocimientos que compartió con migo en el transcurso de este trabajo de investigación, pero más aún agradezco la amistad y confianza que en mi deposito, ha sido más que un buen maestro, un gran amigo.

A mis asesores de tesis: Dr. Juan Violante González; Dr. Sergio García Ibáñez; Dr. José Luis Rosas Acevedo; Dr. Justiniano González González. Por haber estado siempre con la disponibilidad de su tiempo para atenderme y ayudarme con el trabajo de investigación, les agradezco su ayuda personal que me brindaron.

A la Dr. María Laura San Pedro Rosas. Por haberme compartido su conocimiento y ayuda para mi formación académica.

Al CONACYT. Por la beca que me brindo para el trabajo de investigación.

A la UAGRO. Por la beca que me brindo para el trabajo de investigación.

## INDICE GENERAL

TABLAS.....	I
FIGURAS.....	II
RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	4
CAPITULO I.....	5
INTRODUCCIÓN.....	5
ANTECEDENTES.....	6
OBJETIVO GENERAL.....	8
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
JUSTIFICACIÓN.....	8
AREA DE ESTUDIO.....	9
CORRIENTES DE LA BAHÍA DE ACAPULCO.....	10
TOPOGRAFIA SUBMARINA.....	10
METODOLOGIA.....	11
CAPITULO II.....	15
RESULTADOS.....	15
PARAMETROS FISICO-QUIMICOS.....	15
COMPOSICIÓN DE ESPECIES.....	19
ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD.....	34
CAPITULO III.....	39
DISCUSIÓN.....	39
PARAMETROS FISICO-QUIMICOS.....	39
COMPOSICIÓN DE ESPECIES.....	41

ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD	43
CONCLUSIONES	46
SUGERENCIAS PARA MEJORAR LA CALIDAD AMBIENTAL	47
BIBLIOGRAFIA	56
ANEXO	64

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Parámetros físico químicos del agua de la Bahía de Acapulco, Guerrero, México.	17
Tabla2.	Abundancia y frecuencia relativa de la comunidad de fitoplancton en la Bahía de Acapulco, México.	21
Tabla 3a.	Componentes Principales	37
Tabla 3b.	Componentes Principales	38
Tabla 3c.	Componentes Principales	39
Tabla 4.	Características de las comunidades de fitoplancton de la Bahía de Acapulco, México.	32



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Área de estudio	11
FIGURA 2.	Temperatura ambiental y Precipitación Pluvial.	18
Figura 3.	Comparación del Índice de diversidad H para los dos sitios de muestreo: sitio 1 Islote San Lorenzo, sitio 2 Casa Díaz Ordaz.	35
Figura 4.	Porcentajes de similitud entre muestreos de fitoplancton en la Bahía de Acapulco, México.	36

## RESUMEN

Durante los meses de septiembre de 2009- abril de 2010, enero-abril y septiembre de 2011 y abril-julio, octubre y noviembre del 2012, 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, morro San Lorenzo y casa Díaz Ordaz. Se identificaron un total de 99 especies: 50 de dinoflagelados, 40 de diatomeas, cuatro cianobacterias, dos silicoflagelados, 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 7 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. En abril de 2012 se registró un FAN de *Neoceratium balechii* especie no toxica. La comunidad de fitoplancton demostró ser un buen indicador de cambios ambientales en la Bahía de Acapulco y es recomendable su monitoreo continuo como una forma de detectar modificaciones en la calidad ambiental de la bahía.

Palabras clave: Fitoplancton marino, Composición de especies, Bahía de Acapulco, México.

## ABSTRACT

Phytoplankton community species composition and abundance over time in Acapulco Bay, Mexico, were quantified from September 2009- April 2010, January-April and September 2011 to April-July and October and November 2012. Phytoplankton was taken at 2 stations, morro San Lorenzo and casa Díaz Ordaz. A total of 99 species were identified: 50 dinoflagellates, 40 diatoms, 4 cyanobacterias, 2 silicoflagellates, 2 chlorophytas and 1 charophyta. The dinoflagellate dominated during the rainy season and the diatoms dominated during the dry season. At least 7 potentially toxic dinoflagellate species were recorded which could generate harmful algal blooms (HABs) if bay environmental conditions are altered. In April 2012 an AB of *Neoceratium balechii* nontoxic species was recorded. The phytoplankton community proved to be a good indicator of environmental change in the Bay of Acapulco and its continuous monitoring is recommended as a way to detect changes in environmental quality of the bay.

Keywords: Marine phytoplankton, species composition, Acapulco Bay, Mexico

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

El plancton, es un término colectivo utilizado para denominar a una serie de organismos marinos y dulceacuícolas que van a la deriva o que flotan en la superficie del agua. Este se divide en fitoplancton y zooplancton.

El fitoplancton se puede encontrar tanto en el medio marino como en dulceacuícola. En el mar, los grupos más sobresalientes son las diatomeas y los dinoflagelados, responsables de la productividad primaria, por lo cual son los iniciadores de la cadena trófica en ese medio (Acleto, 1998).

Las microalgas constituyen una de las comunidades más complejas del ambiente costero, la cual se mantiene a merced de los movimientos de las aguas; en respuesta, las numerosas especies que la componen presentan estrategias de 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); estos pertenecen a varios grupos de microalgas, destacando las diatomeas, dinoflagelados, haptofíceas, rafidofíceas, cianofíceas y pelagofitas (Zingone y Oksfeldt, 2000; Garcés et al., 2002). 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 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: la reducción o el incremento de salinidad, aportes de agua dulce de origen terrestre y aumento de la temperatura del mar, y más comúnmente por el acarreo de nutrientes en época de

lluvias por ríos y arroyos.

Estos eventos recurrentes son reconocidos como una seria amenaza tanto para la población que habita los litorales de la costa, como para el medio ambiente. Cuando ocurre un FAN, la abundancia de las especies individuales del fitoplancton no es homogénea. Aunque una o más especies pueden ser más abundantes, las comunidades pueden estar conformadas por un conjunto de especies con características biológicas y fisiológicas diferentes (Smayda, 1980).

Entre los factores ambientales se destacan las surgencias y el aporte de nutrientes producto de la interacción océano-atmósfera, los escurrimientos continentales resultantes de fenómenos meteorológicos, los procesos de mezcla en la columna de agua (Lalli y Parsons, 1996), así como diversos procesos hidrodinámicos que favorecen la acumulación de fitoplancton (Cortes-Altamirano y Páez-Osuna, 1998).

Hasta la fecha existen muy pocos estudios sobre la comunidad de fitoplancton en aguas costeras. Específicamente para el área de la Bahía de Acapulco, recientemente se han empezado a realizar trabajos sobre estructura de la comunidad de fitoplancton. La presente 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 (durante cuatro años) y además la relación o impacto que las variaciones de los parámetros físico- químicos del agua tiene en la comunidad fitoplanctónica.

## ANTECEDENTES

El fitoplancton ha demostrado ser un importante indicador de la contaminación de un cuerpo de agua, debido a su rápida capacidad de cambio ante cualquier perturbación, siendo además la unidad básica de producción de materia orgánica, la cual garantiza el flujo de energía hacia los niveles superiores y regula el régimen gaseoso en los sistemas acuáticos (Carménate et al., 2008) .

El estudio del fitoplancton puede describir con exactitud la condición inmediata de un cuerpo de agua; es por lo tanto uno de los indicadores biológicos más utilizados para cuantificar las alteraciones de medios dulceacuícolas, salobres y marinos debidas a los efectos antropogénicos (De la Lanza et al., 2000).

Montes et al (2005); Realizaron un estudio en Bahía de Sechura, Perú. Con el objetivo de conocer la composición especiologica del fitoplancton. Obteniendo como resultados que se encontraron 26 géneros y 30 especies de diatomeas, siendo las especies más frecuentes: *Coscinodiscus granii* la cual estuvo presente en todo el año excepto en abril. Los dinoflagelados estuvieron representados por 4 géneros y 23 especies: *Protoperdinium* con 11 especies, *Ceratium* 7, *Dinophysis* 4, y *Prorocentrum* 1.

Ortiz y Jiménez (1986), (2004); Registraron los eventos de marea roja que ocurrieron en el puerto de Manzanillo (Colima) con el propósito de reconocer las especies causantes y sus efectos. Los florecimientos fueron más frecuentes en marzo y mayo, en particular durante los años en que se presentó la fase fría del ENSO. Se identificaron 11 especies de dinoflagelados, un silocoflagelado, una diatomea y un protozooario ciliado. La especie más común fue el ciliado *Myrionecta rubra* (= *Mesodinium rubrum*). La mayoría de los eventos fue inocua, excepto el registro en diciembre de 2001, formado por el dinoflagelado *Cochlodinium* cf. *Polykrikoides*, y que mato algunos peces.

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), Rojas-Herrera et al. (2012a, b, c) y Moreno-Díaz (2015). 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-Mancilla et al., 2000; Díaz-Ortiz et al., 2007; Garate-Lizárraga et al., 2001, 2008, 2009, 2013).

## OBJETIVO GENERAL:

Conocer la abundancia y diversidad de la comunidad fitoplanctónica de acuerdo a las variaciones de los parámetros físico-químicos del agua en la Bahía de Acapulco, Guerrero como una forma de contribuir al conocimiento del estado en cuanto a la calidad ambiental de la Bahía y tener bases para proponer mecanismos de remediación.

## OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Identificar especies de la comunidad fitoplanctónica.
- Aplicar índices de diversidad y abundancia
- Determinar el Comportamiento de las variaciones de la comunidad de fitoplancton en relación a las variaciones de los factores físico-químicos del agua de la bahía.
- En base a los resultados, proponer algunas medidas para mejorar la calidad ambiental.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Debido a que la Bahía de Acapulco, resulta un atractivo turístico de talla nacional e internacional, es importante tener información científica exacta de la situación ambiental, esto con el propósito de tener bases firmes, que nos faciliten tomar medidas para remediar la situación ambiental de la Bahía y/o para preservarla.

## JUSTIFICACION

El presente trabajo de investigación, nos dará bases científicas para conocer la condición ambiental que guardan las aguas de la Bahía de Acapulco, esta información

nos servirá para proponer medidas de remediación y/o preservación de la calidad ambiental.

Además de esto cabe señalar que la presente investigación arroja información, la cual es relevante para la comunidad científica.

## AREA DE ESTUDIO

En la costa del Pacífico Mexicano, a  $16^{\circ}49'$  de latitud norte y a  $99^{\circ}45'$  de longitud oeste, se localiza la ciudad y puerto de Acapulco, Gro., con una población de 789,971 habitantes (INEGI 2010) en una superficie de  $1,882 \text{ km}^2$  (Romo, 1979). Tiene un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano y otoño, con una temperatura promedio de  $27.9^{\circ}\text{C}$ . La precipitación anual promedio es de 1,240 mm, siendo septiembre el mes más lluvioso con 299 mm. (Eric, 1996).

La Bahía de Acapulco se localiza en la latitud  $16^{\circ} 51' \text{ N}$  y longitud  $99^{\circ}$  Oeste del meridiano de Greenwich, tiene 6 km de ancho, 13 km de largo; sus profundidades varían desde 10 hasta 60 metros en su entrada por la bocana, aunque la mayor profundidad registrada es del orden de 56 m en la boca de la bahía y la altura media sobre el nivel del mar en la ciudad es de 4 m. La entrada por mar a la bahía puede ser posible por la denominada Boca Chica la cual consta de 230 metros en su punto más angosto con una profundidad de 30 metros, ubicada hacia el Oeste de las Ensenadas Gemelas que forman las playas Caleta y Caletilla (INEGI 2004). En el Lado Oeste de la bahía se localiza la Quebrada la cual es una constitución de rocas que presenta una forma de acantilados, con una altura aproximada de más de 50 metros de altura sobre el nivel del mar.



## CORRIENTES DE LA BAHIA DE ACAPULCO

La bahía se encuentra influenciada por corrientes causadas principalmente por los vientos dominantes del Oeste; este fenómeno, unido a una corriente entrante por el canal de Boca Chica (presenta un kilómetro de longitud y profundidad media de 15 m), producen una corriente principal de superficie en el interior de la bahía, paralela a lo largo de la costa, que va de Oeste a Este, desde el puerto hasta la base naval de Icacos encontrándose con las aguas que ocupan la ensenada de Icacos y que realizan un giro contrario a las manecillas del reloj además la bahía está alimentada por corrientes de agua fría que ingresan de mar abierto por zonas profundas de 15 a 20 metros y afloran surgiendo en la costa, generalmente en el puerto y frente al fraccionamiento Costa Azul. La corriente marina se debilita al entrar en la Bahía por la conformación que existe en la zona, en los sitios menos profundos (5 metros) las velocidades son de 5 a 10 cm/s; en los lugares más retirados de la orilla, donde hay profundidades mayores de 30 m la corriente superficial alcanza valores máximos de 18 cm/s y en el canal de Boca Chica la velocidad de la corriente puede llegar hasta 30 cm/s. (Secretaría de Marina 1979)

## TOPOGRAFIA SUBMARINA

La bahía presenta una franja curvada con fondos arenosos y rocosos de 20 metros de profundidad promedio y se extiende desde la ensenada de Santa Lucia en el Oeste, hasta la ensenada Icacos en el este, su límite terrestre es una extensa línea de Playa, de perfil relativamente pronunciado lo cual permite una buena aproximación de cualquier tipo de embarcaciones incluso de gran calado. La parte frontal es conocida como "Fosa de Acapulco", de aproximadamente 4000 metros de profundidad y 519 kilómetros de longitud, siendo una de las fosas abisales más profundas (Secretaria de Marina 1979).

## METODOLOGIA

Para la identificación de la comunidad fitoplanctónica, se realizaron muestreos mensuales durante cuatro años, de septiembre del 2009 a noviembre de 2012 en 2 estaciones de muestreo en la Bahía de Acapulco: 1 Morro San Lorenzo (16°51'N, 99°53'W), y 2 Casa de Díaz Ordaz (16°50'N, 99°51'W) (Fig. 1).



Figura 1. Área de estudio

Los muestreos se realizaron utilizando una embarcación con motor fuera de borda, la salinidad (‰) la temperatura superficial del mar (C°) El oxígeno disuelto (mg/L) y Clorofila ( $\mu\text{g/L}$ ) 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. Para cuantificar la concentración de nutrientes (nitritos, nitratos y fosfatos) se utilizaron muestras de 500 ml de agua de mar, las cuales fueron mantenidas a baja temperatura hasta su procesamiento en

laboratorio, utilizando para la medición fotómetros marca Hanna Instruments, basados en métodos estándar.

Se tomaron muestras con una red de plancton de 31 centímetros (cm) de apertura de boca, 1.28 metros (m) de manga y 150 micras ( $\mu\text{m}$ ) 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 y de objetivo 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, Guiry y Guiry 2014). 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, 2014).

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 través de la consulta de las obras de Gaines & Elbrächter (1987), Prézelin (1987), Balech (1988), Bérard-Therriault et al. (1999), Hasle y Syvertsen (1997), Steidinger y Tangen (1997), se registró el tipo de nutrición de cada taxón, reconociéndose las siguientes tres categorías: a) fotosintéticas, b) mixotróficas, y c) heterótrofas, incluyendo a las osmótrofas, las fagótrofas y a las parásitas.

Se registró el hábito o forma de vida de cada taxón, definiendo si eran planctónicos o ticoplanctónicos (Porter, 2008), usando principalmente las obras de Meave et al. (2012), Krayesky et al. (2009) y Steidinger y Tangen (1997). Asimismo se registró la distribución mundial de cada una de las especies, con base en la información de Bérard-Therriault et al. (1999), Hasle y Syvertsen (1997), Licea et al. (1995), Meave et al. (2012) y Moreno et al. (1996), considerando cuatro categorías: Tropical (Tr), Subtropical (Sbt), Templada (Tm) y Fría (Fr).

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 ( $N_o$ ) considerada como el número de especies presentes en cada muestra:

$$N_o = S$$

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  $i$ ,  $ni$  es el número de individuos de la especie  $i$  y  $NT$  es el número total de los individuos de todas las especies de fitoplancton. Mediante este índice, se evidencia la importancia 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).

Se realizó un Análisis de componentes principales, con la finalidad de identificar si los parámetros físico químicos del agua explicaban los patrones de diversidad y abundancia del fitoplancton.

Para el apartado sobre sugerencias para ordenar y mejorar la calidad ambiental además de los resultados obtenidos sobre el análisis de la comunidad de fitoplancton, se recopilaron y analizaron todos los trabajos científicos realizados sobre Bahía de Acapulco, incluyendo publicaciones, tesis, informes técnicos, trabajos en extenso, reportes técnicos de proyectos de investigación y resúmenes de ponencias presentadas en reuniones científicas. Esto se hizo mediante la revisión de bibliografía y cuando fue posible, a través de la consulta directa con investigadores que habían o estaban trabajando en el área.

## CAPITULO II

### RESULTADOS

#### PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

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 noviembre de 2012 (Tabla 1). La temperatura más baja se registró en el mes de abril de 2011, en tanto que la más alta en septiembre de 2009.

En cuanto a la salinidad, este parámetro varió también de forma significativa entre 31.4 a 35.2 ups, el valor más alto se registró en septiembre de 2009 y el más bajo en septiembre de 2011.

El oxígeno disuelto, registro el promedio más bajo en abril de 2012 (2 mg/L) y el más

alto en marzo, abril y septiembre de 2011 (10 mg/L) (Tabla 1).

En cuanto a los nutrientes, Los nitritos mostraron un registro promedio más bajo en septiembre de 2009 (0.002 mg/L) y el más alto en junio de 2012 (0.06). Los nitratos mostraron un intervalo de 0.1 a 1.4 mg/L, con el registro promedio más bajo en mayo de 2012 y el más alto en septiembre de 2011. Finalmente, Los fosfatos mostraron un intervalo de 0.11 a 1.43 mg/L, con el registro promedio más bajo en enero de 2011 y el más alto en septiembre de 2011 (Tabla 1).

La clorofila mostro el promedio más bajo en noviembre de 2012 (1.2) y el más alto en febrero de 2010 (3.11). En general de noviembre de 2009 a abril de 2010 los valores fueron altos (Tabla 1).

La temperatura ambiental más baja se registró en el mes de septiembre de 2010, en tanto que la más alta en mayo de 2011. Junio de 2012 fue el mes en que mayor precipitación pluvial hubo (217.1 mm) (Fig.2).

Tabla 1. Parámetros físico químicos del agua de la Bahía de Acapulco, Guerrero, México. Temperatura (°C), salinidad (‰), Oxígeno disuelto (mg/l), Clorofila (µg/l), fosfatos, nitritos y nitratos (mg/l).

	PRECIPITACION	TEMPERATURA	SALINIDAD	CLOROFILA	NITRITOS	NITRATOS	FOSFATOS	OXIGENO
SEP_09	214.3	30.89	35.27	1.45	0	0.2	0.17	
OCT_09	137.8	29.77	32.31	1.84	0.01	0.7	0.4	6.8
NOV_09	6.3	29.36	32.88	2.77	0.01	0.77	0.22	6.95
DIC_09	0.8	27.86	33.07	3.01	0.01	0.52	0.32	7.05
ENE_10	36.4	26.43	32.77	2.62	0.01	1.28	0.27	7.17
FEB_10	113.9	26.79	32.85	3.12	0.01	0.95	0.21	6.14
MAR_10	0	24.99	33.1	2.7	0.01	0.7	0.24	7.62
ABR_10	0	26.88	33.06	2.61	0.01	0.85	0.2	6.5
ENE_11	0	26.07	33.36	1.65		0.3	0.11	5.8
FEB_11	0	27.67	33.38	1.55	0.01	0.35	0.22	5
MAR_11	0.7	26.17	33.58	1.8	0.03	0.45	0.29	10
ABR_11	9.6	26.17	33.58	1.8	0.03	0.45	0.29	10
SEP_11	158	30	31.41	1.4	0.03	1.4	1.44	10
ABR_12	4.9	28.01	33.7	1.55	0.03	0.3	0.33	2
MAY_12	38.4	30.55	33.24	1.35	0.01	0.1	1.38	9.05
JUN_12	217.1	27.66	33.24	1.45	0.06		0.2	8.5
JUL_12	150.9	29.39	32.86	1.95	0.03	0.3	0.13	6.81
OCT_12	98.8	29.79	33.09	1.5				7.47
NOV_12	10.7	29.5	32.9	1.2	0.03	0.17	0.98	6.54



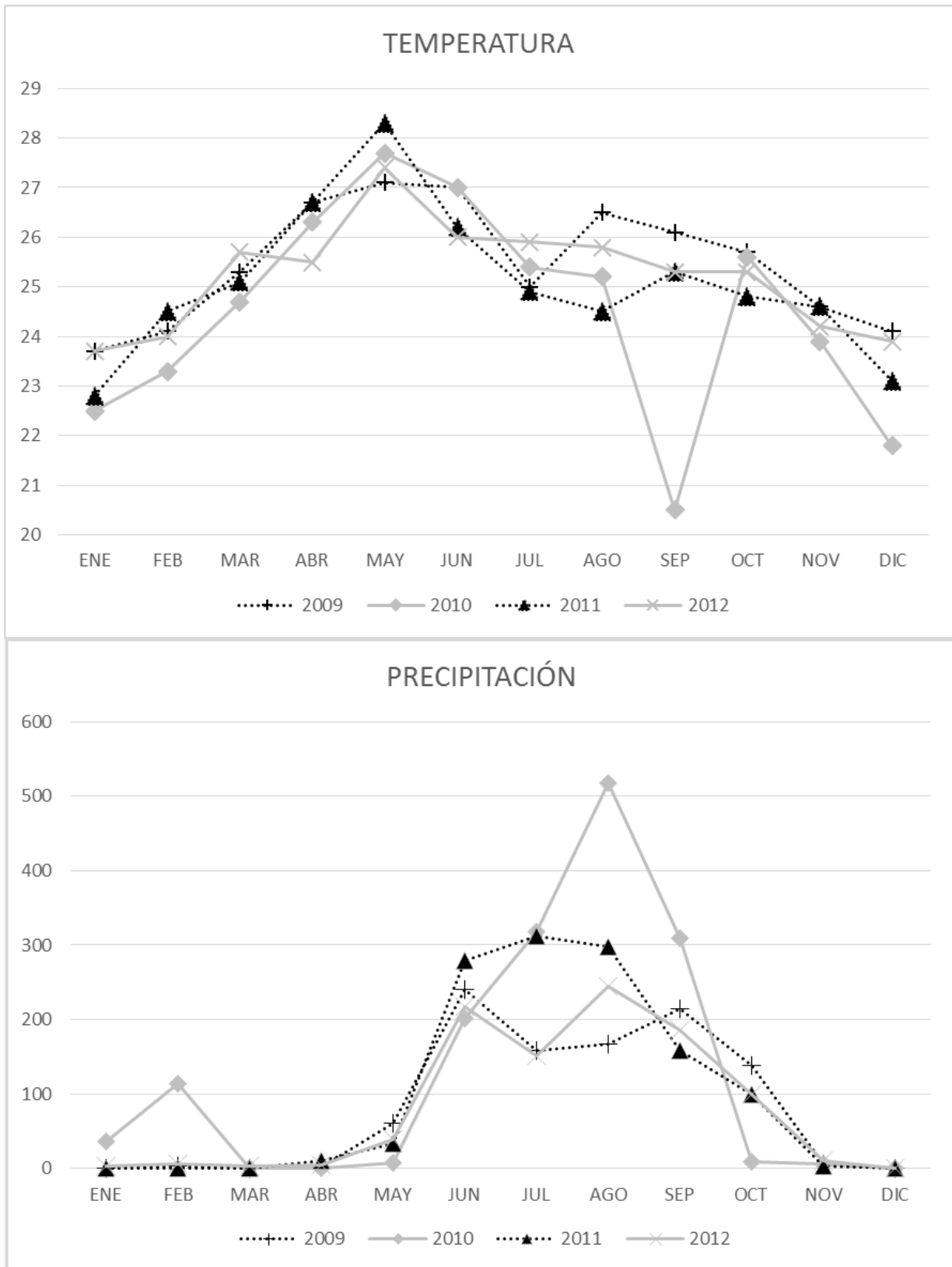


FIGURA 2. Temperatura ambiental y Precipitación Pluvial.

## COMPOSICIÓN DE ESPECIES

El análisis de la composición taxonómica de la comunidad de fitoplancton indicó, que un total de 99 especies conformaron la comunidad de la Bahía: 50 especies de dinoflagelados (Dinophyta), 40 de diatomeas (Bacillariophyta), cuatro cianobacterias (Cyanobacteria), dos silicoflagelados (Heterokontophyta), 2 clorofitas (Chlorophyta) y 1 carofita (Charophyta) (Tabla 2). 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 54.6% del total de células cuantificadas en todo el periodo de muestreo. Los géneros de dinoflagelados más importantes fueron *Neoceratium* (27 especies), *Protoperdinium* (5 especies), *Gonyaulax*, *Amphisolenia* y *Prorocentrum* (3 especies), mientras que los de diatomeas fueron los de *Chaetoceros* (8 especies), *Coscinodiscus* y *Rhizosolenia* (4 especies) y *Guinardia* (3 especies).

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, marzo de 2011 así como en los meses de abril, mayo, julio y noviembre de 2012; en abril la densidad relativa de dinoflagelados fue del 100% ya que se presentó un afloramiento algal en donde la especie dominante fue *Neoceratium balechii* con una abundancia relativa de 89.52%; en tanto que las diatomeas registraron una relación inversamente proporcional en su abundancia en relación a los dinoflagelados (Tabla 4). Diez especies fueron las dominaron numéricamente en la comunidad de fitoplancton: 4 especies de dinoflagelados (*Neoceratium balechii*, *Neoceratium tripos*, *Neoceratium deflexum* y *Neoceratium trichoceros*) y 6 especies de diatomeas (*Chaetoceros* sp., *Rhizosolenia* sp., *R. hebetata*, *Chaetoceros affinis*, *Chaetoceros didymus* y *Proboscia indica*) (Tablas 2 y 4). Estas 10 especies representaron el 65.8% del total de células estimado en todos los muestreos. Los dinoflagelados *Neoceratium deflexum*, *Neoceratium furca*, *Neoceratium fusus*, y *Neoceratium tripos* fueron colectados en más del 84% de 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, *Neoceratium balechii* fue dominante en el mes de abril

de 2012 cuando se presentó un afloramiento masivo de esta especie y *Neoceratium tripos* fue dominante en mayo y julio de 2012. Las diatomeas *Chaetoceros* sp., y *Rhizosolenia hebetata* estuvieron presentes en todos los meses, excepto en el mes de abril de 2012 fue cuando las diatomeas estuvieron ausentes.

Tabla 2. Abundancia y frecuencia relativa de la comunidad de fitoplancton en la Bahía de Acapulco, México. Clasificación: (D) Dominante, (F) frecuente, (O) ocasional, (R) rara. Afinidad: 1 = Estuarina, 2 = Nerítica, 3 = Adiaforica, 4 = Oceánica. Distribución global: Tr = tropical, Sbt = subtropical, Tm = en aguas templadas, Fr = en aguas frías. Tipo de nutrición (**N**): F = Fotosintética, H = Heterótrofa, M = Mixótrofa. Forma de vida (**H**): T = Ticoplanctónico, P = Planctónico, (\*\*\*) Nuevos registros para la Bahía de Acapulco.

<b>Especie</b>	<b>Abundancia relativa</b>	<b>Frecuencia relativa</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Afinidad</b>	<b>Distribución global</b>	<b>N</b>	<b>H</b>
<b>Dinophyta</b>							
<i>Amphisolenia bidentata</i> Schröder, 1900	0.022	5.263	R	3	Tr,Tm	F	P
<i>Amphisolenia lemmermannii</i> Kofoid, 1907	0.030	10.526	R	3			
<i>Amphisolenia</i> sp.	0.030	15.789	R				
<i>Ceratocorys horrida</i> Stein, 1883	0.015	10.526	R	3	Tr,Tm	F	P
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent, 1881	0.780	36.842	F	3	Tr,Tm	M	P
<i>Dinophysis tripos</i> Gourret, 1883***	0.007	5.263	R	3		M	P
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein	0.007	5.263	R	3	Tr,Tm	F	P

<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparede et Lachmann) Diesing, 1866	0.015	5.263	R	2	Tr,Tm	F	P
<i>Gonyaulax</i> sp.	0.757	42.105	F		Tr	F	P
<i>Gymnodinium</i> sp.	0.187	5.263	R		Tr	H	P
<i>Lingulodinium polyedrum</i> (F.Stein) J.D.Dodge, 1989	0.007	5.263	R	2	Tr, Tm	F	P
<i>Neoceratium arietinum</i> (Cleve) Gómez et al., 2001	0.007	5.263	R	3	Tm,Tr	M	P
<i>Neoceratium balechii</i> (Meave del Castillo et al.) Gómez et al., 2010	3.651	5.263	O	3	Tm,Tr	M	P
<i>Neoceratium breve</i> (Ostenfeld & Schmidt) Gómez et al, 2010	0.007	5.263	R	4	Tr	M	P
<i>Neoceratium candelabrum</i> (Ehrenberg) Gómez et al., 2001	0.727	52.632	F	3	Tm,Tr	M	P
<i>Neoceratium carriense</i> (Gourret) Gómez et al., 2001	0.315	21.053	R	3	Tr	M	P

<i>Neoceratium concilians</i> (Jørgensen) Gómez et al.2010 ***	0.007	5.263	R	3	Tr	M	P
<i>Neoceratium contortum</i> (Gourret) Gómez et al., 2009	0.067	10.526	R	3	Tr	M	P
<i>Neoceratium deflexun</i> (Kofoid) Gómez et al., 2001	9.769	84.211	D	3	Tr	M	P
<i>Neoceratium dens</i> (Ostenfeld & Schmidt) Gómez et al., 2009	0.915	31.579	R	3	Tr	M	P
<i>Neoceratium extensum</i> (Gourret) Gómez et al., 2010	0.030	5.263	R	2	Tr	M	P
<i>Neoceratium falcatum</i> (Kofoid) Gómez et al., 2010	0.015	5.263	R	3	Tr	M	P
<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez et al., 2001	2.219	94.737	D	2	Tm	M	P
<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez et al., 2009	2.047	84.211	D	2	Tr,Tm	M	P

<i>Neoceratium gravidum</i> (Gourret) Gómez et al., 2010	0.015	10.526	R	3	Tr	M	P
<i>Neoceratium horridum var buceros</i> (Gran) Gómez et al., 2009	2.151	84.21	D	3	Tm	M	P
<i>Neoceratium incisum</i> (Karsten) Gómez et al. ***	0.030	5.263	R	3	Tm, Tr	M	P
<i>Neoceratium inflatum</i> (Kofoid) Gómez et al., 2009	0.165	42.105	F	3	Tm,Tr	M	P
<i>Neoceratium longirostrum</i> (Gourret) Gómez et al., 2009	0.165	36.842	F	3	Tr,Sbt	M	P
<i>Neoceratium lunula</i> (Schimper ex Karsten) Gómez et al., 2001	0.225	42.105	F	3	Tr,Sbt	M	P
<i>Neoceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Gómez et al., 2001	1.260	36.842	D	3	Tr	M	P
<i>Neoceratium masiliense</i> (Gourret) Gómez et al., 2009	0.142	5.263	R	4	Tm,Tr	M	P
<i>Neoceratium ranipes</i> (Cleve) Gómez, 2010	0.022	10.526	R	3	Tr,Sbt	M	P

<i>Neoceratium symmetricum</i> (Cleve) Gómez et al., 2001	0.067	26.316	F	4	Tr	M	P
<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez et al., 2009	3.449	89.474	D	3	Tm,Tr	M	P
<i>Neoceratium tripos</i> (Müller) Gómez et al., 2001	7.700	94.737	D	3	Tm	M	P
<i>Neoceratium vultur</i> (Cleve) Gómez et al., 2009	0.262	26.316	F	3	Tr,Sbt	M	P
<i>Neoceratium</i> sp.	2.174	15.789	O		Tr	M	P
<i>Ornithocercus steinii</i> Schütt, 1900	0.022	15.789	R		Tr	F	P
<i>Ornithocercus</i> sp.	0.015	10.526	R				
<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey)	0.007	5.263	R	3	Tm,Tr	F	P
<i>Prorocentrum gracile</i> Schutt, 1895	2.197	68.421	D	3	Tr,Tm	F	P
<i>Prorocentrum</i> sp.	0.105	10.526	R		Tr	F	P
<i>Protopteridinium cerasus</i> (Paulsen) Balech, 1973	0.007	5.263	R	3	Tm,Tr	H	P



<i>Protoperidinium claudicans</i> (Paulsen) Balech, 1974	0.037	21.053	R	3	Tr,Tm	H	P
<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech, 1974	0.097	21.053	R	3	Tm,Tr	H	P
<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech, 1974	0.255	26.316	F	3	Tr,Tm	H	P
<i>Protoperidinium</i> sp.	2.092	63.158	D		Tr	H	P
<i>Pyrocystis fusiformis</i> Wyville-Thompson ex Blackmann, 1902	0.682	31.579	F	4	Tr	F	P
<i>Pyrocystis lunula</i> (J.Schütt) J.Schütt, 1896	0.007	5.263	R	4	Tr	F	P
<b>Bacillariophyta</b>							
<i>Amphora angusta</i> var. <i>Ventricosa</i> (Gregory ) Cleve , 1895***	0.007	5.263	R	2			
<i>Asteromphalus heptactis</i> (Brébisson) Ralfs 1861	0.015	5.263	R	2	Tr,Tm	F	P
<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder, 1864	0.052	5.263	R	3	Tr,Tm	F	P

<i>Ceratoneis closterium</i> Ehrenberg, 1839	0.007	5.263	R	3	Sbt, Tm	F	T
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder, 1864	4.693	68.421	D	3		F	P
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve, 1889	0.330	47.368	F	3		F	P
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve, 1873	0.427	26.316	F	3		F	P
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg, 1845	4.611	84.211	D	3	Tr,Sbt	F	P
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow, 1863	0.067	15.789	R	2	Tr	F	P
<i>Chaetoceros sociales</i> Lauder, 1864	0.960	21.053	R	2		F	P
<i>Chaetoceros teres</i> Cleve, 1896	1.627	47.368	D	3	Tr,Tm	F	P
<i>Chaetoceros</i> sp.	15.182	89.474	D		Tr	F	P
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough, 1905	0.022	5.263	R	3	Sbt,Tm	F	P
<i>Coscinodiscus heteroporus</i> Ehrenberg, 1844***	2.137	73.684	D	3			
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg 1840	0.135	15.789	R	3	Tr,Sbt	F	P
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0.757	15.789	R		Tr	F	P

<i>Ditylum brightwelli</i> (West) Grunow, 1883	0.315	52.632	F	3		F	P
<i>Eucampia zoodiacus</i> Ehrenberg 1839	0.007	5.263	R	3	Tr,Tm	F	P
<i>Guinardia delicatula</i> (Cleve) Hasle, 1997	0.884	57.894	F	2	Tm,Tr	F	P
<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo, 1892	0.180	15.789	R	3	Tr,Tm	F	P
<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle, 1996	0.629	52.631	F	3	Tr	F	P
<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville, 1865	0.007	5.263	R	2	Tr,Tm	F	P
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve, 1889	0.187	26.316	F	3		F	P
<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran, 1915	0.015	5.263	R	3		F	P
<i>Licmophora abbreviata</i> Agardh, 1831	0.120	15.789	R	2	Sbt,Tm	F	T
<i>Nitzschia pacifica</i> Cupp, 1943	0.127	15.789	R	3	Tr,Tm	F	P
<i>Nitzschia</i> sp.	0.562	36.842	F		Tr	F	P
<i>Planktoniella sol</i> (Wallich) Schütt, 1893	0.112	26.316	F	4	Tr,Tm	F	P
<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs, 1861	0.007	5.263	R			F	P

<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström, 1986	0.930	21.053	R	3	Sbt,Tm	F	P
<i>Proboscia indica</i> (Peragallo) Hernández-Becerril, 1995	3.111	26.316	D	3	T, Sbt	F	P
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden, 1928***	0.240	21.053	R	3	Tm		
<i>Rabdonema</i> sp. ***	1.694	31.579	D				
<i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey, 1856	3.876	47.368	D	3	Tm	H	P
<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell, 1858	0.075	5.263	R	3	Sbt,Tm	F	P
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell, 1858	0.037	5.263	R	2	Sbt,Tm	F	P
<i>Rhizosolenia</i> sp.	9.822	42.105	D				
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve, 1873	0.172	42.105	F	3	Tm	F	P
<i>Stephanopyxis palmeriana</i> (Greville) Grunow, 1884	0.465	15.789	R	3	Tm	F	P

<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow, 1880	0.015	5.263	R	3	Fr, Tm	F	P
<b>Heterokontophyta</b>							
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg, 1839	0.015	10.526	R	4	Tm	F	P
<i>Dictyocha octonaria</i> Ehrenberg 1844	0.075	10.526	R	4	Tm	F	P
<b>Cyanobacteria</b>							
<i>Spirulina</i> sp. ***	0.007	5.263	R	1			
<i>Synechococcus</i> sp.	0.007	5.263	R	1	T, Tm	F	P
<i>Synechocystis</i> sp.	0.097	21.053	R	1		F	P
<i>Trichodesmium erythraeum</i> Ehrenberg ex Gomont 1892	0.150	26.316	F	4	T, Tm	F	P
<b>Chlorophyta</b>							
<i>Chlamydomonas</i> sp. ***	0.007	5.263	R				
<i>Volvox</i> sp. ***	0.007	5.263	R				

<b>Charophyta</b>							
<i>Staurastrum</i> sp. ***	0.015	10.526	R				

Tabla 4. 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.

MES	No. de especies	Dino. abun. Rel.	Diat. Abun. Rel.	Otros Abun. Rel.	Especie dominante	BPI	H'	J'
Septiembre-09	19	5.12	89.69	0.61	<i>Rhizosolenia hebetata</i>	36.47	1.85	0.63
Ocubre	25	45.46	58.93	1.03	<i>Rhizosolenia hebetata</i>	25.33	2.36	0.73
Noviembre	20	28.02	71.88	1.59	<i>Proboscia indica</i>	31.36	2.04	0.68
Diciembre	19	17.98	85.53	0.16	<i>Rhizosolenia hebetata</i>	61.0	1.52	0.51
Enero-10	25	34.44	59.17	0.0	<i>Chaetoceros</i> sp.	47.99	1.9	0.59
Febrero	35	62.15	28.15	0.18	<i>Chaetoceros</i> sp.	26.48	2.32	0.65
Marzo	35	59.61	46.06	0.0	<i>Chaetoceros</i> sp.	16.44	2.65	0.74
Abril	36	56.63	40.59	0.25	<i>Neoceratium deflexum</i>	19.01	2.71	0.75
Enero-11	30	13.48	86.51	0.0	<i>Chaetoceros affinis</i>	33.98	1.98	0.58
Febrero	34	23.75	75.95	0.29	<i>Chaetoceros didymus</i>	15.98	2.62	0.74

Marzo	25	62.56	37.28	0.16	<i>Neoceratium</i> sp.	27.2	2.35	0.73
Abril	38	17.58	82.24	0.16	<i>Rhizosolenia hebetata</i>	16.93	2.8	0.77
Septiembre	31	11.11	88.09	0.79	<i>Chaetoceros</i> sp.	36.9	2.23	0.65
Abril-12	07	100.0	0.0	0.0	<i>Neoceratium balechii</i>	89.52	0.48	0.25
Mayo	20	81.94	16.66	1.85	<i>Neoceratium tripos</i>	27.31	2.41	0.8
Junio	18	24.29	75.7	0.0	<i>Chaetoceros</i> sp.	33.4	1.92	0.66
Julio	21	88.86	11.13	0.0	<i>Neoceratium tripos</i>	23.24	2.17	0.71
Octubre	25	40.99	57.91	1.08	<i>Chaetoceros</i> sp.	22.36	2.3	0.71
Noviembre	19	62.17	37.82	0.0	<i>Chaetoceros</i> sp.	19.43	2.38	0.8

---



De acuerdo a la clasificación de las especies en base a su origen, más del 70% de dinoflagelados y diatomeas fueron clasificadas como especies adiafóricas (especies que ocurren tanto en zonas neríticas como oceánicas, en tanto que el porcentaje de especies neríticas y oceánicas fue el 17.1 y 7.8% para ambos grupos, respectivamente. La aplicación del método gráfico de clasificación en base a la frecuencia y abundancia de las especies, indicó que el 22.5 % de las especies de diatomeas fueron clasificadas como dominantes (abundantes y frecuentes), en tanto que el 18 % de las especies de dinoflagelados tuvo esta misma clasificación.

## ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD

La riqueza de especies varió entre tres en la estación 2, abril de 2012 y 30 especies en la estación 1, abril de 2011. Los valores de diversidad fueron más altos en la estación 2 en abril de 2011(2.65) y el más bajo en la estación 2 en abril de 2012 (0.16 bits). La prueba t-test indico que no existió diferencias significativas en los tres atributos ecológicos entre las dos estaciones (S, H', J':  $P = 0.419$ ,  $P = 0.947$  y  $P = 0.903$ , respectivamente) (figura 3). Por lo tanto el análisis temporal de los atributos ecológicos se realizó con las abundancias promedio de cada mes.

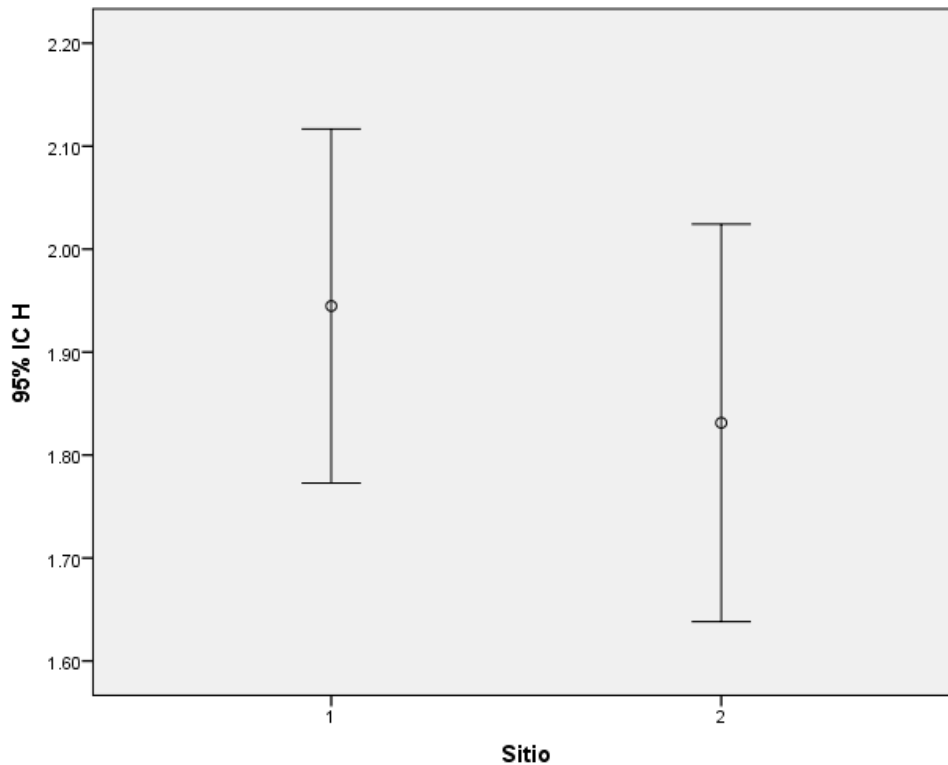


Figura 3. Comparación del Índice de diversidad H para los dos sitios de muestreo: sitio 1 Islote San Lorenzo, sitio 2 Casa Díaz Ordaz.

Mensualmente la riqueza de especies varió entre siete (abril de 2012) y 38 especies (abril de 2011). Los valores de diversidad fueron más altos en los meses de febrero y abril de 2011 (2.62 y 2.8) y el más bajo en abril de 2012 (0.48 bits). La comparación de la similitud en la composición de especies entre los meses muestreados indicó, que los porcentajes de semejanza fueron generalmente bajos, y solo entre los meses de junio y octubre de 2011 se registró un porcentaje mayor al 70%. Esto nos indica que la estructura de la comunidad de fitoplancton fluctúa ampliamente con respecto al tiempo. Se observaron claramente tres grupos, uno que comprendió los meses de Enero, febrero, marzo y abril de 2011 que corresponde a los meses secos de ese periodo de estudiado y el mes de septiembre del mismo año, el segundo grupo solo incluye el mes de abril de 2012 en donde se registró un FAN de *Neoceratium balechii* y el tercer grupo estuvo compuesto por los meses restantes correspondientes al año 2012 (Fig. 4).

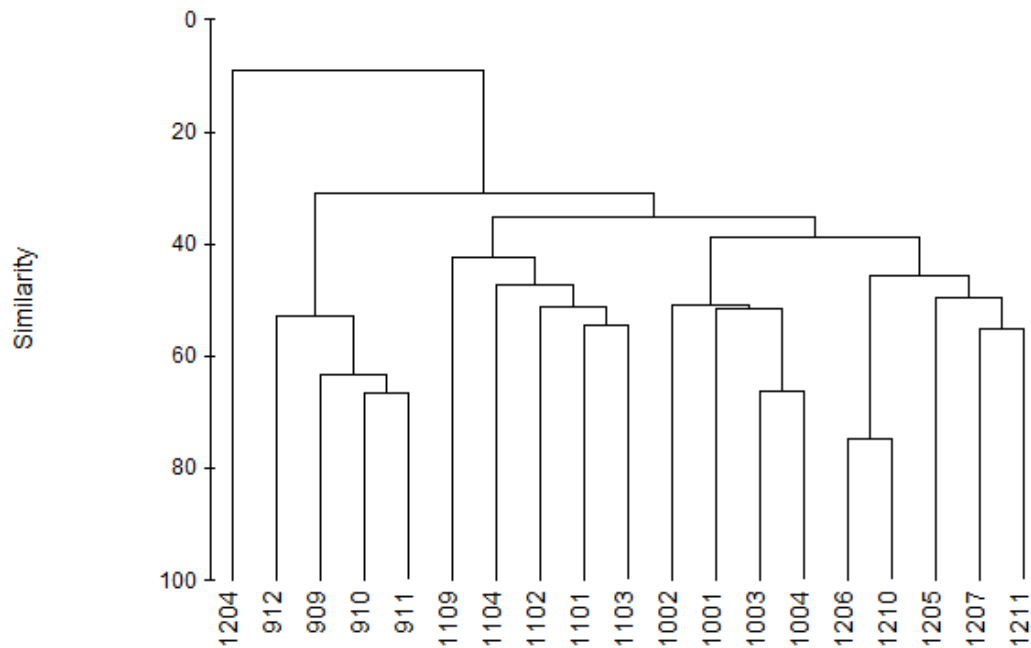


Figura 4. Porcentajes de similitud entre muestreos de fitoplancton en la Bahía de Acapulco, México.

En cuanto al análisis de comunidad, en función de los autovalores (eigen valores) y la saturación de las variables, se extrajeron tres componentes con una varianza total explicada de 65%. (Tabla 3a). El primer componente pudo nombrarse como “Patrón de la clorofila”, de tal manera que a una mayor temperatura y precipitación, se registró un aumento en los fosfatos y nitritos así como disminución de la clorofila.

Tabla 3a. Componentes Principales en base al índice de diversidad H

	Componente		
	1	2	3
CLOROFILA	-.813	.262	-.026
TEMPERATURA	.768	.129	-.008
FOSFATOS	.626	.545	.158
PRECIPITACION	.590	-.040	.215
NITRITOS	.447	-.101	-.117
SALINIDAD	-.050	-.912	.009
NITRATOS	-.361	.803	.134
OXIGENO	.268	-.011	.867
H	-.177	.139	.841

El segundo componente se nombró como “efecto salinidad”, de tal manera que una disminución de la salinidad se relacionó con un incremento de los nitratos. Por último, El tercer componente pudo nombrarse como “Comportamiento de la diversidad”, de tal manera que a medida que se encuentran altos niveles de oxígeno, se observa un incremento en la diversidad fitoplanctónica.

En cuanto al análisis poblacional de los dinoflagelados, a partir de los autovalores y la saturación de las variables, se extrajeron tres componentes con una varianza total explicada de 66 % (Tabla 3b). El primer componente pudo nombrarse como “efecto de la temperatura”, de tal forma que a medida que incrementa dicho parámetro se observa un incremento en la cantidad de nitritos y un decremento en la cantidad de clorofila. El segundo componente correspondió al “efecto de la salinidad”, de tal manera que un incremento de dicho factor se relacionó con un decremento de los nitratos y fosfatos. El tercer componente pudo nombrarse como “Comportamiento de los dinoflagelados”, a

medida que se encuentran altos niveles de oxígeno y precipitación, se observa un decremento en la abundancia de dinoflagelados.

Tabla 3b. Componentes Principales en base a la abundancia de dinoflagelados.

	Componente		
	1	2	3
CLOROFILA	-.844	.192	-.135
TEMPERATURA	.649	.159	.339
NITRITOS	.519	-.044	-.119
SALINIDAD	-.015	-.911	.112
NITRATOS	-.517	.760	.181
FOSFATOS	.609	.625	.098
DINOFLAGELADOS	.289	.071	-.781
OXIGENO	.138	.082	.770
PRECIPITACION	.403	-.015	.610

En lo que concierne al análisis poblacional del grupo de diatomeas, se extrajeron tres componentes con una varianza total explicada de 65% (Tabla 3c). Ambos componentes presentaron un comportamiento similar que en el caso del análisis de dinoflagelados, con la única diferencia que en el tercer componente a un aumento de oxígeno y precipitación, la población de diatomeas aumenta.

Tabla 3c. Componentes Principales en base a la abundancia de diatomeas.

	Componente		
	1	2	3
CLOROFILA	-.842	.211	-.114
TEMPERATURA	.670	.152	.299
FOSFATOS	.625	.612	.074
NITRITOS	.506	-.062	-.116
SALINIDAD	-.025	-.907	.105
NITRATOS	-.490	.775	.179
DIATOMEAS	-.254	-.062	.780
OXIGENO	.158	.082	.778
PRECIPITACION	.428	-.015	.579

## CAPITULO III

### DISCUSIÓN

#### PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Los resultados de los parámetros físico-químicos indicaron que la variación del rango de temperatura fue muy pequeño en la mayoría de los meses (5 °C), por lo que este parámetro fue casi constante de septiembre de 2009 a noviembre de 2012 (Tabla 1). Mientras que la salinidad vario levemente en este mismo periodo (Tabla 1). En áreas marinas tropicales las fluctuaciones de temperatura no son tan marcadas como en latitudes templadas o frías, por lo que este parámetro ambiental puede no ejercer un efecto importante sobre la composición de especies en las comunidades de fitoplancton tropicales (Varona-Cordero y Gutiérrez-Mendieta, 2006).

Por otro lado, las fluctuaciones registradas en los valores de salinidad pueden ser atribuidas a los aportes de agua dulce que llegan a la Bahía durante la temporada de

lluvias, la cual ocurre entre los meses de junio y noviembre, como generalmente sucede en otras regiones tropicales. La salinidad es considerada como un factor importante en la estructuración de las comunidades fitoplanctónicas principalmente en ambientes estuarinos y costeros (Peña y Pinilla, 2002; Lassen et al., 2004; Troccoli et al., 2004; Varona-Cordero y Gutiérrez-Mendieta, 2006).

El incremento constante registrado en las concentraciones de nitratos y fosfatos entre los meses de octubre de 2009 y enero de 2010 y septiembre de 2011, puede también ser atribuido a la presencia de la temporada de lluvias en este periodo de muestreo (Moreira et al., 2007). Durante las lluvias, son vertidos en la Bahía grandes volúmenes de aguas de drenaje, además de basura y otros contaminantes orgánicos e inorgánicos provenientes de las partes altas de la ciudad, los cuales originan el rápido crecimiento poblacional de varias especies de fitoplancton (Varona-Cordero y Gutiérrez-Mendieta, 2006; Moreira et al., 2007).

De acuerdo con Mendoza-Salgado (2004), la calidad del agua de mar puede ser definida por la magnitud de la concentración de sus nutrientes disueltos y de su dinámica física y biológica para transformarlos. La importancia de cada una de las concentraciones de nutrientes disueltos, depende a su vez de su capacidad para modificar o determinar la tendencia de la calidad del agua. Esta influencia puede ser definida como la importancia o peso de importancia ambiental de cada uno de los nutrientes. En particular algunos nutrientes como el nitrito, nitrato, amonio y fósforo (como ortofosfato), juegan un papel importante como nutrientes en el medio marino y se encuentran relacionados, porque están presentes en la materia orgánica siendo además depositados en el agua por distintas vías (Biddanda, 1988; Biddanda y Pomeroy, 1988; Mendoza-Salgado, 2004).

Las concentraciones de nitratos fueron  $>$  a 0.70 mg/L en los meses de octubre y noviembre de 2009, de enero a abril de 2010 y septiembre de 2011 (Tabla 1), sin embargo estos valores son menores a los reportados por Mendoza Salgado (2004) 0.0844 a 2.147

mg/L, así como a los observados para la Bahía de Santiago de Cuba (2.6 a 3.8 mg/L, Gómez et al., 2001). Con respecto a este nutriente, concentraciones de  $[\text{NO}_3^-] > 2.0$  mg/L son considerados como indicadores de aguas de mala calidad (Gómez et al., 2001; Mendoza-Salgado, 2004).

Con respecto a los fosfatos  $[\text{PO}_4^{=}]$ , concentraciones  $>$  a 0.08 mg/L indican una mala calidad del agua (Mendoza-Salgado, 2004). En este sentido, en todos los meses los valores fueron mayores a la concentración considerada como límite (Tabla 1), registrándose incluso concentraciones  $>1.0$  mg/L en los meses de septiembre de 2011 y mayo de 2012 (Tabla 1)

Finalmente, las concentraciones de clorofila registradas (1.2 a 3.12 mg/m<sup>3</sup>) permiten clasificar a las aguas de la Bahía, como  $\alpha$  mesotróficas (rango = 2.7 a 7.2 mg/L) de acuerdo a la escala propuesta por Contreras et al. (1994), siendo además estas concentraciones típicas de zonas costeras.

## COMPOSICIÓN DE ESPECIES

El grupo de los dinoflagelados (50 especies) dominó en términos de riqueza de especies la comunidad del fitoplancton 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. (2012a, b) Meave-del Castillo et al. (2012) y Moreno-Díaz et al. (2015) 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 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 el tipo de agua de la Bahía, son reflejados en las características que presenta la comunidad de fitoplancton, debido a que más del 70% de las especies de dinoflagelados y diatomeas que ahí habitan, se encuentran adaptadas a vivir tanto en ambientes neríticos 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 y octubre de 2009), registrando una abundancia relativa de 36.4 % (Tabla 4); 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). La diatomea *Chaetoceros* sp. dominó en siete muestreos principalmente en plena temporada de lluvias (septiembre de 2011), registrando una abundancia relativa de 36.9% (Tabla 4); mientras que su abundancia relativa disminuyó de manera significativa en los meses correspondientes a la temporada de secas (<10% de febrero a abril de 2011). En tanto que el dinoflagelado *Neoceratium deflexum* dominó en el mes de abril registrando una

abundancia relativa de 19.01 %, aunque ocurrió en más del 84 % de los meses muestreados, siendo por lo tanto clasificado como un dinoflagelado frecuente y abundante. En tanto que el dinoflagelado *Neoceratium balechii* dominó en el mes de abril de 2012 registrando una abundancia relativa de 89.52%, aunque ocurrió únicamente en este mes provocando un FAN, siendo por lo tanto clasificado como un dinoflagelado ocasional (Tabla 4).

La gran abundancia registrada por *Neoceratium deflexum* y *Neoceratium tripos* durante algunos meses, puede ser atribuida a que los dinoflagelados del género *Neoceratium* (anteriormente *Ceratium*), 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 27 especies de dinoflagelados, las cuales representaron en conjunto un 37.6% del total de células de la comunidad de fitoplancton.

## 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 y mayo, septiembre y octubre de 2012, pueden ser atribuidas a temperaturas significativamente más cálidas (Rojas-

Herrera et al., 2012a, b), 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 (Örnólfssdóttir 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 7 de las 50 especies de dinoflagelados identificadas (*Dinophysis caudata*, *D. tripos*, *Gonyaulax polygramma*, *G. spinifera*, *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 y del 27.3% en mayo de 2012 un mes después del FAN de *Neoceratium balechii* (Tabla 4).

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, es decir, estuvo estructurada por un bajo número de especies dominantes (9 dinoflagelados y 9 diatomeas), las cuales contribuyeron con el 64.4% de la abundancia total, así como por un alto número de especies ocasionales y raras (81.8%) (Tabla 2).

La riqueza total registrada (99 especies), se encuentra dentro del rango de especies reportado en el área de estudio (Rojas-Herrera et al., 2012a, b) 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 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 (0.48 a 2.8 bits), son también similares a los reportados previamente en el área de estudio donde Rojas-Herrera et al. (2012a, b) reportan valores de diversidad (índice de Shannon-Wiener) entre 1.45 y 4.06 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. En abril de 2012 se presentó el valor mínimo (0.48 bits.) que es cuando se presentó un FAN en donde domino *Neoceratium balechii*.

Los mayores valores de diversidad registrados en los meses de febrero (2.62) y abril de 2011 (2.8), 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  $\geq 0.70$ , Tabla 4). Por otra parte, los bajos valores de similitud registrados (Fig. 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.

## CONCLUSIONES

- 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.
- Los nitratos fueron la forma predominante de nitrógeno inorgánico en la Bahía, el incremento de este nutriente fue favorecido por el ingreso de grandes volúmenes de aguas residuales y arrastres pluviales durante la temporada de lluvias.
- Los fosfatos se encontraron en menores concentraciones durante varios meses, por lo que pueden actuar como nutriente limitante para el fitoplancton en la Bahía; éstos junto con los nitratos, fueron por lo tanto responsables del crecimiento poblacional del fitoplancton durante los meses de octubre y noviembre, meses en que ambos nutrientes, registraron altas concentraciones.
- Las concentraciones de clorofila registradas permiten clasificar a las aguas de la Bahía, como  $\alpha$  mesotróficas.
- Las aguas de la bahía son consideradas de dudosa calidad principalmente durante la temporada de lluvias, en la cual se incrementan de manera considerable las concentraciones de nitratos y fosfatos, debido al arrastre de aguas pluviales y residuales a la Bahía.

- Los valores del índice de diversidad fueron bajos durante algunos meses ( $H < 2$  bits), lo cual puede ser atribuido a que el ambiente no fue propicio para el desarrollo de la comunidad de fitoplancton en su conjunto y con ello posiblemente el desarrollo de otras especies de la flora y fauna normales de la Bahía.
- Se registraron al menos siete especies de fitoplancton potencialmente tóxicas, las cuales pueden incrementar sus poblaciones, llegando a generar florecimientos algales nocivos (FANs), si las condiciones ambientales son alteradas.

## SUGERENCIAS PARA MEJORAR LA CALIDAD AMBIENTAL

La mejor forma de mantener la calidad ambiental de la Bahía de Acapulco es mediante la gestión sustentable de los recursos naturales. Se ha aplicado el término “gestión”, tomando como referencia el concepto de “gestión integrada de la zona costera” que de acuerdo a Clark (1992) “...es un proceso que permite orientar políticas y estrategias de manejo y desarrollo dirigidas a los tópicos de uso de recursos, conflictos entre usuarios y control de impacto humano sobre la zona costera”. Así mismo, se ha seguido la idea del concepto de “gestión de ecosistema” mencionado por Grumbine (1994), que “... integra el conocimiento científico de las relaciones ecológicas dentro del complejo orden sociopolítico y la estructura de valores, con la meta general de salvaguardar la integridad de los ecosistemas”. Porque al intentar manejar un ecosistema costero como la Bahía de Acapulco, debe pensarse en los aspectos de orden político, social, cultural, económico, ambiental y ecológico.

En este sentido, para proponer acciones de manejo en una bahía se requiere de su caracterización ambiental y ecológica, así como de identificar los hechos que afectan su condición y uso. Las sugerencias que se hacen a continuación están basadas en las necesidades de manejo señaladas a través del análisis de resultados del presente trabajo y otros que se abocan a la gestión de la zona costera y contemplan líneas de acción generales que deben ser planificadas.

En la Bahía de Acapulco resulta necesario instrumentar acciones de manejo orientadas a: (1) eliminar las fuentes de contaminación, (2) ordenar el uso de los recursos pesqueros y desarrollar proyectos acuícolas, (3) restaurar y mantener la calidad de hábitats, (4) preservar las especies consideradas bajo protección especial, amenazadas y en peligro ambiental, así como fomentar la participación comunitaria y (5) llevar a cabo monitoreo de los efectos de la intervención humana.

En primera instancia es importante reconocer que muchas de las causas que pueden afectar perjudicialmente las características del sistema tienen su origen fuera del mismo (Snedaker y Getter, 1985); y hay que subrayar que una bahía debe ser considerada en relación a su entorno, es imposible preservarla si se soslaya que adyacente a ella hay un excesivo uso del suelo con actividades propias de la zona urbana y rural; como el caso de la Bahía de Acapulco.

El impacto que están provocando las aguas residuales que transportan los distintos caudales que desembocan en la bahía y áreas adyacentes, debe ser solucionado mediante el establecimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales modernas y eficientes. Lo más factible sería someter a dichas aguas a un tratamiento secundario y sólo verter aguas tratadas a la bahía. Mediante este tratamiento mejoraría la calidad de agua debido a que se eliminaría el problema de contaminación bacteriana. Sin embargo, los compuestos inorgánicos que representan una inyección adicional de nutrientes al sistema seguirían incidiendo, por ello aunado al tratamiento secundario se debe aplicar rigurosamente la normatividad existente sobre el uso de fertilizantes inorgánicos y plaguicidas en la zona agrícola de la región. Con estas medidas, los efectos de los residuos agrícolas y urbanos que llegasen al sistema serían minimizados por la tasa de recambio de la bahía.

De tal forma que con el tratamiento de las aguas residuales, la utilización sólo de agroquímicos permitidos o el fomento de la agroecología y la tasa de recambio por efecto de las mareas y el fenómeno del mar de fondo, es posible pensar que en un período de meses la calidad de agua de la bahía que actualmente se encuentra en deterioro, sea restaurada. Sin embargo, los sedimentos tardarían mucho más tiempo en restaurar sus

condiciones naturales. Para detectar los cambios, sería apropiado establecer un monitoreo de las condiciones de calidad de agua y sedimento a través del tiempo, una vez que las acciones de recuperación y restauración de la calidad de hábitats se hayan iniciado.

En el área, los problemas de deterioro ambiental ocasionados por las descargas de aguas residuales y aporte de residuos sólidos urbanos (RSU) a través de los cauces pluviales principalmente en la época de lluvias que como hemos visto pueden propiciar la aparición en la bahía de FAN así como la carencia de regulación pesquera para la mayoría de los recursos, pueden considerarse como las causas principales que están afectando a las pesquerías. En concordancia, Goldberg (1994) señala que la abundancia de los stocks de peces dependientes de estos ecosistemas costeros, ha disminuido en parte debido a la sobreexplotación y en parte debido a la pérdida de áreas de crianza y reproducción para muchas especies que constituyen recursos pesqueros.

Por consiguiente, en el área de estudio es necesario solucionar los problemas de deterioro ambiental y la pérdida de calidad de hábitats, así como formular e instrumentar estrategias de ordenación de las pesquerías. Esto es una necesidad que debe ser atendida de forma prioritaria, ya que la pesca es la que proporciona el sustento básico de la comunidad local más vulnerable económicamente.

Odum (1982), citado en Salm y Clark (1984), menciona tres estrategias básicas para apoyar a las pesquerías. La primera y más simple es proteger a los organismos de la pesquería mientras ellos se encuentran en los hábitats donde pasan sus primeros estadios de vida como la Bahía de Acapulco, esto es relativamente fácil de instrumentar pero no protege el hábitat; la segunda es proteger hábitats específicos tales como, pastos marinos o fondos rocosos, la debilidad de esto es que no se otorga protección a hábitats contiguos como canales o áreas someras, donde las especies también ocurren con fines de alimentación y crianza, y así sus poblaciones no son totalmente protegidas; la tercer estrategia es proteger todos los hábitats, porque se protege tanto a las áreas como a los organismos en la fase crítica de su ciclo de vida, esta es la más recomendable pero también la más difícil de ponerse en práctica.



Por lo tanto es necesario formular y aplicar diferentes técnicas de manejo costero en apoyo a las pesquerías, que sean concertadas con los usuarios de los recursos.

Adicionalmente, no se debe soslayar el limitado conocimiento que se tiene sobre los recursos, lo que provoca que la formulación de normas regulatorias de pesca resulte compleja. En este sentido, Kapetsky (1982), señala que la falta de suficiente información sobre la biología básica de las especies, el rendimiento y el esfuerzo pesquero, así como los datos económicos y ambientales, pueden dar como resultado la aplicación de regulaciones inapropiadas. De manera que en el área, en primera instancia es necesario realizar estudios para conocer la situación que guardan las especies que constituyen recursos pesqueros, las características de su explotación, así como mantener y restaurar en su caso, la calidad de hábitats donde ocurren.

Es importante mencionar el hecho de que se han propuesto muchas técnicas clásicas de ordenación reguladora para solucionar problemas en cuerpos de agua costeros como: vedas, cotos, entrada limitada de pescadores y regulaciones de las artes. Sin embargo, (Kapetsky, op. cit.) señala que la ordenación ha sido inapropiada o inaplicable por una serie de razones sociológicas, económicas y políticas, o la información ha sido insuficiente para formular estrategias apropiadas, de tal forma que existen muy pocos ejemplos del empleo satisfactorio de estas medidas que vayan acompañados de la cuantía de los beneficios obtenidos por los pescadores.

La experiencia ha demostrado que el enfoque regulador clásico de la ordenación pesquera, sólo da resultado si se instrumenta en las condiciones casi ideales de recursos de gran valor, administración vigorosa pero benévola, investigación apropiada en la cual sustentar las estrategias de la ordenación y medios suficientes para la aplicación estricta de las regulaciones (Kapetsky, op. cit.).

En este contexto, un proyecto de ordenación pesquera para el área de estudio surge interesante, ya que existen oportunidades como es el hecho de que los usuarios de los recursos pesqueros de la bahía están organizados en cooperativas.

Por otro lado, la acuicultura representa una alternativa apropiada de uso de la bahía,

siempre y cuando se realice sobre una base planificada, desde la selección de las especies susceptibles de cultivo hasta el impacto que tendrá en el área, esto con el objeto de salvaguardar la salud del ecosistema.

Cáceres y Rangel (1994) consideran que antes de establecer cualquier empresa de acuicultura es necesario tomar en cuenta los factores críticos: meteorológicos, de localización y ambiente biológico. Esto implica que se debe determinar la magnitud de los factores meteorológicos que actuarán sobre las unidades acuícolas y como pueden ser compensados por la protección que pueda ofrecer el sitio. Así como la revisión de la flora y fauna del área con el objeto de estimar la influencia que el proyecto acuícola recibe del ambiente y aquel que producirá. Adicionalmente se debe considerar la evaluación de las actividades de explotación de recursos, uso del litoral por turismo, transporte marítimo y servicios concurrentes.

En la Bahía de Acapulco, resultará conveniente tener en cuenta los criterios anteriores para el desarrollo de proyectos acuícolas, siempre estableciendo como premisa que la integridad de los hábitats será mantenida.

En la Bahía de Acapulco, se presentan especies de moluscos, peces y aves que están en una lista que parece incrementarse; de las aves, cuatro están bajo protección especial, dos se encuentran amenazadas y una está considerada en peligro de extinción según Rojas-Herrera (2011).

Lo anterior coincide con lo que señala Upton (1992), en el sentido de que en estas listas las especies marinas que sobresalen son aves y mamíferos marinos, y hay pocos peces y reptiles, mientras que los invertebrados y la flora están prácticamente ausentes; esto de acuerdo con Cairns y Lackey (1992), se debe a la falta de información científica sobre ellas, en parte por la dificultad del monitoreo en el ambiente marino, pero principalmente por la dicotomía existente entre las especies terrestres (más grandes, de sangre caliente, viven con los humanos, fácilmente observables) y las especies acuáticas (más pequeñas, de sangre fría, la mayoría comúnmente desconocidas).

En el área, la preservación de las especies que se encuentran en alguna categoría de

protección legal, tendrá éxito si se orientan esfuerzos de investigación para conocer la dinámica de sus poblaciones y si se aplican realmente acciones de protección de los hábitats que utilizan, evitando el deterioro y minimizando el disturbio. Sin embargo, se debe reconocer que la distribución geográfica de estas poblaciones no se circunscribe al área de estudio y las acciones resolutorias no resultan sencillas. El grado de cooperación entre las distintas dependencias gubernamentales y de investigación, tanto nacional como internacional, marcará las pautas para su conservación.

Hasta aquí ha sido evidente que en términos generales los estudios científicos que se han hecho en el área de estudio están a nivel descriptivo y que aún deben mejorar descripciones detalladas de las comunidades biológicas, como este trabajo en relación al fitoplancton, para posteriormente progresar hacia la cuantificación de procesos ecológicos como los flujos energéticos y enseguida comparar los efectos de la influencia humana en períodos de tiempo grandes, en escala de años. Esto debe hacerse a la par de actividades de manejo.

En este sentido, en el área debe desarrollarse un esfuerzo importante de investigación científica para conocer la hidrodinámica de la bahía, biología de especies de interés (comerciales y bajo protección legal) y el estado de salud de los hábitats.

Con el desarrollo de investigación se apoyarán sustancialmente actividades de manejo que requerirán ser planificadas, debiéndose considerar un programa de monitoreo.

Hellawell (1991), establece que el monitoreo es un proceso, no un resultado y debe entenderse como el registro intermitente (regular o irregular) de información.

Sobre esto, Wolfe et al. (1987), mencionan que los registros de información en escalas de tiempo grandes (10 a 40 años) son valiosos, ya que documentan la historia de los cambios de recursos y poblaciones importantes; son útiles para evaluar el significado potencial de las actividades humanas sobre especies que constituyen recursos y para formular hipótesis examinables entre las especies y su ambiente.

Con relación a lo expuesto, el registro de información es necesario para orientar las acciones de manejo. Además, de acuerdo con Wolfe et al. (op. cit.), los efectos de

deterioro que ocurren en el ambiente y los factores que causan algunos cambios pueden ser observados o predecirse. Lo anterior implica que el monitoreo es una herramienta indispensable para el manejo de un ecosistema.

Considerando que el manejo efectivo requiere conocimiento de cambios, en el área de estudio será necesario instrumentar un programa de monitoreo que contemple el registro de parámetros oceanográficos, comportamiento de las poblaciones de las especies de interés (bajo protección especial, amenazadas, en peligro de extinción y de importancia económica), así como los usos de la bahía. Con ello se generará conocimiento sobre las variaciones de las condiciones ambientales, la intensidad de la influencia humana y como se afecta a la presencia, distribución y abundancia de las especies de interés. Estos elementos serán útiles para dirigir y sustentar las actividades de manejo.

Pasando a otro tópico, en el documento de UNESCO (1987), citado en Clark (1992), se consideran las siguientes razones para la selección de un ecosistema marino como área protegida: (1) representar un hábitat o ecosistema típicamente importante, (2) tener alta diversidad de especies, (3) ser una localidad de intensa actividad biológica, (4) proporcionar hábitats críticos a especies o grupos de especies ecológica y/o comercialmente importantes, (5) tener especial valor cultural -histórico, religioso, o recreativo, (6) ser importante para propósitos de investigación, (7) ser un área vulnerable y susceptible al deterioro, (8) ser un área significativa por sus características biológicas de representación de especies, (9) ser un área de excepcional valor para el uso humano como pesca o recreación.

Como es evidente, para la Bahía de Acapulco varias razones fundamentan su consideración como área protegida o por lo menos El Morro, Islote san Lorenzo y la Isla de la Roqueta.

La experiencia indica que un esquema de administración de un área natural protegida (ANP), promueve el involucramiento y apoyo de los usuarios en los programas de conservación y administración de recursos naturales del área protegida, permitiendo, el desarrollo en forma conjunta para el uso sustentable de los recursos naturales, así como resolver y prevenir conflictos relacionados al uso de las áreas y recursos naturales del

ANP y favorecer sobre todas las cosas la conservación de la biodiversidad y características ecológicas del área.

Sin embargo, independientemente de que la figura de área natural protegida no sea considerada por cualquier razón, el manejo y conservación del área y sus recursos debe realizarse, ya que la aplicación de técnicas de manejo costero no debe verse como un asunto exclusivo para las áreas naturales protegidas.

El manejo y conservación de la Bahía de Acapulco puede tener éxito en el marco de la legislación existente. Para tal efecto deben aplicarse, primordialmente, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley Federal de Pesca, la Ley Nacional de Aguas, la Ley Federal del Mar, que tienen su fundamento en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Existe un rico marco legal que debe contemplarse; el incumplimiento de las leyes es evidente en el área.

En la bahía de Acapulco al igual que en otros cuerpos de agua costeros del país existen diferentes tipos de usuarios, como permisionarios, cooperativistas, pescadores libres, prestadores de servicios turísticos, etcétera, con los consecuentes conflictos que ocurren eventualmente. De acuerdo con Bárcena (1992), el manejo integrado requiere de un enfoque pragmático para regular las actividades costeras entre los actores involucrados.

Por otro lado, una condición esencial para el manejo, es que la comunidad reconozca la importancia que tiene conservar a la bahía, ya que de ella dependen para su sustento. El grado de reconocimiento de esta característica es el que genera el mayor o menor grado de compromiso local. De manera que la educación ambiental se debe considerar como parte de las actividades de manejo, pero con respeto a la cultura, costumbres, tradición e identidad de los acapulqueños. Para lograr la anhelada participación comunitaria, también será necesario enfocar esfuerzos con el fin de elevar las condiciones de bienestar social de la localidad. Todo ello, repercutirá en el uso satisfactorio de la bahía.

Con la apertura de nuevos polos de desarrollo turístico, se inicia una competencia que propicia una disminución en la afluencia de visitantes en el puerto, con la consiguiente afectación en la derrama económica, lo cual propicia un incremento en el desempleo, así

como un decremento en el ingreso de los diferentes sectores de la sociedad. Acapulco ha registrado en los últimos años una considerable disminución de la afluencia turística principalmente procedente del extranjero (Gurría, 1991).

Por lo tanto, es importante buscar nuevas alternativas de atractivo y desarrollo turístico tales como hacer un estudio del contenido y de la situación que guarda el escenario submarino de la Bahía de Acapulco, (paisajes submarinos naturales, arrecifes artificiales, constituidos por barcos hundidos y esculturas sumergidas), lo cual contribuiría a diversificar la oferta turística y a propiciar un mejor manejo de los recursos submarinos. Lo que sin duda redundará en el aprovechamiento sustentable de los mismos.

Los alcances de las sugerencias y puntos de vista se limitan a proporcionar una orientación general para un futuro y necesario manejo del área. Como prerrequisito los pescadores y demás usuarios de la bahía deberán participar y contribuir con sus puntos de vista para hacer de mejor forma las cosas. Desde un enfoque pragmático es posible pensar en una instrumentación factible de acciones de manejo, sólo es necesario llevar la voluntad política ambiental a la práctica.

Para la instrumentación de las acciones se considera importante la elaboración de un plan o programa de manejo. Sobre esto, Usher (1977), presenta un formato acerca de lo que debe contener un plan de manejo diseñado para ecosistemas costeros, analiza el contenido del plan y presenta ejemplos de planificación en la zona costera. También, Salm y Clark (1984), presentan un formato del contenido de un plan de manejo para áreas marinas, discuten las partes que lo conforman y exponen las etapas para su formulación e instrumentación aplicándolas a los diferentes tipos de ecosistemas marinos. Los contenidos de los planes de manejo presentados en ambos trabajos tan sólo difieren en forma y resultan muy ilustrativos. Otros ejemplos de planes de manejo aplicados a sistemas costeros (no precisamente áreas naturales protegidas) son los formulados e instrumentados en la zona costera de Ecuador, los cuales, en particular, representan un caso interesante de cómo iniciar y llevar cabo un proceso de manejo costero (p.e., PMRC, 1993).

Las referencias anteriores se han señalado porque hay pocos ejemplos sobre planes de

manejo para ecosistemas costeros y marinos, de hecho la mayoría de las áreas protegidas costeras y marinas de nuestro país no cuentan con ellos.

Aquí resulta importante enfatizar que el punto focal es iniciar un proceso de manejo costero, no generar un documento con acciones que puedan correr el riesgo de quedar en el papel, Para iniciar algunas acciones se puede prescindir del plan o programa, aunque éste, resultará una herramienta muy útil conforme se avance en el proceso.

El presente estudio proporciona elementos que pueden ser útiles para la elaboración de un programa de manejo, el cual debe poseer las siguientes características: (1) metas claras, (2) instrumentación factible de acciones de manejo, (3) estar sustentado en una evaluación de la información científica y (4) algo fundamental, el documento debe ser un resultado de la concertación entre los distintos actores (prestadores de servicios turísticos, pescadores, investigadores, servidores públicos, etc.). En conclusión es urgente la elaboración de un Ordenamiento Ecológico Territorial y Marítimo del municipio de Acapulco de Juárez.

Como consideración final, sería trascendental dar inicio a un proceso de manejo costero en la Bahía de Acapulco, con la participación activa de los acapulqueños con el apoyo decidido de las instancias de gobierno y centros de investigación.

## BIBLIOGRAFIA

Acleto, C. (1998): Introducción a las Algas. Edit. Escuela Nueva. Univ. Mayor de San Marcos. Lima- Perú. 383p

Balech, E. (1988): Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Publ. Esp. Instit. Esp. Oceanogr. 1: 1-310.

Bárcena, A. (1992): UNCED and ocean and coastal management. *Ocean & Coastal Management*, Vol. 18: 15-53.

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. UAEM, Univ. Autón. De Gro., 24 pp.

Bérard-Therriault, L., M. Poulin y L. Bossé. (1999): Guide d'identification du phytoplankton marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Conseil National de Recherches du Canada. Ottawa, Canadá. 387 pp.

Cáceres, C. y C. Rangel (1994): El desarrollo de la acuicultura en las lagunas costeras. En: De la Lanza, G. y C. Cáceres (Eds.), *Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano*, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B.C.S., pp. 425-444.

Cairns, M. A. y R. T. Lackey (1992): Biodiversity and management of natural resources: the issues. *Fisheries*, 17 (3): 6-10.

Contreras F., O. Castañeda y A. García (1994): La clorofila-a como base para un índice trófico en lagunas costeras mexicanas. *Anales: Instituto de Ciencias Marinas y Limnología*, Univ. Nac. Autón. México, 21: 55-66.

Cortés-Altamirano, R. (1998): Informe regional sobre mareas rojas en México. IOCARIBE-ANCA. II Taller regional, Ciudad de la Habana, Cuba, 4 pp.

Clark, J. R. (1992): Integrated management of coastal zones. *FAO Fisheries Technical Papers*, No. 327, Rome, FAO, 167 p.

Cabrera-Mancilla, E., Ramírez-Camarena, L. Muñoz-Cabrera, A. Monreal-Prado. (2000): Primer registro de *Gymnodinium catenatum* Graham (Gymnodiniaceae) como causante de marea roja en la Bahía de Acapulco, Gro. México. In: Ríos-Jara, E., E. Juárez-Carillo, M. Pérez-Peña, E. López-Uriarte, E. G. Robles-Jarero, D. U. Hernández-Becerril, M. Silva-Briano (eds.). *Estudios sobre plancton en México y el Caribe*. Sociedad Mexicana de Planctonología y Universidad de Guadalajara, pp. 85-86.



Carménate, M., et. al., (2008): Utilización de las comunidades de fitoplancton en la determinación de la calidad ambiental en la zona litoral de Ciudad de La Habana, Cuba. IV Taller Internacional Contaminación y Medio Ambiente, 12 pp.

Castillo, F. (1984): Fitoplancton del Pacífico colombiano como indicador de masas de agua. Erfen IV. Biología pesquera, 13: 67-70.

Castillo, F., A. Vidal (1982): Fitoplancton del Pacífico colombiano como indicadores de masas de agua. Fase CIOH, Cartagena, pp. 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., B. Pérez, M. Alarcón, A. Torres, M. Alarcón y S. López. (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.

Extracto rápido de información climatológica (ERIC) (1996): Subcoordinación de Hidrometeorología. IMTA.

Gaines, G. y M. Elbrächter (1987): Heterotrophic nutrition. In: Taylor, F. J. R. (ed.). The Biology of Dinoflagellates. Bot. Monogr. 21: 224-268.

Garcés, E., A. Zingone, M. Montresor, B. Reguera y B. Dale (2002): Lifehab: Life histories of microalgal species causing harmful blooms. (eds.). Office for the Official Publications of the European Communities, Luxemburgo, 220 pp.

Garate-Lizárraga I., J. Díaz-Ortiz, B. Pérez-Cruz, M. A. Alarcón, P. Salgado, S. López (2009): Florecimientos de *Cochlodinium polykrikoides* y *Gymnodinium catenatum* en la bahía de Acapulco, Guerrero, México (2005-2008). Resúmenes III Taller sobre Florecimientos Algales Nocivos, Acapulco, Gro., pp. 14–17.

Goldberg, D. E. (1994): Coastal zone space. Prelude to conflict? UNESCO publishing, Paris, 138 p.

Grumbine, R. E. (1994): What is ecosystem management? *Conservation biology*, 8 (1): 27-38.

Gurría, Manuel. (1991): *Introducción al Turismo, México*, Trillas.

Hasle, G. R. y E. E. Syvertsen (1997): Marine Diatoms. In: Tomas, C. R. (ed.). *Identifying marine phytoplankton*. Acad. Press Inc. California, USA. pp. 5-385.

Helawell, J. W. (1991): Development of rationale for monitoring. En: Goldsmith, B. (Ed.), *Monitoring for Conservation and Ecology*, Chapman & Hall, pp. 1 - 14.

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. 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, 1–18 pp.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

Kapetsky, J. M. (1982): Consideraciones para la ordenación de las pesquerías de las lagunas y esteros costeros. FAO, Documento Técnico de Pesca, No. 218, 49 p.

Krayesky, D. M., E. Meave del C., E. Zamudio, J. N. Norris y S. Fredericq (2009): Diatoms (Bacillariophyta) of the Gulf of Mexico. In: Felder, D. L. y D. K. Camp (eds.). *Gulf of Mexico origin, waters, and biota*. Vol.1. Biodiversity. Texas A & M University Press. College Station, Texas, USA. pp. 155-186.

Krebs, C. J. (1999): *Ecological methodology*. Addison-Welsey Educational Publishers, Inc. Boston, Massachusetts, 654 pp.

Langlois, G. W y P. Smith (2001): Phytoplankton In: *Biology and Ecological Niches in the Gulf of the Farallones*: U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, pp. 32-35.

Lanza, G. De la; S. Hernández y J. L. Carvajal (2000): Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores). Ed: Plaza y Valdés, S. A. de C. V., 458 pp.

Lalli, C.M. y T.R. Parsons (1996): Biological Oceanography: An Introduction. Publ. Butterworth/Heinemann, Oxford, 406p.

Licea, S.J. L. Moreno, H. Santoyo, G. Figueroa (1995): Dinoflagelados del Golfo de California. México. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México, 165 pp.

Magurran, A. (1991): Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 178 pp.

Meave-del Castillo M. H., M. E. Zamudio-Reséndiz y M. Castillo-Rivera (2012): Riqueza fitoplanctónica de la Bahía de Acapulco y zona costera aledaña, Guerrero, México. Acta Botánica Mexicana 100: 405-487.

Montes. R. Gálvez M. y Rivera H. (2005): Fitoplancton de la Bahía de Sechura, Piura. Facultad de Ciencias, Departamento Académico de Ciencias Biológicas.

Moreira, A., M. I Seisdedo, S. Leal, A. Comas, G. Delgado, R. Regadera, C. Alonso, A. Muñoz M. Abatte (2007): composición y abundancia del fitoplancton de la Bahía de Cienfuegos, Cuba. Rev. Invest. Mar., 28: 97-109.

Moreno-Díaz, G., Rojas-Herrera, A.A., González-González, J., Violante-González, J., Rosas Acevedo, J.L., y García Ibáñez, S. (2015): Temporal and spatial variation in the phytoplankton community of Acapulco Bay, Mexico. Revista Bio Ciencias 3(2): 88-102.

Moreno, J. L., S. Licea y H. Santoyo (1996): Diatomeas del Golfo de California. México. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México, 273 pp.

Ochoa, N. y J. Tarazona (2003): Variabilidad temporal de pequeña escala en el fitoplancton de Bahía Independencia, Pisco, Perú. Revista Peruana de Biología, 10: 59-66.

Örnólfssdóttir, E. B., E. Lumsden y J. L. Pinckney (2004): Phytoplankton community growth-rate response to nutrient pulses in a shallow turbid estuary, Galveston Bay, Texas. *Journal of plankton research*, 26: 325-339.

Ortiz J. H. y Jiménez M. C. (2004): Registro de eventos de Marea Roja en Manzanillo Colima. Facultad de Ciencias Marinas.

Peña, V. y G. A. Pinilla (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 C. D. (1984): Claves de identificación de diatomeas de la Bahía de Acapulco. Tesis Profesional. Univ. Autónoma de Morelos, 74 pp.

PMRC (1993): Plan de manejo de la zona: Bahía-San Vicente-Canoa, Ecuador. Programa de Manejo de Recursos Costeros, Presidencia de la República de Ecuador, Guayaquil, Ecuador, 95 p.

Porter, S. D. (2008): Algal Attributes: an auto ecological classification of algal taxa collected by the National Water-Quality Assessment Program. U.S. Geological Survey Data Series 329. Virginia, USA. <http://pubs.usgs.gov/ds/ds329>

Prézelin, B. (1987): Photosynthetic physiology of dinoflagellates. In: Taylor, F. J. R. (ed.). *The biology of Dinoflagellates*. Blackwell Scientific Publications. Oxford, UK. pp. 174-223.

Romo de la Riva J., (1979): Correlación entre algunos factores fisicoquímicos y ambientales con la distribución de bacterias coliformes totales en la bahía de Acapulco. Tesis de licenciatura. UABC. Escuela Superior de Ciencias Marinas. Ensenada, BC. 24pp.

Rojas-Herrera, A. A. (2011): Proyecto: Estudio ecológico de la Bahía de Acapulco, FOMIX CONACYT (GUE-2008-C01-91624), Informe final, 219 pp.

Rojas-Herrera Agustín A., Juan Violante-González, Sergio García-Ibáñez, Víctor M. G. Sevilla-Torres, Jaime S. Gil-Guerrero y Pedro Flores-Rodríguez (2012a): Temporal

variation in the phytoplankton community of Acapulco Bay, Mexico. *Microbiology Research* 3 (1): 13-19 ISSN: 1996-080

Rojas-Herrera, Agustín A., Juan Violante-González, Víctor M. G. Sevilla-Torres, Jaime S. Gil-Guerrero, Pedro Flores-Rodríguez y José Antonio Rendón-Dircio (2012b): Species composition and abundance of phytoplankton communities in Acapulco Bay, Mexico. *International Research Journal of Microbiology*. 3(9): 307-316.

Round, F. E., R. M. Crawford y D. G. Mann (1990): *The Diatoms. Biology and morphology of the genera*. Cambridge. University Press, 747 pp.

Salm, R. V. y J. R. Clark (1984): *Marine and coastal protected areas: A guide for planners and managers*, IUCN, Gland, Switzerland, 301 p.

Silver, W. y T. Platt (1978): Energy flux in the pelagic ecosystem: A time dependent equation. *Limnology Oceanography*. 23 (4): 813-816.

Smayda, T. J. (1980): Phytoplankton succession. En: Morris, I. (Ed.) *the Physiological Ecology of Phytoplankton*. University of California Press. Berkeley, California, 493–570.

Snedaker, S. C. y C. D. Getter (1985): *Pautas para el manejo de los recursos costeros*, Research Planning Institute, Inc., Columbia, South Carolina, 287 p.

Sokal R. R. y F. J. Rohlf (1998): *Biometry*, 2nd ed. W. H. Freeman and Company, San Francisco, California, 859 pp.

Steidinger, K. y K. Tangen (1997): Dinoflagellates. In: Tomas, C. R. (ed.). *Identifying marine phytoplankton*. Acad. Press, Inc. San Diego, USA. pp. 387-584.

Tomas, C. R. (1997): *Identifying Marine Phytoplankton*. Academic Press. San Diego. USA. 858 pp.

Upton, H. F. (1992): Biodiversity and conservation of the marine environment. *Fisheries*, 17 (3):20-25.

Usher, M. B. (1977): Coastal management: some general comments on management plans and visitors surveys. En: Barnes, S. K. (Ed.), *The Coastline*, Wiley Interscience, New York, pp. 29 1-3 1 1.

Vargas-Montero, M., E. F. Bustamante, J. C. Guzmán y J. C. Vargas et al (2008): Florecimientos de dinoflagelados nocivos en la costa Pacífica de Costa Rica. *Hidrobiológica*, 18: 15-23.

Varona-Cordero, F. y F. J. Gutiérrez-Mendieta (2006): Composición estacional del fitoplancton de dos lagunas del Pacífico tropical. *Hidrobiológica*, 16: 159-174.

Wolfe, D. A., M. A. Champ, D. A. Flemer y A. J. Mearns (1987): Long-term biological data sets: their role in research, monitoring, and management of estuarine and coastal marine systems. *Estuaries*, 10(3): 181- 193.

Zingone, A. y E. H. Oksfeldt (2000): The diversity of harmful algal blooms: A challenge for science and management. *Ocean Coastal Management*, 43: 725–748.

## ANEXO

Especies más representativas en el presente estudio:

