

**Informe final\* del Proyecto HJ014**  
**Diversidad y dinámica del fitoplancton marino en la bahía de Acapulco, Guerrero**

**Responsable:** Dra. María Esther Meave del Castillo  
**Institución:** Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa  
División de Ciencias Biológicas y de la Salud  
**Dirección:** Av. San Rafael Atlixco # 186, Vicentina, Iztapalapa, 09340, México, D.F.  
**Correo electrónico:** [mem@xanum.uam.mx](mailto:mem@xanum.uam.mx)  
**Teléfono, fax** 5804-6475  
**Fecha de inicio:** Enero15, 2010  
**Fecha de término:** Noviembre 14, 2012  
**Principales resultados:** Base de datos, fotografías, informe final.  
**Forma de citar\*\* el informe final y otros resultados:** Meave del Castillo, M. E. A. 2012. Diversidad y dinámica del fitoplancton marino en la bahía de Acapulco, Guerrero. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa. **Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. HJ014.** México D. F.

**Resumen:**

Frecuentemente el PM es sectorizado en distintas regiones biogeográficas; existe cierto consenso en que el Pacífico tropical mexicano (PTM) abarca una extensión de aprox. 4,054 Km y que en el habita un gran diversidad de especies fitoplanctónicas, principalmente diatomeas y dinoflagelados. Este proyecto se enfocará al estudio de la flora planctónica de la bahía de Acapulco (incluyendo la bahía de Puerto Marqués), ubicada en la porción central del PTM, correspondiente a la región Marina Prioritaria CONABIO Coyuca-Tres Palos. Acapulco, es una bahía relativamente pequeña y somera con una ficoflora planctónica rica y diversa. A pesar de ser uno de los sitios turísticos más concurridos del PM, existen muy pocos estudios de su fitoplancton. Uno de los proyectos antecesores a este (CONABIO H176), registró 190 taxones de microalgas planctónicas para las costas de Guerrero, de los 303 registrados para todo el PTM. De esta manera el estado de Guerrero pareciera ser el de mayor riqueza biológica de los 6 correspondientes a porción tropical del PM, posiblemente como resultado de la confluencia de las corrientes Norecuatorial y de California. Otro proyecto antecesor inmediato (DJ022) registró 364 taxa para Acapulco (165 diatomeas y 198 dinoflagelados), con 8 exclusivos de esta localidad, y varios con potencialidad tóxica. Este nuevo proyecto pretende entonces sistematizar y registrar adecuadamente toda la información contenida en las aprox. 200 muestras colectadas previamente en esta localidad, así como desarrollar un estudio anual, continuado e intensivo de la flora planctónica de la bahía de Acapulco, para conocer cabalmente a sus especies (tanto las de paredes rígidas como las desnudas y frágiles), al mismo tiempo que se evaluarán los nutrientes, la biomasa y la densidad fitoplanctónica, con objeto de ir entendiendo la dinámica de las compleja comunidades planctónicas que se suceden a lo largo del año. Además en el transcurso del estudio se espera poder registrar y evaluar florecimientos algales nocivos (FAN) de especies tóxicas o nocivas, principalmente de dinoflagelados, cuya extensión del evento de marea roja, será analizada en forma más completa con imágenes de satélite. De manera particular se pondrá énfasis en el estudio de una especie hasta el momento conocida como *Cochlodinium polykrikoides*, dinoflagelado desnudo que puede llegar a ser ictiotóxico, que se presume como invasora en le Pacífico Oriental, proveniente de las costas de Japón e Indonesia. Al término de un periodo de 18 meses se pretende entregar una base de datos 13,400 registros de la menos 400 taxa, correspondientes a unas 700 muestras colectadas en al menos 32 sitios, la mayoría geo-refereciados, y un reconocimiento cabal de las especies más importantes que conforman la flora planctónica en la bahía de Acapulco.

- 
- \* El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)
  - \*\* El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

# INFORME FINAL DE PROYECTO DE INVESTIGACION

## PROYECTO CONABIO HJ014: DIVERSIDAD Y DINÁMICA DEL FITOPLANCTON MARINO EN LA BAHÍA DE ACAPULCO, GRO.

### RESPONSABLE:

Dra. Ma. Esther Angélica Meave del Castillo. Lab. de Fitoplancton Marino y Salobre. Dpto. Hidrobiología, División CBS, UAMI.

### COLABORADORES:

Dr. Francisco Gutiérrez Mendieta. Lab. de Ecosistemas Costeros. Dpto. Hidrobiología, División CBS, UAMI)

Dr. Gilberto Hernández Cárdenas. Lab. Manejo de Recursos Naturales. Depto. Biología, División CBS, UAMI)

Dr. Eugenio Gómez Reyes, Depto. Ingeniería de Procesos e Hidráulica, División CBI, UAMI)

### ESTUDIANTES:

M. en C. María Eugenia Zamudio Resendiz. Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, CBS, UAMI.

Biól. Carolina Bustamante Gil. Maestría en Ciencias del Mar y Limnología, ICMYL, UNAM.

Hidrobiól. David González Rivas. Servicio Social, Carrera de Hidrobiología, CBS, UAMI.

### TECNICOS:

Dr. Francisco G. Varona Cordero

M. en B. Adriana Hernández Rosas

Hidrobiól. Ricardo Ivanhoe Moro Herrera Chao

Universidad Autónoma Metropolitana, U. Iztapalapa. Dpto. de Hidrobiología. División de Ciencias Biológicas y de la Salud.

Octubre de 2011

## **INTRODUCCIÓN**

Las costas del Pacífico Mexicano (PM) están ubicadas geográficamente desde los 33° hasta los 14° Lat. N. Dicha diferencia latitudinal, además de la influencia de corrientes antagónicas (la de California en el N y la Norecuatorial en el S), producen condiciones fisicoquímicas contrastantes que afectan la presencia y distribución de la biota marina. Por ello frecuentemente el Pacífico mexicano es sectorizado en varias subregiones: Pacífico Subtropical-templado (Costa Occidental de Baja California), Golfo de California, Zona de Transición (Bahía Banderas y zona aledaña), Pacífico Tropical y Golfo de Tehuantepec (Hendricks, 1993; Meave *et al.*, 2003a). Existe cierto consenso en que la porción tropical del Pacífico Mexicano inicia desde Cabo Corrientes (punta norte de Bahía de Banderas; Flamand, 1991) y se extiende hacia el S, a lo largo del territorio mexicano. Sin embargo, hay evidencia de que el Golfo de Tehuantepec, puede diferenciarse como una subregión dentro de la porción tropical (Meave *et al.*, 2004), ya que presenta una flora planctónica con mayor afinidad a la subtropical templada (Aké-Castillo *et al.*, 1999; Aké-Castillo *et al.*, 2001), seguramente debido a las surgencias eólicas que ocurren de noviembre a febrero, que disminuyen la temperatura superficial y aumentan los nutrientes en la columna de agua.

La Bahía de Acapulco, localidad de estudio de este proyecto, está ubicada dentro de la región tropical del Pacífico.

### ***Antecedentes***

#### ***Fitoplancton en el Pacífico Tropical Mexicano (PTM).***

El grupo de trabajo del Laboratorio de Fitoplancton Marino y Salobre del Dpto. de Hidrobiología de la UAM-Iztapalapa, ha venido realizando de manera continua desde el año 1999, estudios florísticos planctónicos en la región del PTM, a través del desarrollo de tres proyectos de investigación financiados por la CONABIO: S151 (Meave, 2002), BA008 (Meave, 2006) y DJ022 (Meave, 2008).

La porción tropical del Pacífico tropical mexicano (PTM) tiene una extensión de aprox. 4,054 Km y en ella habita una gran diversidad de especies fitoplanctónicas, principalmente de diatomeas y dinoflagelados, habiéndose registrado ya 1,186

especies válidas y 179 taxones infraespecíficos (variedades y formas), pertenecientes a 99 familias microalgales y 228 géneros (Meave, 2008).

Asimismo los estudio florísticos previos a este proyecto han demostrado la ocurrencia de especies o variedades nuevas para la ciencia, principalmente en esta porción tropical del PM, tales como *Ceratium balechii* (Meave *et al.*, 2003b) y *Fryxelliella sepulvedana* (Meave *et al.*, 2008) y combinaciones taxonómicas dentro del género *Pleurosigma* (Sterrenburg *et al.*, 2003). Así como innumerable registros nuevos para México (Okolodkov *et al.*, 2003; Hernández Rosas *et al.*, 2007; Meave y Zamudio-Resendiz (2009); Meave *et al.* (en prensa). También en la región del PTM se han encontrado taxa con fuertes traslapes morfológicos que dificultan su determinación y por ello se han establecido como “complejos de especies” que han guiado al desarrollo de estudios morfométricos para resolver la identificación de los taxa (Cohen *et al.*, 2006, 2010; Hernández-Rosas *et al.*, 2006; 2008; Meave *et al.*, 2007). Todos los anteriores antecedentes representan aspectos relevantes en las investigaciones de biodiversidad, sobre todo considerando la escasez de estudios fitoplanctónicos en zonas tropicales en comparación con las regiones templadas.

### ***Fitoplancton en la zona de estudio (Bahía de Acapulco y Costas de Guerrero).***

Desde los resultados del proyecto S151 (Meave, 2002) se registraron 190 taxones para las costas de Guerrero de los 303 registrados para toda la porción tropical del PM (desde Bahía de Banderas, Jal. hasta el Golfo de Tehuantepec, Oax.), reconociéndose que los estados de Guerrero y Michoacán parecía ser los de mayor riqueza biológica de los 6 correspondientes a porción tropical del PM, posiblemente como resultado de su ubicación en la zona de confluencia de las corrientes Norecuatorial y Corriente de California.

Posteriormente, con el proyecto DJ022 (Meave, 2008), se registraron ya 364 taxones para Acapulco: 165 diatomeas y 198 dinoflagelados, ocho presentes únicamente en la bahía de Acapulco y varias especies considerados potencialmente tóxicos, tales como: *Alexandrium tamarense* (M. Lebour) Balech, *Cochlodinium polykrikoides* Margalef, *Dinophysis caudata* Saville-Kent, *Gonyaulax polygramma* Stein, *Gymnodinium catenatum* (Graham), *Lingulodinium polyedrum* (Stein) Dodge, y *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* (Böhm) Steidinger, Tester *et Taylor*.

### ***Imágenes de Satélite.***

La aplicación de las tecnologías satelitales es crítica para los esfuerzos sobre el entendimiento de los cambios que están en curso. Parámetros como la temperatura del agua y el color del océano contribuyen a establecer las dinámicas de cambio y las respuestas biológicas, lo que nos dice que tan compleja y vasta es la realidad. El Grupo de Procesamiento de Biología del Océano (OBPG, por sus siglas en inglés) de la NASA trabaja en poner a disposición la información de satélite que permite llevar a cabo el monitoreo de los océanos. Los datos de satélite que provee el OBPG son de los sensores MODIS Aqua y Terra, SeaWiFS, OCTS y CZCS. Los dos primeros han generado información hasta el presente (Hirata *et al.*, 2008).

### ***Justificación***

A pesar de que Acapulco sea uno de los sitios turísticos más concurridos dentro de la porción tropical del PM, existen pocos estudios de su fitoplancton, entre ellos existe la publicación de Osorio-Tafall (1942), que aunque muy relevante, es ya un trabajo antiguo y que corresponde más bien a la región más oceánica de la costa de Acapulco y no propiamente a la bahía, cuya flora planctónica actual podría estar bastante modificada, debido a los intensos procesos de eutrofización que ha sufrido.

En varias de las aprox. 200 muestras que ya se habían colectado con anterioridad (desde el año 2000) en la bahía de Acapulco, por personal del Lab. de Fitoplancton Marino y Salobre de la UAM-I, y que forman parte de la colección (FpM) de muestras líquidas de dicho laboratorio, se habían observado taxa interesantes que todavía no habían sido registrados en la base de datos y que podían corresponder a nuevos registros para la zona o la localidad.

Se sabe además que frecuentemente se presentan en la bahía de Acapulco, fenómenos de florecimiento algales nocivos (FAN) e incluso eventos tóxicos (comunicación personal de miembros del Lab. Estatal de Salud Pública del Edo. de Gro.), por lo que además de conocer adecuadamente a las especies que conforman los FAN, nos pareció importante conocer el papel que juegan los factores ambientales en la dinámica de fitoplancton y la presentación de tales eventos.

Por todo lo anterior, el presente proyecto pretendió, además de sistematizar y registrar adecuadamente toda la información de la Bahía de Acapulco que se había ido conjuntado a través de los proyectos CONABIO antecesores a éste, hacer un estudio anual, continuado e intensivo de la flora planctónica de la Bahía de Acapulco, para conocer cabalmente a sus especies, por ello se estudiaron a los organismos de los principales grupos del fitoplancton marino, fueran tecados (o con pared rígida) y por tanto resistentes a la fijación, o bien desnudos (atecados o con un con película plasmática frágil que se destruyen fácilmente con los fijadores convencionales), por lo cual el proyecto incluyó además el estudio de organismos vivos. Simultáneamente al estudio de la flora planctónica, se evaluaron los nutrientes, la densidad y la biomasa fitoplanctónica (por clorofila-*a*), con objeto de entender la dinámica de las complejas comunidades planctónicas presentes a lo largo del año. Además en el transcurso del estudio se registraron y evaluaron los FAN de especies tóxicas o nocivas, principalmente de dinoflagelados, evaluando la extensión del evento de la marea roja, con análisis de imágenes de clorofila satelital.

### ***Área de estudio***

#### ***Ubicación.***

La bahía de Acapulco se localiza en la plataforma del estado de Guerrero entre los 99° 50' 52" y los 99° 56' N y 16° 47' y 16° 51' 40" O (Fig. 1); tiene una forma semicircular, una longitud aproximada de 7 km y una anchura promedio de 10 km. En su interior las profundidades oscilan entre los 10 y los 30 metros, pero dada su cercanía con la Trincheras Mesoamericana (Flamand, 1991), apenas en su entrada ya ocurren profundidades de 50 m y uno 20 km mar adentro se alcanzan incluso los 400 m; su pendiente oscila entre los 0° 15' a 1° 54'. Toda la bahía tiene sedimentos arenosos los cuales no son adecuados para la deposición de quistes de dinoflagelados, pero hacia la boca ocurren arenas lodosas y lodos arenosos. Emery (1967) y Kulm *et al.* (1975) menciona que los ríos (sobre todo en época de lluvias) son los que aportan la mayor cantidad de sedimentos gruesos y que las lagunas actúan como trampas de sedimentos gruesos, mientras que los sedimentos finos, que van en suspensión, continúan hacia el mar.

En la parte Oeste de la plataforma y hasta Acapulco no se observa una clara influencia de ríos y lagunas puesto que los sedimentos se distribuyen de manera uniforme en las franjas paralelas. Sin embargo frente a la laguna Tres Palos y Río Papagayo existe una predominancia de arenas lodosas y lodos desde los 10 m de profundidad, posiblemente exportados por la laguna o por el río.

El relieve costero es montañoso, con un bloque al norte con una altitud de 920 msnm que se extiende en dirección NO-SE, y un segundo bloque con una altitud de 460 msnm en el Cerro del Vigía, a partir de los cuales en época de lluvias surgen una serie de arroyos que drenan de la parte alta del Puerto a la bahía, y que son el principal medio de transporte de materia orgánica de la zona urbana hacia la zona costera (Mayo-Vera, 2004).



Figura 1. Localización de la Bahía de Acapulco y puntos de interés.

### ***Clima.***

El clima de Acapulco es de tipo Aw (tropical lluvioso con lluvias en verano) con temperaturas mayores de 18° todo el año y precipitaciones promedio mayores a 100 mm entre junio y octubre (temporada de lluvias) y menores a 4 mm entre febrero y abril (temporada de secas; Tamayo, 1970; Mayo-Vera, 2004). De mayo a noviembre la región es afectada por depresiones tropicales, que pueden convertirse en tormentas tropicales y en ocasiones forman huracanes o ciclones tropicales (Tamayo, 1970).

Dado que se hizo un estudio de fitoplancton considerando un ciclo anual, se obtuvieron datos de enero a diciembre de 2010 de temperatura y precipitación de la estación meteorológica No. 768050 del Sistema Meteorológico Nacional (SMN), ubicada en la Bahía (16°83' LN - 99°93' LO). La temperatura atmosférica (promedio mensual) presentó un mínimo de 25.8°C en febrero y diciembre de 2010 y un máximo de 29.9°C en mayo y junio de 2010 (Fig. 2a). Asimismo con la idea de visualizar si el comportamiento de este parámetro en el año de estudio fue anómalo o estándar, se graficaron las anomalías de temperatura del año 2010 con respecto al promedio de temperatura de los últimos 30 años, encontrándose anomalías inferiores a 1°C durante todo el año (Fig. 2b), lo que lo señala que el año 2010 tuvo un comportamiento estándar con respecto a la temperatura ambiental, lo que podría ser un indicativo de que el Evento de El Niño, presentado durante el primer semestre del año 2010, no fue muy intenso.

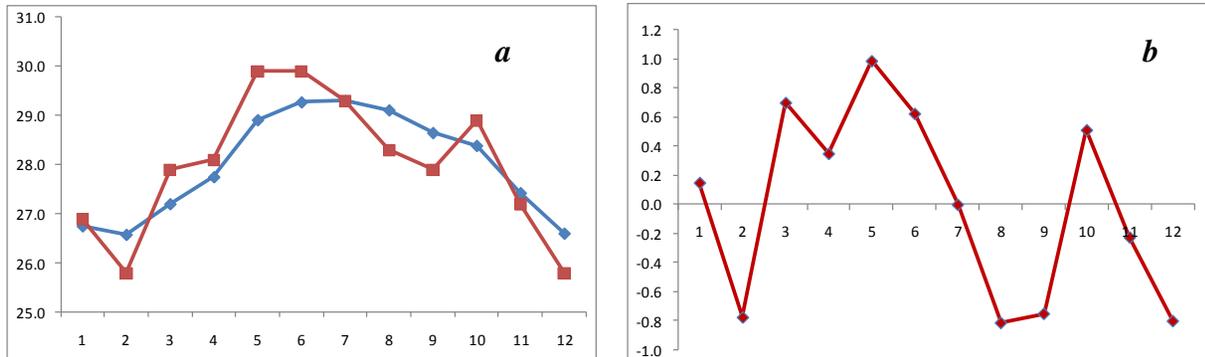


Figura 2a-b. a) Valores de temperatura atmosférica (°C), obtenidos del SMN. Promedio mensual (rojo) y promedio de 30 años (azul).b) Anomalías de temperatura en el año de 2010.

Por otra parte, la precipitación promedio mensual presentó valores menores a 10 mm de enero a mayo y de octubre a diciembre de 2010, y mayores de 100 mm de julio a septiembre (Fig. 3a). Con lo anterior se pueden señalar la existencia de una marcada época de secas de octubre a mayo y una época de lluvias de junio a septiembre. Para el año 2010 se observó una anomalía de precipitación de más de 50 mm en el mes de agosto y una disminución en octubre con respecto al promedio de los últimos 30 años (Fig. 3b).

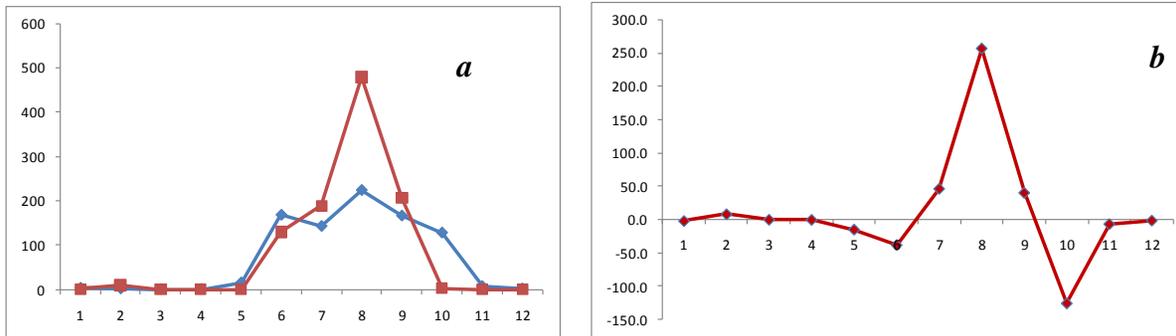


Figura 3a-b. a) Valores de precipitación (mm) obtenidos del SMN. Promedio mensual (rojo) y promedio de 30 años (azul). b) Anomalías de precipitación en el año 2010.

### ***Patrón de corrientes.***

Poco se sabe acerca del patrón de corrientes de la Bahía de Acapulco y zona marina aledaña, sin embargo se ha mencionado que entre la Isla de La Roqueta y la costa O, por fuera de la bahía, se genera una corriente cuya velocidad es mayor a 2 nudos, que produce un hundimiento de agua en las proximidades del Bajo de la Hierbabuena (al E de Isla Roqueta; Fig. 1), y que influencia el movimiento de las corrientes hacia el interior de la bahía. Por otra parte, dentro de la bahía las corrientes parecen ser generadas principalmente por los vientos dominantes del O, con una influencia perceptible cerca de los macizos rocosos de San Lorenzo (en las inmediaciones de la Playa La Condesa, Fig. 1), y que al conjuntarse con la corriente entrante de Boca Chica, producen una corriente a lo largo de la costa interior de la playa de Icacos y hacia el Farallón del Obispo (Fig. 1; Domínguez-Parra, 1979).

Gómez *et al.* (no publicado) han modelado el patrón de corrientes de marea, a través de la topografía de la Bahía de Acapulco y las tablas de mareas; observándose que la bahía tiene bastante influencia marina y fuertes corrientes cerca de la Bocana y en la entrada de Puerto Marqués, durante la pleamar y que dichas velocidades disminuyen y cambian la

dirección (hacia afuera de la bahía) durante la bajamar. Este comportamiento podría explicar por un lado, la presencia de especies oceánicas en el interior de la bahía y por el otro, la depuración de las aguas de la bahía en periodos cortos.

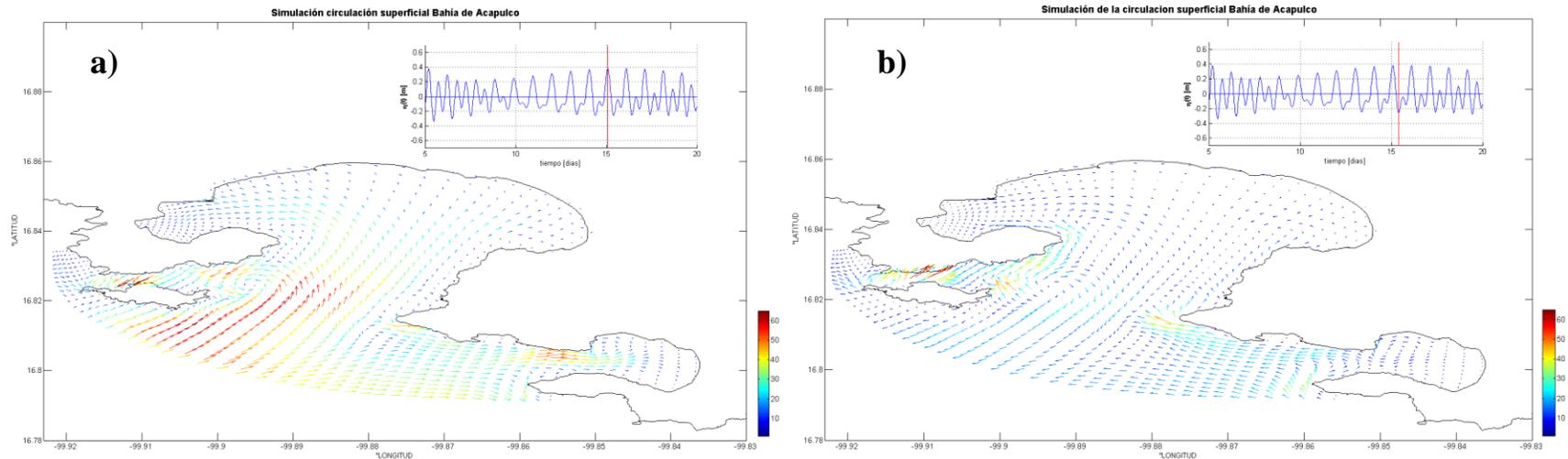


Figura 4a-b. Simulación de la velocidad y dirección de corriente de marea a) pleamar y b) bajamar, para el 15 de julio de 2011 en la Bahía de Acapulco.

### ***Caracterización ambiental.***

Con respecto a las variables ambientales, Domínguez-Parra (1979) en un estudio de la Bahía de Acapulco, realizado entre octubre de 1978 a marzo de 1979, refirió una temperatura del agua promedio de 28.5 - 30.52°C, transparencia de 3.82-11.11 m, salinidad de 31.97 - 34.98, concentraciones de Oxígeno entre 3.73 mg/L y 4.10-4.45 mg/L, valores de Amonio de 0.732 - 1.68 mg/L, nitratos de 0.433 - 0.4684 mg/L, y fosfatos de 0.034 - 0.332 mg/L.

Datos no publicados de la Bahía de Acapulco obtenidos ya más recientemente, entre julio de 2008 a octubre de 2009 (Meave, comunicación personal) sobre variables ambientales y clorofila-a, muestran que la clorofila-a tuvo valores entre 0.05 a 11 mg Cl a/m<sup>3</sup>, con diferencias significativas entre ambos años, probablemente como resultado del intenso efecto del evento La Niña durante el 2008 (Fig. 5), así como perfiles con picos de clorofila entre los 3 y los 10 m de profundidad. Por otra parte se obtuvieron valores de Amonio de 0.4 - 46 µM/L, con los valores más altos en el mes de febrero; Nitratos de 0.07 - 18 µM/L; Nitritos 0.01 - 2 µM/L; Fosfatos 0.06 - 12 µM/L; y Silicatos de 0.1 - 2.3 µM/L; con los valores más altos en diferentes épocas del año. Todo lo cual muestra una mayor eutrofización de la bahía en los últimos años.

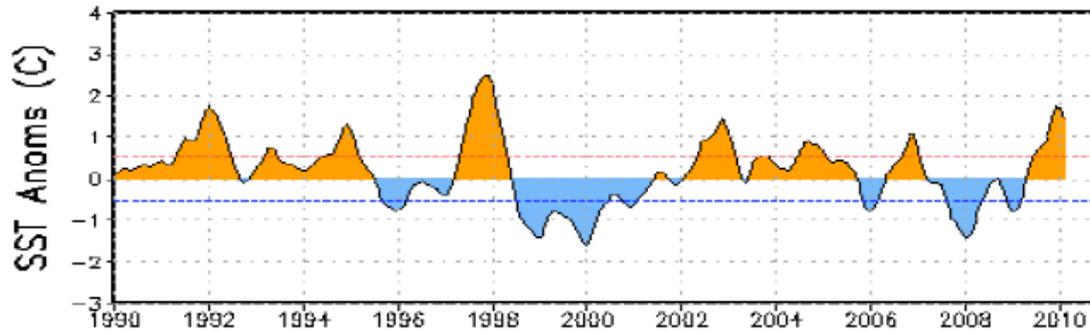


Figura 5. Anomalías de Temperatura superficial en el Océano Pacífico Ecuatorial. La grafica en azul muestra los eventos de La Niña y los naranja de El Niño.

## **OBJETIVOS**

### ***General***

Estudiar la biodiversidad y dinámica fitoplanctónica en la bahía de Acapulco.

### ***Particulares***

Conocer la flora planctónica y ticoplanctónica (organismos bentónicos que por turbuencia son llevados a la columna de agua) de los grupos algales más importantes en la Bahía de Acapulco: diatomeas, dinoflagelados, silicoflagelados, cianofitas y euglenofitas.

Conocer que especies y cuando producen FAN y con que especies se asocian.

Conocer el papel que juegan los nutrientes y otros factores ambientales en la dinámica del fitoplancton y en la presentación de FAN en la bahía de Acapulco

### ***Metas específicas***

Elaborar una Bases de datos en sistema SNIB con programa BIOTICA (última versión) con 13,400 registros, de 48 sitios georeferenciados, distribuidos en 400 taxones presentes en aprox. 600 muestras de red y botella (Van Dorn), correspondientes a la región marina prioritaria "Coyuca-Tres Palos".

Incrementar la colección de muestras líquidas de fitoplancton de red y botella del laboratorio de fitoplancton Marino y Salobre del Dpto. de Hidrobiología de la UAM-I (al menos en 500 muestras nuevas)

Incrementar la colección de laminillas de Herbario permanentes y semipermanentes de diatomeas y dinoflagelados (al menos 500 laminillas nuevas).

Conformar una colección de la menos 300 fotografías de taxa fitoplanctónicos de la Bahía de Acapulco.

Conformar una colección de imágenes diarias de satélite de clorofila-*a* obtenidas del sensor Modis de la NASA, con una resolución de 1 km de la Bahía de Acapulco y áreas aledañas.

Conformar una colección de imágenes de promedios mensuales obtenidas de las imágenes semanales de clorofila-*a* obtenidas del sensor Modis de la NASA, de la región costera del estado de Guerrero con resolución de 4 km de julio de 2002 a junio del 2011.

Tener valores mensuales de nutrientes y otros parámetros ambientales, en diferentes sitios y profundidades dentro de la Bahía y en la zona marina aledaña, durante un ciclo anual.

Tener valores mensuales de biomasa fitoplanctónica (clorofila-*a*) dentro de la Bahía y en la zona marina aledaña, en diferentes sitios y profundidades, durante un ciclo anual.

Formación de tres alumnos a través de un servicio social y dos tesis de postgrado, una de maestría y una de doctorado.

## **METODOLOGÍA**

A continuación se describen los métodos para coleccionar muestras fitoplanctónicas y con ellas evaluar la composición, densidad y biomasa fitoplanctónica (por clorofila-*a*) en distintos sitios y distintas profundidades dentro y fuera de la bahía, así como los parámetros fisicoquímicos: transparencia, temperatura, salinidad, O<sub>2</sub> disuelto, pH, y la concentración de nutrientes (fosfato soluble reactivo, amonio, nitritos, nitratos y silicatos solubles reactivos). También se menciona la manera de analizar la magnitud e intensidad de los FAN ocurridos en la zona de estudio a través de imágenes de satélite.

Los parámetros físicos fueron medidos *in situ*; mientras que las muestras de agua, coleccionadas con Botella van Dorn en distintas profundidades, fueron filtradas *in situ* y mantenidas en congelación para posteriormente evaluarlos nutrientes y la concentración de clorofila *a* en el Lab. de Ecosistemas Costeros de la Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa.

### **Colectas.**

Se hicieron 13 colectas mensuales para evaluación de fitoplancton y parámetros fisicoquímicos en un ciclo anual de febrero de 2010 a febrero de 2011; Tabla 1). En caso de ocurrencia de FAN (como fue en el mes de julio de 2010), se realizaron colectas con periodicidad quincenal. Las colectas se realizaron utilizando una lancha de motor en cinco sitios dentro de la Bahía y tres fuera (zona marina aledaña; Fig.6).

Tabla 1. Fechas de muestreo y número de muestras por colecta.

Fecha de muestreo	No. Muestras	
	Botella	red
13 de febrero de 2010	39	22
6 de marzo de 2010	38	32
9 de abril de 2010	39	32
15 de mayo de 2010	40	32
4-5 de junio de 2010	39	32
10 de julio de 2010	40	24
17 de julio de 2010	38	24
4 de agosto de 2010	38	24
10 de septiembre de 2010	39	24
9 de octubre de 2010	38	24

19-20 de noviembre de 2010	38	24
5-6 de diciembre de 2010	40	24
14-15 de enero de 2011	40	24
25-26 de febrero de 2011	39	24
<b>Total</b>	<b>545</b>	<b>366</b>

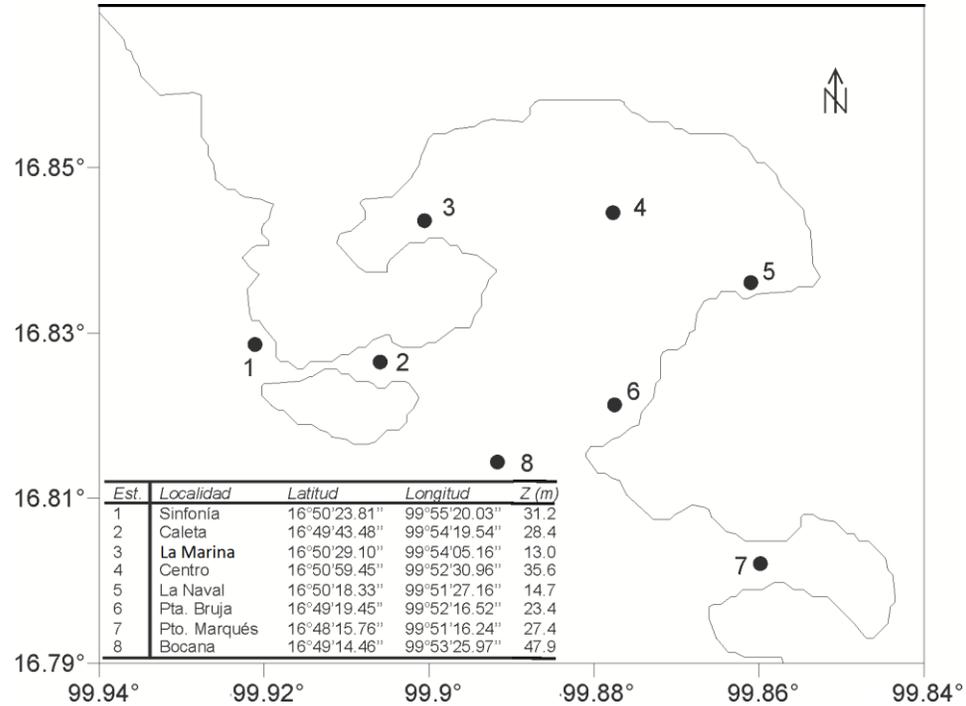


Figura 6. Mapa de distribución de sitios de colecta en la Bahía de Acapulco, indicando la georeferenciación

### ***Evaluación de parámetros físicos.***

La temperatura del agua, salinidad, pH y oxígeno disuelto se midieron en las distintas profundidades de las distintas localidades de muestreo con ayuda de sondas multiparamétricas (YSI-556 MPS, YSI-550A y Thermo-Orion StarTM), las cuales fueron previamente calibradas según las recomendaciones del fabricante. La transparencia del agua ( $Z_{sd}$ ) se evaluó con un disco de Sechii totalmente blanco. El espesor de la capa eufótica ( $Z_{eu}$ ) se calculó de acuerdo a la siguiente expresión:  $Z_{eu} = -Z_{sd} \ln(0.01) / 1.44$  (Kirk, 1994).

### ***Nutrientes.***

Para la evaluación de los nutrientes (Nitratos ( $\text{NO}_2$ ), Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), Fosfato soluble reactivo (SRP) y Silicato soluble reactivo (SRSi), las muestras de agua tomadas de las distintas profundidades con una botella Van Dorn, fueron filtradas en la lancha con ayuda de equipo Millipore manual y filtros GF/F de  $0.7 \mu\text{m}$  de abertura de poro. El agua filtrada se guardó en un frasco de boca ancha de 500 ml que fue depositado en una hielera para posibilitar su congelación lo más pronto posible y así tratar de reducir la degradación de los nutrimentos. En el laboratorio de Ecosistemas Costeros de la UAM-I, las muestras fueron congeladas a  $-20^\circ\text{C}$  hasta su evaluación. Para la determinación de nutrientes se emplearon las siguientes técnicas: para los Nitratos más Nitritos, el método de reducción por columnas Cd-Cu (Strickland & Parsons, 1972), para el Amonio se usó el método de azul de indofenol (Solórzano, 1969), para los Ortofosfatos, el método del ácido ascórbico-molibdato (Murphy & Riley, 1962) y los Silicatos se determinaron de acuerdo con el método del ácido p-silicomolibdico (Schwartz, 1942).

### ***Colecta de muestras de fitoplancton de botella y red.***

En cada punto de muestreo se recolectó fitoplancton con red y botella y se colectó también agua para evaluar los parámetros fisicoquímicos en distintas profundidades, dependiendo de la profundidad del sitio: 1, 3, 5, 10, 20, 30 y 50 m. Además, se colectaron un par de estaciones oceánicas a aproximadamente 5 km de la línea de costa, con la idea de calibrar la clorofila satelital.

En total, el trabajo de colecta resultó en 545 muestras de fitoplancton de botella, obtenidas de muestras puntuales a distintas profundidades, usando una botella Van Dorn, con cuya agua se llenó un frasco ámbar de 500 ml de boca angosta y se fijó *in situ* con unas gotas de acetato lugol (Ferrario *et al.*, 1995). Dichas muestras fueron conservadas en el laboratorio en un sitio fresco y oscuro y usadas para identificación de taxa, conteo de densidad fitoplanctónica y evaluación del índice de Diversidad ( $H'$ ).

Asimismo durante los muestreos se obtuvieron 366 muestras de red, colectadas a través de arrastres verticales, desde los 50 m de profundidad o una distancia menor, dependiendo de la profundidad del sitio de muestreo, usando 2 redes con peso muerto y abertura de malla de 20  $\mu\text{m}$  y 54  $\mu\text{m}$  respectivamente; así como a través de arrastres horizontales, con una red de 54  $\mu\text{m}$  de abertura de poro, haciendo recorridos circulares a baja velocidad sobre el punto de colecta durante 5 a 10 minutos. El material colectado en el copo de las redes fue vertido en frascos de boca ancha de 250 ml y el material fue fijando *in situ*, con formol hasta alcanzar una concentración final del 4%.

### ***Observación de organismos vivos.***

En sitios seleccionados se colectaron 10 L de agua con botella Van Dorn para llenar a tope un garrafón. Dicho garrafón fue cubierto con papel periódico empapado y guardado en una hielera vacía (para protegerlo de la luz y la insolación) durante el tiempo de la colecta. Al llegar al sitio de hospedaje, el agua fue filtrada lo más pronto posible con un equipo de filtración inversa (Dodson & Thomas, 1978) y filtros Millipore de Membrana RTTP14250 de 1.2  $\mu\text{m}$  de abertura de poro. El material fue observado *in vivo* usando microscopios ópticos calibrados Leica o Zeiss con campo claro y Olympus con contraste de fases.

### ***Evaluación de la densidad fitoplanctónica.***

La abundancia absoluta o densidad fitoplanctónica se evaluó siguiendo el método de Utermöhl (Edler & Elbrächter, 2010), usando cubetas de sedimentación de 10, 50 o 100 ml, dependiendo de las concentraciones de fitoplancton en el mar. Las submuestras se dejaron sedimentando por lo menos durante 24 hrs. El conteo se hizo utilizando un microscopio invertido Motic con platina móvil, objetivos de 10x, 40x y 60x, calibrado e iluminación de campo claro y contraste de fases, a través de la técnica de transectos (Villafañe & Reid, 1995). Para la cuantificación de los organismos más grandes, la cámara fue revisada completamente a través de un barrido utilizando el objetivo de 10x. Las densidades se calcularon con la siguiente fórmula, expresando los resultados en Cél/L:

$$D = \frac{N \cdot C}{T \cdot L}$$

Donde:

D = Densidad de células fitoplanctónicas por litro

N = Número de células contadas

C = Área de la cámara de sedimentación (4'908,739  $\mu\text{m}^2$ )

T=Área total del transecto en 40x (975,000  $\mu\text{m}^2$ )

L= Volumen de muestra sedimentado (25, 50 o 100 ml)

### ***Evaluación de la biomasa fitoplanctónica.***

La biomasa fitoplanctónica se evaluó a través de la concentración de clorofila-a (Parsons *et al.*, 1984), para lo cual a bordo de la lancha, se filtraron de 250 a 500 ml de agua (o menos volumen en caso de FAN) del agua obtenida con botella van Dorn a las distintas profundidades seleccionadas, usando equipo de filtración Millipore y filtros GF/F de 0.47  $\mu\text{m}$  de abertura de poro. Una vez filtrado el material, los filtros fueron guardados en papel aluminio, etiquetados y depositados en una caja hermética con silica gel para su pronta desecación, la cual fue guardada en congelación y total

oscuridad para su posterior evaluación a través del método espectrofotométrico en el Lab. de Ecosistemas Costeros de la UAM-I, haciendo la extracción de la clorofila con acetona al 90%.

### ***Evaluación de la Clorofila satelital.***

En este proyecto se analizó la concentración de clorofila, a través de imágenes de satélite, en la zona costera del Estado de Guerrero, cubriendo un área aproximada de 53,845 Km<sup>2</sup> (Fig. 7).

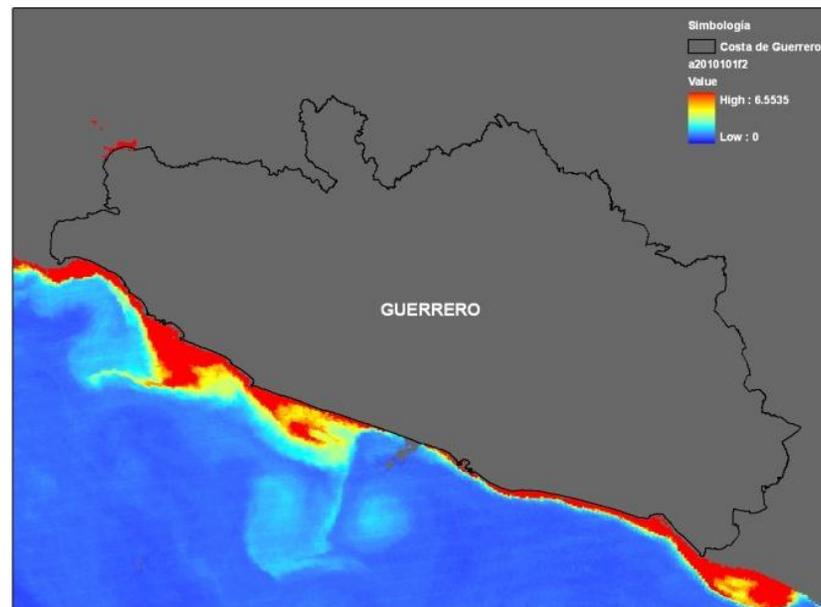


Figura 7. Zona marina costera del estado de Guerrero.

El procesamiento se hizo usando el software Seadas versiones 5.3 y 6.1 instalados en VMware en ambiente Windows XP y en Linux Ubuntu v.10 respectivamente. Este es un software de fuente abierta que se distribuye de manera gratuita en la

página de Oceancolor (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>). El procesamiento, inicialmente, se hizo completo de las imágenes L0 a L3 para imágenes diarias de días en los cuales coincidía con la toma de datos en campo. Las imágenes en L1A tienen los datos crudos en niveles digitales reduce el número de bandas a aquellas que son útiles para el procesamiento y pueden seleccionarse áreas dentro de la imagen (subconjuntos). A partir de la imagen L1A se generan los datos del MODIS GEO, a partir de los cuales se establecen los parámetros de geoposicionamiento de las escenas. En el nivel L1B se usan coeficientes de calibración para los datos de océano. En el nivel L2 se calculan los valores geofísicos de cada pixel a partir de los valores de radiancia emergente normalizada (normalizedwater-leavingradiance, nLw) con lo que se obtienen los valores de clorofila-a y temperatura a la superficie del océano (SST por sus siglas en inglés) entre otros valores. Estos se obtienen de las radiancias (nLw) del L1B aplicando correcciones atmosféricas y algoritmos bio-ópticos que, como su nombre lo dice, dependen de las propiedades ópticas aparentes (AOPs) como es la estructura direccional del campo de radiancia del ambiente. Estas expresan diferentes propiedades como son los cocientes y las profundidades del campo de radiancia. En el océano alcanza a penetrar hasta los 60 m de profundidad. En términos generales la nLw, es aproximadamente, la radiancia que sale de la superficie del océano (radiancia emergente) en ausencia de la atmósfera y con el sol en el cenit (Ebert, 2009; Müller *et al.*, 2003b). En el nivel L3 (binned data) se categorizan y se hacen los compuesto por periodos de tiempo de las escenas L2 a partir de estadísticos como promedios y medianas.

Para fines de una mayor rapidez en el procesamiento se opto por procesar la información a partir del nivel L2.

Todas las imágenes procesadas se nombraron de acuerdo al formato de nombre de los archivos de imagen de MODIS Aqua que contiene el sensor (A), el año (2010), la fecha en día juliano (001) y la hora de toma, el nivel de procesamiento (L2), la fuente (Oceancolor: OC) y el parámetro biofísico procesado (clorofila: chl). La resolución espacial de las imágenes para la comparación entre datos de campo e imágenes se hizo con resoluciones espaciales de 1km. Las imágenes se cortaron al área del estado de Guerrero. Asimismo, se procedió a generar archivos en HDF que contuvieran el parámetro biofísico de clorofila (chl). Estos mismos fueron importados en ERDAS Imagine versión 9.0, sin embargo, no reconoció el geo-registro de las imágenes por lo que se requirió establecer manualmente el modelo de datos y la proyección.

Para realizar la correlación de datos de clorofila-a obtenidos de campo con respecto a los datos aportados por las imágenes de satélite se procesaron en ArcMap versión 9.1 convirtiendo de formato ERDAS (IMG) a GRID de ArcINFO. En ArcMAP fue necesario re-escalar los datos originales en punto flotante a enteros de 32bit multiplicando por un factor de 10 000 lo que aseguró retener hasta 4 puntos decimales. Para facilitar el proceso de extracción de datos de las imágenes se realizó la conversión a formato GRID de ESRI en el SIG ARCINFO versión 9.1 en donde se automatizó la transformación usando un AML, así mismo, se re-escalaron las imágenes a punto flotante. Los metadatos se generaron en ArcCatalog con el estilo de hoja de FGDC ESRI y se exportaron a XML.

Se generó una serie de tiempo con imágenes de MODIS Aqua de julio de 2002 a junio de 2011 descargando imágenes del sitio de Oceancolor con los promedios mensuales. Se procesaron cortando al área de la costa de Guerrero con resolución de 4km. Estas imágenes se comprometieron para su entrega a CONABIO.

Dado que el análisis de las imágenes de satélite inicio meses después de iniciado el proyecto, prácticamente cuando iban a terminar los muestreos mensuales correspondientes al ciclo anual febrero 2010 a febrero 2011, nos percatamos de que debido a que la Bahía de Acapulco tiene una forma semicircular, el efecto de tierra impide tener datos de satélite del agua en el interior de la bahía, por esa razón durante los meses de febrero y marzo de 2011, se realizaron colectas en el exterior de la bahía a 5 km de la línea de costa. Se buscaron imágenes de satélite cuyos días julianos se acercaran a la fecha de colecta con el fin de poder calibrar la clorofila satelital. En la figura 8 se muestran la localización y se indica la georeferencia, de las tres estaciones oceánicas ubicadas dentro de la imagen de clorofila satelital del 25 de febrero de 2011.

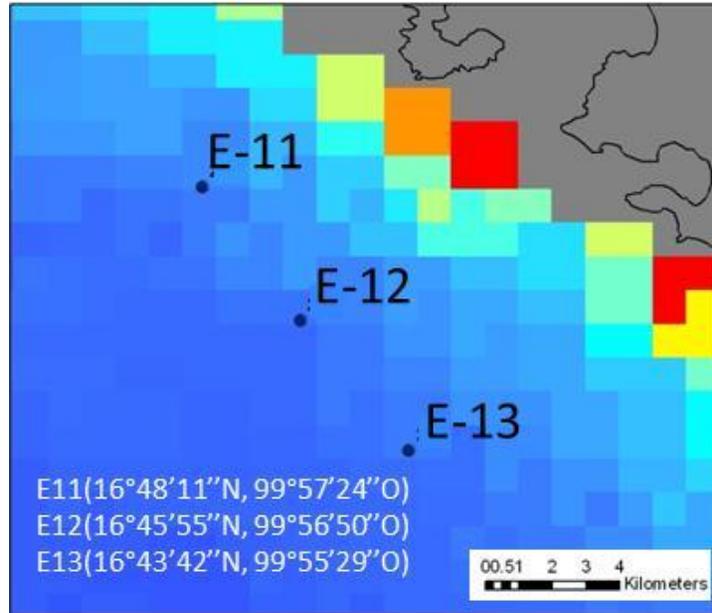


Figura 8. Ubicación de las estaciones oceánicas 11, 12 y 13, sobre una imagen de clorofila satelital de la zona marina aledaña a la Bahía de Acapulco, Gro., correspondiente al 25 de febrero de 2011.

### ***Identificación de los taxa fitoplanctónicos.***

El fitoplancton fue identificado observando las muestras en un microscopio Leica DMLB con contraste de fases, fluorescencia y cámara fotográfica integrada. En caso de dinoflagelados tecados, para facilitar la observación de las placas, se hicieron preparaciones frescas tiñéndolas con el colorante Trypan Blue e iluminación de campo claro; para las especies con teca sumamente delgada, se usó el colorante Calcofluor White, usando en el mismo microscopio DMLB con el módulo de fluorescencia y un filtro de 330-380 nm de excitación y 420 nm de emisión. La medición de los organismos se realizó utilizando el programa Leica IM 1000.

En ciertos casos se preparó material para su observación al microscopio electrónico de barrido, para lo cual una alícuota de 1 ml de muestra fue enjuagada varias veces con agua bidestilada usando una centrífuga a 1200 rpm, y colocando después el material sobre un fragmento de vidrio, dejándolo secar al aire y cubriéndolo después con una fina capa de oro. Para las especies delicadas o los dinoflagelados desnudos, el material se deshidrató gradualmente con etanol y para el secado final se utilizó la técnica de punto crítico de secado para después montarlo en una tachuela con una cubierta de carbón adherente y por último cubrirlo con una fina capa de oro.

### ***Elaboración de colecciones líquidas y laminillas de herbario.***

Todas las muestras de red colectadas, se dejaron sedimentar, decantando el fijador excedente y vertiéndose en frascos ámbar de boca ancha de 60 ml, poniéndoles su etiqueta correspondiente para formar parte de la Colección de Muestras Líquidas de Fitoplancton Marino (FpM), del Lab. de Fitoplancton Marino y Salobre del Dpto. de Hidrobiología, de la UAM-I. En la medida de lo posible, una vez leído en el microscopio invertido, el material de las muestras de botellas, el material colectado se guardó (fijado con lugol) en frascos de 10 ml.

De algunas muestras seleccionadas de fitoplancton de red, se hicieron preparaciones permanentes (de diatomeas y silicoflagelados) o semipermanentes (de dinoflagelados).

El material usado para elaborar las preparaciones semipermanentes de dinoflagelados, sólo fue enjuagado tres veces con agua bidestilada usando una centrifuga 1,200 rpm, para después colocar una gota del material concentrado sobre un cubreobjetos, la cual se dejó que se evaporara un poco al aire; por otra parte se colocó en un portaobjetos (sobre una plancha caliente con calor medio), una gota de gelatina glicerinada y posteriormente se dejó caer el cubreobjetos sobre el portaobjetos, dejando que escaparan de la preparación todas las burbujas. Las preparaciones fueron dejadas secar en posición horizontal para después sellarlas con barniz transparente.

Para elaborar las preparaciones permanentes de diatomeas, el material primeramente fue oxidado siguiendo los métodos propuestos por Simonsen (1974) y Hasle & Fryxell (1970) para quemar toda la materia orgánica y posteriormente se enjuagó el material al menos unas 10 veces con agua bidestilada usando una centrífuga a 1,200 rpm durante 15'. Al final

se descartó el sobrenadante, se resuspendió el material y se colocó una gota con material en un cubreobjetos redondo, dejándolo secar perfectamente en la plancha caliente. Posteriormente se colocó sobre un portaobjetos una gota de resina sintética Sigma (con alto índice de refracción) y sobre ésta se dejó caer el cubreobjetos con el material completamente seco. Las preparaciones se dejaron media hora más sobre la plancha caliente a calor suave, para permitir la evaporación del solvente y con ello el endurecimiento de la resina. Después de unos días se sellaron con barniz transparente

## **RESULTADOS**

Parte de los resultados correspondientes a la flora fitoplanctónica de la Bahía de Acapulco y alas imágenes de la clorofila satelital de la zona marina aledaña, que se presentan en este informe, son resultado del desarrollo de dos tesis de postgrado, una de maestría titulada “Variación espacial y temporal de los Dinoflagelados (Dinophyta) de la Bahía de Acapulco en diferentes épocas del año” (Bustamante-Gil, 2011) y otra de doctorado “Cambios morfológicos funcionales a lo largo de un ciclo anual, en la comunidad fitoplanctónica de la Bahía de Acapulco”(Zamudio-Resendiz, en preparación); y un Servicio Social de la Carrera de Hidrobiología, CBS, UAMI: “Contribución al monitoreo de variables biofísicas mediante imágenes del satélite MODIS de la Bahía de Acapulco” (González-Rivas, 2011). Por el momento los resultados de la ficoflora planctónica corresponden al análisis de muestras de 8 colectas de fitoplancton de botella en los meses, octubre 2009 (días 23-24), marzo 2010 (día 6), mayo, 2010 (día 15), julio, 2010 (días 10 y 17), septiembre, 2010 (día 10), noviembre 2010 (días 19-20) y enero 2011 (días 14-15).

### ***Conformación de bases de datos.***

Se conformó una base de datos de ejemplar en sistema SNIB con programa BIOTICA 5.0, que incluyó además de los registros ejemplar, la abundancia relativa (%) de cada taxón y la densidad (céls./litro) particular del taxón en un determinado sitio.

La base de este proyecto (HJ014) contiene un total de 66,498 registros ejemplar (Tabla 2), unificada con las bases de los proyectos anteriores (S151, H076, BA008 y DJ022); de los cuales 15,060 registros colectados son el resultado del Proyecto HJ014.

La mayor parte de los registros del proyecto CONABIO (HJ014) del cual estamos entregando el informe, corresponden a Diatomeas (8,758), seguidas de los Dinoflagelados (6,120; Fig. 9). Algunos otros grupos algales, tales como Haptofitas y Clorofitas, sólo presentan un par de registros en la base, sin embargo sabemos que por lo menos algunas especies de Haptophyta, como es el caso de *Phaeocystis pouchetii* es común en la bahía de Acapulco; además durante el desarrollo del proyecto y sobre todo en la observación del material in vivo, se encontraron organismos pertenecientes a otros grupos, tales como *Chatonella* sp., pertenecientes a la División Raphidophyta, que aún no se han incorporado en la base de datos.

Tabla 2. Número de registros por proyecto, tipo de registro y grupo taxonómico.

Proy.	Colec.	Report.	Total	Bacillariophyta	Dinoflagellata	Chlorophyta	Euglenophyta	Chromophyta	Haptophyta	Cyanophyta
S151	6528	2614	9142	9142	0	0	0	0	0	0
H076	2031	5873	7904	7904	0	0	0	0	0	0
BA008	12158	7572	19730	9467	10051	0	0	212	0	0
DJ022	10654	4008	14662	6143	8348	0	0	171	0	0
HJ014	15060	0	15060	8758	6120	2	53	221	2	4
Total	46431	20067	66498	32656	18399	2	53	604	2	4

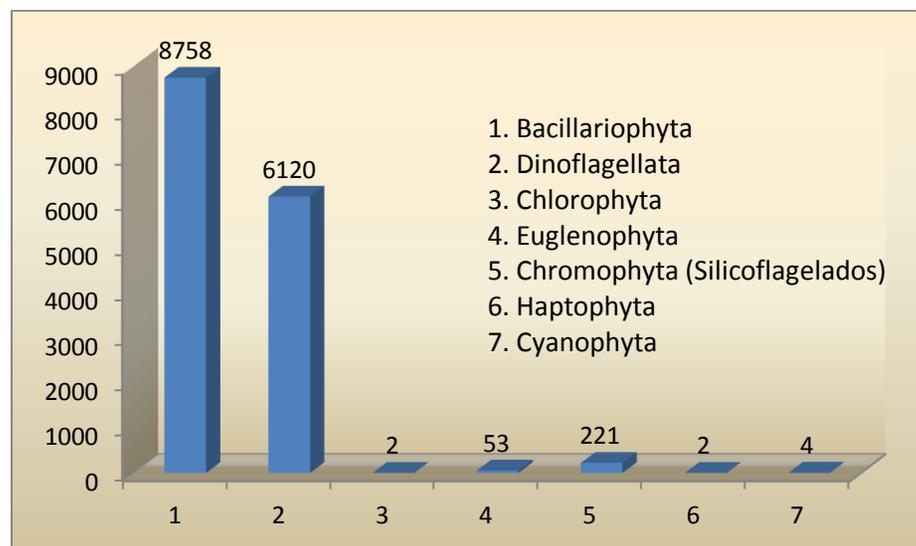


Figura 9. Número de registros por grupo algal.

Los 458 taxa (especies, variedades y formas) registrados en este proyecto, se encuentran listados por grupo o División algal y orden alfabético en el ANEXO I, pertenecen a siete Divisiones, 11 Clases, 39 Órdenes, 67 Familias y 137 Géneros (Tabla 3), cuyos nombres están desglosados en la Tabla 4).

Tabla 3. Contenido de categorías taxonómicas por Grupo algal.

Grupo	División	Clases	Ordenes	Familias	Géneros	Taxa
Diatomeas	Bacillariophyta	3	25	37	75	193
Dinoflagelados	Dinoflagellata	2	8	24	55	255
Clorofitas	Chlorophyta	1	1	1	1	2
Euglenas	Euglenophyta	1	1	1	1	1
Silicoflagelados	Chromophyta	1	1	1	2	4

Haptofitas	Haptophyta	2	2	2	2	2
Cianofitas	Cyanophyta	1	1	1	1	1
Total		7	11	39	67	137

Tabla 4. Desglose de las categorías taxonómicas supraespecíficas de los registros de la base HJ014.

División	Clase	Orden	Familia	Géneros	Sp., var, f.	# Reg Base
Cyanophyta	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	1	1	4
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Hydrodictyaceae	1	2	2
Dinoflagellata	Dinophyceae	Dinophysiales	Amphisoleniaceae	1	2	10
			Dinophysiaceae	5	29	279
			Oxyphysiaceae	1	1	2
		Gonyaulacales	Ceratiaceae	1	49	839
			Ceratocoryaceae	1	2	10
			Goniodomaceae	4	7	292
			Gonyaulacaceae	3	14	215
			Heterodiniaceae	1	1	1
			Pyrocystaceae	1	2	23

	Gymnodinales	Gymnodiniaceae	9	40	1654
		Polykrikaceae	1	3	50
		Warnowiaceae	4	6	134
	Incertaesedis	Oxytoxaceae	2	8	44
	Peridinales	Congruentidiaceae	4	53	1274
		Heterocapsaceae	1	1	40
		Peridiniaceae	3	4	279
		Podolampaceae	2	5	47
	Prorocentrales	Prorocentraceae	1	10	663
	Ptychodiscales	Amphitholaceae	1	1	57
		Brachydiniaceae	1	1	5
		Ptychodiscaceae	3	3	28
Noctiluciphyceae	Noctilucales	Kofoidiniaceae	2	4	30
		Leptodiscaceae	1	1	3
		Noctilucaceae	2	5	60
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Achnanthes	2	7	72

	Bacillariales	Bacillariaceae	5	16	1256
	Lyrellales	Lyrellaceae	1	5	5
	Mastogloiales	Mastogloiaceae	1	2	2
	Naviculales	Diploneidaceae	1	4	4
		Naviculaceae	3	5	187
		Pinnulariaceae	1	1	4
		Plagiotropidaceae	1	1	4
		Pleurosigmataceae	2	4	69
	Surirellales	Entomoneidaceae	1	2	2
		Surirellaceae	2	4	38
	Thalassiosiphales	Catenulaceae	1	4	42
Coscinodiscophyceae	Asterolamprales	Asterolampraceae	2	6	64
	Biddulphiales	Biddulphiaceae	2	1	13
	Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	3	39	2378
	Corethrophycidae	Corethraceae	1	1	47
	Coscinodiscales	Hemidiscaceae	5	6	169

	Heliopeltaceae	1	3	18
	Coscinodiscaceae	2	8	320
Cymatosirales	Cymatosiraceae	1	1	8
Hemiaulales	Hemiaulales	5	9	605
	Streptothecaceae	1	1	1
Lithodesmiales	Lithodesmiaceae	3	3	446
Melosirales	Melosiraceae	1	1	3
	Stephanopyxidaceae	1	1	39
Paraliales	Paraliaceae	1	1	3
Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	6	23	1481
Thalassionematales	Thalassionemataceae	3	6	779
Thalassiosirales	Lauderiaceae	1	1	43
	Skeletonemataceae	2	3	193
	Thalassiosiraceae	2	6	77
Triceratiales	Plagiogrammaceae	1	1	4
	Triceratiaceae	4	7	135

	Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	3	3	52
		Licmophorales	Licmophoraceae	1	4	186
		Rhaphoneidales	Rhaphoneidaceae	1	1	1
		Striatellales	Striatellaceae	1	1	8
Chromophyta	Dictyochophyceae	Dictyochales	Dictyochaceae	2	4	221
Euglenophyta	Euglenoidea	Euglenales	Euglenaceae	1	1	53
Haptophyta	Prymnesiophyceae	Coccolithales	Calciosoleniaceae	1	1	1
	Prymnesiophyceae	Phaeocystales	Phaeocystaceae	1	1	1

---

Los taxa estuvieron distribuidos de manera diferencial entre los grupos algales, resultando el de los Dinoflagelados el más diverso, con un porcentaje del 55.6%, seguido cercanamente de las Diatomeas (42%; Fig. 10).

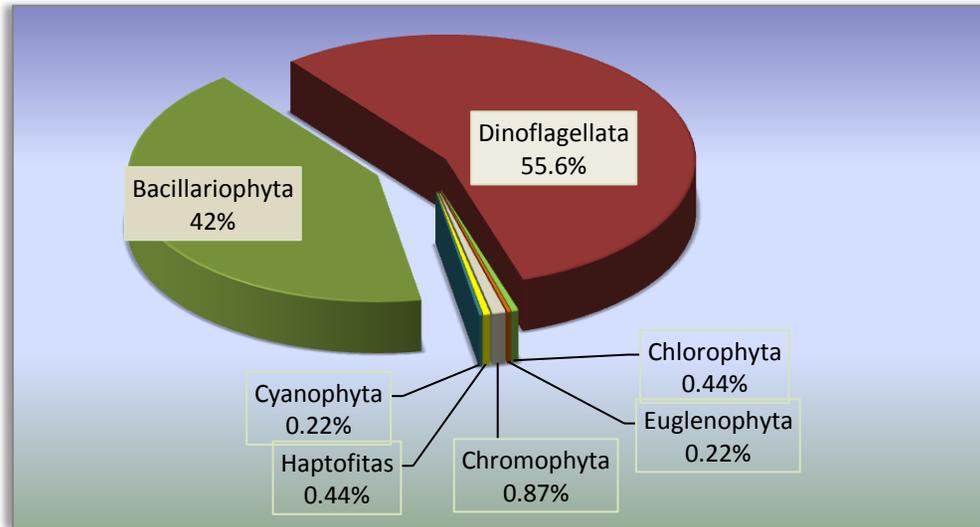
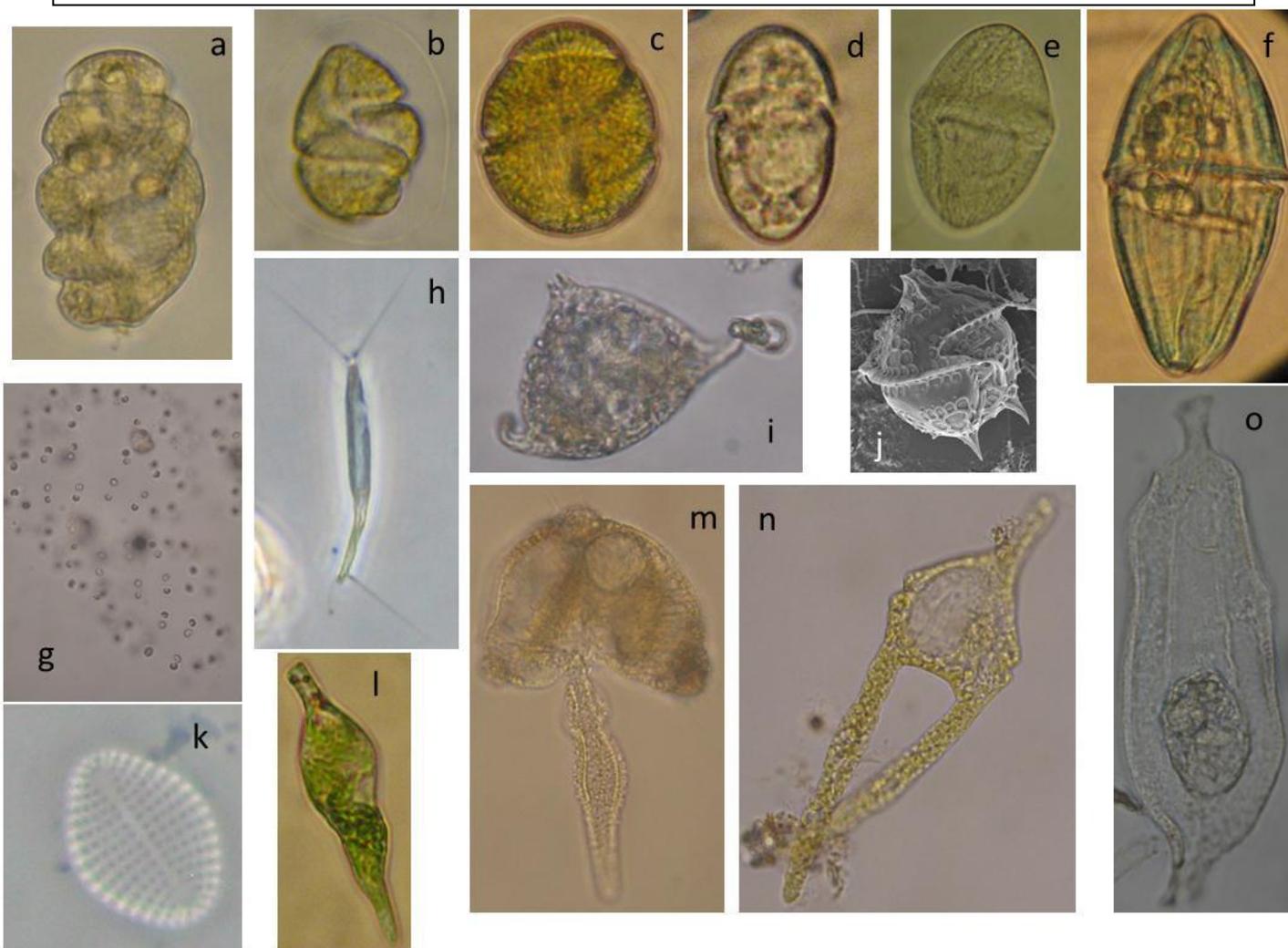


Figura 10. Porcentaje de taxa por División Algal.

A partir del análisis de los registros de la base de datos, se puede afirmar que el presente proyecto (HJ014), agregó un total de 94 taxa al listado ficoflorístico de la Bahía de Acapulco, distribuidos de la siguiente manera: 28 taxa nuevos para Bacillariophyta y 57 para Dinophyta, además se agregaron taxa en otras cuatro Divisiones algales: Chlorophyta, Euglenophyta, Haptophyta y Cyanophyta, lo cual representa una contribución de 20.5% del conocimiento de la flora de la Bahía de Acapulco. En la figura 11a-o, se muestran las fotografías de 15 taxa correspondientes a nuevos registros de microalgas planctónicas para la Bahía de Acapulco. Hay que considerar además, que estos resultados aún son parciales, pues al momento de entregar este informe final sólo se introdujeron registros de la mitad de las muestras colectadas y algunos organismos todavía no han podido ser identificados a nivel de especie. De esta manera, con los datos que incorporó este proyecto (HJ014), se tiene ya un total de 1,428 taxa (especies, variedades y formas) de fitoplancton georeferenciados para el Pacífico Mexicano.

**Figura 11a-o. Nuevos registros de microalgas planctónicas para la Bahía de Acapulco, Gro.**



a) *Cochlodinium archimedes*; b) *C. convolutum*; c) *C. fulveces*; d) *Gymnodinium ravenescens*; e) *G. rhomboides*; f) *G. translucens*; g) *Phaeocystis* sp.; h) *Calciosolenia murrayi*; i) *Gynogonadinium aequatoriale*; j) *Heterodinium milneri*; k) *Delphineis minutissima*; l) *Euglena pascherii*; m) *Erytropsydinium cf. gracile*; n) *Ceratoperidinium yeye*; o) *Scaphodinium mirabile*.

De la tabla 4 se desprende que otro aporte importante del presente proyecto con respecto a la flora de la Bahía de Acapulco, fue el número de registros de dinoflagelados desnudos o atecados (Gymnodineales: Gymnodiniaceae), ya que este tipo de especies sólo pueden ser registradas en vivo o a partir de muestras de botella fijadas con lugol. De igual manera un aporte importante se hizo en el grupo de Dinoflagelados tecados del género *Protoberidinium* (Peridinales: Congruentidiaceae), que en general ha sido poco estudiado en el Pacífico Mexicano, debido seguramente a la dificultad que representa la identificación de las placas de la teca para su determinación.

#### **Conformación de acervo de laminillas de herbario.**

Un total de 1,148 laminillas permanentes o semipermanentes fueron elaboradas durante el desarrollo del presente proyecto, de las cuales 690 correspondieron a preparaciones semipermanentes (elaboradas con gelatina glicerizada) para referenciar Dinoflagelados (Colección de Dinoflagelados de la Bahía de Acapulco) a partir de tres réplicas de material correspondiente a 214 muestras de arrastre colectadas con red de 54 µm, durante el periodo de febrero de 2010 a enero de 2011 (13 muestreos, 9 sitios de colecta).

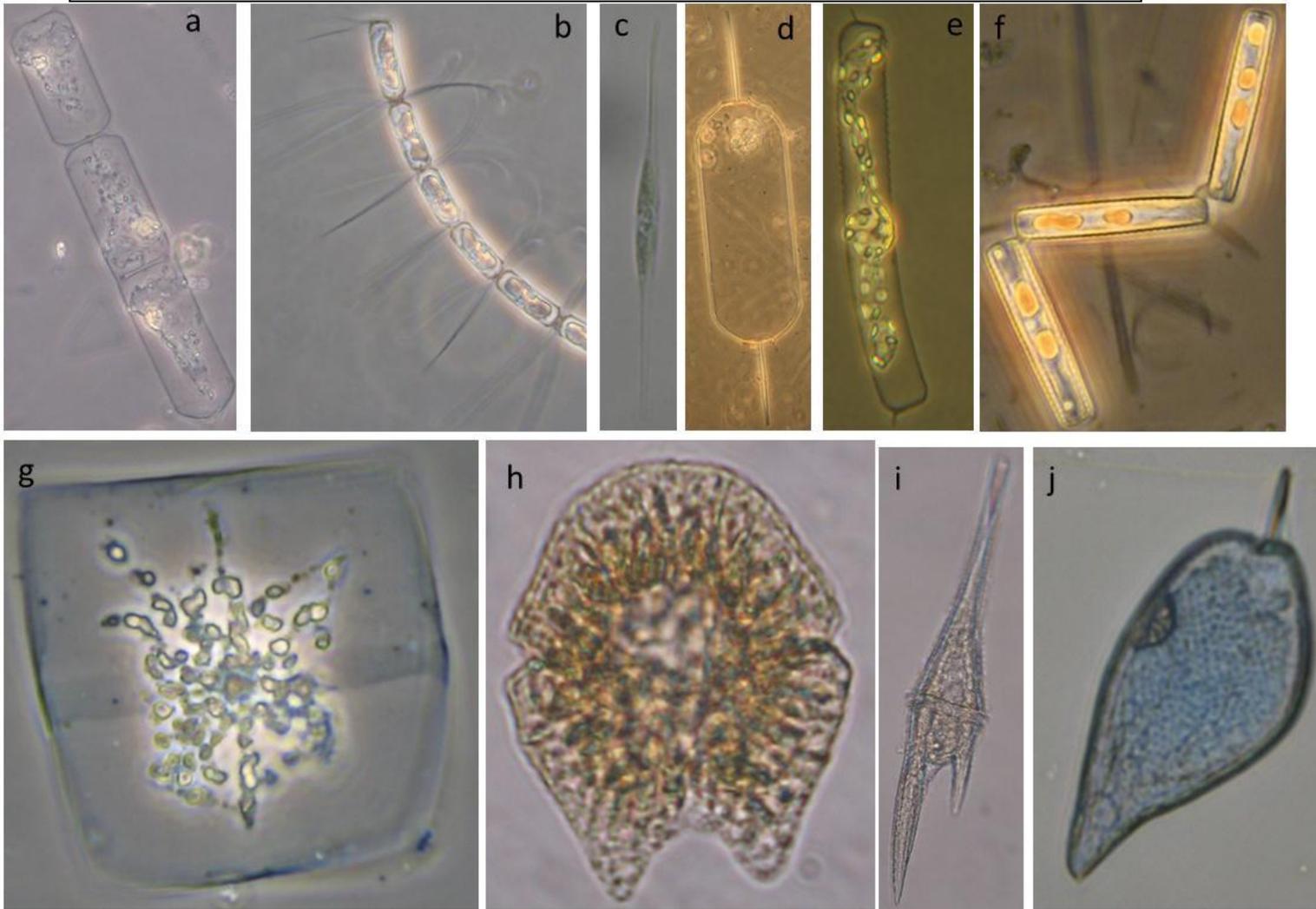
Por otra parte se elaboraron 458 laminillas permanentes (elaboradas con resina Sintética Sigma) para referenciar Diatomeas (Colección de Diatomeas de la Bahía de Acapulco), a partir de tres réplicas de material correspondiente a 146 muestras de arrastre, colectadas con red de 54µm de abertura de malla durante los meses de febrero a octubre de 2010 (9 muestreos, 9 sitios de colecta).

#### **Taxa frecuentes.**

Los taxa con mayor número de registros (>30%) en la Base de Datos (Anexo 1) y que por tanto pueden ser considerados como la flora típica de la Bahía de Acapulco, corresponden a 18 diatomeas: *Cerataulina pelagica* (Cleve) Hendey,

*Chaetoceros curvisetus* Cleve, *C. decipiens* Cleve, *C. peruvianus* Brightwell, *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reiman et Lewin, *Dactyliosolen fragilissimus* (Bergon) Hasle, *Ditylum brightwellii* (West) Grunow, *Guinardia striata* (Stolterfoth) Hasle, *Helicotheca tamesis* (Shrubsole) Ricard, *Hemiaulus hauckii* Grunow et van Heurck, *Leptocylindrus danicus* Cleve, *L. minimus* Gran, *Lioloma elongatum* (Grunow) Hasle, *Proboscia alata* (Brightwell) Sundström, *Pseudonitzschia* cf. *pseudodelicatissima* (Hasle) Hasle, *Rhizosolenia pungens* Cleve-Euler, *Thalassionema bacillaris* (Heiden) Kolbe, y *T. nitzschioides* (Grunow) Mereschkowsky; y 9 Dinoflagelados: *Akashiwo sanguinea* (Hirasaka) Hansen et Moestrup, *Ceratium furca* (Ehrenberg) Claparède et Lachmann, *C. furca* var. *eugrammum* (Ehrenberg) Schiller, *Gymnodinium catenatum* Graham, *G. acutum* (Schütt) Kofoid et Swezy, *Gyrodinium fusus* (Meunier) Akselman, *Prorocentrum gracile* Schütt, *P. micans* Ehrenberg y *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* (Böhm) Steidinger, Tester et F. J. R. Taylor. En general el 77% de los taxa presentó una frecuencia menor al 10% (Anexo 1). En la figura 12a-j se observan 10 de estos taxa.

Figura 12a-j. Taxa frecuentes de microalgas planctónicas en la Bahía de Acapulco, Gro.



a) *Cerataulina pelagica*; b) *Chaetoceros curvisetus*; c) *Cylindrotheca closterium*; d) *Dytilum brightwelli*; e) *Guinardia striata*; f) *Thalassionema nitzschioides*; g) *Helicotheca tamesis*; h) *Akashiwo sanguinea*, i) *Ceratium furca*; j) *Prorocentrum gracile*.

### Riqueza de especies.

Se obtuvo un mínimo de 19 taxa por muestra en mayo y julio de 2010, y un máximo de 104 taxa en enero de 2011. En relación a la riqueza de especies se encontró que la transición entre la época de lluvias y secas (noviembre a enero), es la que permitió la existencia del mayor número de especies en la bahía de Acapulco. Por otra parte en la Figura 13, se observa que la menor riqueza de especies se presentó en el mes de julio, con sólo 19 taxa a 1m de profundidad en la localidad: Punta Bruja. Sin embargo, creemos que este resultado (disminución de especies de fitoplancton en julio) no podría ser extrapolado a otros años, dado que justo en este mes del año 2010 se presentó un florecimiento (FAN) de *Pyrodinium bahamense var. compressum*, y se sabe que la dominancia de una especie, definitivamente afecta la abundancia y presencia del resto de las especies fitoplanctónicas. Por otra parte, el valor más alto de riqueza de especies se presentó en el mes de enero de 2010, con 104 taxa a 5m de profundidad en la localidad: La Naval.

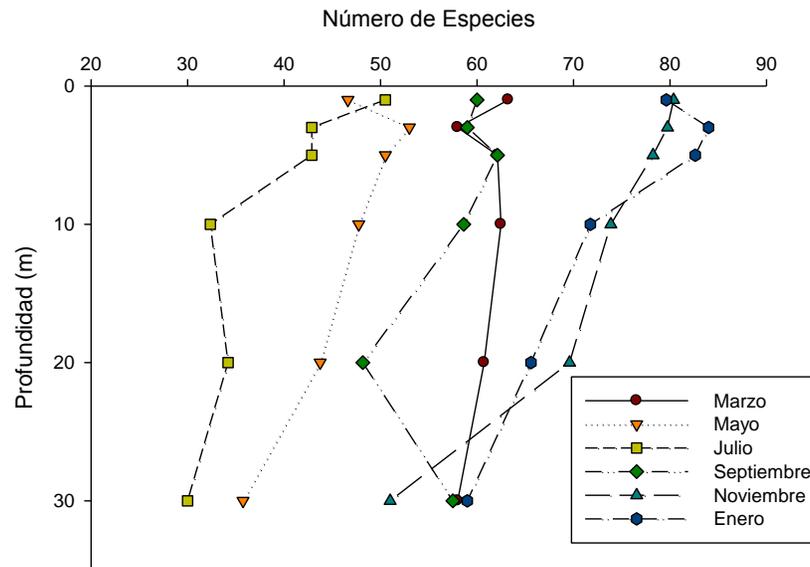


Figura 13. Número de especies promedio por mes y profundidad.

## Abundancia.

La abundancia de células fitoplanctónicas en la Bahía de Acapulco fue variable tanto en el tiempo como en el espacio; así la época con mayor abundancia ocurrió de septiembre a enero (finales de lluvia a principios de secas), con los valores más altos en los primeros 10 metros de la columna de agua (Fig.14). Por otra parte, las abundancias promedio más bajas se observaron durante mayo y julio de 2010. Es interesante señalar que en el mes de julio a pesar de haberse presentado el FAN de *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, los valores promedio de abundancia de células fitoplanctónicas por profundidad no fueron altos, comparados con los observados en enero, donde en toda la columna se midieron valores altos de fitoplancton.

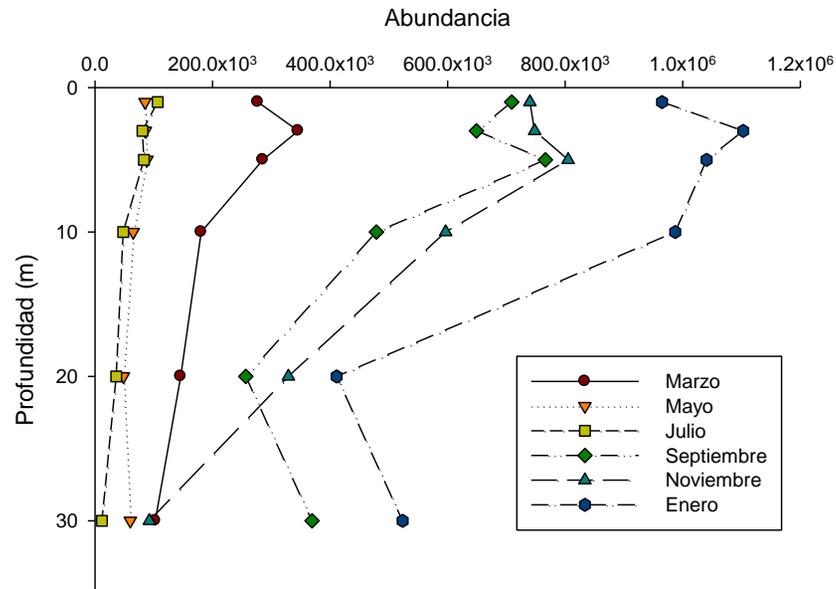


Figura 14. Abundancia promedio por mes y profundidad (en escala logarítmica).

El valor más bajo de abundancia se observó en el mes de julio a 1 m de profundidad en la localidad: Punta Bruja (5,129 célsL<sup>-1</sup>), en tanto el valor más alto se presentó a 10 m de profundidad en la colecta del mes de enero de 2011, en la localidad: Caleta (2'455,705 célsL<sup>-1</sup>).

En cuanto a la distribución de la Abundancia Relativa por grupos, en la figura 15 se observa que a lo largo del año fueron las diatomeas las que generalmente dominaron la comunidad fitoplanctónica en la Bahía de Acapulco, salvo el mes de mayo (secas), cuando la abundancia relativa de los dinoflagelados fue ligeramente mayor que la de los demás grupos; también fue en este mes (mayo) cuando los organismos móviles denominados “fitoflagelados”, así como las Euglenas y las Cianofitas, presentaron una mayor abundancia. En septiembre (lluvias) dominaron las diatomeas sobre los demás grupos, alcanzando una abundancia cercana al 100%.

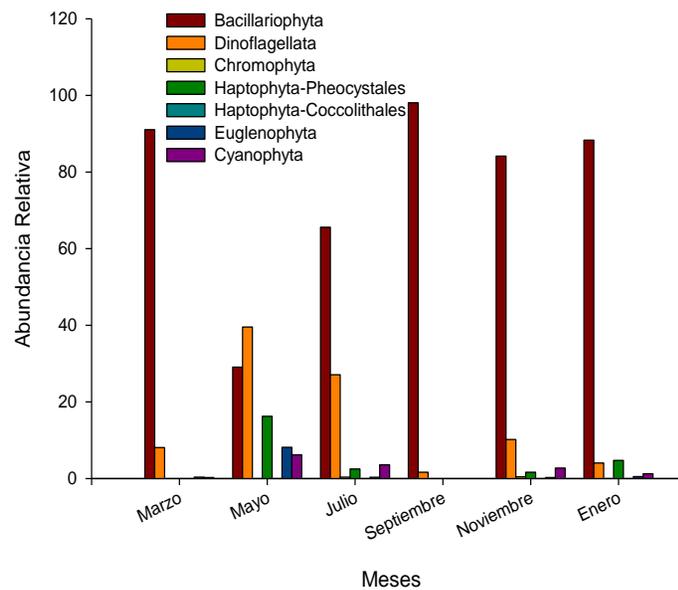


Figura 15. Abundancia relativa en % de los diferentes grupos por mes.

### Presentación de FAN en la Bahía de Acapulco.

En relación a la densidad de especies nocivas en la Bahía de Acapulco, *Pyrodinium bahemnese* var. *compressum*, presentó un FAN en el interior de la bahía, a partir del mes de julio del 2010 (Fig. 16a), aunque desde mayo de ese año fueron encontrados quistes suspendidos en la columna de agua. Dicha especie continuó presente en la bahía hasta el mes de febrero de 2011. En noviembre del 2010, volvió a tener un repunte en densidad. El Lab. Estatal de Salud Pública del Estado de Guerrero, México, evaluó los niveles de saxitoxinas contenidos en el tejido de moluscos bivalvos, mediante en método de bioensayo en ratones; con lo cual obtuvieron niveles de Saxitoxinas superiores a 80 µg sax. equiv./100g de carne entre el 8 de julio y hasta el 12 de noviembre, con los valores más altos reportados (2,092 µg sax. equiv /100 g para el día 8 de julio de 2010; <http://www.lesp-guerrero.gob.mx/>; Fig. 16b) .

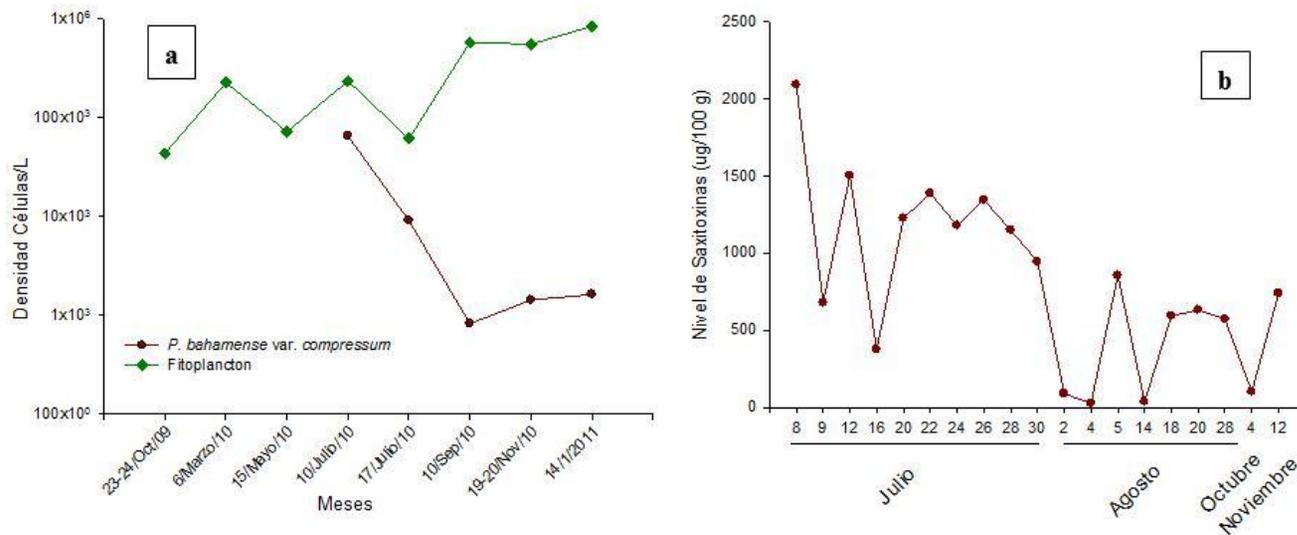


Figura 16a-b. a) Densidad total de células de fitoplancton por litro y del dinoflagelado *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* de octubre de 2009 a enero de 2011. b) Niveles de saxitoxinas en moluscos del 8 de julio al 12 de noviembre de 2010.

Con respecto a la presentación de ese FAN, en las gráficas de los nutrientes (Figs. 26-29) se observa que las concentraciones de ortofosfatos se incrementaron desde inicios del mes de junio (Fig. 27), sin embargo al hacer correlaciones de los factores abióticos evaluados con este taxón, únicamente se encontró correlación positiva con la temperatura (Fig. 20) y el oxígeno (Figs. 23-24). Por esa razón podemos sugerir que *Pyrodinium bahamense* se puede presentar como FAN en la Bahía de Acapulco primeramente cuando pueda haber quistes disponibles (que lleguen exportados de la zona marina aledaña, y que se presenten condiciones abióticas (temperatura y nutrientes adecuados) para el pronto desarrollo de las células vegetativas. Cabe señalar que en la región de América Central y Pacífico sur mexicano, se presentó un FAN de *Pyrodinium* en el año 2009 (Licea *et al.*, 2010), por lo que es factible pensar en el acarreo de quistes viables por las corrientes marinas costeras.

**Especies relevantes en la Bahía de acuerdo a su abundancia.**

Son 55 taxa los que presentaron las mayores abundancias en alguno de los muestreos, de estos 33 son Diatomeas, 17 Dinoflagelados, tres Haptophytas, *Euglena pascherii* y una *Oscillatoria*. El valor más alto correspondió a la especie *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* en la estación Centro a los 3 m de profundidad ( $7.7 \times 10^5$  céls./L) seguido por un valor de 660,725 céls./L de *Chaetoceros curvisetus* en el sitio Bocana a 1 m de profundidad. Resalta que las mayores abundancias estén dadas por Dinoflagelados de octubre al primer muestreo de julio (10 de julio) y del 17 de julio a enero son Diatomeas las que mayores abundancias presentan.

Tabla 5. Abundancias máximas por taxa para cada una de las colectas en céls./L, de octubre de 2009 a enero de 2011.

Nombre	2009	2010				2011		
	octubre	marzo	mayo	10-julio	17-julio	septiembre	noviembre	enero
<i>Asterionellopsis glacialis</i>						44278		
<i>Chaetoceros affinis</i>						30475		
<i>Chaetoceros brevis</i>								103109

<i>Chaetoceros compressus</i>					59804		
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	42463		163600	152898	660725	203343	357474
<i>Chaetoceros decipiens</i>							82347
<i>Chaetoceros didymus</i>					22397		
<i>Chaetoceros diversus</i>					37771	21952	
<i>Chaetoceros lacinosus</i>				21361	261250	68942	276449
<i>Chaetoceros perpallidus</i>					47525	61705	107350
<i>Chaetoceros radicans</i>					266675	69567	
<i>Chaetoceros socialis</i>					60473		39093
<i>Chaetoceros tortissimus</i>							364678
<i>Chaetoceros</i> sp.					52832	559200	156885
<i>Cylindrotheca closterium</i>	32364		5132			61282	47055
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>					50591	35659	72351
<i>Dactyliosolen phuketensis</i>					31476	55051	100593
<i>Detonula pumila</i>			21728				35291
<i>Eucampia cornuta</i>							117638
<i>Guinardia delicatula</i>						59343	100593
<i>Guinardia striata</i>	49649				16971	27599	127102
<i>Hemiaulus hauckii</i>					55994		34119
<i>Leptocylindrus danicus</i>	56181	9070	125901	12367	138864	145492	128027
<i>Leptocylindrus minimus</i>	287439						
<i>Pseudonitzschia pseudodelicatissima</i>	22762		82511		156782	306411	207033
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	22287		172847		25856	160866	52937
<i>Pseudonitzschia subfraudulenta</i>					45992	24798	55831
<i>Pseudonitzschia</i> sp.						132664	31870
<i>Rhizosolenia styliformis</i>					28286		
<i>Skeletonema pseudocostatum</i>				36142	64759	84313	85501

<i>Skeletonema</i> sp. 1	142261	14652	76372	268110	99992
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>		8791	17713	35390	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>			66417	57172	
<i>Ensiculifera angulata</i>	8358	8813			
<i>Ensiculiferas</i> p.		7839			
<i>Heterocapsa</i>	46379	4573			
<i>Gonyaulax veroi</i>		5226			
<i>Gymnodinium attenuatum</i>				137627	
<i>Gymnodinium catenatum</i>		9958		188703	
<i>Gymnodinium pigmaeum</i>	10670				
<i>Gyrodinium biconicum</i>			11381		
<i>Gyrodinium fusus</i>			8891		
<i>Polykrikos kofoidi</i>		6533			
<i>Prorocentrum gracile</i>		4246	12245		
<i>Prorocentrum micans</i>		4246	15917		
<i>Prorocentrum triestinum</i>			7355		
<i>Pyrodinium bahamense</i> var. <i>compressum</i>		773544	52329		
<i>Scrippsiellatrochoidea</i>					111123
<i>Scrippsiella</i> sp. 1	24502	21300	7113		
<i>Scrippsiella</i> sp. 2	27127	12412	29977		
<i>Phaeocystis pouchetii</i>		31934		202899	119378
<i>Flageladas</i>		9466			101242
<i>Cryptophyta</i>		27611	56618	32202	32231
<i>Euglena pascherii</i>		72418			
<i>Oscillatoria</i> sp.		31679	88876	212541	

### **Diversidad ecológica ( $H'$ ).**

Los valores de diversidad (Shannon-Wiever,  $H'$   $\text{Log}_2$ ) de la comunidad fitoplanctónica en la Bahía de Acapulco, oscilaron entre 1.86 y 4.88 bits considerando las 280 muestras analizadas hasta el momento, con el valor más bajo en marzo a 1 m de profundidad en la localidad: Caleta y el más alto a 5 m de profundidad en el mes de enero en la localidad: Sinfonía (fuera de la bahía).

La Figura 17 muestra los valores de Diversidad ecológica promedio por mes, observándose que enero y noviembre del 2010, fueron los meses que presentaron los mayores valores de Diversidad, y por el contrario en marzo se presentaron los menores valores. Además, también se observó un gran contraste entre los valores de Diversidad a 1 y 3 m de profundidad en todas las estaciones, y en algunos meses los mayores valores de Diversidad se encontraron a 20 m de profundidad (septiembre) o incluso a 30 m de profundidad (enero).

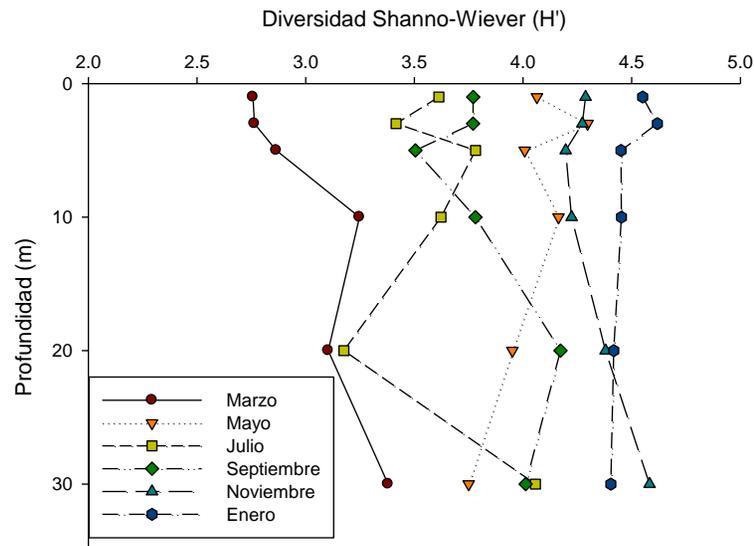


Figura 17. Diversidad Shannon-Wiever ( $H'$ ,  $\text{Log}_2$ ) promedio por mes y profundidad, de marzo de 2010 a enero de 2011.

### **Biomasa fitoplanctónica.**

Los valores de biomasa fitoplanctónica, medida como concentración de clorofila a lo largo del año están contenidos en la Tabla 6, en la cual se han marcado con amarillo aquellos valores que sobrepasan los 10 mg/m<sup>3</sup>. Con los resultados obtenidos se pudo constatar que en los diferentes meses, localidades y profundidades, hubo un enorme intervalo de variación de biomasa entre 1.07 y 46.28 mg de clorofila-a /m<sup>3</sup>. También a partir de la tabla 6 es fácil visualizar que el mes de abril, resultó tener los valores mas altos de biomasa fitoplanctónica, considerando todos los sitios de muestreo (incluyendo localidades y profundidades). No obstante lo anterior, el valor de biomasa fitoplanctónica más alto obtenido durante el ciclo anual, fue durante la colecta del 10 de julio de 2010 en la localidad: Punta Bruja, cuando se presentó el FAN de *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*. Mientras que en el segundo semestre del año (de agosto de 2010 a febrero de 2011, con excepción del mes de noviembre), se obtuvieron valores bajos de biomasa fitoplanctónica. El repunte en biomasa del mes de noviembre se debió nuevamente al incremento de la densidad de *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, que aunque con valores bajos, continuó presentándose en la columna de hasta el mes de febrero de 2011 (Fig.18)

Tabla 6. Valores de concentración de Clorofila a mg/ m<sup>3</sup>, por sitio, profundidad y fecha de colecta mensual, del 13 de febrero de 2010 al 25 de febrero del 2011. Los guines significan datos faltantes, por no presentarse esa profundidad.

Loc	Prof. (m)	13-feb	06-mar	09-abr	15-may	05-jun	10-jul	17-jul	04-ago	10-sep	09-oct	20-nov	06-dic	14-ene-11	25-feb-11
La Marina	1	4.08	5.21	8.71	9.43	5.84	7.02	6.80	2.65	3.76	6.23	9.66	3.47	3.72	3.74
	3	4.08	5.15	8.83	9.58	5.84	8.63	7.95	2.95	4.79	4.52	11.43	5.45	3.44	5.76
	5	6.47	5.73	9.56	5.04	5.71	15.15	10.42	3.07	4.92	4.31	10.58	4.96	4.45	3.46
	10	3.69	11.39	12.43	10.31	5.71	7.80	6.83	5.63	5.49	6.33	11.51	7.66	4.85	3.86
	14	-	-	-	-	5.71	-	-	-	-	10.75	-	-	-	-

Centro	1	5.29	7.62	8.83	7.71	11.12	12.60	16.21	2.70	3.79	3.86	7.56	2.96	3.27	3.46
	3	5.41	8.77	9.39	9.73	6.02	46.28	7.40	3.21	4.49	7.91	3.15	3.52	3.17	3.77
	5	5.18	11.57	9.69	9.16	6.29	29.89	10.57	2.93	4.42	3.54	9.43	4.71	5.77	5.65
	10	3.83	11.36	14.22	9.58	6.02	9.64	5.82	3.05	5.22	5.17	9.91	4.03	8.36	5.20
	20	4.11	9.08	14.32	9.86	6.29	5.86	5.97	4.56	5.65	7.31	7.69	3.47	7.20	3.92
Naval	1	6.68	7.92	10.57	9.43	8.66	6.44	6.65	9.58	3.46	6.32	5.71	2.87	7.89	3.49
	3	5.41	10.05	30.68	9.43	9.33	23.53	6.37	2.82	5.92	6.88	7.56	5.49	7.74	5.50
	5	4.08	6.03	13.04	6.40	9.33	14.27	5.54	3.07	5.34	8.31	7.87	6.98	3.87	4.22
	10	3.97	4.74	13.48	9.58	9.76	8.03	5.24	4.65	5.65	4.72	4.97	6.33	4.32	6.53
	14	5.01	-	-	10.31	-	-	-	5.89	6.80	-	-	-	-	-
Pta. Bruja	1	4.62	5.01	8.56	4.75	8.18	5.86	5.09	3.07	2.48	11.94	3.27	3.94	1.62	2.76
	3	4.08	6.18	9.87	9.43	8.45	14.85	5.39	3.24	3.79	7.86	4.85	3.27	4.17	2.63
	5	4.48	7.04	11.02	9.86	9.06	39.33	5.52	2.79	4.76	9.19	5.70	0.00	6.49	4.07
	10	3.97	5.23	9.75	9.86	9.18	9.49	5.66	4.70	6.38	8.19	5.98	4.99	5.45	3.64
	20	3.65	8.08	14.09	8.52	10.31	6.59	5.27	3.35	4.06	10.65	3.97	5.17	4.24	2.63
Pto. Marqués	1	3.83	6.92	12.61	9.86	9.33	5.56	2.48	3.42	2.78	8.49	4.42	3.31	2.86	2.18
	3	3.69	6.79	13.59	9.58	8.60	6.72	3.05	3.72	3.05	9.47	5.25	3.47	3.75	2.63
	5	4.08	6.61	11.60	9.31	9.18	8.61	2.02	3.33	3.48	10.20	6.26	3.47	5.18	3.18
	10	4.08	6.03	11.18	4.33	9.18	6.74	1.87	4.14	3.33	6.76	6.13	3.89	4.15	2.48

	20	3.80	4.75	10.72	9.31	9.43	6.44	1.22	5.21	2.50		3.39	4.66	2.69	1.63
Bocana	1	4.08	6.01	10.94	9.31	8.76	6.01	2.95	2.82	2.60	3.96	4.22	2.80	5.47	2.48
	3	3.94	6.34	12.58	9.43	8.60	6.14	2.73	3.49	2.30	6.45	8.52	2.94	5.65	3.91
	5	3.94	5.23	10.16	9.43	8.81	6.17	2.05	3.16	3.61	9.50	11.26	3.08	6.11	3.03
	10	4.06	5.18	12.15	9.31	8.76	6.75	1.62	4.28	4.94	11.81	3.79	5.08	6.23	9.25
	20	3.55	4.02	9.44	9.58	8.91	5.59	1.07	3.77	4.06	-	3.67	3.47	4.95	5.65
	50	-	-	-	20.02	-	-	-	-	2.90	-	-	-	2.78	2.18
Caleta	1	4.08	4.71	8.19	9.18	9.46	6.29	2.00	2.54	2.75	4.41	4.82	3.87	6.87	4.65
	3	4.34	5.18	9.29	8.70	6.14	6.32	2.15	3.61	2.60	4.57	6.71	4.40	5.53	3.61
	5	3.55	6.06	9.72	9.43	6.29	5.86	2.45	3.35	3.50	3.86	9.58	5.19	4.95	3.19
	10	3.69	5.92	10.49	4.30	6.14	5.71	2.02	4.03	4.46	5.29	5.95	5.86	4.37	5.07
	20	3.04	5.48	8.83	8.98	6.14	5.99	1.60	4.45	5.65	6.93	4.82	4.29	2.66	2.91
Sinfonía	1	4.36	6.18	9.32	9.40	6.14	5.54	2.12	2.82	4.18	4.19	5.85	2.52	5.32	7.08
	3	3.55	5.58	11.58	9.28	5.99	5.86	1.97	3.35	3.18	3.90	8.57	2.69	5.37	6.81
	5	3.15	6.34	10.75	9.68	5.99	4.93	2.30	3.77	3.76	6.36	6.89	3.75	5.68	5.07
	10	3.94	5.05	11.75	4.87	6.11	5.03	2.30	3.63	3.48	6.60	4.24	2.41	3.36	4.80
	20	3.29	5.03	11.15	8.98	5.18	7.45	2.45	2.68	2.60	13.82	3.54	1.62	3.64	4.07

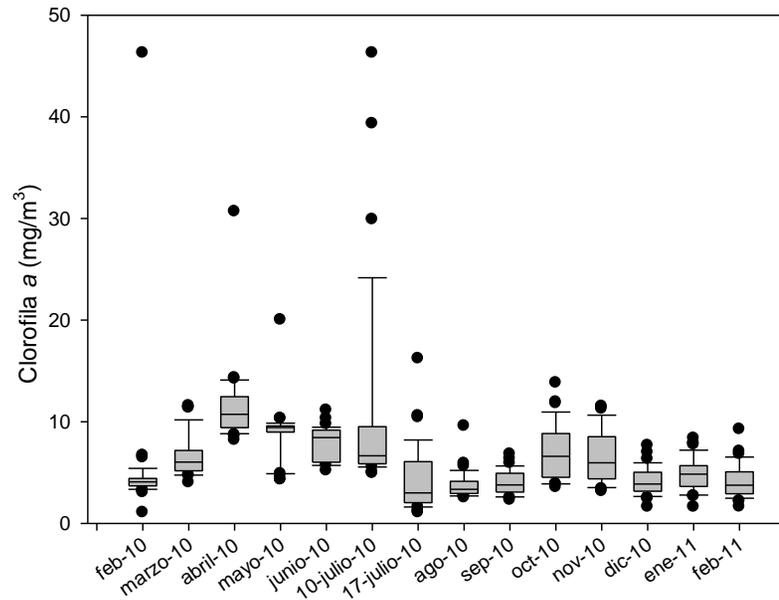


Figura 18. Diagrama de barra y bigotes mostrando la variación mensual de las concentraciones de Clorofila ( $Cl. a \text{ mg/m}^3$ ) para la bahía de Acapulco en el ciclo anual de febrero de 2010 a febrero de 2011.

### ***Parámetros Físico-químicos.***

#### ***Transparencia del agua y profundidad de la zona fótica.***

En la tabla 7 se presentan los valores de la transparencia del agua (mediad a través del Disco de Secchi), así como los valores de la profundidad de la zona fótica a través del calculo del índice de (Kirk, 1994). Los resultados muestran que en la Bahía de Acapulco, la transparencia y la profundidad de la capa fótica presentaron un amplio intervalo (2.05-12.4 m y

de 6.56 - 39.66 m respectivamente), con los valores más altos presentándose durante el mes de junio (8.25 y 26.38 m) y los más bajos en julio (3 y 9.59 m), cuando ocurrió el FAN de *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* (Böhm) Steidinger, Tester *et* Taylor (tabla 5). En general se observa que los valores de transparencia del agua disminuyeron durante la época de lluvias. En la figura 19 se presenta los perfiles de transparencia y profundidad de la zona eufótica en los distintos meses muestreados a través del ciclo anual, donde se observa que los valores más bajos en la época de lluvias de julio a noviembre.

Tabla 7. Transparencia del agua y profundidad de la capa eufótica, por sitio y fecha de colecta.

Loc.	13-feb	06-mar	09-abr	15-may	05-jun	10-jul	17-jul	04-ago	10-sep	09-oct	20-nov	06-dic	14-ene-11	25-feb-11
Transparencia (m)														
La Marina	6.00	5.00	5.00	5.10	5.70	4.00	3.00	4.00	3.50	4.00	4.00	6.00	7.00	7.00
Centro	6.10	4.00	6.00	8.00	9.00	5.00	2.05	3.00	3.00	4.10	4.00	6.00	6.00	7.00
Naval	7.10	5.00	4.30	9.00	5.70	4.00	3.00	3.00	3.00	3.20	4.50	4.30	5.00	7.00
Pta. Bruja	7.20	4.80	8.00	6.00	11.00	6.00	3.70	4.00	4.90	3.00	5.00	6.50	7.50	6.00
Pto. Marqués	7.00	5.70	5.00	7.00	7.30	6.50	3.00	6.70	2.30	3.00	5.00	8.00	7.00	5.00
Bocana	10.80	7.00	6.00	9.50	9.00	7.00	3.00	5.00	3.00	3.00	5.00	8.00	8.00	7.00
Caleta	11.00	7.00	8.00	8.05	7.50	12.40	5.00	6.00	4.00	4.00	5.20	7.50	8.00	8.00
Sinfonía	9.10	6.00	7.00	6.30	9.50	12.10	5.50	6.00	5.00	4.00	5.00	9.20	5.50	8.00
Profundidad de la capa fótica														
La Marina	19.19	15.99	15.99	16.31	18.23	12.79	9.59	12.79	11.19	12.79	12.79	19.19	22.39	22.39

Centro	19.51	12.79	19.19	25.58	28.78	15.99	6.56	9.59	9.59	13.11	12.79	19.19	19.19	22.39
Naval	22.71	15.99	13.75	28.78	18.23	12.79	9.59	9.59	9.59	10.23	14.39	13.75	15.99	22.39
Pta. Bruja	23.03	15.35	25.58	19.19	35.18	19.19	11.83	12.79	15.67	9.59	15.99	20.79	23.99	19.19
Pto. Marqués	22.39	18.23	15.99	22.39	23.35	20.79	9.59	21.43	7.36	9.59	15.99	25.58	22.39	15.99
Bocana	34.54	22.39	19.19	30.38	28.78	22.39	9.59	15.99	9.59	9.59	15.99	25.58	25.58	22.39
Caleta	35.18	22.39	25.58	25.74	23.99	39.66	15.99	19.19	12.79	12.79	16.63	23.99	25.58	25.58
Sinfonía	29.10	19.19	22.39	20.15	30.38	38.70	17.59	19.19	15.99	12.79	15.99	29.42	17.59	25.58

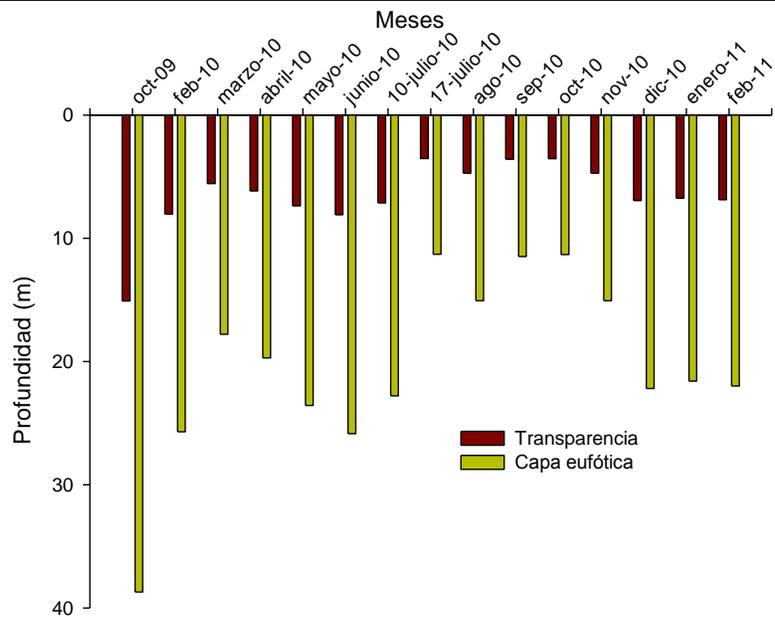


Figura 19. Profundidad de la transparencia por el disco de Secchi y de la Capa Eufótica para la bahía de Acapulco en el ciclo de febrero de 2010 a febrero de 2011, más octubre de 2009.

## Temperatura.

Los valores de temperatura del agua medida en distintas colectas en diferentes localidades y profundidades, se muestran en la tabla 8, donde se observa que la temperatura del agua varió en un intervalo de 20.1 a 30.52° C, con los mínimo y máximos registrados durante los meses de febrero 2011 y agosto 2010 respectivamente (Tabla 8). La temperatura del agua más alta registrada fue durante el verano correspondiente con la época de lluvias, de los meses de julio a septiembre, mientras que la más baja se registro durante noviembre 2010 a febrero a 2011. En la figura 20 se observa, que la temperatura del agua aumentó en la época de secas, aunque los valores más altos se observaron en el mes de agosto. Frecuentemente se observó una ligera estratificación de la columna de agua, con una temperatura mayor a 25° C de 1 a 10 m, y menor 24.5° C entre los 20 y 50 m (Fig. 21).

Tabla 8. Valores de Temperatura en °C, por sitio, profundidad y fecha de colecta. Los guines significan datos faltantes, por no presentarse esa profundidad.

Loc	Prof. (m)	13-feb	06-mar	09-abr	15-may	05-jun	10-jul	17-jul	04-ago	10-sep	09-oct	20-nov	06-dic	14-ene-11	25-feb-11
La Marina	1	27.72	27.24	28.02	27.95	27.95	29.70	29.80	30.23	29.50	27.90	26.10	27.80	25.70	25.70
	3	27.52	27.17	27.96	27.91	27.91	29.50	29.50	30.23	29.58	27.90	26.10	27.90	25.80	25.10
	5	27.40	26.88	27.90	27.76	27.91	29.40	29.10	30.22	29.55	27.20	26.10	27.60	25.90	25.30
	10	26.93	25.52	27.42	27.35	27.44	28.50	28.90	29.73	29.17	22.40	26.00	27.30	24.90	23.50
	14	25.76	24.73	-	-	-	-	-	28.07	-	-	-	-	-	-
Centro	1	27.72	26.70	28.50	28.19	28.02	29.70	29.70	30.44	29.88	27.70	27.20	28.10	27.10	26.00
	3	27.70	26.38	28.33	28.15	28.52	29.40	29.70	30.46	29.84	27.40	26.40	28.00	27.40	25.30
	5	27.62	26.18	28.06	27.99	28.34	29.20	29.30	30.35	29.38	27.10	26.60	27.70	26.90	24.60

	10	26.85	25.88	27.13	27.36	28.02	28.70	29.70	29.67	29.11	27.00	26.00	27.50	26.00	24.00
	20	26.85	24.99	26.72	26.60	27.81	25.20	30.20	29.17	28.92	27.20	25.30	25.50	25.10	23.70
	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.50	-
Naval	1	28.08	26.53	27.80	28.16	27.30	29.60	29.40	30.60	29.95	27.50	26.40	28.20	26.40	26.20
	3	27.90	26.49	27.81	28.03	28.43	29.10	29.10	30.52	29.83	26.70	26.50	27.80	26.20	26.00
	5	27.46	26.50	27.57	27.53	28.17	28.90	29.00	30.45	29.01	26.40	25.80	27.80	26.00	25.70
	10	27.05	25.61	27.12	27.21	27.59	28.80	29.00	30.33	28.71	26.60	25.40	27.70	25.30	25.70
	14	26.10		26.66	27.08	27.45	-	-	28.63	28.49	-	-	-	-	-
Pta. Bruja	1	27.37	26.65	27.54	27.93	28.19	29.20	29.50	30.29	29.98	27.20	26.30	27.40	26.40	25.50
	3	27.26	26.57	27.38	27.57	28.07	29.10	29.20	30.21	29.67	27.20	26.60	28.10	26.30	25.00
	5	27.07	26.52	27.25	27.43	28.00	29.00	29.10	30.13	29.09	27.00	26.30	27.70	26.00	25.00
	10	26.74	26.27	27.04	27.13	27.49	28.80	28.90	28.86	28.41	26.80	25.60	26.30	24.90	23.80
	20	25.83	25.36	25.57	27.07	26.55	26.60	29.00	28.03	27.96	26.40	24.20	26.00	24.20	22.70
Pto. Marqués	1	26.86	26.56	27.69	27.69	27.53	29.30	29.40	29.97	28.92	27.50	27.20	29.10	27.00	26.40
	3	26.85	26.50	27.30	27.61	27.52	29.10	29.30	29.95	28.67	27.40	26.90	27.80	26.60	26.10
	5	26.76	26.45	27.02	27.52	27.40	28.90	29.30	29.94	28.57	27.00	26.60	27.80	25.90	25.00
	10	26.56	25.75	26.81	27.15	27.13	27.80	29.10	29.36	27.49	26.40	26.10	27.80	24.60	23.70
	20	25.82	20.98	26.29	27.25	26.58	25.80	28.20	29.09	26.28	24.90	24.70	27.20	21.60	20.70
Bocana	1	27.15	25.25	27.10	27.49	27.53	29.10	29.20	30.06	28.81	26.90	27.10	28.10	25.90	25.60

	3	27.17	25.24	26.87	27.41	27.52	29.00	29.20	30.04	30.20	26.80	26.90	28.20	25.90	25.50
	5	27.17	25.18	26.69	27.36	27.40	29.00	29.20	29.94	29.92	26.80	26.60	28.40	25.60	25.30
	10	26.94	25.14	26.53	27.13	27.13	28.70	29.20	29.85	29.44	26.40	25.80	26.60	24.90	24.10
	20	25.54	23.76	25.56	27.03	26.58	23.50	-	28.02	24.64	-	24.00	28.20	23.80	24.60
	50	-	20.99	-	23.46	-	-	25.50	-	24.52	19.30	-	24.20	20.50	20.10
<b>Caleta</b>	1	26.94	26.55	27.03	27.23	28.54	29.20	29.00	30.05	29.47	27.10	26.20	27.90	26.90	24.70
	3	26.94	26.50	27.01	27.19	28.46	29.10	29.00	30.05	29.40	27.00	25.90	28.00	27.30	25.00
	5	26.92	26.40	27.00	27.16	28.32	29.10	29.00	30.00	29.13	27.00	25.80	27.80	26.80	24.80
	10	26.79	26.02	26.86	27.10	27.98	27.40	29.00	29.52	28.75	26.90	25.50	27.50	26.90	24.10
	20	25.43	24.83	25.14	26.87	27.50	25.00	28.20	28.63	28.67	23.70	25.20	27.50	24.00	21.40
<b>Sinfonía</b>	1	27.01	26.43	27.24	27.25	28.50	29.20	28.90	30.08	28.94	27.40	26.00	27.30	26.60	24.20
	3	27.00	26.44	27.23	27.26	28.53	29.20	28.90	30.08	28.94	27.50	26.30	25.30	26.60	24.30
	5	26.90	26.40	27.19	27.25	28.55	29.30	28.90	30.04	28.93	27.60	26.30	26.50	26.80	24.40
	10	26.78	25.31	26.64	27.04	28.56	28.70	29.00	29.61	28.78	27.50	24.90	23.90	26.10	24.20
	20	25.63	24.48	-	-	27.89	28.20	29.00	26.64	27.41	25.80	23.90	21.30	23.90	23.10
	30	-	23.21	26.11	26.57	-	-	-	-	-	-	-	20.90	-	-

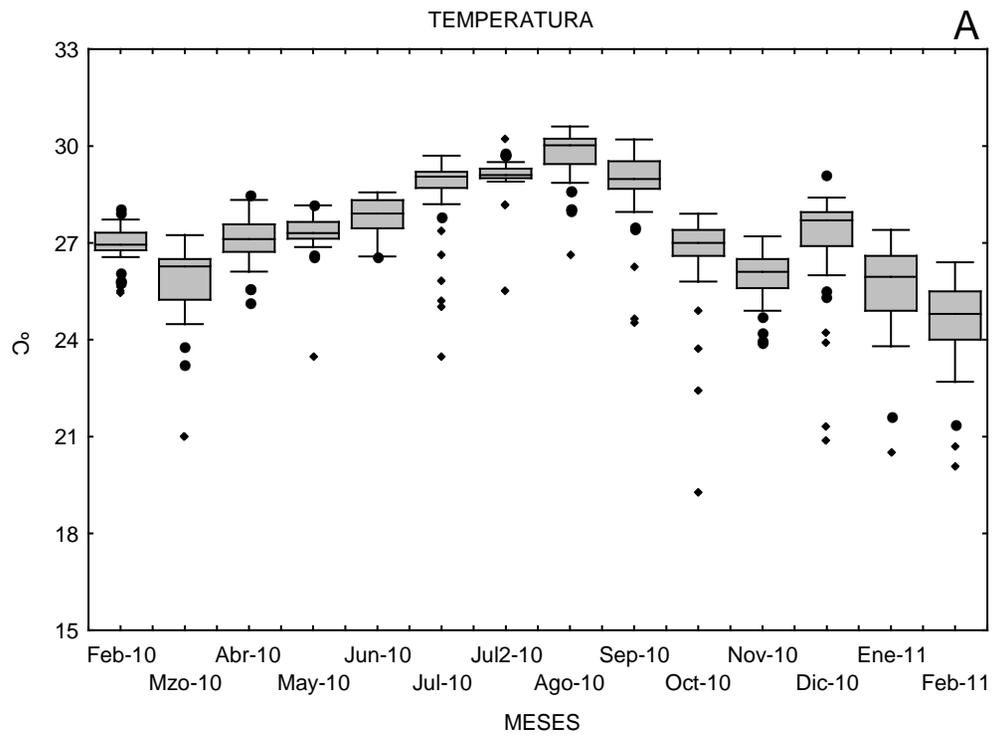


Figura 20. Diagrama de barra y bigotes de Temperatura (°C) registradas en la Bahía de Acapulco a varias profundidades, durante el periodo comprendido de febrero de 2010 a febrero de 2011.

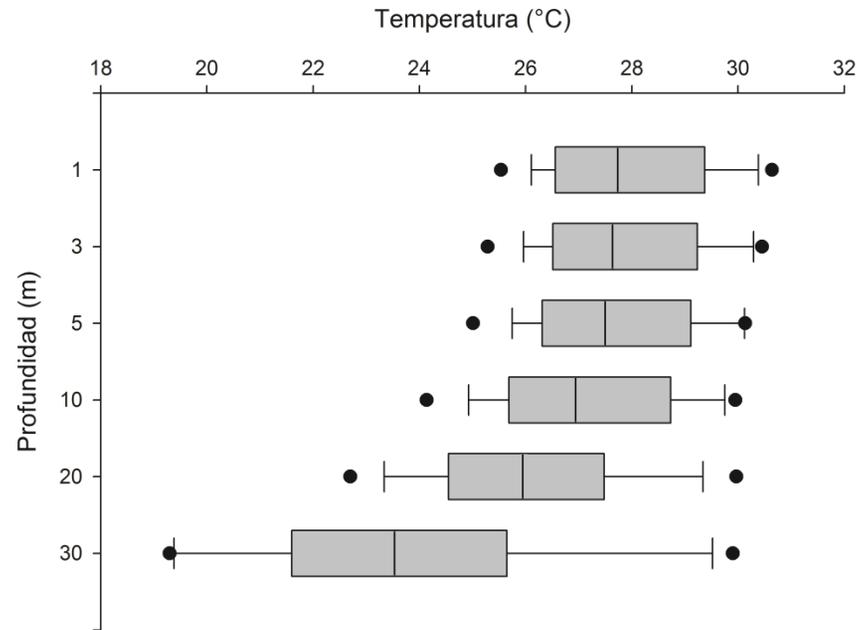


Figura 21. Diagrama de barra y bigotes de Temperatura (°C) registradas en la Bahía de Acapulco por profundidades, durante el periodo comprendido de febrero de 2010 a febrero de 2011.

### **Salinidad.**

Durante los muestreos se registraron valores de salinidad en un intervalo de 29.5 y 38.1, con una mediana de  $34.08 \pm 0.58$  ups. Los valores más bajos de salinidad ( $30^{\circ}\text{C}$ ) se registraron durante julio y agosto de 2010 (en la época de lluvias), mientras que los más altos ( $> 35$ ) se registraron de febrero a junio de 2010 (Tabla 9). En la figura 22 se observa la variación de salinidad del agua de la Bahía de Acapulco obtenida durante el ciclo anual de febrero de 2010 a febrero de 2011.

Tabla 9. Valores de Salinidad, por sitio, profundidad y fecha de colecta. Los guines significan datos faltantes, por no presentarse esa profundidad.

Loc	Prof. (m)	13-feb	06-mar	09-abr	15-may	05-jun	10-jul	17-jul	04-ago	10-sep	09-oct	20-nov	06-dic	14-ene-11	25-feb-11
La Marina	1	36.76	34.16	34.33	34.52	34.52	30.00	32.00	32.55	34.40	32.00	30.00	29.50	34.04	34.25
	3	36.59	34.08	34.33	34.53	34.53	30.00	31.00	32.55	34.35	33.00	30.00	30.00	34.04	34.21
	5	36.65	34.01	34.34	34.43	34.53	30.00	30.00	32.54	34.30	33.00	30.00	30.50	34.00	34.34
	10	36.69	33.94	34.24	34.50	34.50	31.00	31.00	32.68	34.50	32.00	37.00	30.50	34.08	34.38
	14	36.65	34.17	-	-	-	-	-	33.27	-	-	-	-	-	-
Centro	1	36.76	34.18	34.33	34.54	34.55	30.00	31.00	32.46	33.58	33.00	30.50	31.00	34.04	34.21
	3	36.77	34.06	34.31	34.52	34.55	30.00	30.00	32.43	33.73	33.00	31.00	33.00	33.83	34.21
	5	36.67	34.09	34.28	34.46	34.44	30.00	31.00	32.50	34.25	33.00	32.00	33.00	33.91	34.29
	10	36.75	34.17	34.22	34.48	34.40	30.00	32.00	32.75	34.51	33.00	32.00	32.50	33.96	34.29
	20	36.55	34.00	34.27	34.56	34.49	30.00	32.00	32.92	34.69	34.00	32.00	33.00	33.91	34.21
	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34.00	-
Naval	1	36.81	34.15	34.33	34.50	34.67	30.00	31.00	32.33	34.25	31.00	30.00	32.00	34.08	34.25
	3	36.61	34.17	34.32	34.44	34.51	30.00	31.00	32.36	33.90	33.00	30.00	32.00	34.04	34.17
	5	36.66	34.15	34.19	34.42	34.45	30.00	32.00	32.42	34.50	33.00	30.00	32.00	34.04	34.25
	10	36.76	34.00	34.26	34.50	34.47	30.00	31.00	32.43	34.78	33.00	30.00	32.00	34.08	34.21
	14	36.87		34.21	34.50	34.40	-	-	33.05	34.94	-	-	-	-	-
Pta. Bruja	1	36.80	34.13	34.31	34.52	34.49	31.00	32.00	32.58	34.65	31.00	31.00	30.00	34.04	34.25

	3	36.74	34.12	34.27	34.46	34.47	30.00	31.00	32.51	34.54	31.00	31.00	30.50	33.96	34.29
	5	36.76	34.12	34.28	34.50	34.47	30.00	31.00	32.53	34.75	31.00	31.00	32.00	34.08	34.29
	10	36.78	34.14	34.30	34.49	34.37	30.00	31.00	32.94	35.07	32.00	31.50	32.00	34.13	34.29
	20	36.93	34.28	34.40	34.51	34.42	30.00	31.00	32.58	35.40	33.00	31.50	32.00	34.17	34.04
<b>Pto. Marqués</b>	1	36.88	34.19	34.22	34.52	34.49	31.00	30.00	32.68	34.40	34.00	32.00	30.00	34.08	34.21
	3	36.87	34.10	34.15	34.49	34.48	31.00	30.00	32.68	34.68	33.00	30.00	30.00	34.08	34.25
	5	36.86	34.09	34.29	34.49	34.44	31.00	31.00	32.69	34.77	32.00	31.00	30.00	34.08	34.17
	10	36.88	34.00	34.31	34.43	34.43	31.00	31.00	32.80	35.54	33.00	30.00	30.00	34.08	34.21
	20	37.02	34.26	34.26	34.54	34.42	30.00	31.00	32.98	36.35	32.00	30.00	30.50	34.08	34.50
<b>Bocana</b>	1	36.85	34.17	34.31	34.50	34.49	33.00	32.00	32.59	38.31	33.00	32.00	32.00	34.08	34.25
	3	36.82	34.16	34.26	34.49	34.48	32.00	30.00	32.61	33.46	33.00	32.00	32.00	34.04	34.29
	5	36.81	34.18	34.28	34.50	34.44	32.00	30.00	32.67	33.80	33.00	31.00	30.50	34.04	34.29
	10	36.84	34.20	34.28	34.41	34.43	31.00	30.00	32.71	34.27	33.00	31.00	30.50	34.13	34.25
	20	36.94	34.08	34.28	34.55	34.42	31.00	-	33.36	36.64	-	31.50	31.00	34.13	34.29
	50	-	34.51	-	34.72	-	-	32.00	-	36.74	30.00	-	32.00	34.38	34.29
<b>Caleta</b>	1	36.88	34.10	34.29	34.50	34.53	32.00	31.00	32.63	34.24	33.00	32.00	32.00	33.91	34.29
	3	36.88	34.06	34.29	34.48	34.42	32.00	31.00	32.63	34.26	32.00	32.00	32.00	33.87	34.21
	5	36.87	34.09	34.28	34.49	34.47	32.00	30.00	32.65	34.57	31.00	32.00	32.00	33.96	34.25
	10	36.83	34.11	34.08	34.49	34.42	32.00	31.00	32.77	34.81	32.00	32.00	33.00	33.91	34.34

	20	36.96	34.27	34.29	34.47	34.43	33.00	31.00	33.11	34.89	34.00	32.00	33.00	34.13	34.25
Sinfonía	1	36.86	34.07	34.28	34.49	34.49	32.00	31.00	32.59	35.01	31.00	34.00	33.00	34.04	34.34
	3	36.80	34.08	34.28	34.49	34.48	31.00	32.00	32.60	34.98	33.00	34.00	32.00	34.04	34.29
	5	36.81	34.04	34.28	34.49	34.47	31.00	31.00	32.63	34.99	33.00	32.00	32.50	33.91	34.25
	10	36.86	34.13	34.23	34.47	34.41	31.00	31.00	32.80	35.10	32.00	32.00	32.00	34.04	34.29
	20	36.86	34.11	-	-	34.36	30.00	30.00	33.50	36.18	32.00	32.00	33.00	34.17	34.34
	30	-	34.38	34.27	34.46	-	-	-	-	-	-	-	33.50	-	-

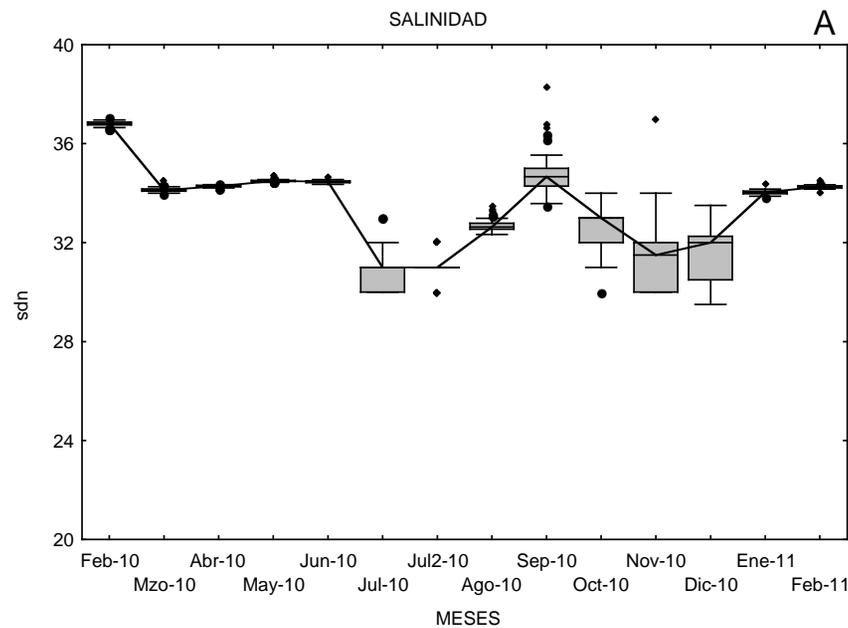


Figura 22. Diagrama de barras y bigotes mostrando la variación de salinidad en la Bahía de Acapulco a lo largo del ciclo anual de febrero de 2010 a febrero de 2011.

Un diagrama T-S (Fig. 23) permitió identificar las masas de agua características de las diferentes épocas. La primera caracterizada por ser una masa de agua con temperatura variable (20 a 29° C) y salinidad estable ( $\approx 34$  ups), se correspondió con el periodo de marzo a junio de 2010 y enero-febrero de 2011; la segunda, una masa de agua de temperatura alta ( $>29^\circ$  C) y salinidad variable (30-34 ups) se correspondió con los meses de lluvias (julio a agosto), el mes de septiembre con temperaturas similares a la masa anterior, que se distinguió por presentar salinidades mayores a 34 ups; y por último una masa de agua con temperatura baja ( $<28^\circ$  C) agrupó a los meses de octubre a diciembre 2010.

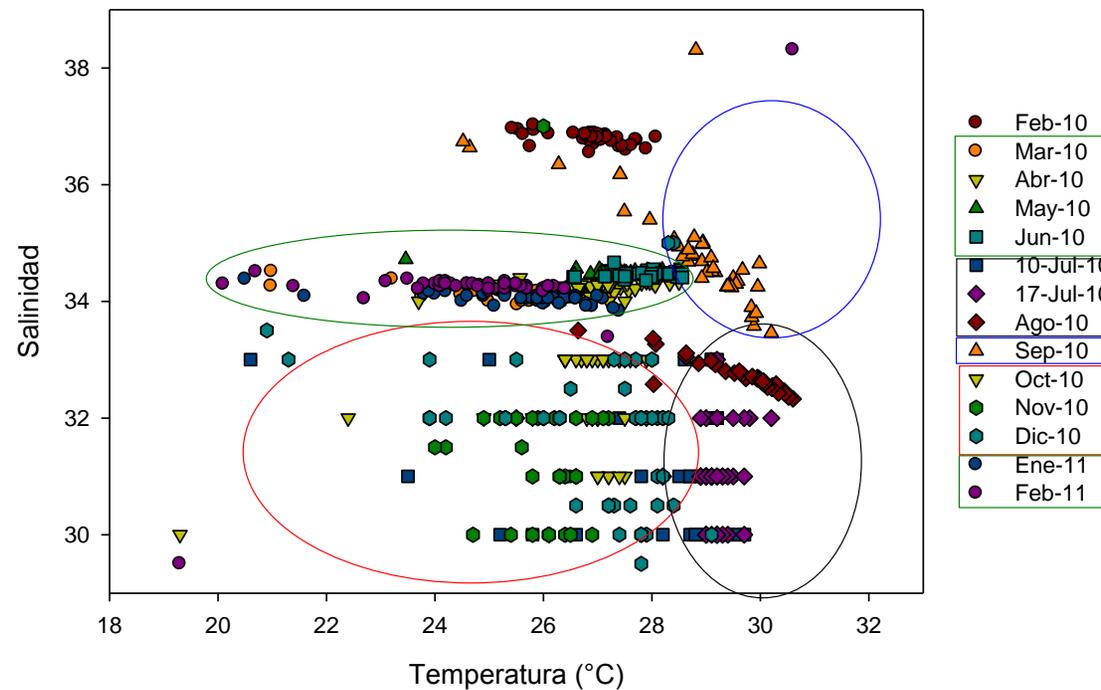


Figura 23. Diagrama TS (Temperatura vs Salinidad) de 14 colectas en la Bahía de Acapulco.

### ***Oxígeno disuelto.***

La tabla 10 muestra las concentraciones de O<sub>2</sub> encontradas en distintas localidades y profundidades de la Bahía de Acapulco a lo largo del año, mientras que la tabla 11 muestra los valores de saturación de Oxígeno. La concentración de oxígeno disuelto se encontró con un intervalo de 1.31 a 10.92 mg/L; y la bahía mostró saturación de oxígeno de marzo a octubre de 2010.

En general de marzo a julio de 2010 se encontraron valores de oxígeno por arriba de los 6 mg/L, disminuyendo en agosto y volviéndose a incrementar en septiembre y sobre todo en octubre. Por el contrario, los valores más bajos (<5 mg/L, 70% Sat) se registraron durante los meses de noviembre 2010, enero y febrero de 2011 (Figs. 24 y 25).

Tabla 10. Valores de concentración de oxígeno disuelto en mg/L, por sitio, profundidad y fecha de colecta. Los guines significan datos faltantes, por no presentarse esa profundidad.

Localidad	Prof. (m)	13-feb	06-mar	09-abr	15-may	05-jun	10-jul	17-jul	04-ago	10-sep	09-oct	20-nov	06-dic	14-ene-11	25-feb-11
La Marina	1	5.52	1.28	7.46	6.47	6.47	9.56	6.26	5.74	7.97	10.23	6.77	4.50	3.05	5.91
	3	5.62	1.95	7.61	6.53	6.76	10.01	6.26	5.74	8.06	9.67	5.94	5.24	3.61	5.60
	5	5.74	7.94	7.64	6.53	6.53	10.75	6.39	5.74	8.26	10.14	5.76	4.98	3.49	4.03
	10	5.67	6.60	7.57	7.36	6.65	5.70	6.37	5.37	7.86	9.86	5.80	4.60	2.31	2.58
	14	4.57	4.99	-	-	-	-	-	4.12	-	-	-	-	-	-
Centro	1	6.21	7.06	7.71	7.36	6.80	10.99	6.26	5.95	8.18	11.19	4.35	5.63	4.30	5.96
	3	6.24	7.25	7.77	7.35	6.83	10.61	6.39	6.08	8.38	11.06	4.32	5.54	4.02	3.68
	5	6.22	7.35	7.89	7.40	6.84	8.95	6.26	6.13	8.22	10.88	4.10	5.30	4.87	3.74

	10	5.47	6.85	7.82	7.06	6.69	6.36	7.53	5.76	7.90	10.27	3.56	4.46	4.14	2.63
	20	5.65	5.86	6.28	5.67	6.64	3.38	6.26	4.29	7.53	9.18	2.80	3.85	2.14	2.58
	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.31	-
Naval	1	5.99	6.87	7.32	6.97	5.38	8.34	6.37	5.43	10.03	10.92	7.50	5.63	4.33	6.65
	3	6.05	6.73	7.40	6.98	6.28	9.22	6.37	5.77	9.57	9.96	8.00	5.31	3.64	4.01
	5	5.95	6.90	7.35	7.00	6.25	8.41	6.37	5.82	9.64	9.90	4.79	5.02	4.26	3.98
	10	5.58	6.15	7.13	6.90	6.15	5.89	6.37	5.55	8.71	7.45	2.60	5.10	2.86	3.18
	14	4.59		6.09	6.40	5.88	-	-	3.78	7.52	-	-	-	-	-
Pta. Bruja	1	5.88	6.70	7.09	7.02	6.76	8.49	6.26	5.79	9.04	10.40	4.02	5.09	6.37	5.49
	3	5.85	6.84	7.14	6.84	6.67	8.84	6.37	5.73	9.00	10.26	4.30	5.00	4.04	3.50
	5	5.89	6.87	7.01	6.69	6.54	8.93	6.37	5.67	8.67	9.69	3.60	4.66	4.21	3.52
	10	5.51	6.92	6.75	6.68	6.31	6.24	6.37	4.71	7.97	8.71	3.00	4.00	2.61	2.55
	20	5.55	5.26	5.54	6.67	5.59	4.26	6.37	4.09	7.21	7.63	2.32	3.55	1.97	1.90
Pto. Marqués	1	5.64	7.33	7.61	6.80	6.49	8.09	6.50	5.55	6.24	10.37	4.25	5.35	3.67	6.24
	3	5.62	6.97	7.53	6.77	6.37	8.09	6.50	5.53	6.96	10.24	4.67	5.16	3.79	3.86
	5	5.55	6.86	7.26	6.69	6.24	7.80	6.37	5.53	8.68	9.60	5.00	4.75	3.62	3.40
	10	5.46	6.36	6.85	6.51	6.07	5.75	6.37	5.09	6.47	8.13	3.31	4.92	2.07	2.69
	20	4.89	3.01	5.92	6.21	5.63	4.39	6.49	4.89	6.49	7.01	2.14	4.75	0.79	1.03
Bocana	1	5.84	5.38	7.06	6.90	6.49	8.35	6.37	5.62	6.00	10.17	5.60	4.86	4.55	6.27

	3	5.87	5.43	6.89	6.88	6.37	7.97	6.50	5.60	6.14	9.87	4.09	4.70	3.72	4.30
	5	5.88	5.41	6.63	6.82	6.24	7.84	6.50	5.53	6.24	9.91	3.78	4.47	3.37	4.23
	10	5.75	5.33	6.35	6.79	6.07	5.94	6.50	5.46	6.11	8.75	3.41	4.20	2.54	2.40
	20	4.52	4.49	5.24	6.58	5.63	3.06	-	4.08	5.23	-	1.91	4.59	2.25	3.46
	50	-	0.93	-	4.04	-	-	6.86	-	4.96	1.31	-	2.79	0.89	0.84
<b>Caleta</b>	1	5.50	6.59	6.56	6.32	6.63	7.08	6.37	5.61	7.36	9.31	4.98	4.90	4.07	5.09
	3	5.53	6.83	6.59	6.51	6.62	6.97	6.37	5.61	6.78	9.68	6.70	4.98	4.00	3.93
	5	5.53	6.60	6.56	6.50	6.57	6.91	6.50	5.57	6.26	9.57	7.20	4.52	3.66	3.58
	10	5.47	6.14	6.55	6.49	6.34	5.94	6.37	5.21	6.02	8.84	6.40	4.73	3.26	3.80
	20	4.37	4.47	5.47	6.35	6.04	4.33	5.00	4.54	5.90	4.99	3.23	4.63	1.80	3.49
<b>Sinfonía</b>	1	5.82	6.88	6.76	6.85	6.76	7.09	6.37	5.63	6.39	9.92	6.59	4.50	4.62	5.01
	3	5.84	6.74	6.82	6.85	6.62	6.88	6.37	5.63	6.11	9.80	6.59	4.50	4.30	3.42
	5	5.76	6.69	6.80	6.88	6.53	6.68	6.37	5.60	6.11	9.53	6.59	4.50	3.80	3.72
	10	5.53	5.51	6.34	6.66	6.40	6.12	6.37	5.28	2.08	8.13	6.83	2.37	3.63	3.62
	20	8.00	4.97	-	-	6.33	4.86	6.26	3.04	2.84	5.48	5.08	1.77	1.93	3.31
	30	-	4.49	5.79	6.41	-	-	-	-	-	-	-	1.17	-	-

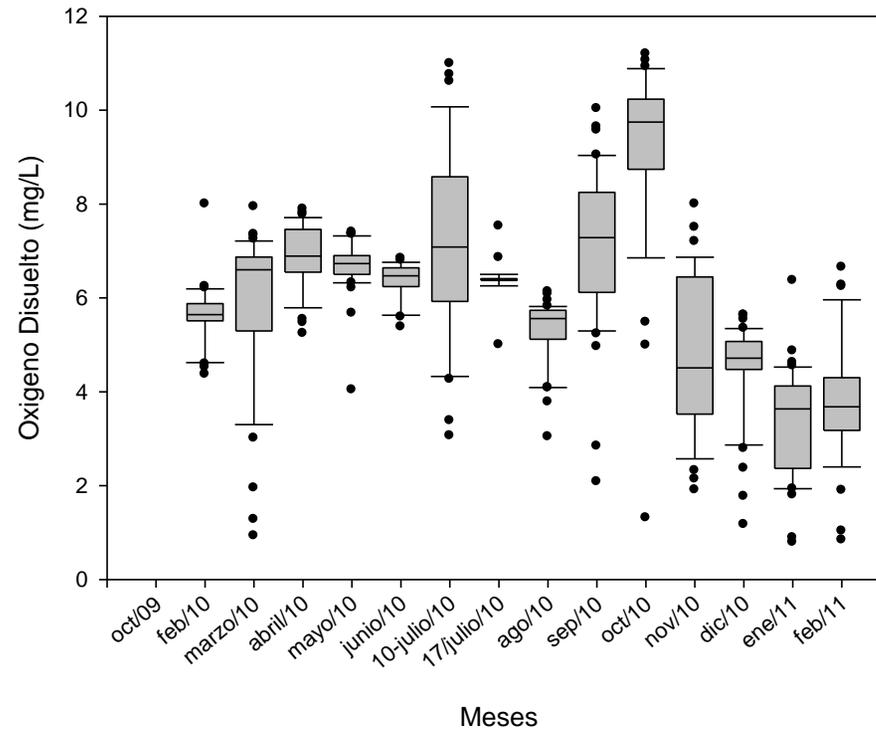


Figura 24. Diagrama de barra y bigotes mostrando la variación de la concentración de oxígeno disuelto (mg/L) durante el ciclo anual de febrero de 2010 a febrero de 2011.

Tabla 11. Valores de concentración de oxígeno en % de saturación, por sitio, profundidad y fecha de colecta. Los guines significan datos faltantes, por no presentarse esa profundidad.

Loc	Prof. (m)	13-feb	06-mar	09-abr	15-may	05-jun	10-jul	17-jul	04-ago	10-sep	09-oct	20-nov	06-dic	14-ene-11	25-feb-11
La Marina	1	86	20	116	100	100	153	140	91	126	158	99	68	46	88
	3	87	30	118	101	105	160	117	91	128	152	86	79	55	82
	5	89	120	118	101	101	169	116	91	131	156	84	77	53	59
	10	87	98	116	113	102	90	89	85	124	136	84	71	34	37
	14	69	73	-	-	-	-	-	-	63	-	-	-	-	-
Centro	1	97	107	120	114	105	176	139	95	130	173	65	87	66	90
	3	97	109	121	114	107	167	138	97	133	171	64	85	62	55
	5	97	110	122	115	106	141	125	98	130	168	61	80	75	55
	10	84	102	119	108	104	100	92	91	125	159	53	68	63	38
	20	87	86	95	86	103	49	120	67	119	144	41	57	32	37
	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34
Naval	1	94	104	113	108	82	133	131	87	160	166	109	87	66	101
	3	95	101	114	108	98	145	119	92	152	148	116	82	55	61
	5	92	104	113	108	97	132	117	93	152	147	68	77	65	60
	10	86	91	109	106	95	93	99	88	137	113	37	79	43	48
	14	70	-	92	98	90	-	-	59	118	-	-	-	-	-
Pta. Bruja	1	91	101	109	109	105	133	125	92	145	158	60	75	97	82

	3	91	103	109	105	103	139	120	91	143	156	64	75	61	52
	5	91	104	107	103	101	140	120	90	137	147	54	69	64	52
	10	85	104	103	102	97	98	109	73	125	130	44	59	39	37
	20	84	78	82	102	84	65	99	62	112	113	34	53	29	27
Pto. Marqués	1	87	111	117	105	100	127	132	88	98	163	64	82	57	95
	3	87	105	115	104	98	127	123	88	109	158	69	78	59	59
	5	85	103	111	103	96	122	122	87	136	145	74	72	55	51
	10	84	95	104	99	93	89	119	80	102	121	49	74	31	40
	20	74	41	89	95	85	65	94	76	99	100	31	72	11	14
Bocana	1	90	79	108	106	100	131	125	89	94	154	85	75	69	95
	3	91	80	105	105	98	125	123	89	96	150	62	72	56	64
	5	91	80	100	104	96	123	123	87	98	150	57	69	51	63
	10	89	79	96	104	93	93	99	86	96	130	51	62	38	35
	20	68	65	78	100	85	44	49	62	78	18	27	71	32	52
	50	-	13	-	58	-	-	-	-	73	-	-	40	12	11
Caleta	1	85	99	100	97	104	111	125	89	116	141	74	76	63	76
	3	85	103	100	99	103	109	120	89	107	144	98	77	62	59
	5	85	99	100	99	102	109	118	88	99	142	105	70	57	53
	10	84	92	99	99	98	90	94	82	94	134	93	74	50	56
	20	66	66	81	97	93	63	86	70	93	73	47	73	26	51

Sinfonía	1	90	104	103	105	106	111	122	89	101	150	98	71	71	73
	3	90	101	104	105	103	108	121	89	96	151	100	66	66	50
	5	89	101	104	105	102	105	120	89	96	147	96	67	59	54
	10	85	82	96	102	100	96	112	83	33	128	98	33	55	53
	20	98	72	87	97	98	75	114	44	44	86	70	24	28	48
	30	-	64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-

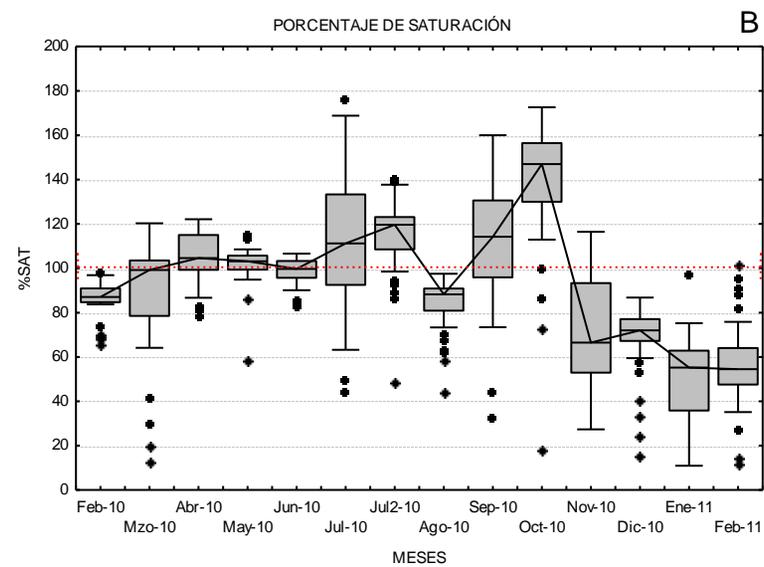


Figura 25. Diagrama de barra y bigotes mostrando la variación del % de saturación de oxígeno, durante el ciclo anual de febrero de 2010 a febrero de 2011.

## **pH.**

En la tabla 12 se presentan los valores de pH del agua por localidad y profundidad a lo largo del año, encontrándose un valor constante, como es de esperarse por el efecto Buffer del agua marina, sin embargo ocurrió una ligera disminución del pH en el mes de julio y un ligero incremento durante el mes de febrero (de ambos años).

Tabla 12. Valores de pH, por sitio, profundidad y fecha de colecta. Los guines significan datos faltantes, por no presentarse esa profundidad.

Loc	Prof. (m)	13-feb	06-mar	09-abr	15-may	05-jun	10-jul	17-jul	04-ago	10-sep	09-oct	20-nov	06-dic	14-ene-11	25-feb-11
La Marina	1	8.96	8.03	8.08	8.06	8.06	7.00	8.11	8.21	8.03	-	9.70	8.34	8.35	8.46
	3	8.97	8.05	8.08	8.05	8.06	7.00	8.07	8.24	7.99	-	7.97	8.35	8.28	8.31
	5	9.00	8.04	8.07	8.05	8.05	7.00	8.09	8.23	7.95	-	7.99	8.34	8.27	8.48
	10	8.97	8.01	8.07	8.05	8.06	7.00	8.06	8.09	7.91	-	8.00	8.33	8.29	8.61
	14	8.92	7.97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centro	1	8.97	7.99	8.06	8.05	8.09	7.00	8.12	8.22	7.94	8.04	-	8.29	8.59	8.58
	3	8.97	7.99	8.08	8.06	8.14	7.00	8.07	8.21	7.97	8.03	-	8.30	8.39	8.51
	5	8.98	7.99	8.08	8.06	8.13	7.00	8.09	8.21	7.95	-	-	8.30	8.35	8.45
	10	8.96	7.99	8.05	8.04	8.16	7.00	8.06	8.19	7.93	-	-	8.29	8.21	8.17
	20	8.96	7.97	8.05	8.01	8.14	7.00	8.11	8.13	7.90	-	-	8.12	8.28	8.21
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.12	-	
Naval	1	8.89	8.02	8.01	8.05	8.13	6.50	8.07	8.26	8.01	8.11	8.30	8.24	8.52	8.70

	3	8.89	8.01	8.01	8.06	8.11	6.50	8.03	8.27	8.00	8.07	8.40	8.22	8.44	8.38
	5	8.88	8.02	8.00	8.05	8.11	6.50	8.06	8.29	7.98	8.03	8.35	8.24	8.37	8.35
	10	8.88	8.00	7.99	8.06	8.10	6.50	8.06	8.21	7.94	8.01	8.29	8.24	8.33	8.28
	14	8.85	-	7.99	8.04	8.10	-	-	8.10	7.93	-	-	-	-	-
Pta. Bruja	1	8.85	8.01	7.98	8.03	8.10	7.00	8.10	8.45	8.02	8.12	-	8.20	8.42	8.61
	3	8.86	8.02	7.97	8.03	8.09	7.00	8.10	8.42	7.97	8.10	-	8.17	8.55	8.29
	5	8.86	8.02	7.97	8.03	8.09	7.00	8.10	8.42	7.95	8.08	-	8.11	8.25	8.57
	10	8.85	8.03	7.95	8.02	8.06	7.00	8.10	8.23	7.87	8.06	-	8.06	8.29	8.14
	20	8.84	7.99	7.96	8.01	8.04	7.50	8.10	8.18	7.83	8.01	-	8.03	8.11	8.03
Pto. Marqués	1	8.83	8.00	7.96	7.98	8.09	7.00	8.14	8.40	8.25	8.11	-	8.20	8.36	8.53
	3	8.85	8.01	7.96	7.99	8.11	7.00	8.11	8.41	8.23	-	-	8.21	8.51	8.52
	5	8.82	8.01	7.94	8.00	8.12	7.00	8.13	8.42	8.22	8.06	-	8.19	8.40	8.25
	10	8.84	8.00	7.93	7.99	8.13	7.00	8.11	8.33	8.15	8.01	-	8.18	8.16	8.12
	20	8.80	7.88	7.94	7.98	8.10	7.00	8.04	8.34	8.03	7.94	-	8.17	8.15	8.02
Bocana	1	8.79	7.94	7.92	8.01	8.09	7.50	8.02	8.35	8.32	8.07	-	8.07	8.57	8.30
	3	8.81	7.95	7.90	8.03	8.11	7.00	7.99	8.35	8.28	8.06	-	8.11	8.42	8.32
	5	8.83	7.94	7.90	8.01	8.12	7.00	7.99	8.35	8.29	8.05	-	8.10	8.25	8.36
	10	8.82	7.94	7.88	8.02	8.13	7.00	7.98	8.30	8.27	8.01	-	8.01	8.21	8.40
	20	8.78	7.91	7.84	8.01	8.10	7.00	-	8.17	8.11	-	-	8.13	8.10	8.31
	50	-	7.83	-	7.91	-	-	7.67	-	7.95	7.59	-	7.70	8.02	8.21

Caleta	1	8.77	7.98	7.88	7.95	8.11	6.50	8.00	8.37	8.17	8.06	7.96	8.00	8.35	8.47
	3	8.77	7.98	7.88	7.96	8.11	6.50	7.99	8.36	8.16	8.05	7.91	8.00	8.42	8.18
	5	8.77	7.98	7.90	7.97	8.12	6.50	7.98	8.35	8.19	8.05	7.96	8.04	8.30	8.17
	10	8.83	7.98	7.88	7.97	8.10	6.50	7.99	8.29	8.20	8.05	7.96	8.02	8.43	8.15
	20	8.74	7.94	7.83	7.95	8.13	6.50	7.93	8.19	8.17	7.84	8.70	8.01	8.16	8.19
Sinfonía	1	8.26	7.85	7.60	7.97	7.72	7.00	7.87	8.18	7.98	8.02	7.68	8.06	8.29	8.46
	3	8.27	7.85	7.62	7.95	7.85	7.00	7.90	8.14	8.08	8.06	7.60	8.05	8.23	8.23
	5	8.30	7.87	7.64	7.96	7.89	7.00	7.90	8.12	8.09	8.08	7.64	7.96	8.20	8.22
	10	8.35	7.93	7.65	8.01	7.93	7.00	7.92	8.13	8.11	8.07	7.65	7.81	8.14	8.23
	20	8.56	7.63	-	-	7.99	7.00	7.95	8.00	8.05	7.94	-	7.60	8.53	8.16
	30	-	7.83	7.80	7.93	-	-	-	-	-	-	-	7.61	-	-

### **Nutrimientos.**

#### **Silicatos.**

En la tabla 13 se presentan los valores de concentración de Silicato soluble reactivo ( $\mu\text{M}$ ) en distintas localidades y profundidades de la Bahía de Acapulco a lo largo del año. Las concentraciones de silicatos fueron estables a lo largo del año, registrando un intervalo de 0.04 a 8.42  $\mu\text{M}$  (Fig. 26). Sin embargo, se registró un aumento en la concentración durante los meses de lluvias (junio, julio y agosto), con las concentraciones más altas encontradas durante el mes de febrero en la localidad: Caleta a 1 m de profundidad, sin embargo en promedio fue julio el mes en el que se presentaron los valores más altos de este nutriente, junto durante la presentación del FAN de *Pyrodinium bahamense* var.

*compressum*. En general las menores concentraciones se presentaron durante el periodo de noviembre a febrero, de con un intervalo de 0.14 a 2.79  $\mu\text{M}$  (Tabla 13).

Tabla 13. Valores de concentración de Silicato soluble reactivo en, por sitio, profundidad y fecha de colecta. Los guines significan datos faltantes, por no presentarse esa profundidad.

Loc	Prof. (m)	13-feb	06-mar	09-abr	15-may	05-jun	10-jul	17-jul	04-ago	10-sep	09-oct	20-nov	06-dic	14-ene-11	25-feb-11
La Marina	1	0.26	0.97	0.32	0.72	0.41	1.00	1.28	0.63	0.66	0.81	0.14	0.35	0.32	0.44
	3	0.04	0.85	0.41	1.50	1.25	1.53	1.37	0.38	0.51	1.00	0.32	0.41	0.44	0.72
	5	0.23	1.06	0.35	0.85	0.78	1.00	1.56	0.32	0.78	0.78	0.41	0.66	0.26	0.72
	10	0.66	0.75	0.41	0.63	0.63	0.75	1.06	0.57	0.69	1.70	0.57	0.38	0.51	1.37
	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.59	-	-	-	-
Centro	1	1.00	0.75	0.51	0.41	1.31	1.25	1.19	0.97	0.60	0.74	0.41	0.72	0.63	1.19
	3	1.22	0.72	0.35	1.28	1.31	1.16	1.37	0.14	0.78	1.19	0.32	0.82	0.35	1.80
	5	0.60	0.60	3.16	1.25	1.53	0.57	0.85		0.54	0.55	0.32	0.69	0.35	2.11
	10	0.20	0.72	3.10	0.97	1.12	0.66	0.82	0.85	0.58	0.33	0.60	0.69	0.32	1.74
	20	0.20	1.09	0.48	0.78	1.77	0.69	1.71	0.44	0.57	0.65	0.38	0.88	0.63	1.56
	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.51	-
Naval	1	0.60	0.97	0.82	0.38	0.26	0.78	1.93	2.11	1.34	0.97	0.60	0.88	0.32	2.21
	3	-	0.91	0.54	1.06	1.87	4.49	1.19	0.82	0.66	1.48	0.75	0.69	0.41	2.45
	5	0.78	0.82	2.05	0.82	0.88	1.00	1.59	0.60	0.51	1.06	0.35	0.41	0.23	2.42

	10	1.16	5.79	0.82	1.06	0.78	0.51	2.39	0.48	1.12	1.06	0.63	0.44	0.38	2.33
	14	0.38	-	0.00	0.88	0.07	-	-	0.57	0.00	-	-	-	-	-
Pta. Bruja	1	-	0.00	1.09	1.31	1.40	0.85	0.66	0.85	0.41	1.19	0.54	1.25	0.38	1.09
	3	0.85	0.75	1.28	0.75	1.43	0.75	0.75	0.48	0.38	1.10	0.85	0.57	0.48	1.25
	5	0.44	0.88	1.22	0.66	1.12	0.51	0.85	0.54	0.41	1.48	0.69	0.44	0.51	1.09
	10	0.38	1.16	0.60	1.03	1.28	0.54	1.25	0.51	0.75	0.71	0.57	0.97	0.41	1.80
	20	0.51	0.72	0.91	1.46	1.40	0.78	1.46	1.84	0.69	0.55	0.82	0.85	0.44	2.05
Pto. Marqués	1	0.85	0.97	0.82	0.54	2.05	1.19	0.60	1.06	0.41	0.14	0.32	0.88	0.75	1.40
	3	1.93	0.51	0.60	0.69	1.53	1.93	0.85	0.35	0.48	1.70	0.41	1.31	0.60	1.50
	5	0.91	0.51	1.06	1.80	1.53	2.08	0.51	0.41	0.23	0.90	0.20	0.54	0.44	2.11
	10	0.78	1.16	0.63	1.93	1.43	0.51	0.69	0.57	0.26	0.84	0.44	0.38	1.50	2.11
	20	0.48	1.00	1.53	0.63	2.11	1.62	0.66	0.17	0.63	1.51	0.60	0.82	0.75	2.48
Bocana	1	0.20	8.20	0.66	0.88	1.62	0.88	1.59	0.48	0.82	0.52	0.51	1.12	0.38	1.59
	3	0.23	1.19	0.91	0.82	1.77	0.88	1.12	0.72	0.69	1.60	0.63	0.88	0.54	1.68
	5	0.78	0.94	0.51	0.51	1.43	0.85	0.94	1.00	0.88	1.13	0.44	1.12	0.69	2.79
	10	0.41	1.12	0.54	0.41	2.11	0.88	0.94	0.75	0.29	0.33	0.57	0.94	0.48	2.30
	20	1.00	1.80	0.51	0.48	0.66	1.37	-	0.63	0.41	-	0.91	0.85	0.32	2.27
	50	-	-	-	1.00	-	-	0.97	-	0.88	0.97	-	1.90	0.78	2.51
Caleta	1	5.60	5.33	0.51	0.91	0.97	0.72	0.78	0.54	0.63	1.10	0.44	1.12	0.26	0.54

	3	1.22	1.22	0.85	0.35	1.90	0.51	0.88	0.91	0.29	0.59	0.69	0.66	0.54	0.78
	5	0.32	0.60	0.75	0.75	0.91	0.54	0.85	0.85	0.63	1.00	0.72	0.97	0.51	0.85
	10	0.66	0.48	0.35	0.57	0.69	0.51	0.78	8.42	0.38	2.72	0.38	1.53	0.44	0.78
	20	0.78	0.63	0.35	0.51	0.94	1.00	1.16	0.91	0.48	0.65	0.51	0.41	1.06	1.50
Sinfonía	1	0.85	0.51	0.44	0.66	1.28	0.48	1.74	1.22	0.41	1.00	0.51	0.44	0.63	0.75
	3	0.97	0.85	0.54	0.97	1.43	1.06	1.19	1.34	0.35	1.32	0.44	1.16	1.03	0.88
	5	1.50	0.54	0.66	0.63	0.75	0.72	1.90	1.50	0.38	0.65	0.29	0.69	0.38	0.75
	10	-	1.00	0.41	0.44	1.34	0.75	1.22	0.88	0.14	1.10	0.78	1.00	1.74	1.22
	20	0.82	-	-	-	1.40	0.57	1.34	1.16	0.14	0.52	0.60	1.46	1.00	1.34
	30	-	0.88	0.41	0.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

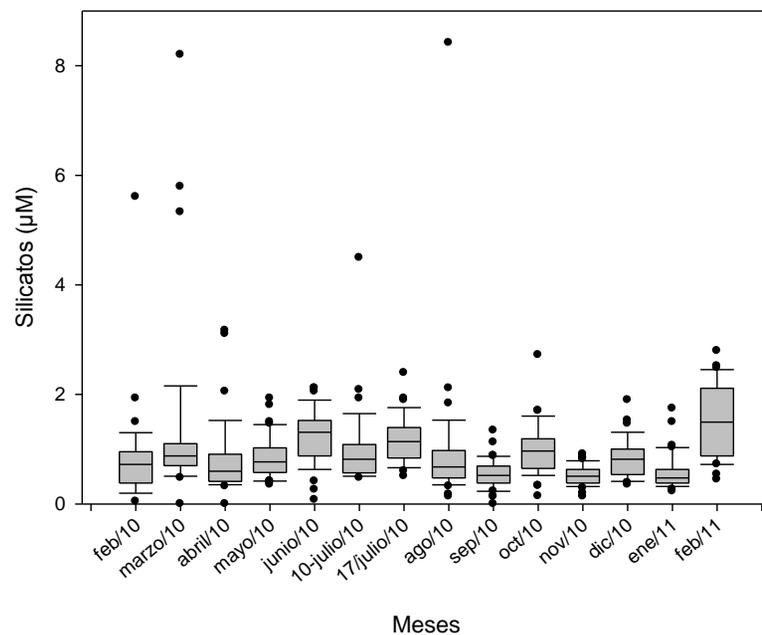


Figura 26. Diagrama de barra y bigotes para mostrar la variación de Silicatos ( $\text{SiO}_2$   $\mu\text{M}$ ) en la bahía de Acapulco durante el ciclo anual de febrero de 2010 a febrero de 2011.

### ***Fosfato soluble reactivo.***

En la tabla 14 se presentan los resultados de las concentraciones de fosfato soluble reactivo. La Figura 27 muestra la variación de las concentraciones de ortofosfatos a lo largo del ciclo anual estudiado (febrero de 2010 a febrero de 2011). Los ortofosfatos presentaron un comportamiento similar a lo registrado para silicatos, con los valores más altos en la temporada de lluvias (julio a agosto), mientras que las concentraciones más bajas se encontraron en diciembre.

Tabla 14. Valores de concentración de Fosfato soluble reactivo en  $\mu\text{M}$ , por sitio, profundidad y fecha de colecta. Los guines significan datos faltantes, por no presentarse esa profundidad.

Loc	Prof. (m)	13-feb	06-mar	09-abr	15-may	05-jun	10-jul	17-jul	04-ago	10-sep	09-oct	20-nov	06-dic	14-ene-11	25-feb-11
La Marina	1	6.63	0.42	2.06	1.25	1.03	1.16	2.78	4.59	0.60	4.11	0.64	1.63	0.69	0.85
	3	3.74	1.05	1.59	1.38	0.86	0.17	4.56	1.78	0.33	4.06	0.75	2.97	0.16	0.77
	5	4.18	0.39	0.91	1.73	1.41	0.91	4.54	12.40	0.00	4.17	0.61	2.37	0.36	0.00
	10	6.93	0.64	1.79	1.71	1.84	0.42	4.23	13.59	3.19	4.61	0.77	0.75	0.58	0.82
	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.06	-	-	-	-
Centro	1	4.76	0.31	0.69	1.81	0.30	1.90	-	9.02	0.52	3.95	1.02	0.88	0.64	0.59
	3	-	1.10	1.07	1.35	0.28	2.37	-	11.05	0.38	4.33	0.83	1.08	0.72	0.69
	5	5.72	0.66	0.96	2.42	0.35	3.36	0.02	10.40	0.71	5.15	1.13	1.63	0.86	0.87
	10	4.40	0.58	1.98	1.30	0.38	1.24	0.33	10.78	0.82	5.79	1.32	0.86	1.85	0.87
	20	5.34	0.64	2.06	1.02	0.61	0.31	0.25	7.07	1.07	4.74	1.41	1.76	2.09	0.51
	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.77	-
Naval	1	5.01	0.91	0.38	1.22	0.70	0.94	3.65	6.43	1.29	5.37	1.68	1.21	0.77	0.31
	3	5.70	1.21	1.57	1.27	0.35	1.90	3.80	7.13	1.48	4.28	3.06	0.86	0.91	0.21
	5	3.91	2.20	2.20	0.51	1.00	3.14	4.69	4.72	1.29	5.37	1.54	0.83	0.83	0.23
	10	3.14	2.04	1.24	1.02	0.70	4.54	4.79	8.16	1.95	0.61	2.01	0.77	1.19	0.77
	14	3.52	-	0.71	1.38	1.54	-	-	2.97	2.12	-	-	-	-	-
Pta. Bruja	1	3.94	0.80	2.23	1.04	0.58	2.37	-	10.91	1.70	5.57	1.30	0.09	0.88	0.36

	3	1.32	0.91	0.69	0.89	0.10	2.40	-	6.59	1.26	4.39	1.46	0.83	1.16	0.62
	5	5.59	1.46	1.84	1.48	0.18	4.27	3.98	7.21	1.95	4.36	1.41	1.05	0.64	0.59
	10	3.08	1.52	1.29	1.81	0.15	1.35	4.36	8.13	1.24	4.74	1.43	1.35	1.32	1.10
	20	2.40	0.80	1.29	1.32	1.99	1.52	2.62	9.26	2.42	6.14	2.40	1.76	1.52	0.95
<b>Pto. Marqués</b>	1	5.34	1.30	1.04	1.20	-	2.62	4.05	8.48	0.99	5.48	1.41	0.31	0.50	0.08
	3	3.17	1.43	0.47	1.02	0.20	0.88	4.00	4.89	0.82	4.91	1.43	0.06	1.05	0.10
	5	3.17	1.16	0.85	1.66	0.48	0.69	2.96	8.40	1.21	5.51	1.10	0.28	1.27	0.26
	10	3.61	2.53	1.51	0.79	0.07	1.13	4.13	6.16	2.25	4.47	1.68	0.64	3.47	0.51
	20	7.04	1.52	0.69	1.17	0.58	0.72	4.77	6.86	2.09	5.79	2.31	0.77	3.44	0.64
<b>Bocana</b>	1	4.35	1.52	0.74	1.02	0.02	0.61	1.76	6.83	1.29	5.92	1.16	0.17	1.85	0.64
	3	3.30	2.18	1.65	0.74	0.33	1.35	1.96	5.40	1.15	1.13	1.43	0.94	0.97	0.38
	5	3.28	1.74	1.04	1.25	0.74	3.17	1.83	8.75	2.45	3.97	1.41	0.66	1.76	0.67
	10	3.41	2.07	1.35	1.04	0.02	1.02	2.09	8.29	0.82	5.43	1.57	1.24	1.93	0.46
	20	2.29	1.63	2.72	0.76	0.15	2.15	-	8.59	1.57	-	2.45	0.33	2.20	1.13
	50	-	-	-	-	-	-	2.57	-	2.58	5.18	-	1.63	0.91	1.56
<b>Caleta</b>	1	3.80	1.49	0.88	0.87	0.79	3.80	2.91	5.59	0.96	5.43	2.84	0.91	1.41	0.18
	3	2.67	1.65	2.72	0.51	1.15	1.76	2.45	2.78	1.13	4.50	2.20	1.90	2.51	0.15
	5	4.76	0.91	2.45	0.89	0.48	1.93	3.21	3.94	1.04	5.65	1.57	1.05	2.09	0.05
	10	2.84	1.41	1.73	1.30	0.79	0.75	2.93	4.07	1.62	4.22	1.32	0.83	1.38	0.36
	20	3.22	1.90	1.02	0.74	0.71	1.16	3.87	5.29	1.68	5.48	1.57	1.24	2.26	0.41

Sinfonía	1	3.66	0.55	2.47	0.41	-	0.80	3.98	9.97	0.52	0.53	1.98	0.61	1.43	0.13
	3	2.81	1.21	2.75	0.28	-	2.45	4.21	5.53	1.62	3.75	3.11	0.72	0.77	0.13
	5	3.00	0.97	2.47	0.69	-	1.65	4.28	8.94	0.93	4.25	2.86	1.74	1.19	0.13
	10	-	1.60	1.59	0.92	0.10	1.21	5.76	9.32	0.74	5.26	1.76	1.21	0.14	0.10
	20	2.20	-	-	-	0.84	0.47	3.95	7.97	1.15	5.32	1.27	3.06	1.30	0.08
	30	-	2.53	2.61	0.81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

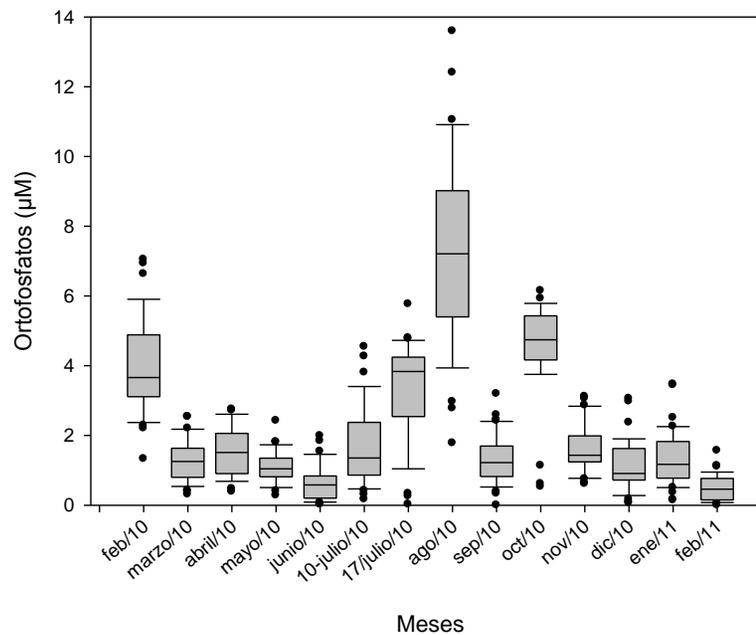


Figura 27. Diagrama de barra y bigotes de la variación en la concentración de ortofosfatos ( $\text{PO}_4$   $\mu\text{M}$ ) en la bahía de Acapulco para un ciclo anual de febrero de 2010 a febrero de 2011.

### **Compuestos nitrogenados (Nitratos + Nitritos + Amonio).**

En las tablas 15,16 y 17 se presentan las concentraciones de nitritos, nitratos y amonio registrados en la columna de agua de la bahía de Acapulco durante los periodos de muestreo.

Las formas nitrogenadas (amonio y nitratos + nitritos) presentaron diferencias significativas entre los meses de muestreo ( $p < 0.05$ ). Dentro de las formas nitrogenadas, los nitratos + nitritos fueron las que presentaron la mayor variación (Fig. 28).

Las mayores concentraciones de nitratos + nitritos se registraron durante el mes de febrero de 2010, con una mediana de  $4.3 \pm 4.6 \mu\text{M}$  la cual es diferente a todos los meses del año ( $p = 0.00$ ) (Fig. 28). Sin embargo dicho aumento también se observó durante los últimos meses del año noviembre y diciembre. Las concentraciones más bajas de nitratos + nitritos se presentaron en los meses de lluvias, de tal manera que para el mes de agosto de 2010 se registró la concentración más baja ( $0.5 \pm 1.10$ ).

El amonio presentó la concentración más alta durante el mes de octubre 2010 (medianas =  $5.4 \mu\text{M}$ ) y las menores concentraciones registradas fueron durante los meses de mayo, agosto y noviembre. Por lo que parece que en la época de lluvias se incrementa las concentraciones de amonio, mientras que en la época de secas disminuyen (Fig. 29).

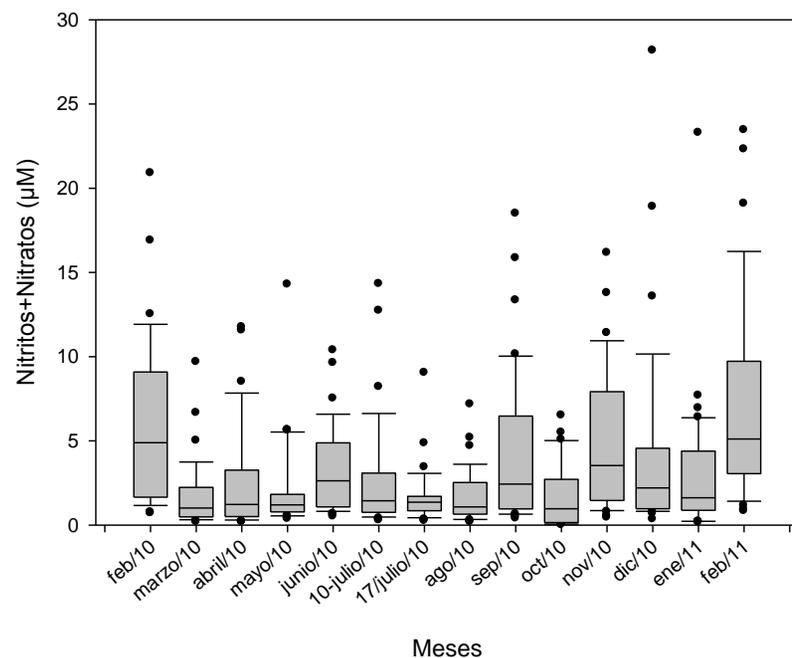


Figura 28. Diagrama de barra y bigotes mostrando la variación en las concentraciones de Nitratos+Nitritos ( $\text{NO}_3+\text{NO}_2$   $\mu\text{M}$ ) en la bahía de Acapulco para el ciclo anual de febrero de 2010 a febrero de 2011.

Tabla 15. Valores de concentración de Nitritos en  $\mu\text{M}$ , por sitio, profundidad y fecha de colecta. Los guines significan datos faltantes, por no presentarse esa profundidad.

Loc	Prof. (m)	13-feb	06-mar	09-abr	15-may	05-jun	10-jul	17-jul	04-ago	10-sep	09-oct	20-nov	06-dic	14-ene-11	25-feb-11
La Marina	1	0.55	0.15	0.52	0.38	0.20	0.38	0.08	0.67	0.25	0.07	0.16	0.23	-	0.06

	3	0.39	0.21	0.23	0.27	0.36	0.20	0.27	0.21	0.25	0.08	0.23	0.29	0.94	0.29
	5	0.43	0.35	0.16	0.60	0.33	0.37	0.34	0.17	0.29	0.04	0.34	0.48	1.49	0.16
	10	1.45	0.33	0.32	0.34	0.42	0.26	0.43	0.23	0.37	0.02	0.18	0.25	2.08	0.64
	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.07	-	-	-	-
<b>Centro</b>	1	1.50	0.31	0.36	0.27	0.50	0.35	0.30	0.20	0.37	0.00	0.22	0.19	1.40	0.16
	3		0.22	0.20	0.31	0.40	0.35	0.32	0.45	0.29	0.09	0.10	0.28	4.57	0.39
	5	1.42	0.33	0.21	0.39	0.42	0.26	0.20	0.15	0.25	0.20	0.24	0.35	1.56	0.33
	10	1.94	0.23	0.23	0.46	0.42	0.30	0.22	0.29	0.39	0.15	0.38	0.19	1.85	0.47
	20	1.73	0.38	0.27	0.57	0.72	0.92	0.39	0.28	0.33	0.13	0.49	0.42	1.49	0.62
	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.22	-
<b>Naval</b>	1	0.37	0.36	0.31	0.42	0.51	0.32	0.29	0.71	0.23	0.05	0.21	0.27	-	0.14
	3	0.77	0.39	0.25	0.45	0.21	0.37	0.20	0.49	0.31	0.12	0.39	0.48	-	0.08
	5	0.51	0.34	0.19	0.33	0.35	0.37	0.19	0.57	0.25	0.15	0.45	0.32	2.56	0.11
	10	1.01	0.58	0.17	0.41	0.41	0.35	0.27	0.60	0.23	0.18	1.11	0.28	5.90	0.29
	14	1.47	-	0.19	0.22	0.49	-	-	0.60	0.27	-	-	-	-	-
<b>Pta. Bruja</b>	1	-	0.19	0.20	0.27	0.85	0.16	0.17	1.27	0.31	0.01	0.25	0.47	-	0.30
	3	0.54	0.11	0.16	0.29	0.86	0.25	0.27	1.18	0.37	0.00	0.40	0.31	0.46	0.34
	5	0.83	0.25	0.22	0.41	0.68	0.12	0.26	0.47	0.28	0.04	0.31	0.63	-	0.31
	10	0.84	0.32	0.16	1.02	1.07	0.27	0.23	0.49	0.53	0.14	0.52	0.33	3.92	0.49
	20	0.93	0.40	0.24	0.34	0.68	0.35	0.31	0.43	0.51	0.28	0.62	0.53	-	0.68

Pto. Marqués	1	0.54	0.31	0.17	0.25	0.50	0.32	0.32	0.16	0.35	0.36	0.20	0.34	0.81	0.20
	3	0.71	0.40	0.34	1.03	0.56	0.34	0.17	0.19	0.34	0.00	0.17	0.25	1.17	0.14
	5	0.60	0.53	0.25	0.34	0.56	0.71	0.13	0.27	0.38	0.15	0.27	0.24	-	0.31
	10	0.64	0.57	0.23	0.32	0.84	0.48	0.22	0.40	0.59	0.28	0.41	0.43	1.85	0.56
	20	0.53	0.57	0.45	0.32	1.12	0.70	2.06	0.33	0.76	0.07	0.76	0.26	6.74	0.28
Bocana	1	0.12	0.42	0.13	0.28	0.46	0.70	0.10	0.56	0.50	0.03	0.16	0.33	-	0.12
	3	0.36	0.32	0.32	0.60	0.74	0.56	0.12	0.46	0.23	0.06	0.11	0.34	3.31	0.17
	5	0.25	0.54	0.12	0.37	0.53	0.37	0.18	0.27	0.39	0.02	0.10	0.48	22.33	0.15
	10	0.39	0.54	0.21	0.32	1.25	0.21	0.35	0.47	0.37	0.42	0.14	0.41	-	0.64
	20	0.51	0.62	1.05	0.36	0.76	0.58	-	1.53	0.59	-	0.13	0.51	1.10	0.32
	50	-	-	-	0.86	-	-	0.93	-	0.73	0.27	-	0.34	5.51	0.41
Caleta	1	0.47	0.53	0.28	0.28	0.39	0.70	0.16	0.49	0.31	0.24	0.42	0.33	-	0.25
	3	0.40	0.66	0.47	0.39	0.45	0.40	0.19	0.79	0.54	0.18	0.30	0.38	-	0.35
	5	0.52	0.56	0.14	0.37	0.63	0.44	0.21	0.56	0.48	0.03	0.43	0.36	-	0.28
	10	0.52	0.61	0.31	0.30	0.79	0.73	0.28	0.95	0.56	0.03	0.41	0.43	0.03	0.38
	20	0.76	0.68	1.13	0.34	0.76	0.85	0.30	1.01	0.32	0.21	0.59	0.33	4.51	0.37
Sinfonía	1	0.37	0.42	0.44	0.46	0.45	0.31	0.08	0.53	0.54	0.06	0.31	0.52	-	0.28
	3	0.57	0.33	0.10	0.37	0.28	0.29	0.17	0.56	0.34	0.09	0.35	0.49	-	0.23
	5	0.05	0.31	0.22	0.99	0.41	0.34	0.42	0.70	0.31	0.07	0.20	0.34	0.20	0.28

10	-	0.45	0.35	0.35	0.52	0.33	0.16	0.56	0.70	0.04	0.45	0.71	-	0.25
20	0.83	-	-	-	1.14	0.68	0.14	0.91	0.48	0.36	0.44	0.52	3.86	0.35
30	-	0.58	0.30	0.38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 16. Valores de concentración de Nitratos en  $\mu\text{M}$ , por sitio, profundidad y fecha de colecta. Los guines significan datos faltantes, por no presentarse esa profundidad.

Loc	Prof. (m)	13-feb	06-mar	09-abr	15-may	05-jun	10-jul	17-jul	04-ago	10-sep	09-oct	20-nov	06-dic	14-ene-11	25-feb-11
La Marina	1	27.72	27.24	28.02	27.95	27.95	29.70	29.80	30.23	29.50	27.90	26.10	27.80	25.70	25.70
	3	27.52	27.17	27.96	27.91	27.91	29.50	29.50	30.23	29.58	27.90	26.10	27.90	25.80	25.10
	5	27.40	26.88	27.90	27.76	27.91	29.40	29.10	30.22	29.55	27.20	26.10	27.60	25.90	25.30
	10	26.93	25.52	27.42	27.35	27.44	28.50	28.90	29.73	29.17	22.40	26.00	27.30	24.90	23.50
	14	25.76	24.73	-	-	-	-	-	28.07	-	-	-	-	-	-
Centro	1	27.72	26.70	28.50	28.19	28.02	29.70	29.70	30.44	29.88	27.70	27.20	28.10	27.10	26.00
	3	27.70	26.38	28.33	28.15	28.52	29.40	29.70	30.46	29.84	27.40	26.40	28.00	27.40	25.30
	5	27.62	26.18	28.06	27.99	28.34	29.20	29.30	30.35	29.38	27.10	26.60	27.70	26.90	24.60
	10	26.85	25.88	27.13	27.36	28.02	28.70	29.70	29.67	29.11	27.00	26.00	27.50	26.00	24.00
	20	26.85	24.99	26.72	26.60	27.81	25.20	30.20	29.17	28.92	27.20	25.30	25.50	25.10	23.70
	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.50	-
Naval	1	28.08	26.53	27.80	28.16	27.30	29.60	29.40	30.60	29.95	27.50	26.40	28.20	26.40	26.20

	3	27.90	26.49	27.81	28.03	28.43	29.10	29.10	30.52	29.83	26.70	26.50	27.80	26.20	26.00
	5	27.46	26.50	27.57	27.53	28.17	28.90	29.00	30.45	29.01	26.40	25.80	27.80	26.00	25.70
	10	27.05	25.61	27.12	27.21	27.59	28.80	29.00	30.33	28.71	26.60	25.40	27.70	25.30	25.70
	14	26.10	-	26.66	27.08	27.45	-	-	28.63	28.49	-	-	-	-	-
Pta. Bruja	1	27.37	26.65	27.54	27.93	28.19	29.20	29.50	30.29	29.98	27.20	26.30	27.40	26.40	25.50
	3	27.26	26.57	27.38	27.57	28.07	29.10	29.20	30.21	29.67	27.20	26.60	28.10	26.30	25.00
	5	27.07	26.52	27.25	27.43	28.00	29.00	29.10	30.13	29.09	27.00	26.30	27.70	26.00	25.00
	10	26.74	26.27	27.04	27.13	27.49	28.80	28.90	28.86	28.41	26.80	25.60	26.30	24.90	23.80
	20	25.83	25.36	25.57	27.07	26.55	26.60	29.00	28.03	27.96	26.40	24.20	26.00	24.20	22.70
Pto. Marqués	1	26.86	26.56	27.69	27.69	27.53	29.30	29.40	29.97	28.92	27.50	27.20	29.10	27.00	26.40
	3	26.85	26.50	27.30	27.61	27.52	29.10	29.30	29.95	28.67	27.40	26.90	27.80	26.60	26.10
	5	26.76	26.45	27.02	27.52	27.40	28.90	29.30	29.94	28.57	27.00	26.60	27.80	25.90	25.00
	10	26.56	25.75	26.81	27.15	27.13	27.80	29.10	29.36	27.49	26.40	26.10	27.80	24.60	23.70
	20	25.82	20.98	26.29	27.25	26.58	25.80	28.20	29.09	26.28	24.90	24.70	27.20	21.60	20.70
Bocana	1	27.15	25.25	27.10	27.49	27.53	29.10	29.20	30.06	28.81	26.90	27.10	28.10	25.90	25.60
	3	27.17	25.24	26.87	27.41	27.52	29.00	29.20	30.04	30.20	26.80	26.90	28.20	25.90	25.50
	5	27.17	25.18	26.69	27.36	27.40	29.00	29.20	29.94	29.92	26.80	26.60	28.40	25.60	25.30
	10	26.94	25.14	26.53	27.13	27.13	28.70	29.20	29.85	29.44	26.40	25.80	26.60	24.90	24.10

	20	25.54	23.76	25.56	27.03	26.58	23.50	-	28.02	24.64	-	24.00	28.20	23.80	24.60
	50	-	20.99	-	23.46	-	-	25.50	-	24.52	19.30	-	24.20	20.50	20.10
Caleta	1	26.94	26.55	27.03	27.23	28.54	29.20	29.00	30.05	29.47	27.10	26.20	27.90	26.90	24.70
	3	26.94	26.50	27.01	27.19	28.46	29.10	29.00	30.05	29.40	27.00	25.90	28.00	27.30	25.00
	5	26.92	26.40	27.00	27.16	28.32	29.10	29.00	30.00	29.13	27.00	25.80	27.80	26.80	24.80
	10	26.79	26.02	26.86	27.10	27.98	27.40	29.00	29.52	28.75	26.90	25.50	27.50	26.90	24.10
	20	25.43	24.83	25.14	26.87	27.50	25.00	28.20	28.63	28.67	23.70	25.20	27.50	24.00	21.40
Sinfonía	1	27.01	26.43	27.24	27.25	28.50	29.20	28.90	30.08	28.94	27.40	26.00	27.30	26.60	24.20
	3	27.00	26.44	27.23	27.26	28.53	29.20	28.90	30.08	28.94	27.50	26.30	25.30	26.60	24.30
	5	26.90	26.40	27.19	27.25	28.55	29.30	28.90	30.04	28.93	27.60	26.30	26.50	26.80	24.40
	10	26.78	25.31	26.64	27.04	28.56	28.70	29.00	29.61	28.78	27.50	24.90	23.90	26.10	24.20
	20	25.63	24.48	-	-	27.89	28.20	29.00	26.64	27.41	25.80	23.90	21.30	23.90	23.10
	30	-	23.21	26.11	26.57	-	-	-	-	-	-	-	20.90	-	-

Tabla 17. Valores de concentración de Amonio en  $\mu\text{M}$ , por sitio, profundidad y fecha de colecta. Los guines significan datos faltantes, por no presentarse esa profundidad.

Loc	Prof. (m)	13-feb	06-mar	09-abr	15-may	05-jun	10-jul	17-jul	04-ago	10-sep	09-oct	20-nov	06-dic	14-ene-11	25-feb-11
La Marina	1	3.11	0.42	3.40	0.90	-	1.39	1.17	0.70	6.89	6.07	0.62	2.40	0.15	1.71
	3	3.11	0.39	1.43	2.05	-	0.13	6.55	1.43	2.30	3.78	0.48	2.03	-	1.41

	5	4.18	0.39	1.52	1.02	-		3.35	0.21	2.02	2.42	0.65	2.98	-	0.91
	10	6.06	10.05	1.78	1.90	-	0.81	3.50	0.33	0.77	5.38	0.44	1.70	4.37	0.85
	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.06	-	-	-	-
<b>Centro</b>	1	3.18	0.52	1.26	0.72	1.59	0.88	1.20	0.58	3.49	3.94	0.37	1.09	-	1.42
	3	2.59	2.63	0.78	1.24	1.97	2.14	0.97	0.33	2.57	4.10	0.56	1.53	-	2.79
	5	-	0.84	2.92	1.44	1.07		1.20	0.42	1.84	3.54	0.29	1.17	1.13	0.92
	10	2.56	0.36	2.69	0.73	0.82	1.43	1.43	0.58	1.81	10.19	0.34	1.90	3.95	1.06
	20	3.24	0.65	0.71	1.27	1.37	0.78	1.29	0.79	5.39	3.54	0.91	2.10	11.05	1.67
	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.06	-
<b>Naval</b>	1	2.79	1.10	1.10	0.09	-	2.11	0.28	0.26	1.78	10.35	0.47	1.59	1.77	1.10
	3	3.76	0.26	0.49	0.35	-	1.59	0.63	0.53	3.09	11.88	0.70	0.62	-	1.13
	5	3.27	2.07	3.01	0.23	-	1.23	0.69	0.65	3.98	13.24	0.71	0.88	-	1.17
	10	3.89	1.23	3.27	0.70	-	2.82	0.26	0.56	2.39	4.90	0.60	1.31	-	1.79
	14	2.50	-	-	3.49	-	-	-	1.26	0.95	-	-	-	-	-
<b>Pta. Bruja</b>	1	3.08	2.50	3.34	0.09	1.14	0.81	0.23	0.49	2.60	4.42	0.33	1.89	-	2.04
	3	2.46	1.10	2.33	0.04	1.02	0.52	0.22	0.21	1.71	4.02	0.33	1.59	0.61	1.31
	5	4.18	2.56	1.26	0.52	1.09	10.34	0.19	0.42	1.68	5.63	0.55	1.02	1.20	1.16
	10	3.79	0.32	1.36	0.22	0.76	2.53	0.83	1.03	3.43	5.95	0.56	1.28	5.67	5.87
	20	2.69	1.10	0.32	0.15	1.83	1.88	0.08	0.70	1.07	9.71	0.58	1.97	10.84	0.77

Pto. Marqués	1	4.47	0.71	0.84	0.32	1.50	1.26	2.94	0.46	-	8.26	0.35	2.03	-	1.24
	3	3.11	0.52	1.23	5.21	1.00	1.20	2.77	0.22	3.46	4.74	0.35	1.94	0.04	1.63
	5	3.50	2.85	0.84	1.19	0.58	1.43	0.56	0.08	2.02	6.91	0.31	1.20	0.46	1.81
	10	3.11	2.95	1.00	0.39	1.07	0.88	0.65	-	0.52	3.54	0.34	1.94	10.17	0.84
	20	4.70	0.58	0.97	0.48	1.13	0.94	1.05	-	0.55	17.33	0.26	1.29	14.25	1.07
Bocana	1	3.24	1.49	3.01	0.28	0.77	0.42	0.50	0.14	0.55	4.74	0.35	1.21	0.15	2.06
	3	3.40	1.78	1.56	0.19	1.00	1.62	0.62	-	2.05	3.38	0.34	0.91	2.36	3.16
	5	4.12	1.78	1.78	0.56	0.96	1.20	0.48	-	1.19	5.95	0.44	1.13	1.84	2.25
	10	2.75	1.65	2.69	0.31	0.69	0.36	0.75	-	3.58	12.60	0.51	2.26	7.22	1.65
	20	2.72	2.24	2.30	0.32	0.68	1.36	-	-	3.37	-	0.66	3.31	10.10	2.15
	50	-	-	-	-	-	-	0.52	-	3.15	5.14	-	1.41	19.32	1.12
Caleta	1	2.50	1.59	2.63	0.83	1.12	0.68	3.59	0.05	-	5.30	0.35	1.68	-	0.92
	3	2.40	2.79	4.93	0.55	1.71	1.69	3.32	0.45	0.03	6.19	0.38	2.43	1.03	1.23
	5	2.53	1.62	6.97	0.46	1.98	0.42	0.38	-	3.21	7.31	0.40	1.90	0.22	1.57
	10	2.17	1.78	3.82	0.56	0.97	0.49	0.86	0.92	1.44	8.59	0.48	1.83	0.32	1.59
	20	1.75	2.53	2.82	0.83	1.93	0.78	2.98	0.06	0.52	10.72	0.65	1.75	8.77	1.65
Sinfonía	1	2.24	12.22	2.07	1.56	2.07	0.39	4.00	-	1.44	6.67	0.30	1.34	2.43	1.71
	3	3.40	2.30	0.32	0.21	1.47	26.41	0.62	0.09	0.40	3.86	0.40	0.89	2.15	1.83
	5	2.43	2.04	0.32	0.18	1.84	0.03	4.14	2.00	1.32	3.06	0.60	2.17	1.70	1.59

10	-	2.53	0.58	0.52	1.71	2.46	0.60	-	0.80	8.43	0.77	2.43	0.57	1.32
20	-	-	-	-	1.34	0.13	3.14	0.22	0.40	4.18	0.58	1.52	11.72	1.96
30	-	4.80	2.25	1.49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

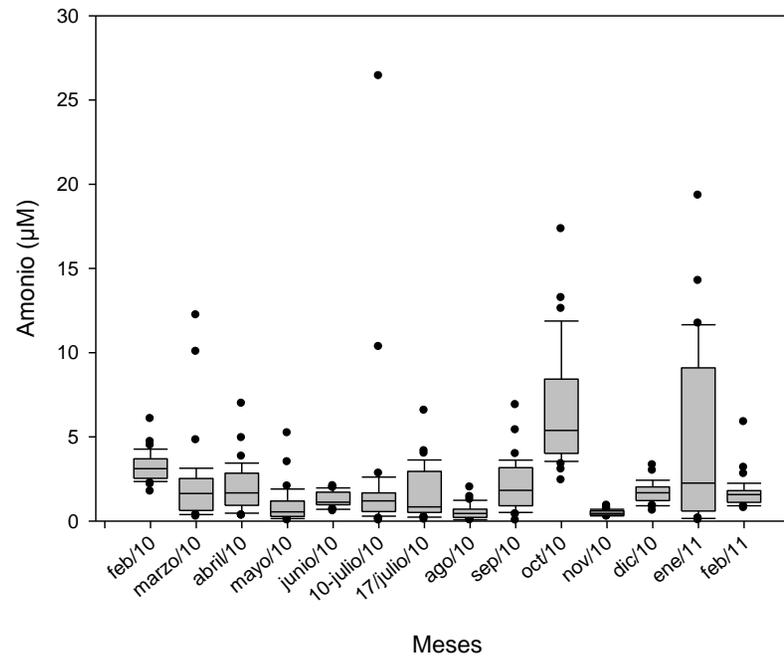


Figura 29. Diagrama de barra y bigotes mostrando la variación mensual de las concentraciones de Amonio ( $\text{NH}_4$   $\mu\text{M}$ ) para la Bahía de Acapulco en el ciclo anula de febrero de 2010 a febrero de 2011.

## IMÁGENES DE SATELITE

El número de imágenes de satélite procesadas de febrero de 2010 a junio de 2011 fue de 303 con resolución de 1 km (Tabla 18). El número de imágenes generadas por mes, varió de un mínimo de 16 (mes de febrero de 2011) a un máximo de 21 (agosto de 2010).

Tabla 18. Número de imágenes por mes, año y total.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
2010	-	19	18	18	20	19	19	21	18	17	17	17	203
2011	18	16	17	16	17	16	-	-	-	-	-	-	100

En el interior de la Bahía de Acapulco, solo en seis imágenes de clorofila satelital por día se obtuvo información de clorofila-a para el interior de la bahía (Fig. 30a-g).

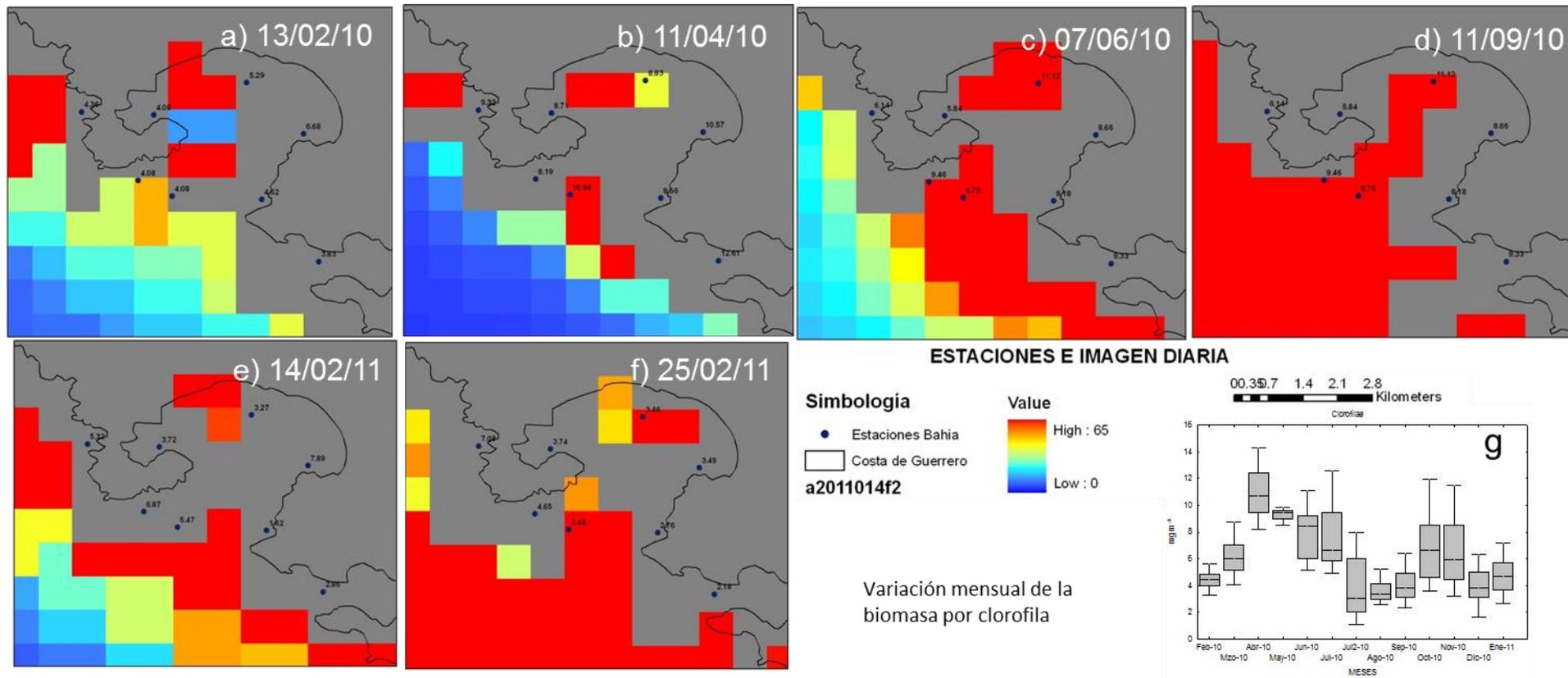


Figura 30a-g. Imágenes satelitales, con información de clorofila en el interior de la Bahía de Acapulco; en la que se indican también los valores puntuales de clorofila-*a* a 1m de profundidad evaluados con espectrofotómetro. En el recuadro (g) están graficados los intervalos de clorofila-*a* mensuales evaluada con espectrofotometría en las ocho localidades muestradas.

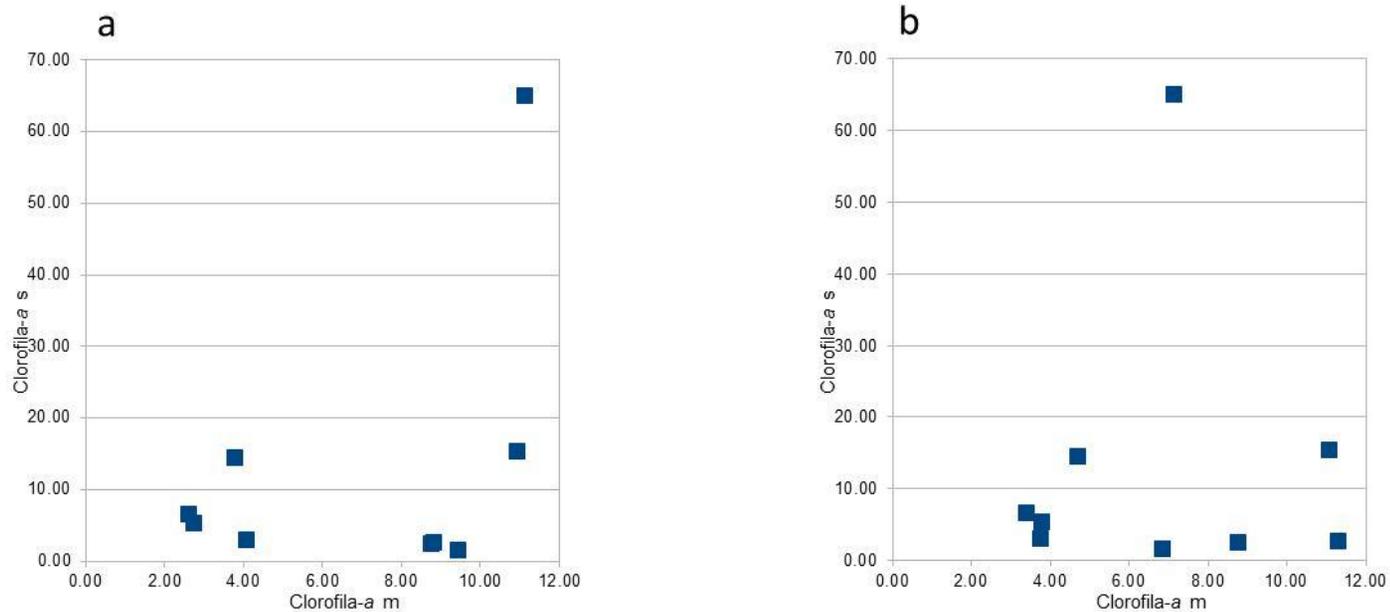
La tabla 19 muestra que sólo fueron once casos de los 132 posibles, en los que se contó con información tanto del muestreo puntual (método espectrofotométrico), como con concentraciones de clorofila satelital, cuyos valores concidieran con la misma fecha de muestreo o uno o dos días anterior o posterior.

Tabla 19. Comparación de valores de los muestreos para evaluar la cantidad de clorofila-*a* con los datos correspondientes de satélite. La profundidad es a la cual se tomo la muestra y el promedio es de los valores de clorofila-*a* a diferentes profundidades en metros (1, 3, 5, 10, 20, 50).

Localidad	Clorofila-a muestreo 1m (mg/m <sup>3</sup> )	Promedio Cl-a (mg/m <sup>3</sup> ) en columna	Fecha muestreo campo	Clorofila-a satélite (mg/m <sup>3</sup> )	Día juliano	Fecha imagen satélite	Clave imagen satélite
Caleta	4.08	3.74	13/02/10	3.05	44	13/02/10	A2010044_F
Centro	8.83	11.29	9/04/10	2.67	99	11/04/10	A2010101F2
Bocana	10.94	11.05	9/04/10	15.37	99	11/04/10	A2010101F2
Centro	11.12	7.15	5/06/10	65.00	156	7/06/10	A2010158F2
Bocana	8.76	8.77	5/06/10	2.47	156	7/06/10	A2010158F2
Caleta	9.46	6.83	5/06/10	1.57	156	7/06/10	A2010158F2
Centro	3.79	4.71	10/09/10	14.44	253	11/09/10	A2010254F2
Bocana	2.60	3.40	10/09/10	6.60	253	11/09/10	A2010254F2
Caleta	2.75	3.79	10/09/10	5.40	253	11/09/10	A2010254F2
Centro	3.46	3.15	25/02/11	23.64	56	25/02/11	A2011056F2
Bocana	2.48	4.42	25/02/11	65.00	56	25/02/11	A2011056F2

De las ocho estaciones implementadas para el monitoreo de la biomasa fitoplanctónica (clorofila-*a*) en la bahía de Acapulco y zona marina aledaña, en tres fue posible obtener información de clorofila-*a* de las imágenes de satélite (Caleta, Centro y Bocana; Fig. 30a-d, f). Para un mismo día el máximo de datos obtenidos fue de 3, los cuales son pocos para generar un gráfico de dispersión entre los datos de clorofila-*a* de campo con los de satélite para un mismo día. Por lo anterior se usaron los once datos que si fueron comparables por día de toma de la imagen y fecha de colecta de la muestra. Se compararon los valores de clorofila *a* obtenidos por MODIS Aqua, primero con los valores obtenidos en la colecta a 1m de profundidad (Fig. 31a) y luego se compararon con los promedios de clorofila-*a* obtenidos en la colecta de

campo (Fig. 31b). Se aprecia que hay muy poca relación entre los valores del satélite y los obtenidos con los análisis espectrofotométricos de los filtrados de los muestreos. Las diferencia en las magnitudes de los valores son evidentes al observar en la Tabla 19 que la clorofila-a de la estación Centro en el muestreo del 5 de junio de 2010 es de  $11.12 \text{ mg/m}^3$  a un metro de profundidad y de  $7.14 \text{ mg/m}^3$  en promedio, mientras que el valor del pixel de la imagen de satélite es de  $65 \text{ mg/m}^3$ .



Grafica 31a-b. Gráficos de dispersión entre los valores de clorofila-a de los muestreos (eje X) y de satélite (eje Y). En el gráfico a) se comparan los valores de clorofila-a de muestreos a 1m y en el b) los valores de clorofila-a promediando los datos a diferentes profundidades.

Debido a la poca información de clorofila satelital obtenida para el interior de la bahía, se trabajó a partir de febrero de 2011, con los datos de las tres estaciones oceánicas señaladas; en la figura 32a-b se observa que tampoco fue fácil hacer que coincidieran los valores de campo con las imágenes obtenidas por satélite; sólo en dos imágenes se

obtuvieron el dato de satélite y de muestreo en el océano. Al igual que en los datos de clorofila-*a* de la bahía los valores obtenidos del satélite son muy altos comparados con los correspondientes a los muestreos en campo (Tabla 20). Esta diferencia pudo deberse a la diferencia en las fechas de las imágenes de satélite y de los muestreos en campo, también a la diferencia entre el tamaño de superficie que se está evaluando y por a que los métodos de estimación de la clorofila en ambos casos son distintos. El método usado para medir las concentraciones por Oceancolor es el de High Performance Liquid Chromatography (HPLC) y Fluorometric Measurement of Chlorophyll-*a* Concentration (Mueller *et al.*, 2003a).

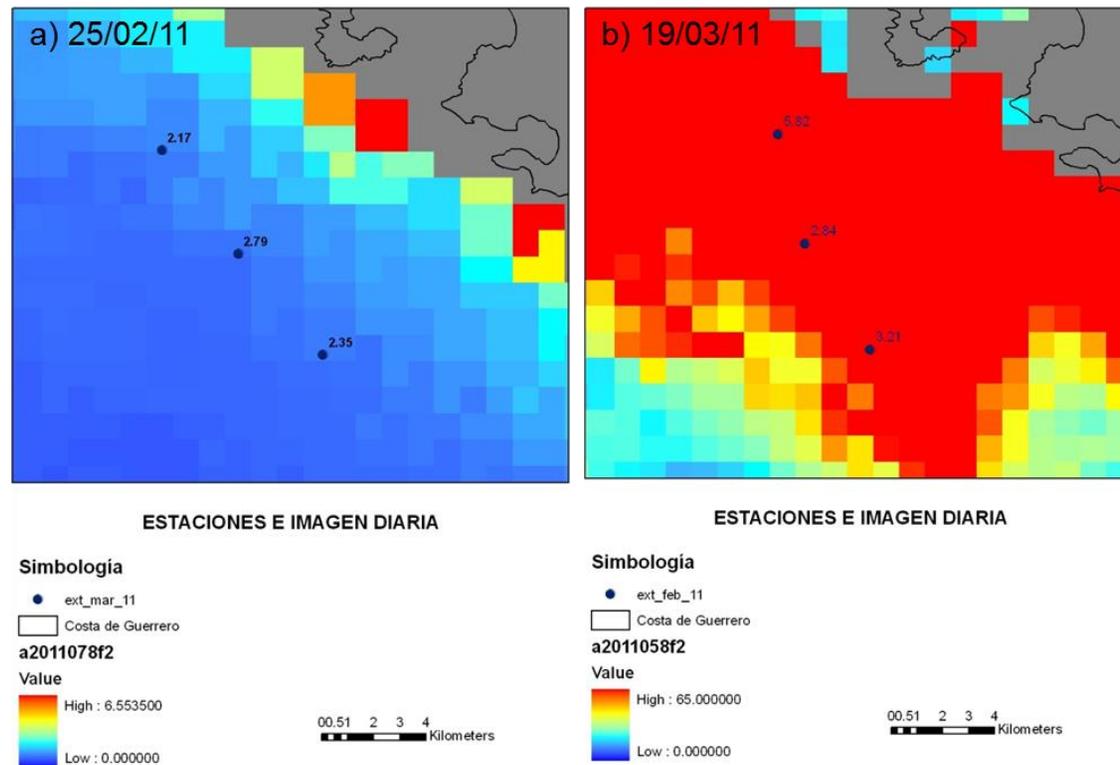


Figura 32a-b. Comparación de datos de clorofila-*a* en dos fechas donde coincidieron los muestreos en campo, con los correspondientes de las imágenes de satélite, para las tres estaciones oceánicas (est. 11, 12 y 13).

Tabla 20. Comparación de valores de clorofila-a de las estaciones oceánicas 11 a 13 con los datos obtenidos de la imagen de satélite.

Estación	Clorofila-a muestreo (mg/m <sup>3</sup> )	Fecha muestreo campo	Clorofila-a satélite (mg/m <sup>3</sup> )	Fecha imagen satélite	Imagen
11	5.8200	25/02/11	17.8763	25/02/11	a2011058f2
12	2.8400	25/02/11	30.9772	25/02/11	a2011058f2
13	3.2100	25/02/11	16.8601	25/02/11	a2011058f2
11	2.1700	17/03/11	0.2208	19/03/11	a2011078f2
12	2.7900	17/03/11	0.1839	19/03/11	a2011078f2
13	2.3500	19/03/11	0.1954	19/03/11	a2011078f2

Para conocer la variación de la clorofila-a a través del tiempo de enero a junio de 2011, se realizó una gráfica (Fig. 33) de los datos de Clorofila-a satelital, usando las posiciones promedio de las tres estaciones oceánicas (11, 12 y 13), ubicadas a 5 km de la costa; en la cual dadas las grandes diferencias que existen en su magnitud (0.0001 a 65 mg/m<sup>3</sup>), los valores de clorofila-a fueron re-escalados por 10,000 y transformados a logaritmos. En la figura 33 se observa la presencia de un florecimiento algal entre finales de febrero y principios de abril (días julianos 53-74), lo cual de manera interesante coincide con los valores más altos de biomasa encontrados en el año anterior 2010 (Fig. 18).

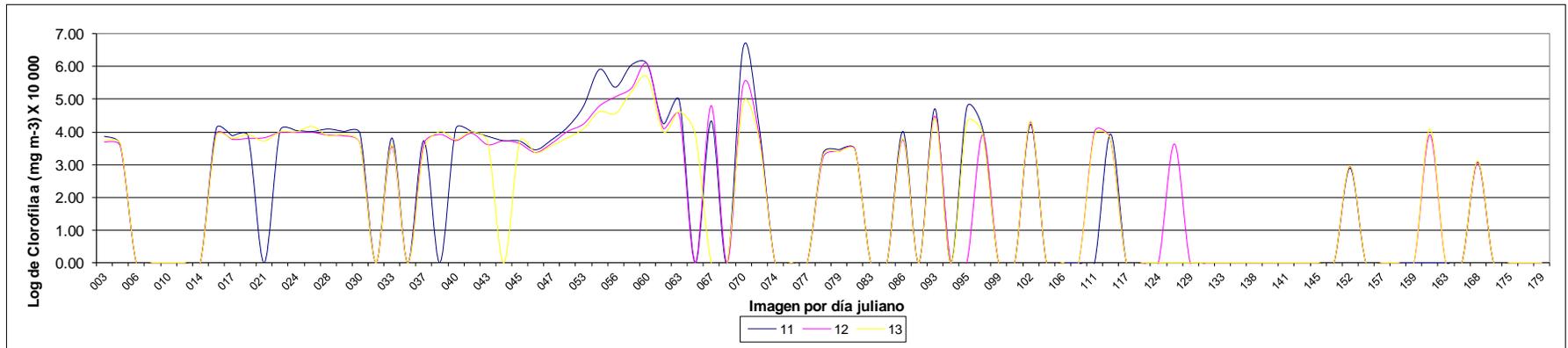


Figura 33. Concentración de clorofila *a* satelital frente a la costa de Guerrero frente a la Bahía de Acapulco (estaciones 11,12 y13) durante los primeros 6 meses de 2011, representados como días julianos (o día consecutivo en el año).

Adicionalmente se generaron imágenes con los promedios mensuales de clorofila-*a* con una resolución espacial de 4 km, de una serie de tiempo de julio de 2002 a junio de 2011. Esto es 9 años de seguimiento con los datos disponibles de clorofila-*a* satelital de las costas de Guerrero, dando un total de 103 imágenes. En algunos años se presentaron huecos de información, como ejemplo en el año 2004 faltaron 2 promedios mensuales y en los años 2006 y 2010 un promedio (Tabla 21). Con estas imágenes en un futuro se podrán hacer los cálculos de anomalías de clorofilas para detectar florecimientos algales en la región.

Tabla 21. Número de imágenes con los promedios mensuales de Clorofila-*a*.

<i>Año</i>	<i>No. de promedios mensuales</i>
2002	6
2003	11
2004	10
2005	12
2006	11
2007	12
2008	12
2009	12
2010	11
2011	6
Total	103

### **Variación de la Biomasa Fitoplanctónica a través de imágenes de clorofila satelital**

Con las imágenes de satélite disponibles para la Bahía de Acapulco y Zona Marina aledaña, se observó que la biomasa fitoplanctónica cambió a lo largo del año, siendo los meses de junio y septiembre de 2010 y febrero de 2011, los que presentan los valores más altos de clorofila satelital. Lo cual no coincidió cabalmente con la evaluación de clorofila a través del método espectrofotométrico, ya que por este método se encontró que el mes de abril fue el que tuvo la mayor biomasa fitoplanctónica (Fig. 30a-g).

Las imágenes de clorofila satelital de la zona costera del estado de Guerrero (Figs. 34a-h), muestran que las condiciones de eutrofización de la Bahía de Acapulco parecen tener poca influencia en la biomasa algal de la zona marina aledaña, ya que se ve que toda la zona costera del estado de Guerrero es altamente productiva en la mayoría de los meses. Sin embargo, llama la atención que en época de lluvias, sí es la bahía la que se muestra más productiva y quizás eso ayude a explicar el porque se presentó un florecimiento de *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* en una época atípica para el Pacífico Sur Mexicano, ya que este dinoflagelado se presenta cuando ocurre principalmente en la el invierno (noviembre a febrero; Meave *et al.*, 2008).

Por otra parte las imágenes de clorofila satelital de las Figs. 35a-p, correspondientes a promedios semanales de clorofila satelital de distintos meses del año 2010 (Temperatura y color del mar, SATMO-CONABIO; [http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/mares/satmo/tiempo\\_real.html](http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/mares/satmo/tiempo_real.html)) ayudan a contestar uno de los objetivos del proyecto, correspondiente a saber, a través de imágenes de clorofila satelital, si los florecimientos encontrados en la Bahía de Acapulco se generaban dentro o se importaban desde la zona marina aledaña. Con la serie de imágenes se observó que el FAN de *P. bahamense* var. *compressum* que se presentó en el mes de julio de 2010 en la bahía, tuvo su origen más al sur (en el Golfo de Tehuantepec) durante el mes de febrero de 2010 (Fig. 35d), el cual a su vez estuvo relacionado con un FAN de la misma especie, que inició más al sur en las costas de El Salvador, durante el mes de noviembre de 2009 (Licea *et al.*, 2010). A partir de la figura 35f, se observa que este FAN del Golfo de Tehuantepec se empezó a desplazar hacia el Occidente. En mayo de 2010 (Fig. 35g), toda la costa del Pacífico sur de México, presentó valores altos de clorofila y fué justo cuando se encontraron quistes de *P. bahamense* var. *compressum* sin germinar en la columna de agua de la bahía, cuando todavía no se observaban células vegetativas. Seguramente no fué sino hasta el

mes julio 2010 (época de lluvias) que se presentaron las condiciones adecuadas (temperatura, salinidad y nutrientes) dentro de la bahía para que las células de *P. bahamense* var. *compressum* se desarrollara masivamente, produciendo el FAN. Dado que en octubre de 2010 (Fig. 35n) se observó nuevamente un florecimiento algal en Tehuantepec, que más tarde (noviembre, Fig. 35o) se muevió hacia el Occidente, probablemente este haya sido el origen del segundo FAN de *P. bahamense* var. *compressum*, que ocurrió tanto en Acapulco como en la zonas costeras de Guerrero y Michoacán a finales del año 2010 (Gárate-Lizárraga *et al.*, 2012).

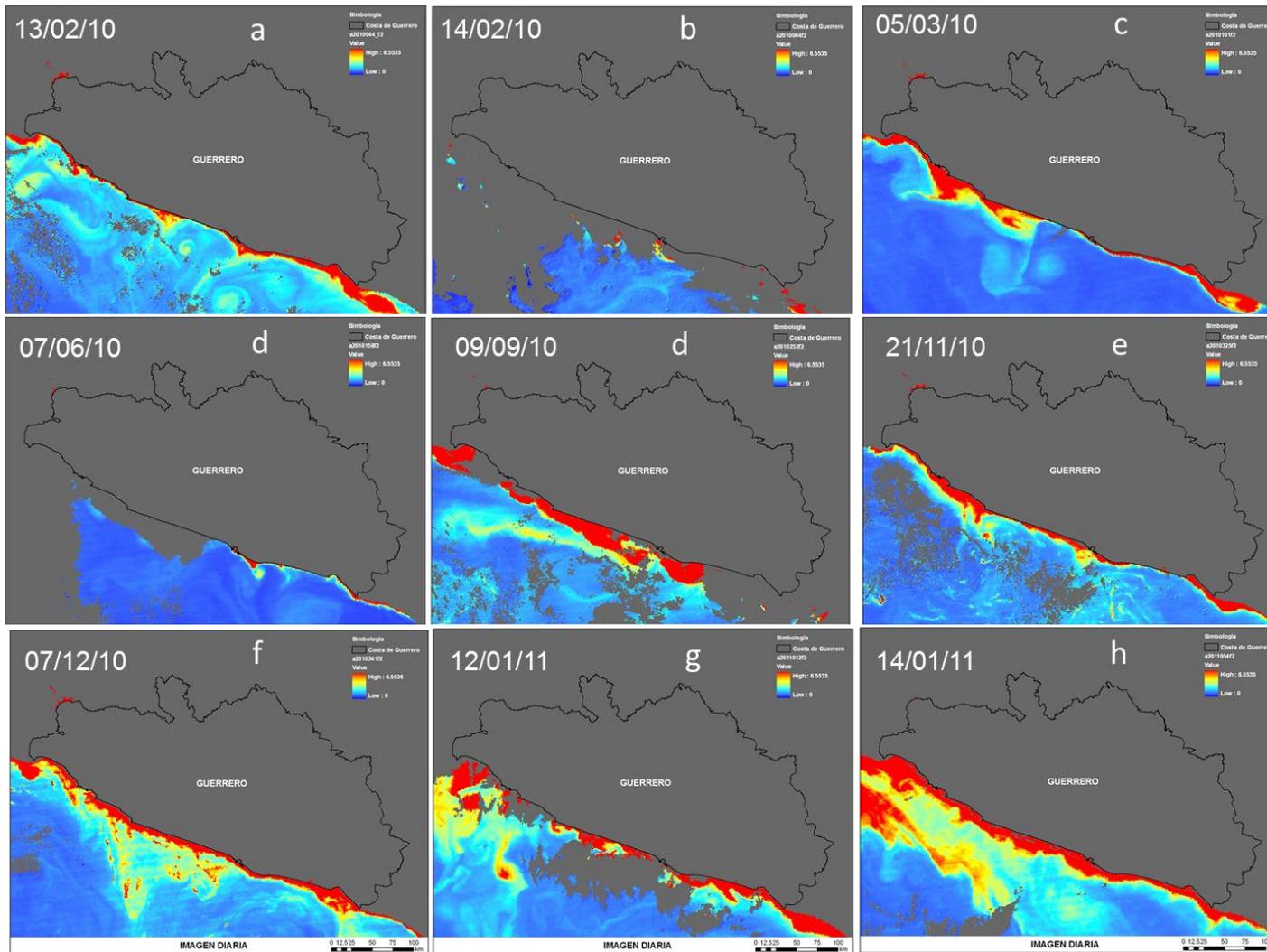


Figura 34a-i. Mapas de zona marina del Estado de Guerrero, mostrando concentraciones de clorofila satelital, en el ciclo anual de febrero de 2010 a enero de 2011.

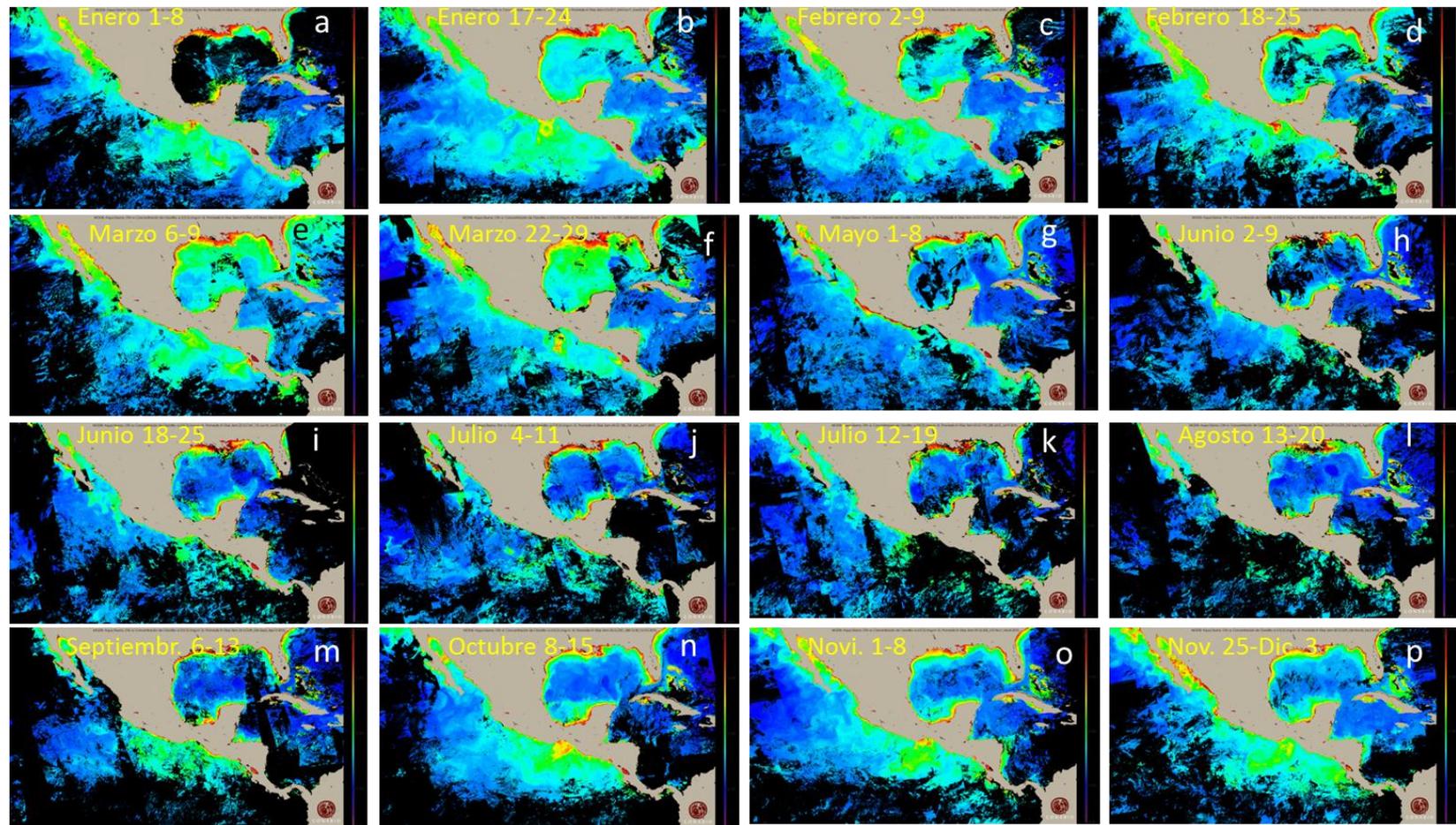


Fig. 35 a-p. Imágenes de clorofila satelital de promedios semanales de distintos meses del año 2010. Fuente CONABIO. En febrero de 2010 se observa la formación de un florecimiento en le Golfo de Tehuantepec, para marzo d se observa su desplazamiento hacia el Occidente. En mayo toda la costa del Pacifico sur de México presenta valores altos de clorofila. En julio ocurrió el FAN de *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* en Acapulco. En octubre hay nuevamente un florecimiento algal en Tehuantepec que se mueva al Occidente durante noviembre y diciembre, dando lugar al segundo FAN en Acapulco y zonas costeras de Guerrero y Michoacán.

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

Se encontró una alta riqueza fitoplanctónica en la bahía de Acapulco (458 taxa) de los cuales 94 taxa corresponden a nuevos registros para el Pacífico Mexicano, el estudio probó que hacer un estudio intensivo, con material colectado con muestras de red y botella, así como con el estudio de muestras *in vivo*, definitivamente si complementan la ficoflora planctónica de un sitio. Además fue posible observar que en la bahía de Acapulco es más común la fracción microplanctónica que la nanoplanctónica, lo cual habla de un sistema marino con características más bien oligotróficas.

Asimismo, la alta riqueza y diversidad ( $H'$ ) de la flora planctónica de la Bahía, refleja que este es aún un ecosistema marino “sano” a pesar de estar expuesto, por su forma de anfiteatro, a la llegada de aguas negras con los arroyos temporales que bajan desde la montaña, pasando por colonias proletarias altamente pobladas. Lo anterior podría deberse al “lavado de la Bahía” por los movimientos del agua producidos por las corrientes marinas y su cercanía con la Trinchera Mesoamericana. Para explicar la alta riqueza de Acapulco, también es importante recordar su situación geográfica, al estar en una región de confluencia de corrientes antagónicas: la Corriente de California y la Corriente Norecuatorial; al respecto en abril del 2010, una hembra y su ballenato se avistaron por unos días la Bahía de Acapulco, lo cual prueba la llegada de la corriente de California hasta estas latitudes tropicales.

En el caso de la biomasa (clorofila *a*), la bahía presentó valores que variaron de 0.001 a 46.28 mg m<sup>-3</sup>, distinguiéndose un aumento durante los meses de secas (abril, mayo y junio), con concentraciones medianas de 10.7, 9.4 y 8.5 mg m<sup>-3</sup> respectivamente. Sin embargo durante el mes de julio se presentaron los valores más altos de biomasa en las localidades de Centro, Naval y Punta Bruja entre 3 y 5 m (desde 14.27 a 43.28 mg m<sup>-3</sup>), asociado con el FAN de *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*; y posteriormente hubo un descenso significativo ( $p < 0.005$ ) de la biomasa fitoplanctónica en época de lluvias (Fig. 18).

En relación a las densidades fitoplanctónicas, en general las diatomeas dominaron dentro de la comunidad de Acapulco a lo largo del año, variando entre 35.9-95.2% del total de fitoplancton; únicamente los dinoflagelados alcanzaron un máximo de 40% en el mes de mayo. La mayor concentración de fitoplancton se detectó entre los 3 y 5 m, alcanzando la zona fótica una profundidad de hasta 40 m de profundidad, con ello podemos decir que la luz al parece no es un factor

limitante para el fitoplancton en la Bahía de Acapulco, incluso en la época de lluvias, cuando disminuye la transparencia del agua.

Además, la composición de fitoplancton de Acapulco parece estar influenciada por eventos climáticos, ya que se observó que en época de lluvias, dentro de la bahía llegan a ocurrir especies típicamente de agua dulce, tales como: *Pediastrum simplex* Meyen y *P. duplex* Meyen, seguramente llevadas a la bahía por los arroyos temporales que en ella desembocan; por el contrario en los meses de secas, se encontraron especies que han sido registradas como oceánicas de aguas profundas, tales como: *Asterodinium gracile* Sournia, *Brachydidinium capitatum* Taylor, *Ceratoperidinium yeye* Margalef y *Gynogonadinium aequatoriale* Gómez (Gómez, 2006; 2007); posiblemente con intromisión de masas de agua oceánicas en la bahía.

En la época de secas también se presentan las Euglenophyta de manera importante, con densidades de hasta 72,000 céls L<sup>-1</sup>, sobre todo en la localidad La Naval en mayo de 2010, que es la que presenta los mayores tiempos de residencia de agua. Dado que en general, dicho grupo es indicador de materia orgánica en el ambiente, es posible interpretar lo anterior como que seguramente durante la época de secas, sea más difícil diluir los aportes de aguas negras y materia orgánica que llegan a la bahía.

Las mayores abundancias fitoplanctónicas se observaron en el mes de enero de 2011, donde en la localidad Caleta, se alcanzó una densidad fitoplanctónica total cercana a los 2.5 x10<sup>6</sup> céls L<sup>-1</sup>. Con respecto a taxa específicos, en algunos momentos, algunas especies alcanzaron valores de densidad que incluso ocasionaron un FAN, tal fue el caso del dinoflagelado *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, que en el mes de julio del 2010, alcanzó valores de 773,554 céls L<sup>-1</sup>, ocasionando un toxicidad en moluscos bivalvos de hasta 2,092 mg SXTeq./100 gr carne y una veda continua, implantada por el Laboratorio Estar de Salud Pública, de julio a diciembre de 2010. En septiembre del mismo año (2010) la diatomea *Chaetoceros curvisetus* Cleve alcanzó densidades de hasta 1'382,512 céls L<sup>-1</sup>. Debido a la amplia gama de dimensiones de las especies fitoplanctónicas, no necesariamente las densidades altas de fitoplancton se relacionan con la importancia de la comunidad en la Bahía de Acapulco; los valores de biomasa muestran que los valores más altos se muestran a finales de la época de secas, cuando la comunidad esta dominda por especies grandes de dinoflagelados.

Lo anterior se sustenta con los resultados de la correlación de Spearman de las variables físico-químicas con la biomasa fitoplanctónica y abundancia numérica de células fitoplanctónicas, la cual mostró una asociación significativa entre la clorofila-*a* y la densidad de los dinoflagelados ( $r_s = 0.333$ ;  $p < 0.0004$ ), y no así con la densidad de las diatomeas (como era de esperarse por ser el grupo dominante). Esto nos indica que a pesar de que los dinoflagelados sean menores en número, posiblemente por su tamaño, o bien por la cantidad de clorofila que presentan, juegan un papel importante como productores primarios. La clorofila *a*, también se asoció positivamente con la Temperatura del agua ( $r_s = 0.249$ ;  $p < 0.009$ ) y el Oxígeno disuelto ( $r_s = 0.50$ ;  $p < 0.0001$ ); y negativamente con la Salinidad ( $r_s = -0.368$ ;  $p < 0.00008$ ), los Nitritos ( $r_s = -0.278$ ;  $p < 0.003$ ) y los Nitratos ( $r_s = -0.228$ ;  $p < 0.017$ ). Dado que también el grupo de dinoflagelados heterótrofos (*Protoberidinium* spp.) fue importante y diverso, señala que este grupo juega también un papel importante como consumidores primarios, lo que seguramente facilita el restablecimiento de nutrientes para la propia comunidad fitoplanctónica en la época de secas. Por otra parte, la escases de sílice en la Bahía de Acapulco a lo largo de todo el año, podrían ser la causa del bajo aporte de las diatomeas a la biomasa fitoplanctónica de la bahía. Las relaciones de densidad y biomasa fitoplanctónica podrían ser mejor explicadas a través de un estudio de biovolumen del fitoplancton de la bahía, el cual está en proceso a través de una tesis doctoral. Aunado a lo anterior, la disminución de silicatos en ciertos periodos del año (de septiembre 2010 a enero 2011), así como su ligero aumento en otros periodos (marzo a abril), podría deberse también al aumento o disminución de la densidad de diatomeas.

La presentación del FAN de *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* en el mes de julio de 2010, pudo estar relacionada con el incremento de la temperatura del agua y la elevación de los ortofosfatos, sin embargo su presencia esporádica dentro de la bahía, nos señala que más bien su ocurrencia depende de la llegada de quistes vivos a la bahía, exportados de la zona marina adyacente; toda vez que este FAN inicia siempre en la región de Centroamérica, cerca del Domo de Costa Rica (Licea *et al.*, 2010; Meave *et al.*, 2008). De esta manera la presencia de *Pyrodinium bahamense* en la Bahía de Acapulco en el año de 2010, pudo deberse a las secuelas de los FAN presentados en Centroamérica y sur del Pacífico mexicano ocurridos en el periodo de noviembre de 2009 a febrero de 2010 y de octubre a noviembre de 2010.

Las escasas imágenes conseguidas con datos de clorofila satelital para la Bahía de Acapulco, muestran que sus pequeñas dimensiones y forma semicircular, no propician el desarrollo de estudios de sus florecimientos a través de

imágenes satelitales. Además la época de lluvias del año 2010, se caracterizó por tener nublados gran parte del año, lo cual imposibilitó obtener imágenes de satélite durante el mes de julio, incluso de la zona marina aledaña, justo cuando se presentó el FAN de *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*; de esta manera también fue imposible conocer si tal evento se produjo dentro de la bahía o si por el contrario formó en la zona marina aledaña. No obstante lo anterior, en términos generales, las imágenes de Clorofila satelital diaria con información útil (Fig. 34a-h) de diferentes días a lo largo del 2010 y principios del 2011, mostraron que de septiembre a marzo la costa de Guerrero fue productiva, lo cual coincide con el aumento de densidad fitoplanctonica encontrada de noviembre de 2010 a enero de 2011, con un pico de biomasa en campo en el mes de abril. Por lo tanto el aumento de la densidad fitoplactónica a finales de 2010 y principios de 2011, esta relacionado con las condiciones prevalecientes en el exterior de la bahía. Con esta premisa, dado que hubo dos periodos donde se presentaron FAN de dinoflagelados: julio de 2010 para *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* y noviembre de 2010 para *Gymnodinium catenatum* y *P. bahamense* var. *compressum*, podemos inferir que el FAN del mes de julio se gestó en el interior de la bahía, mientras que el del mes de noviembre se generó en la zona marina aledaña.

Por último diremos que resultó difícil la calibración de la clorofila satelital con datos de campo; no es posible captar la variabilidad espacial con pocos puntos de muestreo, por lo que sería necesario tomar una gran cantidad de puntos de muestreo para poder compararlo con los datos de Clorofila-a del satélite. La variabilidad temporal también es un aspecto importante a considerar, ya que la toma de datos in-situ debe empatar con los días y horas de toma de escenas del satélite, que además no deben de tener nubes. Estos dos aspectos deberían ser considerados en la estrategia de muestreo para aguas Caso 1 (Mueller, 2003b), pero implicarían recursos financieros y de tiempo que exceden los objetivos del presente trabajo. De los muestreos realizados en el presente proyecto sólo uno de los muestreos de 2011, el del 19 de marzo, empató con los datos de satélite, en cuanto a día y se aproximó a la hora de toma de la muestra. Para este punto se obtuvo el valor de la imagen MODIS Aqua para la fecha antes referida procesada por Oceancolor y por la CONABIO. El valor de Clorofila-a del muestreo fue de  $2.35 \text{ mg/m}^3$ , el valor obtenido de la imagen de Oceancolor es de  $0.19 \text{ mg/m}^3$  y el de la imagen de la CONABIO es de  $0.17 \text{ mg/m}^3$ . Ambas imágenes tienen valores inferiores a la muestra de campo. De acuerdo al trabajo desarrollado por Pérez-Marrero *et al.* (2002) obtuvieron 62 páres válidos para comparar Clorofila-a in-situ y la clorofila-a satelital durante 10 meses distribuidos de 1997 a 1999 con un total de 226 estaciones muestreadas para validar y calcular el algoritmo. Para evaluar la bondad del ajuste de los datos de satélite para Clorofila-

a y datos in-situ de esta variable sería necesario hacer un estudio extensivo, reticulando la zona para establecer varios puntos de colecta y con ello aproximarnos más al valor de clorofila integrado obtenido por el satélite y adaptar los protocolos de validación de las imágenes de clorofila del océano a las condiciones de investigación en México.

## REFERENCIAS

- Aké-Castillo, J.A., D.U. Hernández-Becerril and M. E. Meave del Castillo. 1999. Species of the genus *Thalassiosira* (Bacillariophyta) del Golfo de Tehuantepec, Mexico. *Botanica Marina* 42: 487-503.
- Aké-Castillo, J.A., Hernández-Becerril, D.U., M.E. Meave del Castillo and E. Bravo-Sierra. 2001. Species of *Minidiscus* (Bacillariophyta) in the Mexican Pacific Ocean. *Cryptogamie Algologie* 22(1):101-107.
- Bustamante-Gil, C. 2011. Variación espacial y temporal de los Dinoflagelados (Dinophyta) de la Bahía de Acapulco en diferentes épocas del año. *Tesis de Maestría*. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 99 pp.
- Cohén-Fernández, E.J., M. E. Meave del Castillo, I.H. Salgado-Ugarte and F.F. Pedroche. 2006. The Contribution of external morphology in solving a species complex: The case of *Prorocentrum micans*, *P. gracile* and *P. sigmoides* (Dinoflagellata) of the Mexican Pacific coast. *Phycological Research* 54 (4): 330-340.
- Cohen-Fernández E.J., F. F. Pedroche, M. Rodríguez Palacios, S. Álvarez Hernández y M. E Meave del Castillo. 2010. Molecular phylogeny of *Prorocentrum* (Dinoflagellata) from the Pacific coast of Mexico based on the parsimony analysis of fragments of LSUrDNA and SSUrDNA. *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry* 2(3):29-37
- Dodson, A. N. & W. H. Thomas, 1978. Filtration. Reverse filtration. In: A. Sournia (ed.) *Phytoplankton Manual*. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris. pp. 104-07
- Domínguez-Parra, S. 1979. Estudio de la calidad reglamentaria y ecológica de las aguas costeras en la Bahía de Acapulco, Gro., y proximidades realizado de noviembre de 1978 a marzo de 1979. *Tesis de Maestría* (Maestría en Ciencias (Biología Marina)) UNAM, Facultad de Ciencias. 153 p.

- Ebert, K. 2009. Exceptional Phytoplankton Bloom Recognition from Visible Spectral Satellite Radiometry Data. *Tesis Doctoral*. Universidad de Berlín. Alemania.
- Edler L. & M. Elbrächter. 2010. 2 The Utermöhl method for quantitative phytoplankton analysis. *In: B. Karlson, A. Cusack & E. Bresnan (eds.) Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analyses*. Paris, UNESCO: 13-20.
- Emery, K.O. 1967. Estuaries and Lagoons in relation to continental shelves. *Woods Hole Oceanographic Institution* 1493: 9-11.
- Ferrario, M. E., E. Sar y S. E. Sala, 1995. Metodología básica para el estudio del fitoplancton con especial referencia a las diatomas. *In: K. Alveal, M. E. Ferrario, E. C. Olvera y E. Sar (eds.) Manual de métodos Ficológicos*. Editorial Aníbal Pinto, S. A. de Concepción, Chile: 1-24.
- Flamand, S. C. 1991. Pacífico Tropical Mexicano: Cabo Corrientes con la frontera con Guatemala. *Oceanografía Geológica. En: de la Lanza, G. (ed.). Oceanografía de Mares Mexicanos AGT Editor, S.A. México. p: 117-148*
- Gárate-Lizárraga, I., B. Pérez-Cruz, J.A. Díaz-Ortiz, M. Alarcón-Tacuba, L.A. Chávez-Almazán, M.A. Alarcón-Romero, S. López-Silva, J.J. Bustillos-Guzmán y Licea-Durán. 2012. Toxicity and paralytic toxin profile in *Pyrodinium bahamense* var. compressum and violet oyster in Bahía de Acapulco, Guerrero, Mexico. *Harmful Algae News* 45:2-3.
- Gómez, F. 2006. The Dinoflagellate Genera *Brachidinium*, *Asterodinium*, *Microceratium* and *Karenia* in the Open SE Pacific Ocean. *Algae* 21(4):445-452.
- Gómez, F. 2007. *Gynogonadinium aequatoriale* gen. et sp. nov., a New Dinoflagellate from the Open Western Equatorial Pacific. *Algae* 22(1):11-15.
- González-Rivas, D. A. 2011. Contribución al monitoreo de variables biofísicas mediante imágenes del satélite MODIS de la Bahía de Acapulco. Informe de Sevivio Social para grado de Licenciatura. UAMI, Dto. De Biología. 10 pp.

- Hasle, G. R. & G. A. Fryxell, 1970. Diatoms: cleaning and mounting for light and electron microscopy. *Transactions of the American Microscopy Society*, 8: 469-474.
- Hendricks, E.M. 1993. Crustáceos Decápodos del Pacífico Mexicano. *In*: S. I. Salazar Vallejo y N.E. González (Eds.) *Biodiversidad marina y costera de México*. CONABIO. CIQRO. Chetumal, Q. Roo. México. pp. 272-318.
- Hernández-Rosas, A., M.E. Meave del C. y M. Castillo-Rivera, 2006. Morfometría de especies de *Ornithocercus* en el Pacífico Tropical Mexicano. *XIV Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología, A.C. y VII Internacional Meeting of the Mexican Society of Planktology*. Morelia, Mich, 30 de mayo al 2 de junio, 2006.
- Hernández-Rosas, A., M. E. Meave del Castillo, M.E. Zamudio-Resendiz y M. Castillo Rivera. 2007. Morfometría y distribución de especies del género *Ornithocercus* del Pacífico mexicano. *Hidrobiológica* 17(3): 257-272.
- Hernández-Rosas, A., M.E. Meave del Castillo y M.E. Zamudio. 2008. Morfometría de *Ceratium balechii* (Dinophyta) y otras especies del género *Ceratium*. *VIII Congreso de Ficología de América Latina y El Caribe. VI. Reunión Iberoamericana de Ficología*. Lima, Perú. 25 al 29 de agosto de 2008.
- Hirata T., Aiken. J., Hardman-Mountford.N., T.J. Smyth. T.,y Barlow. R. 2008. An absorption model to determine phytoplankton size classes from satellite ocean colour. *Remote Sensing of Environmental* (112): 3153-3159
- Kirk, J. T. O. 1994. *Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems*. Cambridge University Press: Cambridge and New Cork. 401 p.
- Kulm, L.D., C. Roush, C. Harlett, H. Heudeck, H. Chambers y J. Runge.1975. Oregon Continental Shelf Sedimentation Interrelationships of Facies Distribution and sedimentary processes. *The Journal of Geology* 83(2): 145-175.
- Licea, S., A. Navarrete, V. Castañeda, J. Bustillos-Guzmán & E. Barraza. 2010. Monitoring programm for Harmful algae Blooms in Salvador waters: report of *Pyrodinium bahamense* from November 2009 to June 2010. *In*: Kalliopi Pagou (ed). *14<sup>th</sup> International Conference on Harmful Algae*. Abstract Book. p. 140.

Mayo-Vera, A. B. 2004. Estudio Ambiental de la bahía de Acapulco, Guerrero. *Tesis Licenciatura* (Ingeniero Geólogo)-UNAM, Facultad de Ingeniería. 76 p.

Meave del Castillo, M.E. 2002. Reporte final del proyecto UAMI-CONABIO S151 “Diatomeas marinas planctónicas de la zona costera del Pacífico tropical mexicano. 37p, 1 anexo (enero 2002). Base Biótica con 9,147 registros.

Meave del C., M.E., 2006. Informe Final del Proyecto BA008 “Diatomeas (Bacillariophyta), Dinoflagelados (Dinophyta) y Silicoflagelados (Dictyochophyceae) Marinos del Pacífico Mexicano, con énfasis en la porción tropical. 80, p., 16 láminas, 2 anexos

Meave del C., M.E. 2008. Informe Final del Proyecto DJ022. “Dinoflagelados y Diatomeas del Pacífico Tropical Mexicano” Fecha de aceptación: 8/12/2008.

Meave del Castillo, M.E., M.E. Zamudio Resendiz, J.A. Aké Castillo, S. Guerra-Martínez y I.F. Barbosa Ledesma. 2003a. Biodiversidad de Diatomeas (Bacillariophyta) en la Columna de Agua del Pacífico Mexicano. p.p .43-84. *In: Planctología Mexicana*. Barreiro, T., M.E. Meave del Castillo, G. Figueroa-Torres y M. Signoret (Eds.). Sociedad Mexicana de Planctología, A.C. (SOMPAC).

Meave del Castillo, M.E., M.E. Zamudio Resendiz, Y.B. Okolodkov & I.H. Salgado Ugarte. 2003b. *Ceratium balechii* sp. nov. (Dinophyceae: Gonyaulacales) from the Mexican Pacific. *Hidrobiológica* 13(1): 75-91.

Meave del Castillo, M.E., M.E. Zamudio Resendiz y M. Castillo Rivera. 2004. Asociaciones de Diatomeas Planctónicas del Pacífico Mexicano. *Resúmenes del Congreso. Nuevo, Vallarta, Nayarit*. 25 – 28 de abril del 2004.

Meave del Castillo, M. E., M.E. Zamudio-Resendiz, A. Hernández-Rosas, R. Cortes-Altamirano y M. Castillo- Rivera. 2007. Variación morfológica de *Ceratium balechii* con relación a la temperatura del agua. *XI COLACMAR (Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar)*. Florianópolis, Brasil. 15 al 19 de abril del 2007.

Meave del Castillo, M. E., R. Rodríguez & M. Vargas M. 2008. Blooms of *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* along the Pacific Coast of Central America and southern México. *In: 12th International Conference of Harmful Algae*. Moestrup et al. (eds.): 212-215.

Meave del C., M.E. y M.E. Zamudio-Resendiz 2009. Dinoflagelados desnudos del Pacífico Mexicano. *XV Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología A.C. VIII International Meeting of the Mexican Society of Planctology*. México, D.F. 21-24 de abril, 2009.

Meave del Castillo, M. E., M.E. Zamudi-Resendiz & M.A. Castillo-Rivera (en prensa). Riqueza fitoplanctónica de la Bahía de Acapulco y zona costera aledaña, Guerrero, México. *Acta Botanica Mexicana*.

Müller, J. L., Bidigare, R. R., Trees, C., Balch, W. M., Dore, J., Drapeau, D.T., Karl, D., L. Heukelem, Van y J. Perl. 2003a. *Ocean Optics Protocols For Satellite Ocean Color Sensor Validation, Revision 5, Volume V: Biogeochemical and Bio-Optical Measurements and Data Analysis Protocols*. Editores: James L. Mueller, Giulietta S. Fargion and Charles R. McClain. NASA. 36 págs.

Müller, J. L., Austin, R.W., Morel, A. Fargion, G.S. y C.R. McClain. 2003b. *Ocean Optics Protocols For Satellite Ocean Color Sensor Validation, Revision 5, Volume I: Introduction, Background and Conventions*. Editores: James L. Mueller, Giulietta S. Fargion and Charles R. McClain. NASA. 50 págs.

Murphy, J y P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analitica Chemica Acta*, 27: 31- 36.

Okolodkov, Y.B., M.E. Meave del Castillo y M.E. Zamudio-Resendiz. 2003. Diversidad de Dinoflagelados Planctónicos en el Pacífico Mexicano. *IV. Congreso Mexicano de Ficología. Mérida, Yucatán*. 7-11 de abril. Resúmenes del Congreso. p. 79.

Osorio-Tafall, B.F. 1942. Notas sobre algunos dinoflagelados planctónicos marinos de México, con descripción de nuevas especies. *An. Esc. Nac.Cienc. Biol.* 2: 435-450.

Parson, T., C. Maita & C. Lally. 1984. *A manual of Chemical and Biological Methods of Seawater Analysis*. Pergamon Press, Oxford, 173 p.

Pérez-Marrero, J., L. Maroto, J. Godoy, M. Villagarcía, A. Cianca, M. J. Rueda y O. Llinás. 2002. Validación de modelos para la determinación de clorofila "a" a partir de imágenes Sea WIFS en el atlántico centro-oriental. *Revista de Teledetección* 17: 55-60.

Schwartz, M. C. 1942. Photometric determination of silica in the presence of phosphates. *Industrial & Engineering Chemistry Analytical Edition* 14: 893- 895.

Simonsen, R. 1974. The diatom plankton of the Indian Ocean Expedition of RV "Meteor" 1964-1965. "*Meteor Forschungsergebnisse Reihe D*, 19:14, pls. 10-11..

Solórzano, L. 1969. Determination of ammonia in natural water by phenol-hypochlorite method. *Limnology and Oceanography*, 14: 799- 801.

Sterrenburg, F.A.S., M. E. Meavedel Castillo & M.A. Tiffany. 2003. Studies on the Genera *Gyrosigma* and *Pleurosigma* (Bacillariophyceae): Pleurosiga species in the plankton from the Pacific coast of México, with the description of *P. gracilitatis* sp. nov. *Cryptogamie Algology* 24(4): 291-306

Strickland, J. & T. Parsons, 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* 167, 310 p.

Tamayo, J. L. 1970. *Geografía Moderna de México*, Ed. Trillas México. 390 p,

Villafañe, V.E. & F.M.H. Reid. 1995. Métodos de microscopía para la cuantificación del fitoplancton. In: K. Alveal, M.E. Ferrario, E.C. Oliveira y E. Sar (eds.) *Manual de Métodos Ficológicos*. Universidad de Concepción. Chile, p.p: 169-185.

Zamudio-Resendiz, M.E. (en proceso). Cambios morfológicos funcionales a lo largo de un ciclo anual, en la comunidad fitoplanctónica de la Bahía de Acapulco. Tesis Doctoral. Posgrado en Ciencias Biológicas y de la Salud, UAM.