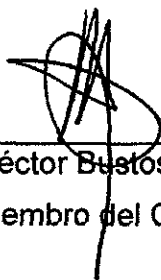


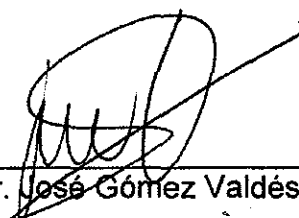
TESIS DEFENDIDA POR
Mariana Macías Carballo
Y APROBADA POR EL SIGUIENTE COMITÉ



Dr. Eduardo Millán Núñez
Director del Comité



Dr. Héctor Bustos Serrano
Miembro del Comité



Dr. José Gómez Valdés
Miembro del Comité



Dra. Ma Elena Solana Arellano
Miembro del Comité



Dra. Bertha Eugenia Lavaniegos Espejo
Coordinador del programa de posgrado
en Ecología Marina



Dr. David Hilario Covarrubias Rosales
Director de Estudios de Posgrado

14 de Diciembre de 2011

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DE ENSENADA**



**PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS
EN ECOLOGÍA MARINA**

**VARIABILIDAD DE LA FORMA ESPECTRAL DEL FITOPLANCTON Y SU
RELACIÓN TAXONÓMICA DURANTE LAS PRIMAVERAS DEL 2005-2008 EN
LA REGIÓN OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA**

TESIS

**que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS**

Presenta:

MARIANA MACÍAS CARBALLO

Ensenada, Baja California, México, Diciembre 2011.

RESUMEN de la tesis de Mariana Macías Carballo, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS en Ecología Marina Ensenada, Baja California. Diciembre 2011.

VARIABILIDAD DE LA FORMA ESPECTRAL DEL FITOPLANCTON Y SU RELACIÓN TAXONÓMICA DURANTE LAS PRIMAVERAS DEL 2005-2008 EN LA REGIÓN OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA

Resumen aprobado por:


Dr. Eduardo Millán Núñez

Los modelos mecanísticos son necesarios para medir la productividad primaria vía satélite, dichos modelos se basan en la capacidad de absorción en vivo de las células, esto se puede determinar mediante las propiedades ópticas inherentes, como el coeficiente espectral de absorción y el esparcimiento de la luz, esto se refleja en la magnitud, la cual depende solamente de las sustancias que están en el medio, principalmente el fitoplancton. Por este motivo, en este estudio, se caracterizó la variabilidad de los espectros de absorción durante la época de primavera de los años 2005-2008. La variabilidad climática que rige el estado del Sistema de la Corriente de California en escala estacional, está determinada por los eventos ENSO y los cuales algunas veces son decadales, reflejados en el Índice PDO, de tal manera que para este periodo de muestreo, los años 2005-2006, presentaron una influencia del evento denominado El Niño, el cual provocó un debilitamiento e inicio tardío para la época de surgencias causando un empobrecimiento de la productividad del sistema, para la región frente a Baja California, también se observó dicho efecto pero en escala diferente, las abundancias máximas de las células del fitoplancton para abril de 2006 fueron de 10×10^4 células L^{-1} , en contraste, para el periodo de 2007-2008 fue dominado por aguas más frías y también caracterizándolo como un año La Niña, esto se observó en las abundancias máximas para abril de 2007-2008, las cuales fueron 8×10^3 células L^{-1} y 1×10^6 células L^{-1} , respectivamente. Estas abundancias máximas coincidieron con el levantamiento de la isopícnica de $25 \sigma_\theta$ localizándola en la superficie de las dos primeras estaciones de la zona costera al norte y sur de San Quintín, así como en Punta Eugenia. La separación costa-océano se presentó de alguna manera interanual, debido a que dos de los 17 patrones de las curvas espectrales encontrados, presentaron este comportamiento; el primero de ellos (M1) está conformado por 60 estaciones en la zona oceánica, está diferenciado a través de la pendiente del espectro (440-550 nm), el cual está formado por el grupo de los dinoflagelados, aportando un 65% y las diatomeas un 34%, el segundo patrón (M2) está conformado por un total de 46 estaciones, ubicándose en la zona costera del área de estudio, al observar dicho pendiente de la curva

espectral, se observa que ésta, la conforma en un 88% el grupo de las diatomeas y un 11% los dinoflagelados. Las pruebas de la diferenciación de las pendientes se realizó a través de un análisis de homogeneidad de pendientes, las cuales indicaron que son estadísticamente diferentes (Tabla X) con un valor de p menor a 0.05. Al ser el océano un medio dinámico, se relacionaron a través de dendogramas 8 géneros de diatomeas para encontrar la estructura de la comunidad, el cual arrojó que para los abriles de 2006-2008, la fitogeografía está formada por 2 asociaciones cada una y para el caso de los abriles de 2007-2008 se observó que la mezcla de las comunidades fue tal, que en algunas estaciones se encontró que las condiciones son tales, que permiten un acoplamiento del nicho.

Palabras clave: Espectros de absorción, fitogeografía, Corriente de California.

ABSTRACT of the thesis presented by Mariana Macías Carballo as a partial requirement to obtain the MASTER OF SCIENCE degree in Marine Ecology. Ensenada, Baja California, México December, 2011.

**VARIABILITY OF SPECTRAL SHAPES AND RELATIONSHIP BETWEEN
PHYTOPLANKTON TAXONOMY DURING SPRINGS 2005-2008 IN
NORTHWESTERN OF BAJA CALIFORNIA.**

The models mechanistic are necessary to measure the primary productivity route satellite, the above mentioned models base on the capacity of live absorption of the cells, this can decide by means of the optical inherent properties, as the spectral coefficient of absorption and the scattering of the light, this is reflected in the magnitude, which depends only on the substances that are in the aquatic environment, principally the phytoplankton. Therefore, in this study, there was characterized the variability of the spectra shapes during the spring epoch of the years 2005-2008. Climate variability governing the status of the Current of California System at seasonal scale is determined by events ENSO and decadal which are sometimes reflected in the PDO index, so that for this sampling period, years 2005-2006, showed an influence of the event called El Niño, which caused a late start weakening of upwelling causing a depletion of productivity of the system to the region to Baja California this effect was also observed but in different scale, the maximum abundance of phytoplankton cells for April 2006 were 10×10^4 cells L^{-1} , in contrast, the period 2007-2008 was dominated by cooler waters and characterizing it as one year La Niña, this was observed in the abundance peak in April 2007-2008, which were cells 8×10^3 and 1×10^6 cells L^{-1} , respectively. These maximum coincided with the isopycnic survey of $25 \sigma_\theta$ located on the surface of the first or two stations in the coastal area north and south of San Quintín, as well as Punta Eugenia. The separation coast-ocean-year present in some way, because 2 of the 17 patterns of spectral shapes found, showed this behavior, the first one (M1) consists of 60 stations in the oceanic area is differentiated across the slope of the spectrum (440-550 nm), which is formed by a group of dinoflagellates, contributing at 65% and 34% diatoms. The second pattern (M2) consists of a total of 46 stations, reaching the coastal zone of the study area, noting the slope of the spectral shape, contributing 88% the group of diatoms and 11% dinoflagellates. The evidence of this differentiation of the slopes was performed using an analysis of homogeneity of slopes, which indicated that they are statistically different (Table X) with a p value less than 0.05. The ocean as the dynamic environment, related through clusters of 8 genera of diatoms to find the community structure, which showed that for April 2006-2008, phylogeography consists of 2 each and associations, for if the 2007-2008 showed that the mixture of communities was such that in some stations it was found that the conditions are such, that allow coupling of the niche.

Keywords: Spectral Shape, Phylogeography, California Current.

DEDICATORIAS

A mis padres, José Macías y Ana María Carballo por todo el apoyo brindado durante toda mi formación profesional y por no dejarme caer, por ser mis guías.

A mis hermanas; Marcela, Andrea y Adriana, que sin su compañía y todas las luchas que hemos librado esta vida no sería la misma.

A ustedes cinco que son mi familia, no tengo palabras para expresar el agradecimiento, el cariño, el amor, la alegría, el apoyo incondicional y todo lo que ustedes representan en mi vida; son lo mejor y sobre todo recuerden que los amo.

A Rafael ya que en el transcurso de estos dos años has sido muy importante para mí, todas las aventuras que hemos vivido no se comparan con nada; por estar a mi lado cuando lo he necesitado, por tu apoyo, cariño y paciencia, por tan solo el simple hecho de ser tú, te quiero mucho. Gracias por formar parte de mi vida.

“....El guerrero sabe que las batallas que libró en el pasado siempre le enseñaron algo. Sin embargo, muchas de estas enseñanzas hicieron sufrir al guerrero más de lo necesario. Más de una vez, perdió el tiempo, luchando por una mentira. Y sufrió por personas que no estaban a la altura de su amor....”

Paulo Coelho
El manual del guerrero de la luz

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada por la oportunidad de realizar mis estudios de posgrado y permitir el uso de sus instalaciones para el análisis de las muestras tomadas.

A CONACyT por haberme brindado la beca de maestría con número de registro 237080.

Al proyecto SEMARNAT-CONACyT #23804 "Evaluación del calentamiento superficial del mar y la disminución del plancton en la zona templada del Pacífico Mexicano contrastando dos periodos de monitoreo".

A mi director de tesis Dr. Eduardo Millán Núñez, por todas sus enseñanzas, conocimientos y consejos que me brindó para poder desarrollarme como profesionista y como persona; así como el empeño en la finalización del mismo trabajo.

A los miembros de mi comité de tesis, en especial a la Dra. Elena Solana Arellano, Dr. Héctor Bustos Serrano y al Dr. José Gómez Valdés; por las importantes aportaciones y sugerencias realizadas en este trabajo.

Al Dr. Gilberto Gaxiola-Castro, por facilitarme el apoyo con el proyecto denominado "Procesos de fertilización estacional frente a las costas de Baja California".

A la querida secretaria del Posgrado en Ecología Marina, Elizabeth Farías Barajas, que sin su paciencia y guía por estos dos años estaría totalmente perdida en lo referente al posgrado; además agradezco la amistad brindada durante este tiempo.

A los dibujantes del cuarto piso del Edificio de Oceanología, J. M. Domínguez y F. J. Ponce por la realización e impresión de algunas figuras. De igual manera al M.C. Martín de la Cruz por sus "críticas constructivas", así como al final, a Don Gregorio Prado Avitia (Don Goyo) por las charlas matutinas en el CICEMOVIL.

A la tripulación del B/O "Francisco de Ulloa" por la toma de datos y muestras en el crucero más difícil de todos (abril) del 2005 al 2008.

A mis amigos de siempre, que son incondicionales por compartir momentos inigualables. Recuerden que siempre estarán en mi mente y corazón.

CONTENIDO

	Página
Resumen español	i
Resumen inglés	iii
Dedicatorias	iv
Agradecimientos	v
Contenido	vi
Lista de Figuras	viii
Lista de Tablas	xii
Capítulo I.- Introducción	
I.1.- Absorción de luz por fitoplancton.....	1
I.2.- Estructura de la comunidad fitoplanctónica.....	3
I.3.- Variabilidad interanual de las condiciones oceanográficas.....	4
I.4.- Antecedentes.....	5
I.5.- Hipótesis.....	7
I.6.- Objetivos.....	7
Capítulo II.- Metodología	
II.1.- Área de estudio.....	8
II.2.- Toma de muestras en campo.....	10
II.3.- En laboratorio.....	11
II.3.a.- Coeficiente de absorción de luz por fitoplancton.....	11
II.3.b.- Forma espectral de absorción de luz por fitoplancton.....	11
II.3.c.- Cuantificación del fitoplancton.....	12
II.3.d.- Estadística aplicada a la estructura de la comunidad del fitoplancton a partir de los análisis de conglomerados (Cluster).....	12
II.3.e.- Método utilizado para determinar el número de Clusters.....	13
II.3.f.- Correlación Cofenética.....	13
II.3.g.- Hipótesis del modelo.....	13
II.3.h.- Modelos Lineales Generales aplicados en las curvas espectrales (440nm a 550nm).....	14
Capítulo III.- Resultados	
III.1.- Variabilidad interanual del Sistema de la Corriente de California durante los abriles 2005-2008.....	15
III.2.- Variables físicas oceanográficas.....	16
III.3.- Estructura de la comunidad del fitoplancton.....	24
III.4.- Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton (a_{phn}) y normalizada ($a_{phn}/440nm$).....	31
III.5.- Reagrupamiento de las curvas espectrales de los promedios ponderados (G1-G30) a un nuevo agrupamiento de curvas patrón (M1-M17).....	46
III.6.- Curvas patrón de los espectros promedios ponderados de $a_{phn}/440\text{ nm}$ y su relación con la estructura de la comunidad del fitoplancton.....	51

CONTENIDO (continuación)

	Página
III.7.- Fitogeografía de la estructura de la comunidad del fitoplancton durante los periodos de muestreo.....	57
Capítulo IV. Discusión.....	65
Capítulo V. Conclusión.....	80
Capítulo VI. Recomendaciones.....	82
Literatura citada.....	83
Anexos	
I. Glosario.....	92
II. Datos físico-biológicos.....	97
III. Análisis estadísticos para las pruebas de pendientes.....	105
IV. Pendientes ponderadas para los patrones de curvas espectrales.....	116

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Localización del área de estudio en la región de IMECOCAL durante los abriles 2005-2008.	9
2 Imágenes compuestas de Temperatura Superficial del Mar por el satélite Aqua/Modis del 16 al 31 de abril, con una resolución de 2x2 Km., expresado en grados Celsius (°C).	17
3 Diagramas T-S de los datos obtenidos durante los abriles 2005-2008.	19
4 Distribución espacial de la altura dinámica (10/1000 dbar) durante los abriles 2005-2008.	21
5 Imágenes de Desplazamiento de las Corrientes Geostróficas mensuales para la región sureña del SCC de la base de datos AVISO, con una resolución de 10x10 Km, expresado en cm s^{-1} .	23
6 Distribución espacial de la abundancia del fitoplancton para abril de 2006 a 20 metros de profundidad.	25
7 Distribución espacial de la abundancia del fitoplancton para abril de 2007 a 20 metros de profundidad	26
8 Distribución espacial de la abundancia del fitoplancton para abril de 2008 a 10 metros de profundidad	27
9 Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton para abril 2005. a) Absorción de luz por fitoplancton integrada normalizada (a_{phn}); b) y c) Absorción normalizada a 440 nm ($a_{phn}/440 \text{ nm}$) y G1 y G2. Promedio ponderado de la absorción normalizada a 440 nm.	33
9 Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton para abril 2005. d), e) y f) Absorción normalizada a 440 nm ($a_{phn}/440 \text{ nm}$) y G3, G4 y G5. Promedio ponderado de la absorción normalizada a 440 nm.	34

LISTA DE FIGURAS (continuación)

		Página
9	Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton para abril 2005. g), h) e i) Absorción normalizada a 440 nm ($a_{phn}/440$ nm) y G6, G7 y G8. Promedio ponderado de la absorción normalizada a 440 nm.	35
9	Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton para abril 2005. j), k) y l) Absorción normalizada a 440 nm ($a_{phn}/440$ nm) y G9, G10 y G11. Promedio ponderado de la absorción normalizada a 440 nm.	36
10	Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton para abril 2006. a) Absorción de luz por fitoplancton integrada normalizada (a_{phn}); b) y c) Absorción normalizada a 440 nm ($a_{phn}/440$ nm) y G12 y G13. Promedio ponderado de la absorción normalizada a 440 nm.	38
10	Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton para abril 2005. d), e) y f) Absorción normalizada a 440 nm ($a_{phn}/440$ nm) y G14, G15 y G16. Promedio ponderado de la absorción normalizada a 440 nm.	39
10	Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton para abril 2005. g) y h). Absorción normalizada a 440 nm ($a_{phn}/440$ nm) y G17 y G18. Promedio ponderado de la absorción normalizada a 440 nm.	40
11	Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton para abril 2007. a) Absorción de luz por fitoplancton integrada normalizada (a_{phn}); b) y c) Absorción normalizada a 440 nm ($a_{phn}/440$ nm) y G19 y G20. Promedio ponderado de la absorción normalizada a 440 nm.	41
11	Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton para abril 2005. d) y e) Absorción normalizada a 440 nm ($a_{phn}/440$ nm) y G21 y G22. Promedio ponderado de la absorción normalizada a 440 nm.	42

LISTA DE FIGURAS (continuación)

		Página
12	Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton para abril 2008. a) Absorción de luz por fitoplancton integrada normalizada (a_{phn}); b) y c) Absorción normalizada a 440 nm ($a_{phn}/440$ nm) y G23 y G24. Promedio ponderado de la absorción normalizada a 440 nm.	43
12	Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton para abril 2008. d), e) y f) Absorción normalizada a 440 nm ($a_{phn}/440$ nm) y G25, G26 y G27. Promedio ponderado de la absorción normalizada a 440 nm.	44
12	Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton para abril 2008. g), h) e i) Absorción normalizada a 440 nm ($a_{phn}/440$ nm) y G28, G29 y G30. Promedio ponderado de la absorción normalizada a 440 nm.	45
13	Patrones de curvas espectrales de absorción de luz por fitoplancton normalizado ($a_{phn}/440$ nm) a 10 metros de profundidad, abril 2005, 2006, 2007 y 2008.	48
13b	Patrones de curvas espectrales de absorción de luz por fitoplancton normalizado ($a_{phn}/440$ nm) a 10 metros de profundidad, abril 2005, 2006, 2007 y 2008.	49
14	Curvas espectrales patrón de los promedios ponderados para M1, M2 y M3.	53
14b	Curvas espectrales patrón de los promedios ponderados para M5, M9 y M11.	54
14c	Curvas espectrales patrón de los promedios ponderados para M13, M15 y M16.	55
14d	Curva espectral patrón de los promedios ponderados para M17.	59
15	Dendogramas a partir del método UPGMA para formar asociaciones entre los principales géneros de diatomeas y las estaciones de las asociaciones durante abril 2006.	60

LISTA DE FIGURAS (continuación)

		Páginas
16	Fitogeografía de las principales asociaciones entre géneros de diatomeas obtenidas mediante el dendograma UPGMA durante abril de 2006.	61
17	Dendogramas a partir del método UPGMA para formar asociaciones entre los principales géneros de diatomeas y las estaciones de las asociaciones durante abril 2007.	62
18	Fitogeografía de las principales asociaciones entre géneros de diatomeas obtenidas mediante el dendograma UPGMA durante abril de 2007.	63
19	Dendogramas a partir del método UPGMA para formar asociaciones entre los principales géneros de diatomeas y las estaciones de las asociaciones durante abril 2008.	64
20	Fitogeografía de las principales asociaciones entre géneros de diatomeas obtenidas mediante el dendograma UPGMA durante abril de 2008.	65

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
I	Distribución espacial de la amplitud de nicho de los géneros del fitoplancton durante abril de 2006 a 20 metros de profundidad.	28
II	Distribución espacial de la amplitud de nicho de los géneros del fitoplancton durante abril de 2007 a 20 metros de profundidad	29
III	Distribución espacial de la amplitud de nicho de los géneros del fitoplancton durante abril de 2008 a 10 metros de profundidad.	30
IV	Distribución de los Grupos para abril 2005.	37
V	Distribución de los Grupos para abril 2006.	40
VI	Distribución de los Grupos para abril 2007.	42
VII	Distribución de los Grupos para abril 2008.	46
VIII	Conjunto de estaciones que conforman los patrones (M1-M17) de las curvas espectrales normalizadas a 440 nm ($a_{phn}/440$ nm).	47
IX	Valores de las pendientes ponderadas de los 17 patrones encontrados.	50

Capítulo I. INTRODUCCIÓN

I.1 Absorción de luz por fitoplancton

El decaimiento de la absorción de luz en el océano se debe a tres factores principalmente: material particulado (pigmentado y no pigmentado), material en solución (sustancias de color), y a la absorción por el agua misma. Estos componentes, incluyendo el fitoplancton son las fuentes que provocan cambios hidrológicos en la profundidad de la zona eufótica (Mitchell y Kiefer, 1988; Bricaud et al., 1995). Se ha observado que los cambios de estructura en la comunidad del fitoplancton, así como en la constitución de sus pigmentos fotosintéticos afectan las propiedades ópticas del agua de mar (Sosik y Mitchell, 1995; Millán-Núñez y Millán-Núñez, 2010). Son éstas algunas de las razones por las que se ha incrementado el estudio de las propiedades bio-ópticas del océano, con el principal énfasis en la determinación de la biomasa pigmentada a través de sensores remotos e identificación del fitoplancton por el color del océano. De igual manera, la variabilidad óptica en el mar tiene consecuencias en el coeficiente de atenuación vertical de la luz difusa, y por consiguiente la aclimatación de las células del fitoplancton.

Las propiedades bio-ópticas como el coeficiente espectral de absorción y el esparcimiento de luz son conocidas como propiedades ópticas inherentes (Preisendorfer, 1961), debido a que su magnitud depende solamente de las sustancias que están en el medio, principalmente el fitoplancton y no de la estructura geométrica del campo de luz (Kirk y Tyler, 1986). La absorción de luz por partículas pigmentadas y no pigmentadas en el agua de mar ya han sido descritas previamente por Yentsch y Phinney (1989), Nelson et al. (1993), Cleveland (1995) y Millán-Núñez et al. (2004) entre otros. Sin embargo, estas investigaciones han mostrado que a pesar de que la clorofila *a*, es el principal pigmento en absorber la luz para la fotosíntesis, se ha determinado que no existe una linealidad entre el coeficiente de absorción de luz por fitoplancton y la concentración de la clorofila *a*. Esta es una de las razones por la que actualmente

se dificulta llegar a resultados conclusivos en la estimación bio-óptica por sensores remotos, ya que las comunidades del fitoplancton en la naturaleza incluyen especies de diferentes formas y tamaños, así como de una diferente composición y concentración pigmentaria. La variabilidad de las propiedades de absorción de luz por células de fitoplancton son influenciadas principalmente por dos componentes: la concentración intracelular de pigmentos (efecto de paquete) y las diferencias en la composición de pigmentos de los diferentes grupos del fitoplancton. El efecto de paquete se representa como un aplanamiento de la curva espectral del coeficiente de absorción, debido a que los pigmentos se encuentran apilados dentro de los cloroplastos y ocasionan dicho efecto; esto trae como consecuencia la disminución en la eficiencia para absorber la luz, principalmente en células grandes denominadas microfitoplancton. En general se conoce que el efecto de paquete se produce en células grandes y con una alta concentración de pigmentos (Kirk y Tyler 1986); por lo tanto, se esperaría un efecto de paquete mayor en aguas con una alta concentración de organismos pertenecientes al grupo denominado microfitoplancton ($>20 \mu\text{m}$).

Autores como Morel y Bricaud (1981), Dubinsky et al., (1986), Sathyendranath et al., (1987), Mitchell y Kiefer (1988), Sosik y Mitchell (1991) y Millán-Núñez et al., (2004) mencionan que el espectro del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton no es constante en forma y magnitud, argumentando que las causas de la variabilidad, se deben principalmente al tamaño de la partícula, la composición pigmentaria y el empaquetamiento de la clorofila en los cloroplastos, los cuales provocan un cambio físico en la probabilidad de la absorción de luz.

En la óptica hidrológica marina se han implementado algunos modelos mecanísticos para predecir la productividad primaria vía satélite, esto en función de la capacidad de absorción *in vivo* de las células (Kiefer y Mitchell, 1983; Platt y Sathyendranath, 1998), tal como se observa en la ecuación 1.

$$P_{(z)} = \Phi_{(z)} a_{ph(z)} B_{(z)} E_{o(z)} \quad (1)$$

Donde $P_{(z)}$ es la productividad primaria a la profundidad z ($\text{mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$), $\Phi_{(z)}$ es la eficiencia cuántica fotosintética del fitoplancton (número de moles de carbono

producidos con relación al número de moles de fotones absorbidos), $a_{ph(z)}^*$ es el coeficiente específico de absorción de luz por fitoplancton, $B_{(z)}$ es la biomasa del fitoplancton y $E_{0(z)}$ es la irradiancia escalar. En estos algoritmos los valores del a_{ph}^* son considerados como constantes universales; sin embargo, en estudios recientes se han registrado variaciones de sitio a sitio, así como de profundidad (Mitchell y Kiefer, 1988; Yentsch y Phinney, 1989; y Babin et al., 1993). Estos cambios significativos en los valores de a_{ph}^* son ocasionados principalmente por los cambios taxonómicos del fitoplancton, por su tamaño celular y composición pigmentaria.

1.2 Estructura de la comunidad del fitoplancton

La estructura de la comunidad del fitoplancton y su producción primaria son parte fundamental en el ecosistema pelágico del océano, por lo que es importante entender su variabilidad tanto a nivel regional como a nivel de mesoescala (Kahru y Mitchell, 2000). El determinar y entender las causas de variación espacial y temporal del fitoplancton nos lleva al conocimiento de la fertilidad de los océanos, así como el detectar posibles efectos a corto y mediano plazo, tales como el fenómeno de El Niño (Malone y Roederer, 1985). Estudios del fitoplancton han determinado que éste representa ~2% de la biomasa del planeta, equivalente en un 30 a 60% de asimilación en el océano y con una tasa de fijación del orden de 35 a 46 Gigatoneladas ($Gt = \times 10^{12}$ Kg) de carbono por año (Sakshaug et al., 1997; Falkowski et al., 1998). La biomasa del fitoplancton y su productividad primaria son fundamentales en un ecosistema del océano pelágico, por lo que es muy importante entender su ciclo en el océano, y su acoplamiento al ecosistema pelágico a nivel regional. Con el avance de imágenes por satélite se obtiene el color del océano, actualmente es posible estimar la biomasa del fitoplancton a nivel de mesoescala y como consecuencia el poder estudiar la variabilidad temporal causada por los cambios climáticos interanuales denominados El Niño o La Niña (Kahru y Mitchell, 2000, 2002).

I.3 Variabilidad interanual de las condiciones oceanográficas

Durante los últimos años, una de las metas en la oceanografía física-biológica ha sido el poder determinar y entender la variabilidad del fitoplancton y su producción primaria a diferentes niveles de escala, ya que son los procesos locales o regionales los que controlan principalmente el cambio de la estructura de la comunidad del fitoplancton, así como la variabilidad del sistema pelágico. Las respuestas del ecosistema pelágico a la variabilidad interanual frente a Baja California (Gaxiola-Castro et al., 2008) han mostrado tener una aceptable compatibilidad con los índices de variabilidad climática: Oscilación Decadal del Pacífico (PDO; Mantua et al., 1997, por sus siglas en inglés) y el Índice Multivariado de la Oscilación del Sur El Niño (MEI; Wolter y Timlin, 1998, por sus siglas en inglés). Durante el período 2002-2006 la región sur de la Corriente de California mostró características de un evento moderado-débil del fenómeno denominado El Niño (Venrick et al., 2003; McClatchie et al., 2008), mostrando en este período una clara disminución de los organismos del sistema pelágico planctónico; a diferencia del 2001 en donde se observaron condiciones oceanográficas favorables para el desarrollo del ecosistema planctónico (Millán-Núñez y Millán-Núñez, 2010). Goericke et al. (2007) y McClatchie et al. (2008) reportaron para el 2005-2006 un debilitamiento de los vientos que controlan los eventos de surgencia al sur California y Baja California, clasificando este período como El Niño en la categoría de moderado-fuerte para el Pacífico Ecuatorial; estos autores enfatizaron que el evento El Niño decayó rápidamente a principios del 2007, desarrollándose posteriormente un evento con características La Niña. Se ha considerado que durante la última década, el Océano Pacífico norte ha estado en una fase fría con valores negativos a neutrales con relación al PDO y con un incremento en la estructura de la comunidad planctónica (Brinton y Townsend, 2003; Gaxiola-Castro et al., 2008), diferenciando dramáticamente los años 2007-2008 del 2005-2006; período en que se debilitaron significativamente los eventos de surgencia durante la primavera (Sydeman et al., 2006).

1.4 ANTECEDENTES

Los primeros estudios del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton (a_{ph}) realizados en la costa de Baja California fueron llevados a cabo por Kiefer y SooHoo (1982) en marzo de 1979. Mientras que para la parte sur de la Corriente de California fueron publicados por Sosik y Mitchell (1995), estos autores reportaron una base de datos para los años de 1997-1998 acerca de la distribución espacio-temporal del a_{ph} ; concluyendo estos autores que la principal variabilidad se debió a los pigmentos fotosintéticos. Posteriormente, autores como Millán-Núñez et al. (1998, 2004) llevaron a cabo una caracterización del coeficiente específico de absorción de luz por fitoplancton (a^*_{ph}) en el Golfo de California y frente a Baja California, mencionando que la variabilidad del coeficiente de absorción se debió principalmente al tamaño y abundancia de las células del fitoplancton, así como a los diferentes pigmentos fotosintéticos. Por otro lado, autores como Aguirre-Hernández et al. (2004) reportaron valores altos de a_{ph} para la zona costera de Baja California, concluyendo que estos valores estuvieron asociados con células de tamaño pequeño. Barocio et al. (2006) relacionaron el coeficiente de absorción por fitoplancton (a_{ph}) con la profundidad, y detectaron que las comunidades del fitoplancton están aclimatadas a diferentes niveles. Posteriormente, Millán-Núñez y Millán-Núñez (2010) caracterizaron el coeficiente específico de absorción de luz por fitoplancton durante enero de 2002 en la región sur de la Corriente de California, concluyendo que la disminución del coeficiente específico de absorción de luz por fitoplancton se asoció con el fitoplancton de tamaño mayor, y viceversa con los organismos del grupo del picoplancton.

La estructura de la comunidad del fitoplancton frente a Baja California también ha sido estudiada por autores como Millán-Núñez (2010) en la que se reportó un incremento sustantivo en la biomasa de diatomeas en el 2001, favorecidas por eventos de surgencia más fuertes de lo usual; así como por la presencia de giros ciclónicos y anticiclónicos en la región de Ensenada y Punta Eugenia (Schwing et al., 2000, 2002; Goericke et al., 2004); estos autores

detectaron que durante el periodo 2002-2006 los datos climatológicos y oceanográficos estuvieron relacionados con el evento El Niño y como consecuencia se reportaron valores bajos para el grupo de las nanomicrodiatomeas. Martínez-López y Verdugo-Díaz (2000) reportaron frente a Bahía Magdalena una reducción del fitoplancton hasta en un 90% en aguas superficiales muy comparables con el evento El Niño de 1982-1983. Autores como Millán-Núñez et al. (2004), reportaron que las diatomeas $>20\mu\text{m}$ estuvieron presentes en los años 2001 y 2007, periodo considerado como evento La Niña; en estos dos años se reportaron vientos que favorecieron los eventos de surgencia y como consecuencia se incrementó la biomasa del fitoplancton. La variabilidad oceanográfica para los años 2007 y 2008 según observaciones realizadas por McClatchie et al. (2009) para la Corriente de California, se basaron en observaciones climatológicas y oceanográficas tomadas a lo largo de la costa oeste de Norteamérica. Durante el 2007, el Sistema de la Corriente de California experimentó una fuerte y persistente condición La Niña, esto se reflejó en bajas temperaturas de la superficie del mar a través de los eventos de surgencias. En la parte meridional de California y Baja California, el nivel de la nutriclina fue más profunda que lo usual y las concentraciones de nitrato y clorofila *a* fueron más altas, sin embargo la temperatura superficial del mar no presentó un cambio significativo, con excepción de enero de 2008 que presentó bajas temperaturas. Basándonos en los criterios establecidos por la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) para una clasificación El Niño/La Niña, se sugiere que los periodos 2000-2001 y 2007-2008 fueron clasificados como evento La Niña; sin embargo, el periodo 2002-2006 fueron considerados como evento El Niño. Los registros de la NOAA (<http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/>), mostraron a finales del 2007 una condición fuerte del evento denominado La Niña. Sin embargo, posteriormente mostraron condiciones neutrales en el verano del 2008, seguido de un enfriamiento y un desarrollo de la condición La Niña débil para abril 2009; en donde las anomalías de la temperatura superficial del mar (SST) fueron negativas.

I.5 HIPÓTESIS

Sí en los análisis del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton (a_{ph}) detectamos que su forma espectral cambia a través del tiempo y del espacio, por lo tanto debemos suponer cambios en la composición taxonómica del fitoplancton.

I.6 OBJETIVOS

GENERALES:

Caracterizar la variabilidad espacial océano-costa de la forma espectral de absorción de luz por el fitoplancton, así como la relación con la estructura de la comunidad frente a Baja California durante los abriles 2005, 2006, 2007 y 2008.

PARTICULARES:

- Determinar el coeficiente de absorción de luz por fitoplancton (a_{ph}), así como la forma espectral normalizada por el área bajo la curva espectral (a_{phn}), mediante diferenciación de las pendientes en el intervalo del espectro de absorción de luz, 440-550 nm.
- Identificación de la composición taxonómica de la comunidad del fitoplancton a nivel de género, y en algunos casos a nivel de especie.
- Caracterización de la variabilidad interanual oceanográfica frente a Baja California durante la primavera durante el periodo de 2005-2008.

Capítulo II. METODOLOGÍA

II.1 ÁREA DE ESTUDIO

El proyecto Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California (IMECOCAL) consta de once líneas hidrográficas perpendiculares a la línea de costa de Baja California, con un total de 83 estaciones (Fig. 1). La región de estudio IMECOCAL incluye el Sistema de la Corriente de California (SCC) que está constituido por tres grandes corrientes: Corriente de California (CC) que fluye subsuperficial y con dirección al ecuador, la Subcorriente de California (ScC) que tiene flujo subsuperficial con dirección norte, y por la Contracorriente de California (CCC) que es costera y con estacionalidad intermitente hacia el noroeste (Durazo et al., 2005). La variabilidad interanual del SCC se encuentra estrechamente relacionados con los cambios climatológicos y la circulación atmosférica de latitudes medias, provocando anomalías como El Niño-La Niña (Durazo et al., 2005 y Bograd et al., 2001). De acuerdo con Gómez-Valdés y Vélez-Muñoz (1982), la CC puede dividirse en tres zonas en términos de masas de agua: 1) Agua Subártico, la cual se forma en altas latitudes desde San Francisco hasta Cabo Mendocino. El ASA, al entrar al SCC forma un núcleo de baja salinidad y temperatura, sin embargo frente a Baja California incrementa su temperatura y salinidad debido al calentamiento y evaporación latitudinal a lo largo de la trayectoria hacia el ecuador. 2) La masa de Agua de una zona de Transición (ATr), se localiza entre la región norte y sur y se presenta en dos temporadas asociadas a cambios climatológicos estacionales: a) Temporada de surgencias costeras, de marzo a septiembre cuando los vientos del noroeste se intensifican asociados a un incremento de la circulación oceánica hacia el sur, y b) Temporada oceánica o de no surgencias durante octubre a febrero, con presencia de vientos del sur con circulación costera hacia el polo y debilitamiento de las surgencias (Svedrup y Flemming, 1941; Álvarez-Santamaría, 1994; Hickey, 1979 y Lynn y Simpson, 1987). 3) La masa de Agua Subtropical Superficial (AStS) presenta variaciones estacionales tanto en temperatura como en salinidad, por lo que en primavera e

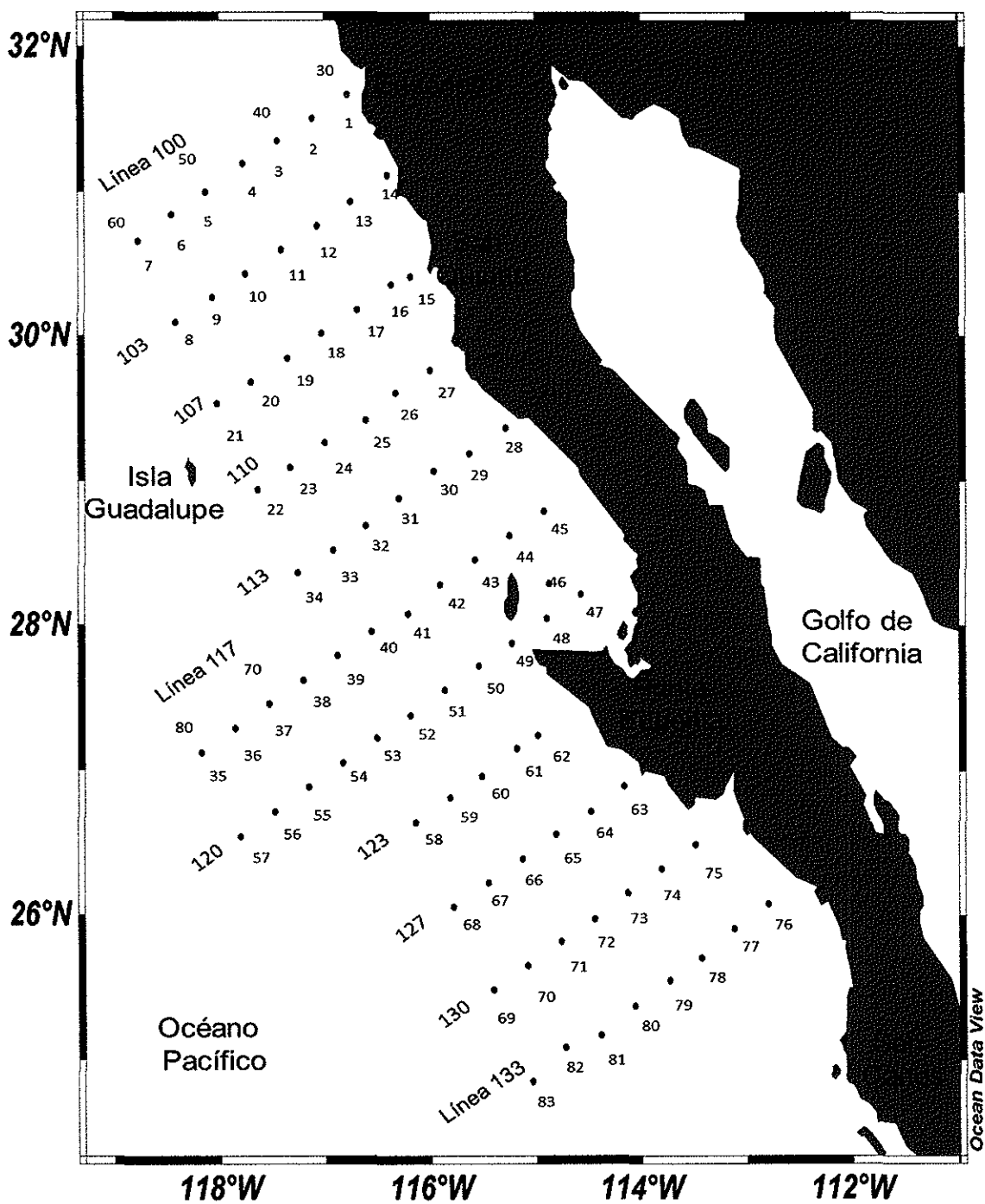


Figura 1.- Localización del área de estudio en la región IMECOCAL durante los abrils 2005-2008. Los puntos representan las estaciones de muestreo.

invierno se presentan valores menores con respecto al promedio anual, mientras que estos valores se incrementan en verano y otoño. En lo que respecta a la salinidad, ésta aumenta durante otoño e invierno y baja durante el verano. En la porción de la CC frente a Baja California se han podido observar estructuras dinámicas complejas, tales como remolinos, meandros y fronteras; teniendo estos una influencia importante en los procesos biológicos que se llevan a cabo en la región (Lynn y Simpson, 1987; Soto-Mardones et al., 2004). Se conoce que durante la época de primavera y verano los vientos provenientes de la parte noroeste se intensifican (Hickey, 1979), teniendo como consecuencia un incremento en las surgencias (Lynn y Simpson, 1987), dando como resultado afloramientos de fitoplancton, y por lo tanto se favorecen los niveles tróficos de la cadena alimenticia.

II.2.-Toma de muestras en campo

La red de estaciones IMECOCAL corresponde desde la línea 100 frente a Ensenada, hasta la línea 133 al norte de San Carlos. Las líneas van desde la estación 30 hasta la 60 entre 150 y 200 km con relación a la costa y en algunos casos se extienden hasta la estación 80 como en la línea 117 y 120. La navegación a bordo B/O Francisco de Ulloa para este estudio fueron las siguientes fechas: del 14 de abril al 5 mayo de 2005, 19 de abril al 2 de mayo de 2006, del 26 de abril al 7 de mayo de 2007, y del 16 de abril al 1 de mayo de 2008. Durante los cruceros se utilizó un sistema de CTD (Conductivity-Temperature-Depth) modelo SBE-911. Cada lance de CTD se hizo conjuntamente con una Roseta para 12 botellas Niskin de 5 litros. Para determinar el coeficiente de absorción de luz y la medición de clorofila *a*, se filtró un litro de agua usando filtros de fibra de vidrio Whatman GF/F (0.7µm, 25 mm) los cuales se almacenaron en un contenedor de nitrógeno líquido para su posterior análisis en laboratorio. Para la identificación de la composición taxonómica del fitoplancton se colectaron 250 ml de agua de mar en botellas oscuras de plástico, fijándolas con adición de 5 ml de formol al 5%,

neutralizado con borato de sodio (0.4% de fijación total) para su posterior análisis en laboratorio.

II.3.- En laboratorio

II.3.a.- Coeficiente de absorción de luz por fitoplancton

Los filtros colocados en nitrógeno líquido fueron extraídos y puestos en recipientes debidamente protegidos de la luz, posteriormente se leyeron en un espectrofotómetro con esfera integradora (Schimadzu UV-2401 PC) con un barrido espectral de 400 a 750 nm y una resolución de 1 nm, un ancho de banda espectral de 2 nm y una velocidad de barrido de 300 nm/min. De esta manera se obtuvo la curva espectral del material particulado (a_p , m^{-1}), posteriormente los filtros se enjuagaron con metanol durante un periodo de 30 minutos siguiendo la técnica de Kishino et al. (1985) para obtener la curva de detritus o material no pigmentado (a_d , m^{-1}). La diferencia entre el material particulado y el detritus, se obtiene el coeficiente de absorción de luz por fitoplancton (a_{ph} , m^{-1}) (ecuación 2).

$$a_{ph}(\lambda) = a_p(\lambda) - a_d(\lambda) \quad (2)$$

donde a_{ph} (λ , m^{-1}) es el coeficiente de absorción de luz por fitoplancton, a_p (λ , m^{-1}) es el material particulado, y a_d (λ , m^{-1}) es el detritus. El coeficiente de absorción se corrigió por el esparcimiento de luz (β), se hizo un ajuste de la densidad óptica de las muestras filtradas $OD_{filt}(\lambda)$ a la densidad óptica de las muestras en suspensión $OD_{sus}(\lambda)$, (ecuación 3).

$$OD_{sus} = 0.368(OD_{fitoplancton}) + 0.4068(OD_{fitoplancton})^2 \quad (3)$$

II.3.b.- Forma espectral de absorción de luz por fitoplancton

Con el propósito de poder relacionar los análisis de la estructura de la comunidad del fitoplancton por el método de microscopio (células $>5\mu m$), se determinó la forma de las curvas espectrales; a éste tipo de análisis se le denomina coeficiente de absorción de luz por fitoplancton normalizado (a_{phn}). Para lo que primeramente, se obtiene el área bajo la curva espectral del a_{ph} para cada estación de muestreo entre los 400 y 750 nm (ecuación 4), y posteriormente con el

valor del área bajo la curva se elaboró una curva espectral normalizada para cada estación.

$$a_{ph}n = \frac{a_{ph}(\lambda)(m^{-1})}{\int_{400}^{750} a_{ph}(\lambda)(m^{-1})\delta\lambda(nm)} \quad (4)$$

II.3.c.- Cuantificación del fitoplancton

Para los análisis del fitoplancton se sedimentaron 50 ml de agua de mar durante 24 horas siguiendo la técnica de Utermöhl (1958), en el cual se utilizó un microscopio invertido Carl Zeiss (160X, 400X) en donde se contaron 100 campos en cada muestra y se identificaron los organismos a nivel de género, y en caso necesario a nivel de especie. El análisis de las muestras de fitoplancton se realizaron con la guía técnica propuesta por Hasle (1978) y su identificación taxonómica se basó principalmente en Cupp (1943), Hasle y Syvertsen (1996), Licea et al. (1996), Moreno et al. (1997), y Tomas (1997). Posteriormente se ordenaron los géneros de acuerdo a la ecuación de amplitud de nicho de Levins (1978), en donde se consideran que los taxones de nicho más amplio tiene una mayor distribución espacial (ecuación 5).

$$B_i = \exp \sum_{j=1}^k \left(\frac{P_{ij}}{R_j} \right) \ln \left(\frac{P_{ij}}{R_j} \right) \quad (5)$$

Donde R_j es la sumatoria de la proporción del género i en la muestra j ; P_{ij} es la proporción del género i en la muestra j ; R_j es la sumatoria de sus proporciones en cada punto o tiempo de muestreo, y k es el número de estaciones. El valor del índice B_i se expresó en porcentajes.

II.3.d.- Estadística aplicada a la estructura de la comunidad del fitoplancton a partir de los análisis de conglomerados (Cluster)

El análisis consiste en agrupar un conjunto de datos multidimensionales en un conjunto de grupos homogéneos. El método jerárquico aplicado en este estudio, nos permitió tener una jerarquía construida y visualizar una partición de los datos en grupos. Este método utilizó la distancia de similitudes entre elementos

de la matriz de datos, denominada distancia Euclidiana. La clase de algoritmo jerárquico fue del tipo división. El resultado del algoritmo se representó por medio de un dendrograma, en donde la escala vertical representa la distancia calculada. Posteriormente se cortó el dendrograma a un nivel de distancia dado, para obtener una clasificación del número de grupos existentes n , en ese nivel y en los elementos que lo forman (Johnson y Wichern, 2008).

II.3.e.- Método utilizado para determinar el número de clusters

El método UPGMA (Unweighted Pair Group Method using arithmetic Averages), se desarrolló usando el programa Matlab 7®, en donde según el número de elementos que hay en cada conglomerado. Si E_i , E_j , E_k son conglomerados de n_i , n_j , n_k elementos, respectivamente y E_i , E_j son los conglomerados más próximos (ecuación 7).

$$\delta'(E_k, E_i \cup E_j) = \left(\frac{n_i}{n_i + n_j} \right) \delta(E_i, E_k) + \left(\frac{n_j}{n_i + n_j} \right) \delta(E_j, E_k) \quad (7)$$

Donde δ' es la distancia entre conglomerados, si la matriz de distancias original D no cumple la propiedad ultramétrica, los distintos métodos de clasificación darán lugar a matrices ultramétricas distintas, y por tanto, las representaciones jerárquicas son distintas.

II.3.f.- Correlación cofenética

La medida de proximidad que se utiliza es la correlación cofenética, que es el coeficiente de correlación lineal de Pearson entre los $n(n-1)/2$ pares de distancias (δ_{ij}, u_{ij}) para $1 \leq i < j \leq n$, donde n son los datos contenidos en la matriz. Este coeficiente vale 1 cuando ambas distancias entre los cluster son similares (Johnson y Wichern, 2008).

II.3.g.- Hipótesis del modelo

La hipótesis a probar en el modelo de regresión simple prueba que existe una asociación lineal entre las pendientes de las curvas espectrales (440-550 nm).

Si existe una asociación lineal, el coeficiente de regresión lineal debe ser significativamente distinto de cero. Habitualmente $\alpha = 0.05$ (Bowerman et al., 2007). Con objeto de juzgar la significancia de la relación entre Y,X se probó la hipótesis nula (H_0):

$$H_0 = \beta_1 = 0$$

La cual establece que no hay cambio en el valor medio de y asociado con incremento de X, contra la hipótesis alterna (H_a).

$$H_a = \beta_1 \neq 0$$

II.3.h.- Modelos Lineales Generales aplicados en las curvas espectrales (440 nm a 550 nm)

La estimación de los parámetros de la regresión lineal simple (b_1) se realizó a través de mínimos cuadrados (ecuación 8).

$$b_1 = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \quad (8)$$

Una vez obtenido el conjunto de pendientes estadísticamente iguales, se buscó una pendiente promedio ponderada (b_p) (ecuación 9).

$$b_p = \frac{b_{11} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})_1^2 + b_{12} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})_2^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})_1^2 + \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})_2^2} \quad (9)$$

Capítulo III. RESULTADOS

II.1. Variabilidad Interanual del Sistema de la Corriente de California durante los abril 2005-2008

A partir de septiembre de 1997 se inició un programa de observaciones oceanográficas en la región Sur de la Corriente de California con una periodicidad de muestreo de cuatro veces al año (primavera, verano, otoño, e invierno) frente a la costa oeste de la península de Baja California.

En este estudio, se pretende caracterizar la oceanografía biológica y su acoplamiento con los fenómenos climatológicos que rigen el sistema pelágico en la región arriba mencionada; como lo son El Niño y La Niña durante los abril 2005-2006* y 2007-2008*.

La fuerza del viento y la circulación oceánica permiten la distribución de partículas pigmentadas como el fitoplancton, y cuando se combinan en un estudio de largo plazo, permite caracterizar zonas de mayor o menor productividad. En general, la predominancia de los vientos durante el mes de abril continuamente hace muy difícil los muestreos, por lo que en algunos casos se carece de datos necesarios para observar la trayectoria real de la Corriente de California. Durante los últimos diez años, los diferentes estudios realizados han concluido que la variabilidad de los Sistemas de la Corriente de California y de Alaska han presentado cambios significativos en los parámetros físico-químicos y biológicos, y cuando el Giro de Alaska se fortalece el SCC se debilita con los cambios estacionales. En el SCC las anomalías térmicas y salobres han sido de $\sim 2.4^{\circ}\text{C}$ y ~ 0.3 , respectivamente, éstas se han observado desde los 50 hasta los 200 metros de profundidad y se prolongan algunos kilómetros desde la costa.

La variabilidad de estas anomalías se relaciona con el fenómeno El Niño o ENSO (El Niño Southern Oscillation, por sus siglas en inglés). Se ha comprobado que éste fenómeno afecta la costa oeste de ambos hemisferios por medio de rutas atmosféricas y oceánicas. El evento El Niño en el período 2003-2006 fue relativamente débil en el ecuador, con un efecto negativo en el SCC (Gaxiola-

*Ver apéndice 2

Castro et al., 2008; Millán-Núñez, 2010). En contraste con el 2007, las surgencias empezaron antes y fueron anómalamente más fuertes, experimentando fuertes condiciones La Niña, esto se reflejó en bajos valores de temperatura superficial del mar (TSM) por debajo de lo normal (McClatchie et al., 2008). En este estudio, nos basamos en los criterios de la NOAA para la clasificación El Niño/La Niña, y durante los períodos de 1998-2001 y 2007-2008 se clasificaron como evento La Niña. En los últimos años, las condiciones frías han persistido, resultando uno de los períodos más fríos (McClatchie et al., 2009).

III.2.- Variables físicas oceanográficas

Las imágenes de Temperatura Superficial del Mar (TSM) procedentes de la NOAA (<http://coastwatch.pfeg.noaa.gov/coastwatch/CWBrowser.jsp?511,569>) en la base de datos AVISO para la costa occidental de Baja California, mostró una variabilidad temporal entre los periodos de muestreo con un intervalo de 14°C a 20°C (Fig. 2). La variabilidad espacial solo mostró el inicio de estructuras a nivel de mesoescala, además de que se observó durante los abriles del 2005 y 2006 una temperatura ligeramente más cálida que el período 2007-2008. En abril de 2005 se presentó una surgencia frente a Ensenada y San Quintín con agua de temperatura de 14°C, así como frente a Punta Eugenia (Fig. 2a). En abril 2006 el área de divergencia fue mayor en su expansión de costa-océano a lo largo de la península, sobresaliendo el frente de Punta Eugenia en donde se presentó el efecto de isla (Fig. 2b). Para abril de 2007 en la zona norte y centro del área de estudio se presentó una temperatura superficial del mar de 14°C mientras que en la parte sur se observó un frente térmico en la parte sur de Punta Eugenia (Fig. 2c), en abril de 2008 se detectó una zona de surgencia frente a San Quintín y a Punta Eugenia (Fig. 2d). Asimismo, se detectó el inicio de la formación de un giro ciclónico frente a Punta Eugenia.

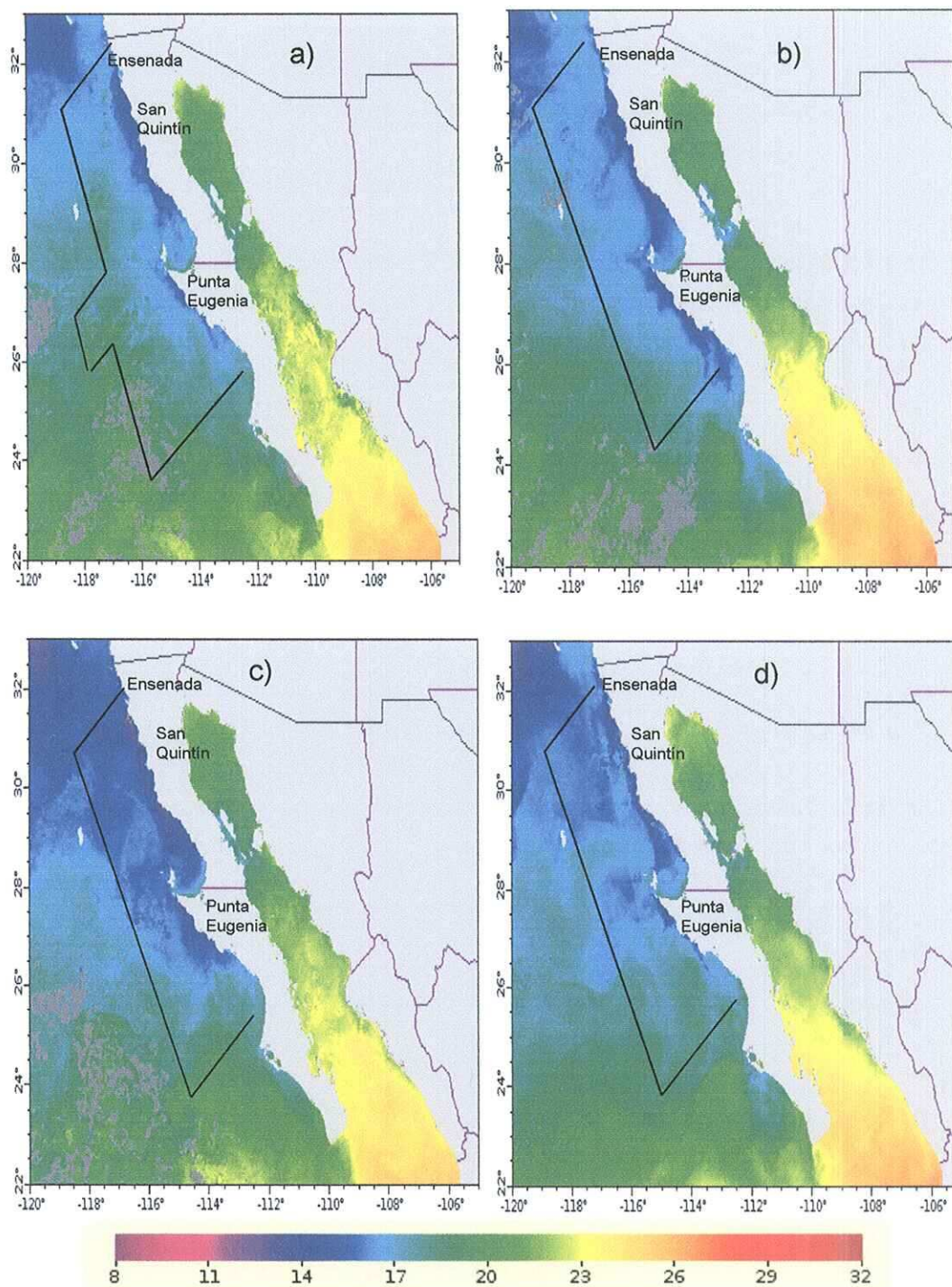


Figura 2.- Imágenes compuestas de Temperatura Superficial del mar por el satélite Aqua/Modis del 16 al 31 de abril, con una resolución de 2x2 km, en grados Celsius. a) abril 2005, b) abril 2006, c) abril 2007 y d) abril 2008. El rectángulo representa la delimitación del área de estudio.

Las masas de agua que tienen influencia sobre el Sistema de la Corriente de California ya han sido anteriormente reportadas por autores como Torres-Orozco (1993), Castro-Valdez (2001), Durazo y Baumgartner (2002), y Packard (1975), y las principales características de la Corriente de California son 33.7 de salinidad y una temperatura que va de los 12 a los 18°C. Agua Subártica del Pacífico (ASA) con temperaturas de 8 a 20°C y salinidades que van de 33.1 a 33.8, Agua Intermedia del Pacífico (AIP) son aguas frías de 4 a 9°C y salinidades de 34.5 a 34.8, el Agua Profunda del Pacífico (APP) con temperaturas de 2 a 4 °C y salinidades de 33.5 a 34.5, Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESs) con temperaturas de 8 a 15°C y con salinidades de 33.3 a 34.6, y Agua Transicional (ATr) con salinidades de 34. En éste trabajo, se presentan las masas de agua que tuvieron influencia durante los abridos del 2005-2008 frente a Baja California.

Las estaciones a 10 metros de profundidad para los 4 periodos de muestreo correspondieron a 3 masas de agua: Agua de la Corriente de California (CC), Masa de Agua del Subártico (ASA) y Agua Transicional (ATr) (Fig. 3); ésta última solamente se presentó en abril de 2008 en la estación 60 frente Punta Eugenia (no se incluye en la figura 3d). La caracterización física de la columna de agua para cada uno de los periodos de muestreo, mostró una marcada diferenciación en la salinidad que se detectó en el área de estudio, en donde además la dominancia del ASA prevaleció y mostró cambios con respecto a la variabilidad oceanográfica ocurrida durante el tiempo de muestreo. El límite salino para diferenciar el ASA con respecto a la Corriente de California fue de 33.5, mostrando la presencia de la Corriente de California en una estación durante los abridos de 2005 y 2006 (Figs. 3a y 3b), siete en abril de 2007 (Fig. 3c), y durante abril de 2008 fueron 26 estaciones (Fig. 3d).

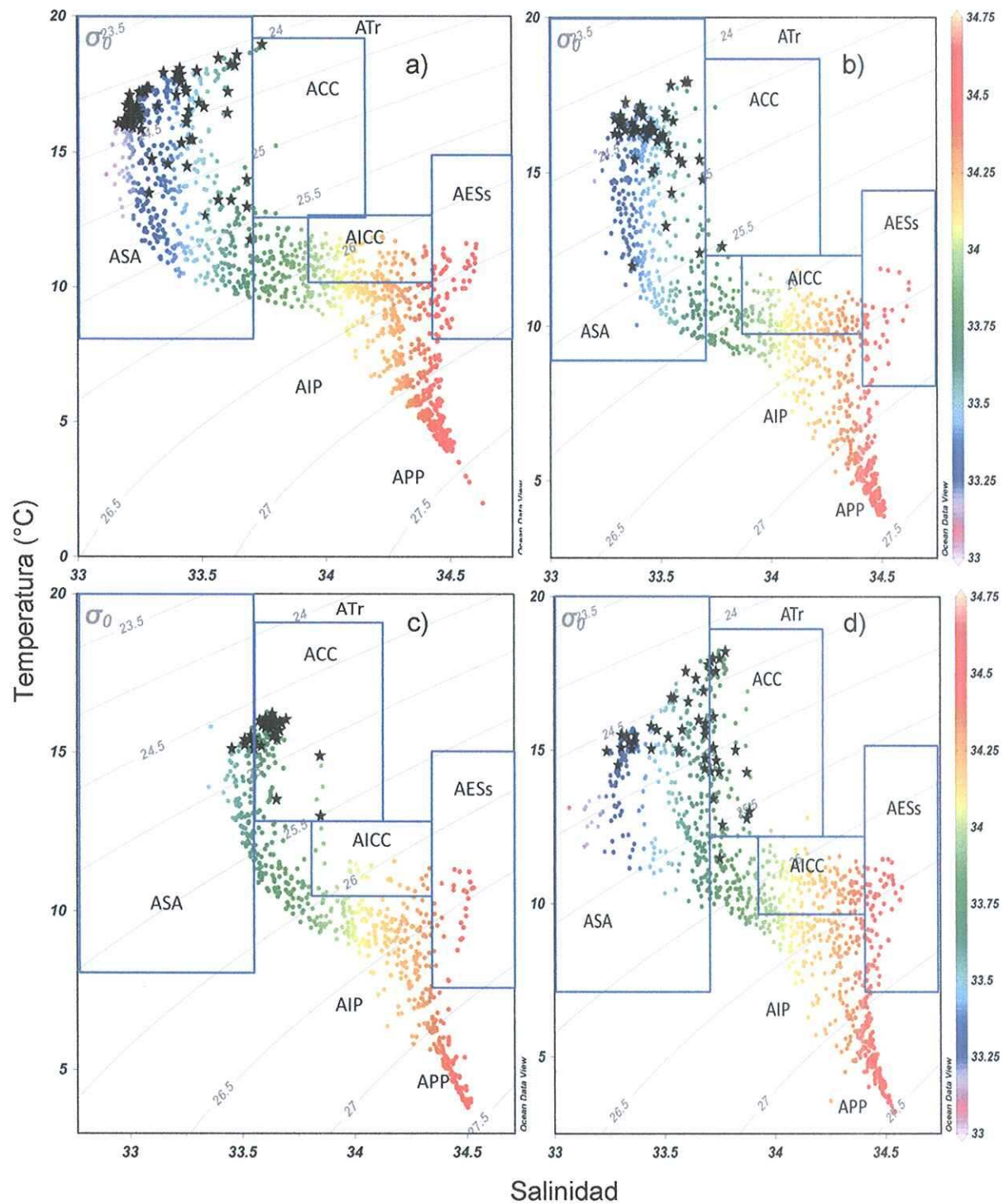


Figura 3.- Diagramas T-S de los datos obtenidos durante los abriles, a) 2005, b) 2006, c) 2007 y d) 2008. Masas de agua que se detectaron en este estudio. Las estrellas indican los datos a 10 metros de profundidad.

La altura dinámica durante el periodo de muestreo mostró un gran dinamismo de la capa superior del océano, así como del comportamiento de la circulación oceánica. Los datos de temperatura y salinidad fueron necesarios para realizar los cálculos de anomalía geopotencial para cada estación monitoreada con base a 1000 metros de profundidad. En general, al observar la climatología de la altura dinámica por periodos largos, no pudimos encontrar patrones de circulación bien definidos. Sin embargo, los fenómenos climatológicos como El Niño-La Niña provocan dinamismo en la capa superficial del océano, lo que nos permitió observar en promedio un flujo hacia el ecuador (Fig. 4). En abril de 2005 detectamos un meandro anticiclónico al noreste de Isla Guadalupe (Fig. 4a), durante abril de 2006 se formaron dos meandros: uno ciclónico y otro anticiclónico, ubicados frente a Ensenada-San Quintín, y frente a Punta Eugenia, respectivamente, en donde se observa que el comportamiento de estos dos meandros desplazan agua hacia la costa (Fig. 4b), en abril de 2007 no se detectó ninguna estructura, sin embargo, valores altos de altura dinámica se detectaron frente a Ensenada (Fig. 4c), y durante abril de 2008 se observó en la parte oceánica frente a Ensenada una altura dinámica de 22 centímetros, igualmente se detectó una corriente de agua con un desplazamiento hacia el sur de Punta Eugenia (Fig. 4d).

Para poder determinar la velocidad de desplazamiento de las corrientes geostróficas es necesario referenciar la topografía de la superficie del mar con respecto al geoide, donde éste es la referencia de un océano en reposo, de tal manera que las velocidades de desplazamiento por debajo de esta línea de referencia están expresadas con valores negativos, y de igual manera para valores que se encuentren por encima del nivel de referencia son expresados como valores positivos. Por lo tanto el movimiento de estas corrientes en superficie son proporcionales a la pendiente de la topografía y sus características físicas, provocan la variación en el desplazamiento horizontal que es perpendicular al gradiente de presión, a la pendiente de la superficie del mar y al cambio horizontal de densidad así como en profundidad. Teniendo esto en consideración,

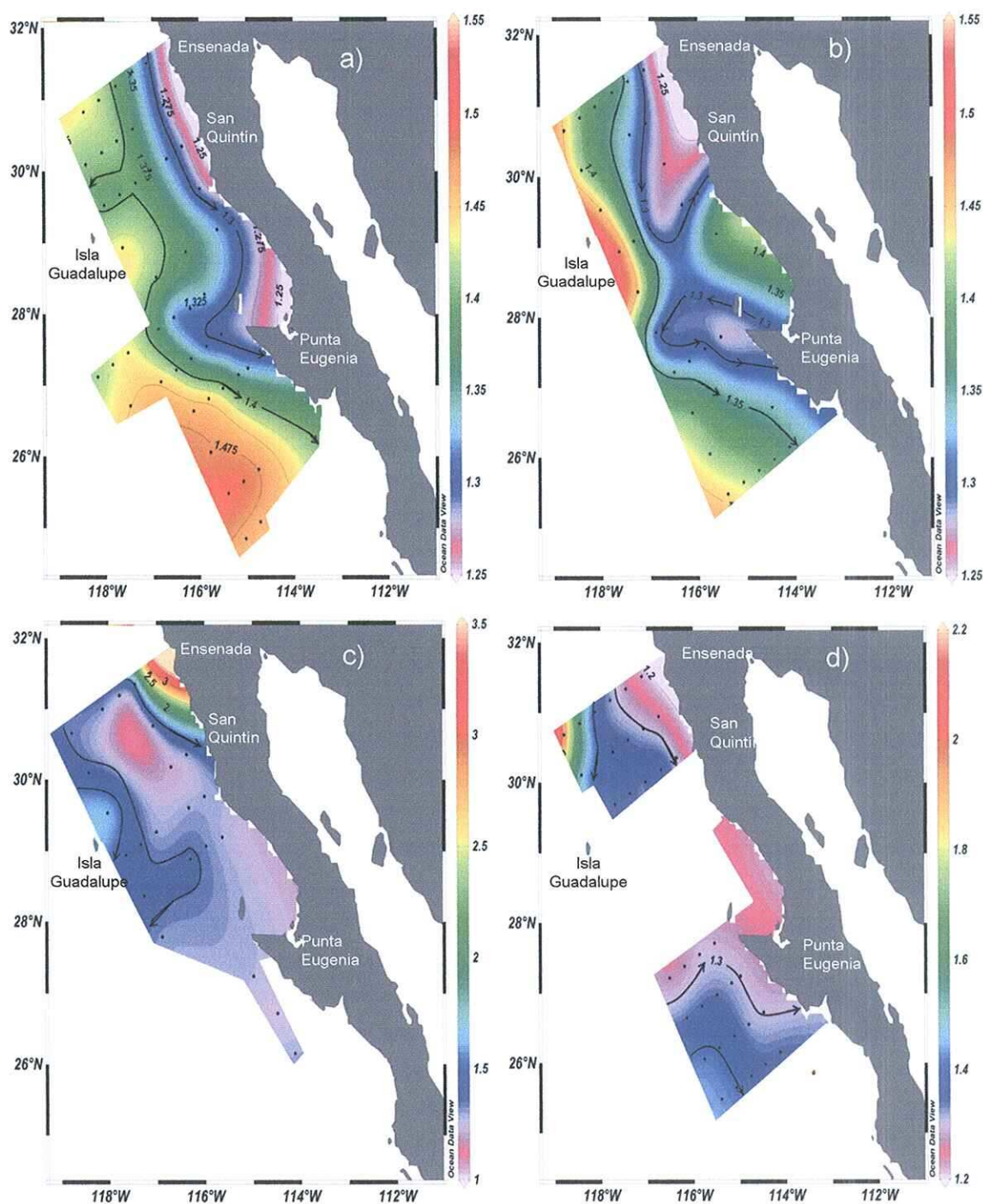


Figura 4.- Distribución espacial de la altura dinámica (10/1000 dbar) durante los abril de 2005-2008. a) abril 2005, b) abril 2006, c) abril 2007 y d) abril 2008. Las flechas negras indican la dirección de la corriente y el intervalo de los contornos corresponde a 0.10 metros dinámicos. Nota: Nótese que la escala es diferente.

la topografía del área de estudio presentó una variabilidad espacial y temporal con valores desde los -20 cm s^{-1} hasta 10 cm s^{-1} (Fig. 5). En abril de 2005 la CC tuvo un desplazamiento de -10 cm s^{-1} , localizándose a lo largo de la península de Baja California, y en Punta Eugenia, el nivel es el de referencia (Fig. 5a). Para abril de 2006, la CC se ubicó en la zona oceánica mientras que la velocidad de desplazamiento incrementó casi el doble -20 cm s^{-1} , mientras que en San Quintín el nivel es el de referencia, pero ahora visto de manera zonal (Fig. 5b). En abril de 2007 la velocidad de desplazamiento fue de -10 cm s^{-1} , pero presentó una disminución en su intensidad porque ésta abarcó desde Ensenada hasta Punta Eugenia, en este año en Punta Eugenia la velocidad zonal fue de 10 cm s^{-1} , mientras que al sur de Ensenada y de San Quintín, el nivel es el de referencia (Fig. 5c). Finalmente para abril de 2008, la CC se ubicó centrada de manera zonal y al igual que en abril de 2005, apareció a lo largo de la península de Baja California con una velocidad de desplazamiento fue de -10 cm s^{-1} , caracterizando la velocidad de manera zonal en San Quintín y en Punta Eugenia fue de 10 cm s^{-1} (Fig. 5d).

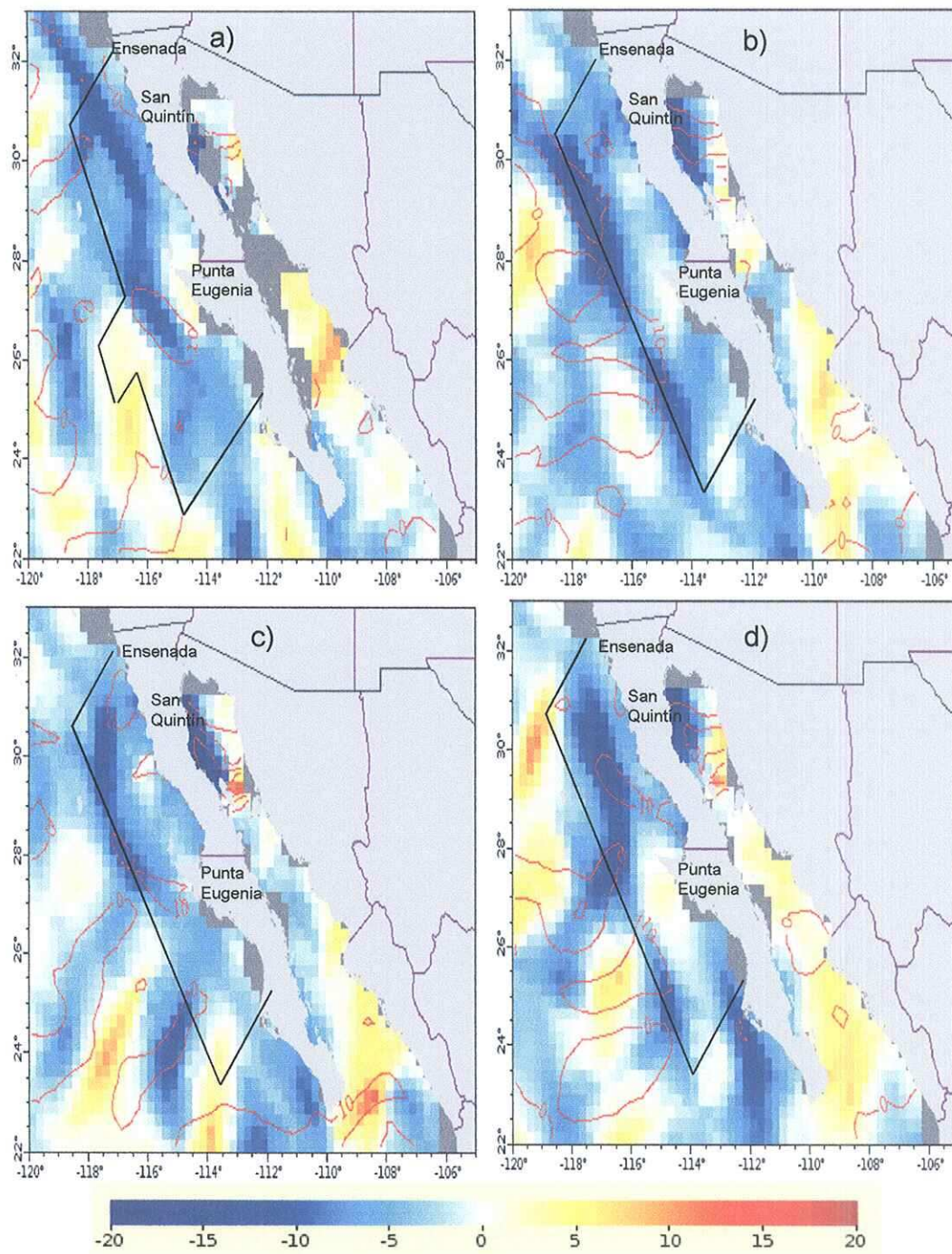


Figura 5.- Imágenes compuestas de Desplazamiento de Corrientes Geostróficas mensuales para la región sureña del Sistema de la Corriente de California de la base de datos de AVISO con una resolución de 10x10 Km en cm s^{-1} , a) abril 2005, b) abril 2006, c) abril 2007 y d) abril 2008. El rectángulo representa la delimitación del área de estudio y el contorno rojo representa las corriente geostrófica zonal.

III.3- Estructura de la comunidad del fitoplancton

Durante abril de 2006, la distribución espacial del fitoplancton total a 20 m de profundidad presentó valores mínimos de abundancia hasta máximos de $\sim 50 \times 10^4$ células L^{-1} al norte de Punta Eugenia (Fig. 6a). El grupo taxonómico de las diatomeas, presentó un cambio en su abundancia y distribución de 40×10^4 células L^{-1} al norte de Punta Eugenia (Fig. 6b), mientras que los dinoflagelados mostraron valores de aproximadamente 10×10^4 células L^{-1} frente a Ensenada (Fig. 6c). En abril de 2007, la abundancia del fitoplancton total a 20 metros de profundidad presentó valores hasta de 8×10^3 células L^{-1} frente a San Quintín (Fig. 7a), con una abundancia frente a San Quintín de 2,500 y 6×10^3 células L^{-1} de diatomeas y dinoflagelados, respectivamente (Fig. 7b y 7c). Durante abril de 2008, la distribución espacial del fitoplancton total a 10 metros de profundidad mostró valores mínimos hasta máximos de 1×10^6 células L^{-1} frente a San Quintín (Fig. 8a), el grupo de las diatomeas mostró en San Quintín un máximo de aproximadamente 1×10^6 células L^{-1} (Fig. 8b), mientras que la distribución de los dinoflagelados presentó una abundancia de $\sim 6 \times 10^4$ células L^{-1} al sur de San Quintín (Fig. 8c).

La estructura de la comunidad del fitoplancton a partir del índice de amplitud de nicho (Bi) durante abril de 2006, tal y como se muestra en la Tabla II con un total de 11 géneros de diatomeas y 13 géneros de dinoflagelados. Con este índice se puede observar la proporción relativa de los géneros, así como su amplitud de nicho, la cual brinda información sobre la importancia de los principales taxas analizados durante los períodos de muestreo. En abril de 2006, el género dominante para las diatomeas fue *Nitzschia* spp. y para el grupo de los dinoflagelados fueron *Gyrodinium* spp. y *Gymnodinium* spp. Para abril de 2007 se detectaron 8 géneros de diatomeas y 11 de dinoflagelados, dominando en las diatomeas *Nitzschia* spp. y para el grupo de los dinoflagelados fueron *Gymnodinium* spp. y *Gyrodinium* spp. (Tabla III). Durante abril de 2008 se detectaron 21 géneros de diatomeas y 11 de dinoflagelados, en donde el género *Nitzschia* spp. fue el más frecuente y para los géneros de dinoflagelados fueron *Gymnodinium* spp., *Ceratium* spp. y *Gyrodinium* spp. (Tabla IV).

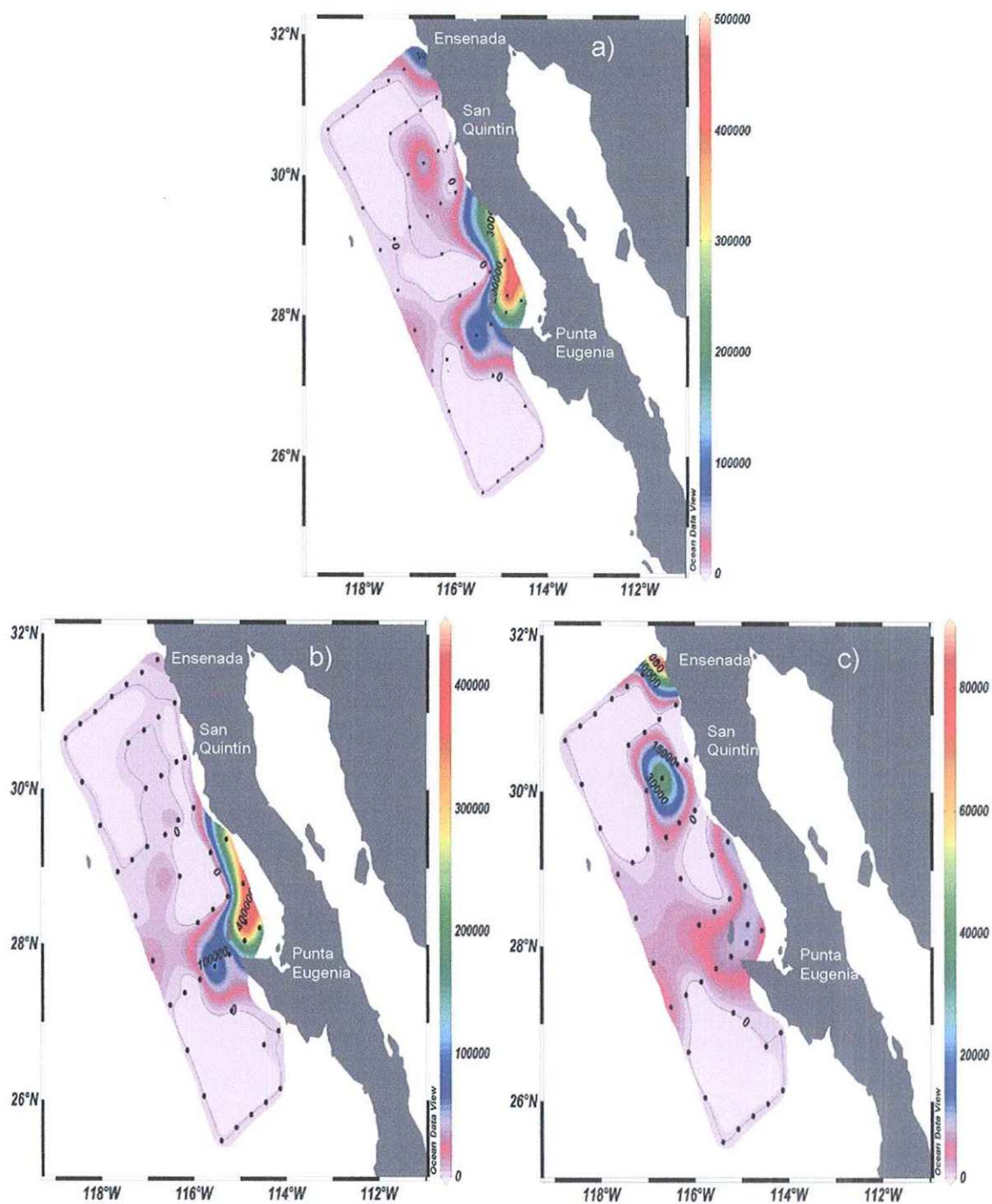


Figura 6.- Distribución espacial de la abundancia del fitoplancton, a) fitoplancton total (células L^{-1}) para abril 2006 a 20 metros de profundidad, b) diatomeas (células L^{-1}), y c) dinoflagelados (células L^{-1}). Nota: la abundancia está representada en escalas diferentes.

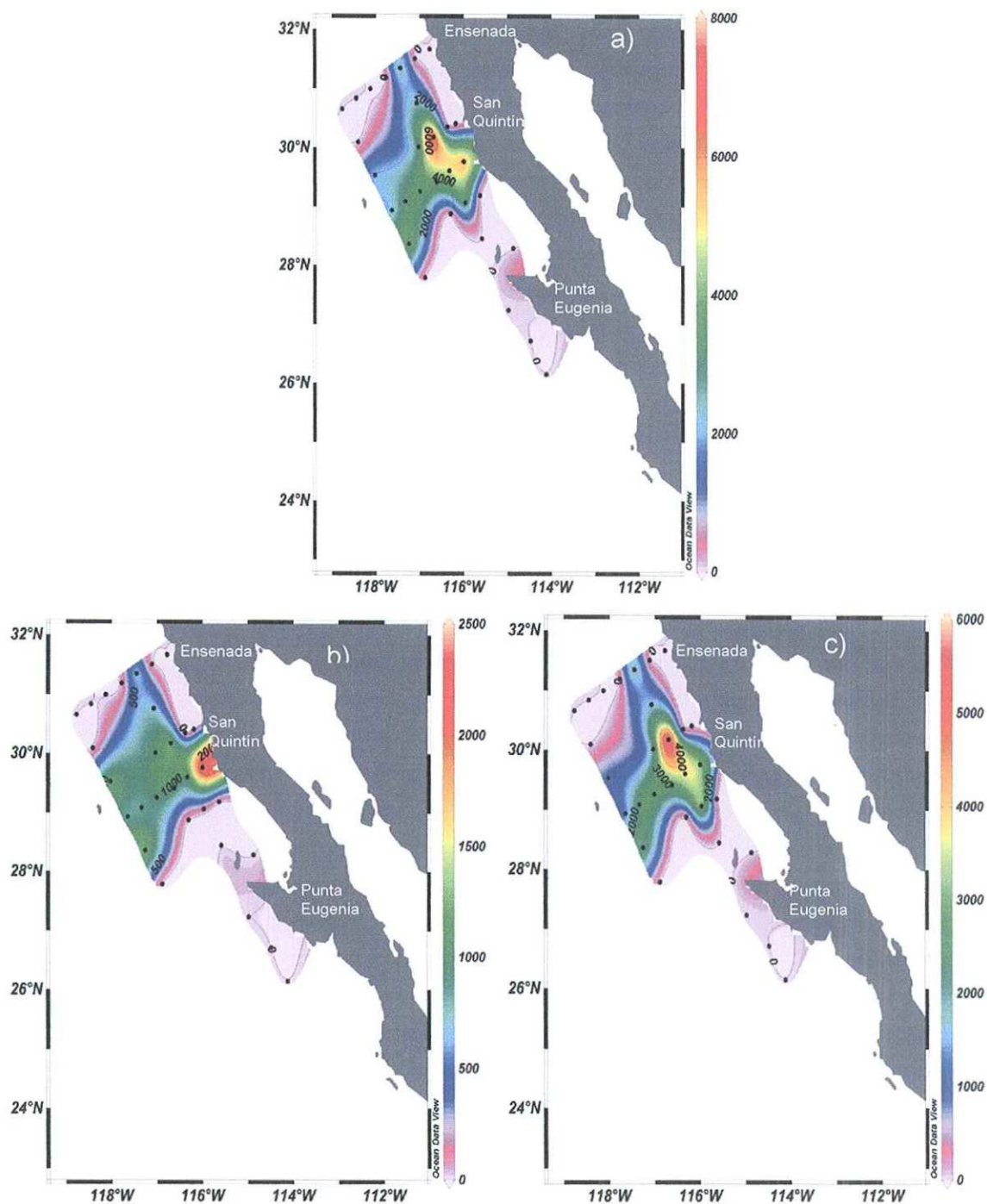


Figura 7.- Distribución espacial de la abundancia del fitoplancton, a) fitoplancton total (células L^{-1}) para abril 2007 a 20 metros de profundidad, b) diatomeas (células L^{-1}), y c) dinoflagelados (células L^{-1}). Nota: la abundancia está representada en escalas diferentes.

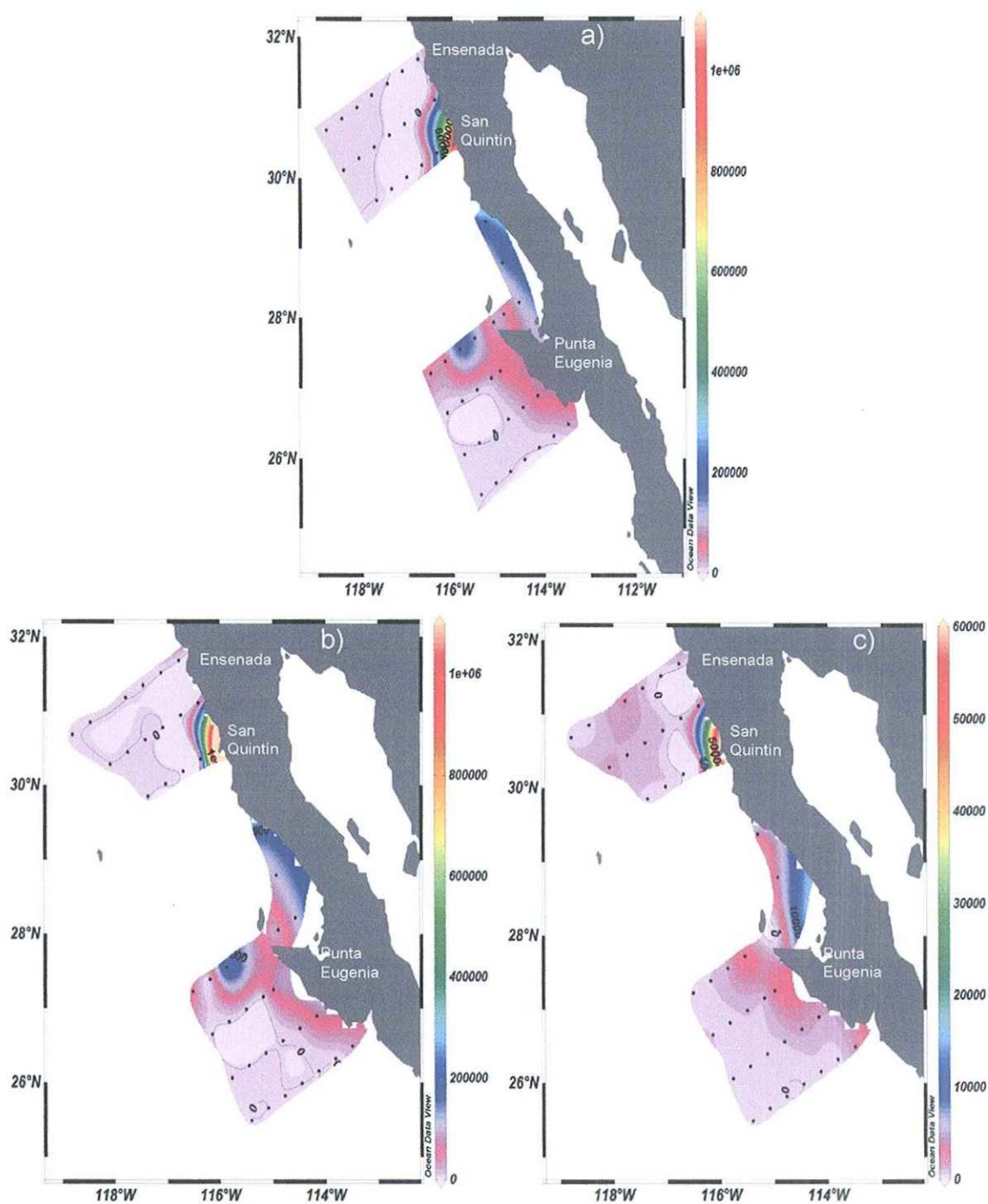


Figura 8.- Distribución espacial de la abundancia del fitoplancton, a) fitoplancton total (células L⁻¹) para abril 2008 a 10 metros de profundidad, b) diatomeas (células L⁻¹), y c) dinoflagelados (células L⁻¹). Nota: la abundancia está representada en escalas diferentes.

Tabla IV. Distribución espacial de la amplitud de nicho de los géneros del fitoplancton durante abril de 2008 a 10 m de profundidad.

[illegible]

III.4.- Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton (a_{phn}) y normalizada a 440 nm ($a_{phn}/440$ nm)

La forma espectral de absorción de luz por fitoplancton es el reflejo de la composición de pigmentos fotosintéticos que están contenidos en las células del fitoplancton. Al analizar los espectros de absorción a_{phn} y poder detectar si son diferentes, se analizó la pendiente de la curva espectral ponderada en el ancho de banda de 440 nm a 550 nm a través de un análisis estadístico*. Para reducir el número de curvas espectrales y facilitar su manejo se determinó el promedio ponderado de cada grupo: el primer grupo de la G1-G11 (abril de 2005, Tabla V), segundo grupo de la G12-G18 (abril de 2006, Tabla VI), tercer grupo de la G19-G22 (abril de 2007, Tabla VII), cuarto grupo de la G23-G30 (abril de 2008, Tabla VIII).

Para el muestreo abril de 2005 se detectó un total de 63 curvas espectrales (Fig. 9a), posteriormente se normalizó la forma espectral de absorción a 440 nm ($a_{phn}/440$ nm) y se obtuvieron 11 patrones de diferentes curvas espectrales, en donde el grueso de las estaciones formaron dos grupos que contienen 22 y 21 curvas espectrales, respectivamente (Fig. 9b, c). El tercer grupo está conformado por 8 similares curvas espectrales (Fig. 9d), más 6 curvas representadas por una sola estación (Fig. 9e, f, g, h, i, j); así como dos grupos que conforman 3 estaciones cada una (Fig. 9k, l). Para abril de 2006 se detectó un total de 44 curvas espectrales (Fig. 10a), de igual manera como se realizaron los análisis en el muestreo anterior, obtuvimos un total de 7 patrones diferentes de curvas espectrales en donde el grueso de las estaciones conformaron tres grupos: el primero formado por 18 estaciones (Fig. 10b), el segundo formado por 10 estaciones (Fig. 10c), el tercero formado por 7 estaciones (Fig. 10d), un cuarto grupo se formó por 4 estaciones (Fig. 10e), de igual manera se obtuvieron tres diferentes curvas espectrales con una sola estación (Fig. 10f, g, h). En el crucero abril de 2007 se analizaron un total de 24 curvas espectrales (Fig. 11a), y al normalizar la forma espectral de absorción a 440nm se obtuvieron 4 patrones: el primero se conformó con 10 estaciones (Fig. 11b), el segundo se formó por 8

estaciones (Fig. 11c), y el tercer por 4 estaciones (Fig. 11d), y el último grupo está formado por 2 estaciones (Fig. 11e). Durante el muestreo abril de 2008 se detectaron un total de 32 curvas espectrales (Fig. 12a), y al normalizar la forma espectral de absorción de luz por fitoplancton a 440nm, se observaron 8 patrones diferentes de curvas espectrales, en donde el grueso de las estaciones formaron dos grandes grupos: el primero de ellos está conformado por 10 estaciones (Fig. 12b), el segundo se formó por 8 estaciones (Fig. 12c), hay otros grupos que se conforman con 1, 2, y 3 estaciones (Fig. 12d, e, f, g, h, i).

Los análisis estadísticos realizados para los 30 grupos (G1-G30) que se obtuvieron durante los 4 años, aplicando un modelo lineal a la pendiente de la curva espectral, obteniendo los resultados de los supuestos y después de obtener dicho modelo, se encontró que todas los grupos mostraron ser estadísticamente diferente, con un valor de p mayor de 0.05*.

* Ver apéndice 3

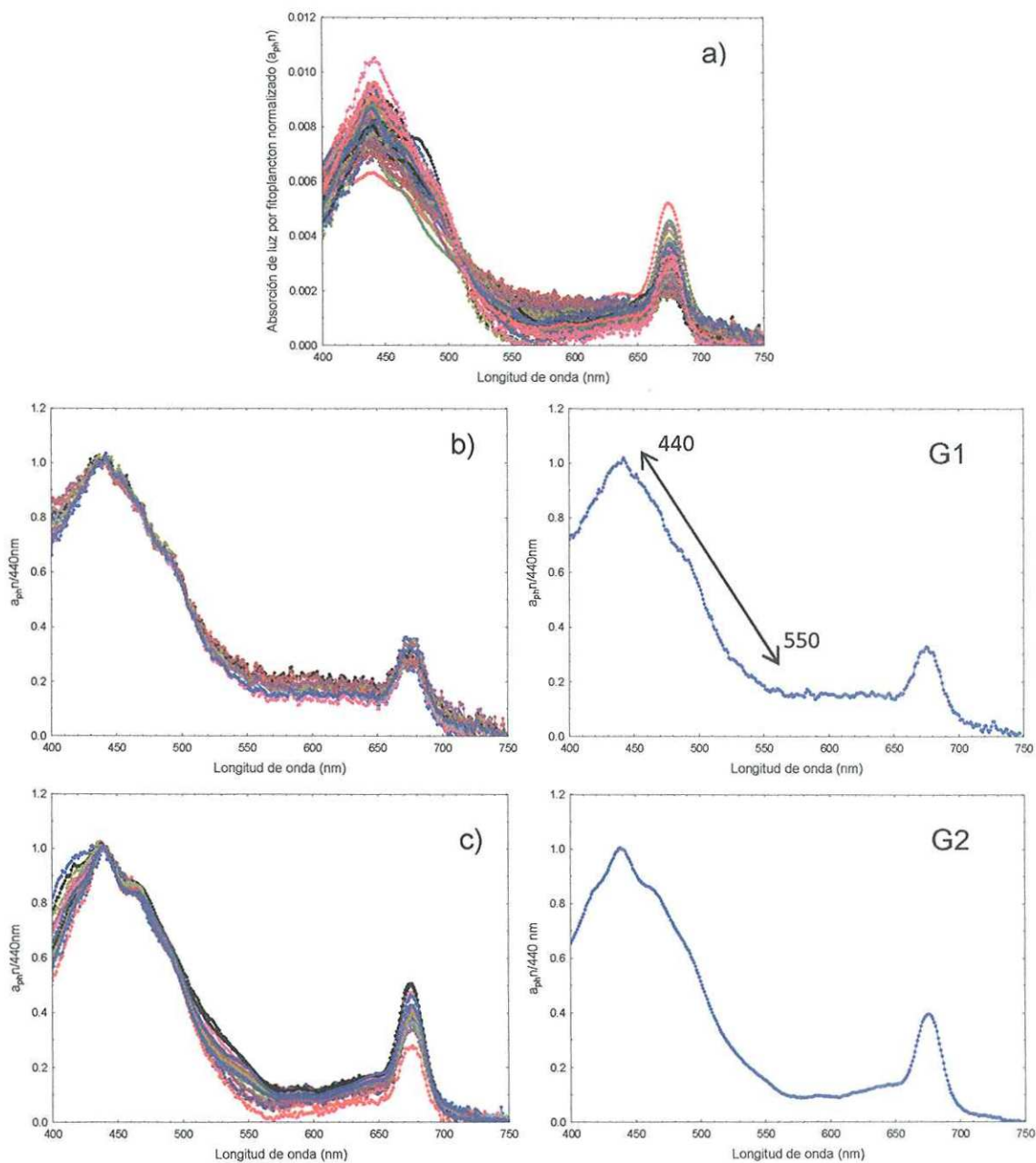


Figura 9.- Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton para abril 2005. a) Absorción de luz por fitoplancton integrada ($a_{ph}n$); b) y c) Absorción normalizada a 440 nm ($a_{ph}n/440\text{ nm}$) y G1 y G2. Promedio ponderado de la absorción normalizada a 440 nm.

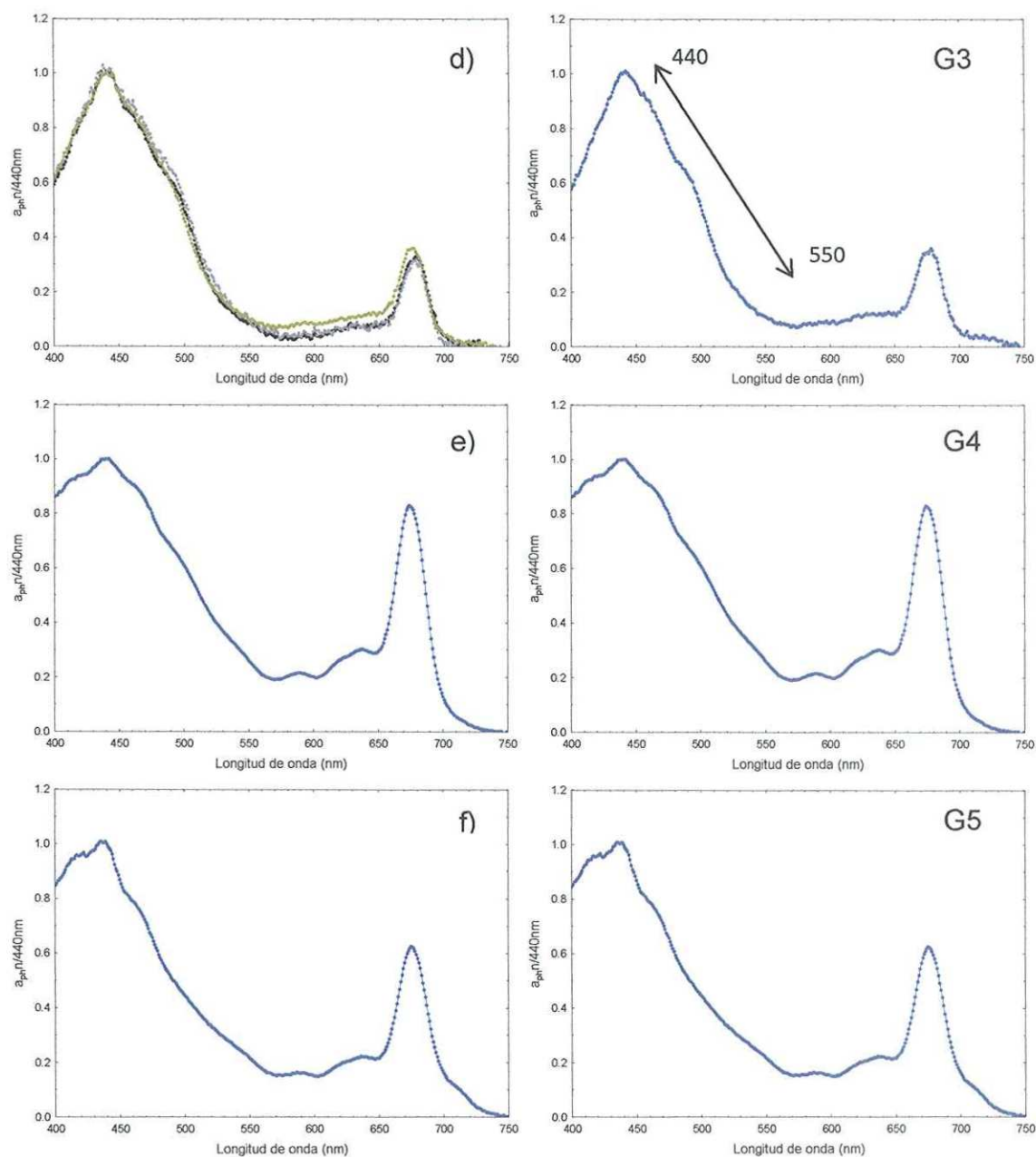


Figura 9. Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton para abril 2005. d), e) y f) Absorción normalizada a 440 nm ($a_{phn}/440\text{ nm}$) G3, G4 y G5. Promedio ponderado de la absorción normalizada a 440 nm.

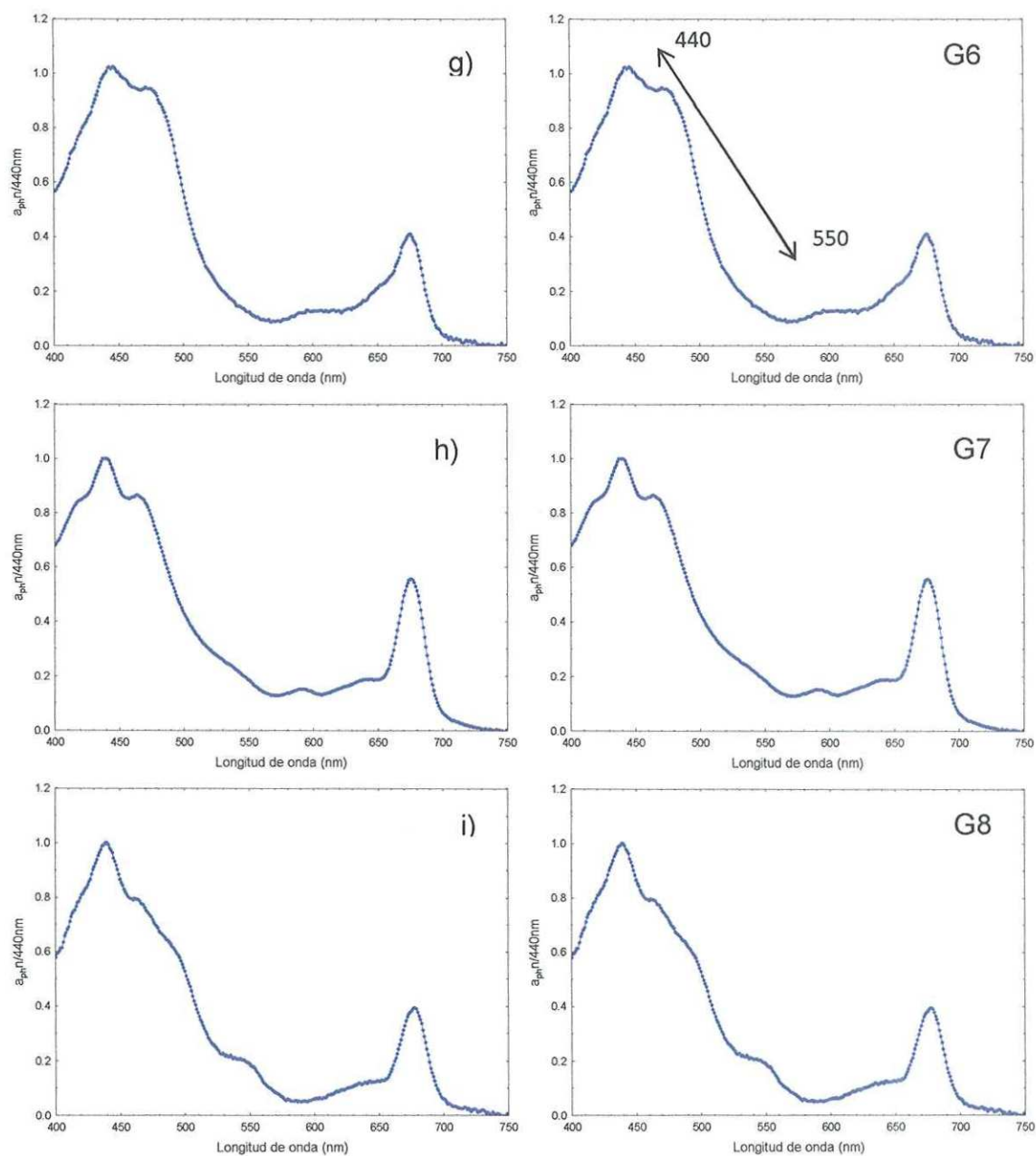


Figura 9. Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton para abril 2005. g), h) e i) Absorción normalizada a 440 nm ($a_{ph}/440\text{ nm}$) y G6, G7 y G8. Promedio ponderado de la absorción normalizada a 440 nm.

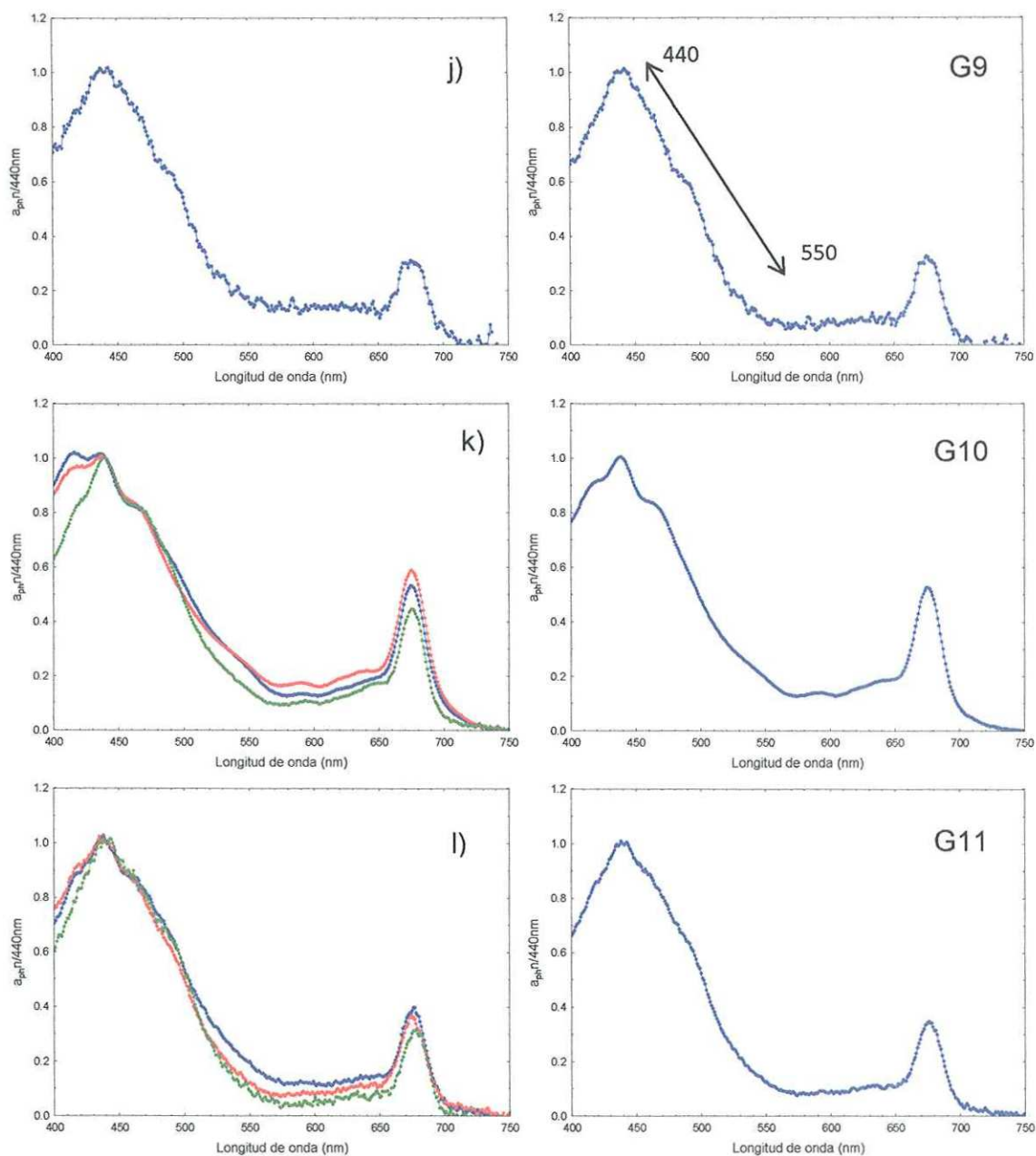


Figura 9. Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton para abril 2005. j), k) y l) Absorción normalizada a 440 nm ($a_{phn}/440\text{ nm}$) y G9, G10 y G11. Promedio ponderado de la absorción normalizada a 440 nm.

TABLA V.- Distribución de los Grupos para abril 2005.

GRUPO	ESTACIONES
G1	3,4,7,19,20,21,22,23,29,32,33,34,36,38,39,55,58,60,68,69,70,82
G2	1,2,11,12,16,17,25,30,31,37,41,42,44,45,46,47,48,49,63,75
G3	8,10,54,57,61,62,73,76
G4	14
G5	15
G6	53
G7	28
G8	40
G9	24, 83
G10	13, 27, 43
G11	18,26,62

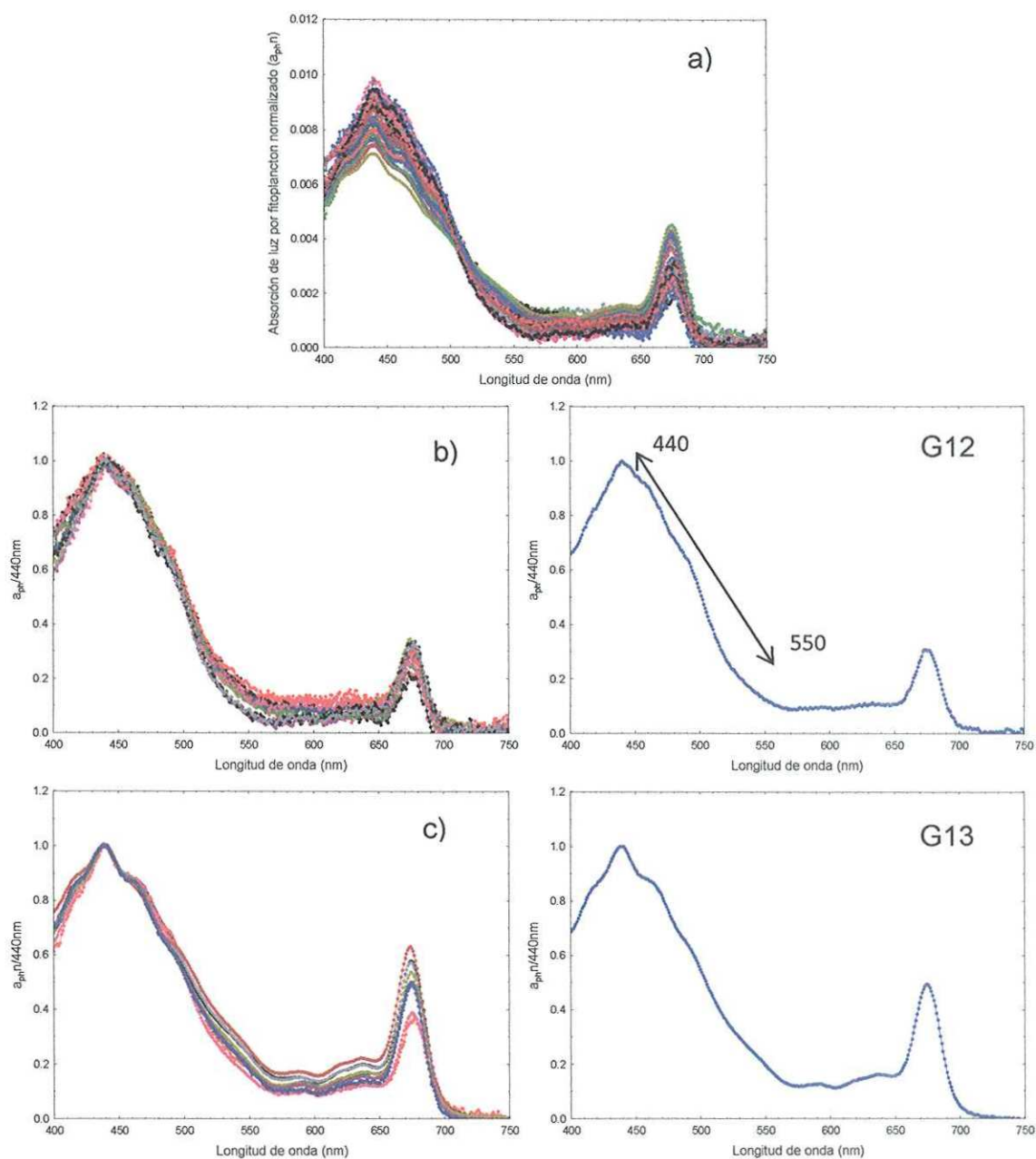


Figura 10.- Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton para abril 2006. a) Absorción de luz por fitoplancton integrada (a_{ph}); b) y c) Absorción normalizada a 440 nm ($a_{phn}/440nm$) y G12 y G13. Promedio ponderado de la absorción normalizada a 440 nm.

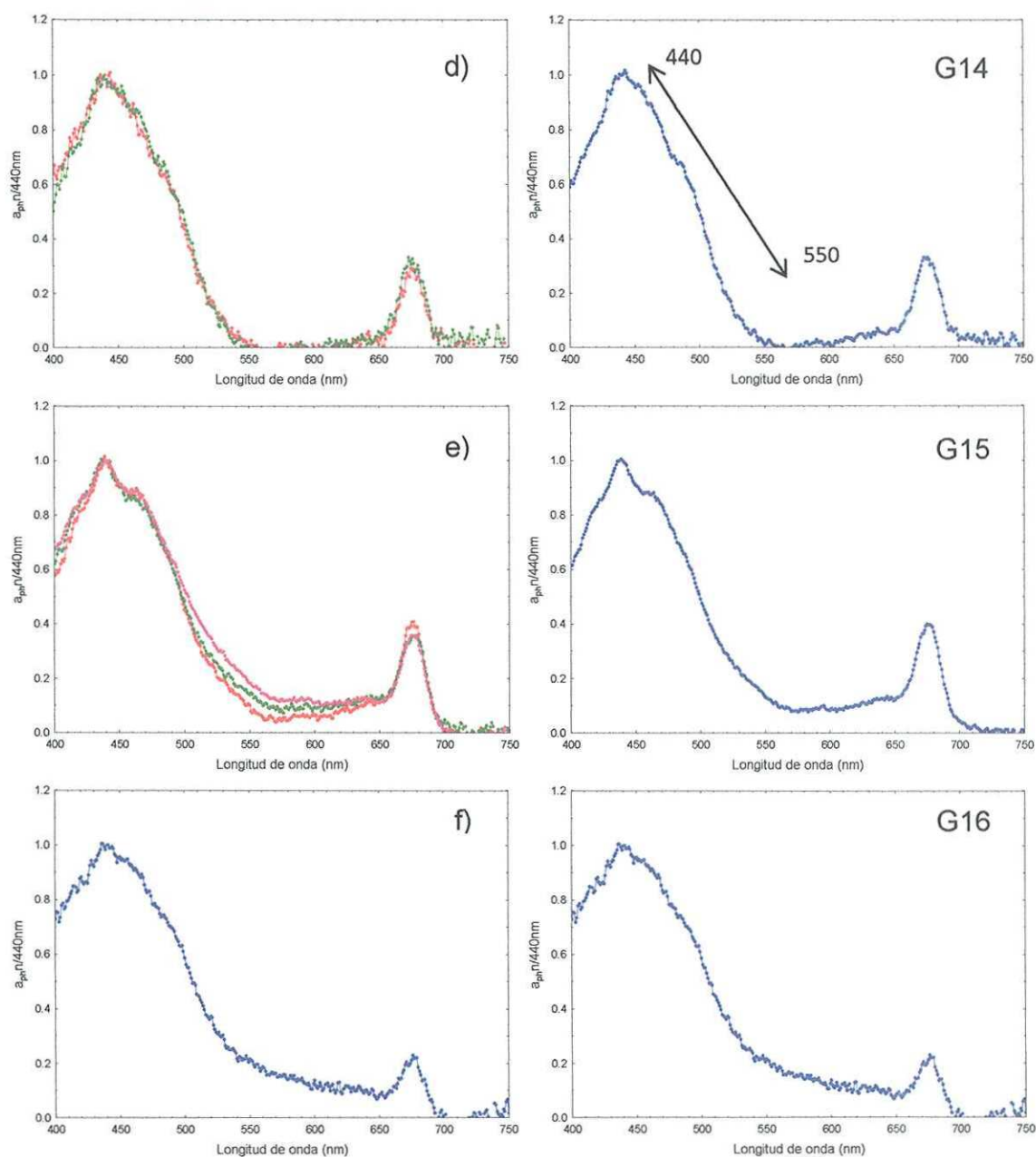


Figura 10. Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton para abril 2006. d), e) y f) Absorción normalizada a 440 nm ($a_{phn}/440\text{ nm}$) y G14, G15 y G16. Promedio ponderado de la absorción normalizada a 440 nm.

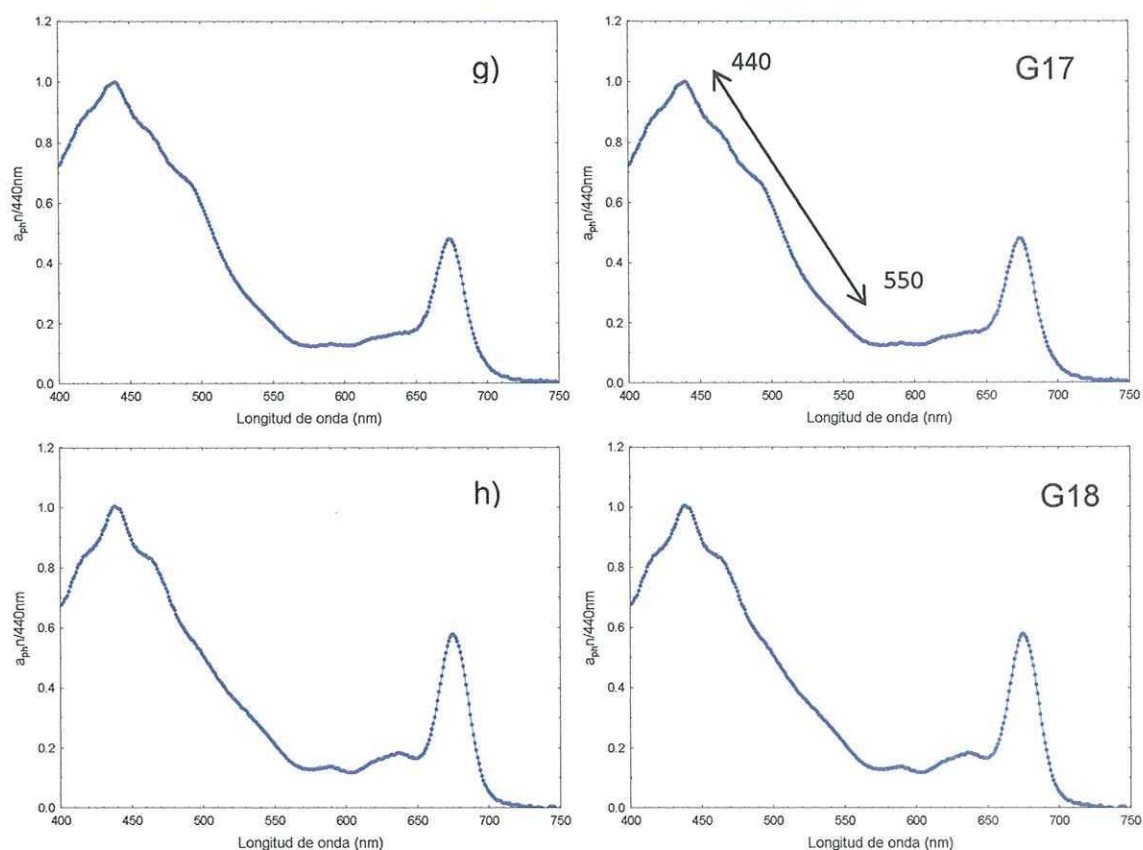


Figura 10. Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton para abril 2006. g) y h) Absorción normalizada a 440 nm ($a_{phn}/440\text{ nm}$) y G17 y G18. Promedio ponderado de la absorción normalizada a 440 nm.

TABLA VI.- Distribución de los Grupos para abril 2006.

GRUPO	ESTACIONES
G12	5,6,21,30,31,34,42,44,52,53,58,61,64,68,71,72,74,79
G13	1,2,12,17,28,45,46,48,49,63
G14	3,4,18,22,43,54,69
G15	24,25,26,39
G16	23
G17	47
G18	50

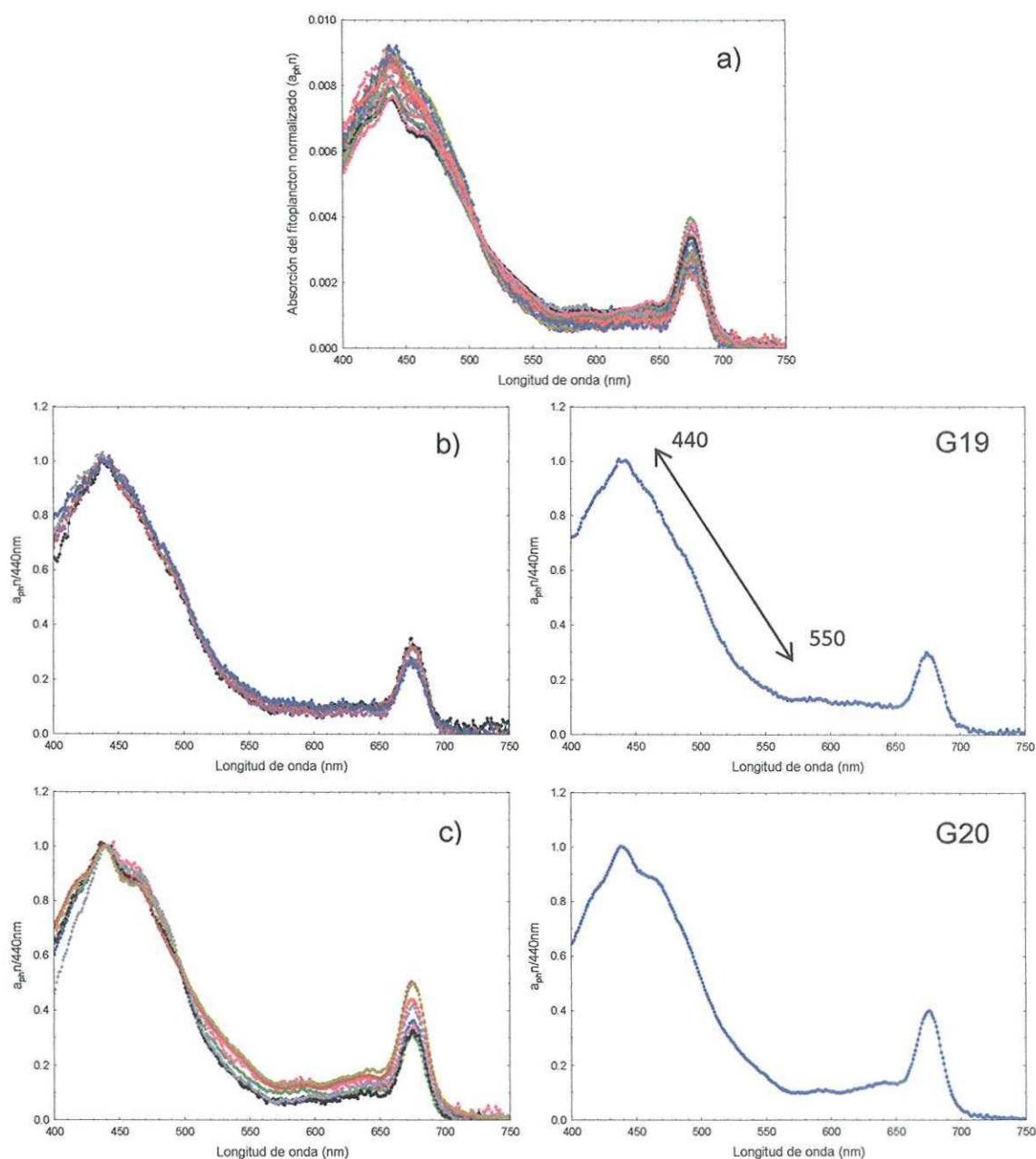


Figura 11.- Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton para abril 2007. a) Absorción de luz por fitoplancton integrada (a_{ph}); b) y c) Absorción normalizada a 440 nm ($a_{ph}/440nm$) y G19 y G20. Promedio ponderado de la absorción normalizada a 440 nm.

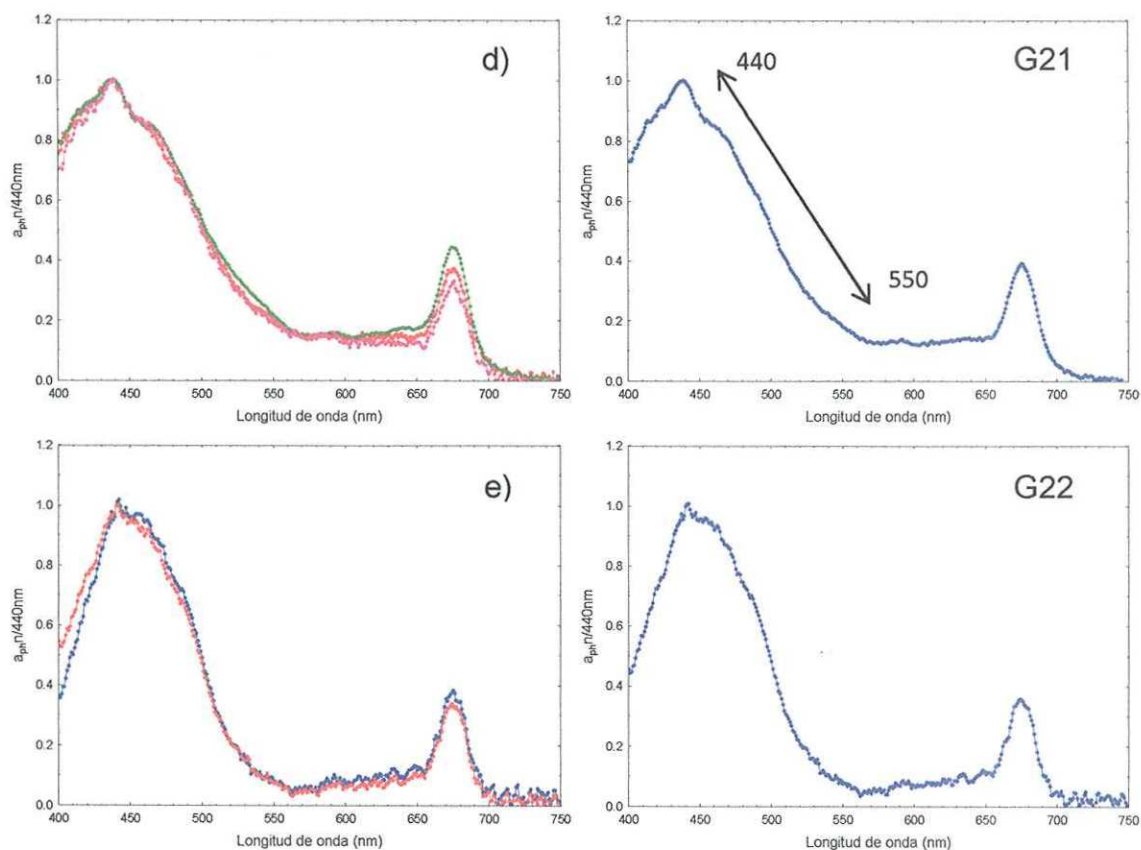


Figura 11. Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton para abril 2007. d) y e) Absorción normalizada a 440 nm ($a_{ph}/n/440\text{ nm}$) y G21 y G22. Promedio ponderado de la absorción normalizada a 440 nm.

TABLA VII.- Distribución de los Grupos para abril 2007.

GRUPO	ESTACIONES
G19	3,4,5,21,23,24,27,34,43,46
G20	1,12,22,30,39,62,73
G21	17, 18, 25, 26
G22	7, 8

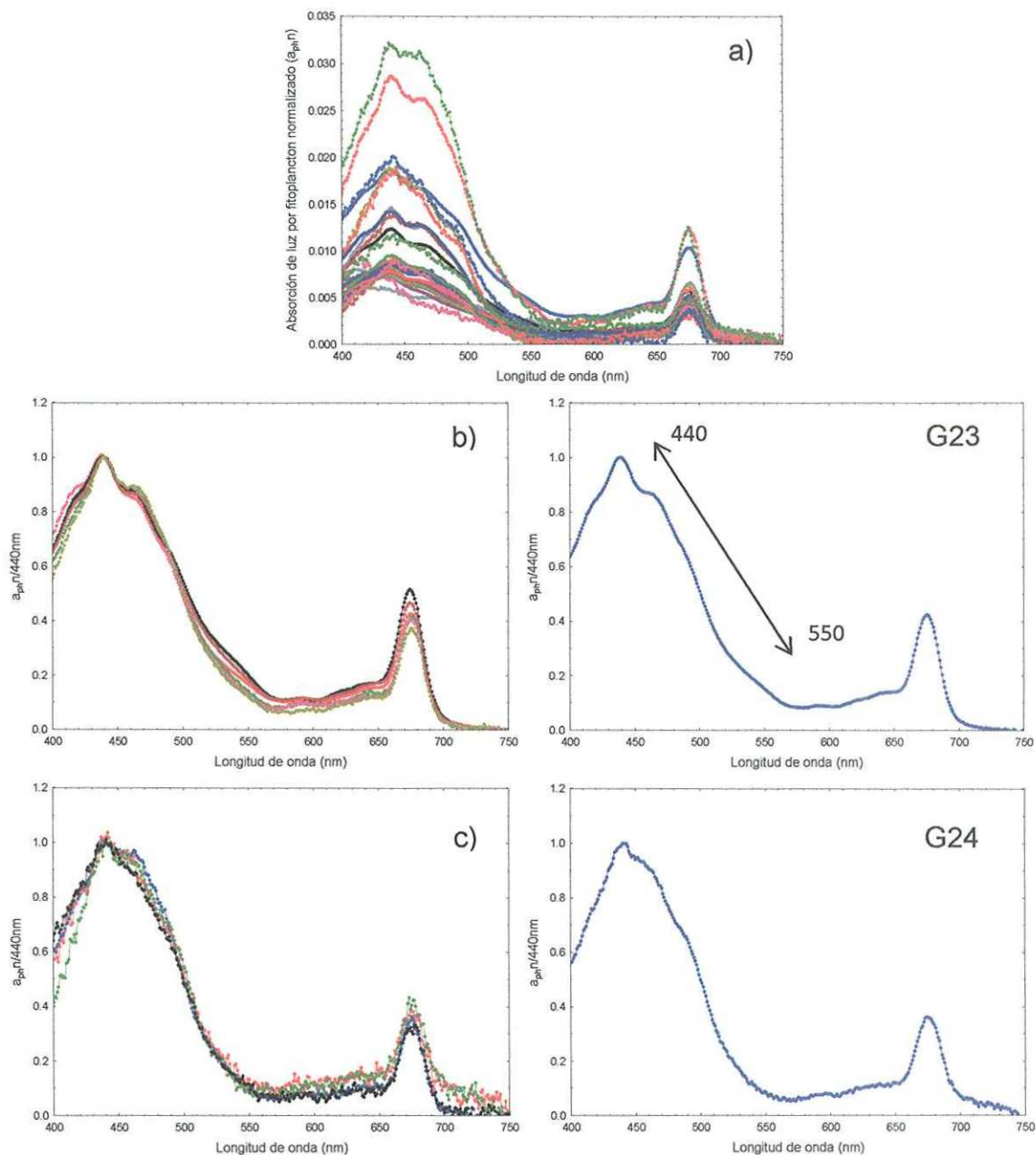


Figura 12.- Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton para abril 2008. a) Absorción de luz por fitoplancton integrada (a_{phn}); b) y c) Absorción normalizada a 440 nm ($a_{phn}/440\text{ nm}$) y G23 y G24. Promedio ponderado de la absorción normalizada a 440 nm.

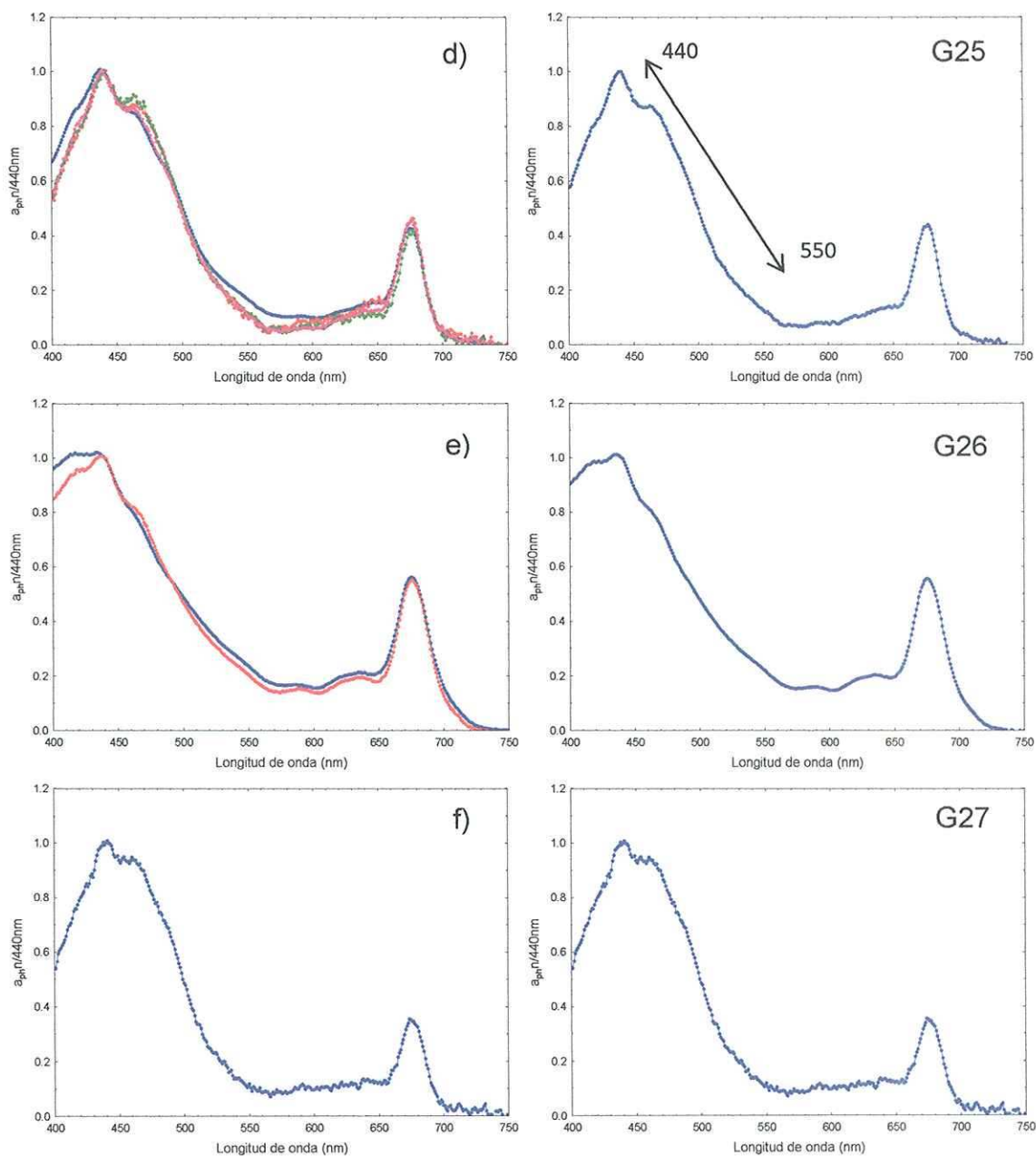


Figura 12. Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton para abril 2008. d), e) y f) Absorción normalizada a 440 nm ($a_{ph}/n/440\text{ nm}$) y G25, G26 y G27. Promedio ponderado de la absorción normalizada a 440 nm.

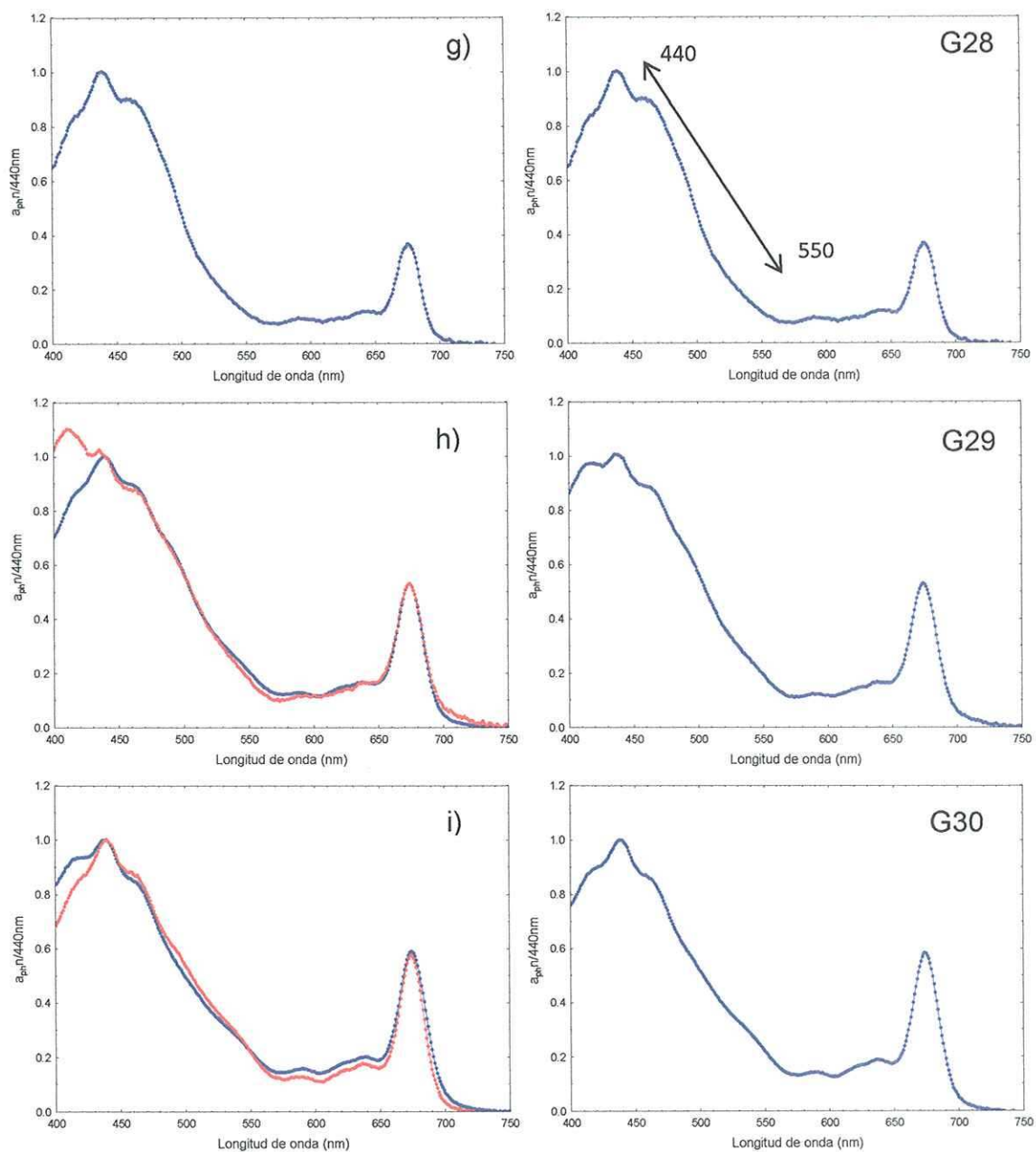


Figura 12. Forma espectral del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton para abril 2008. g), h) e i) Absorción normalizada a 440 nm ($a_{phn}/440\text{ nm}$) y G28, G29 Y G30. Pomedio ponderado de la absorción normalizada a 440 nm.

TABLA VIII.- Distribución de los Grupos para abril 2008.

GRUPO	ESTACIONES
G23	4,6,8,10,19,59,66,70,72,73
G24	1,2,14,52,53,61,62,63
G25	15,28
G26	50,51
G27	65
G28	74
G29	47, 48
G30	17,18,64

III.5.- Reagrupamiento de las curvas espectrales de los promedios ponderados (G1-G30) a un nuevo agrupamiento de curvas patrón (M1-M17)

Si retomamos la información de las curvas espectrales de promedios ponderados ($a_{phn}/440\text{ nm}$) de la G1-G30 de la sección anterior, y las asociamos con las estaciones muestreadas para los diferentes abrils de 2005-2008, esto se resume en un total de 17 patrones curvas espectrales (Tabla IX, Fig. 13 y 13b). Estas pendientes se probaron estadísticamente, dando como resultado que todas las curvas son diferentes con un valor de probabilidad (p) mayor de 0.05*, los valores de las pendientes ponderadas se muestran en la Tabla X.

* Ver apéndice 4

Tabla IX.- Conjunto de estaciones que conforman los patrones (M1-M17) de las curvas espectrales normalizadas a 440 nm ($a_{phn}/440$ nm).

GRUPOS	AÑOS	ESTACIONES
M1	2005	3,4,7,19,20,21,22,23,29,32,33,34,36,38,39,55,58,60,68,69,70,82
	2006	5,6,21,30,31,34,42,44,52,53,58,61,64,68,71,72,74,79
	2007	3,4,5,21,23,24,27,34,43,46
	2008	4,6,8,10,19,59,66,70,72,73
M2	2005	1,2,11,12,16,17,25,26,30,31,37,41,42,44,45,46,47,48,49,63,75
	2006	1,2,12,17,28,45,46,48,49,63
	2007	1,12,22,30,39,62,73
	2008	1,2,14,52,53,61,62,63
M3	2005	8,10,54,57,61,62,73,76
	2006	3,4,18,22,43,54,69
	2007	17,18,25,26
M4	2005	14
M5	2005	15
	2008	15,28
M6	2005	53
M7	2005	28
M8	2005	40
M9	2005	13,27,43
	2006	50
	2008	50,51
M10	2005	24,83
M11	2005	18,62
	2006	24,25,26,39
	2008	47,48
M12	2006	23
M13	2006	47
M14	2007	7,8
M15	2008	17,18,64
M16	2008	65
M17	2008	74

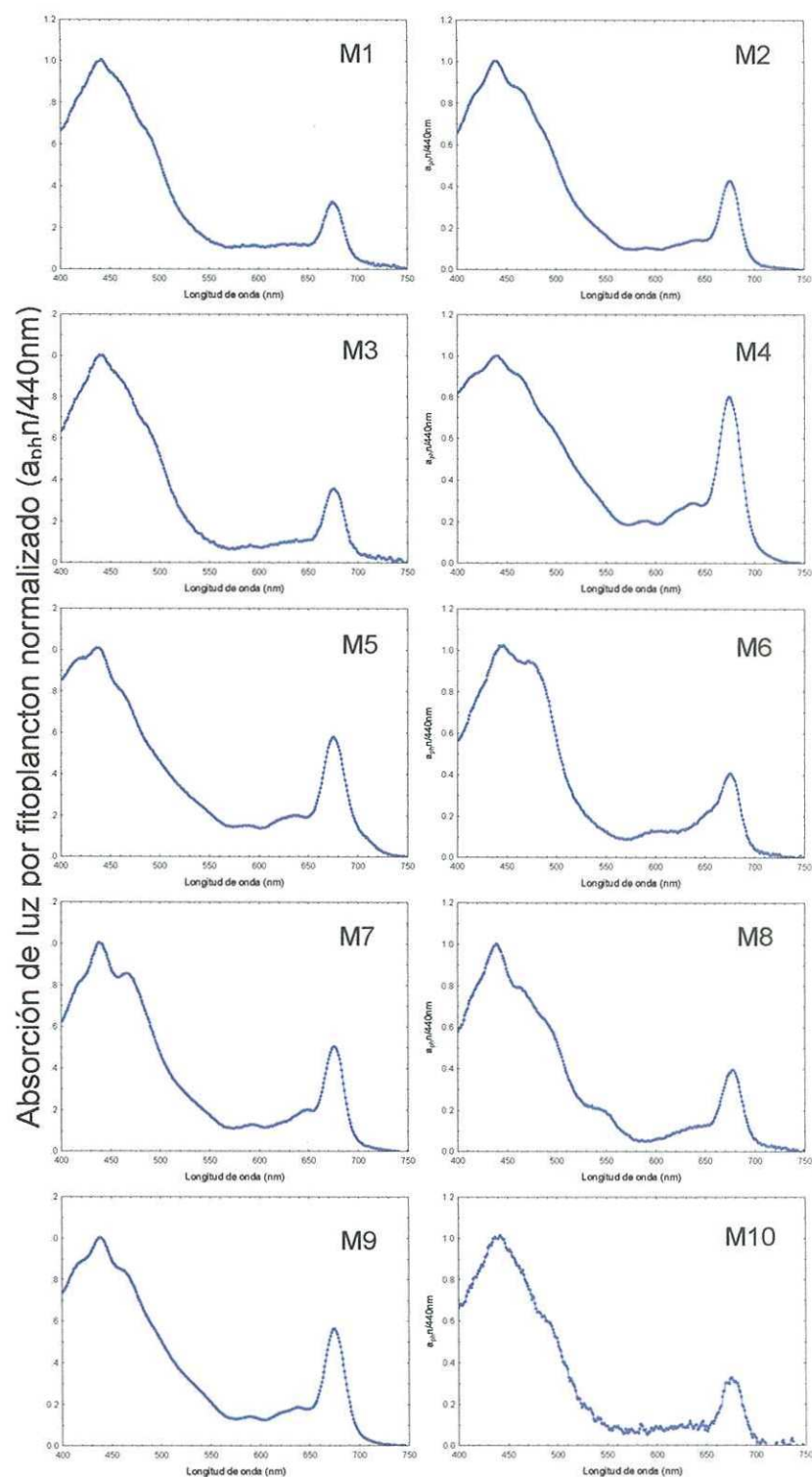


Figura 13.- Patrones de curvas espectrales de absorción de luz por fitoplancton normalizado ($a_{ph}/440nm$) a 10 metros de profundidad, abril 2005, 2006, 2007 y 2008.

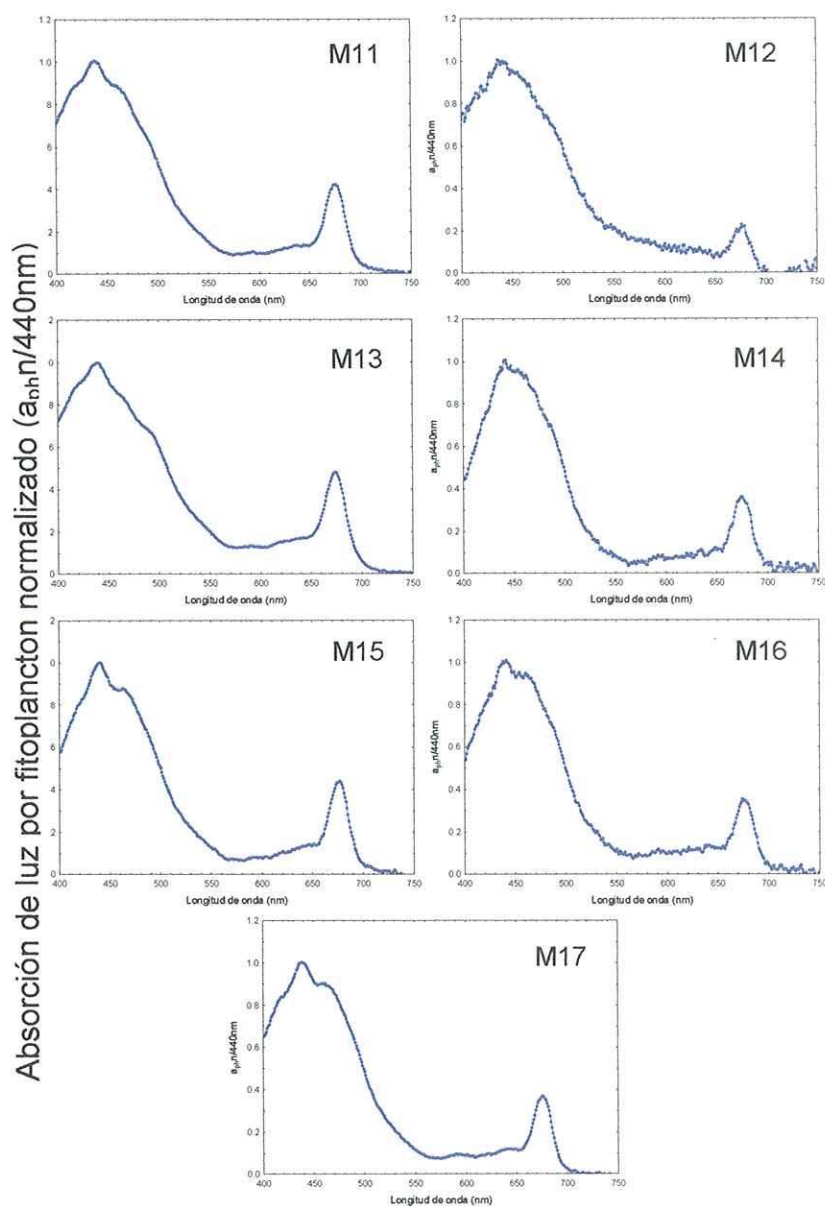


Figura 13b.- Patrones de curvas espectrales de absorción de luz por fitoplancton normalizado ($a_{phn}/440\text{ nm}$) a 10 metros durante los abrils 2005, 2006, 2007 y 2008.

Tabla X.- Valores de las pendientes ponderadas de los 17 patrones encontrados en orden ascendente.

GRUPOS	PENDIENTE PONDERADA
M4	-0.0073
M1	-0.0074
M12	-0.0074
M8	-0.0079
M9	-0.0080
M5	-0.0081
M7	-0.0083
M11	-0.0083
M13	-0.0089
M15	-0.0091
M17	-0.0093
M2	-0.0098
M16	-0.0098
M6	-0.0102
M14	-0.0102
M10	-0.0119
M3	-0.0130

III.6.- Curvas patrón de los espectros promedios ponderados de $a_{phn}/440$ nm y su relación con la estructura de la comunidad del fitoplancton.

La relación de las formas espectrales patrón ($a_{phn}/440$ nm) con la composición de la estructura de la comunidad del fitoplancton, permite tener una mejor interpretación de la ecología del fitoplancton a través de sus curvas espectrales de absorción de luz por fitoplancton (a_{ph}). En este estudio, observamos que los patrones M1, M2, M3 mantuvieron su presencia durante todos los abries de muestreo. Sin embargo, se detectó una variabilidad entre los patrones M1 y M2, en la que el patrón M1 mostró una mayor preferencia en su distribución espacial hacia la parte oceánica a lo largo de 60 estaciones; dicho patrón estuvo compuesta de una comunidad fitoplanctónica en la que el grupo de los dinoflagelados dominaron en un 65%, las diatomeas en un 34%, y un 1% para el grupo de los silicoflagelados (Fig. 14). La forma espectral patrón M2 presentó una distribución espacial costera a lo largo de 46 estaciones (Tabla IX), dominando el grupo de las diatomeas en un 88%, los dinoflagelados en un 11%, y un 1% para los silicoflagelados (Fig. 14). La forma patrón M3 se detectó en los años 2005, 2006 y 2007 en un total de 17 estaciones (Tabla IX), mientras que su composición taxonómica dominó en un 83% para los dinoflagelados y 17% para las diatomeas (Fig. 14). La forma espectral patrón M5 se detectó en los años 2005 y 2008, con una composición taxonómica de un 97% en las diatomeas, y un 3% para los dinoflagelados (Fig. 14b). El patrón M9 se presentó en los años 2005, 2006 y 2008, en donde las diatomeas dominaron con un 97%, los dinoflagelados con un 2% y los silicoflagelados con un 1% (Fig. 14b). De igual manera el patrón M11 se detectó en los años 2005, 2006 y 2008, variando sus porcentajes taxonómicos con un 87% para el grupo de las diatomeas, 9% para los dinoflagelados y un 4% para los silicoflagelados (Fig. 14b). La forma espectral del patrón M13 fue exclusivo de abril de 2006 en donde el porcentaje de diatomeas fue de un 98%, y un 2% para los dinoflagelados (Fig. 14c). El patrón M15 fue exclusivo para abril 2008 en donde el porcentaje dominante fue para las diatomeas con un 81% y un 19% para los dinoflagelados (Fig. 14c). De igual

manera, las formas espectrales patrón M16 y M17 fueron exclusivos para abril 2008, en donde el primero de éstos presentó un porcentaje para las diatomeas de 69% y un 31% para los dinoflagelados; mientras que el patrón M17 mostró un porcentaje del 83% para diatomeas, y un 17% para los dinoflagelados (Fig. 14c, y 14d). En abril de 2005 no se obtuvieron muestras de fitoplancton, por lo que no se puede concluir acerca de la relación $a_{phn}/440\text{ nm}$ y su estructura de la composición taxonómica del fitoplancton.

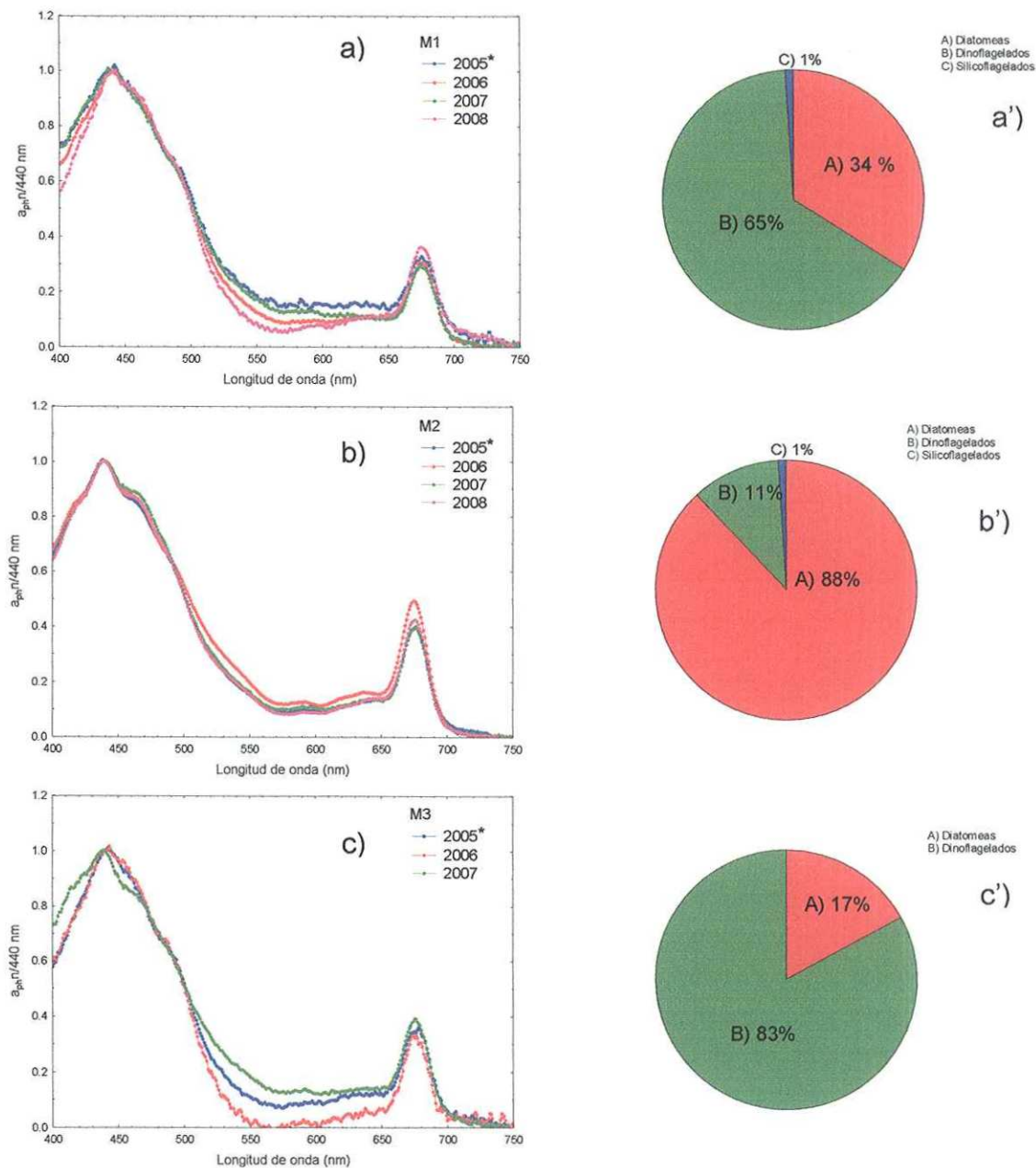


Figura 14. Curva espectral patrón de los promedios ponderados para M1, M2, y M3. Estas curvas representan el porcentaje taxonómico presente en la estructura de la comunidad del fitoplancton durante los períodos de muestreo. El * significa que no hay datos de fitoplancton.

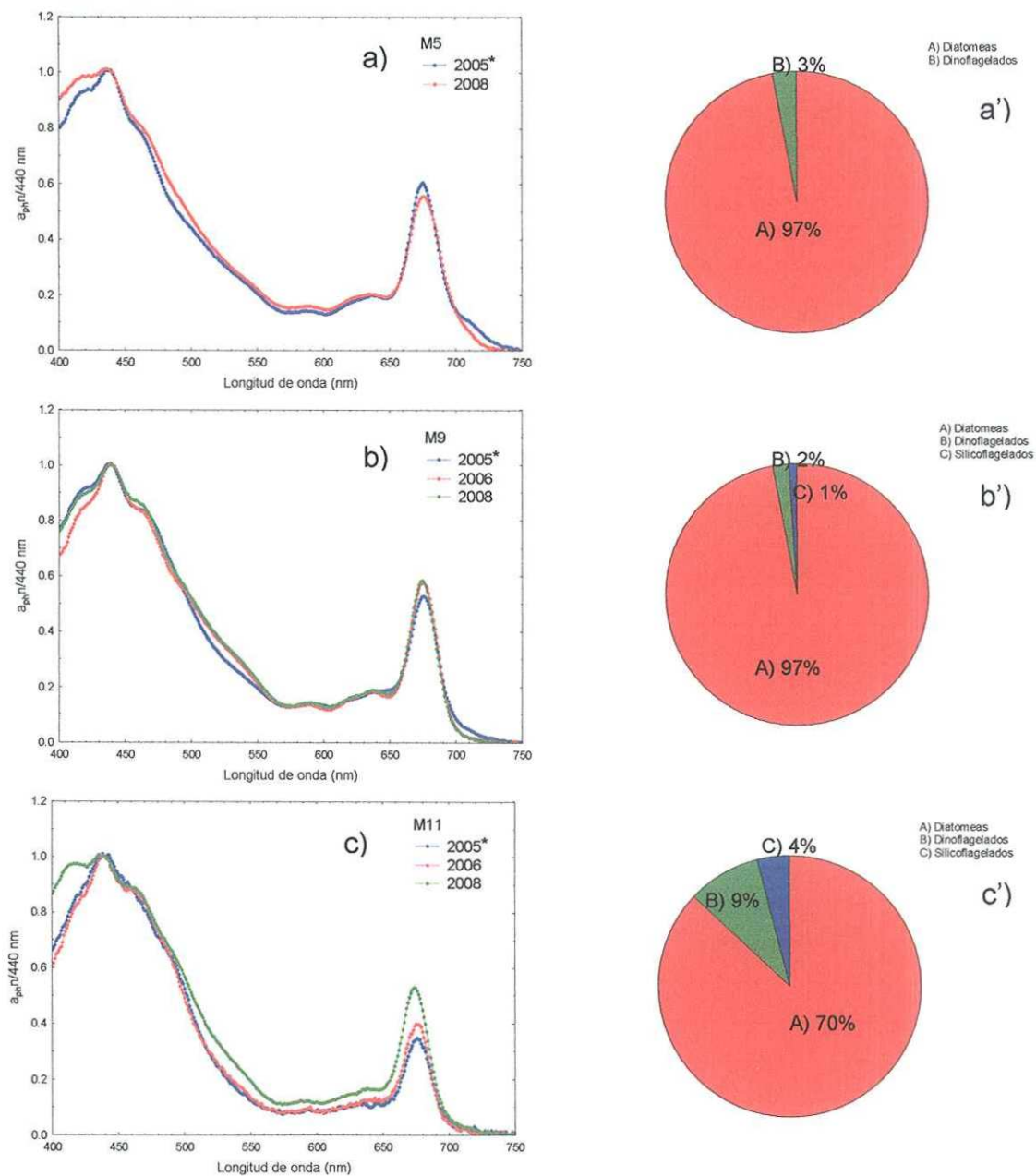


Figura 14b. Curva espectral patrón de los promedios ponderados para M5, M9 y M11. Estas curvas representan el porcentaje taxonómico presente en la estructura de la comunidad del fitoplancton durante los períodos de muestreo. El * significa que no hay datos de fitoplancton.

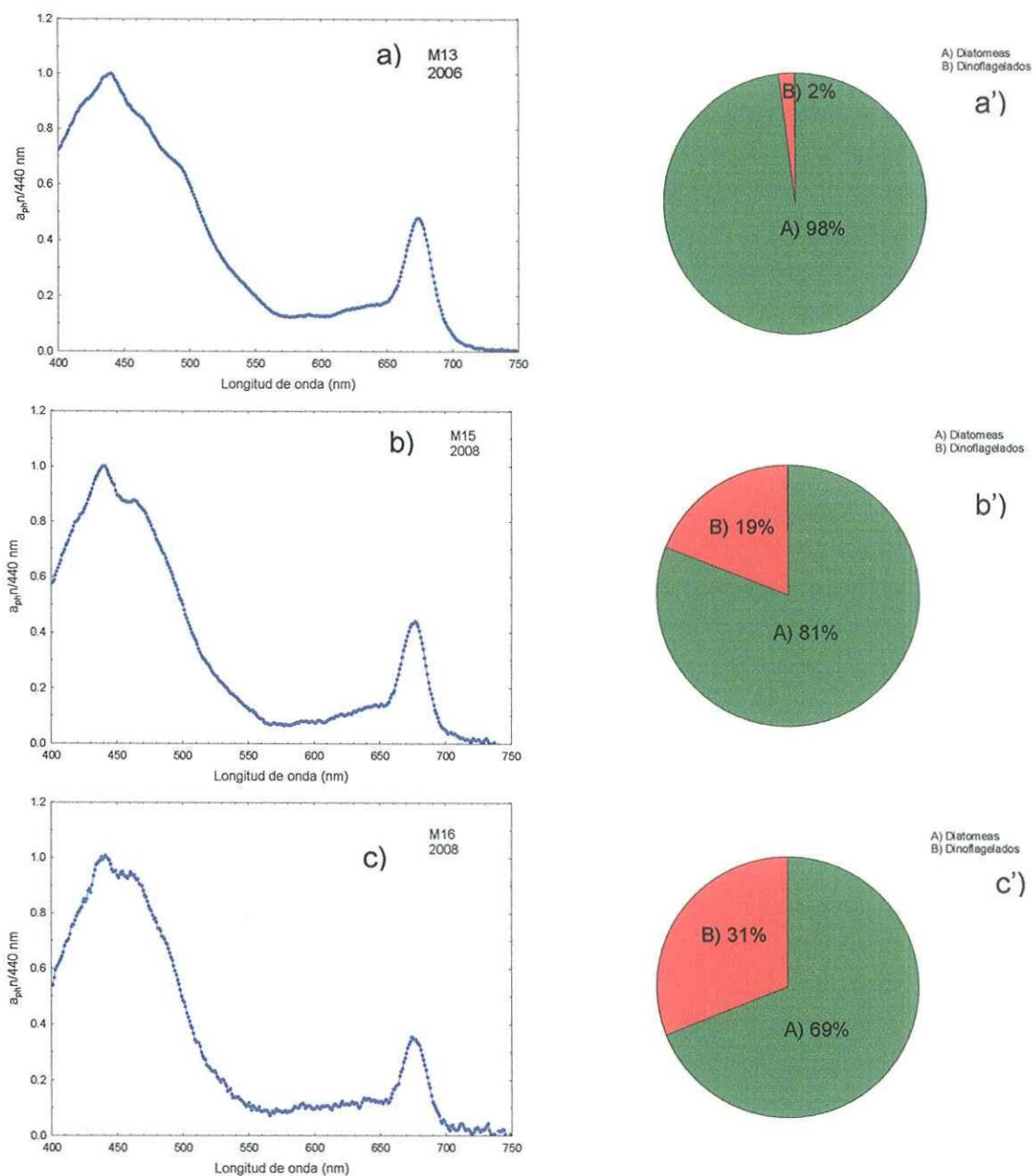


Figura 14c. Curva espectral patrón de los promedios ponderados para M13, M15, y M16. Estas curvas representan el porcentaje taxonómico presente en la estructura de la comunidad del fitoplancton durante los períodos de muestreo.

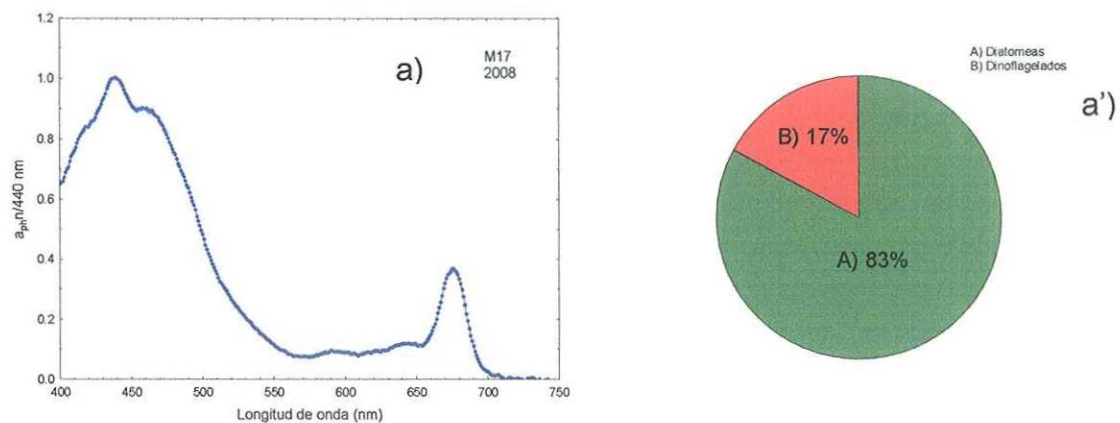


Figura 14d. Curva espectral patrón de los promedios ponderados para M17. Esta curva representa el porcentaje taxonómico presente en la estructura de la comunidad del fitoplancton durante los períodos de muestreo.

III.7.- Fitogeografía de la estructura de la comunidad del fitoplancton durante los períodos de muestreo

En este estudio, el análisis estadístico de conglomerados se basó principalmente en los primeros 8 géneros de diatomeas reportados en las tablas de amplitud de nicho para los abriles de 2006, 2007, y 2008 (Tabla VI, VII y VIII). Cuando se detectaron estaciones con florecimientos algales en algún género de diatomeas ($>7 \times 10^5$ células l^{-1}), los datos no se incluyeron en las asociaciones; esto debido a que se provoca un sesgo en los dendogramas. Estos florecimientos indican que hay una dominancia en el nicho, el cual aporta alrededor del 90% de la abundancia en promedio.

El dendograma de abril de 2006 mostró la presencia de dos asociaciones: la primera formada por *Cocconeis* sp., *Pseudoeunotia* sp., con una similitud de 73% y la segunda se conformó por los géneros *Chaetoceros* sp., *Rhizosolenia* sp., *Actinophthychus* sp. y *Navicula* sp., con una similitud del 27%. La asociación de los géneros y estaciones mostraron una relación cofenética de 0.99 y 0.93, respectivamente (Fig. 15a y 15b). La fitogeografía mostró su distribución espacial entre las principales estaciones costeras frente a Ensenada (estación 2 y 3), y al norte de Punta Eugenia (estación 25, 28, 30, 31, 44, 47, 48 y 50); mientras que la segunda asociación mostró una tendencia hacia afuera de la costa (estaciones 17, 22, 26, 39, 46 y 53 (Fig. 16). En abril de 2007 se observaron dos asociaciones: la primera se conformó por *Cocconeis* sp. y *Nitzschia* sp., con una similitud del 73% y la segunda asociación la conformaron *Coscinodiscus*, sp., *Rhizosolenia* sp., *Thalassionema* sp., *Bacteriastrum* sp. y *Thalassiosira* sp., con una similitud del 27%. La asociación de los géneros y estaciones mostraron una relación cofenética de 0.99 y 0.98, respectivamente (Fig. 17a y 17b). La fitogeografía mostró su distribución espacial entre estaciones alejadas de la costa (estación 3, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 30 y 34); mientras que la estación 12 compartió nicho con la segunda asociación (Fig. 18). Nuevamente, en abril de 2008 se observaron dos asociaciones: la primera se formó por *Pseudonitzschia* sp., *Chaetoceros* sp. y *Nitzschia* sp. con una similitud del 10% y la segunda

asociación la conformaron *Rhizosolenia* sp. *Navicula* sp., *Thalassionema* sp. y *Coscinodiscus* sp., con una similitud del 90%, la asociación de los géneros y estaciones mostraron una relación cofenética de 0.99, respectivamente (Fig. 19a y 19b). La fitogeografía mostró una composición espacial del fitoplancton muy similar entre la zona norte (estaciones 1, 6, 10, 14, 15, y 18), y la zona sur (estaciones 45, 47, 50, 51, 52, 53, 59, 60, 61, 62, 63, 69, 71, 73, 74 y 75); así como la segunda asociación ocupó en su mayoría estaciones alternas a la anterior asociación (estaciones 7, 12, 13, 28, 48, 64, 66, 67, y 70) (Fig. 20). Por otro lado, se observaron estaciones en donde estas dos asociaciones comparten el mismo nicho, esto ocurrió en las estaciones 3, 49, 58, 65 y 68.

La distancia Euclidiana no está estandarizada debido a que la abundancia de los géneros utilizados para obtener los dendogramas no fue similar entre los diferentes años.

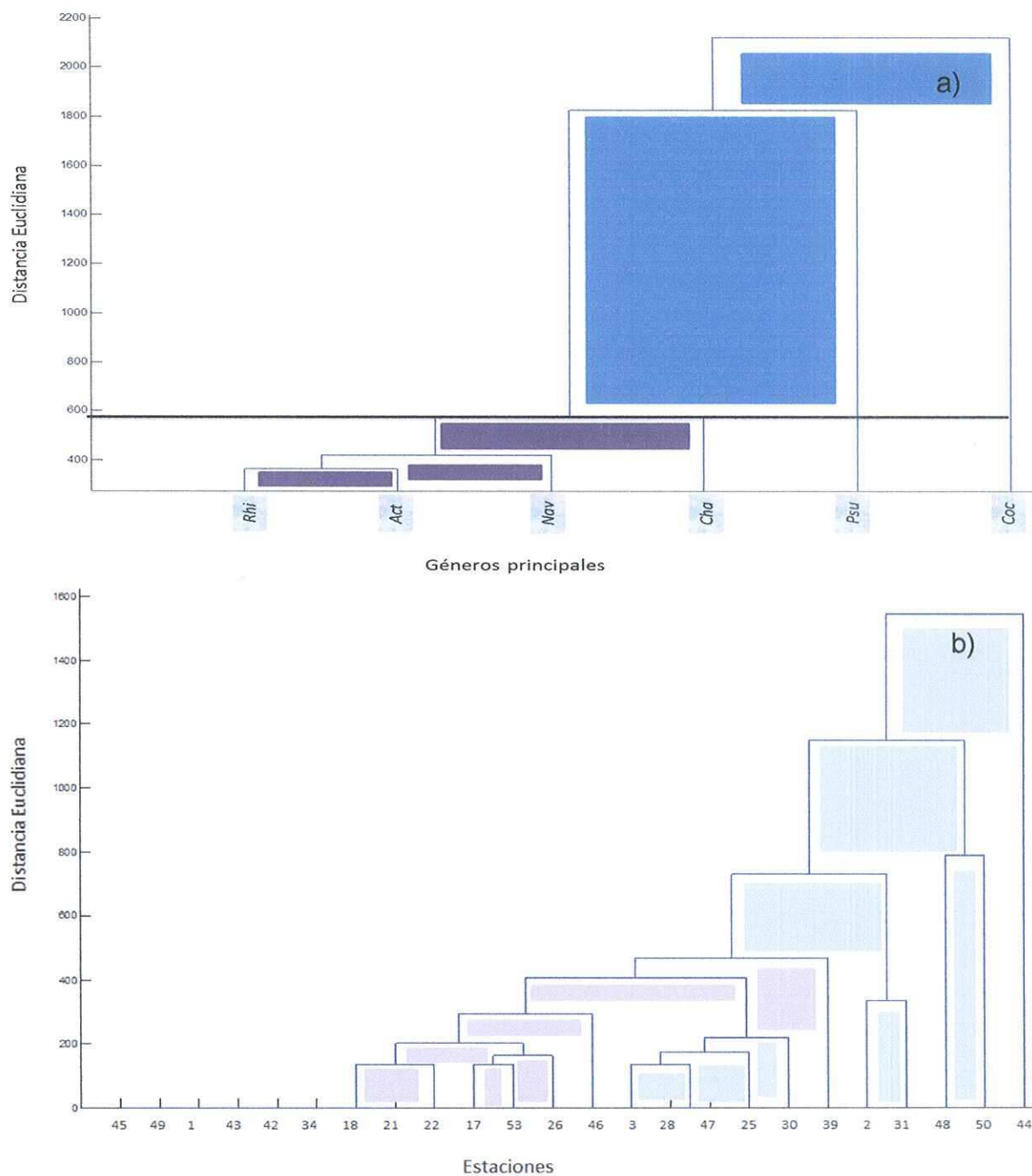


Figura 15. Dendrograma a partir del método UPGMA para formar asociaciones entre a) los principales géneros de diatomeas durante abril de 2006. *Rhizosolenia* (Rhi), *Actinopterychus* (Act), *Navicula* (Nav), *Chaetoceros* (Cha), *Pseudoeunotia* (Psu), *Cocconeis* (Coc). La línea negra representa la similitud de las asociaciones y separa los grupos y b) Dendrograma a partir del método UPGMA para determinar las estaciones en donde se encuentran las principales asociaciones de diatomeas durante abril de 2006.

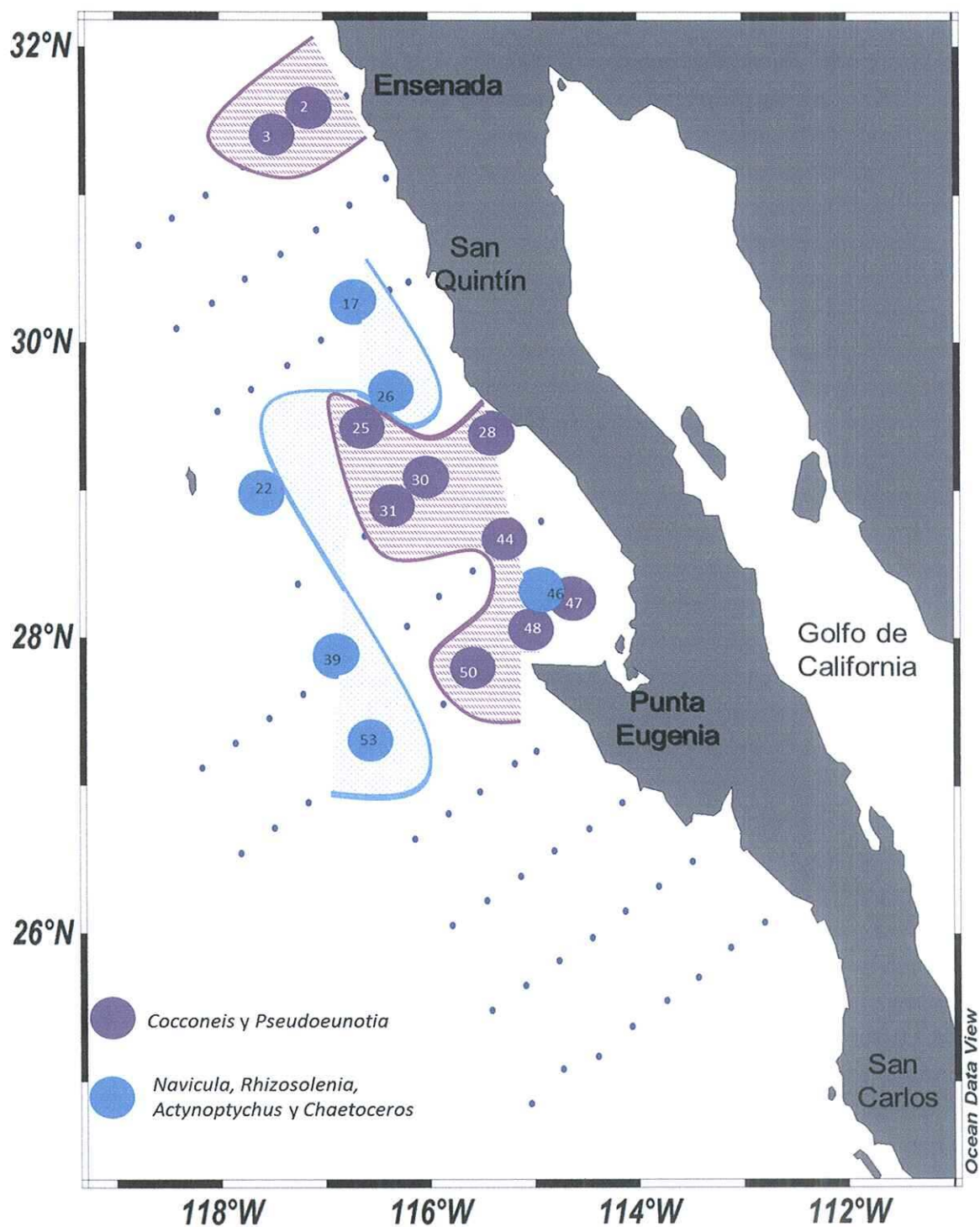


Figura 16. Fitogeografía de las principales asociaciones entre géneros de diatomeas obtenidos mediante el dendrograma UPGMA durante abril de 2006.

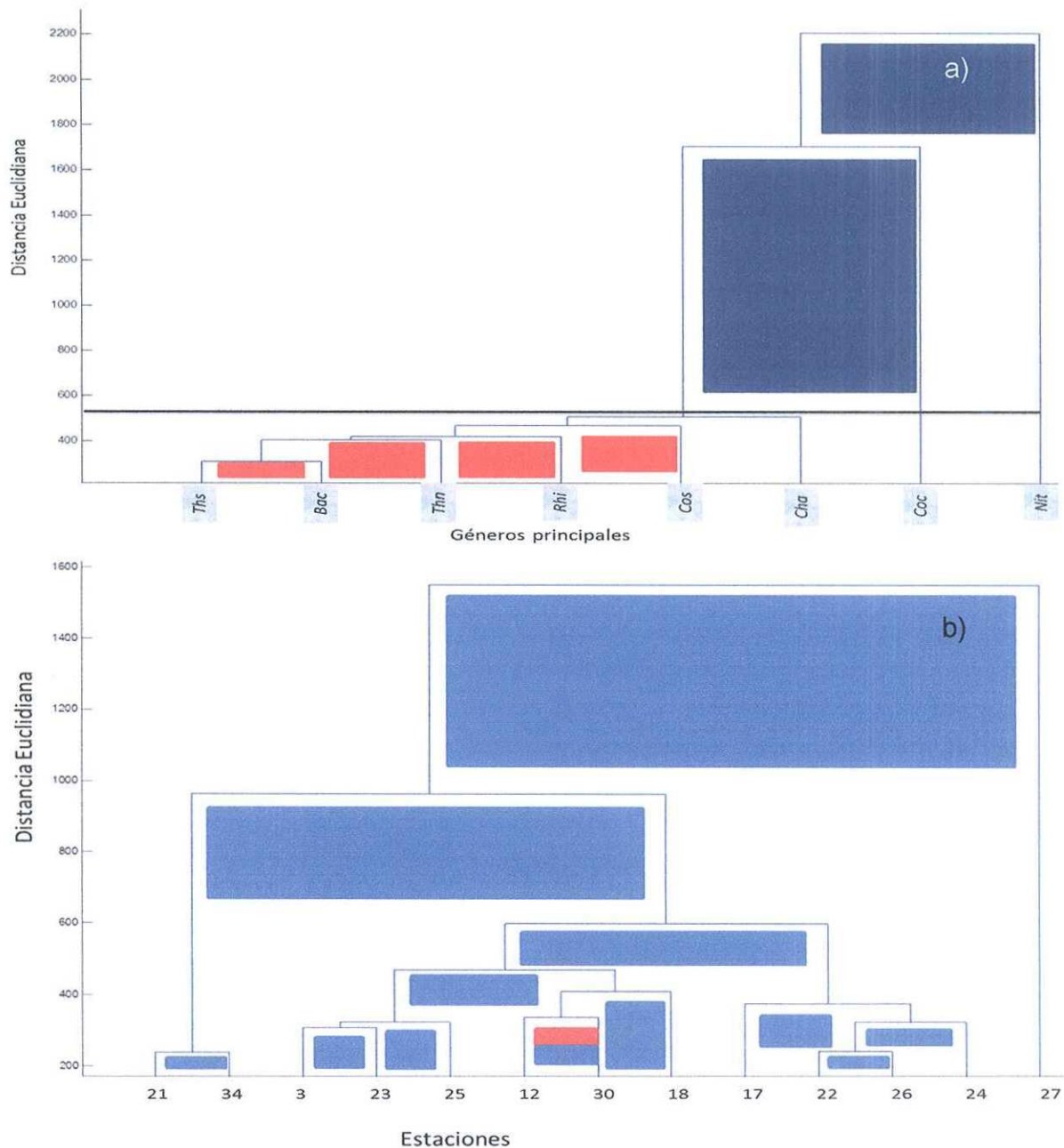


Figura 17. Dendrograma a partir del método UPGMA para formar asociaciones entre a) los principales géneros de diatomeas durante abril de 2007. *Thalassiosira* (Ths), *Bacteriastrium* (Bac), *Thalassionema* (Thn), *Rhizosolenia* (Rhi), *Coscinodiscus* (Cos), *Chaetoceros* (Cha), *Cocconeis* (Coc), *Nitzschia* (Nit). La línea negra representa la similaridad de las asociaciones y separa los grupos y b) Dendrograma a partir del método UPGMA para determinar las estaciones en donde se encuentran las principales asociaciones de diatomeas durante abril de 2007.

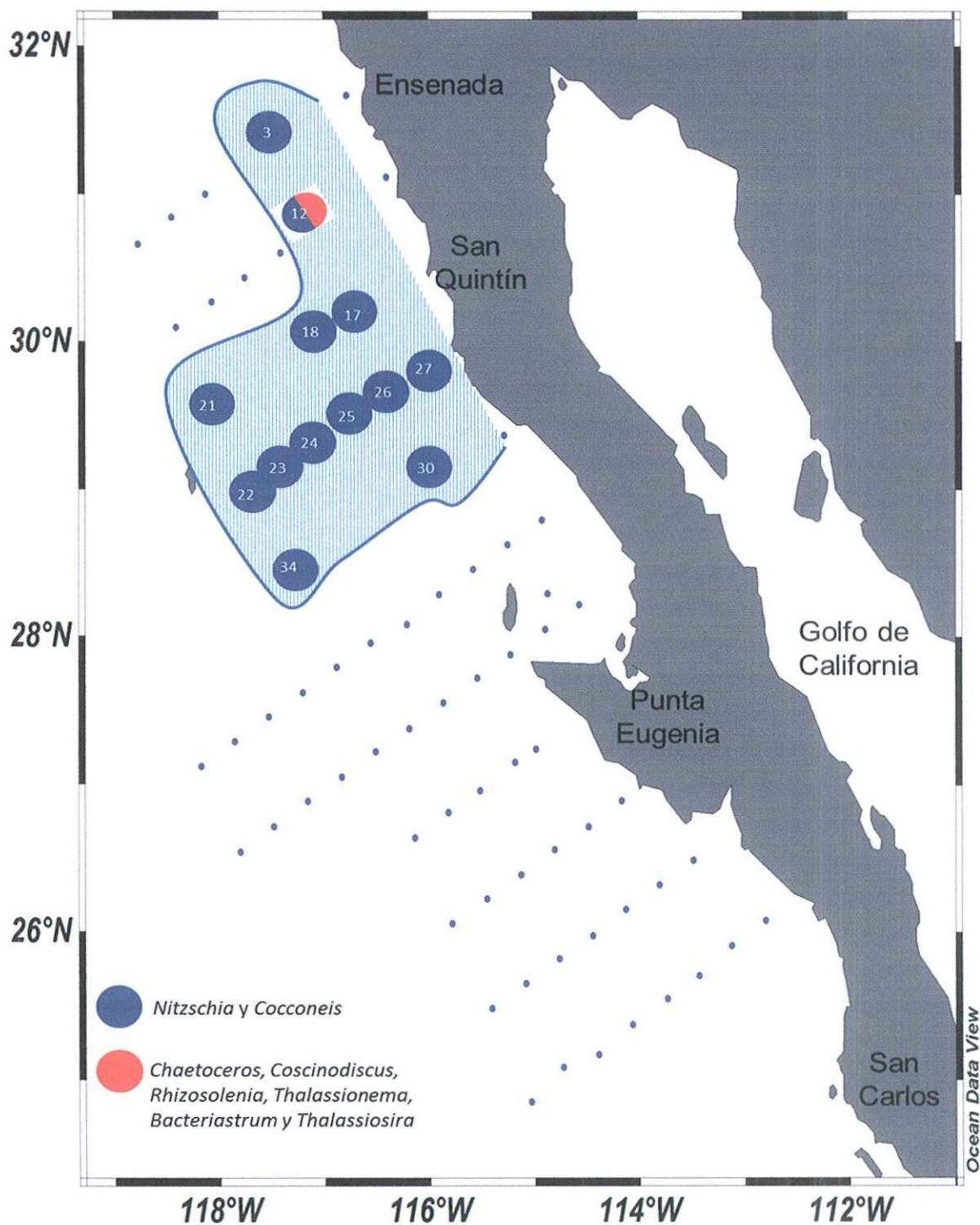


Figura 18.- Fitogeografía de las principales asociaciones entre géneros de diatomeas obtenidos mediante el dendrograma UPGMA durante abril de 2007.

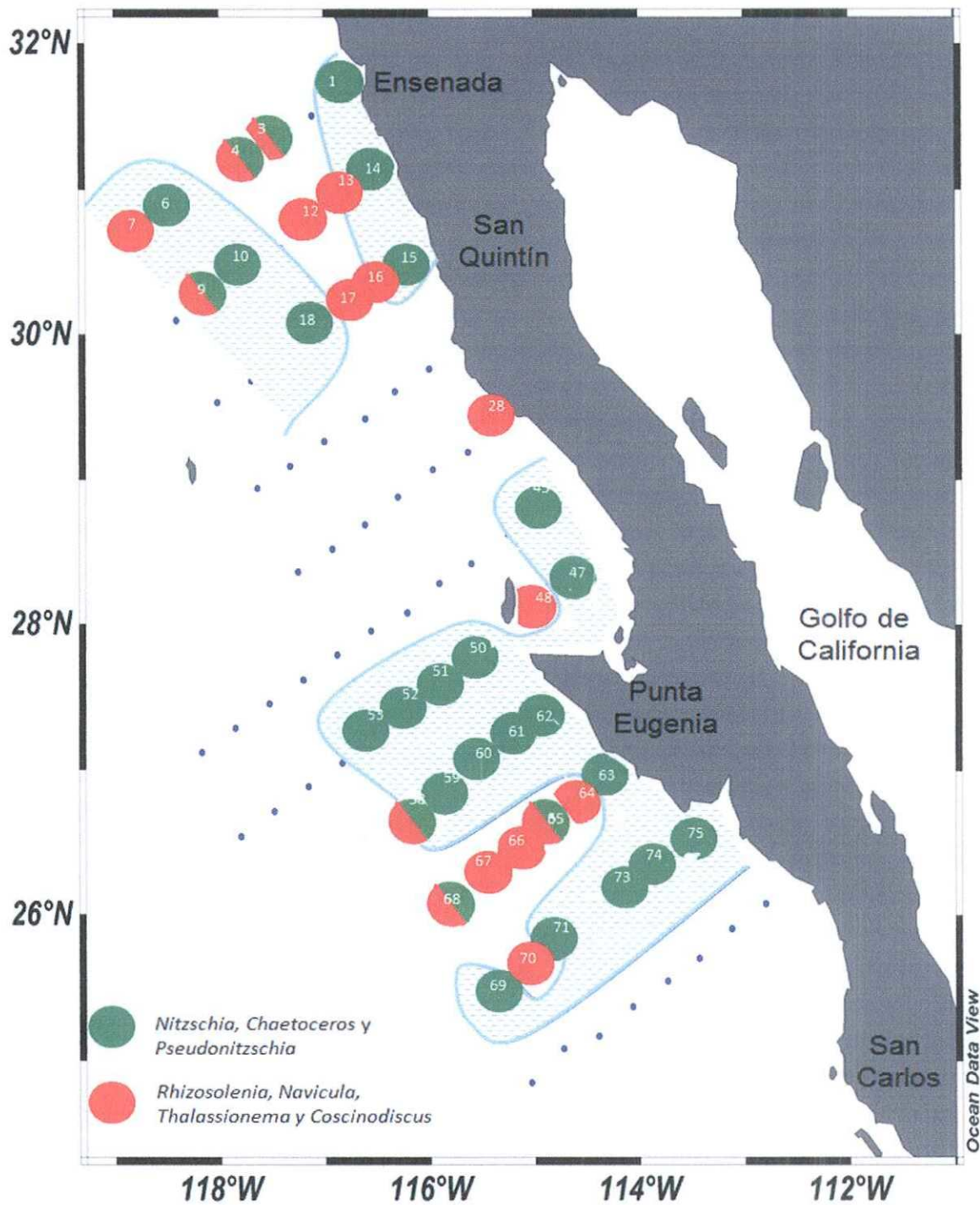


Figura 18.- Fitogeografía de las principales asociaciones entre géneros de diatomeas obtenidos mediante el dendrograma UPGMA durante abril de 2008.

Capítulo IV. DISCUSIÓN

El estado de la Corriente de California ha sido estudiado desde 1950 por el programa CalCOFI. En particular, se ha reportado que el estado de la Corriente de California desde el 2005 al 2008, ha presentado cambios dramáticos, tal y como lo reportan Peterson et al., (2006), Goericke et al., (2007), McClatchie et al., (2008, 2009), estos autores caracterizaron estas condiciones bajo el efecto de los eventos El Niño-La Niña. Los años 2007-2008 fueron diferenciados dramáticamente de los años 2005-2006, debido a que las surgencias se debilitaron significativamente durante la primavera de este último periodo, reduciendo así la producción primaria en las zonas de Oregón y la región central de California (Sydeman et al., 2006). La variabilidad interanual y decadal en los sistemas de Alaska/California, la cual trae consigo un cambio en los parámetros físicos y biológicos, autores como Peterson et al., (2006) y Schwing et al., (2006) mencionan que las condiciones que mostró la Corriente de California durante el periodo 2005-2006, fue anómalamente más cálido, pero que este calentamiento no fue atribuido al evento tropical denominado El Niño, sino a un fracaso en la época de surgencias intensas en la región norte del Sistema de la Corriente de California, las cuales se recuperaron dos meses más tarde. Este retraso interrumpió la normalidad de los ciclos estacionales provocando consecuencias tales, que la producción no fue suficiente para mantener al ecosistema y colapsando así la cadena trófica (Sydeman et al., 2006). Mientras que la mayoría del Sistema de la Corriente de California estaba siendo afectada por esta anomalía cálida, las condiciones para Baja California, fueron anómalamente más frías y la biomasa de las poblaciones de copépodos y eufaúsidos mostró valores mayores para aguas costeras y oceánicas. Datos reportados también sugieren que el 2006 fue un año inusual, en donde las condiciones cálidas en el norte y en promedio para la región sur de California y Baja California, presentaron condiciones frías, caracterizándolo como un poco más productivo, pero cálido e improductivo en aguas de la región central de California. La TSM en la región

central y norte del SCC en el 2005 fue típicamente mayor (1° - 2° C) por encima de lo normal, mientras que las surgencias durante el 2005 fueron más intensas durante junio y julio, resultando en un enfriamiento de la TSM para agosto, teniendo como consecuencia un decaimiento en la productividad estacional. Las surgencias costeras tendieron a parecerse a las presentadas en un año normal, a causa de la estacional promedio, ya que los vientos favorables para éstas se debilitaron en la parte sur de California y Baja California durante el 2005-2006, pero las consecuencias biológicas fueron relativamente menores (Peterson et al., 2006). Generalmente el impacto de esta anomalía cálida en el ecosistema pelágico que se presentó en Washington, Oregón y en la parte norte de California han sido descritas como desastrosas; debido a que la concentración de nutrientes fue muy baja en comparación a las concentraciones reportadas en Newport y Monterey, pero ligeramente por encima del promedio en la región de CalCOFI, además de que las concentraciones de clorofila *a* estuvieron por debajo del promedio en comparación con la región de IMECOCAL, en donde estos dos parámetros, no presentaron ninguna correlación para años 2005-2006, dando una clara señal de este calentamiento reportado por Peterson et al., (2006), además de que en este mismo año en la región de Newport se localizó una comunidad de copépodos de aguas cálidas, persistiendo durante el 2005 y el evento La Niña. El evento ENSO El Niño de 2006 fue clasificado como moderado en el Pacífico Ecuatorial, pero sus efectos no fueron tan intensos como para provocar una perturbación en el SCC (Goericke et al., 2007). McClatchie et al., (2008) menciona que las condiciones El Niño terminaron a principios del 2007 para dar inicio a condiciones La Niña al comenzar el 2008, en donde las propiedades biológicas del sistema no mostraron una respuesta muy clara, lo que indica que estos resultados son similares a los obtenidos durante el evento La Niña 1999-2000. En contraste, en el 2008, la productividad primaria en la región central de California y Oregón, presentaron valores por encima de lo normal, provocado por una mayor intensidad y persistencia en las surgencias las cuales se presentaron de manera temprana y se mantuvieron hasta al menos en abril de 2007-2009, en

donde una de las implicaciones de este evento, fue el de un enriquecimiento en el ecosistema, debido a una mayor producción y por lo tanto un éxito reproductivo en muchas poblaciones (McClatchie et al., 2009), así como que la productividad de las Islas Farallón no fue afectada por este evento, debido a un acoplamiento con la época de surgencias que resultó como el factor más importante. Por otra parte el hecho de que, las surgencias hayan iniciado antes y además de que fueron más intensas en la parte central de California, provocaron un ligero incremento en sus poblaciones, tal y como lo reporta McClatchie et al., (2008).

Por otra parte, Goericke et al., (2007), mencionan que los forzamientos externos y locales que tienen una influencia sobre el SCC, son de diferentes escalas temporales, por ejemplo, algunos son mensuales o anuales, propiciados por eventos ENSO, provocando cambios a nivel de mesoescala, o de igual manera, pueden ser hasta decadales, en donde muchos de éstos no son cíclicos. En los últimos años se han estado presentando valores inusuales en el SCC, probablemente a causa del incremento de la temperatura global; al utilizar algunos índices climatológicos, éstos han estado presentando valores neutrales y los patrones no son coherentes entre sí, es decir, no han sido homogéneos para todo el sistema. El aspecto dominante y cambiante en el SCC puede derivar en un cambio climático, reflejado por el incremento en la temperatura de manera local y en algunas zonas del sistema (Roemmich y McGowan, 1995). Así como otras propiedades del sistema también han mostrado una respuesta a estos eventos, covariando entre sí, como lo son, la profundidad de la nutriclina, la concentración de clorofila *a*, las cuales han sugerido una respuesta de que la estructura del ecosistema ha sido impactada, debido al incremento de temperaturas. De manera interesante, la temperatura superficial del mar frente a Oregón y Baja California, presentaron una respuesta en la capa de mezcla durante el verano del 2007 (Goericke et al., 2007).

Las observaciones de los últimos años han mostrado que los procesos locales y regionales pueden tener gran influencia y ser característicos en los diferentes eventos dados a lo largo del SCC, aunque las interacciones biológicas

pueden propagarse ampliamente de manera local, debido a los diversos eventos (Schwing et al., 2006; Peterson et al., 2006). El último evento que afectó al SCC fue la intrusión de agua fría y menos salobre, proveniente del subártico (Venrick et al., 2003). Esto fue evidente en las anomalías de salinidad, a partir del 2002 hasta principios del 2006, en algunas zonas de la región (Goericke et al., 2007). Autores como McClatchie et al., (2008) mencionan que el estado del SCC ha estado experimentando una fase fría desde 1998-2000, debido a un evento ENSO, donde ellos utilizan como indicador la Temperatura Superficial del Mar, la cual presentó una respuesta a este régimen, además de que otras propiedades también cambiaron, como lo son la profundidad de la nutriclina y la abundancia del zooplancton en el área de CalCOFI y la concentración de la clorofila *a* en la Bahía de Monterey. Los valores de estos parámetros sugieren que este es el estado normal del SCC, además se han reportado que las condiciones ecuatoriales derivadas del evento La Niña, se manifestaron en la zona tropical a lo largo de la costa Oeste de Norteamérica, persistiendo durante el verano del 2007 hasta la primavera del 2009 (McClatchie et al., 2009), en donde estos autores utilizaron el mismo indicador que McClatchie et al., (2008), la cual presentó valores por debajo de lo normal en la costa Oeste de Estados Unidos y ligeramente por encima en las costas de Baja California, a excepción de enero de 2008; pero las surgencias fueron intensas en primavera y verano, caracterizando la época como temprana.

Autores como Durazo et al., (2010) han reportado los promedios climatológicos para la región de IMECOCAL, basados en datos obtenidos desde 1997-2007, cuantificando las características de la circulación media y la distribución de las masas de agua a escala estacional, además dichas respuestas se observan en la capa superficial del océano y determina las propiedades de la interacción entre las masas de agua que están presentes en la región. En estos resultados, se muestran las estructuras oceánicas y la circulación sobre la costa occidental de la Península de Baja California. Al recabar la información arrojada en este estudio se observa que la variabilidad de la Temperatura Superficial del Mar, se encontró con el inicio de la formación de estructuras de mesoescala como

giros anticiclónicos y frentes, éste último fue el más persistente en la parte norte de la región de IMECOCAL, esta estructura proporciona una dinámica a la capa superficial del océano ocasionando la distribución de las células fitoplanctónicas, sobresaliendo así Punta Eugenia (Fig. 2), además se ha encontrado un ligero cambio en abril de 2005-2006 (Figs. 2a y b) con respecto a la de abril de 2007-2008 (Figs. 2c y d), en donde en estos últimos dos años, la temperatura fue más fría a lo largo de la península y el área de surgencias fue mucho mayor que en el evento reportado como El Niño y para abril de 2005, se observa una intrusión anómala de agua fría, (Fig. 2a), además de observar una variabilidad en la temperatura superficial del mar, la cual responde a forzamientos climatológicos como El Niño (2005-2006), y La Niña (2007-2008), esto concuerda con lo reportado por Durazo et al., (2010), en donde estos autores mencionan que la región del SCC frente a Baja California, es una zona que presenta condiciones oceanográficas muy productivas, principalmente en donde ocurren desplazamientos de agua costera hacia mar adentro con movimientos ascendentes de agua subsuperficial y la diferenciación entre estos dos periodos corresponde a lo reportado por McClatchie et al., (2009).

Los mecanismos físicos que promueven dichos movimientos en la capa superficial del océano se basan principalmente en la dirección del viento, siendo la para la época de primavera más intensos a lo largo de la costa, causando surgencias costeras (Pérez-Brunius et al., 2007 y Castro-Martínez, 2010). Dichos movimientos ascendentes provocan un cambio en la salinidad de la capa superficial en las regiones en donde se presentan las surgencias costeras, mientras que para el resto de las masas de agua que están presentes frente a Baja California para la época de primavera son dos básicamente, la primera es la ASA, la cual al desplazarse hacia el ecuador sus propiedades termohalinas cambian, dando inicio a las características de la Corriente de California y la AStS; al determinar en este estudio un límite salino de <33.5 para poder diferenciar entre esta masa de agua ASA y las características propias Corriente de California; se ha encontrado una variabilidad en dichas masas de agua, en donde se observó un

dominio del ASA, que fue persistente durante todo el periodo de muestreo, pero fue más intenso durante abril de 2005 y 2008 (Figs. 3a y d), en donde los efectos de los eventos climatológicos en este periodo de tiempo fueron más notorios para el ecosistema, sin embargo para abril de 2006 y 2007, las características térmicas y salobres presentaron características de transición de una etapa cálida a un enfriamiento, por lo que el dominio de esta masa de agua también cambió (Figs. 3b y c), el otro dominio que es persistente y se observa en los diagramas T-S, es la presencia de la masa de Agua Subtropical Superficial (AStS), la cual se encuentra fuera del área de estudio para el periodo de primavera (Fig. 3). Al observar los diagramas T-S de este estudio, se encontró que este límite salino (<33.5), se adentró hacia la costa en el transecto 107, para los abrils 2007 y 2008 (Fig. 3c y d, Tablas IV y V) y solamente para abril de 2008, abarcó el transecto 120 y al introducirse hasta la región sur de la CC, (líneas 100, 103 y 107), se encontró una estructura pelágica empobrecida afectando principalmente a las estaciones más alejadas de la costa; a diferencias de las estaciones costeras (15, 28, 45, 50, 51 y 75, principalmente, Tabla VIII), que se vieron favorecidas por los eventos de surgencia. El empobrecimiento jerárquico del sistema pelágico frente a Baja California se detectó mediante la distribución vertical de las nano-microdiatomeas en las estaciones 6, 11 y 18, estaciones que se localizaron lejos de la costa con una mayor posibilidad de ser afectadas por la Masa de Agua Subártica para los abrils de 2006 y 2008 (Figs. 6 y 8), caso contrario para abril de 2007, este efecto no fue tan intenso, debido a que se observó una mayor riqueza en lo que respecta a la cobertura de área, abarcando desde Ensenada hasta el sur de San Quintín (Fig. 7). Al tomar en cuenta que la distribución de las células fitoplanctónicas sigue el patrón de corrientes superficiales, éstas sirven como un indicador de las características termohalinas que están afectando en determinado momento al sistema, tal como lo menciona Durazo et al., (2010), estos autores describieron un patrón bi-ciclónico como un posible mecanismo por el cual las aguas oceánicas (~200-500 Km). La circulación oceánica que se presenta en este periodo de muestreo, corresponde a las características reportadas por Durazo et al., (2010)

en donde explican que la advección norte-sur, asociada a estos vientos produce dominancia de aguas relativamente bajas en salinidad y temperatura en toda el área de estudio, lo cual, cualitativamente representa un mayor volumen de ASA, así como también mencionan que las estructuras no son suficientes para cambiar drásticamente las propiedades de la región norte en donde domina la presencia de esta masa de agua durante todo el año, en contraste, los cambios estacionales en la circulación superficial en la región favorecen la entrada de Agua Tropical Superficial (ATS) y Agua Subtropical Superficial (AStS). La existencia de estos procesos concuerda con los análisis de corrientes geostróficas derivadas de sensores remotos realizados por Zaytsev et al., (2007), en donde se llegó a la conclusión de que sea factible que estos flujos estén asociados a una contracorriente superficial y se encuentren desplazados hacia las regiones más someras cercanas a la costa usando una aproximación geostrófica (0/500 dbar) la cual no permite detectarlas aunque en este estudio la aproximación geostrófica que se usó fue diferente (10/1000 dbar), la observación de estructuras de mesoescala no es clara en la región de estudio y por lo tanto, al utilizar los gradientes horizontales de la altura dinámica, éstas presentaron una variación interanual debido a un mayor torque del viento, lo que provoca un movimiento en la capa superficial del océano y como consecuencia los eventos de surgencia son más intensos en cada uno de los periodos de muestreo (Fig. 4), lo que también se puede observar en estas figuras es la pendiente de la superficie del mar, la cual sigue una dirección costa-océano variando interanualmente, es decir, en abril de 2005 y 2006 sigue este patrón (Fig. 4a y b), mientras que para abril de 2007 y 2008, no se observó ningún patrón de circulación definido, por lo que se hace la consideración de que fue un periodo de cambio entre un evento El Niño a La Niña, reflejado en las propiedades del sistema (Figs. 4c y d). Los datos en este estudio concuerdan con lo reportado por Durazo et al., (2005) y Durazo y Baumgartner (2002), en donde estos autores mencionan que la variabilidad del patrón de circulación depende de la interacción entre los sistemas de alta y baja presión que tienen influencia sobre el SCC. La importancia de estas estructuras ciclónicas de

menor tamaño radica en que pueden proporcionar un mecanismo físico, por medio del cual, el agua recién emergida, rica en nutrientes favorece la sobrevivencia y el transporte de larvas (Durazo et al., 2010). El ascenso de la columna de agua en relación a la inclinación de la superficie media de $25 \sigma_\theta$, proporciona información sobre la dinámica de la capa superficial del océano, además, de que esta técnica ha sido utilizada por diversos autores al realizar estudios frente a Baja California, debido a que la profundidad de la capa de mezcla se encuentra cerca de la picnoclina (Gómez-Valdés, 1993, Jerónimo-Moreno y Gómez-Valdés, 2005). De los eventos de surgencia detectados, los que se presentaron a lo largo de la península de Baja California fue en los años 2006 y 2007 (Figs. 2b y c, 5b y c), estos eventos fueron más persistentes frente a San Quintín, entre las estaciones 20 y 21, en donde se encontró la profundidad máxima ~120 metros de profundidad, además de que estas mismas características se presentaron en toda la zona oceánica del área de estudio durante los abriles de 2005 y 2008 (Fig. 2a y d, 5a y d), mientras que en abril de 2008 en algunas regiones esta profundidad fue un poco más somera ~80 metros (Fig. 2d, 5d), coincidiendo este último con los valores reportados por Jerónimo y Gómez-Valdés (2006), mientras que esta inclinación se encontró en superficie para todos los años frente a San Quintín, entre las estaciones 15 y 17, 45 y 46 (Figs. 2 y 5), además en Punta Eugenia se encontró un debilitamiento de este movimiento vertical, encontrando una profundidad ~30 m para abril de 2008 (Fig. 2d y 5d). Estos eventos de surgencia, son en su mayoría responsables de los florecimientos fitoplanctónicos, en donde se encontró que los géneros dominantes fueron *Eucampia* spp., y *Nitzschia* spp., con abundancias de 726×10^3 células l^{-1} y 210×10^3 células l^{-1} , respectivamente para abril de 2008.

Se ha encontrado una contracorriente costera, que está asociada a giros y meandros cerca de la costa, y que también está relacionada con los eventos de afloramiento de agua, debido a la geomorfología costera; siendo perceptible en mapas de alturas dinámicas presentadas por Durazo y Baumgartner (2002) y Durazo et al., (2005), además que este desplazamiento de la Corriente de

California ha sido reportado por Durazo et al., (2010) en donde se menciona que el mapa de corrientes promedio para la primavera, el flujo promedio es hacia el ecuador ubicándose a 200 metros de profundidad, lo que implica que la CCC, se desplaza hacia mayores profundidades durante enero-marzo (Lynn y Simpson, 1987) y los contornos de velocidad media durante esta época son únicas para cada una de las secciones de IMECOCAL con dirección hacia el polo y por lo tanto, los cálculos indican que esta CCC, está alejada de la costa en la región sur de la línea 123 y sobre las líneas 113 y 120 (parte central de Baja California, Fig. 1) entre 100 y 700 metros de profundidad, asociada al talud continental y que los flujos subsuperficiales son hacia el polo y desaparecen o se debilitan sustancialmente para aparecer frente a Ensenada y en el Giro Sur de California (Linacre et al., 2010 y Durazo et al., 2010). Las características de esta CCC han sido descritas por Gay y Chereskin (2009) describiéndola como una corriente profunda (400-600) metros de profundidad, débil ($2-4 \text{ cm s}^{-1}$) y alejada de la costa en el sur de California (línea 90). Este comportamiento de ausencia-presencia, sugiere que durante la primavera, la contracorriente subsuperficial serpentea acercándose y alejándose al talud continental, este patrón de circulación geostrófica superficial fue obtenido para el año 2006, usando una aproximación de (0/500 dbar), haciendo una combinación de simulación numérica y datos de anomalías del nivel del mar, encontrando que patrones presentan una alternancia entre flujos costeros hacia el ecuador durante el invierno y primavera, mientras que se observa un cambio en la dirección hacia el polo durante el verano y el otoño.

La posición latitudinal de la frontera entre las provincias juega un papel importante en la distribución de organismos, ya que la variación estacional observada puede determinar que existan cambios importantes en las comunidades pelágicas, dado que el desplazamiento al norte o al sur de la frontera durante estos eventos es de escala interanual y/o decadal (Durazo y Baumgartner, 2002, Gaxiola-Castro et al., 2008 y Lavaniegos, 2009). La diferencia entre dos de las tres provincias de Lynn y Simpson (1987), se da en la

provincia denominada Sur de California, en donde se detecta una contracorriente costera de mayor intensidad en otoño e invierno. Sin embargo, desde el punto de vista de la distribución de los diagramas T-S, sugieren que el límite de la provincia son los 28°N, donde llega el Agua Subártica, esto también ha sido reportado por Venrick et al., (2003), Durazo et al., (2005, 2010) y Lavaniegos et al., (2009). La separación norte-sur mostrada tanto en patrones de circulación subsuperficial como en diagramas T-S, no es evidente en mapas dinámicos estacionales de circulación en la capa superficial, sin embargo, dicha separación se manifiesta en otro tipo de procesos o indicadores biológicos (Durazo y Baumgartner, 2002), tal como se observó durante el evento El Niño 1997-1998, el cual tuvo una influencia desigual en ambas regiones. Durante la fase madura de este evento, las aguas de origen tropical y subtropical en la superficie ocuparon por completo la región sur, en contraste, la región norte solo mostró dicha influencia como un flujo costero hacia el polo, lo que desplazó el núcleo de la Corriente de California mar adentro (Goericke et al., 2007). Este patrón también puede desempeñar un papel importante en el intercambio meridional de las propiedades termohalinas y de material biológico en función de variantes particulares del patrón medio en un año determinado, además de que ha mostrado una variabilidad estacional en la masa de agua ASA frente a Baja California, lo que ha permitido observar cambios en la estructura jerárquica en la comunidad pelágica, tales como fitoplancton, zooplancton y huevos/larvas de peces.

La fotosíntesis o fijación de carbono es mediada por la clorofila contenida en los cloroplastos del fitoplancton (Kirk, 1994). La concentración de clorofila *a* es utilizada universalmente como una medida de la biomasa de fitoplancton, al hacer la consideración del modelo mecanístico para predecir la productividad primaria vía satélite, esto es en función de la capacidad de absorción *in vivo* de las células, este modelo por Kiefer y Mitchell, (1983) y Platt y Sathyendranath, (1998), es muy probable que la tasa de fijación de carbono sea muy alta en las zonas en donde la concentración de clorofila *a* fue muy alta, tal es el caso, como el norte de San Quintín de 25 mg m⁻³ para abril de 2005 (Tabla II) y para abril de 2008 el máximo

fue de 20 mg m^{-3} frente a San Quintín (Tabla V), estos dos máximos de clorofila *a*, se encontraron en una zona de surgencia, por lo que para abril de 2008 concuerda con el máximo de la abundancia de fitoplancton con aproximadamente 1×10^6 células L^{-1} ; mientras que para abril de 2006 y 2007, las concentraciones fueron menores a comparación de los dos años descritos anteriormente, dichas concentraciones fueron de 10 mg m^{-3} localizado en Punta Eugenia (Tabla III) y 8 mg m^{-3} frente a Ensenada (Tabla IV). La zona de Punta Eugenia, está considerada como una zona de surgencias, debido a la dinámica de la capa superficial del océano en conjunto con la batimetría de la zona, en donde se se forman frentes, los cuales traen como consecuencia un área productiva, mientras que la zona de Ensenada es menos productiva, debido a que la intensidad de las surgencias que se presentan en esta zona es menor, al hacer la comparación con los valores encontrados en este periodo de estudio son superiores a los reportados por Gaxiola-Castro et al., (2010) en donde mencionan que desde 1998 al 2007 existió una fuerte señal estacional en la variabilidad de la clorofila *a* medida en la zona de estudio, caracterizada por concentraciones menores en los meses de otoño e invierno (máximos entre 0.5 y 1 mg m^{-3}) y con valores mayores en primavera y verano (2 y 5 mg m^{-3}). Esta tendencia, explican estos autores que fue ocasionalmente modificada en algunos periodos como El Niño 1997-1999 y durante el incremento de la clorofila *a* en el 2002, asociado con la presencia del evento La Niña, mientras que a partir del 2003 hasta el 2006, en donde la concentración de la clorofila *a* en la columna de agua disminuyó dos veces su promedio en toda la zona de estudio, como resultado de un evento El Niño del 2003, clasificado como moderado y finalmente durante el 2003 al 2005, se presentó el evento de agua anómalo, con características de baja salinidad originada en el subártico que fue transportada hasta Baja California, pero los valores encontrados en este estudio concuerdan con los valores reportados por Barocio et al., (2006) y González-Silvera et al., (2010) en donde estos autores hacen la mención de la relacionan que a mayor concentración de clorofila *a* en las regiones cercanas a la costa, está asociada con procesos de surgencias, o de

igual manera, en zonas alejadas con la formación de remolinos de mesoescala. Barocio et al., (2008) proporciona información sobre las características de los eventos de surgencia en donde las concentraciones superan los 10 mg m^{-3} frente a San Quintín para junio de 2003 (González-Silvera et al., 2010) y describen las propiedades bio-ópticas y las implicaciones para la detección remota. Las variaciones de clorofila *a* total están relacionadas con los cambios en la estructura y tamaño de la comunidad, lo que influye las variaciones en la absorción de luz por fitoplancton. Los pigmentos del fitoplancton son utilizados para caracterizar el estudio fisiológico de la composición de especies y la biomasa en el ambiente acuático (Falkowski y Raven, 1997). En este trabajo se utilizó la pendiente del espectro de absorción de luz por fitoplancton (440-550 nm) para evaluar la diferencia entre los principales grupos (diatomeas y dinoflagelados). El espectro de absorción de la clorofila *a*, muestra una fuerte absorción en la banda del azul, mientras que en la región de la banda del verde disminuye considerablemente (440 y 550 nm, respectivamente). Se ha encontrado una interacción entre el pigmento y la proteína propia de los pigmentos, la cual se observa claramente en la forma espectral (Kirk, 1994), lo que permite determinar la presencia de ciertos grupos del fitoplancton que no son visibles al microscopio, pero que de igual manera ya han sido reportadas por Barocio-León (2006), como por ejemplo, los del género *Prochlorococcus*, caracterizado por la presencia del pigmento divinil-clorofila *a*, las primnesiofitas y cocolitofóridos, que se identifican por la presencia de 19'-hexanolozufucoxantina y la clorofila *c*₃, cianobacterias y clorofitas, dada la concentración de zeaxantina, que es un pigmento indicador (Jeffrey et al., 1997). Por lo que al hacer falta del análisis de citometría de flujo y HPLC, que son complementarios para que la correlación entre las curvas espectrales y la estructura de la comunidad fitoplanctónica tengan mayor validez, por lo que se hace la sugerencia de tomar una forma espectral al 0.1% de E_0 , como un estándar debido a que a esta profundidad es en donde la ficoeritrina y ficocianina son indicadores de las células de las cianobacterias. Autores como González-Silvera et al., (2010), han reportado que en las zonas donde la concentración de

pigmentos es superior a 0.5 mg m^{-3} , la composición de la comunidad está dominada por diatomeas y/o dinoflagelados, estos autores llegaron a la conclusión a través del método del porcentaje de células de picoplancton ($0.2\text{-}2 \text{ }\mu\text{m}$), nanoplancton ($2\text{-}20 \text{ }\mu\text{m}$) y microplancton ($>20 \text{ }\mu\text{m}$), se usó un porcentaje del índice de tamaño (Bricaud et al., 2004), en base a la concentración de ciertos pigmentos, concluyeron que para noviembre 2002 y junio y noviembre de 2003, la estructura de la comunidad del fitoplancton estuvo dominada para el mes de junio por el microplancton, mientras que para noviembre de los dos años, la dominancia fue de pico y nanoplancton; el total de curvas espectrales que estos autores reportaron fueron 6 para este periodo de tiempo, a diversas profundidades, mientras que en este estudio se realizaron estas diferencias por pendientes ponderadas (Tabla XIV), y las cuales todas son estadísticamente diferentes con un valor de p menor de 0.05, se ha encontrado así un total de 17 patrones de curvas espectrales para los cuatro años de muestreo (Figs. 14 y 14b), de un total de 30 grupos, 11 para abril de 2005 (Fig. 9), 7 para abril de 2006 (Fig. 10), 4 para abril de 2007 (Fig. 11) y 8 para abril de 2008 (Fig. 12), al hacer la comparación entre las 6 curvas patrones que reportaron González-Silvera et al., (2010) con respecto a las encontradas durante los abriles de 2005-2008, la curva patrón que es la que representa los florecimientos del fitoplancton. La concentración de pigmentos es la fuente dominante de la variabilidad en la absorción por el material particulado en el agua y la clorofila a total, es el pigmento de mayor proporción en el fitoplancton (González-Silvera et al., 2010). La razón de la variabilidad de la forma espectral en relación a la estructura de la comunidad fitoplanctónica ha sido descrita por Roesler et al., (1989) en donde mencionan que los espectros de absorción de luz presentan dos variaciones, las cuales son, en forma y en magnitud, debido a la contribución de la composición de los pigmentos que los conforman, de igual manera Morel y Bricaud, (1981), Sathyendranath et al., (1987), Mitchell y Kiefer (1988), Sosik y Moitchell (1991) y Millán-Núñez et al., (2004) determinaron que estos espectros no son constantes en forma y en magnitud, argumentando que dicha variabilidad está causada por el efecto paquete, por lo tanto, esto concuerda

con lo encontrando en este estudio, en donde 10 de los 17 patrones encontrados a lo largo del periodo de muestreo cambia en su pendiente (440-550 nm) y en porcentaje que aportan las diatomeas y dinoflagelados (Figs. 14, 14b, 14c y 14d).

Al tratar de buscar la fitogeografía de la comunidad del fitoplancton en este estudio se usaron 8 géneros de diatomeas, debido a que éstas crecen en un ambiente turbulento, por la facilidad con la que toman los nutrientes del medio y la disponibilidad de luz (Morris, 1980), caso contrario a los dinoflagelados, prefieren un ambiente en donde el agua tenga una viscosidad baja, debido al incremento en la temperatura (Morris, 1980), como puede ser la Corriente de California, en su viaje hacia el ecuador; esta separación de ambientes permite encontrar una conectividad biológica entre las asociaciones entre las comunidades del fitoplancton, como se presentó en este estudio, encontrando dos asociaciones para los abries de 2006-2008 (Figs. 16, 18 y 20), al caracterizarlas con las curvas espectrales, se encontró que en abril de 2006 está relacionada con el patrón M2, en donde el aporte mayoritario fue de las diatomeas con un 88% (Fig. 14), para abril de 2007, está relacionada con los patrones M1, M2 y M3 en donde el porcentaje promedio fue de 74% para los dinoflagelados (Fig. 14) y finalmente para abril de 2008, le corresponden también los patrones M1, M2, M9 y M15 (Figs. 14, 14b y 14c), en donde el porcentaje promedio corresponde a las diatomeas siendo un 88% , se observó que hay una transición entre los grupos a través de los años en la capa superficial del océano, las asociaciones encontradas en estudio, no concuerdan con lo reportado por algunos autores, debido a la metodología para obtener dichas asociaciones, por ejemplo, Almazán-Becerril et al., (2010), se basó en la correlación de Pearson entre diferentes grupos y profundidades, reportando que la contribución de los grupos del fitoplancton a la clorofila *a* total corresponde a un 70% en la estructura taxonómica de las comunidades del picoplancton, para al final obtener tres organizaciones, la primera de ellas está formada por *Prochlorococcus*, cianobacterias, haptofitas y pelagofitas encontrada en la región oceánica, mientras que las comunidades restantes son producto de estos cuatro más las criptofitas, prasionofitas y diatomeas, además

también Letelier et al., (1993) realizó un estudio en el centro del Pacífico Norte, en donde reportó *Prochlorococcus*, cianobacterias, primnesiofitas, crisofitas, pero para la región de IMECOCAL, autores como Millán-Núñez et al., (2004) reportaron una estructura de la comunidad a 10 metros de profundidad para enero y febrero del 2000, conformada por cianobacterias, picoeucariontas, *Prochlorococcus*, nanofitoplancton y microfitoplancton. Es importante hacer la distinción entre las metodologías por las cuales se llegaron a resultados un tanto diferentes, la cual consiste en que al realizar análisis de HPLC, los pigmentos que conforman a la estructura de la comunidad del fitoplancton es mucho más sencillo, pero autores como Venrick et al., (2002), realizó conteos a través del microscopio y reportó la existencia de dos grupos de fitoplancton en la región sur de California, el primero muy variable estacionalmente constituido exclusivo por diatomeas y el segundo estuvo compuesto por cocolitofóridos y algunos dinoflagelados, el cual varió estacionalmente de manera mínima, además de presentar una tendencia de aumentar hacia aguas oceánicas. Al igual que en este estudio, Hernández-Becerril et al., (2007) reportó dos patrones durante marzo y abril de 1998, bajo los efectos del evento El Niño, en donde la comunidad del fitoplancton fue oligotrófico, con baja riqueza de especies y dominada por cocolitofóridos, y algunas diatomeas nanoplanctónicas, correspondiendo a la zona costera y oceánica, respectivamente, esto último corresponde a las condiciones que se encontraron en abril de 2007, en donde la abundancia fue la más baja de todo el periodo de estudio, incluyendo a los cocolitofóridos con una abundancia aproximada de 237 células L^{-1} , (no se muestra en la Tabla VII). Los estudios realizados para encontrar las asociaciones de la comunidad del fitoplancton corresponde a florecimientos del microfitoplancton, de la zona oceánica y costera, respectivamente, donde la dominancia de estas comunidades es de diatomeas y dinoflagelados para la época de surgencias para la capa superficial del océano (Almazán-Becerril et al., 2010).

Capítulo V. CONCLUSIÓN

Los años 2007 y 2008 fueron diferenciados significativamente de los años 2005 y 2006, siendo este último anómalamente más cálido, pero este calentamiento no fue atribuido al evento tropical denominado El Niño, provocando un fracaso en la época de surgencias intensas en la región norte del SCC, reduciendo así la producción primaria en las zonas de Oregón y la región central de California (Sydeman et al., 2006), Peterson et al., (2006) y Schwing et al., (2006). Mientras que Baja California experimentaba una anomalía fría, reflejada en las poblaciones de copépodos y eufaúsidos aumentando para aguas costeras y oceánicas. El año 2006 fue un año inusual, en donde las condiciones cálidas en el norte y en promedio para la región sur de California y Baja California, presentaron condiciones frías, caracterizándolo como un poco más productivo, pero cálido e improductivo en aguas de la región central de California. McClatchie et al., (2008), menciona que las condiciones El Niño terminaron a principios del 2007 para dar inicio a condiciones La Niña al comenzar el 2008, en donde las propiedades biológicas del sistema no mostraron una respuesta muy clara, lo que indica que estos resultados son similares a los obtenidos durante el evento La Niña de 1999-2000. En contraste, en el 2008, la productividad primaria en la región central de California y Oregón, presentaron valores por encima de lo normal, provocado por una mayor intensidad y persistencia en las surgencias, las cuales se presentaron de manera temprana y se mantuvieron hasta al menos en abril de 2007-2009, en donde una de las implicaciones de este evento, fue el de un enriquecimiento en el ecosistema, debido a una mayor producción y por lo tanto un éxito reproductivo en muchas poblaciones (McClatchie et al., 2009).

La climatología obtenida en este estudio es coherente con lo reportado por Durazo et al., (2010) en donde describen dichas condiciones oceanográficas obtenidas a través de 10 años de muestreos en la región de IMECOCAL, en donde se han cuantificado las características de la circulación media y la

distribución de las masas de agua a escala estacional, observando esta respuesta en la capa superficial del océano y determina así las propiedades de la interacción entre las masas de agua que están presentes en la región. Estos resultados se muestran en las estructuras oceánicas y la circulación sobre la costa occidental de la Península de Baja California.

Las interacciones físico-biológico que son resultado de los procesos locales y regionales, en donde las respuestas del sistema, se ven reflejadas en las propiedades del sistema, como lo es la concentración de clorofila *a*, encontrando en este estudio que las concentraciones en las zonas de surgencia, San Quintín, Punta Eugenia, sobrepasan los valores reportados como promedios estacionales (Gaxiola-Castro et al., 2010), sin embargo, otros autores como González-Silvera, et al., (2010) menciona que las zonas en donde las surgencias son intensas, las concentraciones, presentan valores alrededor de 10 mg m^{-3} , pero en el reflejo de la curva espectral, esta comunidad está representada por el microfitoplancton, diatomeas y dinoflagelados.

La conectividad biológica que se encontró en este estudio, corresponde a una relación entre la ubicación geográfica de la Corriente de California con respecto a la ubicación en el espacio y tiempo de los patrones de las curvas espectrales, especialmente los denominados M1 y M2, en donde al observarlos, el primero de ellos el aporte mayoritario está representado por dinoflagelados y prefiere la zona oceánica del área de estudio, mientras que el segundo, se encontró en la zona costera, en donde el ambiente acuático es más turbulento y la disponibilidad de nutrientes es mayor a comparación de la zona oceánica en esta región y por lo tanto, el porcentaje mayoritario, está compuesta por diatomeas. Estos dos patrones se diferencian, solo por la ubicación geográfica, sino que también se diferencian por las pendientes del espectro de absorción de luz (440-550 nm), las cuales, estas dos pendientes muestran que son estadísticamente diferentes.

Capítulo VI. RECOMENDACIONES

Se hace la recomendación que para relacionar de manera más analítica, la comparación de los espectros de absorción de luz con respecto a la estructura de la comunidad del fitoplancton, son necesarios los análisis de citometría de flujo, los cuales son de utilidad porque hacen una clasificación con respecto al tamaño de las células y por otra parte, los análisis de HPLC (High Performance Liquid Chromatography), lo que ayudaría a determinar de manera exacta la concentración de los pigmentos accesorios que se observan en la pendiente de la curva espectral (440-550 nm), así como el conocer qué clase de pigmento es y relacionarlo con su propia longitud de onda.

Capítulo VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre-Hernández, E., G. Gaxiola-Castro, S. Nájera-Martínez, T. Baumgartner, B. Kahru, y G. Mitchell. 2004. Phytoplankton absorption, photosynthetic parameters, and primary production off Baja California: summer and autumn 1998. *Deep-Sea Research II*. 51: 799-816.
- Almazán-Becerril, A., E. García-Mendoza y D. Rivas. 2010. Distribución de pigmentos fotosintéticos y grupos de fitoplancton durante octubre de 2003. En: Gaxiola-Castro, G. y R. Durazo (Eds.). *Dinámica del Ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007*. SEMARNAT. Ensenada, Baja California. 263-276 pp.
- Álvarez-Cáceres, R. 2007. *Estadística aplicada a las ciencias de la Salud*. Ediciones Díaz de Santos. Primera Edición. Madrid, España. 997 p.
- Babin, M., J. C. Therriault, L. Legendre, A. Condal. 1993. Variation in the specific absorption coefficient for natural phytoplankton assemblages: Impact on estimate of primary production. *Limnol. and Oceanogr.* 38:154-177.
- Barocio-León, O. 2006. Variabilidad espacial y temporal del coeficiente de absorción y pigmentos del fitoplancton en la Corriente de California. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Marinas. U.A.B.C. Ensenada, Baja California, México. 174 p.
- Barocio-León O. A., R. Millán-Núñez, E. Millán-Núñez, E. Santamaría-Del-Ángel, A. González Silvera, C.C. Trees. 2006. Spatial variability of phytoplankton absorption coefficients and pigments off Baja California during November 2002. *Journal of Oceanography*. 66: 873-885.
- Barocio-León, O., R. Millán-Núñez, E. Santamaría-Del-Ángel, A. González-Silvera, C.C. Trees. 2006. Spatial variability of phytoplankton absorption coefficients and pigments off Baja California during November 2002. *Journal of Oceanography*. 62:873-885.
- Bograd, S., K. Chereskin y D. Roemmich. 2001. Transport of mass, heat, salt, and nutrients in the southern California Current System: Annual cycle and interannual variability. *J. Geophys. Res.* 106: 9255-9275.
- Bowerman, B.L., T. R. O'Connell y B. A. Koehler. 2007. *Pronósticos, Series de Tiempo y Regresión: Un enfoque aplicado*. Cengage Learning. 4ta. Edición. México, D.F. 667 Pp.
-

- Bricaud, A., M. Babin, A. Morel y H. Claustre. 1995. Variability in the chlorophyll-specific absorption coefficients of natural phytoplankton: Analysis and parameterization. *J. Geophys. Res.* 100: 13321-13332.
- Bricaud, A., H. Claustre, J. Ras y K. Oubelkheir. 2004. Natural variability of phytoplanktonic absorption in oceanic waters: Influence of the size structure of algal populations. *J. Geophys. Res.* 109: C11010, Doi: 10.1029/2004JC002419.
- Brinton, E. y A. Townsend. 2003. Decadal variability in abundances of the dominant euphausiid species in southern sectors of the California Current. *Deep-Sea Res. II.* 50:2449-2472.
- Castro-Martínez, A. 2010. Variabilidad espacial y temporal del campo de viento. En: Gaxiola-Castro, G. y R. Durazo (Eds.). *Dinámica del Ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007*. SEMARNAT. Ensenada, Baja California. 129-147 p.
- Cleveland, J.S. 1995. Regional models for phytoplankton absorption as a function of chlorophyll a concentration. *J. Geophys. Res.* 100:13333-13344.
- Cupp, E. 1943. Marine Plankton Diatoms of the West Coast of North America. *Bulletin of the Scripps of Oceanogr. University of California.* 51:1-237.
- Dubinsky, Z., T. Berman y F. Schanz. 1984. Field experiments for in situ measurement of photosynthetic efficiency and quantum yield. *J. Plankton Res.*, 6: 339-349.
- Durazo, R. y T. Baumgartner. 2002. Evolution of oceanographic conditions off Baja California: 1997-1999. *Progr. Oceanogr.* 54:7-31.
- Durazo, R., G. Gaxiola-Castro, B. Lavaniegos, R. Castro-Valdez, J. Gómez-Valdez y A. Mascarenhas. 2005. Oceanographic conditions west of the Baja California coast, 2002-2203: A weak El Niño and Subarctic water enhancement. *Ciencias Marinas.* 313:537-552.
- Durazo, R., A. M. Ramírez-Manguilar, L. E. Miranda y L. A. Soto-Mardones. 2010. Climatología de variables hidrográficas. En: Gaxiola-Castro, G. y R. Durazo (Eds.). *Dinámica del Ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007*. SEMARNAT. Ensenada, Baja California. 25-58 pp.
- Duysens, L. N. M. 1956. The flattening of the absorption spectrum of suspension, as compared to that of solutions. *Biochem. Biophys. Acta.* 19:1-12.

- Falkowski, P. G. y J. A. Raven. 1997. Aquatic photosynthesis. Princeton University Press. First edition. Massachusetts. U.S.A. 375 p.
- Falkowski, P. G., R. T. Baber y V. Smetacek. 1998. Biogeochemical controls and feedbacks on ocean primary productivity. *Science*. 281:200-206.
- Gaxiola-Castro, G., R. Durazo-Arvizu, B. Lavaniegos-Espejo, M. E. De la Cruz-Orozco, E. Millán-Núñez, L. Soto-Mardones y J. Cepeda-Morales. 2008. Respuesta del ecosistema pelágico a la variabilidad interanual del océano Pacífico frente a Baja California. *Nota de Investigación. Ciencias Marinas*. 342: 263-270.
- Gaxiola-Castro, G., J. Cepeda-Morales, S. Nájera-Martínez, T. L. Espinosa-Carreón, M. E. De la Cruz-Orozco, R. Sosa-Avalos, E. Aguirre-Hernández y J. P. Cantú-Ontiveros. 2010. Biomasa y producción del fitoplancton. En: *Dinámica del Ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007*. Gaxiola-Castro, G., y Durazo, R. Eds. 505 pp.
- Goericke R., S. J. Bograd, G. Gaxiola-Castro, J. Gómez-Valdés, R. Hooff, A. Huyer K. Hyrenback, B. Lavaniegos, A. Mantyla, W. T. Peterson, F. B. Schwing, R. L. Smith, W. Sydeman, E. L. Venrick y P. Wheeler. 2004. The state of the California Current, 2003-2004: A rare "normal" year. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.* 45: 9-27.
- Goericke, R., E. Venrick, T. Koslow, W. J. Sydeman, F. B. Schwing, S. J. Bograd, W. T. Petereson, R. Emmett, J. R. Lara-Lara, G. Gaxiola-Castro, J. Gómez-Valdés, K. D. Hyrenbanch, R. W. Bradley, M. J. Weise, J. T. Harvey, C. Collins y N. C. H. Lo. 2007. The state of the California Current 2006-2007: Regional and local processes Dominate. *Calif. Coop. Oceanic. Fish. Invest. Rep.* 48: 33-66.
- Gómez-Valdés, J. 1983. Estructura hidrográfica promedio frente a Baja California. *Ciencias Marinas*. 92:75-86.
- Gómez-Valdés, J., y H. S. Vélez-Muñoz. 1982. Variaciones estacionales de temperatura y salinidad en la región costera de la Corriente de California. *Ciencias Marinas*. 8:167-176.
- González-Silvera, A., R. Millán-Núñez, E. Santamaría-Del-Ángel, O. Barocio-León, C. C. Trees. 2010. Absorción de luz y estructura del tamaño del fitoplancton. En: *Gaxiola-Castro, G. y R. Durazo (Eds.). Dinámica del Ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007*. SEMARNAT. Ensenada, Baja California. 291-304 p.

- Hasle, G. R. 1978. Using the inverted microscope, p. 191-196. En: A. Sournia (Ed.). *Phytoplankton Manual*. UNESCO. Paris. 335 p.
- Hasle, G. R., y E. E. Syvertsen. 1996. Marine diatoms. In *Identifying marine diatoms and dinoflagellates*. En: Tomas, R. C. (Eds.). Academic Press, Inc. New York. 385 p.
- Hernández-Becerril, D.U., E. Bravo-Sierra, J. A. Ake-Castillo. 2007. Phytoplankton on the western coasts of Baja California in two different seasons in 1998. *Science Marines*. 71:735-743.
- Hickey, M. 1979. The California Current System-hypothesis and facts. *Prog. Oceanog.* 8: 191-279.
- Hickey, B. M. y T. C. Royer. 2001. California and Alaska Currents. En Turekian y Thorpe (Eds.). *Encyclopedia of Ocean Sciences*. Steele. 378-379 p.
- Jeffrey, S. W., R. F. C. Mantoura y S. W. Wright. 1997. *Phytoplankton pigments in oceanography: guidelines and modern methods*. UNESCO. Publishing. París. 661 p.
- Jerónimo, G. y J. Gómez-Valdés. 2006. Promedios de temperatura y salinidad sobre una superficie isopícnica en la capa superior del océano frente a Baja California. *Ciencias Marinas*, 324:663-671.
- Jerónimo-Moreno, G. y J. Gómez-Valdés. 2005. Estimación de temperatura potencial y salinidad promedio de la superficie de $27.0 \sigma_\theta$ de la región sureña de la Corriente de California por el método de análisis objetivo. *GEOS*, 253:352-363.
- Johnson, R. A. y D.W. Wichern. 2008. *Applied statistical analysis*. Preston Publisher. 800 pp.
- Kahru, M. y B. G. Mitchell. 2000. Influence of the 1997-98 El Niño on the surface chlorophyll in the California Current. *Geophys. Res. Lett.* 27:2937-2940.
- Kahru, M. y B. G. Mitchell. 2002. Influence of the El Niño-La Niña cycle on the surface chlorophyll in the California Current. *Geophys. Res. Lett.* 27:2937-2940.
- Kiefer, D. A. y B. G. Mitchell. 1983. A simple, steady state description of phytoplankton growth based on absorption cross section and quantum efficiency. *Limnol. and Oceanogr.* 28:770-776.

- Kiefer, D. A. y J. B. Soo Hoo. 1982. Spectral absorption by marine particles of coastal waters of Baja California. *Limnol.Oceanog.*273: 492-499.
- Kirk, J.T.O. 1994. Light and photosynthesis in aquatic ecosystems.2nd Ed. Cambridge University Press. New York. 509 p.
- Kirk, J.T.O. y P. A. Tyler. 1986.The spectral absorption and scattering properties of dissolved and particulate components in relation to the underwater light field of some tropical Australian fresh water. *Freshwater Biol.* 16:573-583.
- Kishino, M., M. Takahashi, N. Okami y S. Ichimura. 1985. Estimation of the spectral absorption coefficients of phytoplankton in the sea. *Bulletin of Marine Science.* 37:634-642.
- Lavaniegos, B.E. 2009. Influence of a multiyear event of low salinity on the zooplankton from Mexican eco-regions of the California Current. *Progress in Oceanography*, 83:369-375
- Lavaniegos, B. E., J. L. Cadena-Ramírez, y P. García-García. 2009. Zooplankton biomass and structure off the western coast of Baja California during 2007 IMECOCAL cruises 0701, 0704, 0708. Informe Técnico. Departamento de Oceanografía Biológica, CICESE No. 96950, 51 p.
- Letelier, R. M., R. R. Bidigare, D. V. Henbel, M. Ondrusek, C. D. Winn y D. M. Karl. 1993. Temporal variability of phytoplankton community based on pigments analysis. *Limnol. and Oceanogr.* 38:1420-1437.
- Levins, R. 1978. Evolution in changing environments. Princenton University. Press Princenton. 39-65 pp.
- Licea, S., J. L. Moreno, H. Santoyo y G. Figueroa. 1996. Dinoflageladas del Golfo de California, Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Linacre, L., R. Durazo, J. M. Hernández-Ayón, F. Delgadillo-Hinojosa, G. Cervantes-Díaz, J. R. Lara-Lara, V. Camacho-Ibar, A. Siqueiros-Valencia y C. Bazán-Guzmán. 2010. Temporal variability of the physical and chemical water characteristics at a coastal monitoring observatory: Station ENSENADA. *Continental Shelf Res.* 30:1730-1742.
- Lynn, R. S. y J. J. Simpson. 1987. California Current System. The seasonal variability of its physical characteristics. *J. Geophys. Res.* 92: 12947-12966.
- Malone, T. F. y J. G. Roederer. 1985. Global change. En: Malone y Roederer (Eds.). Cambridge University Press. New York.

- Mantua, N. J., S. R. Hare, Y. Zhang, J. M. Wallace y R. C. Francis. 1997. A Pacific decadal climate oscillation with impacts on salmon. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 78:1069-1079.
- Martínez-López, A. y G. Verdugo-Díaz. 2000. Composición y dinámica del fitoplancton en el BAC de Bahía Magdalena, BCS. En: Lluch-Belda D, Elorduy-Garay J, Lluch-Cota SE, Ponce-Díaz G (Eds.). *Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano*. 125–142 p.
- McClatchie, S., R. Goericke, J. A. Koskow, F. Schwing, S. Bograd, R. Charter, W. Watson, N. Lo, K. Hill, J. Gottschalck, M. L'Heureux, Y. Xue, W. Peterson, R. Emmet, C. Collins, G. Gaxiola-Castro, R. Durazo, M. Kahru, B. G. Mitchell, K. D. Hyrenbach, W. J. Sydeman, R. W. Bradley, P. Warzybok y E. Bjorkstedt. 2008. The State of de California Current, 2007-2008: La Niña conditions and their effects on their ecosystem. *Cal. Coop. Ocean.Fish. Invest. Rep.*, 49: 39-76.
- Mcclatchie S., R. Goericke, F. B. Schwing, S. J. Bograd, W. T. Peterson, R. T. Emmett, R. Charter, W. Watson, N. Lo, K. Hill, C. Collins, M. Kahru, G. Mitchell, J. A. Koslow, J. Gómez-Valdés, B. Lavaniegos, G. Gaxiola-Castro, J. Gottschalck, M. C'heureux, Y. Xue, M. Manzano-Sarabia, E. Bjorkstedt, S. Ralston, J. Field, L. Rogers-Bennet, L. Munger, G. Campbell, K. Merkens, D. Camacho, A. Havron, A. Douglas y J. Hildebrand. 2009. The state of the California Current, spring 2008-2009: cold conditions drive regional differences in coastal production. *Cal. Coop. Ocean.Fish. Invest. Rep.* 50:43-71.
- Millán-Núñez, E. 2010. Variabilidad interanual del nano-microfitoplancton: inviernos 2001-2007. En: Gaxiola-Castro, G. y R. Durazo (Eds.). *Dinámica del Ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007*. SEMARNAT. Ensenada, Baja California. 241-262 p.
- Millán-Núñez, E. y R. Millán-Núñez. 2010. Specific absorption coefficient and phytoplankton community structure in the southern region of the California Current during January 2002. *J. Oceanogr.* 66:719-730.
- Millán-Núñez, E., Lara-Lara, J.R., Cleveland, J.S. 1998. Variations in specific absorption coefficients and total phytoplankton in the Gulf of California. *Cal. Coop. Ocean.Fish. Invest. Rep.* 39.
- Millán-Núñez, E., M. E. Sieracki, R. Millán-Núñez, J. R. Lara-Lara, G. Gaxiola-Castro y C. C. Trees. 2004. Specific absorption coefficient and phytoplankton biomass in the southern region of the California Current. *Deep-Sea Research II*. 51:817-826.

- Mitchell, B. G. y D. A. Kiefer. 1988. Variability in pigment specific particulate fluorescence and absorption spectra in the northeastern Pacific Ocean. *Deep-Sea Res. I.* 35: 665-689.
- Morel y Bricaud. 1981. Theoretical results concerning light absorption in a discrete medium and application to specific absorption of phytoplankton. *Deep Sea Res.* 28:1375-1393.
- Moreno, J. L., S. Licea y H. Santoyo. 1997. *Diatomeas del Golfo de California*, Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Morris, J. 1980. *The physiological ecology of phytoplankton*. University of California Press. 625 p.
- Nelson, N. B., B. B. Prezelin, R. R. Bidigare. 1993. Phytoplankton light absorption and package effect in California coastal waters. *Mar. Progr. Ser.* 94:217-227.
- Platt, T. y S. Sathyendranath. 1988. Oceanic primary production: estimation by remote sensing at local and regional scales. *Science* 241, 1613–1620.
- Pérez-Brunius, P., M. López, A. Parés-Sierra y J. Pineda. 2007. Comparison of upwelling indices off Baja California derived from three different wind data sources. *Cal. Coop. Ocean.Fish. Invest. Rep.*48: 204-214.
- Peterson, B., R. Temmett, R. Goericke, E. L. Venrick, A. Mantyla, S. J. Bograd, F. B. Schwing, R. Hewitt, N. Lo, W. Watson, J. Barlow, M. Lowry, S. Ralston, B. Lavaniegos, W. Sydeman, D. Hyrenback, R. W. Bradley, P. Warzybok, F. Chávez, K. Hunter, S. Benson, M. Weise, J. Harvey, G. Gaxiola-Castro y R. Durazo. 2006. The state of the California Current, 2005-2006: Warm in the north, cool in the south. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.* 47: 30–74.
- Preisendorfer, R.W. 1961. Application of radioactive transfer theory to light measurements in the sea. *International Union of Geophysics and International Association of Oceanography.* 10:83-91.
- Roemmich, D. y J. McGowan. 1995. Climatic warming and the decline of zooplankton in the California Current. *Science.* 267:1324-1326.
- Roesler, C. S., M. J. Perry y K. L. 1989. Carder Modeling in situ phytoplankton absorption from total absorption spectra in productive inland marine waters, *Limnol. and Oceanogr.* 348; 1510– 1523.

- Sakshaug, E., A. Bricaud, Y. Dandonneau, P. G. Falkowski, D. A. Kiefer L. Legendre, A. Morel J. Parslow y M. Takahashi. 1997. Parameters of photosynthesis: definitions, theory and interpretation of results. *J. of Plankton Res.* 19:1637-1670.
- Sathyendranath S., L. Lazzara y L. Prieur. 1987. Variations in the spectral values of specific absorption of phytoplankton. *Limnol and Oceanogr.* 32:403-415.
- Scwing, F. B., C. S. Moore, S. Ralston, K. M. Sakuma. 2000. Record coastal upwelling in the California Current in 1999. *Cal. Coop. Oceanic. Fish. Invest. Rep.* 41:148-160
- Schwing, F. B., S. J. Bograd, C. A. Collins, G. Gaxiola-Castro, J. García, R. Goericke, J. Gómez-Valdés, A. Huyer, K. D. Hyrenbach, P. M. Kosro, B. E. Lavaniegos, R. J. Lynn, A. W. Mantyla, M. D. Ohman, W. T. Peterson, R. L. Smith, W. J. Sydeman, E. Venrick y P. A. Wheeler. 2002. "The State of the California Current, 2001-2002: Will the California Current keep its cool, or is El Niño Looming?". *Cal. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 43: 31-73.
- Schwing F. B., N. A. Bond, S. J. Bograd, T. Mitchell, M. A. Alexander y N. Mantua. 2006. Delayed coastal upwelling along U.S. west coast in 2005: a historical perspective. *J. Geophys. Res. Let.* Vol. 33: L22S01. Doi: 10.1029/2006GL026911.
- Sosik, H. M. y B. G. Mitchell. 1991. Absorption, fluorescence and quantum yield for growth in nitrogen-limited *Dunaliella teriolecta*. *Limnol and Oceanogr.* 36:910-921.
- Sosik, H. M. y B. G. Mitchell. 1995. Light absorption by phytoplankton, photosynthetic pigments and detritus in the California Current System. *Deep-Sea Res. I.*, 42:1717-1748.
- Soto-Mardones, L., A. Parés-Sierra, J. García, R. Durazo y S. Hormazabal. 2004. Analysis of the mesoscale structure in the IMECOCAL region off Baja California from hydrographic ADCP and altimetry data. *Deep-Sea Res. II.*, 51:785-798.
- Sydeman, W. J., R. W. Bradley, P. Warzybok, J. Jahncke, K. D. Hyrenbach, V. Kouskey, M. A. Hipfner y M. D. Ohman. 2006. Krill and Krill predators: Responses of planktivorous Auklets *Ptychramphu saleuticus* to the anomaly of 2005. *J. Geophys. Res.* 33: L22S09.
- Tomas, C. S. 1997. Identifying marine phytoplankton. Academic Press, Inc.

- Utermöhl, H. 1958. Vervollkommung der quantitativen phytoplankton methodik. Mitt. Int. Verein Theor. Angew. Limnol. 9: 1-38.
- Venrick, L. E. 2002. Floral patterns in the California Current System off southern California: 1990-1996. J. Mar. Res. 60:171-189.
- Venrick, E., S. J. Bograd, D. Checkley, R. Durazo, G. Gaxiola-Castro, J. Hunter A. Huyer, K. D. Hyrenbach, B. E. Lavaniegos, A. Mantyla, F. B. Schwing, R. L. Smith, W. J. Sydeman y P. A. Wheeler. 2003. The state of the California Current, 2002-2003: Tropical and Subarctic influences by for dominance. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.44:28-60.
- Wolter, K. y M. S. Timlin. 1998. Measuring the strength of ENSO events—how does 1997/98 rank? Weather. 53:315-324.
- Yentsch, C.S. y D. A. Phinney. 1989. A Bridge between ocean optics and microbial Ecol. Limnol. Oceanogr. 348:1694-1705.
- Zaytsev. O., O. Sánchez-Montante y C. J. Robinson. 2007. Características del ambiente hidro-físico de la plataforma continental y zona oceánica adyacente al sistema lagunar Bahía Magdalena-Almejas. En: Funes-Rodríguez, R., Gómez-Gutiérrez, J., Palomares-García, R. (Eds.). Estudios ecológicos en Bahía Magdalena. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México. 29-43 p.

APÉNDICE I

GLOSARIO GENERAL

GLOSARIO GENERAL

Los siguientes términos son comúnmente usados por los biólogos y oceanólogos que trabajan en el estudio de procesos biológicos en los que interviene la luz. Así, como una referencia general de los vocablos que se utilizan en los sensores remotos por satélite en oceanografía.

Absorbancia (A)	Flujo radiante (Φ_a) que se pierde a partir de un rayo de absorción, al flujo incidente (Φ_o). Relación: $A = \Phi_a / \Phi_o$
AVHRR	Radiómetro de Alta Resolución, y es usado para determinar temperatura superficial del mar por satélite. La resolución horizontal está entre 1-4 Km.
Bio-óptica	Rama de la óptica que estudia el comportamiento de los organismos marinos cuando se ven influenciados por la luz solar.
Citometría de flujo	Técnica que se usa para medir el esparcimiento y fluorescencia debido a particular: se aplica a las propiedades ópticas del fitoplancton.
Clorofila <u>a</u> (Clor <u>a</u>)	Es uno de los pigmentos predominantes en el fitoplancton vivo, y es uno de los mayores componentes del fotosistema del fitoplancton.
Coeficiente de absorción (a)	La absorción de una capa delgada infinitesimal del medio normal al rayo de luz, dividido por el grosor (Δr) de la capa. Relación: $a = \Delta A / \Delta r = -\Delta \Phi_a - \Phi_o / \Phi_r$
$a_p (\lambda)$	Coeficiente de absorción de luz por material total particulado en suspensión (m^{-1}).
$a_d (\lambda)$	Coeficiente de absorción de luz por detritus (m^{-1}).
$a_{ph} (\lambda)$	Coeficiente de absorción de luz por fitoplancton (m^{-1}).
$a_{ph}^* (\lambda)$	Coeficiente específico de absorción de luz por fitoplancton ($m^2 (mgClor_a)^{-1}$).
OD _{sus}	Densidad óptica del material fitoplanctónico en suspensión
OD _{flt}	Densidad óptica del material fitoplanctónico en filtros (GF/F).

Apéndice I (Continuación)

Coeficiente de atenuación de un rayo de luz (c)	El porcentaje de energía en un rayo de luz transmitido por unidad de distancia (Δz) está dado por $T=100 \exp(-c\Delta z)$, donde el coeficiente de atenuación del rayo, c es en m^{-1} y Δz es en m. El coeficiente c representa la fracción de energía removida por absorción y esparcimiento por unidad de distancia, y es igual a la suma de los coeficientes de absorción y de esparcimiento del rayo de luz.
CTD	Conductividad/Temperatura/Profundidad. Sistema de medición usado para determinar temperatura, conductividad (Salinidad) y profundidad.
CZCS	Datos colectados por satélite del color del océano (luz solar reflejada a 443, 520, 550, 670 y 750 nm) desde finales de 1978 a mediados de 1986. La resolución espacial fue de 0.8 Km^2 . Estos datos han sido utilizados para determinar la biomasa del fitoplancton.
Efecto paquete	Cuando el coeficiente de absorción y la eficiencia de luz de los pigmentos fotosintéticos son más bajos y los cloroplastos se encuentran segregados en paquetes.
$\Phi_c(z)$	Eficiencia cuántica fotosintética a la profundidad (z) ($\text{mol C } \mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).
Fitoplancton	Plantas microscópicas del plancton (organismos a la deriva) que viven predominantemente en el nivel superior del océano. El fitoplancton tiene un intervalo de tamaño de pocas μm a $\sim 100 \mu\text{m}$, y su crecimiento va de una fracción a pocos días, dependiendo de las condiciones del medio ambiente.
Fluorescencia natural	Emisión de luz que produce el fitoplancton por medio de la clorofila <u>a</u> , cuando es excitado por la luz solar. La emisión de la fluorescencia natural se centra en la longitud de onda de 683 nm.
Fotón	Un fotón es un cuanto de la radiación electromagnética, que tiene una energía igual al producto de la frecuencia de la radiación por la constante de Plank. $h=(6.626176+0.000036)\times 10^{-34} \text{ J Hz}^{-1}.$
Frentes	Regiones marinas caracterizadas por valores altos de temperatura en un gradiente horizontal.
HPLC	Método que utiliza una Alta resolución por Cromatografía Líquida y que puede ser usado para identificar componentes orgánicos. En este caso, pigmentos de microalgas que pueden ser asociados a grupos del fitoplancton.

Apéndice I (Continuación)

Irradiancia (E) (a un punto de la superficie)	Flujo radiante incidente sobre un elemento infinitesimal contenido en una superficie bajo el punto de consideración, dividido por el área del elemento.
Irradiancia ascendente (E_u)	Flujo radiante incidente sobre un elemento infinitesimal por la cara de debajo de una superficie horizontal. Relación: $E_u = d\Phi/dA$
Irradiancia descendiente (E_d)	Flujo radiante sobre un elemento infinitesimal por arriba de la cara de una superficie horizontal Relación: $E_d = d\Phi/dA$
Irradiancia escalar (E_o)	La integral de la distribución de la radiancia a un punto sobre todas las direcciones alrededor de un punto Relación: $E_o = \int_{4\pi} L(\theta, \Phi) dw$
JGOFS	Programa Internacional Interdisciplinario, concerniente a la estimación regional, global y variación en el tiempo de los flujos del material biogeoquímico, incluyendo la interfase aire-mar.
Longitud de onda (λ)	Distancia entre dos puntos sucesivos de una onda periódica en la dirección de propagación, para la cual la oscilación tiene la misma fase. Unidades recomendadas: nanómetros (nm) $10^{-9}m$.
NOAA Pigmentos	Administración Atmosférica y Oceánica Nacional Moléculas complejas semejantes a la clorofila <u>a</u> contenidas en el fitoplancton y sus productos están asociadas con la captura de luz y fotosíntesis.
Pixel (pictureelement)	Cada elemento de la resolución del fotómetro de medición que compone un mapa satelital. Corresponde a un elemento de área en la imagen.
Productividad primaria	Es la razón de crecimiento del fitoplancton, donde la fotosíntesis convierte el material orgánico disuelto y nutrientes en materia orgánica y libera oxígeno disuelto.
Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR)	Flujo de fotones ($\mu E m^{-2} s^{-1}$) caracterizado por luz que viene en todas direcciones en la banda de longitudes de onda de 400 a 700 nm. El término de PAR es usado como sinónimo del término de irradiancia escalar.
Radiancia (L)	Flujo radiante incidente sobre un elemento infinitesimal contenido en una superficie bajo el punto en consideración, dividido por el área del elemento.
Salinidad	Es la cantidad de material sólido disuelto (g) en 1 Kg de agua de mar después de que todos los carbonatos han sido convertidos en óxido; los bromuros y yoduros remplazados por cloruros y todo el material orgánico oxidado.

Apéndice I (Continuación)

SeaWiFS	Sensor de satélite lanzado a mediados de 1998, que proveerá de datos del color del océano. Utiliza las mismas bandas de longitud de onda que el CZCS, más la de 412, 490, 510, 665 y 683 nm.
Zona Eufótica (E_{uz})	La porción superior de la columna de agua, donde hay suficiente luz para que se efectúe la fotosíntesis. La profundidad de esta región, usualmente se toma donde la PAR tiene el valor de 1% del valor de superficie.

APÉNDICE II

Datos físico-biológicos obtenidos para los abriles 2005-2008. en la primera tabla se tienen los datos de los abriles, en donde la primera columna se indica el punto del transecto de la red de estaciones de IMECOCAL, el número de la estación, el día y hora de arribo a la misma, la salinidad, temperatura, absorción de luz a 440 nm, la razón entre las bandas azul y rojo del espectro de luz visible y la concentración de clorofila a 10 metros de profundidad. Nota, para abril de 2005 no se cuentan con datos de abundancias de fitoplancton; para abril de 2006-2007, dichas abundancias corresponden a 20 metros de profundidad, mientras que para abril de 2008 son a 10 metros de profundidad.

ABRIL 2005

Transecto	Estación	Día/Hora (día/GMT)	Salinidad	Temperatura (°C)	Diatomeas (cel l ⁻¹)	Dinoflagelados (cel l ⁻¹)	a _{ph} 440 (m ⁻¹)	Razón (a/r)	Clorofila a (mg m ⁻³)
100.30	1	17/04/05/05:36	33.517	12.61			0.003	2.49	0.53
100.35	2	16/04/05/21:04	33.193	16.13			0.002	3.67	0.13
100.40	3	16/04/05/17:04	33.214	16.11			0.001	4.13	0.07
100.45	4	16/04/05/10:49	33.161	15.90			0.002	4.00	0.07
100.50	5	16/04/05/06:09	33.221	16.33					0.08
100.55	6	16/04/05/00:48	33.244	16.56					0.07
100.60	7	15/04/05/19:49	33.240	16.43			0.003	2.46	0.06
103.60	8	18/04/05/21:26	33.217	16.39			0.003	2.71	0.10
103.55	9	18/04/05/15:19	33.211	16.42					0.07
103.50	10	18/04/05/10:29	33.262	16.51			0.002	3.41	0.07
103.45	11	18/04/05/06:08	33.200	16.32			0.003	1.87	0.10
100.35	13	17/04/05/20:51	33.288	13.57			0.003	1.87	3.33
103.30	14	17/04/05/13:58	33.703	11.66			0.005	1.20	20.18
107.32	15	20/04/05/09:16	33.619	13.34			0.004	1.61	5.32
107.35	16	20/04/05/04:15	33.305	14.60			0.003	1.97	0.82
107.40	17	19/04/05/23:56	33.252	15.85			0.003	2.74	0.17
107.45	18	19/04/05/19:36	33.212	16.18			0.002	2.74	0.17
107.50	19	19/04/05/13:51	33.321	16.47			0.003	2.46	0.11
107.55	20	19/04/05/08:34	33.262	16.67			0.002	2.73	0.07
107.60	21	19/04/05/03:46	33.261	16.74			0.002	2.40	0.07
110.60	22	21/04/05/20:18	33.365	17.28			0.003	2.70	0.09
110.45	25	21/04/05/05:27	33.216	16.18			0.002	3.29	0.27
110.40	26	21/04/05/00:31	33.235	16.02			0.003	2.73	0.33
110.35	27	20/04/05/18:23	33.561	13.21			0.004	1.70	10.09
113.30	28	23/04/05/09:13	33.692	12.94			0.004	1.81	4.02
113.35	29	23/04/05/03:01	33.219	16.44			0.002	3.44	0.14
113.40	30	22/04/05/21:21	33.210	16.50			0.002	3.00	0.31
113.45	31	22/04/05/17:00	33.202	16.80			0.003	2.82	0.12
113.55	33	22/04/05/07:59	33.442	17.38					0.11
117.80	35	25/04/05/17:15	33.418	17.61					0.08
117.75	36	25/04/05/12:02	33.257	17.21			0.002	3.76	0.11
117.70	37	25/04/05/07:29	33.292	17.30			0.002	3.09	0.10
117.65	38	25/04/05/02:05	33.214	17.13			0.002	3.25	0.11
117.60	39	24/04/05/19:24	33.275	17.15			0.002	3.64	0.15
117.55	40	24/04/05/12:10	33.599	16.46			0.003	2.65	0.35
117.50	41	24/04/05/08:12	33.450	16.40			0.003	2.66	0.15
117.45	42	24/04/05/04:02	33.222	15.89			0.003	2.73	0.31
117.35	44	23/04/05/17:43	33.360	14.63			0.003	2.11	1.73
117.30	45	23/04/05/14:36	33.446	14.46			0.003	2.00	2.83

119.33	46	27/04/05/23:46	33.500	16.90	0.003	2.78	0.41
120.30	47	27/04/05/20:45	33.466	15.48	0.003	2.56	1.06
120.35	48	27/04/05/17:08	33.447	15.60	0.003	2.59	0.94
120.39	49	27/04/05/14:35	33.603	17.29	0.003	2.46	0.31
120.45	50	27/04/05/08:25	33.514	16.69			0.14
120.50	51	27/04/05/04:21	33.453	16.51			
120.55	52	27/04/05/00:14	33.261	17.20	0.003	2.47	0.17
120.60	53	26/04/05/20:06	33.620	18.22	0.003	2.30	0.06
120.65	54	26/04/05/14:06	33.632	18.23	0.001	3.74	0.08
120.75	56	26/04/05/05:04	33.480	17.98			0.07
123.60	58	30/04/05/02:26	33.582	18.45	0.002	3.27	0.07
123.55	59	29/04/05/22:09	33.345	17.91			0.08
123.50	60	29/04/05/17:39	33.266	17.33	0.002	3.65	0.13
123.45	61	29/04/05/11:08	33.325	16.75	0.002	3.21	0.23
123.42	62	29/04/05/07:50	33.456	16.95	0.002	3.48	0.10
127.35	63	01/05/05/08:09	33.413	15.25			
127.60	68	30/04/05/09:25	33.737	18.84	0.001	3.79	0.06
130.60	69	05/05/05/00:44	33.409	18.04	0.002	3.07	0.10
130.55	70	04/05/05/17:14	33.645	18.51	0.002	2.99	0.09
130.50	71	04/05/05/11:37	33.404	17.83	0.003	2.37	0.11
130.35	74	03/05/05/19:17	33.401	17.06			0.13
130.30	75	02/05/05/18:39	33.681	13.86	0.003	2.34	3.31
133.55	82	05/05/05/11:54	33.395	17.70			
133.60	83	05/05/05/07:27	33.401	17.98			

ABRIL 2006

Transecto	Estación	Día/Hora (día/GMT)	Salinidad	Temperatura (°C)	Diatomeas (cel l ⁻¹)	Dinoflagelados (cel l ⁻¹)	a _{ph} 440 (m ⁻¹)	Razón (a/r)	Clorofila a (mg m ⁻³)
100.30	1	20/04/06/01:35	33.523	13.282	6868	83596	0.007	2.05	4.10
100.35	2	20/04/06/06:24	33.437	16.148	1648	9896	0.008	2.80	0.25
100.40	3	20/04/06/11:02	33.360	16.379	412	2473	0.009	2.29	0.07
100.45	4	20/04/06/15:13	33.451	16.425			0.010	3.84	0.06
100.50	5	20/04/06/22:23	33.424	16.415			0.007	3.35	0.06
100.55	6	21/04/06/02:17	33.298	16.813			0.008	3.28	0.04
100.60	7	21/04/06/06:46	33.418	16.990			0.002	0.73	0.05
103.60	8	21/04/06/12:34	33.296	16.238			0.018	1.59	1.00
103.45	11	21/04/06/21:42	33.436	16.338			0.008	2.62	
103.40	12	22/04/06/01:50	33.461	16.663			0.008	2.62	0.14
103.35	13	22/04/06/05:56	33.483	16.640					
103.30	14	22/04/06/09:19	33.697	12.014					
107.32	15	22/04/06/14:46	33.702	12.491					
107.35	16	22/04/06/17:20	33.403	14.938					
107.40	17	22/04/06/22:05	33.529	15.844	1100	49226	0.008	2.62	0.59
107.45	18	23/04/06/02:29	33.391	16.408	0	3164	0.010	3.14	
107.60	21	23/04/06/11:39	33.318	16.885	276	276	0.008	3.45	0.04
110.60	22	23/04/06/19:18	33.389	17.025	550	1513	0.009	3.53	0.05
110.55	23	24/04/06/00:01	33.334	16.621			0.008	4.99	0.06
110.50	24	24/04/06/04:06	33.491	16.023			0.009	2.54	0.17
110.45	25	24/04/06/08:24	33.513	16.253	2474	3848	0.008	2.92	0.11
110.40	26	24/04/06/12:26	33.488	16.123	6873	4811	0.008	2.79	0.27
110.35	27	24/04/06/16:54	33.477	15.907					0.19
113.30	28	24/04/06/23:27	33.766	12.587	270615	9900	0.007	1.72	
113.40	30	25/04/06/09:07	33.319	16.566	1376	828	0.009	4.70	0.06
113.45	31	25/04/06/14:10	33.325	16.603	826	964	0.009	4.80	
113.60	34	25/04/06/23:50	33.413	17.103	276	1671	0.008	2.46	0.06
117.60	39	26/04/06/06:22	33.444	16.317	13201	2612	0.008	2.09	0.09
117.45	42	26/04/06/20:25	33.346	16.383	276	3720	0.008	4.14	
117.40	43	27/04/06/00:10	33.315	16.221	0	1922	0.008	2.67	0.01
117.35	44	27/04/06/03:59	33.382	15.519	3575	690	0.008	2.89	
117.30	45	27/04/06/07:27			375946	7700	0.007	1.74	
119.33	46	27/04/06/11:56	33.551	14.028	443325	10450	0.007	1.58	8.40
120.30	47	28/04/06/01:36	33.674	15.469	242014	4675	0.007	2.08	1.81
120.35	48	28/04/06/05:07	33.590	15.293	271440	8800	0.007	1.86	1.73
120.39	49	28/04/06/07:36	33.580	15.468	30801	7150	0.007	1.99	1.02
120.45	50	28/04/06/12:02	33.683	14.799	125718	5696	0.007	1.73	2.83
120.50	51	28/04/06/17:42	33.443	16.497					0.12

120.55	52	28/04/06/22:02	33.391	16.463			0.009	3.36	0.11
120.60	53	29/04/06/02:11	33.392	16.793	550	3715	0.008	3.41	0.08
123.60	58	29/04/06/08:26	33.340	17.238			0.008	2.60	0.06
123.45	61	29/04/06/18:43	33.553	16.668			0.008	3.41	
127.35	63	30/04/06/05:03	33.541	15.629			0.008	2.01	
127.40	64	30/04/06/08:54	33.534	17.028			0.009	4.10	0.07
127.60	68	30/04/06/23:00	33.542	17.788			0.008	3.95	0.07
130.60	69	01/05/06/05:15	33.624	17.915			0.009	2.41	0.04
130.55	70	01/05/06/10:04	33.613	17.879					0.15
130.50	71	01/05/06/14:19	33.426	17.092			0.009	3.17	0.07
130.45	72	01/05/06/18:54	33.521	16.872			0.009	3.21	0.11
130.40	73	02/05/06/01:57	33.512	16.312					

ABRIL 2007

Transecto	Estación	Día/Hora (día/GMT)	Salinidad	Temperatura (°C)	Diatomeas (cel l ⁻¹)	Dinoflagelados (cel l ⁻¹)	a _{ph} 440 (m ⁻¹)	Razón (a/r)	Clorofila a (mg m ⁻³)
100.30	1	26/04/07/19:35	33.661	13.531			0.007	2.27	6.76
100.35	2	27/04/07/00:34	33.537	15.422					
100.40	3	27/04/07/05:36	33.534	15.392	687	2061	0.008	3.76	
100.45	4	27/04/07/10:13	33.499	15.310			0.008	4.49	0.17
100.50	5	27/04/07/14:43	33.494	15.252			0.007	2.41	0.23
100.55	6	27/04/07/22:26	33.560	15.349					0.17
100.60	7	28/04/07/04:21	33.543	15.178			0.009	2.65	0.43
103.60	8	28/04/07/10:54	33.458	15.087			0.009	2.94	0.23
103.40	12	28/04/07/23:15	33.604	15.290	687	1649	0.008	3.19	0.74
107.32	15	29/04/07/11:06	33.857	13.049					
107.35	16	29/04/07/13:37	33.631	15.658					
107.40	17	29/04/07/17:06	33.628	15.872	1237	5771	0.008	2.42	0.34
107.45	18	29/04/07/21:05	33.625	15.756	965	1922	0.007	2.76	0.33
107.60	21	30/04/07/05:20	33.635	16.081	1099	961	0.008	4.22	0.15
110.60	22	30/04/07/11:17	33.566	15.455	825	1237	0.008	3.17	0.23
110.55	23	30/04/07/15:20	33.636	16.011	824	2471	0.008	2.87	0.21
110.50	24	30/04/07/20:16	33.658	15.987	962	2611	0.008	3.27	0.30
110.45	25	30/04/07/23:51	33.647	15.891	963	2748	0.007	2.24	0.26
110.40	26	01/05/07/03:25	33.627	15.655	963	3713	0.008	3.13	0.19
110.35	27	01/05/07/07:18	33.621	16.041	2335	3160	0.008	3.16	0.41
113.35	29	01/05/07/16:55	33.616	15.832					
113.40	30	01/05/07/20:32	33.595	15.817	137	3299	0.009	3.16	0.30
113.45	31	02/05/07/00:23	33.629	16.186					
113.60	34	02/05/07/09:01	33.576	16.033	1236	2473	0.008	2.93	0.13
117.60	39	02/04/07/14:44	33.672	15.936			0.008	2.42	0.44
117.40	43	03/04/07/02:50	33.620	16.154			0.009	3.69	0.23
119.33	46	03/05/07/09:05	33.695	16.071			0.008	3.58	0.36
123.42	62	06/05/07/00:13	33.646	15.712			0.008	2.79	0.74
127.40	64	06/05/07/06:03	33.845	14.835					3.74
130.40	73	06/05/07/11:55	33.665	15.415			0.007	2.03	1.40

ABRIL 2008

Transecto	Estación	Día/Hora (día/GMT)	Salinidad	Temperatura (°C)	Diatomeas (cel l ⁻¹)	Dinoflagelados (cel l ⁻¹)	a _{ph} 440 (m ⁻¹)	Razón (a/r)	Clorofila a (mg m ⁻³)
100.30	1	16/04/08/19:50	33.732	13.587	2063	552	0.263	2.35	4.89
100.35	2	17/04/08/00:56	33.596	15.073	0	0	0.045	2.76	1.19
100.40	3	17/04/08/05:32	33.452	15.064	966	690			0.42
100.45	4	17/04/08/09:44	33.301	14.679	414	1794	0.020	2.96	
100.50	5	17/04/08/14:36	33.247	14.993					
100.55	6	17/04/08/20:30	33.361	15.351	138	276	0.008	3.04	0.17
100.60	7	18/04/08/01:32	33.444	15.732	1514	414	0.003	7.40	0.15
103.60	8	18/04/08/08:16	33.304	15.482			0.008	2.74	0.17
103.55	9	18/04/08/12:31	33.361	15.621	276	1242			0.20
103.50	10	18/04/08/18:21	33.332	15.478	276	966	0.010	3.64	0.21
103.45	11	18/04/08/22:25	33.345	15.298	0	826			0.23
103.40	12	19/04/08/03:13	33.461	15.679	141	828			0.25
103.35	13	19/04/08/07:17	33.588	15.627	138	414			0.52
103.30	14	19/04/08/12:37	33.885	12.911	18565	2342	0.012	1.61	5.46
107.32	15	19/04/08/18:55	33.883	13.046	1021677	42624	0.363	1.79	15.27
107.35	16	19/04/08/22:23	33.749	14.409	6326	1654			4.32
107.40	17	20/04/08/03:32	33.552	15.102	1240	276	0.019	3.03	0.72
107.45	18	20/04/08/07:26	33.525	15.469	414	414	0.017	2.74	0.45
107.50	19	10/04/08/12:01	33.340	15.095	688	276	0.013	3.82	0.34
107.55	20	20/04/08/16:42	33.346	15.101					
113.30	28	23/04/08/18:38	33.753	11.321	197735	3850	0.113	1.83	7.43
117.30	45	24/04/08/01:21	33.765	12.469	111448	4125	0.006	3.75	11.2
120.30	47	25/04/08/18:58	33.714	14.326	108627	10999	0.489	1.89	11.49
120.35	48	25/04/08/02:58	33.678	15.564	27026	690	0.058	1.88	0.18
120.40	49	26/04/08/00:15	33.690	14.777					7.87
120.45	50	26/04/08/05:33	33.733	14.666	129972	3270	0.261	1.69	0.12
120.50	51	26/04/08/09:30	33.718	15.142	223312	1100	0.122	1.72	3.78
120.55	52	26/04/08/13:43	33.689	15.956	1652	552	0.052	2.47	1.24
120.60	53	26/04/08/19:03	33.690	15.705	53489	138	0.063	2.47	2.01
123.60	58	27/04/08/02:06	33.730	17.491	276	552			0.23
123.55	59	27/04/08/06:26	33.525	16.717	1787	276	0.008	4.94	0.17
123.50	60	27/04/08/10:39	33.542	16.650	963	688			0.30
123.45	61	27/04/08/17:48	33.720	16.091	962	1100	0.040	2.79	1.13
123.42	62	27/04/08/20:36	33.818	15.045	68572	2750	0.207	1.94	7.05
127.35	63	28/04/08/05:46	33.683	14.384	67143	1145	0.217	2.14	6.03
127.40	64	28/04/08/10:41	33.661	15.958	14025	1377	0.038	2.29	1.00
127.45	65	28/04/08/15:47	33.674	16.975	1237	552	0.020	4.06	0.44
127.50	66	28/04/08/20:20	33.605	16.515	1238	412	0.014	3.76	0.38

127.55	67	29/04/08/01:01	33.750	17.916	138	552			0.15
127.60	68	29/04/08/05:55	33.778	18.224	3700	316	0.003	6.33	0.14
130.60	69	29/04/08/12:07	33.553	17.166	138	276	0.003	5.57	0.23
130.55	70	29/04/08/18:08	33.706	17.646	138	138	0.009	5.82	0.19
130.50	71	29/04/08/22:33	33.645	17.343	414	0			0.31
130.45	72	30/04/08/03:15	33.744	18.149	0	0	0.010	5.55	0.30
130.40	73	30/04/08/07:24	33.721	17.992	552	552	0.014	5.73	0.28
130.35	74	30/04/08/13:41	33.689	17.811	1375	276	0.079	2.79	0.31
130.30	75	30/04/08/17:49	33.883	14.230	23098	1784	0.218	2.17	1.19

APÉNDICE III

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS PARA LAS PRUEBAS DE PENDIENTES PARA TODO EL PERÍODO DE MUESTREO

Resumen de los valores estadísticos para probar diferencias entre pendientes (440nm-550nm) para abril 2005 al 95% de confianza.

Transecto	Estación	B0	B1	R ²	SS	Durbin-Watson	Media de los residuales
100.30	1	4.7239	-0.0084	0.9887	0.0918	0.05650	0.000
100.35	2	5.1893	-0.0094	0.9873	0.1291	0.0543	-0.000
100.40	3	6.9746	-0.0132	0.9734	0.5442	0.1597	0.000
100.45	4	6.9746	-0.0132	0.9734	0.5442	0.1597	0.000
100.60	7	5.7126	-0.0105	0.9805	0.2493	0.1697	0.000
103.60	8	5.3246	-0.0097	0.9839	0.1734	0.1434	-0.000
103.50	10	5.1481	-0.0093	0.9880	0.1189	0.2827	0.000
103.45	11	4.5734	-0.0081	0.9890	0.0820	0.0311	-0.000
103.40	12	4.5734	-0.0080	0.9890	0.0820	0.0311	-0.000
100.35	13	4.1491	-0.0072	0.9919	0.0478	0.0215	-0.000
103.30	14	4.2509	-0.0073	0.9952	0.0287	0.0210	0.000
107.32	15	4.0187	-0.0071	0.9693	0.1790	0.0085	-0.000
107.35	16	4.3738	-0.0076	0.9953	0.0309	0.0621	-0.000
107.40	17	4.7245	-0.0084	0.9882	0.0961	0.0285	0.000
107.45	18	4.9326	-0.0088	0.9850	0.1344	0.0454	0.000
107.50	19	5.8892	-0.0110	0.9877	0.1702	0.1360	-0.000
107.55	20	5.7224	-0.0106	0.9844	0.2002	0.2140	-0.000
107.60	21	6.0700	-0.0114	0.9859	0.2093	0.2379	0.000
110.60	22	5.8613	-0.0108	0.9852	0.1985	0.0896	0.000
110.55	23	5.8124	-0.0108	0.9887	0.1520	0.1397	-0.000
110.50	24	6.6143	-0.0126	0.9845	0.2842	0.0970	0.000
110.45	25	5.0320	-0.0091	0.9876	0.1177	0.0355	0.000
110.40	26	4.9363	-0.0089	0.9913	0.0787	0.0464	-0.000
110.35	27	4.2019	-0.0073	0.9829	0.1066	0.0094	-0.000
113.30	28	4.6308	-0.0083	0.9614	0.3113	0.0098	0.000
113.35	29	5.4035	-0.0099	0.9860	0.1573	0.0838	-0.000
113.40	30	4.7756	-0.0850	0.9905	0.0794	0.0291	-0.000
113.45	31	5.1164	-0.0093	0.9865	0.1329	0.0856	-0.000
113.50	32	5.5602	-0.0102	0.9909	0.1088	0.1602	0.000
113.55	33	5.4938	-0.0101	0.9869	0.1543	0.1324	-0.000
113.60	34	6.3647	-0.0120	0.9815	0.3095	0.0884	-0.000
117.75	36	5.3668	-0.0098	0.9880	0.1337	0.1249	-0.000
117.70	37	5.3008	-0.0096	0.9877	0.1316	0.0719	0.000
117.65	38	5.3644	-0.0098	0.9861	0.1536	0.0780	-0.000
117.60	39	6.2522	-0.0117	0.9820	0.2858	0.0947	0.000
117.55	40	4.4555	-0.0079	0.9757	0.1769	0.0179	0.000
117.50	41	5.2067	-0.0095	0.9811	0.1960	0.0457	0.000

117.45	42	4.8843	-0.0088	0.9840	0.1413	0.0227	-0.000
117.40	43	4.7045	-0.0084	0.9828	0.1405	0.0157	0.000
117.35	44	4.6195	-0.0082	0.9864	0.1047	0.0129	-0.000
117.30	45	4.4767	-0.0078	0.9828	0.1219	0.0126	-0.000
119.33	46	4.9142	-0.0088	0.9782	0.1961	0.0147	-0.000
120.30	47	4.6807	-0.0083	0.9771	0.1842	0.0116	-0.000
120.35	48	4.7871	-0.0085	0.9782	0.1848	0.0119	0.000
120.39	49	4.8937	-0.0088	0.9835	0.1478	0.0358	0.000
120.60	53	5.6708	-0.0102	0.9381	0.7846	0.0092	0.000
120.65	54	5.5650	-0.0102	0.9808	0.2291	0.1397	-0.000
120.70	55	6.1971	-0.0116	0.9851	0.2299	0.1555	-0.000
120.80	57	5.0793	-0.0090	0.9842	0.1484	0.1854	0.000
123.60	58	5.7720	-0.0106	0.9815	0.2411	0.1592	-0.000
123.50	60	7.1828	-0.0138	0.9816	0.4029	0.0912	0.000
123.45	61	5.1639	-0.0094	0.9886	0.1152	0.0333	0.000
123.42	62	5.1840	-0.0094	0.9862	0.1394	0.0848	0.000
127.35	63	4.5263	-0.0080	0.9787	0.1578	0.0147	0.000
123.60	68	5.4393	-0.0100	0.9830	0.1967	0.1840	-0.000
130.60	69	6.6455	-0.0126	0.9848	0.2802	0.0975	0.000
130.55	70	5.6318	-0.0104	0.9872	0.1584	0.0988	0.000
130.50	73	5.1414	-0.0093	0.9886	0.1125	0.1424	-0.000
130.30	75	4.7732	-0.0860	0.9811	0.1598	0.0112	0.000
133.25	76	5.1557	-0.0940	0.9850	0.1513	0.0253	0.000
133.55	82	5.5081	-0.0101	0.9904	0.1134	0.1534	0.000
133.60	83	6.0139	-0.0113	0.9835	0.2436	0.1366	-0.000

Resumen de los valores de los análisis estadísticos para pruebas de las pendientes para abril de 2005.

GRUPO 1			GRUPO 2			GRUPO 3		
Estación	T calculado	Valor de p	Estación	T calculado	Valor de p	Estación	T calculado	Valor de p
E3-E4	0.0000	0.5000	E1-E2	0.0662	0.5263	E8-E10	-0.0228	0.4908
E3-E7	-0.1244	0.4505	E1-E11	-0.0207	0.4917	E8-E54	0.0253	0.5101
E3-E19	-0.1094	0.4560	E1-E12	-0.0207	0.4917	E8-E57	-0.0377	0.4849
E3-E20	-0.1406	0.4507	E1-E16	-0.0639	0.4745	E8-E61	-0.0173	0.4930
E3-E21	-0.0891	0.4645	E1-E17	0.0000	0.5000	E8-E62	-0.0166	0.4933
E3-E22	-0.1162	0.4538	E1-E25	0.0469	0.5186	E8-E73	-0.0231	0.4907
E3-E23	-0.1201	0.4522	E1-E26	0.0366	0.5145	E8-E76	-0.0163	0.4934
E3-E29	-0.1555	0.4383	E1-E30	0.0071	0.5028			
E3-E32	-0.1494	0.4407	E1-E31	0.0586	0.5233			
E3-E33	-0.1485	0.4410	E1-E37	0.0798	0.5317			
E3-E34	-0.0576	0.4770	E1-E41	0.0640	0.5254			
E3-E36	-0.1623	0.4356	E1-E42	0.0249	0.5099			
E3-E38	-0.1595	0.4367	E1-E44	-0.0131	0.4947			
E3-E39	-0.0721	0.4711	E1-E45	-0.0136	0.4852			
E3-E55	-0.0079	0.4685	E1-E46	0.0225	0.5897			
E3-E58	-0.1212	0.4518	E1-E47	0.0056	0.4977			
E3-E60	0.0293	0.5116	E1-E48	0.0056	0.5022			
E3-E68	-0.1481	0.4412	E1-E49	0.0246	0.5098			
E3-E69	-0.0301	0.4880	E1-E63	-0.0230	0.4908			
E3-E70	-0.4466	0.3282	E1-E75	0.0118	0.5047			
E3-E82	-0.1521	0.4392						
GRUPO 9			GRUPO 10			GRUPO 11		
Estación	T calculado	Valor de p	Estación	T calculado	Valor de p	Estación	T calculado	Valor de p
E13-E27	0.0065	0.5025	E24-E83	-0.0749	0.4701	E18-E26	0.0067	0.5026
E13-E43	0.0751	0.5298						

Resumen de los valores estadísticos para probar diferencias entre pendientes (440nm-550nm) para abril 2006 al 95% de confianza.

Transecto	Estación	B0	B1	R ²	SS	Durbin-Watson	Media de los residuales
100.30	1	4.5645	-0.0081	0.9860	0.1057	0.0116	0.000
100.35	2	4.6846	-0.0083	0.9821	0.1417	0.0342	0.000
100.40	3	5.9752	-0.0111	0.9827	0.2456	0.1129	-0.000
100.45	4	5.5869	-0.0103	0.9849	0.1845	0.1476	0.000
100.50	5	4.7808	-0.0085	0.9834	0.1371	0.1130	-0.000
100.55	6	5.0267	-0.0090	0.9818	0.1703	0.1454	-0.000
100.60	7	4.8175	-0.0086	0.9851	0.1261	0.0160	0.000
103.60	8	4.8175	-0.0086	0.9851	0.1261	0.0160	0.000
103.40	12	5.7484	-0.0106	0.9811	0.2461	0.0702	0.000
107.40	17	4.8152	-0.0085	0.9843	0.1311	0.1965	0.000
107.45	18	5.5264	-0.0101	0.9807	0.2296	0.1827	-0.000
107.60	21	4.7502	-0.0084	0.9830	0.1376	0.0804	-0.000
110.60	22	5.1637	-0.0093	0.9758	0.2465	0.0271	-0.000
110.55	23	4.8739	-0.0087	0.9797	0.1799	0.0546	0.000
110.50	24	4.6439	-0.0082	0.9843	0.1217	0.0286	-0.000
110.45	25	4.2747	-0.0074	0.9926	0.0466	0.0163	0.000
110.40	26	5.0210	-0.0090	0.9832	0.1580	0.0761	-0.000
113.30	28	4.9921	-0.0089	0.9867	0.1212	0.1332	0.000
113.40	30	5.1592	-0.0093	0.9783	0.2184	0.1888	0.000
113.45	31	4.9758	-0.0089	0.9815	0.1714	0.1096	-0.000
113.60	34	5.0541	-0.0090	0.9848	0.1438	0.0969	-0.000
117.60	39	5.6653	-0.0103	0.9805	0.2408	0.1555	-0.000
117.45	42	5.2535	-0.0095	0.9774	0.2373	0.0215	-0.000
117.40	43	4.2329	-0.0073	0.9960	0.0242	0.0258	0.000
117.35	44	4.0356	-0.0069	0.9969	0.0416	0.0355	0.000
117.30	45	4.3828	-0.0076	0.9901	0.0664	0.0160	-0.000
119.33	46	4.4390	-0.0078	0.9904	0.0663	0.0180	-0.000
120.30	47	4.5083	-0.0079	0.9924	0.0545	0.0285	-0.000
120.35	48	4.1401	-0.0073	0.9892	0.0656	0.0181	-0.000
120.39	49	5.3152	-0.0097	0.9839	0.1742	0.0459	-0.000
120.45	50	4.9715	-0.0089	0.9868	0.1206	0.0604	0.000
120.55	52	5.5463	-0.0100	0.9753	0.2873	0.0651	0.000
120.60	53	5.3420	-0.0097	0.9840	0.1731	0.1910	0.000
120.65	54	6.4089	-0.0119	0.9657	0.5696	0.0296	-0.000
123.60	58	4.7594	-0.0084	0.9866	0.1099	0.0537	0.000
123.50	60	6.4089	-0.0119	0.9657	0.5696	0.0296	-0.000
123.45	61	4.7594	-0.0084	0.9866	0.1099	0.0537	0.000

123.42	62	3.8268	-0.0063	0.7480	1.5127	0.0166	0.000
127.35	63	4.5069	-0.0079	0.9932	0.0485	0.0468	0.000
127.40	64	5.1530	-0.0093	0.9862	0.1365	0.0653	0.000
127.60	68	5.1038	-0.0092	0.9873	0.1241	0.1076	-0.000
130.60	69	6.0835	-0.0113	0.9811	0.2792	0.1462	-0.000
130.50	71	5.3560	-0.0098	0.9895	0.1141	0.0984	0.000
130.45	72	5.3401	-0.0097	0.9836	0.1790	0.0567	-0.000
130.35	74	5.2432	-0.0095	0.9837	0.1716	0.1680	0.000
133.40	79	4.9294	-0.0089	0.9897	0.0921	0.0345	-0.000

Resumen de los valores de los análisis estadísticos para pruebas de las pendientes para abril de 2006.

GRUPO 1			GRUPO 2		
Estación	T calculado	Valor de p	Estación	T calculado	Valor de p
E5-E6	0.0276	0.5110	E17-E12	0.1130	0.5449
E5-E21	-0.0057	0.4977	E17-E2	-0.0113	0.4954
E5-E30	0.0412	0.4835	E17-E1	-0.0239	0.4904
E5-E31	0.0219	0.4912	E17-E28	0.0243	0.5097
E5-E34	0.0294	0.4882	E17-E45	-0.0572	0.4772
E5-E42	0.0502	0.5200	E17-E46	-0.0449	0.4821
E5-E44	-0.1192	0.4526	E17-E48	-0.0743	0.4704
E5-E52	0.0730	0.4709	E17-E49	0.0691	0.5274
E5-E53	0.0658	0.5261	E17-E63	-0.0408	0.4837
E5-E58	-0.0063	0.4974			
E5-E61	-0.0059	0.4976			
E5-E64	0.0475	0.4810			
E5-E68	0.0424	0.4810			
E5-E71	0.0824	0.4672			
E5-E72	0.0678	0.4730			
E5-E74	0.0567	0.4774			
E5-E79	0.0254	0.4898			
GRUPO 3			GRUPO 11		
Estación	T calculado	Valor de p	Estación	T calculado	Valor de p
E3-E4	-0.0457	0.4817	E24-E25	-0.0532	0.4788
E3-E18	-0.0540	0.4785	E24-E26	0.0651	0.5259
E3-E22	-0.0914	0.4636	E24-E39	0.1751	0.5695
E3-E43	-0.2061	0.4185			
E3-E54	0.0358	0.5142			
E3-E69	0.0108	0.5043			

Resumen de los valores estadísticos para probar diferencias entre pendientes (440nm-550nm) para abril 2007 al 95% de confianza.

Transecto	Estación	B0	B1	R ²	SS	Durbin-Watson	Media de los residuales
100.30	1	4.6688	-0.0082	0.9834	0.1301	0.0109	-0.000
100.40	3	4.8397	-0.0086	0.9865	0.1159	0.0895	0.000
100.45	4	4.9452	-0.0088	0.9863	0.1225	0.3027	0.000
100.50	5	4.5140	-0.0079	0.9845	0.1118	0.2234	0.000
100.60	7	5.6725	-0.0104	0.9683	0.3986	0.0306	0.000
103.60	8	5.4964	-0.0100	0.9744	0.3012	0.0393	-0.000
103.40	12	5.0606	-0.0091	0.9754	0.2359	0.0145	0.000
107.40	17	4.8472	-0.0087	0.9900	0.0870	0.0647	-0.000
107.45	18	4.4469	-0.0078	0.9901	0.0698	0.0754	0.000
107.60	21	4.6502	-0.0082	0.9888	0.0863	0.1549	-0.000
110.60	22	4.9775	-0.0089	0.9775	0.2055	0.0430	-0.000
110.55	23	4.8574	-0.0087	0.9913	0.0761	0.1719	0.000
110.50	24	4.8394	-0.0087	0.9913	0.0749	0.0937	-0.000
110.45	25	4.3435	-0.0076	0.9878	0.0804	0.0196	0.000
110.40	26	4.5490	-0.0080	0.9836	0.1228	0.0783	-0.000
110.35	27	4.7610	-0.0085	0.9924	0.0627	0.1424	-0.000
113.40	30	5.0915	-0.0092	0.9839	0.1567	0.0405	0.000
113.60	34	4.7963	-0.0085	0.9845	0.1302	0.1366	-0.000
117.60	39	5.2411	-0.0094	0.9699	0.3136	0.0164	0.000
117.40	43	5.0589	-0.0091	0.9898	0.0966	0.0742	0.000
119.33	46	4.7848	-0.0085	0.9909	0.0753	0.0790	0.000
123.42	62	4.4738	-0.0079	0.9879	0.0862	0.0155	0.000
130.35	73	4.4312	-0.0078	0.9836	0.1138	0.0203	-0.000

Resumen de los valores de los análisis estadísticos para pruebas de las pendientes para abril de 2007.

GRUPO 1			GRUPO 2		
Estación	T calculado	Valor de p	Estación	T calculado	Valor de p
E3-E4	0.0125	0.5049	E1-E12	0.0452	0.5180
E3-E5	-0.0425	0.4830	E1-E22	0.0363	0.5144
E3-E21	-0.0262	0.4895	E1-E30	0.0570	0.5226
E3-E23	0.0069	0.5027	E1-E39	0.0558	0.5222
E3-E24	0.0069	0.5027	E1-E62	-0.0182	0.4927
E3-E27	-0.0071	0.4971	E1-E73	-0.0227	0.4909
E3-E34	-0.0060	0.4975			
E3-E43	0.0337	0.5134			
E3-E46	-0.0068	0.4972			
GRUPO 3			GRUPO 14		
Estación	T calculado	Valor de p	Estación	T calculado	Valor de p
E17-E18	-0.0657	0.4738	E7-E8	-0.0172	0.4931
E17-E25	-0.0764	0.4696			
E17-E26	-0.0449	0.4821			

Resumen de los valores estadísticos para probar diferencias entre pendientes (440nm-550nm) para abril 2008 al 95% de confianza.

Transecto	Estación	B0	B1	R ²	SS	Durbin-Watson	Media de los residuales
100.30	1	4.6896	-0.008	0.9846	0.1239	0.0119	0.000
100.35	2	5.1297	-0.009	0.9739	0.2598	0.0127	0.000
100.45	4	5.5190	-0.010	0.9645	0.4183	0.0214	0.000
100.55	6	5.2918	-0.009	0.9819	0.1907	0.1853	-0.000
100.60	7	4.4498	-0.007	0.9681	0.2263	0.5345	0.000
103.60	8	5.6367	-0.010	0.9689	0.3878	0.0717	-0.000
103.50	10	5.4102	-0.009	0.9710	0.3259	0.0800	0.000
103.30	14	4.6896	-0.008	0.9846	0.1239	0.0119	0.000
107.32	15	3.9995	-0.007	0.9822	0.0995	0.0076	-0.000
107.40	17	5.1214	-0.009	0.9723	0.2768	0.0324	-0.000
107.45	18	5.1392	-0.009	0.9692	0.3096	0.0339	0.000
107.50	19	5.2111	-0.009	0.9842	0.1622	0.0772	0.000
113.30	28	4.2728	-0.007	0.9842	0.1036	0.0129	0.000
117.30	45	3.0721	-0.005	0.8685	0.4713	0.1184	-0.000
120.30	47	4.5281	-0.007	0.9885	0.0826	0.0125	0.000
120.35	48	4.5449	-0.008	0.9888	0.0818	0.0211	0.000
120.45	50	4.2098	-0.007	0.9856	0.0897	0.0098	-0.000
120.50	51	4.2346	-0.007	0.9928	0.0441	0.0224	0.000
120.55	52	4.9328	-0.008	0.9756	0.2213	0.0153	0.000
120.60	53	4.9617	-0.008	0.9822	0.1638	0.0132	-0.000
123.60	59	5.5111	-0.010	0.9825	0.2063	0.1386	-0.000
123.45	61	5.1023	-0.009	0.9777	0.2210	0.0192	-0.000
123.42	62	4.4891	-0.007	0.9886	0.0807	0.0144	-0.000
127.35	63	4.6113	-0.008	0.9828	0.1315	0.0107	0.000
127.40	64	4.9556	-0.008	0.9816	0.1694	0.0171	0.000
127.45	65	5.3860	-0.009	0.9699	0.3357	0.0246	-0.000
127.50	66	5.7805	-0.010	0.9752	0.3285	0.0438	-0.000
127.60	68	6.4118	-0.012	0.9783	0.3793	0.2881	0.000
130.50	70	4.9241	-0.008	0.9722	0.1589	0.0179	0.000
130.45	72	5.6113	-0.010	0.9842	0.1945	0.0856	0.000
130.50	73	5.0868	-0.009	0.9875	0.1222	0.0994	-0.000
130.35	74	5.1554	-0.009	0.9732	0.2707	0.0105	-0.000

Resumen de los valores de los análisis estadísticos para pruebas de las pendientes para abril de 2008.

GRUPO 1			GRUPO 2			GRUPO 5		
Estación	T calculado	Valor de p	Estación	T calculado	Valor de p	Estación	T calculado	Valor de p
E4-E6	-0.0221	0.4911	E1-E2	0.0448	0.5178	E15-E28	0.0282	0.5112
E4-E8	0.0120	0.5047	E1-E14	0.0000	0.5000			
E4-E10	-0.0081	0.4967	E1-E52	0.0257	0.5102			
E4-E19	-0.0269	0.4892	E1-E53	0.0339	0.5135			
E4-E59	0.0044	0.5017	E1-E61	0.0473	0.5188			
E4-E66	0.0296	0.5117	E1-E62	-0.0251	0.4899			
E4-E70	-0.0521	0.4792	E1-E63	-0.0114	0.4954			
E4-E72	0.0137	0.5054						
E4-E73	-0.0368	0.4853						
GRUPO 9			GRUPO 11			GRUPO 15		
Estación	T calculado	Valor de p	Estación	T calculado	Valor de p	Estación	T calculado	Valor de p
E50-E51	0.0000	0.5000	E47-E48	0.0068	0.5027	E17-E18	0.0042	0.5017
						E17-E64	-0.0143	0.4942

APENDICE IV

**PENDIENTES PONDERADAS PARA LOS 17 PATRONES DE CURVAS
ESPECTRALES**

Resumen de los valores estadísticos para probar diferencias en las pendientes (440-550 nm) de los 17 patrones de curvas espectrales encontradas en los abriles de 2005-2008.

PATRONES	Bp	SC _y	SC _x	SC _{xy}	SEP ²
M1	-0.0074	23.33578	18.48420	0	0.23623
M2	-0.0098	20.87240	16.22275	0	0.22945
M3	-0.0130	24.66868	19.81652	0	0.23337
M4	-0.0073	16.09391	11.53801	0	0.05239
M5	-0.0081	15.53837	11.78940	0	0.27927
M6	-0.0102	29.78901	23.78859	0	1.56921
M7	-0.0083	20.08684	15.63358	0	0.47033
M8	-0.0079	18.38899	14.26894	0	0.35390
M9	-0.0080	16.96260	12.80048	0	0.14212
M10	-0.0119	24.59441	19.90952	0	0.21060
M11	-0.0083	21.54799	16.82269	0	0.21618
M12	-0.0074	20.90239	15.95738	0	0.27532
M13	-0.0089	17.79346	13.33764	0	0.13296
M14	-0.0102	28.88833	23.66965	0	0.69053
M15	-0.0091	22.94043	18.20904	0	0.40756
M16	-0.0098	26.87160	21.67065	0	0.67156
M17	-0.0093	24.62050	19.70082	0	0.54144

[illegible]