

**Universidad Autónoma de Baja California  
Facultad de Ciencias Marinas**



**Caracterización Oceanográfica del fitoplancton en un evento El  
Niño en la región noroccidental de Baja California**

**Tesis  
Que para obtener el título de  
Oceanólogo**

**Presenta:**

**Ana Cristina Miranda Álvarez**

**Ensenada Baja California, junio de 2014**

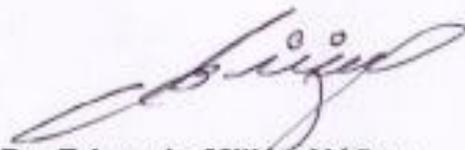
**Caracterización oceanográfica del fitoplancton en un evento El Niño  
en la región noroccidental de Baja California.**

**Tesis**

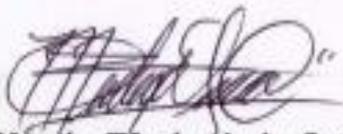
**Que presenta:**

**Ana Cristina Miranda Álvarez**

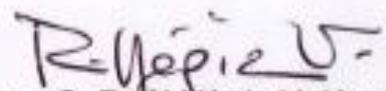
**Aprobada por:**



**Dr. Eduardo Millán Núñez  
Presidente del Jurado**



**M. en C. Martín Efraín de la Cruz Orozco  
Sinodal Propietario**



**M. en C. Raúl Yépiz Velázquez  
Sinodal Propietario**

## Resumen

Se realizó un crucero oceanográfico frente a la costa de Baja California durante el período del 9 al 29 de julio de 2004 en 91 estaciones propuestas por IMECOCAL a una profundidad de 10 m. El objetivo del estudio fue determinar la caracterización oceanográfica del fitoplancton y su variabilidad espacial costa-océano a través de las curvas espectrales del coeficiente de absorción de luz durante un año con características de El Niño. Los resultados mostraron una composición taxonómica de 9 géneros de diatomeas y 12 de dinoflagelados, con una dominancia del fitoplancton a lo largo del área de estudio de: *Gymnodinium*, *Scrippsiella*, *Ceratium*, *Coscinodiscus*, *Oxytoxum*, *Gyrodinium*, y *Protoperidinium*. Por otro lado, la distribución espacial del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton ( $a_{ph440}$ ) y la concentración de clorofila-a (Clor-a) mostraron valores altos frente a la costa de San Quintín y al sur de Punta Eugenia, con una clara disminución hacia la zona oceánica. En relación a la composición taxonómica del fitoplancton se observó una dominancia de los dinoflagelados en relación a las diatomeas, coincidiendo nuestros resultados con algunas de las características básicas del fitoplancton en presencia de un evento anómalo denominado El Niño débil comparado a las condiciones de un evento de año La Niña.

## **Dedicatoria**

A mi madre por todo el apoyo brindado para mi desarrollo profesional, por su paciencia, consejos y educación para desenvolverme como persona, que sin ella no podría ser lo que soy en este momento de mi vida, una mujer profesional.

A mi comité de tesis el Dr. Eduardo Millán, al M. en C. Martín de la Cruz y al M. en C. Raúl Yépiz por todos sus consejos y apoyo.

A mis mejores amigas, y una de ellas colega Alejandra Castillo y Paloma Huerta por ser mi brazo derecho, el hombro en cual me apoye cuando las cosas iban mal, mi paño de lágrima cuando no entendía lo que me decían mis sinodales y por todo el apoyo brindado para seguir adelante que con sus regaños e insistencias me ayudaron a no darme por vencida.

## **Agradecimientos**

A mi director de tesis el Dr. Eduardo Millán Núñez por su apoyo, amistad y confianza en el manejo de los datos oceanográficos, y por haber sido guía para finalizar mi etapa de licenciatura con todos sus buenos consejos y con ellas todas las oportunidades que me brindó.

Al M. en C. Martín de la Cruz por sus buenos consejos, amistad y apoyo tanto como fuera y dentro de este trabajo, por sus cuidados a bordo del Francisco de

Ulloa, y por los momentos que pasarían malos y para ello siempre me ayudaba buscando un lado positivo.

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) por permitir utilizar su infraestructura de Lagunas Costeras del departamento de Ecología Marina y a los dibujantes de la División de Oceanología de CICESE: José María Domínguez y Francisco Ponce.

Al Dr. Gilberto Gaxiola por el apoyo brindado con la beca dentro del proyecto CONACYT # 129140 "TENDENCIAS CLIMÁTICAS Y RESPUESTAS DEL ECOSISTEMA PELÁGICO DE LA CORRIENTE DE CALIFORNIA FRENTE A BAJA CALIFORNIA".

<b><u>Índice</u></b>	<b><u>Páginas</u></b>
Introducción	1
Antecedentes	2
Hipótesis	3
Objetivo general	4
Objetivo Particular	4
Área de Estudio	4
Metodología	7
-Colecta de Muestras	
-Laboratorio	
Resultados	10
Discusión	35
Conclusiones	41
Bibliografía	42

### **Lista de tablas y figuras**

#### Tablas

I	Abundancia taxonómica (células L <sup>-1</sup> ) de los géneros del fitoplancton ordenados de mayor a menor. Amplitud de nicho ( $\beta_i$ ) durante el crucero julio 2004. IM0704.	15
II	VARIABLES analizadas en agua de mar a 10 m de profundidad $a_{ph440}$ (m <sup>-1</sup> ), diatomeas (células L <sup>-1</sup> ), relación de la razón azul/rojo, fitoplancton total (células L <sup>-1</sup> ). IM0704.	31

<u>Figuras</u>		<u>Páginas</u>
1	Localización del área de estudio y estaciones a bordo del B/O Francisco de Ulloa. Julio. 2004. IM0407.	6
2	Distribución espacial de la temperatura (°C) a 10 m de profundidad durante el crucero de julio de 2004. IM0704.	11
3	Distribución espacial de salinidad a 10 m de profundidad durante el crucero julio de 2004. IM0704.	12
4	Distribución espacial de clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ) a 10 m de profundidad durante el crucero julio de 2004. IM0704.	13
5	Distribución espacial de fitoplancton total (células $\text{L}^{-1}$ ) a 10 m de profundidad durante el crucero de julio de 2004. IM0704.	23
6	Distribución espacial de diatomeas (células $\text{L}^{-1}$ ) a 10 m de profundidad durante el crucero de julio de 2004. IM0704.	24
7	Distribución espacial de dinoflagelados (células $\text{L}^{-1}$ ) a 10 m de profundidad durante el crucero de julio de 2004. IM0704.	25
8	Curvas espectrales del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton ( $a_{\text{ph}}$ ). Por líneas durante julio de 2004. IM0704.	28
9	Distribución espacial de $a_{\text{ph}440}$ ( $\text{m}^{-1}$ ) a 10 m de profundidad durante julio de 2004. IM0704.	30
10	Distribución espacial de temperatura (°C) a 10 m de profundidad. (A) julio de 2001 y (B) julio de 2004. IM0704.	38
11	Distribución espacial de fitoplancton (células $\text{L}^{-1}$ ) a 10 m de profundidad. (A) julio de 2001 y (B) julio de 2004 IM0704.	39
12	Distribución espacial de la relación azul/rojo a 10 m de profundidad durante julio de 2004. IM0704.	40

## Introducción

Durante los últimos años, una de las metas de la oceanografía biológica es el determinar y entender la variabilidad del fitoplancton y su producción primaria a diferentes niveles de escala, y son los procesos locales o regionales los que principalmente controlan el cambio de la estructura de la comunidad de fitoplancton, así como la variabilidad de todo un sistema pelágico (Macías-Carballo, 2011). Por lo que es importante determinar y entender las causas de su variación espacial y temporal, información que nos conduce al conocimiento de la fertilidad de los océanos. Estudios recientes como Gaxiola-Castro *et al.* (2008) mostraron que la zona del Pacífico Norte mantiene una buena relación entre el sistema pelágico y los índices de variabilidad climática como la Oscilación Decadal del Pacífico (ODP, Mantua *et al.* 1997) y el Índice Multivariado ENSO (IME, Wolter y Timlin, 1998). Asimismo, se ha reportado que el Sistema de la Corriente de California (SCC) afecta notablemente a la región sur de la Corriente de California (CC) frente a Baja California. Autores como Bjorkstedt *et al.* (2010) reportaron que en ésta región se detectaron las condiciones anómalas oceanográficas propias de un evento El Niño durante el período 2002-2006. Durante este periodo caracterizado como un año El Niño realizamos estudios de diferentes variables biológicas tales como: análisis del fitoplancton por medio de coeficientes de absorción de luz, variabilidad de la estructura de la comunidad del fitoplancton, así como cambios en la oceanografía física-química-biológica en la región de la zona océano-costa, esto para determinar los cambios producidos por este evento anómalo denominado El Niño.

## Antecedentes

El ecosistema pelágico frente a Baja California se ha visto influenciado por procesos oceanográficos de gran escala como es la Oscilación del Sur El Niño (ENSO) durante el período 1997-1998 (Durazo y Baumgartner, 2002), reflejando condiciones en el océano como la baja concentración de clorofila-a, un incremento en el nivel del mar, aumento en la salinidad y temperatura; estas condiciones son opuestas a los eventos denominados La Niña, tal y como se presentó durante el período 1999-2001 frente a Baja California (Espinosa-Carreón *et al.* 2004, Millán-Núñez *et al.* 2004). Autores como Durazo *et al.* (2010) señalaron la existencia de dos provincias hidrográficas dentro del área de estudio del programa Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California (IMECOCAL) a partir de las variables temperatura y salinidad, una se localizó al norte y la otra al sur de Punta Eugenia: la primera provincia se caracterizó por tener una influencia del tipo subártico en la capa superior (0-100 m) con eventos de surgencias principalmente en primavera, y la segunda provincia por ser influenciada por agua tropical y subtropical durante verano y otoño con eventos débiles de surgencia. Autores como Millán-Núñez (2010) reportó una serie de tiempo de fitoplancton para invierno frente a Baja California, mostrando resultados que responden a procesos de gran escala como El Niño y La Niña con un decremento en la diversidad y abundancia taxonómica del fitoplancton durante los eventos denominados El Niño; así como una rápida recuperación de la estructura de la comunidad cuando se presentan aguas más frías con características de eventos La Niña. Autores como Schwing *et al.* (2002) y Venrick *et al.* (2003) sugirieron que eventos como la Niña contribuyen al incremento

de eventos de surgencias, lo cual ayudan a producir cambios en la profundidad de mezcla, proporcionando una mayor disponibilidad de nutrientes por elevación de las isopícnas. Los estudios sobre el fitoplancton frente a Baja California han sido esporádicos y a corta duración, tales como los de Sánchez-Pérez (2005) y Macías-Carballo (2010) en la que reportaron áreas biogeográficas del fitoplancton a partir de curvas espectrales del coeficiente de absorción de luz.

Por lo que para este estudio caracterizaremos al fitoplancton en base a las condiciones oceanográficas que se hayan encontrado, a una profundidad de 10 m y compararemos este año con otro año donde se presenta un evento contrario como lo es La Niña.

## **Hipótesis**

Si consideramos que los cambios taxonómicos del fitoplancton de un área determinada se rigen principalmente por las condiciones físico-químicas oceanográficas que predominan, por lo tanto, esperamos encontrar evidencias de un cambio en la comunidad del fitoplancton durante Julio de 2004 con respecto a Julio de 2001, el cual este año fue caracterizado como un evento La Niña. Ya que este estudio se encuentra dentro del período de un evento El Niño registrado entre 2002-2006 por Instituciones científicas como la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA; <http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/>) y California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports (CalCOFI).

## **Objetivo General**

-Caracterización del fitoplancton y su variabilidad espacial de la zona costa-océano frente a Baja California a 10 m de profundidad durante Julio de 2004

### Objetivos particulares

-Identificación de la composición taxonómica de la comunidad del fitoplancton a nivel de género y en algunos casos a nivel de especie (células L<sup>-1</sup>)

- Determinar la distribución espacial de la clorofila-a (mg m<sup>-3</sup>)

- Determinar el coeficiente de absorción de luz por fitoplancton (m<sup>-1</sup>)

-Caracterización oceanográfica del área de estudio

## **Área de Estudio**

El área de estudio se dividió en 12 líneas hidrográficas perpendiculares a la costa, separadas cada 74 km, las cuales a su vez contienen alrededor de siete estaciones que van desde la costa hasta 200 km mar a dentro y una distancia de 37 km entre estaciones. Esta red de estaciones, se ubican en la Península de Baja California entre 25°-32° latitud Norte y 113°-119° de longitud Oeste, (Figura 1). A lo largo de la costa de Baja California se detecta la Corriente de California (CC) la cual influye en las condiciones hidrológicas de la costa oeste de Baja California (Siqueiros-Beltrónes, 2002). La Corriente de California fluye hacia el ecuador entre los 20°-50°N conectándose hacia el este con la corriente del Pacífico Norte (50°N) y al oeste

con la corriente Norecuatorial. La Corriente de California alcanza una profundidad entre 40-600 m, su flujo es permanente el cual se intensifica conjuntamente con los vientos del noroeste desde que inicia la primavera hasta finales de verano, ocurriendo en este período los eventos de surgencia más intensos (Sverdrup *et al.*, 1942; Wooster *et al.*, 1963).

El Sistema de la Corriente de California (SCC) que está constituido por tres grandes corrientes: Corriente de California (CC) que fluye superficialmente y con dirección al ecuador, Subcorriente de California (CU) que tiene un flujo subsuperficial con dirección a los polos, y por la Contracorriente de California (CCC) que es costera y con estacionalidad intermitente hacia el noroeste (Durazo *et al.*, 2005).

En la porción de la CC frente a Baja California se han detectado 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).

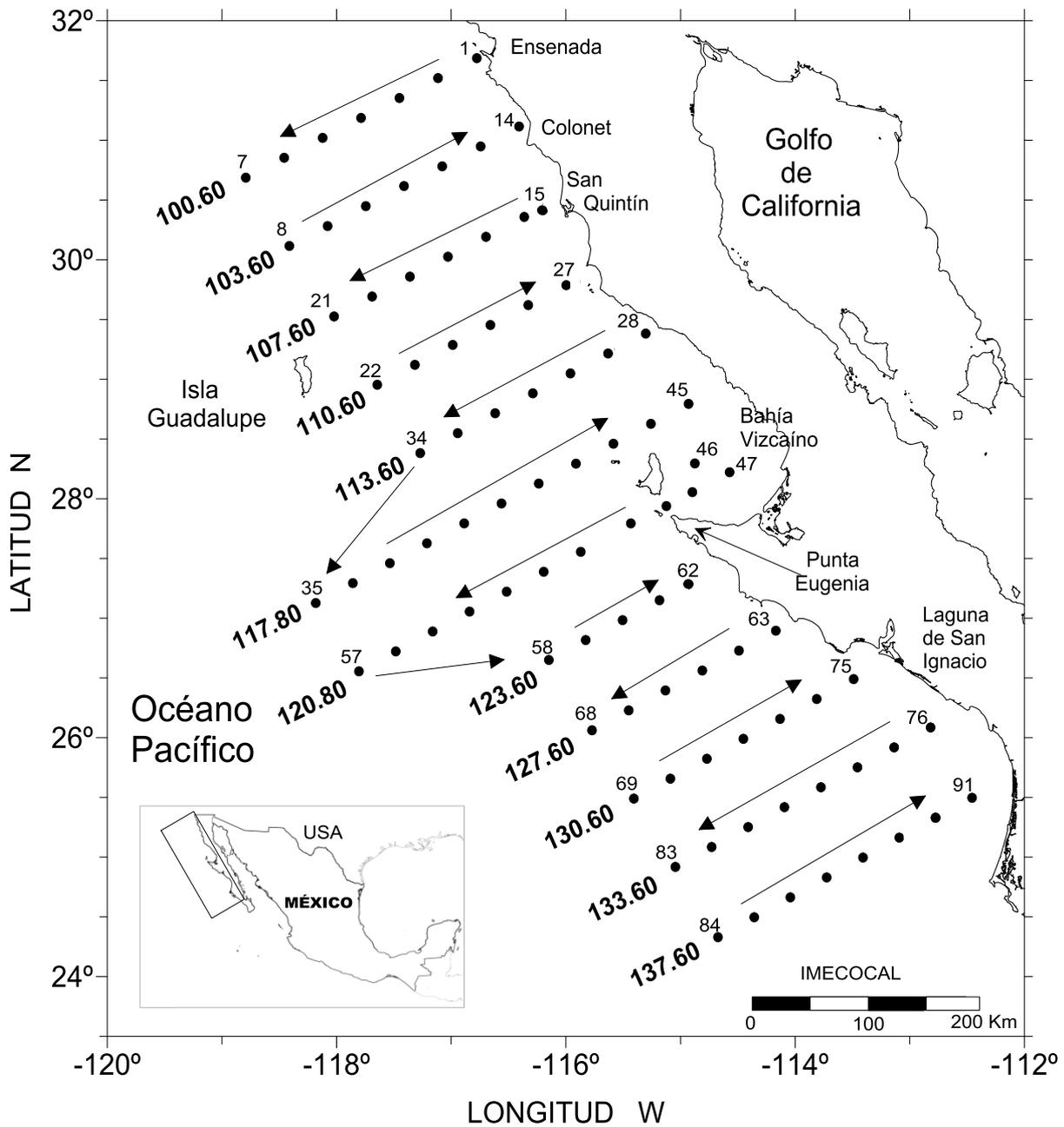


Figura 1. Localización del área de estudio y estaciones de muestreo a bordo del B/O Francisco de Ulloa. Julio de 2004. IM0704. Donde los números nos indican el orden de las estaciones y la punta de las flechas la dirección del crucero.

## **Metodología**

### Colecta de muestras

Las muestras se recolectaron bajo el proyecto de Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California (IMECOCAL) durante un crucero a bordo del B/O Francisco de Ulloa del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). Durante el crucero se obtuvieron datos de temperatura y salinidad a través de un sistema CTD (Conductivity-Temperature-Depth) modelo SBE 911-plus, en cada estación se recolectaron muestras de agua de mar en botellas Niskin con capacidad de 5L a diferentes niveles de profundidad. Las muestras de fitoplancton se tomaron a 10 m y se conservaron en botellas oscuras de 250 mL preservadas con formaldehído al 4% y neutralizado con borato de sodio con un pH entre 7.5 y 8 (Thronsdén, 1978). Para la obtención de clorofila-a (Clor-a) se filtró 1L de agua de mar a través de filtros de fibra de vidrio GF/F de 25 mm de diámetro, posteriormente se pusieron los filtros en cápsulas de plástico e inmediatamente se congelaron en nitrógeno líquido para su posterior análisis en laboratorio.

### Análisis taxonómico del nano-microfitoplancton

Para el análisis del nano-microfitoplancton (diatomeas y dinoflagelados) se utilizó un microscopio invertido de 160x y 400x (Utermöhl, 1958), donde observamos células mayores a 5 micras de tamaño. Se realizaron los conteos de células con la guía técnica propuesta por Hasle (1978) concentrando 50 mL de agua de mar en una cámara de sedimentación durante 24 horas. La identificación y mediciones por

tamaño se llevaron a cabo en 100 campos por cada muestra a un nivel de género, basándonos en Cupp (1943), Hasle y Syvertsen (1997), Moreno *et al.* (1997), y

Tomas (2007). Los géneros se ordenaron de acuerdo a la amplitud de nicho propuesta por Levins (1978) (ecuación 1), donde los principales taxas representan numéricamente la distribución espacial entre estaciones de muestreo.

$$\beta_i = \exp \left[ - \sum_{j=1}^K (P_{ij}/R_j) \ln (P_{ij}/R_j) \right] \quad (1)$$

Dónde:  $\beta_i$ , Índice de nicho;  $P_{ij}$ , la proporción del género  $i$  en la muestra  $j$ ;  $R_j$ , la suma de sus proporciones en cada punto.

#### Coeficiente de absorción de luz por fitoplancton

Los filtros fueron sacados del nitrógeno líquido y extraídos de las rejillas de plástico, posteriormente fueron colocados en cajas de petri y se les añadió 2 gotas de agua destilada para su análisis de absorción en el espectrofotómetro (Schimatzu UV-2401 PC) con un barrido espectral de 400-750 nm, con una resolución de 1 nm, un ancho de banda 2 nm, y una velocidad media de barrido de 300 nm/min; de esta manera, se obtuvo la curva espectral del material particulado ( $a_p$ ), posteriormente los filtros se enjuagaron con metanol durante 30 minutos siguiendo la técnica de Kishino *et al.*, (1985), y con un segundo barrido espectral se obtuvo la curva de detritus o material no pigmentado ( $a_d$ ). Con la diferencia entre el material particulado y el

detritus se obtiene el coeficiente de absorción de luz por fitoplancton ( $a_{ph}(\lambda)$ ) (ecuación 2).

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

Donde  $a_{ph}(\lambda)$  ( $m^{-1}$ ) es el coeficiente de absorción de luz por fitoplancton,  $a_p(\lambda)$  ( $m^{-1}$ ) material particulado, y  $a_d(\lambda)$  ( $m^{-1}$ ) detritus. El espectro del coeficiente de absorción se corrigió por el esparcimiento de luz ( $\beta$ ), donde 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).

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

### Análisis de clorofila-a

El análisis de clorofila-a se determinó bajo el protocolo estándar de Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS, por sus siglas en inglés). Se sacaron los filtros de las rejillas de plástico y se mantuvieron en 10 mL de acetona durante 24 horas a 4°C para la extracción de los pigmentos fotosintéticos, posteriormente el líquido con los pigmentos disueltos se analizaron en un fluorímetro modelo Trilogy para determinar la concentración de clorofila-a en  $mg\ m^{-3}$ .

## Resultados

### Distribución espacial de Temperatura-Salinidad

La distribución espacial de la temperatura a 10 m de profundidad mostró valores con un intervalo de 13 a 24°C (Figura 2). En general, dominaron las aguas templadas y calientes en toda la zona de estudio, a excepción de dos zonas costeras: una frente a la bahía de San Quintín hasta el sur de Punta Baja y la otra al sur de Punta Eugenia donde se observaron aguas frías con temperaturas alrededor de 14 °C; mientras que en la región oceánica al sur de Punta Eugenia se detectaron altas temperaturas entre 19.5 y 23°C. Por otro lado, la distribución espacial a 10 m de profundidad la salinidad mostró un intervalo de valores entre 33.1 a 34.0 (Figura 3), dominando valores bajos de salinidad de 33.25 en la zona norte hasta la zona central del área de estudio; a diferencia de la zona sur de Punta Eugenia donde se observaron salinidades más altas de 33.7 a 34.

### Distribución espacial de clorofila-a

La distribución espacial de la clorofila-a a 10 m de profundidad mostró un intervalo de valores entre 0.1 a 2.2 mg m<sup>-3</sup> en la dirección océano-costa (Figura 4). Observándose las mayores concentraciones frente a Ensenada y al sur de Punta Eugenia, a diferencia de la zona oceánica donde se detectaron bajas e intermedias concentraciones con un intervalo de 0.1 a 0.6 mg m<sup>-3</sup>, esto nos indica que nuestra área de estudio comprende hasta un 80% de ser un sistema oligotrófico.

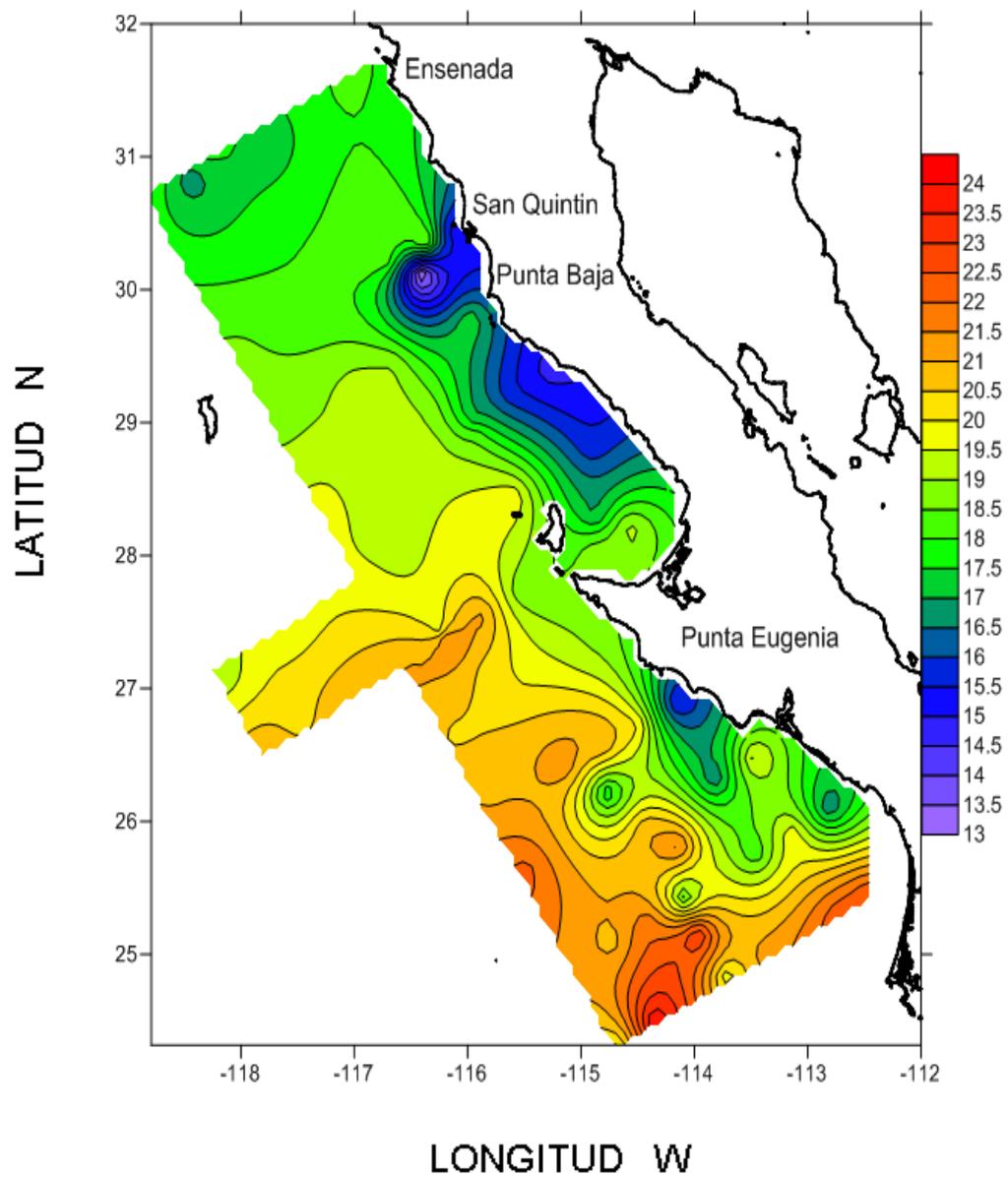


Figura 2. Distribución espacial de temperatura (°C) a 10 m de profundidad durante el crucero de julio de 2004. IM0704.

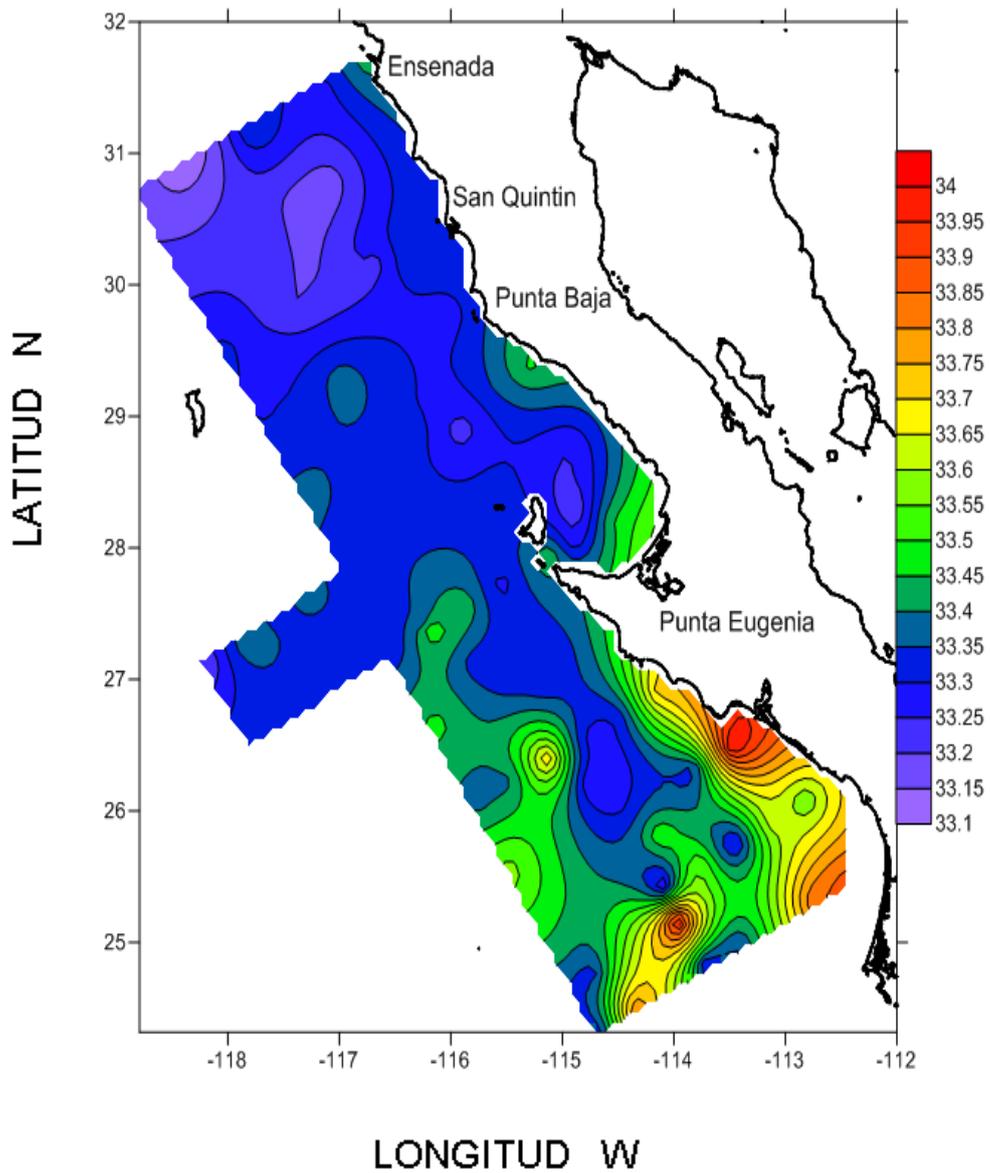


Figura 3. Distribución espacial de salinidad a 10 m de profundidad durante julio de 2004 IM0704.

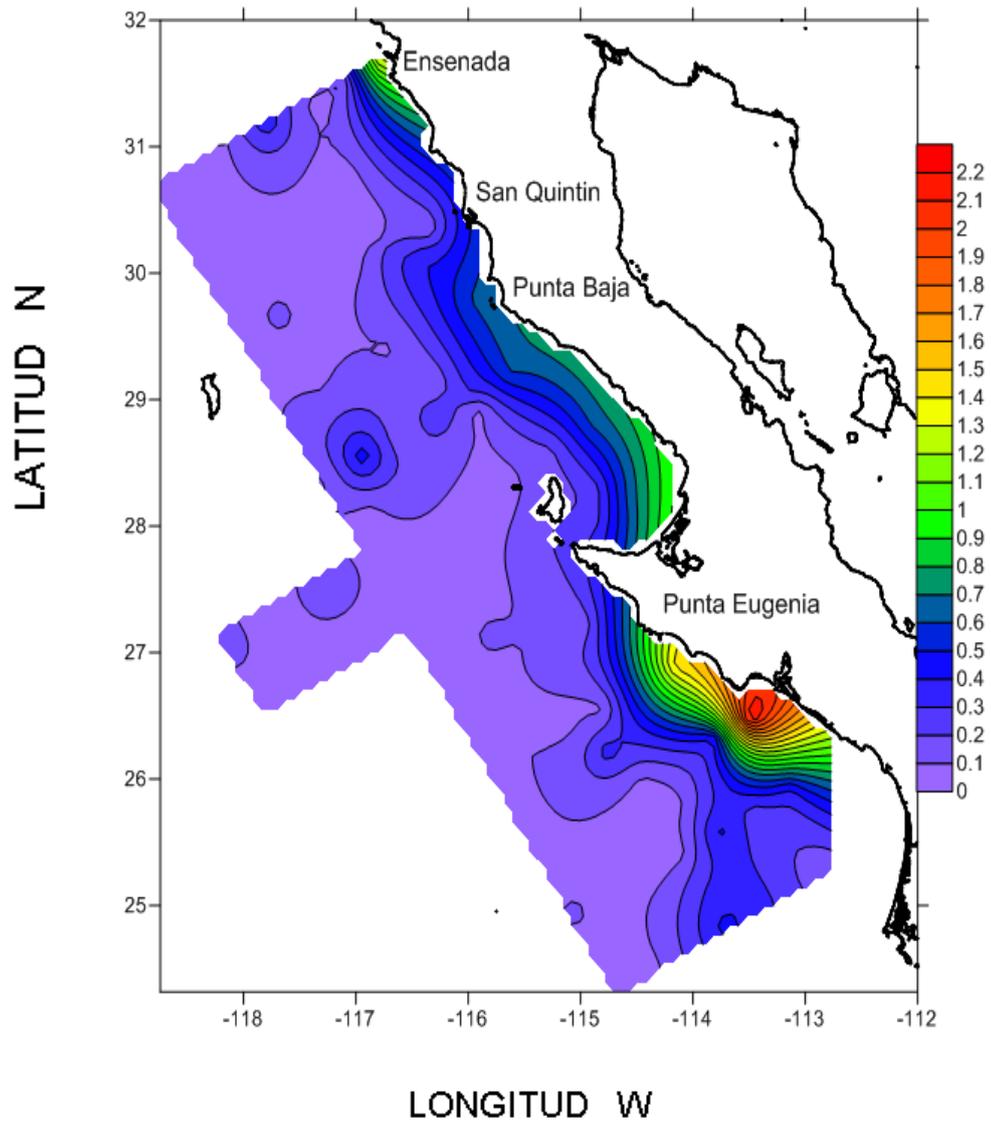


Figura 4. Distribución espacial de clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ) a 10 m de profundidad durante julio de 2004. IM0704.

### Composición Taxonómica del nano-microfitoplancton >5 µm

Se identificó un total de 21 géneros del fitoplancton con un intervalo de tamaño denominado nano-microfitoplancton, con 9 géneros de diatomeas y 12 de dinoflagelados (Tabla I). Posteriormente, los géneros se ordenaron con un orden de importancia utilizando el valor del Índice de Levins (1978) (ecuación 1). Esta ecuación nos permitió detectar el orden de importancia de los diferentes géneros que constituyen del fitoplancton; es decir mientras mayor sea la amplitud de nicho (Bi) mayor será su presencia del organismo a través del área de estudio el cual se ve representado con valores de índices menores.

En este estudio, se observó un claro dominio del grupo taxonómico dinoflagelados sobre las diatomeas como a continuación se describen: *Gyrodinium*, *Dinophysis*, *Ceratium*, *Scrippsiella*, *Protoperidinium*, *Lingulodinium*, *Podolampas*, *Peridinium*, *Prorocentrum*, *Gymnodinium*, *Gonyaulax* y *Oxytoxum*; y los géneros de diatomeas: *Coscinodiscus*, *Nitzschia*, *Navicula*, *Hemiaulus*, *Rhizosolenia*, *Thalassionema*, *Gramatophora*, *Chaetoceros* y *Bacteriastrum*. La distribución espacial del nano-microfitoplancton total mostró un máximo de 50,900 células L<sup>-1</sup> (Figura 5), observándose las mayores abundancias de diatomeas entre San Quintín y Punta Baja con un intervalo de 1,100 a 2,900 células L<sup>-1</sup>; mientras que el resto de la zona de estudio mostró valores menores a 500 células L<sup>-1</sup> (Figura 6). Los dinoflagelados mostraron un máximo de 48,000 células L<sup>-1</sup> entre la región de San Quintín y Punta Baja (Figura 7), y con valores intermedios frente a Ensenada de 24,000 a 28,000 células L<sup>-1</sup>.

















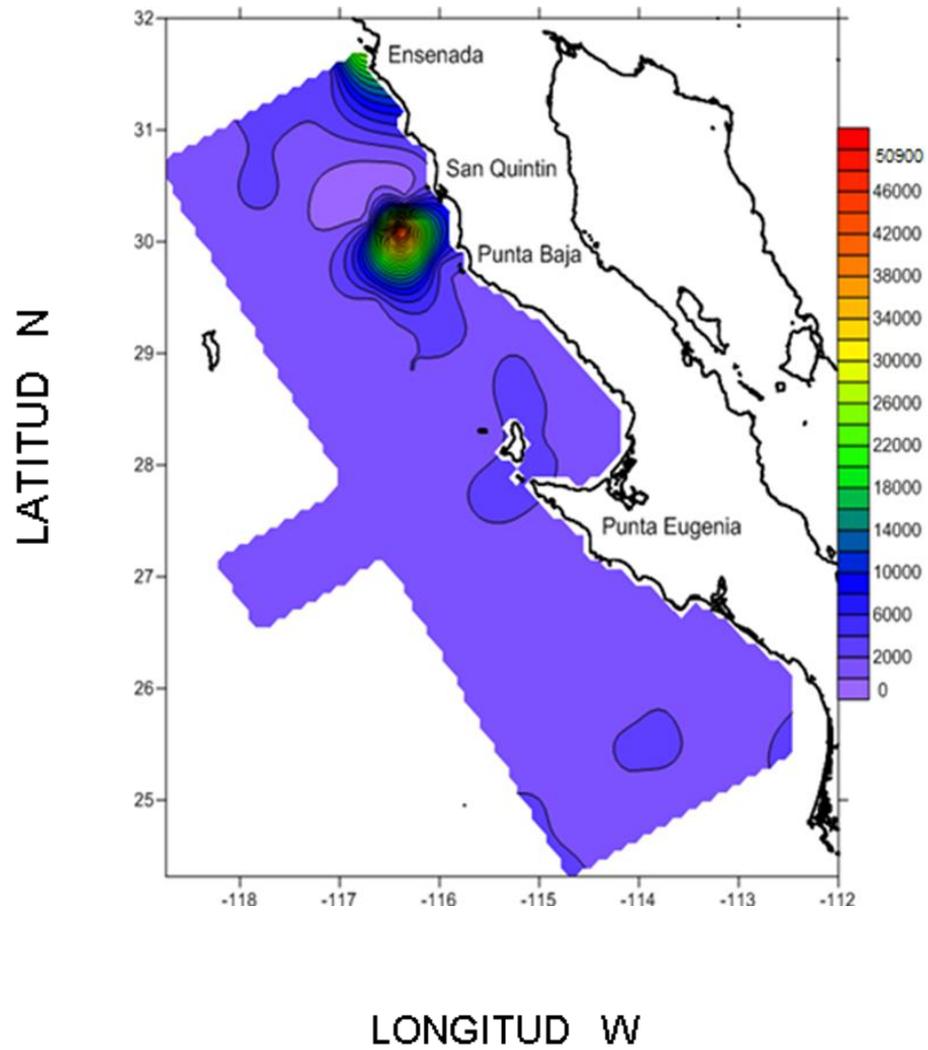


Figura 5. Distribución espacial de fitoplancton total (células L<sup>-1</sup>) a 10 m de profundidad durante julio de 2004. IM0704.

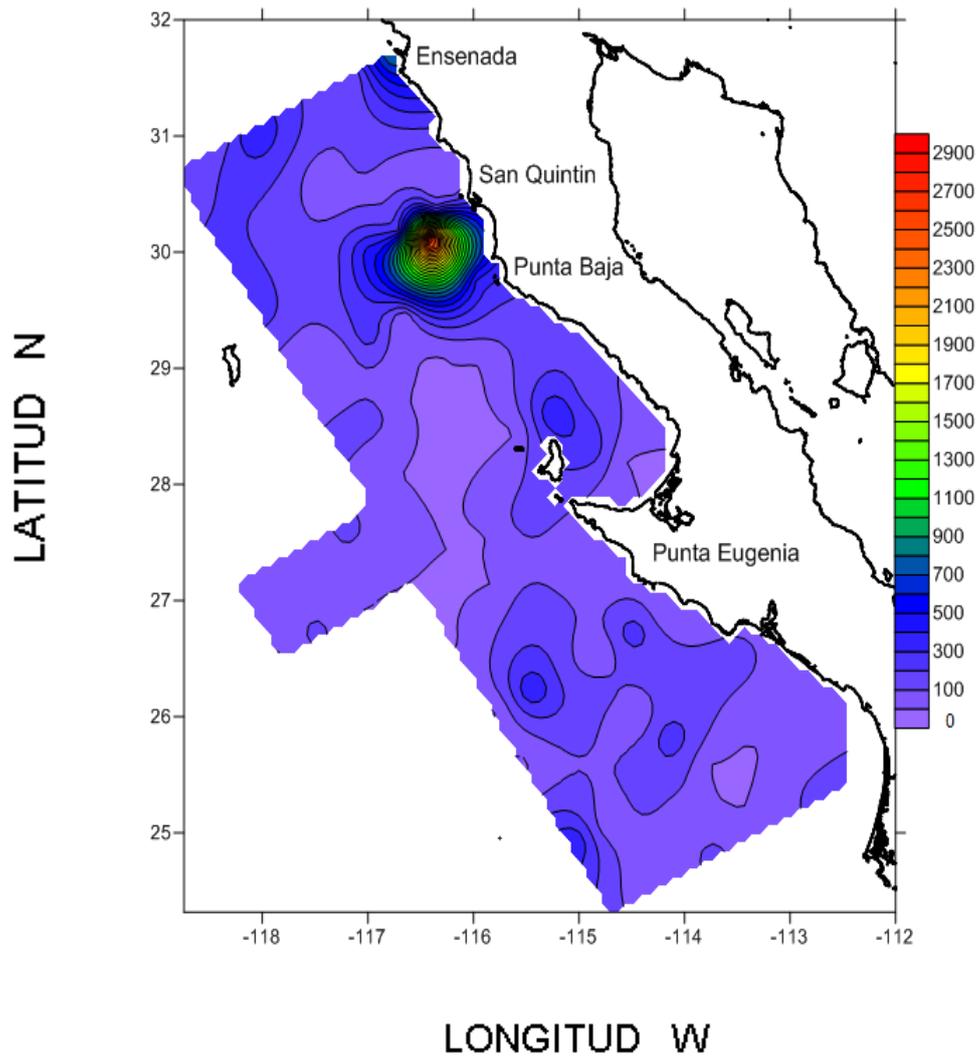


Figura 6. Distribución espacial de diatomeas (células L<sup>-1</sup>) a 10 m de profundidad durante julio de 2004. IM0704.

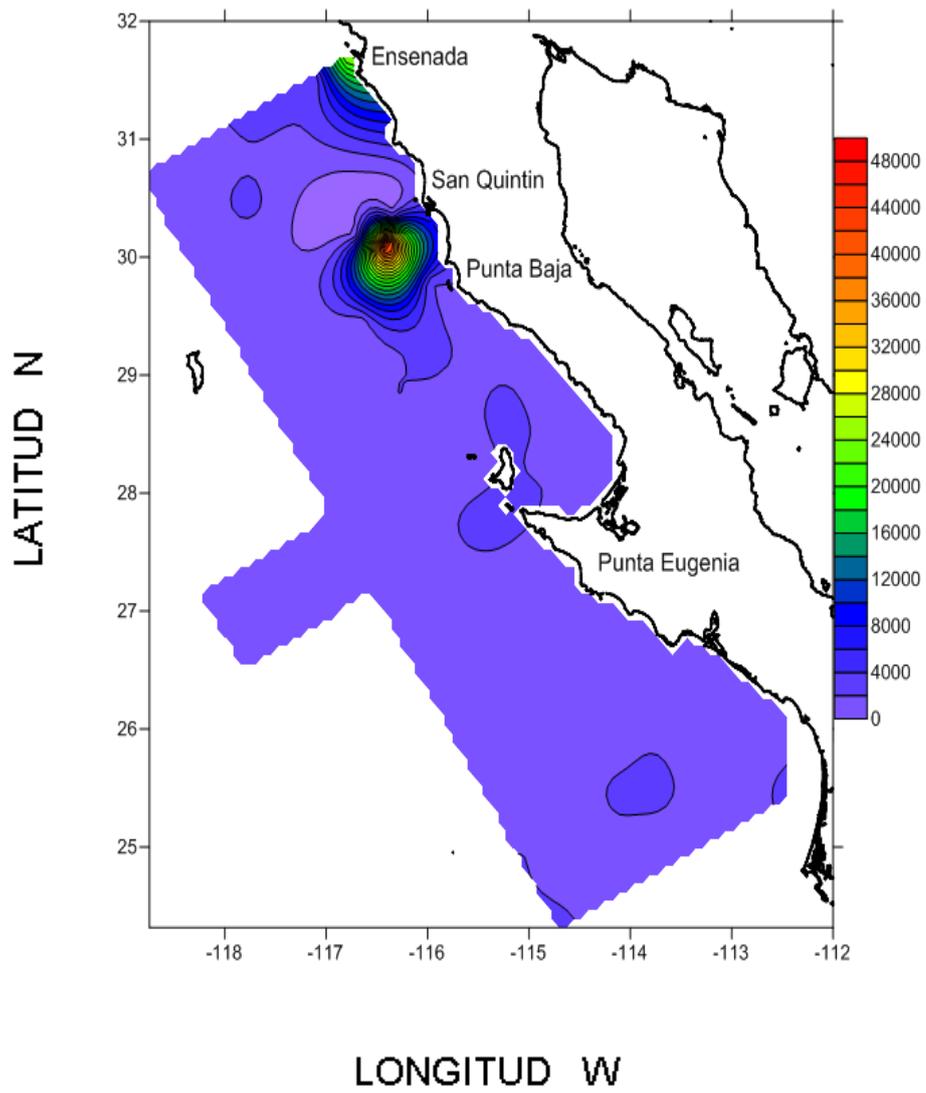


Figura 7. Distribución espacial de dinoflagelados (células L<sup>-1</sup>) a 10 m de profundidad durante julio de 2004. IM0704.

### Curvas espectrales del coeficiente de absorción ( $a_{ph}$ ): por líneas

Una curva espectral típica ó sinóptica nos muestra en promedio dos puntos altos: uno a 440 nm y otro a 674 nm de longitud de onda. En general, el valor de 440 nm nos representa la zona azul ó región entre 440-550 nm intervalo donde se encuentran la mayoría de las clorofilas y carotenoides fotosintéticos del fitoplancton; mientras que el valor de 674 nm representa la región roja donde solamente absorbe luz el pigmento de la clorofila-a.

En la línea 100 frente a Ensenada observamos curvas espectrales de  $a_{ph}$  con valores hasta de  $0.08 \text{ m}^{-1}$  correspondiente a la zona costera, mientras que las estaciones con tendencia hacia la zona oceánica mostraron valores menores a  $0.01 \text{ m}^{-1}$  (Figura 8, 1-4). En la línea 103 frente a Punta Colonet se observaron curvas de magnitud menores de  $0.03 \text{ m}^{-1}$ , excepto la 103.30 con un máximo de magnitud de  $0.08 \text{ m}^{-1}$  (Figura 8, 9-14). La línea 107 frente a Bahía San Quintín mostró valores bajos hasta de  $0.01 \text{ m}^{-1}$  (Figura 8, 15-20). En las líneas 110 y 113 que se localizaron al sur de Punta Baja se observaron magnitudes menores a  $0.02 \text{ m}^{-1}$ , excepto la estación 110.60 con una magnitud de  $0.04 \text{ m}^{-1}$  (Figura 8, 22-27) y la estación 113.40 con una magnitud de  $0.02 \text{ m}^{-1}$  (Figura 8, 30-34). Las estaciones de la línea 117 que se localizaron dentro y fuera de la Bahía Sebastián Vizcaíno mostraron valores menores a  $0.02 \text{ m}^{-1}$ , excepto la estación 117.40 que mostró un valor de  $0.03 \text{ m}^{-1}$  (Figura 8, 36-45). La línea 120 frente a Punta Eugenia mostró un intervalo de valores de  $0.01\text{-}0.10 \text{ m}^{-1}$  (Figura 8, 47-57); encontrando el valor más alto en el interior de Bahía Vizcaíno a diferencia de la línea 123 al sur de Punta Eugenia que mostró en su mayoría magnitudes menores de  $0.02 \text{ m}^{-1}$  (Figura 8, 58-62). La línea 127 localizada al sur de Punta Eugenia mostró valores menores a  $0.02 \text{ m}^{-1}$ , excepto

la estación 127.35 con un valor alto de  $0.15 \text{ m}^{-1}$  (Figura 8, 63-68). Las estaciones de la línea 130 ubicadas al sur de Punta Abrejos, mostró valores entre  $0.06$  y  $0.01 \text{ m}^{-1}$ , excepto la estación 130.30 que se localizó en la zona costera con un valor máximo de  $0.28 \text{ m}^{-1}$  (Figura 8, 69-75). Las líneas 133 y 137 que se localizaron entre la latitud  $24^\circ$  y  $25^\circ$  N. mostraron valores entre  $0.01$  y  $0.07 \text{ m}^{-1}$ , excepto la estación 133.25 que mostró una magnitud de  $0.16 \text{ m}^{-1}$  (Figura 8, 76-83 y 84-89).

#### Distribución espacial del coeficiente de absorción por fitoplancton ( $a_{\text{ph}440 \text{ nm}}$ )

La distribución espacial de  $a_{\text{ph}440 \text{ nm}}$  se parece a la distribución de la clorofila-a mostrando un intervalo de valores entre  $0.01$  y  $0.27 \text{ m}^{-1}$  (Figura 9). En general, la zona oceánica registró valores bajos de absorción entre  $0.01$  y  $0.03 \text{ m}^{-1}$ , mientras que las zona costera el intervalo observado de valores fue de  $0.09$  y  $0.13 \text{ m}^{-1}$ ; la distribución de valores de absorción fueron comparables entre la zona oceánica y costera de la región sur de Punta Eugenia pero con un intervalo más alto del orden de  $0.11$  hasta  $0.27 \text{ m}^{-1}$  (Figura 9).

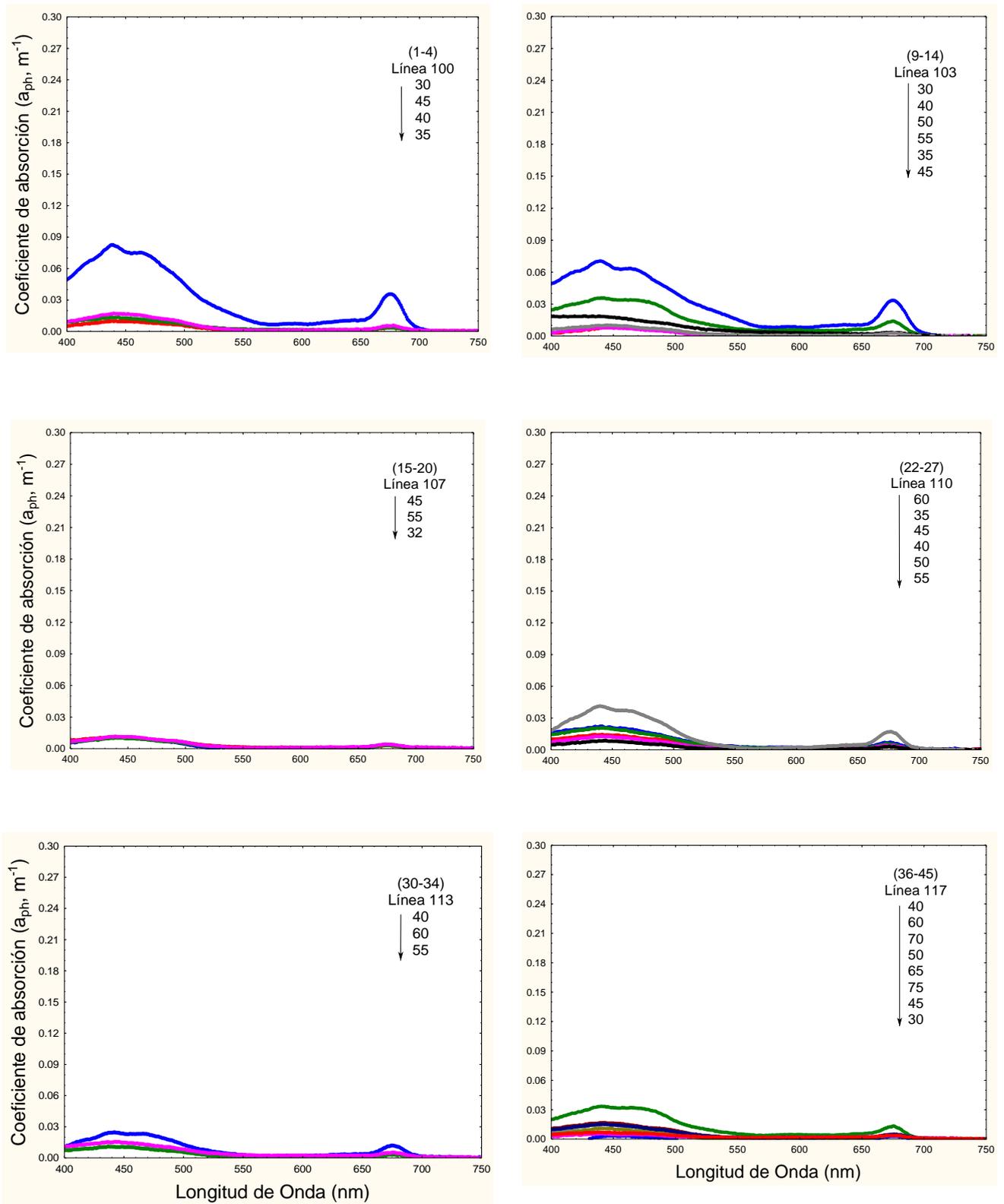


Figura 8. Curvas espectrales del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton ( $a_{ph}$ ) por líneas durante julio de 2004. IM0704. La flecha indica el orden de las estaciones

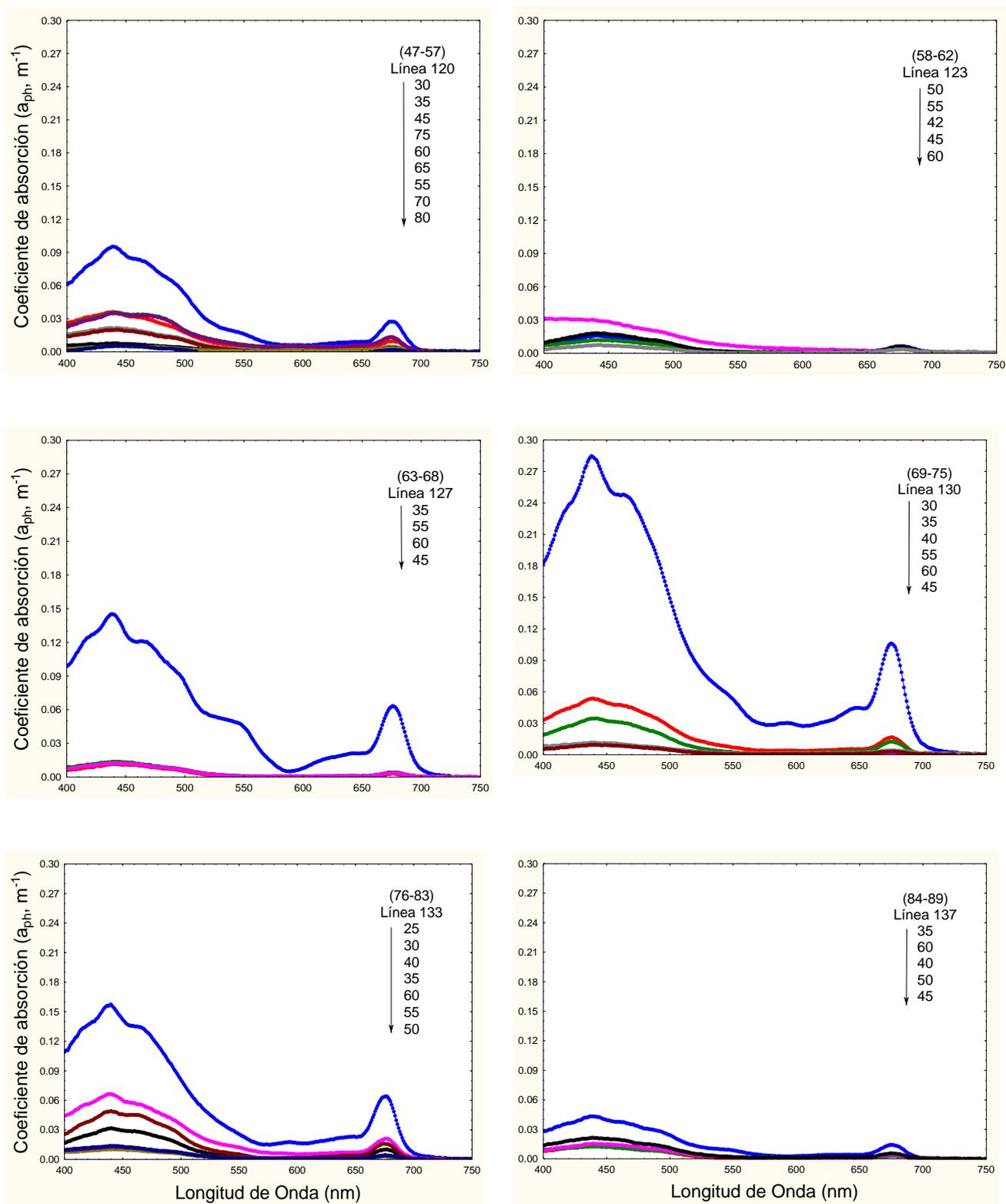


Figura 8 (continuación). Curvas espectrales del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton ( $a_{ph}$ ) por líneas durante julio de 2004. IM0704. La flecha indica el orden de las estaciones

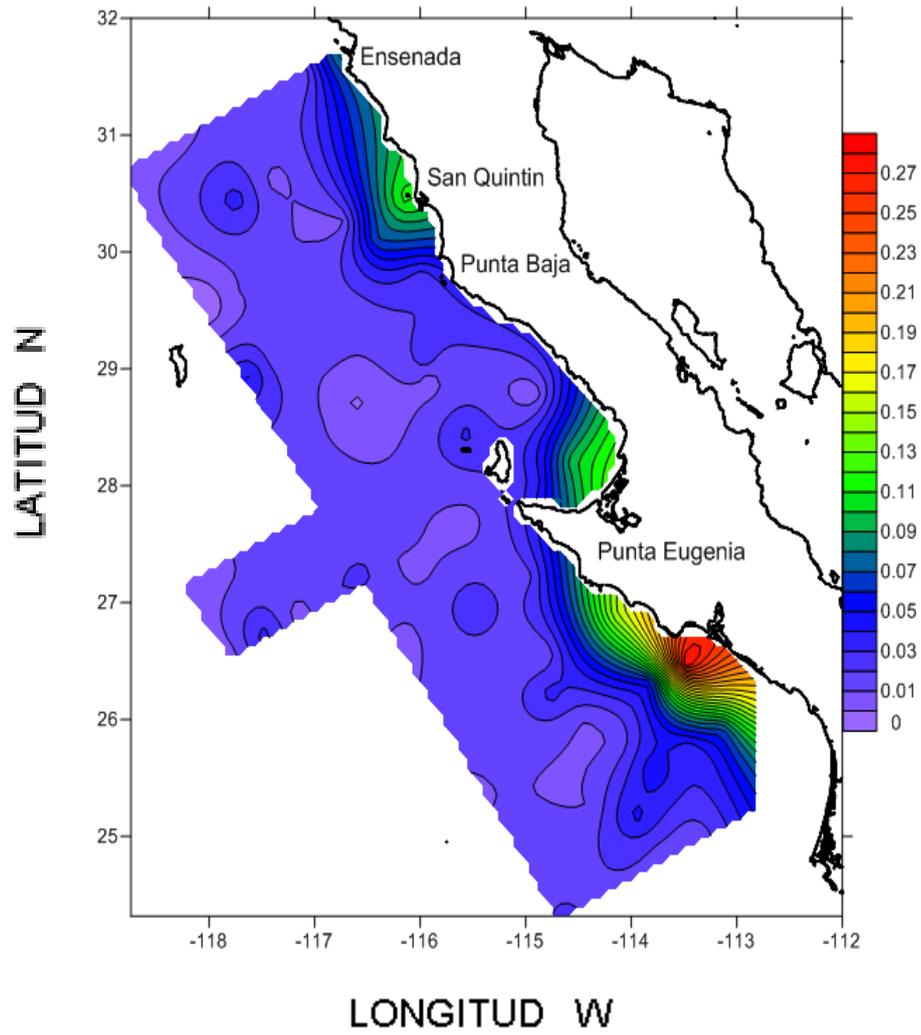


Figura 9. Distribución espacial del  $a_{ph}$  440 nm a 10 m de profundidad durante el crucero julio de 2004. IM0704.

**Tabla II. Variables  $a_{ph\ 440}$  ( $m^{-1}$ ), Diatomeas (células  $L^{-1}$ ), Relación azul/rojo y Fitoplancton total (células  $L^{-1}$ ). IM0704.**

Línea	Longitud	Latitud	Hora		$a_{ph\ 440}$ ( $m^{-1}$ )	Diatomeas (cels $L^{-1}$ )	Relación azul/rojo	Fito Total (cels $L^{-1}$ )
			GMT	Día				
100.30	-116.78	31.69	22:37	09/07/04	0.082	825	2.31	25714
100.35	-117.12	31.52	03:13	10/07/04	0.010	138	2.91	2478
100.40	-117.45	31.35	08:19	10/07/04	0.013	138	3.59	3301
100.45	-117.79	31.19	12:42	10/07/04	0.017	276	3.28	2889
100.50	-118.12	31.02	16:51	10/07/04		414		1651
103.60	-118.41	31.12	11:30	11/07/04	0.005	0	0.51	825
103.55	-118.74	30.95	15:50	11/07/04	0.010	138	3.84	1101
103.50	-117.08	30.78	00:01	12/07/04	0.018	138	5.70	964
103.45	-117.41	30.62	04:02	12/07/04	0.007	0	2.83	1100
103.40	-117.75	30.45	08:20	12/07/04	0.036	138	2.61	2750
103.35	-116.73	30.25	12:37	12/07/04	0.008		2.60	
103.30	-118.41	30.12	17:30	12/07/04	0.070	3025	21.11	53076
107.32	-116.16	30.46	22:37	12/07/04	0.0114	138	31.15	2202
107.35	-116.36	30.36	01:45	13/07/04		275		1102
107.40	-116.7	30.19	05:48	13/07/04		276		964
107.45	-117.03	30.03	10:27	13/07/04	0.011	414	3.75	1101
107.50	-117.36	29.86	14:03	13/07/04	0.010	138	3.40	688
107.55	-117.69	29.69	14:46	13/07/04	0.011	138	2.64	138
107.60	-118.02	29.53	23:59	14/07/04	0.005	276	6.94	1514
110.60	-117.63	28.95	05:54	14/07/04	0.041	0	2.46	1376

Línea	Longitud	Latitud	Hora		aph 440 (m <sup>-1</sup> )	Diatomeas (cels L <sup>-1</sup> )	Relación azul/rojo	Fito Total (cels L <sup>-1</sup> )
			GMT	Día				
110.50	-116.66	29.45	13:52	14/07/04	0.013	0	3.23	551
110.45	-116.99	29.29	17:51	14/07/04	0.021	276	3.49	1102
110.40	-116.32	29.12	22:59	14/07/04	0.014	0	4.14	1239
110.35	-115.98	29.78	03:48	15/07/04	0.022	413	3.42	2613
113.40	-115.96	29.05	20:00	15/07/04	0.024	0	2.08	3438
113.45	-116.29	28.88	00:31	16/07/04		0		2201
113.50	-116.62	28.72		16/07/04	0.007	0	0.51	963
113.55	-116.94	28.55	08:45	16/07/04	0.011	138	3.29	1650
113.60	-117.27	28.38	12:32	16/07/04	0.015	138	3.06	1101
117.80	-118.17	27.12	01:42	17/07/04		0		1513
117.75	-117.85	27.28	05:21	17/07/04	0.007	0	1.83	1512
117.70	-117.59	27.46	09:19	17/07/04	0.015	0	5.65	1239
117.65	-117.21	27.62	13:19	17/07/04	0.011	138	2.74	689
117.60	-116.24	27.45	18:42	17/07/04	0.016	0	4.06	1102
117.55	-116.56	27.96	22:56	17/07/04		0		0
117.50	-116.89	28.12		18/07/04	0.014	0	3.53	1650
117.45	-115.91	28.91	06:39	18/07/04	0.005	0	1.33	138
117.40	-115.58	28.45	12:09	18/07/04	0.033	0	2.63	0
117.35	-115.25	28.62	16:00	18/07/04		412		4263
117.30	-114.92	28.78	20:05	18/07/04	0.003	138	0.97	1101
119.33	-114.88	28.30	00:18	19/07/04		276		1651
120.30	-114.57	28.22	02:46	20/07/04	0.095	0	3.45	1375
120.40	-115.12	27.94	10:03	20/07/04		138		2476
120.45	-115.55	27.72	14:38	20/07/04	0.007	138	0.51	2887

(continuación)

Línea	Longitud	Latitud	Hora		aph 440 (m <sup>-1</sup> )	Diatomeas (cels L <sup>-1</sup> )	Relación azul/rojo	Fito Total (cels L <sup>-1</sup> )
			GMT	Día				
120.50	-115.87	27.56	19:53	20/07/04		0		1238
120.55	-116.19	27.39	00:39	21/07/04	0.008	0	2.39	1925
120.60	-116.52	27.22	04:38	21/07/04	0.021	0	4.55	1101
120.65	-116.84	27.06	08:52	21/07/04	0.020	0	4.98	1377
120.70	-117.16	26.89	13:08	21/07/04	0.005	0	1.60	825
120.75	-117.48	26.72	18:35	21/07/04	0.035	138	2.64	964
120.80	-117.81	26.56	22:54	21/07/04	0.005	0	3.17	1100
123.60	-116.13	26.65	11:46	22/07/04	0.007	0	2.07	962
123.55	-115.18	26.93	18:29	22/07/04	0.018	138	3.04	1375
123.50	-115.51	26.98	23:53	23/07/04	0.030	138	6.64	689
123.45	-115.83	27.13	04:11	23/07/04	0.012	0	3.05	550
123.42	-114.98	27.23	08:45	23/07/04	0.016	0	2.44	1100
127.35	-114.17	26.90	17:47	23/07/04	0.145	0	2.33	414
127.40	-114.49	26.73	22:17	23/07/04		276		1514
127.45	-114.81	26.56	03:00	24/07/04	0.012	0	4.15	414
127.50	-115.13	26.40	07:44	24/07/04		138		1238
127.55	-115.45	26.23	12:15	24/07/04	0.014	413	3.25	965
127.60	-115.77	26.06	17:44	24/07/04	0.012	0	3.34	688
130.60	-115.48	25.48	00:30	25/07/04	0.009	0	3.11	963
130.55	-115.48	25.65		25/07/04	0.011	0	2.65	826
130.50	-114.13	25.82	08:28	25/07/04	0.012	276	4.35	689
130.45	-114.45	25.99	12:25	25/07/04	0.010	0	4.23	688
130.40	-114.77	26.22	18:39	25/07/04	0.034	138	2.77	1238
130.35	-113.82	26.32	22:54	25/07/04	0.053	138	3.25	1789

(continuación)

Línea	Longitud	Latitud	Hora		aph 440 (m <sup>-1</sup> )	Diatomeas (cels L <sup>-1</sup> )	Relación azul/rojo	Fito Total (cels L <sup>-1</sup> )
			GMT	Día				
<b>130.30</b>	-113.48	26.48	02:38	26/07/04	0.283	138	2.67	414
<b>133.25</b>	-112.82	26.09	08:28	26/07/04	0.157	0	2.48	1238
<b>133.30</b>	-113.14	25.92	12:12	26/07/04	0.066	0	3.26	1374
<b>133.35</b>	-113.46	25.75	15:38	26/07/04	0.032	0	3.24	825
<b>133.40</b>	-113.78	25.59	20:37	26/07/04	0.049	0	3.06	3300
<b>133.45</b>	-114.09	25.42	01:14	27/07/04		138		3576
<b>133.50</b>	-114.41	25.25	05:07	27/07/04	0.010	138	3.45	276
<b>133.55</b>	-114.73	25.09	09:07	27/07/04	0.013	0	3.44	826
<b>133.60</b>	-115.05	24.92	12:54	27/07/04	0.014	414	3.36	2477
<b>137.60</b>	-114.67	24.32		27/07/04	0.021	138	3.77	3027
<b>137.55</b>	-114.36	24.48	01:12	28/07/04		0		688
<b>137.50</b>	-114.71	24.77	05:04	28/07/04	0.016	138	4.00	1239
<b>137.45</b>	-113.41	25.00	09:32	28/07/04	0.012	0	4.32	688
<b>137.40</b>	-113.73	24.83	13:43	28/07/04	0.014	138	2.85	1237
<b>137.35</b>	-113.97	25.16	17:55	28/07/04	0.043	0	3.04	963
<b>137.30</b>	-112.77	25.32	22:42	28/07/04		138		1927
<b>137.25</b>	-112.46	25.48	02:33	29/07/04		138		2338

## Discusión

La caracterización oceanográfica para este estudio se basó principalmente en dos variables oceanográficas a 10 m de profundidad, las cuales se observaron a temperaturas más altas y bajas salinidades a comparación con julio de 2001 donde se presentó un evento inverso como lo es La Niña y para nuestro año con la presencia de El Niño el cual se caracterizó como un evento débil a comparación de otros años como los es 1982-83 y 1997-98.

Al hacer una comparación como se mencionó anteriormente entre julio de 2001 y julio de 2004 nuestro año de estudio, para entender mejor como fue afectado y en que repercutieron los cambios en la salinidad, la clorofila y principalmente la temperatura en la comunidad del fitoplancton. Julio de 2001 fue caracterizado como un año La Niña por Sánchez-Pérez (2005) y julio de 2004 como un año El Niño demostrado por la NOAA, donde para 2001 encontramos temperaturas menores en un intervalo entre los 12 y 21 °C y para 2004 entre los 13°C y los 24°C, en el cual observamos un ligero aumento de 3 °C tal como lo observamos en figura 10.

Para el fitoplancton encontramos una mayor cantidad en julio de 2001 con un máximo de 403,860 células L<sup>-1</sup> y para julio de 2004 un máximo de 50,900 células L<sup>-1</sup>, de esta manera podemos decir que julio de 2001 correspondiente a un año La Niña fue mucho más productivo que el 2004 el cual corresponde a un año El Niño como se logra observar en la figura 11.

Con la presencia de un evento El Niño débil tal como lo reporta Goericke *et al.* en 2007 debido a una fuerte intrusión de Agua del Subártico (Gaxiola *et al.*, 2008) del lado norte de la península.

Por lo tanto para este estudio encontramos que se observó una mayor cantidad de fitoplancton por dinoflagelados de 48,000 células  $L^{-1}$  a comparación de las diatomeas con 2900 células  $L^{-1}$ , lo cual nos ayuda a reafirmar la presencia de este evento como lo es El Niño y que los dinoflagelados nos pueden ayudar como indicadores de este fenómeno tal como lo reporta Pesantes en 1983. Esto se debe a que el incremento de la temperatura del mar es una condición que favorece el desarrollo de algunas especies de dinoflagelados (Segar, 1988).

Otro método para observar el cambio de la comunidad por fitoplancton fue la utilización de las curvas de absorción por fitoplancton (Figura 8, 30-31), las cuales constaron de una magnitud máxima de  $0.03 m^{-1}$ , las cuales si se comparan con el evento la Niña, las cuales tuvieron un máximo de  $0.28 m^{-1}$  lo que nos indica que son mucho menores para el año 2004 correspondiente a El Niño, esto nos indica que el julio de 2001 fue un año muchos más productivo a comparación del 2004.

Para la relación azul/rojo, que es una relación inversa obtenida de las curvas de absorción por fitoplancton (Figura 9) donde se toman los dos puntos máximos de las curvas obtenidas, donde estas se observan a 440 nm y 674 nm, donde se realizó una relación entre ellas obtenida de la división de la magnitud a una longitud de onda de 440 y la otra en 674 nm, así de esta manera obtenemos la relación azul/rojo en la cual observamos el tamaño de las células (Figura 9), donde

predominan células con valores intermedios entre 2.5 y 4, donde valores de azul/rojo mayores a 4 nos indica que se tratan de células grandes y valores menores a 4 de células pequeñas, estos valores los observamos en las estaciones costeras tal como lo reportan Wu *et al.* en 2007 los cuales encontraron valores de azul/rojo pequeños en aguas costeras, donde las observamos en aguas relativamente frías entre los 17 y 20 ° C de los 24°C (Figura 2) que se presentan como máximo para este año de estudio.

Con lo observado en este trabajo podemos demostrar que el evento El Niño presentando en julio de 2004 fue un evento débil, debido a la intrusión del agua del Subártico la cual presentaba baja salinidad y baja temperatura, por lo tanto la zona de estudio no presentó fuertes cambios en estas variables. La comunidad del fitoplancton presentó una menor producción de células tal como se observa en la figura 15, esta se encontró dominada por los dinoflagelados con 12 géneros a comparación de las diatomeas donde solo se observaron 9 géneros, tal como se esperaba encontrar para año, por lo tanto el fitoplancton se encuentra susceptible a los cambios que puedan sufrir estas variables oceanográficas.

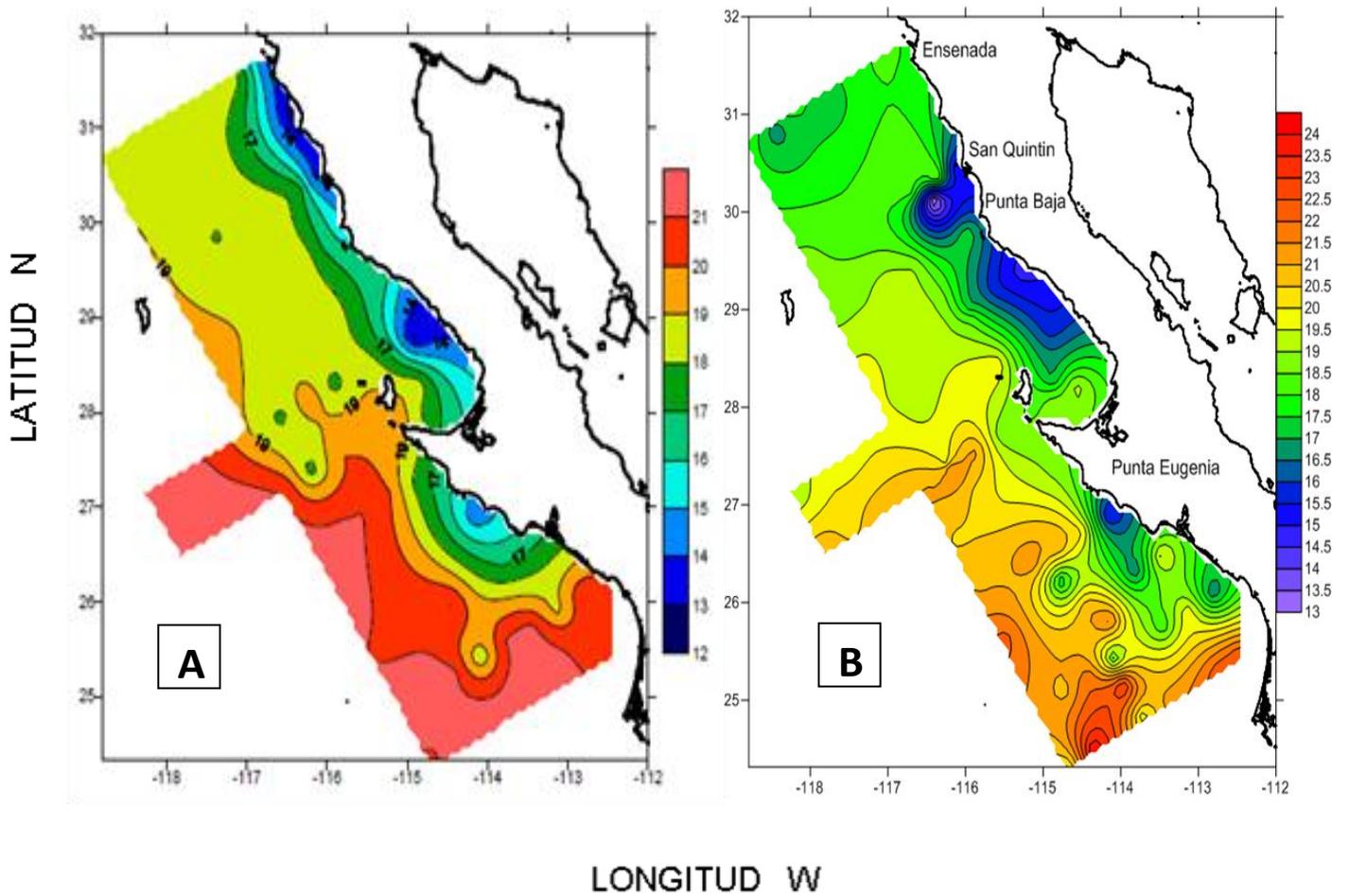


Figura 10. Comparación de la distribución espacial de temperatura (°C) a 10 m de profundidad entre dos eventos oceanográficos. (A) La Niña, julio de 2001 y (B) El Niño, julio de 2004. IM0704.

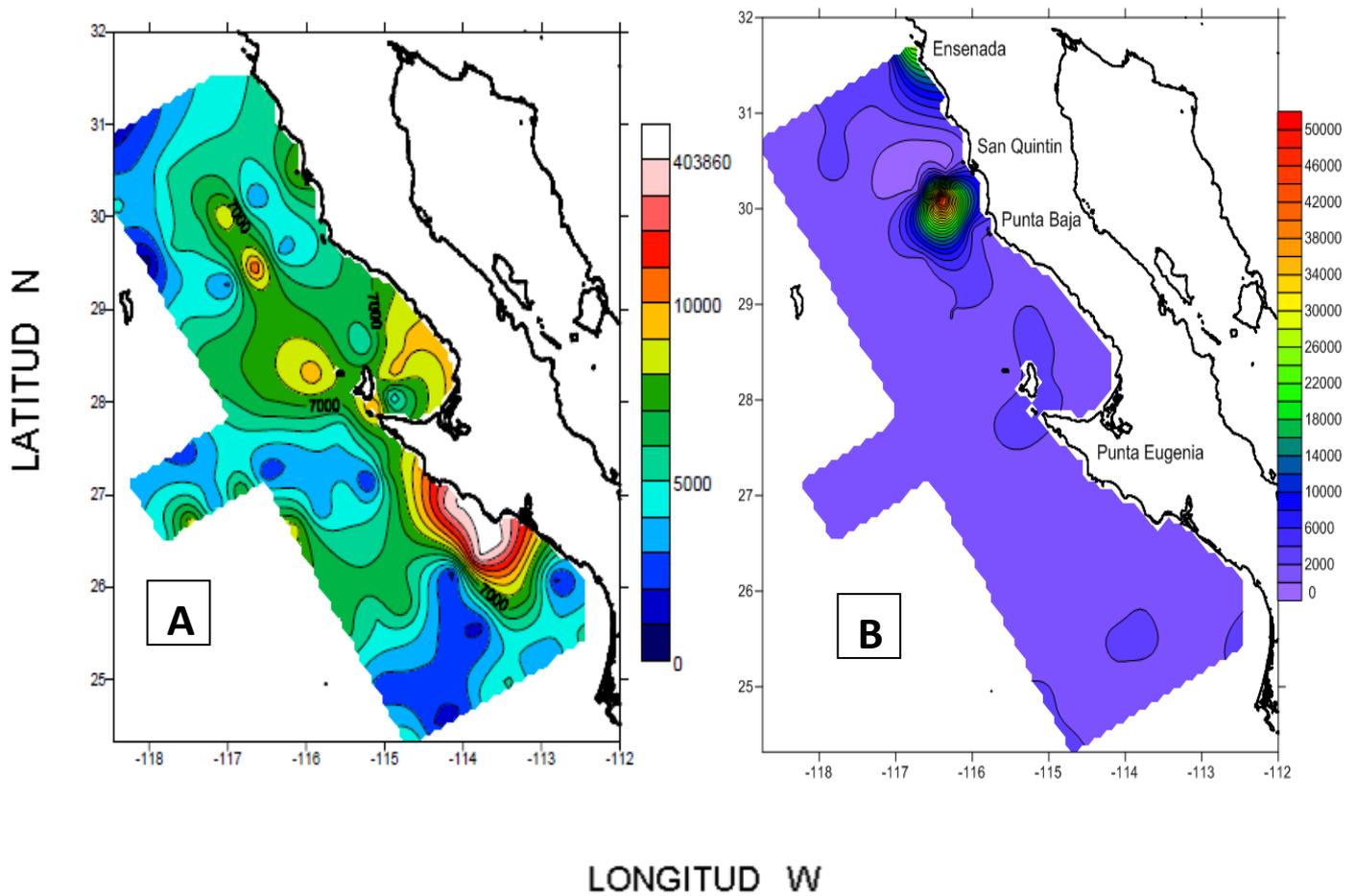


Figura 11. Comparación de la distribución espacial del fitoplancton (células L<sup>-1</sup>) a 10 m de profundidad entre dos eventos oceanográficos. A) La niña, julio de 2001 y (B) El Niño julio de 2004. IM0704.

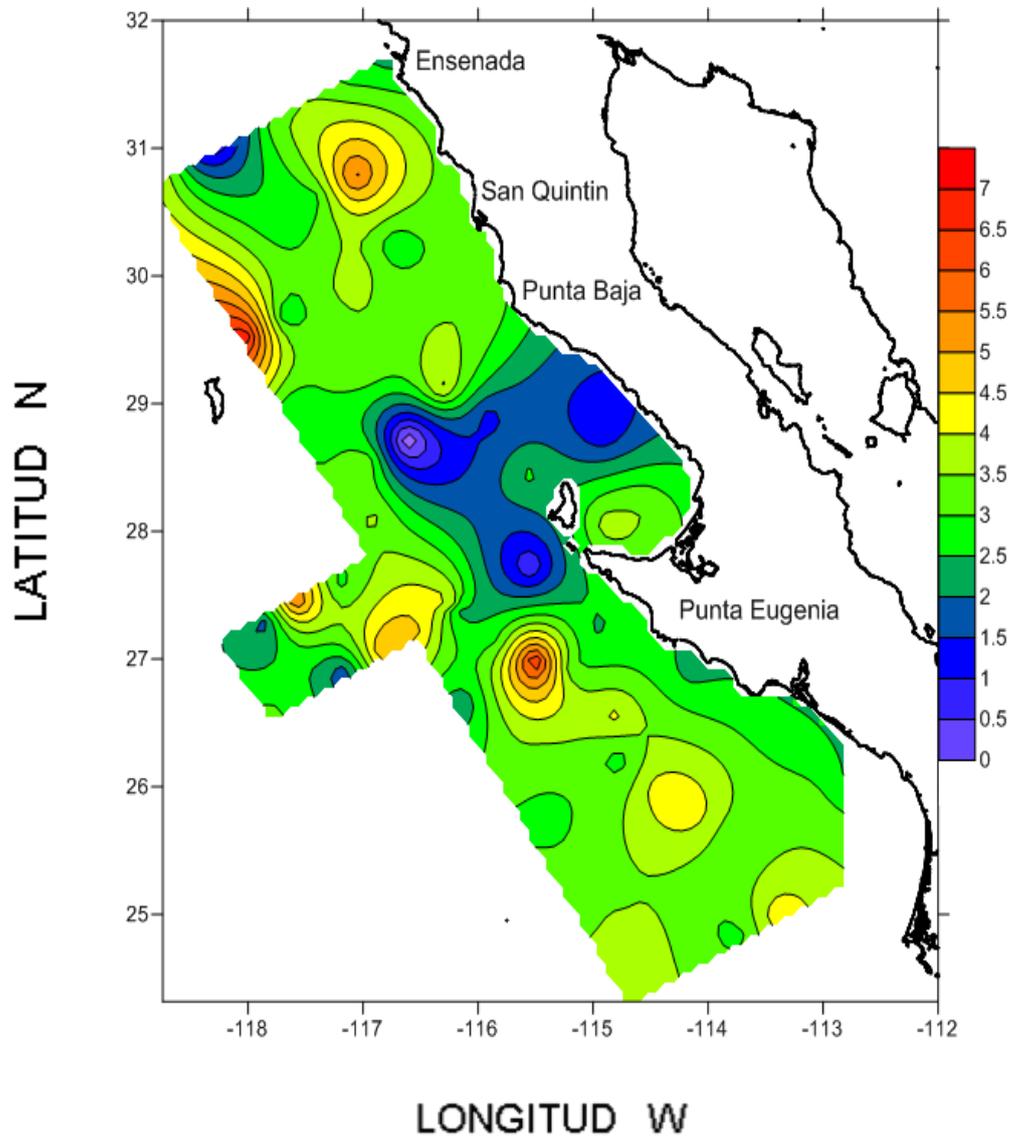


Figura 12. Distribución espacial de la relación azul/rojo a 10 m de profundidad durante julio de 2004. IM0704.

## **Conclusiones**

- El aumento de la temperatura favorece el desarrollo de los dinoflagelados
- Los dinoflagelados sirven como indicadores de fenómenos como El Niño
- Para Julio de 2004 se presentó un Niño débil a comparación de otros años debido a la fuerte intrusión de Agua del Subártico
- Aguas costeras presentan tamaños más grandes de células y aguas oceánicas más pequeñas
- La comunidad del fitoplancton es susceptible a cambios en la temperatura y salinidad del mar

## Bibliografía

- Bjorkstedt, E. P., Goericke, R., McClatchie, S., Weber, E., Watson, W., Lo, N., Peterson, B., Emmett, B., Peterson, J., Durazo, R., Gaxiola-Castro, G., Chavez, F., Pennington, J. T., Collin, C. A., Field, J., Ralston, S., Sakuma, K., Bograd, S. J., Schwing, F. B., Xue, Y., Sydeman, W. J., Thompson, S., Santora, J., Largier, J., Halle, C., Morgan, S., Yong, S. K., Merkens, K. P. B., Hildebrand, J., Munger, L. M., 2010. State of the California Current 2009-2010: Regional variation persists through transition from La Niña to El Niño (and Back?). Calif. Coop. Oceanic. Fish. Invest. Rep. 51:1-31.
- Cupp, E. E., 1943. Marine Plankton Diatoms of the West Coast of North America. Bulletin of the Scripps of Oceanogr. University of California. 5(1):1-237.
- Durazo, R. y Baumgartner T.R, 2002. Evolution of oceanographic conditions off Baja California: 1997-1999. Progr. Oceanogr., 54, 7-31.
- Durazo, R., Gaxiola-Castro, G., Lavaniegos, B., Castro-Valdez, R., Gómez-Valdéz, J., Mascarenhas, Jr. A. Das., 2005. Condiciones oceanográficas frente a la costa occidental de Baja California 2002-2003: Influencia de un El Niño débil y del incremento de agua subártica. Ciencias Marinas. 31(3): 537-552
- Durazo, R., Ramírez-Manguilar, A. M., Miranda, L. E. Soto-Mardones, L. A., 2010. Climatología de variables hidrográficas. En: Gaxiola-Castro, G., y Durazo, R. (eds) Dinámica del Ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007. INE-SEMARNAT CICESE. pp. 505.
- Espinosa-Carreón, T.L., G. Gaxiola-Castro, E. Beier, P.T. Strub, A. Kurczyn. 2012. Effects of mesoscale processes on phytoplankton chlorophyll off Baja California. Journal of Geophysical Research, 117, C04005. doi:10.1029/2011JC007604. 12p

- Gaxiola, C. G., Durazo-Arvizu-R., Lavaniegos-Espejo, B., De la Cruz-Orozco, ME., Millán-Núñez, E., Soto-Mardones, L., Cepeda-Morales, J., 2008. Respuesta del ecosistema pelágico a la variabilidad interanual del océano Pacífico frente a Baja California. Nota de Investigación. Ciencias Marinas. 34(2): 263-270
- Goericke R, Venrick E, Koslow T, Sydeman WJ, Schwing FB, Bograd SJ, Peterson WT, Emmett R, Lara-Lara JR, Gaxiola-Castro G, Gómez-Valdés J, Hyrenbach KD, Bradley RW, Wiese MJ, Harvey JT, Collins C, Lo NCH. 2007. The state of the California Current, 2006–2007: Regional and local processes dominate. CalCOFI Rep. 48: 33–66
- Hasle, G.R., y Syvertsen EE., 1997. Marine diatoms. in Tomas CR ed, Identifying Marine Phytoplankton, academic Press, San Diego: 5-385.
- Hasle, G.R., 1978 The inverted-microscope method. Phytoplankton Manual. A. Sournia, ed. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Paris. Capítulo 5.2.1 337 pp.
- Kishino, M., Takahashi, M., Okami, N., Ichimura, S., 1985. Estimation of the spectral absorption coefficients of phytoplankton in the sea. Bulletin of Marine Science. 37:634-642.
- Lynn, R.S. y Simpson J.J., 1987. California Current System. The seasonal variability of its physical characteristics. Journal Geophysical. Res., 92: 12947-12966.
- Macías-Carballo, M., 2010. Variabilidad espacial de la forma espectral del fitoplancton y su relación taxonómica en abril 2008 en la zona occidental de Baja California. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias Marinas. Tesis para obtener el título de Oceanólogo
- Macías-Carballo, M., 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. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Programa de posgrado en ciencias en ecología marina. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias.

- Mantua, N.J., S.R. Hare, Y. Zhang, J.M. Wallace, and R.C. Francis, 1997: A Pacific decadal climate oscillation with impacts on salmon. *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 78, pp. 1069-1079.
- Millán- Núñez, E., 2008. Variabilidad interanual del nano-micro fitoplancton: inviernos 2001-2007. En *Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007*. Ed. G. Gaxiola-Castro. y R. Durazo. México D.F., pp 241-262.
- 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. *Journal of Oceanography*, Vol. 66: 719-730.
- Moreno, J. L., Licea S., y Santoyo H., 1996. Diatomeas del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California sur. Páginas 272.
- Schwing, F. B., Bograd S.J., Collins C.A., Gaxiola-Castro G., García J, Goericke R., Gómez-Valdés J., Huyer A., Hyrenbach K.D., Kosro P.M., Lavaniegos B.E., Lynn R.J., Mantyla A.W., Ohman M.D., Peterson W.T., Smith R.L., Sydeman W.J., Venrick E. y Wheeler P.A., 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.
- Sánchez-Pérez, D., 2005. Áreas biogeográficas a partir de curvas espectrales de absorción de luz por fitoplancton en aguas costeras de Baja California durante julio del 2001. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias Marinas. Tesis para obtener el título de Oceanólogo .
- Siqueiros-Beltrones, D.A., 2002. Diatomeas bentónicas de la Península de Baja California: Diversidad y Potencial Ecológico. Instituto Politécnico Nacional y Universidad Autónoma de Baja California Sur. 67 pp.
- Segar, D. A. 1998. *Introduction to ocean sciences*. New York: Wadsworth Publishing Company.
- Soto-Mardones, L., Parés-Sierra A., Garcia J., Durazo R. y Hormazabal S., 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.

- Sverdrup, H. V., M.W. Johnson y R.H. Fleming., 1942. *The Oceans: Their Physics, Chemistry and General Biology*. Prentice-Hall, Inc. New York. 1087 pp
- Pesantes, F., 1983. Dinoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil, *Acta Oceanográfica del Pacífico*, INOCAR, Ecuador 2(2).
- Thronsen, J., 1978. Preservation and storage. In Sournia A. (Ed). *Phytoplankton manual*. UNESCO. Paris. p 69-74.
- Tomas, C. S., 1997. *Identifying marine phytoplankton*. Academic Press, Inc.
- Utermöhl, H., 1958. Vervollkommung der quantitativen phytoplankton methodik. *Mitt. Int. Verein Theor. Angew. Limnology.*,9: 1-38.
- Venrick, E., Bograd S. J., Checkley D., Durazo R., Gaxiola-Castro G., Hunter J., Huyer A., Hyrenbach K. D., Lavaniegos B. E., Mantyla A., Schwing F. B., Smith R. L., Sydeman W. J., y Wheeler P. A., 2003. The state of the California Current, 2002-2003: Tropical and Subarctic influences vie for dominance. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.*44:28-60
- Wolter, K., y Timlin M. S., 1998. Measuring the strength of ENSO events-how does 1997/98 rank? *Weather*. 53:315-324.
- Wooster, W.S. y Reid Jr , J.L., 1963. Eastern Boundary currents. In *The Sea*, (ed) M.N.Hill. (2). 253-280.
- Wu, J., H. Hong, S. Shang, M. Dai y Z. Lee., 2007. Variation of phytoplankton absorption coefficients in the northern South China Sea during spring and autumn. *Biogeosciences* pp. 1555-1584. ([www.biogeosciences-discuss.net/4/1555/2007/bgd-4-1555-2007.pdf](http://www.biogeosciences-discuss.net/4/1555/2007/bgd-4-1555-2007.pdf)) .