

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS



**ABUNDANCIA, CARBONO: CLOROFILA *a*, PRODUCTIVIDAD PRIMARIA, PIGMENTOS  
Y ABSORCIÓN DE LA LUZ POR EL FITOPLANCTON EN EL ALTO GOLFO DE  
CALIFORNIA, MÉXICO**

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS  
PRESENTA:  
MARÍA FERNANDA GRACIA ESCOBAR

DIRECTOR:  
DR. ROBERTO MILLÁN NÚÑEZ

SINODALES:  
DRA. ADRIANA GONZÁLEZ SILVERA  
DR. EDUARDO SANTAMARÍA DEL ÁNGEL  
DR. RUBÉN CASTRO VALDEZ  
DR. SALVADOR GALINDO BECT

Ensenada, Baja California, México.

Marzo de 2016

## ABUNDANCIA, CARBONO: CLOROFILA *a*, PRODUCTIVIDAD PRIMARIA, PIGMENTOS Y ABSORCIÓN DE LA LUZ POR EL FITOPLANCTON EN EL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO

### Resumen

Se realizaron dos cruceros en el Alto Golfo de California (AGC), para primavera del 2010 (1 al 8 de junio) y del 2011 (24 marzo al 1 de abril), con el fin de estimar la abundancia, biomasa carbonica, productividad primaria, coeficiente de la absorción de la luz y pigmentos del fitoplancton. La temperatura del agua fluctuó entre los 16 y 28 °C para el 2010 y entre 13 y 27 °C para el 2011. El viento para el 2010 presentó una magnitud entre 5 a 2 m/s con una dirección hacia noroeste, en tanto para el 2011 la dirección fue hacia el sureste con una magnitud de 3 m/s. La abundancia fitoplanctónica en la columna del agua por medio de microscopio invertido, fue 3 veces mayor en el 2011 que el 2010, donde el grupo de las diatomeas (*Chaetoceros* sp con  $11.45 \times 10^9$  cel/m<sup>2</sup> y *Thalassionema* sp. con  $1.75 \times 10^9$  cel/m<sup>2</sup>) y los dinoflagelados (*Akashiwo* sp. con  $72.2 \times 10^7$  cel/m<sup>2</sup>, *Gymnodinium* sp. con  $28.7 \times 10^7$  cel/m<sup>2</sup> y *Scropsiella* con  $23.9 \times 10^7$  cel/m<sup>2</sup>) fueron los más representativos durante el muestreo para el 2011. Para el 2010, el grupo de las diatomeas (*Rhizosolenia* sp.  $46.46 \times 10^6$  cel/m<sup>2</sup>, *Chaetoceros* sp.  $31.2 \times 10^6$  cel/m<sup>2</sup> y *Thalassinema* sp.  $23.6 \times 10^6$  cel/m<sup>2</sup>) y los dinoflagelados (*Gymnodinium* sp.  $27.07 \times 10^6$  cel/m<sup>2</sup>) fueron los más abundantes. Así mismo, para los dos años se observaron la presencia esporádica de los grupos de las cianofitas, crisofitas, criptofitas, euglenofitas y prasinofitas. Por medio del HPLC-CHEMTAX se estimó el porcentaje de contribución a la clorofila Total de las diatomeas en superficie (79%) y en el máximo profundo de clorofila (55%) en 2010; en 2011 en superficie fue de 94% y en la PMC de 85% y para los dinoflagelados en 2010 en superficie fue de 49%, y en la PMC de 46%: en 2011 en superficie de 48% y en la PMC de 60%). Para el grupo de las haptofitas en 2010 el porcentaje de contribución en superficie y en PCM fue de 85%. Para 2011 en superficie fue de 70% y de 82% en la PMC. Las proclorofitas en 2010 presentaron en superficie el 0.13% y en la PMC de 29%, mientras que en 2011 fueron menores al 1% para los dos años de muestreo. La Productividad Primaria para el 2011 ( $81.52 \text{ mgC} [\text{mgChlT}]^{-1}$ ) fue mayor que para el 2010 (2.44 hasta los  $17.33 \text{ mgC} [\text{mgChlT}]^{-1}$ ), debido a la diferencia en la abundancia de la comunidad fitoplanctónica para los dos años de muestreo. El tamaño del fitoplancton en el 2010 estuvo compuesto por el microfitoplancton (55%), nanofitoplancton (30%) y picofitoplancton (15%) en tanto para el 2011 el que presenta mayor dominancia fue el microfitoplancton (74%) (nanofitoplancton 24% y picofitoplancton 2%). El coeficiente de absorción del fitoplancton específico en la superficie a los 440 [ $a_{ph}(440)$ ] durante el 2010 tuvo un rango de 0.025 a 0.18 m<sup>2</sup>mg<sup>-1</sup> en tanto en la profundidad máxima de clorofila (PMC) los valores estuvieron entre 0.015 a 0.10 m<sup>2</sup>mg<sup>-1</sup>. Durante el 2011, el  $a_{ph}(440)$  en la superficie estuvo de 0.012 a 0.083 m<sup>2</sup>mg<sup>-1</sup>, en tanto, en la PMC los valores estuvieron entre 0.011 a 0.084 m<sup>2</sup>mg<sup>-1</sup>. Se estimó el efecto paquete usando la razón  $a_{ph}(440)/a_{ph}(675)$  el cual indicó un bajo efecto paquete para el 2010 debido al alto porcentaje del nano y picofitoplancton. La razón C: ChlT en la comunidad fitoplanctónica para el 2011 presentó un valor promedio de 30. La diferencia en la biomasa y composición del fitoplancton para el

2010 y 2011 son atribuidas a las diferencia en las condiciones oceanográficas en el área de estudio.

**Palabras claves:** Fitoplancton, Pigmentos, CHEMTAX, Productividad Primaria, Biomasa Carbonica, Alto Golfo de California

## Abstract

Two cruises were conducted in the Upper Gulf of California (AGC) for spring 2010 (1 to 8 June) and 2011 (March 24 to April 1), in order to estimate the abundance, carbonic biomass, primary productivity, absorption coefficient of light, pigments of phytoplankton. The water temperature was between 16 and 28 °C for 2010 and between 13 and 27 °C for 2011. The wind magnitude was between 5 to 2 m/s with a northwest direction during the cruise of 2010, while for the cruise of 2011 the wind direction was to the southeast with a magnitude of 3 m/s. Phytoplankton abundance in the water column estimated by inverted microscope was 3 times higher in 2011 than in 2010, where the diatoms (*Chaetoceros* sp. with  $1145 \times 10^9$  cel/m<sup>2</sup> and *Thalassionema* sp. with  $1.75 \times 10^9$  cel/m<sup>2</sup>) and dinoflagellates (*Akashiwo* sp. with  $72.2 \times 10^7$  cel/ m<sup>2</sup>, *Gymnodinium* sp. with  $28.7 \times 10^7$  cel/ m<sup>2</sup> and *Scropsiella* with  $23.9 \times 10^7$  cel/m<sup>2</sup>) were the most abundant during sampling during 2011. Meanwhile, during 2010, the diatoms (*Rhizosolenia* sp.  $46.46 \times 10^6$  cel/m<sup>2</sup>, *Chaetoceros* sp.  $31.2 \times 10^6$  cel/m<sup>2</sup> and *Thalassinema* sp.  $23.6 \times 10^6$  cel/m<sup>2</sup>) and dinoflagellates (*Gymnodinium* sp.  $27.07 \times 10^6$  cel/m<sup>2</sup>) were the most abundant. Also, for the both years a sporadic presence of groups of cyanophyta, chrysophytes, cryptophytes, euglenophytes and prasinophytes were observed. The percentage contribution to the total chlorophyll using Chemtax, for diatoms in surface were 79% and at the deep chlorophyll maximum were 55% in the cruise of 2010, meanwhile in 2011 the diatom percentage in surface was 94% and at the PMC of 85%. The percentage of dinoflagellates in 2010 was 49% at the surface, and at PMC of 46%, and for 2011 was 48% at the surface and 60% at the PCM. Haptophytes showed a percentage contribution at surface and at PCM of 85% during 2010, for 2011 was 70% at surface and 82% at the PMC. The prochlorophytes showed 0.13% surface and 29% at the PMC in 2010, while in 2011 the percentage was less than 1%. The primary productivity was 81.52 mgC [mgChaT]<sup>-1</sup> in 2011 been higher than for 2010 (2.44 until 17.33 mgC [mgChaT]<sup>-1</sup>) due to the higher phytoplankton abundance. The size of phytoplankton in 2010 was composed by microphytoplankton (55%), nanophytoplankton (30%) and picophytoplankton (15%), while for 2011 the percentage was microphytoplankton (74%) nanophytoplankton (24%), and picophytoplankton (2%). The specific absorption coefficient of phytoplankton [ $a^*_{ph}(440)$ ] showed values ranged from 0.025 to 0.18 m<sup>2</sup>mg<sup>-1</sup> both at the surface and at PCM in 2010. The  $a^*_{ph}(440)$  values at the surface were between 0.012-0.083 m<sup>2</sup>mg<sup>-1</sup> and at the PMC were between 0.011-0.084 m<sup>2</sup>mg<sup>-1</sup> during 2011. The package effect was estimated using the ratio  $a_{ph}(440)/a_{ph}(675)$  for 2010 the values showed low package effect, due to the high percentage of nano and picophytoplankton. The C: ChlaT ratio for the phytoplankton samples for 2011 showed an average value of 30. The difference in phytoplankton biomass and composition for 2010 and 2011 are attributed to the difference in the oceanographic conditions in the study area.

**Keywords:** Phytoplankton, Pigments, CHEMTAX, Primary Productivity, Carbonic biomass, Upper Gulf of California

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS  
POSGRADO EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

ABUNDANCIA, CARBONO: CLOROFILA *a*, PRODUCTIVIDAD PRIMARIA, PIGMENTOS  
Y ABSORCIÓN DE LA LUZ POR EL FITOPLANCTON EN EL ALTO GOLFO DE  
CALIFORNIA, MÉXICO

TESIS

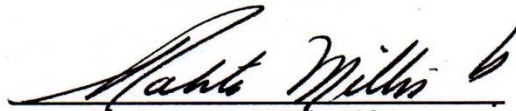
QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA OBTENER  
EL GRADO DE

DOCTORA EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA


PRESENTA

MARÍA FERNANDA GRACIA ESCOBAR

Aprobada por:



Dr. Roberto Millán Núñez  
Director de tesis



Dra. Adriana G. González Silvera  
Sinodal



Dr. Eduardo Santamaría del Ángel  
Sinodal



Dr. Rubén Castro Valdez  
Sinodal



Dr. Manuel Salvador Galindo Bect  
Sinodal

***A la luz de mi vida, mi hija María Victoria***

*Yo te esperaba  
y veía mi cuerpo crecer  
mientras buscaba  
el nombre que te di  
en el espejo  
fui la luna llena y de perfil  
contigo dentro, jamás fui tan feliz*

*Moría por sentir  
tus piernecitas frías  
pateando la oscuridad  
de mi vientre maduro*

*Soñar no cuesta nada  
y con los ojos húmedos  
te veía tan alto es más  
en la cima del mundo*

*Yo te esperaba  
imaginando a ciegas el color  
de tu mirada y el timbre de tu voz*

*Muerta de miedo  
le rogaba al cielo que te deje  
llegar mejor, mucho más que yo*

*Yo te esperaba  
y pintaba sobre las paredes  
de tu cuarto sueños en color  
restaba sin parar, días al calendario  
solo tú me podrías jurar  
el mono de escenario*

*El mundo es como es  
y no puedo cambiártelo  
pero siempre te seguiré  
para darte una mano*

*Yo te esperaba  
imaginando a ciegas el color  
de tu mirada y el timbre de tu voz*

*Hoy que te tengo  
pido al cielo que me deje verte llegar lejos  
mucho más que yo*

*Yo te esperaba  
y el espejo nos miraba mientras  
ya te amaba  
(Alejandra Guzmán)*

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Baja California, la Facultad de Ciencias Marinas y al Instituto de Investigaciones Oceanográficas por el apoyo y por brindarme las herramientas para mi formación profesional. Al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por apoyarme económicamente a través de la beca 296741/236529.

Al grupo POPEYE (PhytOPlankton EcologY tEam), *Roberto Millán Núñez, Adriana González Silvera y Eduardo Santamaría del Ángel* por darme por segunda vez la oportunidad de seguir perteneciendo al grupo, por la confianza, por las horas de trabajo en las salidas de campo y en el laboratorio, por los conocimientos y el apoyo profesional y personal. En especial el apoyo que me brindaron durante el último año del doctorado. A todos mis compañeros de trabajo que han pasado por estos 7 años que he estado en Ensenada, por el trabajo en equipo, la ayuda en el laboratorio y los buenos momentos en las salidas de campo. En especial a Yolo y Alfredo que han sido más que mis compañeros y amigos, son mis grandes hermanos, confidentes y mis apoyos incondicionales en especial los últimos años de mi carrera.

Al Profe Chava Galindo y al Profe Rubén Castro por su apoyo en el desarrollo de la tesis, sus comentarios y aportes.

A la profe Orellana por enseñarme todos sus trucos en la identificación del fitoplancton y por todo su apoyo durante el desarrollo de mi tesis. Y siempre mostrar esa alegría y entusiasmo para la vida.

Al profe Oscar González Yajimovich por prestarnos su equipo para analizar muestras, así como el tiempo y la dedicación prestada.

Gracias a mi mamá, mi guía, mi consejera y mi mayor apoyo incondicional en cada momento de mi vida. A mi padre y mi hermano, que fueron mi gran fortaleza y apoyo durante este periodo. A mi familia por su apoyo y por sus llamadas que siempre me animaron e hicieron que me sintiera más cerca de casa.

Gracias a mi esposo Manuel por su confianza y apoyo que me ha brindado durante todos estos años, por la paciencia que me ha tenido en mis momentos de angustia y estrés y sobre todo por amarme y darme lo más maravilloso de mi vida, nuestra hermosa hija.

A la gran familia Bañaga Castro que siempre me mostró su apoyo incondicional y me abrieron las puertas de esa gran familia. En especial a mi suegra, que siempre me ha hecho sentir como una hija más dentro de su familia.

Y como no agradecer a mi parcera mexicana del alma, que siempre ha estado pendiente de todo mi proceso profesional, Patricia Llamas, te quiero mk.

A mis brujitas Bibi, Flaquita, Anita y Laura... las amo!

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
Introducción.....	1
Estructura fitoplanctónica.....	2
Coeficiente de absorción de la luz.....	4
Pigmentos fotosintéticos.....	6
Productividad primaria.....	10
Área de estudio.....	11
Hipótesis.....	20
Objetivos.....	20
Materiales y Métodos.....	21
Área de estudio.....	21
Muestreo.....	22
Biomasa fitoplanctónica.....	23
Pigmentos fotosintéticos y CHEMTAX.....	24
Carbono orgánico particulado.....	27
Coeficiente de absorción de luz por el fitoplancton.....	27
Productividad Primaria.....	29
Análisis estadístico.....	30
Asociación entre los pigmentos accesorios, el coeficiente de absorción y el carbono particulado sobre la Clorofila a Total.....	30
Resultados.....	32
<i>Pangas 2010</i> .....	32
<i>Biomasa fitoplanctónica</i> .....	36
<i>Pigmentos fotosintéticos y CHEMTAX</i> .....	47
Concentración de Clorofila a Total.....	47
Concentración de pigmentos y carotenos.....	50
Pigmentos Fotosintéticos y Fotoprotectores.....	53
Fracción de tamaño.....	55
Asociación entre los pigmentos accesorios y la Clorofila a Total.....	58
Porcentaje de contribución al Total de la Clorofila a (CHEMTAX).....	62
<i>Coeficiente de absorción por las partículas</i> .....	66
Coeficiente de absorción de la luz por el material particulado, $a_p(\lambda)$ [ $m^{-1}$ ].....	66
Coeficiente de absorción del detrito, $a_d(\lambda)$ [ $m^{-1}$ ].....	66
Coeficiente de absorción por el fitoplancton, $a_{ph}(\lambda)$ [ $m^{-1}$ ].....	69
Coeficiente de absorción específico del fitoplancton, $a^*_{ph}(\lambda)$ [ $m^2$ (mg ChlaT) $^{-1}$ ].....	69
Coeficiente de absorción normalizado a 440 nm A (adimensional).....	72
Razón $a_{ph}(440)/a_{ph}(675)$ .....	74
Asociación entre el coeficiente de absorción por el fitoplancton y la Clorofila a Total (ChlaT).....	76
<i>Productividad Primaria</i> .....	79
<i>Pangas 2011</i> .....	83
<i>Biomasa fitoplanctónica</i> .....	87
Biovolumen fitoplanctónico y biomasa carbónica fitoplanctónica.....	99
<i>Pigmentos fotosintéticos y CHEMTAX</i> .....	102
Concentración de Clorofila a Total.....	102
Concentración de pigmentos y carotenos.....	105

Pigmentos Fotosintéticos y Fotoprotectores.....	108
Fracción de tamaño.....	110
Asociación entre los pigmentos accesorios y la Clorofila a Total.....	113
Porcentaje de contribución al Total de la Clorofila a (CHEMTAX).....	117
<i>Carbono orgánico particulado</i> .....	121
Razón carbono orgánico: ChlaT.....	128
Asociación carbono orgánico: ChlaT.....	131
<i>Coefficiente de absorción por las partículas</i> .....	133
Coefficiente de absorción de la luz por el material particulado, $a_p(\lambda)$ [ $m^{-1}$ ].....	133
Coefficiente de absorción del detrito, $a_d(\lambda)$ [ $m^{-1}$ ].....	133
Coefficiente de absorción por el fitoplancton, $a_{ph}(\lambda)$ [ $m^{-1}$ ].....	136
Coefficiente de absorción específico del fitoplancton, $a^*_{ph}(\lambda)$ [ $m^2$ (mg ChlaT) $^{-1}$ ].....	136
Coefficiente de absorción normalizado a 440 nm A (adimensional).....	139
Razón $a_{ph}(440)/a_{ph}(675)$ .....	139
Asociación entre el coeficiente de absorción por el fitoplancton y la Clorofila a Total (ChlaT).....	142
<i>Productividad Primaria</i> .....	145
Discusión.....	150
Conclusiones.....	164
Bahía de San Quintín.....	165
Resumen.....	165
Abstract.....	166
Introducción.....	167
Hipótesis.....	170
Objetivos.....	170
Materiales y Métodos.....	171
Área de estudio.....	171
Muestreo.....	171
Resultados.....	173
Parámetros físicos.....	173
Índice de surgencia.....	173
Biomasa fitoplanctónica.....	175
Pigmentos fotosintéticos y CHEMTAX.....	182
Concentración de Clorofila a Total.....	182
Concentración de pigmentos y carotenos.....	182
Porcentaje de contribución al Total de la Clorofila a (CHEMTAX).....	184
Discusión.....	186
Conclusiones.....	192
Bibliografía.....	194
Anexos.....	207

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Ubicación del Alto Golfo de California (rectángulo rojo).....	13
<b>Figura 2.</b> Alto Golfo de California y ubicación de la estación de muestreo: estaciones del año 2010 (círculo rojo), 2011 (círculo azul) y estaciones visitadas en ambos años (círculo verde)....	21
<b>Figura 3.</b> Imágenes de temperatura (°C) del sensor MODIS para los días del 1 al 8 de junio del 2010. Los puntos negros indican la posición de las estaciones muestreadas cada día.....	33
<b>Figura 4.</b> Temperatura (°C) superficial in situ (obtenidas por CDT) para los días del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de muestreo del AGC.....	34
<b>Figura 5.</b> Dirección y magnitud del viento del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.....	35
<b>Figura 6.</b> Abundancia fitoplanctónica total en la columna del agua ( $\times 10^6$ cel/m <sup>2</sup> ) del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.....	37
<b>Figura 7.</b> Abundancia fitoplanctónica del grupo de las Diatomeas en la columna del agua ( $\times 10^6$ cel/m <sup>2</sup> ) del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.....	38
<b>Figura 8.</b> Abundancia fitoplanctónica del grupo de las Diatomeas en superficie y en la PMC (cel/l $\times 10^2$ ) del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.....	40
<b>Figura 9.</b> Abundancia fitoplanctónica del grupo de los Dinoflagelados en la columna del agua ( $\times 10^6$ cel/m <sup>2</sup> ) del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.....	41
<b>Figura 10.</b> Abundancia fitoplanctónica del grupo de los Dinoflagelados en las muestras de superficie y en la PMC ( $\times 10^2$ cel/l) del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.....	43
<b>Figura 11.</b> Abundancia fitoplanctónica Criptofitas, Cianofitas, Clorofitas, Euglenofitas y Crisofitas en la columna del agua ( $\times 10^6$ cel/m <sup>2</sup> ) del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.....	44
<b>Figura 12.</b> Abundancia fitoplanctónica de las Criptofitas, Cianofitas, Clorofitas, Euglenofitas y Crisofitas en la capa superficial y en la PMC ( $\times 10^2$ cel/l) del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.....	46
<b>Figura 13.</b> Concentración de ChlaT integrada ( $\times 10^3$ mg/m <sup>2</sup> ) en la columna del agua de cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.....	48
<b>Figura 14.</b> Concentración de ChlaT (mg/m <sup>3</sup> ) en la superficie y la PMC en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.....	49
<b>Figura 15.</b> Concentración de Fucoxantina, Peridinina, 19' Hexanoiloxifucoxantina y Zeaxantina (mg/m <sup>3</sup> ) en superficie y la PMC en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.....	52
<b>Figura 16.</b> Concentración de pigmentos Fotosintéticos y Fotoprotectores	

	(mg/m <sup>3</sup> ) en superficie y en la PMC en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.....	54
<b>Figura 17.</b>	Diagrama ternario mostrando la proporción que corresponde a cada uno de los grupos de tamaño del fitoplancton en superficie y la PMC en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.....	56
<b>Figura 18.</b>	Porcentaje de contribución de las fracciones de tamaño del fitoplancton en superficie y la PMC en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.....	57
<b>Figura 19.</b>	Regresión lineal entre la ChlaT y los pigmentos: (a) mPF, (b) nPF, (c) Tcato, (d) [PSC], (e) Fuco, (f) Chl c <sub>2</sub> .....	60
<b>Figura 20.</b>	Porcentaje de contribución al total de Clorofila a de los grupos de las Diatomeas, Dinoflagelados, Haptofitas y Cianofitas en superficie y en la PMC en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.....	64
<b>Figura 21.</b>	Porcentaje de contribución al total de Clorofila a de los grupos de las Criptofitas, Prasinofitas, Prochlorofitas y Clorofitas en la superficie y en la PMC en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.....	65
<b>Figura 22.</b>	Coeficiente de absorción de la luz $a_p(\lambda)$ [m <sup>-1</sup> ] en la superficie (panel superior) y en la PMC (panel inferior) en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC. Las gráficas del lado izquierdo (arriba y abajo) son los espectros de absorción de la luz desde los 400 a los 700 nm, las gráficas del lado derecho (arriba y abajo) son los datos de $a_p$ a los 440 nm.....	67
<b>Figura 23.</b>	Coeficiente de absorción por el detrito $a_d(\lambda)$ [m <sup>-1</sup> ] en la superficie (panel superior) y en la PMC (panel inferior) en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC. Las gráficas del lado izquierdo (arriba y abajo) son los espectros de absorción por el detrito desde los 400 a los 700 nm, las gráficas del lado derecho (arriba y abajo) son los datos de $a_d$ a los 440 nm.....	68
<b>Figura 24.</b>	Coeficiente de absorción por el fitoplancton $a_{ph}(\lambda)$ [m <sup>-1</sup> ] en la superficie (panel superior) y en la PMC (panel inferior) en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC. Las gráficas del lado izquierdo (arriba y abajo) son los espectros de absorción por el fitoplancton desde los 400 a los 700 nm, las gráficas del lado derecho (arriba y abajo) son los datos de $a_{ph}$ a los 440 nm.....	70
<b>Figura 25.</b>	Coeficiente de absorción específico por el fitoplancton $a^*_{ph}(\lambda)$ [m <sup>2</sup> (mg ChlaT) <sup>-1</sup> ] en la superficie (panel superior) y en la PMC (panel inferior) en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC. Las gráficas del lado izquierdo (arriba y abajo) son los espectros	

	de absorción específico por el fitoplancton desde los 400 a los 700 nm, las gráficas del lado derecho (arriba y abajo) son los datos de $a_{ph}^*$ a los 440 nm.....	71
<b>Figura 26.</b>	Espectro de absorción normalizado a los 440 nm A (adimensional) en superficie (izquierda) y en la PMC (derecha) en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio de AGC. La línea oscura de la gráfica de la derecha (superficie) representa el espectro de absorción de la estación J10. Las líneas oscuras de la gráfica de la izquierda (PMC) representan el espectro de absorción de las estaciones J01, J12, E03 y E02.....	73
<b>Figura 27.</b>	Razón $a_{ph}(440)/a_{ph}(675)$ en superficie (izquierda) y en la PMC (derecha) en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio de AGC.....	75
<b>Figura 28.</b>	Regresión lineal entre la ChlaT y el coeficiente de absorción de la luz: (a) $\text{Log } a_{ph}^*(440)$ , (b) $\text{Log } a_{ph}(675)$ .....	77
<b>Figura 29.</b>	Curvas de productividad primaria por 14C de 6 estaciones donde se realizaron los experimentos en el área de estudio del 1 al 8 de junio del 2010 en el AGC.....	80
<b>Figura 30.</b>	Productividad Primaria ( $\text{mgC } [\text{mgChlaT}]^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) de las 6 estaciones donde se realizaron los experimentos para el 1 al 8 de junio del 2010 en el AGC.....	82
<b>Figura 31.</b>	Imágenes de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) del sensor MODIS para los días del 25 de marzo al 1 de abril del 2011. Los puntos negros indican la posición de las estaciones muestreadas cada día....	84
<b>Figura 32.</b>	Imágenes de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) superficial para los días del 24 de marzo al 1 de abril en el área de muestro del AGC.....	85
<b>Figura 33.</b>	Dirección y magnitud del viento del 24 de marzo al 1 de abril en el área de muestro del AGC.....	86
<b>Figura 34.</b>	Abundancia fitoplanctónica total en la columna del agua ( $\text{cel}/\text{m}^2 \times 10^9$ ) del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.....	88
<b>Figura 35.</b>	Abundancia fitoplanctónica del grupo de las Diatomeas en la columna del agua ( $\times 10^9 \text{ cel}/\text{m}^2$ ) del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.....	89
<b>Figura 36.</b>	Abundancia fitoplanctónica del grupo de los Dinoflagelados en la columna del agua ( $\times 10^9 \text{ cel}/\text{m}^2$ ) del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio de AGC.....	91
<b>Figura 37.</b>	Abundancia fitoplanctónica del grupo de los Dinoflagelados en la columna del agua ( $\times 10^9 \text{ cel}/\text{m}^2$ ) del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio de AGC.....	93
<b>Figura 38.</b>	Abundancia fitoplanctónica del grupo de los Dinoflagelados en la capa superficial y en la PMC ( $\times 10^3 \text{ cel}/\text{m}^2$ ) del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.....	95
<b>Figura 39.</b>	Abundancia fitoplanctónica de los grupos de las Prasinofitas, Crisofitas, Criptofitas, Cianofitas, Clorofitas y Euglenofitas en la columna del agua ( $\times 10^9 \text{ cel}/\text{m}^2$ ) del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.....	97
<b>Figura 40.</b>	Abundancia fitoplanctónica de los grupos de las Prasinofitas, Crisofitas, Criptofitas, Cianofitas, Clorofitas y Euglenofitas en	

	la superficie y en la PMC del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.....	98
<b>Figura 41.</b>	Concentración de Clorofila a Total (ChlaT) ( $\times 10^3$ mg/m <sup>2</sup> ) en la columna del agua de cada una de las estaciones muestreadas del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.....	98
<b>Figura 42.</b>	Concentración de ChlaT (mg/m <sup>3</sup> ) en la superficie y en la PMC en cada una de las estaciones muestreadas del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.....	103
<b>Figura 43.</b>	Concentración de pigmentos carotenoides: Peridinina, Fucoxantina, 19' Hexanoiloxifucoxantina y Aloxantina (mg/m <sup>3</sup> ) en la superficie y en la PMC en cada una de las estaciones muestreadas del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.....	104
<b>Figura 44.</b>	Concentración de pigmentos fotosintéticos y pigmentos fotoprotectores (mg/m <sup>3</sup> ) en la superficie y en la PMC en cada una de las estaciones muestreadas del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.....	107
<b>Figura 45.</b>	Diagrama ternario mostrando la proporción que corresponde a cada uno de los grupos de tamaño del fitoplancton en superficie y en la PMC en cada una de las estaciones muestreadas del 25 de marzo al 1 de abril del 2011 en el AGC en el área de estudio del AGC.....	109
<b>Figura 46.</b>	Porcentaje de contribución de las fracciones de tamaño del fitoplancton en superficie y la PMC en cada una de las estaciones muestreadas del 25 de marzo al 1 de abril del 2011 en el AGC en el área de estudio del AGC.....	111
<b>Figura 47.</b>	Regresión lineal entre la ChlaT y los pigmentos: (a) mPF, (b) B-carotenos, (c) Diad, (d) PPC, (e) Tcaro, (f) Per, (g) Chl c <sub>2</sub> , (h) PSC.....	112
<b>Figura 48.</b>	Porcentaje de contribución al total de Clorofila a de los grupos de las Diatomeas, Dinoflagelados, Criptofitas y Haptofitas en superficie y en la PMC del 24 de marzo al 1 de abril en el área de estudio del AGC.....	115
<b>Figura 49.</b>	Porcentaje de contribución al total de Clorofila a de los grupos de las Cianofitas, Prasinofitas y Clorofitas en superficie y en la PMC en el AGC del 24 de marzo al 1 de abril en el área de estudio del AGC.....	119
<b>Figura 50.</b>	Carbono orgánico particulado ( $\times 10^5$ ug/m <sup>2</sup> ) en la columna del agua del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.....	120
<b>Figura 51.</b>	Carbono orgánico particulado (ug/l) en la superficie y en la PMC del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.....	122
<b>Figura 52.</b>	Carbono fitoplanctónico en la columna de agua del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 obtenido de las regresiones propuestas por Menden-Dever y Lessard, 2000 en el área de estudio del AGC.....	123
<b>Figura 53.</b>	Carbono fitoplanctónico en superficie y en la PMC del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 obtenido de las regresiones	125

	propuestas por Menden-Dever y Lessard, 2000 en el área de estudio del AGC.....	126
<b>Figura 54.</b>	Carbono fitoplanctónico del grupo de la diatomeas (arriba) y dinoflagelados (abajo) en la superficie (izquierda) y en la PMC (derecha) del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 obtenido de las regresiones propuestas por Menden-Dever y Lessard, 2000 en el área de estudio del AGC.....	127
<b>Figura 55.</b>	Razón C: Chl <sub>a</sub> T en la superficie y la PMC del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.....	129
<b>Figura 56.</b>	Razón C: Chl <sub>a</sub> T para el grupo de las diatomeas (arriba) y dinoflagelados (abajo) en la superficie (izquierda) y en la PMC (derecha) del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.....	130
<b>Figura 57.</b>	Coeficiente de absorción de la luz $a_p(\lambda)$ [ $m^{-1}$ ] en la superficie (panel superior) y en la PMC (panel inferior) en cada una de las estaciones muestreadas del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC. Las gráficas del lado izquierdo (arriba y abajo) son los espectros de absorción de la luz desde los 400 a los 700 nm, las gráficas del lado derecho (arriba y abajo) son los datos de $a_p$ a los 440 nm.....	134
<b>Figura 58.</b>	Coeficiente de absorción por el detrito $a_d(\lambda)$ [ $m^{-1}$ ] en la superficie (panel superior) y en la PMC (panel inferior) en cada una de las estaciones muestreadas del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC. Las gráficas del lado izquierdo (arriba y abajo) son los espectros de absorción por el detrito desde los 400 a los 700 nm, las gráficas del lado derecho (arriba y abajo) son los datos de $a_d$ a los 440 nm.....	135
<b>Figura 59.</b>	Coeficiente de absorción por el fitoplancton $a_{ph}(\lambda)$ [ $m^{-1}$ ] en la superficie (panel superior) y en la PMC (panel inferior) en cada una de las estaciones muestreadas del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC. Las gráficas del lado izquierdo (arriba y abajo) son los espectros de absorción por el fitoplancton desde los 400 a los 700 nm, las gráficas del lado derecho (arriba y abajo) son los datos de $a_{ph}$ a los 440 nm.....	137
<b>Figura 60.</b>	Coeficiente de absorción específico por el fitoplancton $a^*_{ph}(\lambda)$ [ $m^2$ (mg Chl <sub>a</sub> T) $^{-1}$ ] en la superficie (panel superior) y en la PMC (panel inferior) en cada una de las estaciones muestreadas del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC. Las gráficas del lado izquierdo (arriba y abajo) son los espectros de absorción específico por el fitoplancton desde los 400 a los 700 nm, las gráficas del lado derecho (arriba y abajo) son los datos de $a^*_{ph}$ a los 440 nm.....	138
<b>Figura 61.</b>	Espectro de absorción normalizado a los 440 nm A (adimensional) en superficie (izquierda) y en la PMC (derecha) en cada una de las estaciones muestreadas del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio de AGC.....	140
<b>Figura 62.</b>	Razón $a_{ph}(440)/a_{ph}(675)$ en superficie (izquierda) y en la PMC (derecha) en cada una de las estaciones muestreadas del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio de AGC..	141

<b>Figura 63.</b>	Regresión lineal entre la ChlaT y el coeficiente de absorción de la luz: (a) $\text{Log } a_{ph}^*(440)$ , (b) $\text{Log } a_{ph}(675)$ .....	143
<b>Figura 64.</b>	Curvas de productividad primaria por 14C de 10 estaciones donde se realizaron los experimentos en el área de estudio del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 en el AGC.....	147
<b>Figura 65.</b>	Productividad Primaria ( $\text{mgC } [\text{mgChlaT}]^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) de las 10 estaciones donde se realizaron los experimentos para el 24 de marzo al 1 de abril del 2011 en el AGC.....	149
<b>Figura 66.</b>	Bahía de San Quintín y ubicación de la estación de muestreo (estrella roja).....	172
<b>Figura 67.</b>	(a) Temperatura superficial del mar. (b) Diagrama de astillas del viento. (c) Índice de surgencia para el 2011 en el punto de muestreo de la Bahía de San Quintín.....	174
<b>Figura 68.</b>	Abundancia de diatomeas, dinoflagelados, otros grupos y la abundancia total por semana para el 2011 en el punto de muestro de la Bahía de San Quintín.....	179
<b>Figura 69.</b>	Anomalías estandarizadas de los grupos fitoplanctónicos en la Bahía de San Quintín por semana para el 2011.....	180
<b>Figura 70.</b>	Abundancia fitoplanctónica en numerada por el microscopio por semana para el 2011 en la Bahía de San Quintín. Diatomeas (a)-(d), Dinoflagelados (e)-(f), criptofitas y haptofitas (g), cianofitas, rafidofitas y clorofitas (h).....	181
<b>Figura 71.</b>	Concentración de pigmentos ( $\text{mg/m}^3$ ) por semana de muestreo durante el 2011 en la Bahía de San Quintín.....	183
<b>Figura 72.</b>	Contribución de las diferentes grupos fitoplanctónicos al total de la clorofila a estimado por el CHEMTAX por semana para el 2011 en la Bahía de San Quintín.....	185

## LISTA DE TABLAS

	Página
<b>Tabla I.</b> Símbolos, nombres, formulas y designación taxonómica de clorofilas, carotenos, suma de pigmentos y índices de pigmentos (modificado Wright y Jeffrey, 2006). Los pigmentos en negrilla son los que se escogieron como pigmento característico de cada grupo, y los que presentan un asterisco (*) son los específicos para ese grupo algal.....	9
<b>Tabla II.</b> Razón pigmento: clorofila usado en el CHEMTAX: (a) Matriz inicial, y (b) Matriz final. Chlc <sub>3</sub> (Clorofila c <sub>3</sub> ); Chlc <sub>2</sub> (Clorofila c <sub>2</sub> ); Peri (peridinina); But (19'-Butanoiloxifucoxantina); Fuco (fucoxantina); Prasi (prasincoxantina); Viol (violaxantina); Hex (19'-Hexanoiloxifucoxantina); Diad (diadinoxantina); Alo (aloxantina); Diat (diatoxantina); Zea (zeaxantina); Lut (luteina); Chlb (clorofila b); DvChla (divinil clorofila a).....	26
<b>Tabla III.</b> Asociación de los pigmentos accesorios y la ChlaT por la correlación lineal de Pearson ( $r_{Pearson}$ ) del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC, la significancia de la pendiente y del modelo de regresión lineal. Los valores en rojo indican que los pigmentos no fueron significativos en cada uno de los análisis.....	61
<b>Tabla IV.</b> Asociación entre el coeficiente de absorción del fitoplancton y la clorofila a Total (ChlaT) por la correlación lineal de Pearson ( $r_{Pearson}$ ) del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC, la significancia de la pendiente y del modelo de regresión lineal. Los valores en rojo indican que los pigmentos no fueron significativos en cada uno de los análisis.....	78
<b>Tabla V.</b> Parámetros de las curvas P-E de las diferentes estaciones: $\alpha^{\beta}$ (mgC [mgChaT] <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ) ( $\mu\text{E m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ) <sup>-1</sup> y $P^B_m$ (mgC [mgChaT] <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ). Profundidad (m), Irradiancia ( $\mu\text{E m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ) y $P^B$ (mgC [mgChaT] <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ) en la profundidad de la muestra, del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.....	81
<b>Tabla VI.</b> Volumen ( $\mu\text{m}^3$ ), cantidad de carbono por célula [ $\text{Log}_{10}\text{C}(\text{pgC cel}^{-1})$ ] del grupo de las diatomeas para el AGC (24 marzo al 1 de abril del 2011).....	99
<b>Tabla VII.</b> Volumen ( $\mu\text{m}^3$ ), cantidad de carbono por célula [ $\text{Log}_{10}\text{C}(\text{pgC cel}^{-1})$ ] y estrategia trófica (M=Mixotróficos, H=Heterotróficos, F=Fototróficos) del grupo de los dinoflagelados para el AGC (24 marzo al 1 de abril del 2011).....	100
<b>Tabla VIII.</b> Volumen ( $\mu\text{m}^3$ ) y cantidad de carbono por célula [ $\text{Log}_{10}\text{C}(\text{pgC cel}^{-1})$ ] de los grupos: prasinofitas, crisofitas, criptofitas, cianofitas, clorofitas y euglenofitas para el AGC (24 marzo al 1 de abril del 2011).....	101
<b>Tabla VIII.</b> Asociación de los pigmentos accesorios y la Clorofila a Total (ChlaT) por la correlación lineal de Pearson ( $r_{Pearson}$ ) del 24 de marzo al 1 de abril del 2011, la significancia de la pendiente y del modelo de regresión lineal. Los valores en rojo indican que los pigmentos no fueron significativos en cada uno de los	

	análisis.....	116
<b>Tabla IX.</b>	Asociación entre el carbono orgánico particulado y la clorofila a Total (ChlaT) por la correlación lineal de Pearson ( $r_{Pearson}$ ) del 24 de marzo al 1 de abril del 2011, la significancia de la pendiente y del modelo de regresión lineal. Los valores en rojo indican que los pigmentos no fueron significativos en cada uno de los análisis.....	132
<b>Tabla X.</b>	Asociación entre el coeficiente de absorción del fitoplancton y la ChlaT por la correlación lineal de Pearson ( $r_{Pearson}$ ) del 24 de marzo al 1 de abril del 2011, la significancia de la pendiente y del modelo de regresión lineal. Los valores en rojo indican que los pigmentos no fueron significativos en cada uno de los análisis.....	144
<b>Tabla XI.</b>	Parámetros de las curvas P-E de las diferentes estaciones: $\alpha^{\beta}$ ( $\text{mgC} [\text{mgChaT}]^{-1} \text{h}^{-1}$ ) ( $\mu\text{E m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ) $^{-1}$ y $P^B_m$ ( $\text{mgC} [\text{mgChaT}]^{-1} \text{h}^{-1}$ ). Profundidad (m), Irradiancia ( $\mu\text{E m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ) y $P^B$ ( $\text{mgC} [\text{mgChaT}]^{-1} \text{h}^{-1}$ ) en la profundidad de la muestra, del 24 de marzo al 1 de abril del 2011.....	148
<b>Tabla XII.</b>	Razón de la C: ChlaT del total del fitoplancton, dinoflagelados y diatomeas en diferentes ambientes y cultivos. La estimación del carbón proviene del volumen celular usando las siguientes ecuaciones: (1) Strathmann (1967); (2) Verity <i>et al.</i> (1992); (3) Mullin <i>et al.</i> (1966); (4) Putt & Stoecker (1989); (5) Søndergaard <i>et al.</i> 1991; (6) Montagnes <i>et al.</i> (1994); (7) Menden-Dever y Lessard (2000). En el laboratorio, la estimación de carbón fue por medio de un coulometro. (Tomado y modificado de Eker-Develi <i>et al.</i> , 2008).....	163

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Página</b>
<b>Anexo I.</b> Abundancia fitoplanctónica (cel/l) superficial del grupo de las Diatomeas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.....	208
<b>Anexo II.</b> Abundancia fitoplanctónica (cel/l) en la PMC del grupo de las Diatomeas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.....	210
<b>Anexo III.</b> Abundancia fitoplanctónica (cel/l) superficial del grupo de los Dinoflagelados del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.....	212
<b>Anexo IV.</b> Abundancia fitoplanctónica (cel/l) en la PMC del grupo de los Dinoflagelados del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.....	213
<b>Anexo V.</b> Abundancia fitoplanctónica (cel/l) en superficie de las Crisofitas, Euglenofitas, Clorofitas, Criptofitas y Cianofitas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.....	214
<b>Anexo VI.</b> Abundancia fitoplanctónica (cel/l) en la PMC de las Crisofitas, Euglenofitas, Clorofitas, Criptofitas y Cianofitas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.....	215
<b>Anexo VII.</b> Concentración de pigmentos y carotenoides del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.....	216
<b>Anexo VIII.</b> Abundancia fitoplanctónica (cel/l) superficial del grupo de las Diatomeas del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.....	220
<b>Anexo IX.</b> Abundancia fitoplanctónica (cel/l) en la PMC del grupo de las Diatomeas del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.....	221
<b>Anexo X.</b> Abundancia fitoplanctónica (cel/l) superficial del grupo de las Dinoflagelados del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.....	223
<b>Anexo XI.</b> Abundancia fitoplanctónica (cel/l) en la PMC del grupo de las Dinoflagelados del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.....	224
<b>Anexo XII.</b> Abundancia fitoplanctónica (cel/l) superficial del grupo de las Crisofitas, Criptofitas, Cianofitas y Clorofitas del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.....	225
<b>Anexo XIII.</b> Abundancia fitoplanctónica (cel/l) en la profundidad máxima de clorofila del grupo de las Prasinofitas, Crisofitas, Criptofitas, Cianofitas, Clorofitas y Euglenofitas del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.....	226
<b>Anexo XIV.</b> Concentración de pigmentos y carotenoides del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.....	227
<b>Anexo XV.</b> Abundancia fitoplanctónica de las diatomeas en la Bahía de San Quintin para la serie de tiempo del 2011.....	230
<b>Anexo XVI.</b> Abundancia fitoplanctónica de las dinoflagelados en la Bahía de San Quintin para la serie de tiempo del 2011.....	234
<b>Anexo XVII.</b> Abundancia fitoplanctónica de las Primesofitas, Prasinofitas,	

<b>Anexo XX.</b>	Criptofitas, Clorofitas, Rafidofitas, Dictiofitas y Cianofitas en la Bahía de San Quintín para la serie de tiempo del 2011.....	236
	Concentración de pigmentos y carotenos en la Bahía de San Quintín para la serie de tiempo del 2011.....	238

## Introducción

El carbono (C) representa uno de los elementos esenciales para la vida de los organismos sobre la Tierra. El ciclo del carbono incluye varias formas de carbono, orgánicas e inorgánicas, y el transporte de carbono de la superficie a la profundidad del mar es gobernada por procesos físicos y biológicos. Los procesos son comúnmente conocidos como bomba física (intercambio de gases en la interfase aire-mar, transportando CO<sub>2</sub> a la profundidad del océano) y bomba biológica, donde ambas actúan en el incremento del CO<sub>2</sub> en el interior del océano (Balino *et al.*, 2001). La bomba biológica es el proceso donde la absorción del carbono se da por medio del fitoplancton y es exportado hacia el interior del océano y al sedimento (Balino *et al.*, 2001), en otras palabras es el paso de carbono inorgánico a orgánico por medio de la fotosíntesis. Adicionalmente, el carbono, al ser el principal componente bioquímico de los organismos heterotróficos y fototróficos, es un elemento específico para poder realizar comparaciones entre la biomasa y la bioenergía (Menden-Deuer y Lessard, 2000). Por tal razón, la cuantificación de la composición y la biomasa del fitoplancton es esencial para evaluar el papel que presentan estos organismos en el ciclo global del carbono, así como para entender la estructura y la dinámica en los ecosistemas marinos (Llewellyn *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 2009).

## Estructura fitoplanctónica

El fitoplancton son plantas microscópicas que crecen abundantemente en ambientes marinos y de agua dulce. Presentan tamaños entre los 0.5  $\mu\text{m}$  a 200  $\mu\text{m}$ , donde pueden ser unicelulares, endosimbióticos y formar filamentos o colonias (Jeffrey *et al.*, 1997). Son organismos fototróficos debido a que usan la luz solar como fuente de energía, así como su capacidad de fijar  $\text{CO}_2$  como suministro de carbono contribuyendo de manera importante en el ciclo biogeoquímico. Debido a su necesidad por la luz, viven en la capa superior de la columna del agua conocida como la “zona eufótica”, que se extiende hacia la profundidad donde el nivel de luz se reduce hasta el 1% (Kirk, 2011).

El fitoplancton es tradicionalmente cuantificado e identificado usando microscopia invertida. Sin embargo es difícil relacionar los resultados de este método (conteo celular) con la cantidad de carbono (Schlüter y Havskum, 1997). Adicionalmente, las mediciones directas del contenido de carbono en el fitoplancton (fito-C) son difíciles de realizar ya que la cantidad de carbono no se distingue fácilmente de otras fuentes como la materia orgánica no viva de bacterias y microzooplanton (Llewellyn *et al.*, 2005). Por esta razón, la estimación fito-C se basan en mediciones microscópicas del tamaño y el volumen celular, que se convierten en biomasa de carbono mediante ecuaciones empíricas que relacionan el carbón celular con medidas de bio-volumen (bv<sub>ol</sub>) (Menden-Deuer y Lessard, 2000).

La relación carbono: bio-volumen (C: bvol) ha sido reportado para varios grupos fitoplanctónicos como diatomeas (Mullin *et al.*, 1966; Strathmann, 1967; Montagne *et al.*, 1994; Montagne *et al.*, 2001), nanoplancton fototróficas (Verity *et al.*, 1992), dinoflagelados y plancton protistas (Strathmann, 1967; Montagne *et al.*, 1994; Menden-Deuer y Lessard, 2000).

El bvol del fitoplancton puede ser estimado por métodos automatizados (como por ejemplo los contadores de partículas o el "Culter Counter") o por medio de análisis microscópicos (Montagnes *et al.*, 1994). El uso de contadores de partículas mejora la habilidad para medir el número de células y los volúmenes de una población, sin embargo, estos contadores pueden dar volúmenes inexactos para células que no son esféricas (Grover *et al.*, 1982; Kubitschek 1987; Montagnes *et al.*, 1994). Por consiguiente, el microscopio sigue siendo un pilar para la evaluación del bvol y la biomasa fitoplanctónica (Montagnes *et al.*, 1994).

La relación C: bvol y la biomasa total de una comunidad fitoplanctónica está relacionada a otros constituyentes celulares, como por ejemplo, el nitrógeno, proteínas o la clorofila *a* (Chl*a*) (Montagnes *et al.*, 1994). Por tanto la concentración de Chl*a* puede ser correlacionada con la cantidad de carbono presente en estas microalgas (fito-C: Chl*a*). Sin embargo, esta relación puede ser altamente variable (<0.005 a >0.05) debido a los cambios en la disponibilidad de luz, nutrientes y la

temperatura (Geider, 1987), así como debido a la composición taxonómica y la condición fisiológica de la célula (Felip y Catalan, 2000).

La Chla es el principal pigmento que absorbe luz para la fotosíntesis y la producción primaria fitoplanctónica y por tanto es un factor importante en la variabilidad del coeficiente de atenuación de la luz (Kirk, 2011; Lee *et al.*, 2010). Adicionalmente, existen otros pigmentos llamados accesorios, como la clorofila *b*, *c*, carotenoides y ficobiliproteínas, los cuales tienen la función de ampliar el espectro y capacidad de absorción de la luz, aumentando la eficiencia de la fotosíntesis (Kirk, 2011; Jeffrey *et al.*, 1997).

### **Coeficiente de absorción de la luz**

El coeficiente de absorción de luz es una de las propiedades ópticas inherentes que influyen en la reflectancia de los sistemas acuáticos y es atribuida a cuatro componentes de los sistemas acuáticos: el agua, el material disuelto y material particulado (en este el fitoplancton) (Kirk, 2011). El coeficiente de absorción de la luz por el fitoplancton es un parámetro esencial para poder estimar la relación existente entre la biomasa fitoplanctónica y la luz absorbida (Barocio *et al.*, 2006). Así mismo, permite evaluar la condición fisiológica de las células y como esta varía con la disponibilidad de luz y composición pigmentaria (Bricaud *et al.*, 2004).

La absorción del fitoplancton puede variar principalmente por dos factores: el efecto paquete (tamaño y forma) y la composición de los pigmentos (Wu *et al.*,

2007). El efecto paquete es un mecanismo de fotoprotección en el cual los pigmentos se concentran en la célula reduciendo el área posible de la incidencia de luz, por tanto la pérdida de incidencia de los pigmentos fotosintéticos en su capacidad de absorber la luz, en otras palabras, es un aplanamiento variable del espectro del coeficiente de absorción específico del fitoplancton [ $a_{ph}^*(\lambda)$ ] debido a que en el agua de mar el material biológico no se encuentra disuelto, sino contenido en partículas (Duysens, 1956; Nelson *et al.*, 1993; Wu *et al.*, 2007).

Para el análisis de la absorción de la luz se debe considerar el coeficiente de absorción total [ $a(\lambda)$ ] en términos de sus constituyentes (Mitchell *et al.*, 2002):

$$a(\lambda) = a_w(\lambda) + a_p(\lambda) + a_s(\lambda) \text{ (Ecuación 1)}$$

donde  $\lambda$  es la longitud de onda,  $a_w(\lambda)$  es la absorción debida al agua pura,  $a_p(\lambda)$  es la absorción por el material particulado y  $a_s(\lambda)$  por el material disuelto en el agua. La absorción debida al material particulado está dado por (Mitchell *et al.*, 2002):

$$a_p(\lambda) = a_{ph}(\lambda) + a_d(\lambda) \text{ (Ecuación 2)}$$

$$a_{ph}(\lambda) = a_p(\lambda) + a_d(\lambda) \text{ (Ecuación 3)}$$

donde  $a_{ph}(\lambda)$  representa la absorción por el fitoplancton y  $a_d(\lambda)$  la absorción por el material no vivo o detritus. La concentración de pigmentos en el fitoplancton

es la fuente dominante en la variabilidad de la absorción de la luz, ya que la Chla es el pigmento en mayor proporción en el fitoplancton esta es normalizada para poder describir su variabilidad:

$$a^*_{ph}(\lambda) = a_{ph}(\lambda)/ChlaT \text{ (Ecuación 4)}$$

donde  $a^*_{ph}(\lambda)$  se encuentra en unidades de área por unidad masa de pigmento [ $m^2 \text{ (mg Chla)}^{-1}$ ] y la concentración de ChlaT en  $mg \text{ m}^{-3}$ . La variabilidad de  $a^*_{ph}(\lambda)$  está en función del efecto paquete de los pigmentos y a diferencias en la pigmentación de los diferentes grupos fitoplanctónicos (Bricaud *et al.*, 1995).

### **Pigmentos fotosintéticos**

La concentración de los pigmentos (clorofilas, carotenoides y biliproteínas) pueden ser detectados utilizando espectrofotómetro UV-Vis o fluorímetros. Actualmente se tiene la capacidad de separar la Chla de otros pigmentos (caratenoides) basándose en el método de cromatografía líquida de alta precisión (HPLC por sus siglas en inglés) (Llewellyn *et al.*, 2005). El HPLC es una técnica rápida y apropiada para la separación e identificación de pigmentos del pico y nanofitoplancton, por tanto ha sido cada vez más utilizada, en especial para generar mapas a gran escala de los pigmentos, permitiendo así, estimar cuantitativamente la abundancia de cada clase del fitoplancton presente en los cuerpos de agua de una forma más rápida que con el uso de la microscopía (Andersen *et al.*, 1996; Mackey

*et al.*, 1998; Llewellyn *et al.*, 2005). Sin embargo, los resultados obtenidos pueden presentar algunas incertidumbres, ya que para una misma clase de fitoplancton el contenido de los pigmentos puede variar debido a los cambios de luz y temperatura, disponibilidad de nutrientes y a las distintas fases de crecimiento (Schlüter *et al.*, 2000; Eker-Develi *et al.*, 2008).

Mackey *et al.* (1996) introducen el programa CHEMTAX como un programa de tratamiento de datos para calcular la biomasa de cada clase algal presente en el área de estudio a partir de las concentraciones de los pigmentos del fitoplancton determinado por HPLC. El CHEMTAX utiliza el mejor ajuste de los datos para encontrar la razón óptima entre el pigmento: Chla y genera la fracción total de Chla perteneciente a cada grupo de pigmentos de una muestra determinado (Sarmiento y Descy, 2008). Este método se basa en que el fitoplancton contienen diferentes pigmentos y algunas de ellas cuentan con pigmentos característicos (pigmentos que se encuentran en varios grupos fitoplanctónicos, sin embargo su proporción en mayor en uno de ellos) o específicos (pigmentos que se encuentran exclusivamente en un grupo fitoplanctónico). Por ejemplo, la peridina es el pigmento específico de los dinoflagelados y la fucoxantina es el pigmento característico de diatomeas (Tabla I). Cada concentración de pigmento puede expresarse como un porcentaje de la Chla para una clase de microalga específica, con un adecuado factor de

conversión utilizado para estimar la distribución relativa de cada clase de algas en la muestra (Wright *et al.*, 1996).

La combinación de HPLC y CHEMTAX han sido una herramienta importante para el estudio de la comunidad fitoplanctónica. Sin embargo, se requiere tener conocimientos previos de los pigmentos y comunidad fitoplanctónica y en particular de la variación de la razón pigmento: Chla debido a cambios de factores físicos y químicos (luz y nutrientes) (Mackey *et al.*, 1996; Schlüter *et al.*, 2000; Irigoien *et al.*, 2004).

**Tabla I.** Símbolos, nombres, formulas y designación taxonómica de clorofilas, carotenos, suma de pigmentos y índices de pigmentos (modificado Wright y Jeffrey, 2006). Los pigmentos en negrilla son los que se escogieron como pigmento característico de cada grupo, y los que presentan un asterisco (\*) son los específicos para ese grupo algal.

<b>Símbolo</b>	<b>Pigmento</b>	<b>Grupos</b>
<b>Chla</b>	Clorofila <i>a</i> (alómeros y epímeros)	
<b>Chlb</b>	Clorofila <i>b</i>	<b>Clorofitas, Prasinofitas</b>
<b>Chlc<sub>1</sub></b>	Clorofila <i>c</i> <sub>1</sub>	Diatomeas
<b>Chlc<sub>2</sub></b>	Clorofila <i>c</i> <sub>2</sub>	Haptofitas, Dinoflagelados, Diatomeas
<b>Chlc<sub>3</sub></b>	Clorofila <i>c</i> <sub>3</sub>	Haptofitas
<b>Clofia</b>	Clorofilidae <i>a</i>	
<b>DvChla</b>	Divinil clorofila <i>a</i>	<b>Proclorofitas*</b>
<b>DvChlb</b>	Divinil clorofila <i>b</i>	Proclorofitas
<b>Alo</b>	Aloxantina	<b>Criptofitas*</b>
<b>But</b>	19'-Butanoiloxifucoxantina	Haptofitas
<b>Caro</b>	β, ε- carotenos	<b>Proclorofitas</b>
<b>Diad</b>	Diadinoxantina	Haptofitas, Dinoflagelados, Diatomeas
<b>Diato</b>	Diatoxantina	
<b>Fuco</b>	Fucoxantina	<b>Diatomeas, Haptofitas</b>
<b>Lut</b>	Luteina	Clorofitas
<b>Hex</b>	19'-Hexanoiloxifucoxantina	<b>Haptofitas</b>
<b>Per</b>	Peridina	<b>Dinoflagelados*</b>
<b>Viol</b>	Violoxantina	Clorofitas
<b>Zea</b>	Zeaxantina	<b>Cianofitas, Proclorofitas, Clorofitas</b>

<b>Símbolo</b>	<b>Suma de pigmentos</b>	<b>Formula</b>
<b>ChlaT</b>	Clorofila <i>a</i> Total	Chla + DvChla + Clofia
<b>ChlbT</b>	Clorofila <i>b</i> Total	Chlb + DvChlb
<b>ChlcT</b>	Clorofila <i>c</i> Total	Chlc <sub>1</sub> + Chlc <sub>2</sub> + Chlc <sub>3</sub>
<b>PFP</b>	Pigmentos fotoprotectores	Alo + Caro + Diadi + Diato + Lut + Viol + Zea
<b>PFS</b>	Pigmentos fotosintéticos	But + Fuco + Hex + Per
<b>Tcaro</b>	Total de pigmentos corotenoides	ChlaT + ChlbT + ChlcT + PFP + PFS
<b>PD</b>	Pigmentos diagnosticos	PFS + Alo + Chlb + Zea
<b>mPF-[ChlaT]</b>	Microfitoplancotn	(Fuco + Peri)/PD
<b>nPF-[ChlaT]</b>	Nanofitoplancton	(Hex + But + Alo)/PD
<b>pPF-[ChlaT]</b>	Picofitoplancton	(Zea + ChlbT)/PD

## Productividad primaria

Todos los organismos vivos necesitan material orgánico para mantener la actividad metabólica, los procesos de crecimiento y de reproducción. La fuente principal de carbono para la producción del material orgánico es el dióxido de carbono (Kremer, 1981).

La Productividad Primaria está controlada por varios factores tales como la luz, los nutrientes y la temperatura. La dependencia de la fotosíntesis por la luz puede ser analizada mediante el parámetro fotosíntesis-irradiancia (P-E) (Furuya *et al.*, 1998) y/o por el coeficiente de atenuación de la luz ( $K_d$ ) (Kirk, 2011). El  $K_d$  es una propiedad óptica aparente (POA) que describe la proporción de la luz que se va atenuando con la profundidad en el medio acuático (Kirk, 2011), este depende ópticamente de la materia orgánica disuelta (Kostoglidis *et al.*, 2005), el material particulado suspendido y la biomasa de fitoplancton (Mills *et al.*, 2002). La curva de P-E es un parámetro central para la medición, modelación y predicción de la fotosíntesis del fitoplancton, así como para la evaluación del estado fisiológico de la comunidad fitoplanctónica (Furuya *et al.*, 1998). La cuantificación de la composición y la biomasa del fitoplancton es esencial para evaluar el papel que presentan estos organismos en el ciclo global del carbono y para entender la estructura y la dinámica en los ecosistemas marinos (Llewellyn *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 2009).

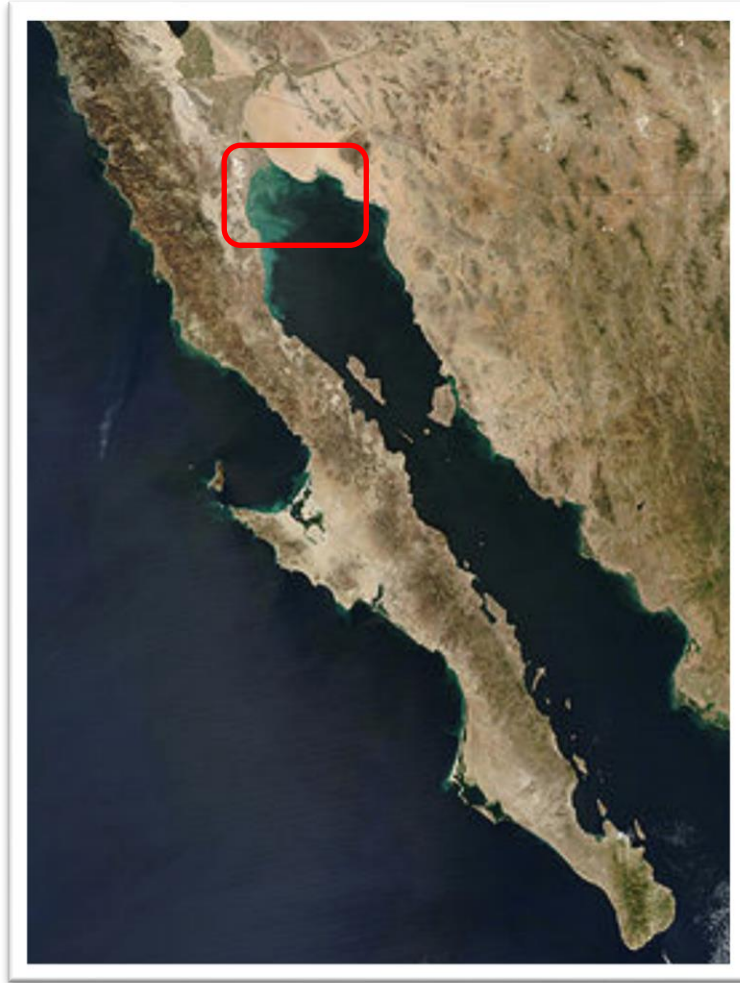
## Área de estudio

El Alto Golfo de California (AGC) (Fig. 1) es considerado como un área de gran fertilidad por su alta productividad primaria (Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991), lo que promueve una amplia diversidad de flora y fauna marina, así como es un área que incluye la distribución de especies endémicas como la Totoaba (*Totoaba macdonaldi*), la Vaquita (*Phocoena sinus*) y el bivalvo *Mulinia coloradoensis* (Avila-Serrano *et al.*, 2006), estas especies, actualmente se encuentran en peligro de extinción. Por otro lado, el AGC es el sitio de desove y maduración de especies como la sardina *Sardinops sagax* (Hammann *et al.* 1998; Lluch-Cota y Arias-Aréchiga, 2000), el camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*) (Calderón-Aguilera *et al.*, 2003) y el camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*) (Galindo-Bect *et al.* 2000).

El AGC es un sistema somero (<30 m de profundidad) con un rango de temperatura superficial de ~ 14°C en invierno a 32 °C en verano (Álvarez-Borrego y Galindo-Bect, 1974; Álvarez-Borrego *et al.*, 1975; Lavín *et al.*, 1998). Presenta condiciones de estuario inverso, caracterizado por salinidades de 35.4 en la áreas profundas del AGC y hasta de 39 en la áreas someras, como consecuencia de la entrada y flujo del Rio Colorado, donde la precipitación es casi nula y presenta altas tasas de evaporación (~1 m/año) (Castro *et al.*, 1994; Lavín *et al.*, 1998). El rango de marea en el AGC es de ~6 m durante mareas vivas y se desarrollan fuertes

corrientes de marea por encima de  $1 \text{ ms}^{-1}$  causando resuspensión del sedimento y elevada turbidez (Álvarez y Jones, 2002).

El Golfo de California (GC) es el único mar interno en el Pacífico Oriental. Es la región pesquera más importante en México y uno de los sistemas marinos más vigilados de cerca por el sector de la conservación en todo el mundo. Este ha sido sujeto a investigaciones y exploraciones por décadas (Lluch-Cota *et al.*, 2007). Desde el principio de sus estudios se ha caracterizado por ser una región de alta PP (valores hasta los  $50 \text{ gC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ) así como una alta concentración de Chla (con valores hasta los  $50 \text{ mg m}^{-3}$ ) (Zeitzschel, 1969; Álvarez-Borrego *et al.*, 1987; Valdez-Holguín y Lara-Lara, 1987; Lara-Lara y Valdez-Holguín, 1988; Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991; Lara-Lara *et al.*, 1993; Millán-Núñez *et al.*, 1993; Gaxiola-Castro *et al.*, 1995; Gaxiola-Castro *et al.*, 1999; Valdez-Holguín *et al.*, 1999). Estas altas concentraciones de PP y Chla se deben a: 1) un aporte de nutrientes a la zona eufótica (Álvarez-Borrego *et al.*, 1978) debido al resultado de una fuerte energía cinética de turbulencia (Gilbert y Allen, 1943; Santamaría-del Ángel *et al.*, 1992; Lavín *et al.*, 1995); 2) a la surgencia estacional en el GC (Zeitzschel, 1969) lo que promueve el crecimiento del fitoplancton, en especial de los organismos del nanofitoplancton (Lara-Lara *et al.* 1993) y 3) la producción biológica de los ecosistemas pelágicos (Gaxiola-Castro *et al.*, 2002).



**Figura 1.** Ubicación del Alto Golfo de California (rectángulo rojo).

Para la región norte del Golfo de California, Álvarez-Borrego *et al.*, (1987) observaron que se presentó una alta razón de asimilación en la parte superficial [ $17.6 \text{ mgC (mgChla)}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ] y fue disminuyendo con la profundidad hasta los  $2 \text{ mgC (mgChla)}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , en tanto que la concentración de Chla fue mayor a los 20 m de profundidad con  $1.6 \text{ mg m}^{-3}$  y menor a los 40 m con  $0.56 \text{ mg m}^{-3}$ , en la parte superficial la Chla fue de  $1.06 \text{ mg m}^{-3}$ . No obstante, Valdez-Holguín *et al.* (1999) analizaron los datos de la relación P-E, con el objetivo de proponer valores promedios de los parámetros fisiológicos para estimar la PP en larga escala (tiempo y espacio), es así que ellos recomiendan los siguientes promedios para condiciones de “invierno” ( $T^{\circ}\text{C}$  superficial  $< 22^{\circ}\text{C}$ ): un  $P_{bmax} = 9.6 \pm 2.4 \text{ mgC (mgChla)}^{-1} \text{ h}^{-1}$  superficial, con una variación lineal entre éste y  $3.7 \pm 0.3$  en la mitad de la zona eufótica ( $z_e$ ), y luego un valor constante para aguas más profundas; un solo valor de  $\alpha^*_{inc} = 0.029 \pm 0.004 \text{ mgC (mgChla)}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ h}^{-1} (\mu\text{mol cuanta m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$  (pendiente inicial de la curva P-E); y  $\phi_{max} = 0.06 \pm 0.01 \text{ molC (mol cuanta)}^{-1}$  (eficiencia cuántica de la fotosíntesis). Para condiciones de “verano” se recomiendan: un  $P_{bmax} = 3.7 \pm 0.3$  superficial, con una variación lineal entre éste y  $1.5 \pm 0.2$  en la mitad de la  $z_e$ , y otra variación lineal entre la última y  $0.4 \pm 0.1$  en el fondo de la  $z_e$ ; una  $\alpha^*_{inc} = 0.013 \pm 0.001$  superficial, con una variación lineal entre ésta y  $0.001$  en el fondo de la  $z_e$ ; y un solo valor  $\phi_{max} = 0.014 \pm 0.002$ .

El AGC es afectado por las aguas del Delta del Río Colorado, Millán-Núñez *et al.* (1999), reportaron una alta PP en una serie de tiempo con una tendencia a incrementarse durante la transición de mareas, con valores hasta de  $76 \text{ mg C (mgChla)}^{-1} \text{ h}^{-1}$ . Adicionalmente, las concentraciones de Chla y la abundancia del fitoplancton fueron mayores hacia la costa de Baja California que en la costa de Sonora, con concentraciones de  $2.6\text{--}18.2 \text{ mg m}^{-3}$  y  $1.8\text{--}12.7 \text{ mg m}^{-3}$  y de 274 y 166  $\text{cel mL}^{-1}$ , respectivamente. En la serie de tiempo, el grupo de los dinoflagelados fue más abundante que las diatomeas. Los autores concluyen que las variaciones de la concentración de Chla, abundancia del fitoplancton y productividad primaria estuvieron fuertemente regidas por los efectos ocasionados por las corrientes de marea.

La concentración de Chla para la época de primavera en la zona central y alta del GC (entre los  $29^\circ$  y  $31^\circ$  N y los  $112^\circ$  y  $115^\circ$  W) presenta valores bajos con una tendencia de aumentar hacia la costa de Baja California y Sonora, los valores máximos registrados han sido de  $40 \text{ mg m}^{-3}$  y los menores de  $1.6 \text{ mg m}^{-3}$  (Gendrop-Funes *et al.*, 1978). Los valores altos son debidos al proceso de mezcla en la parte somera de la zona y a los amplios rangos de mareas, así como al sistema de corrientes para la zona norte del Golfo. Para verano la circulación de las masas de agua sigue una trayectoria de norte a sur, presentando un remolino al centro de características anti-ciclónicas, con hundimientos de masas de agua en el centro del

remolino y posteriormente hacia la costa ocasionando un sistema de surgencias (Gendrop-Funes, *et al.*, 1978). Así mismo, Cervantes-Duarte *et al.* (1993) encuentra para la parte central del GC (entre los 25° y 27° N) valores de Chla superficiales que van desde 0.8 a 3 mg m<sup>-3</sup> y los subsuperficiales de 1.0 a 4.8 mg m<sup>-3</sup>, que asocia a un frente térmico el cual regula, en gran parte la fertilidad del área de estudio y por tanto, tiene una gran significancia en la distribución espacial y vertical de los organismos fitoplanctónicos.

La variación estacional de la biomasa del fitoplancton está fuertemente relacionada con el esfuerzo del viento en el centro y norte del GC, principalmente durante invierno y primavera (Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991). López-Calderon *et al.* (2008) observaron la variabilidad y estructura del viento con base a los datos usados del sensor remoto SeaWiFS (1 km) y QuikSCAT (1 día) y la relacionaron a la concentración de Chla superficial obtenida por imágenes diarias de SeaWiFS-LAC. Los autores encontraron que la dirección del viento tiene un patrón bimodal, con con al menos dos principales direcciones del viento, tanto en invierno (N-NE y S) y verano (N y E), así mismo observaron un gran número de estructuras de mesoescala (remolinos) en verano y el invierno, los cuales viajan a lo largo del norte GC aumentando el intercambio de material en suspensión (plancton y nutrientes), sin embargo la cantidad de Chla en los remolinos ciclónicos y anticiclónicos no depende de la estructura de los remolinos (bomba de Ekman) sino más bien de las

características (nutrientes y concentración de Chl<sub>a</sub>) de las masas de agua donde los remolinos son originarios. Hernández-Becerril (1985) estudió la estructura del fitoplancton del GC en su parte central y norte, mediante el conocimiento de su composición específica y pigmentaria (razón D430/D665). Los autores reportaron que el nanoplancton, en su mayor parte coccolitofóridos, fueron muy abundantes en condiciones estables de la columna de agua, y en las estaciones que presenta características oceánicas. Así mismo, indican que las altas densidades de diatomeas (hasta 139000 cel L<sup>-1</sup>), junto con una gran variedad de otros taxas, se relacionaron con una alta concentración de nutrientes, sobre todo silicatos. La razón pigmentaria se relacionó con la composición del fitoplancton, reflejando dos tipos de comunidades: la primera donde la razón D430/D665 es baja (2.91-3.06) presentando una alta abundancia de *Chaetoceros* spp., *Skeletonema costatum* y *Astetionella dacialis* caracterizando una comunidad de fitoplancton poco madura, cuyos integrantes tienen un crecimiento rápido respondiendo a concentraciones altas de nutrientes. Y la segunda comunidad, donde la razón fue alta (3.70-7.71) la cual estuvo relacionada a microflagelados (principalmente coccolitofóridos) y pequeños dinoflagelados (e. g. *Oxytoxum variabile* y *Agmenellum cuadruplicatum*), lo que refleja una comunidad más estable y en un estado de sucesión avanzado.

Millán-Núñez (1992) estudió la comunidad fitoplanctónica de la parte norte del Golfo a diferentes profundidades para poder establecer la distribución espacial

cualitativa y cuantitativa del fitoplancton. El autor observó que la comunidad del nanofitoplancton presentó la mayor abundancia en el área de estudio, así mismo, el grupo de los dinoflagelados se distribuyeron a lo largo de la zona de muestreo, con un intervalo de valores de 150-18000 cel L<sup>-1</sup>. Sin embargo, el autor observó que en algunas estaciones se presentaron una gran densidad de células menores de 20 µm, correspondiendo a esta fracción las especies de *Chetoceros curvisetus*, *Chetoceros lonznzianus* y *Skeletonema costatum*, lo que dedujo que este florecimiento de células pequeñas (< 20µm) posiblemente se debió a que la comunidad de diatomeas se encontró en una etapa sucesional temprana.

La abundancia fitoplanctónica en el GC ha sido estudiada mediante el microscopio invertido, sin embargo, Millán-Núñez *et al.* (1998) estudiaron la variabilidad de la comunidad fitoplanctónica mediante la técnica de HPLC además de su relación con el coeficiente de absorción de la luz. Los autores observaron que las estaciones que se presentaron cerca de las grandes islas tuvieron una alta concentración de clorofila c y fucoxantina indicándola dominancia de diatomeas. En forma general encontraron que el pigmento fotoprotector zeaxantina tiene una alta correlación con el  $a_{ph}^*$ , así como los cambios en la composición de los pigmentos y la concentración celular fueron responsables por más del 70% de la variabilidad del coeficiente de absorción a los 440nm. Adicionalmente, estimaron la razón Chla/biovolumen, la cual decrece a medida que el tamaño celular (biovolumen)

incrementa, donde las células grandes no mantienen igual concentración de Chla por célula a comparación de las células pequeñas; por tanto en la células grandes el  $a^*_{ph}$  decrece. Con base a este estudio los autores concluyeron que el  $a^*_{ph}$  en el GC varía en función de los pigmentos celulares, la concentración de Chla y el volumen celular del fitoplancton, lo que indica la importancia de ambas variaciones taxonómicas (tamaño y pigmentos accesorios), así como las respuestas a las variaciones ambientales.

**Hipótesis**

El AGC se ha reportado como un área muy productiva, sin embargo son pocos los estudios realizados sobre la comunidad y biomasa fitoplanctónica, razón carbono: clorofila, producción primaria y concentración de pigmentos. Se realizarán dos cruceros en primavera de dos años consecutivos en el AGC, y se espera que no haya diferencias entre la abundancia y composición del fitoplancton, así como en las variables medidas en los dos muestreos.

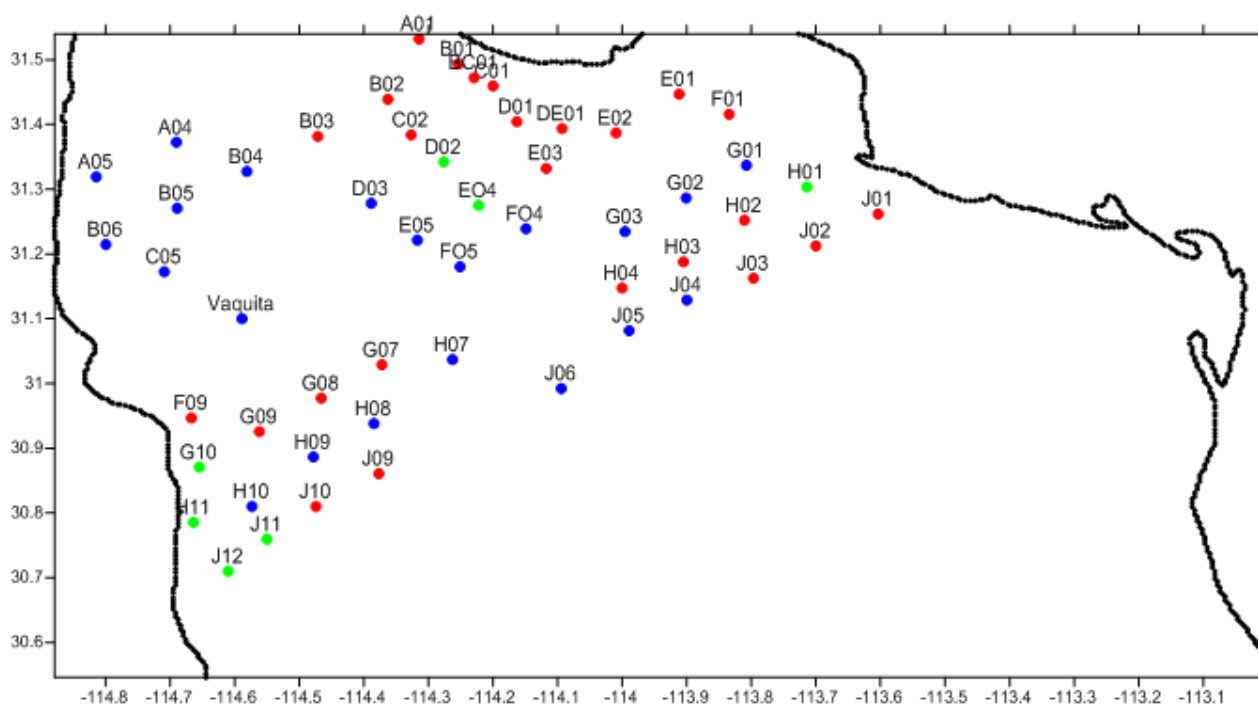
**Objetivos**

Estimar la abundancia, biomasa carbónica, productividad primaria, coeficientes de absorción de luz y pigmentos del fitoplancton, en el AGC para las primaveras del 2010 y 2011.

## Material y Métodos

### Área de estudio

Durante los cruceros PANGAS 1006 (mayo-junio 2010) y PANGAS 1103 (marzo-abril 2011) abordo del B/O Francisco Ulloa del CICESE, se tomaron muestras en 57 estaciones en el AGC comprendida entre los 30 y 32 °N y entre los 113 y 115°W (Fig. 2).



**Figura 2.** Alto Golfo de California y ubicación de la estación de muestreo: estaciones del año 2010 (círculo rojo), 2011 (círculo azul) y estaciones visitadas en ambos años (círculo verde).

## Muestreo

Se realizaron 2 cruceros oceanográficos durante mareas muertas en el R/V Francisco de Ulloa, bajo el proyecto *Pesquerías de pequeña escala en el Alto Golfo de California: construyendo puentes entre los procesos humanos y biofísico*, PANGAS (<http://pangas.arizona.edu/es/inicio>). El primero crucero, PANGAS 2010, se realizó durante los días del 1 al 8 de junio del 2010 en una malla de 30 estaciones (Fig. 2) y el segundo crucero, PANGAS 2011, durante los días del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 en una malla de 28 estaciones (Fig. 2). Las variables físicas: temperatura, salinidad y presión fueron medidas con un CTD SeaBird911plus (conductividad, temperatura y perfiles de profundidad). El CTD estaba equipado con un fluorímetro, donde se registraron los perfiles de clorofila en la zona eufótica. Basados en estos perfiles y en la profundidad de cada estación, se determinaron 4 profundidades (Superficie, encima del pico máximo de clorofila, en el pico máximo de clorofila y por debajo del pico máximo de clorofila). En cada una de estas profundidades se obtuvieron muestras de agua con botellas Niskin de 5 litros de capacidad. A partir de estas muestras de agua tomadas durante el día (entre las 8 am y 4 pm) se realizaron análisis para la biomasa fitoplanctónica, pigmentos fitoplanctónicos, coeficiente de absorción del material particulado, productividad primaria y carbono orgánico particulado.

Así mismo para los días de muestreo de cada uno de los cruceros PANGAS se procesaron imágenes MODIS para la base de datos de temperatura (SST) con una resolución espacial de 1 km. Las imágenes fueron contruidas mediante una proyección cilíndrica equidistante y los productos fueron procesados mediante el software SeaDAS V5.5 utilizando algoritmos estándares.

Se obtuvieron los datos promedios de vientos para los días muestriados de cada uno de los cruceros. Los datos de vientos con una resolución horizontal de 0.25 0.25 y muestras cada 6 h fueron obtenidas del producto llamado “Cross-Calibrated Multiplatform (CCMP) Ocean Surface Wind Velocity Product for Meteorological and Oceanographic Applications” [Atlas et al., 2011; <ftp://podaac-ftp.jpl.nasa.gov/OceanWinds/ccmp/L3.0>].

### **Biomasa fitoplanctónica**

De cada profundidad se colectaron 250 ml de agua de mar en botellas oscuras Nalgene. A cada una de las muestras se le agregó una solución ionizada de lugol neutro con base de acetato de sodio en una razón de 1:100 (Edler y Elbrächter, 2010).

Se utilizó la técnica descrita por Utermöhl (1958) para cuantificar e identificar las células presentes, usando un microscopio invertido con contraste de fases marca Carl Zeiss.

El biovolumen de cada taxón se calculó a partir de las dimensiones y formas de cada célula de acuerdo a Hillebrand *et al.* (1999). El número de células medidas dependerá de la abundancia de cada uno de los géneros presentes en las muestras, sin embargo el intervalo puede variar de 20 a 500 células (Garibotti *et al.*, 2003). El volumen celular ( $\mu\text{m}^3$ ) se convierte a fito-C (pg C) de acuerdo a la regresión descrita por Menden-Deuer and Lessard (2000):

Diatomeas  $\log C = -0.541 + 0.811 (\log V)$  (Ecuación 5)

Diatomeas  $>3000 \mu\text{m}^3$   $\log C = -0.933 + 0.864 (\log V)$  (Ecuación 6)

Dinoflagelados  $\log C = -0.353 + 0.881 (\log V)$  (Ecuación 7)

Clorofitas, euglenofitas, prasinofitas  $\log C = -1.026 + 1.088 (\log V)$  (Ecuación 8)

Pequeños flagelados, criptofitas, cianofitas  $\log C = -0.583 + 0.860 (\log V)$  (Ecuación 9)

### **Pigmentos fitoplanctónicos y CHEMTAX**

Para el análisis de la concentración de los pigmentos, de cada profundidad se filtró 1L de agua de mar en filtros GF/F de 25 mm de diámetro. Los filtros fueron doblados y colocados en papel aluminio, y almacenados en nitrógeno líquido para su posterior análisis en laboratorio. La extracción de los pigmentos se hizo con acetona al 100% que contenía el estándar interno Trans beta apo-caroteno. Los extractos del pigmentos se filtraron con filtros acrodiscos de  $0.2 \mu\text{m}$  e inyectados al HPLC marca Varian equipada con una columna Hypersil MOS2 RP-C8 (150 x 4.6

mm y 3.5  $\mu\text{m}$  de poro), utilizando un sistema de gradiente de dos solventes, siguiendo la metodología descrita por Barlow *et al.* (1997): (a) 70:30 metanol: 1 M acetato de amonio (v/v); (b) metanol al 100% a un flujo de 1 mL min<sup>-1</sup>.

La estimación de la contribución de los diferentes grupos fitoplanctónicos a la clorofila *a* total (Chl*a*T) se realizó utilizando el programa CHEMTAX (Mackey *et al.*, 1996). La Chl*a*T es el resultado de la suma de las concentraciones de Chl*a* que fue determinado por el HPLC, incluyendo la Clorofilidae *a* y el divinil clorofila *a*.

Con el programa CHEMTAX se utilizan tres matrices. La primera matriz contiene la concentración de pigmentos que se presenta en la muestra. La segunda matriz, que es llamada matriz inicial, contiene la proporción entre los pigmentos accesorios y Chl*a* para cada grupo algal que se encontró en la muestra. En la tercera matriz se definen los pigmentos accesorios con relación a la Chl*a*. En la segunda matriz se incluyen los grupos fitoplanctónicos que han sido identificados previamente en la BSQ observadas por el microscopio (Tabla II).

**Tabla II.** Razón pigmento: clorofila usado en el CHEMTAX: (a) Matriz inicial, y (b) Matriz final. Chlc<sub>3</sub> (Clorofila c<sub>3</sub>); Chlc<sub>2</sub> (Clorofila c<sub>2</sub>); Peri (peridinina); But (But-fucoxantina); Fuco (fucoxantina); Prasi (prasincoxantina); Viol (violaxantina); Hex (hexfucoxantina); Diad (diadinoxantina); Alo (aloxantina); Diat (diatoxantina); Zea (zeaxantina); Lut (luteina); Chlb (clorofila b); DvChla (divinil clorofila a)

(a)	Chlc <sub>3</sub>	Chlc <sub>2</sub>	Peri	But	Fuco	Prasi	Viol	Hex	Diad	Alo	Diat	Zea	Lut	Chlb	DvChla
Diatomeas		0.287			0.400				0.126		0.035				
Dinoflagelados		0.034	0.155						0.114		0.027				
Haptofitas	0.056	0.136		0.003	0.217			0.255			0.031				
Clorofitas												0.003	0.011	0.247	
Criptofitas		0.085								0.172					
Prasinofitas						0.092	0.070						0.004	0.500	
Cianofitas												0.283			
Proclorofitas												0.146			1
(b)	Chlc <sub>3</sub>	Chlc <sub>2</sub>	Peri	But	Fuco	Prasi	Viol	Hex	Diad	Alo	Diat	Zea	Lut	Chlb	DvChla
Diatomeas		0.101			0.392				0.054		0.023				
Dinoflagelados		0.03	0.135						0.151		0.023				
Haptofitas	0.035	0.106		0.002	0.160			0.216			0.019				
Clorofitas												0.002	0.009	0.144	
Criptofitas		0.093								0.280					
Prasinofitas						0.054	0.036						0.001	0.268	
Cianofitas												0.261			
Proclorofitas												0.051			0.468

### **Carbono orgánico particulado**

Se utilizó el análisis de CHN (carbono: hidrógeno: nitrógeno) con el fin de conocer el POC (carbono orgánico particulado). En campo se filtró un volumen de agua (~300-400 ml), en cada una de las profundidades, a través de un filtro de fibra de vidrio (GF/F) los cuales fueron previamente calcinados a 450°C por 30 minutos y mantenidos en desecación hasta su uso. Los filtros con la muestra se colocaron en viales de centelleo y fueron almacenados en congelador hasta su análisis con un analizador de carbono marca UIC Inc. Modelo CM150.

### **Coefficiente de absorción de luz por el fitoplancton**

El coeficiente de absorción de luz por el material particulado  $a_p(\lambda)$  se obtuvo por medio de la técnica de filtro cuantitativo (QFT) descrito por Mitchell *et al.* (2000). Para tal fin, el análisis de las muestras para el crucero del 2010 se utilizó un espectrofotómetro Perkin Elmer Lambda 10, equipado con esfera integradora, mientras que para las muestras para el crucero del 2011 se utilizó un espectrofotómetro SHIMADZU UV-2401 PC, equipado con una esfera integradora. Para cada muestra se realizaron dos barridos entre 400 a 750 nanómetros (nm), con incrementos de 1 nm. En el primer barrido se midieron los coeficientes de absorción del material particulado  $[a_p(\lambda)]$  y en el segundo los coeficientes de absorción del detritus o material no pigmentado  $[a_d(\lambda)]$ . Para este último, después de la primera lectura, los filtros con las muestras se colocaran en un sistema de filtración y se les agregó metanol caliente en dos periodos de 15 minutos. Al término de las

extracciones se enjuagaron con agua de mar filtrada y seguidamente se realizó la lectura. La diferencia de estos dos coeficientes  $a_p(\lambda)$  y  $a_d(\lambda)$  (Ecuación 3) dará como resultado el coeficiente de absorción del fitoplancton,  $a_{ph}(\lambda)$ .

El  $a_p(\lambda)$  y el  $a_d(\lambda)$  se calcularon utilizando las siguientes ecuaciones, debido al ajuste del espectrofotómetro:

$$a_p(\lambda) = 2.303/(Vf/Ac) * [A(DO_p(\lambda) - DO_{nul}) + B\{DO_p(\lambda) - DO_{nul}\}^2] \quad (\text{Ecuación 10})$$

$$a_d(\lambda) = 2.303/(Vf/Ac) * [A(DO_d(\lambda) - DO_{nul}) + B\{DO_d(\lambda) - DO_{nul}\}^2] \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde:

$DO_p$  = Densidad óptica del material particulado (primera lectura del espectrofotómetro).

$DO_d$  = Valores de  $a_d(\lambda)$  (segunda lectura del espectrofotómetro, después del lavado de los filtros con metanol).

$Vf$  = Volumen filtrado ( $m^3$ ).

$Ac = \pi * (Dfm/2)^2$ ; área efectiva de filtración ( $m^2$ ).

$Dfm = Df/1000$  (conversión de mm a m);  $Df$  = diámetro del filtro (mm).

A y B son los coeficientes de la ecuación cuadrática que ajusta el factor de amplificación  $\beta$ . Para el espectrofotómetro que se utilizó  $A = 0.4068$  y  $B = 0.368$ .

$DO_{nul}$  = valores de densidad óptica del punto nulo (null point), considerando a 750 nm.

Para calcular  $a_{ph}^*(\lambda)$  [ $m^2(mg\ Chla)^{-1}$ ] se dividió el  $a_{ph}(\lambda)$  entre la concentración de ChlaT obtenida mediante HPLC (Ecuación 4), donde ChlaT es la suma de las concentraciones de clorofilide a, la monovinil y divinil Chla (Trees *et al.*, 2000).

Para las muestras que llegaran a presentar  $a_d(\lambda) > a_{ph}(\lambda)$  en la región azul del espectro, se les aplicará la corrección propuesta por Hoepffner y Sathyendranath (1993).

### **Productividad Primaria**

Se realizaron experimentos de PP mediante curvas P-E utilizando el método de  $^{14}C$  (Steeman Nielsen, 1952). Los experimentos se realizaron a bordo del buque, donde las muestras de agua fueron incubadas por 1.5 horas simulando 12 niveles de luz. Las intensidades de luz se midieron con un sensor de luz. Se utilizaron botellas claras con 1  $\mu Ci$  de bicarbonato de sodio radioactivo. Al término de la incubación, el agua de cada botella se filtró a través de filtros de membrana de 0.45  $\mu m$  de luz y 25 mm de diámetro, los cuales fueron expuestos a vapores de HCl concentrado por 15 segundos, para liberar el carbono inorgánico marcado no incorporado. Los filtros se depositaron en viales de centelleo que contenían 15 mL de Betaphase y se analizaron en un contador de centelleo líquido LS 5000 TD. El

cálculo de la productividad primaria se realizó siguiendo lo descrito por Parsons *et al.* (1984):

$$PP \text{ (mg C/m}^3\text{/hr)} = \frac{(R_s - R_b) \times W}{R \times N} \quad \text{(Ecuación 12)}$$

donde,  $R$  es el total de actividad (dpm) del bicarbonato añadido;  $N$  es el número de horas de incubación;  $R_s$  conteo de la muestra (dpm);  $R_b$  es el conteo del blanco (dpm) y  $W$  es el peso del total del dióxido de carbono dado en  $\text{mg C/m}^3$ .

$$W = 12.000 \times TC \quad \text{(Ecuación 13)}$$

donde,  $TC$  es el total de dióxido de carbono.

Los valores de PP fueron estandarizados a la concentración de ChlaT estimada por HPLC (PP/ChlaT) por lo cual, las unidades resultantes fueron  $\text{mg C (mgChlaT)}^{-1} \text{ h}^{-1}$ .

## **Análisis estadístico**

### ***Asociación entre los pigmentos accesorios, el coeficiente de absorción y el carbono particulado sobre la Clorofila a Total***

Con la finalidad de observar la asociación entre la ChaT y la concentración de pigmentos accesorios, se utilizaron dos aproximaciones: la primera fue por el coeficiente de correlación lineal de Pearson ( $r_{Pearson}$ ); y la segunda se utilizó la pendiente ( $b_1$ ) significativa de un modelo lineal ( $y = b_0 + b_1x$ ), donde la variable independiente es la concentración de pigmentos accesorios y la variable

dependiente es la ChaT. La significancia de  $b_1$  se probó al realizar un ensayo de hipótesis mediante la prueba t (student). En ambos casos se comprobó la significancia de la asociación usando un error de  $\alpha = 0.05$ .

Por otro lado para poder predecir la ChaT con respecto a la concentración de pigmentos accesorios se realizó la significancia global del modelo lineal con una prueba F (Fisher) con un error de  $\alpha = 0.05$ .

De la misma manera estas dos aproximaciones se realizaron para determinar la asociación del coeficiente de absorción de la luz por el fitoplancton y la ChlaT, siendo esta última la variable independiente. Para poder establecer esta asociación entre las dos variables, los datos se normalizaron a  $\text{Log}_{10}$ , con el fin de obtener las mismas unidades de medición entre las dos variables.

Para poder establecer la relación entre la cantidad de carbono por célula y la ChlaT, los datos, el volumen y el carbono medido se transformaron a  $\text{Log}_{10}$  previo a los análisis (Sokal and Rohlf 1981). Para determinar la relación C:ChaT se realizaron igualmente las dos aproximaciones anteriormente mencionadas para la relación pigmentos ChlaT.

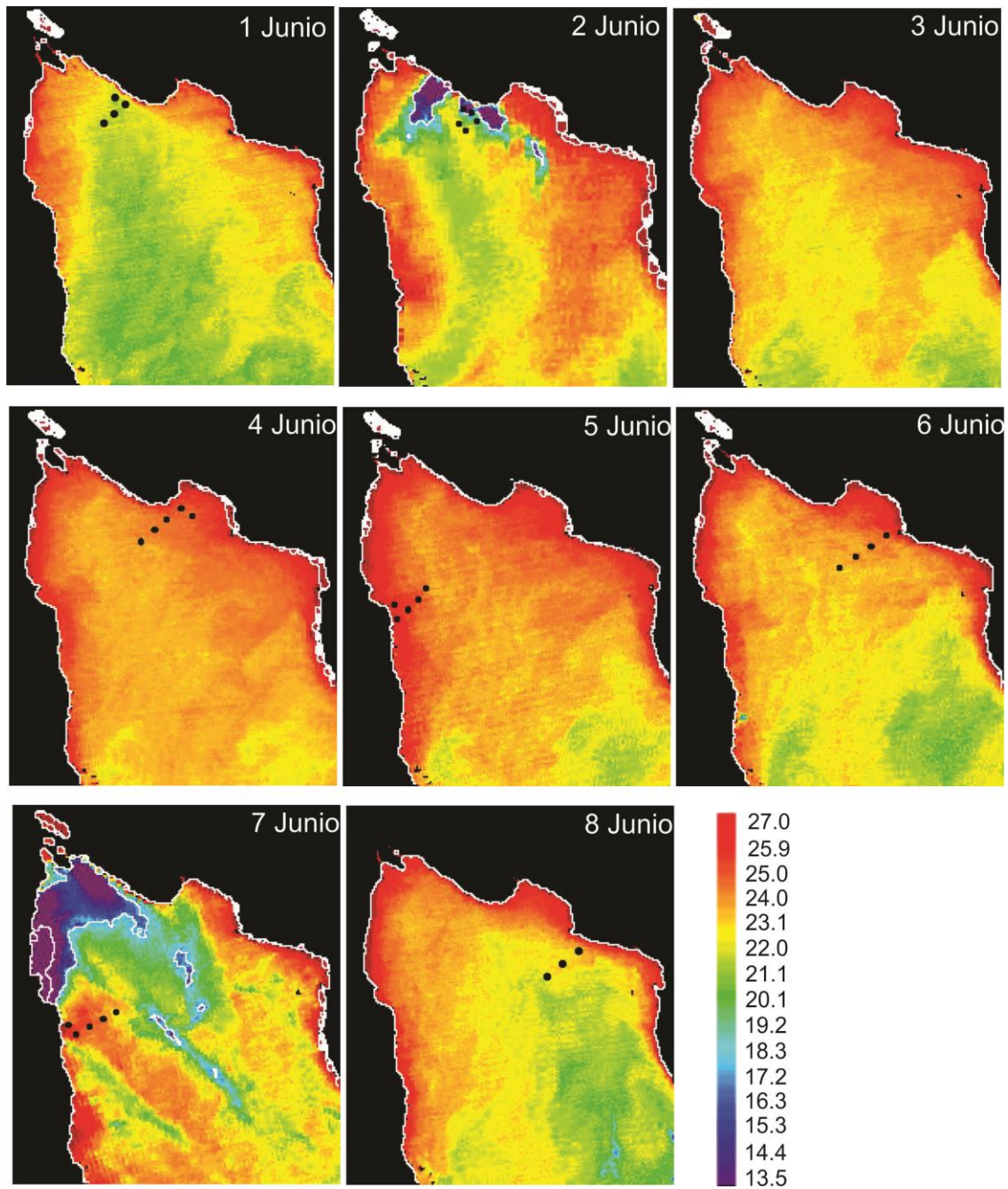
## Resultados

### *Pangas 2010*

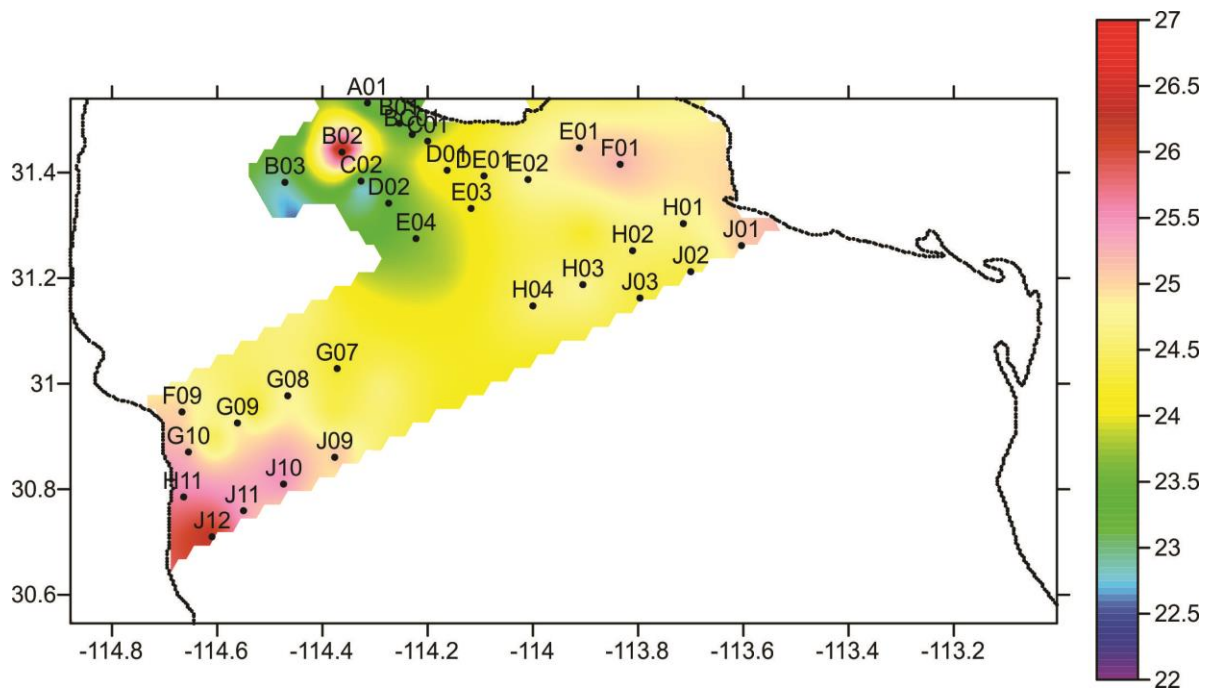
Durante el muestreo de Pangas 2010, la temperatura superficial del mar se determinó mediante imágenes diarias del sensor MODIS, las cuales mostraron que el 1 y 2 de junio estuvieron entre los 23 a 24 °C, y fueron aumentando gradualmente iniciando en la costa de Sonora hasta cubrir casi toda el área de estudio entre el 4 y 5 de junio. A partir de ese día las temperaturas vuelven a bajar alcanzando valores hasta de 13 °C, para el día 7 de junio (Fig. 3).

En la figura 4, se pueden observar los valores de temperatura superficial en cada uno de las estaciones de muestreo, obtenidas *in situ* por el CTD. Las estaciones ubicadas en la parte sur hacia el lado de Baja California presentaron valores por encima de los 25 °C, así como la estación B02, F01 y J01 que se ubican hacia la costa de Sonora. El resto de las estaciones presentan temperaturas por debajo de los 24.5 °C.

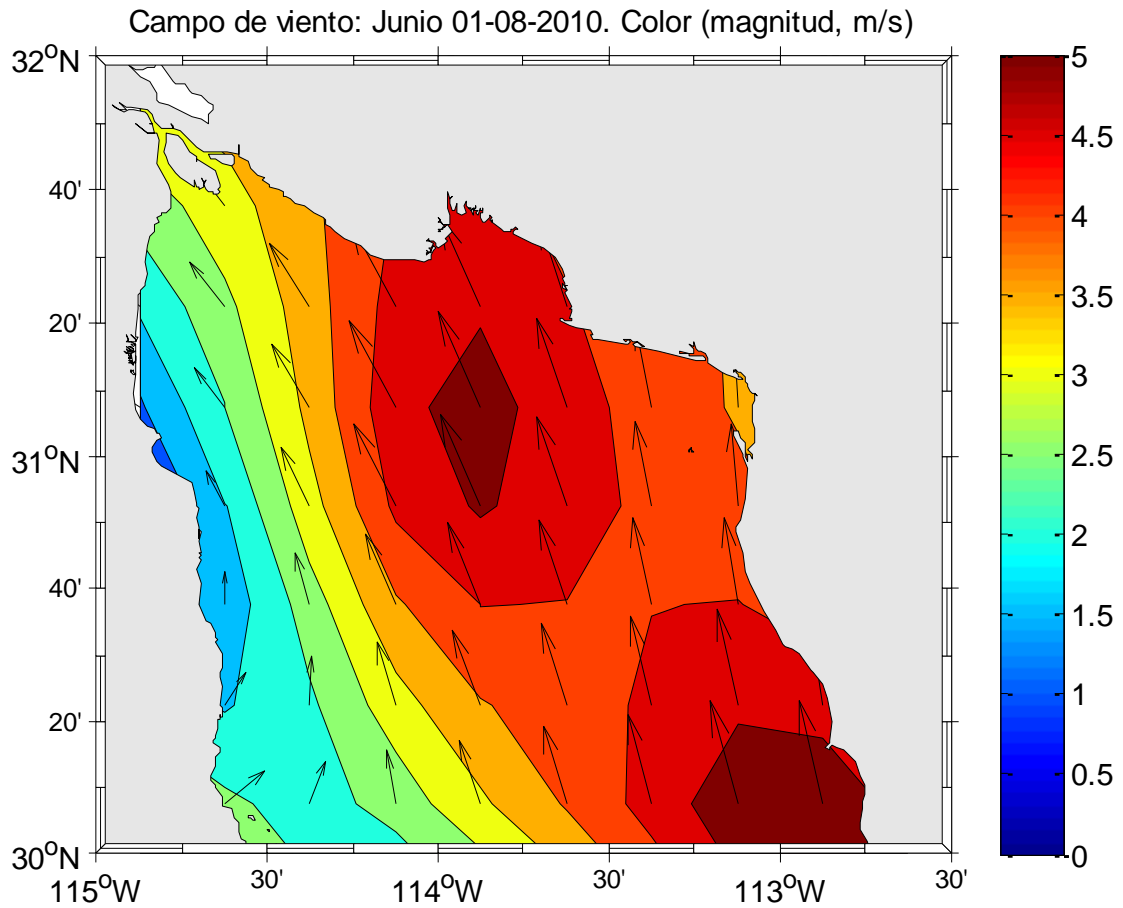
La dirección y la magnitud del viento se observa en la figura 5. Donde el viento presentó una magnitud hasta los 5 m/s para la costa de Sonora con una dirección de Sur a Norte con 2 m/s para la costa de Baja California, dirigiéndose de Sur al Norte con una ligera corvatura hacia el oeste.



**Figura 3.** Imágenes de temperatura (°C) del sensor MODIS para los días del 1 al 8 de junio del 2010. Los puntos negros indican la posición de las estaciones muestreadas cada día.



**Figura 4.** Temperatura (°C) superficial *in situ* (obtenidas por CDT) para los días del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de muestreo del AGC.



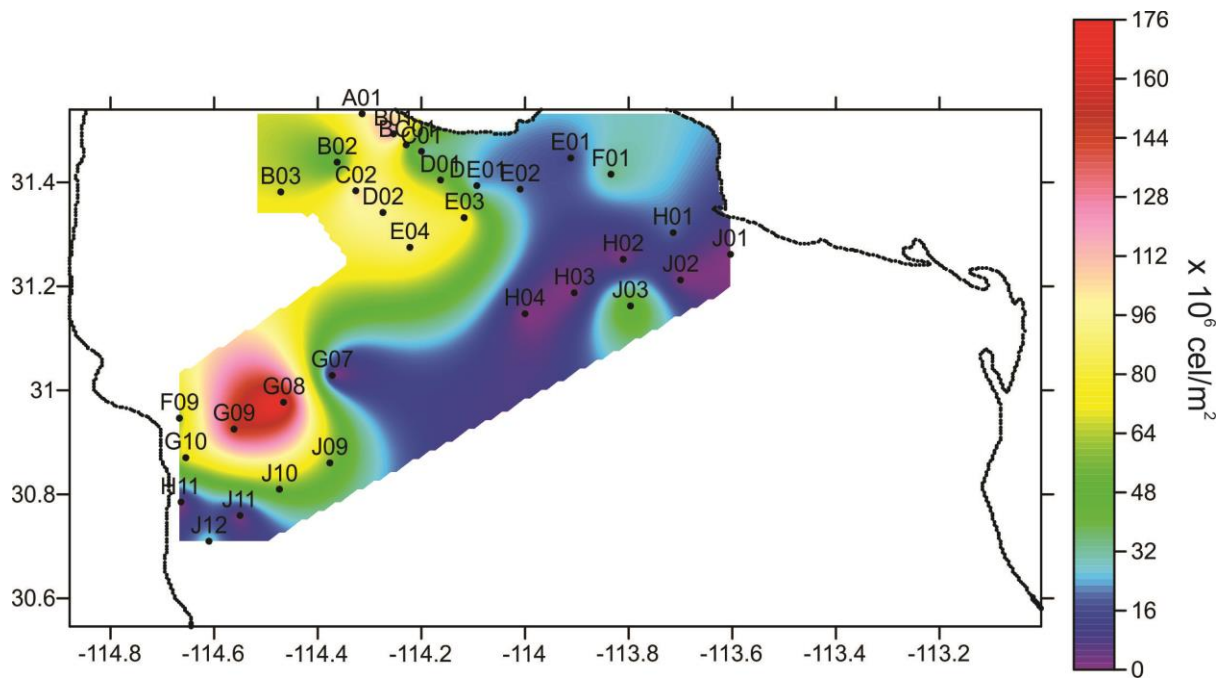
**Figura 5.** Dirección y magnitud del viento del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.

### ***Biomasa fitoplanctónica***

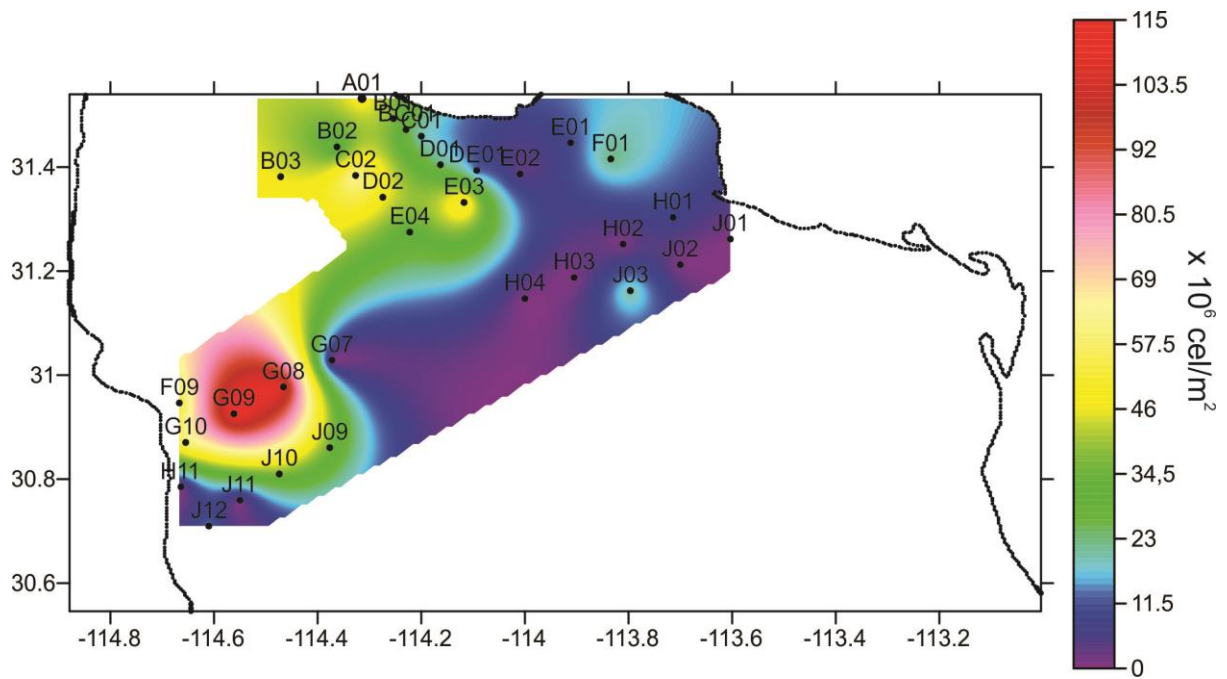
La abundancia fitoplanctónica total en la columna del agua para cada estación de muestreo se presenta en la figura 6. Las mayores abundancias se encontraron en las estaciones G08 y G09 ( $175,840 \times 10^6$  cel/m<sup>2</sup> y  $149,420 \times 10^6$  cel/m<sup>2</sup>, respectivamente), seguidas de las estaciones ubicadas hacia la parte norte de Sonora con valores hasta  $100 \times 10^6$  cel/m<sup>2</sup>.

Por medio del microscopio invertido se observaron 7 grupos fitoplanctónicos: Diatomeas, Dinoflagelados, Crisofitas, Euglenofitas, Clorofitas, Criptofitas y Cianofitas. El grupo de las Diatomeas y los Dinoflagelados fueron los que presentaron mayor abundancia durante todo el muestro ( $755.49 \times 10^6$  cel/m<sup>2</sup> y  $382.22 \times 10^6$  cel/m<sup>2</sup>, respectivamente).

Las diatomeas fueron las de mayor abundancia en toda la columna del agua en las estaciones de la parte norte de la zona de muestreo, en especial las estaciones G08 y G09 ( $108.58 \text{ cel/m}^2 \times 10^6$  y  $114.64 \text{ cel/m}^2 \times 10^6$ , respectivamente) (Fig. 7), donde los géneros más abundantes fueron para la estación G08: *Rhizosolenia* sp. ( $46.46 \text{ cel/m}^2 \times 10^6$ ) y *Gramophora* sp. ( $14.54 \text{ cel/m}^2 \times 10^6$ ) y en la estación G09: *Chaetoceros* sp. ( $31.2 \text{ cel/m}^2 \times 10^6$ ) y *Thalassionema* sp. ( $23.6 \text{ cel/m}^2 \times 10^6$ ).



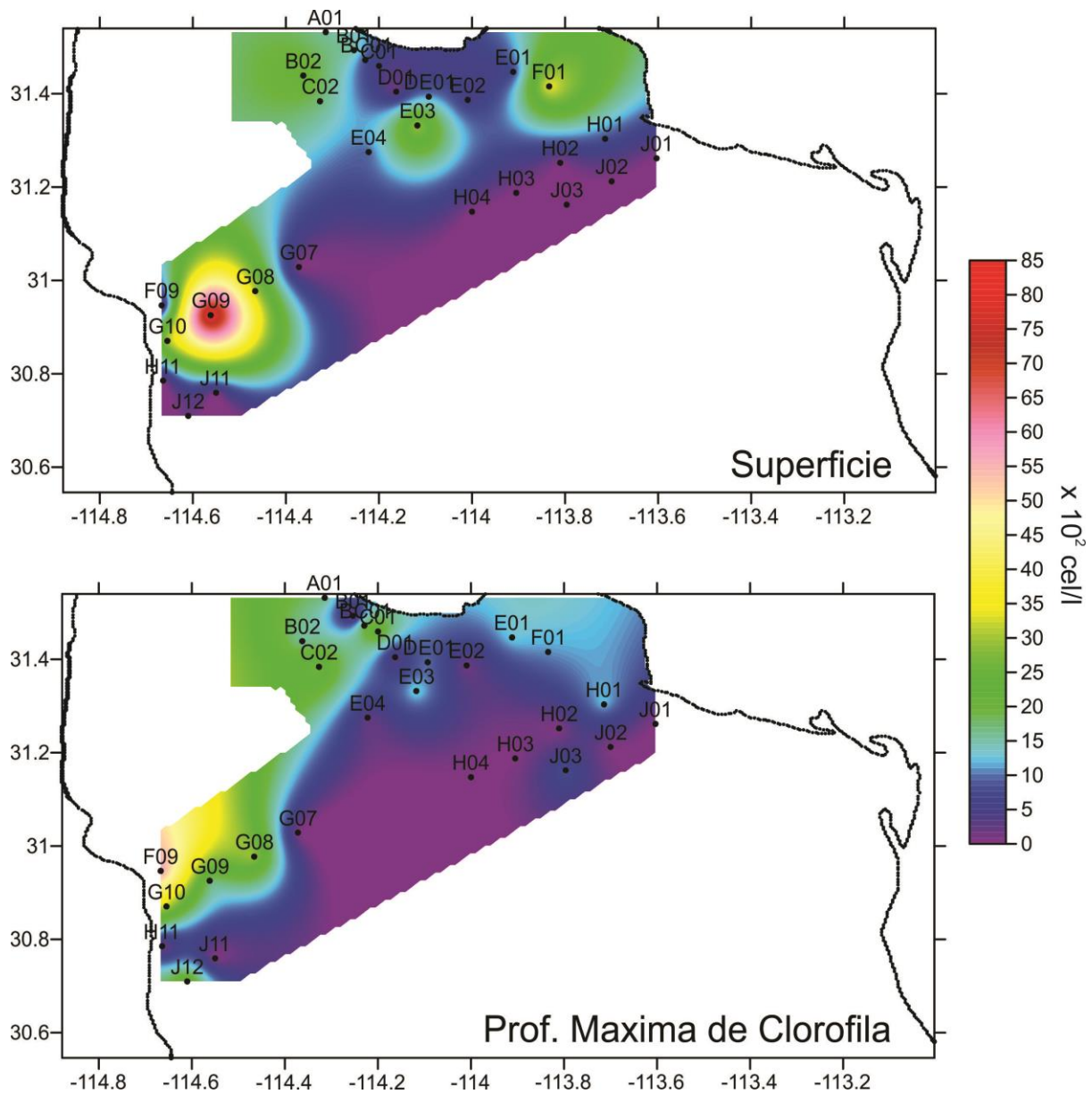
**Figura 6.** Abundancia fitoplanctónica total en la columna del agua ( $\times 10^6 \text{ cel/m}^2$ ) del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.



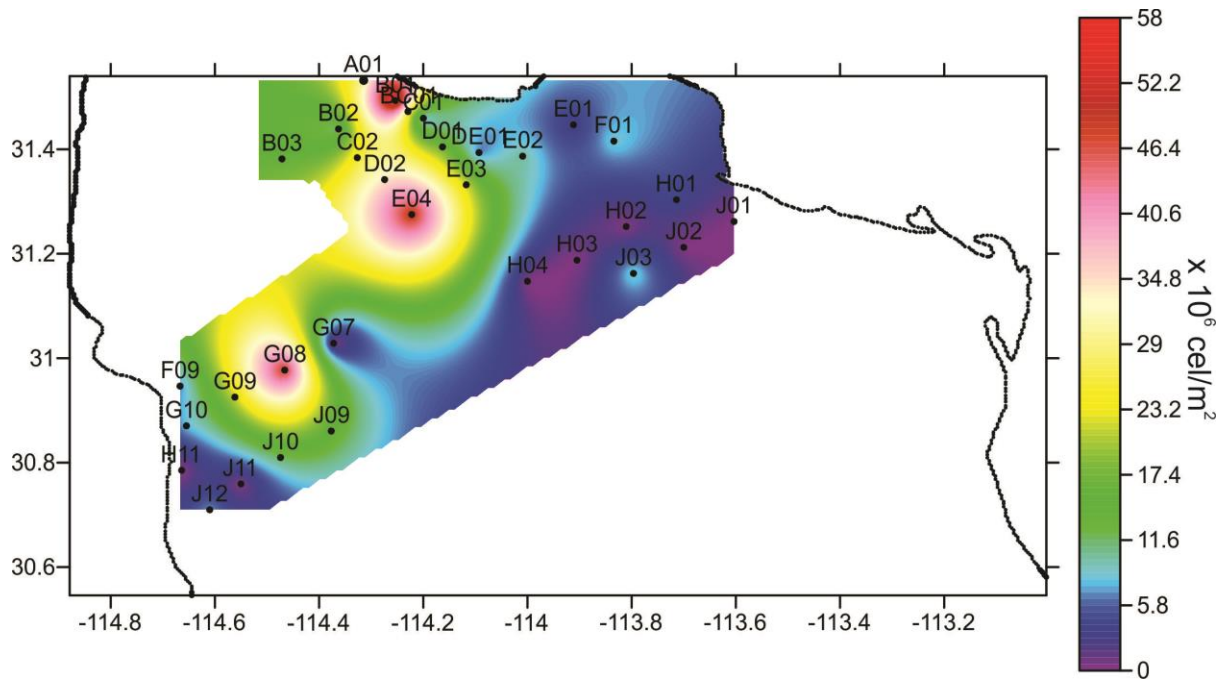
**Figura 7.** Abundancia fitoplanctónica del grupo de las Diatomeas en la columna del agua ( $\times 10^6 \text{ cel/m}^2$ ) del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.

En los muestreos superficiales, las diatomeas se presentaron en mayor abundancia en la estación G09 con  $84.4 \text{ cel/l} \times 10^2$  (Fig. 8), donde los géneros más representativos fueron *Chaetoceros* sp. (3720 cel/l), *Thalassiothrix* sp. (1520 cel/l) y *Guinardia* (1160 cel/l) (Anexo I). En la profundidad máxima de clorofila (PMC), las diatomeas presentaron mayor abundancia en la estación F09 (Fig. 8), donde los géneros más abundantes fueron *Thalassionema* sp. (2080 cel/l) y *Navicula* sp. (1080 cel/l) (Anexo II).

El grupo de los Dinoflagelados en la columna del agua fue mayor en las estaciones de la parte norte del área de estudio, en especial en las estaciones B01 ( $60.75 \times 10^6 \text{ cel/m}^2$ ), E04 ( $49.99 \times 10^6 \text{ cel/m}^2$ ) y G08 ( $49.1 \times 10^6 \text{ cel/m}^2$ ) (Fig. 9). Los géneros más abundantes en estas estaciones fueron, en B01: *Gymnodinium* sp. ( $17.9 \times 10^6 \text{ cel/m}^2$ ), *Prorocentrum* sp. ( $13.7 \times 10^6 \text{ cel/m}^2$ ) y *Protoperidinium* sp. ( $7.96 \times 10^6 \text{ cel/m}^2$ ), en la estación E04: *Gymnodinium* sp. ( $11.1 \times 10^6 \text{ cel/m}^2$ ) y *Ceratium* sp. ( $3.08 \times 10^6 \text{ cel/m}^2$ ) y en la G08: *Gymnodinium* sp. ( $27.07 \times 10^6 \text{ cel/m}^2$ ), *Prorocentrum* sp ( $5.3 \times 10^6 \text{ cel/m}^2$ ).



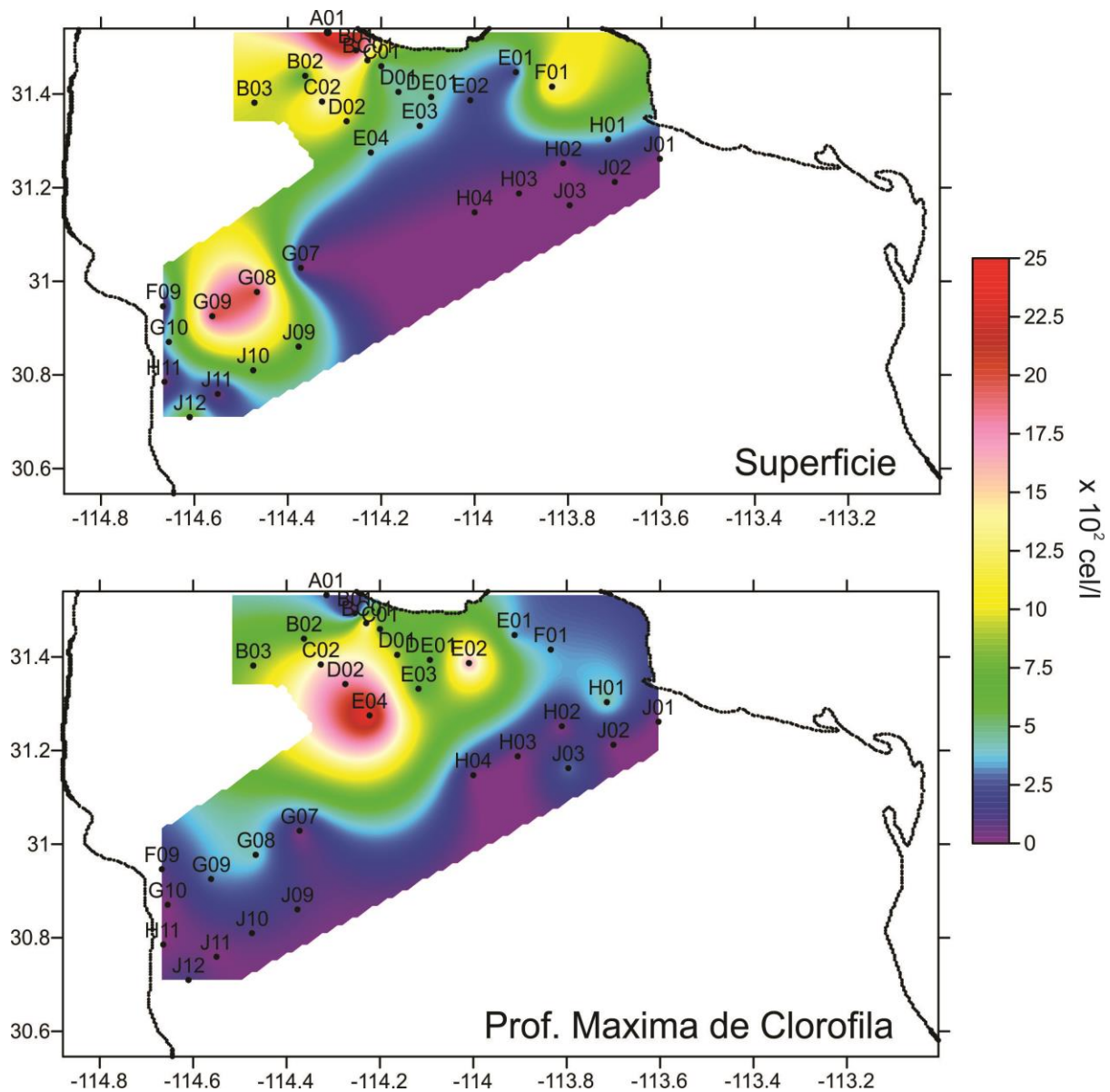
**Figura 8.** Abundancia fitoplanctónica del grupo de las Diatomeas en superficie y en la PMC ( $\times 10^2 \text{ cel/l}$ ) del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.



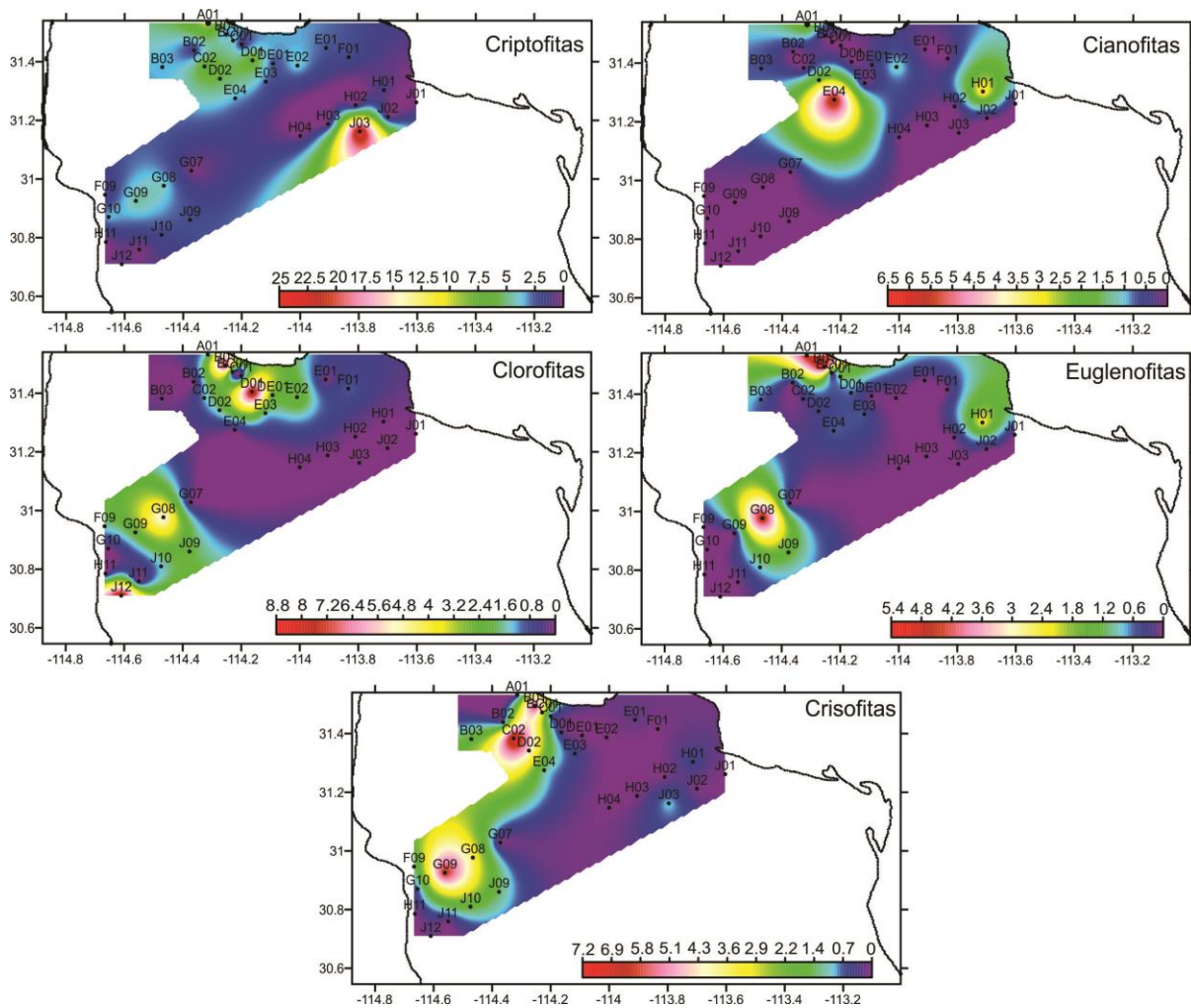
**Figura 9.** Abundancia fitoplanctónica del grupo de los Dinoflagelados en la columna del agua ( $\times 10^6 \text{ cel/m}^2$ ) del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.

Los Dinoflagelados en las muestras de superficie fueron mayores en las estaciones A01 ( $24.4 \times 10^2$  cel/l) con los géneros más abundantes *Amphidinium* sp. y *Gymnodinium* sp. con 880 cel/l, respectivamente. La estación B01 ( $21.80 \times 10^2$  cel/l) con el género *Gymnodinium* sp. (600 cel/l), la estación BC01 ( $10.80 \times 10^2$  cel/l) con el género *Ceratium* sp. (680 cel/l), la G08 ( $20 \times 10^2$  cel/l) con los géneros *Prorocentrum* sp. (720 cel/l) y *Protoperdinium* sp. (920 cel/l) y la estación G09 con  $20 \times 10^2$  cel/l siendo el género *Prorocentrum* sp. (1520 cel/l) el más abundante (Fig. 10 y Anexo III). En la PMC, los dinoflagelados presentaron la mayor abundancia en la estación E04 ( $24.6 \times 10^2$  cel/l), siendo el género *Gymnodinium* sp. el más abundante con 2040 cel/l (Fig. 10 y Anexo IV).

Los grupos fitoplanctónicos Crisofitas, Euglenofitas, Clorofitas, Criptofitas y Cianofitas se presentaron en menor abundancia en la columna del agua durante el periodo de muestreo (Fig. 11). Las Criptofitas fueron las que presentaron mayor abundancia con  $25.2 \times 10^6$  cel/m<sup>2</sup> en la estación J03 (Fig. 11). Las menores las presentaron las Cianofitas (Fig. 11).

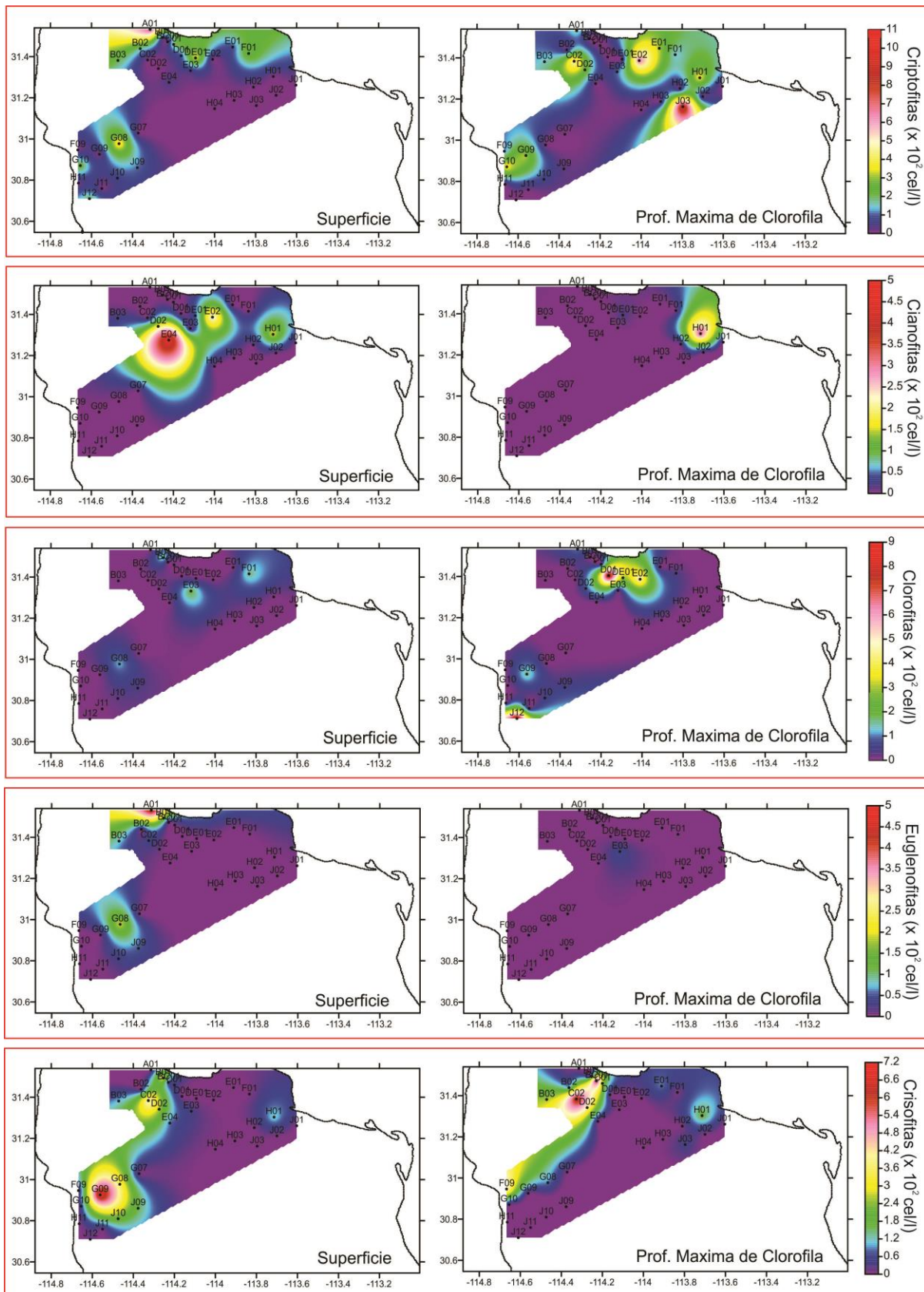


**Figura 10.** Abundancia fitoplanctónica del grupo de los Dinoflagelados en las muestras de superficie y en la PMC ( $\times 10^2 \text{ cel/l}$ ) del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.



**Figura 11.** Abundancia fitoplanctónica Criptofitas, Cianofitas, Clorofitas, Euglenofitas y Crisofitas en la columna del agua ( $\times 10^6$  cel/m<sup>2</sup>) del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.

En superficie los grupos de las Cianofitas (E04: 480 cel/l), Euglenofitas (A01: *Euglena* sp. 480 cel/l) y Crisofitas (G09: *Dictyocha* sp. 720 cel/l) presentaron las mayores abundancias (Fig. 12, Anexo V), en tanto en la PMC los grupos con mayor abundancia fueron Criptofitas (J03: *Hillea* sp. 1080 cel/l) y las Clorofitas (D01 y J12: *Pyramimona* sp. 90 cel/l, respectivamente) (Fig. 12, Anexo VI).



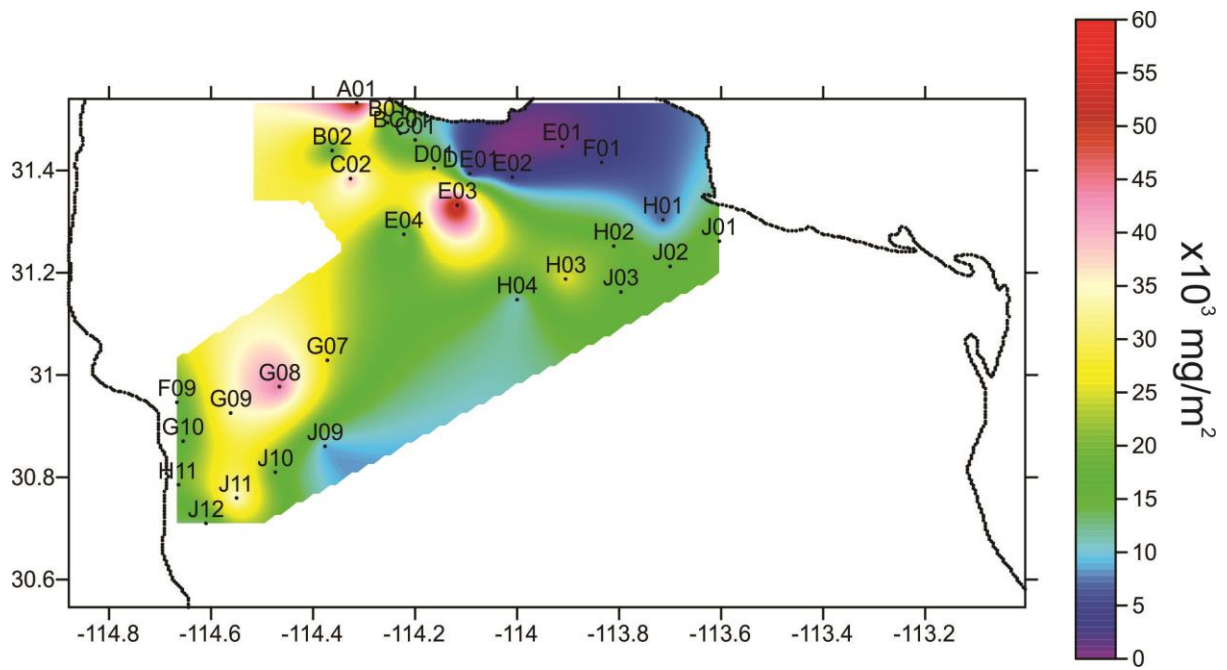
**Figura 12.** Abundancia fitoplanctónica de las Criptofitas, Cianofitas, Clorofitas, Euglenofitas y Crisofitas en la capa superficial y en la PMC ( $\times 10^2$  cel/l) del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.

## ***Pigmentos fotosintéticos y CHEMTAX***

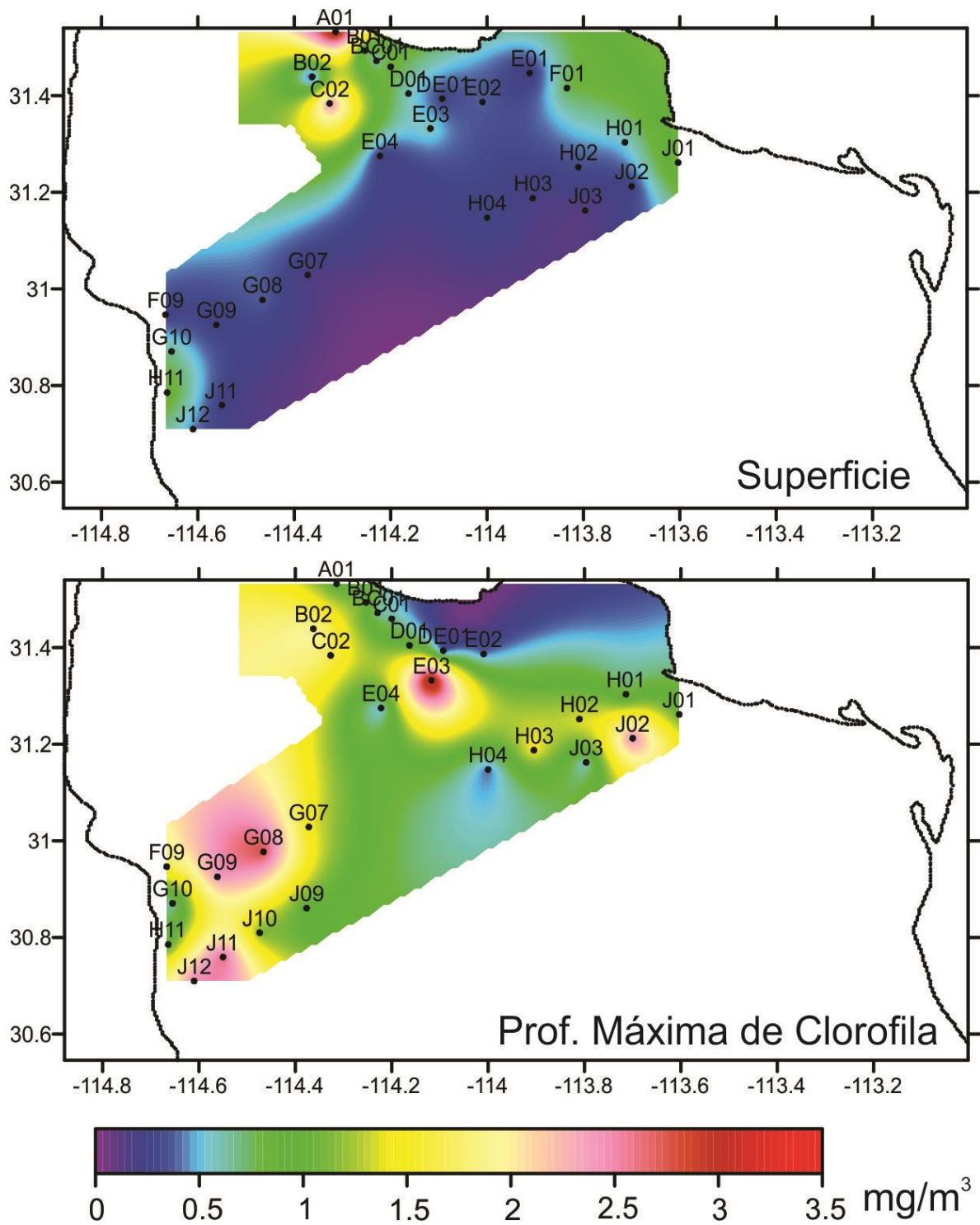
### Concentración de Clorofila a Total

Se calculó la ChlaT integrada en la columna del agua, observándose que en el periodo de muestreo (Fig. 13) las mayores concentraciones se presentaron hacia la parte norte de Sonora y la costa de Baja California, especialmente en las estaciones E03 ( $57.85 \times 10^3 \text{ mg/m}^2$ ), A01 ( $54.50 \times 10^3 \text{ mg/m}^2$ ) y G08 ( $44.48 \times 10^3 \text{ mg/m}^2$ ).

La ChlaT en superficie fue mayor hacia el este del Golfo, en especial en la estación A01 con  $3.33 \text{ mg/m}^3$ , seguido de la estación C02 con  $2.45 \text{ mg/m}^3$  (Fig. 14). En general esta varió entre los  $0.13$  y  $3.33 \text{ mg/m}^3$  (Anexo VII). La ChlaT en la PMC fue mayor en las estaciones ubicadas en la costa de Baja California con valores mayores a  $2 \text{ mg/m}^3$  y hacia el lado este del golfo, la estación E03 ( $3.39 \text{ mg/m}^3$ ) y J02 ( $2.49 \text{ mg/m}^3$ ) (Fig. 14). La concentración de ChlaT en la PMC estuvieron entre  $3.39 \text{ mg/m}^3$  y  $0.30 \text{ mg/m}^3$  (Anexo VII).



**Figura 13.** Concentración de ChlaT integrada ( $\times 10^3 \text{ mg/m}^2$ ) en la columna del agua de cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.



**Figura 14.** Concentración de Chl aT ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la superficie y la PMC en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.

### Concentración de pigmentos y carotenoides

Se identificaron en total 15 pigmentos: Clorofila  $c_3$  (Chlc<sub>3</sub>), Clorofila  $c_2$  (Chlc<sub>2</sub>), Peridina (Per), 19'-Butanoiloxifucoxantina (But), 19'-Hexanoiloxifucoxantina (Hex), Fucoxantina (Fuco), Prasinofitas (Prasi), Violoxantina (Violo), Diadinoxantina (Diadi), Diatoxantina (Diato), Aloxantina (Alo), Zeaxantina (Zea), Luteína (Lut), Clorofila  $b$  (Chlb) y Divinil Clorofila  $a$  (DvChla) (Anexo VII).

La Fuco en la superficie presenta valores menores de 1.70 mg/m<sup>3</sup>, siendo las estaciones J01 (1.70 mg/m<sup>3</sup>) y A01 (1.23 mg/m<sup>3</sup>) aquellas con la mayor concentración de Fuco en área de muestreo (Fig. 15, Anexo VII). En la PMC, la Fuco presentó valores entre los 3.28 mg/m<sup>3</sup> y 0.13 mg/m<sup>3</sup>, siendo las estaciones J02 (3.28 mg/m<sup>3</sup>), J12 (3.26 mg/m<sup>3</sup>) y H02 (2.47 mg/m<sup>3</sup>), aquellas con las mayores concentraciones (Fig. 15, Anexo VII).

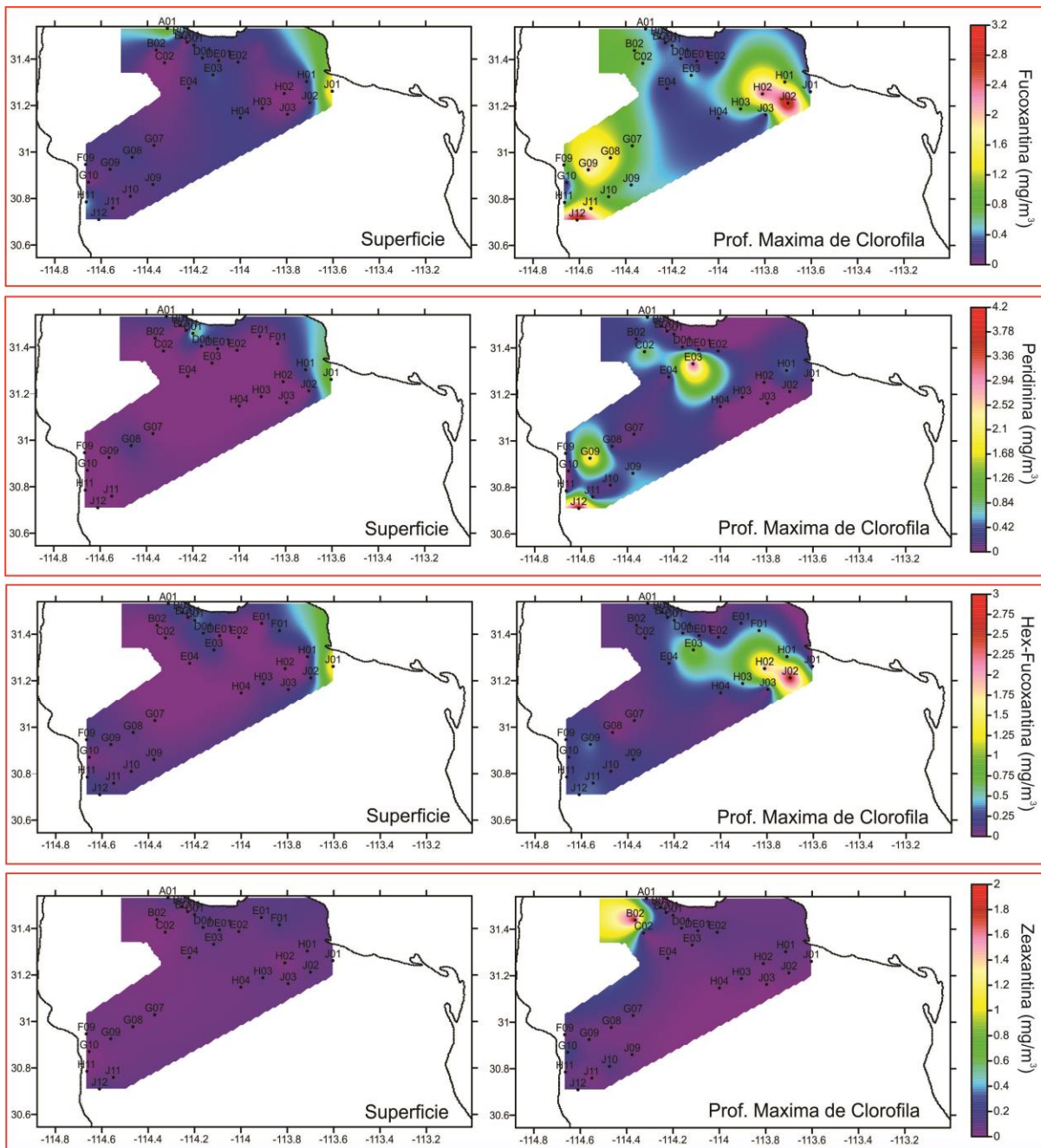
La Peri en la superficie presentó valores no mayores a los 1.35 mg/m<sup>3</sup>, siendo este observado en la estación J01 (Fig. 15, Anexo VII), mientras en la PMC se pueden encontrar valores entre los 4.13 y 0.12 mg/m<sup>3</sup>, siendo las estaciones J12 (4.13 mg/m<sup>3</sup>), E03 (3.38 mg/m<sup>3</sup>) y G09 (2.44 mg/m<sup>3</sup>) las que presentaron las mayores concentraciones (Fig. 15, Anexo VII).

La concentración de Hex en las muestras de superficie fue mayor en la estación J01 con 1.55 mg/m<sup>3</sup> (Fig. 15, Anexo VII). En tanto, en la PMC se presenta

concentraciones hasta los 2.78 mg/m<sup>3</sup> en la estación J02, seguido de las estaciones H02 (1.97 mg/m<sup>3</sup>) y E03 (1.34 mg/m<sup>3</sup>) (Fig. 15, Anexo VII).

La concentración de Zea en la superficie fue de hasta 0.83 mg/m<sup>3</sup> (estación D01) (Fig. 15, Anexo VII). En la PMC la concentración fue mayor a 1.87 mg/m<sup>3</sup> en la estación B02 (Fig. 15, Anexo VII).

Los pigmentos But, Prasi, Chl*b*, Viola, Alo, Diato, Lute y DVChl*a* fueron los pigmentos con menor concentración, los cuales se muestran sus concentraciones en el Anexo VII.

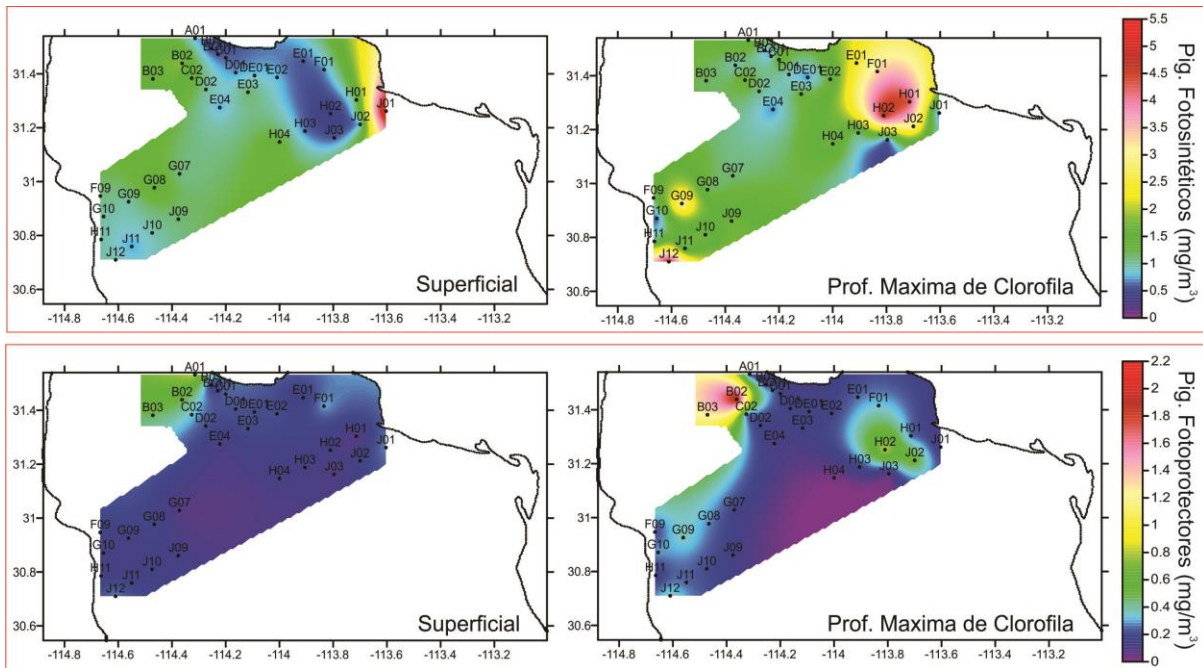


**Figura 15.** Concentración de Fucoxantina, Peridinin, 19' Hexanoiloxifucoxantina y Zeaxantina ( $\text{mg/m}^3$ ) en superficie y la PMC en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.

### Pigmentos Fotosintéticos y Fotoprotectores

Al agrupar los pigmentos fotosintéticos (Fig. 16), en la superficie se observa que la concentración fue mayor en la estación J01 con  $5.4 \text{ mg/m}^3$  y las menores se presentaron hacia la costa de Baja California y la costa norte de Sonora. En la PMC, las mayores concentraciones de pigmentos fotosintéticos fueron en la costa de Sonora con valores hasta los  $5.25 \text{ mg/m}^3$  en las estaciones H01 y H02, y en la costa de Baja California la estación J12 presentó la mayor concentración ( $5.5 \text{ mg/m}^3$ ) (Fig. 16).

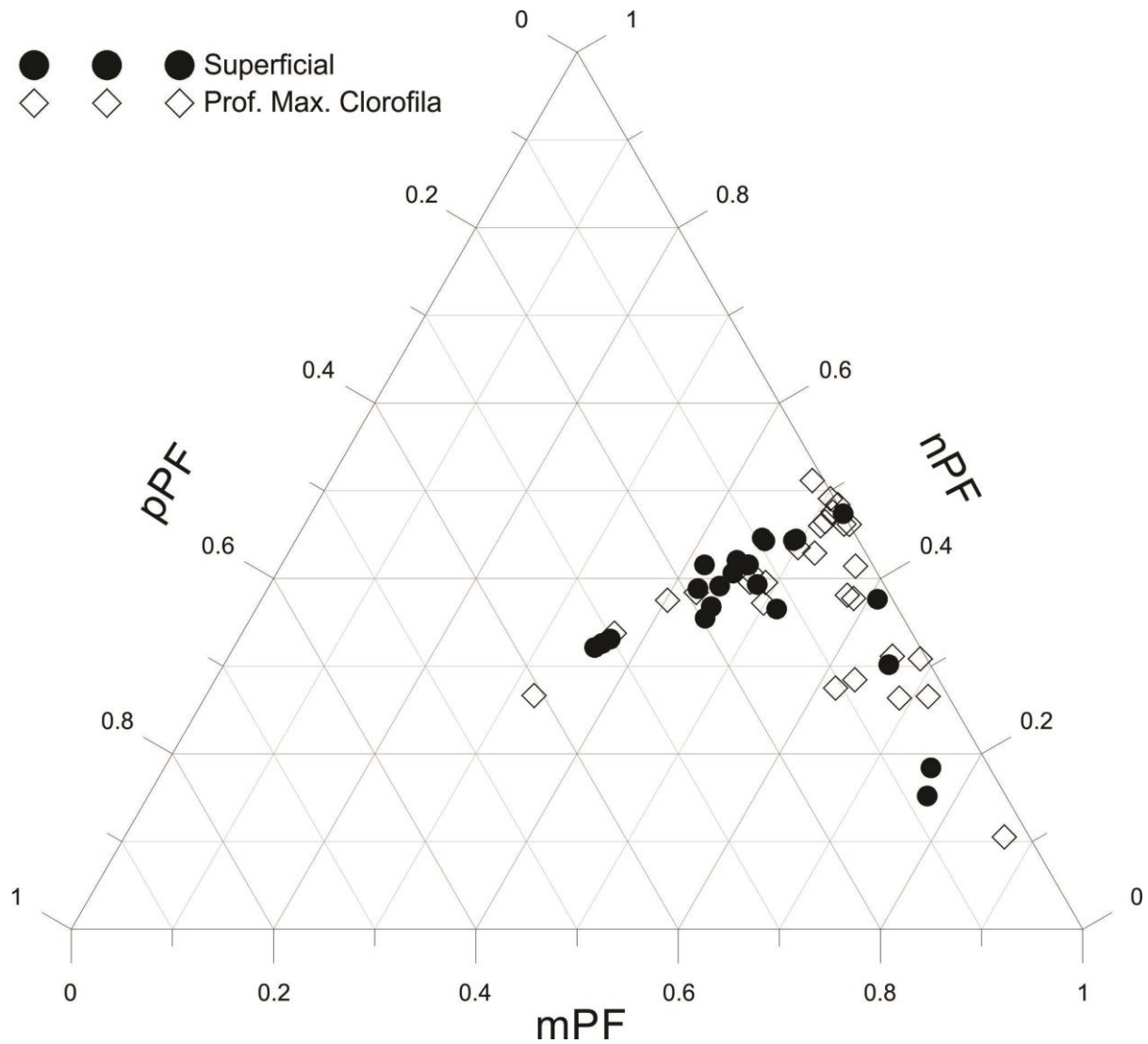
La concentración de pigmentos fotoprotectores en superficie (Fig. 16) fueron mayores en la estación A01 ( $0.81 \text{ mg/m}^3$ ). En la PMC, los fotoprotectores fueron mayores en la estación B02 con un valor de  $2.05 \text{ mg/m}^3$ , así como en las estaciones H02 y J02 con valores superiores a  $0.5 \text{ mg/m}^3$  (Fig. 16).



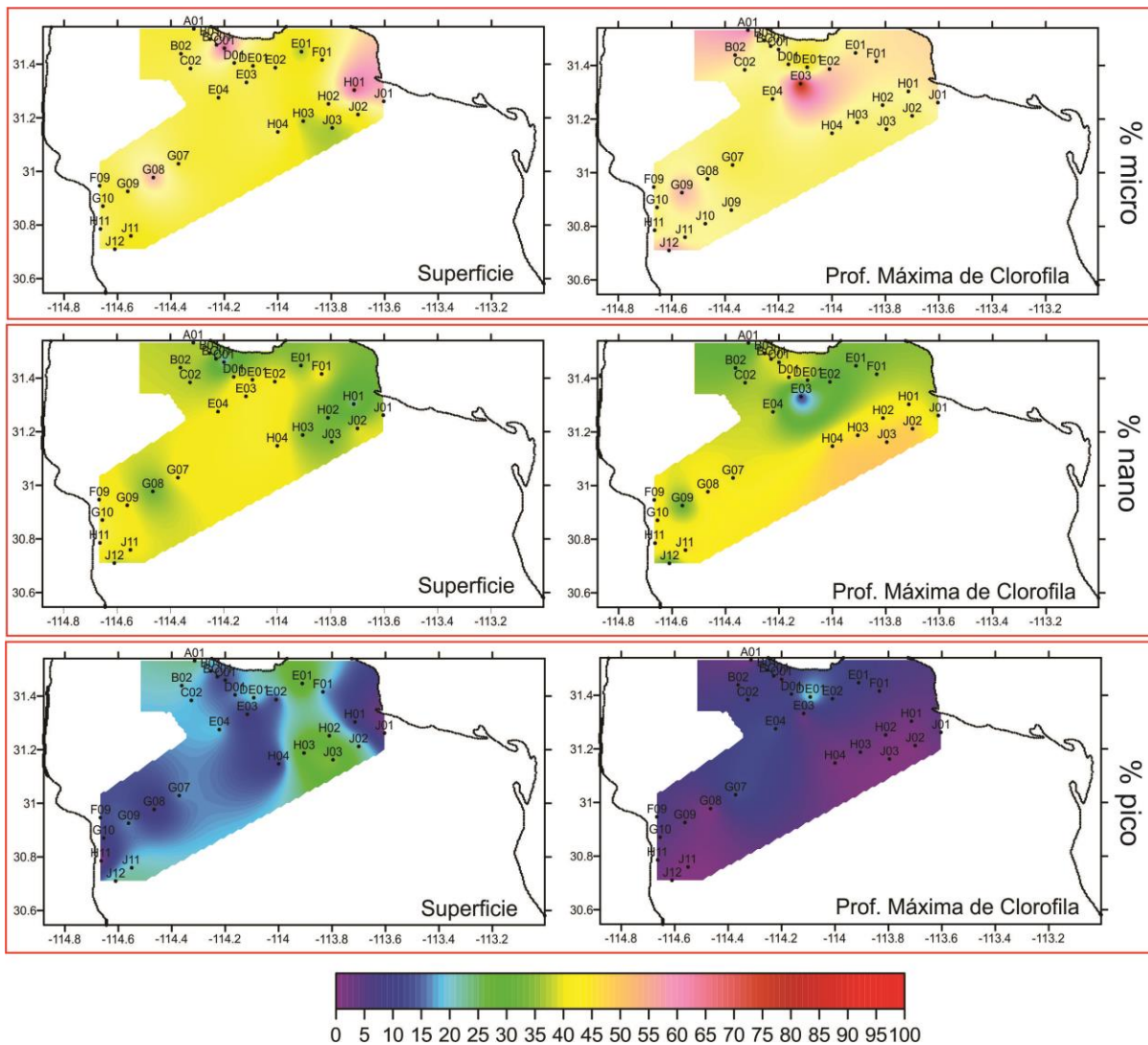
**Figura 16.** Concentración de pigmentos Fotosintéticos y Fotoprotectores ( $\text{mg/m}^3$ ) en superficie y en la PMC en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.

### Fracción de tamaño

Las fracciones de tamaño del fitoplancton con mayor contribución fueron el microfitoplancton y el nanofitoplancton tanto en superficie como en la PMC (Fig. 17). El microfitoplancton en superficie fue mayor hacia la costa de Sonora, en tanto en la PMC se presentó en mayor proporción hacia algunas estaciones de las dos costas, con porcentajes mayores al 60 % en las dos profundidades (Fig. 18). El nanofitoplancton presentó mayor contribución hacia el lado de Sonora en las dos profundidades con porcentajes que no superan el 48% (Fig. 17). Por último, el picofitoplancton presentó un porcentaje menor al 30 % en las muestras de superficie, con mayor contribución en superficie hacia la costa de Sonora (Fig. 17).



**Figura 17.** Diagrama ternario mostrando la proporción que corresponde a cada uno de los grupos de tamaño del fitoplancton en superficie y la PMC en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.



**Figura 18.** Porcentaje de contribución de las fracciones de tamaño del fitoplancton en superficie y la PMC en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.

### Asociación entre los pigmentos accesorios y la Clorofila a Total

Los pigmentos accesorios que fueron significativos estadísticamente en el  $r_{Pearson}$  y a la pendiente del modelo de regresión lineal y que puede ser explicado por la ChlaT se presenta en la tabla III (Fig. 19).

Los pigmentos que presentaron una asociación lineal mayor a 0.50 ( $r_{Pearson}$ ) fueron la fucoxantina, clorofila  $c_2$  y peridina (Fig. 19, Tabla III). La 19' Butanoiloxifucoxantina presentó una relación significativa con la ChlaT, sin embargo una asociación lineal menor a 0.50 (Tabla III). Todos estos pigmentos fueron estadísticamente significativos en el  $r_{Pearson}$ , así mismo en la pendiente del modelo de regresión lineal y en la significancia global del modelo (Tabla III).

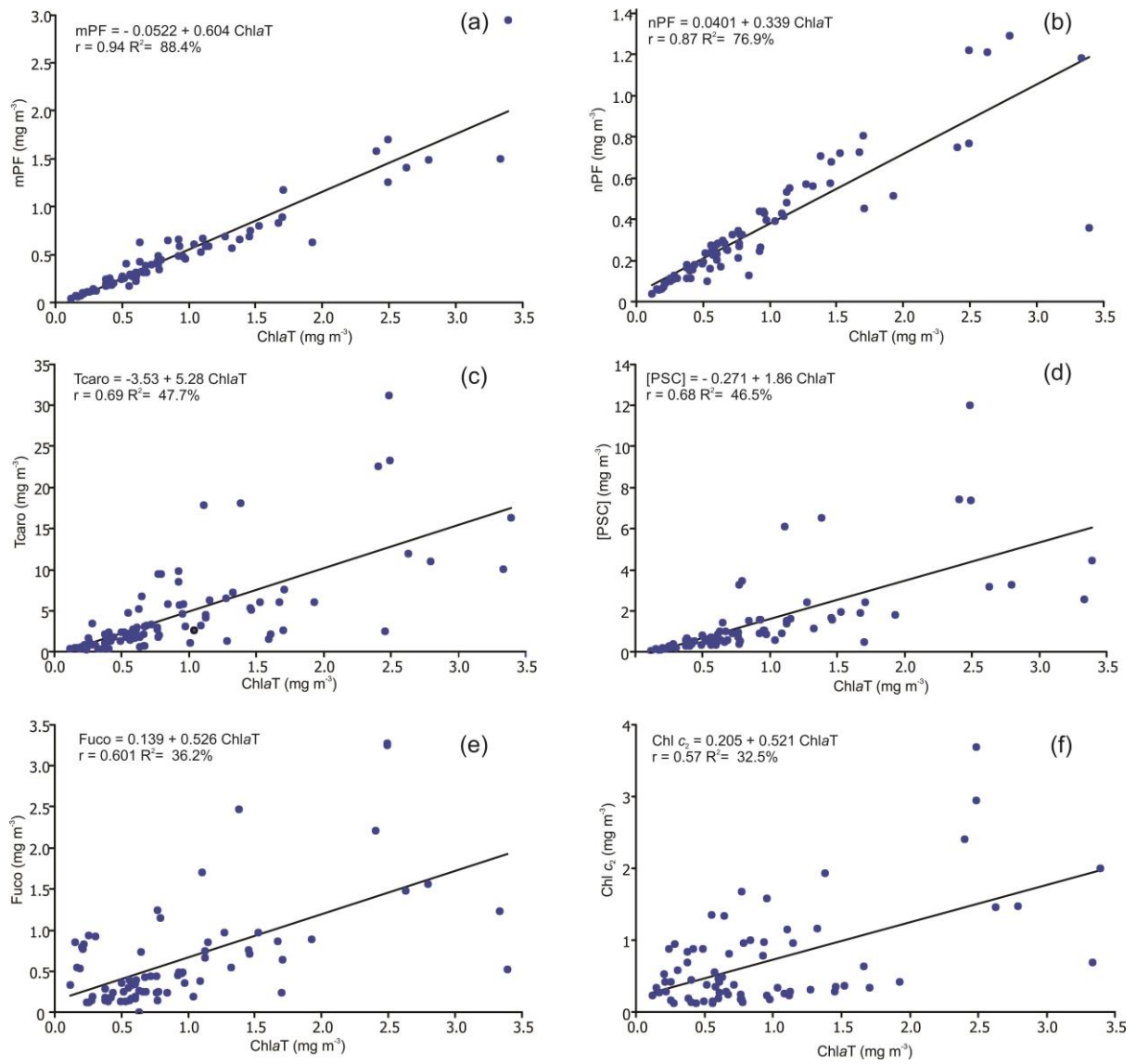
Los pigmentos que no tienen una asociación lineal en el  $r_{Pearson}$  fueron clorofila  $b$ , clorofila  $c_3$ , 19'-Hexanoiloxifucoxantina, diadinoxantina, alloxantina, zeaxantina y violaxantina (Tabla III). Estos pigmentos tampoco fueron significativos en la pendiente de la regresión lineal y en la significancia global del modelo (Tabla III).

Los pigmentos que presentaron un mayor ajuste al modelo de regresión lineal, con una  $R^2$  mayor al 30%, fueron Fucoxantina, clorofila  $c_2$  y peridina (Fig. 19, Tabla III). El pigmento de la but-fucoxantina estuvo por debajo del 30%. Esto no significa que no exista una asociación con la ChlaT, si no que este pigmento parte

de un punto diferente en el eje de la 'y' con respecto a la ChlaT en la ecuación del modelo lineal (Tabla III).

La suma de los pigmentos fotosintéticos y fotoprotectores presentan una asociación lineal mayor a 0.5 ( $r_{Pearson}$ ), así mismo fueron estadísticamente significativos en la pendiente del modelo de la regresión lineal y en la significancia global del modelo (Fig. 19, Tabla III). La suma de los pigmentos fotosintéticos se ajusta al modelo de regresión lineal con un  $R^2$  mayor al 45% (Fig. 19, Tabla III).

El mPF y nPF presentaron una asociación lineal mayor a 0.6 ( $r_{Pearson}$ ), así mismo fueron estadísticamente significativos en la pendiente del modelo de la regresión lineal y en la significancia global del modelo (Fig. 19, Tabla III). Estos dos índices de pigmentos se ajusta al modelo de regresión lineal con un  $R^2$  mayor al 70% (Fig. 19, Tabla III). El pPF presentó una asociación lineal menor a 0.6 ( $r_{Pearson}$ ) (Tabla III).



**Figura 19.** Regresión lineal entre la ChlaT y los pigmentos: (a) mPF, (b) nPF, (c) Tcato, (d) [PSC], (e) Fuco, (f) Chl  $c_2$

**Tabla III.** Asociación de los pigmentos accesorios y la ChlaT por la correlación lineal de Pearson ( $r_{Pearson}$ ) del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC, la significancia de la pendiente y del modelo de regresión lineal. Los valores en rojo indican que los pigmentos no fueron significativos en cada uno de los análisis.

Pigmentos	Ecuación de la regresión	Constante		Pendiente		Modelo		$r_{Pearson}$	
		$t_{calculada}$	$t_{calculada}$	$t_{critica}$	$R^2\%$	$F_{calculada}$	$F_{critica}$	$r_{calculada}$	$r_{critica}$
mPF	$mPF = -0.0522 + 0.604 \text{ ChlaT}$	-1.74	23.79	1.99	88.4	566	3.97	0.94	0.235
nPF	$nPF = 0.0401 + 0.339 \text{ ChlaT}$	1.56	15.57	1.99	76.9	242.51	3.97	0.877	0.235
Tcaro	$[Tcaro] = -0.353 + 5.28 \text{ ChlaT}$	-0.5	8.85	1.99	47.7	78.33	3.95	0.69	0.22
PFS	$[PFS] = -0.271 + 1.86 \text{ ChlaT}$	-0.99	8.02	1.99	46.5	64.33	3.97	0.682	0.235
Fuco	$Fuco = 0.139 + 0.526 \text{ ChlaT}$	1.45	6.48	1.99	36.2	41.93	3.97	0.60	0.235
Chlc <sub>2</sub>	$Chlc_2 = 0.205 + 0.521 \text{ ChlaT}$	1.92	5.8	1.99	32.5	33.68	3.98	0.57	0.235
Peri	$Peri = 0.013 + 0.557 \text{ ChlaT}$	0.08	4.46	2.01	30.6	19.86	4.06	0.55	0.294
PFP	$[PFP] = 0.0742 + 0.143 \text{ ChlaT}$	1.71	3.91	1.99	17	15.27	3.97	0.416	0.235
pPF	$pPF = 0.0169 + 0.0664 \text{ ChlaT}$	0.77	3.51	2.00	15.7	12.32	3.99	0.397	0.279
But	$But = 0.360 + 0.164 \text{ ChlaT}$	4.06	2.36	2.02	11.9	5.55	4.08	0.35	0.312
Chlb	$Chlb = 0.576 - 0.0887 \text{ ChlaT}$	5.68	-1.35	2.09	8.3	1.81	4.35	-0.29	0.444
Chlc <sub>3</sub>	$Chlc_3 = 0.600 + 0.313 \text{ ChlaT}$	2.95	1.92	2.00	5.4	3.68	3.99	0.23	0.279
Hex	$Hex = 0.318 + 0.149 \text{ ChlaT}$	3.12	1.76	2.00	4.8	3.09	4.00	0.22	0.279
Diadi	$Diadi = 0.544 - 0.0799 \text{ ChlaT}$	10.3	-1.8	1.99	4.3	3.24	3.97	-0.21	0.235
Alo	$Alo = 0.322 + 0.0470 \text{ ChlaT}$	4.22	0.92	2.04	2.6	0.84	4.16	0.16	0.361
Zea	$Zea = 0.593 - 0.0569 \text{ ChlaT}$	10.33	-1.15	2.00	2	1.32	3.99	-0.14	0.254
Viol	$Viol = 0.341 - 0.0119 \text{ ChlaT}$	2.74	-0.18	1.99	0.4	0.03	3.98	-0.06	0.235

### Porcentaje de contribución al Total de la Clorofila a (CHEMTAX)

La contribución de los grupos fitoplanctónicos al total de la Chla se determinó mediante el programa CHEMTAX y los resultados se muestran en las figuras 20 y 21. La contribución de las diatomeas en superficie, fue mayor en la parte central del área de estudio, con un valor hasta del 79.04 % en la estación E04, seguido de las estaciones G07, G08 y G09 con el 57.93 %, 56.29 % y 57.74 % respectivamente (Fig. 20). En la PMC, el porcentaje de contribución de las diatomeas fue mayor en la estación J03 con un valor de 55.21 % (Fig. 20).

El porcentaje de contribución de los dinoflagelados en superficie fue mayor en las estaciones cercanas a la costas de Sonora y Baja California, con valores hasta de 49.93 % (Fig. 20). En la PMC, los dinoflagelados presentaron su mayor porcentaje en las estaciones C02 (46.85 %), G09 (30.02 %) y J12 (37.68 %) (Fig. 20).

Las Haptofitas en superficie presentaron mayor porcentaje de contribución hacia la parte costera de Baja California (H11: 66.86 % y G10: 66.35 %) y de Sonora (J01: 84.71 %, B01, BC01 y C02 con 66.35 %) (Fig. 20). En la PMC, las Haptofitas se presentaron en mayor porcentaje en las estaciones que se encuentran en la parte sur de Sonora (J02: 84.95 %, H04: 83.4 %, H03: 76.17 %) (Fig. 20).

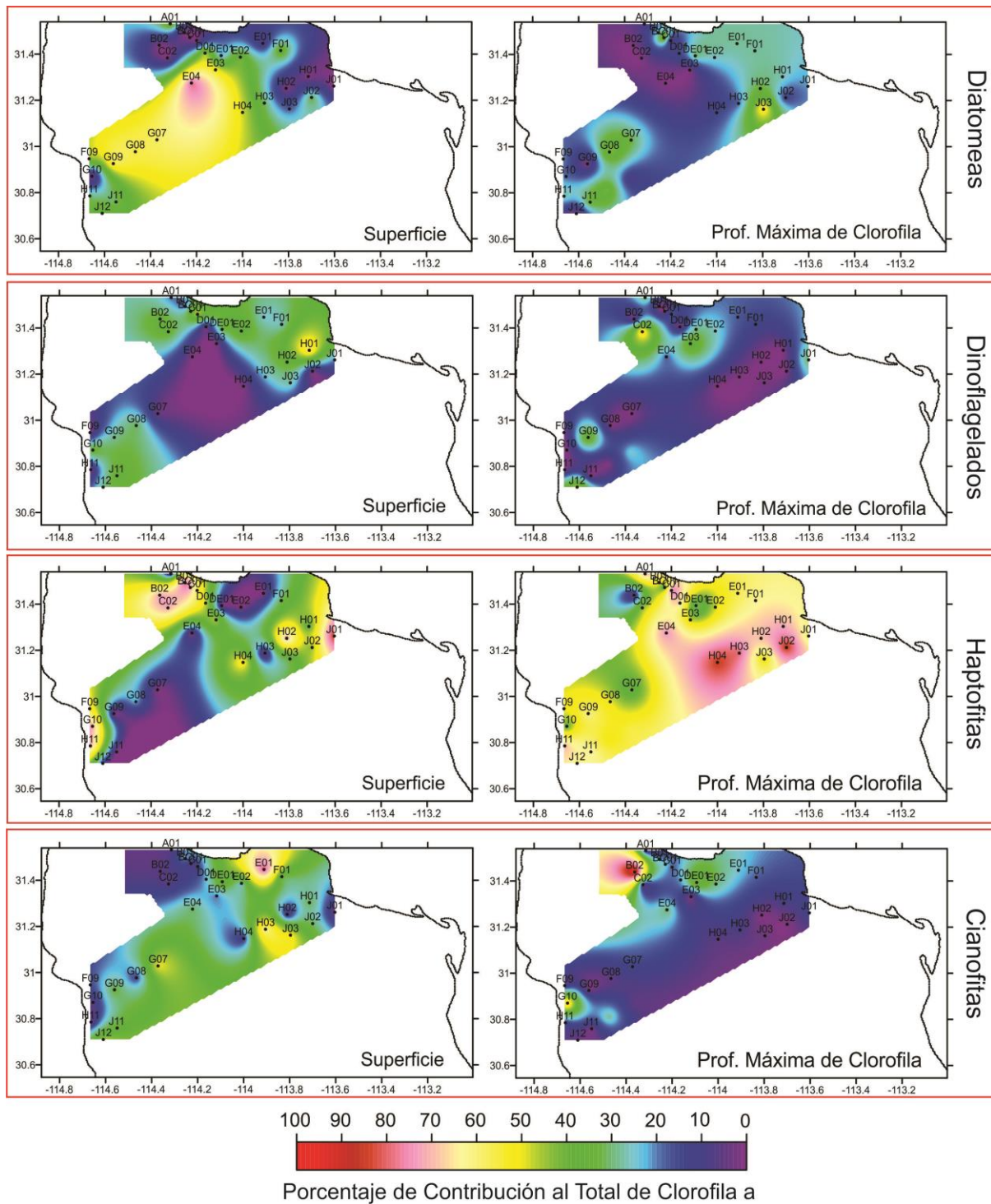
El grupo de las Cianofitas en superficie, presentaron su mayor porcentaje de contribución en las estaciones ubicadas en la costa de Sonora, en especial de la estación E01 con el 77.77 %, seguido de las estaciones H03 (54.45 %) y J03 (42.24 %) (Fig. 20). En la PMC, las Cianofitas presentaron mayor contribución en la estación B02, con un 100%, seguido de la estación G10 con un 49.84 % (Fig. 20).

Las Criptofitas en superficie presentaron mayor contribución en las estaciones DE01 con un 25%, seguido de las estaciones J11 y E02 con un 19.41% y 12.89%, respectivamente (Fig. 21). En la PMC, las Criptofitas presentaron mayor contribución en la estación G08 con 13.07% (Fig. 21).

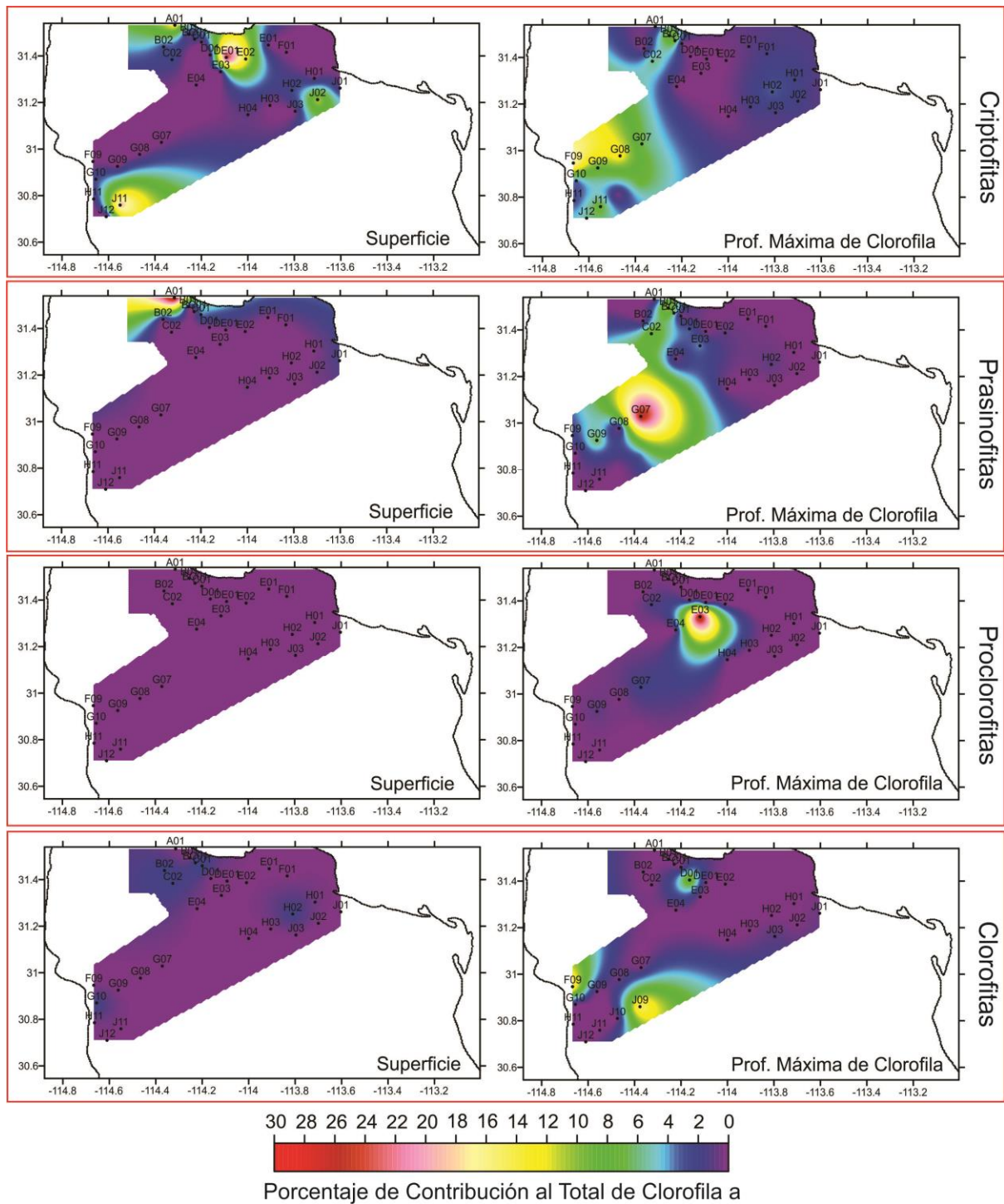
El grupo de las Prasinofitas, en superficie, presentaron mayor contribución en la estación A01 (30.75%) (Fig. 21), en tanto en la PMC, fue en la estación G07 (28%) (Fig. 21).

Las Prochlorofitas en superficie presentaron un porcentaje de contribución menor a 0.13%, en tanto en la PMC, la estación E03 presentó el mayor porcentaje con un 29.45% (Fig. 21).

Las Clorofitas en superficie presentaron un porcentaje menor al C01 (2.29%). Sin embargo en la PMC, las Clorofitas fue mayor en las estaciones J09 (15.54%), F09 (15.29%) y D01 (9.68%) (Fig. 21).



**Figura 20.** Porcentaje de contribución al total de Clorofila *a* de los grupos de las Diatomeas, Dinoflagelados, Haptofitas y Cianofitas en superficie y en la PMC en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.



**Figura 21.** Porcentaje de contribución al total de Clorofila a de los grupos de las Criptofitas, Prasinofitas, Proclorofitas y Clorofitas en la superficie y en la PMC en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.

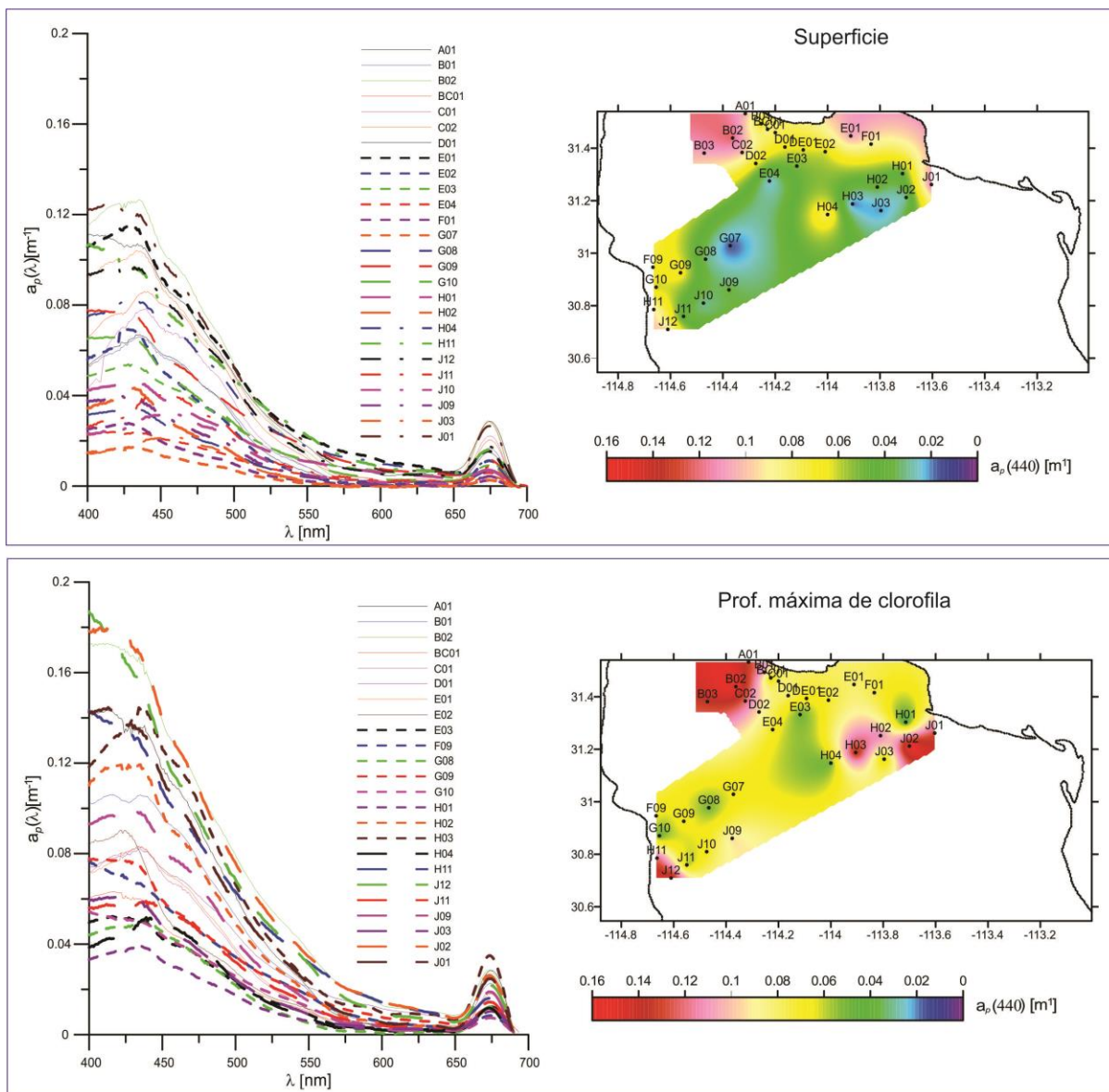
### ***Coefficiente de absorción por las partículas***

#### Coefficiente de absorción de la luz por el material particulado, $a_p(\lambda)$ [ $m^{-1}$ ]

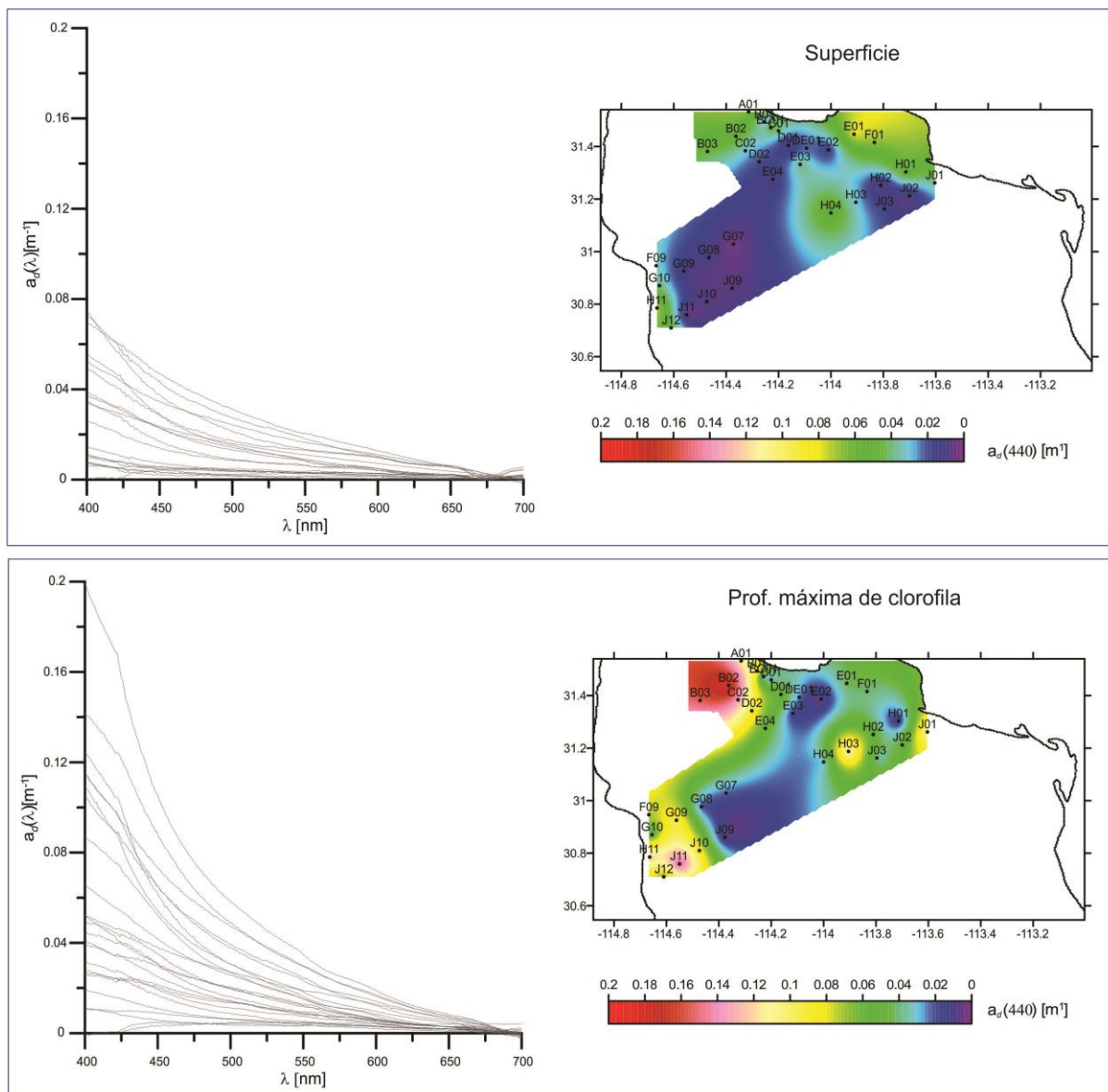
El intervalo de variación del  $a_p(440)$  para el año 2010 en superficie fue de 0.02 a 0.12  $m^{-1}$ , con un promedio de 0.06  $m^{-1}$ . El mayor coeficiente se presentó en las estaciones cercanas a la costa de Sonora (Fig. 22), en tanto en la PMC se encontró entre los 0.04 a 0.16  $m^{-1}$  con un promedio de 0.09  $m^{-1}$ . El mayor coeficiente se dio en las estaciones costeras del área de estudio (Fig. 22).

#### Coefficiente de absorción del detrito, $a_d(\lambda)$ [ $m^{-1}$ ]

El  $a_d(440)$  en superficie presentó un intervalo entre los 0.02 a 0.072  $m^{-1}$ , con un promedio de 0.04  $m^{-1}$ . Espacialmente, el coeficiente de absorción por el detrito fue mayor en la zona costera de Sonora y Baja California (Fig. 23). Para la PMC el intervalo de  $a_d(440)$  fue de 0.01 a 0.19  $m^{-1}$ , con un promedio de 0.042  $m^{-1}$  (Fig. 23). La mayor absorción por el detrito en la PMC se presentó en las estaciones de la zona norte de Sonora (Fig. 23).



**Figura 22.** Coeficiente de absorción de la luz  $a_p(\lambda)$  [ $\text{m}^{-1}$ ] en la superficie (panel superior) y en la PMC (panel inferior) en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC. Las gráficas del lado izquierdo (arriba y abajo) son los espectros de absorción de la luz desde los 400 a los 700 nm, las gráficas del lado derecho (arriba y abajo) son los datos de  $a_p$  a los 440 nm.



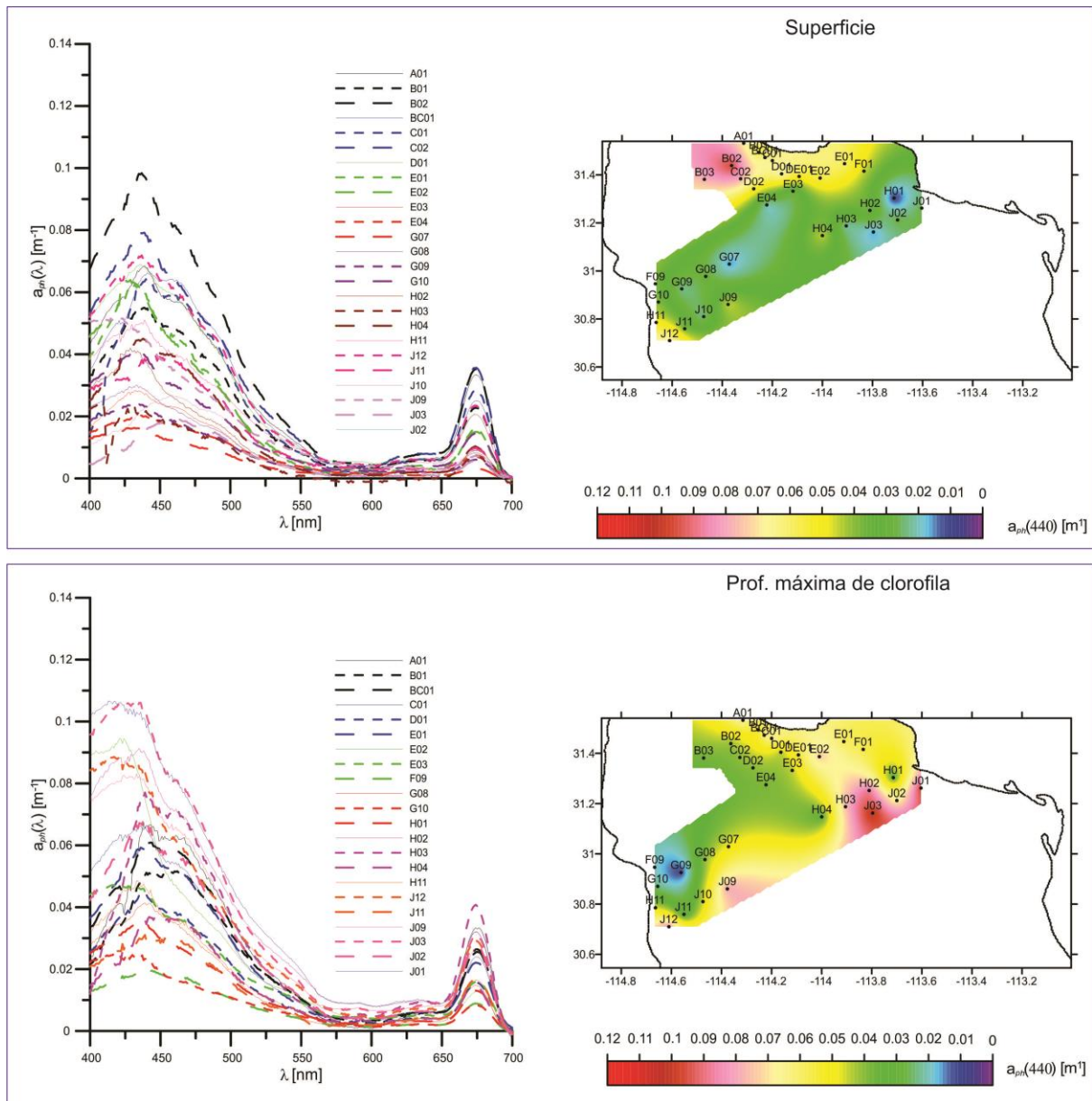
**Figura 23.** Coeficiente de absorción por el detrito  $a_d(\lambda)$  [ $\text{m}^{-1}$ ] en la superficie (panel superior) y en la PMC (panel inferior) en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC. Las gráficas del lado izquierdo (arriba y abajo) son los espectros de absorción por el detrito desde los 400 a los 700 nm, las gráficas del lado derecho (arriba y abajo) son los datos de  $a_d$  a los 440 nm.

Coefficiente de absorción por el fitoplancton,  $a_{ph}(\lambda)$  [ $m^{-1}$ ]

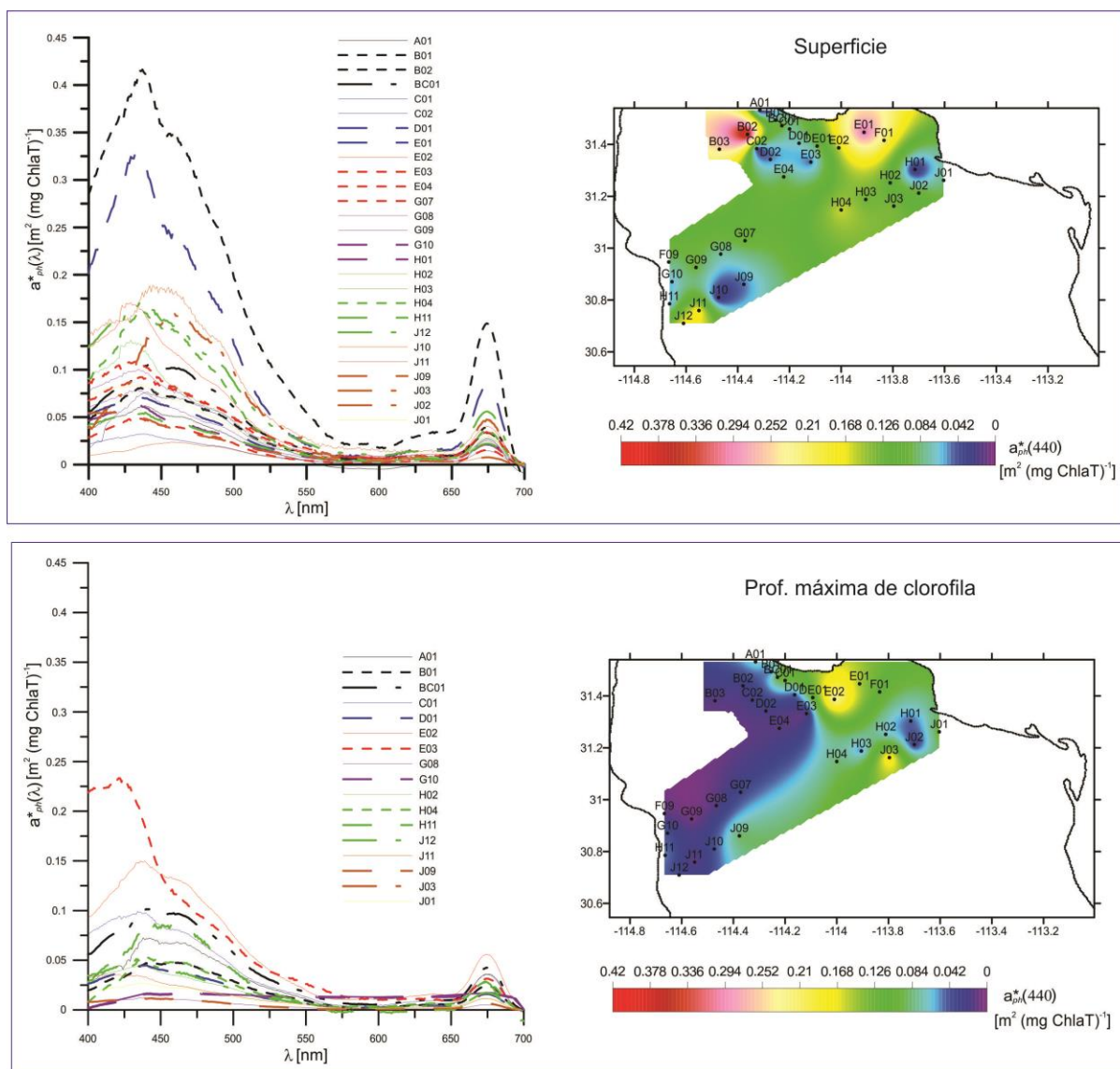
El  $a_{ph}(440)$  en la superficie presentó un intervalo de variación entre 0.01 y 0.10  $m^{-1}$ , con un promedio de 0.04  $m^{-1}$  (Fig. 24). Espacialmente, el mayor coeficiente se presentó en las estaciones ubicadas hacia el norte de Sonora, siendo la estación B02 aquella con el mayor coeficiente (Fig. 24). El intervalo de variación de  $a_{ph}(440)$  en la PMC estuvo entre los 0.01 y 0.11  $m^{-1}$ , siendo las estaciones J03 y J01 con la mayor absorción con 0.11  $m^{-1}$  (Fig. 24).

Coefficiente de absorción específico del fitoplancton,  $a^*_{ph}(\lambda)$  [ $m^2$  (mg ChlaT) $^{-1}$ ]

El coeficiente  $a^*_{ph}(440)$  en la superficie presentó un intervalo de variación entre 0.02 a 0.41  $m^2$  (mg ChlaT) $^{-1}$  con un promedio de 0.11  $m^2$  (mg ChlaT) $^{-1}$  (Fig. 25). Espacialmente, el  $a^*_{ph}(440)$  es mayor en las estaciones junto a la costa de Sonora, con las estaciones B02 (0.41  $m^2$  (mg ChlaT) $^{-1}$ ) y E01 (0.31  $m^2$  (mg ChlaT) $^{-1}$ ) (Fig. 25). Para la PMC el intervalo de  $a^*_{ph}(440)$  fue entre 0.004 a 0.24  $m^2$  (mg ChlaT) $^{-1}$  con un promedio de 0.063  $m^2$  (mg ChlaT) $^{-1}$  (Fig. 25). Espacialmente, el coeficiente de absorción específica fue mayor hacia la costa de Sonora, con las estaciones E02 y J03 (Fig. 25).



**Figura 24.** Coeficiente de absorción por el fitoplancton  $a_{ph}(\lambda)$  [m<sup>-1</sup>] en la superficie (panel superior) y en la PMC (panel inferior) en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC. Las gráficas del lado izquierdo (arriba y abajo) son los espectros de absorción por el fitoplancton desde los 400 a los 700 nm, las gráficas del lado derecho (arriba y abajo) son los datos de  $a_{ph}$  a los 440 nm.

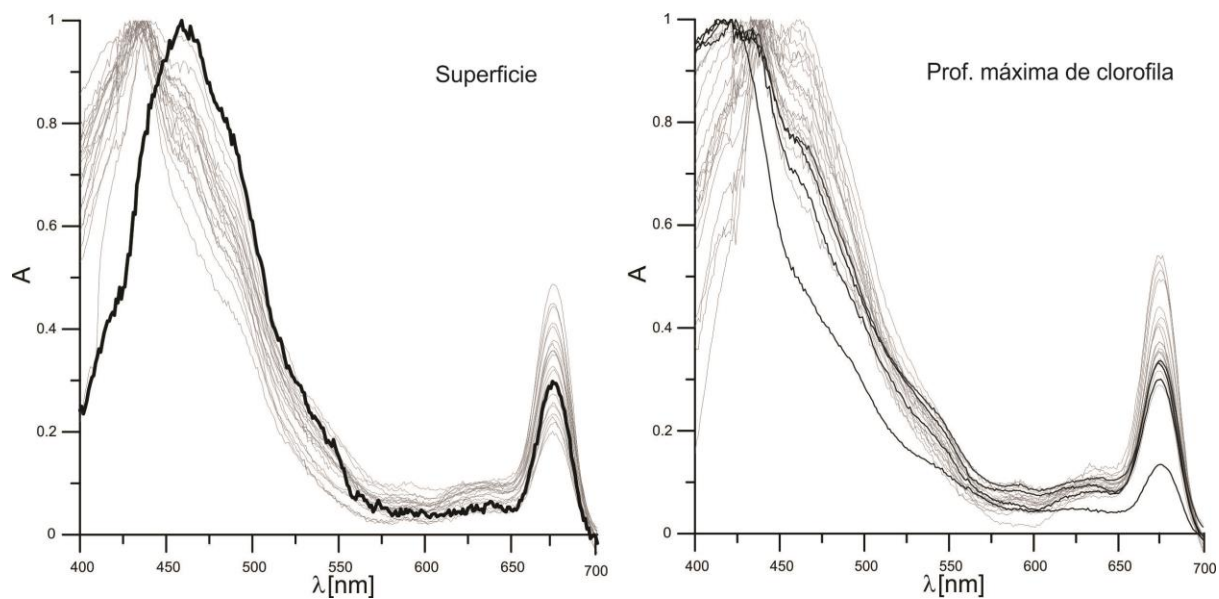


**Figura 25.** Coeficiente de absorción específico por el fitoplancton  $a^*_{ph}(\lambda)$  [m<sup>2</sup> (mg ChlaT)<sup>-1</sup>] en la superficie (panel superior) y en la PMC (panel inferior) en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC. Las gráficas del lado izquierdo (arriba y abajo) son los espectros de absorción específico por el fitoplancton desde los 400 a los 700 nm, las gráficas del lado derecho (arriba y abajo) son los datos de  $a^*_{ph}$  a los 440 nm.

### Coeficiente de absorción normalizado a 440 nm A (adimensional)

La mayoría de las formas de los espectros de absorción en superficie estuvieron dominadas por la forma de absorción de la Chla con un máximo a 440 nm y otro a 675 nm, adicionalmente se observa otro pico de absorción a los 460 nm. En la estación J10 se presentó el máximo de absorción a los 460 nm y otro a los 675 nm (Fig. 26).

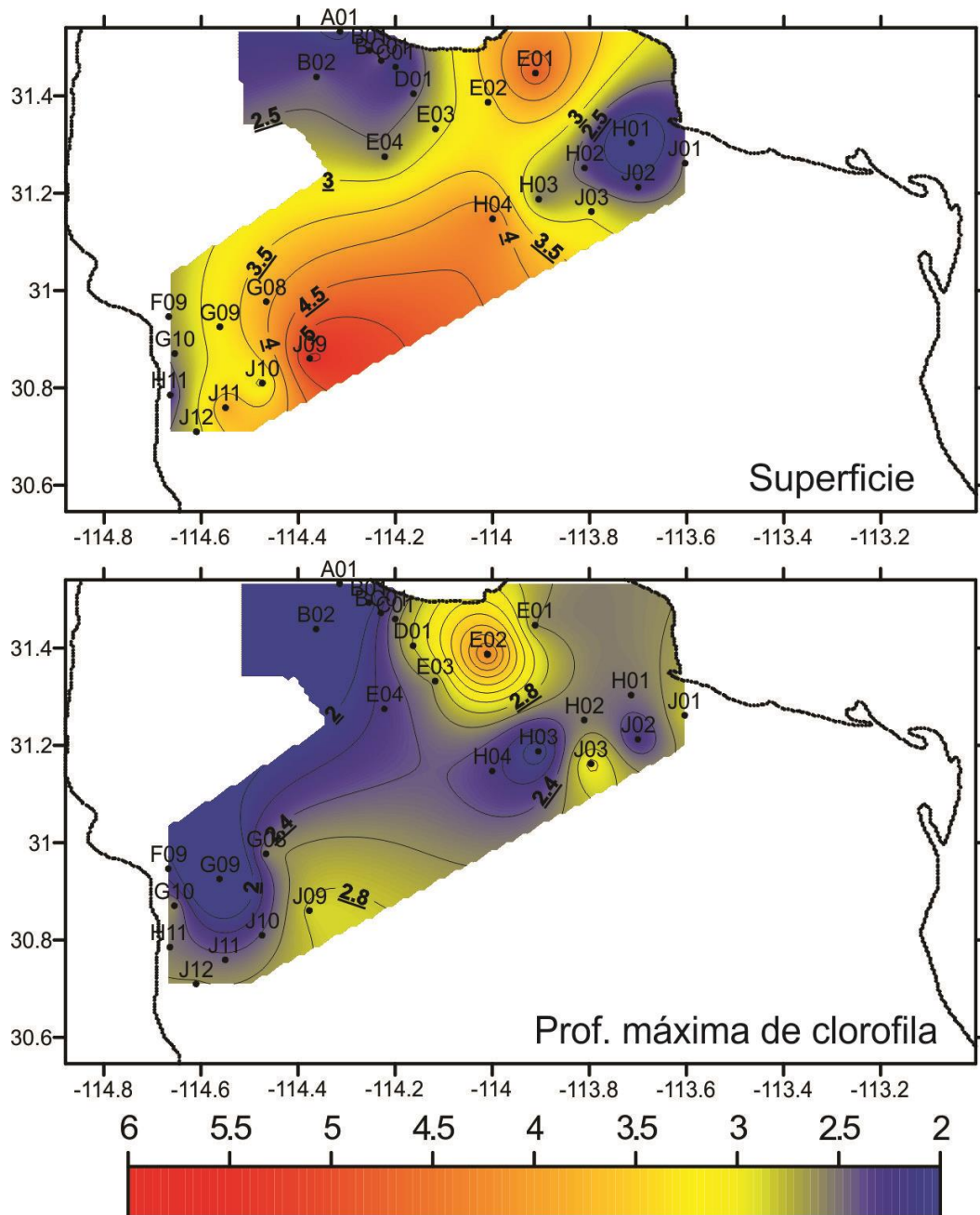
En la PMC, se observan muestras que presentaron dos picos de absorción a los 440 nm y 675 nm y un hombro a los 460 nm, así mismo las estaciones J01, J12, E03 y E02 presentaron el pico máximo a los 420 nm y 675 nm con un hombro a los 460 nm (Fig.s 26).



**Figura 26.** Espectro de absorción normalizado a los 440 nm  $A$  (adimensional) en superficie (izquierda) y en la PMC (derecha) en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en e; área de estudio de AGC. La línea oscura de la gráfica de la derecha (superficie) representa el espectro de absorción de la estación J10. Las líneas oscuras de la gráfica de la izquierda (PMC) representan el espectro de absorción de las estaciones J01, J12, E03 y E02.

### Razón $a_{ph}(440)/a_{ph}(675)$

Una manera de estimar el efecto paquete es calculando la razón  $a_{ph}(440)/a_{ph}(675)$  (Moore *et al.*, 1995). En superficie se observó que las estaciones que se presentan frente a la costa de Baja California presentan razones mayores a 3, en tanto a las estaciones al norte y al sur de Sonora presenta valores menores a 3 (Fig. 27). En la PMC, la razón es menor a 3 en las estaciones junto a la costa de Baja California y a la parte norte de la costa de Sonora (Fig. 27).



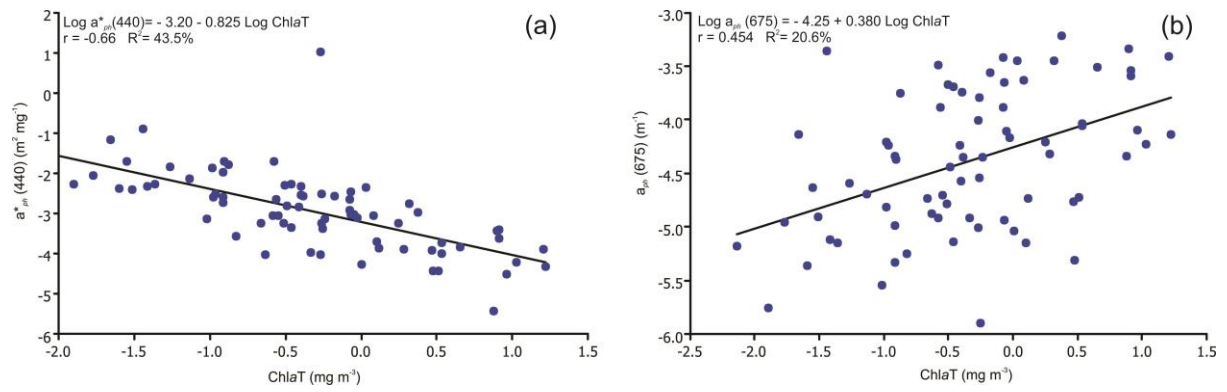
**Figura 27.** Razón  $a_{ph}(440)/a_{ph}(675)$  en superficie (izquierda) y en la PMC (derecha) en cada una de las estaciones muestreadas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio de AGC.

### Asociación entre el coeficiente de absorción por el fitoplancton y la Clorofila a Total.

La asociación entre el  $a_{ph}$  (440),  $a^*_{ph}$  (440) y  $a_{ph}$  (675) que fueron significativos estadísticamente en el  $r_{Pearson}$  y a la pendiente del modelo de regresión lineal y que puede ser explicado por la ChlaT se presenta en la tabla IV (Fig. 28).

El  $a^*_{ph}$  (440) presentó una asociación lineal mayor a 0.50 ( $r_{Pearson}$ ) (Fig. 28, Tabla IV). El  $a_{ph}$  (675) presentó una relación significativa con la ChlaT sin embargo una asociación lineal menor a 0.50 (Fig. 28, Tabla IV). Tanto él  $a^*_{ph}$  (440) y  $a_{ph}$  (675) fueron estadísticamente significativos en el  $r_{Pearson}$ , así mismo en la pendiente del modelo de regresión lineal y en la significancia global del modelo (Tabla IV).

El  $a^*_{ph}$  (440) presentó un mayor ajuste al modelo de regresión lineal,  $R^2$  mayor al 40% (Fig. 28, Tabla IV).



**Figura 28.** Regresión lineal entre la ChlaT y el coeficiente de absorción de la luz: (a)  $\text{Log } a_{ph}^*(440)$ , (b)  $\text{Log } a_{ph}^*(675)$

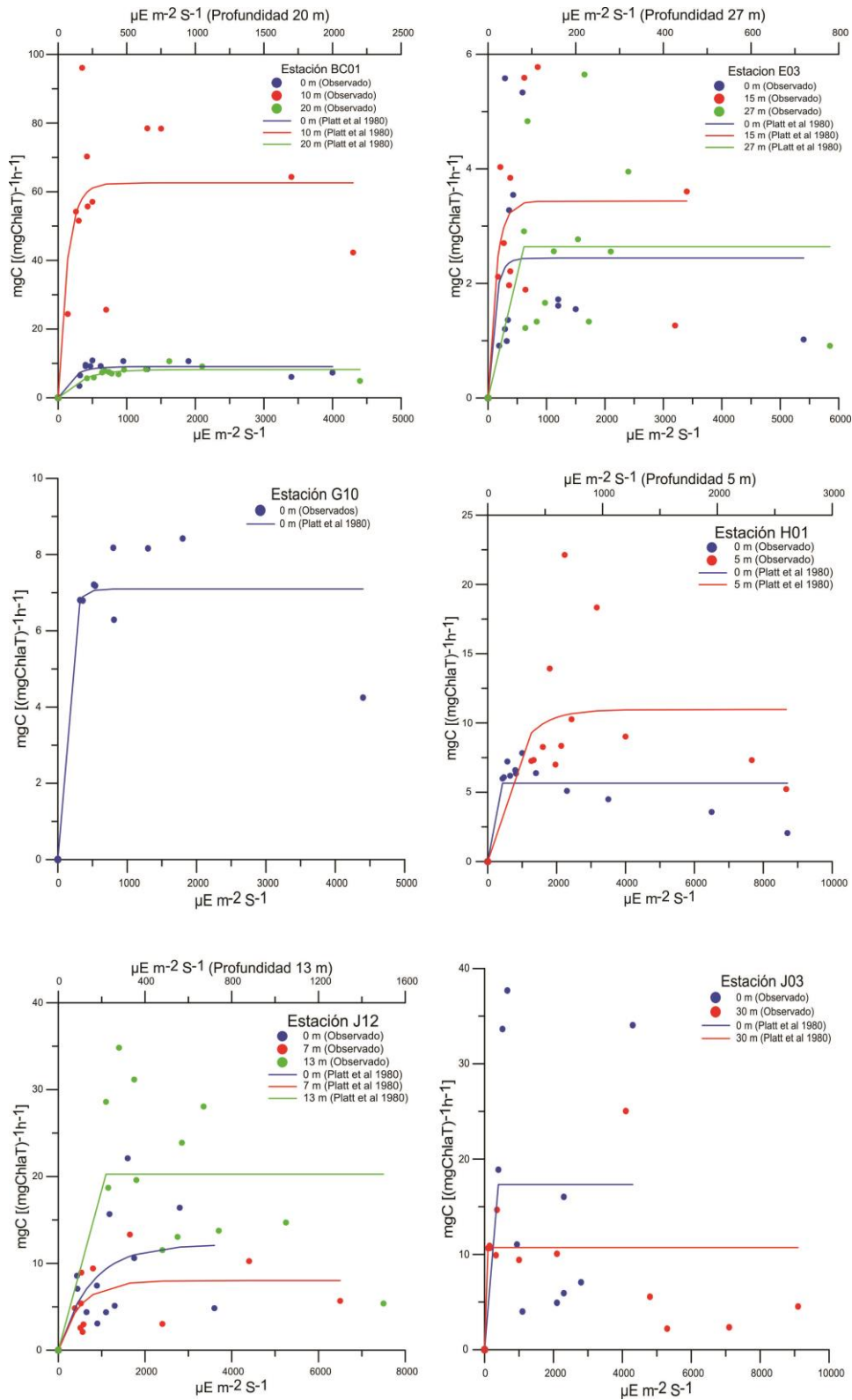
**Tabla IV.** Asociación entre el coeficiente de absorción del fitoplancton y la clorofila a Total (ChlaT) por la correlación lineal de Pearson ( $r_{Pearson}$ ) del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC, la significancia de la pendiente y del modelo de regresión lineal. Los valores en rojo indican que los pigmentos no fueron significativos en cada uno de los análisis.

	Ecuación de la regresión	Constante	Pendiente	t crítica	R <sup>2</sup> %	Modelo		r <sub>Pearson</sub>	
		t calculada	t calculada			F calculada	F crítica	r calculada	r crítica
a* <sub>ph</sub> (440)	Log a* <sub>ph</sub> (440)= - 3.20 - 0.825 Log ChlaT	-34.01	-7.45	1.99346	43.5	55.54	3.9739	-0.66	0.254
a <sub>ph</sub> (675)	Log a <sub>ph</sub> (675) = - 4.25 + 0.380 Log ChlaT	-56.88	4.32	1.99346	20.6	18.69	3.9739	0.454	0.254
a <sub>ph</sub> (440)	Log a <sub>ph</sub> (440)= - 3.27 + 0.173 Log ChlaT	-44.83	2.03	1.99346	5.4	4.1	3.9739	0.232	0.254

### **Productividad Primaria**

Se generaron curvas de P-E en 6 estaciones. En la estación BC01 en las profundidades 0,10 y 20 m, en la estación E03 en las profundidades 0,15 y 27 m, en la estación G10 en la profundidad 0 m; en la estación H01 en las profundidades 0 y 5 m; en la estación J12 las profundidades 0, 7 y 13 m y en la estación J03 en las profundidades 0 y 30 m (Fig. 29).

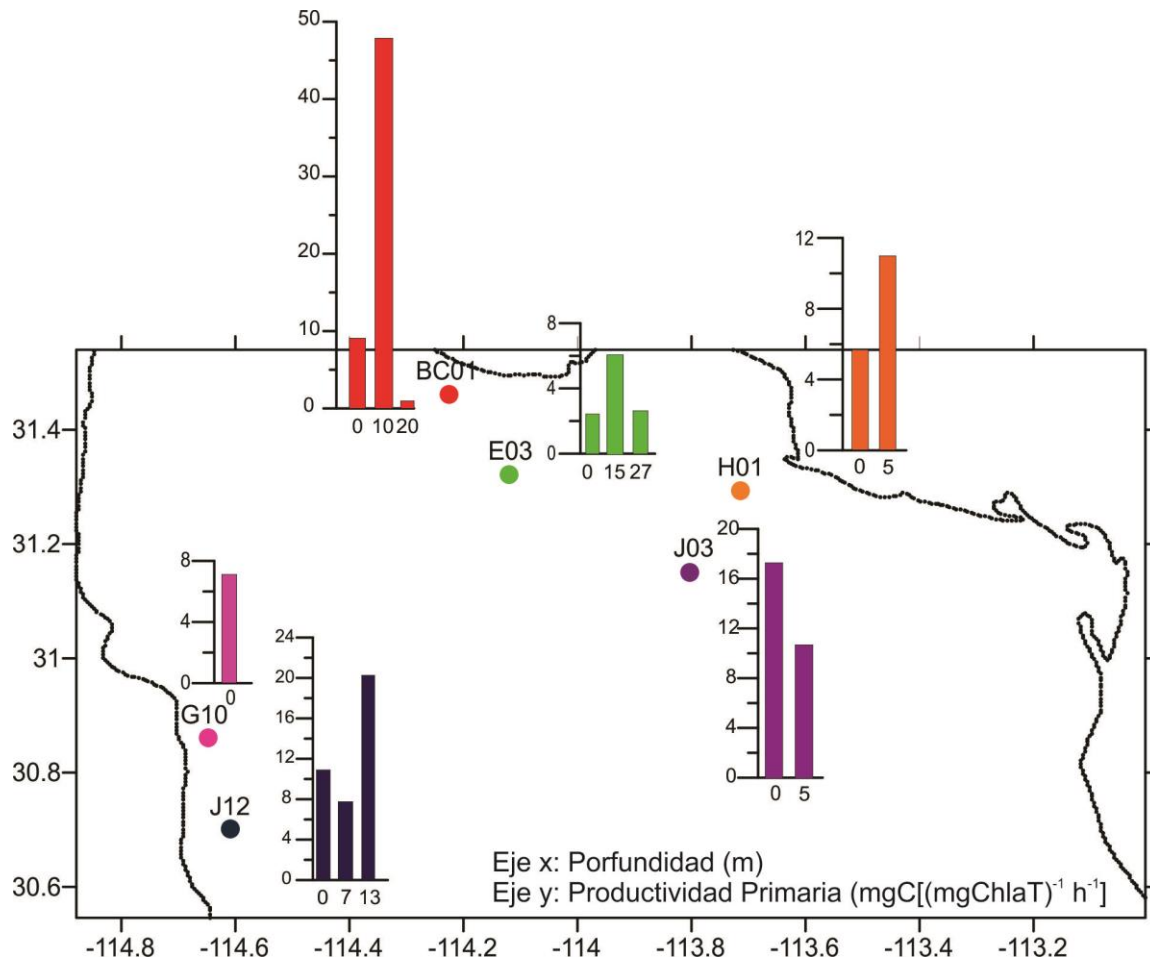
Los parámetros fotosintéticos  $\alpha^B$  ( $\text{mgC} [\text{mgChaT}]^{-1} \text{h}^{-1}$ ) ( $\mu\text{E m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ) $^{-1}$  y  $P^B m$  ( $\text{mgC} [\text{mgChaT}]^{-1} \text{h}^{-1}$ ) para cada estación y profundidad se observan en la tabla V. La productividad en cada estación ( $P^B$ ) se observa en la tabla V y en la figura 30. En la estación BC01 la productividad fue mayor a los 10 m con  $47.85 \text{ mgC} [\text{mgChaT}]^{-1} \text{h}^{-1}$ , donde se presenta la PMC. En la estación E03, a los 15 m la  $P^B$  fue mayor con  $6.11 \text{ mgC} [\text{mgChaT}]^{-1} \text{h}^{-1}$ . Para la estación H01, la mayor  $P^B$  se presentó a los 5 m con  $10 \text{ mgC} [\text{mgChaT}]^{-1} \text{h}^{-1}$ . La estación G10 en la superficie la  $P^B$  fue de  $7.10 \text{ mgC} [\text{mgChaT}]^{-1} \text{h}^{-1}$ . La  $P^B$  en la estación J03 fue mayor a los 0 m con  $17.33 \text{ mgC} [\text{mgChaT}]^{-1} \text{h}^{-1}$ . En la estación J12 la  $P^B$  fue mayor a los 13 m con  $20.27 \text{ mgC} [\text{mgChaT}]^{-1} \text{h}^{-1}$ .



**Figura 29.** Curvas de productividad primaria por  $^{14}\text{C}$  de 6 estaciones donde se realizaron los experimentos en el área de estudio del 1 al 8 de junio del 2010 en el AGC.

**Tabla V.** Parámetros de las curvas P-E de las diferentes estaciones:  $\alpha^B$  ( $\text{mgC} [\text{mgChl}a\text{T}]^{-1} \text{h}^{-1}$ ) ( $\mu\text{E m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ) $^{-1}$  y  $P^Bm$  ( $\text{mgC} [\text{mgChl}a\text{T}]^{-1} \text{h}^{-1}$ ). Profundidad (m), Irradiancia ( $\mu\text{E m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ) y  $P^B$  ( $\text{mgC} [\text{mgChl}a\text{T}]^{-1} \text{h}^{-1}$ ) en la profundidad de la muestra, del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.

Estación	Profundidad	$\alpha^B$	$P^Bm$	Irradiancia	$P^B$
BC01	0	0.048	9.087	1777	9.09
	10	0.467	62.586	194	47.85
	20	0.049	8.233	21	0.97
E03	0	0.023	2.444	1405	2.44
	15	0.073	6.114	176	6.11
	27	0.425	2.640	34	2.64
G10	0	0.513	9.720	1467	7.10
H01	0	0.268	5.655	1388	5.66
	5	0.054	10.972	492	10.96
J12	0	0.016	12.165	1709	10.92
	7	0.021	10.775	94	7.76
	13	1.542	20.271	8	20.27
J03	0	1.459	14.535	1478	17.33
	30	0.590	10.719	123	10.72



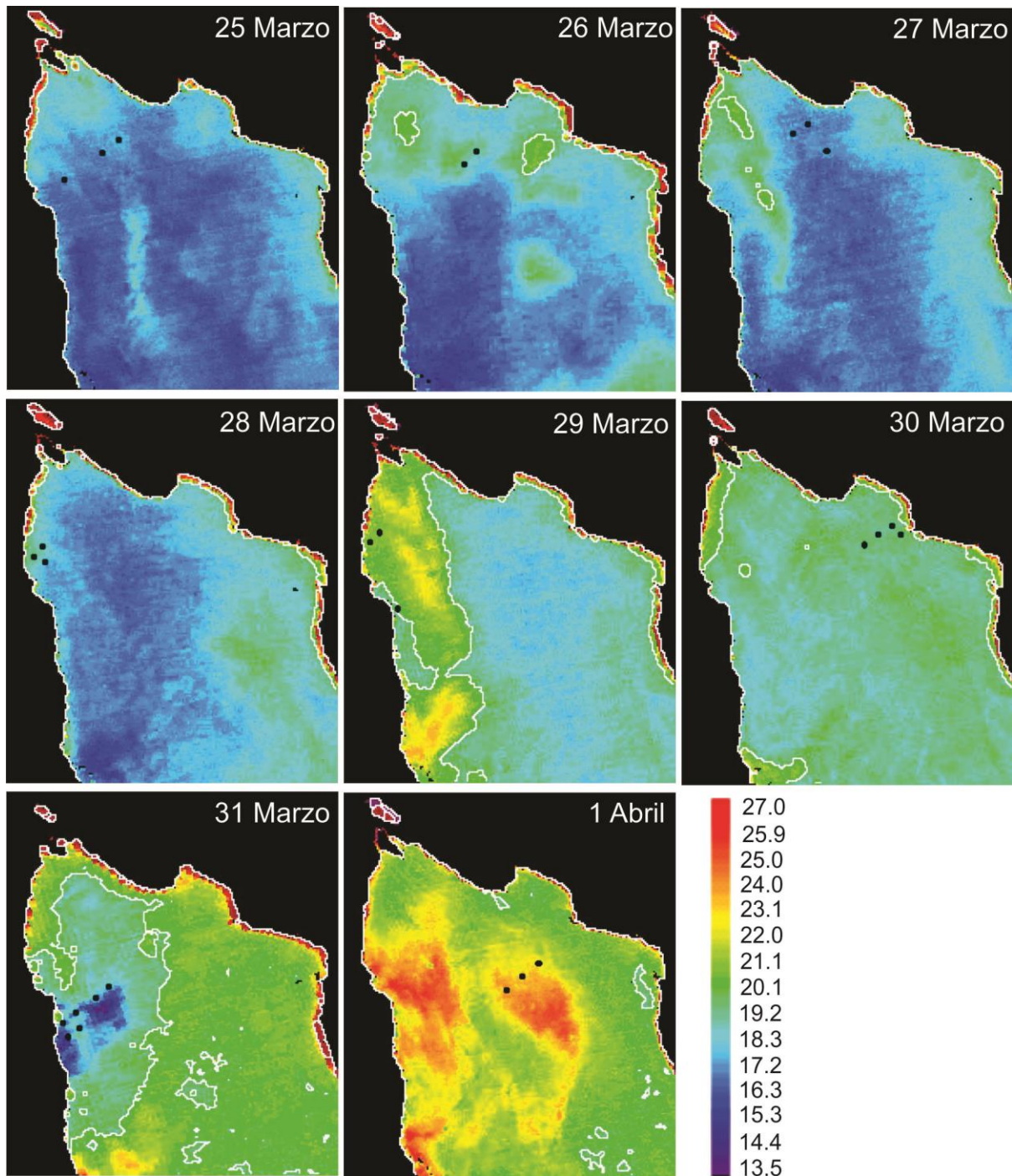
**Figura 30.** Productividad Primaria (mgC [(mgChl a T)<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>]) de las 6 estaciones donde se realizaron los experimentos para el 1 al 8 de junio del 2010 en el AGC.

### ***Pangas 2011***

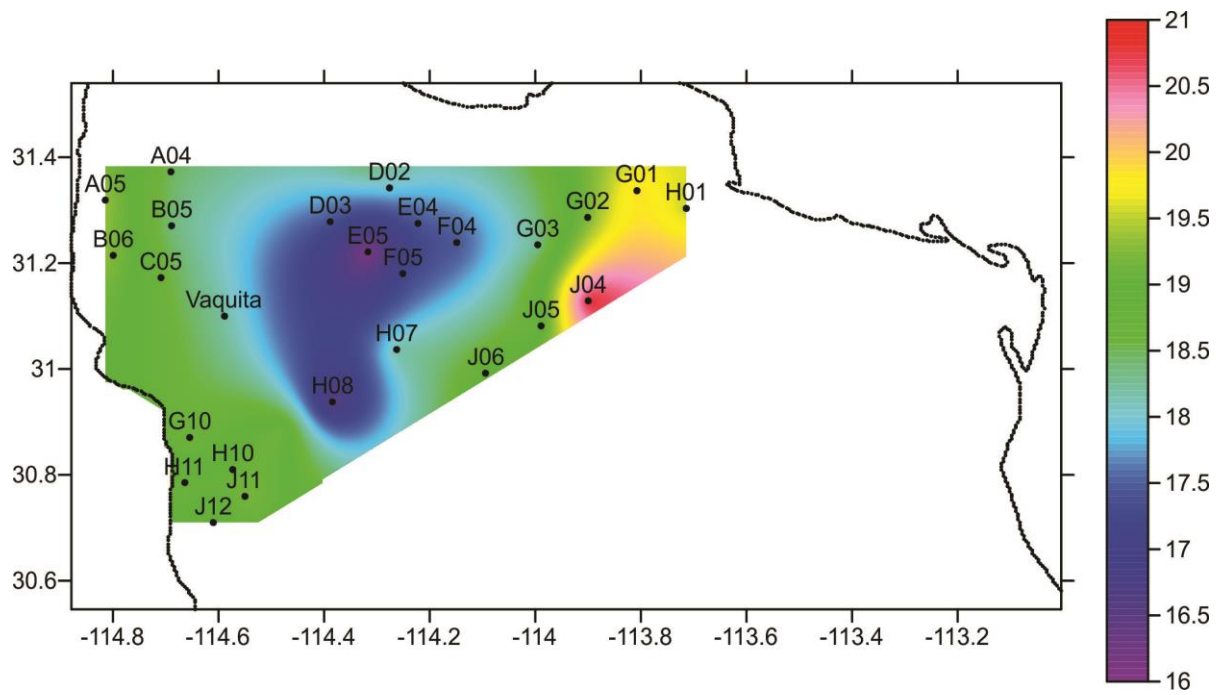
Las imágenes diarias del sensor MODIS nos muestran que la temperatura en el AGC fue aumentando del día 25 de marzo al 1 de abril desde los 16 °C hasta los 24 °C (Fig. 31). En el día 25 y 26 de marzo, se observan hacia la parte noreste parches con una temperatura hasta los 20 °C, ya para el día 28 de marzo, estas desaparecen. El 1 de abril se presentaron dos plumas en la parte sureste y central del AGC con valores hasta de 25 °C. El 31 de marzo se observa que hay una disminución de la temperatura hacia la costa de Baja California, sin embargo este valor se debe posiblemente al paso de una nube al momento del que el sensor tomó la imagen de satélite.

En la figura 32, se presenta la temperatura superficial en las estaciones de muestreo. Las estaciones ubicadas en la parte central presentan temperaturas hasta los 17.5 °C, en tanto las estaciones ubicadas en la costa de Baja California la temperatura no superan los 19 °C. En la costa de Sonora se presentaron las mayores temperaturas hasta los 20.5 °C.

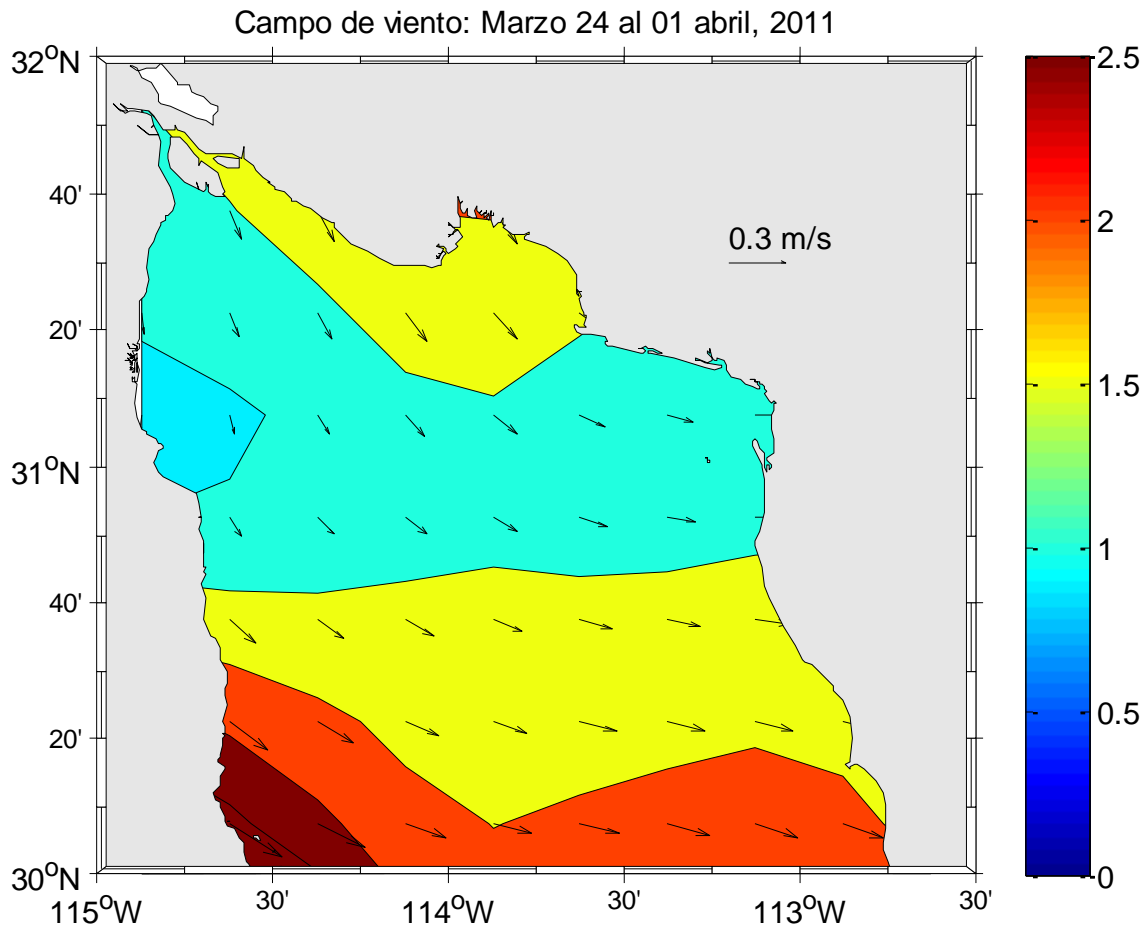
La dirección y la magnitud del viento se observa en la figura 33. Donde el viento presentó una magnitud hasta los 3 m/s para la zona sur del AGC y de 1 a 1.5 m/s para la región norte del AGC. La dirección del viento es de Norte a Sur con una leve inclinación hacia el este.



**Figura 31.** Imágenes de temperatura (°C) del sensor MODIS para los días del 25 de marzo al 1 de abril del 2011. Los puntos negros indican la posición de las estaciones muestreadas cada día.



**Figura 32.** Imágenes de temperatura (°C) superficial para los días del 24 de marzo al 1 de abril en el área de muestreo del AGC.



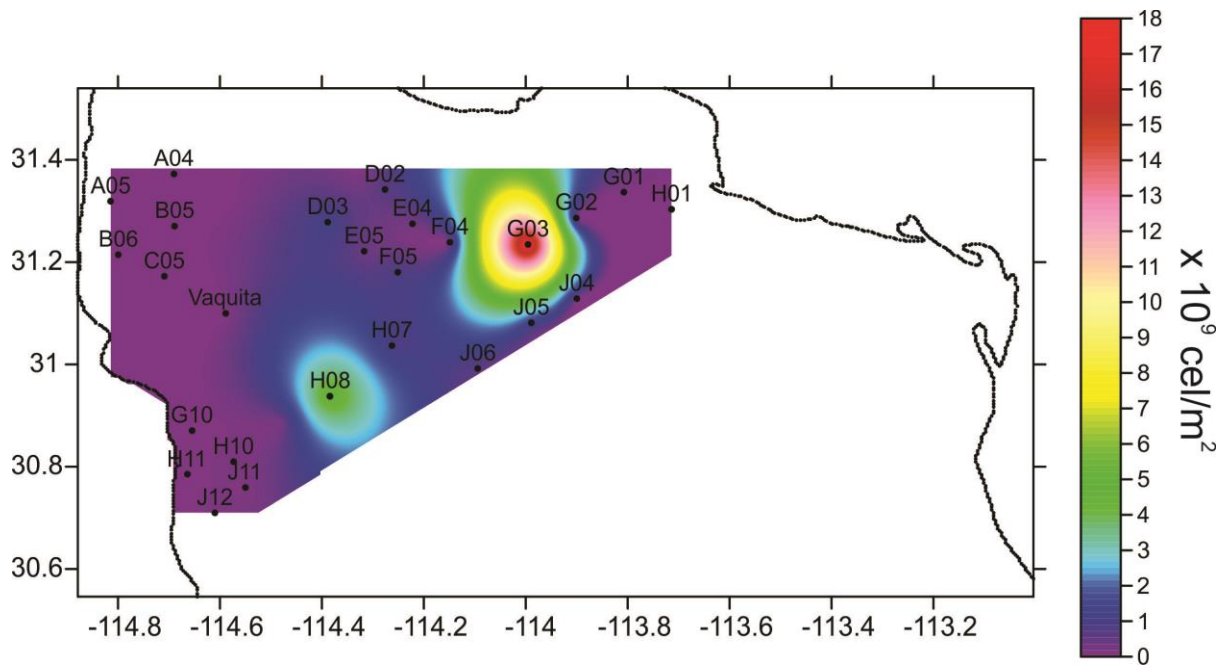
**Figura 33.** Dirección y magnitud del viento del 24 de marzo al 1 de abril en el área de muestro del AGC.

### ***Biomasa fitoplanctónica***

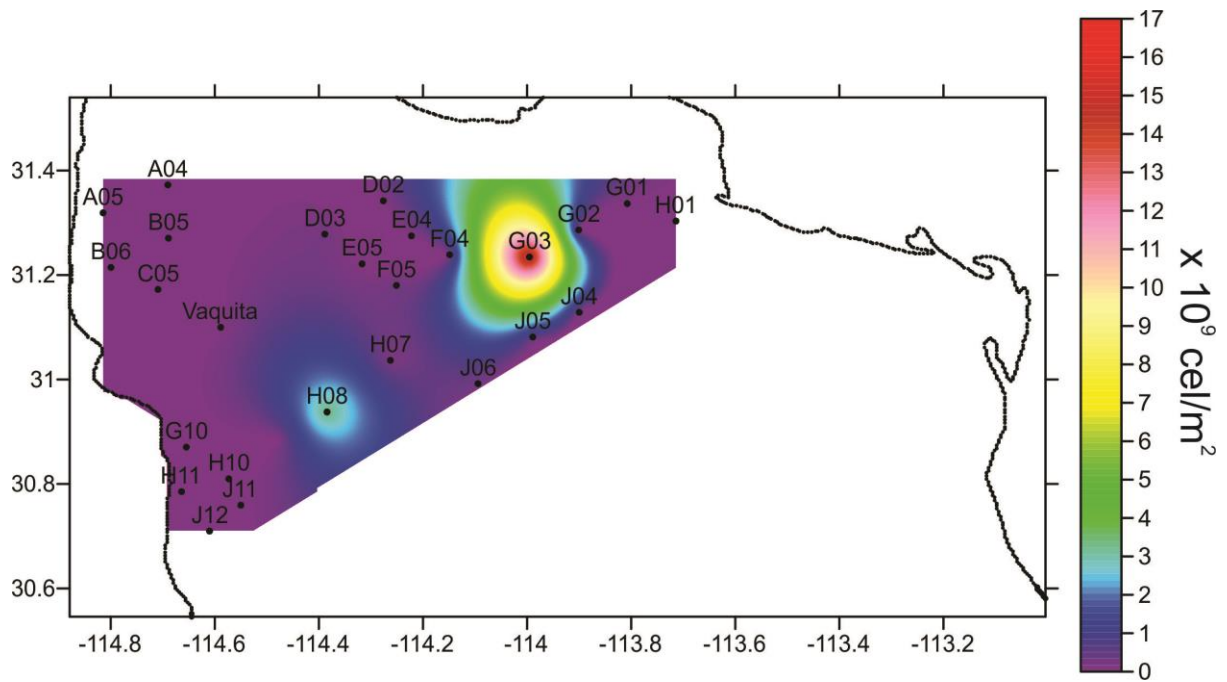
La abundancia fitoplanctónica total en la columna del agua para cada estación de muestreo se presentaban en la figura 34. Las mayores abundancias se presentaron en las estaciones G03 y H08 con  $17.28 \times 10^9$  cel/m<sup>2</sup> y  $4.70 \times 10^9$  cel/m<sup>2</sup>, respectivamente. En forma general el resto de las estaciones tuvieron abundancias menores a  $2 \times 10^9$  cel/m<sup>2</sup>.

Mediante el microscopio invertido se observaron 8 grupos fitoplanctónicos: Diatomeas, Dinoflagelados, Prasinofitas, Crisofitas, Criptofitas, Cianofitas, Clorofitas y Euglenofitas. El grupo de las Diatomeas y Dinoflagelados presentaron la mayor abundancia en la columna del agua durante el muestreo ( $21.02 \times 10^9$  cel/m<sup>2</sup> y  $5.59 \times 10^9$  cel/m<sup>2</sup>, respectivamente).

Las diatomeas en la columna del agua presentaron mayor abundancia en la estación G03 con  $16.17 \times 10^9$  cel/m<sup>2</sup> (Fig. 35), siendo los géneros más representativos en esa estación: *Chaetoceros* sp. ( $11.45 \times 10^9$  cel/m<sup>2</sup>) y *Thalassionema* sp. ( $1.75 \times 10^9$  cel/m<sup>2</sup>).

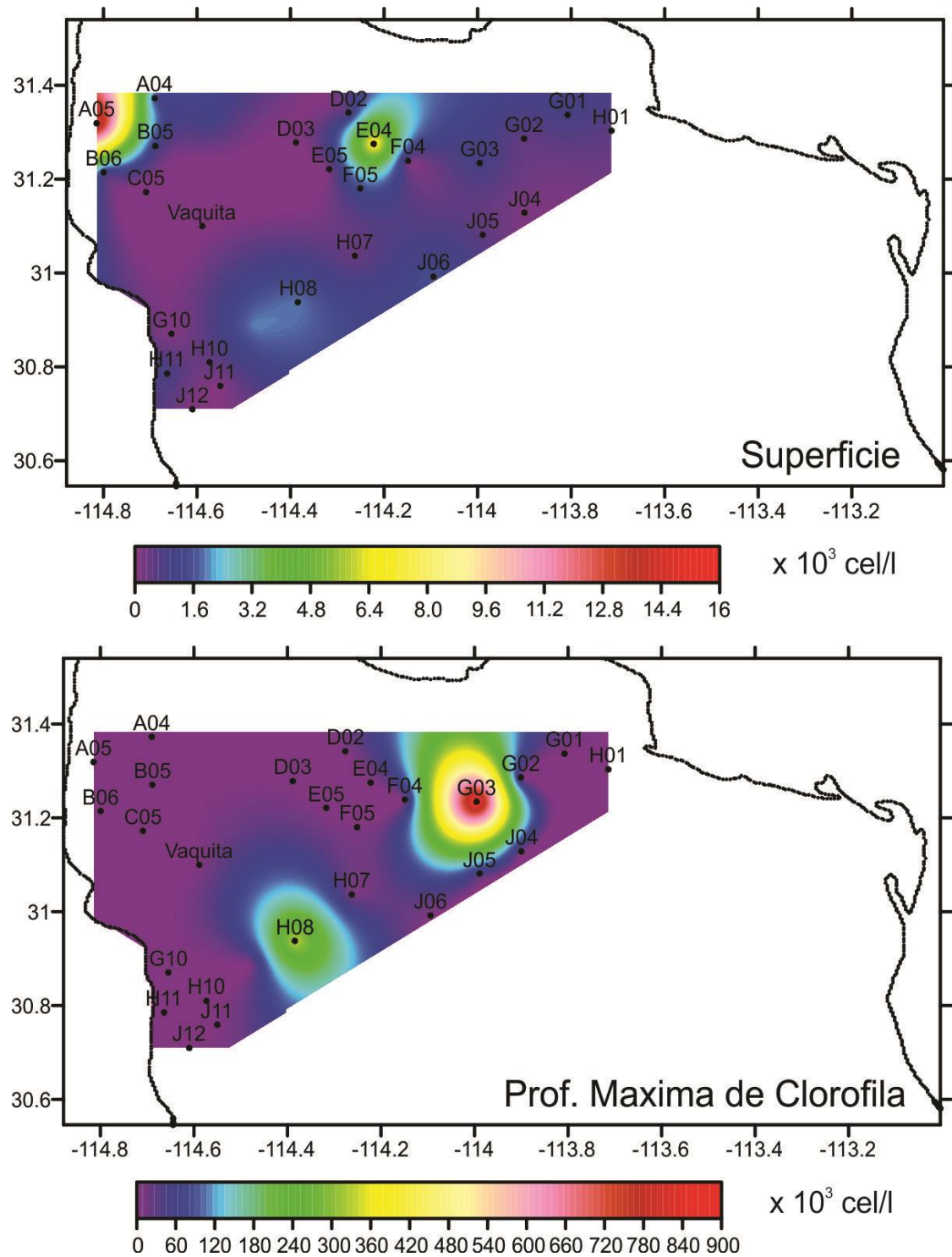


**Figura 34.** Abundancia fitoplanctónica total en la columna del agua ( $\times 10^9 \text{ cel/m}^2$ ) del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.



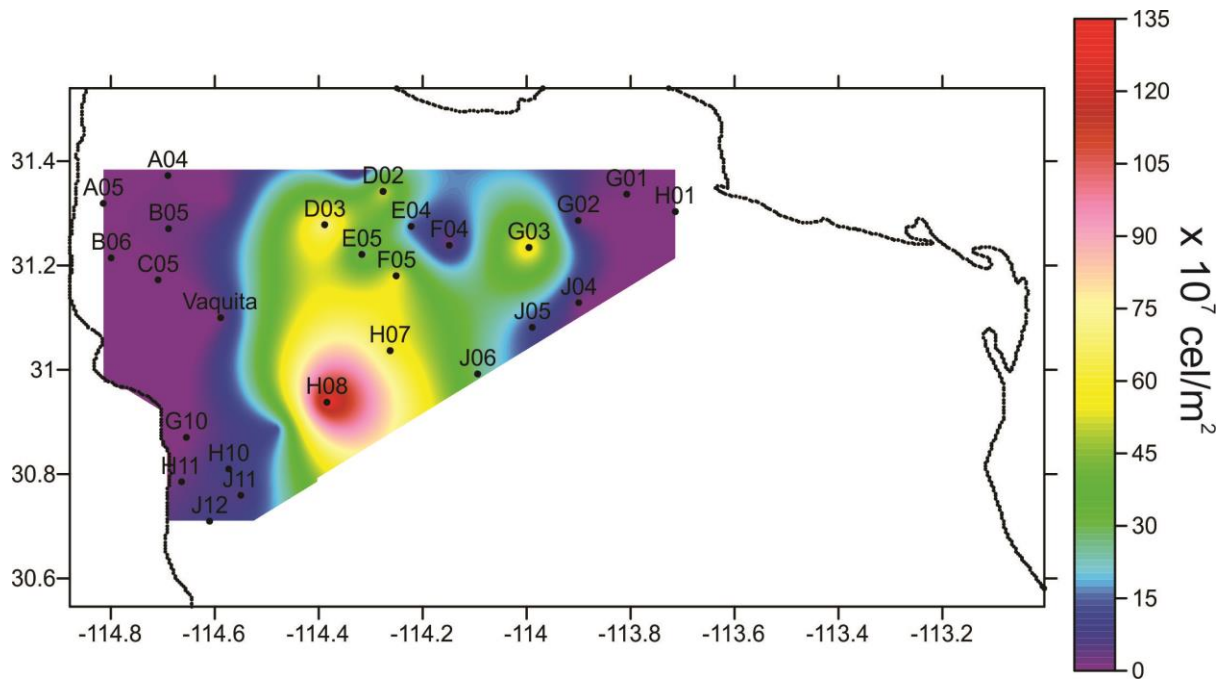
**Figura 35.** Abundancia fitoplanctónica del grupo de las Diatomeas en la columna del agua ( $\times 10^9 \text{ cel/m}^2$ ) del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.

A nivel superficial, las diatomeas se presentaron en mayor abundancia en la estación A05 ( $15.8 \times 10^3$  cel/l) y la estación E04 ( $7.3 \times 10^3$  cel/l) (Fig. 36). Los géneros más abundantes en la estación A05 fueron: *Pleurosigma* sp. (5150 cel/l), *Thalassiosira* sp. (3000 cel/l) y *Coscinosira* sp. (2650 cel/l) (Anexo VIII), en tanto, para la estación E04 fueron *Thalassionema* sp. (5240 cel/l) y *Leptocylindrus* sp. (1680 cel/l) (Anexo VIII). Para la PMC, las diatomeas presentaron mayor abundancia en las estaciones G03 y H08 ( $923 \times 10^3$  cel/l y  $340 \times 10^3$  cel/l, respectivamente) (Fig. 36). Los géneros que presentaron mayor abundancia en la estación G03 fueron *Chaetoceros* sp (654400 cel/l), *Thalassionema* sp. (100100 cel/l), *Pseudo-nitzschia* sp. (80000 cel/l) y *Thalassiosira* sp. (39000 cel/l) (Anexo IX), y en la estación H08 fueron *Thalassiosira* sp. (300600 cel/l), *Pseudo-nitzschia* sp. (10000 cel/l) y *Chaetoceros* sp (10000 cel/l) (Anexo X).



**Figura 36.** Abundancia fitoplanctónica del grupo de las Diatomeas en la capa superficial y en la PMC ( $\times 10^3 \text{ cel/l}$ ) del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.

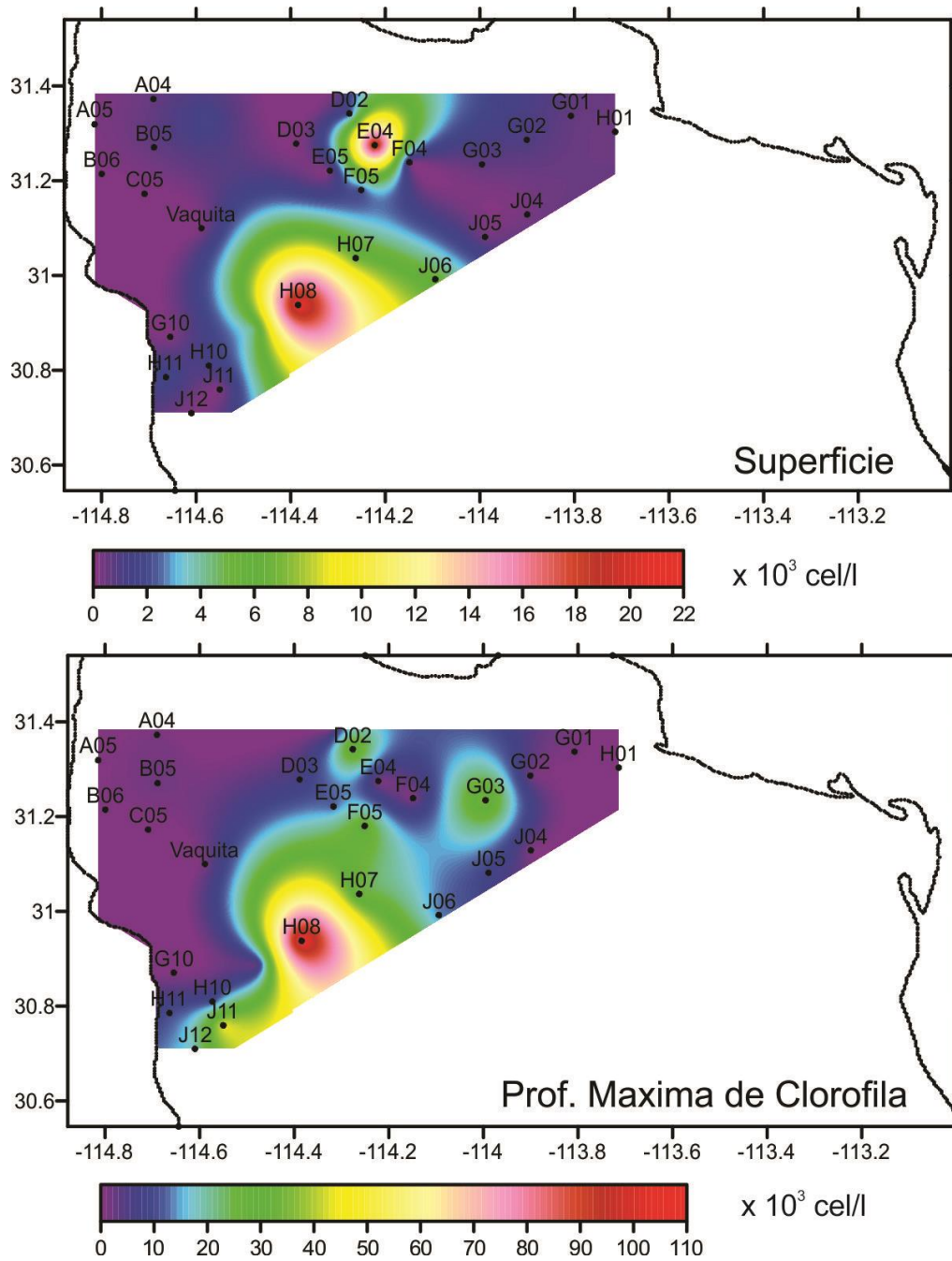
Los dinoflagelados en la columna del agua presentaron su mayor abundancia en la parte central del área de estudio con las estaciones H08 ( $132.1 \times 10^7$  cel/m<sup>2</sup>), D03 ( $73.14 \times 10^7$  cel/m<sup>2</sup>) y G03 ( $63.07 \times 10^7$  cel/m<sup>2</sup>) (Fig. 37). En la estación H08 los géneros más abundantes fueron *Akashiwo* sp. con  $72.2 \times 10^7$  cel/m<sup>2</sup>, *Gymnodinium* sp. con  $28.75 \times 10^7$  cel/m<sup>2</sup> y *Scropsiella* con  $23.9 \times 10^7$  cel/m<sup>2</sup>. Los géneros en la estación D03 fueron *Gymnodinium* sp. con  $20.3 \times 10^7$  cel/m<sup>2</sup>. Y en la estación G03 con los géneros *Heterocapsa* sp. ( $17.5 \times 10^7$  cel/m<sup>2</sup>) y *Toridium* sp. ( $17.5 \times 10^7$  cel/m<sup>2</sup>).



**Figura 37.** Abundancia fitoplanctónica del grupo de los Dinoflagelados en la columna del agua ( $\times 10^7$  cel/m<sup>2</sup>) del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio de AGC.

A nivel superficial, los dinoflagelados se presentaron en mayor abundancia en las estaciones H08 ( $21.6 \times 10^3$  cel/l) y E04 ( $20.5 \times 10^3$  cel/l) (Fig. 38, Anexo X). En la estación H08 los géneros con más abundancia fueron *Gymnodinium* sp. con  $19.8 \times 10^3$  cel/l, *Scrippsiella* sp. con  $600 \times 10^3$  cel/l y *Ceratium* sp. con  $480 \times 10^3$  cel/l (Anexo X). Y para la estación E04 los géneros más representativos fueron *Gymnodinium* sp con  $19.7 \times 10^3$  cel/l y *Ceratium* sp con  $440 \times 10^3$  cel/l (Anexo X).

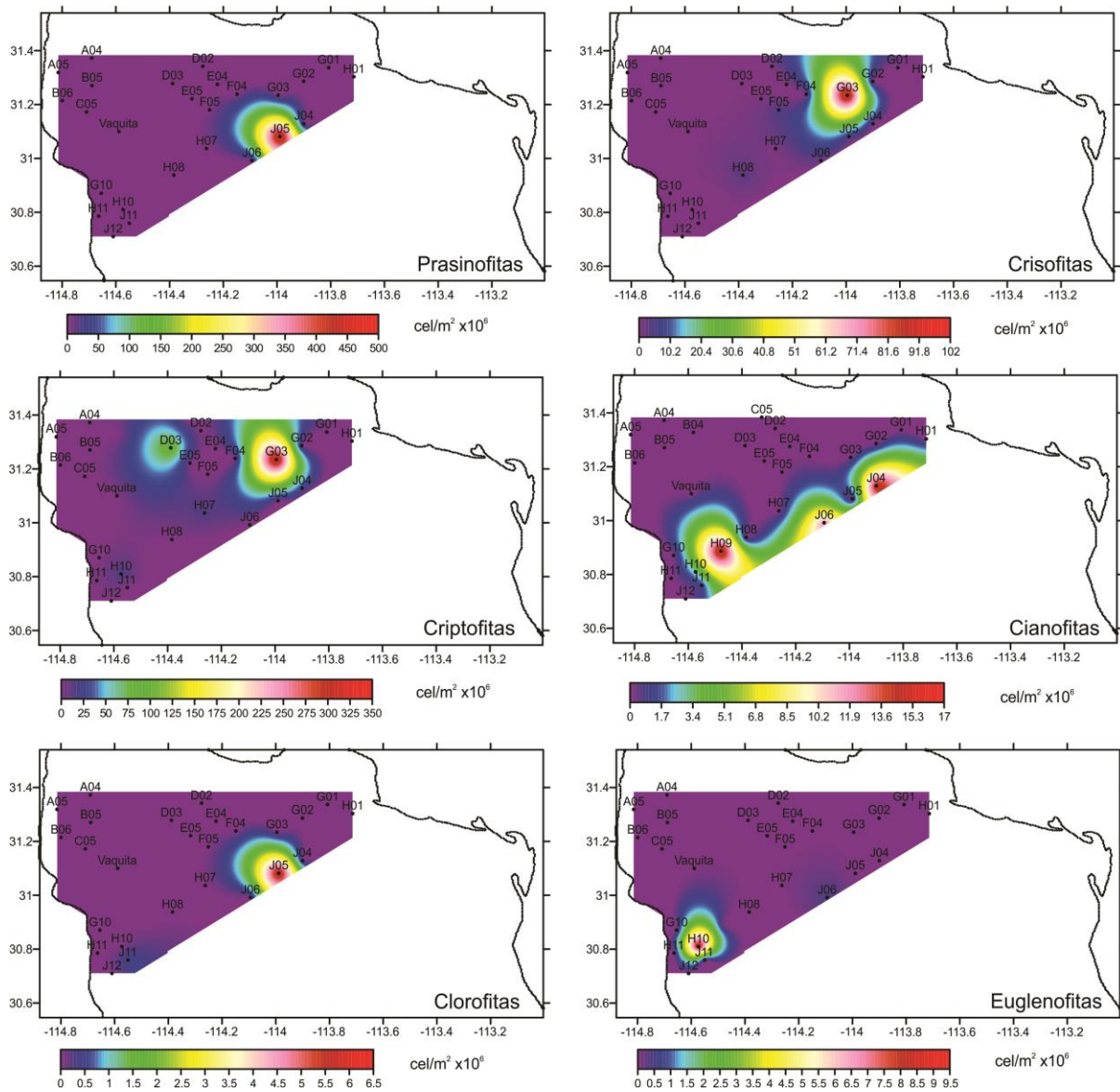
Los dinoflagelados en la PMC fueron más abundantes en las estaciones H08 ( $109.8 \times 10^3$  cel/l), J11 ( $44.4 \times 10^3$  cel/l), G03 ( $35.8 \times 10^3$  cel/l), D02 ( $34.3 \times 10^3$  cel/l) y F05 ( $30.3 \times 10^3$  cel/l) (Fig. 38, Anexo XI). En la estación H08 los géneros con mayor abundancia fueron *Akashiwo* sp. ( $76 \times 10^3$  cel/l) y *Scrippsiella* sp. ( $25 \times 10^3$  cel/l) (Anexo XI), para la estación J11 el género más abundante fue *Gymnodinium* sp. ( $42.4 \times 10^3$  cel/l) (Anexo XI). En la estación G03 se observó una alta abundancia de quistes ( $15 \times 10^3$  cel/l) y de los géneros *Heterocapsa* sp ( $10 \times 10^3$  cel/l) y *Torodinium* sp. ( $10 \times 10^3$  cel/l) (Anexo XI). En las estaciones D02 y F05, el género *Gymnodinium* sp fue el más abundante con  $32.6 \times 10^3$  cel/l y  $29.3 \times 10^3$  cel/l, respectivamente (Anexo XI).



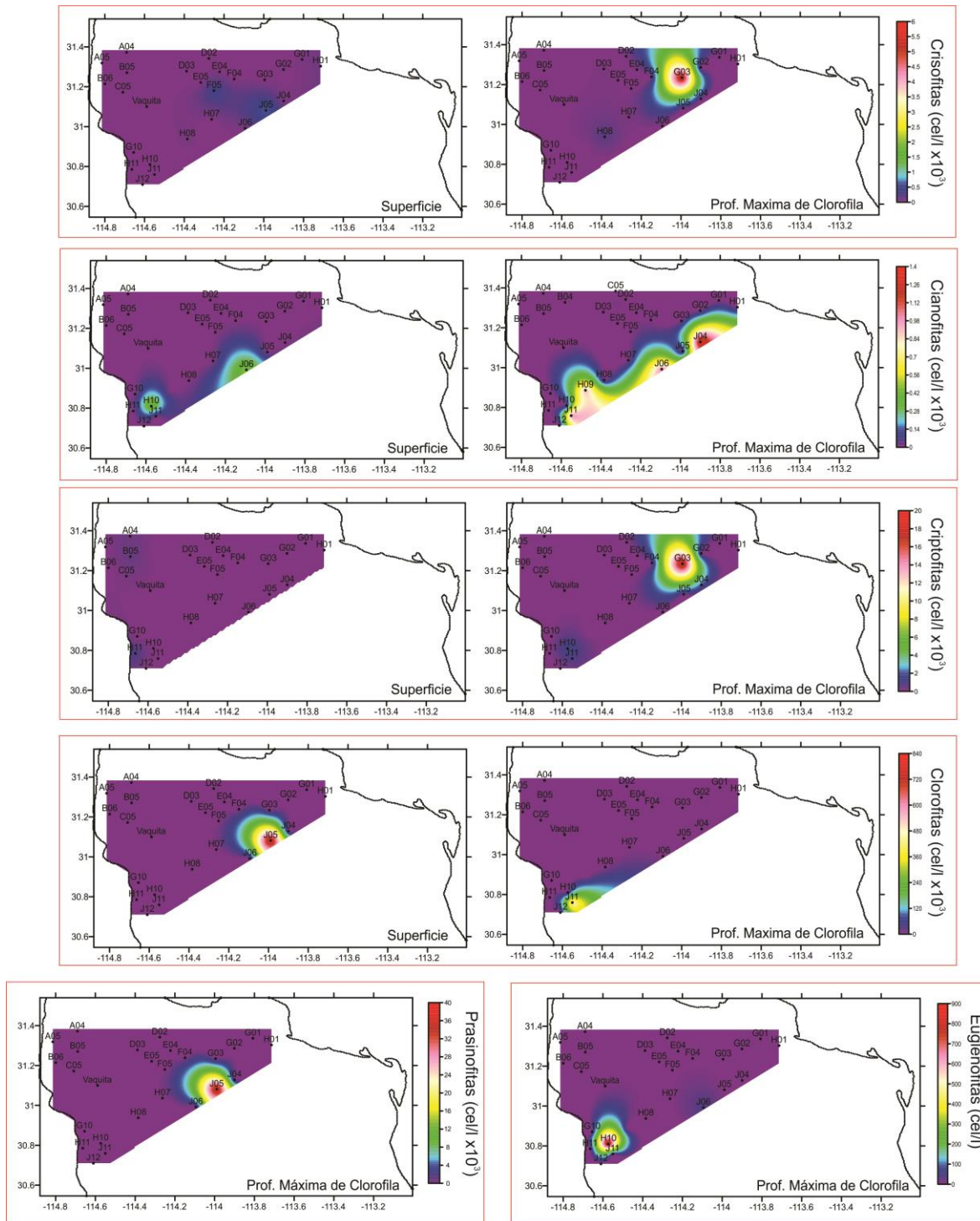
**Figura 38.** Abundancia fitoplanctónica del grupo de los Dinoflagelados en la capa superficial y en la PMC ( $\times 10^3$  cel/l) del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.

Los grupos fitoplanctónicos Prasinofitas, Crisofitas, Euglenofitas, Clorofitas, Criptofitas y Cianofitas se presentaron en menor abundancia en la columna del agua durante el periodo de muestreo (Fig. 39). Las Prasinofitas presentan la mayor abundancia en la estación J05 ( $500 \times 10^6$  cel/m<sup>2</sup>) (Fig. 39) y las de menor abundancia los grupos de las Euglenofitas (estación H10 con  $9.2 \times 10^6$  cel/m<sup>2</sup>) y Clorofitas (estación J05 con  $6.3 \times 10^6$  cel/m<sup>2</sup>) (Fig. 39).

En la figura 40 y anexo XII-XIII se observa las abundancias superficiales y en la PMC de los grupos de las Prasinofitas, Crisofitas, Criptofitas, Cianofitas, Clorofitas y Euglenofitas.



**Figura 39.** Abundancia fitoplanctónica de los grupos de las Prasinofitas, Crisofitas, Criptofitas, Cianofitas, Clorofitas y Euglenofitas en la columna del agua ( $\times 10^9$   $\text{cel}/\text{m}^2$ ) del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.



**Figura 40.** Abundancia fitoplanctónica de los grupos de las Prasinofitas, Crisofitas, Criptofitas, Cianofitas, Clorofitas y Euglenofitas en la superficie y en la PMC del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.

Biovolumen fitoplanctónico y biomasa carbónica fitoplanctónica.

Se estimó el biovolumen fitoplactónico y la biomasa fitoplanctónica de cada uno de los géneros encontrados en las observaciones por microscopia invertida. Los biovolumenes y biomasa fitoplanctónica obtenidos se observan en las tablas VI-VIII.

**Tabla VI.** Volumen ( $\mu\text{m}^3$ ), cantidad de carbono por célula [ $\text{Log}_{10}\text{C}(\text{pgC cel}^{-1})$ ] del grupo de las diatomeas para el AGC (24 marzo al 1 de abril del 2011).

<b>Diatomeas</b>	<b>Volumen (<math>\mu\text{m}^3</math>)</b>	<b><math>\text{Log}_{10}\text{C}(\text{pgC cel}^{-1})</math></b>
<i>Actinoptychus</i>	24041	3.79
<i>Asterionellopsis</i>	744	2.33
<i>Asterolampra</i>	118692	4.38
<i>Chaetoceros</i>	1923	2.66
<i>Coscinodiscus</i>	281344	4.71
<i>Coscinosira</i>	4906	3.19
<i>Cyclotella</i>	1766	2.63
<i>Cylindrotheca</i>	350	2.06
<i>Dactyliosolen</i>	2861	2.80
<i>Detonula</i>	954	2.42
<i>Ditylum</i>	11250	3.50
<i>Diploneis</i>	7693	3.36
<i>Eucampia</i>	2944	2.81
<i>Fragilaria</i>	833	2.37
<i>Fragilariopsis</i>	104	1.63
<i>Guinardia</i>	3925	3.10
<i>Hemidiscus</i>	19233	3.70
<i>Lauderia</i>	30854	3.88
<i>Leptocylindrus</i>	1079	2.46
<i>Navicula</i>	1181	2.49
<i>Nitzschia</i>	1225	2.50
<i>Paralia</i>	8586	3.40
<i>Planktoniella</i>	8586	3.40
<i>Pleurosigma</i>	6468	3.29
<i>Pseudo-nitzschia</i>	2640	2.77
<i>Rhizosolemia</i>	7556	3.35
<i>Skeletonema</i>	537	2.21
<i>Stephanopyxis</i>	28260	3.85
<i>Surirella</i>	1178	2.49
<i>Thalassionema</i>	640	2.27
<i>Thalassiophysa</i>	1086	2.46
<i>Thalassiosira</i>	4906	3.19

**Tabla VII.** Volumen ( $\mu\text{m}^3$ ), cantidad de carbono por célula [ $\text{Log}_{10}\text{C}(\text{pgC cel}^{-1})$ ] y estrategia trófica (M=Mixotróficos, H=Heterotróficos, F=Fototróficos) del grupo de los dinoflagelados para el AGC (24 marzo al 1 de abril del 2011).

<b>Dinoflagelados</b>	<b>Volumen (<math>\mu\text{m}^3</math>)</b>	<b><math>\text{Log}_{10}\text{C}(\text{pgC cel}^{-1})</math></b>	<b>Estrategia trófica</b>
<i>Akashiwo</i>	7235	3.40	F
<i>Alexandrium</i>	8844	3.48	M
<i>Amphidinium</i>	1136	2.69	F
<i>Ceratium</i>	23200	3.85	M
<i>Dinophysis</i>	12141	3.60	H
<i>Diplopsalis</i>	14130	3.66	H
<i>Glenodinium</i>	2805	3.04	M
<i>Gonyaulax</i>	4179	3.19	M
<i>Gymnodinium</i>	1957	2.90	M
<i>Gyrodinium</i>	921	2.61	H
<i>Heterocapsa</i>	570	2.43	F
<i>Katodinium</i>	1253	2.73	M
<i>Lingulodinium</i>	14130	3.66	F
<i>Noctiluca</i>	334933	6.63	H
<i>Oblea</i>	7359	3.41	H
<i>Odontella</i>	21760	3.82	F
<i>Oxytoxum</i>	394	2.29	H
<i>Phalacroma</i>	12141	3.60	H
<i>Polykrikos</i>	100480	4.41	H
<i>Prorocentrum</i>	1035	2.66	M
<i>Protoperdinium</i>	39250	4.05	H
<i>Pyrocystis</i>	32500	3.97	M
<i>Pyrophacus</i>	52250	4.16	M
<i>Scrippsiella</i>	9026	3.48	M
<i>Torodinium</i>	4836	3.25	F
Quiste	804	2.56	-

**Tabla VIII.** Volumen ( $\mu\text{m}^3$ ) y cantidad de carbono por célula [ $\text{Log}_{10}\text{C}(\text{pgC cel}^{-1})$ ] de los grupos: prasinofitas, crisofitas, criptofitas, cianofitas, clorofitas y euglenofitas para el AGC (24 marzo al 1 de abril del 2011).

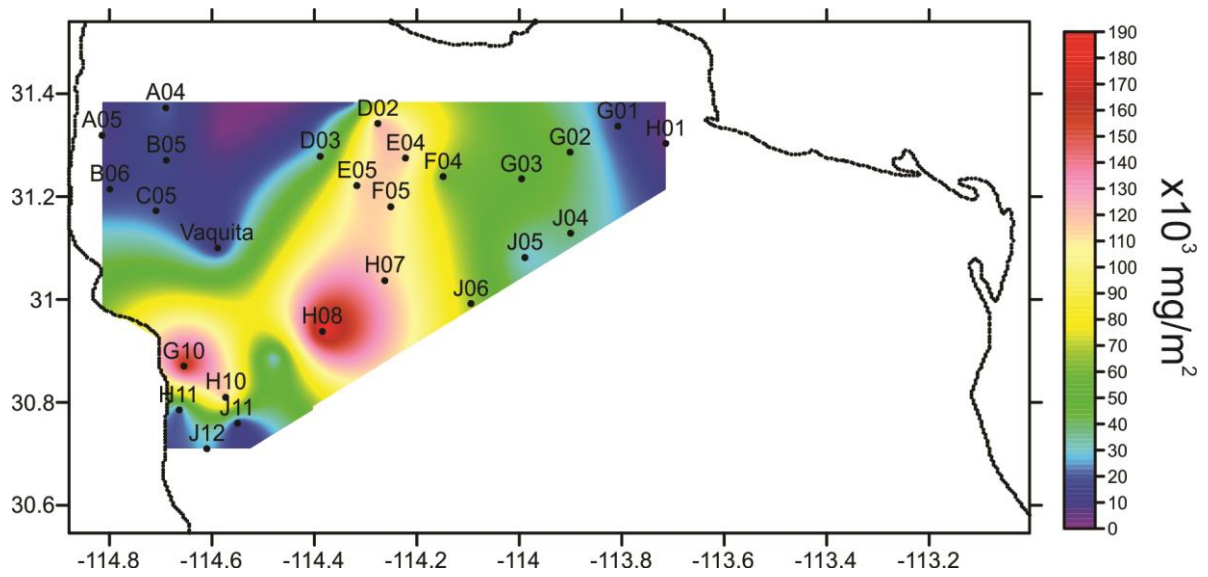
		<b>Volumen (<math>\mu\text{m}^3</math>)</b>	<b><math>\text{Log}_{10}\text{C}(\text{pgC cel}^{-1})</math></b>
<b>Prasinofitas</b>	Halosphaera	118692	5.52
<b>Crisofitas</b>	Dictyocha	2093	3.61
	Octactis	2093	3.61
<b>Criptofitas</b>	Plagioselmis	104	1.73
	Teleaulax	125	1.80
	Hillea	25	1.19
<b>Cianofitas</b>		177	1.93
<b>Clorofitas</b>	Pyramimonas	270	2.64
	Tretraselmis	120	2.26
<b>Euglenofitas</b>	Eutreptiella	654	3.06

## ***Pigmentos fotosintéticos y CHEMTAX***

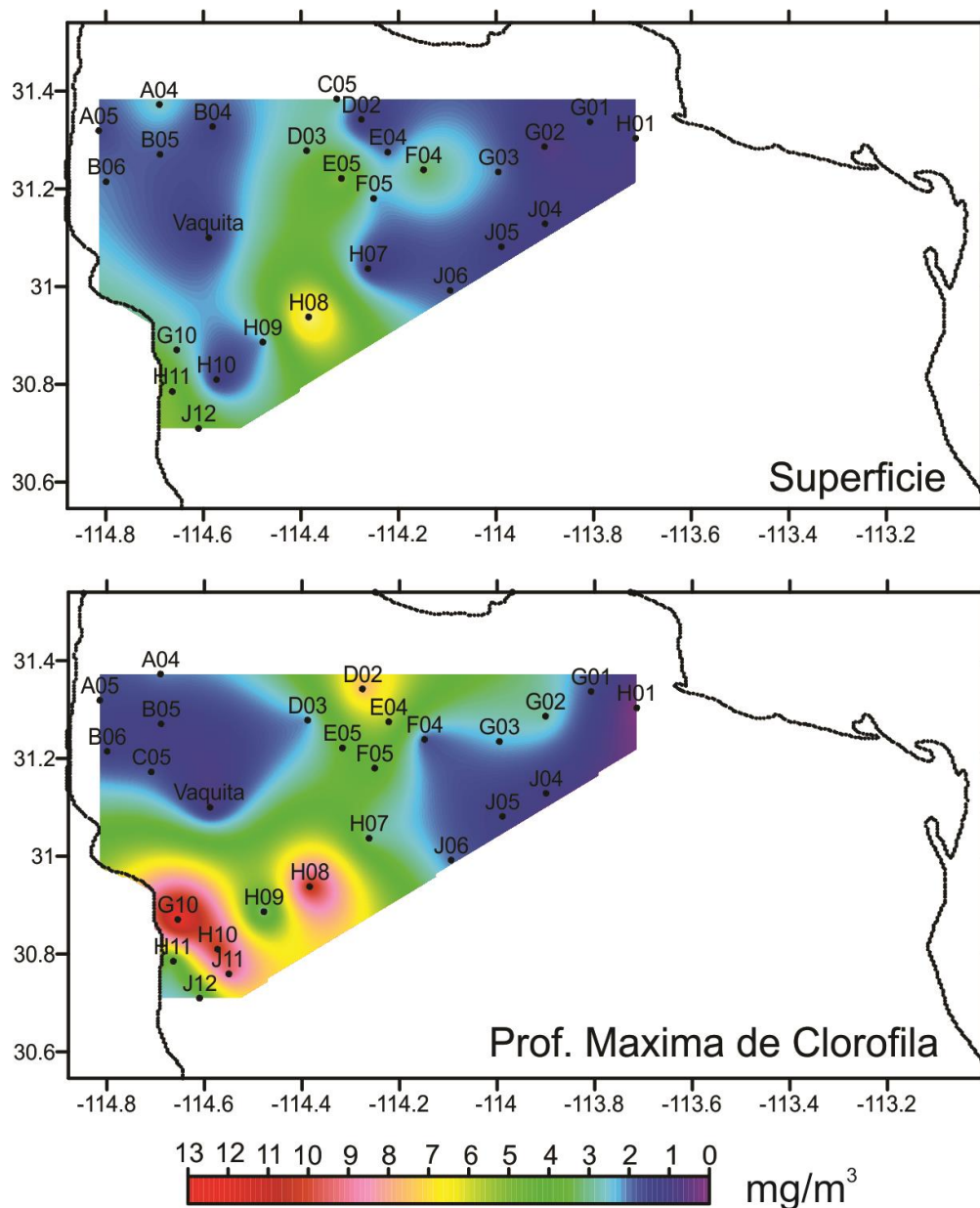
### Concentración de Clorofila a Total

La ChlaT para el AGC en el periodo de muestreo de muestra en la figura 39. Las mayores concentraciones se presentaron hacia la parte central del área de estudio y la costa de Baja California, especialmente en las estaciones H08 ( $186.6 \times 10^3 \text{ mg/m}^2$ ), G10 ( $165.7 \times 10^3 \text{ mg/m}^2$ ), D02 ( $123.6 \times 10^3 \text{ mg/m}^2$ ), H10 ( $119.5 \times 10^3 \text{ mg/m}^2$ ) y E04 ( $116 \times 10^3 \text{ mg/m}^2$ ) (Fig. 41).

En la superficie la concentración de ChlaT se presentó entre los 0.48 a 6.88  $\text{mg/m}^3$ , siendo las estaciones de la parte central la que presentan mayor concentración (Fig. 42). En tanto en la PMC, la concentración se presentó entre los 0.01 a 13  $\text{mg/m}^3$ , donde las estaciones que presentaron mayor concentración se encuentran hacia Baja California y la parte central del área de estudio (Fig. 42).



**Figura 41.** Concentración de Clorofila a Total (ChlaT) ( $\times 10^3 \text{ mg/m}^2$ ) en la columna del agua de cada una de las estaciones muestreadas del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.



**Figura 42.** Concentración de Chl aT ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la superficie y en la PMC en cada una de las estaciones muestreadas del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.

### Concentración de pigmentos y carotenoides

Durante el muestreo se estimó la concentración de 16 pigmentos: Clorofila C3, Clorofila C2, Peridinina, 19'Butanoiloxifucoxantina, 19'Hexanoiloxifucoxantina, Fucoxantina, Prasinofitas, Violoxantina, Diadinoxantina, Diatoxantina, Aloxantina, Zeaxantina, Luteina, Neoxantina, Clorofila b, Divinil Clorofila a y  $\beta$ -carotenos (Anexo XIV). La Peridinina, Fucoxantina, 19'Hexanoiloxifucoxantina y Aloxantina fueron los que presentaron mayor concentración (Fig. 43).

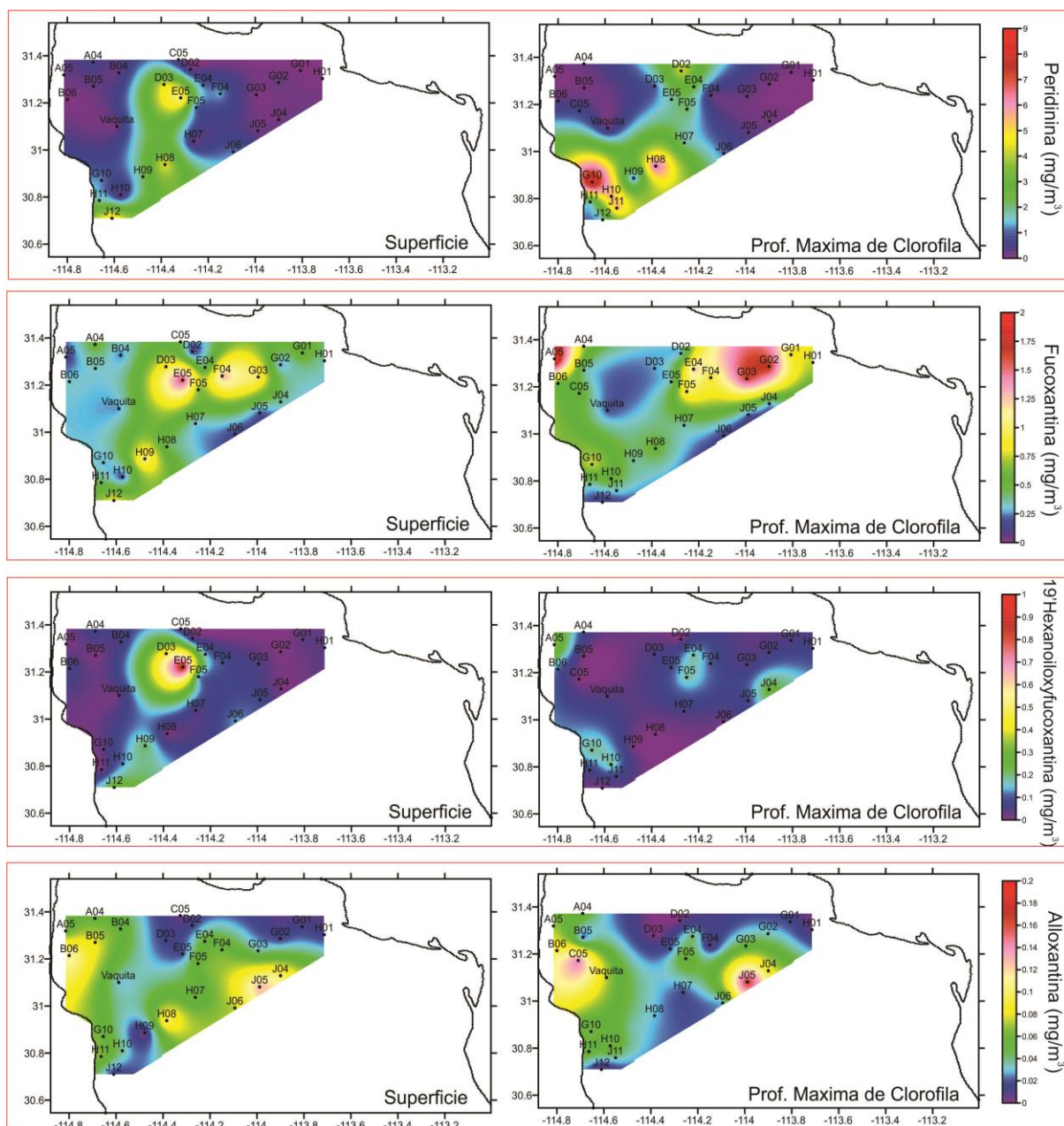
La concentración de la Peridinina en la capa superficial fue mayor hacia la parte central y sur de la costa de Baja California, con valores hasta de  $4.82 \text{ mg/m}^3$  (Fig. 43). En la PMC, la peridinina igualmente presentó la mayor concentración en las mismas áreas que en la superficie, siendo las estaciones G10 y H08 con la más alta concentración de  $8.9 \text{ mg/m}^3$  y  $6.65 \text{ mg/m}^3$  (Fig. 43).

La Fucoxantina en superficie se presentó en casi todo el área de muestro, presentando mayor concentración en las estaciones E05 ( $1.63 \text{ mg/m}^3$ ), F04 ( $1.3 \text{ mg/m}^3$ ) y G03 ( $1.02 \text{ mg/m}^3$ ) (Fig. 43). En la PMC, la fucoxantina fue mayor hacia la parte norte del área de muestreo en las estaciones A05 ( $2.06 \text{ mg/m}^3$ ), G02 ( $1.72 \text{ mg/m}^3$ ) y G03 ( $1.66 \text{ mg/m}^3$ ) (Fig. 43).

La concentración de 19´Hexanoiloxifucoxantina en superficie fue mayor en la estación E05 ( $0.92 \text{ mg/m}^3$ ), en tanto la PMC su concentración mayor fue de  $0.36 \text{ mg/m}^3$  (Fig. 43).

La Aloxantina en superficie presentó valores entre los  $0.01$  a  $0.13 \text{ mg/m}^3$ , siendo las estaciones J05 y B06 con la mayor concentración (Fig. 43). Sin embargo en la PMC, la alloxantina presentó valores hasta de  $0.17 \text{ mg/m}^3$  en la estación J05 y  $0.15 \text{ mg/m}^3$  en la estación C05 (Fig. 43).

Los pigmentos Clorofila  $C_3$ , Clorofila  $C_2$ , 19´But-Fucoxantina, Prasinofitas, Violoxantina, Diadinoxantina, Diatoxantina, Zeaxantina, Luteina, Neoxantina, Clorofila  $b$ , Divinil Clorofila  $a$  y  $\beta$ -carotenos fueron los pigmentos con menor concentración, los cuales se muestran sus concentraciones en el Anexo XIV.

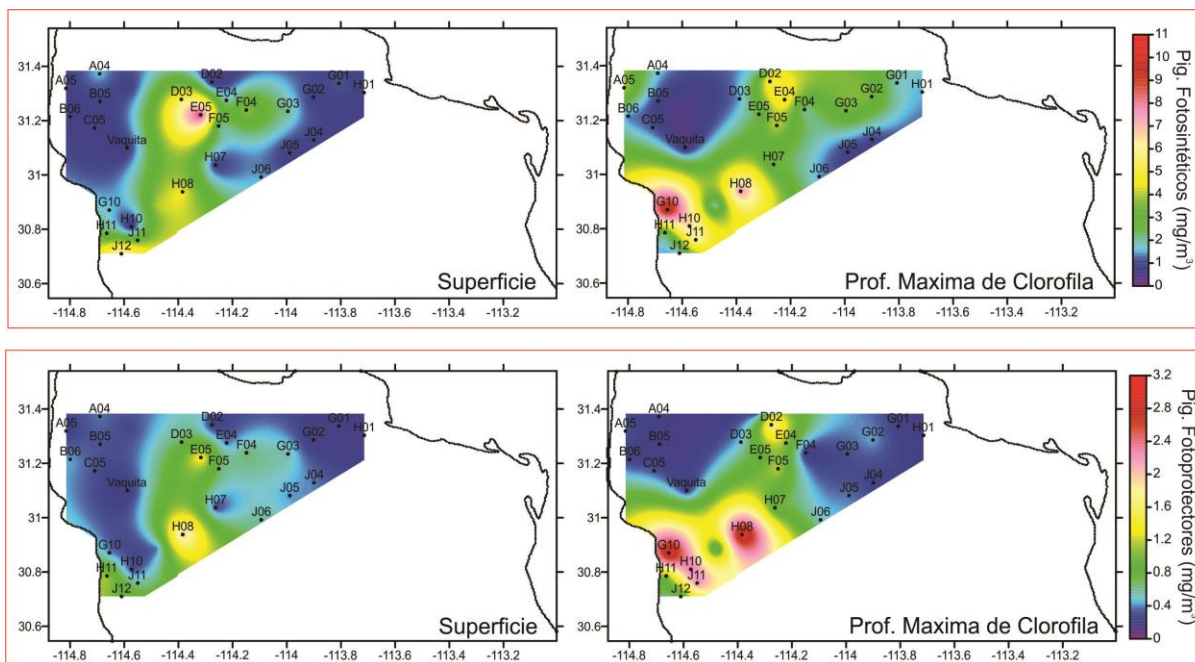


**Figura 43.** Concentración de pigmentos carotenoides: Peridinin, Fucoxantina, 19' Hexanoiloxifucoxantina y Aloxantina ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la superficie y en la PMC en cada una de las estaciones muestreadas del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.

### Pigmentos Fotosintéticos y Fotoprotectores

Los pigmentos fotosintéticos en la superficie presentaron mayor concentración hacia la parte central y sur del área de estudio. Las estaciones con mayor concentración de pigmentos fueron la E05 con 8.90 mg/m<sup>3</sup>, J12 con 6.58 mg/m<sup>3</sup> y D03 con 5.40 mg/m<sup>3</sup>. En la PMC, los pigmentos fotosintéticos fueron mayor hacia la costa de Baja de California en la estaciones G10 con 10.45 mg/m<sup>3</sup>, H08 con 7.66 mg/m<sup>3</sup>, H10 con 6.67 mg/m<sup>3</sup> y J11 con 6.18 mg/m<sup>3</sup> (Fig. 44).

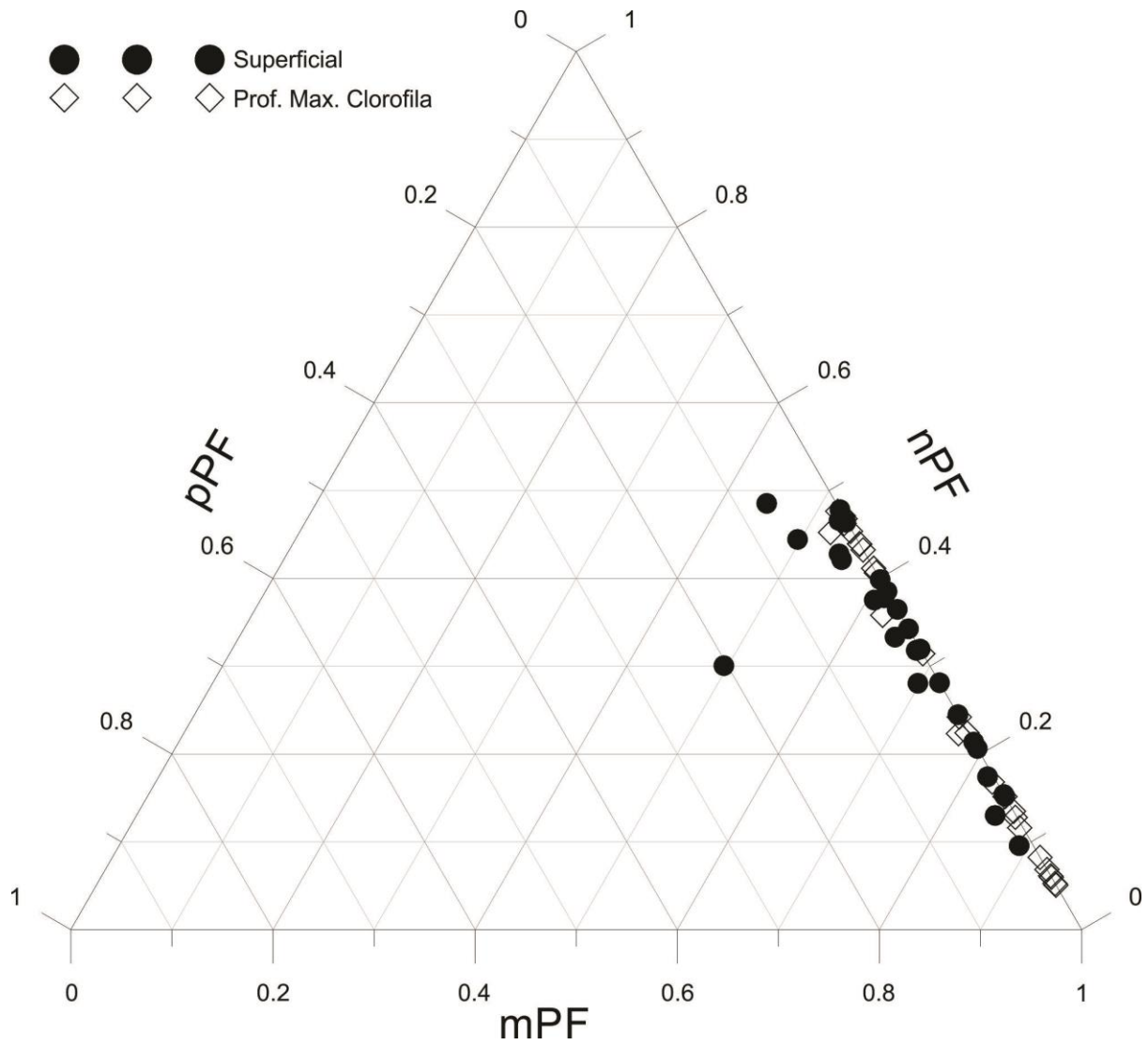
La concentración de pigmentos fotoprotectores en la capa superficial fue mayor en la parte central del área de estudio, con valores hasta de 2.02 mg/m<sup>3</sup> en la estación H08, seguida de la estación E05 con 1.39 mg/m<sup>3</sup> (Fig. 44). En la PMC, los fotoprotectores presentaron mayor concentración hacia la parte costera de Baja California y la parte central, en las estaciones H08 (3.20 mg/m<sup>3</sup>), G10 (3.11 mg/m<sup>3</sup>), H10 (2.34 mg/m<sup>3</sup>) y J11 (2.25 mg/m<sup>3</sup>) (Fig. 44).



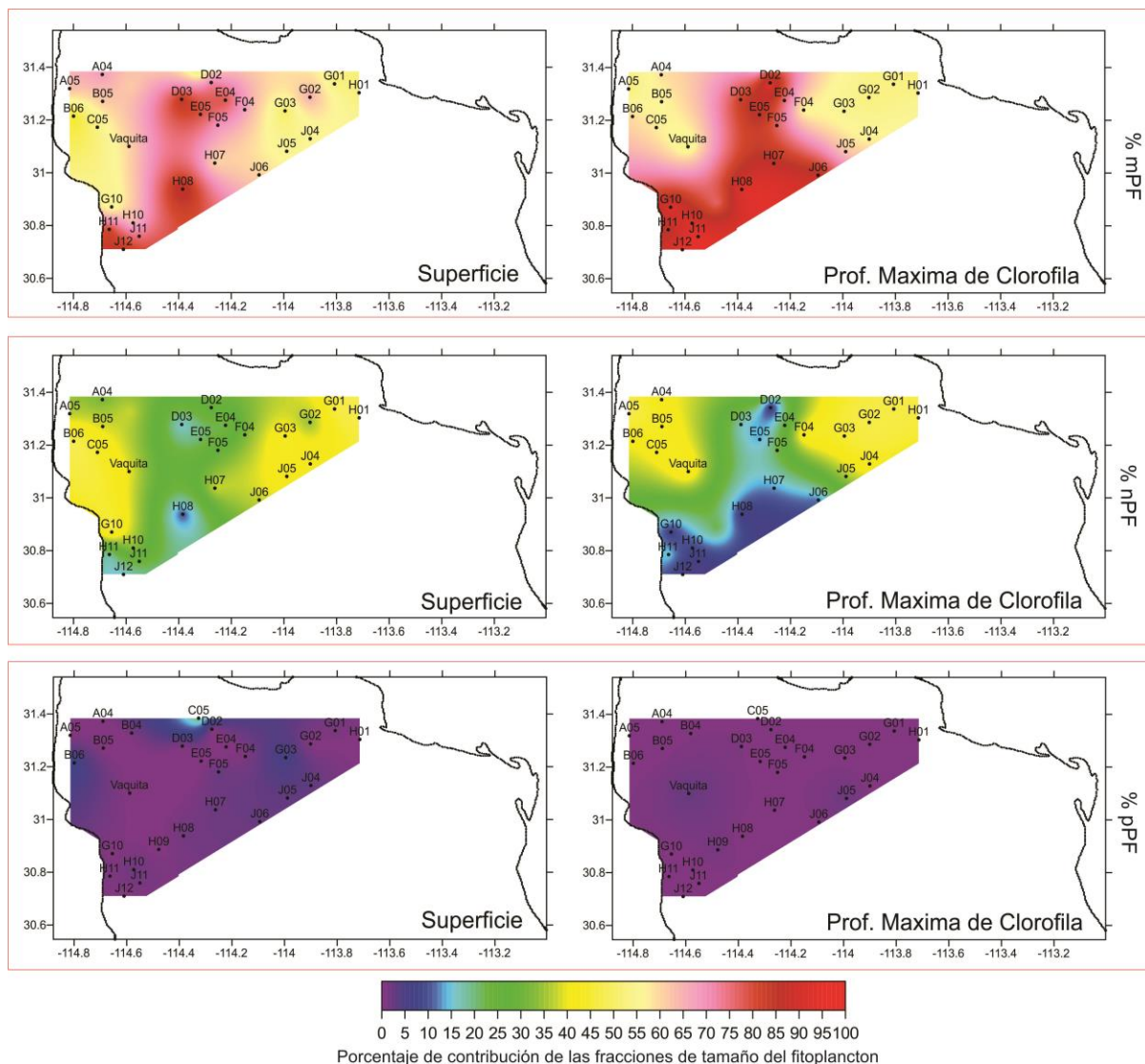
**Figura 44.** Concentración de pigmentos fotosintéticos y pigmentos fotoprotectores ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la superficie y en la PMC en cada una de las estaciones muestreadas del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.

### Fracción de tamaño

Las fracciones de tamaño con mayor contribución fueron el microfitoplancton y el nanofitoplancton tanto en superficie como en la PMC (Fig. 45). El microfitoplancton tanto en superficie como en la PMC fue mayor en las estaciones al sur cercanas a la costa de Baja California y la parte central del área de estudio, con porcentajes mayores al 60 % en las dos profundidades (Fig. 45). El nanofitoplancton presentó mayor contribución hacia las dos costas (Baja California y Sonora) en las dos profundidades con porcentajes que no superan el 50% (Fig. 43. Por último el picofitoplancton presentó un porcentaje menor al 6% en la superficie y del 3% en la PMC (Fig. 45).



**Figura 45.** Diagrama ternario mostrando la proporción que corresponde a cada uno de los grupos de tamaño del fitoplancton en superficie y en la PMC en cada una de las estaciones muestreadas del 25 de marzo al 1 de abril del 2011 en el AGC en el área de estudio del AGC.



**Figura 46.** Porcentaje de contribución de las fracciones de tamaño del fitoplancton en superficie y la PMC en cada una de las estaciones muestreadas del 25 de marzo al 1 de abril del 2011 en el AGC en el área de estudio del AGC.

### Asociación entre los pigmentos accesorios y ChlaT

Los pigmentos accesorios que fueron significativos estadísticamente en el  $r_{Pearson}$  y a la pendiente del modelo de regresión lineal y que puede ser explicado por la ChlaT se presenta en la tabla VIX (Fig. 47).

Los pigmentos que presentaron una asociación lineal mayor a 0.50 ( $r_{Pearson}$ ) fueron la Diadinoxantina, Peridinina, Clorofila  $c_2$  y Diatoxantina (Fig. 47, Tabla VIX). Todos estos pigmentos fueron estadísticamente significativos en el  $r_{Pearson}$ , así mismo en la pendiente del modelo de regresión lineal y en la significancia global del modelo (Tabla VIX).

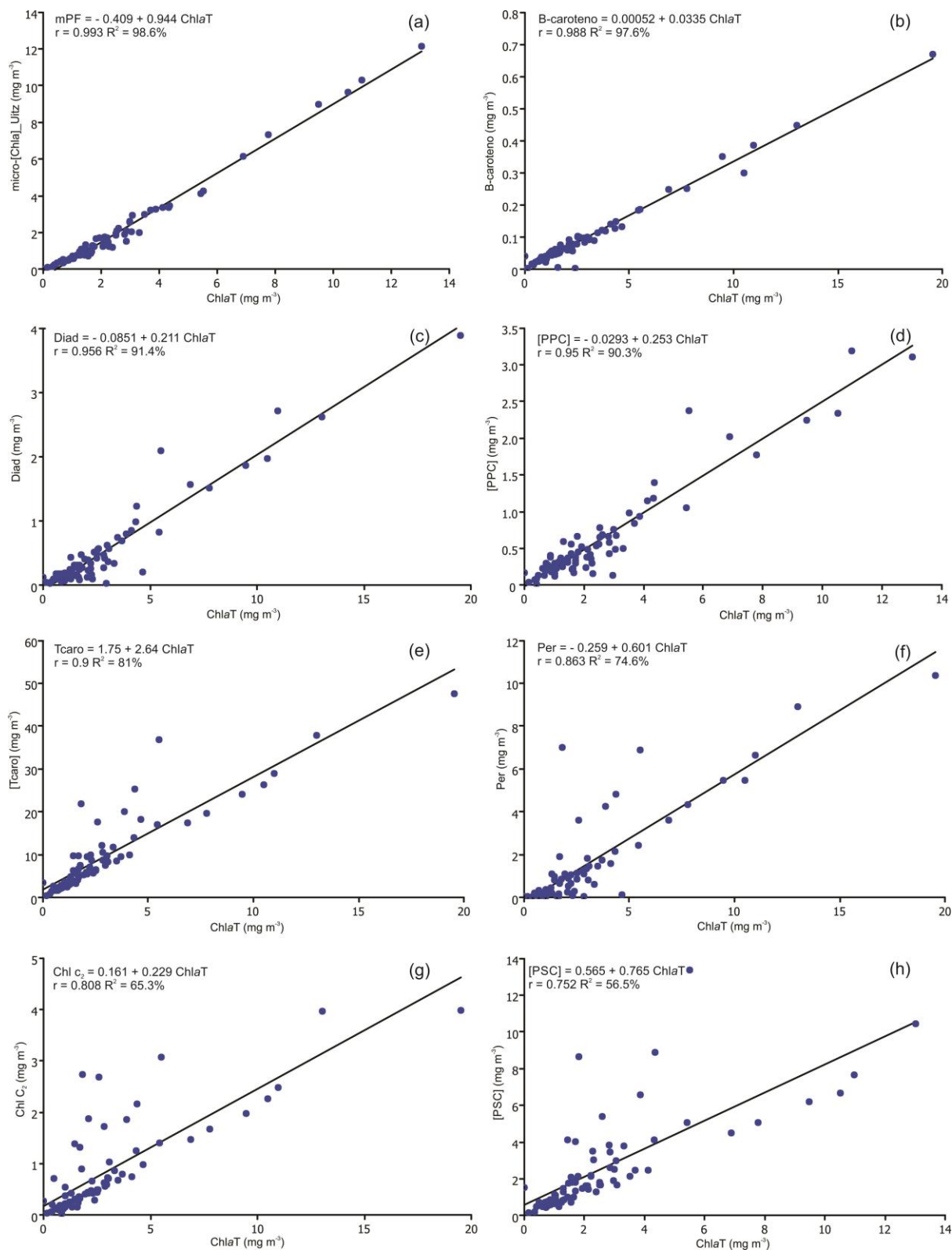
Los pigmentos que no tienen una asociación lineal significativa en el  $r_{Pearson}$  fueron Violoxantina, Neoxantina, 19'But-fucoxantina, Clorofila b, 19'Hex-fucoxantina, Fucoxantina, Zeaxantina, Clorofila  $c_3$  y Aloxantina (Tabla VIX). Estos pigmentos tampoco fueron significativos en la pendiente de la regresión lineal y en la significancia global del modelo (Tabla VIX).

Los pigmentos que presentaron un mayor ajuste al modelo de regresión lineal,  $R^2$  mayor al 50%, fueron Diadinoxantina, Peridinina, Clorofila  $c_2$  y Diatoxantina (Fig. 47, Tabla VIX).

La suma de los pigmentos fotosintéticos y fotoprotectores presentan una asociación lineal mayor a 0.5 ( $r_{Pearson}$ ), así mismo fueron estadísticamente

significativos en la pendiente del modelo de la regresión lineal y en la significancia global del modelo (Fig. 47, Tabla VIX). La suma de los pigmentos fotosintéticos se ajusta al modelo de regresión lineal con un  $R^2$  mayor al 50% (Fig. 47, Tabla VIX).

El mPF presentó una asociación lineal mayor a 0.6 ( $r_{Pearson}$ ), así mismo fue estadísticamente significativos en la pendiente del modelo de la regresión lineal y en la significancia global del modelo (Fig. 47, Tabla VIX). Este índice de pigmento se ajusta al modelo de regresión lineal con un  $R^2$  mayor al 90% (Fig. 47, Tabla VIX). El nPF y pPF presentó una asociación lineal menor a 0.5 ( $r_{Pearson}$ ) (Tabla VIX).



**Figura 47.** Regresión lineal entre la ChlaT y los pigmentos: (a) mPF, (b) B-carotenos, (c) Diad, (d) PPC, (e) Tcaro, (f) Per, (g) Chl c<sub>2</sub>, (h) PSC

**Tabla VIII.** Asociación de los pigmentos accesorios y la Clorofila a Total (ChlaT) por la correlación lineal de Pearson ( $r_{Pearson}$ ) del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC, la significancia de la pendiente y del modelo de regresión lineal. Los valores en rojo indican que los pigmentos no fueron significativos en cada uno de los análisis.

Pigmentos	Ecuación de la regresión	Constante		Pendiente		Modelo		$r_{Pearson}$	
		$t_{calculada}$	$t_{calculada}$	$t_{critica}$	$R^2\%$	$F_{calculada}$	$F_{critica}$	$r_{calculada}$	$r_{critica}$
mPF	mPF = - 0.409 + 0.944 ChlaT	-8.82	71.5	1.99	98.6	5112.37	3.968	0.993	0.235
$\beta$ -caroteno	$\beta$ -caroteno = 0.00052 + 0.0335 ChlaT	0.21	56.18	1.99	97.6	3155.74	3.965	0.988	0.235
Diad	Diad = - 0.0851 + 0.211 ChlaT	-2.75	28.45	1.99	91.4	809.6	3.965	0.956	0.235
[PFP]	[PFP] = - 0.0293 + 0.253 ChlaT	-0.87	26.46	1.99	90.3	699.9	3.968	0.95	0.235
[Tcaro]	TCaro = 1.75 + 2.64 ChlaT	2.92	18.14	1.99	81	328.97	3.965	0.900	0.235
Peri	Peri = - 0.259 + 0.601 ChlaT	-1.49	14.63	1.99	74.6	213.95	3.972	0.863	0.235
Chl c <sub>2</sub>	Chl c2 = 0.161 + 0.229 ChlaT	2	11.88	1.99	65.3	141.07	3.968	0.808	0.235
[PFS]	[PFS] = 0.565 + 0.765 ChlaT	2.08	9.88	1.99	56.5	97.57	3.968	0.752	0.235
Viol	Viol = - 0.103 + 0.0861 ChlaT	-0.96	2.14	2.36	39.6	4.59	5.591	0.629	0.754
Diato	Diato = 0.0170 + 0.00496 ChlaT	2.69	2.74	2.10	29.4	7.48	4.414	0.542	0.468
nPF	nPF = 0.394 + 0.0563 ChlaT	8.83	4.44	1.99	20.8	19.71	3.968	0.456	0.235
Neo	Neo = - 0.012 + 0.0669 ChlaT	-0.12	2.03	2.06	14.2	4.14	4.242	0.377	0.396
But	But = 0.0920 + 0.0141 ChlaT	1.79	1.52	2.07	9.2	2.32	4.279	0.303	0.413
Chlb	Chlb = 0.172 - 0.0156 ChlaT	3.09	-1.03	2.20	8.7	1.05	4.844	-0.295	0.602
Hex	Hex = 0.0938 + 0.0140 ChlaT	2.62	1.63	2.00	4.3	2.66	4.004	0.208	0.279
Fuco	Fuco = 0.511 + 0.0372 ChlaT	3	1.7	1.99	3.7	2.98	3.965	0.193	0.235
pPF	pPF = 0.0184 + 0.0115 ChlaT	0.63	0.92	2.05	3	0.85	4.210	0.174	0.381
Zea	Zea = 0.0234 + 0.00480 ChlaT	1.79	0.9	2.05	2.9	0.81	4.210	0.171	0.381
Chl c <sub>3</sub>	Chl c3 = 0.165 + 0.0228 ChlaT	2	1.24	2.00	2.7	1.55	4.016	0.165	0.294
Alo	Alo = 0.0522 - 0.00084 ChlaT	7.86	-0.45	2.00	0.3	0.2	3.982	-0.055	0.254

### Porcentaje de contribución de los grupos del fitoplancton al Total de la Clorofila a (CHEMTAX)

Mediante el programa CHEMTAX se estimaron 8 grupos fitoplanctónicos, los cuales se muestran en las figuras 48 y 49. La contribución del grupo de las diatomeas en superficie fue mayor en las estaciones cercanas a Sonora, con un valor hasta del 94 % en la estación G02, seguido de las estaciones F04, G01 y H01 con el 84.36%, 82.16% y 73.23 % respectivamente (Fig. 48). En la PMC, el porcentaje de contribución de las diatomeas fue mayor hacia las estaciones de la parte norte del área de estudio con valores mayores del 85% (Fig. 48).

El porcentaje de contribución de los dinoflagelados en la superficie fue mayor en las estaciones que se encuentran junto a la costa tanto de Baja California, con valores hasta de 48.27 % (Fig. 48). En la PMC, los dinoflagelados presentaron su mayor porcentaje en las estaciones de la parte central del área de estudio y en la parte sur de la costa de Baja California con valores hasta de 60.81% (Fig. 48).

Las Criptofitas en superficie presentaron mayor contribución en las estaciones J05 y J04 con un 55.37% y 41.57%, respectivamente (Fig. 48). En la PMC, las Criptofitas presentaron mayor contribución en la estación J05 con 47.68% y la estación Vaquita con 45.51% (Fig. 48).

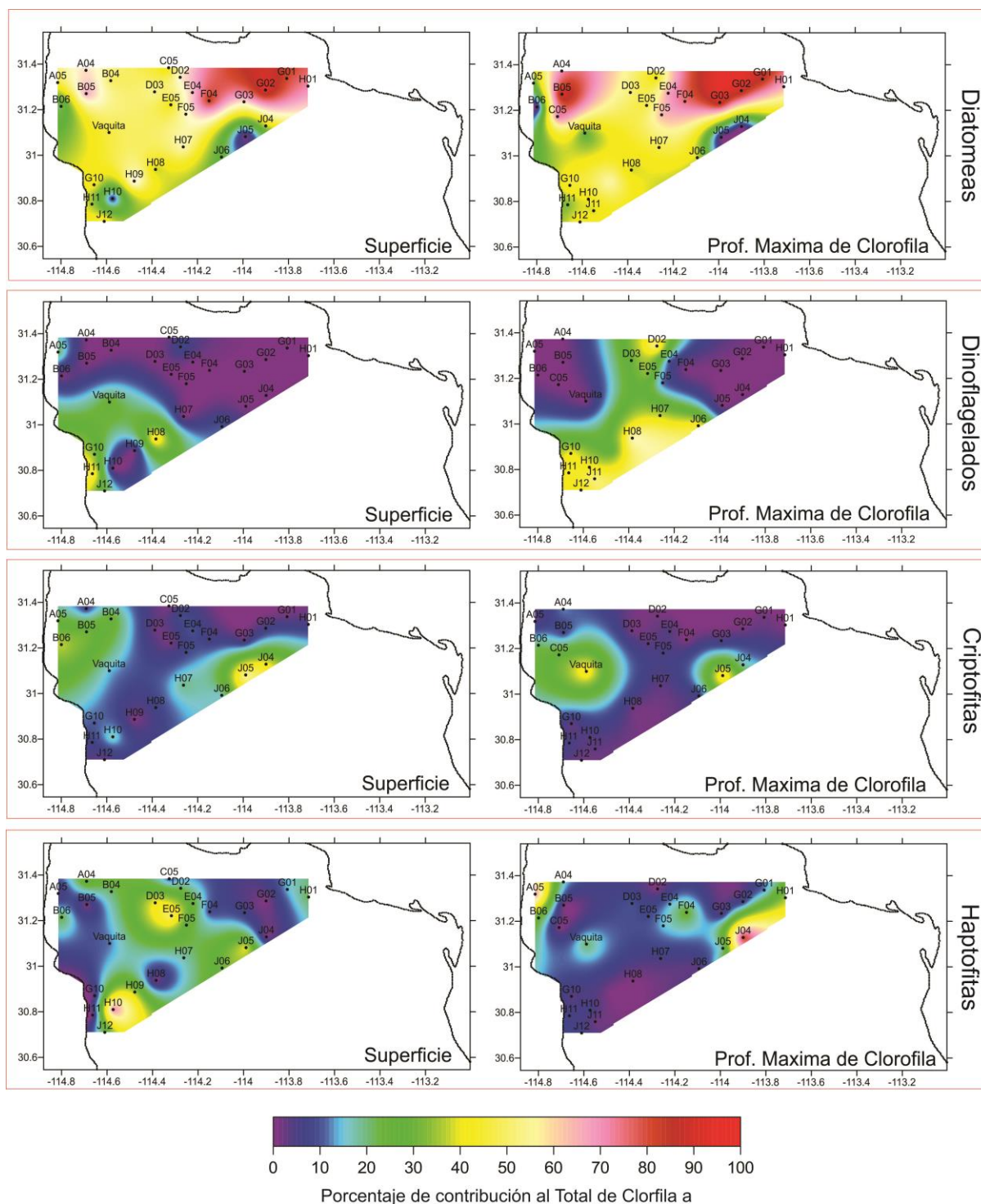
Las Haptofitas en superficie, presentaron mayor porcentaje en las estaciones H10 con 70.5% y E05 con 50.73% (Fig. 48). En la PMC, las Haptofitas se presentaron en mayor porcentaje en la estación J04 con 82.61% (Fig. 48).

El grupo de las Cianofitas en la superficie se presentó en mayor proporción en las estaciones G03 y B06 con 29.16% y 16.76% (Fig. 49). En la PMC, las Cianofitas su porcentaje de contribución no fue mayor al 6% (Fig. 49).

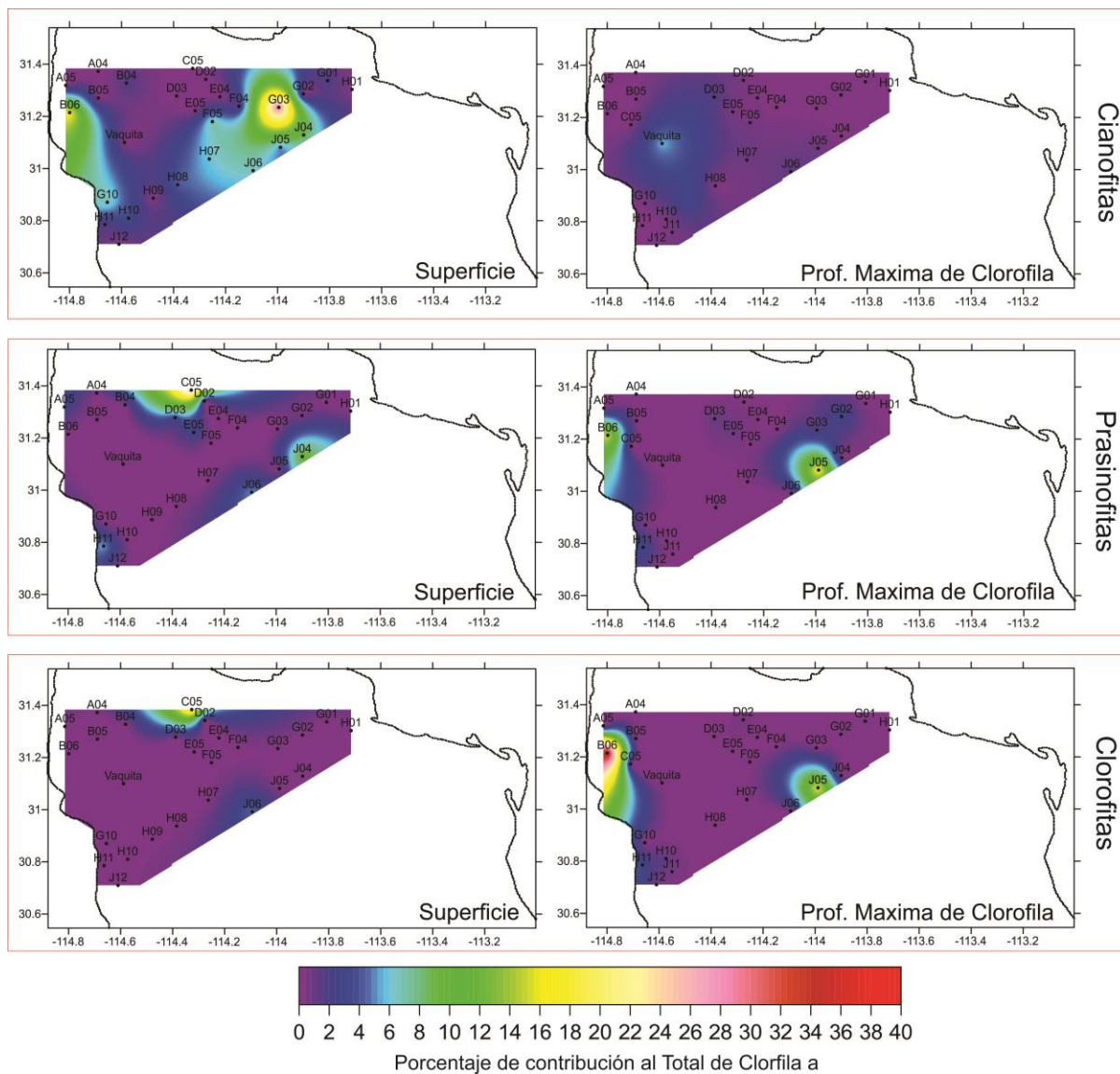
El grupo de las Prasinofitas, en superficie, presentaron mayor contribución en la estación C05 con 24.37% (Fig. 49), en tanto en la PMC, fue en la estación J05 con 17.18% (Fig. 49).

Las Clorofitas en superficie en la estación C05 presentaron el mayor porcentaje de contribución con 20.7%. Sin embargo en la PMC, su proporción fue mayor en las estaciones B06 (36.98%) y J05 (16.45%) (Fig. 49).

Las Proclorofitas tanto en superficie como en la PMC presentaron un porcentaje de contribución menor al 1%.



**Figura 48.** Porcentaje de contribución al total de Clorofila a de los grupos de las Diatomeas, Dinoflagelados, Criptofitas y Haptofitas en superficie y en la PMC del 24 de marzo al 1 de abril en el área de estudio del AGC.



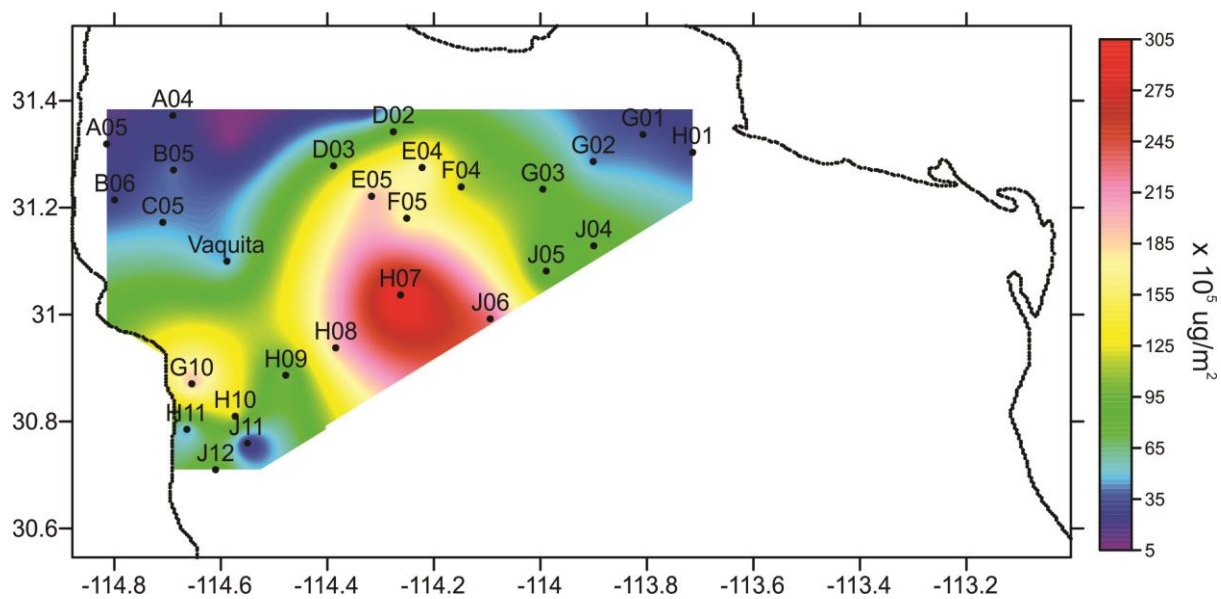
**Figura 49.** Porcentaje de contribución al total de Clorofila a de los grupos de las Cianofitas, Prasinofitas y Clorofitas en superficie y en la PMC en el AGC del 24 de marzo al 1 de abril en el área de estudio del AGC.

### ***Carbono orgánico particulado***

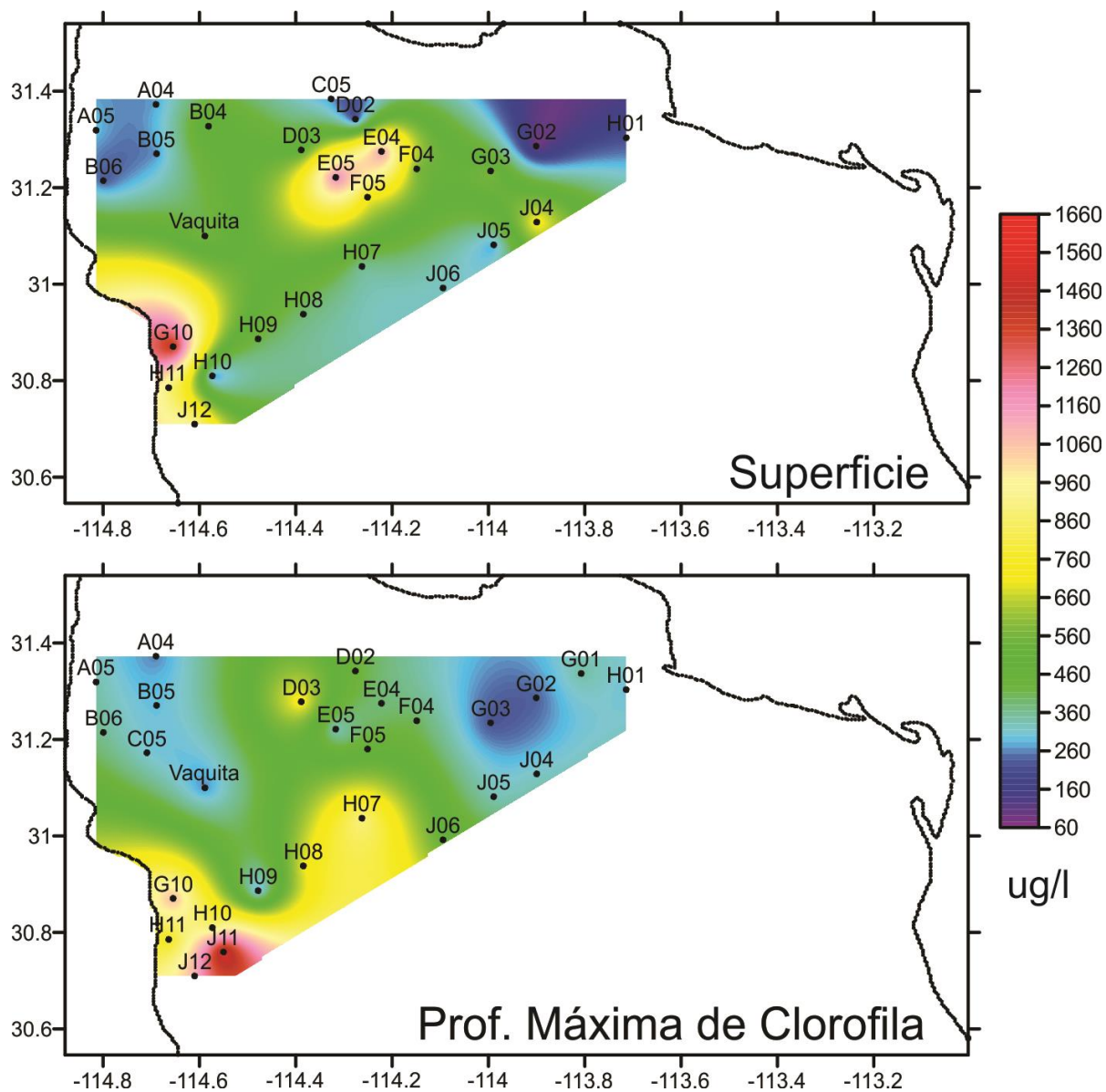
En la figura 50 se presenta la cantidad de carbono orgánico particulado integrado en la columna de agua. La mayor cantidad de carbono se presentó en la parte central del área de estudio (estación H07:  $30 \times 10^5$  ug/m<sup>2</sup>, J06:  $23 \times 10^5$  ug/m<sup>2</sup>) y hacia la costa de Baja California (estación G10:  $19.7 \times 10^5$  ug/m<sup>2</sup>) (Fig. 50).

En la capa superficial, el carbono orgánico particulado fue mayor en las estaciones de la costa de Baja California (G10: 1425 ug/l, J12: 936 ug/l y H11: 877 ug/l) y la parte norte del área de estudio (E05: 1197 ug/l y E04: 1140 ug/l) (Fig. 51).

En la PMC, la cantidad de carbono es mayor en la parte sur del área de estudio cercana a Baja California (J11: 1542 ug/l, J12: 1093 ug/l y G10: 1085 ug/l) (Fig. 51).



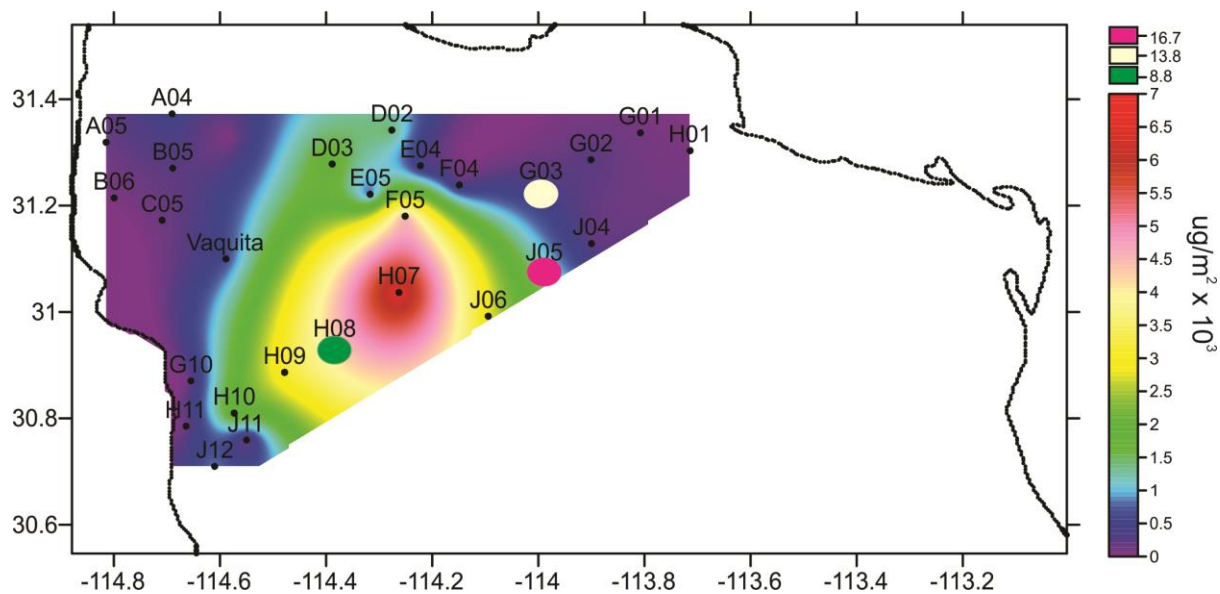
**Figura 50.** Carbono orgánico particulado ( $\times 10^5 \text{ ug/m}^2$ ) en la columna del agua del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.



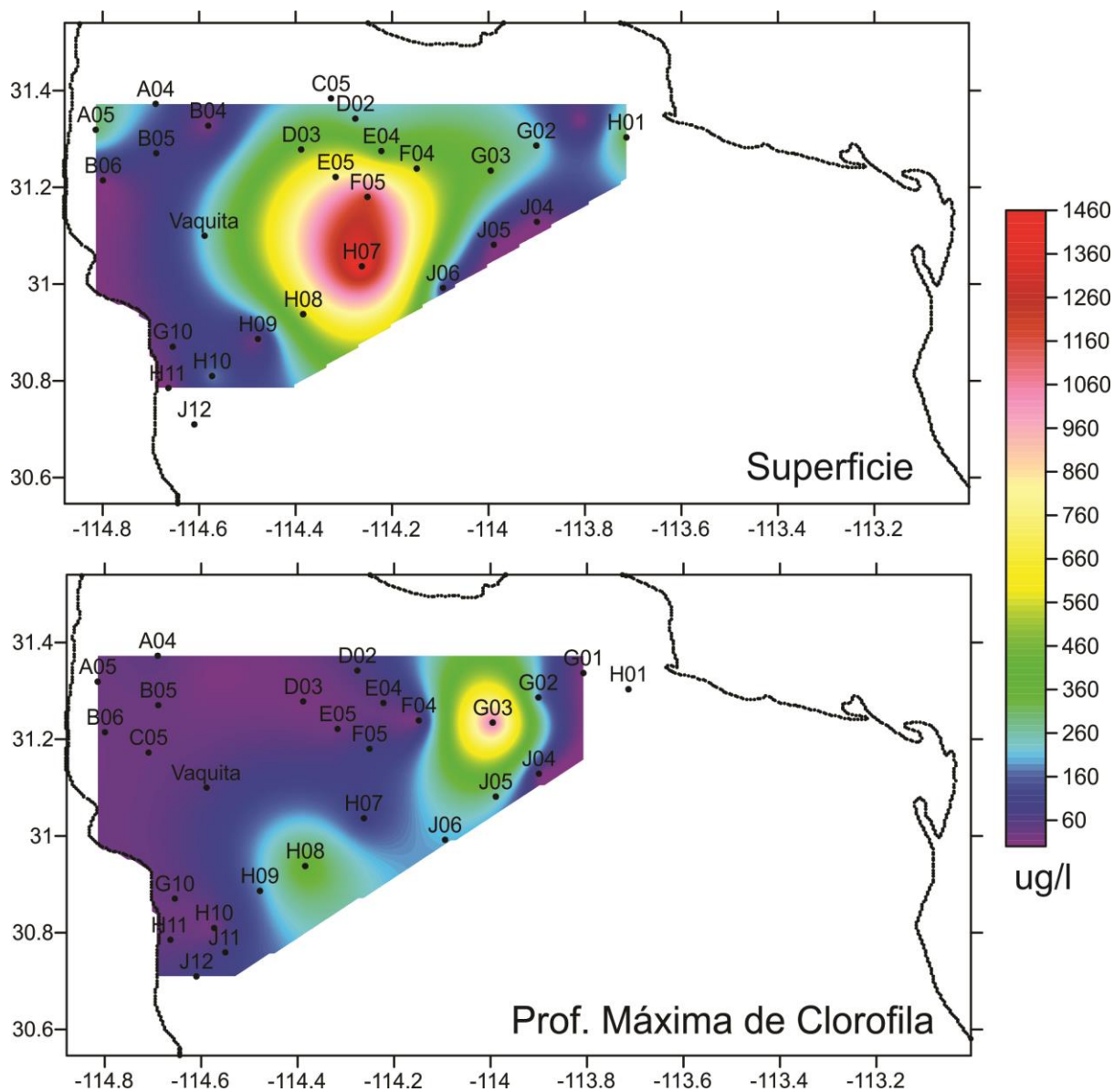
**Figura 51.** Carbono orgánico particulado ( $\mu\text{g/l}$ ) en la superficie y en la PMC del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.

En la figura 52 se observa la cantidad de carbono fitoplanctónico propuesto por Menden-Dever y Lessard (2000), para el AGC, donde la estación J05 presenta la mayor cantidad de carbono fitoplanctónica en la columna del agua con  $16.7 \text{ ug/m}^2 \times 10^3$ . En la superficie la cantidad de carbono fitoplanctónico fue mayor en las estaciones H07 y F05 con 1477.13 y 1202.48 ug/l, respectivamente, en tanto en la PMC, fue mayor en la estación G03 con 1098.44 ug/l (Fig. 53).

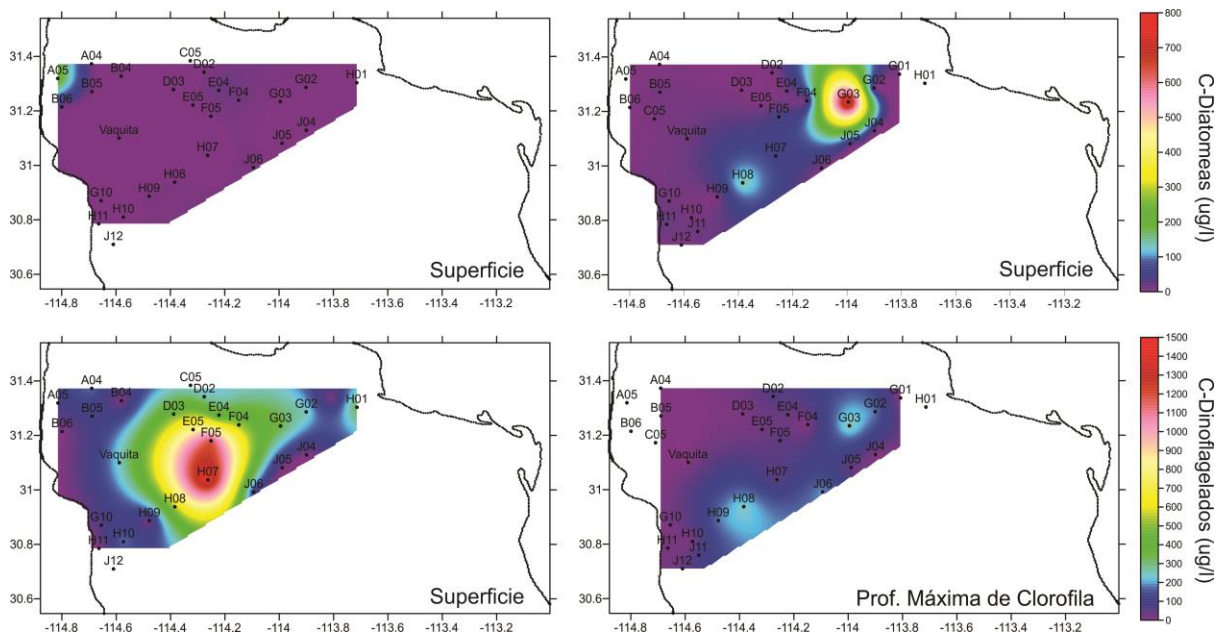
La cantidad de carbono en los grupos de las diatomeas y dinoflagelados en el área de estudio se observa en la figura 54. La cantidad de carbono de las diatomeas en superficie fue en la estación A05 con 222.53 ug/l, en tanto en la PMC, las estaciones G03 y H08 presentaron mayor cantidad de carbono con 815.23 y 142.3 ug/l, respectivamente (Fig. 54). Los dinoflagelados presentaron mayor cantidad de carbono en la superficie que en la PMC, con valores hasta de 1476.23 ug/l en la estación H07 (Fig. 54).



**Figura 52.** Carbono fitoplanctónico integrado en la columna de agua del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 obtenido de las regresiones propuestas por Menden-Dever y Lessard, 2000 en el área de estudio del AGC.



**Figura 53.** Carbono fitoplanctónico en superficie y en la PMC del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 obtenido de las regresiones propuestas por Menden-Dever y Lessard, 2000 en el área de estudio del AGC.

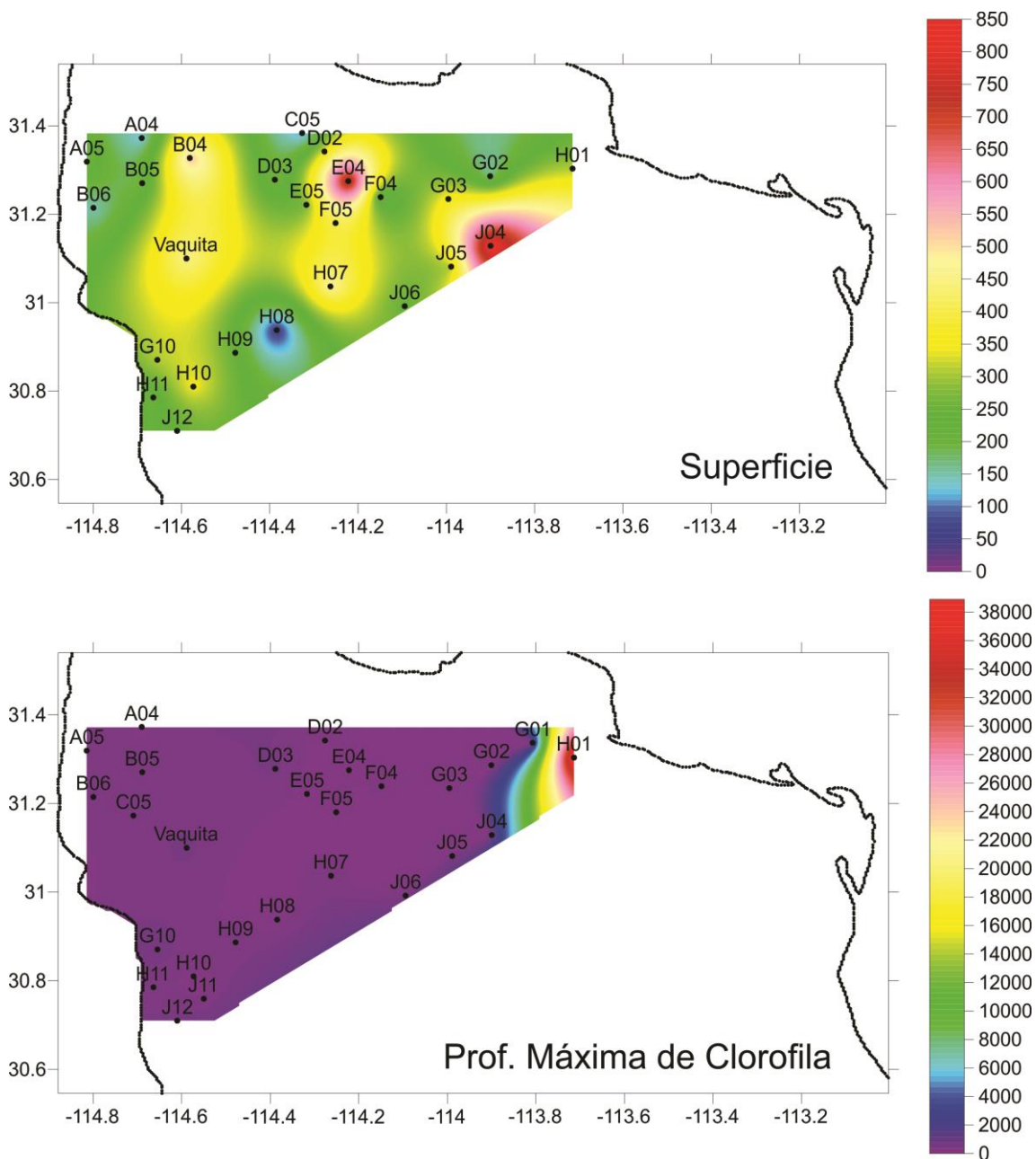


**Figura 54.** Carbono fitoplanctónico del grupo de la diatomeas (arriba) y dinoflagelados (abajo) en la superficie (izquierda) y en la PMC (derecha) del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 obtenido de las regresiones propuestas por Menden-Dever y Lessard, 2000 en el área de estudio del AGC.

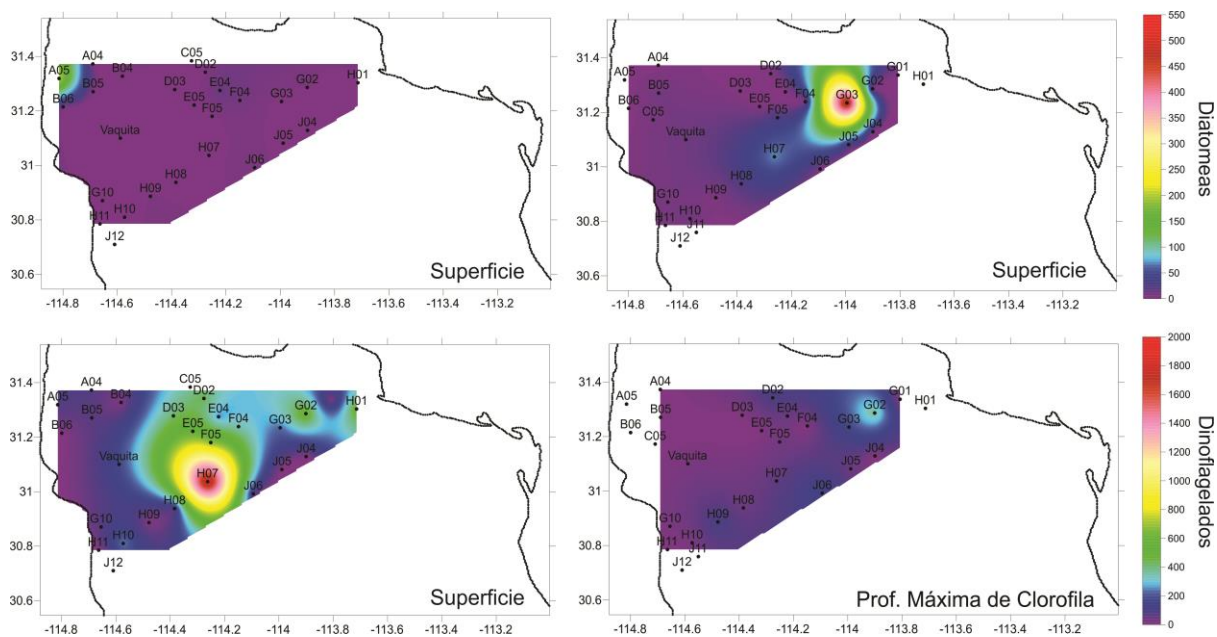
### Razón carbono organico: Chl<sub>a</sub>T

La razón C: Chl<sub>a</sub>T del análisis de carbono orgánico particulado en el área de estudio se muestra en la figura 55. Donde la estación H01 en la PMC presentó la mayor razón, en tanto, en superficie la razón fue mayor en la estación J04 (Fig. 55).

El carbono en el grupo de las diatomeas y de los dinoflagelados se observa en la figura 56. Las diatomeas en superficie, en la estación A5 presentaron la mayor razón con 207.08, en tanto en la PMC fue en la estación G03. Los dinoflagelados en la superficie presentaron los valores más altos en comparación a la PMC, con valores por encima de los 219.



**Figura 55.** Razón C: Chl aT en la superficie y la PMC del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.



**Figura 56.** Razón C: Chl aT para el grupo de las diatomeas (arriba) y dinoflagelados (abajo) en la superficie (izquierda) y en la PMC (derecha) del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.

### Asociación carbono organico: ChlaT

La asociación entre carbono orgánico particulado de superficie, PMC y las otras profundidades, la biomasa total con base a las observaciones por microscopio, la abundancia total de las diatomeas y de los dinoflagelados que fueron significativos estadísticamente en el  $r_{Pearson}$  y a la pendiente del modelo de regresión lineal y que puede ser explicado por la ChlaT se presenta en la tabla IX.

El carbono orgánico particulado en todas las muestras presentó una mayor asociación lineal a 0.50 ( $r_{Pearson}$ ) (Tabla IX). Así mismo fueron estadísticamente significativos en la pendiente del modelo de regresión lineal y en la significancia global del modelo (Tabla IX).

El carbono orgánico en las otras profundidades que no son de la superficie y la PMC presentó un mayor ajuste al modelo de regresión lineal,  $R^2$  mayor al 40% (Tabla IX).

**Tabla IX.** Asociación entre el carbono orgánico particulado y la clorofila *a* Total (Chl*a*T) por la correlación lineal de Pearson ( $r_{Pearson}$ ) del 24 de marzo al 1 de abril del 2011, la significancia de la pendiente y del modelo de regresión lineal. Los valores en rojo indican que los pigmentos no fueron significativos en cada uno de los análisis.

	Ecuación de la regresión	Constante	Pendiente	$t_{critica}$	$R^2\%$	Modelo		$r_{Pearson}$	
		$t_{calculada}$	$t_{calculada}$			$F_{calculada}$	$F_{critica}$	$r_{calculada}$	$r_{critica}$
Otras (CHN)	$O = 198 + 103 \text{ Chl}aTO$	3.52	4.14	2.040	35.6	17.1	4.160	0.596	0.361
PMC (CHN)	$CM = 319 + 60.81 \text{ Chl}aTM$	3.91	3.28	2.060	30.1	10.75	4.242	0.548	0.396
Todas (CHN)	$\text{Carbono} = 288 + 75.5 \text{ Chl}aT$	6.41	5.47	1.993	28.8	29.92	3.972	0.537	0.235
S (CHN)	$CS = 279 + 117 \text{ Chl}aTS$	2.87	3.07	2.064	28.2	9.44	4.260	0.531	0.404
Dinoflagelados	$\text{Dino} = - 2.6 + 13.0 \text{ Chl}aT$	-0.24	3.94	2.002	21.1	15.5	4.007	0.459	0.279
Todos los grupos	$\text{Todos} = 5.0 + 25.1 \text{ Chl}aT$	0.19	3.29	2.002	15.7	10.82	4.007	0.397	0.279
Diatomeas	$\text{Diatos} = 3.1 + 12.2 \text{ Chl}aT$	0.15	2.01	2.002	6.5	4.04	4.007	0.255	0.279

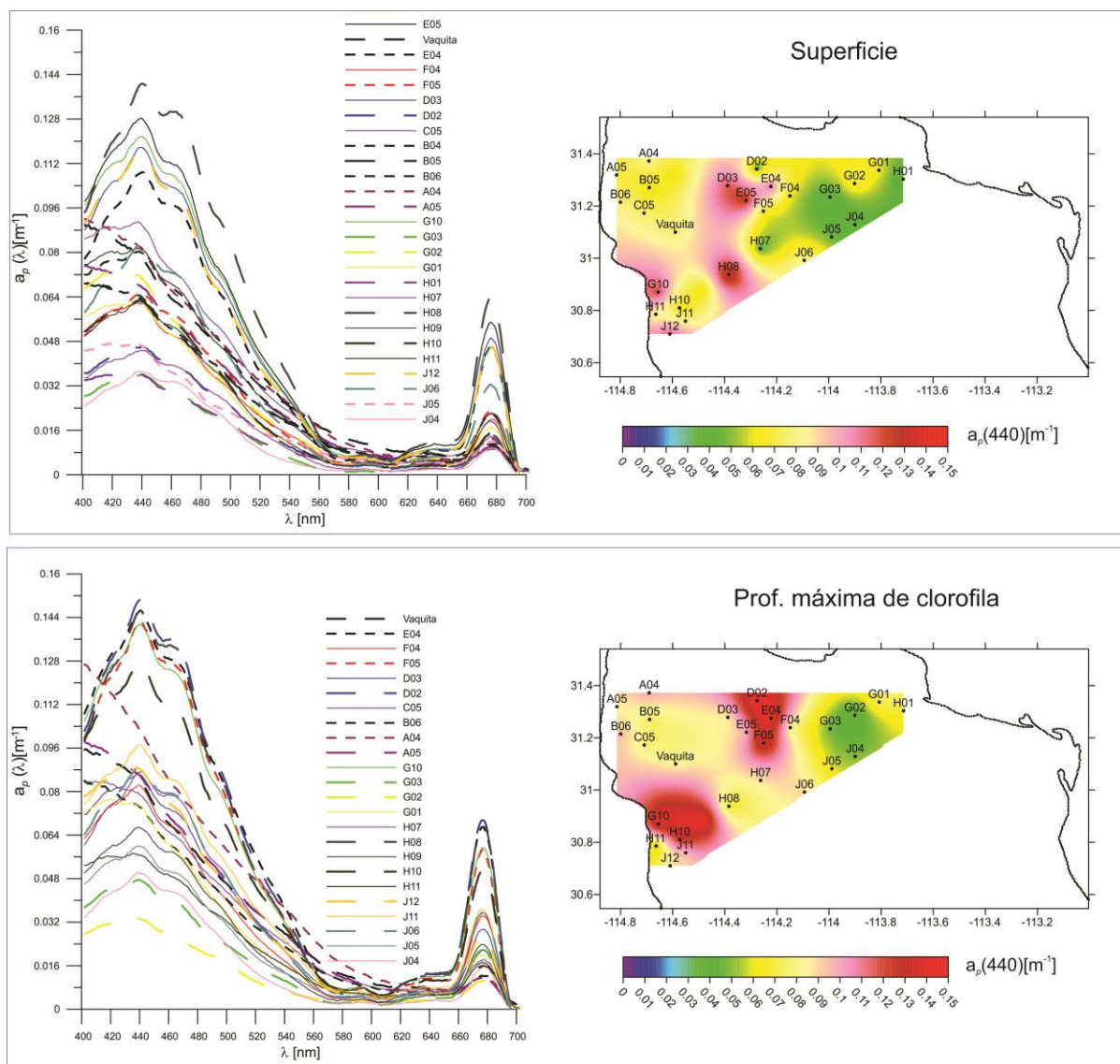
### ***Coefficiente de absorción por las partículas***

#### Coefficiente de absorción de la luz por el material particulado, $a_p(\lambda)$ [ $m^{-1}$ ]

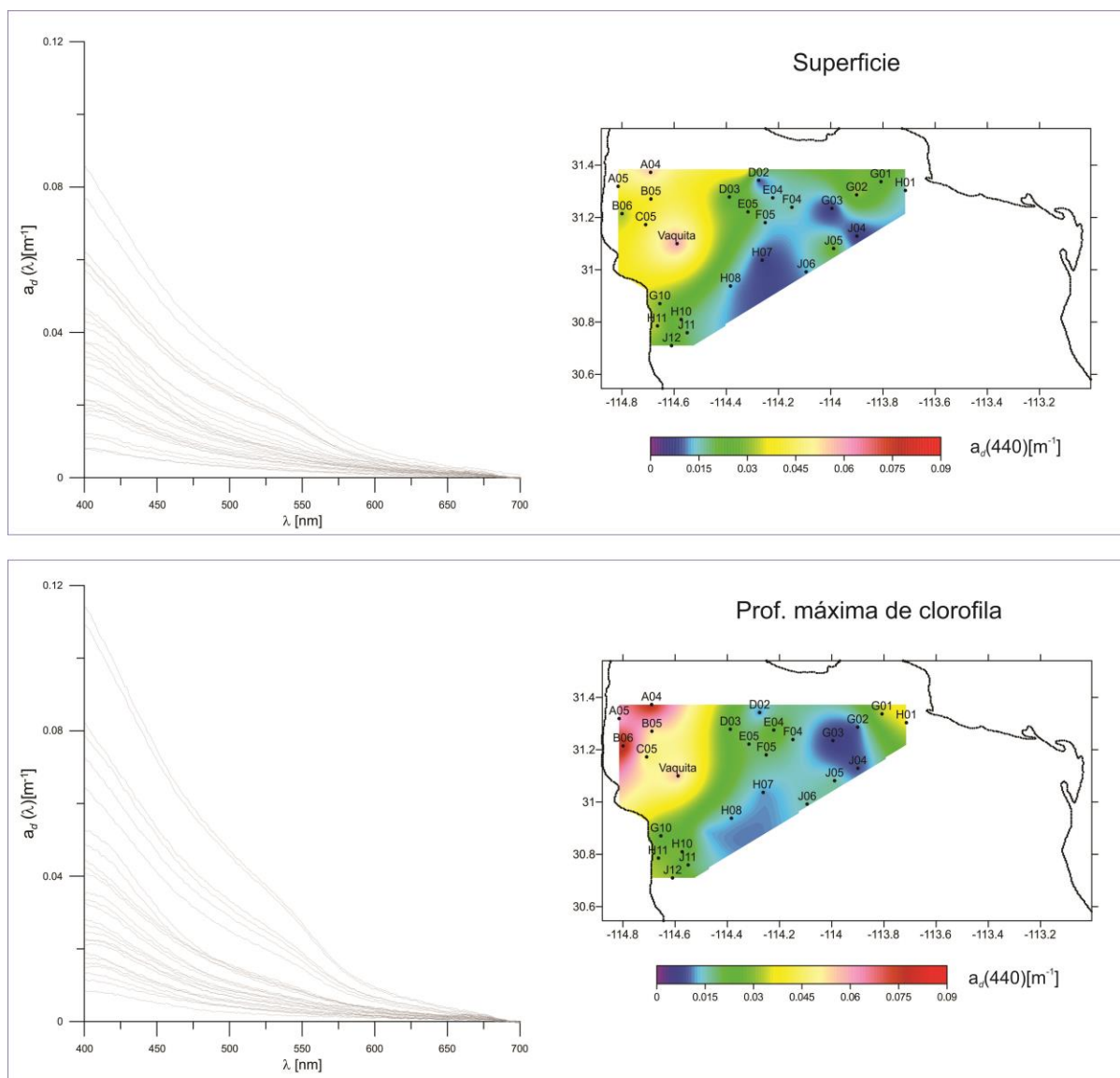
El intervalo de variación del  $a_p(440)$  para el año 2011 en superficie fue de 0.036 a 0.14  $m^{-1}$ , con un promedio de 0.075  $m^{-1}$ . El mayor coeficiente de absorción por el particulado se presentó hacia la parte central del área de estudio y las estaciones que se presentan frente a la costa de Baja California (Fig. 57), en tanto en la PMC se encontró entre los 0.03 a 0.15  $m^{-1}$  con un promedio de 0.09  $m^{-1}$ . El mayor coeficiente se dio en las estaciones de la parte central del área de estudio y en la costa sur de Baja California (Fig. 57).

#### Coefficiente de absorción del detrito, $a_d(\lambda)$ [ $m^{-1}$ ]

El  $a_d(440)$  en la superficie presentó un intervalo entre los 0.006 a 0.061  $m^{-1}$ , con un promedio de 0.025  $m^{-1}$ . Espacialmente, el coeficiente de absorción por el detrito fue mayor en la zona costera de Baja California (Fig. 58). Para la PMC el intervalo de  $a_d(440)$  fue de 0.006 a 0.083  $m^{-1}$ , con un promedio de 0.029  $m^{-1}$  (Fig. 58). La mayor absorción por el detrito en la PMC se presentó en las estaciones de la zona norte de Baja California (Fig. 58).



**Figura 57.** Coeficiente de absorción de la luz  $a_p(\lambda)$  [ $m^{-1}$ ] en la superficie (panel superior) y en la PMC (panel inferior) en cada una de las estaciones muestreadas del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC. Las gráficas del lado izquierdo (arriba y abajo) son los espectros de absorción de la luz desde los 400 a los 700 nm, las gráficas del lado derecho (arriba y abajo) son los datos de  $a_p$  a los 440 nm.



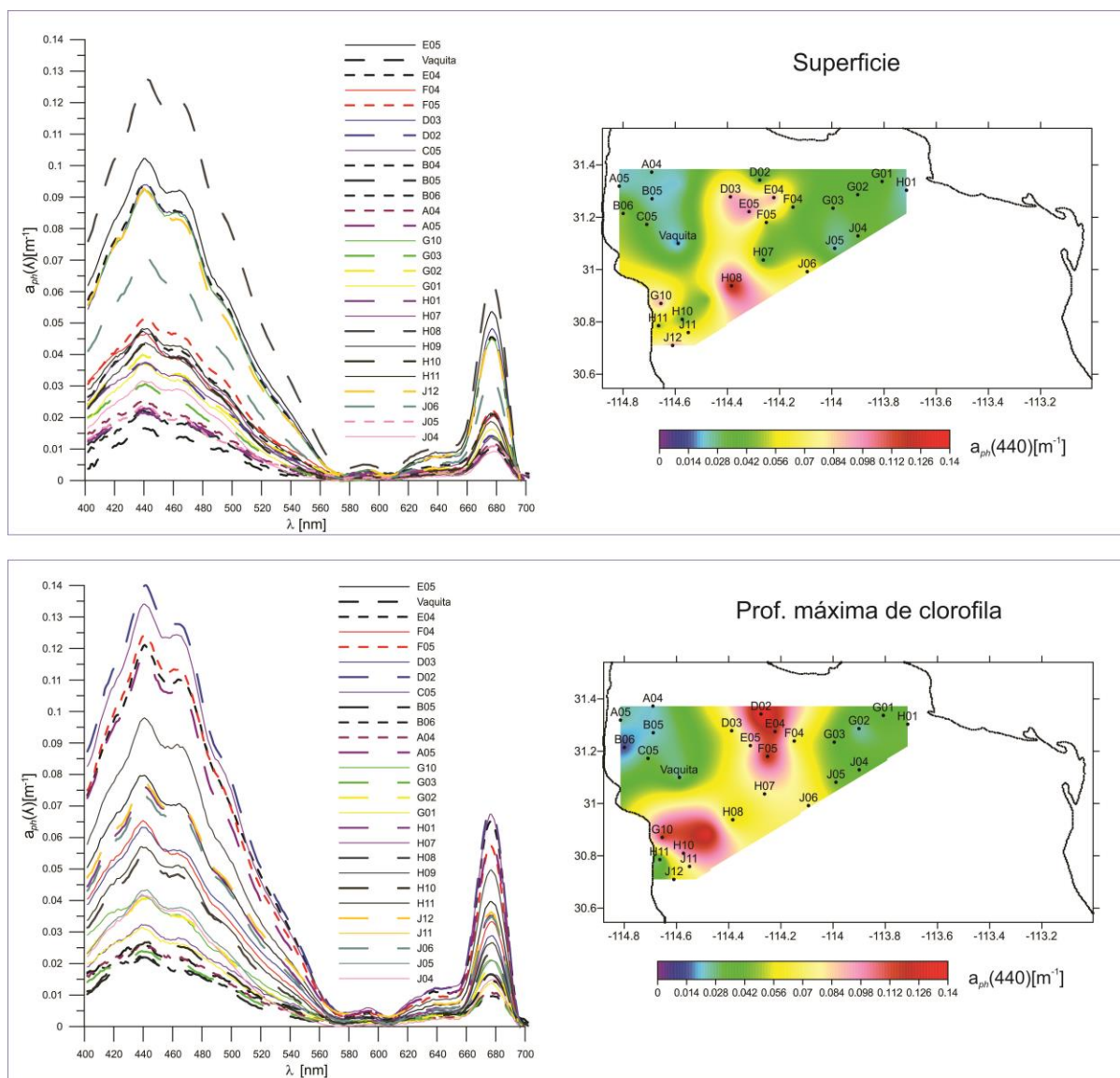
**Figura 58.** Coeficiente de absorción por el detrito  $a_d(\lambda)$  [ $\text{m}^{-1}$ ] en la superficie (panel superior) y en la PMC (panel inferior) en cada una de las estaciones muestreadas del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC. Las gráficas del lado izquierdo (arriba y abajo) son los espectros de absorción por el detrito desde los 400 a los 700 nm, las gráficas del lado derecho (arriba y abajo) son los datos de  $a_d$  a los 440 nm

Coeficiente de absorción por el fitoplancton,  $a_{ph}(\lambda)$  [ $m^{-1}$ ]

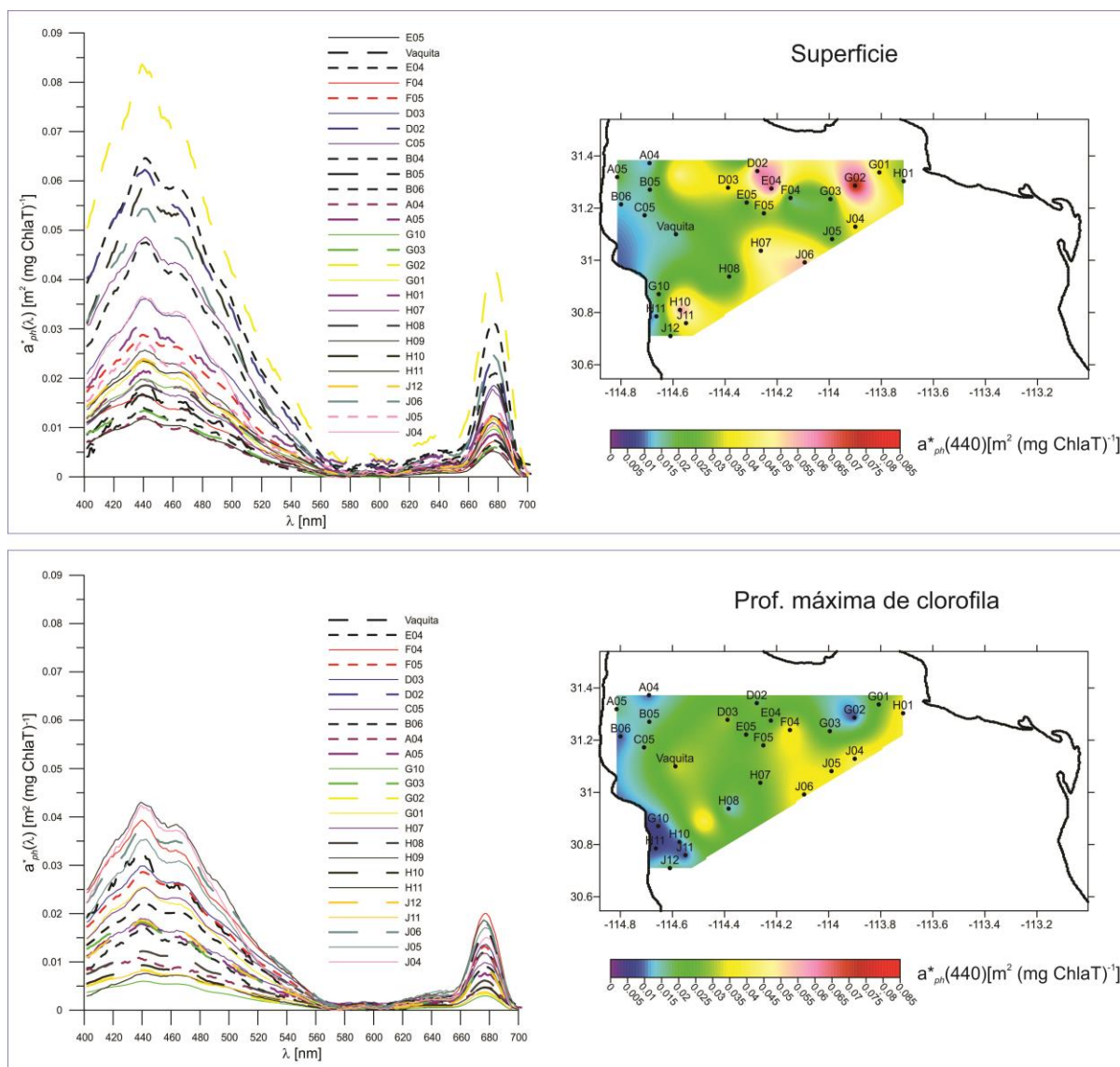
El intervalo de variación del  $a_{ph}(440)$  para el año 2011 en superficie fue de 0.016 a 0.12  $m^{-1}$ , con un promedio de 0.05  $m^{-1}$ . El mayor coeficiente se presentó hacia la parte central del área de estudio (Fig. 59), en tanto en la PMC se encontró entre los 0.012 a 0.14  $m^{-1}$  con un promedio de 0.06  $m^{-1}$ . El mayor coeficiente se dio en las estaciones de la parte central del área de estudio y en la costa sur de Baja California (Fig. 59).

Coeficiente de absorción específico del fitoplancton,  $a^*_{ph}(\lambda)$  [ $m^2$  (mg ChlaT) $^{-1}$ ]

El intervalo  $a^*_{ph}(440)$  en la superficie fue de 0.082 a 0.012  $m^2$  (mg ChlaT) $^{-1}$  con un promedio de 0.032  $m^2$  (mg ChlaT) $^{-1}$  (Fig. 60). Especialmente, el  $a^*_{ph}(440)$  es mayor en las estaciones junto a la costa de Sonora, con las estaciones G02 (0.082  $m^2$  (mg ChlaT) $^{-1}$ ) y E04 (0.064  $m^2$  (mg ChlaT) $^{-1}$ ) (Fig. 60). Para la PMC el intervalo de  $a^*_{ph}(440)$  fue entre 0.012 a 0.14  $m^2$  (mg ChlaT) $^{-1}$  con un promedio de 0.06  $m^2$  (mg ChlaT) $^{-1}$  (Fig. 60). Especialmente, la absorción específica es mayor hacia la parte sur de la costa de Sonora (Fig. 60).



**Figura 60.** Coeficiente de absorción por el fitoplancton  $a_{ph}(\lambda)$  [ $\text{m}^{-1}$ ] en la superficie (panel superior) y en la PMC (panel inferior) en cada una de las estaciones muestreadas del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC. Las gráficas del lado izquierdo (arriba y abajo) son los espectros de absorción por el fitoplancton desde los 400 a los 700 nm, las gráficas del lado derecho (arriba y abajo) son los datos de  $a_{ph}$  a los 440 nm..



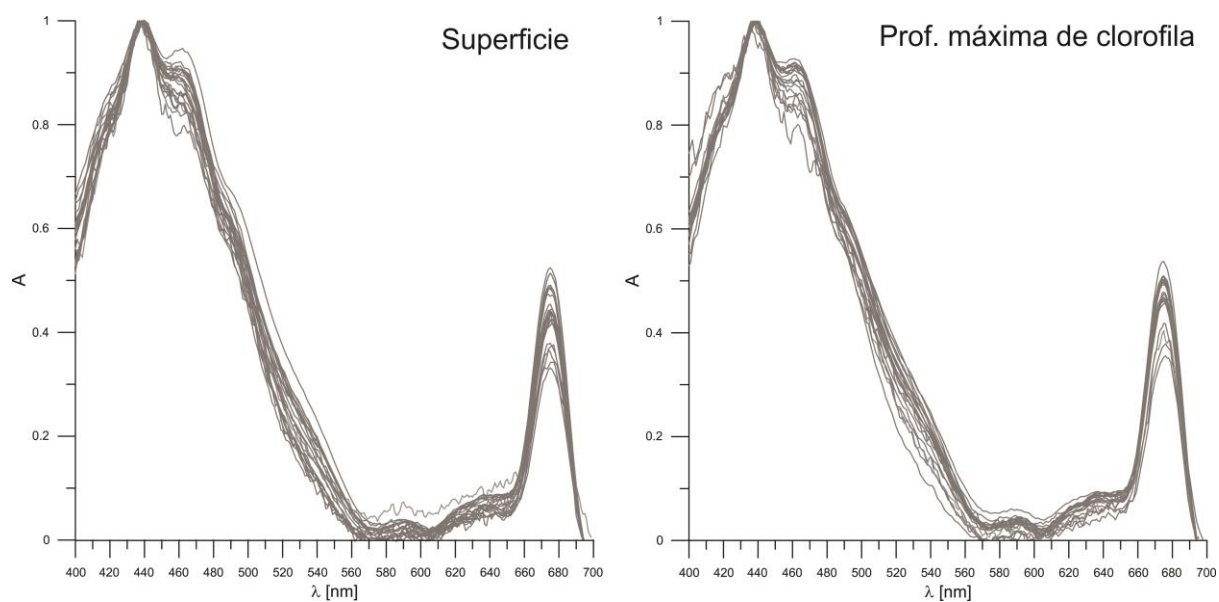
**Figura 60.** Coeficiente de absorción específico por el fitoplancton  $a^*_{ph}(\lambda)$  [m<sup>2</sup> (mg ChlaT)<sup>-1</sup>] en la superficie (panel superior) y en la PMC (panel inferior) en cada una de las estaciones muestreadas del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC. Las gráficas del lado izquierdo (arriba y abajo) son los espectros de absorción específico por el fitoplancton desde los 400 a los 700 nm, las gráficas del lado derecho (arriba y abajo) son los datos de  $a^*_{ph}$  a los 440 nm.

### Coeficiente de absorción normalizado a 440 nm A (adimensional)

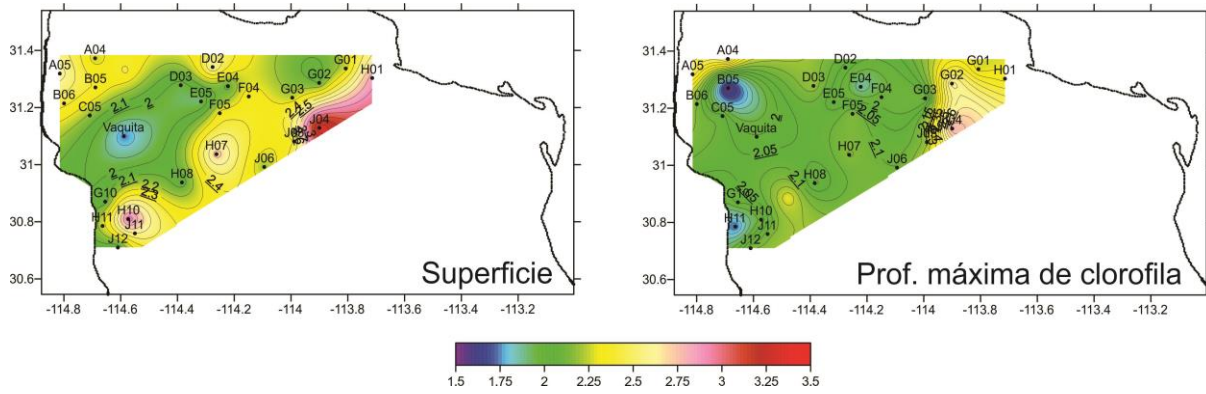
La mayoría de las formas de los espectros de absorción tanto en las muestras en superficie como en la PMC estuvieron dominados por la forma de absorción de la Chla con un máximo en 440 nm y otro en el 675 nm, adicionalmente se observa un hombro a los 460 nm (Fig. 61).

### Razón $a_{ph}(440)/a_{ph}(675)$

En la figura 62 se observa que tanto en superficie como en la PMC la razón es menor a 3, a excepción de la estación J04 en ambas profundidades.



**Figura 61.** Espectro de absorción normalizado a los 440 nm A (adimensional) en superficie (izquierda) y en la PMC (derecha) en cada una de las estaciones muestreadas del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio de AGC



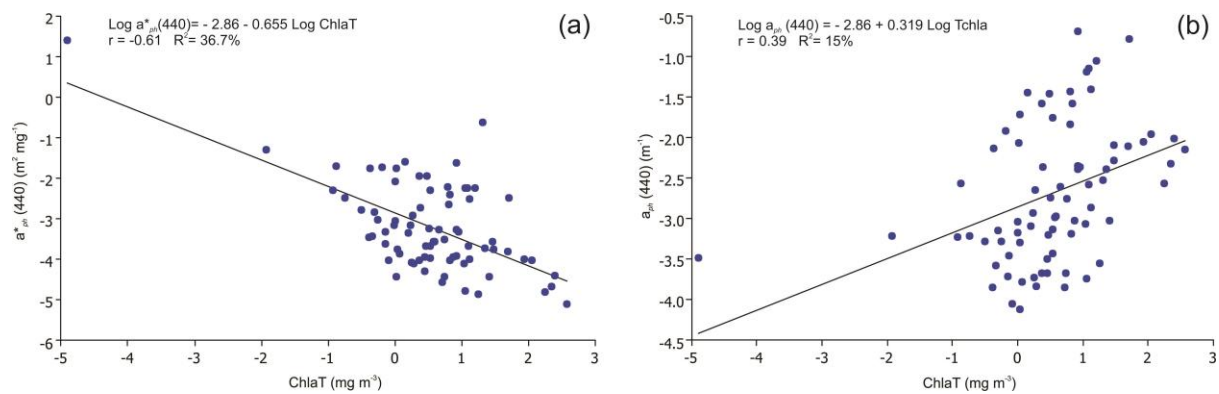
**Figura 62.** Razón  $a_{ph}(440)/a_{ph}(675)$  en superficie (izquierda) y en la PMC (derecha) en cada una de las estaciones muestreadas del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio de AGC.

### Asociación entre el coeficiente de absorción por el fitoplancton y la Clorofila a Total (ChlaT)

La asociación entre el  $a_{ph}$  (440),  $a^*_{ph}$  (440) y  $a_{ph}$  (675) que fueron significativos estadísticamente en el  $r_{Pearson}$  y a la pendiente del modelo de regresión lineal y que puede ser explicado por la ChlaT se presenta en la tabla X (Fig. 63).

El  $a^*_{ph}$  (440) presentó una asociación lineal mayor a 0.50 ( $r_{Pearson}$ ) (Fig. 63, Tabla X). El  $a_{ph}$  (440) presentó una relación significativa con la ChlaT sin embargo una asociación lineal menor a 0.50 (Fig. 63, Tabla X). Tanto él  $a^*_{ph}$  (440) y  $a_{ph}$  (440) fueron estadísticamente significativos en el  $r_{Pearson}$ , así mismo en la pendiente del modelo de regresión lineal y en la significancia global del modelo (Tabla X).

El  $a^*_{ph}$  (440) presentó un mayor ajuste al modelo de regresión lineal,  $R^2$  mayor al 35% (Fig. 63, Tabla X).



**Figura 63.** Regresión lineal entre la ChlaT y el coeficiente de absorción de la luz: (a)  $\text{Log } a_{ph}^*(440)$ , (b)  $\text{Log } a_{ph}(440)$ .

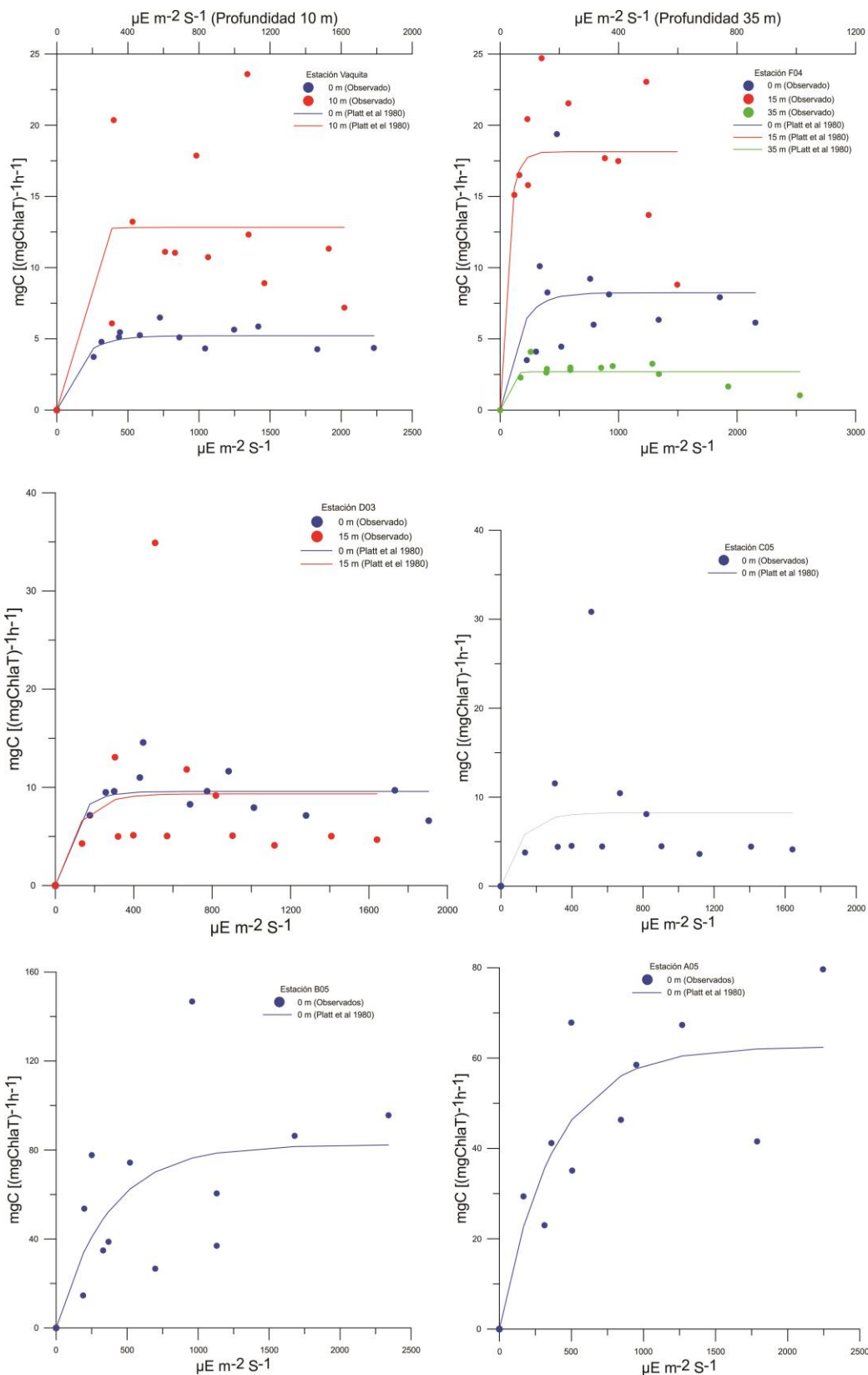
**Tabla X.** Asociación entre el coeficiente de absorción del fitoplancton y la ChlaT por la correlación lineal de Pearson ( $r_{Pearson}$ ) del 24 de marzo al 1 de abril del 2011, la significancia de la pendiente y del modelo de regresión lineal. Los valores en rojo indican que los pigmentos no fueron significativos en cada uno de los análisis.

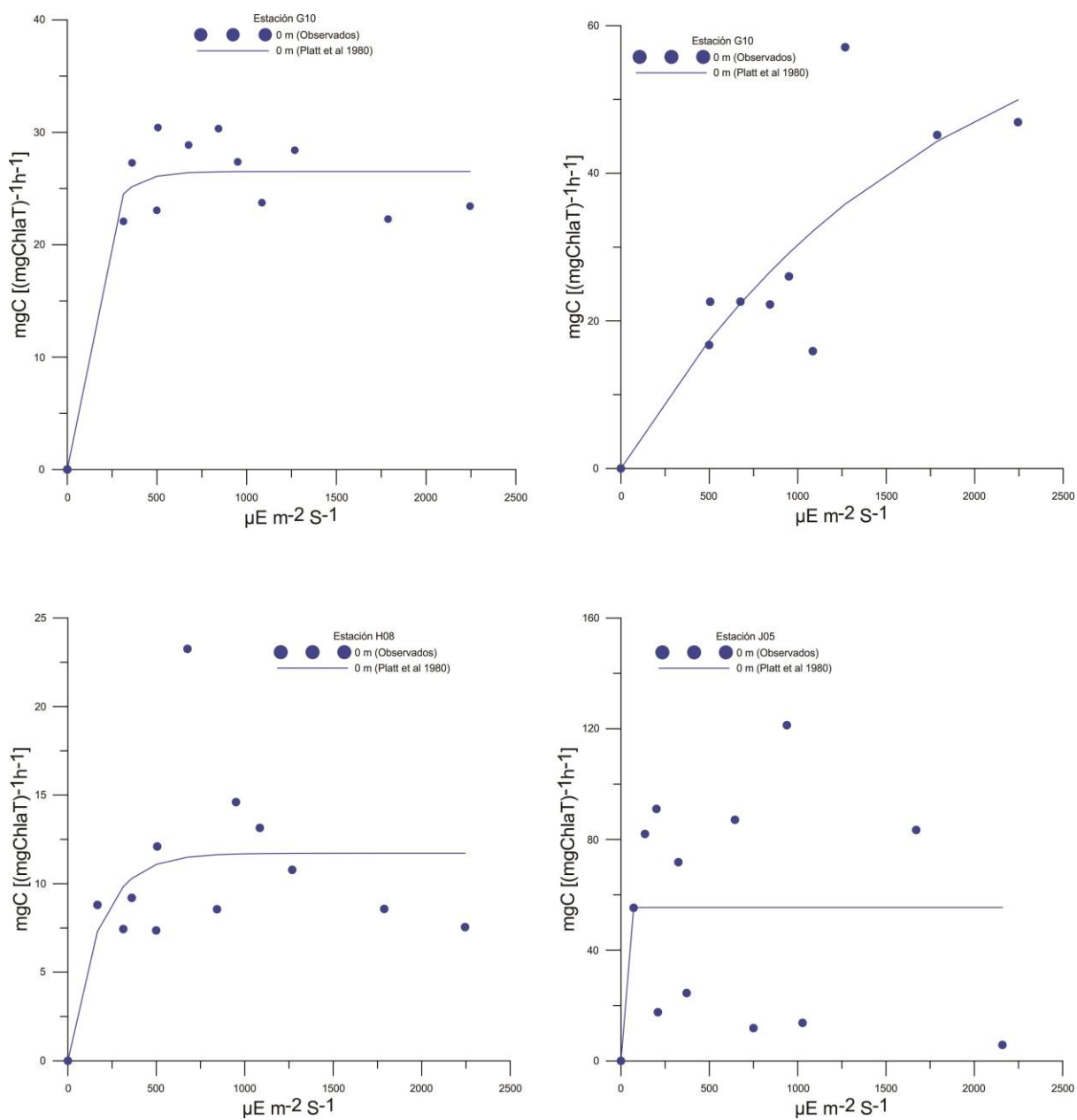
	Ecuación de la regresión	Constante	Pendiente	t crítica	R <sup>2</sup> %	Modelo		r <sub>Pearson</sub>	
		t calculada	t calculada			F calculada	F crítica	r calculada	r crítica
a* <sub>ph</sub> (440)	Log a* <sub>ph</sub> (440) = - 2.86 - 0.655 Log ChlaT	-24.85	-6.55	1.99	36.7	42.95	3.97	-0.61	0.235
a <sub>ph</sub> (440)	Log a <sub>ph</sub> (440) = - 2.86 + 0.319 Log ChlaT	-28.06	3.61	1.99	15	13.04	3.97	0.39	0.235
a <sub>ph</sub> (675)	Log a <sub>ph</sub> (675) = - 3.51 + 0.330 Log ChlaT	-29.8	3.22	1.99	12.3	10.37	3.97	0.35	0.235

### **Producción Primaria**

Las curvas de P-E se generaron en 10 estaciones. En la estación Vaquita las profundidades 0 y 10 m, en la estación F04 las profundidades 0,15 y 35 m, en la estación D03 en las profundidades 0 y 15 m, en las estaciones C05, B05, A05, G10, G03, H08 y J05 a 0 m, respectivamente (Fig. 64).

Los parámetros fotosintéticos  $\alpha^B$  ( $\text{mgC} [\text{mgChaT}]^{-1} \text{h}^{-1}$ ) ( $\mu\text{E m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ) $^{-1}$  y  $P^B_m$  ( $\text{mgC} [\text{mgChaT}]^{-1} \text{h}^{-1}$ ) para cada estación y profundidad se observan en la tabla XI. La productividad en cada estación se observa en la tabla XI y en la figura 62. En la estación Vaquita la productividad fue mayor a los 10 m con  $12.82 \text{ mgC} [\text{mgChaT}]^{-1} \text{h}^{-1}$ , donde se encuentra la PMC. En la estación F04, a los 15 m la productividad fue mayor con  $18.14 \text{ mgC} [\text{mgChaT}]^{-1} \text{h}^{-1}$ . Para la estación D03, la mayor productividad se presentó en la superficie con  $9.59 \text{ mgC} [\text{mgChaT}]^{-1} \text{h}^{-1}$ . Para las otras estaciones donde solo se tienen muestras superficiales la productividad varió entre los 4.30 a  $81.52 \text{ mgC} [\text{mgChaT}]^{-1} \text{h}^{-1}$ .

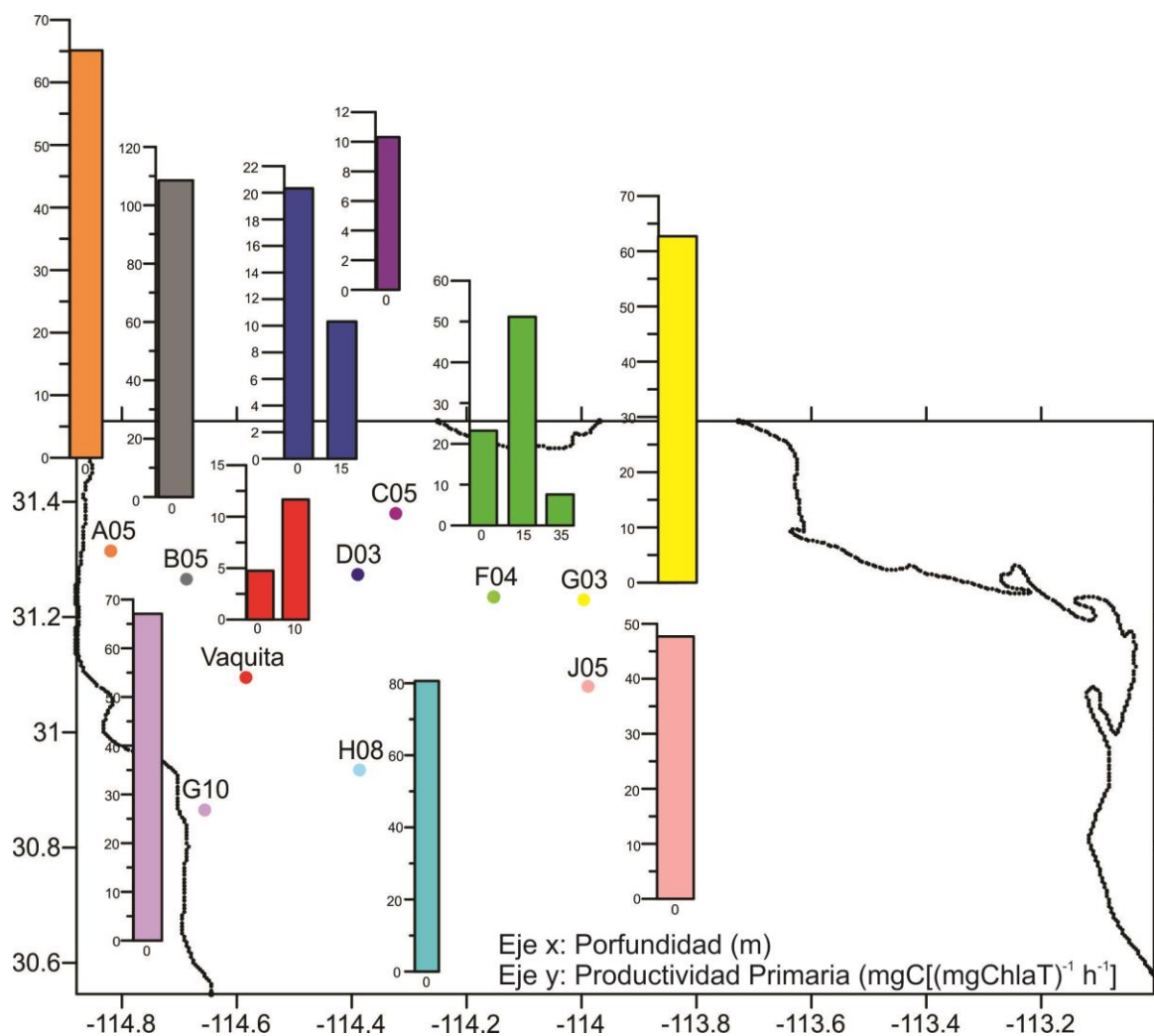




**Figura 64.** Curvas de productividad primaria por <sup>14</sup>C de 10 estaciones donde se realizaron los experimentos en el área de estudio del 24 de marzo al 1 de abril del 2011 en el AGC.

**Tabla XI.** Parámetros de las curvas P-E de las diferentes estaciones:  $\alpha^B$  ( $\text{mgC} [\text{mgChaT}]^{-1} \text{h}^{-1}$ ) ( $\mu\text{E m}^{-1} \text{s}^{-1}$ )<sup>-1</sup> y  $P^Bm$  ( $\text{mgC} [\text{mgChaT}]^{-1} \text{h}^{-1}$ ). Profundidad (m), Irradiancia ( $\mu\text{E m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ) y  $P^B$  ( $\text{mgC} [\text{mgChaT}]^{-1} \text{h}^{-1}$ ) en la profundidad de la muestra, del 24 de marzo al 1 de abril del 2011.

Estación	Profundidad	$\alpha^B$	$P^Bm$	Irradiancia	$P^B$
Vaquita	0	0.036	5.21	1613	5.21
	10	0.218	12.82	0.40	12.82
F04	0	0.056	8.23	1548	8.24
	15	0.297	18.14	44.15	18.14
	35	0.145	2.69	0.38	2.69
D03	0	0.109	9.59	1456	9.59
	15	0.084	9.34	121	4.86
C05	0	0.075	8.25	1198	4.30
B05	0	0.225	82.39	1672	81.52
A05	0	0.168	62.53	1351	60.87
G10	0	0.219	26.51	1165	26.51
G03	0	0.040	68.12	1515	40.20
H08	0	0.068	11.72	1449	11.72
J05	0	5.183	55.46	1736	55.46



**Figura 65.** Productividad Primaria ( $\text{mgC} [(\text{mgChlaT})^{-1} \text{h}^{-1}]$ ) de las 10 estaciones donde se realizaron los experimentos para el 24 de marzo al 1 de abril del 2011 en el AGC.

## Discusión

El AGC desde sus primeros estudios oceanográficos se ha descrito con una temperatura superficial que se incrementa en verano y decrece en invierno, con máximas en Agosto (~32°C) y mínimas en Diciembre (~8°C) (Álvarez-Borrego y Galindo-Bect, 1974; Álvarez-Borrego *et al.*, 1975). En el presente estudio, los dos muestreos en el AGC se presentaron en primavera donde la temperatura superficial fue heterogénea. La temperatura en el AGC para junio de 2010 presentó un intervalo entre los 23 a 27 °C con mayores valores hacia las áreas más someras, debido a que el contenido de calor en un volumen más pequeño (en este caso de poca profundidad) es más fácil que se incremente que uno cuya profundidad es mayor (Castro Valdez, *comm pers*, 2016), así mismo, la fuerte influencia por el clima de los desiertos que la rodean, ya que son áreas de aguas someras, donde los cambios atmosféricos afectan mucho más a estas aguas que aquellas ubicadas hacia la parte central o sur del Golfo de California (Cano Pérez, 1991). Los vientos para el periodo de estudio del 2010 presentaron una dirección sureste, por lo cual el aire proveniente de la zona marítima tropical sea húmedo y tibio (Lavin *et al.*, 1997), induciendo una circulación superficial ciclónica (Lavin *et al.*, 1997; Marinone, 2003). En el 2011, los valores de la temperatura en el AGC estuvieron entre los 16 a 21 °C. Estas bajas temperaturas se pueden atribuir a varios factores: 1) el viento, para este periodo de estudio se observó que descienden del noroeste, donde el aire proviene

de la masa continental de Norteamérica (Lavin *et al.*, 1997), ocasionando giros anticiclónicos (Lavin *et al.*, 1997; Marinone, 2003); 2) mareas y corrientes de marea, contribuyendo al afloramiento de masas de agua del fondo (surgencias) (Cano Pérez, 1991) y 3) Basándonos en el índice de Oscilación Decadal del Pacífico, para el 2011 se observa una fase fría, asociadas a anomalías negativas de temperatura (Bjorkstedt *et al.* 2012), lo que nos indica que la temperatura superficial de la costa del Pacífico Norte son aguas frías del promedio normal (MacDonald y Case, 2005).

La comunidad fitoplanctónica mostró diferencias en abundancia y composición debido a la temperatura del agua, la cual fue mayor en 2010 que en el 2011. Estas diferencias hacen que algunos grupos fitoplanctónicos se desarrollen mejor que otros (Barlow *et al.*, 2008). Para el 2011, la biomasa fitoplanctónica de la columna del agua fue 3 veces menor a lo encontrado para el 2010. Los factores que afectan la distribución a abundancia de las comunidades fitoplanctónicas en un cuerpo de agua son la luz, temperatura y los nutrientes (Kirk, 2011). La temperatura superficial para el 2011 fue menor a lo observado para el 2010. Esta baja temperatura es un indicador de la introducción de nutrientes a la columna del agua, lo que genera un aumento en la biomasa fitoplanctónica (Raymont, 1980). En el 2010, la mayor concentración de biomasa se presentó hacia la costa de Baja California; López-Calderon *et al* (2008) observaron un aumento en la concentración de Chla hacia la costa de Baja California y Sonora, debido a la proximidad entre la

superficie y el fondo aumenta el enriquecimiento de nutrientes en la zona eufótica. Así mismo, la circulación del agua proveniente del delta del Río Colorado sale por el lado de Baja California (Carriquiry y Sánchez, 1999) lo que ocasiona que el fitoplancton de una misma parcela de agua tenga mayor tiempo de residencia en la columna del agua y por lo tanto mayor abundancia debido a su reproducción (Millán-Núñez *et al.*, 1999). Para el 2011, la biomasa fitoplanctónica se presentó en mayor abundancia hacia la costa de Sonora, debido a la alta concentración de nutrientes generado por la surgencia que son producidos por los vientos del noroeste que se presentan durante primavera (Roden y Groves, 1959; Bandan-Dangon *et al.*, 1985; Lavín y Marinone, 2003).

La estructura biológica de la columna del agua responde a los cambios hidrográficos, donde las mayores abundancias de fitoplancton que se han registrado en el Golfo de California se localizaron en zonas donde se presentaron eventos de surgencia, como el noreste del Golfo, donde las productividades son del orden de dos o tres veces mayores que el Océano Pacífico o el Atlántico para áreas abiertas y a latitudes similares (Zeitzschel, 1969). El microfitoplancton en el AGC se presentó con una alta contribución en la columna del agua y en las estaciones más allegadas a la costa; estudios previos confirman nuestros resultados donde el microfitoplancton domina los ambientes costeros o neríticos (Lara-Lara y Valdez-Holguin, 1988; Millán-Núñez *et al.* 1999). Para el 2010, se observó mayor presencia

de organismos del nanofitoplancton y del picofitoplancton, lo que puede implicar la presencia de aguas profundas o de influencia oceánica, como lo han reportado Zeitzschel (1969) y Lara-Lara y Valdez-Holguin (1988).

La comunidad fitoplanctónica en el AGC fue diferente entre las estaciones y los dos años de muestreo. Por medio de las observaciones en el microscopio, la comunidad fitoplanctónica en la columna del agua presentó una abundancia de 3 veces mayor para el 2011. Esta diferencia en la biomasa fitoplanctónica puede ser respuesta a las condiciones hidrográficas (temperatura y viento) para cada uno de los años de muestreo, donde se formaron las condiciones ideales para una alta biomasa fitoplanctónica en el 2011. El grupo de las diatomeas y dinoflagelados fueron los grupos con mayor biomasa fitoplanctónica en los dos cruceros. De igual forma se observaron algunas especies del nanofitoplancton; estudios anteriores han reportado que las diatomeas han sido el grupo más representativo y los dinoflagelados con la menor abundancia en el GC (Zeitzschel, 1969; Álvarez-Borrego., 1983; Hernández-Becerril, 1985; Millán-Núñez *et al* 1999). Sin embargo, se han observado otros grupos como flagelados desnudos hacia la parte central del GC (Zeitzschel, 1969), cocolitoforidos, cianofitas, crisofitas, criptofitas, euglenofitas y prasinofitas desde el AGC hasta la parte central del GC (Hernández-Becerril, 1985).

Una de las limitantes en los conteos de fitoplancton mediante microscopio invertido es que no permite identificar con certeza células menores a 5µm. En

consecuencia, buena parte del nanofitoplancton y el total de picofitoplancton se omiten en estos conteos. Esta es una de las razones por las que la quimiotaxonomía del fitoplancton ha cobrado gran importancia a partir de la implementación de las metodologías modernas de HPLC-CHEMTAX. Ahora es posible inferir los grupos presentes aun cuando no se hayan observado o identificado al microscopio (Jeffrey *et al.*, 1997; Aguirre-Hernández *et al.*, 2004; Millán-Núñez *et al.*, 2004; Bricaud *et al.*, 2004).

Para el 2010, el porcentaje de contribución de las diatomeas fue mayor en superficie que en la PMC. El porcentaje de contribución de las diatomeas no presentó una alta asociación a la concentración de fucoxantina ni con la abundancia observada en el microscopio. Esta posible diferencia puede deberse a que la fucoxantina también está presente en el grupo de las primensiofitas, crisofitas y rafidofitas (Jeffrey *et al.*, 1999). Sin embargo, Lionard *et al.* (2008) sugieren que la combinación HPLC-CHEMTAX puede subestimar la importancia de las diatomeas y sobreestimar la importancia de otros grupos de algas en el fitoplancton de la comunidad. La abundancia de las diatomeas en la columna del agua (observadas por microscopio) fue mayor hacia la costa de BC que en la costa de Sonora. Lo anterior se debe a la circulación del agua del delta que sale por el lado de BC (Carriquiry *et al.*, 1992; Cupul-Magaña, 1994; Aguíñiga-García, 1999; Carriquiry y Sánchez, 1999), ocasionando que el fitoplancton de una misma parcela de agua

tenga mayor tiempo de residencia y por lo tanto se observe una mayor abundancia hacia la costa de BC (Millán-Núñez *et al.*, 1999).

Los dinoflagelados presentaron mayor abundancia en la columna del agua hacia la parte central del área de estudio y en las estaciones de Sonora. Al ser un área de surgencia se presentan sucesiones fitoplanctónicas, cuando se presenta un incremento de nutrientes se observa un afloramiento de diatomeas, posteriormente, estas se hunden fuera de la zona fótica permitiendo el desarrollo de los dinoflagelados (Margalef, 1978). El porcentaje de contribución de los dinoflagelados no concuerda con las observaciones realizadas al microscopio, esta diferencia también se ha descrito en diferentes áreas del océano (Irigoien *et al.*, 2004; Llewellyn *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 2006; Eker-Develi *et al.*, 2008) y lagunas costeras (Gracia-Escobar *et al.*, 2014). Esto podría deberse a la presencia de dinoflagelados heterótrofos/mixotróficos, así como el hecho de que la peridina no se encuentra en todo los dinoflagelados (Jeffrey *et al.*, 1997; Eker-Develi *et al.*, 2008).

Hernandez-Becerrill (1985) observó por medio de microscopia otros grupos fitoplanctónicos, entre los cuales destaca la presencia de los cocolitofóridos con una alta distribución a lo largo del GC. En el muestreo de 2010, las Haptofitas llegaron a presentar un 95% del porcentaje de contribución al Chl<sub>a</sub>T. La presencia de este grupo puede deberse a dos razones: 1) la entrada de aguas oligotróficas

provenientes desde la boca del GC y 2) las haptofitas están adaptadas a las altas concentraciones de amonio (Lewitus *et al.* 1998). Santa-Rios (2012) reporta concentraciones de amonio en la boca del delta hacia la costa de Sonora hasta de 4 $\mu$ M.

El grupo de las cianofitas se caracteriza por la fijación de nitrógeno, siendo los principales suministradores de nitrógeno en las cadenas tróficas de los cuerpos de agua (Wolk, 1973). Hernández-Ayón *et al* (1993) y Santa-Rios (2012) reportaron en el AGC junto a las costas de Baja California concentraciones de nitratos y nitritos hasta de 6.94  $\mu$ M y 0.46  $\mu$ M, respectivamente. Estas concentraciones de compuestos nitrogenados puede generar un alto porcentaje de contribución del grupo de las cianofitas y una ventaja en la abundancia (con respecto a las diatomeas y dinoflagelados) en el área de estudio para los dos cruceros, en especial para el crucero del 2010. Otros grupos fitoplanctónicos, como las crisofitas, criptofitas, euglenofitas y prasinofitas se observaron esporádicamente en el AGC por medio de microscopia y el método HPLC-CHEMTAX. Pero trabajos como el de Hernandez-Becerrill (1985) para la parte central y norte del GC, observó que a parte de las diatomeas (que se encuentran en áreas costeras, o de mezcla y turbulencia y además con altas concentraciones de silicatos), el nanofitoplancton son comunidades que se encontraron con una amplia distribución en el GC, en especial

en áreas con condiciones tipo oceánico (estratificación térmica, baja concentración y nutrientes).

Se sabe que las surgencias provocan afloramientos costeros de fitoplancton, generalmente dominados por diatomeas y/o dinoflagelados (Margalef, 1978; Kudela *et al.*, 2005), estos florecimientos fitoplanctónicos se presentan cuando se produce la advección de agua fría, rica en nutrientes, desde capas más profundas hacia la superficie (Goericke *et al.*, 2004), donde la luz no es un factor limitante (Kirk, 2011). Para la primavera del 2011, según el índice de Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) se presentaron anomalías negativas en la temperatura superficial del mar, reportando una condición La Niña (Bjorkstedt *et al.* 2012), lo que lleva a que las temperaturas sean más bajas a comparación del promedio y por ende puede ser una condición ideal para que se pueda presentar un florecimiento fitoplanctónico en el AGC. En comparación a estudios anteriores, donde las abundancias promedio en la costas de Baja California fueron de  $274 \times 10^3$  cel L<sup>-1</sup> y Sonora de  $166 \times 10^3$  cel L<sup>-1</sup> (Millán-Núñez *et al.*, 1999), las abundancias para nuestro estudio en la columna del agua llegaron hasta  $17.28 \times 10^9$  cel/m<sup>2</sup>, siendo en las diatomeas con la mayor abundancia tanto en la superficie como en la PMC. La alta abundancia de diatomeas fue confirmada a través de su pigmento característico la fucoxantina y coincide con el resultado de CHEMTAX en relación al porcentaje de contribución al ChlaT donde las diatomeas representaron hasta un 94% en la superficie y un 85%

en la PMC. Esta alta abundancia se presentó debido a los géneros *Chaetoceros* sp. y *Thalassionema* sp., son dos géneros han sido reportados desde aguas oceánicas a costeras (Tomas, 1997).

Se ha demostrado que las características fotosintéticas del fitoplancton (pendiente inicial,  $\alpha^B$ , y el número de asimilación,  $P_m^B$ ), pueden variar con la profundidad, estación del año, posición geográfica y estado fisiológico (Cote y Platt, 1983; Cullen, 1990). Estas variaciones han sido descritas en relación a la disponibilidad de nutrientes (Harrison y Platt, 1980), y al acondicionamiento de la luz (Falkowski, 1983). Sin embargo, la disponibilidad de nutrientes y el acondicionamiento a la luz dependen de los procesos físicos de cada lugar. Así mismo, una turbulencia moderada produce valores de  $\alpha^B$  y  $P_m^B$  mayores que con una fuerte turbulencia o estratificación (Álvarez-Borrego y Gaxiola-Castro, 1988). Para el año 2010 vemos que la  $P^B$  en superficie se presentó entre los 2.44 hasta los 17.33 mgC [mgChlT]<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, mientras que en 2011 los valores de  $P^B$  llegaron hasta los 81.52 mgC [mgChlT]<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. Esta diferencia se puede deber a la baja abundancia fitoplanctónica en el 2010. La  $P^B$  para el 2011 fue mayor a lo reportado por Millán-Nuñez *et al* (1999), donde observaron que en una serie de tiempo en la boca del Delta del Río Colorado la productividad primaria llegó hasta los 76 mgC m<sup>-3</sup> h<sup>-1</sup> con una concentración de Chla de 4 mg m<sup>3</sup>.

El fitoplancton es uno de los responsables de la absorción y la disipación de la luz en el mar. La variabilidad de las partículas nos da información acerca de la atenuación de la luz, potencial de la producción primaria y la biomasa pigmentaria de fitoplancton (Bricaud *et al.*, 1995; Kirk, 2011). El coeficiente de absorción específica del fitoplancton varió entre los dos muestreos y entre las estaciones. El promedio el  $a^*_{ph}(440)$  para el 2010 fue mayor que para el 2011 debido a la mayor presencia de células pequeñas (pico y nanofitoplancton) como se observa en la figura 16 y 26. El dominio de células grandes se asocian a menores  $a^*_{ph}(440)$  (Barocio-León, 2006) como se observó para el 2011, donde adicionalmente mostró una alta concentración pigmentaria de fucoxantina y peridina, pigmentos característicos de las diatomeas y dinoflagelados, las cuales se vieron favorecidas por las bajas temperaturas.

Los cambios del  $a^*_{ph}(\lambda)$  son debido a la diferencia en los pigmentos de los diferentes grupos fitoplanctónicos y/o al efecto del empaquetamiento (Bricaud *et al.*, 1995). Se comparó la forma del espectro con los pigmentos, donde el 2010, se observaron en forma general dos hombros después de 440 nm en la superficie y en la PMC, donde primero es a 460 nm que indica la presencia de PFP, como la zeaxantina, pigmento característico de las cianofitas. El segundo hombro se observa a 480 nm donde nos indica la presencia de los PFS como la fucoxantina (diatomeas) y la peridina (dinoflagelados). En la PMC se observaron que en cuatro estaciones hay

un máximo de absorción a los 410 nm, la cual está asociada a la presencia de los feopigmentos. Sin embargo para el 2011, en el hombro a los 460 nm, fue debido a la aloxantina pigmento característico de las Criptofitas, tanto en la superficie como en la PMC. El hombro a los 480 nm se asocia a la fucoxantina y peridina lo que a su vez se atribuye a la presencia de diatomeas y dinoflagelados.

El efecto paquete en nuestros datos se evaluó con la razón de dos longitudes de onda el azul y el rojo [ $a_{ph}(440)/a_{ph}(675)$ ]. Razones mayores a 3 están asociados a comunidades fitoplanctónicas dominado por pequeños organismos (<5  $\mu\text{m}$ ) como cianobacterias y proclorofitas (Moore *et al.*, 1995; Millán-Núñez *et al.*, 2004), ya que debido a que las células pequeñas tienen mayor relación superficie: volumen lo que representa una ventaja en la utilización y aprovechamiento de luz y nutrientes respecto a células grandes. Para el AGC se observó una clara diferencia entre los muestreos, donde el 2011 se estimó una razón menor a 3, que nos indica la presencia del microfitoplancton como las diatomeas y dinoflagelados a excepción de la estación J04 donde el porcentaje de la comunidad fitoplanctónica fue mayor para el nanofitoplancton. Para el muestreo de 2010 los valores de la razón fueron mayores a 3, que indican la presencia de células del nanofitoplancton que incluye a los grupos de las crisofitas y clorofitas.

La Chla es una medida altamente empleada en la medición de la abundancia fitoplanctónica. Sin embargo, la biomasa o el contenido de carbono en el

fitoplancton es un parámetro fundamental en los modelos ecosistémicos y en los ciclos biogeoquímicos (Menden-Duer y Lessard, 2000). La razón C: ChlaT en el fitoplancton es altamente variable y depende de la luz, la temperatura, los nutrientes y la composición de las especies (Eker-Develi et al., 2008). Se han encontrado razones con valores entre los 10 (Laws y Bannister, 1980) hasta 250 o más (Cullen, 1982; Veldhuis y Kraay, 2004) que fueron reportados en poblaciones de fitoplancton de diferentes océanos. La razón C:ChlaT para el 2011 fue de 30 como promedio, la cual se encuentra en el extremo inferior de los rangos reportados previamente (Tabla XII). Esta diferencia entre las razones se debe a la variación entre especies, las condiciones de crecimiento y el tamaño de la célula (Verity et al. 1992, Montagnes et al. 1994, Llewellyn y Gibb, 2000). Por otro lado, los altos valores de ChlaT en las especies de fitoplancton dominantes puede ser una alternativa para los bajos valores de C: ChlaT encontrados en el área de estudio (Eker-Develi et al. 2008). Wasmund et al. (2001) y Eker-Develi et al. (2008) reportaron altas concentraciones de Chla hasta de 57 y 50  $\mu\text{g/l}$  (respectivamente), donde sus razones fueron de 31 y 22 (respectivamente) debido a un florecimiento de dinoflagelados en sus áreas de estudio.

En el presente trabajo el carbono fitoplanctónico mostró una mejor relación con los dinoflagelados, lo que concuerda con lo encontrado por Eker-Develi et al. (2008) para el mar Báltico, Llewellyn et al. (2005) en el Canal Ingles, así como Chan

(1980) en cultivos de diatomeas y dinoflagelados. Sin embargo, algunos estudios reportan una buena relación entre el carbono fitoplanctónico (derivado de las observaciones del microscopio) y la relación con la ChlaT (derivado de los análisis del CHEMTAX) para las diatomeas, pero no para los dinoflagelados, prinesofitas y pequeños flagelados (Llewellyn *et al.*, 2005; Eker-Develi *et al.*, 2008). En contraste con Rodriguez *et al.* (2006) y Havskum *et al.* (2004) que encontraron una razón más alta en las diatomeas que en los dinoflagelados (Tabla XII). Ellos resaltan varios factores que pueden causar que la razón de las diatomeas sea mucho mayor a la de los dinoflagelados: (a) la baja concentración de Chla en las diatomeas en su fase latente de crecimiento, (b) la dominancia de células largas con un bajo contenido de Chla, (c) la sobre-estimación del conteo de dinoflagelados en el microscopio o (d) la disminución de Chla en las diatomeas cuando se presentan intensidades de luz altas.

**Tabla XII.** Razón de la C: Chl<sub>a</sub>T del total del fitoplancton, dinoflagelados y diatomeas en diferentes ambientes y cultivos. La estimación del carbón proviene del volume celular usando las siguientes ecuaciones: (1) Strathmann (1967); (2) Verity *et al.* (1992); (3) Mullin *et al.* (1966); (4) Putt & Stoecker (1989); (5) Søndergaard *et al.* 1991; (6) Montagnes *et al.* (1994); (7) Menden-Dever y Lessard (2000). En el laboratorio, la estimación de carbón fue por medio de un coulometro. (Tomado y modificado de Eker-Develi *et al.*, 2008)

Region	Total	Dinoflagelados	Diatomeas	Estimación C	Referencia
Alto Golfo de California	30	11	16	(7)	Presente estudio
Southern Baltic	20	30	9	(1, 2)	Eker-Develi <i>et al.</i> 2008
Mesocosm, Isefjord, Denmark	–	6	50–100	(1, 3)	Havskum <i>et al.</i> 2004
English Channel	23–78	666	10–48	(1, 2)	Llewellyn <i>et al.</i> 2005
Iberian Poleward Current, Spain	161–303	32	79–250	(1, 2, 4)	Rodríguez <i>et al.</i> 2006
Mesocosm, Denmark and Norway	24	–	–	(3, 5)	Schlüter y Havskum 1997
Southern Ocean	45–90	–	–	(6)	Abraham <i>et al.</i> 2000
Laboratory cultures		106	34	CHN	Chan 1980
Laboratory cultures		365–4800	91–1749	CHN	Eker-Develi <i>et al.</i> 2006
Laboratory cultures		84	18	CHN	Geider <i>et al.</i> 1997
Laboratory cultures			18–336	CHN	Laws y Bannister 1980
Laboratory cultures			20–800	CHN	Sakshaug <i>et al.</i> 1989

## Conclusiones

La comunidad fitoplanctónica en el AGC presentó diferencias significativas en cuanto a su abundancia, siendo 3 veces mayor en el 2011 que en 2010. Esta diferencia se vio marcada por los procesos físicos como la temperatura y el viento, así como de otros factores físicos y químicos presentes en la región. Esta diferencia se vio reflejada en la concentración de pigmentos, productividad primaria y coeficiente de absorción de la luz. Aunque la abundancia de fitoplancton fue mayor en 2011, el porcentaje de los grupos del microfitoplancton de diatomeas (2010: 57%; 2011: 64%) y dinoflagelados (2010: 27%; 2011: 32%), fueron similares para ambos años, sin embargo para el 2010 el nanofitoplancton, las cianofitas, crisofitas, criptofitas, euglenofitas y prasinofitas tuvieron una aportación en la comunidad fitoplanctónica del 15%, en tanto para el 2011 fue solo del 4%. El mayor porcentaje de contribución al Chl<sub>a</sub>T para los dos cruceros fue para el microfitoplancton (diatomeas y dinoflagelados) tanto en la superficie como en la Profundidad del máximo de clorofila. Adicionalmente, en 2010, el grupo de las haptofitas presentaron un alto porcentaje de contribución tanto en superficie como en la PMC alrededor del 84%, mientras que en 2011 fue de 70% en superficie y de 82% en la PMC. La productividad primaria fue hasta 5 veces mayor para el 2011 que para el 2010, con valores de 81.52 mgC [mgChl<sub>a</sub>T]<sup>-1</sup>) y de 17.33 mgC [mgChl<sub>a</sub>T]<sup>-1</sup>) respectivamente. Esto es debido a la mayor abundancia fitoplanctónica, así como a la concentración de Chl<sub>a</sub>T en el 2011. El  $a^*_{ph}(440)$  fue mayor en el 2010 que el 2011, debido a que la concentración de Chl<sub>a</sub>T para el 2011 (superficie: 9.3 mg/m<sup>3</sup>) fue hasta 3 veces mayor en la superficie que para 2010 (superficie: 3.5 mg/m<sup>3</sup>), en tanto en la PMC,  $a^*_{ph}(440)$  para el 2011 fue hasta 10 veces mayor con 13 mg/m<sup>3</sup> que para 2010 con 3.39 mg/m<sup>3</sup>. Se estimó el efecto paquete usando la razón  $a_{ph}(440)/aph(675)$  el cual indicó un bajo efecto paquete para el 2010 debido al alto porcentaje del nano y picofitoplancton. La razón C: Chl<sub>a</sub>T promedio para el total del fitoplancton fue de 30 en el AGC durante la primavera de 2011.

## Como parte del proyecto de tesis doctoral fue estimar la abundancia y composición del fitoplancton mediante muestreos semanales en Bahía San Quintín en el 2011.

### Resumen

Se realizó una serie de tiempo del 20 de febrero al 16 de diciembre de 2011 en una estación al interior de Bahía San Quintín para estimar los cambios estacionales de la abundancia y la composición del fitoplancton. La temperatura del agua fue recolectada y el índice de surgencia fue calculado durante el periodo. La abundancia fitoplanctónica fue estimada y el fitoplancton fue identificado usando microscopio invertido y por el programa CHEMTAX. Se observaron 16 anomalías positivas del fitoplancton durante el año, pero solo tres fueron considerados florecimientos. Los florecimientos fueron dominados por diatomeas y se registraron en primavera y verano. Diferentes géneros componen el 80% de la abundancia total de fitoplancton de cada florecimiento. El primer florecimiento consistió en las diatomeas del género *Pseudo-nitzschia* sp. (15,7%), *Skeletonema* sp. (14,6%), *Eucampia* sp. (7%), y *Navicula* sp. (7%); la Haptophyta del género *Imantonia* sp. (13,1%); y dinoflagelados del género *Prorocentrum* sp. (4,6%). El segundo florecimiento consistió principalmente en las diatomeas de los géneros *Guinardia* sp. (30,6%), *Pseudonitzschia* sp. (21,5%), *Skeletonema* sp. (14,5%), *Chaetoceros* sp. (8,4%) y *Eucampia* sp. (5,3%). La tercera floración consistió en los géneros *Chaetoceros* sp. (46,3%), *Pseudonitzschia* sp. (22,6%), *Skeletonema* sp. (7,29%), e *Imantonia* sp. (6%). Se observaron dinoflagelados durante el invierno, verano y otoño, pero contribuyeron menos que la biomasa de las diatomeas. *Prorocentrum* sp., *Gymnodinium* sp., y *Ceratium* sp. fueron algunos de los dinoflagelados que se observaron. Las diferencias en la abundancia y composición de los grupos de fitoplancton en los florecimientos en la Bahía San Quintín durante 2011 se debieron principalmente a los cambios estacionales en los factores físicos y químicos del agua de mar y a los eventos de surgencia.

**Palabras claves:** Fitoplancton, Florecimientos, Pigmentos, CHEMTAX, Laguna Costera

## Abstract

A time series with weekly sampling was conducted from February 20, to December 16, 2011 at a station in the interior of the San Quintín Bay to estimate seasonal changes in the composition and abundance of phytoplankton. Water temperature was recorded and the upwelling index was calculated for the period. Phytoplankton abundance was estimated and phytoplanktons were identified by using an inverted microscope and the CHEMTAX program. There were 16 positive phytoplankton anomalies during the year, but only three were considered to be blooms. The blooms were dominated by diatoms and were recorded in the winter, spring and summer. Different genera composed 80% of the total phytoplankton abundance of each of the blooms. The first bloom consisted of diatoms of the genera *Pseudo-nitzschia* sp. (15.7%), *Skeletonema* sp. (14.6%), *Eucampia* sp. (7%), and *Navicula* sp. (7%); a haptophyte of the genus *Imantonia* sp. (13.1%); and dinoflagellates of the genus *Prorocentrum* sp. (4.6%). The second bloom consisted mainly of diatoms of the genera *Guinardia* sp. (30.6%), *Pseudo-nitzschia* sp. (21.5%), *Skeletonema* sp. (14.5%), *Chaetoceros* sp. (8.4%) and *Eucampia* sp. (5.3%). The third bloom consisted of *Chaetoceros* sp. (46.3%), *Pseudo-nitzschia* sp. (22.6%), *Skeletonema* sp. (7.29%), and *Imantonia* sp. (6%). Dinoflagellates were observed in the winter, summer and autumn, but they contributed less biomass than diatoms. *Prorocentrum* sp., *Gymnodinium* sp., and *Ceratium* sp. were among the dinoflagellates that were observed. The differences in abundance and composition of phytoplankton groups in the blooms in San Quintín Bay during 2011 were due primarily to seasonal changes in the physical and chemical factors of the seawater and to upwelling events.

**Keywords:** Phytoplankton, Bloom, Pigments, CHEMTAX, Coastal Lagoon

## Introducción

La Bahía de San Quintín es un área donde se han realizados estudios desde la época de 1960's hacia la actualidad. Los primeros trabajos fueron relacionados con su sedimentología y la biota marina (Barnard, 1962; Dawson, 1962; Gorsline y Stewart, 1962), sin embargo también se presentan trabajos sobre acuicultura (García-Esquivel *et al.*, 2004; Correa *et al.*, 2004; Montes-Hugo and Álvarez-Borrego, 2007; Rodríguez, 2009) y ecología de las macroalgas (Cabello-Pasini *et al.*, 2003; Aveytua-Alcázar *et al.*, 2008; Zertuche-González *et al.*, 2009), lo que han llevado a estudios sobre los nutrientes y la ecología del fitoplancton (Lara-Lara y Álvarez-Borrego, 1975; Álvarez-Borrego y Chee-Barragán, 1976; Lara-Lara *et al.*, 1980; Millán Núñez *et al.*, 1982; Camacho-Ibar *et al.*, 2003; Álvarez-Borrego, 2004; Aveytua-Alcázar, 2008).

En forma general los estudios que se han realizados sobre la comunidad fitoplanctónica en la Bahía de San Quintín han llegado a la conclusión que la variación temporal de los nutrientes, salinidad, Chla y fitoplancton en la boca del sistema se deben a la alternancia en los eventos de surgencia y los ciclos de las mareas vivas y muertas (Lara-Lara *et al.*, 1980; Millán Núñez *et al.*, 1982). Los valores de productividad primaria son altos en los periodos de relajación de la surgencia (Lara-Lara *et al.*, 1980), sin embargo está limitada por la temperatura y la intensidad lumínica, así como los ciclos de marea influyen en las variaciones diurnas

de la clorofila (Lara-Lara y Álvarez-Borrego, 1975). Dentro de los grupos fitoplanctónicos presentes las diatomeas son el grupo más abundante en la boca de la bahía en especial en el inicio del periodo de surgencia, seguida de una sucesión de dinoflagelados hacia el final de la misma (Millán Núñez *et al.*, 1982). En los extremos internos de la bahía se presenta la menor abundancia fitoplanctónica, productividad y concentración de clorofila, pero un alto contenido de clorofila por célula. Adicionalmente, el lado este de la bahía (Bahía San Quintín) son abundantes los feopigmentos, indicando una alta productividad secundaria en la zona (Lara-Lara *et al.*, 1980; Millán Núñez *et al.*, 1982).

Se han realizado modelos acoplados físico-biogeoquímicos simulando la dinámica de Bahía San Quintín en una estación cercana a la boca de la bahía (Aveytua-Alcázar, 2008). En este estudio la autora observó que las variaciones físicas y químicas en las zonas de surgencias influyen en la composición y sucesión fitoplanctónica. Las células de tamaño grande como las diatomeas son más efectivas que las clases de menor tamaño para utilizar los nutrientes recién surgidos por la surgencia. Por lo tanto en el modelo se detectó una sucesión fitoplanctónica, en donde ocurren primero los florecimientos de las diatomeas y después los flagelados seguidos del nanoplancton.

Desde el principio el estudio de la composición y la abundancia de la comunidad fitoplanctónica en la Bahía de San Quintín se ha usado el microscopio

invertido para poder determinar la estructura fitoplanctónica, iniciando con los trabajos de Álvarez-Borrego y Nájera-de-Múñoz (1979), Lara-Lara *et al.* (1980) y Millán-Núñez *et al.* (1982). En la actualidad se ha utilizado la taxonomía química del fitoplancton por medio del uso del método de cromatografía líquida de alta precisión (HPLC). Por ejemplo, Millán-Núñez *et al.* (2004) reportaron que las criptofitas, cianobacterias, bacilariofitas y clorofitas fueron las más abundantes y observaron que los pigmentos tuvieron concentraciones mayores en la zona de la boca, con disminución hacia los extremos internos. Adicionalmente, reportaron por primera vez la presencia del pigmento divinil clorofila *a*, lo que sugiere la presencia de *Prochlorococcus* sp, un grupo tradicionalmente asociado a aguas oceánicas oligotróficas. Moreno-Miranda (2007), en un estudio basado en datos obtenidos en Mayo del 2004, reportó la presencia de tres grupos principales por medio del CHEMTAX: criptofitas, bacilariofitas y dinofitas, donde las criptofitas dominaron en abundancia en todas las estaciones muestreadas, mientras que las bacilariofitas y dinofitas disminuyeron de la boca hacia el interior del sistema. Por otro lado, Frías-Velasco (2008), al evaluar el mismo periodo del 2005, observó que los grupos más abundantes relacionados con los pigmentos estimados mediante el HPLC fueron las clorofitas, diatomeas y criptofitas, aunque también se evidenció la presencia de crisofitas, prymnesiofitas, cianobacterias y proclorofitas.

## **Hipótesis**

Los estudios de abundancia y composición del fitoplancton llevados a cabo en Bahía San Quintín se han realizado principalmente las épocas de primavera-verano (mayo-julio) y de otoño (septiembre–octubre) durante mareas vivas. Para estos estudios se han observado que hay una variación en la biomasa y comunidad del fitoplancton, la cual depende de las corrientes de marea, de los eventos de surgencias y época del año. Por tanto, es necesario conocer cuál es la variación de la abundancia del fitoplancton y sus características en cuanto a sus pigmentos fotosintéticos durante todo un año de muestreo, teniendo en cuenta las condiciones fisicoquímicas del agua de Bahía San Quintín. Por lo que se espera que durante primavera y verano los grupos taxonómicos, la abundancia del fitoplancton así como la concentración de pigmentos sean mayores a comparación de la época de invierno y otoño.

## **Objetivos**

Estimar los cambios estacionales de la composición y la abundancia de la comunidad fitoplanctónica durante el 2011 en la Bahía de San Quintín.

## **Material y Métodos**

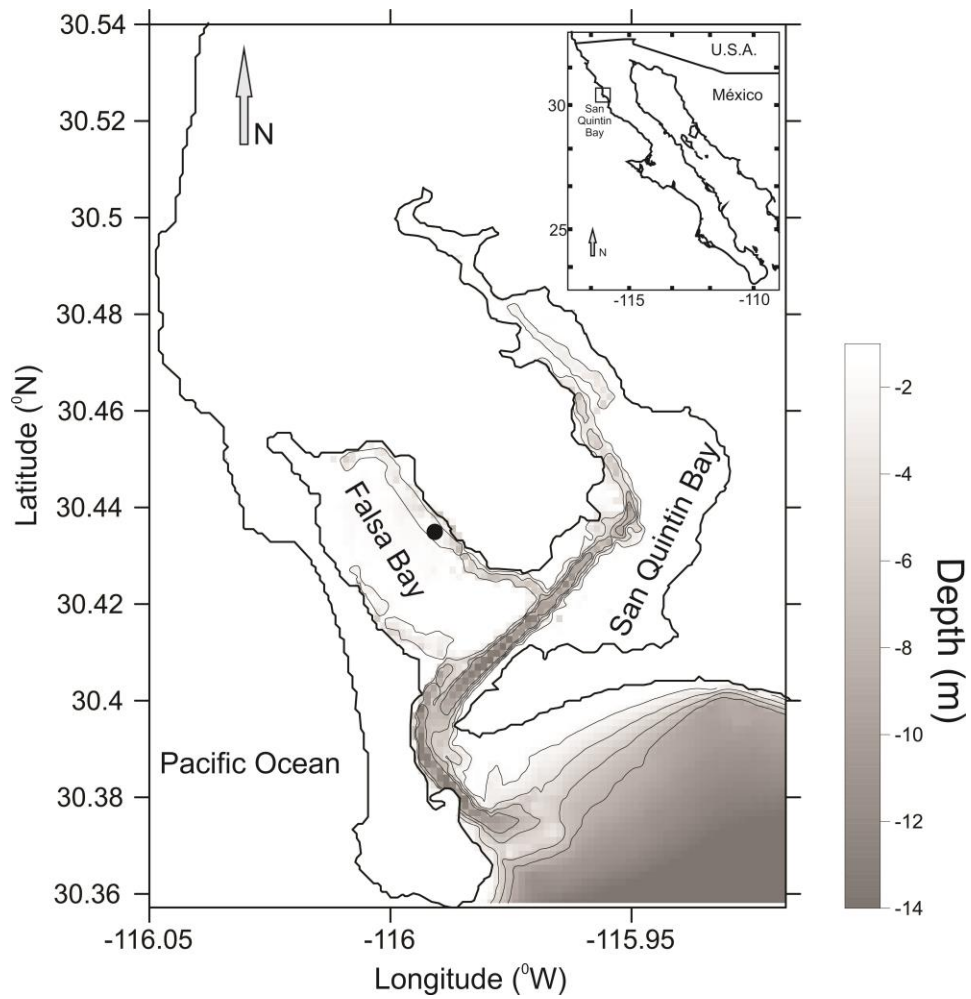
### **Área de estudio**

La Bahía de San Quintín (BSQ) está ubicada en la costa occidental del Pacífico de Baja California, México, entre los 30°24' y 30°30' de latitud Norte y 115°57' y 116°01' de longitud Oeste (Fig. 66). Es una laguna costera que tiene forma de "Y" con un área aproximada de 42 Km<sup>2</sup>; esta se divide en dos brazos: brazo oeste, conocido como Bahía Falsa y el brazo este llamado Bahía de San Quintín (Fig. 64).

### **Muestreo**

Se colectaron muestras de agua de mar subsuperficiales aproximado a 30 cm de profundidad con botellas de Nalgen oscuras de alta densidad, con una periodicidad semanal en una estación del canal principal de Bahía Falsa, desde el mes de febrero a diciembre del 2011.

Para el análisis de la abundancia fitoplanctónica, la concentración de pigmentos y el porcentaje de contribución al total del la ChlaT, se utilizó la misma metodología descrita en el capítulo anterior del Alto Golfo de California.



**Figura 66.** Bahía de San Quintín y ubicación de la estación de muestreo (estrella roja)

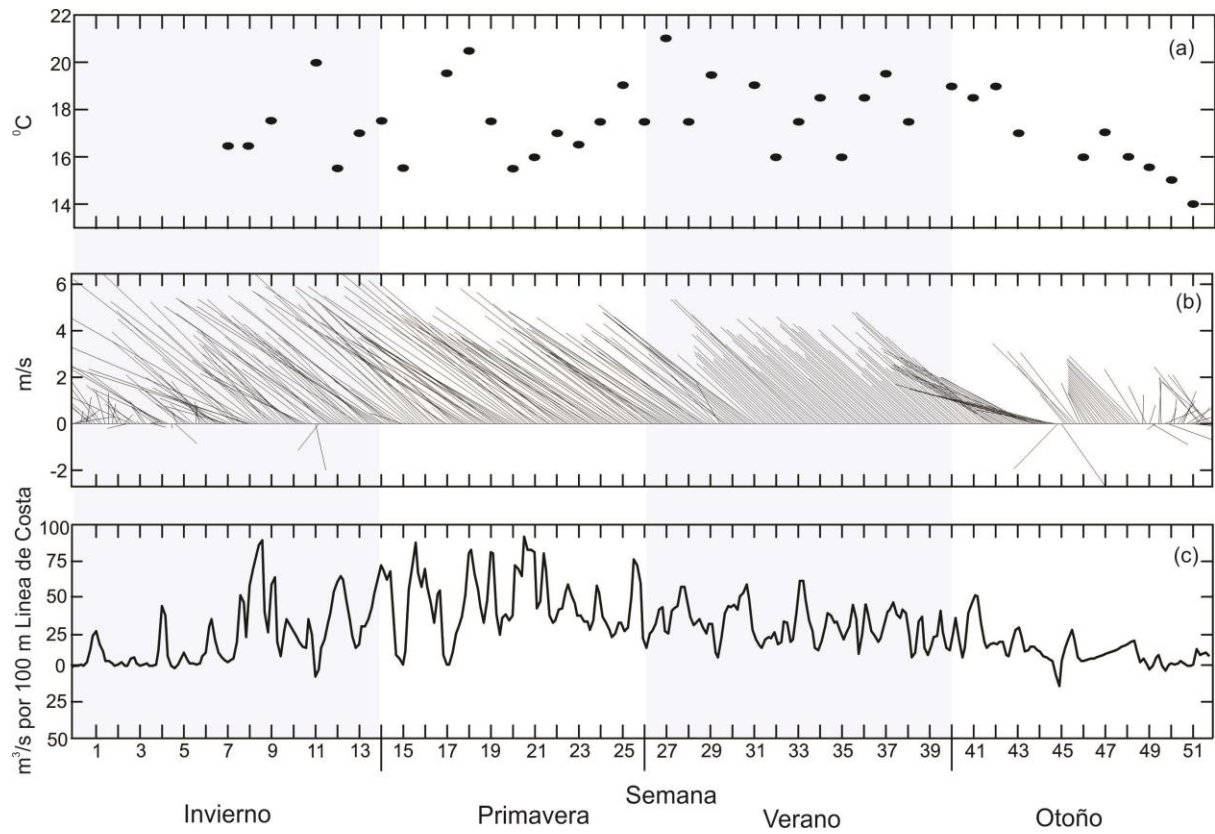
## Resultados

### Parámetros físicos

La temperatura superficial en el punto de muestreo durante el 2011 en la BSQ se observa en la figura 67. El rango de temperatura durante invierno a verano se presentó entre los 15.2 a 21.2 °C de invierno a verano, para el periodo de otoño disminuyó hasta los 14 °C (Fig. 67). El promedio general de temperatura durante todo el muestreo fue de 17 °C. La dirección del viento fue del noroeste durante casi toda la serie y su magnitud alcanzó valores máximos de 6 m s<sup>-1</sup>, disminuyendo a 3 m s<sup>-1</sup> al final del año (Fig. 67).

### Índice de surgencia

Con base a la velocidad y dirección del viento se calculó el índice de surgencia siguiendo la metodología descrita en Pérez-Brunius *et al.* (2007). En primavera y verano, los índices de surgencias fueron entre 60 a 90 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> x 100 m de costa (Fig. 67) cuando los vientos fueron mayores a 5 m s<sup>-1</sup> (Fig. 67) y temperaturas bajas (Fig. 67). Para las épocas de otoño e invierno los valores del índice fueron menores a 40 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> x 100 m (Fig. 67) con velocidades de viento menores a 5 m s<sup>-1</sup> (Fig. 67).



**Figura 67.** (a) Temperatura superficial del mar. (b) Diagrama de astillas del viento. (c) Índice de surgencia para el 2011 en el punto de muestreo de la Bahía de San Quintín

## Biomasa fitoplanctónica

La abundancia total del fitoplancton mostró variaciones a lo largo del año, con valores hasta de  $29.6 \times 10^3 \text{ cel L}^{-1}$  en época de verano y menores hacia la época de otoño con  $440 \text{ cel L}^{-1}$  (Fig. 68, Anexo XV-XVII). El grupo con mayor aportación a esta abundancia fueron las diatomeas para la época de primavera y verano, seguida por Cryptofitas, Prymnesiofitas, Prasinofitas, Clorofitas para la época de primavera, y con menor abundancia fue por parte de los dinoflagelados, pero con mayor presencia en la época de verano y finales de otoño (Fig. 68).

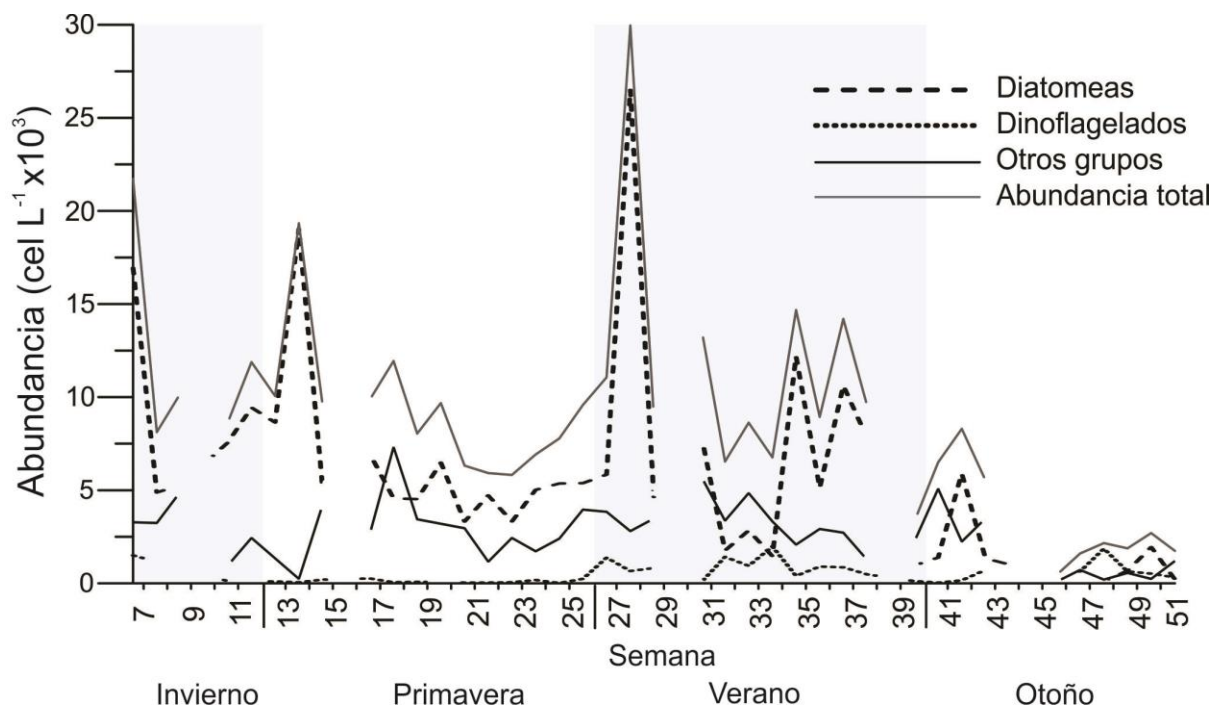
Smayda, (1997) define como florecimientos del fitoplancton, cuando hay un incremento significativo en la biomasa, ya sea expresada en densidad celular y/o concentración de clorofila. También se ha utilizado el término de pico y mini florecimiento cuando hay un incremento moderado de la biomasa del fitoplancton por una duración de tiempo relativamente corta (Smayda, 1997; Carstensen *et al.* 2007). Para definir cuales muestras se pueden considerar como un florecimiento (B), se realizó el cálculo de las anomalías estandarizadas con base a la abundancia total, mediante una transformación Z, la cual nos indica a cuantas desviaciones estándar está el dato del promedio general,  $Z = [(X - \bar{X})/SD]$ . Donde, Z es la anomalía estandarizada; X es la variable de observación;  $\bar{X}$  y SD son el promedio y desviación estándar, respectivamente. En la serie de muestreo se detectaron 16 anomalías positivas de la biomasa total del fitoplancton (PATA), (Fig. 69). La mayoría de las

PATA coinciden con las anomalías positivas de las diatomeas, Criptofitas y Clorofitas (Fig. 69), sin embargo los dinoflagelados presentaron anomalías positivas (Fig. 69) que coinciden con algunas PATA (1,10, 11 y 15), y aunque otras muestras tuvieron anomalías positivas en verano y en otoño, sus abundancias son altas con respecto al promedio de su variación y no corresponden con alguna de las PATA. Las Clorofitas y Criptofitas presentaron anomalías positivas en primavera, verano e inicios de otoño, y formaron parte de las PATA (3, 6, 8-10, 12-16) y (6-10 y 12-16) respectivamente (Fig. 69). Las Haptofitas presentaron anomalías positivas altas en invierno, y otras en verano y principio de otoño, y solo forman parte de las PATA 1-4, 10-12 y 14 (Fig. 69). De las 16 PATA estimadas en BSQ durante 2011, solo 3 presentaron anomalías mayores a 1.66 desviaciones estándar (90% límite de confianza) por la que se consideraron como florecimientos (B). Éstos B se presentaron con abundancias mayores a  $16.9 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup> en invierno, primavera y verano (Fig. 69). Los 3 B fueron diferentes en abundancias totales, composición en los grupos y géneros del fitoplancton (Fig. 69). Los géneros más abundantes en los B se definieron como la suma de los grupos que completan el 80% de la abundancia total de la muestra. En B1ocurrió en invierno en febrero, y fue compuesto por las diatomeas *Pseudo-nitzchia* sp ( $3.4 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>), *Skeletonema* sp ( $3.16 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>), *Eucampia* sp ( $1.52 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>), *Navicula* sp ( $1.56 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>) y *Chaetoceros* sp ( $0.76 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>), la Haptofita, *Imanontia* sp ( $2.84 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>), y el

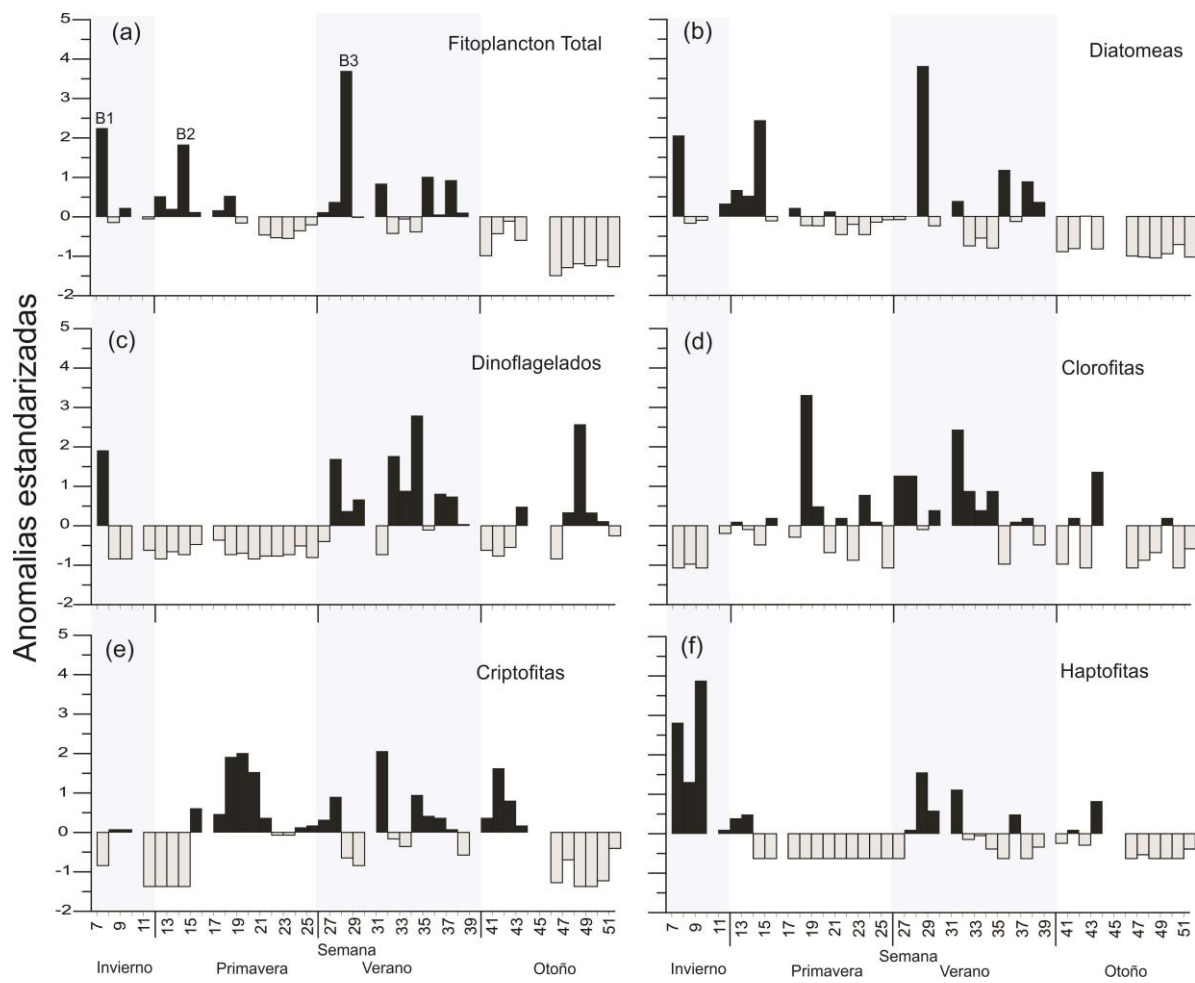
dinoflagelado, *Prorocentrum* sp ( $1.0 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>). (Fig. 70 Anexo XVI). El B2 ocurrió en primavera, en abril con las diatomeas *Guinardia* sp ( $5.92 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>), *Pseudonitzschia* sp ( $4.16 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>), *Skeletonema* sp ( $2.8 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>), *Chaetoceros* sp ( $1.64 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>) y *Eucampia* sp ( $1.04 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>). (Fig. 70 Anexo XV). Y el B3, a mediados de julio, éste florecimiento fue el de mayor abundancia de fitoplancton y estuvo compuesto principalmente por *Chaetoceros* sp ( $13.72 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>), *Pseudonitzschia* sp ( $6.2 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>) y *Skeletonema* sp ( $2.16 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>) y la Haptofita, *Imanontia* sp ( $1.8 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>), (Fig. 70 Anexo XVII). Además de los géneros de diatomeas mencionadas en los florecimientos, se observaron otros géneros con abundancias bajas tales como, *Gyrosigma* sp, *Cocconeis* sp, *Thalassiosira* sp y *Pleurosigma* sp. (Anexo XV).

La abundancia de dinoflagelados fue menor a las diatomeas con valores máximos de 1.3, 1.78 y  $1.74 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup> en invierno, verano y otoño respectivamente (Fig. 70). Los géneros con mayor abundancia fueron *Prorocentrum* sp ( $1.0 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>) en invierno, *Gymnodinium* sp ( $1.44 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>) en verano, y *Prorocentrum* sp ( $0.92 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>) y *Ceratium* sp ( $0.82 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>) en otoño. La abundancia de dinoflagelados en primavera fue baja, donde *Protoperidinium* sp alcanzó valores hasta de  $0.175 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>) (Fig. 70 Anexo XVI). El género *Dyctiocha* sp, del grupo de los silicoflagelados fue observado solo en dos muestras al final de muestreo con valores de  $0.04 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>) (Fig. 70 Anexo XVII). El grupo

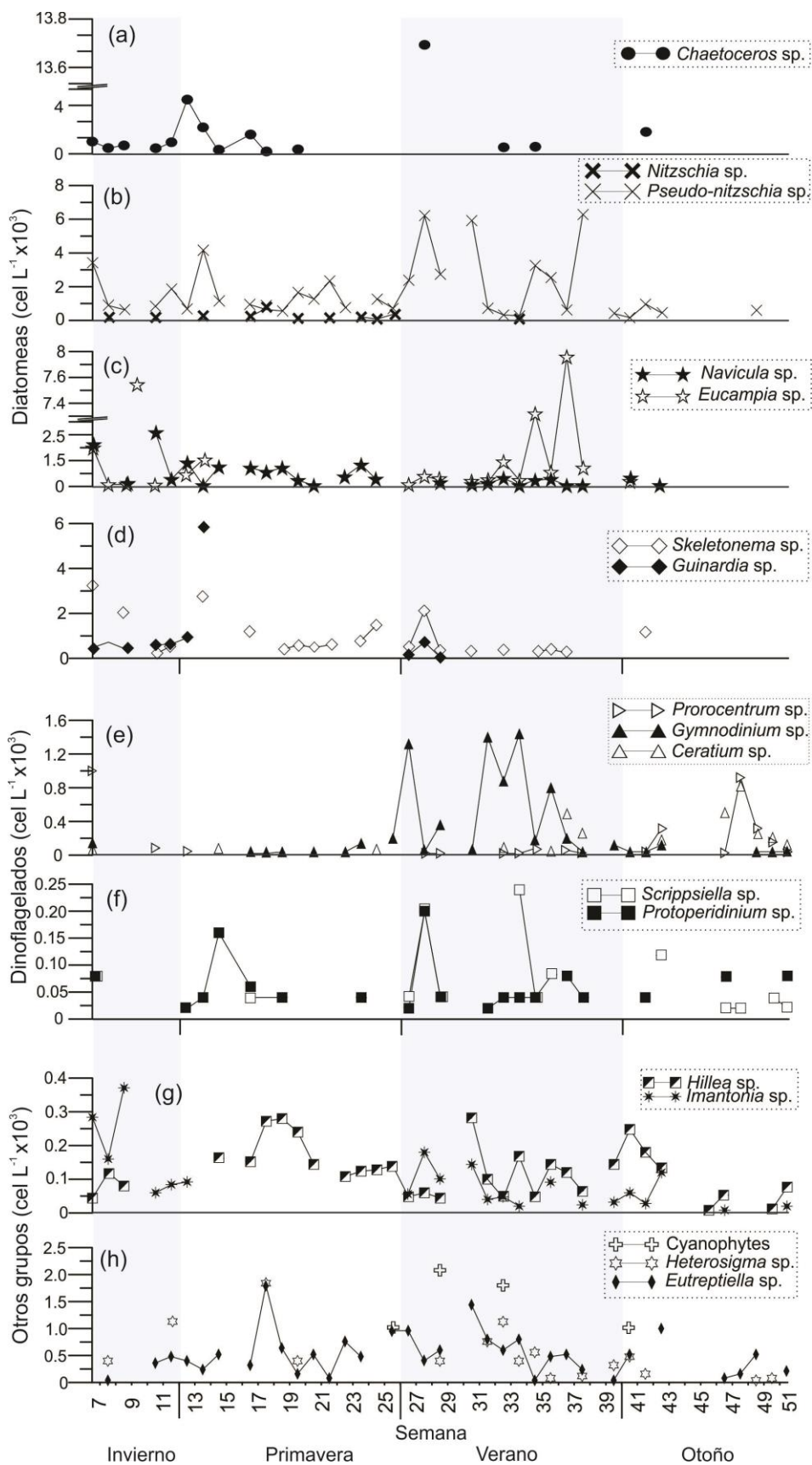
de Criptofitas, se presentaron casi durante todo el año, alcanzando valores hasta de  $2.72 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup> en primavera,  $2.84 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup> en verano y  $2.5 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup> a principios de otoño, mientras que en invierno los valores fueron menores con  $1.2 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup> (Fig. 70 Anexo XVII). Los géneros de mayor abundancia fueron *Hillea* sp y de manera esporádica *Leucocryptos* sp, con solo 7 muestras a lo largo del muestreo con valores hasta de  $1.08 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup> (Anexo XVII). Las Clorofitas, con el género *Eutreptiella* sp, presentaron variaciones a lo largo del muestreo, con abundancias hasta de  $1.8 \times 10^3$ ,  $1.44 \times 10^3$  y  $1.0 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup> durante primavera, verano y otoño, respectivamente, y valores menores durante invierno (Fig. 70 Anexo XVII). La abundancia de Haptofitas fue hasta de  $3.72 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup> en invierno, y abundancias menores en verano y otoño con valores de  $1.87 \times 10^3$  a  $1.1 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup> (Fig. 70 Anexo XVII). *Imantonia* sp fue el único género observado y no se encontró en primavera (Anexo XVII). Las Prasinofitas, Rafidofitas y Cianofitas se presentaron esporádicamente con abundancias menores a  $2.0 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup> (Fig. 70 Anexo XVII). Las Prasinofitas, con el género *Tetraselmis* sp, presentó una tendencia a disminuir de primavera a otoño, mientras que el género *Heterosigma* sp de las Rafidofitas se presentó ocasionalmente de invierno a verano (Fig. 70 Anexo XVII). La abundancia de Cianofitas fue escasa y solo se observó *Oscillatoria* sp durante verano y principio de otoño con valores entre  $1.0 \times 10^3$  y  $1800 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>, y *Anabaena* sp en un solo muestreo con un valor  $1.04 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup> en verano (Anexo XVII).



**Figura 68.** Abundancia de diatomeas, dinoflagelados, otros grupos y la abundancia total por semana para el 2011 en el punto de muestro de la Bahía de San Quintín



**Figura 69.** Anomalías estandarizadas de los grupos fitoplanctónicos en la Bahía de San Quintín por semana para el 2011.



**Figura 70.** Abundancia fitoplanctónica enumerada por el microscopio por semana para el 2011 en la Bahía de San Quintín. Diatomeas (a)-(d), Dinoflagelados (e)-(f), criptofitas y haptofitas (g), cianofitas, rafidofitas y clorofitas (h).

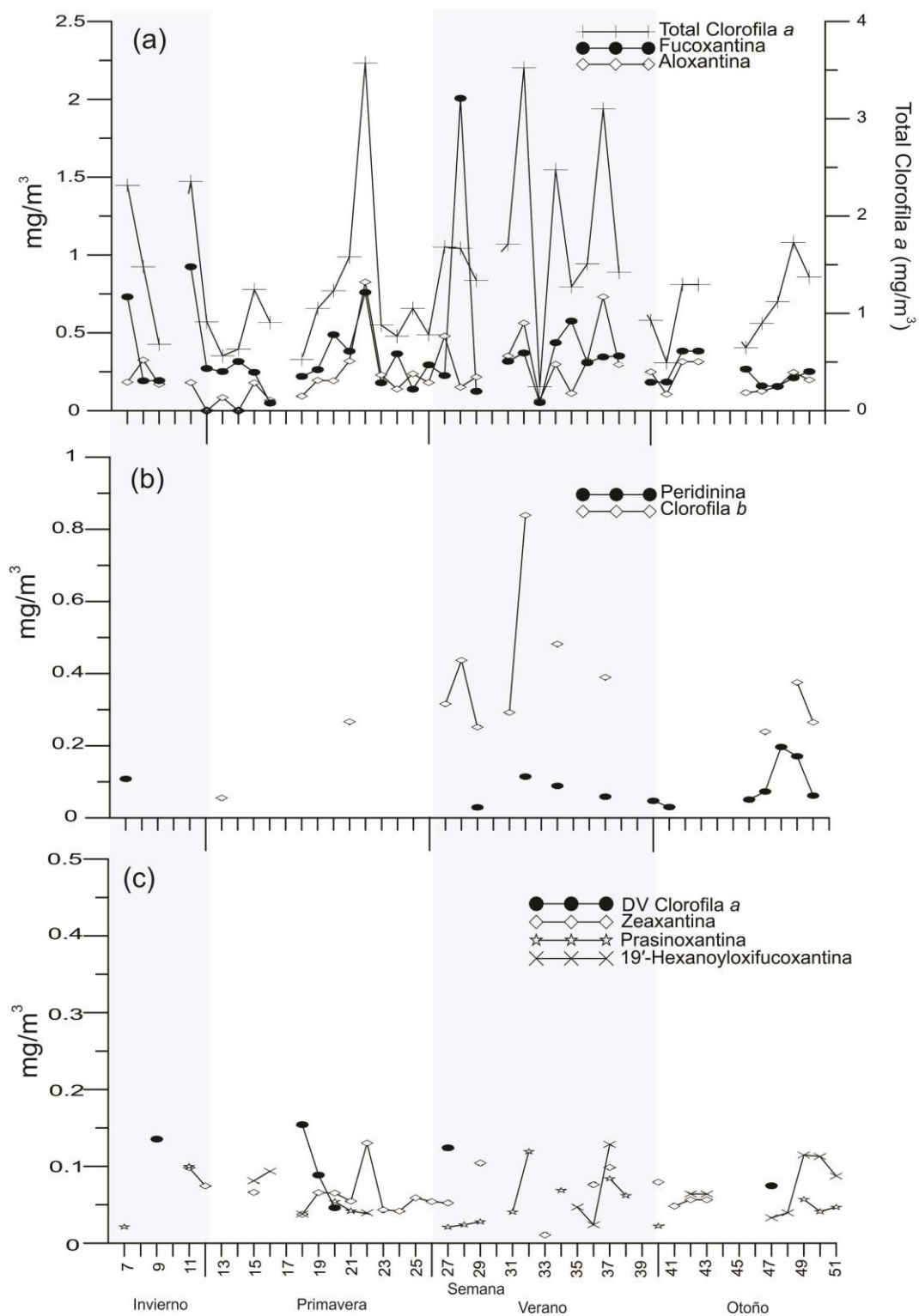
## **Pigmentos fotosintéticos y CHEMTAX**

### ***Concentración de Clorofila a Total (ChlaT)***

La ChlaT presentó variaciones a lo largo del año con valores hasta de 3.5 mg m<sup>-3</sup> para primavera y verano, y bajas concentraciones de 1 mg m<sup>-3</sup> durante otoño e invierno (Fig. 71a). El promedio de ChlaT durante todo la serie de tiempo fue de 1.39 mg m<sup>-3</sup>.

### ***Concentración de pigmentos y carotenoides***

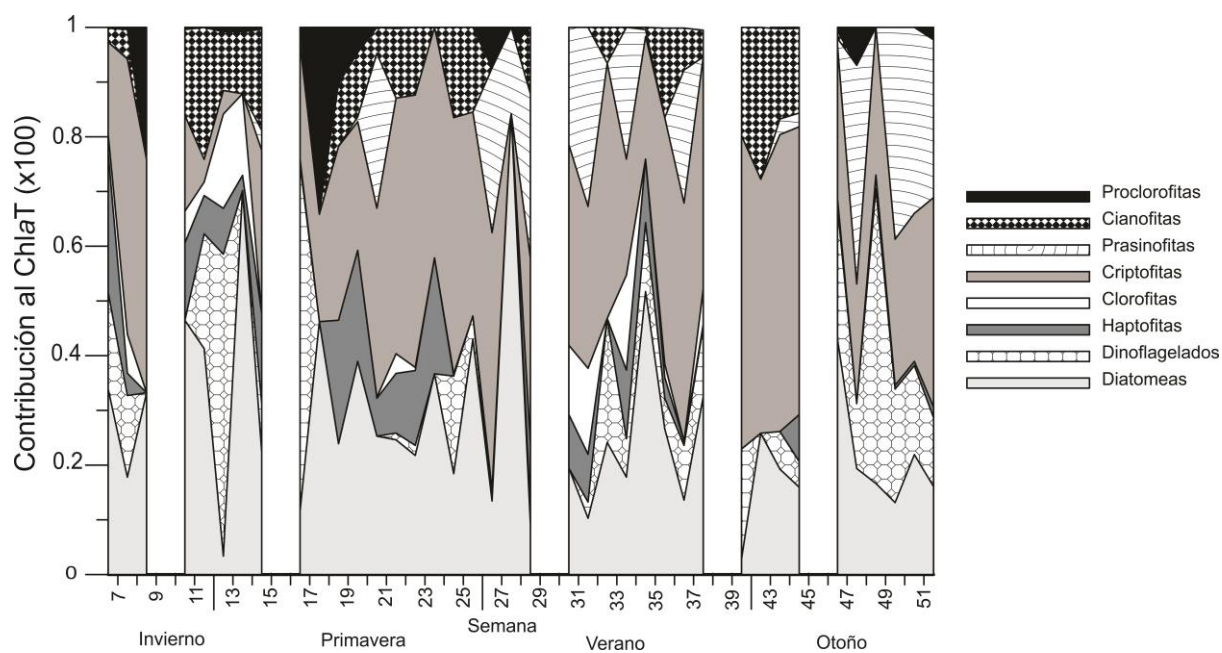
La fucoxantina, pigmento característico de las diatomeas presentó la mayor concentración en verano (2.0 mg m<sup>-3</sup>) a lo largo del periodo de muestreo, disminuyendo en otoño hasta 0.25 mg m<sup>-3</sup> (Fig. 71a). La aloxantina, pigmento específico de Criptofitas presentó valores hasta de 0.83 y 0.7 mg m<sup>-3</sup> en primavera y verano respectivamente (Fig. 71a). La clorofila b estuvo presente durante verano y otoño con valores de 0.84 y 0.35 mg m<sup>-3</sup> respectivamente y en menor concentración en invierno y primavera (Fig. 71b). La peridina y zeaxantina se detectaron esporádicamente con concentraciones hasta de 0.2 mg m<sup>-3</sup> durante el muestreo (Fig. 71b y 71c), mientras que la DvChla solo se detectó en seis muestras a lo largo del año (Fig. 71c). El pigmento de la hex-fucoxantina presentó mayor concentración hacia finales de verano y otoño (Fig. 71c). Los pigmentos Clorofila C<sub>3</sub>, Clorofila C<sub>2</sub>, But-Fucoxantina, Violoxantina, Diadinoxantina y Luteina se presentaron esporádicamente en la serie de tiempo con valores menores a 1 mg m<sup>-3</sup>. (Anexo XX).



**Figura 71.** Concentración de pigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) por semana de muestreo durante el 2011 en la Bahía de San Quintín.

### **Porcentaje de contribución al Total de Clorofila a (CHEMTAX)**

Con el propósito de obtener el porcentaje de contribución de los grupos del fitoplancton incluyendo a los que no es posible observar en el microscopio invertido, pero se puede inferir mediante las clorofilas y carotenos mediante el Chemtax, se obtuvo lo siguiente: El porcentaje mayor fue de 86 % y por diatomeas y fue el grupo de mayor abundancia durante el verano (Fig. 72). Las Criptofitas alcanzaron valores hasta de 57 % y contribuciones mayores a 40% en invierno, finales de primavera y algunas muestras de verano, y principios de otoño. La abundancia de dinoflagelados fue escasa durante el año y su contribución fue menor al 20%. Sin embargo, a principios de primavera alcanzaron hasta 57 % de contribución al ChlaT, y a finales de otoño el 52 % (Fig. 72). La contribución de las Haptofitas fue de 20 % en invierno y primavera, y disminuyó hacia otoño, con valores de 15% en verano y 3 % en otoño. El grupo de las Cianofitas presentó variaciones durante todo el periodo de muestreo, con valores hasta del 22% en invierno, 17% en primavera y verano y 21% a principio del otoño. Por otro lado, la contribución de las Prochlorofitas fue muy esporádica, solo 6 muestras durante el muestreo con valores hasta de 15% de contribución al ChlaT en invierno, 24% en primavera y 7% durante verano y otoño (Fig. 72).



**Figura 72.** Contribución de las diferentes grupos fitoplanctónicos al total de la clorofila *a* estimado por el CHEMTAX por semana en la Bahía de San Quintín.

## Discusión

El agua adyacente a BSQ es parte de la Corriente de California, la cual ingresa al interior de la bahía por las corrientes de marea, que junto a los procesos de surgencia crean una estacionalidad en los aportes de nutrientes al interior de esta (Millán-Núñez *et al.*, 1982, Ribas-Ribas *et al.* 2011). La variabilidad del fitoplancton se produce en varios patrones: como ciclos, tendencias, fluctuaciones, eventos inusuales, pulsos irregulares; en diversas escalas: por hora o menos, todos los días, según la temporada, cada año, decadal, etc. incluso caóticamente y en varias frecuencias (Smayda, 1998). La respuesta a variables son más que incrementos estocásticos, o comportamiento anómalo en torno a una línea de base, son el resultado de la interacción entre variables físicas, químicas y parámetros biológicos que controlan la sucesión del fitoplancton, los florecimientos, y las dinámicas comunitarias (Smayda, 1998). Los florecimientos del fitoplancton de primavera son muy abundantes en los sistemas costeros templados. En las últimas décadas, la creciente evidencia ha mostrado cambios en su fenología, la magnitud y la composición en relación con las modificaciones del clima (Hays *et al.*, 2005; Parmesano, 2006). Guinder *et al.* (2013) reportó con datos de fitoplancton de verano austral durante 1978-2008 en el estuario de Bahía Blanca, Argentina, que mediante conteos de abundancia de fitoplancton mostró un aumento en los últimos veranos,

mientras que la concentración de clorofila se mantuvo relativamente constante sobre la serie de tiempo.

En primavera y verano del 2011, el índice de surgencia fue mayor a  $60 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  x 100 m de costa, asociadas a velocidades de viento mayores a  $5 \text{ m s}^{-1}$ , lo que produjo un aumento en la abundancia fitoplanctónica debido al ingreso de nutrientes, como se ha reportado anteriormente (Millán-Núñez *et al.* 1982, Moreno-Miranda 2007) y que en este estudio resultó principalmente de las diatomeas *Pseudo-nitzschia* sp, *Chaetoceros* sp, *Skeletonema* sp y *Guinardia* sp. Millán-Núñez *et al.* (1982) observaron que la abundancia del fitoplancton para los meses de verano (junio-julio) en el interior de la laguna alcanzó valores de  $2.58 \times 10^3 \text{ cél L}^{-1}$ , siendo el grupo de las diatomeas y dinoflagelados los de mayor abundancia. Gracia-Escobar *et al.* (2014) reportaron que la abundancia del fitoplancton en otoño (octubre de 2004), fue dos veces menor que lo reportado en junio del mismo año durante eventos de surgencias (Moreno-Miranda 2007). Los autores antes mencionados indicaron la importancia de los factores físicos y químicos del agua de mar, así como el ingreso de aguas de surgencia, ocasionan un incremento en la biomasa y composición de la comunidad del fitoplancton al interior de la BSQ. Con base al índice Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) se observó que la temperatura superficial del mar presentó anomalías negativas a finales de 2010, reportando una condición La Niña con una tendencia a disminuir hasta mediados del 2011 e

incrementarse hasta mediados de 2012 (Bjorkstedt *et al.* 2012), lo que lleva a que las condiciones oceanográficas de la zona adyacente a la bahía fueran diferentes en nuestro estudio en comparación a lo reportado para el 2004 (Moreno-Miranda 2007, Gracia *et al.* 2014). Sin embargo, la tendencia con respecto a las diatomeas se mantiene como las más abundantes. Los florecimientos del fitoplancton de primavera son muy abundantes en los sistemas costeros templados. En las últimas décadas, la creciente evidencia ha mostrado cambios en su fenología, la magnitud y la composición en relación con las modificaciones del clima (Hays *et al.*, 2005; Parmesano, 2006).

La abundancia alta de diatomeas fue confirmada tanto al microscopio como a través de su pigmento característico la fucoxantina, el cual presentó poca variación a lo largo del con un máximo para el mes de julio debido a un florecimiento del género *Chaetoceros* sp. Este incremento coincide con el resultado por CHEMTAX en relación al porcentaje de contribución al Chl<sub>a</sub>T donde las diatomeas representaron hasta el 83% debido a la alta abundancia de los géneros *Chaetoceros* sp, *Pseudo-nitzschia* sp y *Skeletonema* sp.

Los dinoflagelados tuvieron baja abundancia, la cual se ve reflejada con las concentraciones bajas de su pigmento específico peridina. El porcentaje de contribución al Chl<sub>a</sub>T por los dinoflagelados fue mayor a principios de primavera y

en otoño, sin embargo la concentración de peridina y la abundancia de dinoflagelados observados en otoño con un índice de surgencia menor o casi nula.

Las Criptofitas fueron las más representativas entre el nanoplancton observado, con los géneros *Hillea* sp y *Leucocryptos* sp, a diferencia a lo reportado por Moreno-Miranda (2007) con el género *Chroomonas* sp. Debido a las diferentes características hidrológicas entre las fechas muestreadas, ya que se ha reportado que las Criptofitas se encuentran en aguas costeras y estuarinas, donde se presentan altas concentraciones de materia orgánica y poca disponibilidad de luz (Lepisto y Holopainen 2003). El interior de BSQ es un ambiente somero donde la penetración de la luz tiende a ser limitada por las altas concentraciones de detritus, en especial hacia Bahía Falsa, donde se encuentran cultivos de bivalvos, que junto a la acción de la marea homogeniza la columna del agua, pudiendo favorecer el crecimiento y la distribución de las Criptofitas.

Las Proclorofitas fueron detectadas ocasionalmente durante el año 2011, con un porcentaje de contribución al Chl<sub>a</sub>T hasta de 32% en la época de primavera menores a lo reportado por Millán-Núñez *et al.* (2004), debido a las características de bajas temperatura durante condiciones de la Niña que se presentaron durante el año de muestreo (Bjorkstedt *et al.* 2012), ya que *Prochlorococcus* sp es característico de aguas oligotróficas y calientes.

Las Clorofitas y Prasinofitas, contienen un pigmento característico que es la clorofila *b* (Jeffrey *et al.*, 1997). Sin embargo, las Prasinofitas presentan además un pigmento específico que es la prasinoxantina. En abril del 2011, las Prasinofitas, presentaron un porcentaje de contribución hasta del 20% para las épocas de verano y otoño. Sin embargo, Millán-Núñez *et al.* (2004) y Moreno-Miranda (2007) observaron que el porcentaje de contribución de este grupo no fue mayor al 10% para abril 2001 y junio del 2004. Por otro lado, Gracia-Escobar *et al.* (2014) reportaron para octubre del 2004 un porcentaje hasta de 20% durante mareas vivas. Con base a nuestros resultados se puede inferir que las Prasinofitas se encontraron en bajas concentraciones, indicando que su presencia es poco significativa en Bahía Falsa. Por lo tanto, la variabilidad de la clorofila *b* se debe atribuir a la presencia del grupo de las Clorofitas, ya que la abundancia de éstas fue alta de primavera a otoño con el género *Eutreptiella* sp, con un porcentaje de contribución al Chl<sub>a</sub>T del 17% para primavera y verano. Por otro lado, la clorofila *b* no solo se presenta en las clorofitas, sino que también están en macroalgas y plantas vasculares (Abd El-Baky *et al.* 2008; Lionard *et al.* 2008). En BSQ existe una alta biomasa de *Ulva* sp y *Zostera marina*, las cuales están presente durante todo el año a pesar de que su biomasa presenta una variación estacional significativa. Esta es mayor durante junio-julio cuando su producción suele ser regulada por la disponibilidad de nitrógeno (Aveytua-Alcázar *et al.*, 2008; Zertuche-González *et al.*, 2009). Las células

reproductivas de algunas macroalgas presentan un ciclo de vida planctónica (Beach *et al.*, 1995) éstas son trasportadas por las corrientes de marea lo que puede explicar la alta concentración de clorofila *b* durante primavera a otoño en el área de muestreo. En tanto, *Z. marina* presenta su mayor biomasa en los meses de septiembre y octubre, cuando la producción suele ser regulada por la irradianza, temperatura y disponibilidad de nutrientes del medio ambiente (Zertuche-González *et al.* 2009).

## Conclusiones

Este es el primer estudio que se realiza en BSQ con base a muestreos semanales de abundancia y biomasa del fitoplancton durante casi un año. Se estimaron 16 anomalías positivas como incrementos del fitoplancton total a lo largo del año 2011. Solo tres anomalías fueron consideradas como florecimientos, los cuales ocurrieron en invierno, primavera y verano, coincidiendo con eventos de surgencia. Esto reafirma la importancia del ingreso de nutrientes hacia el interior de la laguna como un factor limitante en el crecimiento del fitoplancton al interior de la bahía. Los géneros predominantes durante las floraciones representaron el 80 % de las células de fitoplancton, pero los géneros fueron diferentes en cada florecimiento. En el primer florecimiento se presentaron las diatomeas *Pseudonitzschia* sp, *Eucampia* sp, *Skeletonema* sp y *Navicula* sp. El segundo florecimiento consistió en las diatomeas de los géneros *Guinardia* sp., *Pseudo-nitzschia* sp., *Skeletonema* sp., *Chaetoceros* sp. y *Eucampia* sp. El tercero consiste en los géneros *Chaetoceros* sp., *Pseudonitzschia* sp., *Skeletonema* sp. y la haptofita *Imantonia* sp. El grupo con mayor abundancia en los florecimientos fueron las diatomeas con los géneros *Chaetoceros* sp., *Pseudonitzschia* sp., *Guinardia* sp., *Eucampia* sp. y *Skeletonema* sp. La abundancia, grupos y géneros del fitoplancton fueron diferentes en cada florecimiento, lo que probablemente esté relacionado a cambios en los factores

físico-químicos del agua de mar que controlan el crecimiento del fitoplancton y por eventos de surgencias durante el 2011.

## BIBLIOGRAFIA

- Abraham E.R., Law C.S., Boyd P.W., Lavender S.J., Maldonado M.T. y Bowie A.R. (2000) Importance of stirring in the development of an iron-fertilized phytoplankton bloom. *Nature* 407:727–730
- Abd El-Baky, H., El Baz, F.K. y El-Baroty, G.S. (2008). Evaluation of Marine Alga *Ulva lactuca* L. as a Source of Natural Preservative Ingredient. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 3, 434-444.
- Aguíñiga-García, S. (1999). Geoquímica de la cuenca estuarina del Río Colorado:  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  y biomarcadores lipídicos en sedimentos superficiales (Doctoral dissertation, Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, BC).
- Aguirre-Hernández, E., Gaxiola-Castro, G., Nájera-Martínez, S., Baumgartner, T., Kahru, M., y Mitchell, B. G. (2004). Phytoplankton absorption, photosynthetic parameters, and primary production off Baja California: summer and autumn 1998. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 51(6), 799-816.
- Andersen, R. A., Bidigare, R. R., Keller, M. D., y Latasa, M. (1996). A comparison of HPLC pigment signatures and electron microscopic observations for oligotrophic waters of the North Atlantic and Pacific Oceans. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 43(2), 517-537.
- Álvarez, L. G., y Jones, S. E. (2002). Factors influencing suspended sediment flux in the upper Gulf of California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 54(4), 747-759.
- Álvarez-Borrego, S., Rivera, J. A., Gaxiola-Castro, G., Acosta-Ruíz, M. D. J., y Schwartzlose, R. A. (1978). Nutrientes en el Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 5(2), 53-71.
- Álvarez-Borrego, S. (2001). The Colorado River Estuary and the Upper Gulf of California, Baja, Mexico. In: U. Seeliger y B. Kjerfve (eds.), *Coastal Marine Ecosystems of Latin America*. Ecological Studies 144, Springer Verlag, Berlín Heidelberg, 360 p.
- Álvarez-Borrego, S. y Najera de Muñoz, S. (1979). Series de tiempo de fitoplancton en dos lagunas costeras de Baja California. *Ciencias Marinas*, 6, 1-19.
- Álvarez-Borrego, S. y Galindo-Bect, L. A. (1974). Hidrología del Alto Golfo de California-I. Condiciones durante otoño. *Ciencias Marinas* 1, 46–64.
- Álvarez-Borrego, S., Flores-Báez, B. P. y Galindo-Bect, L. A. (1975). Hidrología del Alto Golfo de California II. Condiciones durante invierno, primavera y verano. *Ciencias Marinas* 2, 21–36.
- Álvarez-Borrego, S. (1983). Golfo of California, México, 427-449. *Ecosystems of the World*, 26.

- Alvarez-Borrego, S., Gaxiola-Castro, G., y Hernimdez-Becerril, D. U. (1987). The relationship between photosynthesis and irradiance for Gulf of California phytoplankton.
- Alvarez-Borrego, S., y Gaxiola-Castro, G. (1988). Photosynthetic parameters of northern Gulf of California phytoplankton. *Continental Shelf Research*, 8(1), 37-47.
- Alvarez-Borrego, S., y Lara-Lara, J. R. (1991). The physical environment and primary productivity of the Gulf of California. *The gulf and peninsular province of the Californias*, 47, 555-567.
- Atlas, R., Hoffman, N. R., Ardizzone, J., Leidner, S. M., Jusem, J. C., Smith, D. K. y Gombos, D. (2011). A cross-calibrated multi-platform ocean surface wind velocity for meteorological and oceanographic applications, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 92(2), 157–174. <http://dx.doi.org/10.1175/2010BAMS2946>
- Aveytua-Alcázar, L., Camacho-Ibar, V.F., Souza, A.J., Allen, J.I. y Torres, R. (2008). Modelling *Zostera marina* and *Ulva* spp. in a Coastal Lagoon. *Ecological Modelling*, 218, 354-366. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2008.07.019>
- Avila-Serrano, G. E., Flessa, K. W., Téllez-Duarte, M. A., y Cintra-Buenrostro, C. E. (2006). Distribución de la macrofauna intermareal del Delta del Río Colorado, norte del Golfo de California, México. *Ciencias Marinas*, 32(4).
- Badan-Dangon, A., Baumgartner, T., y Koblinsky, C. J. (1985). Surface thermal patterns in the Gulf of California. *Oceanol. Acta*, 8, 13-22.
- Balino, B.M.; Fasham, M.J.R. y Bowles, M.C. (2001). Ocean biogeochemistry and global change: JGOFS research highlights 1988-2000. *IGBP Science*, No. 2. 1-32.
- Barlow, R.G., Cummings, D.G. y Gibb, S.W. (1997). Improved Resolution of Mono- and Divinyl Chlorophylls a and b and Zeaxanthin and Lutein in Phytoplankton Extracts Using Reverse Phase C-8 HPLC. *Marine Ecology Progress Series*, 161, 303-307. <http://dx.doi.org/10.3354/meps161303>
- Barlow, R., Kyewalyanga, M., Sessions, H., Van den Berg, M., y Morris, T. (2008). Phytoplankton pigments, functional types, and absorption properties in the Delagoa and Natal Bights of the Agulhas ecosystem. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 80(2), 201-211.
- Barocio-León, Ó. A., Millán-Núñez, R., Santamaría-del-Ángel, E., González-Silvera, A., y Trees, C. C. (2006). Spatial variability of phytoplankton absorption coefficients and pigments off Baja California during November 2002. *Journal of oceanography*, 62(6), 873-885.
- Barnard, J.L. (1962). Benthic Marine Exploration of the Bahía San Quintín, Baja California, 1960-1961. *Pacific Naturalist*, 2, 251-269.

- Beach, K.S., Smith, C.M., Michael, T. y Shin, H.W. (1995). Photosynthesis in Reproductive Unicells of *Ulva fasciata* and *Enteromorpha flexuosa*: Implications for Ecological Success. Marine Ecology Progress Series, 125, 229-237. <http://dx.doi.org/10.3354/meps125229>
- Beier, E., (1997). Numerical investigation of the annual variability in the Gulf of California. Journal of Physical Oceanography 27, 615–632.
- Bjorkstedt, E.P., Goericke, R., McClatchie, S., Weber, E., Watson, W., Lo, N., William, T., et al. (2012). State of the California Current 2011-2012: Ecosystems Respond to Local Forcing as La Niña Wavers and Wanes. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports, 53, 41-76.
- Bricaud, A., Babin, M., Morel, A., y Claustre, H. (1995). Variability in the chlorophyll-specific absorption coefficients of natural phytoplankton: Analysis and parameterization. J. Geophys. Res., 100, 13-321.
- Bricaud, A., Claustre, H., Ras, J., y Oubelkheir, K. (2004). Natural variability of phytoplanktonic absorption in oceanic waters: Influence of the size structure of algal populations. Journal of Geophysical Research: Oceans (1978–2012), 109(C11).
- Calderon-Aguilera, L. E., Marinone, S. G., y Aragón-Noriega, E. A. (2003). Influence of oceanographic processes on the early life stages of the blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*) in the Upper Gulf of California. Journal of Marine Systems, 39(1), 117-128.
- Cano-Pérez, F. A. (1991). Golfo de California. Oceanografía física. Oceanografía de los Mares Mexicanos. AGT Editor, Mexico, DF, 453-514.
- Carstensen, J., Henriksen, P. y Heiskanen, A.S. (2007). Summer Algal Blooms in Shallow Estuaries: Definition, Mechanisms, and Link to Eutrophication. Limnology and Oceanography, 52, 370-384. <http://dx.doi.org/10.4319/lo.2007.52.1.0370>
- Carriquiry, J. D., Cupul-Magaña, A. L., y Ortiz-Campos, E. (1992). Flujos de sedimentos y nutrientes en la desembocadura del Río Colorado durante mareas muertas. Geos, 12(5), 16-18.
- Carriquiry, J. D., y Sánchez, A. (1999). Sedimentation in the Colorado River delta and Upper Gulf of California after nearly a century of discharge loss. Marine Geology, 158(1), 125-145.
- Castro, R., Lavín, M. y Ripa, P. (1994). Seasonal heat balance in the Gulf of California. J. Geophys. Res., 99: 3249–3261.
- Cervantes-Duarte, R., Gaxiola-Castro, G., y Valdez-Holguín, J. E. (1993). Relación entre clorofila superficial y clorofila en la zona eufótica del Golfo de California: Posible aplicación para estimar la producción primaria con datos obtenidos por sensores remotos. Ciencias Marinas, 19(4), 473-490.

- Chan, A. T. (1980). Comparative physiological study of marine diatoms and dinoflagellates in relation to irradiance and cell size. II. Relationship between photosynthesis, growth, and carbon/chlorophyll a ratio 1, 2. *Journal of phycology*, 16(3), 428-432.
- Coté' B. y Platt, T. (1983). Day-to-day variations in the spring-summer photosynthetic parameters of coastal marine phytoplankton. *Limnology and Oceanography*. 28, 320-344.
- Cullen, J. J., Reid, F. M. H. y Stewart, E. (1982). Phytoplankton in the surface and chlorophyll maximum off southern California in August, 1978. *Journal of Plankton Research*, 4(3), 665-694.
- Cullen, J. J. (1990). On models of growth and photosynthesis in phytoplankton. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, 37(4), 667-683.
- Cupul-Magaña, A. L. (1994). Flujos de sedimento en suspensión y de nutrientes en la cuenca estuarina del Rio Colorado. Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC M. Sc. thesis.
- Duysens, L. N. M. (1956). Energy transformations in photosynthesis. *Annual review of plant physiology*, 7(1), 25-50.
- Edler, L., y Elbrächter, M. (2010). The Utermöhl method for quantitative phytoplankton analysis. *Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis*, 110.
- Eker-Develi E, Kideys A.E. y Tugrul S. (2006) Effect of nutrients on culture dynamics of marine phytoplankton. *Aquat Sci* 68:28–39
- Eker-Develi, E., Berthon, J. F., y van der Linde, D. (2008). Phytoplankton class determination by microscopic and HPLC-CHEMTAX analyses in the southern Baltic Sea. *Marine Ecology-Progress Series-*, 359, 69.
- Falkowski, P. G. (1983). Light-shade adaptation and vertical mixing of marine phytoplankton: a comparative field study. *Journal of Marine Research*, 41(2), 215-237.
- Felip, M., y Catalan, J. (2000). The relationship between phytoplankton biovolume and chlorophyll in a deep oligotrophic lake: decoupling in their spatial and temporal maxima. *Journal of Plankton Research*, 22(1), 91-106.
- Furuya, K., Hayashi, M., y Yabushita, Y. (1998). HPLC determination of phytoplankton pigments using N, N-dimethylformamide. *Journal of Oceanography*, 54(2), 199-203.
- Galindo-Bect, M.S., Glenn. E.P., Page, H.M., Galindo-Bect, L.A., Hernández-Ayón, J.M., Petty, R.L. y García-Hernández. J. (2000). Analysis of the penaeid shrimp catch in the northern Gulf of California in relation to Colorado River discharge. *Fish. Bull.* 98: 222–225

- Garibotti, I. A., Vernet, M., Kozlowski, W. A., y Ferrario, M. E. (2003). Composition and biomass of phytoplankton assemblages in coastal Antarctic waters: a comparison of chemotaxonomic and microscopic analyses. *Marine Ecology Progress Series*, 247, 27-42.
- Gaxiola-Castro, G., Garcia-Cordova, J., Valdez-Holguin, J. E., y Botello-Ruvalcaba, M. (1995). Spatial distribution of chlorophyll  $\alpha$  and primary productivity in relation to winter physical structure in the Gulf of California. *Continental Shelf Research*, 15(9), 1043-1059.
- Gaxiola-Castro, G., Alvarez-Borrego, S., Lavín, M. F., Zirino, A., y Nájera-Martínez, S. (1999). Spatial variability of the photosynthetic parameters and biomass of the Gulf of California phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, 21(2), 231-245.
- Gaxiola-Castro, G., Álvarez-Borrego, S., Nájera-Martínez, S., y Zirino, A. R. (2002). Efecto de las ondas internas en el fitoplancton del Golfo de California Internal waves effect on the Gulf of California phytoplankton. *Ciencias Marinas*, 28(3), 297-309.
- Geider, R. J. (1987). Light and temperature dependence of the carbon to chlorophyll a ratio in microalgae and cyanobacteria: implications for physiology and growth of phytoplankton. *New Phytologist*, 1-34.
- Geider R.J., MacIntyre H.L. y Kana T.M. (1997) Dynamic model of phytoplankton growth and acclimation: responses of the balanced growth rate and the chlorophyll a:carbon ratio to light, nutrient-limitation and temperature. *Mar Ecol Prog Ser* 148:187–200
- Gendrop-Funes, V., Acosta-Ruiz, M. J., y Schwartzlose, R. A. (1978). Distribución horizontal De Clorofila " a" Durante La Primavera En la Parte Norte Del Golfo De California. *Ciencias Marinas*, 5(1), 71-89.
- Gracia-Escobar, M.F., Millán-Núñez, R., González-Silvera, A., Santamaría-del-Ángel, E., Camacho-Ibar, V.F. y Trees, C.C. (2014) Changes in the Abundance and Composition of Phytoplankton in a Coastal Lagoon during Neap-Spring Tide Conditions. *Open Journal of Marine Science*, 4, 80-100. <http://dx.doi.org/10.4236/ojms.2014.42010>
- Goericke, R., Bograd, S. J., Gaxiola-Castro, G., Gomez-Valdes, J., Hooff, R., Huyer, A. D. R. I. A. N. A., y Schwing, F. B. (2004). The state of the California Current, 2003-2004: A rare " normal" year. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Report*, 45, 27.
- Grover, N. B., Ben-Sasson, S. A., y Naaman, J. (1982). Electrical sizing of cells in suspension. *Cell analysis*. Plenum, 93-109.
- Guinder, A.V., Popovich, C.A., Molinero, J.C. y Marcovecchio, J. (2013). Phytoplankton Summer Bloom Dynamics in the Bahía Blanca Estuary in Relation to Changing Environmental Conditions. *Continental Shelf Research*, 52, 150- 158. <http://dx.doi.org/10.1016/j.csr.2012.11.010>

- Hammann, M.G., Nevarez-Martínez, M.O. y Green-Ruíz, Y. (1998) Spawning habitat of the Pacific Sardine (*Sardinops sagax*) in the Gulf of California: Eggs and larval distribution 1956–1957 and 1971–1991. *CalCOFI Rep.*, 39, 169–179
- Harrison, W. G., y Platt, T. (1980). Variations in assimilation number of coastal marine phyto-phytoplankton: Effects of environmental co-variables. *Journal of Plankton Research*, 2(4), 249-260.
- Hays, G.C., Richardson, A.J. y Robinson, C. (2005) Climate Change and Marine Plankton. *Trends in Ecology & Evolution*, 20, 337-344. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2005.03.004>
- Havskum, H., Schlüter, L., Scharek, R., Berdalet, E., y Jacquet, S. (2004). Routine quantification of phytoplankton groups-microscopy or pigment analyses?. *Marine Ecology Progress Series*, 273, 31-42.
- Hernández-Ayón, M., Galindo-Bect, M. S., Flores-Báez, B. P., y Alvarez-Borrego, S. (1993). Nutrient concentrations are high in the turbid waters of the Colorado River Delta. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 37(6), 593-602.
- Hernández-Becerril, D. U. (1985). Estructura del fitoplancton del Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 11(2), 23-38.
- Hillebrand, H., Dürselen, C. D., Kirschtel, D., Pollinger, U., y Zohary, T. (1999). Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal of phycology*, 35(2), 403-424.
- Hoepffner, N., y Sathyendranath, S. (1993). Determination of the Major Groups of Phytoplankton Pigments From the Absorption Spectra of Total Particulate Matter. *Journal of Geophysical Research*, 98 (C12), 22789–22803.
- Irigoién, X., Meyer, B., Harris, R., y Harbour, D. (2004). Using HPLC pigment analysis to investigate phytoplankton taxonomy: the importance of knowing your species. *Helgoland Marine Research*, 58(2), 77-82.
- Jeffrey, S.W., Mantoura, R.F.C. y Wright, S.W. (1997) *Phytoplankton Pigments in Oceanography: Guidelines and Modern Methods*. UNESCO Publishing, Paris, 661 p.
- Kremer, B.P., (1981). Aspects of carbon metabolism in marine macroalgae. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 19: 41-94.
- Kirk, J. T. (2011). *Light and photosynthesis in aquatic ecosystems*. Cambridge university press.
- Kostoglidis, A., Pattiaratchi, C. B., y Hamilton, D. P. (2005). CDOM and its contribution to the underwater light climate of a shallow, microtidal estuary in south-western Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 63(4), 469-477.

- Kudela, R., Pitcher, G., Probyn, T., Figueiras, F., Moita, T., y Trainer, V. (2005). Harmful algal blooms in coastal upwelling systems. *Oceanography*, 18(2), 184-197.
- Lara-Lara, J.R. y Álvarez-Borrego, S. (1975) Ciclo anual de la clorofila y producción orgánica en la Bahía de San Quintín B.C. *Ciencias Marinas*, 2, 77-96.
- Lara-Lara, J.R., Álvarez-Borrego, S. y Small, L.F. (1980) Variability and Tidal Exchange of Ecological Properties in a Coastal Lagoon. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 2, 613-637. [http://dx.doi.org/10.1016/S0302-3524\(80\)80014-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0302-3524(80)80014-4)
- Lara-Lara, J. R., y Valdez-Holguín, J. E. (1988). Biomasa y productividad primaria del Golfo de California por fracción de tamaños durante primavera de 1984. *Ciencias Marinas*, 14(1), 1-14.
- Lara Lara, J. R., Núñez, J. M., Osorio, J. L., y Guzmán, C. B. (1993). Productividad y Biomasa del Fitoplancton por Clases de Tamaño, en la Parte central del Golfo de California Durante Primavera. *Ciencias Marinas*, 19(2), 137-154.
- Lavín, M. F., Beier, E., y Badan, A. (1997). Estructura hidrográfica y circulación del Golfo de California: Escalas estacional e interanual. *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*, 41-171.
- Lavín, M.F., y Marinone, S.G., (2003). An overview of the physical oceanography of the Gulf of California. In: Velasco, O., Sheimbaum, J., Ochoa, J.J. (Eds.), *Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics*. Kluwer Academia Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 173–204.
- Lavín, M.F., V.M. Godínez y L. Álvarez. (1998). Inverse-Estuarine features of the upper Gulf of California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 47; 769-795.
- Laws, E. A., y Bannister, T. T. (1980). Nutrient-and light-limited growth of *Thalassiosira fluviatilis* in continuous culture, with implications for phytoplankton growth in the ocean. *Limnology and Oceanography*, 25(3), 457-473.
- Lee, Y.W, Lee, J.M. y Guebuem K. (2009). Identifying sharp hydrographical changes in phytoplankton community structure using HPLC pigment signatures in coastal waters along Jeju Island, Korea. *Ocean Science Journal* 44.1: 1-10.
- Lee, Z., Ahn, Y. H., Mobley, C., y Arnone, R. (2010). Removal of surface-reflected light for the measurement of remote-sensing reflectance from an above-surface platform. *Optics Express*, 18(25), 26313-26324.
- Lepisto, L. y Holopainen, A.L. (2003) Occurrence of Cryptophyceae and Katablepharids in Boreal Lakes. *Hydrobiologia*, 502, 307-314. <http://dx.doi.org/10.1023/B:HYDR.0000004288.74485.52>
- Letelier, R.M., Bidigare, R.R., Hebel, D.V., Ondruseck, M., Winn, C.D. y Karl, D.M. (1993) Temporal Variability of Phytoplankton Community Structure Based on

- Pigment Analysis. *Limnology and Oceanography*, 38, 1420-1437.  
<http://dx.doi.org/10.4319/lo.1993.38.7.1420>
- Lewitus, A. J., Koepfler, E. T., y Morris, J. T. (1998). Seasonal variation in the regulation of phytoplankton by nitrogen and grazing in a salt-smarsh estuary. *Limnology and Oceanography*, 43(4), 636-646.
- Lionard, M., Muylaert, K., Tackx, M. y Vyverman, W. (2008) Evaluation of the Performance of HPLC-CHEMTAX Analysis for Determining Phytoplankton Biomass and Composition in a Turbid Estuary (Schelde, Belgium). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76, 809-817.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2007.08.003>
- Llewellyn, C. A., Fishwick, J.R y Blackford, J.C. (2005). Phytoplankton community assemblage in the English Channel: a comparison using chlorophyll a derived from HPLC-CHEMTAX and carbon derived from microscopy cell counts." *Journal of Plankton Research* 27.1: 103-119.
- Llewellyn C.A. y Gibb S.W. (2000) Intra-class variability in the carbon, pigment and biomineral content of prymnesiophytes and diatoms. *Mar Ecol Prog Ser* 193:33–44.
- Lluch-Cota, S. E., y Arias-Aréchiga, J. P. (2000). Sobre la importancia de considerar la existencia de centros de actividad biológica para la regionalización del océano: El caso del Golfo de California. *BAC Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano*. CIB, CICIMAR, CONACYT. La Paz, México, 255-263.
- Lluch-Cota, S. E., Aragon-Noriega, E. A., Arreguín-Sánchez, F., Aurióles-Gamboa, D., Bautista-Romero, J. J., Brusca, R. C., y Fernández, G. (2007). The Gulf of California: review of ecosystem status and sustainability challenges. *Progress in Oceanography*, 73(1), 1-26.
- Lopez-Calderon, J., Martinez, A., Gonzalez-Silvera, A., Santamaria-del-Angel, E. y Millan-Nuñez, R. (2008), Mesoscale eddies and wind variability in the northern Gulf of California, *J. Geophys. Res.*, 113, C10001,  
<http://dx.doi.org/10.1029/2007JC004630>.
- MacDonald, G.M. y Case, R.A. (2005). Variations in the Pacific Oscillation over the Past Millennium. *Geophysical Research Letters*, 32,L08703.  
<http://dx.doi.org/10.1029/2005GL022478>
- Mackey, M.D., Mackey, D.J., Higgins, H.W. y Wright, S.W. (1996) CHEMTAX—A Program for Estimating Class Abundances from Chemical Markers: Application to HPLC Measurements of Phytoplankton. *Marine Ecology Progress Series*, 114, 265-283. <http://dx.doi.org/10.3354/meps144265>
- Mackey, D. J., Higgins, H. W., Mackey, M. D., y Holdsworth, D. (1998). Algal class abundances in the western equatorial Pacific: estimation from HPLC measurements of chloroplast pigments using CHEMTAX. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 45(9), 1441-1468.

- Margalef, R. (1978). Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanologica acta*, 1(4), 493-509.
- Marinone, S. G. (2003). A three-dimensional model of the mean and seasonal circulation of the Gulf of California: *Journal of Geophysical Research*, 108, 1–27.
- Marinone, S.G., Parés-Sierra, A., Castro, R. y Mascarenhas, A. (2004). Correction to “Temporal and spatial variation of the surface winds in the Gulf of California”. *Geophys. Res. Lett.*, 31, L10305, <http://dx.doi.org/10.1029/2004GL020064>.
- Menden-Deuer, Susanne, y Evelyn J. Lessard. (2000) Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms, and other protist plankton. *Limnology and oceanography* 45.3: 569-579.
- Millán-Núñez, E. (1992). Spatial distribution of the phytoplankton in the Northern Gulf of California. *Ciencias Marinas*, 18(2), 101-117.
- Millán-Núñez, E., Sieracki, M. E., Millán-Núñez, R., Lara-Lara, J. R., Gaxiola-Castro, G., y Trees, C. C. (2004). Specific absorption coefficient and phytoplankton biomass in the southern region of the California Current. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 51(6), 817-826.
- Millán-Núñez, R., Álvarez-Borrego, S. y Nelson, D.M. (1982) Effects of Physical Phenomena on the Distribution of Nutrients and Phytoplankton Productivity in a Coastal Lagoon. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 15, 317-335. [http://dx.doi.org/10.1016/0272-7714\(82\)90066-X](http://dx.doi.org/10.1016/0272-7714(82)90066-X)
- Millán-Núñez R, Cajal-Medrano R, Santamaría-del-Ángel E. y Millán-Núñez E. (1993). Primary productivity y chlorophyll a in the central part of the Gulf of California (Autumn 1987). *Cienc. Mar.* 19: 29–40
- Millán-Núñez, R., Santamaría-del-Ángel, E., Cajal-Medrano, R., y Barocio-León, Ó. A. (1999). El delta del río Colorado: un ecosistema con alta productividad primaria. *Ciencias Marinas*, 25(4), 509-524.
- Millán-Núñez, R., Millán-Núñez, E., Álvarez-Borrego, S. Trees, C.C., y Santamaría-del-Ángel, E. (2004) Variabilidad de la comunidad del fitoplancton en Bahía San Quintín estimada mediante el análisis de pigmentos. *Ciencias Marinas*, 30, 35-43.
- Mills, D.K., Rutgers van der Loerf, M., Laane, R.W.P.M., y Rees, J.M., (2002). Continuous measurement of suspended matter. *Sea Technology* 43 (10), 5.
- Mitchell, B. G., Kahru, M., Wieland, J., y Stramska, M. (2002). Determination of spectral absorption coefficients of particles, dissolved material and phytoplankton for discrete water samples. *Ocean optics protocols for satellite ocean color sensor validation, Revision*, 3, 231-257.
- Montagnes, D. J. S., Berges, J. A., Harrison, P. J. et al. (1994) Estimating carbon, nitrogen, protein and chlorophyll a from volume in marine phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.*, 39, 1044–1060.

- Montagnes, D. J. S. y Franklin, D. J. (2001) Effect of temperature on diatom volume, growth rate, and carbon and nitrogen content: Reconsidering some paradigms. *Limnol. Oceanogr.*, 46, 2008–2018.
- Moore, L. R., Goericke, R., y Chisholm, S. W. (1995). Comparative physiology of *Synechococcus* and *Prochlorococcus*: influence of light and temperature on growth, pigments, fluorescence and absorptive properties. *Marine ecology progress series*. Oldendorf, 116(1), 259-275.
- Moreno-Miranda, C. (2007). Variabilidad espacial de la composición taxonómica del fitoplancton en Bahía San Quintín. Msc Thesis, Facultad de Ciencias Marinas, U. A. B. C., Ensenada, B.C. 81 pp.
- Mullin, M. M., Sloan, P. R y Eppley, R. W. (1966). Relationship between carbon content, cell volume, and area in phytoplankton. *Limnology and oceanography* 11.2: 307-311.
- Nelson, N. B., Prezelin, B. B., y Bidigare, R. R. (1993). Phytoplankton light absorption and the package effect in California coastal waters. *Marine Ecology-Progress Series*, 94, 217-217.
- Parnesan, C. (2006) Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37, 637-669. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100>
- Partensky, F., Hess, W.R. y Vaultot, D. (1999). *Prochlorococcus*, a Marine Photosynthetic Prokaryote of Global Significance. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 63, 106-127.
- Parsons T. R., Takahashi, M. y Hargrave (1984). *Biological oceanographic processes*, Pergamon Press, Oxford, 330 pp.
- Pérez-Brunius, P., López, M., Parés-Sierra, A. y Pineda, J. (2007). Comparison of Upwelling Indices off Baja California Derived from Three Different Wind Data Sources. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports*, 48, 204-214.
- Putt M. y Stoecker, D.K. (1989). An experimentally determined carbon: volume ratio for marine 'oligotrichous' ciliates from estuarine and coastal waters. *Limnol Oceanogr* 34: 1097–1103
- Kubitschek, H. E. (1987). Buoyant density variation during the cell cycle in microorganisms. *CRC Critical reviews in microbiology*, 14(1), 73-97.
- Ribas-Ribas, M., Hernández-Ayón, J.M., Camacho-Ibar, V.F., Cabello-Pasini, A., Mejía-Trejo, A., Durazo, R., Galindo-Bect, S., Souza, A.J., Forja, J.M. y Siqueiros-Valencia, A. (2011). Effects of Upwelling, Tides and Biological Processes on the Inorganic Carbon System of a Coastal Lagoon in Baja California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 95, 367-376. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2011.09.017>

- Roden, G. I., y Groves, G. W. (1959). Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. *Journal of Marine Research*, 18(1), 10-35.
- Rodriguez, F., Chauton, M., Johnsen, G., Andresen, K., Olsen, L. M., y Zapata, M. (2006). Photoacclimation in phytoplankton: implications for biomass estimates, pigment functionality and chemotaxonomy. *Marine Biology*, 148(5), 963-971.
- Santa-Ríos, A. (2012). Dinámica de nutrientes en el delta del Río Colorado (Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas. Km 107 Carretera-Tijuana-Ensenada, Ensenada, BC, México).
- Santamaría-del-Angel, E., y Millán-Núñez y R. Cajal-Medrano, (1992). Efecto de la energía cinética turbulenta sobre la distribución espacial de la clorofila a en una pequeña laguna costera. *Cienc. Mar*, 18, 1-16.
- Santamaría-del-Ángel E, Álvarez-Borrego S, y Muller-Karger FE. 1994. The 1982-1984 El Niño in the Gulf of California as seen in the coastal zone color scanner imagery. *J. Geophys. Res.* 99(C4): 7423–7431.
- Santamaría-del-Ángel, E. (1988) Variación fitoplanctónica en Puerto Don Juan, Bahía de los Ángeles, Baja California México. Tesis de Maestría en Oceanografía Costera, Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, 153 p.
- Sakshaug E, Andresen K, y Kiefer D.A. (1989). A steady state description of growth and light absorption in the marine planktonic diatom *Skeletonema costatum*. *Limnol Oceanogr* 34:198–205
- Sarmiento, H., y Descy, J. P. (2008). Use of marker pigments and functional groups for assessing the status of phytoplankton assemblages in lakes. *Journal of Applied Phycology*, 20(6), 1001-1011.
- Schlüter, L., Møhlenberg, F., Havskum, H. y Larsen, S. (2000). The use of phytoplankton pigments for identifying phytoplankton groups in coastal areas: testing the influence of light and nutrients on pigment/chlorophyll a ratios. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 192, 49–63.
- Schlüter, L., y Harry Havskum. (1997). Phytoplankton pigments in relation to carbon content in phytoplankton communities. *Marine Ecology Progress Series* 155 (1997): 55-65.
- Silva-Cota, S. y Álvarez-Borrego, S. (1988). The “EL NIÑO” Effect on the Phytoplankton of a North-Western Baja California Coastal Lagoon. *Journal of Coastal Shelf Science*, 27, 109-115.
- Smayda, T.J. (1998). Patterns of Variability Characterizing Marine Phytoplankton, with Examples from Narragansett Bay. *ICES Journal of Marine Science*, 55, 562-573. <http://dx.doi.org/10.1006/jmsc.1998.0385>
- Søndergaard M, Jensen L.M., y Ærtebjerg G (1991). Picoalgae in Danish coastal waters during summer stratification. *Mar Ecol Prog Ser* 79:139–149

- Sokal, R. R., y Rohlf, F. J. (1981). *Biometry*. Freeman.
- Strathmann, Richard R. (1967). Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volumen. *Limnology and oceanography* 12.3: 411-418.
- Steeman-Nielsen E., (1952). The use of radioactive carbon ( $^{14}\text{C}$ ) for measuring organic production in the sea, *J. Cons. Perm. Explor. Mer*, 18, 117-140.
- Tester, P., Geesey, M., Guo, C., Paerl, H. y Millie, D. (1995). Evaluating Phytoplankton Dynamics in the Newport River Estuary (North Carolina, USA) by HPLC-Derived Pigment Profiles. *Marine Ecology Progress Series*, 24, 237-245. <http://dx.doi.org/10.3354/meps124237>
- Tomas, C. R. (Ed.). (1997). *Identifying marine phytoplankton*. Academic press.
- Trees, C. C., Clark, D. K., Bidigare, R. R., Ondrusek, M. E., y Mueller, J. L. (2000). Accessory pigments versus chlorophyll a concentrations within the euphotic zone: A ubiquitous relationship. *Limnology and Oceanography*, 45(5), 1130-1143.
- Utermöhl, H. (1958). Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitteilungen der International Vereinigung für theoretische und Angewandte Limnologie*, 9, 1-38. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO (2010) *Microscopic and Molecular Methods for Quantitative Phytoplankton Analysis*. Karlson, B., Cusack, C. and Bresna, E., Eds., *Manuals and Guides*, UNESCO, Paris.
- Valdez-Holguín, J. E., y Lara-Lara, J. R. (1987). Productividad primaria en el Golfo de California: efectos del evento El Niño 1982-1983. *Ciencias Marinas*, 13(2), 34-50.
- Valdez-Holguín, J. E., Álvarez-Borrego, S., y Trees, C. C. (1999). Caracterización estacional y espacial de los parámetros fotosintéticos del fitoplancton del Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 25(4), 445-467.
- Veldhuis, M. J., y Kraay, G. W. (2004). Phytoplankton in the subtropical Atlantic Ocean: towards a better assessment of biomass and composition. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 51(4), 507-530.
- Verity, P. G., Robertson, C. Y., Tronzo, C. R. *et al.* (1992). Relationships between cell volume and the carbon and nitrogen content of marine photosynthetic nanoplankton. *Limnol. Oceanogr.*, 48, 357-366.
- Wasmund, N., Voss, M., y Lochte, K. (2001). Evidence of nitrogen fixation by non-heterocystous cyanobacteria in the Baltic Sea and re-calculation of a budget of nitrogen fixation. *Mar Ecol Prog Ser*, 214, 1-14.
- Wolk, C. P. (1973). Physiology and cytological chemistry blue-green algae. *Bacteriological reviews*, 37(1), 32.

- Wright, S.W., Thomas, D.P., Marchant, H.J., Higgins, H.W., Mackey, M.D. y Mackey, D.J. (1996). Analysis of phytoplankton of the Australian sector of the Southern Ocean: comparisons of microscopy and size frequency data with interpretations of pigment HPLC data using the 'CHEMTAX' matrix factorisation program. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 144, 285–298.
- Wu, J., Hong, H., Shang, S., Dai, M., y Lee, Z. (2007). Variation of phytoplankton absorption coefficients in the northern South China Sea during spring and autumn. *Biogeosciences Discussions*, 4(3), 1555-1584.
- Zeitzschel, B. (1969). Primary productivity in the Gulf of California. *Marine Biology*, 3(3), 201-207.
- Zertuche-González, J.A., Camacho-Ibar, V.F., Pacheco-Ruíz, I., Cabello-Pasini, A., Galindo-Bect, L., Guzmán-Calderón, J., Macías-Carranza, V. y Espinoza-Avalos, J. (2009) The Role of *Ulva* spp. as a Temporary Nutrient Sinks in a Coastal Lagoon with Oyster Cultivation and Upwelling Influence. *Journal of Applied Phycology*, 21, 729-736. <http://dx.doi.org/10.1007/s10811-009-9408-y>

## ANEXOS

**Anexo I.** Abundancia fitoplanctónica (cel/l) superficial del grupo de las Diatomeas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.

	A01	B01	B02	BC01	C02	D01	DE01	E01	E02	E03	E04	F01	G08	G09	G10	H01	J12	Total
<i>Actinoptychus</i>			20															20
<i>Amphora</i>		80	40				20			40		20						200
<i>Asterolamphra</i>										40						40		80
<i>Bacteriastrium</i>				40			20						200		80			340
<i>Bidulphia</i>														40				40
<i>Chaetoceros</i>		360	200	360			40	440	20	1600	160	400	1200	3720	1400	80		9980
<i>Cilindrotheca</i>		80					200							40		40		360
<i>Climascosphedia</i>												40						40
<i>Cyclothella</i>		200	240		200		80			40		120			80			960
<i>Coconeis</i>		40																40
<i>Coscinodiscus</i>	120	180	40		400	100	60		40	80	160	640	160	560	80		40	2660
<i>Diploneis</i>	40										120	40		80			40	320
<i>Dytilum</i>			200	20	200						40			40	40			540
<i>Fragilaria</i>	60	20			40													120
<i>Fragilariopsis</i>				120	320													440
<i>Gramophora</i>		20											120					140
<i>Guinardia</i>	480		140							960		680	600	1160	400	400		4820
<i>Licmophora</i>					40											40		80
<i>Lithodesmium</i>	160		480															640
<i>Melosira</i>			240															240
<i>Navicula</i>							200			80	40	80			40			440
<i>Nitzschia</i>							120		80		80		40	80	80			480
<i>Odonthella</i>			80												20			100
<i>Paralia</i>	200																	200
<i>Planktoniella</i>		40										40		120				200

Continuación...

	A01	B01	B02	BC01	C02	D01	DE01	E01	E02	E03	E04	F01	G08	G09	G10	H01	J12	Total
<i>Pleurosigma</i>	160	20	80			60	40				200	80			60			700
<i>Pseudo-Nitzschia</i>	240	420											160	160				980
<i>Rhizosolenia</i>	40	40	80	240	120	180	120	40	80	60		720	360	840	240	40	120	3320
<i>Skeletonema</i>			120												240			360
<i>Surirella</i>	40																20	60
<i>Thalassionema</i>			160		360	60	200	200	240	80	120	600	240		280	160		2700
<i>Thalassiothrix</i>														1520				1520
<i>Thalassiosira</i>														80				80
<i>Triceratium</i>					40													40
<b>Total</b>	1540	1500	2120	780	1720	400	1100	680	460	2980	920	3460	3080	8440	3040	800	220	33240

**Anexo II.** Abundancia fitoplanctónica (cel/l) en la PMC del grupo de las Diatomeas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.

	A01	B02	BC01	C01	C02	D01	DE01	E01	E02	E03	E04	F01	F09	G08	G09	G10	H01	J03	J12	Total	
<i>Actinoptychus</i>	360		40				80									160				640	
<i>Amphora</i>										40										40	
<i>Asterolamphra</i>		20																		20	
<i>Bacteriastrium</i>					20			80	40		20	40								200	
<i>Chaetoceros</i>			120	240	600	280	280	40	240		240	220	40				120	160		2580	
<i>Climascosphedia</i>												20								20	
<i>Cyclotella</i>					40						120	320								480	
<i>Coscinodiscus</i>		20	40	40	20	40	60	40	40	80	80	160	80	120	80	80			200	1140	
<i>Diploneis</i>					80	20				80				80	120	560			400	1340	
<i>Dytilum</i>	40	240	20		120								120	40	40	40				20	680
<i>Fragilaria</i>																				40	40
<i>Fragilariopsis</i>				160	400	60										120					740
<i>Gramophora</i>												520	120	40	120				1040	1840	
<i>Guinardia</i>	280				200								120				400	280		1280	
<i>Licmophora</i>		40	120																	160	
<i>Lithodesmium</i>	160	600		80	680											160				1680	
<i>Navicula</i>	40	120	120	120				40	80				1080	400					240	2240	
<i>Nitzchia</i>	40						200				120									360	
<i>Odonthella</i>			40	40									40		120	80			60	380	
<i>Paralia</i>			120	80																200	
<i>Peronia</i>							120													120	
<i>Pinnularia</i>							120													120	
<i>Planktoniella</i>		20											20	20	40					100	
<i>Pleurosigma</i>	420		20	40	40	40				40	40	40	20			80	80	40	120	1020	
<i>Pseudo-Nitzchia</i>			80	160	120								320			60				740	

	A01	B02	BC01	C01	C02	D01	DE01	E01	E02	E03	E04	F01	F09	G08	G09	G10	H01	J03	J12	Total
<i>Rhizosolenia</i>			880	1080	40		80	200				20	240	200	120	40	120	40	80	3140
<i>Skeletonema</i>		160		40	200								360							760
<i>Surirella</i>	320			40		40							120	40	80	40			60	740
<i>Thalassionema</i>		240	120		80	160	120	400	80	880		400	2080	1760	720	1720	400	280	240	9680
<i>Thalassiothrix</i>				120																120
<i>Thalassiosira</i>		80	160	120										160	160					680
<i>Triceratium</i>	20																			20
<b>Total</b>	1680	1540	1880	2360	2640	200	960	1260	120	1320	200	1060	5800	2960	1680	3140	1200	800	2500	33300

**Anexo III.** Abundancia fitoplanctónica (cel/l) superficial del grupo de los Dinoflagelados del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.

	A01	B01	B02	BC01	C02	D01	DE01	E01	E02	E03	E04	F01	G08	G09	G10	H01	J12	Total
<i>Alexandrium</i>			80		300													380
<i>Amphidinium</i>	880	40			40						20						40	1020
<i>Akashiwo</i>				20														20
<i>Ceratium</i>	40	80	80	680	80	140	60	40	80	40	60	160	40	120	40	80	120	1940
<i>Dinophysis</i>	40	80	120	80		20	80			40	80	60	40			40		680
<i>Gymnodinium</i>	880	600	40	20	200	180	60		40	200	60	460	80	120	40	200	80	3260
<i>Gyrosigma</i>											20							20
<i>Odonthella</i>		40		40	240										20			340
<i>Oxytoxum</i>	40	120	40				120			40	40	240	120		200			960
<i>Phalacroma</i>	80						20	40					40		40		40	260
<i>Prorocentrum</i>	280	440	160	120	360	40		80	40	40	120	60	720	1520	40			4020
<i>Protoperidinium</i>	160	440	80	120	160	40	120		40	40		160	920		20	20	400	2720
<i>Pyrocystis</i>			40		40							40		200				320
<i>Pyrophacus</i>					60													60
<i>Scripsiella</i>	40	220			40	40		40	20			160	40		40			640
Quiste		120												40				160
<b>Total</b>	2440	2180	640	1080	1520	460	460	200	220	400	400	1340	2000	2000	440	340	680	16800

**Anexo IV.** Abundancia fitoplanctónica (cel/l) en la PMC del grupo de los Dinoflagelados del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.

	A01	B02	BC01	C01	C02	D01	DE01	E01	E02	E03	E04	F01	F09	G08	G09	G10	H01	J03	J12	Total			
<i>Alexandrium</i>	360																			360			
<i>Amphidinium</i>	40			40						40			40							120			
<i>Akashiwo</i>	20																				20		
<i>Asterolamprha</i>	80										80												
<i>Ceratium</i>	20	60	440	160	60	80	560	280	80	160	20	60	40	160						2180			
<i>Cochlodinium</i>	40																			40			
<i>Dinophysis</i>	20		120	40	80	40	80	40	180	40	80	40	40								800		
<i>Gonyaulax</i>	40																				40		
<i>Gymnodinium</i>	80	640	440	260	480	840	280	40	720	160	2040	40	200	120	140	220	40				6740		
<i>Gyrosigma</i>	40																			40			
<i>Odonthella</i>	60	20	80			120										40	20					340	
<i>Oxytoxum</i>	120			40			200															360	
<i>Phalacroma</i>	40							20													80	140	
<i>Prorocentrum</i>	40	20	160	160	80	40	20	240	80	40								80					960
<i>Protoperidinium</i>	80		60	180	400	20	40	20	80	40	60	120	60				80	40				1280	
<i>Pyrocystis</i>	40														160	40					240		
<i>Pyrophacus</i>	40																			40			
<i>Scropsiella</i>	40									40											80		
Quiste	40					20					100										160		
<b>Total</b>	300	840	1540	800	1520	1000	600	360	1760	680	2460	360	80	460	320	0	500	320	120	14020			

**Anexo V.** Abundancia fitoplanctónica (cel/l) en superficie de las Crisofitas, Euglenofitas, Clorofitas, Criptofitas y Cianofitas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.

<b>Crisofitas</b>	<b>A01</b>	<b>B01</b>	<b>B02</b>	<b>BC01</b>	<b>C02</b>	<b>D01</b>	<b>DE01</b>	<b>E01</b>	<b>E02</b>	<b>E03</b>	<b>E04</b>	<b>F01</b>	<b>G08</b>	<b>G09</b>	<b>G10</b>	<b>H01</b>	<b>J12</b>	<b>Total</b>
<i>Dictyocha</i>		320		40	400					40	80		360	720	40	120	20	2140
<i>Distephanus</i>					40													40
<b>Total</b>	0	320	0	40	440	0	0	0	0	40	80	0	360	720	40	120	20	2180
<b>Euglenofitas</b>	<b>A01</b>	<b>B01</b>	<b>B02</b>	<b>BC01</b>	<b>C02</b>	<b>D01</b>	<b>DE01</b>	<b>E01</b>	<b>E02</b>	<b>E03</b>	<b>E04</b>	<b>F01</b>	<b>G08</b>	<b>G09</b>	<b>G10</b>	<b>H01</b>	<b>J12</b>	<b>Total</b>
<i>Euglena</i>	480	160			40								200					880
<b>Clorofitas</b>	<b>A01</b>	<b>B01</b>	<b>B02</b>	<b>BC01</b>	<b>C02</b>	<b>D01</b>	<b>DE01</b>	<b>E01</b>	<b>E02</b>	<b>E03</b>	<b>E04</b>	<b>F01</b>	<b>G08</b>	<b>G09</b>	<b>G10</b>	<b>H01</b>	<b>J12</b>	<b>Total</b>
<i>Pyramimona</i>		160								200		160	120					640
<b>Criptofitas</b>	<b>A01</b>	<b>B01</b>	<b>B02</b>	<b>BC01</b>	<b>C02</b>	<b>D01</b>	<b>DE01</b>	<b>E01</b>	<b>E02</b>	<b>E03</b>	<b>E04</b>	<b>F01</b>	<b>G08</b>	<b>G09</b>	<b>G10</b>	<b>H01</b>	<b>J12</b>	<b>Total</b>
<i>Hillea</i>	720	40	160			80	360	80		40	40	280	400		240		200	2640
<b>Cianofitas</b>	<b>A01</b>	<b>B01</b>	<b>B02</b>	<b>BC01</b>	<b>C02</b>	<b>D01</b>	<b>DE01</b>	<b>E01</b>	<b>E02</b>	<b>E03</b>	<b>E04</b>	<b>F01</b>	<b>G08</b>	<b>G09</b>	<b>G10</b>	<b>H01</b>	<b>J12</b>	<b>Total</b>
							40		240		480					160		920

**Anexo VI.** Abundancia fitoplanctónica (cel/l) en la PMC de las Crisofitas, Euglenofitas, Clorofitas, Criptofitas y Cianofitas del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.

<b>Crisofitas</b>	<b>A01</b>	<b>B02</b>	<b>BC01</b>	<b>C01</b>	<b>C02</b>	<b>D01</b>	<b>DE01</b>	<b>E01</b>	<b>E02</b>	<b>E03</b>	<b>E04</b>	<b>F01</b>	<b>F09</b>	<b>G08</b>	<b>G09</b>	<b>G10</b>	<b>H01</b>	<b>J03</b>	<b>J12</b>	<b>Total</b>	
<i>Dictyocha</i>		40	320	80	320			40					200	40			80	20		1140	
<i>Distephanus</i>				20																20	
<b>Total</b>	0	40	320	100	320	0	0	40	0	0	0	0	200	40	0	0	80	20	0	1160	
<b>Euglenofitas</b>	<b>A01</b>	<b>B02</b>	<b>BC01</b>	<b>C01</b>	<b>C02</b>	<b>D01</b>	<b>DE01</b>	<b>E01</b>	<b>E02</b>	<b>E03</b>	<b>E04</b>	<b>F01</b>	<b>F09</b>	<b>G08</b>	<b>G09</b>	<b>G10</b>	<b>H01</b>	<b>J03</b>	<b>J12</b>	<b>Total</b>	
<i>Eutreptiella</i>										40										40	
<b>Clorofitas</b>	<b>A01</b>	<b>B02</b>	<b>BC01</b>	<b>C01</b>	<b>C02</b>	<b>D01</b>	<b>DE01</b>	<b>E01</b>	<b>E02</b>	<b>E03</b>	<b>E04</b>	<b>F01</b>	<b>F09</b>	<b>G08</b>	<b>G09</b>	<b>G10</b>	<b>H01</b>	<b>J03</b>	<b>J12</b>	<b>Total</b>	
<i>Pyramimona</i>	120					920	360		560						200					920	3080
<i>Tetraselmis</i>												40									40
<b>Total</b>	120	0	0	0	0	920	360	0	560	0	0	40	0	0	200	0	0	0	0	920	3120
<b>Criptofitas</b>	<b>A01</b>	<b>B02</b>	<b>BC01</b>	<b>C01</b>	<b>C02</b>	<b>D01</b>	<b>DE01</b>	<b>E01</b>	<b>E02</b>	<b>E03</b>	<b>E04</b>	<b>F01</b>	<b>F09</b>	<b>G08</b>	<b>G09</b>	<b>G10</b>	<b>H01</b>	<b>J03</b>	<b>J12</b>	<b>Total</b>	
<i>Hillea</i>	200				640			400	800	120		160	120		400	480	480	1080			4880
<b>Cianofitas</b>	<b>A01</b>	<b>B02</b>	<b>BC01</b>	<b>C01</b>	<b>C02</b>	<b>D01</b>	<b>DE01</b>	<b>E01</b>	<b>E02</b>	<b>E03</b>	<b>E04</b>	<b>F01</b>	<b>F09</b>	<b>G08</b>	<b>G09</b>	<b>G10</b>	<b>H01</b>	<b>J03</b>	<b>J12</b>	<b>Total</b>	
							20										400				420

**Anexo VII.** Concentración de pigmentos y carotenoides del 1 al 8 de junio del 2010 en el área de estudio del AGC.

		Chl c <sub>3</sub>	Chl c <sub>2</sub>	Per	But-Fuc	Fuc	Prasi	Hex-Fuc	Chlb	Viol	Diad	Allo	Diat	Zea	Lute	DvChla	Chla	ChlaT
<b>A01</b>	0 m	0.238	0.693	0.293	0.273	1.235	0.195	0.160	0.698	0.168	0.415	0.168	0.116	0.122			3.334	3.334
	19 m	4.959	0.789	0.647		0.455		0.145			0.196			0.583			0.925	0.925
	25 m	2.172	1.164		0.698	0.542		0.171	0.195		0.756	0.812		0.762			1.324	1.324
	30 m																1.593	1.593
<b>B01</b>	0 m	0.515	0.177	0.556	0.534	0.137		0.388			0.636			0.738			0.769	0.769
	10 m	0.478	0.816	0.484	0.153	0.245		0.144	0.785		0.115	0.245		0.858			0.682	0.682
	15 m	0.166	0.250	0.280	0.427	0.232		0.984	0.123	0.248	0.900			0.662			0.765	0.765
	20 m	0.463	0.259	0.717	0.424	0.383		0.195	0.846	0.395	0.733	0.292		0.775			1.864	1.086
<b>B02</b>	0 m																0.236	0.236
	15 m	0.635	0.412	0.128	0.417	0.887		0.134	0.467		0.113	0.597		1.869			1.927	1.927
<b>BC01</b>	0 m																0.631	0.631
	10 m	0.365	0.458	0.258	0.399	0.194	0.146	0.236	0.421	0.395	0.876	0.326	0.387	0.111			0.628	0.603
	20 m																0.674	0.670
<b>C01</b>	0 m	0.813	0.993	0.957	0.849	0.238		0.387	0.850		0.140			0.135			0.839	0.839
	10 m			0.552													0.632	0.631
	20 m	0.166	0.238	0.153		0.421		0.389			0.853			0.692			0.672	0.672
<b>C02</b>	0 m																2.453	2.453
	10 m					0.239					0.132						1.721	1.702
	21 m	0.554	0.341	1.579	0.156	0.637		0.113	0.128	0.813	0.152	0.435		0.444		0.317	1.677	1.709
<b>D01</b>	0 m	0.246	0.553	0.289	0.388	0.165		0.213			0.140			0.829			0.577	0.571
	10 m	0.137	0.176	0.416	0.939	0.353		0.320	0.718		0.837			0.877			0.976	0.975
	20 m	0.531	1.675	0.789		1.242		1.682			0.853			0.969			0.773	0.773
	30 m	0.682	0.270			0.338		0.269			0.395			0.286			0.664	0.606

Continuación...

	Chl c <sub>3</sub>	Chl c <sub>2</sub>	Per	But-Fuc	Fuc	Prasi	Hex-Fuc	Chlb	Viol	Diad	Allo	Diat	Zea	Lute	DvChla	Chla	ChlaT
<b>DE01</b>	0 m	0.115	0.155		0.143					0.985	0.266		0.725			0.275	0.275
	12 m	0.455	0.582		0.123	0.927	0.154			0.889			0.843			0.348	0.305
<b>E01</b>	0 m				0.538					0.385			0.762			0.195	0.191
	10 m																0.000
<b>E02</b>	0 m	0.543	0.840		0.146					0.137	0.184		0.480			0.375	0.375
	10 m	0.467	0.444	0.176	0.143	0.165	0.655		0.172	0.663			0.964			0.448	0.405
<b>E03</b>	0 m	0.525	0.352		0.330		0.156			0.132			0.667			0.580	0.580
	15 m	1.934	1.997	3.383		0.525	1.339	0.112	0.249	0.156			0.528		1.763	1.630	3.393
	27 m															1.281	1.281
<b>E04</b>	0 m		0.283		0.824					0.633			0.428			0.222	0.220
	26 m	0.841	0.876	0.372	0.329	0.128	0.216			0.500			0.779			0.496	0.491
	33 m																0.000
	40 m	0.997	0.116	0.265	0.460	0.233	0.171	0.673		0.271			0.236			0.438	0.438
<b>F01</b>	0 m	0.892	0.129		0.386	0.247	0.252			0.178			0.119			0.778	0.778
	10 m																0.000
<b>F09</b>	0 m	0.483	0.423		0.337	0.121	0.152			0.949			0.450			0.253	0.253
	10 m	2.467	0.492	0.382	0.921	0.257	0.373	0.255	0.336	0.982	0.127	0.234	0.476			0.632	0.630
	20 m	0.392	0.635	0.978	0.623	0.866		0.186	0.132	0.615	0.853		0.442			1.667	1.667
<b>G07</b>	0 m		0.333		0.855					0.366			0.354			0.150	0.150
	10 m	1.896	1.344		0.734		0.282			0.755			0.867			0.647	0.647
	20 m	0.543	0.282	0.864	0.515	0.753	0.612	0.485	0.266	0.518	0.728	0.264	0.687		0.293	1.426	1.455
	30 m	0.426	0.376	0.341		0.442				0.369						0.718	0.717

Continuación...

	Chl c <sub>3</sub>	Chl c <sub>2</sub>	Per	But-Fuc	Fuc	Prasi	Hex-Fuc	Chlb	Viol	Diad	Allo	Diat	Zea	Lute	DvChla	Chla	ChlaT
<b>G08</b>	0 m		0.683	0.179	0.197	0.175		0.824		0.135				0.362		0.375	0.375
	10 m	0.162	0.142	0.117		0.352		0.564		0.696				0.714		0.498	0.498
	17 m	0.754	1.466	0.116		1.565				0.128	0.112		0.265			2.794	2.794
	30 m	0.554														1.654	1.605
<b>G09</b>	0 m		0.878		0.119		0.747			0.125				0.515		0.243	0.243
	17 m	2.674	2.412	2.438	0.930	2.216	0.372	0.276	0.132	0.175	0.157		0.390		0.474	2.356	2.404
	23 m	0.926	0.962			0.856	0.888			0.755	0.645		0.263			1.149	1.149
<b>G10</b>	0 m															0.664	0.664
	10 m															1.584	1.006
	20 m	0.161	0.186			0.165	0.192			0.669	0.656		0.216			0.645	0.600
<b>H01</b>	0 m			0.352		0.129								0.632		0.535	0.531
	5 m	0.172	0.283			0.244	0.152			0.126			0.814			0.660	0.660
	10 m	0.825	0.956	0.498	0.633	1.150	0.524			0.137	0.195		0.848			0.789	0.789
<b>H02</b>	0 m															0.329	0.321
	10 m	1.646	1.346			0.296	0.359	0.535		0.237	0.315		0.190			0.555	0.550
	25 m	1.693	1.935		1.585	2.472	1.966	0.560		0.719	0.768		0.394			1.380	1.380
<b>H03</b>	0 m		0.269		0.543		0.761			0.537			0.732			0.176	0.171
	18 m	0.157	0.129	0.277	0.320	0.129	0.199			0.470			0.936			0.414	0.401
	24 m	0.147	0.348	0.332	0.113	0.712	0.480			0.975	0.135		0.538			1.460	1.460
	35 m	0.176	0.314	0.187	0.284	0.964	0.344			0.716	0.377		0.455			1.272	1.272
<b>H04</b>	0 m	1.397	0.952			0.194				0.796			0.415			0.283	0.283
	10 m															0.362	0.362
	30 m	0.154	0.186	0.127	0.736	0.283	0.115			0.173			0.872			0.388	0.381

Continuación...

		Chl c <sub>3</sub>	Chl c <sub>2</sub>	Per	But-Fuc	Fuc	Prasi	Hex-Fuc	Chlb	Viol	Diad	Allo	Diat	Zea	Lute	DvChla	Chla	ChlaT
H11	0 m	4.959	0.789			0.455		0.145			0.196						0.925	0.925
	10 m	1.443	0.226	0.168	0.498	0.477		0.167			0.686	0.648		0.463			0.953	0.953
	18 m	0.239	0.363			0.972		0.111			0.657						1.523	1.523
J12	0 m	0.746	0.879	0.239	0.230	0.178		0.189			0.144			0.134			0.418	0.418
	7 m	0.623	0.145	0.318	0.446	0.392		0.199			0.156			0.744			0.559	0.559
	13 m	1.835	2.947	4.125	1.365	3.256		0.359			0.136	0.121		0.115			2.487	2.487
J11	0 m	0.539	0.414			0.773		0.822			0.867	0.169		0.544			0.213	0.213
	10 m																0.460	0.401
	21 m	1.571	1.458	0.135	0.725	1.473		0.323			0.157	0.813					2.625	2.625
	30 m	1.138	1.574	0.330	0.437	0.483		0.194	0.712		0.277	0.477		0.155			0.958	0.958
J10	10 m		0.526	0.226		0.788		0.613			0.645			0.474			0.223	0.202
	21 m	0.718	0.232	0.613		0.662		0.115			0.800			0.115			1.123	1.123
	30 m	0.676	0.278			0.746					0.476						1.125	1.125
J09	20 m	0.456	0.973	0.554	0.491	0.486		0.188	0.162		0.533	0.430		0.364			0.933	0.933
	30 m	0.124	0.177	0.613	0.442	0.438		0.772			0.353	0.337		0.244			0.765	0.765
J03	0 m	0.744	0.234			0.335		0.832			0.417			0.495			0.118	0.118
	30 m	0.866	0.121		0.224	0.145					0.379						0.561	0.561
	40 m	0.244	0.413		0.578	0.387		0.137	0.560		0.253	0.189					0.612	0.612
J02	0 m	0.420	0.159	0.001	0.115	0.937		0.129		0.136	0.396	0.241	0.142	0.746			0.256	0.256
	27 m	0.473	0.383			0.253		0.157			0.359	0.146		0.320			0.516	0.516
	31 m	2.437	3.683		0.829	3.279		2.775			0.449	0.725		0.428			2.490	2.490
J01	0 m	3.285	1.153	1.348	1.367	1.698		1.548	0.555		0.187	0.342		0.570	0.148		1.166	1.107
	18 m	0.174	0.336	0.148	0.862	0.188		0.587			0.691			0.336			1.361	1.036

**Anexo VIII.** Abundancia fitoplanctónica (cel/l) superficial del grupo de las Diatomeas del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.

	A04	A05	B04	B05	B06	D02	E04	F05	G01	G02	G03	H01	H07	H08	H09	H10	H11	J04	J05	J06	Total	
<i>Actinoptychus</i>	40			40					40						140		200		40	40		540
<i>Asterolampra</i>							120	480														600
<i>Chaetoceros</i>		1600																				1600
<i>Coscinodiscus</i>	100	400	60	120	40	120	40	40	40	20		80		120	320	120	80		80	80		1860
<i>Coscinosira</i>		2650																				2650
<i>Dactyliosolen</i>			640	200			160				520			280								1800
<i>Ditylum</i>	40			40											40							120
<i>Diploneis</i>				280	480																	760
<i>Fragilaria</i>																	280		120	40		440
<i>Guinardia</i>		500																				500
<i>Hemidiscus</i>							20															20
<i>Lauderia</i>															460							460
<i>Leptocylindrus</i>							1680															1680
<i>Navicula</i>		1300				20			560			200		240	160	20					200	2700
<i>Nitzschia</i>		400																				400
<i>Paralia</i>									160						280							440
<i>Planktoniella</i>							40	40		40	20		80									220
<i>Pleurosigma</i>		5150			40				120			40		80	120		80		40	200		5870
<i>Rhizosolemia</i>								200											20			220
<i>Stephanopixis</i>										400												400
<i>Surirella</i>	40	300	20	40		20						80		200			120	40	40	40		940
<i>Thalassionema</i>	1040	500	400	160	120	360	5240	600		320		80		920	440	240	80				920	11420
<i>Thalassiosira</i>		3000											200	40						120		3360
<b>Total</b>	1260	15800	1120	880	680	520	7300	1360	920	380	940	480	280	1880	1960	380	840	60	440	1520		39000

**Anexo IX.** Abundancia fitoplanctónica (cel/l) en la PMC del grupo de las Diatomeas del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.

	A04	B05	B06	D02	D03	E05	F04	F05	G01	G02	G03	H07	H08	H09	H10	H11	J04	J05	J06	J11	J12	Vaquita	Total	
<i>Actinoptychus</i>	40							120				80			40				160		20		460	
<i>Asterionellopsis</i>		200											2400					200						2800
<i>Asterolampra</i>																80								80
<i>Chaetoceros</i>											654400		10000											664400
<i>Coscinodiscus</i>		200	80		20	40	160	880	40	40	5400	1000	200	40	80	240	80	300	120	280	40	80		9320
<i>Coscosira</i>											1000													1000
<i>Cyclotella</i>	20				40			40				40		80			120		40					380
<i>Cylindrotheca</i>																		5000						5000
<i>Dactyliosolen</i>																				640	920			1560
<i>Detonula</i>											8400													8400
<i>Ditylum</i>			120													120								240
<i>Diploneis</i>		200																						200
<i>Fragilaria</i>				120			40		80	80				40	480	1640	240		480					3200
<i>Fragilariopsis</i>								1160					200	120				100						1580
<i>Guinardia</i>													1200											1200
<i>Hemidiscus</i>								40																40
<i>Lauderia</i>											400													400
<i>Leptocylindrus</i>	80										3200		800										800	4880
<i>Navicula</i>	20				80				120	40	23500	120			40	40	80	200	120	280	160	80		24880
<i>Nitzschia</i>		200									5600		7600					200		40				13640
<i>Paralia</i>									200															200
<i>Planktoniella</i>				40	40		20	80		20	200					40	80		20	40	40			620
<i>Pleurosigma</i>									400	200			400	40	80	40	120		20	120	80	80		1580
<i>Pseudo-nitzschia</i>											80000		10000											90000
<i>Rhizosolemia</i>	40																							40

Continuación...

	A04	B05	B06	D02	D03	E05	F04	F05	G01	G02	G03	H07	H08	H09	H10	H11	J04	J05	J06	J11	J12	Vaquita	Total	
<i>Skeletonema</i>			720										4600											5320
<i>Stephanopixis</i>											2200													2200
<i>Surirella</i>	40	600	80		40	40	40			40		80		40	80	280			40	120	120	200		1840
<i>Thalassionema</i>	1320		240	320	480	440	240	2920	200		100100	3440	2000	520		120		700	320	400	80	480		114320
<i>Thalassiophysa</i>											500													500
<i>Thalassiosira</i>	160	600	80					80			39000	280	300600	80				23400	760	120		560		365720
<b>Total</b>	1720	2000	1320	480	620	600	500	5320	1040	420	923900	5040	340000	960	800	2600	720	30100	2080	2040	1460	2280		1326000

**Anexo X.** Abundancia fitoplanctónica (cel/l) superficial del grupo de las Dinoflagelados del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.

	A04	A05	B04	B05	B06	D02	E04	F05	G01	G02	G03	H01	H07	H08	H09	H10	H11	J04	J05	J06	Total	
<i>Ceratium</i>	20		480	40		120	440	80	60		280	80	2880	480	1320	660		20	120	340	7420	
<i>Dinophysis</i>			200	160		280		80				40	280	280	240	20						1580
<i>Gonyaulax</i>																40						40
<i>Gymnodinium</i>	360	40	760	240	20	840	19760	960	240		40	120	1520	19800	1720	320	1600	160	80	4320	52900	
<i>Noctiluca</i>															80							80
<i>Odonthella</i>	40	20			20		80															160
<i>Oxytoxum</i>													920	40			120					1080
<i>Phalacroma</i>			80			40	20						80	40	40				20			320
<i>Polykrikos</i>	40	40	40				20				40		40	40	40							300
<i>Proocentrum</i>		40											80		160	80						360
<i>Protoperidinium</i>	40	20		20		60	80	280		60	80	80	340	120		40				20		1240
<i>Pyrocystis</i>				40		20	40	120	160			40	40	40	320		120				80	1020
<i>Scripsiella</i>				40		480		560					560	600	200				40			2480
Quiste			20			40	80		80		160			160	160	120	40	60		720		1640
<b>Total</b>	500	160	1580	540	40	1880	20520	2080	540	60	600	360	6740	21600	4280	1280	1880	240	260	5480	70620	

**Anexo XI.** Abundancia fitoplanctónica (cel/l) en la PMC del grupo de las Dinoflagelados del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.

	A04	B05	B06	D02	D03	E05	F04	F05	G01	G02	G03	H07	H08	H09	H10	H11	J04	J05	J06	J11	J12	Vaquita	Total	
<i>Akashiwo</i>		400									400		76000					3150						79950
<i>Alexandrium</i>				1000		240		480	120	100											160			2100
<i>Amphidinium</i>											400							300						700
<i>Ceratium</i>	20			320		240		220	80	640		680	2200	240	840	160	80		40	800	240	120		6920
<i>Dinophysis</i>				80		80		120		40		40	200	80	20	40			160	120	20	40		1040
<i>Diplopsalis</i>												480	200											680
<i>Glenodinium</i>													800					800						1600
<i>Gymnodinium</i>	920		80	32600	5880	11000	200	29320	480	80		22840	2200	1520	80	9600	120		12880	42400	17320	640		190160
<i>Gyrodinium</i>		200			80													900						1180
<i>Heterocapsa</i>											10000							200						10200
<i>Lingulodinium</i>		200											1000											1200
<i>Odonthella</i>																						40		40
<i>Oxytoxum</i>														40							40			80
<i>Phalacroma</i>										40				40					40					120
<i>Polykrikos</i>	40				40				40		20			120		80								340
<i>Prorocentrum</i>														40	40							40		120
<i>Protoperidinium</i>	60			80		200		80		280		20	600	80	7880	40	40		20	120	20	40		9560
<i>Pyrocystis</i>		200		40					40			80		40	80	160		1100	100	80	200	160		2280
<i>Pyrophacus</i>																		200						200
<i>Scrippsiella</i>				180				120				840	25000		40		40				560			26780
<i>Torodinium</i>											10000													10000
Quiste		800						40			15000		1600		40		40	1500		160				19180
<b>Total</b>	1040	1800	80	34300	5960	11800	200	30380	720	1220	35800	25000	109800	2200	9020	10080	320	8150	13240	44400	17880	1040		364430

**Anexo XII.** Abundancia fitoplanctónica (cel/l) superficial del grupo de las Crisofitas, Criptofitas, Cianofitas y Clorofitas del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.

<b>Crisofitas</b>	<b>A04</b>	<b>A05</b>	<b>B04</b>	<b>B05</b>	<b>B06</b>	<b>D02</b>	<b>E04</b>	<b>F05</b>	<b>G01</b>	<b>G02</b>	<b>G03</b>	<b>H01</b>	<b>H07</b>	<b>H08</b>	<b>H09</b>	<b>H10</b>	<b>H11</b>	<b>J04</b>	<b>J05</b>	<b>J06</b>	<b>Total</b>
<i>Dictyocha</i>			20				20	240				60		40				40	120	40	580
<i>Octactis</i>								160	40			40							480		720
<b>Total</b>			20				20	400	40			100		40				40	600	40	1300
<b>Criptofitas</b>	<b>A04</b>	<b>A05</b>	<b>B04</b>	<b>B05</b>	<b>B06</b>	<b>D02</b>	<b>E04</b>	<b>F05</b>	<b>G01</b>	<b>G02</b>	<b>G03</b>	<b>H01</b>	<b>H07</b>	<b>H08</b>	<b>H09</b>	<b>H10</b>	<b>H11</b>	<b>J04</b>	<b>J05</b>	<b>J06</b>	<b>Total</b>
<i>Plagioselmis</i>																	920				920
<i>Hillea</i>	400		480																		880
<b>Total</b>	400		480														920				1800
<b>Cianofitas</b>	<b>A04</b>	<b>A05</b>	<b>B04</b>	<b>B05</b>	<b>B06</b>	<b>D02</b>	<b>E04</b>	<b>F05</b>	<b>G01</b>	<b>G02</b>	<b>G03</b>	<b>H01</b>	<b>H07</b>	<b>H08</b>	<b>H09</b>	<b>H10</b>	<b>H11</b>	<b>J04</b>	<b>J05</b>	<b>J06</b>	<b>Total</b>
																480				480	960
<b>Clorofitas</b>	<b>A04</b>	<b>A05</b>	<b>B04</b>	<b>B05</b>	<b>B06</b>	<b>D02</b>	<b>E04</b>	<b>F05</b>	<b>G01</b>	<b>G02</b>	<b>G03</b>	<b>H01</b>	<b>H07</b>	<b>H08</b>	<b>H09</b>	<b>H10</b>	<b>H11</b>	<b>J04</b>	<b>J05</b>	<b>J06</b>	<b>Total</b>
<i>Piramimona</i>																			840		840

**Anexo XIII.** Abundancia fitoplanctónica (cel/l) en la profundidad máxima de clorofila del grupo de las Prasinofitas, Crisofitas, Criptofitas, Cianofitas, Clorofitas y Euglenofitas del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.

Prasinofitas	A04	B05	B06	D02	D03	E05	F04	F05	G01	G02	G03	H07	H08	H09	H10	H11	J04	J05	J06	J11	J12	Vaquita	Total	
<i>Halosphaera</i>	120																	40000			160	120	40400	
<b>Crisofitas</b>	<b>A04</b>	<b>B05</b>	<b>B06</b>	<b>D02</b>	<b>D03</b>	<b>E05</b>	<b>F04</b>	<b>F05</b>	<b>G01</b>	<b>G02</b>	<b>G03</b>	<b>H07</b>	<b>H08</b>	<b>H09</b>	<b>H10</b>	<b>H11</b>	<b>J04</b>	<b>J05</b>	<b>J06</b>	<b>J11</b>	<b>J12</b>	<b>Vaquita</b>	<b>Total</b>	
<i>Dictyocha</i>				40	40	40						40	200		20									380
<i>Octactis</i>											5800							40						5840
<b>Total</b>				40	40	40					5800	40	200		20			40						6220
<b>Criptofitas</b>	<b>A04</b>	<b>B05</b>	<b>B06</b>	<b>D02</b>	<b>D03</b>	<b>E05</b>	<b>F04</b>	<b>F05</b>	<b>G01</b>	<b>G02</b>	<b>G03</b>	<b>H07</b>	<b>H08</b>	<b>H09</b>	<b>H10</b>	<b>H11</b>	<b>J04</b>	<b>J05</b>	<b>J06</b>	<b>J11</b>	<b>J12</b>	<b>Vaquita</b>	<b>Total</b>	
<i>Plagioselmis</i>											20000													20000
<i>Hillea</i>															1360		1800				840			4000
<b>Total</b>											20000				1360		1800				840			24000
<b>Cianofitas</b>	<b>A04</b>	<b>B05</b>	<b>B06</b>	<b>D02</b>	<b>D03</b>	<b>E05</b>	<b>F04</b>	<b>F05</b>	<b>G01</b>	<b>G02</b>	<b>G03</b>	<b>H07</b>	<b>H08</b>	<b>H09</b>	<b>H10</b>	<b>H11</b>	<b>J04</b>	<b>J05</b>	<b>J06</b>	<b>J11</b>	<b>J12</b>	<b>Vaquita</b>	<b>Total</b>	
														920			1360		1000	1000				4280
<b>Clorofitas</b>	<b>A04</b>	<b>B05</b>	<b>B06</b>	<b>D02</b>	<b>D03</b>	<b>E05</b>	<b>F04</b>	<b>F05</b>	<b>G01</b>	<b>G02</b>	<b>G03</b>	<b>H07</b>	<b>H08</b>	<b>H09</b>	<b>H10</b>	<b>H11</b>	<b>J04</b>	<b>J05</b>	<b>J06</b>	<b>J11</b>	<b>J12</b>	<b>Vaquita</b>	<b>Total</b>	
<i>Tretraselmis</i>																					480			480
<b>Euglenofitas</b>	<b>A04</b>	<b>B05</b>	<b>B06</b>	<b>D02</b>	<b>D03</b>	<b>E05</b>	<b>F04</b>	<b>F05</b>	<b>G01</b>	<b>G02</b>	<b>G03</b>	<b>H07</b>	<b>H08</b>	<b>H09</b>	<b>H10</b>	<b>H11</b>	<b>J04</b>	<b>J05</b>	<b>J06</b>	<b>J11</b>	<b>J12</b>	<b>Vaquita</b>	<b>Total</b>	
<i>Eutreptiella</i>															920				40					960

**Anexo XIV. Concentración de pigmentos y carotenoides del 24 marzo al 1 de abril del 2011 en el área de estudio del AGC.**

		Chl c <sub>3</sub>	Chl c <sub>2</sub>	Per	But-Fuc	Fuc	Prasi	Neo	Hex-Fuc	Chlb	Viol	Diad	Allo	Diat	Zea	Lute	Chlb	Chla	ChlaT	B-caroteno
<b>E05</b>	0 m	1.09	2.17	4.82	0.82	1.63			0.92	0.53	1.23	0.02						4.35	4.35	0.15
	20 m	0.11	0.79	1.74	0.04	0.34			0.08	0.05	0.69	0.02						3.70	3.70	0.12
	30 m	0.08	0.59	1.33		0.28			0.07	0.04	0.03	0.00						2.97	2.97	0.10
<b>Vaquita</b>	2 m		0.12	0.11		0.25		0.00	0.02			0.08	0.03	0.04				0.91	0.91	0.03
	15 m		0.11	0.04		0.19			0.04			0.12	0.07		0.02			0.72	0.72	0.03
<b>E04</b>	0 m		1.38	0.99		0.39			0.14			0.27	0.05					1.46	1.46	0.05
	13 m	0.12	1.41	2.44	0.12	1.26			0.19			0.83	0.04					5.43	5.43	0.18
	25 m	0.10	0.70	0.83		1.08		0.03	0.12			0.36	0.04					3.05	3.05	0.09
	35 m		0.37	0.04		0.54		0.04	0.04			0.07	0.02					1.01	1.01	0.02
<b>F04</b>	0 m		1.72	1.25		1.30		0.03	0.10			0.47	0.06		0.03			2.82	2.82	0.10
	15 m	0.10	0.36	0.15	0.05	0.88			0.10			0.12	0.00					1.66	1.66	0.05
	25 m	0.12	0.86	0.60		1.59			0.20			0.34	0.07					3.32	3.32	0.09
<b>F05</b>	0 m	0.60	0.90	0.85		0.64			0.13			0.47	0.06		0.08			1.77	1.77	0.06
	10 m	0.05	1.25	2.16		0.98			0.18			0.99	0.06		0.01			4.33	4.33	0.13
	35 m	0.08	0.46	0.64		0.77			0.07			0.26	0.02					2.23	2.23	0.07
<b>D03</b>	8 m	1.55	2.69	3.62		0.89			0.47	0.03	0.11	0.57	0.01	0.01				2.61	2.61	0.10
	18 m	0.06	0.43	0.91		0.26			0.05		0.04	0.40			0.01			2.12	2.12	0.08
<b>D02</b>	0 m		0.13	0.20		0.14			0.03			0.18	0.01					0.60	0.60	0.02
	10 m	0.16	1.67	4.35	0.16	0.28						1.52						7.77	7.77	0.25
	30 m		0.20	0.03		0.21			0.01									0.40	0.40	0.02
<b>C05</b>	0 m	0.04	0.28	0.27	0.12	0.44		0.13	0.05	0.41	0.10	0.51	0.00	0.02		0.09	0.41	2.40	2.40	0.00
	7.76 m		1.32	0.68		0.57						0.08	0.15					1.70	1.70	0.07
<b>B06</b>	0 m	0.06	0.15		0.05	0.33			0.07			0.16	0.12		0.08			1.56	1.56	0.06
	10 m		0.22	0.23		0.53			0.10	0.28		0.10	0.09					1.29	1.29	0.06

Continuación....

		Chl c <sub>3</sub>	Chl c <sub>2</sub>	Per	But-Fuc	Fuc	Prasi	Neo	Hex-Fuc	Chlb	Viol	Diad	Allo	Diat	Zea	Lute	Chlb	Chla	ChlaT	B-caroteno
<b>B05</b>	0 m		0.15	0.20		0.32						0.19	0.08					1.33	1.33	0.05
	14 m		0.55	0.06		0.35						0.10	0.02					1.03	1.03	0.03
<b>B04</b>	0 m	0.03	0.15	0.16	0.02	0.23			0.04			0.16	0.06		0.01			1.00	1.00	0.04
<b>A04</b>	0 m	2.33	1.88	0.54	0.04	0.51		0.06	0.07			0.23	0.06					2.10	2.10	0.09
	10 m	0.07	0.44	0.23		0.69		0.11	0.07			0.12	0.06					2.05	2.05	0.06
<b>A05</b>	0 m	0.07	0.19	0.19	0.18	0.13					0.05	0.13	0.06					1.07	1.07	0.04
	6 m					2.06			0.36			0.15	0.07		0.02			1.44	1.44	0.06
<b>G10</b>	0 m	0.02	0.49	1.12		0.28		0.07	0.03			0.55	0.06		0.06			2.53	2.53	0.10
	7 m		3.97	8.90		0.77			0.19			2.62	0.04					13.02	13.02	0.45
	22 m		2.74	7.02		0.83			0.01			0.26	0.12		0.01			1.81	1.81	0.06
<b>G03</b>	0 m	0.01	0.32	0.02		1.02		0.04	0.05			0.31	0.04		0.20			1.56	1.56	0.01
	14 m	0.07	0.66	0.16		1.66		0.07	0.04	0.03	0.01	0.16	0.05		0.01			2.28	2.28	0.08
	35 m	0.02	0.05			0.09			0.02			0.02	0.04					0.34	0.34	0.02
	35 m	0.04	0.01	0.09		0.26		0.09	0.08			0.06	0.11					0.83	0.83	0.03
<b>G02</b>	0 m		0.71	0.20		0.26		0.02			0.03	0.09	0.01					0.48	0.48	0.02
	10 m	0.08	0.62	0.03		1.72		0.11	0.05	0.05		0.27	0.03	0.05		0.01		2.85	2.85	0.08
	20 m		0.43	0.10		1.45		0.09	0.02			0.10						2.30	2.30	0.06
<b>G01</b>	0 m	0.07	0.18	0.02		0.54			0.03			0.16	0.01	0.03	0.01			1.03	1.03	0.03
	12 m	0.07	0.28	0.04	0.03	0.86		0.04	0.05			0.15	0.02					1.59	1.59	0.05
<b>H01</b>	0 m	0.02	0.11			0.34		0.03	0.04			0.10	0.01					0.68	0.68	0.02
	12 m	0.08	0.27	0.03		0.74		0.08	0.06			0.12	0.00		0.01			0.01	0.01	0.04
<b>H07</b>	0 m	0.05	0.18	0.17		0.30			0.03			0.17	0.04	0.00	0.02			0.77	0.77	0.04
	10 m	0.01	0.22	0.35		0.27			0.03			0.19	0.03	0.01	0.02			1.03	1.03	0.04
	23 m	1.53	3.07	6.89		3.24		2.04	1.38			2.09	0.05	0.05				5.51	5.51	0.19
	31 m	0.11	0.73	1.81		0.34		0.12	0.04			0.62	0.02	0.02	0.01			2.99	2.99	0.10
	50 m		0.07	0.03		0.22		0.01				0.05	0.01					0.41	0.41	0.01

Continuación....

		Chl c <sub>3</sub>	Chl c <sub>2</sub>	Per	But-Fuc	Fuc	Prasi	Neo	Hex-Fuc	Chlb	Viol	Diad	Allo	Diat	Zea	Lute	Chlb	Chla	ChlaT	B-caroteno
H08	0 m	0.19	1.47	3.61		0.43						1.57	0.10		0.10			6.88	6.88	0.25
	6 m	0.29	2.49	6.65		0.50		0.18				2.72	0.03	0.07				10.97	10.97	0.39
	19 m	0.05	0.55	1.11		0.73						0.42	0.07					2.86	2.86	0.09
	36 m	0.04	0.43	1.07		0.53			0.07			0.33	0.02					2.22	2.22	0.06
H09	0 m			1.90		1.07				0.22		0.31						1.70	1.70	0.07
	5 m		0.24	0.43		0.18		0.01	0.04			0.24	0.02	0.01	0.02			1.26	1.26	0.05
	12 m	0.04	0.49	0.86	0.05	0.36						0.48	0.04		0.03			2.51	2.51	0.10
H10	15 m	0.02	0.33	0.66		0.34		0.04	0.04			0.24	0.03	0.00				1.71	1.71	0.06
	0 m	0.07	0.14	0.16		0.16			0.12			0.17	0.04	0.04	0.01			0.73	0.73	0.03
	12 m	0.22	2.27	5.48	0.11	0.54			0.19	0.02		1.98	0.06					10.50	10.50	0.30
H11	20 m	0.04	0.44	0.84		0.48						0.42	0.05					2.51	2.51	0.08
	0 m	0.15	0.74	1.57		0.44	0.03			0.06		0.86	0.07	0.06	0.02			4.11	4.11	0.14
	5 m	0.12	0.68	1.48		0.33			0.05	0.09		0.75	0.05	0.07				3.50	3.50	0.11
J12	0 m	1.11	1.86	4.24	0.68	0.83			0.28			0.79	0.01	0.01				3.87	3.87	0.12
	5 m	0.79	1.03	1.47	0.04	0.08						0.57						3.07	3.07	0.10
J11	10 m	0.03	0.30	0.79	0.02	0.09		0.02				0.31						1.45	1.45	0.05
	12 m	0.26	1.97	5.47	0.08	0.32			0.07			1.86	0.04					9.47	9.47	0.35
J06	0 m	0.12	0.43	1.08	0.08	0.15			0.13	0.06		0.43	0.07		0.05			1.30	1.30	0.04
	8 m	0.07	0.40	1.08	0.07	0.15			0.02			0.41	0.03	0.02	0.01			1.93	1.93	0.07
	20 m		0.14	0.33	0.05	0.14		0.03				0.16	0.02					0.69	0.69	0.03
J05	112 m		0.03	0.04		0.06						0.04						0.15	0.15	0.00
	0 m		0.13	0.12	0.08	0.19			0.08			0.17	0.13	0.04	0.02			0.86	0.86	0.03
	15 m	0.06	0.26	0.26	0.04	0.21			0.08	0.19		0.12	0.17		0.02			1.23	1.23	0.05
J04	25 m	0.01	0.22	0.21		0.13			0.02	0.07		0.10	0.17					1.16	1.16	0.05
	0 m	0.06	0.13	0.12		0.36				0.04		0.17	0.10	0.03	0.04			0.87	0.87	0.04
	10 m	0.10	0.20	0.15	0.15	0.28		0.08	0.26			0.12	0.09					0.99	0.99	0.04
	23 m	0.14	0.24	0.03	0.13	0.42			0.37	0.35		0.14	0.01	0.01	0.01			1.63	1.63	0.06

**Anexo XV.** Abundancia fitoplanctónica de las diatomeas en la Bahía de San Quintín para la serie de tiempo del 2011.

Semana	<i>Achnanthes</i>	<i>Actinoptychus</i>	<i>Amphora</i>	<i>Asterionella</i>	<i>Bacillaria</i>	<i>Bacteriastrium</i>	<i>Chaetoceros</i>	<i>Climacosphenia</i>	<i>Cocconeis</i>	<i>Coscinodiscus</i>	<i>Cyclotella</i>	<i>Dactyliosolen</i>	<i>Detonula pumila</i>	<i>Diploneis</i>	<i>Ditylum</i>	<i>Entomoneis</i>	<i>Ephitemia</i>	<i>Eucampia</i>	<i>Grammatophora</i>
7	40						760					80						1520	
8			120				360		40	40		40						80	120
9			80				520		40		120							80	280
10																			
11			80				280		1120	80								40	280
12							720		200										
13							3360		80		40							480	
14	40						1640			20	40				20			1040	1240
15	20				200		160		160		40								40
16																			
17			40				1200		80	40	40	480					440		
18	40	20	360				80		200		280								
19			240		220				240			80							
20	80	40	320	160	760		280	80	240		40	160		40					
21	40				160				200		120								
22								200	120	20	120								
23	80		40		280			60	40		40								
24				120				80	200		20	80							120
25	560								80	20	40								
26			240					40	840	20	120								1400
27						40			200	40		1960						80	
28							13720		40	40		2040						400	
29									160				240					240	
30																			
31					400			40	40		100								240
32									280	40									160
33	40					40	340		80	20						40			960
34						80			40	20									240
35						40	440	40						80					7040
36			120					40	80			160							560
37			120			400													7920
38																			680

Semana	<i>Achnanthes</i>	<i>Actinopterychus</i>	<i>Amphora</i>	<i>Asterionella</i>	<i>Bacillaria</i>	<i>Bacteriastrium</i>	<i>Chaetoceros</i>	<i>Climacosphenia</i>	<i>Cocconeis</i>	<i>Coccinodiscus</i>	<i>Cyclotella</i>	<i>Dactyliosolen</i>	<i>Detonula pumila</i>	<i>Diploneis</i>	<i>Ditylum</i>	<i>Entomoneis</i>	<i>Ephitemia</i>	<i>Eucampia</i>	<i>Grammatophora</i>
39																			
40			120						40										
41			80						60					40		40		200	
42			40	1240			1360				20	240							
43				160					80		120	160							80
44																			
45																			
46		40	40						80								80		
47	120								40										
48																			
49											80								
50											80	1640							
51									20		40					40			

Semana	Guinardia	Gyrosigma	Hantzschia	Hemiaulus	Leptocylindrus	Licmophora	Mastogloia	Melosira	Navicula	Odontella	Paralia	Fragilaria	Pleurosigma	Pseudo-Nitzschia	Rhizosolenia	Skeletonema	Synedra	Thalassionema	Thalassiosira	Thalassiothrix	Toxarium
7	480			160	2440	160		240	1560	140				3400	240	3160		1720	640		
8	720				160								120	880						320	
9	440			160									40	640	40	2000					
10																					
11	600					400							240	840		200		160	80		
12	640					280	40					0	40	1880		560		40	240		
13	920					80		560				0	120	680				80	40		
14	5920			760				600				40		4160		2800		200	360		
15						200		160				0	240	1160	20				280		
16																					
17		200				440							40	920		1160		80	160		40
18		40	20			40					280	0		640							
19		600	40		280	40						0		560		380					
20		400	40			160						0		1640		600	40				80
21		160				40						0		1280		480			720		
22		640				40		200						2320		600			120		
23		760	40			60						0		760					80		
24		1980													20	800					
25		460				40						0		1280		1520		140			20
26		360				80				520				720					80		
27	160					80							120	2360		480					
28	720			80							140	0	40	6200		2160				680	
29	40		40		280								40	2720		320			120		
30																					
31						20							120	5920		320					
32		80												720					80	160	
33													80	320		400					
34		40				80		120					40	280							
35		120				40		180					40	3240		300			40		
36													120	2520		400			240		
37					840	20						0	40	640		240					
38						20						0	20	6280	40						
39																					
40						40							320	400							
41													240	160							
42											440		40	960		1200			200		
43													60	440						160	
44																					

Semana	<i>Guinardia</i>	<i>Gyrosigma</i>	<i>Hantzschia</i>	<i>Hemiaulus</i>	<i>Leptocylindrus</i>	<i>Licmophora</i>	<i>Mastogloia</i>	<i>Melosira</i>	<i>Navicula</i>	<i>Odontella</i>	<i>Paralia</i>	<i>Fragilaria</i>	<i>Pleurosigma</i>	<i>Pseudo-Nitzschia</i>	<i>Rhizosolenia</i>	<i>Skeletonema</i>	<i>Synedra</i>	<i>Thalassionema</i>	<i>Thalassiosira</i>	<i>Thalassiothrix</i>	<i>Toxarium</i>	
45																						
46													120									
47													40				40					
48															20			80				
49														600								
50				160						40			20									
51						20							80									

**Anexo XVI.** Abundancia fitoplanctonica de las dinoflagelados en la Bahía de San Quintín para la serie de tiempo del 2011.

Semana	<i>Ceratium</i>	<i>Dinophysis</i>	<i>Gymnodinium</i>	<i>Gyrodinium aureolum</i>	<i>Heterocapsa</i>	<i>Noctiluca</i>	<i>Pyrophacus</i>	<i>Prorocentrum</i>	<i>Protoperidinium</i>	<i>Scrippsiella</i>	<i>Pyrocystis</i>	<i>Lingulodinium</i>	<i>Oxytoxum</i>	<i>Zygabikodinium</i>
7	20		120	120	40			1000	80	80				40
8														
9														
10														
11								80						40
12														
13							40	40	20					
14							20		40					
15	40								160					
16														
17		40	20			60	40		60	40				
18			20				40							
19			40						40					
20														
21			40											
22						40								
23			40			20								
24			140						40					
25	20													
26			200								40			
27			1320						20	40				
28	40	40	40			20	40	20	200	200		60		
29			360		360			20	40	40				
30														
31		20	40											
32			1400						20					
33			880					20	40					
34	80		1440			80	40	20	40	240			40	
35			160				40	80	40	40			40	
36	20		800							80				
37	480		200				40	60	80					
38	240		40			120	20	20	40					
39														
40			120											
41			40											
42	40		40					40	40					
43	160		120					320		120				
44														

<b>Semana</b>	<b>Ceratium</b>	<b>Dinophysis</b>	<b>Gymnodinium</b>	<b>Gyrosigma</b>	<b>Heterocapsa</b>	<b>Noctiluca</b>	<b>Pyrophacus</b>	<b>Prorocentrum</b>	<b>Protoperidinium</b>	<b>Scrippsiella</b>	<b>Pyrocystis</b>	<b>Lingulodinium</b>	<b>Oxytoxum</b>	<b>Zygabikodinium</b>
45														
46														
47	480	40						22	80	20				
48	820	20			80			920		20				
49	240	40	40					320						
50	200	40	40					160		40		40		
51	120	20	40					40	80	20				

**Anexo XVII.** Abundancia fitoplanctonica de las Primesofitas, Prasinofitas, Criptofitas, Clorofitas, Rafidofitas, Dictiofitas y Cianofitas en la Bahía de San Quintín para la serie de tiempo del 2011.

Semanas	Primesofitas	Prasinofitas	Criptofitas		Clorofitas	Rafidofitas	Dictiofitas	Cianofita	
	<i>Imantonia sp.</i>	<i>Tetraselmis sp.</i>	<i>Hillea sp.</i>	<i>Leucocryptos sp.</i>	<i>Eutreptiella sp.</i>	<i>Heterosigma sp.</i>	<i>Dictyochoa sp.</i>	<i>Oscillatoria sp.</i>	<i>Anabaena sp.</i>
7	2840		440						
8	1600		1200		40	400			
9	3720		800	400					
10									
11	600				360				
12	840				480	1120			
13	920				400				
14					240				
15		2040	1640		520				
16									
17		800	1520		320				
18		960	2720		1800	1840			
19			2800		640				
20		240	2400		160	400			
21		1000	1440		520				
22				1080	80				
23		600	1080		760				
24			1240		480				
25		1120	1280						
26		600	1400		960			1000	
27	600	400	480	1400	960				
28	1800		600		400				
29	1000		440		600	400			1040
30									
31	1440		2840		1440				
32	400	400	1000		800	760			
33	480		440	400	600	1128		1800	
34	200		1680	240	800	400			
35			480	1000	40	560			
36	920		1440		480	80			
37		1000	1200		520				
38	240		640	20	240	120			
39									
40	320	120	1440		40	320			
41	600		2480		520	480		1000	

Semanas	Primesofitas	Prasinofitas	Criptofitas		Clorofitas	Rafidofitas	Dictiofitas	Cianofita	
	<i>Imantonia</i> sp.	<i>Tetraselmis</i> sp.	<i>Hillea</i> sp.	<i>Leucocryptos</i> sp.	<i>Eutreptiella</i> sp.	<i>Heterosigma</i> sp.	<i>Dictyocha</i> sp.	<i>Oscillatoria</i> sp.	<i>Anabaena</i> sp.
42	280		1800			160			
43	1200		1280		1000				
44									
45									
46			80						
47	80		560		80				
48					160		40		
49					520	40			
50			120			80	40		
51	200		800		200				

**Anexo XX. Concentración de pigmentos y carotenos en la Bahía de San Quintín para la serie de tiempo del 2011.**

Semana	Chl c <sub>3</sub>	Chl c <sub>2</sub>	Per	But-fuco	Fuco	Hex-fuco	Prasi	Viol	Diad	Alo	Diato	Zea	Lut	Chlb	DVChla	Chla	ChaT
7	0.04	0.29	0.11	0.00	0.73	0.00	0.02	0.12	0.05	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.32	2.32
8	0.00	0.15	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.03	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.48	1.48
9	0.00	0.06	0.00	0.06	0.19	0.00	0.00	0.00	0.04	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.55	0.68
10																	
11	0.00	0.30	0.00	0.00	0.92	0.00	0.10	0.04	0.01	0.18	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	2.36	2.36
12	0.00	0.11	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.91	0.91
13	0.00	0.08	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.54	0.08	0.00	0.00	0.04	0.06	0.00	0.56	0.56
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.63
15	0.00	0.12	0.00	0.00	0.25	0.08	0.00	0.05	0.04	0.18	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	1.24	1.24
16																	
17	0.00	0.13	0.00	0.00	0.05	0.09	0.00	0.00	0.18	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91	0.91
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.04	0.00	0.00	0.01	0.09	0.00	0.04	0.00	0.00	0.15	0.37	0.53
19	0.00	0.11	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.09	0.04	0.19	0.00	0.07	0.00	0.00	0.09	0.96	1.05
20	0.00	0.12	0.00	0.00	0.49	0.00	0.05	0.10	0.06	0.19	0.03	0.07	0.00	0.00	0.05	1.19	1.23
21	0.00	0.18	0.00	0.00	0.38	0.00	0.04	0.06	0.03	0.32	0.00	0.05	0.00	0.27	0.00	1.58	1.58
22	0.00	0.42	0.00	0.00	0.76	0.04	0.00	0.10	0.05	0.83	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	3.57	3.57
23	0.00	0.12	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.04	0.03	0.23	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.88	0.88
24	0.00	0.83	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	0.02	0.03	0.14	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.77	0.77
25	0.00	0.11	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.08	0.24	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	1.05	1.05
26	0.00	0.07	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.07	0.18	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.78	0.78
27	0.00	0.16	0.00	0.00	0.23	0.00	0.02	0.08	0.04	0.48	0.00	0.05	0.00	0.32	0.12	1.56	1.68
28	0.00	0.31	0.00	0.00	2.01	0.00	0.02	0.00	0.04	0.15	0.00	0.00	0.05	0.44	0.00	1.67	1.67
29	0.00	0.26	0.03	0.00	0.12	0.00	0.03	0.04	0.05	0.22	0.00	0.10	0.00	0.25	0.00	1.34	1.34
30																	
31	0.00	0.20	0.00	0.00	0.32	0.00	0.04	0.07	0.05	0.35	0.00	0.00	0.07	0.29	0.00	1.71	1.71
32	0.00	0.34	0.11	0.00	0.37	0.00	0.12	0.12	0.06	0.56	0.00	0.00	0.18	0.84	0.00	3.52	3.52

Semana	Chl c <sub>3</sub>	Chl c <sub>2</sub>	Per	But-fuco	Fuco	Hex-fuco	Prasi	Viol	Diad	Alo	Diato	Zea	Lut	Chlb	DVChla	Chla	ChaT
33	0.00	0.02	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.04	0.07	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.25	0.25
34	0.08	0.19	0.09	0.00	0.44	0.00	0.07	0.10	0.07	0.30	0.00	0.00	0.09	0.48	0.00	2.48	2.48
35	0.00	0.33	0.00	0.00	0.58	0.05	0.00	0.00	0.10	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.27	1.27
36	0.00	0.22	0.00	0.00	0.31	0.02	0.00	0.00	0.04	0.32	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	1.51	1.51
37	0.00	0.33	0.06	0.09	0.35	0.13	0.08	0.03	0.12	0.73	0.00	0.10	0.03	0.39	0.00	3.10	3.10
38	0.00	0.13	0.00	0.00	0.35	0.00	0.06	0.00	0.06	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.42	1.42
39																	
40	0.00	0.12	0.05	0.00	0.18	0.00	0.02	0.00	0.08	0.25	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.93	0.93
41	0.00	0.06	0.03	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.49	0.49
42	0.00	0.16	0.00	0.00	0.38	0.06	0.00	0.00	0.07	0.31	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	1.30	1.30
43	0.00	0.16	0.00	0.00	0.38	0.06	0.00	0.04	0.07	0.31	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	1.30	1.30
44																	
45																	
46	0.00	0.06	0.05	0.07	0.27	0.00	0.00	0.00	0.04	0.12	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65	0.65
47	0.00	0.08	0.07	0.04	0.16	0.03	0.00	0.00	0.05	0.13	0.09	0.00	0.00	0.24	0.07	0.82	0.90
48	0.03	0.16	0.20	0.07	0.16	0.04	0.00	0.00	0.08	0.15	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	1.12	1.12
49	0.06	0.15	0.17	0.05	0.21	0.11	0.06	0.00	0.03	0.25	0.05	0.00	0.00	0.38	0.00	1.73	1.73
50	0.04	0.14	0.06	0.01	0.25	0.11	0.04	0.00	0.08	0.20	0.07	0.00	0.00	0.26	0.00	1.37	1.37
51	0.04	0.18	0.02	0.02	0.22	0.09	0.05	0.00	0.09	0.33	0.06	0.00	0.00	0.26	0.03	1.78	1.80