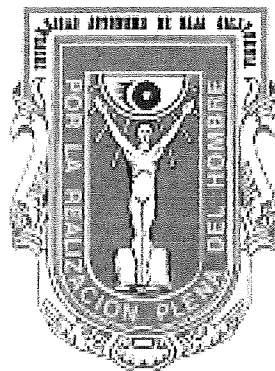


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



**Variación Espacial y Temporal de la Producción
Primaria del Fitoplancton en la Corriente de California,
a partir de imágenes del CZCS.**

Tesis que para obtener el grado de
Maestro en Ciencias

Presenta

Oscar Alcides Barocio León

Ensenada, Baja California. Mayo de 2002.

**Variación Espacial y Temporal de la Producción Primaria
Del Fitoplancton en la Corriente de California, a partir de
Imágenes del CZCS.**

TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

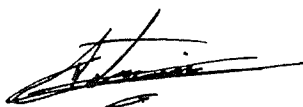
MAESTRO EN CIENCIAS

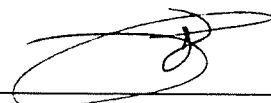
EN OCEANOGRAFÍA COSTERA
PRESENTA:

Ocean. OSCAR ALCIDES BAROCIO LEÓN

APROBADA POR:


DIERECTOR DE TESIS
Dr. Roberto Millán Núñez


SINODAL
Dr. Eduardo Santamaría del Ángel


SINODAL
MC. Rafael Hernández Walls

RESUMEN.

Para estimaciones de la producción primaria a gran escala se pueden utilizar imágenes de color del océano obtenidas mediante sensores remotos, los cuales captan únicamente información de la primera profundidad óptica (~ 8 a 10 metros), dependiendo de la concentración de materia en suspensión y concentración de clorofila. Un factor a considerar es que la distribución del fitoplancton no es homogénea en la columna de agua, por lo que es necesario modelar los perfiles de clorofila a partir de la concentración superficial de la misma. Otros aspectos a considerar son los factores ambientales, ecológicos y fisiológicos que intervienen. En el presente trabajo se estimaron los perfiles de clorofila, para posteriormente estimar la producción primaria del fitoplancton en la zona eufótica de la Corriente de California durante el periodo en que el sensor CZCS proveyó información (de 1978 a 1986). Se hicieron estimaciones considerando la zona eufótica tanto hasta el 1% como el 0.1% de E_0 , encontrando que la diferencia entre ambas consideraciones fue siempre menor al 1%. El promedio de la producción primaria estimado fue de $299.15 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ para la región costera y $90.08 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ para la región alejada de la costa de la Corriente de California, desde Punta Concepción hasta Punta Eugenia. Aunque se encontraron variaciones año con año en la distribución de la clorofila superficial, no se encontró un patrón definido en cuanto a la temporalidad. Se encontró que en 1984 hubo concentraciones bajas de clorofila que se debieron al fenómeno de "El Niño", y en 1986 se presentaron áreas extensas de clorofila elevada en la región costera de Baja California. Al estudiar la variación espacial de la producción primaria, fue notorio que en la zona alejada de la costa, el promedio de ésta fue del 30% de la de la encontrada en la zona costera. En algunas imágenes fue notorio el llamado "Frente de Ensenada" descrito por diversos autores, presentando un acercamiento a la costa de agua con concentraciones de clorofila correspondientes a aguas alejadas de la costa. Este fenómeno no fue consistente en todas las imágenes. Las producciones calculadas fueron menores a las estimadas por otros autores a partir de imágenes del CZCS debido a varios factores, entre los cuales se encuentra el enfoque regional del presente trabajo; la consideración de que el K_d depende de la concentración superficial de clorofila para la zona de estudio, por lo que no es homogénea; y los parámetros de la curva P-E utilizados, principalmente. Es necesario enfocar los esfuerzos de investigación a estimar los parámetros de la curva P-E en toda la Corriente de California y a la estimación más acertada de los perfiles de clorofila en la misma si se pretende calcular la producción primaria por medio de sensores remotos con mayor exactitud.

DEDICATORIA

A Jesucristo, quien es mi Señor y Salvador.

A mi esposa Paola Gabriela
Por su apoyo, amor y comprensión.

A mi hija Magda Lucía
Por su amor y cariño, que siempre han sido motivantes.

A mi madre Victoria
Por su ejemplo fundamental y haberme guiado
por el camino correcto.

A mis hermanos:
Carlos Humberto y Sergio Alfredo
Por compartir tantos momentos inolvidables conmigo.

AGRADECIMIENTOS.

Quiero agradecer al Dr. Roberto Millán Núñez por su dirección y ayuda acertadas en la realización de este trabajo.

Agradezco también al Dr. Eduardo Santamaría del Ángel y al MC Rafael Hernández Walls por sus valiosas asesorías y sugerencias que ayudaron a que este trabajo mejorara en muchos aspectos. Agradezco al Dr. Eduardo Santamaría del Ángel y por haber realizado gran parte del procesamiento de las imágenes de satélite y a Rafael Hernández Walls por su colaboración en la formulación del programa que facilitó la obtención de información de las imágenes para los cálculos correspondientes.

Mi sincero reconocimiento a todos aquellos compañeros y personal de la Facultad de Ciencias Marinas y del Instituto de Investigaciones Oceanológicas, que aportaron de su tiempo y conocimiento para mi formación académica y que de una u otra forma colaboraron en la formulación del presente trabajo.

Agradezco también a la Universidad Autónoma de Baja California y al personal administrativo de la Facultad de Ciencias Marinas por su apoyo y disposición de ayuda incondicionales durante mis estudios.

Agradezco a CoNaCyT por la beca que me otorgó durante el estudio de la maestría, sin la cual me hubiera sido imposible completar mis estudios.

ÍNDICE

	Página
Introducción y antecedentes	1
Área de estudio	4
Objetivos	6
Objetivo general	6
Objetivos específicos	6
Metodología	7
Regionalización	7
Temporalidad	8
Categorización de la Clorofila <u>a</u> superficial	10
Cálculo de la Clorofila <u>a</u> superficial promedio y área de cada categoría	10
Cálculo de los perfiles de Clorofila promedio	12
Cálculo de los perfiles de Producción Primaria	13
Coeficiente de atenuación de luz difusa (K_d)	16
Parámetros fotosintéticos	18
Cálculo de la Producción Primaria integrada	19
Resultados	20
Imágenes promedio de Clorofila superficial	20
Porcentajes de cobertura de las categorías de Clorofila superficial	23
Valores promedio de Clorofila superficial, K_d y parámetros de los perfiles de Clorofila	32
Profundidad de la Zona Eufótica	32
Producción Primaria integrada por día ($\text{g C m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)	37

Producción Primaria diaria por subregión (Tons C h ⁻¹)	37
Promedio diario de Producción Primaria por subregión (g C g C m ⁻² día ⁻¹)	44
Promedio anual de Producción Primaria por subregión (g C m ⁻² año ⁻¹)	44
Producción Primaria total por subregión (Gt C año ⁻¹)	44
Discusiones	51
Conclusiones	58
Recomendaciones	59
Bibliografía	60

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Mapa mostrando el área de estudio y las regiones y subregiones en que esta se dividió	6
2	Ejemplo de perfil de Clorofila	12
3	Imagen de 1979 SC TF	21
4	Imagen de 1979 SC TC	21
5	Imagen de 1980 SC TF	21
6	Imagen de 1980 SC TC	21
7	Imagen de 1981 SC TF	21
8	Imagen de 1981 SC TC	21
9	Imagen de 1982 SC TF	21
10	Imagen de 1982 SC TC	21
11	Imagen de 1983 SC TF	21
12	Imagen de 1983 SC TC	21
13	Imagen de 1984 SC TF	21
14	Imagen de 1984 SC TC	21
15	Imagen de 1985 SC TF	21
16	Imagen de 1985 SC TC	21
17	Imagen de 1986 SC TF	21
18	Imagen de 1979 BC TF.....	22
19	Imagen de 1979 BC TC	22
20	Imagen de 1980 BC TF	22

Figura	Página
21 Imagen de 1980 BC TC	22
22 Imagen de 1981 BC TF	22
23 Imagen de 1981 BC TC	22
24 Imagen de 1982 BC TF	22
25 Imagen de 1982 BC TC	22
26 Imagen de 1983 BC TF	22
27 Imagen de 1983 BC TC	22
28 Imagen de 1984 BC TF	22
29 Imagen de 1984 BC TC	22
30 Imagen de 1985 BC TF	22
31 Imagen de 1985 BC TC	22
32 Imagen de 1986 BC TF	22
33 Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones SCo y SCi en las imágenes promedio de 1979	24
34 Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones BCi y BCo en las imágenes promedio de 1979	24
35 Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones de SCo y SCi en las imágenes promedio de 1980.....	25
36 Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones de BCi y BCo en las imágenes promedio de 1980	25
37 Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones de SCo y SCi en las imágenes promedio de 1981	26
38 Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones de BCi y BCo en las imágenes promedio de 1981.....	26
39 Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones de SCo y SCi en las imágenes promedio de 1982	27

Figura		Página
40	Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones de BCi y BCo en las imágenes promedio de 1982	27
41	Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones de SCo y SCi en las imágenes promedio de 1983	28
42	Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones de BCi y BCo en las imágenes promedio de 1983	28
43	Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones de SCo y SCi en las imágenes promedio de 1984	29
44	Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones de BCi y BCo en las imágenes promedio de 1984	29
45	Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones de SCo y SCi en las imágenes promedio de 1985	30
46	Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones de BCi y BCo en las imágenes promedio de 1985	30
47	Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones de SCo y SCi en las imágenes promedio de 1986	31
48	Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones de BCi y BCo en las imágenes promedio de 1986	31

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1 Número de imágenes del CZCS promediadas en cada año para cada temporada y región	9
2 Categorías en las que se clasificó la clorofila superficial	11
3 Ubicación, área, duración promedio del día y valores de E_0 ($W\ m^{-2}$) y por subregión y temporada	15
4 Valores promedio de clorofila superficial ($mg\ m^{-3}$), K_d (m^{-1}) y parámetros de los perfiles de clorofila para la región del SC (1979-1982)	33
5 Valores promedio de clorofila superficial ($mg\ m^{-3}$), K_d (m^{-1}) y parámetros de los perfiles de clorofila para la región del SC (1983-1986)	34
6 Valores promedio de clorofila superficial ($mg\ m^{-3}$), K_d (m^{-1}) y parámetros de los perfiles de clorofila para la región de BC (1979-1982)	35
7 Valores promedio de clorofila superficial ($mg\ m^{-3}$), K_d (m^{-1}) y parámetros de los perfiles de clorofila ($h(mg\ m^{-2})$, $\sigma(m)$, $Z_m(m)$ y $B_0(mg\ m^{-3})$) para la región de BC (1983-1986)	36
8 Profundidad en metros de la zona eufótica para cada una de las categorías de clorofila superficial en las diferentes subregiones de y SC y sus temporadas.....	38
8 Profundidad en metros de la zona eufótica para cada una de las categorías de clorofila superficial en las diferentes subregiones de y BC y sus temporadas.....	39
9 Valores de Producción Primaria diaria integrada por m^2 hasta el 1% de E_0	40
10 Valores de Producción Primaria diaria integrada por m^2 hasta el 0.1% de E_0	41
11 Valores de Producción Primaria diaria por subregión hasta el 1% de E_0	42

12	Valores de Producción Primaria diaria por subregión hasta el 0.1% de E_o	43
13	Valores promedio de Producción Primaria diaria por m^2 integrada hasta el 1% de E_o	45
14	Valores promedio de Producción Primaria diaria por m^2 integrada hasta el 0.1% de E_o	45
15	Promedios diarios de Producción Primaria ponderados por área de las subregiones alejadas de la costa (SCo y BCo) y costeras (SCi y BCi) hasta el 0.1% de E_o	46
16	Valores promedio de Producción Primaria anual por m^2 integrada hasta el 1% de E_o	47
17	Valores promedio de Producción Primaria anual por m^2 integrada hasta el 0.1% de E_o	47
18	Promedios anuales de Producción Primaria de las subregiones alejadas de la costa (SCo y BCo) y costeras (SCi y BCi) hasta el 0.1% de E_o	48
19	Área superficial de las subregiones y valores de Producción Primaria integrada hasta el 1% de E_o	49
20	Área superficial de las subregiones y valores de Producción Primaria integrada hasta el 0.1% de E_o	49
21	Número de perfiles de Clorofila usados en el modelo para cada temporada y en cada subregión	50

Variación Espacial y Temporal de la Producción Primaria del Fitoplancton en la Corriente de California, a partir de imágenes del CZCS.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.

Entender el flujo del carbón en el océano y en la atmósfera nos da la base para poder clarificar los mecanismos que están ocurriendo a nivel global, como el efecto invernadero producido por el CO_2 , que es uno de los factores que se sabe incrementa la temperatura global del planeta. Es por esto, que el monitorear estos flujos puede ayudar a entender parte de los cambios climáticos que están ocurriendo a nivel global. Por otro lado, la cantidad de fitoplancton en el océano representa la biomasa inicial de la cadena trófica, es decir, mientras mayor sea la biomasa del fitoplancton mayor alimento hay para los organismos del segundo nivel trófico, teniendo así el fitoplancton un papel fundamental en la red trófica.

En la actualidad una de las metas en la oceanografía es determinar y entender a escala global los procesos que controlan la variación de los flujos de carbono asociados con elementos biogénicos en el océano. La determinación de la Producción Primaria (PP) es requerida, no solamente para la aplicación en estudios de la trama trófica marina, sino también en cálculos concernientes a ciclos biogeoquímicos del carbón y oxígeno (Malone y Roederer, 1985).

Uno de los factores de importancia en la estimación de la PP es la cantidad de luz disponible para la fotosíntesis, por lo que es fundamental conocer su disponibilidad en el medio acuático. La proporción en que la luz se va atenuando con la profundidad en el medio acuático es descrita por el Coeficiente de atenuación de luz difusa (K_d) (Kirk, 1994). La fotosíntesis del fitoplancton en el océano se lleva a cabo en la columna de agua hasta una

profundidad donde la irradiancia corresponde al 1% de la superficial (E_0), aunque algunos autores utilizan el 0.1% de E_0 como el fondo de la zona eufótica en la estimación de la PP integrada (Venrick *et al.*, 1973; Platt *et al.*, 1995; Longhurst *et al.*, 1995).

La abundancia y distribución de la biomasa fitoplanctónica es variable en un amplio intervalo de escalas de tiempo y espacio (Steele, 1978; Esaias, 1981). El mapeo sinóptico de los pigmentos del fitoplancton en la capa superior del océano es posible mediante mediciones por sensores remotos como el Coastal Zone Color Scanner (CZCS) que orbitó a bordo del satélite Nimbus 7. Mediante la toma de datos de radiancia en 4 canales del espectro de luz visible, el CZCS proveyó información durante el periodo de octubre de 1978 a junio de 1986. Esta información permite calcular la concentración de clorofila a (que en lo subsiguiente será nombrada como clorofila), sumada a la feofitina a , en la primera profundidad óptica (de la superficie del mar a una profundidad (Z) donde $Z = K_d^{-1}$; K_d es el coeficiente de atenuación de luz). La zona eufótica tiene 4.6 profundidades ópticas, si se considera el fondo de la zona eufótica como la profundidad donde la irradiancia es 1% de la incidente justo por debajo de la superficie del mar. La National Aeronautics and Space Administration (NASA) puso en órbita el sensor Sea-viewing Wide Field of View Sensor (SeaWiFS) a bordo del satélite Seastar, en septiembre de 1997. Este sensor está equipado con dos canales más en la región del espectro de luz visible que el CZCS (Lewis, 1992), y se presume proveerá de imágenes útiles para la estimación de la PP a nivel global, por lo que se podría dar una continuidad a las investigaciones basadas en las imágenes de CZCS.

Las observaciones por medio de satélite son a la fecha el único medio práctico para medir la clorofila a escalas globales, mediante las cuales se puede inferir la biomasa del fitoplancton, permitiendo revisar grandes áreas del océano simultáneamente. Con estas imágenes se puede observar una distribución irregular en forma de manchas, lengüetas y

meandros, generalmente con altas concentraciones cercanas a la costa y decreciendo hacia mar abierto, presentando máximos en zonas de surgencia. (Smith *et al.*, 1988; Platt y Sathyendranath, 1988; Lewis, 1992).

Además de la variabilidad espacial de la concentración de clorofila en sentido horizontal, su distribución vertical en la zona eufótica no es homogénea, por lo tanto la concentración de clorofila en superficie no es representativa de la columna de agua en la mayoría de las veces (Cullen, 1982; Cullen *et al.*, 1981; Hayward y Venrick, 1982). Las causas y la significancia del Máximo Profundo de Clorofila (MPC) han sido reportadas por muchos investigadores. Jerlov (1959) mencionó que el MPC es debido al hundimiento de las células. Lorenzen (1967), sugiere que se debe a la diferencia de pastoreo en niveles de la columna de agua, la adaptación a la luz, y cambio de la composición taxonómica. Anderson (1969) hipotetizó que el MPC es formado a profundidades por fitoplancton adaptado a bajos niveles de irradiancia de luz, incrementando la clorofila por célula. Cullen (1982) mencionó que el MPC está típicamente asociado con la nitroclina, y representa una biomasa de fitoplancton máximo en lugar de un incremento de clorofila por célula. Como quiera que sea, el hecho es que se ha comprobado que el MPC es frecuente en el medio marino.

En la región de la Corriente de California (CC), se ha reportado que el MPC es una forma típica de los perfiles de clorofila, variando en profundidad estacionalmente e incrementando de norte a sur (Hayward *et al.*, 1995; Millán-Núñez *et al.*, 1996).

Platt y Sathyendranath (1993) mencionaron seis pasos a seguir para estimar la PP integrada en la columna de agua, utilizando datos de sensores remotos y modelos de luz-fotosíntesis (P-E). A continuación se enlistan estos 6 pasos:

- 1) Calcular la luz disponible en la superficie del mar, tomando en cuenta la pérdida por la interfase aire-mar (E_0 , irradiancia incidente justo debajo de la superficie del mar).

- 2) Estimar la biomasa del fitoplancton en la superficie como clorofila.
- 3) Definir el perfil de biomasa desde la superficie a la base de la zona eufótica ($\sim 1\%$ de E_0).
- 4) Conocer los parámetros del modelo fotosíntesis-luz. (α^B (pendiente inicial de la curva fotosíntesis-intensidad luminosa), P_m^B (fotosíntesis máxima por unidad de clorofila))
- 5) Calcular los parámetros de transmisión de luz bajo el agua (como el coeficiente de atenuación de luz difusa, K_d).
- 6) Calcular la productividad primaria en la columna de agua mediante el modelo fotosíntesis-luz.

Mediante las imágenes del CZCS, Longhurst *et al.*, (1995) estimaron la PP global de los océanos en $45\text{--}50 \text{ Gt C año}^{-1}$ utilizando modelos analíticos de fotosíntesis-luz, dividiendo los océanos en 57 provincias biogeográficas. Dos de estas provincias abarcan la CC, en las cuales estimaron $1.06 \text{ g C m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ equivalentes a $388 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ y 37 Gt C año^{-1} para la provincia CCAL (California Upwelling Coastal), y $0.32 \text{ g C m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ equivalentes a $117 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ y 28 Gt C año^{-1} para la provincia OCAL (Offshore California Current).

ÁREA DE ESTUDIO.

El área de estudio comprende las porciones de la costa del Sur de California y Baja California enmarcadas entre los 25° y 35° de Latitud Norte y los 114° y $122^\circ 30'$ de Longitud W, abarcando las regiones del Sur de California y Baja California de la CC (Fig.1).

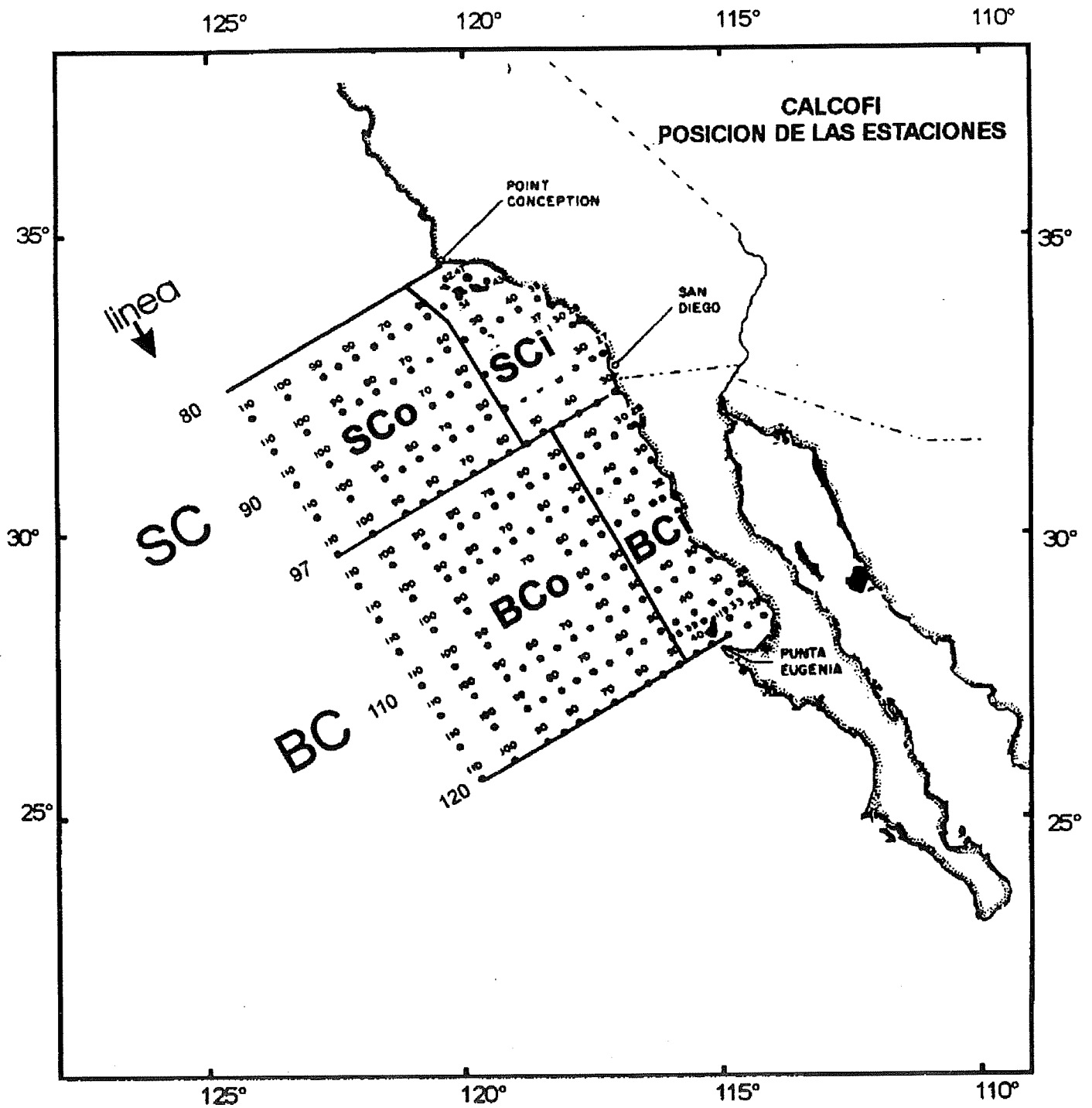


Figura. 1. Mapa mostrando el área de estudio y las regiones y subregiones en que esta se dividió (Modificado de Millán-Núñez *et al.*, 1997).

OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL:

- Estimar la Productividad Primaria del fitoplancton en la zona eufótica de la CC, a partir de las imágenes del CZCS (1978 a 1986).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Estimar los perfiles de clorofila a, a partir de la concentración superficial de la misma calculada mediante las imágenes del CZCS para las regiones del Sur de California y Baja California descritas por Millán-Núñez *et al.* (1996).
- Estimar la Productividad Primaria del fitoplancton integrada por m² espacial y temporalmente.
- Estimar la Productividad Primaria del fitoplancton en la zona eufótica por región espacial y temporalmente.

METODOLOGÍA.

Suponiendo que se puede tener una buena aproximación del perfil de la clorofila a partir de la concentración superficial de la misma en la CC (Millán-Núñez *et al.*, 1997), se trabajó con las imágenes de color del océano provistas por el CZCS, a partir de las cuales se calculó la concentración de clorofila superficial. Con el objeto de poder calcular los perfiles de clorofila a partir de la clorofila superficial utilizando las ecuaciones reportadas por Millán-Núñez *et al.* (1997), el área de estudio se dividió espacial y temporalmente en las regiones y temporadas descritas por estos autores (Fig.1).

REGIONALIZACIÓN.

En cuanto a la regionalización, se tomaron en cuenta las regiones del Sur de California (SC) y Baja California (BC), con sus respectivas subregiones: cercana a la costa (i) y alejada de la costa (o), refiriéndonos a ellas como: SCi, SCo, BCi y BCo (Millán-Núñez *et al.*, 1996) (Fig. 1). Estas regiones coinciden en buena parte a las propuestas por Lynn y Simpson (1987) quienes se basaron en variaciones estacionales de alturas dinámicas, salinidad, temperatura, σ_t , y oxígeno, definiendo 3 dominios: costero, oceánico, y de transición. La zona de transición que estos autores encontraron es una banda ancha centrada aproximadamente a 200 - 300 Km de la costa y paralela a ella. Es en esta banda que Millán-Núñez *et al.* (1996) establecieron las fronteras entre las subregiones costeras (i) y las alejadas de la costa (o), basados en el comportamiento de la profundidad del MPC (z_m).

TEMPORALIDAD.

En cuanto al tiempo, se dividió en temporada fría (TF) y cálida (TC), siendo para la región de BC la TF de enero a junio, y para la región del SC de enero a mayo. El resto del año en cada caso fue considerado la TC, de acuerdo a lo establecido por Millán-Núñez *et al.* (1996). Se promediaron todas las imágenes de clorofila superficial de que se disponía para cada temporada y región, de tal forma que se obtuvo una imagen de clorofila superficial promedio para cada una de las 2 temporadas de cada región desde 1979 hasta 1986, con una resolución de 4 x 4 Km (cada píxel representando un área de 16 Km²). No se trabajó con los datos de 1978 por haber muy pocas imágenes (solo de noviembre y diciembre) y que presentan mucha nubosidad. La Tabla 1 enlista el número de imágenes promediadas en cada caso. En algunas de las imágenes promedio se encontraron algunos píxeles o grupos de los mismos sin datos de clorofila superficial debido a que en esos lugares todas las imágenes promediadas presentaron nubes. En esos casos se reportan como “sin datos” y aparecen en negro en las imágenes.

Tabla 1. Número de Imágenes del CZCS promediadas en cada año para cada Temporada y Región.

AÑO	TEMPORADA	IMÁGENES	
		SC	BC
1979	TF	62	72
	TC	114	104
1980	TF	103	119
	TC	130	114
1981	TF	73	87
	TC	83	69
1982	TF	69	74
	TC	66	61
1983	TF	65	67
	TC	51	49
1984	TF	25	25
	TC	9	9
1985	TF	29	32
	TC	65	62
1986	TF	67	74

Todos los cálculos y procesamiento de las imágenes fueron realizados con un programa escrito en Matlab y los resultados fueron recopilados en hojas de cálculo para la transformación de unidades y su presentación.

CATEGORIZACIÓN DE LA CLOROFILA a SUPERFICIAL.

En cada una de las imágenes se clasificó la clorofila superficial en 7 categorías, de acuerdo a lo propuesto por Millán-Núñez *et al.* (1996) (Tabla 2). Se creó una paleta de 256 números digitales correspondientes a colores de acuerdo a esta categorización, la cual fue aplicada a cada imagen promedio de clorofila superficial. Los valores de los números digitales 0 y 1 corresponde al color negro e indican tierra o ausencia de datos. La relación utilizada para transformar la clorofila superficial a número digital fue la siguiente:

$$[Chl] = 0.03916 * e^{0.02740(Color)}$$

donde:

Color = Numero digital asignado al color en la paleta de colores (de 0 a 255, Tabla 2).

CÁLCULO DE LA CLOROFILA a SUPERFICIAL PROMEDIO Y ÁREA DE CADA CATEGORÍA.

Se obtuvo el promedio de clorofila superficial para cada subregión y temporada por categoría y el área superficial del océano que abarcó cada categoría en cada imagen promedio. De esta forma se obtuvo un valor de clorofila superficial representativo para cada categoría, promediando todos los píxeles del mismo color de una subregión y temporada, y el área en Km² se calculó contando todos los píxeles del mismo color y multiplicando su número por 16 Km², que es el área ocupada por cada píxel.

Tabla 2. Categorías en las que se clasificó la clorofila superficial (Millán-Núñez *et al.*, 1996).

Categoría	mg Chl m⁻³	Números Digitales
1	≤ 0.1	2 - 34
2	>0.1 y ≤ 0.2	35 - 59
3	>0.2 y ≤ 0.5	60 - 92
4	>0.5 y ≤ 1.0	93 - 118
5	>1.0 y ≤ 2.0	119 - 143
6	>2.0 y ≤ 5.0	144 - 176
7	>5.0	177-255

CÁLCULO DE LOS PERFILES DE CLOROFILA PROMEDIO.

Utilizando las ecuaciones reportadas por Millán-Núñez *et al.* (1997), se calcularon los perfiles promedio de clorofila para cada categoría en cada una de las imágenes promedio por subregión y temporada, mediante la ecuación de Platt *et al.* (1988).

$$B_{(z)} = B_o + \frac{h}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{(Z-Z_m)^2}{2\sigma^2}\right)}$$

donde:

$B_{(z)}$ = clorofila a la profundidad Z (mg m^{-3}).

B_o = La clorofila base (mg m^{-3}).

h = cantidad total de pigmento por arriba de la línea base (mg m^{-2}).

σ = factor que controla el grosor de la curva del máximo profundo de clorofila (m).

Z_m = profundidad del MPC (m).

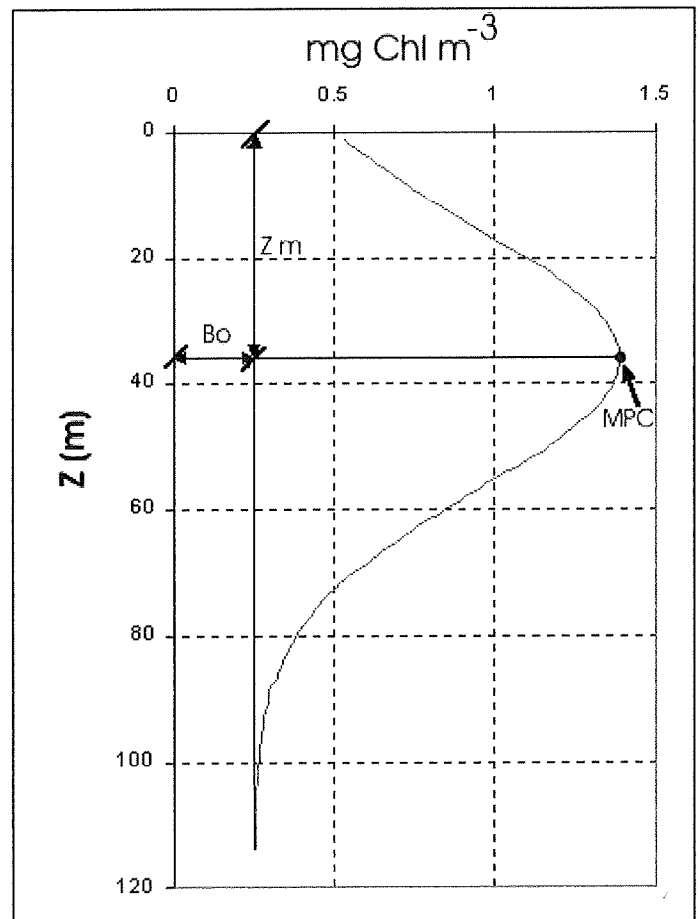


Fig. 2. Ejemplo de Perfil de Clorofila

CÁLCULO DE LOS PERFILES DE PRODUCCIÓN PRIMARIA.

Se aplicó el modelo propuesto por Platt *et al.*, (1988), a partir de los perfiles promedio de clorofila calculados para cada categoría por subregión y temporada, estimando la PP en la columna de agua, para cada categoría.

$$P_{(z)} = \frac{B_{(z)} \alpha^B E_{(z)}}{\sqrt{1 + \left[\frac{\alpha^B E_{(z)}}{P_m^B} \right]^2}}$$

donde:

$P_{(z)}$ = razón de PP a la profundidad Z.

$B_{(z)}$ = clorofila a la profundidad Z (mg m^{-3}).

α^B = Pendiente inicial de la curva Fotosíntesis-Irradiancia (curva P-E).

$E_{(z)}$ = Irradiancia a la profundidad Z.

P_m^B = número de asimilación

El cálculo de la PP se realizó hasta una profundidad de 1.0% y 0.1% de la Irradiancia superficial (E_0). La Tabla 3 muestra los valores de E_0 utilizados para cada subregión y temporada, los cuales se calcularon mediante el software de Platt y Sathyendranath (1995) descrito en el manual "Software for use in calculation of primary production in the oceanic water column", disponible en la red. El software se alimenta con las coordenadas geográficas y el día juliano del cual se quiere saber el valor de E_0 y arroja como resultado la cantidad de horas de irradiancia en el día, la cantidad total de irradiancia recibida durante las horas de luz, y la irradiancia máxima del día cuando el sol alcanza su altura máxima. Para obtener un dato representativo de la irradiancia para cada una de las temporadas en cada subregión, se alimentó al programa con una coordenada geográfica céntrica de cada subregión y todos los

días abarcados en cada temporada y dividiendo la irradiancia total recibida cada día entre el total de horas de luz del mismo se obtuvo la irradiancia promedio en cada uno de los días. Posteriormente se sacó la media de estos valores promedio diarios para cada temporada en cada región.

La PP integrada por m^2 se calculó sumando los valores de $P_{(z)}$ en toda la columna de agua hasta el 1.0% y 0.1% de E_0 . Los valores de PP por subregión se calcularon multiplicando los valores de PP por m^2 por el área abarcada por cada categoría de clorofila superficial y multiplicando este producto por el número de horas promedio de luz de día en cada temporada (Tabla 3).

Tabla 3. Ubicación, área, duración promedio del día y valores de E_o por subregión y temporada.

	SCo		SCi		BCo		BCi	
	TF	TC	TF	TC	TF	TC	TF	TC
Latitud	31°		33°		28°		30°	
Longitud	121°		119°		119°		116°	
Área (Km ²)	174,816		159,104		549,504		120,688	
Hrs luz al día	11.88	12.14	11.87	12.15	12.22	11.85	12.2	11.86
E_o (W m ⁻²)	215.45	216.46	209.2	210.79	230.43	218.25	225.36	212.51

Coeficiente de Atenuación de Luz Difusa (K_d).

Los valores de K_d se calcularon utilizando los datos de disco de Secchi disponibles para la región y periodo muestreado de la base de datos de CalCOFI.

Kirk (1994) menciona que K_d puede ser calculada por la relación:

$$K_d = \frac{1.44}{Z_{SD}}$$

donde:

Z_{SD} = Profundidad del Disco de Secchi

K_d = Coeficiente de atenuación de luz.

Esta relación implica que el disco de Secchi desaparece aproximadamente a una profundidad correspondiente al 23.70% de E_o .

En particular, para el área de estudio, Charles C. Trees determinó que el disco de Secchi desaparece a una profundidad correspondiente al 16% de E_o (San Diego State University, comunicación personal), por lo que en este trabajo se utilizó esta última relación.

La ecuación de decaimiento de la intensidad de luz con la profundidad está dada por:

$$\frac{dE}{dz} = -K_d E$$

donde:

E = Irradiancia

K_d = Coeficiente de atenuación de la luz (constante de proporcionalidad)

z = Profundidad en metros.

La solución a esta ecuación está dada por:

$$E_z = E_o e^{-K_d z}$$

donde:

E_z = Irradiancia a la profundidad z

E_o = Irradiancia en superficie del océano

Si de esta ecuación despejamos el coeficiente de atenuación de luz (K_d), nos queda:

$$K_d = \frac{-\ln \frac{E_z}{E_o}}{z}$$

Considerando que a la profundidad del disco de Secchi la razón $E_z / E_o = 0.16$, nos queda:

$$K_d = \frac{1.83258}{Z_{SD}}$$

De esta ecuación se calcularon los K_d a partir de los datos de CalCOFI de disco de Secchi, y debido a que los datos que arrojan las imágenes de satélite son clorofila superficial, se efectuó una regresión lineal del logaritmo natural de la clorofila superficial y el logaritmo natural de los K_d calculados a partir de los datos de disco de Secchi, con una $R=0.89$:

$$\ln(K_d) = -1.882 + 0.33243 * \ln([Chl]_s)$$

Una vez encontrada la relación entre el K_d y la clorofila superficial, se calculó el K_d para el promedio de cada categoría de clorofila superficial en cada subregión y temporada a partir de los datos de clorofila superficial de las imágenes de satélite promedio.

Con los K_d calculados se procedió a estimar la profundidad de la zona eufótica al 1.0% y 0.1% de E_o , equivalentes a 4.6 y 6.9 profundidades ópticas respectivamente.

Parámetros Fotosintéticos.

Los parámetros fotosintéticos, P_m^B (número de asimilación) y α^B (pendiente inicial de la curva P-E), utilizados en el modelo de PP fueron tomados de experimentos realizados *in situ* y reportados por Valdez-Holguín *et al.*, (1998) para la zona de estudio. Esto es:

$$P_m^B = 8.60 \quad (\text{desde la superficie hasta el 10\% de } E_0)$$

Por debajo de la profundidad donde $E_{(z)}$ es el 10% de E_0 decrece linealmente, tomando como referencia que a la profundidad correspondiente al 1% de E_0 , su valor es el 25% del valor superficial: $P_m^B = 2.15$ (al 1% de E_0).

$$\alpha^B = 0.047 \quad (\text{desde la superficie hasta el 10\% de } E_0)$$

Por debajo de la profundidad donde $E_{(z)}$ es el 10% de E_0 decrece linealmente, tomando como referencia que a la profundidad correspondiente al 1% de E_0 , su valor es el 25% del valor superficial: $\alpha^B = 0.01175$ (al 1% de E_0).

CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA INTEGRADA

La integración de los perfiles de PP nos dio la PP integrada ($\text{mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) para cada una de las categorías de clorofila superficial. La transformación a unidades por día se efectuó utilizando las horas promedio de luz de día para cada una de las temporadas en cada subregión (Tabla 3), la transformación a PP integrada anual se calculó considerando los 365 días del año como despejados, y la PP integrada anual por subregión se calculó considerando el área abarcada por cada una de ellas (Tabla 3).

RESULTADOS.

Del período de tiempo analizado, se presentan resultados de 1979 a 1986. No se presentan resultados de 1978 por contar con muy pocas imágenes. Sólo se tenían imágenes de noviembre y diciembre, y estas presentaban mucha nubosidad, por lo que no fueron tomadas en cuenta en este trabajo.

De los años reportados aquí, 1984, en la TC, fue el año en el cual se tuvieron imágenes promedio con mayores deficiencias en cuanto a la falta de datos por nubosidad (Figs 14, 29, 43 y 44), sobre todo en las subregiones alejadas de la costa. La Tabla 1 muestra que justo la TC de ese año fue en la que se contó con menor número de imágenes del CZCS.

IMÁGENES PROMEDIO DE CLOROFILA SUPERFICIAL.

Las imágenes correspondientes a la temporalidad descrita para la región del SC (TF de Enero a Mayo y TC de Junio a Diciembre) se muestran en las figuras 3 a 17.

Las imágenes correspondientes a la temporalidad descrita para la región de BC (TF de Enero a Junio y TC de Julio a Diciembre) se muestran en las figuras 18 a 32.

Como es evidente en las imágenes (Figs 3 a 32), en las subregiones cercanas a la costa (SCi y BCi) se encontraron áreas más extensas de concentraciones de clorofila superficial medias y altas, con un mayor porcentaje de cobertura de las categorías 3 a 7, mientras que en las subregiones alejadas de la costa (SCo y BCo) predominaron áreas extensas con concentraciones de clorofila superficial baja, generalmente de las categorías 1 y 2.

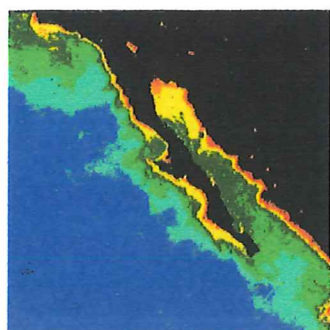


Fig 3. 1979 SC TF

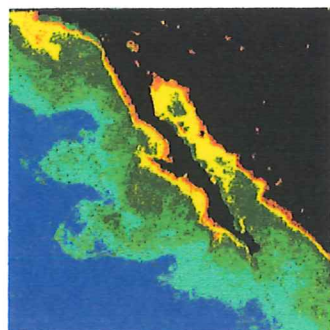


Fig 4. 1979 SC TC

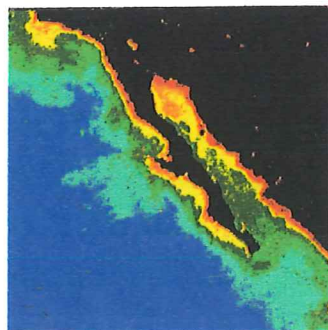


Fig 5. 1980 SC TF

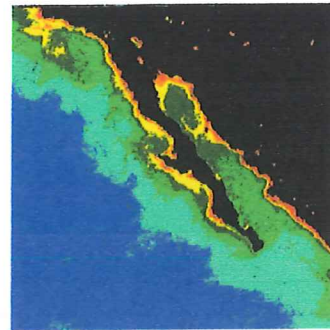


Fig 6. 1980 SC TC

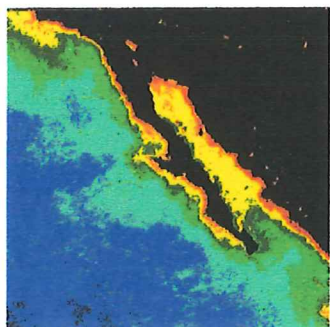


Fig 7. 1981 SC TF

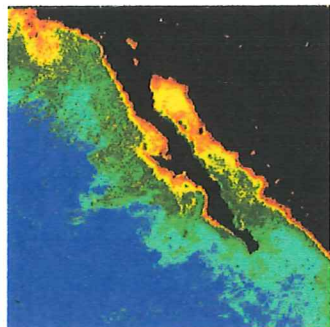


Fig 8. 1981 SC TC

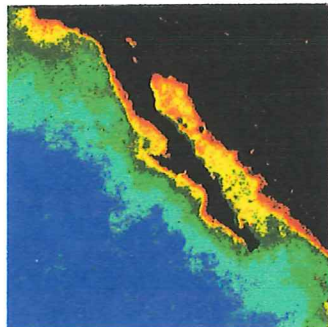


Fig 9. 1982 SC TF

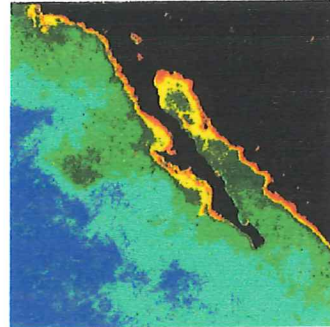


Fig 10. 1982 SC TC

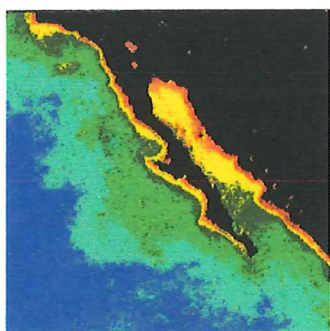


Fig 11. 1983 SC TF

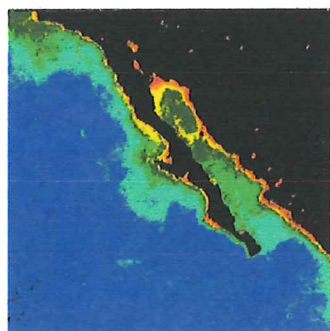


Fig 12. 1983 SC TC

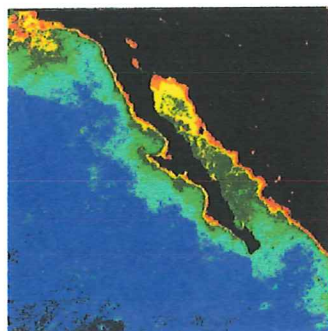


Fig 13. 1984 SC TF

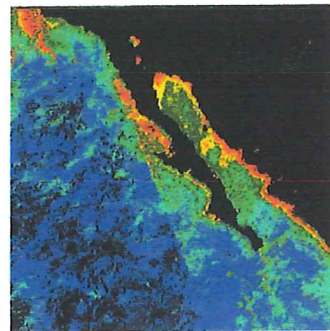


Fig 14. 1984 SC TC

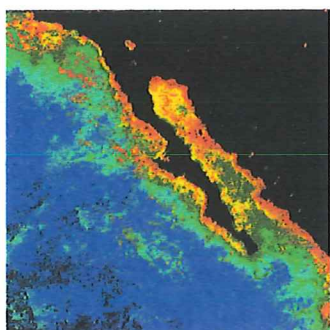


Fig 15. 1985 SC TF

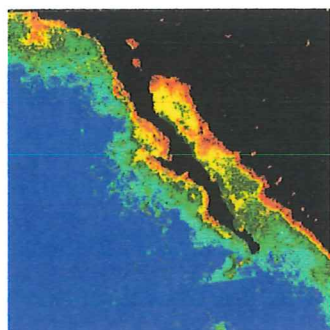


Fig 16. 1985 SC TC

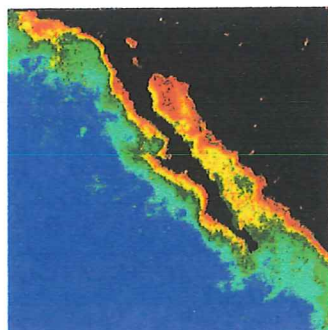
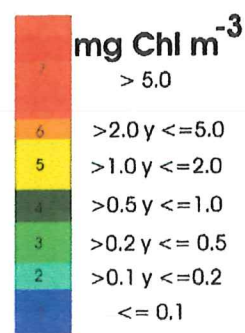


Fig 17. 1986 SC TF



SC = Sur de California; TF = temporada fría (Enero a Mayo); TC = temporada cálida (Junio a Diciembre);

Los números en la barra de colores indican la categoría de concentración de clorofila.

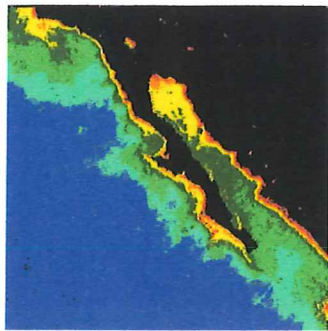


Fig 18. 1979 BC TF

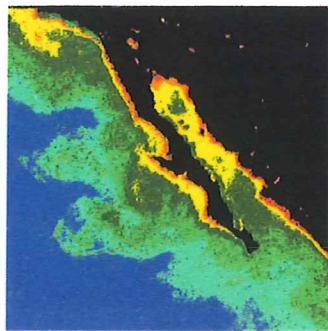


Fig 19. 1979 BC TC

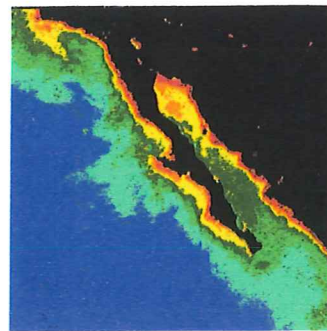


Fig 20. 1980 BC TF

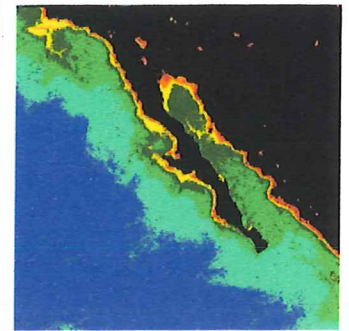


Fig 21. 1980 BC TC

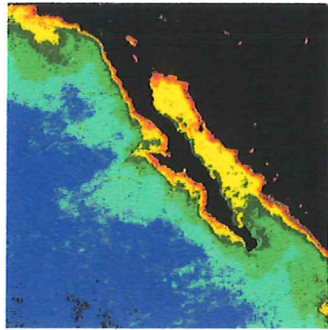


Fig 22. 1981 BC TF

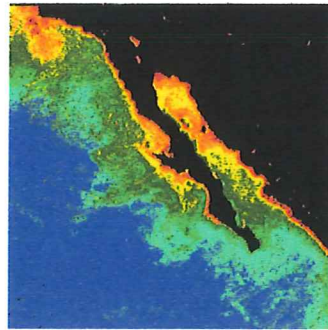


Fig 23. 1981 BC TC

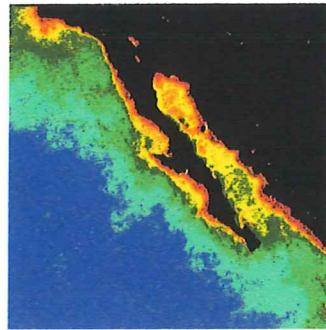


Fig 24. 1982 BC TF

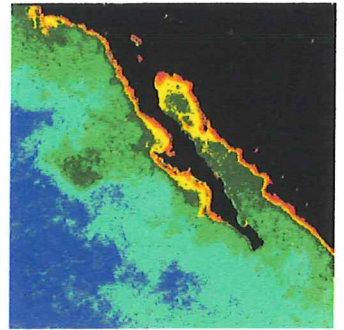


Fig 25. 1982 BC TC

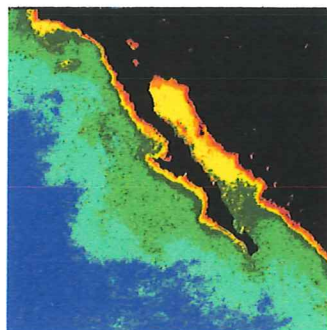


Fig 26. 1983 BC TF

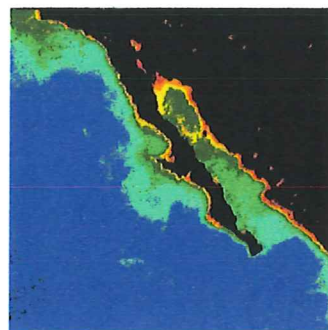


Fig 27. 1983 BC TC

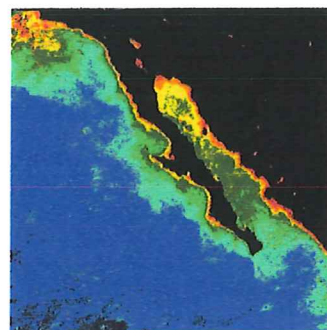


Fig 28. 1984 BC TF

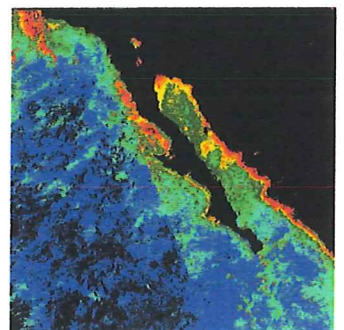


Fig 29. 1984 BC TC

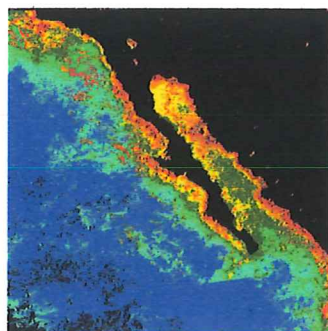


Fig 30. 1985 BC TF

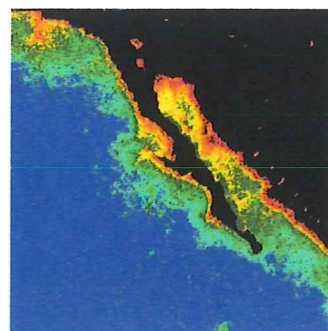


Fig 31. 1985 BC TC

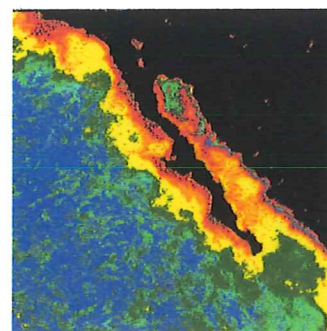
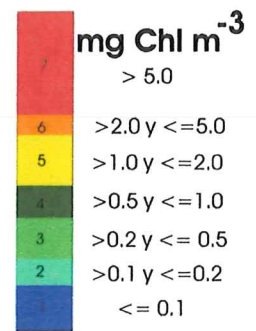


Fig 32. 1986 BC TF



BC = Baja California; TF = temporada fría (Enero a Junio); TC = temporada cálida (Julio a Diciembre);

Los números en la barra de colores indican la categoría de concentración de clorofila.

PORCENTAJES DE COBERTURA DE LAS CATEGORÍAS DE CLOROFILA SUPERFICIAL.

Los porcentajes de cobertura encontrados para cada categoría de clorofila superficial en cada subregión y temporada se muestran de manera mas detallada en las figuras 33 a 48.

La subregión BCo fue la que presentó los mayores porcentajes de cobertura en las categorías de clorofila superficial bajas (1 y 2), sobre todo en la TF, siendo generalmente mayor al 90%. Solo en 1983 y 1986 los porcentajes sumados de estas dos categorías en la TF fueron menores al 90%, siendo 85.19% y 71.05% respectivamente.

De forma similar, la subregión SCo presentó porcentajes de cobertura altos en las categorías de clorofila superficial bajas (1 y 2), siendo más marcado esto para las TF, en las cuales los porcentajes de cobertura de las categorías 1 y 2 fueron mayores al 79%.

Contrastando con las subregiones alejadas de la costa (SCo y BCo), las subregiones SCi y BCi tuvieron porcentajes de cobertura generalmente bajos para las 2 primeras categorías de clorofila superficial.

En el período de tiempo analizado en este trabajo no es notorio un patrón bien definido en cuanto a la temporalidad (TF y TC) de los parches de clorofila superficial.

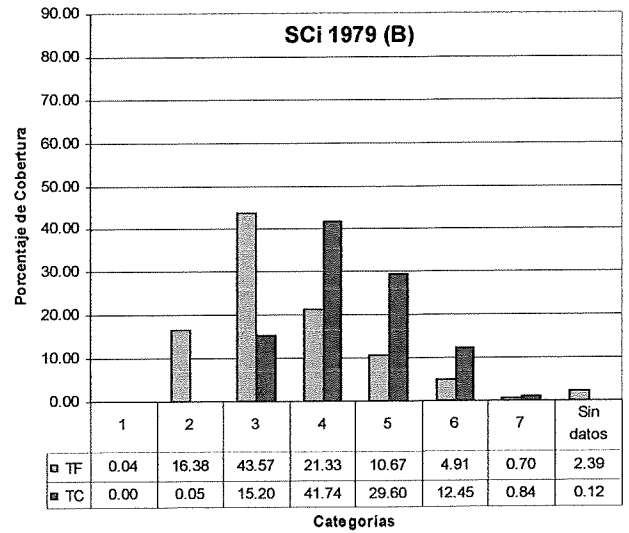
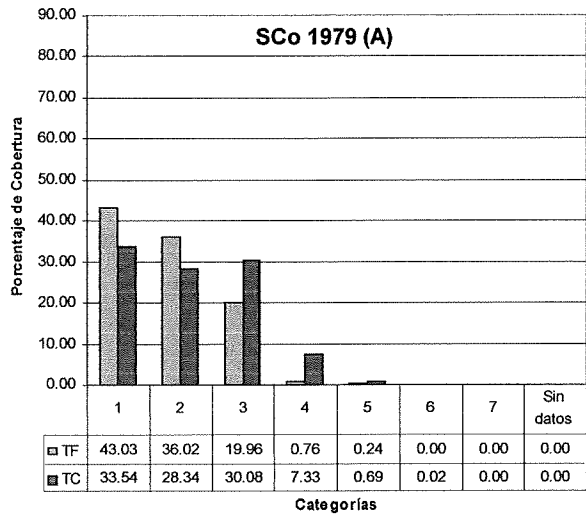


Figura 33. Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones SCo (A) y SCi (B) en las imágenes promedio de 1979.

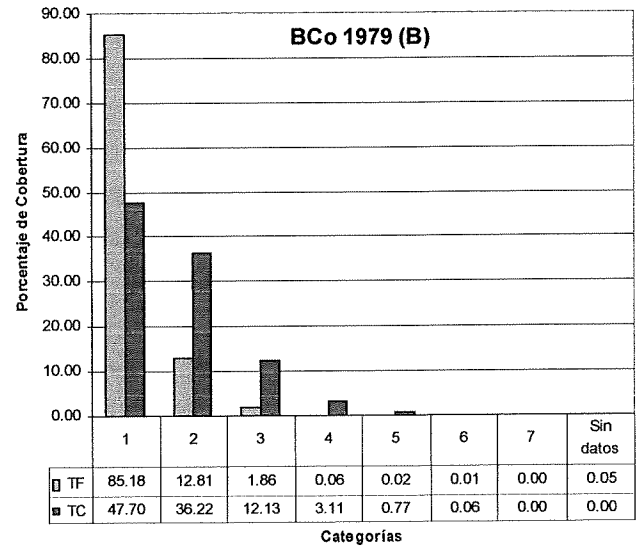
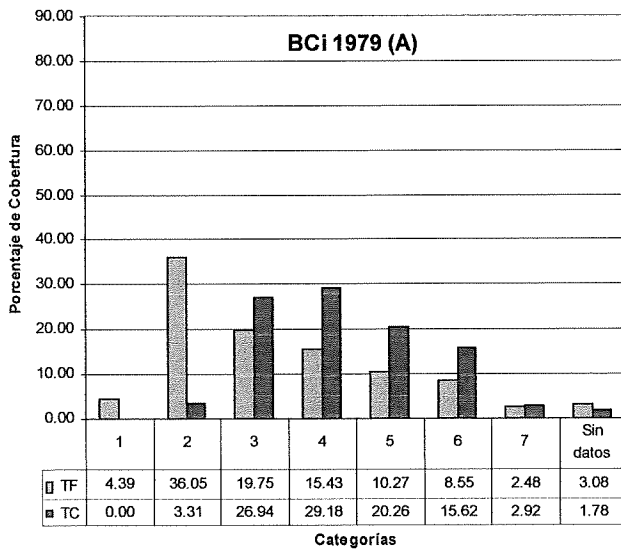


Figura 34. Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones BCi (A) y BCo (B) en las imágenes promedio de 1979.

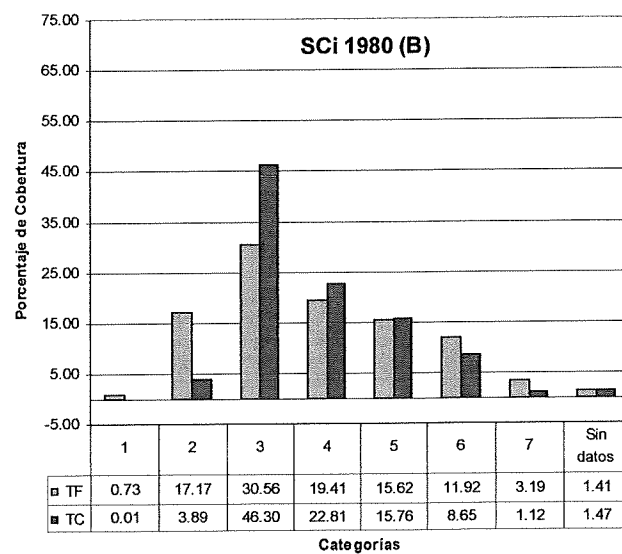
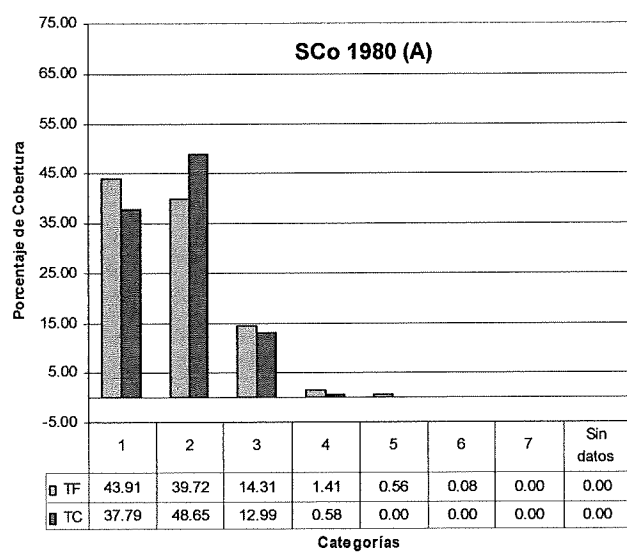


Figura 35. Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones SCo (A) y SCi (B) en las imágenes promedio de 1980.

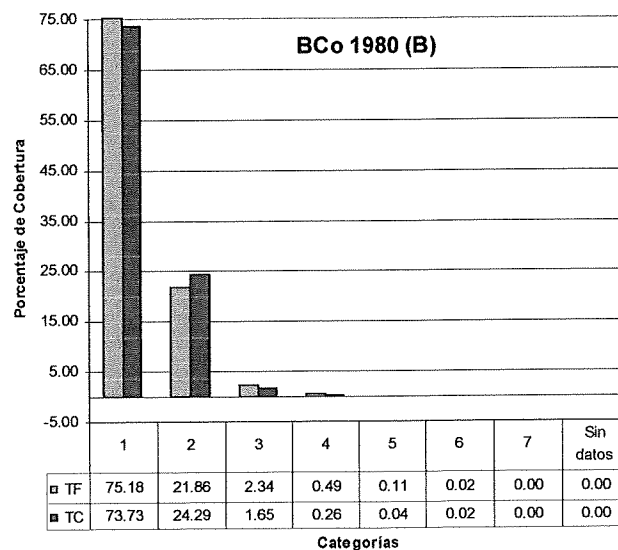
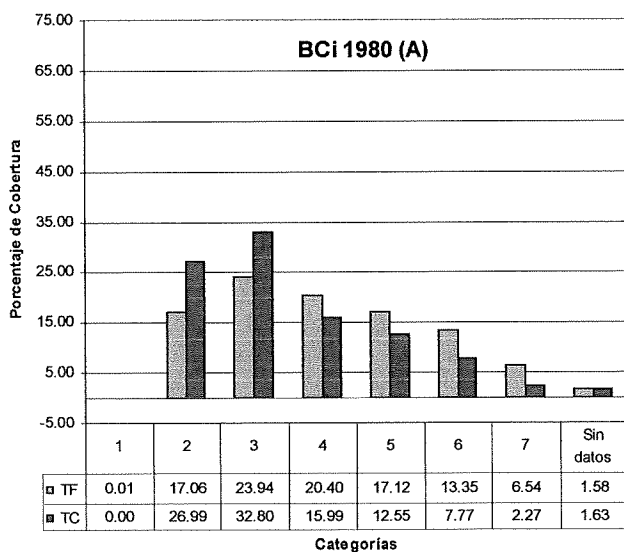


Figura 36. Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones BCi (A) y BCo (B) en las imágenes promedio de 1980.

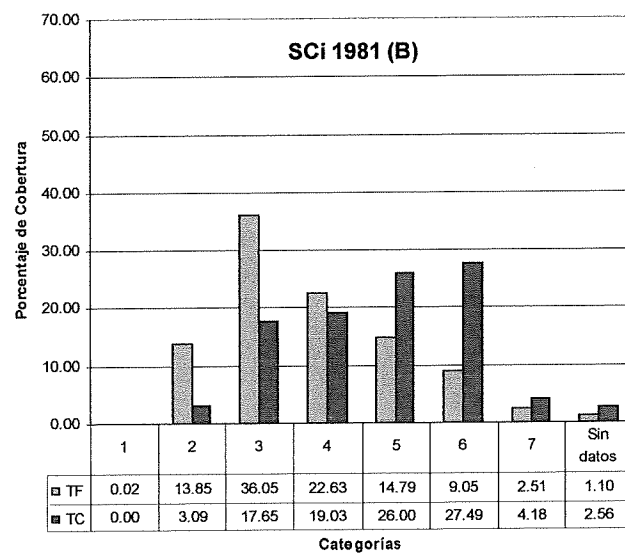
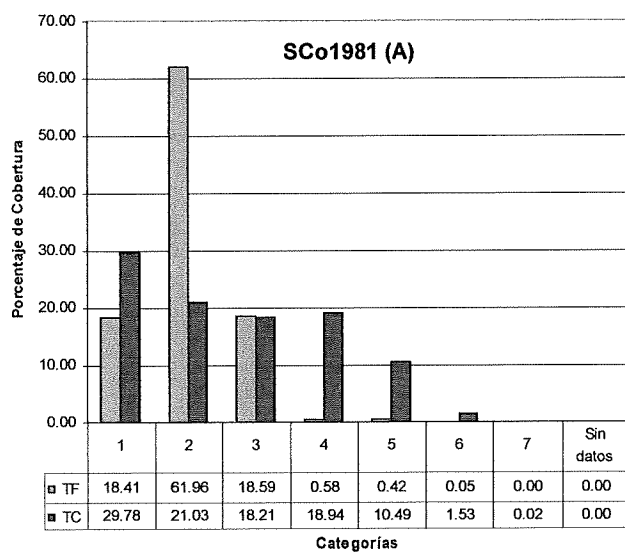


Figura 37. Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones SCo (A) y SCi (B) en las imágenes promedio de 1981.

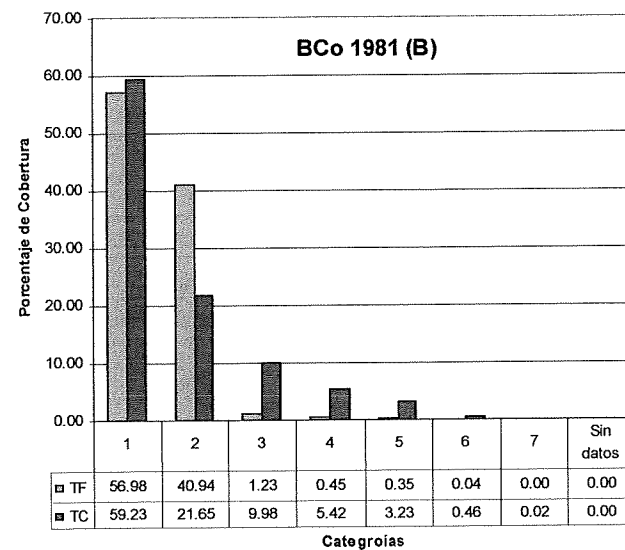
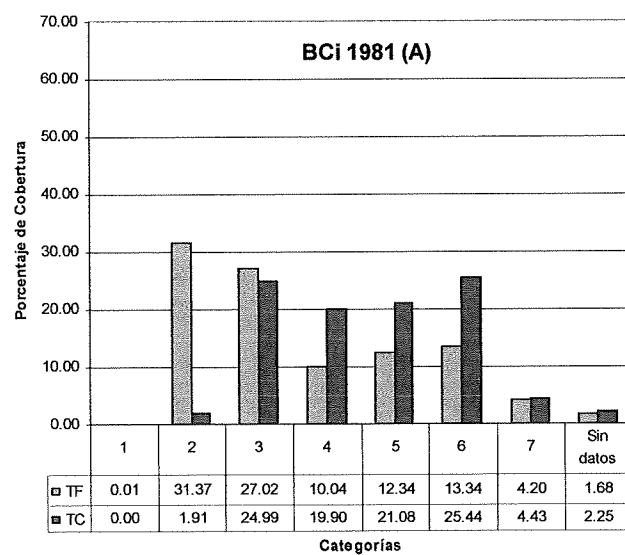


Figura 38. Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones BCi (A) y BCo (B) en las imágenes promedio de 1981.

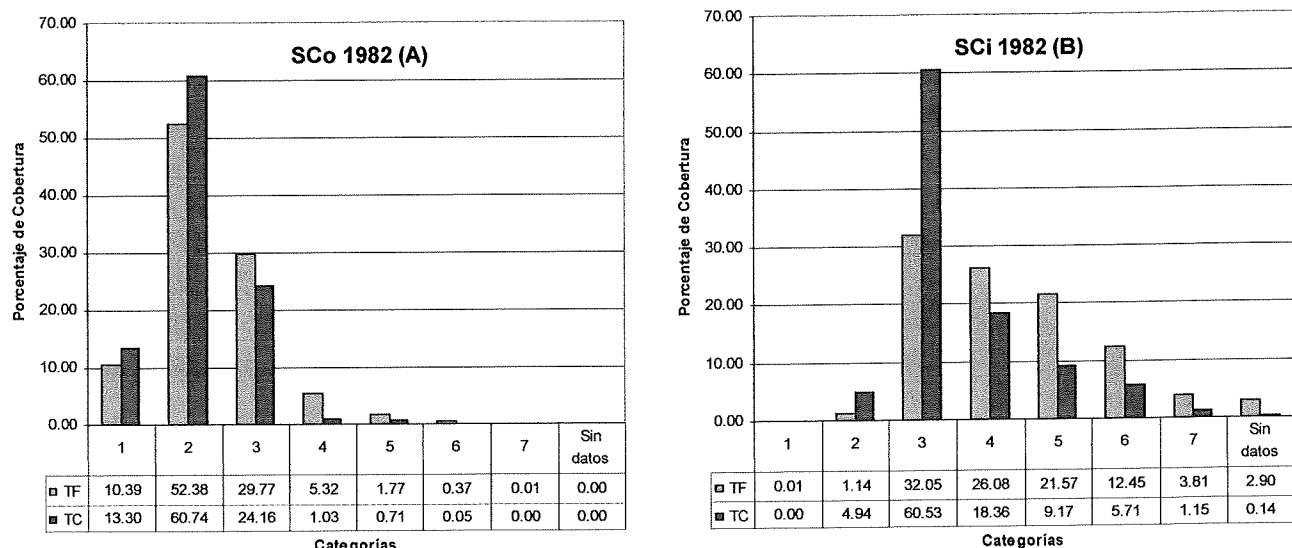


Figura 39. Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones SCo (A) y SCi (B) en las imágenes promedio de 1982.

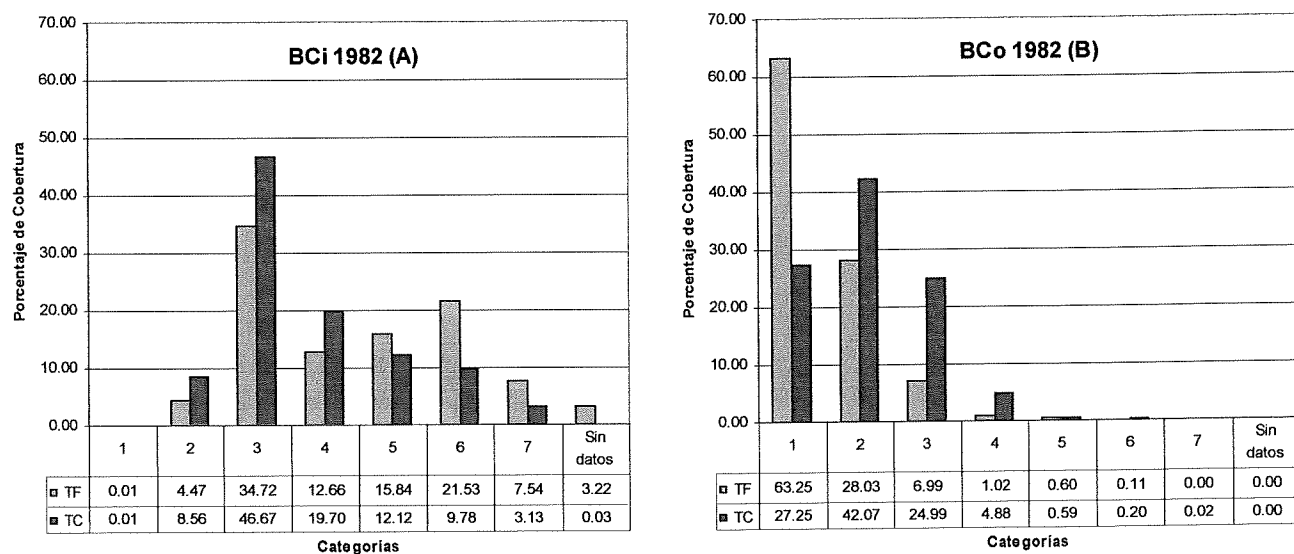


Figura 40. Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones BCo (A) y BCo (B) en las imágenes promedio de 1982.

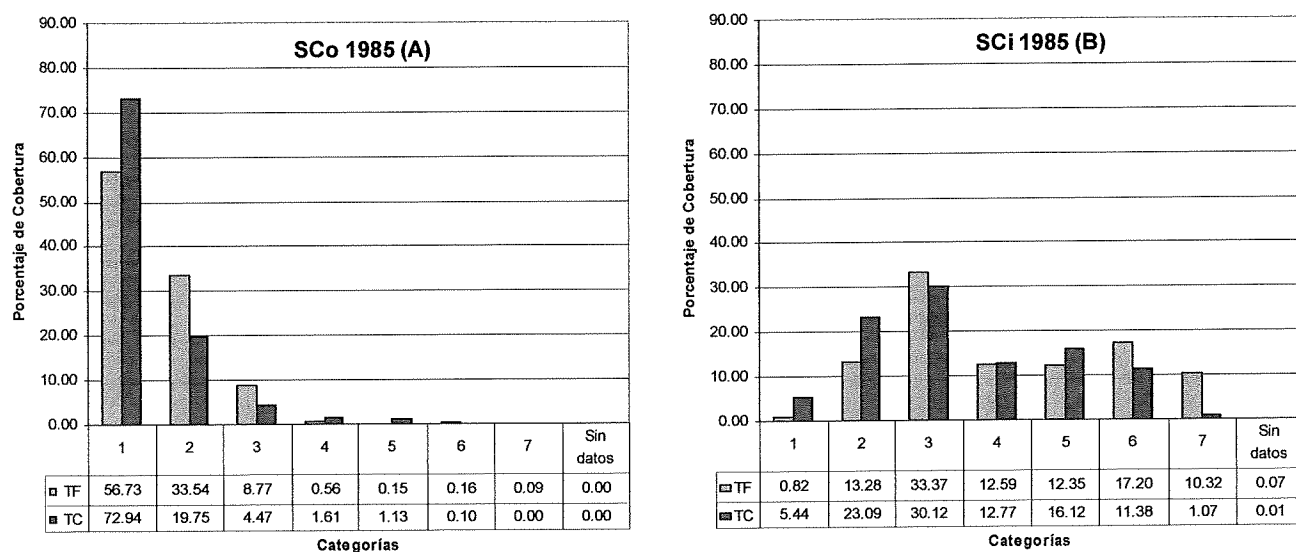


Figura 45. Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones SCo (A) y SCi (B) en las imágenes promedio de 1985.

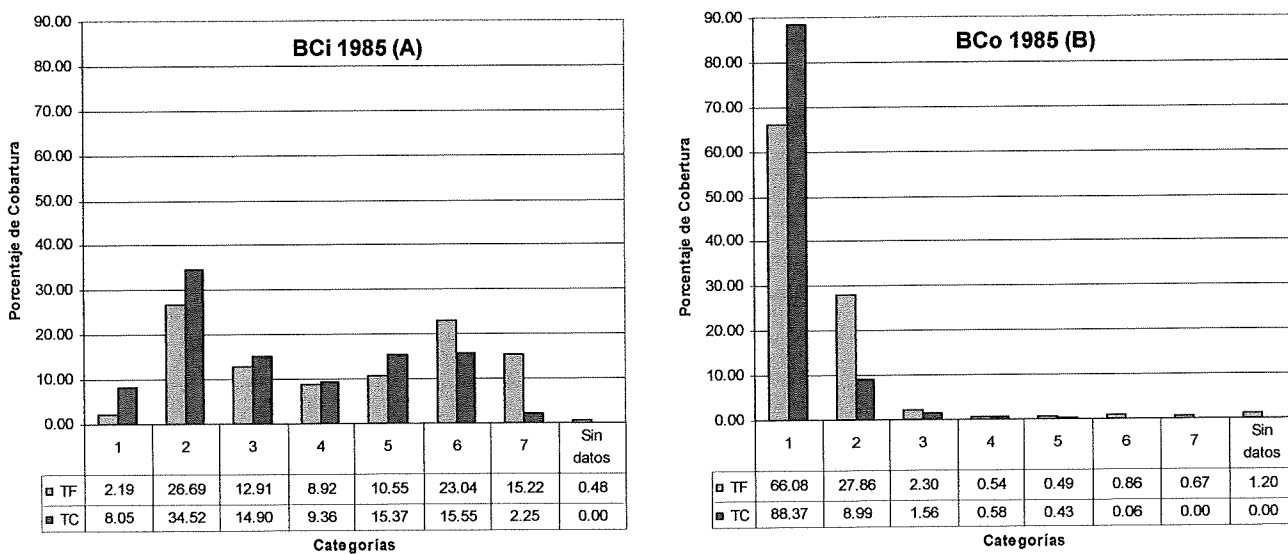


Figura 46. Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones BCo (A) y BCo (B) en las imágenes promedio de 1985.

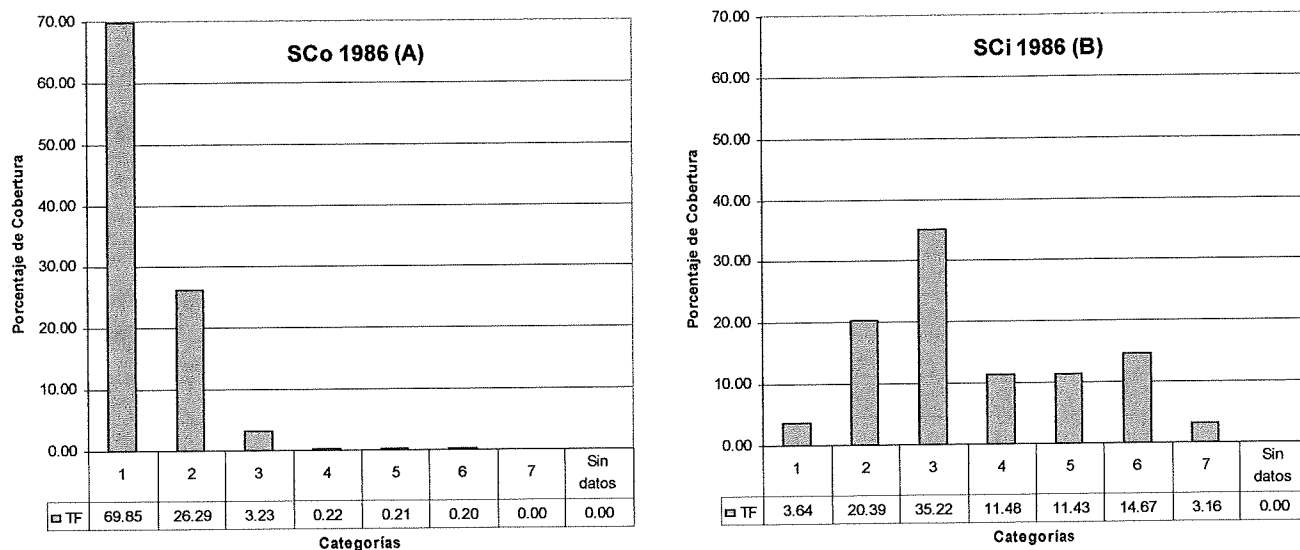


Figura 47. Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones SCo (A) y SCi (B) en las imágenes promedio de 1986.

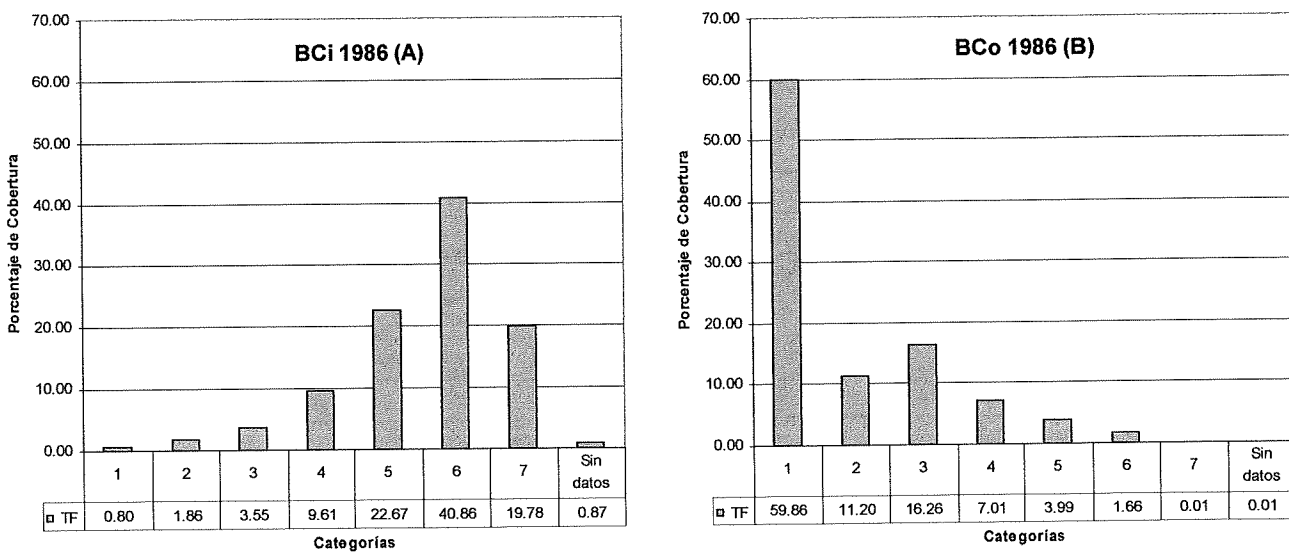


Figura 48. Porcentaje de cobertura de las categorías de clorofila superficial para las subregiones BCo (A) y BCo (B) en las imágenes promedio de 1986.

VALORES PROMEDIO DE CLOROFILA SUPERFICIAL, K_d Y PARÁMETROS DE LOS PERFILES DE CLOROFILA.

Los valores de los parámetros que definen los perfiles verticales de clorofila para cada categoría en cada subregión y temporada se muestran en las Tablas 4 a 7.

Es muy notorio que para SC z_m tiene un patrón bien definido, siendo muy profundo para la categoría 1 y muy cercano a la superficie para la categoría 7 (Tablas 4 y 5). Incluso encontramos el caso en el que z_m resultó negativo, pero de una magnitud muy pequeña (1979, TC, categoría 7, Tabla 4).

Otro aspecto notorio es que el parámetro B_o generalmente resultó ser mayor que el promedio de clorofila superficial para la categoría 1, y en algunas ocasiones también de la categoría 2 (Tablas 4 y 5).

De igual forma, para BC se encontró que z_m es mayor para las primeras categorías de clorofila superficial y casi superficial para las categorías de clorofila superficial alta (Tablas 6 y 7). A diferencia de la subregión SCo, para BCo se encontraron con mayor frecuencia valores negativos de z_m para las categorías mayores, y de magnitudes considerables (de hasta -67.76 m en BCo, TC, 1984, Tabla 7).

PROFUNDIDAD DE LA ZONA EUFÓTICA.

La profundidad de la zona eufótica dependiendo de la clorofila superficial se muestra en la Tabla 8. Las celdas vacías indican que no se encontró la clorofila superficial correspondiente a esa categoría. Las profundidades para el 1% de E_o son el 66.67% de las del 0.1% de E_o , lo cual equivale a dos terceras partes de la profundidad del 0.1% de E_o . Se calculó la profundidad de la zona eufótica también hasta el 0.1% de E_o para poder comparar los resultados de PP integrada hasta ambas profundidades, ya que algunos autores han hecho esta consideración (Venrick *et al.*, 1973; Platt *et al.*, 1995; Longhurst *et al.*, 1995).

Tabla 4. Valores promedio de clorofila superficial, K_d y parámetros de los perfiles de clorofila para la región del SC (1979 - 1982).

		SUBREGION SCo							SUBREGION SCi						
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1979	FRIO (E-M)	Chl	0.081	0.140	0.268	0.625	1.320		0.088	0.163	0.299	0.700	1.372	2.796	7.997
		Kd	0.066	0.079	0.098	0.130	0.167		0.068	0.083	0.102	0.135	0.169	0.214	0.304
		h	25.204	28.929	37.008	59.552	103.400		25.122	28.646	35.007	53.836	85.330	152.129	396.082
		sigma	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000		17.000	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000
		Zm	79.512	63.860	49.244	35.088	26.021		51.557	40.268	31.607	22.479	17.177	12.919	8.485
		Bo	0.120	0.134	0.165	0.252	0.421		0.108	0.115	0.127	0.163	0.223	0.352	0.820
	CALIDO (J-D)	Chl	0.084	0.144	0.299	0.663	1.183	2.139		0.190	0.381	0.696	1.374	2.645	8.098
		Kd	0.067	0.080	0.102	0.133	0.161	0.196		0.088	0.110	0.135	0.169	0.210	0.305
		h	19.080	21.606	28.196	43.602	65.666	106.199		22.345	31.235	45.932	77.519	136.760	390.856
		sigma	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000		16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000
		Zm	73.928	53.661	34.588	21.473	15.166	10.631		39.781	32.337	25.878	18.602	11.592	-0.380
		Bo	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140		0.144	0.172	0.200	0.237	0.279	0.369
1980	FRIO (E-M)	Chl	0.078	0.139	0.276	0.681	1.278	2.294		0.097	0.142	0.315	0.695	1.401	2.882
		Kd	0.065	0.079	0.099	0.134	0.165	0.201		0.070	0.080	0.104	0.135	0.170	0.303
		h	25.046	28.854	37.525	63.079	100.769	164.869		25.537	27.658	35.795	53.605	86.719	156.160
		sigma	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000		17.000	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000
		Zm	80.515	64.076	48.654	33.906	26.357	20.860		49.617	42.558	30.923	22.543	17.031	12.764
		Bo	0.119	0.134	0.167	0.266	0.411	0.658		0.109	0.113	0.128	0.163	0.226	0.359
	CALIDO (J-D)	Chl	0.089	0.133	0.238	0.609				0.070	0.158	0.327	0.692	1.377	2.795
		Kd	0.068	0.078	0.095	0.129				0.063	0.082	0.105	0.135	0.169	0.214
		h	19.252	21.118	25.599	41.340				16.745	20.848	28.718	45.734	77.667	143.727
		sigma	16.000	16.000	16.000	16.000				16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000
		Zm	71.869	56.411	39.679	22.582				50.512	41.765	33.975	25.944	18.577	11.004
		Bo	0.140	0.140	0.140	0.140				0.112	0.138	0.165	0.199	0.237	0.283
1981	FRIO (E-M)	Chl	0.091	0.140	0.267	0.642	1.491	2.199		0.095	0.152	0.323	0.684	1.409	2.792
		Kd	0.069	0.079	0.098	0.131	0.174	0.198		0.070	0.081	0.105	0.134	0.171	0.214
		h	25.866	28.934	36.965	60.633	114.180	158.828		25.475	28.139	36.140	53.066	87.085	151.933
		sigma	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000		17.000	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000
		Zm	75.726	63.843	49.294	34.710	24.785	21.219		49.890	41.388	30.639	22.694	16.993	12.927
		Bo	0.122	0.134	0.165	0.256	0.462	0.634		0.109	0.114	0.129	0.162	0.227	0.351
	CALIDO (J-D)	Chl	0.079	0.138	0.304	0.726	1.313	2.399	6.489		0.168	0.343	0.717	1.420	2.909
		Kd	0.065	0.079	0.103	0.137	0.167	0.204	0.284		0.084	0.107	0.136	0.171	0.217
		h	18.837	21.360	28.406	46.299	71.158	117.237	290.632		21.325	29.502	46.911	79.666	149.064
		sigma	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000		16.000	16.000	16.000	16.000	16.000
		Zm	77.115	55.006	34.249	20.324	14.250	9.923	5.463		41.092	33.437	25.560	18.249	10.574
		Bo	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140		0.140	0.167	0.201	0.239	0.286
1982	FRIO (E-M)	Chl	0.081	0.147	0.283	0.629	1.394	2.708	7.969	0.094	0.181	0.312	0.712	1.374	2.935
		Kd	0.066	0.081	0.100	0.131	0.170	0.212	0.304	0.069	0.086	0.103	0.136	0.169	0.218
		h	25.230	29.387	37.980	59.764	108.040	190.945	522.967	25.414	29.474	35.646	54.378	85.429	158.650
		sigma	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000
		Zm	79.350	62.579	48.154	35.013	25.463	19.523	12.677	50.164	38.644	31.048	22.333	17.167	12.671
		Bo	0.120	0.136	0.169	0.253	0.439	0.758	2.037	0.108	0.116	0.128	0.164	0.224	0.364
	CALIDO (J-D)	Chl	0.094	0.141	0.267	0.638	1.335	2.291			0.186	0.321	0.640	1.395	2.822
		Kd	0.069	0.079	0.098	0.131	0.168	0.201			0.087	0.104	0.131	0.170	0.215
		h	19.496	21.469	26.832	42.534	72.106	112.629			22.159	28.462	43.322	78.523	145.017
		sigma	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000			16.000	16.000	16.000	16.000	16.000
		Zm	69.208	54.397	37.029	21.978	14.106	10.203			40.008	34.156	26.776	18.435	10.898
		Bo	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140			0.144	0.165	0.196	0.238	0.283

Chl (mg Chl a m⁻³) K_d (m⁻¹)h (mg Chl a m⁻²)

sigma (m)

Zm (m)

 B_0 (mg Chl a m⁻³)

Tabla 5. Valores promedio de clorofila superficial, K_d y parámetros de los perfiles de clorofila para la región del SC (1983 - 1986).

			SUBREGION SCo							SUBREGION SCI						
			1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1983	FRIO (E-M)	Chl	0.087	0.132	0.250	0.692	1.424	2.267			0.161	0.308	0.691	1.402	2.828	7.342
		Kd	0.068	0.078	0.096	0.135	0.171	0.200			0.083	0.103	0.135	0.170	0.215	0.295
		h	25.605	28.456	35.869	63.758	109.977	163.171			28.562	35.438	53.407	86.735	153.638	365.326
		sigma	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000			17.000	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000
		Zm	77.143	65.279	50.636	33.694	25.242	20.959			40.446	31.226	22.598	17.030	12.860	8.781
		Bo	0.121	0.132	0.161	0.268	0.446	0.651			0.115	0.128	0.162	0.226	0.355	0.761
	CALIDO (J-D)	Chl	0.071	0.130	0.259	0.688	1.718	2.577		0.084	0.157	0.284	0.675	1.403	2.926	10.067
		Kd	0.063	0.077	0.097	0.135	0.182	0.209		0.067	0.082	0.100	0.134	0.170	0.218	0.328
		h	18.522	21.009	26.461	44.691	88.346	124.775		17.427	20.805	26.744	44.947	78.866	149.832	482.606
		sigma	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000		16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000
		Zm	81.834	57.082	37.776	20.988	12.125	9.506		48.468	41.828	35.461	26.208	18.379	10.514	-2.709
		Bo	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140		0.118	0.138	0.160	0.198	0.238	0.286	0.390
1984	FRIO (E-M)	Chl	0.069	0.141	0.282	0.635	1.389	2.589	5.356	0.095	0.143	0.297	0.716	1.390	2.953	6.823
		Kd	0.063	0.079	0.100	0.131	0.170	0.209	0.266	0.070	0.080	0.102	0.136	0.170	0.218	0.288
		h	24.444	28.990	37.889	60.173	107.750	183.463	358.092	25.471	27.715	34.909	54.578	86.198	159.514	340.981
		sigma	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000
		Zm	84.803	63.684	48.253	34.869	25.497	19.876	14.860	49.909	42.414	31.696	22.279	17.086	12.639	9.042
		Bo	0.117	0.134	0.169	0.254	0.438	0.729	1.402	0.109	0.113	0.127	0.164	0.225	0.366	0.714
	CALIDO (J-D)	Chl	0.069	0.134	0.259	0.663	1.457	3.470	7.707	0.075	0.137	0.293	0.680	1.393	3.202	8.249
		Kd	0.063	0.078	0.097	0.133	0.173	0.230	0.300	0.064	0.079	0.101	0.134	0.170	0.224	0.307
		h	18.440	21.181	26.464	43.592	77.258	162.627	342.272	16.993	19.894	27.149	45.185	78.436	162.695	397.900
		sigma	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000
		Zm	83.207	56.040	37.771	21.477	13.388	7.953	4.927	49.721	43.253	35.139	26.127	18.450	9.549	-0.578
		Bo	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.114	0.133	0.161	0.199	0.238	0.293	0.371
1985	FRIO (E-M)	Chl	0.076	0.132	0.256	0.694	1.411	3.316	8.418	0.089	0.151	0.297	0.697	1.426	3.302	6.283
		Kd	0.065	0.078	0.097	0.135	0.171	0.227	0.309	0.068	0.081	0.102	0.135	0.171	0.227	0.281
		h	24.874	28.457	36.257	63.892	109.130	229.348	551.293	25.193	28.087	34.933	53.688	87.893	175.865	315.663
		sigma	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000
		Zm	81.664	65.279	50.146	33.653	25.338	18.002	12.402	51.207	41.510	31.675	22.520	16.911	12.088	9.345
		Bo	0.118	0.132	0.162	0.269	0.443	0.906	2.146	0.108	0.114	0.127	0.163	0.228	0.397	0.665
	CALIDO (J-D)	Chl	0.073	0.124	0.294	0.717	1.307	2.248		0.091	0.144	0.291	0.705	1.417	2.911	5.754
		Kd	0.064	0.076	0.101	0.136	0.166	0.199		0.069	0.080	0.101	0.136	0.171	0.217	0.272
		h	18.586	20.737	27.971	45.887	70.911	110.832		17.723	20.206	27.067	46.343	79.526	149.157	281.639
		sigma	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000		16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000
		Zm	80.814	58.843	34.961	20.489	14.288	10.318		47.691	42.743	35.204	25.743	18.272	10.567	3.276
		Bo	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140		0.120	0.135	0.161	0.200	0.239	0.286	0.339
1986	FRIO (E-M)	Chl	0.075	0.124	0.250	0.706	1.527	2.405		0.089	0.146	0.289	0.686	1.448	3.000	5.957
		Kd	0.064	0.076	0.096	0.136	0.175	0.204		0.068	0.080	0.101	0.134	0.172	0.219	0.276
		h	24.812	27.897	35.844	64.647	116.449	171.843		25.175	27.869	34.557	53.183	88.921	161.681	300.389
		sigma	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000		17.000	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000
		Zm	82.093	67.116	50.668	33.424	24.550	20.471		51.292	42.031	32.023	22.661	16.808	12.561	9.546
		Bo	0.118	0.130	0.161	0.272	0.471	0.684		0.108	0.113	0.126	0.162	0.230	0.370	0.636

Chl (mg Chl a m⁻³) K_d (m⁻¹)h (mg Chl a m⁻²)

sigma (m)

Zm (m)

 B_o (mg Chl a m⁻³)

Tabla 6. Valores promedio de clorofila superficial, K_d y parámetros de los perfiles de clorofila para la región de BC (1979 a 1982).

		SUBREGION BCi							SUBREGION BCo						
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1979	FRIO (E-J)	Chl	0.095	0.141	0.306	0.711	1.388	2.968	7.298	0.073	0.119	0.270	0.698	1.380	2.508
		Kd	0.070	0.079	0.103	0.136	0.170	0.219	0.295	0.064	0.075	0.099	0.135	0.169	0.207
		h	23.774	26.491	36.109	59.836	99.511	192.131	445.838	9.263	14.391	30.007	70.597	130.294	223.048
		sigma	12.812	13.519	14.890	16.392	17.583	18.937	20.538	14.437	14.587	15.075	16.463	18.671	22.325
		Zm	62.867	53.635	39.416	28.126	21.520	15.876	11.078	64.764	63.578	59.861	50.432	38.400	24.458
		Bo	0.070	0.089	0.141	0.233	0.349	0.550	0.944	0.098	0.132	0.215	0.381	0.573	0.820
	CALIDO(JUL-D)	Chl		0.181	0.340	0.680	1.382	2.945	7.379	0.083	0.136	0.278	0.688	1.256	2.539
		Kd		0.086	0.106	0.134	0.170	0.218	0.296	0.066	0.078	0.100	0.134	0.164	0.208
		h		18.789	24.732	37.489	63.816	122.447	288.712	9.759	13.486	23.400	51.933	91.562	180.946
		sigma		16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000
		Zm		48.541	38.040	26.448	14.600	1.961	-13.377	60.137	47.638	29.724	7.075	-8.013	-25.628
		Bo		0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140
1980	FRIO (E-J)	Chl	0.068	0.140	0.319	0.705	1.395	3.037	7.383	0.072	0.128	0.277	0.683	1.289	2.892
		Kd	0.062	0.079	0.104	0.136	0.170	0.220	0.296	0.063	0.077	0.099	0.134	0.166	0.217
		h	22.170	26.405	36.921	59.489	99.953	196.156	450.822	9.097	15.284	30.716	69.183	122.583	253.564
		sigma	12.208	13.501	14.969	16.377	17.593	18.977	20.558	14.432	14.613	15.098	16.413	18.378	23.569
		Zm	72.010	53.861	38.723	28.221	21.473	15.732	11.027	64.802	63.369	59.691	50.746	39.814	20.976
		Bo	0.057	0.088	0.144	0.232	0.350	0.558	0.951	0.097	0.137	0.219	0.376	0.550	0.893
	CALIDO(JUL-D)	Chl		0.179	0.291	0.696	1.413	2.998	6.970	0.078	0.132	0.271	0.636	1.350	2.636
		Kd		0.086	0.101	0.135	0.171	0.219	0.290	0.065	0.078	0.099	0.131	0.168	0.210
		h		18.731	22.897	38.119	64.978	124.409	273.384	9.456	13.195	22.907	48.314	98.092	187.740
		sigma		16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000
		Zm		48.684	40.639	26.040	14.229	1.667	-12.426	61.487	48.420	30.369	9.041	-9.814	-26.572
		Bo		0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140
1981	FRIO (E-J)	Chl	0.094	0.157	0.277	0.726	1.408	3.125	7.051	0.082	0.119	0.274	0.726	1.355	2.225
		Kd	0.069	0.082	0.099	0.137	0.171	0.222	0.292	0.066	0.075	0.099	0.137	0.168	0.199
		h	23.715	27.384	34.451	60.723	100.705	201.348	431.406	10.302	14.403	30.433	73.062	128.187	200.254
		sigma	12.793	13.701	14.717	16.429	17.609	19.028	20.477	14.467	14.587	15.088	16.551	18.591	21.407
		Zm	63.136	51.486	40.978	27.890	21.395	15.552	11.231	64.527	63.576	59.759	49.887	38.782	27.390
		Bo	0.069	0.094	0.133	0.236	0.352	0.568	0.925	0.106	0.132	0.217	0.390	0.567	0.763
	CALIDO(JUL-D)	Chl		0.182	0.343	0.696	1.421	3.007	7.264	0.077	0.131	0.305	0.686	1.322	2.525
		Kd		0.087	0.107	0.135	0.171	0.220	0.294	0.065	0.078	0.103	0.134	0.167	0.207
		h		18.841	24.872	38.094	65.290	124.757	284.415	9.340	13.144	25.271	51.782	96.154	179.981
		sigma		16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000
		Zm		48.414	37.857	26.056	14.131	1.615	-13.116	62.028	48.560	27.419	7.154	-9.293	-25.491
		Bo		0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140
1982	FRIO (E-J)	Chl	0.092	0.187	0.283	0.709	1.443	3.007	7.300	0.079	0.133	0.264	0.681	1.372	2.487
		Kd	0.069	0.087	0.100	0.136	0.172	0.220	0.295	0.065	0.078	0.098	0.134	0.169	0.206
		h	23.566	29.134	34.809	59.762	102.785	194.422	445.956	9.927	15.895	29.367	68.996	129.606	221.404
		sigma	12.745	14.012	14.756	16.388	17.653	18.960	20.538	14.456	14.632	15.054	16.406	18.645	22.258
		Zm	63.832	48.017	40.623	28.147	21.183	15.793	11.077	64.613	63.225	60.014	50.788	38.524	24.660
		Bo	0.068	0.105	0.134	0.233	0.357	0.555	0.944	0.103	0.141	0.212	0.375	0.571	0.816
	CALIDO(JUL-D)	Chl	0.078	0.188	0.298	0.679	1.441	2.961	7.707	0.090	0.128	0.303	0.610	1.283	3.007
		Kd	0.065	0.087	0.102	0.134	0.172	0.218	0.300	0.068	0.077	0.102	0.129	0.165	0.220
		h	14.913	19.032	23.157	37.459	66.034	123.033	301.024	10.259	12.889	25.092	46.530	93.433	213.575
		sigma	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000
		Zm	62.669	47.953	40.246	26.467	13.900	1.872	-14.104	58.051	49.267	27.630	10.070	-8.542	-29.866
		Bo	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140

Chl (mg Chl a m⁻³) K_d (m⁻¹)h (mg Chl a m⁻²)

sigma (m)

Zm (m)

Bo (mg Chl a m⁻³)

Tabla 7. Valores promedio de clorofila superficial, K_d y parámetros de los perfiles de clorofila para la región de BC (1983 - 1986).

		SUBREGION BCi							SUBREGION BCo						
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1983	FRIO (E-J)	Chl	0.168	0.301	0.702	1.378	3.029	7.232	0.076	0.140	0.264	0.727	1.260	2.244	5.284
		Kd	0.084	0.102	0.135	0.169	0.220	0.294	0.065	0.079	0.098	0.137	0.164	0.199	0.265
		h	28.058	35.832	59.336	98.952	195.705	442.023	9.634	16.573	29.445	73.150	120.028	201.847	436.218
		sigma	13.827	14.862	16.370	17.571	18.973	20.522	14.448	14.652	15.056	16.554	18.281	21.471	31.319
		Zm	50.048	39.663	28.263	21.579	15.748	11.118	64.679	63.065	59.995	49.868	40.292	27.176	8.057
		Bo	0.098	0.139	0.232	0.347	0.557	0.939	0.101	0.145	0.213	0.390	0.543	0.767	1.282
	CALIDO(JUL-D)	Chl	0.092	0.130	0.293	0.693	1.384	2.856	0.071	0.117	0.243	0.663	1.226	3.041	
		Kd	0.069	0.077	0.101	0.135	0.170	0.216	0.063	0.075	0.095	0.133	0.163	0.220	
		h	15.459	16.879	22.997	37.999	63.900	119.094	8.941	12.167	20.935	50.177	89.470	215.925	
		sigma	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	
		Zm	59.804	54.056	40.486	26.117	14.573	2.476	-15.349	63.971	51.388	33.127	8.010	-7.407	-30.145
		Bo	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	
1984	FRIO (E-J)	Chl	0.093	0.131	0.327	0.668	1.431	2.980	0.072	0.117	0.246	0.571	1.626		
		Kd	0.069	0.077	0.105	0.133	0.172	0.219	0.063	0.075	0.096	0.126	0.179		
		h	23.647	25.868	37.348	57.351	102.047	192.804	9.115	14.150	27.649	58.894	151.072		
		sigma	12.771	13.380	15.009	16.282	17.638	18.943	14.433	14.579	14.999	16.050	19.470		
		Zm	63.450	55.338	38.375	28.827	21.257	15.852	10.622	64.798	63.635	60.425	53.068	34.793	
		Bo	0.069	0.085	0.146	0.225	0.355	0.552	1.006	0.097	0.130	0.204	0.338	0.632	
	CALIDO(JUL-D)	Chl	0.077	0.143	0.292	0.700	1.427	3.208	0.065	0.129	0.260	0.621	1.323	4.186	13.660
		Kd	0.065	0.080	0.101	0.135	0.171	0.224	0.061	0.077	0.097	0.130	0.167	0.245	0.363
		h	14.899	17.368	22.968	38.266	65.514	132.288	8.503	12.959	22.091	47.300	96.220	295.751	956.105
		sigma	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000
		Zm	62.754	52.463	40.530	25.946	14.061	0.535	-14.963	66.297	49.072	31.473	9.620	-9.311	-38.150
		Bo	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140
1985	FRIO (E-J)	Chl	0.090	0.150	0.282	0.702	1.449	3.241	7.185	0.071	0.126	0.259	0.692	1.382	3.355
		Kd	0.068	0.081	0.100	0.135	0.172	0.225	0.293	0.063	0.077	0.097	0.135	0.170	0.228
		h	23.479	27.005	34.736	59.338	103.129	208.109	439.241	9.015	15.132	28.865	70.046	130.487	289.865
		sigma	12.715	13.626	14.748	16.370	17.661	19.093	20.510	14.430	14.609	15.038	16.443	18.678	25.070
		Zm	64.253	52.362	40.694	28.262	21.148	15.328	11.147	64.820	63.405	60.134	50.554	38.365	17.426
		Bo	0.068	0.092	0.134	0.232	0.358	0.580	0.935	0.097	0.136	0.210	0.379	0.574	0.977
	CALIDO(JUL-D)	Chl	0.089	0.137	0.292	0.742	1.422	2.970	6.161	0.067	0.123	0.285	0.707	1.324	2.421
		Kd	0.068	0.079	0.101	0.138	0.171	0.219	0.279	0.062	0.076	0.100	0.136	0.167	0.204
		h	15.323	17.134	22.946	39.832	65.316	123.368	243.029	8.659	12.605	23.845	53.289	96.270	172.772
		sigma	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000
		Zm	60.472	53.208	40.564	24.979	14.123	1.822	-10.364	65.442	50.081	29.156	6.376	-9.324	-24.444
		Bo	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140
1986	FRIO (E-J)	Chl	0.084	0.143	0.329	0.775	1.475	3.103	6.766	0.069	0.139	0.313	0.667	1.445	2.352
		Kd	0.067	0.080	0.105	0.140	0.173	0.222	0.288	0.062	0.079	0.104	0.133	0.172	0.202
		h	23.116	26.596	37.509	63.608	104.659	200.044	414.684	8.745	16.555	34.296	67.742	135.799	210.534
		sigma	12.589	13.541	15.024	16.546	17.692	19.016	20.403	14.422	14.652	15.215	16.362	18.881	21.820
		Zm	66.110	53.368	38.247	27.167	20.998	15.596	11.419	64.881	63.069	58.835	51.067	37.415	26.031
		Bo	0.065	0.089	0.147	0.246	0.362	0.565	0.902	0.095	0.145	0.235	0.371	0.589	0.789

Chl (mg Chl a m⁻³) K_d (m⁻¹)h (mg Chl a m⁻²)

sigma (m)

Zm (m)

 B_o (mg Chl a m⁻³)

PRODUCCIÓN PRIMARIA INTEGRADA POR DÍA ($\text{g C m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)

Al aplicar la ecuación de Platt *et al.* (1988) a los perfiles de clorofila encontrados e integrando la columna de agua hasta las profundidades mostradas en las Tablas 8a y 8b, y multiplicando por las horas promedio de luz al día en cada subregión y temporada (Tabla 3), se obtuvieron los resultados de PP por m^2 enlistados en las Tablas 9 y 10. En estas tablas fue necesario hacer correcciones para las categorías 6 y 7 en la TC para las subregiones de BCi y BCo, ya que los perfiles de clorofila para estas categorías no tuvieron un modelaje aceptable, y arrojaban subestimaciones evidentes. La corrección realizada en estos casos se basó en las PP obtenidas para las TF de la misma subregión, realizando una regla de 3 para la estimación de la PP en la TC a partir de las concentraciones de clorofila superficiales de ambas temporadas en la misma categoría.

PRODUCCIÓN PRIMARIA DIARIA POR SUBREGIÓN (Tons C día^{-1})

El producto de los valores de PP diaria por m^2 (Tablas 9 y 10) por el área de cobertura de cada categoría en cada subregión y temporada (Figs 33 a 48, Tabla 3), arrojó los resultados enlistados en las Tablas 11 y 12 correspondientes al la Integración hasta el 1.0% y 0.1% de E_0 respectivamente.

Las celdas resaltadas de las Tablas 11 y 12 provienen de los valores corregidos de las Tablas 9 y 10.

Tabla 8a. Profundidad en metros de la zona eufótica para las categorías de clorofila superficial en las subregiones del SC y sus temporadas.

SUBREGION SCo																														
	1979				1980				1981				1982				1983				1984				1985				1986	
	FRIO E-M		CALIDO J-D		FRIO E-M		CALIDO J-D		FRIO E-M		CALIDO J-D		FRIO E-M		CALIDO J-D		FRIO E-M		CALIDO J-D		FRIO E-M		CALIDO J-D		FRIO E-M					
CATEGORIA	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o		
1	69.77	104.65	66.78	103.17	70.50	105.75	67.71	101.57	66.99	100.49	70.41	105.61	69.65	104.47	66.31	99.46	66.04	102.05	72.76	109.14	73.60	110.41	73.43	110.15	71.33	107.00	72.26	106.39	71.64	107.47
2	58.15	87.22	57.59	86.39	58.31	87.47	59.21	88.81	58.13	87.20	58.39	87.58	57.18	85.76	58.03	87.04	59.22	88.83	59.60	89.40	58.01	87.02	58.99	88.49	59.22	88.83	60.81	90.91	60.60	90.90
3	46.85	70.28	45.15	67.73	46.38	69.58	48.72	73.08	46.89	70.34	44.91	67.36	45.99	68.98	46.89	70.34	47.95	71.92	47.41	71.12	46.07	69.10	47.41	71.11	47.56	71.35	45.42	68.13	47.97	71.96
4	35.35	53.03	34.67	52.01	34.36	51.54	35.65	53.48	35.03	52.55	33.63	50.45	35.29	52.93	35.12	52.68	34.18	51.27	34.24	51.35	35.17	52.75	34.68	52.01	34.14	51.22	33.78	50.67	33.95	50.93
5	27.57	41.36	28.60	42.89	27.87	41.80			26.48	38.72	27.63	41.44	27.08	40.62	27.47	41.21	26.89	40.33	25.26	37.89	27.11	40.87	26.69	40.03	26.97	40.46	27.67	41.50	26.27	39.41
6			23.49	35.23	22.95	34.42			23.27	34.91	22.61	33.91	21.72	32.57	22.96	34.44	23.04	34.55	22.06	33.11	22.04	33.06	20.00	30.00	20.30	30.45	23.10	34.65	22.59	33.88
7											16.24	24.36	15.17	22.75							17.31	25.96	15.34	23.01	14.89	22.34				
SUBREGION SCI																														
	1979				1980				1981				1982				1983				1984				1985				1986	
	FRIO E-M		CALIDO J-D		FRIO E-M		CALIDO J-D		FRIO E-M		CALIDO J-D		FRIO E-M		CALIDO J-D		FRIO E-M		CALIDO J-D		FRIO E-M		CALIDO J-D		FRIO E-M					
CATEGORIA	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	1% E _o	
1	67.87	101.80			65.74	98.61	73.33	110.00	66.04	99.06			66.34	99.51					68.82	103.23	66.06	99.09	71.55	107.33	67.48	101.23	67.18	100.77	67.58	101.37
2	55.27	82.90	52.54	78.81	57.87	86.80	55.88	83.82	56.54	84.81	54.72	82.09	53.41	80.11	52.91	79.37	55.47	83.20	55.99	83.99	57.70	86.56	58.53	87.79	56.68	85.02	57.61	86.41	57.27	85.91
3	45.19	67.79	41.69	62.54	44.38	66.57	43.87	65.80	44.04	66.06	43.14	64.71	44.53	66.79	44.12	66.18	44.74	67.11	45.94	68.91	45.30	67.95	45.48	68.23	45.27	67.91	45.58	68.36	45.68	68.53
4	34.05	51.07	34.11	51.17	34.13	51.19	34.18	51.27	34.31	51.47	33.78	50.67	33.86	50.79	35.08	52.62	34.19	51.29	34.46	51.70	33.79	50.89	34.38	51.57	34.10	51.14	33.97	50.96	34.27	51.41
5	27.22	40.84	27.21	40.82	27.03	40.55	27.19	40.78	26.99	40.47	26.91	40.37	27.21	40.82	27.07	40.61	27.03	40.54	27.02	40.53	27.10	40.66	27.08	40.62	26.87	40.31	26.93	40.40	26.74	40.11
6	21.49	32.23	21.89	32.83	21.27	31.91	21.49	32.23	21.50	32.24	21.20	31.81	21.14	31.71	21.42	32.13	21.40	32.11	21.16	31.75	21.10	31.65	20.54	30.81	20.33	30.49	21.20	31.80	20.99	31.48
7	15.15	22.73	15.09	22.63	15.18	22.77	15.43	23.14	14.19	21.29	15.91	23.86	15.35	23.02	15.75	23.62	15.59	23.38	14.03	21.05	15.97	23.96	15.00	22.49	16.42	24.62	16.90	25.35	16.71	25.06

Tabla 8b. Profundidad en metros de la zona eufótica para las categorías de clorofila superficial en las subregiones de BC y sus temporadas.

SUBREGION BCi																														
	1979				1980				1981				1982				1983				1984				1985				1986	
	FRIO E-J		CALIDO JUL-D		FRIO E-J		CALIDO JUL-D		FRIO E-J		CALIDO JUL-D		FRIO E-J		CALIDO JUL-D		FRIO E-J		CALIDO JUL-D		FRIO E-J		CALIDO JUL-D		FRIO E-J		CALIDO JUL-D			
CATEGORIA	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀	1% E ₀		
1	66.10	98.16			74.00	111.00			66.34	99.51			66.95	100.42	70.71	106.06			66.79	100.18	66.81	99.92	70.83	106.24	67.31	100.97	67.68	101.52	68.93	103.38
2	57.93	86.90	53.37	80.06	58.13	87.20	53.53	80.29	56.00	83.99	53.24	79.86	52.84	79.26	52.75	79.13	54.69	82.04	59.57	89.35	59.46	89.18	57.71	86.56	56.79	85.18	58.57	87.86	57.69	86.54
3	44.85	67.27	43.31	64.96	44.19	66.29	45.61	68.41	46.32	68.48	43.15	64.72	45.98	68.98	45.25	67.87	45.08	67.62	45.47	68.20	43.86	65.79	45.51	68.26	46.05	69.08	45.54	68.31	43.74	65.61
4	33.88	50.82	34.38	51.57	33.97	50.96	34.10	51.16	33.64	50.46	34.11	51.17	33.90	50.85	34.40	51.59	34.02	51.02	34.16	51.23	34.58	51.87	34.04	51.06	34.01	51.02	33.39	50.09	32.92	49.37
5	27.12	40.69	27.16	40.74	27.07	40.61	26.96	40.44	26.99	40.48	26.91	40.36	26.77	40.15	26.78	40.17	27.18	40.77	27.14	40.72	26.85	40.27	26.87	40.30	26.73	40.10	26.90	40.35	26.57	39.86
6	21.06	31.59	21.12	31.68	20.90	31.38	20.99	31.49	20.70	31.06	20.97	31.46	20.97	31.46	21.08	31.82	20.92	31.38	21.33	32.00	21.04	31.55	20.53	30.79	20.46	30.68	21.06	31.59	20.75	31.13
7	15.62	23.43	15.56	23.34	15.56	23.34	15.86	23.79	15.80	23.70	15.64	23.46	15.62	23.43	15.34	23.01	15.67	23.50	14.96	22.44	15.08	22.62	15.08	22.62	15.70	23.55	16.52	24.79	16.02	24.02
SUBREGION BCo																														
	1979				1980				1981				1982				1983				1984				1985				1986	
	FRIO E-J		CALIDO JUL-D		FRIO E-J		CALIDO JUL-D		FRIO E-J		CALIDO JUL-D		FRIO E-J		CALIDO JUL-D		FRIO E-J		CALIDO JUL-D		FRIO E-J		CALIDO JUL-D		FRIO E-J		CALIDO JUL-D			
CATEGORIA	1.0% E ₀	0.1% E ₀	1.0% E ₀	0.1% E ₀	1.0% E ₀	0.1% E ₀	1.0% E ₀	0.1% E ₀	1.0% E ₀	0.1% E ₀	1.0% E ₀	0.1% E ₀	1.0% E ₀	0.1% E ₀	1.0% E ₀	0.1% E ₀	1.0% E ₀	0.1% E ₀	1.0% E ₀	0.1% E ₀	1.0% E ₀	0.1% E ₀	1.0% E ₀	0.1% E ₀	1.0% E ₀	0.1% E ₀	1.0% E ₀	0.1% E ₀		
1	72.14	106.22	68.28	103.91	72.63	108.94	70.53	105.78	69.37	104.05	71.04	106.55	70.32	105.48	67.38	101.08	71.11	106.66	72.89	109.34	72.57	108.86	75.18	112.77	72.87	109.30	74.33	111.50	73.69	110.54
2	61.31	91.96	58.68	88.03	59.96	89.94	59.30	88.94	61.29	91.94	59.41	89.11	59.10	88.65	59.97	89.95	58.19	87.29	61.68	92.52	61.69	92.54	59.81	89.72	60.18	90.27	60.62	90.93	58.22	87.33
3	46.74	70.10	46.26	69.39	46.33	69.50	46.66	69.99	46.49	69.74	44.87	67.30	47.11	70.66	44.99	67.49	47.06	70.59	48.40	72.60	48.17	72.25	47.35	71.02	47.41	71.12	45.92	68.87	44.49	66.73
4	34.07	51.11	34.25	51.37	34.33	51.49	35.15	52.73	33.64	50.46	34.28	51.43	34.36	51.54	35.64	53.46	33.63	50.44	34.68	52.01	36.43	54.65	35.43	53.14	34.17	51.26	33.93	50.90	34.60	51.89
5	27.17	40.76	28.03	42.05	27.79	41.68	27.37	41.05	27.33	41.00	27.56	41.34	27.22	40.84	27.84	41.75	28.01	42.01	28.26	42.39	25.73	38.59	27.55	41.33	27.16	40.73	27.55	41.32	26.76	40.14
6	22.28	33.42	22.19	33.28	21.25	31.87	21.91	32.87	23.18	34.77	22.23	33.34	22.34	33.51	20.97	31.46	23.11	34.67	20.89	31.34			18.79	28.18	20.22	30.33	22.54	33.81	22.76	34.14
7					17.71	26.56					16.22	24.33	15.73	23.80	16.34	24.51	17.39	26.08					12.68	19.02	15.35	23.02			17.31	25.96

Tabla 11. Valores de Producción Primaria diaria por subregión hasta el 1% de E₀.

SUBREGIÓN SC₀

CATEGORÍA		Productividad Integrada por Subregión (Tons C día ⁻¹)				Horas Luz promedio por día:				TF 11.88		TC 12.14			
		1979		1980		1981		1982		1983		1984		1985	
		FRIÓ	CÁLIDO	FRIÓ	CÁLIDO	FRIÓ	CÁLIDO	FRIÓ	CÁLIDO	FRIÓ	CÁLIDO	FRIÓ	CÁLIDO	FRIÓ	CÁLIDO
1		15,159.5	13,206.2	15,456.1	14,793.7	6,543.9	11,857.4	3,661.3	5,178.8	8,362.3	30,314.0	18,835.0	21,824.6	19,950.8	29,475.3
2		14,077.3	11,570.0	15,479.6	19,420.2	24,225.2	8,485.3	20,840.3	24,641.9	26,945.2	9,292.0	10,855.9	12,772.5	12,878.8	7,774.2
3		10,782.9	19,153.3	7,885.9	6,962.0	10,024.9	11,738.6	16,670.9	14,096.1	2,741.5	1,010.7	8,664.1	3,574.5	4,605.3	2,804.3
4		753.3	8,433.2	1,492.5	625.9	583.9	23,183.8	5,295.3	1,158.6	657.3	86.5	2,085.3	421.0	599.9	1,954.3
5		419.2	1,151.6	959.6		814.4	18,776.6	3,245.0	1,291.5	324.7	19.4	1,106.9	664.1	271.4	2,026.1
6			44.3	221.3		119.1	3,977.0	1,115.5	138.8	195.1	124.6	1,564.8	2,613.8	585.2	251.6
7							90.2	62.5				93.1	4,091.8	650.5	
TOTAL		41,192.4	53,558.7	41,494.9	41,801.8	42,311.4	78,108.9	50,890.8	46,505.7	39,246.1	40,847.1	43,205.0	45,962.2	39,541.8	44,285.8

SUBREGIÓN SC_I

CATEGORÍA		Productividad Integrada por Subregión (Tons C día ⁻¹)				Horas Luz promedio por día:				TF 11.87		TC 12.15			
		1979		1980		1981		1982		1983		1984		1985	
		FRIÓ	CÁLIDO	FRIÓ	CÁLIDO	FRIÓ	CÁLIDO	FRIÓ	CÁLIDO	FRIÓ	CÁLIDO	FRIÓ	CÁLIDO	FRIÓ	CÁLIDO
1		18.2		340.4	4.6	9.3		4.6		7,140.7	599.2	11,964.0	374.1	2,510.0	1,649.6
2		9,146.2	25.5	9,070.0	1,902.3	7,519.4	1,526.8	662.3	2,494.3	8,819.5	18,335.1	17,992.0	14,900.0	7,192.0	11,118.9
3		31,925.2	9,859.4	22,969.4	28,040.1	27,432.2	10,925.4	23,968.7	36,415.3	30,711.8	17,096.6	17,373.3	12,920.6	24,383.7	17,421.8
4		24,200.5	38,553.7	21,934.7	20,975.1	25,335.5	17,925.7	29,839.2	16,029.7	23,197.1	8,365.0	17,733.5	5,255.3	14,249.2	11,891.6
5		17,812.4	45,670.1	26,412.7	24,362.6	25,089.4	41,178.9	36,044.6	14,332.1	20,429.0	6,060.4	20,885.8	6,969.9	21,101.0	25,491.7
6		12,815.0	32,615.6	31,740.2	23,655.6	23,611.1	77,599.4	33,559.3	15,744.6	20,451.3	6,613.9	29,397.2	12,864.2	50,098.2	32,146.9
7		3,739.7	4,750.0	16,863.4	6,050.1	15,334.0	21,501.2	19,702.3	5,999.0	8,256.4	4,805.3	9,430.4	30,711.8	46,399.4	4,896.1
TOTAL		99,657.2	131,474.3	129,350.9	104,990.5	124,330.8	170,657.4	143,800.9	91,014.9	111,865.0	68,417.0	113,411.5	95,585.7	163,797.5	105,476.9

SUBREGIÓN BC_I

CATEGORÍA		Productividad Integrada por Subregión (Tons C día ⁻¹)				Horas Luz promedio por día:				TF 12.2		TC 11.86			
		1979		1980		1981		1982		1983		1984		1985	
		FRIÓ	CÁLIDO	FRIÓ	CÁLIDO	FRIÓ	CÁLIDO	FRIÓ	CÁLIDO	FRIÓ	CÁLIDO	FRIÓ	CÁLIDO	FRIÓ	CÁLIDO
1		697.3		1.8		2.1		2.1	3.9	4,563.7	1,436.4	3,322.7	337.6	2,290.8	118.3
2		7,291.4	882.1	3,430.7	7,179.7	6,825.7	508.3	1,113.0	2,283.8	2,693.8	11,458.9	7,674.3	6,101.8	5,632.7	9,223.3
3		7,630.3	8,482.1	9,651.8	9,635.3	9,537.1	7,913.5	12,498.7	13,839.2	15,014.9	6,011.6	9,891.1	5,829.6	4,633.8	4,385.3
4		12,901.1	15,484.6	16,936.7	8,684.5	8,541.4	10,798.9	10,568.7	10,443.0	14,436.6	4,495.2	10,127.7	5,017.4	7,368.7	5,399.2
5		14,507.8	21,241.7	24,263.1	13,424.7	17,602.5	22,658.9	23,008.3	13,187.8	15,906.3	6,766.1	8,570.8	11,357.8	15,371.4	16,524.0
6		20,290.7	36,772.8	32,133.8	18,458.0	32,713.1	60,035.2	51,490.7	23,038.7	37,400.6	9,401.0	16,021.4	34,801.1	57,875.6	35,795.1
7		10,390.4	12,360.4	27,590.6	9,035.4	17,243.2	18,717.0	31,621.2	13,178.8	16,853.1	4,060.2	5,813.6	52,549.0	63,175.6	8,021.7
TOTAL		73,709.1	95,223.8	114,008.5	66,417.5	92,465.1	120,631.8	130,302.6	75,975.2	102,305.2	46,756.8	59,535.2	118,979.3	154,415.4	81,639.4

SUBREGIÓN BC₀

CATEGORÍA		Productividad Integrada por Subregión (Tons C día ⁻¹)				Horas Luz promedio por día:				TF 12.22		TC 11.85			
		1979		1980		1981		1982		1983		1984		1985	
		FRIÓ	CÁLIDO	FRIÓ	CÁLIDO	FRIÓ	CÁLIDO	FRIÓ	CÁLIDO	FRIÓ	CÁLIDO	FRIÓ	CÁLIDO	FRIÓ	CÁLIDO
1		85,025.5	61,785.3	74,697.2	96,182.5	58,341.1	77,521.0	64,185.7	35,009.3	45,240.2	121,614.2	82,600.9	86,113.4	65,505.4	118,468.5
2		14,284.8	48,088.1	24,759.0	31,990.0	45,660.2	28,480.1	32,108.1	54,982.0	46,680.3	10,033.3	17,867.9	22,346.2	31,484.9	11,679.3
3		2,580.3	27,296.9	3,268.3	3,607.3	1,717.9	24,970.1	9,617.3	61,916.3	17,227.6	672.9	801.3	5,049.2	3,149.7	3,609.3
4		119.6	17,775.9	983.8	1,405.6	950.1	30,919.8	2,057.8	25,677.0	3,656.8	146.2	26.6	621.2	1,099.7	3,362.7
5		88.1	4,680.3	431.6	254.2	1,480.8	19,000.4	2,556.3	3,518.5	2,077.2	231.1	16.3	257.1	2,106.7	2,536.2
6		152.0	615.7	211.5	257.1	366.2	4,720.6	1,144.4	2,475.8	105.9	215.2		99.0	11,740.9	601.2
7				46.8			356.5	48.9	261.6	47.3			783.8	11,330.5	
TOTAL		102,250.4	160,242.2	104,398.1	133,696.6	108,516.4	185,968.6	111,719.3	183,840.6	115,035.4	132,912.8	101,313.0	115,269.9	126,417.8	144,126.3

En celdas de Categorías 6 y 7 de la Temporada Cálida en BC han sido sustituidos los valores del modelo por valores de PP correspondientes a su clorofila superficial.

Tabla 12. Valores de Producción Primaria diaria por subregión hasta el 0.1% de E₀.

SUBREGIÓN SCo

CATEGORÍA	Productividad Integrada por Subregión (Tons C día ⁻¹)				Horas Luz promedio por día:				TF 11.88		TC 12.14				
	1979		1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986
	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO
1	15,310.3	13,323.1	15,606.9	14,922.4	6,609.0	11,959.6	3,697.3	5,221.3	8,459.7	30,584.5	19,023.3	22,014.0	20,143.5	29,727.5	24,800.7
2	14,192.0	11,648.3	15,608.2	19,552.7	24,422.3	8,542.9	21,006.9	24,799.6	27,170.3	9,359.5	10,943.0	12,868.2	12,986.4	7,832.4	9,977.0
3	10,853.9	19,214.9	7,933.8	6,992.9	10,091.3	11,781.1	16,779.1	14,153.6	2,760.4	1,014.6	8,714.1	3,588.4	4,635.1	2,813.9	1,681.3
4	756.4	8,450.1	1,498.2	627.2	586.0	23,227.7	5,316.1	1,160.7	659.8	86.6	2,093.3	421.9	602.1	1,958.2	240.0
5	420.6	1,153.4	962.9		816.9	18,606.7	3,254.1	1,293.5	325.8	19.4	1,110.0	665.2	272.3	2,029.4	416.0
6		44.4	222.0		119.4	3,983.1	1,118.7	139.0	195.5	124.7	1,568.5	2,618.4	586.6	251.9	562.4
7						90.3	62.6				93.3	4,097.9	652.2		
TOTAL	41,533.2	53,834.2	41,832.0	42,095.2	42,645.0	78,391.4	51,234.9	46,767.7	39,571.5	41,189.4	43,545.4	46,273.7	39,878.3	44,613.3	37,677.4

SUBREGIÓN SCI

CATEGORÍA	Productividad Integrada por Subregión (Tons C día ⁻¹)				Horas Luz promedio por día:				TF 11.87		TC 12.15				
	1979		1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986
	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO
1	18.2		341.6	4.6	9.3		4.6		7,159.3	601.2	11,992.3	375.4	2,516.2	1,655.6	
2	9,173.0	25.6	9,100.3	1,908.7	7,542.8	1,531.9	664.2	2,503.0	8,846.2	18,397.7	18,050.5	14,945.6	7,214.9	11,153.9	10,941.4
3	32,002.7	9,893.7	23,046.4	28,142.0	27,495.8	10,960.2	24,049.8	36,531.6	30,793.6	17,159.5	17,416.3	12,964.7	24,443.8	17,482.2	25,467.1
4	24,248.6	38,658.6	21,979.0	21,033.1	25,388.9	17,981.2	29,909.6	16,074.0	23,244.7	8,389.7	17,774.8	5,270.5	14,277.8	11,930.1	12,912.1
5	17,846.3	45,767.1	26,460.6	24,414.1	25,147.7	41,282.9	36,113.0	14,361.4	20,466.1	6,072.6	20,924.5	6,984.2	21,148.7	25,556.4	19,763.9
6	12,840.4	32,680.1	31,796.5	23,696.2	23,658.2	77,718.1	33,618.6	15,771.0	20,490.9	6,623.9	29,448.4	12,885.4	50,191.9	32,195.9	40,189.2
7	3,745.9	4,754.7	16,891.8	6,057.3	15,359.9	21,533.2	19,736.6	6,007.3	8,273.1	4,809.7	9,452.4	30,757.7	46,486.7	4,903.7	13,713.1
TOTAL	99,875.2	131,779.8	129,618.3	105,256.0	124,602.7	171,007.5	144,098.5	91,248.2	112,114.6	68,612.3	113,668.1	95,800.3	164,139.3	105,738.5	124,642.5

SUBREGIÓN BCI

CATEGORÍA	Productividad Integrada por Subregión (Tons C día ⁻¹)				Horas Luz promedio por día:				TF 12.2		TC 11.86				
	1979		1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986
	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO
1	706.6		1.8		2.1		2.1	3.9	4,588.1	1,457.4	3,339.6	342.4	2,302.8	120.2	
2	7,376.1	887.0	3,466.4	7,220.4	6,900.4	511.1	1,123.5	2,297.2	2,720.7	11,522.9	7,762.1	6,136.9	5,634.3	9,275.2	383.1
3	7,680.6	8,522.4	9,706.8	9,886.6	9,598.9	7,950.0	12,587.6	13,908.0	15,102.7	6,042.8	9,953.2	5,860.1	4,662.2	4,408.4	1,482.8
4	12,951.7	15,531.3	17,004.6	8,708.7	8,573.1	10,829.2	10,610.3	10,474.6	14,484.6	4,508.0	10,166.2	5,031.2	7,413.2	5,414.3	8,617.9
5	14,545.0	21,273.5	24,324.5	13,449.3	17,658.2	22,699.5	23,077.0	13,210.5	15,947.7	6,776.2	8,596.9	11,377.9	15,416.9	16,553.6	33,547.3
6	20,333.4	36,850.2	32,221.1	18,508.1	32,796.8	60,188.8	51,633.5	23,102.6	37,502.8	9,426.7	16,054.8	34,873.7	58,010.8	35,878.7	100,011.1
7	10,414.3	12,388.7	27,652.4	9,055.6	17,285.5	18,762.9	31,693.6	13,209.0	16,892.4	4,069.7	5,824.1	52,644.4	63,324.9	8,040.6	79,322.9
TOTAL	74,007.8	95,453.1	114,377.7	66,628.8	92,815.0	120,941.5	130,727.8	76,205.8	102,650.8	46,934.4	59,814.7	119,263.7	154,864.7	81,873.6	223,539.3

SUBREGIÓN BCo

CATEGORÍA	Productividad Integrada por Subregión (Tons C día ⁻¹)				Horas Luz promedio por día:				TF 12.22		TC 11.85				
	1979		1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986
	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO	CÁLIDO	FRÍO
1	85,430.7	62,021.6	75,065.0	96,559.3	58,665.5	77,808.1	64,525.4	35,146.0	45,465.2	122,104.2	83,006.2	86,429.6	65,834.1	118,913.4	59,200.8
2	14,391.1	48,273.3	24,964.5	32,107.7	45,999.5	28,587.0	32,355.8	55,205.3	47,052.4	10,073.2	18,005.4	22,435.0	31,723.7	11,724.9	13,070.9
3	2,604.6	27,349.8	3,297.7	3,615.0	1,733.6	25,017.6	9,701.6	62,038.0	17,377.9	674.5	808.4	5,060.1	3,178.3	3,616.9	23,783.4
4	120.6	17,785.0	992.0	1,406.4	958.4	30,935.7	2,075.0	25,693.8	3,688.4	146.3	26.9	621.6	1,108.7	3,364.6	14,100.9
5	88.6	4,681.6	434.5	254.3	1,489.5	19,006.5	2,570.6	3,519.8	2,089.5	231.2	16.4	257.2	2,118.3	2,537.0	18,611.5
6	152.5	617.5	212.0	257.7	367.4	4,735.6	1,147.8	2,483.1	106.2	215.8		99.2	11,767.3	602.5	16,053.3
7			46.9			357.3	49.0	262.2	47.4			785.3	11,352.4		190.0
TOTAL	102,788.0	160,728.7	105,012.5	134,200.3	109,213.9	186,447.6	112,425.1	184,348.1	115,827.0	133,445.2	101,863.2	115,688.0	127,062.7	140,759.3	145,010.8

En celdas de Categorías 6 y 7 de la Temporada Cálida en BC han sido sustituidos los valores del modelo por valores de PP correspondientes a su clorofila superficial.

PROMEDIO DIARIO DE PRODUCCIÓN PRIMARIA POR SUBREGIÓN ($\text{g C m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)

Los valores promedio de PP diaria por m^2 , ponderando el área que abarcó cada categoría de clorofila superficial, se muestran en las Tablas 13 y 14. De igual forma, la Tabla 15 muestra los valores promedio de PP diaria por m^2 , de las subregiones costeras (SCi y BCi) y de las alejadas de la costa (SCo y BCo).

PROMEDIO ANUAL DE PRODUCCIÓN PRIMARIA POR SUBREGIÓN ($\text{g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$)

Los valores promedio de PP anual por m^2 , que resultaron de multiplicar los valores de las Tablas 13 y 14 por los 365 días del año (se consideraron los 365 días del año como despejados para simplificar), se muestran en las Tablas 16 y 17. De igual manera, la Tabla 18 muestra los valores promedio de PP anuales por m^2 , de las subregiones costeras (SCi y BCi) y de las alejadas de la costa (SCo y BCo).

PRODUCCIÓN PRIMARIA TOTAL POR SUBREGION (Gt C año^{-1})

El área considerada (Km^2) para cada subregión y los valores anuales de PP (Gt C año^{-1}) se muestran en las Tablas 19 y 20, valores que resultaron de multiplicar los valores de las Tablas 16 y 17 por el área (previa conversión de m^2 a Km^2), transformando de gramos a Gt.

Tabla 15. Promedios diarios de Producción Primaria de las subregiones alejadas de la costa (SCo y BCo) y costeras (SCi y BCi), hasta el 0.1% de E_0

(g C m ⁻² día ⁻¹)	SCo y BCo	SCi y BCi
Area (Km ²)	724,320	279,792
1979	0.250	0.727
1980	0.223	0.735
1981	0.292	0.925
1982	0.272	0.773
1983	0.228	0.576
1984	0.213	0.690
1985	0.244	0.886
* 1986 (solo TF)	0.252	1.244
** PROMEDIO	0.247	0.820

* Calculado tan solo con datos de TF

** Promedio ponderado por el área abarcada.

Tabla 16. Valores promedio de Producción Primaria anual por m² integrada hasta el 1% de E₀

(g C m ⁻² año ⁻¹)	SCo	SCi	BCi	BCo	PROMEDIO**
1979	101.144	271.418	255.722	87.337	139.148
1980	87.013	263.978	272.242	79.155	133.017
1981	132.164	347.538	322.587	98.015	170.490
1982	100.887	258.894	311.250	98.357	149.824
1983	83.902	198.190	224.716	82.397	118.112
1984	93.583	236.201	270.682	71.969	125.639
1985	88.367	297.324	356.049	88.605	153.781
*1986 (solo TF)	77.942	285.256	674.401	95.734	192.219
PROMEDIO	95.625	269.850	335.956	87.696	147.779

* Calculado tan solo con datos de TF (SC=151 días, BC=181 días) para todo el año.

** Promedio ponderado por el área de cada subregión.

Tabla 17. Valores promedio de Producción Primaria anual por m² integrada hasta el 0.1% de E₀

(g C m ⁻² año ⁻¹)	SCo	SCi	BCi	BCo	PROMEDIO**
1979	101.776	272.036	256.519	87.677	139.637
1980	87.664	264.589	273.118	79.526	133.535
1981	132.798	348.267	323.584	98.405	171.049
1982	101.505	259.491	312.240	98.760	150.365
1983	84.602	198.690	225.505	82.836	118.649
1984	94.259	236.733	271.535	72.290	126.119
1985	89.059	298.001	357.080	88.992	154.344
*1986 (solo TF)	78.667	285.942	676.056	96.321	192.974
PROMEDIO	96.291	270.468	336.955	88.101	148.334

* Calculado tan solo con datos de TF (SC=151 días, BC=181 días) para todo el año.

** Promedio ponderado por el área de cada subregión.

Tabla 18. Promedios anuales de Producción Primaria de las subregiones alejadas de la costa (SCo y BCo) y costeras (SCi y BCi), hasta el 0.1% de E_o .

(g C m ⁻² año ⁻¹)	SCo y BCo	SCi y BCi
Area (Km ²)	724,320	279,792
1979	91.080	265.343
1980	81.490	268.268
1981	106.706	337.620
1982	99.423	282.244
1983	83.262	210.256
1984	77.592	251.745
1985	89.008	323.484
* 1986 (solo TF)	92.060	454.217
** PROMEDIO	90.078	299.147

* Calculado tan solo con datos de TF

** Promedio ponderado por el área abarcada.

Tabla 19. Área superficial de las subregiones y valores de Producción Primaria integrada hasta el 1% de E_0

	SCo	SCi	BCi	BCo	TOTAL
Area (Km ²)	174,816	159,104	120,688	549,504	1,004,112
(Gt C año ⁻¹)					
1979	0.017682	0.043184	0.030863	0.047992	0.139720
1980	0.015211	0.042000	0.032856	0.043496	0.133564
1981	0.023104	0.055295	0.038932	0.053860	0.171191
1982	0.017637	0.041191	0.037564	0.054048	0.150440
1983	0.014667	0.031533	0.027121	0.045277	0.118598
1984	0.016360	0.037580	0.032668	0.039547	0.126156
1985	0.015448	0.047305	0.042971	0.048689	0.154413
*1986 (solo TF)	0.013625	0.045385	0.081392	0.052606	0.193009
PROMEDIO	0.016717	0.042934	0.040546	0.048189	0.148386

* Calculado tan solo con datos de TF (SC=151 días, BC=181 días) para todo el año.

Tabla 20. Área superficial de las subregiones y valores de Producción Primaria integrada hasta el 0.1% de E_0

	SCo	SCi	BCi	BCo	TOTAL
Area (Km ²)	174,816	159,104	120,688	549,504	1,004,112
(Gt C año ⁻¹)					
1979	0.017792	0.043282	0.030959	0.048179	0.140212
1980	0.015325	0.042097	0.032962	0.043700	0.134084
1981	0.023215	0.055411	0.039053	0.054074	0.171753
1982	0.017745	0.041286	0.037684	0.054269	0.150983
1983	0.014790	0.031612	0.027216	0.045519	0.119136
1984	0.016478	0.037665	0.032771	0.039724	0.126638
1985	0.015569	0.047413	0.043095	0.048902	0.154979
*1986 (solo TF)	0.013752	0.045495	0.081592	0.052929	0.193768
PROMEDIO	0.016833	0.043033	0.040666	0.048412	0.148944

* Calculado tan solo con datos de TF (SC=151 días, BC=181 días) para todo el año.

Tabla 21. Numero de perfiles de clorofila usados en el modelo para cada temporada y en cada subregión (Tomado de Millán-Núñez *et al.*, 1997).

SUBREGIÓN	SCi	SCo	BCi	BCo
Temp. Fría	641	606	142	194
Temp. Cálida	636	631	56	92
TOTAL	1227	1237	198	286

DISCUSIONES.

Es notorio que el año con menor número de imágenes fue 1984 (Tabla 1), y en las imágenes promedio correspondientes (Figs. 13, 14, 28 y 29) podemos notar que hay áreas sin color en el océano debido a la poca cantidad de datos promediados en ellas, y a que ninguna de las imágenes promediadas tuvo datos en esos puntos geográficos en particular. En especial la TC de 1984 presentó áreas mas extensas sin datos (16.52% del área en BCo). Esta podría ser una de las limitantes del uso de sensores remotos para estimar la PP en grandes regiones del océano, pero aún así es a la fecha el método que proporciona una panorámica mucho más extensa de áreas bastas del océano.

En cuanto a la aplicación del modelo de Platt *et al.* (1988), se decidió utilizar los parámetros fotosintéticos reportados por Valdez-Holguín *et al.* (1998) para todas las subregiones, por ser los datos reportados más recientemente dentro del área de estudio, considerar que no son homogéneos en toda la columna de agua, y suponiendo que es posible representar regiones biogeográficas de gran escala mediante parámetros promedio (Platt y Sathyendranath, 1988). Aunque Gaxiola-Castro y Álvarez-Borrego (1986) reportan también datos de P_m^B y α^B , ellos trabajaron en la zona tropical del litoral mexicano, más al sur del área de estudio, por lo que los parámetros encontrados por ellos no serían representativos de las regiones estudiadas en este trabajo. Sería conveniente contar con más estudios en cuanto a los parámetros fotosintéticos en la CC, tanto en la zona costera, como en zonas alejadas de la costa, para tener una mayor certeza de la representatividad de estos valores, ya que se ha demostrado que hay diferencias entre la zona costera y la alejada de la costa, y las TF y TC (Marra, 1980).

En cuanto a E_o , además de las diferencias con la latitud, es notorio que para las subregiones del SC la diferencia entre la E_o de la TF y TC es menor que para las subregiones

de BC. Esto se debe principalmente a que la temporalidad en ambas regiones difiere en un mes. Es decir, para el SC la TF dura tan solo 5 meses y la TC 7, mientras que para BC tanto la TF como la TC duran 6 meses según lo reportado por Millán-Núñez *et al.* (1996). Esta diferencia causa que, en promedio, la TF en BC reciba notoriamente mayor irradiancia que la TC, por estar incluidos en la TF los días con mayor insolación. Con esto también notamos que las TF y TC tienen un desfase respecto a las estaciones convencionales del año, retrazándose por varios meses, e incluyendo meses de verano en la TF, y meses de invierno en la TC.

En cuanto a la estimación de la PP a partir de la clorofila superficial, encontramos que para las subregiones del SC, los datos estimados y los de los cruceros CalCOFI tuvieron bastante similitud en ambas temporadas. También se compararon las estimaciones con la información de PP recopilada por Millán-Núñez y Lara-Lara (1995) siendo bastante similares. Para las subregiones de BC hay un menor número de datos de CalCOFI, sobre todo en las categorías de clorofila superficial altas (categorías 5 a 7), por lo que no es posible decir con certeza si las estimaciones de PP fueron aceptable. Sin embargo, es evidente que los datos estimados tuvieron una desviación importante en las categorías 6 y 7 en la TC, por lo que se optó por hacer una corrección basada en los resultados obtenidos para la TF de estas dos subregiones. La subestimación que arrojaba el modelo para los perfiles de clorofila en las categorías 6 y 7 de la TC en BCo y BCi, es atribuible a que en las regresiones efectuadas por Millán-Núñez *et al.* (1997) no se encontraron datos de clorofila superficial correspondientes a esas categorías (Millán-Núñez, comunicación personal), y el modelo sólo se ajustó adecuadamente a las categorías 1 a 5, subestimando en alrededor de un 25% y 50% la PP integrada por m^2 para las categorías 6 y 7 respectivamente en el caso de BCi, y en uno y dos órdenes de magnitud para BCo en las categorías 6 y 7 respectivamente. Las Figuras 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46 y 48 corroboran la poca frecuencia de clorofila superficial en las categorías 6

y 7 ya descrita. Se hizo una revisión de la cantidad de perfiles de clorofila que Millán-Núñez *et al.* (1997) involucraron para la formulación de su modelo; en la Tabla 21 se transcribe el número de perfiles de clorofila utilizados en cada caso. Es bien notorio que para las subregiones de BC se utilizaron mucho menos perfiles que para el SC, y que dentro de la región de BC se tienen menos de la mitad de los perfiles de la TF en la TC. Esto sugiere que, de ser posible, se podría obtener un mejor modelo si se contara con un mayor número de perfiles de clorofila. Además del número bajo de perfiles de clorofila que Millán-Núñez *et al.* (1997) utilizaron para BC, más del 96% de ellos se concentran en tan solo dos años (1978 y 1984), por lo cual es de esperarse que la variabilidad anual no esté muy bien representada por el modelo para esta región. Con esto se evidencia la importancia de contar con una base de datos bien nutrida en cuanto a frecuencia y cobertura de los muestreos, con el fin de poder desarrollar modelos más acertados.

A pesar de los problemas del modelo mencionados, a escala regional, la subestimación del modelo no fue de tanto peso debido a que las áreas que presentaron las clorofila superficiales de las categorías donde hubo subestimaciones evidentes fueron muy pequeñas (Figs 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46 y 48). Para corroborar esta hipótesis, se sustituyeron las estimaciones efectuadas mediante el modelo de Millán-Núñez *et al.* (1997) con valores de PP acordes a la clorofila superficial para las subregiones BCI y BCo. Esto se hizo tomando como referencia los valores de PP estimados mediante el modelo para la TF, ya que estos presentaron una progresión con las mismas características que los datos estimados para las subregiones SCo y SCi, los cuales no tuvieron diferencias considerables con los datos estimados *in situ* en los cruceros de CalCOFI. Los resultados mostrados en las Tablas 9 a 20 son los datos ya corregidos. En éstos, el aumento por la corrección en la PP fue de tan solo 1.98% respecto a los resultados arrojados originalmente por el modelo (no mostrados). Con

aproximadamente 23% y 9% respectivamente. En el caso de las subregiones Costeras (SCi y BCi), tenemos un promedio de $299.147 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ y un promedio anual máximo en 1986 de $454.217 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$. En este caso, el promedio también resultó en aproximadamente un 23% menor que la estimación de Longhurst *et al.* (1995), pero el máximo resultó ser aproximadamente un 17% mayor. Este máximo que encontramos en 1986 es un valor que está muy disparado en relación a la media encontrada y se debe a que en la imagen promedio de BC para ese año (Fig 32) se encontraron anormalmente áreas extensas con clorofila superficial alta en la zona costera, correspondientes a las categorías 5, 6 y 7 (Fig 48-A). A este respecto, es muy notoria la diferencia entre las imágenes de 1986 para BC y SC (Figs 17, 32, 47-B y 48-A), siendo que la diferencia en su origen radica tan solo en que para BC está incluido el mes de Junio y para SC no. González-Morales y Gaxiola-Castro (1991) estimaron la biomasa y PP del fitoplancton en una estación fija en la Bahía de Todos Santos (BCi) durante los meses de Junio y Julio de 1986, encontrando clorofila integrada muy elevada ($> 100 \text{ mg m}^{-2}$) durante los últimos días del mes de Junio de este año. Esta condición de clorofila superficial elevada fue extensiva en toda la Costa de BC y SC, como lo muestra la imagen de satélite para esta temporada (Fig. 32).

Tenemos entonces que la estimación de Longhurst *et al.* (1995) para el área de la CC es mayor que la del presente trabajo en aproximadamente un 23%. Esta diferencia puede deberse a la utilización de diferentes parámetros de la curva P-E, ya que no hay mucha información al respecto (Valdez-Holguín *et al.*, 1998), y los parámetros utilizados en el presente trabajo fueron publicados 3 años después del trabajo de Longhurst *et al.* (1995). Además, en los resultados presentados aquí no se considera la profundidad de la zona eufótica como homogénea, sino dependiente de la clorofila superficial, lo cual es más acercado a la realidad.

Por otro lado, a fin de simplificar las estimaciones, en este trabajo no se consideró la nubosidad como factor de limitación de la luz incidente en la superficie del mar, lo cual es un factor de sobreestimación, por lo que propongo se incorpore este factor en trabajos subsecuentes, ya que sería fácil incluirlo al disponer de una base de datos climatológica histórica.

Con todo esto, y coincidiendo con lo mencionado por Valdez-Holguín *et al.* (1995), podemos concluir que la estimación de la PP por medio de sensores remotos es factible y es una opción muy prometedora a corto plazo a gran escala, siempre y cuando se cuente con una buena base de datos de los tres factores principales que intervienen en los modelos de PP, los cuales son:

1. Factores Ambientales (Condiciones atmosféricas e Irradiancia)
2. Factores Ecológicos (Perfiles de clorofila)
3. Factores Fisiológicos (Parámetros de la curva P-E)

Las estimaciones de PP a través de sensores remotos irán siendo afinadas, haciéndose más exactas conforme se tenga mayor conocimiento de estos 3 factores. La información concerniente a los factores ambientales puede ser más fácilmente obtenida, ya que a nivel mundial ha persistido el interés por conocer cada vez con mayor exactitud los cambios climáticos. En cuanto a los factores ecológicos y fisiológicos, sería conveniente enfocar los esfuerzos de investigación en estos, pues variaciones no muy grandes pueden arrojar desviaciones considerables en las estimaciones.

CONCLUSIONES.

Se comprobó que el modelo para la estimación de los perfiles de clorofila de Millán-Núñez *et al.* (1997) arroja resultados aceptables para ambas temporadas en el SC y para la TF en BC, y que las desviaciones en las categorías de clorofila elevada de este modelo para la TC en BC podrían subsanarse aumentando el número de perfiles de clorofila involucrados para la formulación del modelo.

Considerando que los parámetros de la curva P-E varían con la profundidad, como lo sugieren Valdez-Holguín *et al.* (1998), la diferencia entre tomar la zona eufótica hasta el 1.0 y 0.1% de E_0 fue menor al 1% en todos los casos.

Es factible y más acercado a la realidad el considerar la profundidad de la zona eufótica como variable y dependiente de la concentración de clorofila en la estimación de la PP, pero no sin antes comprobar que la clorofila es el principal factor que afecta el K_d y encontrar la relación que hay entre clorofila y K_d .

Se encontró que en 1984 hubo concentraciones bajas de clorofila que se debieron al fenómeno de “El Niño”, y en 1986 se presentaron áreas extensas de clorofila elevada en la TF de la región costera de BC. Aunque el enfoque temporal de este estudio fue a nivel de TF y TC, fue muy notorio que el mes de Junio de 1986 fue un mes con PP muy por arriba del promedio en la zona costera, debido a que presentó áreas extensas de clorofila superficial elevada. Esto fue posible determinarlo por la diferencia en la duración de las temporadas en ambas subregiones.

El promedio anual de la PP en la zona alejada de la costa de la CC (BCo y SCo = $90.078 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$) fue cerca al 30% del de la zona costera (BCi y SCi = $299.147 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$).

RECOMENDACIONES.

Es necesario enfocar los esfuerzos de investigación a robustecer la base de datos de parámetros fisiológicos (P_m^B y α^B) y ecológicos (perfiles de clorofila) en la CC para poder hacer estimaciones más acertadas de la PP a partir de imágenes de satélite.

Para futuros trabajos recomiendo que se tomen en cuenta factores ambientales como limitantes de la PP (principalmente la nubosidad).

BIBLIOGRAFÍA.

- Anderson, G.C. 1969. Subsurface chlorophyll maximum in the Northeast Pacific Ocean. *Limnol. Oceanogr.*, 14:386-391.
- Cullen, J.J. 1982. The deep chlorophyll maximum: comparing vertical profiles of chlorophyll *a*, *Canadian Jour. of Fisheries and Aquatic Science*, 39: 791-803.
- Cullen J.J. y R.W. Eppley. 1981. Chlorophyll maximum layers of the Southern California Bight and possible mechanisms of their formation and maintenance. *Oceanologica Acta* 4(1): 23-32.
- Esaias, W. 1981. Remote sensing in biological oceanography. *Oceanus*, 24(3):32-39.
- Gaxiola-Castro, G. y S. Álvarez-Borrego. 1986. Photosynthesis-irradiance relationship for winter phytoplankton in Pacific waters off Mexico. *Oceanologica Acta* 9(4):497-501.
- Hayward, T.L., D.R. Cayan, P.J.S. Franks, R.J. Lynn, A.W. Mantyla, J.A. McGowan, P.E. Smith, F.B. Shwing, y E.L. Venrick. 1995. The state of the California Current in 1994-1995. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.* 35: 19-35.
- Hayward, T.L. y E.L. Venrick. 1982. Relation between surface chlorophyll, integrated chlorophyll and integrated primary production. *Mar. Biol.* 69:247-252.
- Jerlov, N.G. 1959. Maxima in the vertical distribution of the particles in the sea. *Deep-Sea Res.* 5: 173-184.
- Kirk, J. O. 1994. Light and photosynthesis in aquatic ecosystems. Cambridge University Press, Cambridge. 401 p.
- Lenarz, W. H., D. A. Ventresca, W. M. Graham, F. D. Schwing y F. Chávez. 1995. Explorations of El Niño events and associated biological population dynamics off central California. *CalCOFI Rep.* 36:106-119.
- Lewis, M. R. 1992. Satellite ocean color observations of global biogeochemical cycles. En: Falkowski P.G. y A. V. Woodhead. Primary productivity and biogeochemical cycles in the sea. Plenum Press. New York. 550pp.
- Longhurst A., S. Sathyendranath, T. Platt y C. Caverhill. 1995. An estimate of global primary production in the ocean from satellite radiometer data. *Jour. Plank. Res.* 17(6): 1245-1271.
- Lorenzen, C.J. 1967. Vertical distribution of chlorophyll and phaeopigments: Baja California, *Deep-Sea Res.* 14: 735-745.
- Lynn, R.J. y J.J. Simpsom. 1987. The California Current system: the seasonal variability of its physical characteristics. *J. Geophys Res.* Vol. 92, No. C12: 12,947-12,966.
- Malone, T.F. y J.G. Roederer. 1985. Global change. (eds) Malone y Roederer. Cambridge University Press, New York.

- Marra, J. 1980. Vertical mixing and primary production. En: Primary productivity in the sea. Edited by Falkowski, P.G. Plenum Press, New York, 121-137.
- Millán-Núñez, R., S. Alvarez-Borrego y C.C. Trees. 1997. Modeling the vertical distribution of chlorophyll in the California Current System. Jour. of Geoph. Res. Vol. 102, No.C4: 8587-8595.
- Millán-Núñez, R., S. Alvarez-Borrego y C.C. Trees. 1996. Relationship between Chlorophyll maximum and surface Chlorophyll concentration in the California Current System. CalCOFI Report Vol.37: 241-250.
- Millán-Núñez, R. y J. R. Lara-Lara. 1995. Productividad primaria del fitoplancton del Pacífico mexicano: un diagnóstico. En: Temas de oceanografía biológica en México II. Editado por Fernando González-Farías y Jorge de la Rosa-Vélez. Universidad Autónoma de Baja California.
- Peláez, J. y J.A. McGowan. 1986. Phytoplankton pigment patterns in the California Current as determined by satellite. Limnol. Oceanogr. 31:927-950.
- Platt, T., S. Sathyendranath y A. Longhurst. 1995. Remote sensing of primary production in the ocean: promise and fulfillment. Phil. Trans. R. Soc. lond. B 348: 191-202.
- Platt, T. y S. Sathyendranath. 1993. Estimators of primary production for interpretation of remotely sensed data on ocean color. Jour. of Geoph. Res. Vol. 98 No C8:14561-14576.
- Platt, T. y S. Sathyendranath. 1988. Oceanic primary production: estimation by remote sensing at local and regional scales. Science 241: 1613-1620.
- Platt, T., S. Sathyendranath, C.M. Caverhill y M.R. Lewis. 1988. Oceanic primary production and available light: further algorithms for remote sensing. Deep-Sea Res., 35: 855-879.
- Santamaría-del-Ángel, E., R. Millán-Núñez, A. González-Silvera y F. Müller-Karger. 2002. The color signature of the Ensenada Front and its seasonal and interannual variability. CalCOFI Reports. En prensa.
- Smith, R.C., X. Zhang y J. Michaelson. 1988. Variability of pigment biomass in the California Current System as determined by satellite imagery, I. Spatial variability. Jour. of Geoph. Res., 93: 10863-10882.
- Steele, J.H. 1978. Some comments on plankton patches. En: J. H. Steele (ed) . Spatial Patterns in Plankton Communities, Plenum Press, N. Y. 1-20.
- Valdez-Holguín, J.E., S. Alvarez-Borrego y B.G. Mitchell. 1998. Photosynthetic Parameters of Phytoplankton in the California Current System. CalCOFI Report 39.
- Venrick, E.L., J.A. McGowan y A.W. Mantyla. 1973. Deep maxima of photosynthetic chlorophyll in the Pacific Ocean. Fish. Bull. U.S. 71: 41-52.