



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

CAMPUS IZTACALA

"Relación entre estructura hidrográfica y la abundancia, distribución y origen de diferentes expresiones de biomasa del seston orgánico en Bahía Concepción, Golfo de California"

T E S I S

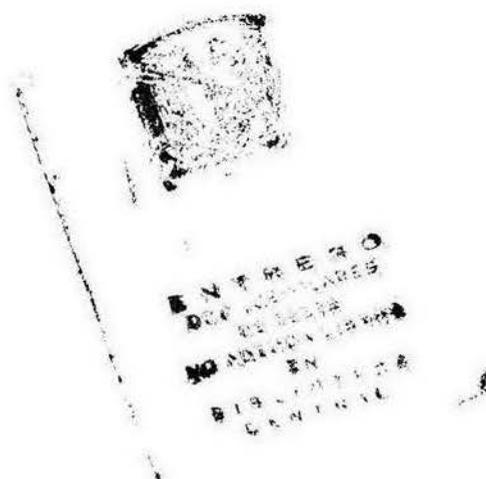
QUE PRESENTA:

AMADA REYES SALINAS

COMO UN REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE BIOLOGO

LA PAZ, B.C.S. 1994.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

El presente trabajo se realizó en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C., en la Paz, Baja California Sur. Bajo la dirección del Dr. Carlos H. Lechuga Devéze.

A mis padres:

Amado Reyes Reyes. (†)
Juana Salinas viuda de Reyes.

A mis hermanos:

Joel
Mary
Ismael
Flor
José
Martha
Carmen
Francisco

A mi esposo Carlos Palacios Cardiel por su cariño, apoyo y comprensión en los momentos más difíciles de mi formación personal y sobre todo como profesionalista.

INDICE GENERAL.

RELACION DE FIGURAS Y TABLAS.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
RESUMEN.....	III
I.- INTRODUCCION.....	1
II.- OBJETIVOS Y METAS	3
III.- ANTECEDENTES.....	5
IV.- LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.....	8
V.- MATERIAL Y METODOS.	
1) TRABAJO DE CAMPO.	10
A) AMBIENTE FISICOQUIMICO.	
- a) DETERMINACION DE TEMPERATURA.	
- b) DETERMINACION DE OXIGENO DISUELTO.	
B) AMBIENTE BIOLOGICO.	
- a) TOMA DE MUESTRAS.	
- b) SEPARACION DE TALLAS.	
- c) PRESERVACION.	
2) TRABAJO DE LABORATORIO.....	14
a) DETERMINACION DE NITRATOS.	
b) DETERMINACION DE NITRITOS.	
c) DETERMINACION DE FOSFATOS.	
d) DETERMINACION DE PROTEINAS TOTALES.	
e) DETERMINACION DE CLOROFILA <u>a</u> .	
f) DETERMINACION DE CARBONO TOTAL.	

3) DETERMINACION DE LA CONTRIBUCION DETRITICA Y FOTOSINTETICA DEL MATERIAL ORGANICO PARTICULADO.....	17
4) ANALISIS ESTADISTICOS.....	18
VI.- RESULTADOS	
1) VARIABLES FISICOQUIMICAS.....	19
2) MATERIAL ORGANICO PARTICULADO.....	24
VII.- DISCUSION	
1) VARIABLES FISICOQUIMICAS.....	35
2) MATERIAL ORGANICO PARTICULADO.....	38
VIII.- CONCLUSIONES.....	45
IX.- SUGERENCIAS.....	46
X.- LITERATURA CITADA.....	48

RELACION DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURA	PAGINA
1 Localización de las estaciones de muestreo.....	9
2 Diagrama de separación por fracciones de tamaños.....	13
3 Perfil vertical de temperatura.....	19
4 Patrón de la dirección y velocidad del Viento estación Mulege, B.C.S	20
5 Diferencial de temperatura	21
6 Promedios mensuales de temperatura.....	21
7 Promedios mensuales de nitratos.....	22
8 Promedios mensuales de nitritos.....	22
9 Promedios mensuales de fosfatos.....	23
10 Promedios mensuales de oxígeno disuelto.....	23
11a Promedios mensuales de clorofila <u>a</u> ,	26
11b Promedios mensuales de proteínas totales.....	26
11c Promedios mensuales de carbono total.....	27
12 Perfil vertical de clorofila <u>a</u> en el mes de marzo.....	28
13a Perfil vertical de clorofila <u>a</u> en el mes de junio.....	28
13b Perfil vertical de clorofila <u>a</u> en el mes de septiembre.....	29
13c Perfil vertical de clorofila <u>a</u> en el mes de octubre	29
14 Perfil vertical de clorofila <u>a</u> en el mes de diciembre.....	30
15 Perfil vertical de proteínas totales	31
16 Perfil vertical de carbono total.....	32

TABLAS

1 Medias de las variables biológicas.....	24
2 Porcentajes de abundancia respecto a la talla (< 200 μm).....	25
3 Ecuaciones de regresión; contribución fitoplanctónica y contribución no fitoplanctónica (% de proteína).....	33
4 Porcentaje de proteína de origen fitoplanctónico y no fitoplanctónico durante el periodo de estratificación.....	34

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, en La Paz, B.C.S. y en especial al Dr. Carlos Lechuga Devéze, por las facilidades y el apoyo que he recibido para la realización de este trabajo.

A la Comisión Revisora de Tesis por sus observaciones y consejos.

A mi familia, amigos y compañeros de trabajo por su apoyo incondicional de siempre.

RESUMEN

Durante 1993, en la parte central de Bahía Concepción fueron sistemáticamente determinadas las variables: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxígeno disuelto (OD), nitratos (NO_3), nitritos (NO_2), fosfatos (PO_4), clorofila a (CHl_a), proteína y carbono total. La distribución estacional de parámetros hidrológicos y nutrientes presenta una época de aguas homogéneas entre noviembre-febrero y otra de estratificación el resto del año. La fracción de material orgánico particulado correspondiente al nanofitoplancton ($1.7\text{-}38\ \mu\text{m}$) es la más importante de todas las analizadas, el microfitoplancton ($38\text{-}200\ \mu\text{m}$) estuvo ausente y la fracción picofitoplanctónica ($0.5\text{-}1.7\ \mu\text{m}$) apareció en el mes de septiembre con bajas concentraciones (0.04 , 7.28 y $5.98\ \text{mg/m}^3$ para clorofila a, proteína y carbono total respectivamente). La distribución de estos espectros de talla estuvo determinada por el gradiente de temperatura, observándose de manera homogénea en el estrato $0\text{-}10\ \text{m}$. A partir de las ecuaciones de regresión se estimó el porcentaje de proteína y carbono asociados a la materia orgánica particulada fotosintética y no fotosintética. El mayor porcentaje de material fotosintético se registró en los meses de estratificación térmica (estrato $> 10\ \text{m}$). La acción combinada de estas condiciones (hidrológicas y biológicas) permiten determinar los procesos que contribuyen a la variabilidad, abundancia, calidad y distribución del seston.

I.- INTRODUCCION

En la mayor parte del mundo diversas investigaciones han analizado el papel que juega cada componente planctónico en la productividad del ecosistema marino, su función en la trama alimentaria, la evolución espacio-temporal y la relación con la hidrografía y concentración de nutrientes de cada zona costera (Popowski Casañ *et al.*, 1992a; 1992b; Establier *† et al.*, 1990; Lechuga Devéze *et al.*, 1989a; 1989b; López Cortés *et al.*, 1990).

En cualquier cuerpo de agua la Materia Particulada en suspensión (M.P.) o seston resulta ser un problema fundamental en la oceanografía biológica debido a que básicamente ésta se constituye principalmente por dos tipos de partículas: las minerales y las orgánicas. Esta última porción de la M.P. se divide a su vez en una parte viva formada por las bacterias y el plancton y otra parte muerta o detritus (Materia Orgánica Particulada. M.O.P), que son difíciles de diferenciar unas de otras en términos de biomasa (Popowski Casañ *et al.*, 1992a; 1992b; Parsons *et al.*, 1984a; Aminot y Chaussepied, 1983). Por tanto la M.O.P., representa un importante elemento en la dieta de los productores secundarios (Charpy, 1985) y refleja, atendiendo a su calidad y cantidad, las diferentes fuentes biológicas y su origen así como la fertilidad del ecosistema en función de los diversos productores en el mismo. El análisis de la composición por talla de las diferentes partículas que integran la M.O.P. representa otro punto más de interés ya que nos permite evaluar el potencial alimentario del espectro de talla.

La carencia de información sobre estos aspectos en los trabajos que se han realizado en Bahía Concepción, B.C.S., determinó que la presente tesis se encaminará al análisis de la relación entre la estructura hidrográfica y la abundancia, distribución y origen de diferentes expresiones de biomasa del seston orgánico, a través de su estimación en términos de clorofila a, proteína y carbono total, así como la concentración de nutrientes en relación con algunas variables físicas.

II.- OBJETIVOS.

Debido a lo anteriormente expuesto el presente trabajo pretendió:

1.- Determinar la abundancia de partículas con respecto a su talla (0.5 a 1.7 μm , 1.7 a 38 μm y de 38 a 200 μm), a su distribución en la columna de agua y a las características hidrológicas (zonas de mezcla y estratificadas) que se presentan en Bahía Concepción, B.C.S. Méx.

2.- Determinar las proporciones entre las partículas de origen fotosintético y no fotosintético.

3.- Determinar la distribución de partículas fotosintéticas y no fotosintéticas con respecto a las características hidrográficas de Bahía Concepción.

METAS.

- Estimación de los parámetros fisicoquímicos fundamentales que nos permita establecer las características hidrológicas de Bahía Concepción.

- Establecer el período en el cual se detectan condiciones de mezcla y homogenización en Bahía Concepción.

- Estimación de las concentraciones de clorofila a por fracción de tamaños del fitoplancton (total, micro, nano y picofitoplancton) y su relación con la estructura fisicoquímica.

- Estimación de las concentraciones de proteínas y carbono por fracción de tamaños de la M.O.P. (total, micro, nano y picopartículas) en la columna de agua.

- Interrelaciones de las biomásas fraccionadas del fitoplancton y M.O.P. (total, micro, nano y picopartículas) en la columna de agua.

III.- ANTECEDENTES.

Bahía Concepción está localizada en la Costa Occidental del Golfo de California y aunque ha sido una zona ampliamente estudiada sólo se han reportado algunas investigaciones de las cuales destacan Félix Pico y Sánchez (1976), quienes registran las condiciones hidrográficas superficiales en Bahía Concepción durante 1975 - 1976 y definen a esta bahía como un sistema antiestuarino, con variaciones de temperatura media mínima de 17.5 °C registrada en enero y una media máxima de 30.6 °C registrada en septiembre. En la salinidad del agua observaron una media anual de 35.3 ppm con una media anual mínima 34.6 ppm en enero y una media mensual máxima de 37 ppm en el mes de septiembre. En las concentraciones de oxígeno disuelto se reporta desde 5.95 ml/l en el invierno hasta 5.40 ml/l para la primavera, presentando una relación muy estrecha con los valores promedio mensual de temperatura.

Otro trabajo interesante (Anónimo, 1988) revela que Bahía Concepción presenta una velocidad de la corriente que durante el flujo alcanza un valor máximo de 12.28 m/min. y durante el reflujo un valor máximo de 22.22 m/min., con respecto al oleaje este presenta predominancia hacia el sureste.

Por otra parte Baqueiro *et al.* (1983), Salazar (1985), Ríos (1989), Romero (1990), Martínez *et al.* (1992) y Mateo Cid *et al.* (1993), han realizado aportaciones sobre algunos parámetros físicos y químicos, así como sobre algunas variables biológicas.

Actualmente, se tienen antecedentes de las investigaciones que se están desarrollando en dicha Bahía a cargo del CICIMAR-IPN desde 1985 y que tienen un enfoque multi e interdisciplinario, sobre diferentes aspectos de biología y oceanografía, así como algunos aspectos pesqueros de la almeja catarina y otros moluscos; así mismo en coordinación con el CIBNOR se pretende definir las principales estructuras físico-biológicas del área.

La importancia de la materia orgánica particulada (M.O.P.) y su papel en la productividad del océano ha sido apuntada por Finenko y Zaika (1970) quienes además compendian una amplia información sobre su distribución en todos los mares. Así mismo Steele y Baird (1961,1962) y Menzel y Ryther (1964) entre otros abundan en la correspondencia entre la M.O.P. y la clorofila.

Por otra parte diversas investigaciones realizadas anteriormente en la costa occidental de Baja California y Golfo de California, muestran que la variación en algunos constituyentes del M.O.P. de origen fotosintético y no fotosintético (detritus), está asociado a diferentes fenómenos hidrográficos. Estos constituyentes orgánicos son el alimento de diversos organismos ubicados en los niveles más altos de las cadenas tróficas marinas, esta dualidad permite asociar áreas de especificidad hidrográfica con áreas potenciales de alimentación y por lo tanto, de diferentes actividades metabólicas resultantes de la ingestión de partículas orgánicas con cualidades bioquímicas particulares (Lechuga Devéze *et al.*, 1986; 1989a; 1989b; López Cortés *et al.*, 1990; Bustillos Guzmán, 1990; Ayala Rocha, 1988).

Por lo mencionado anteriormente y por los aspectos oceanográficos de Bahía Concepción, que están escasamente conocidos debido a su complejidad, es posible localizar zonas de fuerte mezcla, cambios en el patrón de circulación de corrientes, y establecimiento de termoclinas, entre otros, por lo que nosotros intentaremos asociar estas diferentes características hidrográficas con la distribución, talla, origen y composición bioquímica de la M.O.P. El presente trabajo forma parte de la línea de investigación que sobre composición bioquímica de la M.O.P. se lleva a cabo desde 1986 en el CIBNOR. Particularmente responde al proyecto específico "Disociación del carbono orgánico en Bahía Concepción" en donde, además de este trabajo, se realizan investigaciones sobre fitoplancton tóxico, pigmentos anómalos y condiciones hidrográficas.

IV.- LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.

Bahía Concepción es un cuerpo de agua bien definido que se localiza en la Costa Occidental del Golfo de California y se encuentra orientada en dirección Noroeste-Sureste entre los paralelos 26°30' y 26°55' de latitud Norte y 111°40' y 112°00' de longitud Oeste (Fig. 1). Mide aproximadamente 45 Km de largo y alrededor de 9 Km en su parte más ancha (Ramírez Guillen, 1983).

La profundidad media es de 22 m con máxima de 37 m en la porción media. La costa oriental es predominantemente arenosa con pendiente suave, la occidental es rocosa con acantilados y algunas playas arenosas (Cruz Orozco *et al.*, 1991).

El clima es del subtipo BW(h')w(x')(e) es decir desértico, cálido, con lluvias de verano con más del 10% anual en invierno, muy extremoso con variaciones de más de 14 °C (CETENAL, 1970 citado por Baqueiro *et al.*, 1983). La precipitación anual presenta un intervalo de 112 a 165 mm.

El litoral de Bahía Concepción se encuentra influenciado por la corriente del Golfo de California. El tipo de mareas es mixto, con una desigualdad diurna en las bajamares. Las mareas vivas se presentan en los meses de noviembre a febrero del mediodía al atardecer (Instituto de Geofísica, 1990 citado por Mateo Cid *et al.* 1993).

El área de muestreo se localiza en la zona central de Bahía Concepción (entre Playa Escondida y Las Huertitas) (Fig. 1), donde se considera que a través de muestreos sucesivos se establecerá el período de duración de condiciones hidrográficas características, (estratificación, mezcla, frentes térmicos).

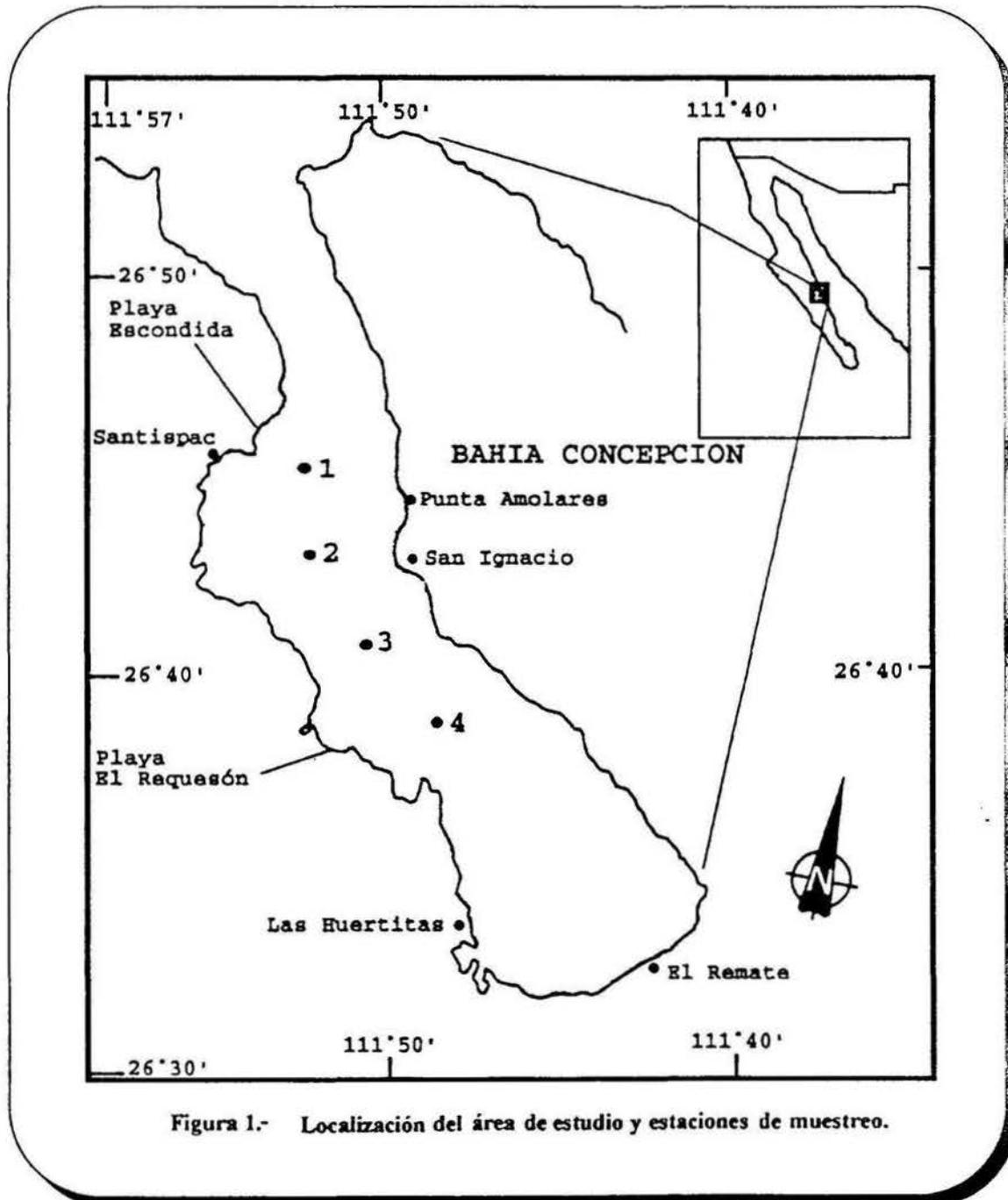


Figura 1.- Localización del área de estudio y estaciones de muestreo.

V.- MATERIAL Y METODOS.

Debido a la falta de información sobre las características hidrográficas fundamentales de Bahía Concepción, se programaron 5 muestreos al año, con la finalidad de ubicar en tiempo y espacio dos estructuras básicas: mezcla y estratificación. En un transecto central consistente de 4 estaciones de muestreo equidistantes de 4 Km aproximadamente (Fig.1) se estructuró el trabajo de campo y laboratorio para determinar las características esenciales de los siguientes ambientes:

1) TRABAJO DE CAMPO

A) AMBIENTE FISICOQUIMICO.

El ambiente fisicoquímico, consistió en tomar muestras de agua de mar con ayuda de una botella van Dorn de 8 l de capacidad a profundidades de 0, 1, 3, 5, 7, 10, 15 y 20 m para registrar las variables subsecuentes:

a) Temperatura.

Se estimó con ayuda de un termómetro de cubeta.

b) Oxígeno disuelto.

Se determinó por medio de la técnica de Winkler (Strickland y Parsons, 1972) en el cual el oxígeno disuelto es sustituido por una cantidad equivalente de iodo el cual se titula con tiosulfato de sodio.

B) AMBIENTE BIOLÓGICO.

El ambiente biológico se define por la estimación de diferentes parámetros de biomasa de las diversas fracciones de tamaño de la materia orgánica particulada.

A.- Toma de muestras: Se realizó a las profundidades mencionadas anteriormente con la ayuda de una botella van Dorn de 8 l de capacidad.

B.- Separación de tallas: El proceso de separación de tallas y biomasa se representa esquemáticamente en la figura 2, considerando para este trabajo las siguientes tallas:

a) Fracción total (0.5 - 200 μm). Con la ayuda de una red nylon de 200 μm de luz de malla se eliminaron las partículas mayores a 200 μm ; de este filtrado se utilizaron de 1 a 2 l para cada variable (carbono, proteínas y pigmentos), finalmente el material particulado fue concentrado en filtros GF/F (0.47 μm), con un sistema de filtración triple (25 mm de diámetro).

b) Fracción nanoparticulada (1.7 - 38 μm). Con la ayuda de una red nylon se eliminaron partículas mayores a 38 μm . Del filtrado se utilizaron 2 l para cada variable (carbono, proteínas y pigmentos), reteniendo el material particulado en filtros GF/C (1.7 μm), con un sistema de filtración séxtuple (47 mm de diámetro).

c) Fracción picoparticulada (0.5 - 1.7 μm). Del volumen de agua resultante de la filtración sobre filtros GF/C se filtraron nuevamente 2 l de agua para cada variable (carbono, proteínas y pigmentos), reteniendo el material particulado en filtros GF/F (0.47 μm). Se utilizó para ello un sistema de filtración séxtuple (47 mm de diámetro).

d) Fracción microparticulada (38 - 200 μm). Se estimó por medio de la diferencia entre la fracción total menos la suma de la fracción nano más fracción pico.

El procedimiento anterior fue realizado para cada una de las profundidades así como para cada una de las estaciones establecidas, resultando por ello 72 filtraciones por estación.

C.- Preservación: Los filtros se congelaron inmediatamente en nitrógeno líquido, para posteriormente ser transferidos a un congelador a - 20 °C hasta su análisis en el laboratorio.

SEPARACION POR FRACCIONES DE TAMAÑO

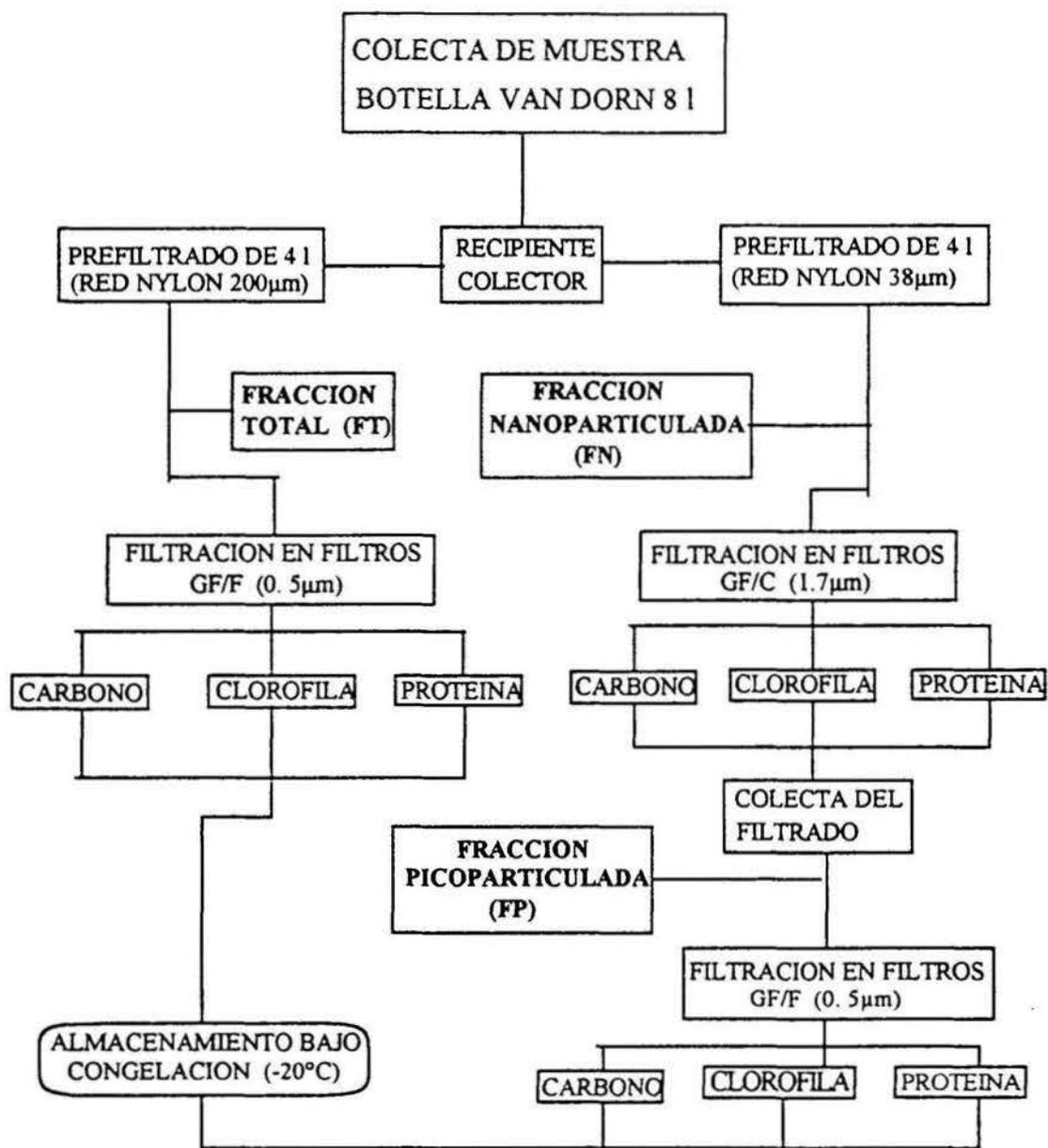


FIGURA. 2 Diagrama de separación de las fracciones del material orgánico particulado. En donde la fracción microparticulada (FM) se obtiene de acuerdo a la siguiente expresión:

$$FM = FT - (FN + FP).$$

2) TRABAJO DE LABORATORIO

El procesamiento de las muestras consistió en realizar los análisis de nitratos, nitritos y fosfatos para las 4 estaciones; así como proteínas, pigmentos y carbono total de cada fracción, en el Laboratorio de Microbiología Marina, de la División de Biología Experimental del CIBNOR.

a) Iones nitrato.

Estimados por el método de Morris y Riley (1963), consistente en la reducción de nitratos a nitritos por medio de su paso a través de una columna de cadmio-cobre. Posteriormente el nitrito es diazotizado con sulfanilamida y por su acoplamiento con N-1-naftil-etilendiamina forma un compuesto altamente coloreado cuya extinción es medida por espectrofotometría a 543 nm. (Parsons *et al.*, 1984b; Strickland y Parsons 1972).

b) Iones nitrito.

Básicamente se sigue el proceso anteriormente descrito, sólo que sin el paso de la muestra por la columna reductora de cadmio-cobre (Bendschneider y Robinson, 1952) en donde los nitritos, de acuerdo a la reacción de Griess son convertidos en colorantes azoicos, por su diazotización con sulfanilamida, el colorante azoico se forma por la unión con N-1-naftil-etilendiamina, cuya extinción es medida por espectrofotometría a 543 nm, (Parsons *et al.*, 1984b; Strickland y Parsons, 1972).

c) Iones fosfato.

Se utilizó el método propuesto por Murphy y Riley (1962), consistente en la formación de complejos molibdofosfato. La cantidad de azul de molibdeno presente en la muestra es proporcional a su concentración de ortofosfatos. Su estimación se realiza por espectrofotometría a 882-885 nm, (Parsons *et al.*, 1984b; Strickland y Parsons, 1972).

d) Las proteínas totales se determinaron por el método de Lowry *et al.* (1951), modificado por Malara y Charra (1972b). El método se basa en la reacción de una solución cúprica con las proteínas en un medio alcalino para incrementar la formación de enlaces cromogénicos proteicos. La posterior reducción de la proteína tratada con cobre con el reactivo de Folin, produce un complejo de color azul cuya intensidad es proporcional a la concentración proteica. Las lecturas de densidad óptica se realizaron a 750 nm en un espectrofotómetro Bausch & Lomb. Spectronic 2000. Las concentraciones se reportan en equivalentes de albúmina utilizada para la elaboración de la curva patrón. De un total de 11 curvas estándar que se han realizado en el Laboratorio de Microbiología Marina, División de Biología Experimental, a lo largo de 6 años se calculó un error estándar del 3.1 % para un valor medio de 100 microgramos de albúmina bovina, con un nivel de confianza de 95 % (t-student).

e) La clorofila a se determinó por el método descrito en Parsons *et al.* (1984b), consistente en la extracción de los pigmentos celulares con un solvente orgánico (acetona al 90 %) y la posterior lectura de la absorción de éstos extractos. La precisión, de acuerdo al método original es de: valor medio $\pm 0.26/n - 0.5$, donde n es el número de réplicas. La conversión de

densidad óptica a unidades absolutas de pigmento ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) fué realizada de acuerdo a las ecuaciones tricromáticas de Jeffrey y Humphrey (1975).

f) El carbono orgánico se determinó por métodos indirectos utilizando la relación 1 mg de carbohidrato es igual a 0.4 mg de carbono (Jacques, 1978). Los carbohidratos fueron determinados por el método propuesto por Dubois *et al.* (1956), modificado por Malara y Charra (1972a). Este método consiste en la formación de furfurales a partir de hexosas en la presencia de un ácido mineral fuerte. Este furfural y sus derivados se combinan con el fenol para dar un complejo coloreado cuya máxima absorvancia se obtiene a los 490 nm. Para la transformación de las mediciones ópticas a valores de masa se utilizó una curva patrón con estándar de glucosa. De acuerdo a las 11 curvas estándar realizadas durante los 6 años consecutivos en el mismo laboratorio se obtuvo un error estándar del 11.2 % para el valor medio de 100 microgramos de glucosa, con un 95 % de confianza (t-student).

3) DETERMINACION DE LA CONTRIBUCION DETRITICA Y FOTOSINTETICA DEL MATERIAL ORGANICO PARTICULADO TOTAL.

La contribución fitoplanctónica (CF) y no fitoplanctónica (CNF) se obtuvo mediante el método sugerido por Lancelot Van Beveren (1980) que consiste en hacer un análisis de regresión y correlación de la concentración de la clorofila a versus las proteínas ó carbohidratos. Luego de obtenida la ecuación de regresión, el cálculo de la CF y CNF se realiza mediante las siguientes expresiones:

$$CF = b * CHL_a/p * 100$$

$$CNF = 100 - CF$$

donde:

CF= Contribución del fitoplancton (%).

CNF = Contribución del material no fotosintético (%)

b= Pendiente de la ecuación de regresión.

p= Valor promedio del parámetro bioquímico (Proteína o Carbono)

CHL_a= Valor medio de la concentración de clorofila a.

4) ANALISIS ESTADISTICOS.

Los análisis estadísticos empleados fueron:

- Estadística básica: media, varianza, error estándar, desviación estándar, coeficiente de variación; para cada mes y por estación, así como para cada grupo característico de datos. El análisis se llevó a cabo con el programa estadístico "Statistical Graphics System".

- Regresiones lineales entre proteínas, carbono totales y clorofila a a través del programa estadístico "Statistical Graphics System".

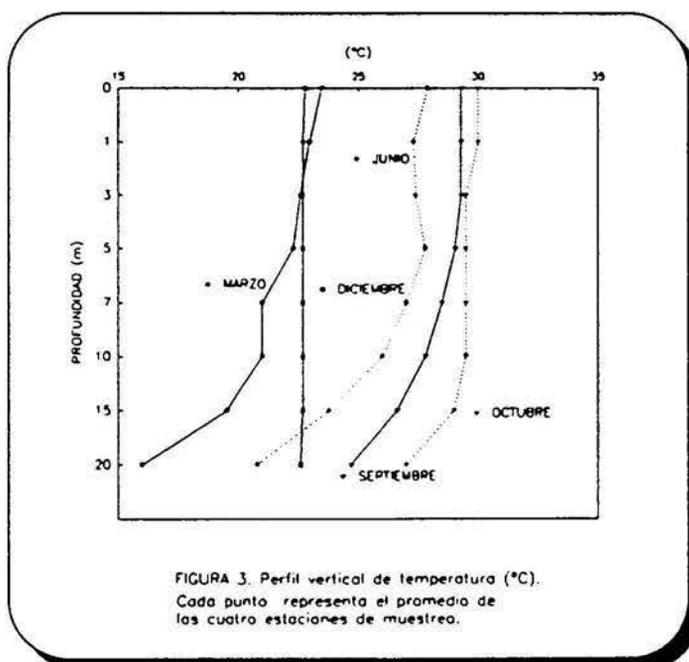
- Comparación de medias por medio de t-student, con un coeficiente de regresión significativo al 95 % de confianza (Daniel, 1987).

VI.- RESULTADOS

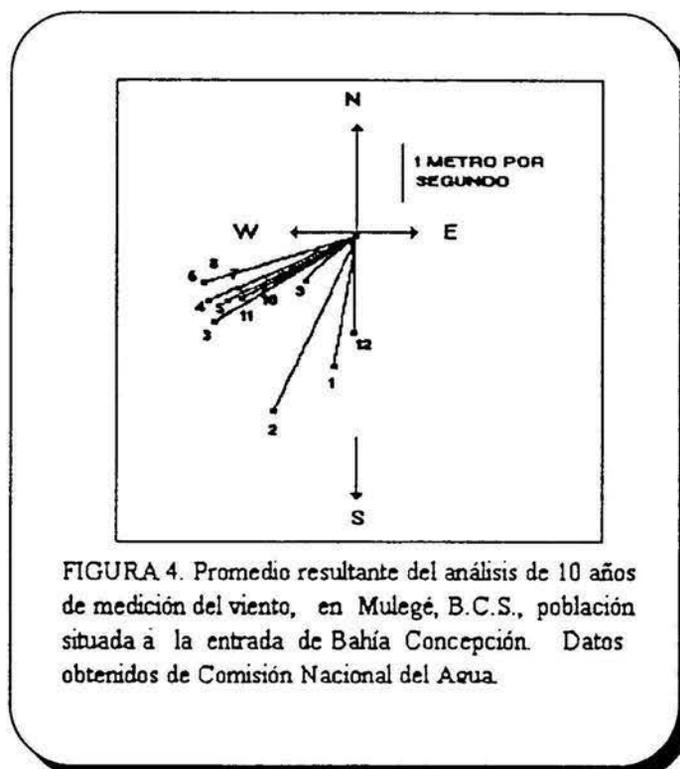
1) VARIABLES FISICOQUIMICAS.

Las variables estudiadas en Bahía Concepción durante 1993, mostraron la existencia de dos épocas bien diferenciadas: Una de aguas homogéneas en los meses de noviembre - febrero, y otra de aguas estratificadas marzo - octubre con un marcado gradiente de temperatura en el estrato profundo, mayor a 10 m.

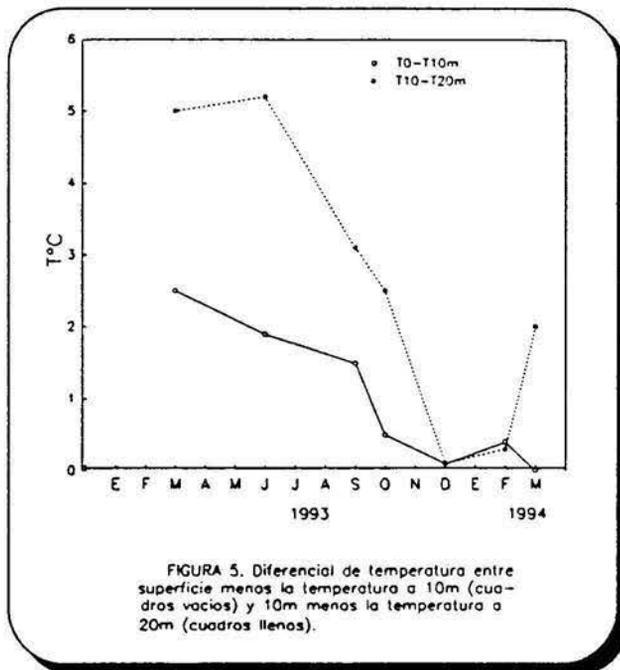
Los diferentes perfiles de temperatura a lo largo del año (Fig. 3) indican que en algún momento entre finales de octubre (último mes estratificado) y principios de diciembre (homogenización completa), se presentan cambios hidrodinámicos notables que permiten que toda la columna de agua alcance una homogenización termal. Posteriormente, a finales de marzo se observa el restablecimiento de un gradiente de temperatura que da inicio al período de estratificación, el cual se prolonga hasta el mes de octubre (Fig. 3).



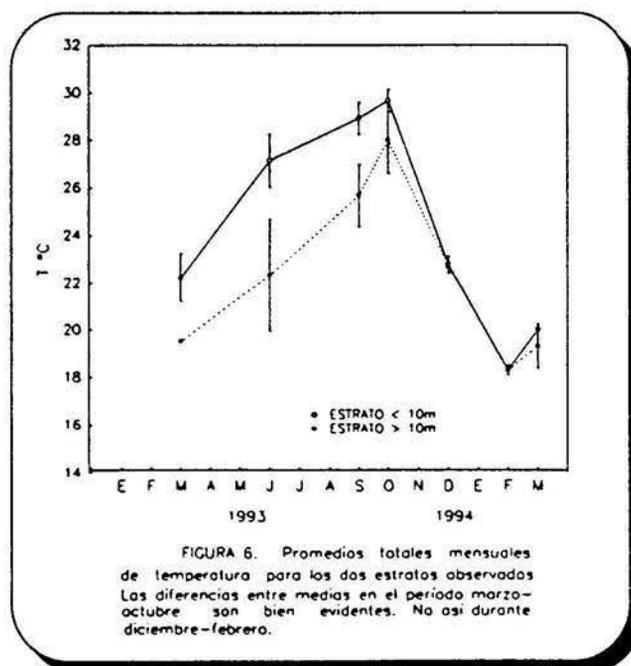
Aparentemente tal cambio hidrodinámico corresponde al cambio en la dirección de los vientos dominantes (Fig. 4), en el cual la dirección NW (diciembre, enero, febrero) favorece su entrada directa por la boca de Bahía Cocepción.



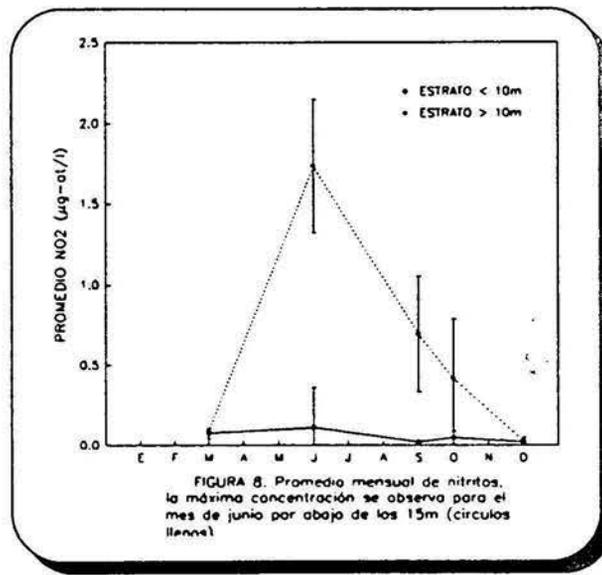
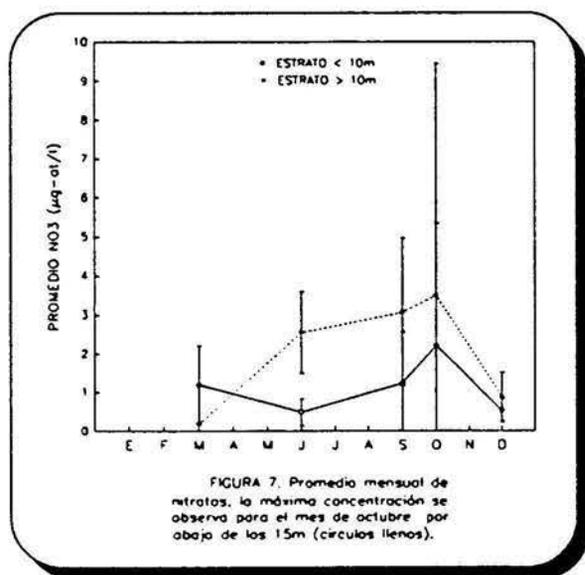
El cambio en la dirección del viento a WNW (Fig. 4) ocurrida entre los meses de febrero-marzo, provocan la estabilización de la columna de agua y la formación de un gradiente de temperatura ubicado en la frontera de los 10 m de profundidad, manteniéndose así desde fines de marzo hasta fines de octubre. La estratificación que se observa durante este periodo provoca que en el estrato superficial (< 10 m), el diferencial de temperatura sea menor que el observado en el estrato profundo (> 10 m). Paulatinamente las diferencias térmicas van siendo menores hasta alcanzar la homogenización total entre diciembre y febrero (Fig. 5). Un muestreo extraordinario en marzo 1994, revela que nuevamente se inicia la estratificación térmica.

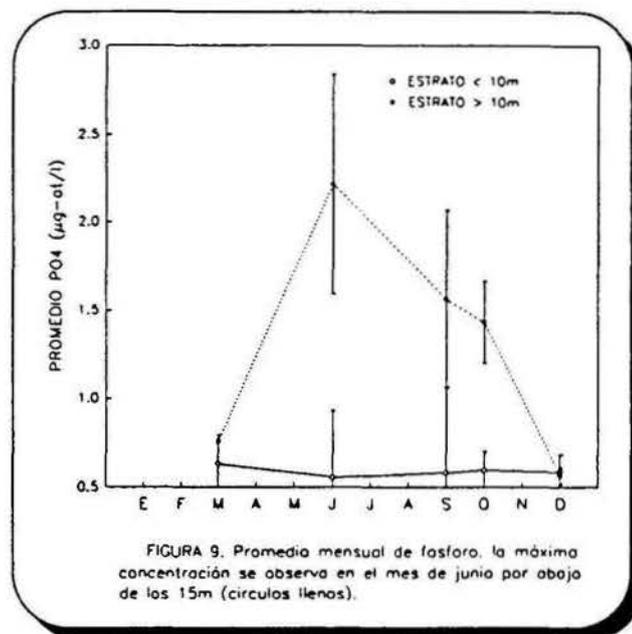


El cambio de temperatura en los dos estratos se relaciona al calentamiento gradual debido al avance de la estación del año (Fig. 6), cuyo calentamiento máximo se observa en el mes de octubre, iniciando posteriormente un descenso térmico que culmina con la homogenización total de la masa de agua.

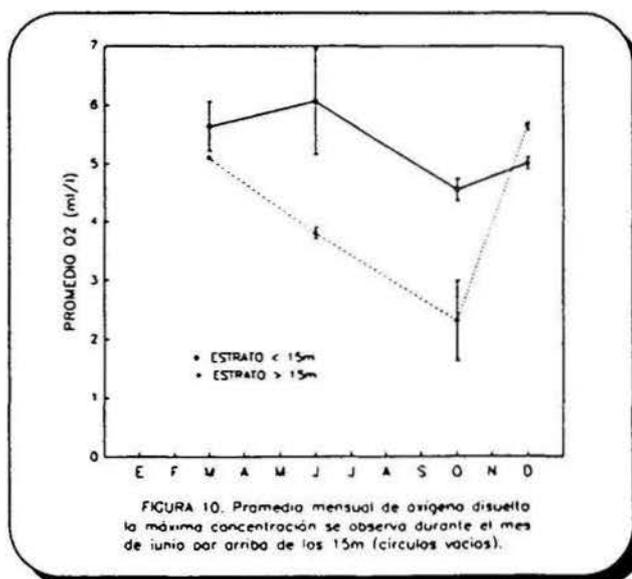


La barrera física impuesta por el gradiente de temperatura bien marcado a profundidades mayores a 10 m, tiene su efecto sobre diversos elementos químicos marinos, los cuales son mejor diferenciados en los estratos 0-15 m y mayor a 15 m observando que los iones nitrato, nitrito y fosfato tienden a permanecer muy constantes en el estrato 0-15 m (NO_3 : 0.5-1.5 $\mu\text{g-at/l}$; NO_2 : <0.1 $\mu\text{g-at/l}$ y PO_4 : 0.5-0.6 $\mu\text{g-at/l}$) durante todo el año (Figs. 7, 8 y 9), en el estrato mayor a 15 m se observa un incremento notable en concentración cuyos máximos se sitúan en junio para NO_2 y PO_4 (1.65 y 2.15 $\mu\text{g-at/l}$ respectivamente), y en octubre para NO_3 (3 $\mu\text{g-at/l}$). Posteriormente a estos máximos, las concentraciones de este estrato mayor a 15 m tienden a disminuir hasta igualar aquellas del estrato superficial, precisamente en el período que corresponde a la fase de homogenización térmica.





El oxígeno disuelto también responde notoriamente a estos dos periodos hidrodinámicos. El estrato superficial (< 15 m) muestra una variación estacional cuyo mínimo de oxígeno disuelto (4.5 ml/l) se sitúa en el mes de mayor temperatura (mes de octubre) (Fig. 10). El estrato profundo (>15 m) sufre un prolongado descenso hasta el mes de octubre, alcanzando valores medios apenas superiores a los 2 ml/l (Fig. 10). Sin embargo, nuevamente por la homogenización de la masa de agua, las condiciones normales vuelven a restablecerse.



2) MATERIAL ORGANICO PARTICULADO

En la tabla 1 se representan las medias de las concentraciones de clorofila a, proteína y carbono para las fracciones total (FT), nanoparticulada (FN) y picoparticulada (FP), encontrándose una diferencia no significativa entre la FT calculada a partir de los valores directos estimados a través de los análisis químicos sobre el material total concentrado en filtros GF/F, y el calculado por la suma de las fracciones nanoparticuladas más las picoparticuladas, de tal manera que el cálculo de la fracción microparticulada (FM) a través de la relación $FM=FT-(FN+FP)$ no pudo efectuarse debido a la igualdad de $FT=(FN+FP)$, por lo tanto $FM=0$. Esto quiere decir que en ningún muestreo efectuado durante este trabajo, la biomasa microparticulada se presentó en concentraciones significativas.

MES	CLOROFILA <u>a</u> mg/m ³			PROTEINA TOTAL mg/m ³			CARBONO TOTAL mg/m ³		
	FT	FN	FP	FT	FN	FP	FT	FN	FP
MAR	0.83	1.04	0	145.91	179.40	24.37	86.10	95.77	52.13
JUN	0.77	0.7	0	61.21	53.33	0	53.73	47.59	0
SEP	0.38	0.30	0.04	57.37	44.78	7.28	25.49	23.20	5.98
OCT	0.72	0.98	0.12	42.93	37.97	1.23	40.94	42.35	112.95
DIC	1.63	1.15	0.21	76.97	75.83	8.91	56.63	52.09	17.59

TABLA 1. Medias de las variables biológicas para las cuatro estaciones, encontradas durante 1993 en Bahía Concepción. En donde FT= fracción total, FN= fracción nanoparticulada y FP= fracción picoparticulada.

La mayor concentración de clorofila a se observa para el mes de diciembre (1.63 mg/m³), mientras que para proteína y carbono total se localiza en el mes de marzo (179.40 mg/m³ y 95.77 mg/m³, respectivamente).

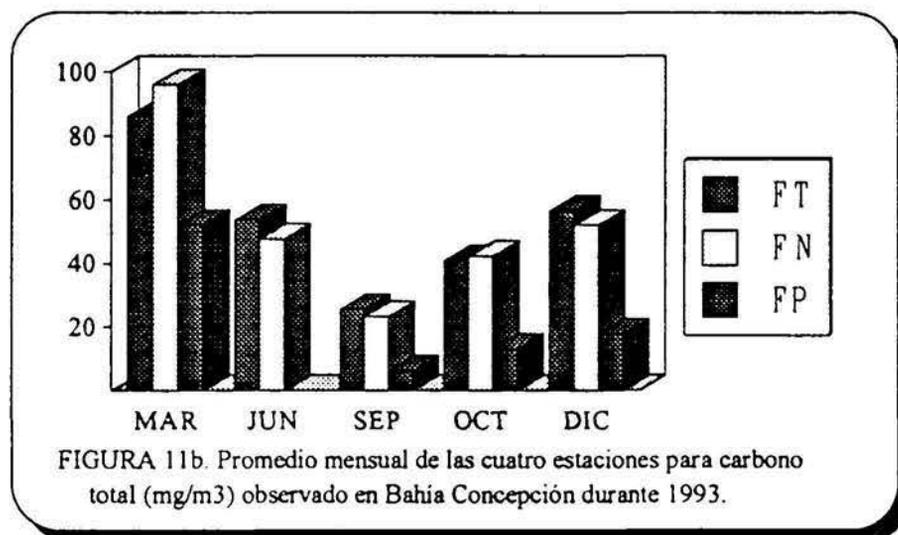
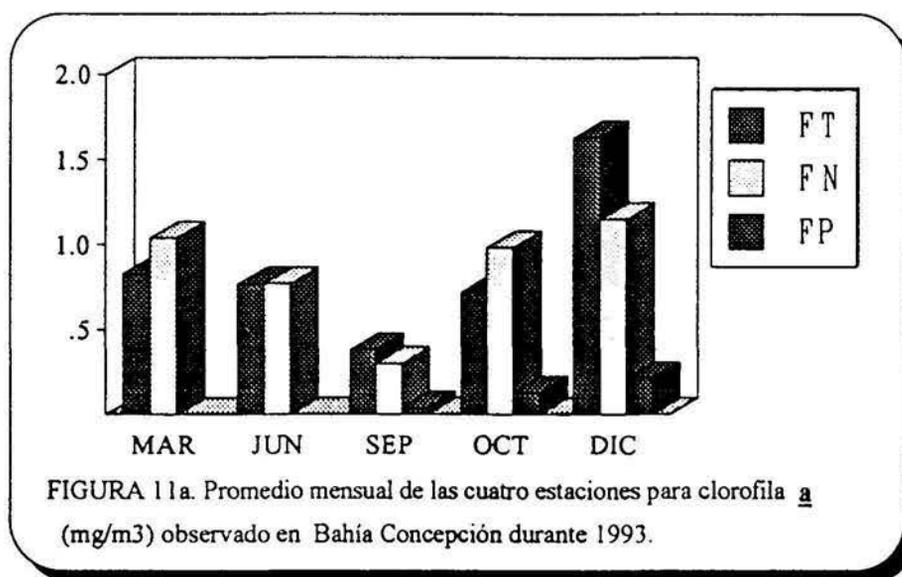
La tabla 2 muestra los porcentajes de participación de cada una de las fracciones determinadas para este trabajo. Se observa en el mes de junio, un dominio total (100%) de la biomasa nanoparticulada para los tres descriptores de biomasa. La clorofila de picofitoplancton aparece en el mes de septiembre, disminuyendo hacia el mes de octubre e incrementándose nuevamente en diciembre (11.76%, 10.91% y 15.45% de dominancia, respectivamente). Para proteína y carbono total los porcentajes de dominancia picoparticulada son más variables e inclusive se prolonga su presencia hasta el mes de marzo. Junio fue el único mes donde no hubo presencia picoparticulada para ninguna de las variables orgánicas.

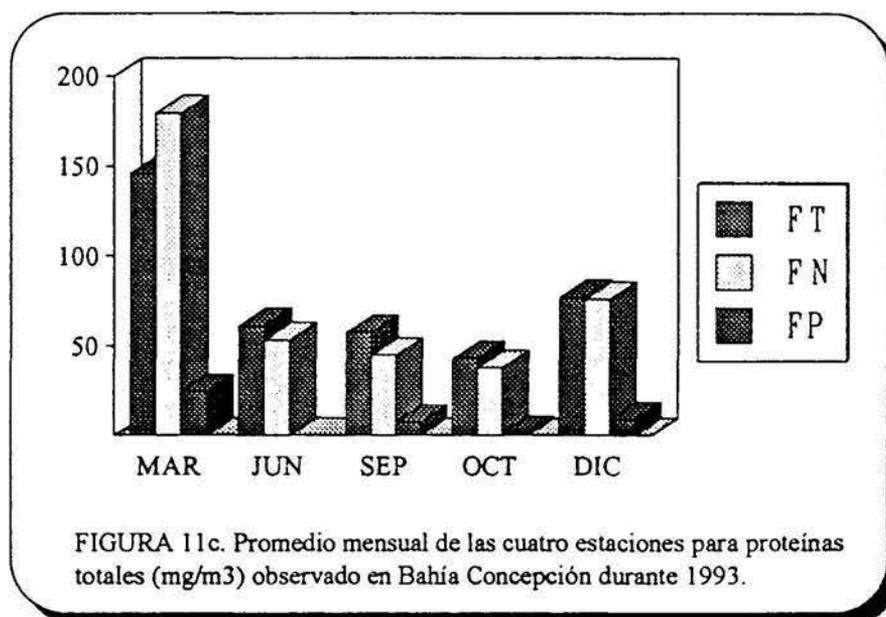
	% CLOROFILA <u>a</u> (mg/m ³)			% PROTEINA TOTAL (mg/m ³)			% CARBONO TOTAL (mg/m ³)		
	micro	nano	pico	micro	nano	pico	micro	nano	pico
MAR	0	100	0	0	88	12	0	65	35
JUN	0	100	0	0	100	0	0	100	0
SEP	0	88.2	11.8	0	86	14	0	79.5	20.5
OCT	0	89	10.9	0	97	3	0	76	24
DIC	0	84.5	15.5	0	90	10	0	75	25

TABLA 2. Porcentajes de abundancia respecto a la talla (< 200 μm) para las cuatro estaciones, estimados de clorofila a, proteína total y carbono total (mg/m³) del material orgánico particulado.

La figura 11a, 11b y 11c muestra la variación temporal de las fracciones total, nano y picoparticulada, para los tres descriptores de biomasa considerados. Clorofila a presenta un mínimo de biomasa para las tres fracciones en el mes de septiembre y un máximo en diciembre, el carbono oscila de la misma forma que la clorofila a excepción de que el máximo se observa en el mes de marzo. La proteína presenta también un máximo en el mes de marzo, manteniéndose más

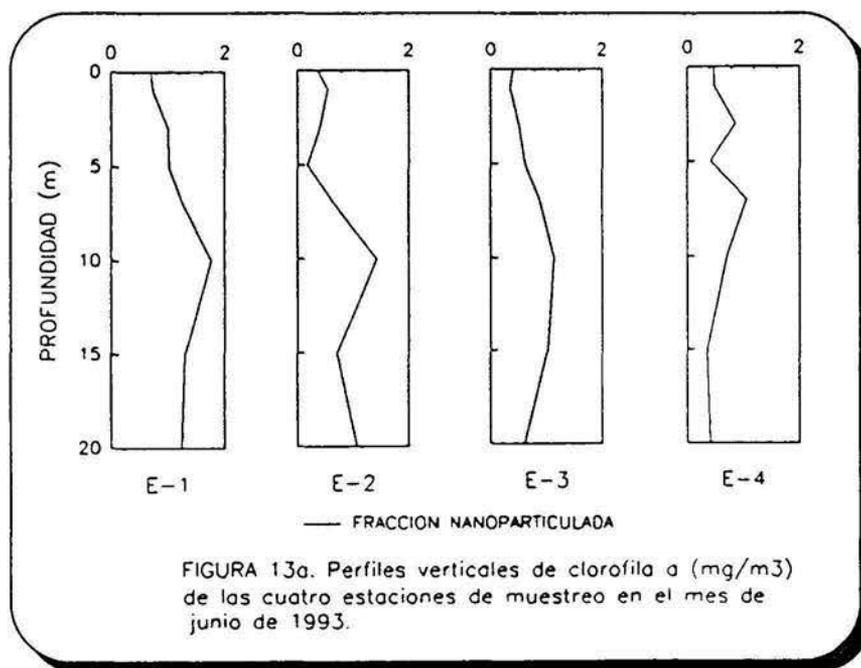
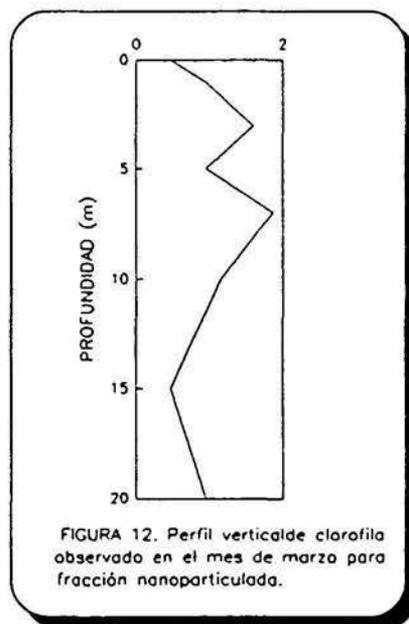
constante el resto del año. En las figuras 11a y 11b se observa que tanto la clorofila a y el carbono picoparticulado, aparecen en el mes de septiembre y se incrementan hacia el mes de diciembre. En el mes de marzo, el carbono particulado alcanza su máximo valor, sin embargo la clorofila picoparticulada está prácticamente ausente.

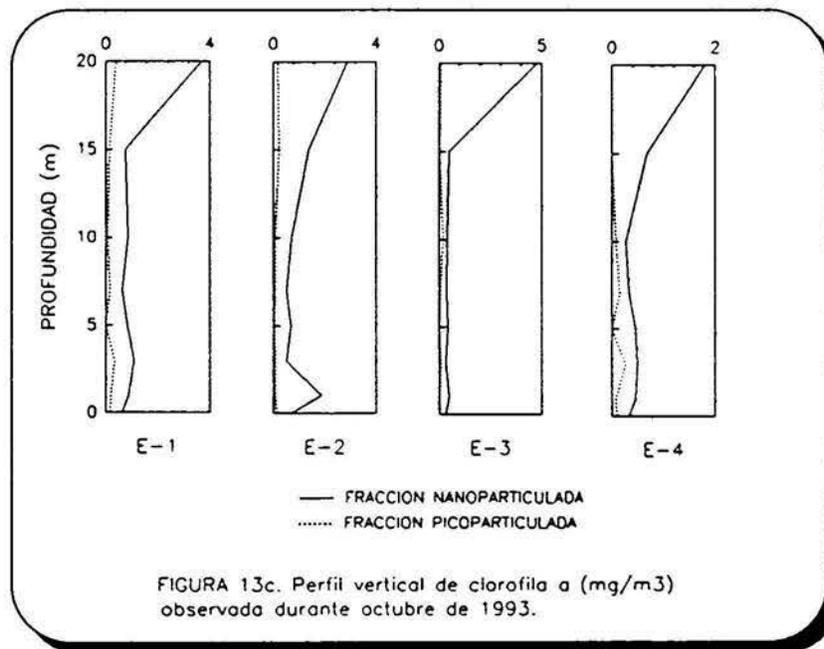
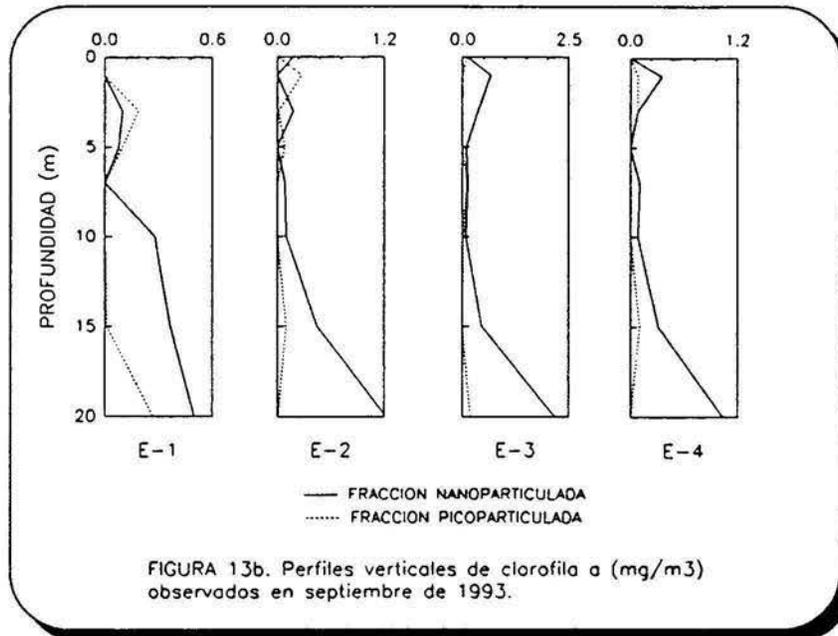




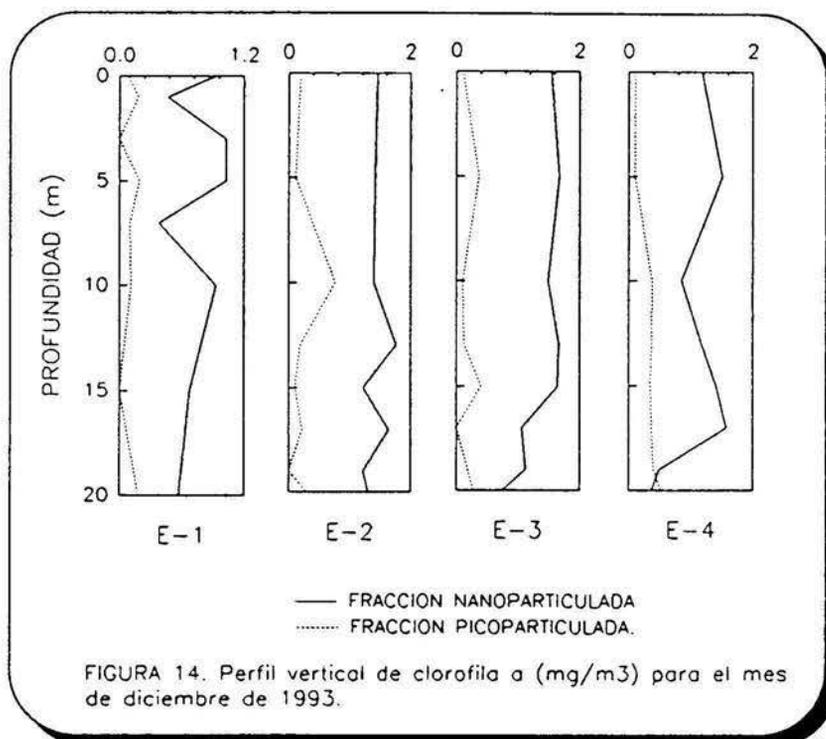
El cambio hidrodinámico notable que permite el establecimiento de un gradiente de temperatura en el mes de marzo -que denominaremos como el mes de transición- ocurre cuando la distribución de la clorofila a nanoparticulada es mayor por arriba de los 10 m (hasta 1.9 mg/m³) (Fig. 12), la evolución en la distribución de estas nanopartículas conforme avanza el período de estratificación es la siguiente: en el mes de junio (Fig. 13a) la concentración de clorofila a disminuye su concentración en el estrato superior (0-10 m) para las cuatro estaciones y se establece un máximo subsuperficial a los 10 m (establecimiento del gradiente de temperatura). Para el mes de septiembre (Fig. 13b) -que se denominará en lo subsecuente el mes más estratificado- la concentración de nanopartículas en términos de clorofila a para las cuatro estaciones disminuye aún más por arriba de los 10 m y se incrementa notablemente en profundidad; la fracción picoparticulada que comienza a aparecer en toda la columna de agua de las cuatro estaciones, es bien evidente sobre todo en la estación 1 con una concentración a 20 m de 0.4 mg/m³; para el mes de octubre (Fig. 13c), -que marca la finalización de la estratificación

térmica- la distribución de las nanopartículas comienza a disminuir por abajo de los 10 m para iniciar un incremento superficial. Por otra parte la distribución de las picopartículas tiende a mantenerse similar a lo largo de toda la columna de agua, con una concentración por debajo de 0.2 mg/m^3 .

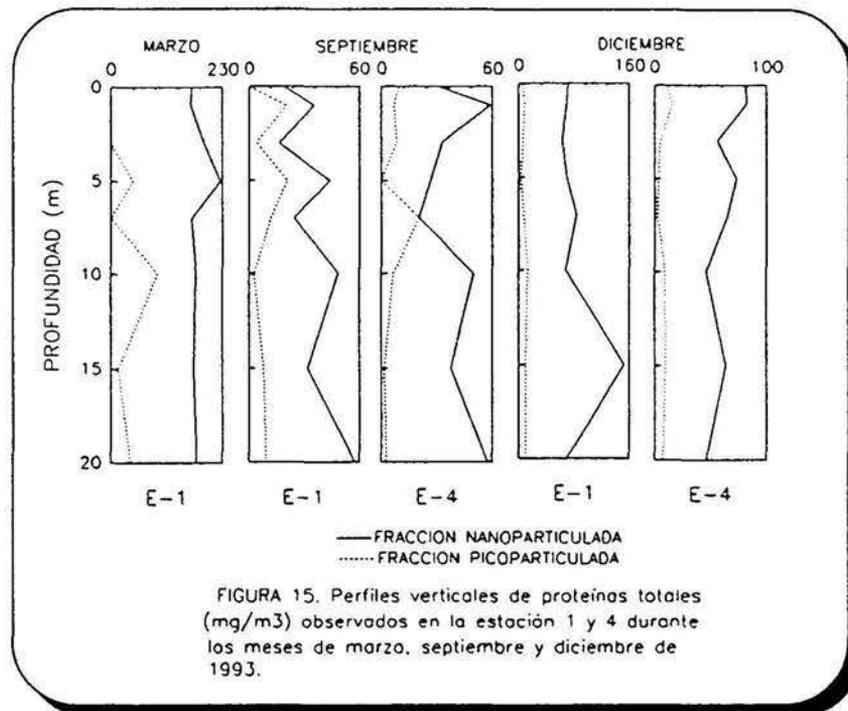




Para el mes de completa homogenización -diciembre- la distribución de nanopartículas y picopartículas presenta un comportamiento similar para las cuatro estaciones (Fig. 14), y por consiguiente los valores se presentan más homogéneos en toda la columna de agua, con una ligera tendencia a disminuir en el nivel más profundo (20 m).



La distribución de la biomasa de las nanopartículas referidas en términos de proteínas totales para el mes de transición (marzo) presentan un incremento gradual hasta los 5 m ($225.6 \text{ mg}/\text{m}^3$) para posteriormente permanecer constante (Fig. 15), en contraparte las picopartículas tienden a incrementarse hasta los 10 m ($96.7 \text{ mg}/\text{m}^3$) para posteriormente comenzar a disminuir. Para el mes de mayor estratificación (septiembre) la proteína nanoparticulada tiende a incrementar su concentración con la profundidad mientras que la proteína picoparticulada generalmente es mayor en el estrato superior a los 10 m. Finalmente para el mes de completa homogenización (diciembre) la distribución tiende a ser homogénea en el caso de las picopartículas para las estaciones 1 y 4, y con una ligera tendencia a disminuir con la profundidad las proteínas nanoparticuladas (Fig. 15)



La distribución de la biomasa de las nanopartículas y picopartículas referidas en términos de carbono total para el mes de transición para la estación 1 tienden a incrementarse a los 10 m (232.6 y 198.0 mg/m³, respectivamente), para disminuir posteriormente; para el mes de mayor estratificación el comportamiento de las nanopartículas en la estación 1 presenta una tendencia al incremento con la profundidad, con oscilaciones superficiales entre 14.9 y 50.4 mg/m³; para el caso de las picopartículas su distribución tiende a disminuir con la profundidad con concentraciones que van de 0.2 a 30.5 mg/m³ en contraparte la estación 4 presenta una distribución similar para ambas fracciones. Para el periodo de completa homogenización la tendencia que sigue la distribución de las nanopartículas para la estación 1 es similar por arriba de los 15 m donde se incrementa notoriamente para disminuir hasta casi igualarse con la concentración presente por arriba de los 15 m, en el caso de la estación 4 esta se presenta de manera similar en toda la columna de agua; las picopartículas para este mes básicamente se

encuentran distribuidas de manera similar para ambas estaciones, aunque en la estación 4 se observa un ligero incremento en la concentración (Fig. 16).

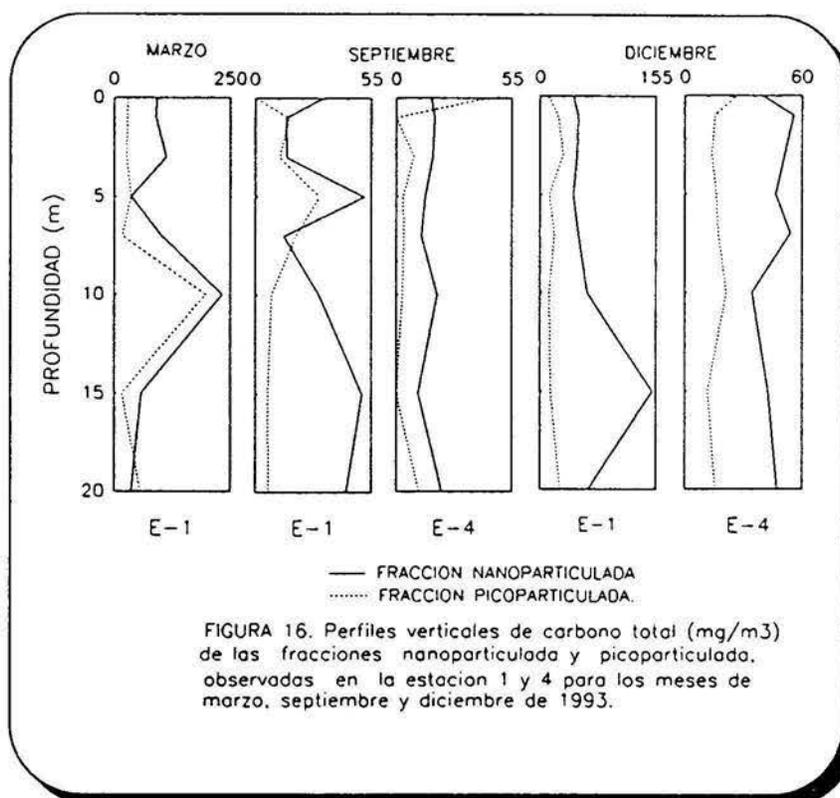


FIGURA 16. Perfiles verticales de carbono total (mg/m³) de las fracciones nanoparticulada y picoparticulada, observadas en la estación 1 y 4 para los meses de marzo, septiembre y diciembre de 1993.

Los datos anteriores fueron utilizados para estimar los diferentes porcentajes de contribución fitoplanctónica (CF) y no fitoplanctónica (CNF). Estas estimaciones se efectuaron bajo dos circunstancias: a) considerando la totalidad de los datos en toda la columna de agua, y b) considerando aquellos datos encontrados por encima y por debajo del gradiente máximo de temperatura.

La tabla 3 muestra el resultado del análisis para toda la columna de agua. Se observan sólo dos coeficientes de correlación (r) significativos para los meses de septiembre y octubre (0.73 y 0.79 respectivamente). De esta forma, en estos meses la contribución fitoplanctónica en toda la

columna de agua se estima en 21 y 46 % de la biomasa nanoparticulada. Es notoria la dominancia del material no fotosintético durante todo el año, con contribuciones por arriba del 54 %.

MES	ECUACION $Y = a + bx$	n	r	CF %	CNF %
MAR	175.6 + 3.6 CHL _a	8	0.084	2	98
JUN	35.8 + 22.8 CHL _a	32	-0.427	33	67
SEP	35.2 + 31.5 CHL _a	32	0.726	20.8	79.2
OCT	89 + 11 CHL _a	32	0.795	46	54
DIC	77 + (-1) CHL _a	32	-0.021	0	100

TABLA 3. Ecuaciones de regresión resultantes del análisis efectuado entre proteína total y clorofila a (coeficiente de regresión significativo al 95 % límite de confianza), y contribución fitoplanctónica (CF) y no fitoplanctónica (CNF) estimada en porcentajes de proteína total de la fracción nanoparticulada para toda la columna de agua durante los meses de transición, estratificación y total homogenización.

Sin embargo, considerando la influencia del gradiente de temperatura en la distribución del material fotosintético y no fotosintético (Tabla 4), se observa que para los meses de estratificación térmica (junio, septiembre, octubre), los coeficientes de correlación del análisis de datos por debajo del gradiente de temperatura, se incrementan notablemente sobre todo para los meses de junio y octubre ($r = 0.91$ y 0.92 , respectivamente). Permitiendo una contribución fitoplanctónica mayor al 80 %. En lo que respecta al estrato superficial, los coeficientes de correlación permanecen bajos, excepto el mes de septiembre el cual en ambos estratos es significativo, pero que sin embargo mantiene una dominancia mayor al 77 % de biomasa no fotosintética (Tabla 4).

ESTRATO < 10 m							
MES	ECUACION $Y = a + bx$	n	r	CHL μ (mg/m ³)	PROT	CF %	CNF %
JUN	44.3 + 10.38 CHL μ	24	0.22	0.75	52.05	14.9	85.1
SEP	30.2 + 71.03 CHL μ	24	0.74	0.13	39.71	23.4	76.6
OCT	29.2 + 5.06 CHL μ	24	0.13	0.62	32.38	9.7	90.3
ESTRATO > 10 m							
MES	ECUACION $Y = a + bx$	n	r	CHL μ (mg/m ³)	PROT	CF %	CNF %
JUN	2.34 + 65.14 CHL μ	8	0.91	0.84	57	95.9	4.1
SEP	39 + 25.82 CHL μ	8	0.66	0.81	60	35	65
OCT	11 + 21.19 CHL μ	8	0.92	2.10	55	80	20

TABLA 4. Porcentajes estimados de proteínas totales de origen fitoplanctónico (CF) y no fitoplanctónica (CNF), para la fracción nanoparticulada durante los meses que presentan una marcada estratificación.

VII.- DISCUSION

Debido a la amplitud de la información obtenida se han considerado dos capítulos: 1) variables físicoquímicas, donde se establecen las condiciones generales hidrográficas encontradas y sus causas; 2) Material Orgánico Particulado, donde se discute no sólo la distribución del fitoplancton sino también las partículas orgánicas no fotosintéticas.

1) VARIABLES FISICOQUIMICAS

La estructura térmica observada nos permite diferenciar dos épocas del año, la primera correspondiente a un período de circulación que aparece entre noviembre-febrero y la otra con un período de estratificación entre marzo-octubre caracterizada por un gradiente de temperatura a profundidades mayores a 10 m. Durante el período de estratificación, en verano existe una capa de agua homogénea en superficie cuya profundidad depende de las condiciones meteorológicas (particularmente el viento) pudiendo llegar hasta los 10 m; bajo ella, se presenta el gradiente de temperatura. En el otoño (finales de octubre) se va produciendo una capa de mezcla más profunda por convección en superficie. Esta capa de mezcla va profundizándose y enfriándose hasta que alcanza las capas inferiores. El gradiente de temperatura se hunde hasta desaparecer, encontrándose de nuevo toda la columna de agua homogénea con temperaturas en diciembre alrededor de 23 °C.

Dressler (1981) realiza un análisis preliminar de la hidro-estática de Bahía Concepción en verano de 1967 y 1969, en donde el patrón de temperatura para el verano sigue un comportamiento similar al descrito en este trabajo, sin embargo Dressler (1981) no determina el establecimiento y duración de los períodos de estratificación y mezcla.

La contribución de nutrientes a lo largo del año generalmente está determinada por las condiciones oceanográficas y la actividad biológica (Valdés *et al.*, 1991). En Bahía Concepción se puede apreciar que la barrera física impuesta por el gradiente de temperatura "atrapa" los nutrientes regenerados permitiendo su acumulación en el estrato mayor a los 15 m.

Aparentemente, durante el invierno se realiza una depositación de materia orgánica que al quedar atrapada en el fondo debido a la instalación del gradiente térmico, inicia un proceso de remineralización, que como primer producto se observa el máximo en profundidad de los iones nitritos que se sitúan en el mes de junio y que va acompañado de una disminución de oxígeno disuelto (OD).

Esta regeneración de la materia orgánica acumulada es debida a la alta actividad bacteriana (Eppley *et al.*, 1979; Garfield *et al.*, 1983) que conduce a elevadas tasas de nitrificación; el máximo de nitritos que coincide con el máximo de fósforo, puede deberse a una regeneración más rápida del fósforo y a productos intermedios en la oxidación del nitrógeno orgánico. Diversos autores (Corner y Davis, 1971; Wetzel, 1981; González *et al.*, 1983) especulan sobre la hipótesis de un tiempo de renovación mucho más rápida para el fósforo que para el nitrógeno

puesto que una gran porción de fósforo forma parte de moléculas esencialmente energéticas (ATP y afines). Posteriormente a la elevada generación de nitritos, estos son oxidados a nitratos cuyo máximo se sitúa en el mes de octubre. En estas condiciones, el fondo de Bahía Concepción se convierte en un reservorio de nutrientes que beneficia principalmente a los organismos fotosintéticos que se instalan tanto en la frontera del gradiente térmico, como en la época de homogenización térmica total que permite su distribución espacial extendida.

La utilización de oxígeno disuelto para la remineralización de la materia orgánica por abajo de este estrato profundo, aparentemente es la causante de que se establezcan condiciones de hipoxia durante este periodo, las cuales tienden a desaparecer en el periodo de circulación.

Algunos autores como Llansó (1992) manifiestan que la intensificación de estas condiciones de fondos hipóxicos promueven cambios tanto en la estructura de la comunidad planctónica como en su distribución, ya que la alteración temporal del sistema caracterizado por las fluctuaciones del nivel de OD y temperatura en verano son un factor importante que afecta a la dinámica de la población planctónica.

Los resultados a este respecto, sugieren que la probable periodicidad anual de los eventos de hipoxia a lo largo de la estratificación térmica en Bahía Concepción promueven condiciones adversas en la calidad del agua, Llansó (1992) denota que la extensión, intensificación y duración de las manifestaciones periódicas de hipoxia limitarían considerablemente la existencia de organismos bentónicos y favorecería particularmente la presencia de gusanos poliquetos como

organismos dominantes, en el caso de Bahía Concepción, Salazar (1985), menciona que los grupos biogeográficos de poliquetos exhiben una mayor proporción de especies de fondos duros que de fondos blandos atribuible a las diferencias de heterogeneidad; sin embargo al respecto se cuestiona para saber ¿Cuál es, o cuáles son las explicaciones causales realmente para el patrón que reporta? .

2) MATERIAL ORGANICO PARTICULADO

La biomasa del fitoplancton se estimó por los valores de clorofila a, proteína y carbono total; según Figueiras y Niell (1986), es incorrecto considerar al carbono y clorofila como estimaciones reales de la biomasa fitoplanctónica por la variabilidad individual en el contenido de clorofila y por la presencia de varias fracciones del seston en los datos brutos de la M.O.P., no obstante, las tres variables analizadas en conjunto son válidas para señalar cambios bruscos en las dimensiones espacio-temporal ya, que las estimaciones del contenido de clorofila, proteína y carbono total son utilizadas como índice de la biomasa fitoplanctónica (Richards y Thompson, 1952 citado por Cardona Canizales *et al.*, 1990) o como potencial productivo de acuerdo a la región (Graham, 1943 citado por Cardona Canizales *et al.*, 1990). Por otra parte Margalef (1974) señala que el porcentaje de clorofila activa puede ser utilizado como índice del estado fisiológico de las comunidades fitoplanctónicas y proporciona de forma indirecta información sobre la composición taxonómica de la población muestreada.

Según Le Borgne (1977), 90 % de los organismos del mesozooplankton se alimentan de partículas inferiores a 200 μm , a la vez que éstas poseen una biomasa que en su conjunto es seis veces superiores a la de la fracción incluida en el entorno de 200-700 μm , así las tres fracciones (micro, nano y picoparticuladas) juegan un papel importante en la cadena trófica. El análisis de la composición por talla de las diferentes partículas que integran la M.O.P. en Bahía Concepción, refleja que la fracción nanoparticulada para los tres descriptores de biomasa representa la mayor contribución a la M.O.P. total. Numerosos investigadores le atribuyen al nanofitoplancton el peso fundamental de la biomasa y de la productividad en todos los mares (Malone, 1971; Durbin *et al.*, 1975; Braun y Real, 1979; Popowski y Acramonte, 1992). Para los otros dos espectros de talla manejados en este trabajo es apreciable la baja contribución de la fracción picofitoplanctónica (0.5-1.7 μm) y la totalmente nula contribución de la fracción microfitoplanctónica (38-200 μm).

El estudio de las distribuciones temporales es útil para determinar los períodos de proliferación que, conocidas otras variables, tales como régimen de luz, disponibilidad de nutrientes y condiciones físicas ambientales, permitirán determinar que factor o combinación de factores los hace posible (Figueiras y Niell, 1986; Figueiras *et al.*, 1986). Así los tres descriptores de biomasa representados en la figura 11a, 11b y 11c muestran la estrecha relación que guardan con el espectro de talla y su evolución temporal.

De acuerdo a Zernova (1977) los cambios en la estructura del fitoplancton están ligados estrechamente a los cambios en el régimen hidrológico y los mecanismos ambientales de tipo físico quizás controlen dichos cambios (Margalef, 1978); así Goldman *et al.*, (1979) señala que

la presencia de comunidades distintas de fitoplancton y/o poblaciones en diferente estado fisiológico, se encuentran en relación con los cambios hidrológicos. Respecto a los distintos ambientes caracterizados en Bahía Concepción se observa principalmente el efecto en la distribución espacial de la biomasa de nanopartículas y picopartículas. En condiciones de circulación con concentraciones ampliamente distribuidas de nutrientes se sustentan tipos de comunidades poco maduras con predominancia de nanofitoplancton (Uriel, 1985; Popowski y Borreno 1992; Figueiras *et. al.*, 1986). En condiciones de moderada estratificación la concentración de nutrientes es elevada en el estrato superficial (0-10 m) con predominancia del nanodetritus, como indicador de una posible disgregación de materia orgánica de origen fitoplanctónico, posiblemente atribuida a un fuerte y prolongado período de florecimientos fitoplanctónicos (Morquecho Escamilla L. datos no publicados) (diciembre-febrero) que agotan los nutrientes superficiales y dan lugar a la depositación de materia orgánica que provocará un elevado proceso de remineralización de nutrientes en el fondo (10-20 m). El avance en las condiciones de estratificación permitieron el desarrollo de organismos fitoplanctónicos pertenecientes al nano y picofitoplancton (verano). Aparentemente este cambio en la estructura de las tallas dominantes, trae consigo un cambio en la estructura de la población mencionado por Zernova (1977), ya que Lechuga Devéze (en prensa) describe una modificación importante en los aspectos pigmentarios de las poblaciones fitoplanctónicas en esta zona profunda de Bahía Concepción. El cambio se define de un ambiente dominado por diatomeas hacia otro cuyo dominio puede estar representado por proclorofitas (Lechuga Devéze, en prensa). El período de homogenización total (invierno) permitirá nuevamente la aparición de florecimientos fitoplanctónicos, cerrando así este ciclo biológico (Morquecho Escamilla L., en preparación).

Por consiguiente esto hace pensar que, en Bahía Concepción la trofodinámica a este nivel esencialmente se vea dada por la estratificación física y una proliferación anterior de diatomeas (Morquecho Escamilla, en preparación) que pueda agotar los nutrientes y probablemente dar lugar a un umbral de materia orgánica tal que permita la posterior regeneración de nutrientes en la capa superficial y los posteriores florecimientos de dinoflagelados (Morquecho Escamilla, en preparación) que en conjunto contribuyan al material fitoplanctónico y detritico (o no fotosintético), promoviendo de este modo algunas de las características de este cuerpo de agua.

Según Figueiras y Niell (1987), el análisis de regresión para establecer las relaciones clorofila/carbono y clorofila/proteína se revela inadecuado debido a la existencia de tres grupos de partículas orgánicas (fitoplancton, zooplancton detritus más bacterias) imposibles de separar a priori, ya que algunos autores (Banse, 1974; Desertova, 1981 y Falkowski, 1983 entre otros) consideran que la confiabilidad de estas relaciones es dudosa en especial la de clorofila/carbono debido a su variabilidad interespecífica y a las respuestas medioambientales del organismo. No obstante, en un ambiente como Bahía Concepción éstas relaciones han sido significativas, puesto que los ámbitos que se definen son muy diferentes y están bien caracterizados a escala media. Lechuga Devéze *et al.* (1989b) menciona que este tipo de artificios para la evaluación de la proteína y carbono asociado al fitoplancton y al detritus supone que la intercepción con el eje Y en la regresión con clorofila a nos indica la concentración de proteína o carbono al nivel cero de clorofila a, es decir, en ausencia de fitoplancton, por tanto se asocia a otras partículas (detritos más bacterias asociadas a éste); así este artificio puede ser una herramienta útil para describir

algunas propiedades de la M.O.P. de diferentes cuerpos de agua (McAllister *et al.*, 1960; Banse, 1977; Sakshaugh, 1979; Lancelot-Van Beveren, 1980; Herbland y Le Bouteiller, 1983; Verlencar y Ganf, 1985; Veldhuis *et al.*, 1986, citados por Lechuga Devéze *et al.*, 1989b).

Por otra parte Banse (1974, 1977) señala que los errores que se cometen al comparar entre sí datos aislados, pueden considerar poblaciones con distintas tasas de crecimiento; por ello recomendó la comparación de pendientes de grupos de datos correlacionados, con lo que se elimina la variabilidad inherente a la técnica analítica y se puede determinar, a través de la ordenada al origen, el material detrítico no asociado al material sintetizado recientemente. No obstante también señaló las dificultades que tiene este cálculo debido a la variación independiente de dicho material con la del fitoplancton.

Teniendo en cuenta estas recomendaciones se hicieron los cálculos oportunos para cada mes (Tabla 3) encontrando aparentemente que la contribución del material no fotosintético es más importante que el fotosintético (ambas con ordenadas positivas). Al respecto Figueiras y Niell, (1987) mencionan que, si el material no vivo es más importante, el modelo da ordenadas negativas; por el contrario, si el material vivo forma la fracción mayor, la ordenada será positiva. No obstante señalan que esta última circunstancia puede venir enmascarada por un aumento en la pendiente de este material o por una homogenización física del medio, tal sería el caso del mes de diciembre ya que es el mes de mayor homogenización. Toda esta situación se ve aún más afectada por el hecho de que la recta que representa al fitoplancton no es única, ya que, en momentos entre

afloramientos, las poblaciones de superficie tienen una relación muy diferente a la de las poblaciones subsuperficiales.

El análisis estadístico, así como la regresión sobre los datos arriba del gradiente de temperatura obtenidos para las 4 estaciones son similares y señalan principalmente que: a) el nanofitoplancton fue el único contribuyente a la biomasa expresada en clorofila a, y esta se distribuye homogéneamente en el estrato 0-10 m. b) Las concentraciones de proteínas de la fracción nanoparticulada en el estrato 0-10 m está fuertemente influenciada por material no fotosintético, presumiblemente nanodetritus, teniendo como frontera el límite del gradiente térmico; concordando de esta forma con lo reportado por Lechuga Devéze *et al.*, (1989a) en la costa occidental de Baja California Sur. En contraparte, los datos por debajo del gradiente de temperatura señalan que: a) la fracción nanoparticulada para los tres descriptores de biomasa siguen la misma tendencia en el estrato 10-20 m. b) las concentraciones de proteínas de dicha fracción en el estrato 10-20 m está fuertemente influenciada por material fotosintético, a excepción del mes de septiembre en el cual domina el nanodetritus.

La descripción del escenario anterior, permite el desarrollo de la siguiente hipótesis: El ciclo de la materia orgánica particulada inicia en los meses de invierno los cuales promueven una amplia distribución de nutrientes inorgánicos gracias al establecimiento de una también amplia zona de mezcla. De acuerdo a Morquecho Escamilla (en preparación), en esta época existe, además de un cambio en la estructura fitoplanctónica (diatomeas-cianobacteria-dinoflagelados), grandes y continuos florecimientos de *Noctiluca scintillans*, las cuales serían el origen principal

de la acumulación de materia orgánica en el fondo. Entre primavera y verano, el calentamiento del estrato superficial, va formando una termoclina que separa dos estratos bien identificados: uno profundo, el cual si bien genera gran cantidad de nutrimentos inorgánicos, también promueve condiciones hipóxicas. Por encima de este estrato, en el inicio de la nutriclina, la difusión por advección de los nutrientes, favorecen la presencia de fitoplancton de diferentes tallas: nano y picofitoplancton. En este estrato superficial (0-10 m), donde permanentemente se observa una condición de mezcla; los fitoplanctones que ahí permanecen agotan los nutrientes aportados por el período de homogenización originando posteriormente el aporte de material nanodetrítico hacia el verano.

Finalmente, el cambio en el régimen de vientos permite en invierno nuevamente la homogenización total de la columna de agua, la liberación de los nutrimentos generados en el fondo y el inicio de la sucesión fitoplanctónica (diatomeas, cianobacterias, dinoflagelados y florecimientos de *Noctiluca scintillans*) cerrando así el ciclo biofísico.

VIII.- CONCLUSIONES

De los resultados expresados en este trabajo, se concluye que:

1.- Bahía Concepción, presenta un marcado período (noviembre-febrero) de aguas homogéneas y un período (marzo-octubre) de aguas estratificadas, que se ve interrumpido por la acción del viento primordialmente.

2.- El gradiente de temperatura actúa como una barrera física determinante en la distribución del seston, provocando condiciones de hipoxia probablemente debidas a la utilización del oxígeno necesario para la remineralización de materia orgánica.

3.- La biomasa dominante de la M.O.P., se encuentra en la fracción nanoparticulada, tanto en su fracción detritica como fotosintética.

4.- El M.O.P. está constituido principalmente por la fracción detritica (76.6 %) por arriba del gradiente de temperatura y en el inicio de la termoclina y nutriclina la fracción fitoplanctónica domina casi en su totalidad, con porcentajes mayores al 80 %. En el mes de mayor homogenización térmica, la fracción detritica domina en un 100 %.

IX.- SUGERENCIAS

Con base a los resultados obtenidos en el trabajo anterior surge la idea de plantear algunas inquietudes para la continuación del estudio de este ecosistema y tener como meta a largo o mediano plazo la caracterización de la zona, así como la relación de factores que hacen posible la dinámica de Bahía Concepción.

En primera instancia el lograr establecer la duración y períodos de homogenización y estratificación permiten tener un avance en la caracterización hidrodinámica en Bahía Concepción a pesar de que los muestreos realizados no fueron suficientes para lograr describir con más detalle la variación y eventualidad de los mismos.

En lo que respecta al material orgánico particulado resulta -como ya ha sido mencionado- ser un tema de gran controversia en la actualidad ya que la separación del espectro de talla en términos de biomasa, resulta ser difícil y en específico la relación carbono con cualquier variable tratada (clorofila, proteína, nitrógeno, temperatura, etc.), debido a las diversas entradas y salidas de carbono en la cadena trófica; así, que el determinar el carbono de manera indirecta aunque es muy válida, crea una interpretación menos real del papel tan importante que juega esta variable.

En base a lo mencionado anteriormente, surge la idea de poder establecer una caracterización fisico-biológica de Bahía Concepción que nos permita realizar una descripción simplificada de un juego de variables (temperatura, luz, salinidad, NO_3 , NO_2 , PO_4 , H_2S , clorofila,

proteína, carbono, entre otras) a corto y mediano plazo redituable en términos de productividad, de tal manera que pueda ser extrapolable para los años siguientes.

La manera de poder lograr esta meta sería desde mi punto de vista, tener una matriz de datos que nos proporcionen este tipo de información, para posteriormente aplicar el método de análisis por componentes principales. Este consiste a groso modo, en la simplificación y descripción de variables interrelacionadas, en donde el análisis de componentes principales trata a las variables igualmente y no están divididas en variables dependientes e independientes. Esta técnica puede ser resumida como un método que transforma las variables originales en nuevas variables no correlacionadas llamadas precisamente componentes principales, en donde cada componente es una correlación lineal de la variable original. Una medida de la cantidad de información transportada por cada componente es su varianza. Así este método, posee un peso importante desde el punto de vista estadístico ya que agrupa a las variables que más se relacionan entre sí, para poderles dar una interpretación biológica real de lo que acontece en Bahía Concepción.

X.- LITERATURA CITADA

- ANONIMO, 1988. Informe técnico del proyecto inventario ictiológico de Bahía Concepción, B.C.S. Clave CONACYT PCECCNA-040 4192 CICIMAR-IPN, 37 pags.
- AMINOT, A. & M. CHAUSSEPIED (eds.), 1983. Manuel des Analyses Chimiques en Milieu Marin. Centre National pour L'Exploitation des Océans. 45-62 p.
- AYALA ROCHA, B. 1988. Proteínas y carbohidratos del fitoplancton y su significado ecológico en la Ensenada de la Paz, B.C.S. Tesis de Lic., Univ. Autón. Baja Calif. Sur, La Paz. 62 pags.
- BANSE, K., 1974. On the interpretation of data for the carbon-to-nitrogen ratio of phytoplankton. Limnol. Oceanogr., 19(4):695-699.
- BANSE, K., 1977. Determining the carbon-to-chlorophyll ratio of natural phytoplankton. Mar. Biol., 41:199-212.
- BAQUEIRO C.E., J.A. MASSO y A. VELEZ, 1983. Crecimiento y reproducción de una población de caracol chino *Hexaplex crythrostomus* (Swainson, 1831) de Bahía Concepción, B.C.S., Cienc. Pesq., 4:19-33
- BENDSCHNEIDER, K. y R.J. ROBINSON, 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. J. Mar. Res., 11:87-96.
- BUSTILLOS GUZMAN, J. 1990. Biomasa proteica de carbohidratos y clorofila de las fracciones de nanopartículas y micropartículas de la región de las grandes Islas y Central del Golfo de California. Tesis M. en C., CICIMAR-IPN La Paz, B.C.S. 104 pags.
- BRAUN, J.C. y REAL F., 1979. Algunas comparaciones entre el nanoplancton y el fitoplancton de red en aguas de las islas Canarias. Biol. Inst. Espa. Oceanol., 6(291):99-105.
- CARDONA CANIZALES C., MILLAN NUÑEZ R., LARA LARA R.J. y VALDEZ HOLGUIN E.J., 1990. Variabilidad espacio temporal de clorofila a en una zona de surgencia frente a Baja California. Ciencias Marinas, 16(2):53-65.
- CHARPY, L., 1985. Matière organique et production phytoplanctonique du lagon. Centre ORSTOM Tahiti Oceanographie, 24:51-52.
- CORNER, S.DE. y DAVIS A.G., 1971. Plankton as a factor in the nitrogen and phosphorus cycles in the sea. Aud. Mar. Biol., 9:101-204.

- CRUZ OROZCO, R., L. GODINEZ ORTA, E.H. NAVA SANCHEZ y S.L. SOLIS NUÑEZ,** 1991. Algunos aspectos geológicos de Bahía Concepción, B.C.S. Univ. Autón. de Baja California Sur. Depto. de Geol.Mar. Oceanotas, No. 2.
- DANIEL W. WAYNE.,**1987. Bioestadística: Base para el análisis de las Ciencias de la Salud. Ed. Limusa. 485 pags.
- DESERTOVA, B.,** 1981. Relationship between chlorophyll a concentration and phytoplankton bloom in several reservoirs in Czechoslovakia. Int. Revve. Ges. Hidrobiol., 66(2):153-169.
- DUBOIS, M.K., A. GILLES, J.K. HAMILTON, P.A. REBERS y F. SMITH,** 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related sustancias. Anal. Chem., 28: 350-356.
- DURBIN, E.G., KRAWIER R.W. y SAMAYDA T.J.,** 1975. Seasonal studies on the relative importance of different size fractions of phytoplankton in Nairaganset Bay (USA). Mar. Biol., 32:271-287.
- DRESSLER REINHARD.,** 1981. Preliminary knowledge of Hydro-static summer conditions within Bahia Concepción, Baja California. Reporte interno, CICESE.
- EPPLEY, W.R., RENGER E.H., HARRISON W.G. y CULLEN J.J.,** 1979. Ammonium distribution in souther california coastal waters and its role in the growth of phytoplankton. Limnol. Oceanogr., 24:495-509.
- ESTABLIER RAFAEL †, BLASCO J., LUBIAN L.M. y GOMEZ-PARRA A.,** 1990. Fitoplancton e hidrografia de la Bahía de Cádiz (SO España) de abril 1986 a diciembre 1988. Scient. Mar., 54(2):203-209.
- FALKOWSKI, G.P.,** 1983. Light shade adaptation and vertical mixing of marine phytoplankton: A comparative field study ibidem, 41:214-237.
- FELIX PICO, E. y R.S. SANCHEZ,** 1976. Tercer informe final del programa de orientación técnica para el aprovechamiento de los recursos naturales existentes y prácticas de maricultivo en Bahía Concepción y Ensenada de la Paz. SARH. Informe interno, 20 pags.
- FIGUEIRAS, F.G. y NIELL F.X.,** 1986. Visibilidad del disco de Secchi; clorofila a y materia orgánica particulada en la ría de pontevedra (NO de España). Inv. Pesq., 50(4):607-637.
- FIGUEIRAS, F.G., NIELL F.X. y MOUTIÑO C.,** 1986. Nutrientes y oxígeno en la ría de Pontevedra (NO de España). Inv. Pesq., 50(1):97-115.
- FIGUEIRAS, F.G. y NIELL F.X.,** 1987. Relaciones entre carbono, nitrógeno y clorofila a en la ría de Pontevedra, NO de España. Inv. Pesq., 51(1):3-21.

- FINENKO, Z. y ZAIKA V.E., 1970.** Particulate organic matter and its role on the productivity of the sea. En *Marine Food Chains*. H. steele ed. 32-44 pags.
- GARFIELD, C.P., PACKARD T.T., FRIEDERICH G.E. y CADISPOTI L.A., 1983.** A surface particle maximum layer and enhanced microbial activity in the secondary nitrite maximum of the North-eastern Tropical Pacific Ocean. *J. Mar. Res.*, 41:747-768.
- GOLDMAN C.J., MACARTHY J.J. Y PEAVY D.G., 1979.** Growth-rate influence on chemical composition of phytoplankton in oceanic waters. *Nature*, 279(5710).
- GONZALEZ, N., CABAÑAS J.M., GARCIA-FERNANDEZ C. y GONZALEZ J.J., 1983.** Influencia de las mareas sobre los parámetros oceanográficos en la ría de Arosa. *Biol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 1(1):65-71.
- JACQUES, G., 1978.** Phytoplankton biomass, production, numération et culture. Laboratoire Arago. Université Pierre et Marie Curie 66650 Banyuls-sur-Mer.
- JEFREY, S.W. y G.F. HUMPHREY, 1975.** New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in algal, phytoplankton and higher plants. *Biochem. Physiol. Pflanz.* B.P.P. 167: 191-194.
- LANCELOT VAN BEVEREN, C. 1980.** A statistical method to estimate the biochemical composition of phytoplankton in the southern bight of the north sea. *Estuar. Coast. & Shelf Sci.* 10: 467-478.
- LE BORGNE, R., 1977.** Etude de la production pelagique de la zone equatoriale de l'Atlantique a 4W. II Biomasse et peuplements du zooplancton. Cahiers ORSTOM ser. *Oceanogr.*, 15(4):333-346.
- LECHUGA DEVEZE, C.H., J. GARCIA PAMANES y J. BUSTILLOS GUZMAN, 1986.** Condiciones ecológicas de una laguna costera de la costa oeste del Golfo de California. Turbiedad y clorofila a. *Cienc. Mar.*, 12 (1): 19-31.
- LECHUGA DEVEZE, C.H., J. BUSTILLOS GUZMAN y D. LOPEZ CORTES, 1989a.** Proteínas y carbohidratos de la materia orgánica particulada fotosintética y no fotosintética en la Costa Occidental de Baja California Sur, México. *An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. UNAM*, 16(2): 353-360.
- LECHUGA DEVEZE, C.H., B. AYALA ROCHA y I. GARATE LIZARRAGA, 1989b.** Proteínas, carbohidratos y clorofila a de la materia orgánica particulada, en tres diferentes ambientes oceánicos: Mar de Portugal, Golfo de California y NW de Baja California Sur. *An. Inst. Cienc. Mar y Limnol., UNAM*, 16 (1): 147-156.

- LECHUGA DEVEZE, C.H., (en prensa).** Shift of light-harvesting pigments of natural phytoplankton populations in Conception Bay, Gulf of California. Bull. Mar. Sci., 54 (3), 1994.
- LLANSO J. ROBERTO., 1992.** Effects of hypoxia on estuarine benthos: The lower Rappahannock River (Chesapeake Bay), a Case Study. Estuarine, Coastal and Shelf Science 35, 491-515.
- LOPEZ CORTES D.J., C.H. LECHUGA DEVEZE y J. BUSTILLOS GUZMAN, 1990.** Biomasa proteica y de carbohidratos del mesoplancton en la Costa Occidental de Baja California Sur. Rev. Lat-amer. Microbiol., 32: 109-116.
- LOWRY, O.H., N. J. ROSEBROUGH, A.L. FARR y R. J. RANDALL, 1951.** Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Biol. Chem., 193: 265-275.
- MALARA, G. y R. CHARRA, 1972a.** Dosage de glucides particuliers du phytoplancton selon la méthode de Dubois. Nota interna de trabajo No. 6 Station Zoologique de Villefranche sur Mer., 7 pags.
- MALARA, G. y R. CHARRA, 1972b.** Dosage de protéines particuliers selon la méthode de Lowry. Nota interna de trabajo No. 5 Station Zoologique de Villefranche sur Mer., 7 pags.
- MALONE, T.C., 1971.** The relative importance of nanoplankton and netplankton as primary producers in tropical oceanic and neritic phytoplankton communities. Limnol. Oceanogr., 16:633-639.
- MARGALEF, R., 1974.** Ecología. Ediciones Omega Barcelona, 950 pags.
- MARGALEF, R., 1978.** Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. Oceanol. Acta., 1:993- 509.
- MARTINEZ LOPEZ, A., I. GARATE LIZARRAGA, y N. ROMERO IBARRA, 1992.** Variación espacio-temporal de la biomasa orgánica particulada en Bahía Concepción, durante 1991. Resúmenes del IV Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés. Univ. Autón. de Baja California.
- MATEO CID, L. E., I. SANCHEZ RODRIGUEZ, Y. E. RODRIGUEZ MONTESINOS y M. CASAS VALDEZ, 1993.** Estudio florístico de las algas marinas bentónicas de Bahía Concepción, B.C.S., México. Cien. Mar., 19 (1): 41-60.
- MENZEL, D. y RYTHER J.H., 1964.** The composition of particulate organic matter in the NW Atlantic. Limnol. and Oceanogr., 9:179-186.

- MORQUECHO, ESCAMILLA M^a L., 1994.** Tesis de maestría en Ciencias. CICIMAR-IPN, en preparación.
- MORRIS y RILEY.** *Anal. Chim. Acta*, 29:272, 1963.
- MURPHY and RILEY.** *Anal. Chim. Acta*, 27:31, 1962.
- PARSONS, T.R., TAKAHASHI y HARGRAVE B., 1984a.** Biological oceanographic processes. 3er d. edition. Pergamon Press 330 pags.
- PARSONS, T.R., Y. MAITA y C.M. LALLI, 1984b.** A manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Pergamon Press. 173 pags.
- POPOWSKI CASAÑ, G., CAMPOS HERNANDEZ A. y BORRERO ACRAMONTE N., 1992a.** Contenido de materia orgánica en suspensión en las aguas del Golfo de Batano, Cuba. Reporte de Investigación del Instituto de Oceanología. Academia de Ciencias de Cuba. No. 13
- POPOWSKI CASAÑ, G., BORRERO ACRAMONTE N. y CAMPOS HERNANDEZ A., 1992b.** Contribución del plancton a la materia orgánica particulada en dos áreas costeras de Cuba. Reporte de Investigación del Instituto de Oceanología. Academia de Ciencias de Cuba. No 7.
- POPOWSKI CASAÑ, G. y BORRERO ACRAMONTE N., 1992.** Contenido de carbono, fósforo, clorofila y densidad de células del nanofitoplancton en el Golfo de Batanó, Cuba. Reporte de Investigación del Instituto de Oceanología. Academia de Ciencias de Cuba. No. 6.
- RAMIREZ GUILLEN, D.A., 1983.** Sistemática ecológica y biogeografía de los crustáceos decápodos anomuros de Bahía Concepción B.C.S. Méx. Tesis Licenciatura. Fac. Cienc. Biol., Univ. Autón. Nuevo León, Monterrey, N.L. 133 pags.
- RIOS G. R., 1989.** Un catálogo de camarones careidos de Mulegé y Bahía Concepción, Baja California Sur, con anotaciones acerca de su biología ecológica, distribución, geografía y taxonomía. Tesis Lic. en Oceanología. Univ. Autón. Baja Calif., Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C. 208 pags.
- ROMERO IBARRA, N., 1990.** Dinámica de nutrientes y plancton en Bahía Concepción. Informe anual de avance del proyecto de investigación, CICIMAR-IPN La Paz B.C.S.
- SALAZAR, V.S.I., 1985.** Contribución al conocimiento de los poliquetos (Annelida: Polychaeta) de Bahía Concepción Baja California Sur, Méx. Tesis M. en C. CICESE, Ensenada, B.C. 311 pags.

- STEELE, J.H. y BAIRD I.E., 1961. Relations between primary production chlorophyll and particulate carbon. Limnol. and Oceanogr., 6:68-73.
- STEELE, J.H. y BAIRD I.E., 1962. Further relations between primary production, chlorophyll and particulate carbon. Limnol. and Oceanogr., 7:42-47.
- STRICKLAND J.D.H. y T.R. PARSONS, 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Bd., Canada, bulletin 167 (second edition), 207-211 p.
- VALDES, L., ALVAREZ-OSSORIO M.T., LAVIN A., VARELA MANUEL y CARBALLO ROSARIO., 1991. Ciclo anual de parámetros hidrográficos, nutrientes y plancton en la plataforma continental de la Coruña (NO España). Bol. Inst. Esp. Oceanogr., 7(1):91-138.
- WETZEL, R.G., 1981. Limnología. Omega, S.A., 679 pags.
- ZERNOVA, V.V., 1977. Seasonal variation of the vertical distribution of phytoplankton in the tropical Atlantic. Oceanol., 17(2):195-199.