

CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y DE
EDUCACION SUPERIOR DE ENSENADA

DISTRIBUCION DE LA BIOMASA PRODUCTIVIDAD DEL
FITOPLANCTON EN EL GOLFO DE CALIFORNIA DU-
RANTE EL EVENTO DE EL NINO 82-83

T E S I S
MAESTRIA EN CIENCIAS

José E. Valdez Holguín

RESUMEN de la Tesis de José Eduardo Valdez Holguín, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS en OCEANOGRAFIA con opción en ECOLOGIA MARINA. Ensenada, Baja California, México. Junio de 1986.

Distribución de la biomasa y productividad del fitoplancton en el Golfo de California durante el evento de El Niño 1982-1983.

Resumen aprobado por:



Dr. José Rubén Lara Lara
Director de Tesis.

Se realizaron 2 cruceros oceanográficos al Golfo de California, uno durante el evento de El Niño (Marzo de 1983) y otro en etapa de relajamiento (Marzo-Abril de 1984), para estimar la productividad primaria (asimilación de carbono catorce) y biomasa (contenido de clorofila a) del fitoplancton por fracciones de tamaño (nanofitoplancton y microfitoplancton). Se hicieron además determinaciones de variables físicas (temperatura y salinidad) y químicas (nutrientes).

Las concentraciones de nutrientes estuvieron generalmente por encima de los valores considerados como limitantes, presentándose la nutriclina más somera que la profundidad del límite de la zona eufótica.

La biomasa y productividad del Golfo de California, se incrementó durante el evento, con valores promedios máximos de $3.2 \text{ g C m}^{-2} \text{ día}^{-1}$. Los efectos del fenómeno de El Niño fueron mas evidentes en la región sur, registrándose una gran dominancia del grupo del nanofitoplancton durante ambos periodos de muestreo. La máxima contribución del microfitoplancton ocurrió en la región central, principalmente frente a la costa de Sonora, durante Marzo de 1983; reduciéndose su contribución a la región frente a Guaymas, Sonora, durante Marzo de 1984.

Los efectos del evento fueron enmascarados en la región central del Golfo, debido a la influencia de procesos locales (surgencias, corrientes de marea) en la dinámica de la zona.

En base a la relación productores-consumidores, se postula un modelo conceptual del flujo de carbono a través del ecosistema pelágico del Golfo de California.

CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y DE EDUCACION SUPERIOR DE
ENSENADA

DIVISION DE OCEANOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA MARINA

DISTRIBUCION DE LA BIOMASA Y PRODUCTIVIDAD DEL FITOPLANCTON
EN EL GOLFO DE CALIFORNIA DURANTE EL EVENTO DE EL NINO 1982-1983.

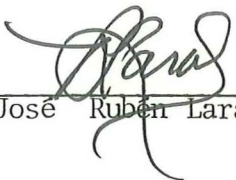
TESIS

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA
OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS, PRESENTA:

JOSE EDUARDO VALDEZ HOLGUIN

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA. JUNIO DE 1986.

TESIS APROBADA PARA SU DEFENSA POR:


Dr. José Rubén Lara Lara, Director del Comité


Dr. Saúl Alvarez Borrego, Miembro del Comité

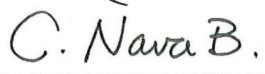

M.C. Anamaria Escofet Giansone, Miembro del Comité


M.C. Timothy R. Baumgartner, Miembro del Comité


M.C. Francisco Suárez Vidal, Miembro del Comité


M.C. Gregory Hammann, Jefe del Departamento de Ecología Marina


Dr. José Rubén Lara Lara, Director Interino de la División de Oceanología


M.C. Cuauhtémoc Nava Button, Director Académico Interino

Tesis presentada en Junio 30, 1986

DEDICATORIA

En memoria de mi padre
GLAFIRO VALDEZ LOPEZ +
a su recuerdo con amor
A mi madre Eva Luz que
con su cariño me alienta

A mis hermanos Hermes y Nydia
por su comprensión y ternura
A Hermes A., Nydia P. y Hugo R.

A mi esposa Monica Garcia
por su amor y confianza
Por la nueva vida que me
dara

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar de una manera muy especial mi agradecimiento al Dr. José Rubén Lara Lara, por sus valiosos consejos y dirección de este trabajo, por haberme brindado la oportunidad de colaborar en proyecto de investigación de Los Efectos de El Niño 1982-1983 en el Golfo de California, financiado por CONACyT bajo el contrato No. PCECBNA-021265, gracias al cual este trabajo se realizó.

A los miembros de mi comité de tesis, por sus críticas y comentarios tan acertados. Principalmente al M. C. Tim Baumgartner quien siempre mostró interés en los resultados de este trabajo.

A los M. C. José María Robles y Gilberto Gaxiola por la ayuda que siempre me brindaron tanto en los cruceros como con sus críticas y sugerencias.

A mis compañeros José Luis Lara, Sila Najera, Clemente Jimenez y Vicente Ferreira por su valiosa ayuda en el desarrollo de los cruceros. Al Dr. Alberto Zirino de NOSC en Point Loma, California y George Heminway de SIO en La Jolla California, por haberme facilitado llevar a cabo los conteos de radiación beta de carbono catorce.

A José María Domínguez, Sergio Ramos y Fabian Cabrera del departamento de dibujo de CICESE, por su entusiasmo en la elaboración de las figuras y tablas de este trabajo.

A todos mis compañeros que participaron en el desarrollo de este trabajo. A mi esposa Monica en la corrección y escritura de esta tesis y a Joaquín García por su valiosa colaboración en la misma y durante los cruceros.

INDICE

Página

I.) INTRODUCCION.	1
I.2.) ANTECEDENTES.	6
I.3.) OBJETIVOS.	9
I.4.) AREA DE ESTUDIO.	9
II.) MATERIALES Y METODOS.	11
III.) RESULTADOS.	16
III.1.) Hidrografia, biomasa y productividad primaria durante Marzo de 1983.	16
III.2.) Hidrografia, biomasa y productividad primaria durante Marzo de 1984.	36
III.3.) Biomasa y productividad primaria integradas durante Marzo de 1983.	51
III.4.) Biomasa y productividad primaria integradas durante Marzo de 1984.	57
III.5.) Comparaciones entre Marzo de 1983 y Marzo de 1984.	59
IV.) DISCUSION.	64
V.) CONCLUSIONES.	78
VI.) LITERATURA CITADA.	81

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
1	Localización de las estaciones muestreadas.	12
2	Estación 1. Distribuciones verticales de : (a) Temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) y Salinidad (‰) ; (b) Nitratos, nitritos y fosfatos (μM) ; (c) Clorofila <u>a</u> (mg Cl a m^{-3}) total y fraccionada ; (d) Productividad primaria ($\text{mg C m}^{-3} \text{ hr}^{-1}$) total y fraccionada.	18
3	Estación 9. La misma leyenda que en figura 2.	20
4	Estación 23. La misma leyenda que en figura 2.	22
5	Estación 38. La misma leyenda que en figura 2.	24
6	Estación 44. La misma leyenda que en figura 2.	26
7	Estación 50. La misma leyenda que en figura 2.	28
8	Estación 55. La misma leyenda que en figura 2.	29
9	Estación 61. La misma leyenda que en figura 2.	31
10	Estación 68. La misma leyenda que en figura 2.	34
11	Estación 75. La misma leyenda que en figura 2.	35
12	Estación 109. La misma leyenda que en figura 2.	37
13	Estación 97. La misma leyenda que en figura 2.	39
14	Estación 82. La misma leyenda que en figura 2.	41
15	Estación 70. La misma leyenda que en figura 2.	43
16	Estación 63. La misma leyenda que en figura 2.	45
17	Estación 57. La misma leyenda que en figura 2.	47
18	Estación 48. La misma leyenda que en figura 2.	48
19	Estación 40. La misma leyenda que en figura 2.	50

LISTA DE FIGURAS (cont.)

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
20	Distribución espacial de clorofila <u>a</u> integrada (mg Cl <u>a</u> m ⁻²) a través de la zona eufótica.	52
21	Distribución espacial de la productividad primaria diaria integrada (g C m ⁻² día ⁻¹) a través de la zona eufótica.	55
22	Resumen de valores promedios históricos y actuales de la productividad primaria para el Golfo de California.	71
23	Modelo conceptual del flujo de carbono en el Golfo de California.	76

LISTA DE TABLAS

<u>Tabla</u>		<u>Página</u>
I	Posición geográfica y profundidad de las estaciones muestreadas.	13
II	Clorofila <u>a</u> (mg Cl <u>a</u> m ⁻²) integrada, para las distintas fracciones durante Marzo de 1983.	54
III	Productividad primaria (mg C m ⁻² día ⁻¹) para las distintas fracciones durante Marzo de 1983.	56
IV	Clorofila <u>a</u> (mg Cl <u>a</u> m ⁻²) integrada, para las distintas fracciones durante Marzo de 1984.	58
V	Productividad primaria (mg C m ⁻² día ⁻¹) para las distintas fracciones durante Marzo de 1984.	60
VI	Comparación de las profundidades (metros) de: capa de mezcla, 1%I ₀ , inicio de nutriclina, máximos de clorofila y productividad por fracciones de tamaño.	61
VII	Comparación por regiones de los promedios de temperatura superficial, profundidad de capa de mezcla, profundidad de 1%I ₀ , concentración de nitratos y fosfatos, contenido de clorofila <u>a</u> integrada y productividad primaria integrada.	62

I.) INTRODUCCION.

El estudio del fitoplancton marino generalmente se lleva a cabo utilizando escalas espacio-temporales cortas, en las cuales los procesos fisiológicos (asimilación de nutrientes, fotosíntesis y crecimiento) toman lugar. Sin embargo, los factores ambientales de los cuales dependen la estructura y productividad de las poblaciones fitoplanctónicas están relacionados a escalas espacio-temporales muy diversas. El fenómeno de El Niño es un evento de gran escala que influye la circulación oceánica y por periodos de tiempo anuales. El reconocimiento de la importancia de este evento oceánico se ha incrementado, ya que es una parte del complejo sistema global de fluctuaciones climatológicas ahora referidas como El Niño-Oscilación del Sur. El Niño fue considerado primeramente a principios de la década de los 60's como un fenómeno regional, mientras que la Oscilación del Sur fue propuesta en 1924 por Gilbert Walker, sin darle mayor interés que la curiosidad (Rasmusson, 1984). No se estableció ninguna relación entre ambos eventos, hasta que en 1966, Bjerknes sugirió una conexión entre los eventos del Pacífico y la Oscilación del Sur. En 1969 Bjerknes hipotetizó básicamente

que existe un gradiente normal de presión entre la parte fría (alta presión) del Pacífico del Este y la parte caliente (baja presión) en el Indo-Pacífico, existiendo un flujo de aire hacia el oeste. Cuando ocurre un calentamiento en el Pacífico del Este, el gradiente de temperatura superficial del mar decrece, entonces el flujo de aire hacia el oeste se debilita (Rasmusson, 1984). Sin embargo, este debilitamiento en los vientos, debe ser acompañado por un debilitamiento en el gradiente de presión este-oeste, las causas de este debilitamiento son desconocidas.

El Niño puede ser atribuido a interacciones océano-atmósfera inestables, que están moduladas por los vientos estacionales de las zonas de convergencia atmosférica. Normalmente los vientos llevan agua cálida al Pacífico Tropical Oeste y exponen agua fría en el Este; cuando los vientos se relajan, una corriente anómala hacia el Este redistribuye la temperatura (Philander, 1983). Este evento originado en el Ecuador se propaga hacia los polos a lo largo de la costa oriental del Pacífico.

En verano de 1982, el mayor evento de calentamiento en el Pacífico Ecuatorial comenzó a desarrollarse (Rasmusson, 1984); para finales de 1982 y principios de 1983, se registraron anomalías positivas en el nivel medio del mar a lo largo de la costa sur de México extendiéndose a través del Golfo de

California (Robles Pacheco y Christensen, 1984). La respuesta y acoplamiento del Golfo a las perturbaciones ecuatoriales han sido previamente descritas por Alvarez-Borrego y Schwartzlose (1979), Baumgartner y Christensen (1985) y Marinone y Robles Pacheco (1985).

Los ecosistemas pelágicos costeros de Perú y California-Baja California, se ven modificados por la aparición de el fenómeno de El Niño; y numerosos autores han enfatizado los efectos de este tipo de eventos. Por ejemplo, Guillen (1971) reportó valores de clorofila y productividad primaria para la costa Peruana durante el evento de El Niño 1965, menores a los valores promedios para las mismas zonas durante años normales. Avaria Placier (1984) comparó los cambios en la biomasa y composición del fitoplancton al norte de Chile bajo condiciones normales (1980-1981) y durante la influencia de El Niño 1982. En condiciones de El Niño, observó una disminución en la abundancia de fitoplancton, restringiéndose la dominancia de diatomeas neríticas a una estrecha franja costera de 3 millas de espesor, ampliándose la abundancia relativa y la dominancia de dinoflagelados y diatomeas oceánicas de aguas cálidas. Durante 1982-1983 se reportaron decrementos en la concentración de clorofila superficial y en la producción primaria para el Pacífico Tropical del Este (Dandonneau y Donguy, 1983), para las costas del Perú (Chavez et al, 1983), y para el sistema de la corriente de California (McGowan, 1983).

Esto es causado principalmente por el hundimiento de la termoclina (Simpson, 1983, McGowan, 1983), la cual genera una capa superficial de agua cálida de baja salinidad y baja concentraci6n de nutrientes (Chavez et al, 1983). En aguas de la corriente de California, durante periodos hidrográficos normales (baja temperatura y salinidad), la abundancia de zooplancton es generalmente alta; bajo condiciones de El Niño 1982-1983 esta abundancia decreci6 hasta 20 veces por abajo de la media estimada para el periodo 1949-1969 (McGowan, 1984).

Estos efectos en la base de la cadena tr6fica repercuten en los niveles tr6ficos superiores, propiciando un decremento en las pesquerías y afectando el comportamiento y distribuci6n de las especies en general (Chavez et al, 1983, Barber y Chavez, 1983, Yamanaka, 1984). Santander y Zuzunaga (1984) reportaron para la zona frente al Perú durante 1983, la anchoveta registr6 los niveles mas bajos en su historia, la sardina desapareci6 de ciertas áreas, mientras que el jurel y la merluza ampliaron sus rangos de distribuci6n. La influencia de aguas cálidas durante el evento de El Niño 1982-1983, ocasion6 que el área de desove de la anchoveta nortea fuera mas extensa, dominada por hembras pequenas con una rápida madurez gonadal, siendo desfavorables para el crecimiento de larvas, juveniles y adultos por la escasez de alimento (Fiedler, 1984).

Fiedler (1984) asoció anomalías negativas en el crecimiento de la anchoveta nortea a los eventos de El Niño de 1957-1959, 1966-1968 y 1976-1978. Los índices de crecimiento anómalo cayeron abajo de cero en el segundo año de los eventos multianuales observados antes de 1980. Yamanaka (1984) reportó efectos en la disponibilidad del atún aleta azul (Thunnus thynnus) y de la sardina japonesa (Sardinops melanosticta). En general, 1983 fue un mal año para la captura comercial del salmón, el cual se redujo en un 86%; el calamar y el camarón decrecieron en un 74% y la jaiba en un 70% (McGowan, 1984). Pero sin duda el efecto más marcado del fenómeno de El Niño ha sido el decremento en la pesquería de la anchoveta del Perú desde 1967 (Guillen y Calienes, 1981, Barber y Chavez, 1983, Santander y Zuzunaga, 1984).

En este trabajo se investigó la influencia del fenómeno de El Niño (1982-1983) en la biomasa y productividad primaria del fitoplancton del Golfo de California por fracciones de tamaño; nanofitoplancton (células menores de 20 micras) y microfitoplancton (células mayores de 20 micras). Estas dos grandes fracciones de tamaño tienen diferentes comportamientos ecofisiológicos en función de las condiciones ambientales (Williams, 1964, Smayda, 1965, Semina, 1968, Eppley et al, 1969, Malone, 1980); asimismo, el tamaño de las células influye la dinámica de las cadenas alimenticias y las pesquerías (Broocks y Dodson, 1965, Longhurst et al, 1967,

Ryther, 1969, Martin, 1970, Parson y Lebrasseur, 1970, De Mendiola, 1971, Walsh, 1976). Es por esto que el estudio a través de las fracciones de tamaño del fitoplancton puede proveernos con información más apropiada para entender el funcionamiento del ecosistema planctónico del Golfo de California.

I.2.) ANTECEDENTES.

Recientemente se ha incrementado la atención sobre el Golfo de California por el interés en entender los procesos que operan en este ecosistema, y en particular desde 1983 con el objeto de conocer la influencia que puede tener el fenómeno de El Niño en esa región.

Gilbert y Allen (1947) basándose en conteos de células de fitoplancton especularon que el Golfo podría ser una región muy productiva. Roden (1958) enfatizó que los efectos de surgencias, mezcla por viento y convección de invierno en ciertas áreas del Golfo, podrían dar por resultado incrementos en la productividad del fitoplancton. Los vientos nor-occidentales durante invierno y primavera producen surgencias en la costa este del Golfo, mientras que en verano y

otoño los vientos fluyen del sureste produciendo surgencias en la costa oeste del Golfo (Roden y Groves, 1959).

Round (1967) basándose en estudios de abundancia de células de fitoplancton dividió al Golfo de California en 4 zonas diferentes: zona I, al sur de los 25 °N, con gran abundancia de Rhizosolenia y Chaetoceros, todos de tendencia oceánica; zona II entre los 25 y 27 °N, caracterizada por baja biomasa planctónica; zona III limitada entre los 27 °N y canal de Ballenas, cuenca Delfin e Isla Tiburón, siendo el plancton de esta zona dominado por grandes especies centrífugas, las cuales son mantenidas en la columna de agua por alta turbulencia; y la zona IV, al norte de canal de Ballenas, cuenca Delfin e Isla Tiburón, donde la biomasa de diatomeas fue excesivamente baja. Zeitzchel (1969) en base a la campaña oceanográfica FRESNEL, realizada durante el período del 21 de Noviembre al 14 de Diciembre de 1968, reportó que la productividad del Golfo aumentaba de la zona I a la zona IV (estas zonas son las descritas por Round 1967). Asimismo comparó la productividad del Golfo con áreas tan productivas como lo son la Bahía de Bengala, regiones de surgencia costera de África del Norte y de las costas occidentales de Baja California. Con datos de la misma campaña oceanográfica, Zeitzchel (1970) concluyó que el 23% de la abundancia de partículas del seston (en 9 estaciones a lo largo del Golfo) pertenecían a organismos del fitoplancton. El 72% del

fitoplancton (en número de individuos) estuvo representado por flagelados desnudos menores de 5 micras de diámetro.

Berman (1975) investigó la contribución del fitoplancton por tamaños a la productividad del Golfo de California, en 6 estaciones en la parte central y sur durante Noviembre de 1974. Encontró que la fotosíntesis en su mayor parte fue debida a organismos del ultrananoplancton (1-3 micras).

Hernández Becerril (1985) estudió la estructura del fitoplancton de la región central y norte del Golfo de California durante el verano de 1982, observando altas densidades de diatomeas y, bajo condiciones de tipo oceánico, un gran número de organismos del nanofitoplancton. Alvarez-Borrego et al (enviado para su publicación) reportaron valores de productividad primaria integrada para la región central y norte del Golfo durante el verano de 1982 tan altos como $2.4 \text{ gC m}^{-2} \text{ día}^{-1}$. Gaxiola et al (enviado para su publicación) estimaron valores de productividad primaria integrada para la región de las islas (Angel de la Guarda y Tiburón) de $1.66 \text{ gC m}^{-2} \text{ día}^{-1}$, para el invierno de 1982.

I.3.) OBJETIVOS.

El objetivo principal de esta investigación es entender y evaluar el comportamiento de la biomasa y productividad del fitoplancton del Golfo de California durante el evento de El Niño de 1982-1983. Para tal fin se estudió la distribución horizontal y vertical de la biomasa y productividad del fitoplancton por tamaños (nanofitoplancton células menores de 20 micras y microfitoplancton células mayores de 20 micras), en la parte sur y central del Golfo de California, durante Marzo de 1983 y Marzo-Abril de 1984.

I.4.) AREA DE ESTUDIO.

El Golfo de California está situado entre la árida península de Baja California al oeste y los también áridos y semiaridos estados de Sonora y Sinaloa al este; dadas estas condiciones de la tierra que lo bordea, el Golfo es considerado como una gran cuenca de evaporación, en comunicación abierta al

Océano Pacífico en su región sur (Roden, 1964). Tiene en promedio 1000 km de longitud y 150 km de ancho; topográficamente se divide en una serie de cuencas y trincheras, separadas una de otra por cordilleras transversales y haciéndose más profundas hacia el sur (Shepard, 1950, cit. por Alvarez Borrego, 1983). El Golfo de California está separado en dos grandes áreas por las Islas Ángel de la Guarda y Tiburón, siendo más somera el área norte. Las masas de agua de la parte norte son de origen local, formadas por enfriamiento y evaporación excesiva en invierno, mientras que las masas de agua de la porción sur son casi las mismas que el océano adyacente, modificadas por la evaporación excesiva del lugar (Sverdrup, 1941). Las masas de agua superficiales encontradas en la parte sur del Golfo son de tres tipos: agua fría de baja salinidad de la Corriente de California; agua del Golfo de California templada y muy salina, y agua cálida y de salinidad intermedia del Pacífico Tropical del Este (Roden y Groves, 1959). Observándose una gran variabilidad estacional en la distribución relativa de estas masas de agua, debido a las variaciones interanuales y estacionales de las corrientes del Pacífico del Este, asociadas con los cambios en la magnitud y posición de los grandes sistemas de vientos (Baumgartner y Christensen, comunicación personal).

II.) MATERIALES Y METODOS.

Durante el periodo del 10 al 23 de Marzo de 1983 y del 21 de Marzo al 7 de Abril de 1984, se realizaron los cruceros oceanográficos CICESE 8303 y CICESE 8403-8404, en la parte sur y central del Golfo de California a bordo del B/O El Puma. Se realizaron lances hidrográficos tomándose muestras de agua para mediciones de temperatura y determinaciones de salinidad, contenido de oxígeno disuelto y concentraciones de nutrientes inorgánicos (fosfatos, silicatos, nitratos y nitritos). En 10 de las estaciones del crucero CICESE 8303 y en 8 de las estaciones del crucero CICESE 8403-8404 (Fig. 1; Tabla I) se realizaron experimentos de asimilación de carbono-14, para estimar la productividad primaria de acuerdo a la técnica de Steemann-Nielsen (1952), descrita por Strickland y Parsons (1972). Se tomaron 4 muestras a profundidades correspondientes al 100, 50, 25, 10 y 1% de la intensidad de luz superficial, utilizándose para ello un fotómetro submarino Khalsico modelo No. 268WA310. Se tamizaron dos muestras de agua con una malla Nitex de 20 micras de luz para obtener la fracción correspondiente al nanofitoplancton; las otras dos muestras representaron al fitoplancton total (nanofitoplancton más

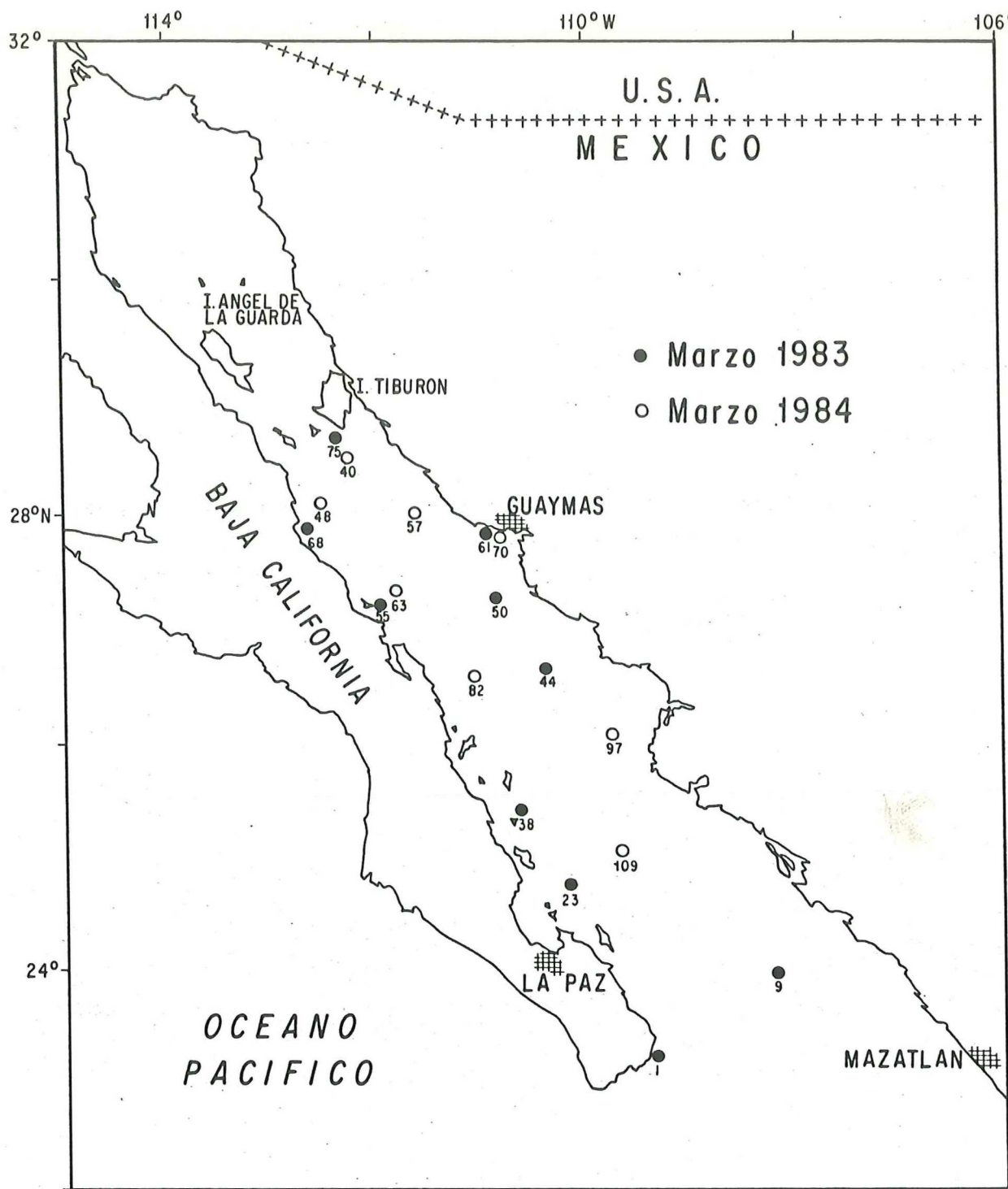


Figura 1 Localización de las estaciones muestreadas.

ESTACION		LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE	PROFUNDIDAD METROS
1983	1	23° 10.1'	109° 23.1'	450
	9	23° 57.6'	108° 09.6'	650
	23	24° 43.4'	110° 08.8'	180
	38	25° 22.7'	110° 36.8'	920
	44	26° 37.2'	110° 20.8'	1220
	50	27° 17.2'	110° 53.7'	1460
	55	27° 12.3'	111° 57.9'	325
	61	27° 50.3'	110° 56.9'	78
	68	27° 55.4'	112° 39.2'	320
	75	28° 40.2'	112° 18.4'	170
1984	109	24° 59.5'	109° 40.3'	1600
	97	26° 06.0'	109° 44.2'	385
	82	26° 32.9'	111° 07.5'	1360
	70	27° 47.9'	110° 51.7'	87
	63	27° 19.0'	111° 51.5'	1520
	57	28° 00.5'	111° 37.0'	530
	48	28° 04.2'	112° 34.0'	420
	40	28° 29.4'	112° 19.4'	220

Tabla I Posición geográfica y profundidad
de las estaciones muestreadas.

microfitoplancton), para cada intensidad de luz muestreada. Para las incubaciones se usaron botellas de vidrio de 125 ml. de capacidad, agregándoles 2 microCi (Marzo de 1983) y un microCi (Marzo-Abril de 1984) de $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$, incubándolas por simulación a bordo (utilizando mallas neutras para reducir la intensidad de luz) por un período de 2 horas (alrededor de medio día), utilizando un flujo de agua superficial para mantener una temperatura constante en los tubos de incubación. Terminada la incubación las muestras se filtraron mediante un equipo de filtración Millipore, usando filtros Millipore de 0.45 micras de poro y 47 mm de diámetro (para Marzo de 1983); para Marzo de 1984 se utilizó un equipo de filtración Nalge con filtros Millipore de 0.45 micras de poro y 25 mm de diámetro. Los filtros se pasaron por vapores de HCl concentrado y se congelaron en frascos de centelleo líquido de 20 ml. En el laboratorio se les agregaron 15 ml. de Aquasol para su posterior análisis en un Contador de Centelleo Líquido. Las mediciones de conteos por minuto de radiaciones beta se hicieron con un contador Modelo Nuclear Chicago Unilux III, en el laboratorio de NOSC (Naval Ocean Systems Center) en Point Loma, San Diego, California para el crucero CICESE 8303, y utilizando un contador Beckman LSC100 del Instituto Scripps de Oceanografía en la Jolla, California, para las muestras del crucero CICESE 8403-8404. Los cálculos finales de carbono asimilado se realizaron con las ecuaciones propuestas por Strickland y Parsons (1972). Se utilizó la ecuación propuesta

por Vollenweider (1965), para calcular la curva diaria de intensidad de luz superficial, con la cual se obtuvo la energía luminosa total para cada día. Asumiendo que la producción varía linealmente con la intensidad luminosa a través del día, se calculó la producción en relación a la energía recibida durante el período de incubación y se extrapoló a la energía luminosa total para el día del experimento. La ecuación asume una simetría en la curva en la mañana y tarde, además de aplicarse para un día solar de 12 horas; los resultados se expresan como miligramos de carbono asimilado por metro cuadrado por día. De las muestras utilizadas para experimentos de asimilación de carbono-14, se tomaron también muestras para análisis del contenido de clorofila a total y fraccionada por una malla de 20 micras. La filtración se realizó mediante un equipo de filtración Nalge, utilizando filtros GF/C de 0.8 micras de poro aproximadamente y 25 mm. de diámetro, a las muestras se les agregó carbonato de magnesio para preservar los pigmentos (clorofila a), los filtros se congelaron para su posterior análisis en el laboratorio. El contenido de clorofila a se determinó mediante el método fluorimétrico descrito por Strickland y Parsons (1972) con modificaciones por Edler (1979), utilizando un fluorímetro Turner modelo 111, calibrado con clorofila a pura y libre de feopigmentos.

Las concentraciones de nutrientes (nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos) se analizaron con un

autoanalizador Scientific Instrument, siguiendo la tecnica descrita por Najera (en preparaci6n).

Los datos de temperatura y salinidad fueron proporcionados por el grupo de estudios hidrográficos del CICESE, los cuales fueron obtenidos con lances hidrográficos de botellas niskin con termómetros reversibles acoplados y tomando muestras de agua para la determinaci6n de la salinidad utilizando un salinometro de inducci6n Plessey modelo 6230 durante el crucero de Marzo de 1983. Durante el crucero de Marzo-Abril de 1984 los datos de temperatura y salinidad fueron obtenidos con un CTD Neil Brown Mark II.

III.) RESULTADOS.

III.1.) Hidrografia, biomasa y productividad primaria durante Marzo de 1983.

En cada figura se muestran las distribuciones verticales de temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) y salinidad (‰) en la gráfica a. La concentraci6n de nitritos, nitratos y fosfatos (concentraci6n micromolar) se presentan en la gráfica b. Los silicatos no se

presentan ya que su concentraci3n fue generalmente alta (1.57-48.00 μM) y presentando una distribuci3n vertical semejante a los fosfatos. El contenido de clorofila total y fraccionada (nanofitoplancton) del fitoplancton se muestran en la gr3fica c, y por 3ltimo en la gr3fica d se presentan la productividad primaria total y fraccionada (nanofitoplancton); la diferencia en clorofila y productividad entre la distribuci3n del nanofitoplancton y la total representa la contribuci3n por el microfitoplancton (c3lulas mayores de 20 micras).

En la estaci3n 1 (Fig. 2) la profundidad de la zona euf3tica (1% de intensidad de luz incidente en la superficie = $1\% I_0$) alcanz3 92 metros, la distribuci3n de la temperatura (Fig. 2a) mostr3 claramente una capa de mezcla de 70 metros de espesor, donde se evidencia la presencia de la termoclina. La distribuci3n vertical de los nutrientes (Fig. 2b) fue muy similar para nitratos y fosfatos, la concentraci3n micromolar (μM) se mantuvo homog3nea hasta 46 metros ($10\% I_0$), aumentando a mayores profundidades; sus concentraciones fluctuaron en un rango de 1.10 a 21.26 μM y de 0.49 a 2.42 μM , respectivamente. Los nitritos se mantuvieron casi constantes a trav3s de la zona euf3tica, distribuidos en un rango de 0.029 a 0.080 μM . La biomasa fitoplanct3nica (expresada en mg C l a m^{-3}) (Fig. 2c) vari3 en un rango de 0.09 a 0.22 mg C l a m^{-3} con poca variaci3n vertical sin un m3ximo definido, la

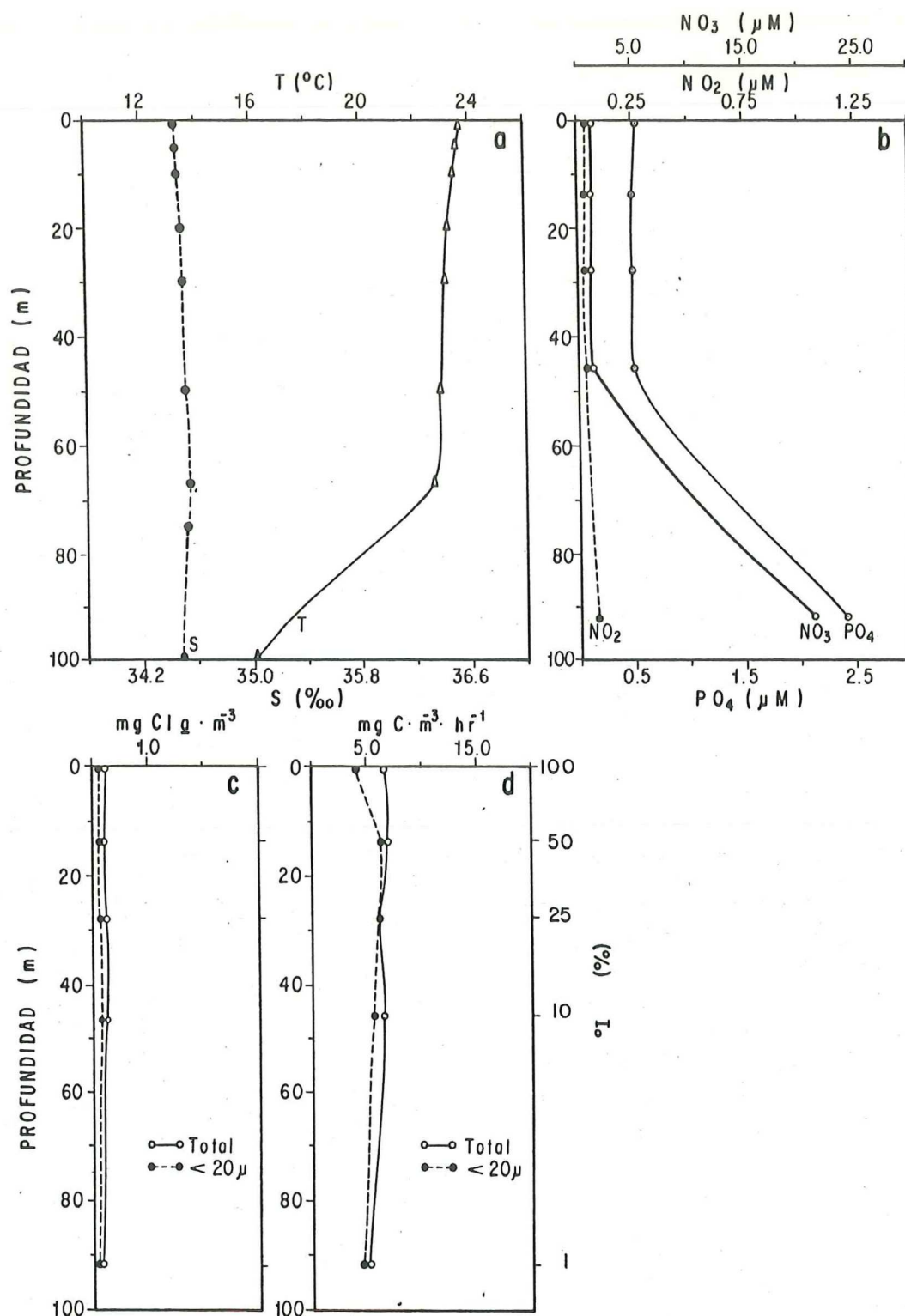


Figura 2

Estación 1. Distribuciones verticales de :

(a) Temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) y Salinidad (‰) ;(b) Nitratos, nitritos y fosfatos (μM) ;(c) Clorofila *a* ($\text{mg Cl } a \cdot \text{m}^{-3}$) total y

fraccionada ; (d) Productividad primaria

($\text{mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{hr}^{-1}$) total y fraccionada.

clorofila a del nanofitoplancton siguió la misma tendencia que la total, contribuyendo al 10% I_0 con un 97% al total, el mínimo se localizó al 1% I_0 (0.068 mg Cl a m^{-3}) representando el 67% de la clorofila a total. La distribución vertical de la productividad primaria (Fig. 2d) fue también muy constante a través de la zona eufótica, variando de 4.49 a 6.83 mg C $m^{-3}hr^{-1}$, presentando un máximo a 14 metros (50% I_0); la productividad primaria del nanofitoplancton también presentó un patrón muy similar, en su máximo (50% I_0) contribuyó con un 94%; la fracción del microfitoplancton siempre tuvo un aporte pobre alcanzando solo en la superficie un 38% de la productividad total.

La estación 9 (Fig. 3) presentó una profundidad de la zona eufótica de 65 metros. Las distribuciones verticales de temperatura y salinidad (Fig. 3a) no mostraron claramente una capa de mezcla ya que variaron constantemente con la profundidad, sin embargo se observó una termoclina bien desarrollada a los 50 metros de profundidad. Los nitritos (rango de 0.039 a 0.165 μM) alcanzaron su máxima concentración a 33 metros (10% I_0), los nitratos (rango de 0.24 a 11.20 μM) presentaron un valor mínimo a 20 metros (25% I_0), aumentando su concentración con la profundidad; los fosfatos (rango de 0.46 a 1.71 μM) aumentaron continuamente con la profundidad (Fig. 3b). El contenido de clorofila a (rango de 1.09 a 1.26 mg Cl a m^{-3}) presentó un máximo a 20 metros (25% I_0) y el mínimo se

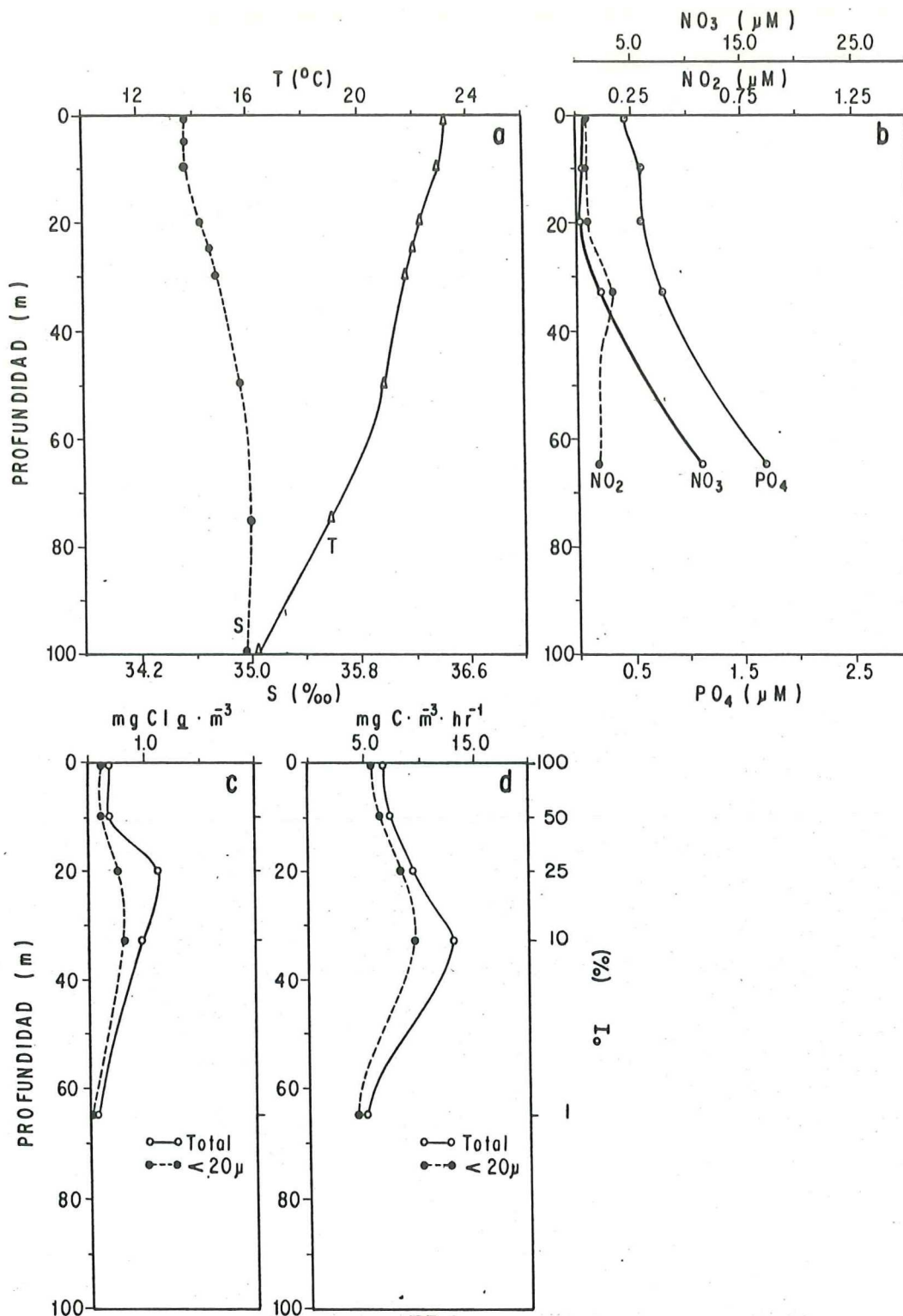


Figura 3

Estación 9. Distribuciones verticales de :

(a) Temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) y Salinidad (‰) ;

(b) Nitratos, nitritos y fosfatos (μM) ;

(c) Clorofila a ($\text{mg Cl } a \cdot \text{m}^{-3}$) total y fraccionada ;

(d) Productividad primaria ($\text{mg C } \text{m}^{-3} \cdot \text{hr}^{-1}$) total y fraccionada.

localizó a 65 metros (Fig. 3c), la clorofila a debida al nanofitoplancton alcanzó su máximo ($0.618 \text{ mg Cl a m}^{-3}$) al $10\%I_0$, contribuyendo con un 66% a la clorofila a total, mientras que al $25\%I_0$ la contribución en su mayor parte fue debida al microfitoplancton con un 62%, en el resto de las intensidades de luz muestreadas, la mayor contribución fue debida al nanofitoplancton, el cual presentó un mínimo de clorofila a al $1\%I_0$, con un aporte del 65% de la total. Mientras que la productividad primaria (Fig. 3d) tuvo su máximo a 33 metros ($10\%I_0$) y el mínimo a 65 metros (rango de 4.93 a $13.19 \text{ mg C m}^{-3}\text{hr}^{-1}$), la productividad primaria del nanofitoplancton siguió la misma tendencia que la total, alcanzando el máximo al $10\%I_0$ ($9.48 \text{ mg C m}^{-3}\text{hr}^{-1}$) lo cual representó el 72% de la total, y el mínimo al $1\%I_0$ ($4.30 \text{ mg C m}^{-3}\text{hr}^{-1}$) con un 82% de la total, la fracción del microfitoplancton alcanzó su máxima contribución de 28% al $10\%I_0$.

Las distribuciones verticales de temperatura y salinidad de la estación 23 (Fig. 4a), mostraron una capa de mezcla de 50 metros, con una zona eufótica de igual espesor. Los nitritos (rango de 0.031 a $0.484 \text{ }\mu\text{M}$) mantuvieron una concentración homogénea hasta 25 metros ($10\%I_0$) y después aumentaron con la profundidad; los nitratos (rango de 1.00 a $3.07 \text{ }\mu\text{M}$) presentaron un patrón de variación vertical semejante a los nitritos hasta el $10\%I_0$, ya que no aumentaron con la

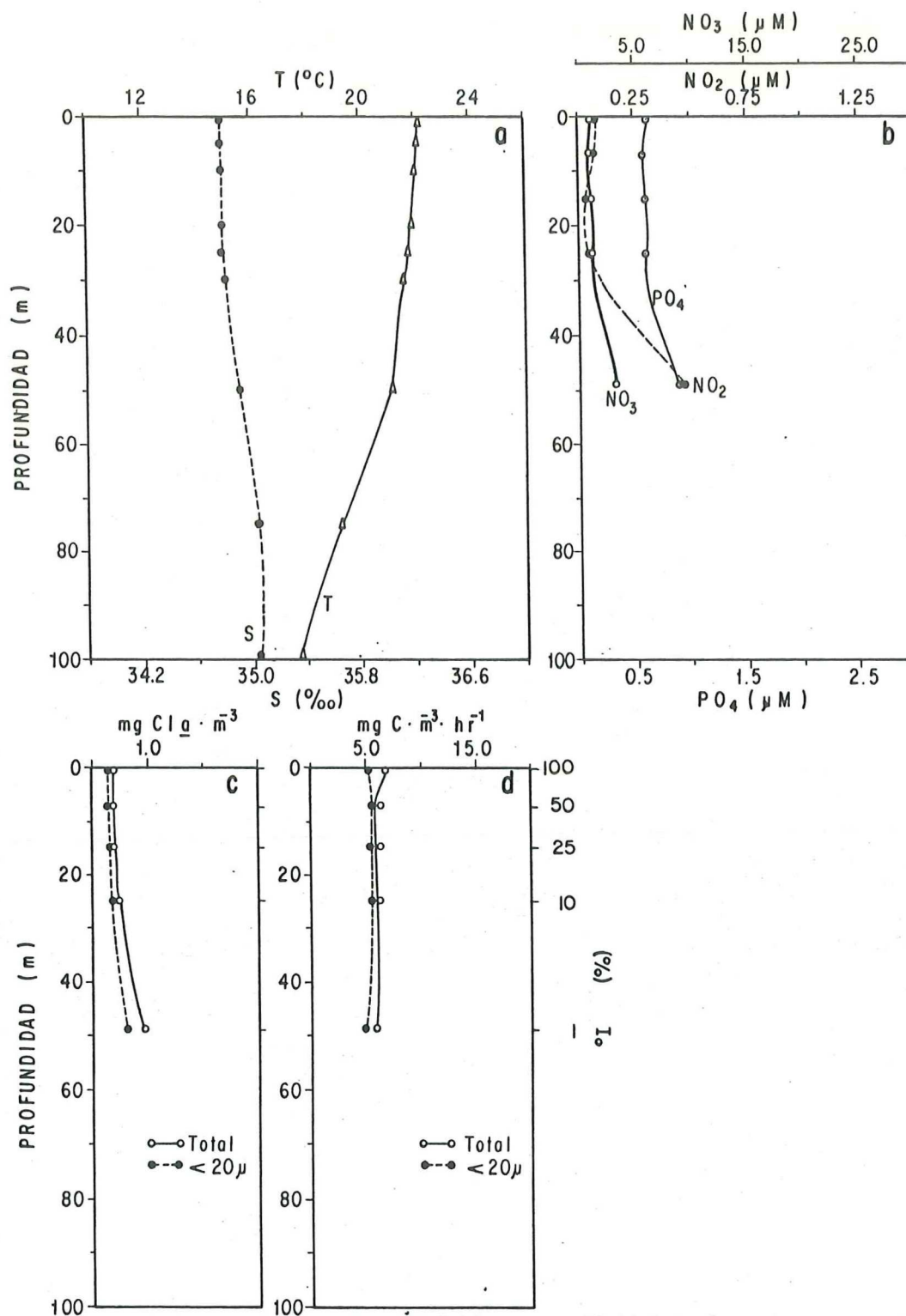


Figura 4

Estación 23. Distribuciones verticales de :

(a) Temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) y Salinidad (‰) ;

(b) Nitratos, nitritos y fosfatos (μM) ;

(c) Clorofila *a* ($\text{mg Cl } a \cdot \text{m}^{-3}$) total y fraccionada ;

(d) Productividad primaria ($\text{mg C m}^{-3} \text{ hr}^{-1}$) total y fraccionada.

profundidad. Los fosfatos variaron en igual forma (rango de 0.57 a 0.91 μM) (Fig. 4b). La clorofila a (rango de 0.37 a 0.91 mg Cl a m^{-3}) presentó su máximo a 49 metros (1% I_0) manteniéndose muy homogénea en la capa superior, el nanoplancton contribuye con la mayor parte de la clorofila a, alcanzó su máxima concentración al 1% I_0 (0.60 mg Cl a m^{-3}) representando un 66% de la total, el microfitoplancton a esta profundidad alcanzó su máxima contribución (Fig. 4c). La productividad primaria (Fig. 4d) (rango de 5.56 a 5.96 mg C $\text{m}^{-3}\text{hr}^{-1}$) no presentó un máximo subsuperficial definido, manteniéndose muy constante a través de la zona eufótica, el nanofitoplancton aporta el 90% de la productividad primaria total.

La estación 38 estuvo caracterizada por una zona eufótica de 72 metros de espesor, las estructuras verticales de temperatura y salinidad (Fig. 5a) mostraron una capa de mezcla de 30 metros aproximadamente. Los nitritos (rango de 0.06 a 0.139 μM) permanecieron muy constantes a través de la columna de agua hasta 22 metros (10% I_0) aumentando con la profundidad a 72 metros, los nitratos (rango de 1.47 a 12.27 μM) y fosfatos (rango de 0.61 a 2.19 μM) se distribuyeron en forma muy similar, homogéneos en los primeros 36 metros incrementándose posteriormente con la profundidad (Fig. 5b). La clorofila a (rango de 0.05 a 0.85 mg Cl a m^{-3}) presentó su máximo a 36 metros (10% I_0) y el mínimo a 72 metros (1% I_0) (Fig. 5c),

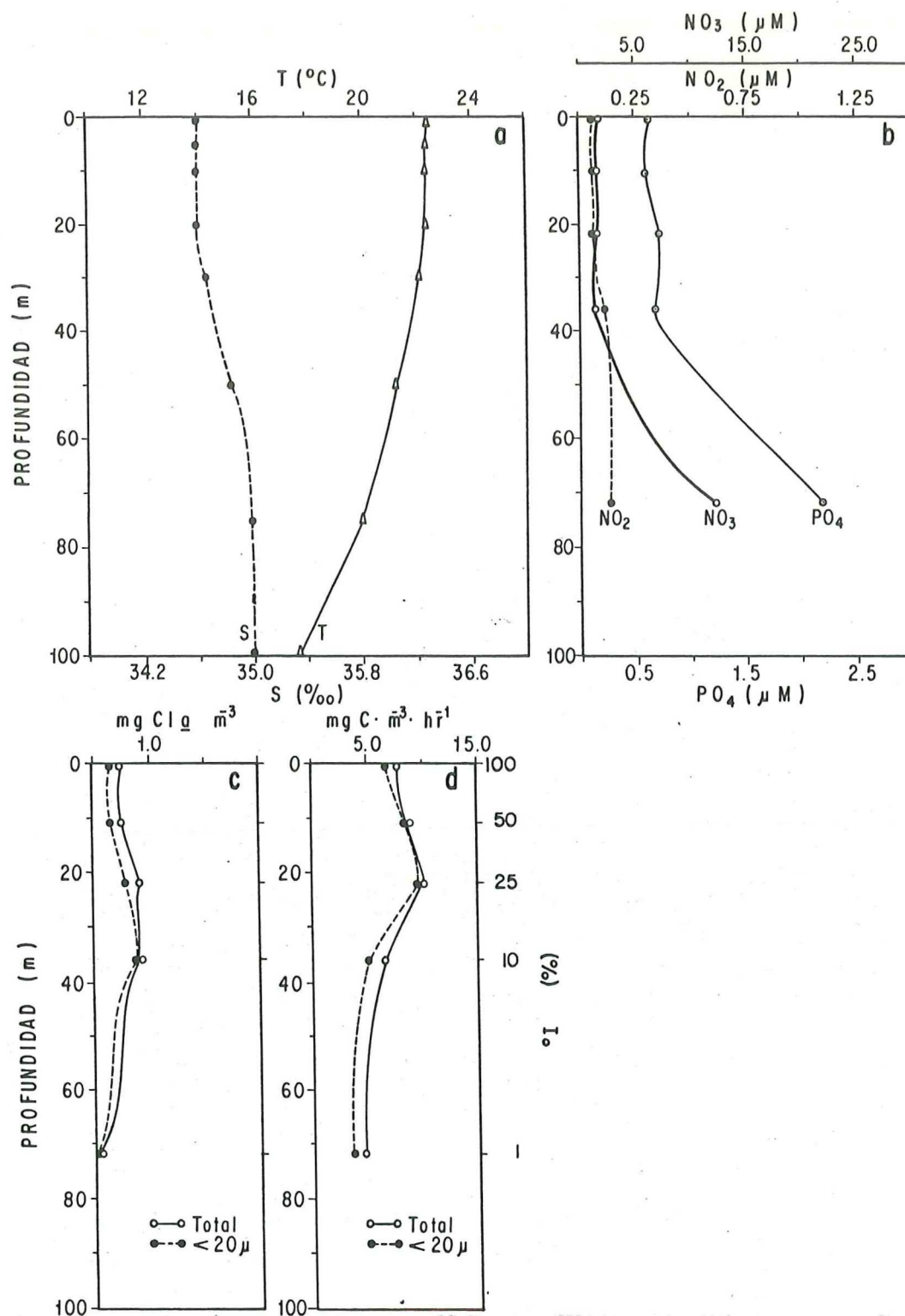


Figura 5

Estación 38. Distribuciones verticales de :

- (a) Temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) y Salinidad (‰) ;
 (b) Nitratos, nitritos y fosfatos (μM) ;
 (c) Clorofila a (mg Cl a m^{-3}) total y fraccionada ; (d) Productividad primaria ($\text{mg C m}^{-3} \text{ hr}^{-1}$) total y fraccionada.

la fracción del nanofitoplancton contribuyó desde un 66% en el 1% I_0 hasta con un 87% en el 10% I_0 de la clorofila total. La productividad primaria (rango de 4.56 a 10.05 mg C $m^{-3}hr^{-1}$) presentó su máximo al 25% I_0 y el mínimo al 1% I_0 (Fig.5d), en su mayor parte fue debida al nanofitoplancton cuya curva de distribución vertical siguió el mismo patrón de la total, alcanzando su máximo al 25% I_0 aportando el 100% de la productividad total, al 1% I_0 presentó su mínima contribución de 72%.

En la estación 44 las distribuciones verticales de la temperatura y salinidad (Fig. 6a) mostraron una columna de agua estratificada aunque se manifestó el desarrollo aparente de una termoclina después de los 20 metros de profundidad, mientras que la zona eufótica fue de 68 metros. Los nitritos (rango de 0.13 a 0.48 μM) aumentaron con la profundidad hasta 34 metros (10% I_0), decreciendo hacia el 1% I_0 , los nitratos (rango de 1.81 a 11.93 μM) y fosfatos (rango de 0.66 a 1.54 μM) aumentaron levemente con la profundidad hasta 34 metros (10% I_0) y luego tuvieron un aumento rápido hacia el 1% I_0 (Fig. 6b). La clorofila a (rango de 0.24 a 1.18 mg Cl a m^{-3}) presentó un máximo a 21 metros (25% I_0) y el mínimo a 68 metros (1% I_0) (Fig. 6c), el microfitoplancton contribuyó hasta con un 47% de la clorofila a total al 100% I_0 , mientras que en el 50% I_0 el nanofitoplancton contribuyó con 0.81 mg Cl a m^{-3} (75%) a la total, y al 25% I_0 aportó el 66%. La productividad primaria

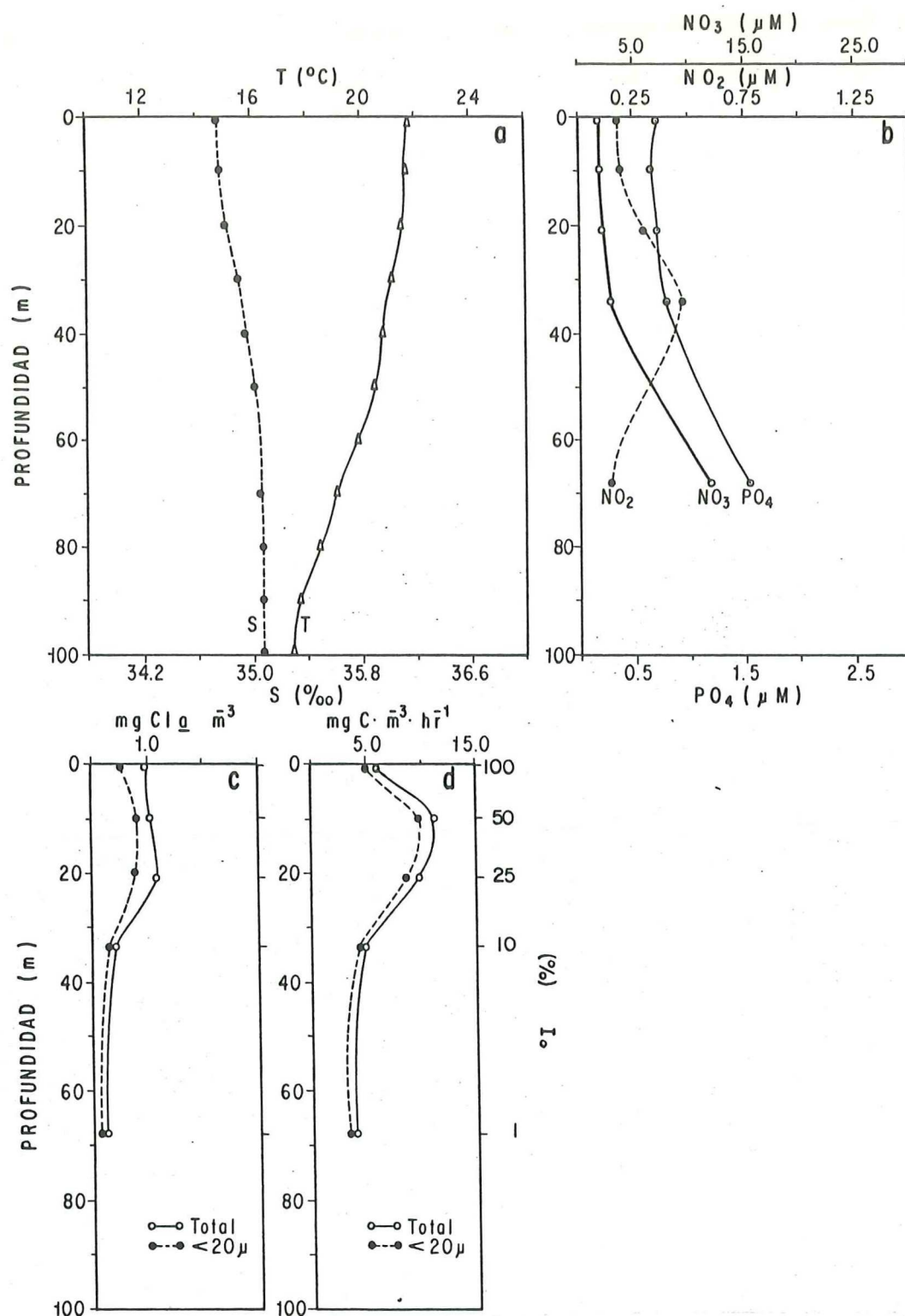


Figura 6

Estación 44. Distribuciones verticales de :

- (a) Temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) y Salinidad (‰) ;
- (b) Nitratos, nitritos y fosfatos (μM) ;
- (c) Clorofila a ($\text{mg Cl } a \text{ m}^{-3}$) total y fraccionada ;
- (d) Productividad primaria ($\text{mg C m}^{-3} \text{ hr}^{-1}$) total y fraccionada.

(rango de 4.04 a 11.40 mg C m⁻³hr⁻¹) tuvo su máximo al 50%I₀ (10 metros) y el mínimo al 1%I₀ (Fig. 6d), en el máximo el 95% de la productividad total fue debida al nanofitoplancton, el microfitoplancton contribuyó muy poco, alcanzando solo un 15% de la productividad total al 25%I₀.

La estación 50 estuvo caracterizada por una capa de mezcla de 30 metros, mientras que la profundidad del 1%I₀ se localizó a 47 metros (Fig. 7a). Las distribuciones verticales de nitritos (rango de 0.05 a 0.75 µM), nitratos (rango de 1.07 a 5.81 µM) y fosfatos (rango de 0.72 a 1.19 µM) fueron muy similares, manteniéndose homogéneamente distribuidos en la capa superficial hasta los 23 metros (10%I₀), incrementándose hacia el 1%I₀. Los datos de clorofila a para esta estación fueron eliminados por tenerse poca confiabilidad en ellos, debido a algunos errores al etiquetarse las muestras en el crucero. La productividad primaria (rango de 4.10 a 16.07 mg C m⁻³hr⁻¹) (Fig. 7d) presentó el máximo a 7 metros (50%I₀) contribuyendo el nanofitoplancton con el 60% y el mínimo al 1%I₀ donde el 89% fue debido al nanofitoplancton, mientras que el microfitoplancton tuvo su máxima aportación al 50%I₀ con un 40% de la productividad total.

En la fig. 8 se presentan las distribuciones verticales de la estación 55, la cual presentó una zona eufótica de 42 metros. La distribución de temperatura (Fig. 8a) no presentó

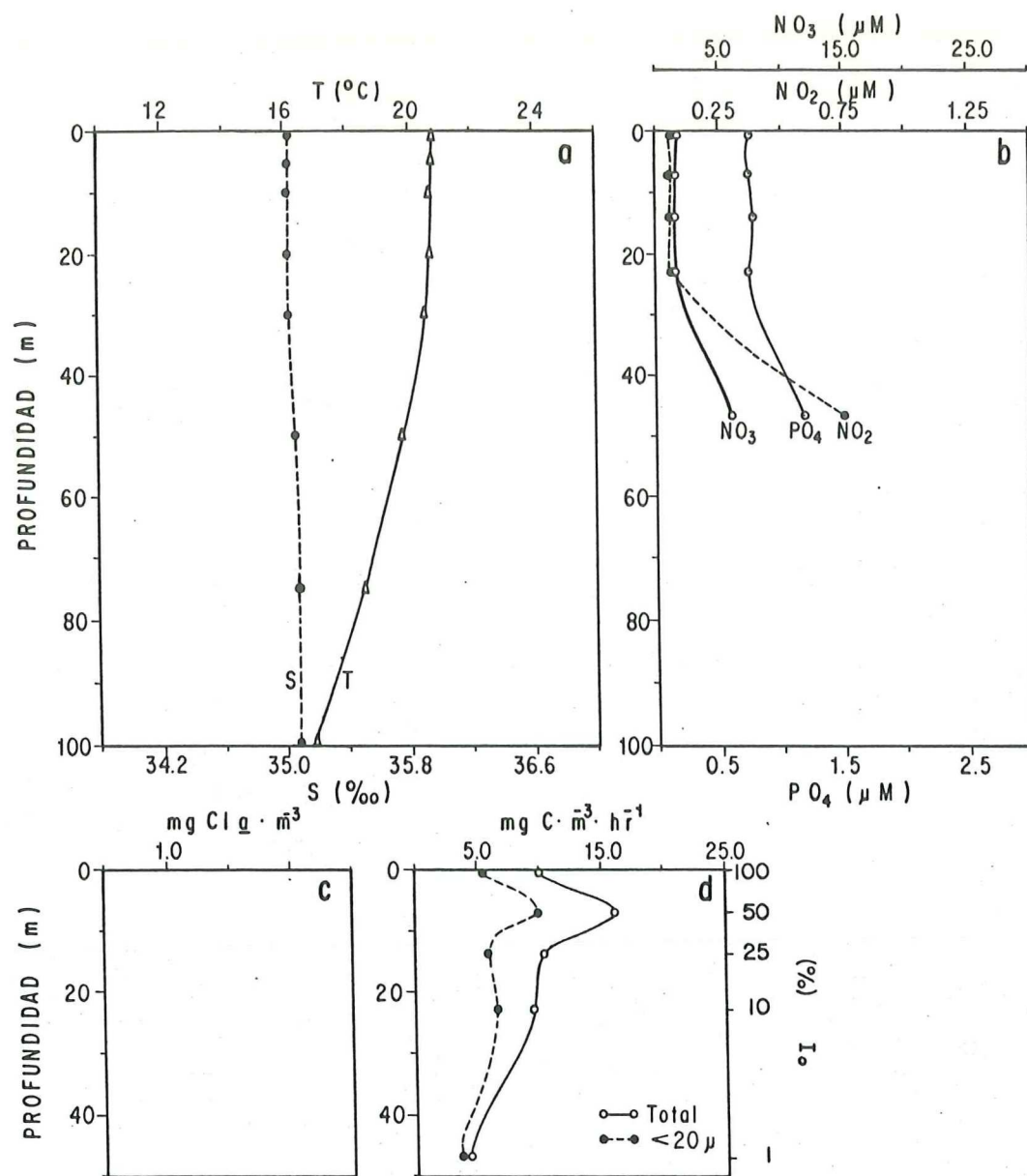


Figura 7

Estaci3n 50. Distribuciones verticales de :

(a) Temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) y Salinidad (‰) ;

(b) Nitratos, nitritos y fosfatos (μM) ;

(c) Clorofila a ($\text{mg Cl } a \cdot \text{m}^{-3}$) total y fraccionada ;

(d) Productividad primaria ($\text{mg C } \text{m}^{-3} \cdot \text{hr}^{-1}$) total y fraccionada.

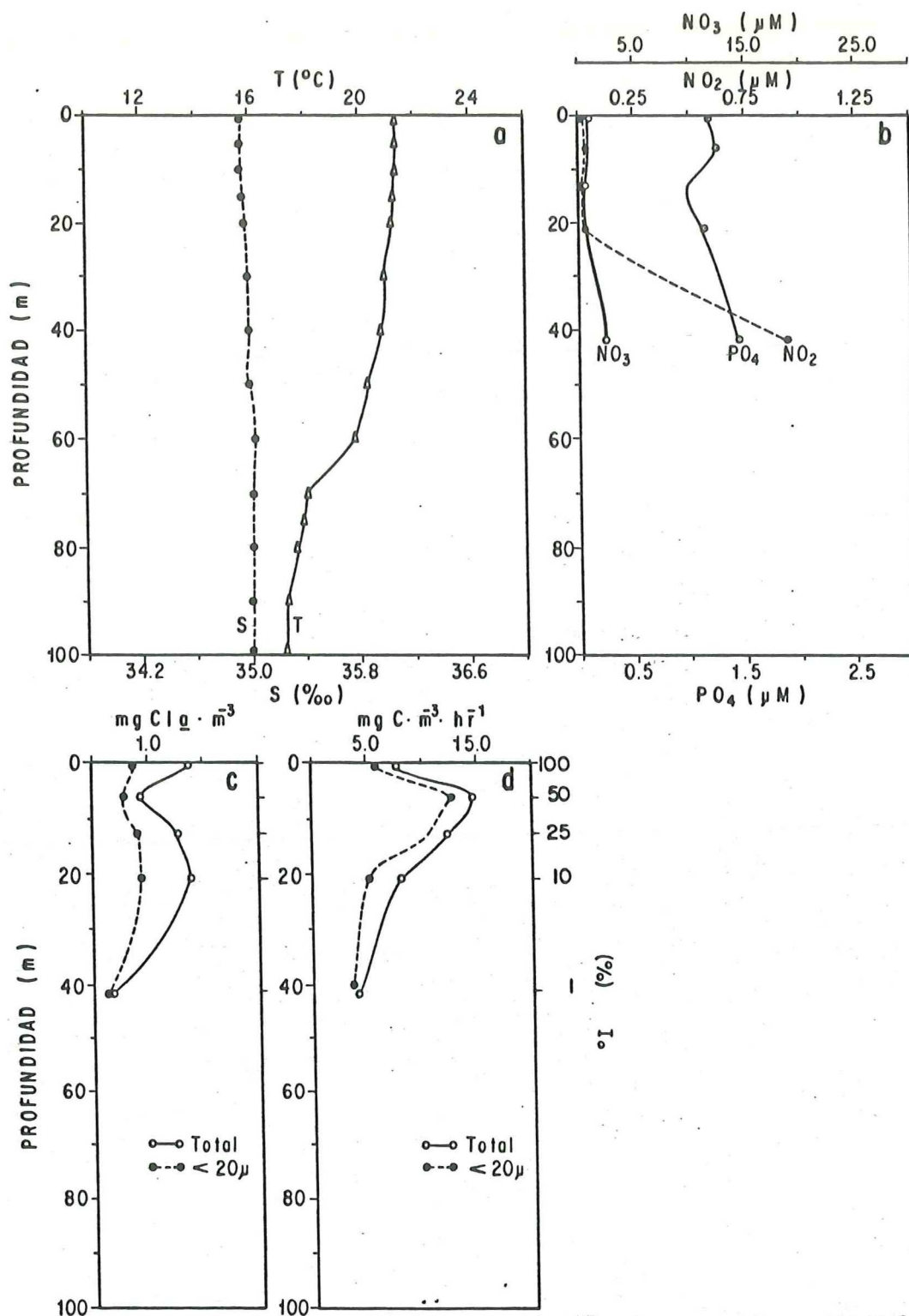


Figura 8

Estación 55. Distribuciones verticales de :

(a) Temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) y Salinidad (‰) ;

(b) Nitratos, nitritos y fosfatos (μM) ;

(c) Clorofila *a* (mg Cl a m^{-3}) total y fraccionada ;

(d) Productividad primaria ($\text{mg C m}^{-3} \text{ hr}^{-1}$) total y fraccionada.

una termoclina bien desarrollada, manteniéndose una capa de mezcla de aproximadamente 40 metros. Los nitritos (rango de 0.019 a 0.94 μM) decrecieron hasta el 25% I_0 , aumentando con la profundidad posteriormente (Fig. 8b), mientras los nitratos (rango de 0.48 a 2.32 μM) se mantuvieron más constantes en la columna de agua, incrementándose hacia el 1% I_0 , los fosfatos (rango de 1.08 a 1.44 μM) presentaron un máximo subsuperficial (50% I_0) y se incrementaron con la profundidad al 1% I_0 . La clorofila a (rango de 0.30 a 1.85 mg Cl a m^{-3}) (Fig. 8c) presentó un mínimo subsuperficial (50% I_0) y un máximo al 10% I_0 , la clorofila a del nanofitoplancton siguió el mismo perfil de distribución vertical de la clorofila a total, contribuyendo con el 46% (0.86 mg Cl a m^{-3}) en el máximo, en cambio al 1% I_0 su contribución fue del 96%. La productividad primaria (rango de 4.01 a 14.68 $\text{mg C m}^{-3}\text{hr}^{-1}$) presentó su máximo al 50% I_0 y el mínimo al 1% I_0 (Fig. 8d), en su mayor porcentaje fue debida a la fracción del nanofitoplancton que presentó el mismo perfil, al 50% I_0 contribuyó con el 87% y al 1% I_0 con el 94%, el microfitoplancton alcanzó su máxima contribución (36%) al 10% I_0 .

La estación 61 presentó una zona eufótica de 28 metros, mientras que la distribución vertical de temperatura definió una capa de mezcla de aproximadamente 20 metros y una termoclina débil abajo de los 20 metros (Fig. 9a). Los nitritos (rango de 0.13 a 0.35 μM) y nitratos (rango de 1.23 a

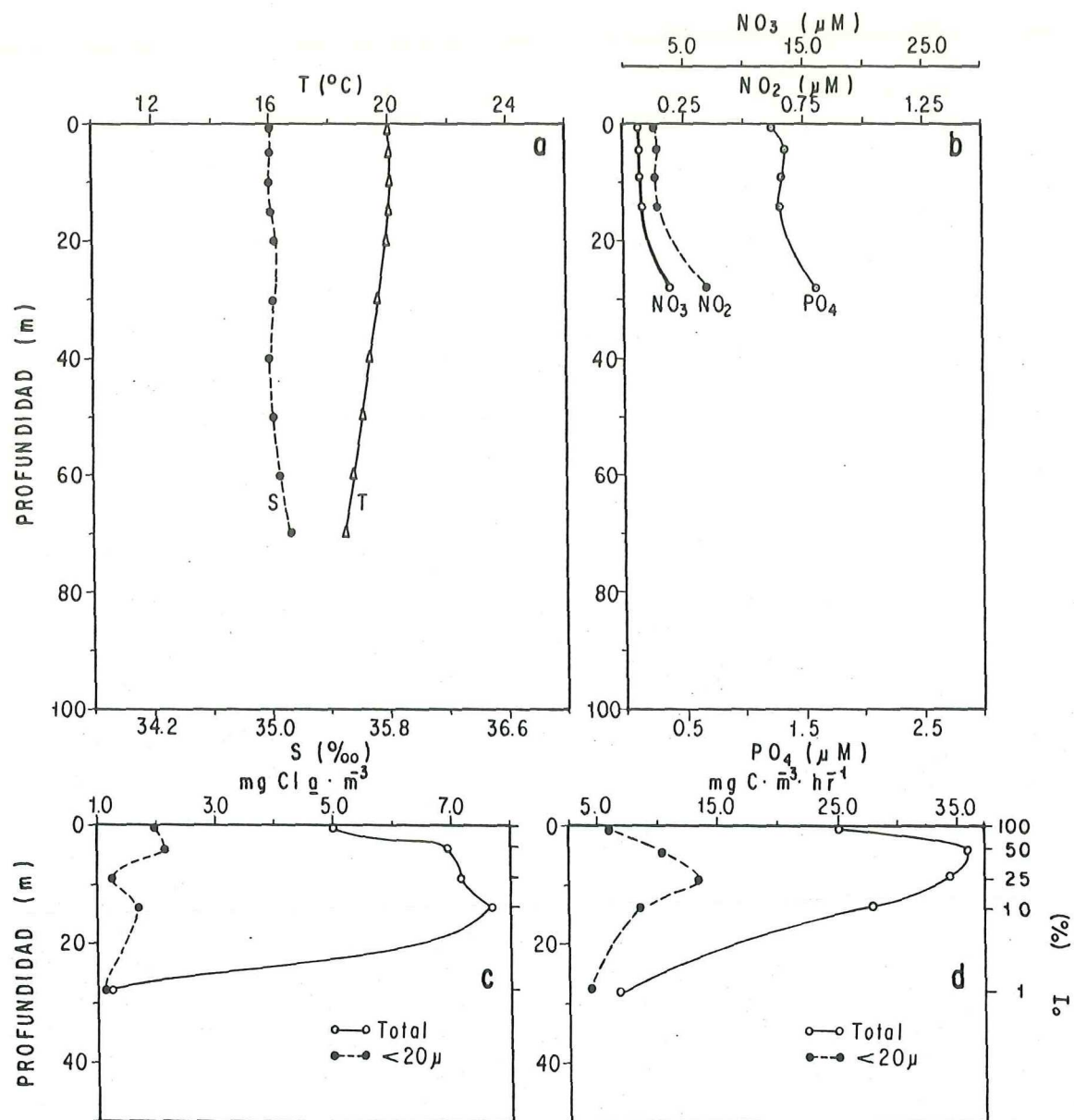


Figura 9

Estación 61. Distribuciones verticales de :

(a) Temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) y Salinidad (‰) ;

(b) Nitratos, nitritos y fosfatos (μM) ;

(c) Clorofila *a* ($\text{mg Cl } a \cdot \text{m}^{-3}$) total y fraccionada ; (d) Productividad primaria ($\text{mg C } \text{m}^{-3} \cdot \text{hr}^{-1}$) total y fraccionada.

3.88 μM) no variaron sustancialmente con la profundidad hasta el 10% I_0 (14 metros), donde se incrementaron hacia el 1% I_0 , los fosfatos (rango de 1.26 a 1.62 μM) presentaron un máximo subsuperficial (50% I_0), incrementándose posteriormente con la profundidad (Fig. 9b). La clorofila a (rango de 1.20 a 7.63 mg Cl a m^{-3}) presentó un máximo al 10% I_0 y el mínimo al 1% I_0 (Fig. 9c), el microfitoplancton contribuyó con el 60% o más en todas las profundidades muestreadas, a excepción del 1% I_0 , en donde el nanofitoplancton contribuyó con un 90% de la clorofila a total. El nanofitoplancton alcanzó su máximo valor al 50% I_0 (2.10 mg Cl a m^{-3}) con una contribución de 30%. La productividad primaria (rango de 6.47 a 36.1 mg C $\text{m}^{-3}\text{hr}^{-1}$) presentó el máximo al 50% I_0 y el mínimo al 1% I_0 (Fig. 9d), la contribución del nanofitoplancton para la productividad primaria total fue mayor al 1% I_0 con un 72%, en el resto de las intensidades de luz la fracción del microfitoplancton dominó sobre el nanofitoplancton, contribuyendo en el máximo de productividad con el 72%, la máxima tasa de producción del nanofitoplancton se registró al 25% I_0 (13.33 mg C $\text{m}^{-3}\text{hr}^{-1}$), la cual representó el 39% de la total. En esta estación se registraron los valores mas elevados de concentración de clorofila a y de fijación de carbono para todo el Golfo.

La estación 68 con una zona eufótica de 30 metros, presentó una capa mezclada de aproximadamente 10 metros como se observa en las distribuciones verticales de temperatura

salinidad (Fig. 10a). Los nitritos y nitratos presentaron una distribución muy similar dentro de un rango de 0.10 a 0.28 μM y 1.11 a 11.51 μM , respectivamente, ambas curvas no muestran cambios fuertes en su distribución hasta el 10% I_0 , incrementándose al 1% I_0 . Los fosfatos (rango de 1.34 a 2.23 μM) presentaron un máximo superficial, decreciendo a profundidades intermedias e incrementándose rápidamente al 1% I_0 (Fig. 10b). La clorofila a (rango de 0.40 a 2.22 mg Cl a m^{-3}) presentó su máximo en la superficie y el mínimo al 1% I_0 , con una concentración constante en las profundidades intermedias (Fig. 10c). Al 100% I_0 el nanofitoplancton contribuyó con un 23% de la clorofila a total, al 50% I_0 alcanzó su máxima concentración (1.11 mg Cl a m^{-3}) representando el 56% de la total. La máxima contribución del nanofitoplancton (60%) se registró al 1% I_0 . La productividad primaria (rango de 4.65 a 18.77 mg C $\text{m}^{-3}\text{hr}^{-1}$) tuvo su máximo al 50% I_0 y el mínimo al 1% I_0 (Fig. 10d). El microfitoplancton dominó la productividad primaria, en el máximo (50% I_0) contribuyó con un 43%, mientras que al 100% y 1% I_0 tuvo un 97% y un 78% de contribución, respectivamente.

La distribución de temperatura y salinidad de la estación 75 (Fig. 11a), no definió una capa de mezcla. La temperatura decreció con la profundidad variando suavemente hasta una profundidad de 20 metros; por otra parte la salinidad se mantuvo constante, la zona eufótica para esta estación fue de

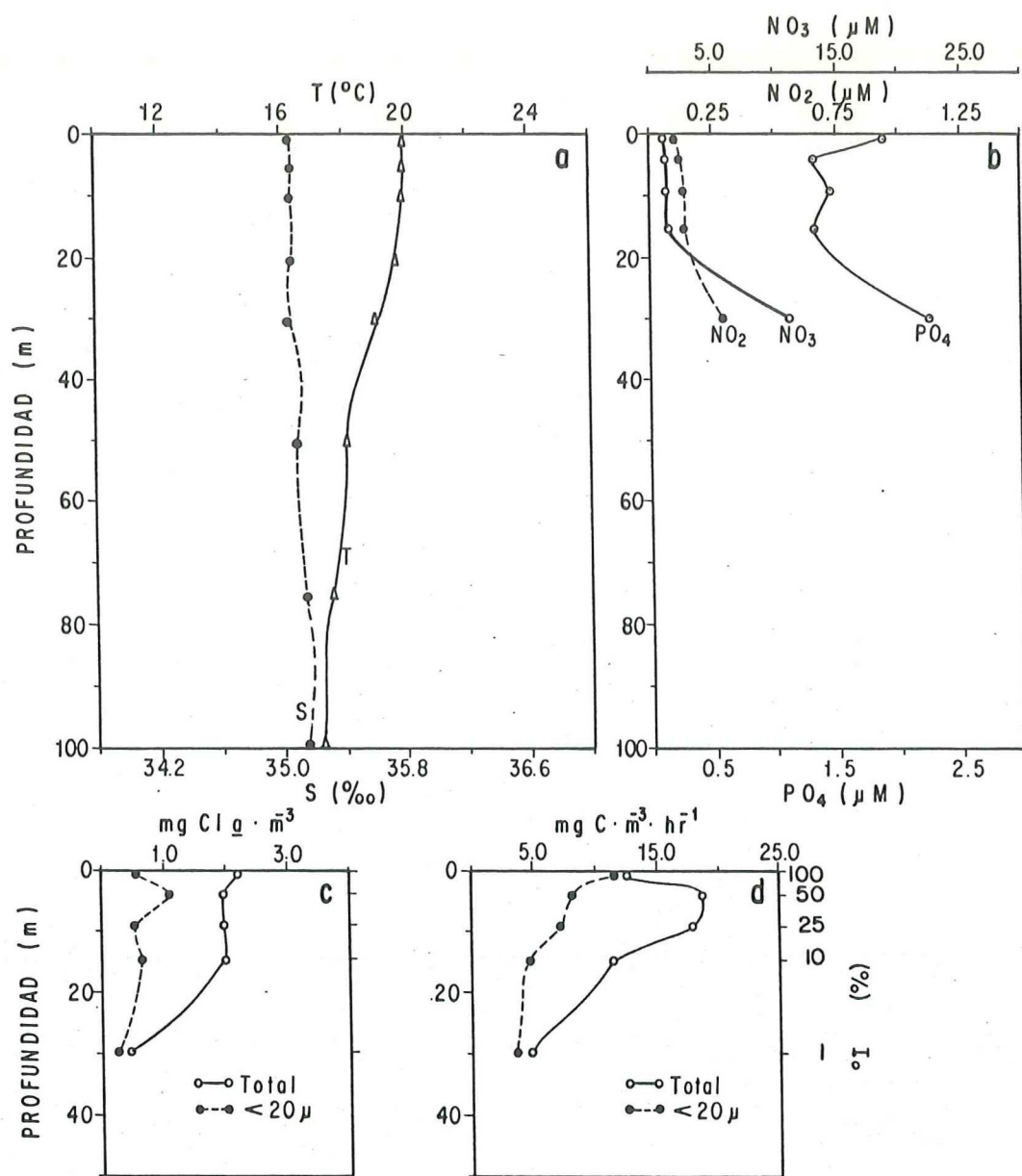


Figura 10

Estación 68. Distribuciones verticales de :

(a) Temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) y Salinidad (‰) ;

(b) Nitratos, nitritos y fosfatos (μM) ;

(c) Clorofila a ($\text{mg Cl } a \cdot \text{m}^{-3}$) total y fraccionada ;

(d) Productividad primaria ($\text{mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{hr}^{-1}$) total y fraccionada.

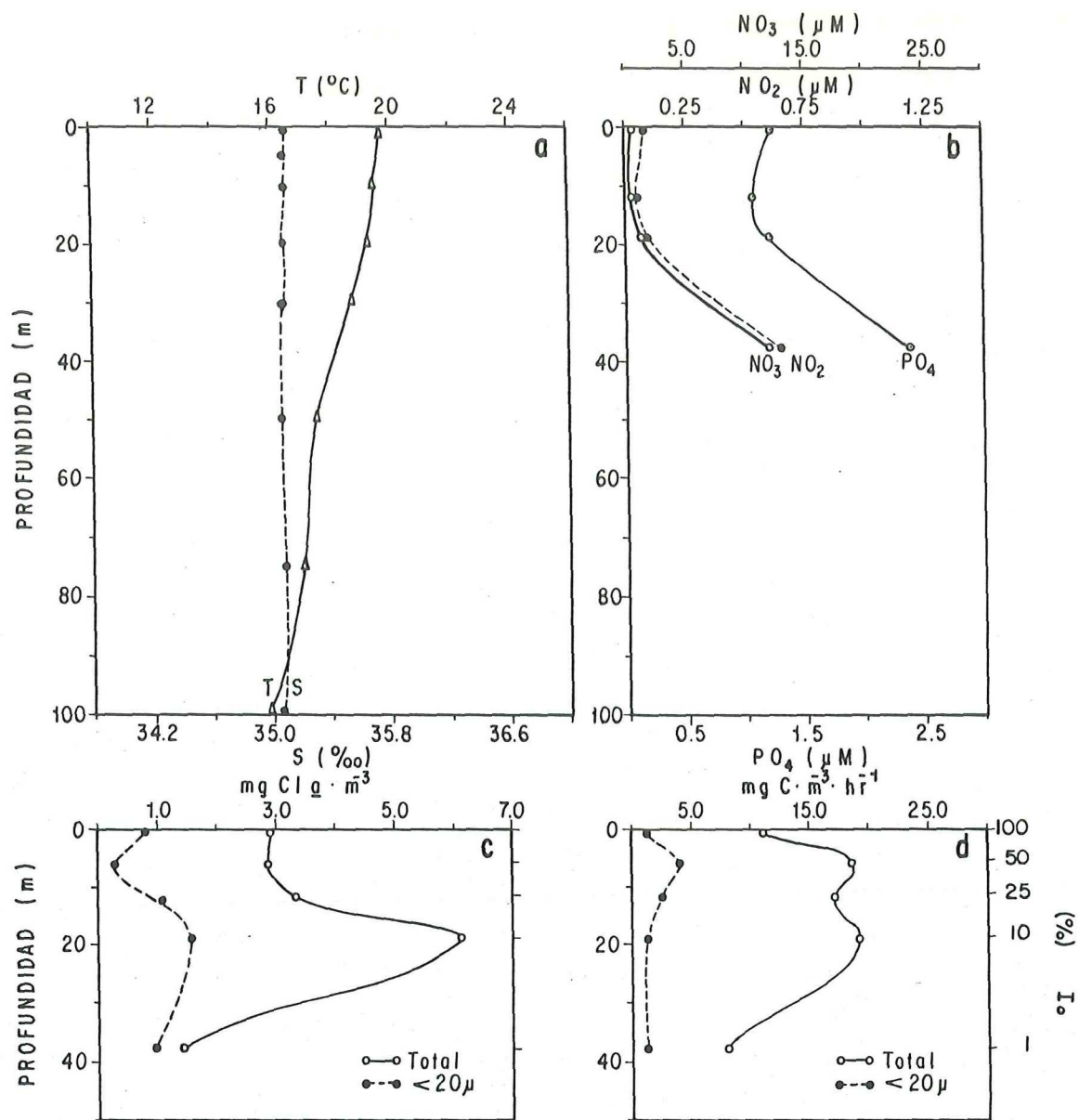


Figura 11

Estación 75. Distribuciones verticales de :

(a) Temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) y Salinidad (‰) ;

(b) Nitratos, nitritos y fosfatos (μM) ;

(c) Clorofila a ($\text{mg Cl } a \cdot \text{m}^{-3}$) total y fraccionada ; (d) Productividad primaria ($\text{mg C } \text{m}^{-3} \cdot \text{hr}^{-1}$) total y fraccionada.

38 metros. Los nitritos, nitratos y fosfatos se mantuvieron con poca variación hasta el 10%I₀, donde aumentaron su concentración al 1%I₀, variando cada uno de ellos en un rango de 0.068 a 0.65 μM , 0.58 a 12.46 μM y 1.07 a 2.39 μM , respectivamente (Fig. 11b). La clorofila a (rango de 1.37 a 6.18 mg Cl a m^{-3}) presentó el máximo al 10%I₀ y el mínimo al 1%I₀ (Fig. 11c). La clorofila a debida al microfitoplancton alcanzó un 89% de la total al 50%I₀ y un 74% en el máximo de clorofila a total, sin embargo, el nanofitoplancton contribuyó con el 70% al 1%I₀. La productividad primaria (rango de 7.77 a 19.65 mg C $\text{m}^{-3}\text{hr}^{-1}$) presentó una distribución más compleja con dos máximos, uno al 50% y el otro al 10%I₀, contribuyendo el nanofitoplancton solo con el 21 y 8%, respectivamente, el mínimo se presentó al 1%I₀, alcanzando el nanofitoplancton el 14% de la productividad primaria total (Fig. 11d).

III.2.) Hidrografía, biomasa y productividad primaria durante Marzo de 1984.

La zona eufótica en la estación 109 alcanzó una profundidad de 77 metros. La temperatura (Fig. 12a) mostró una capa de mezcla de 12 metros de espesor, decreciendo la temperatura con la profundidad, la salinidad no mostró una

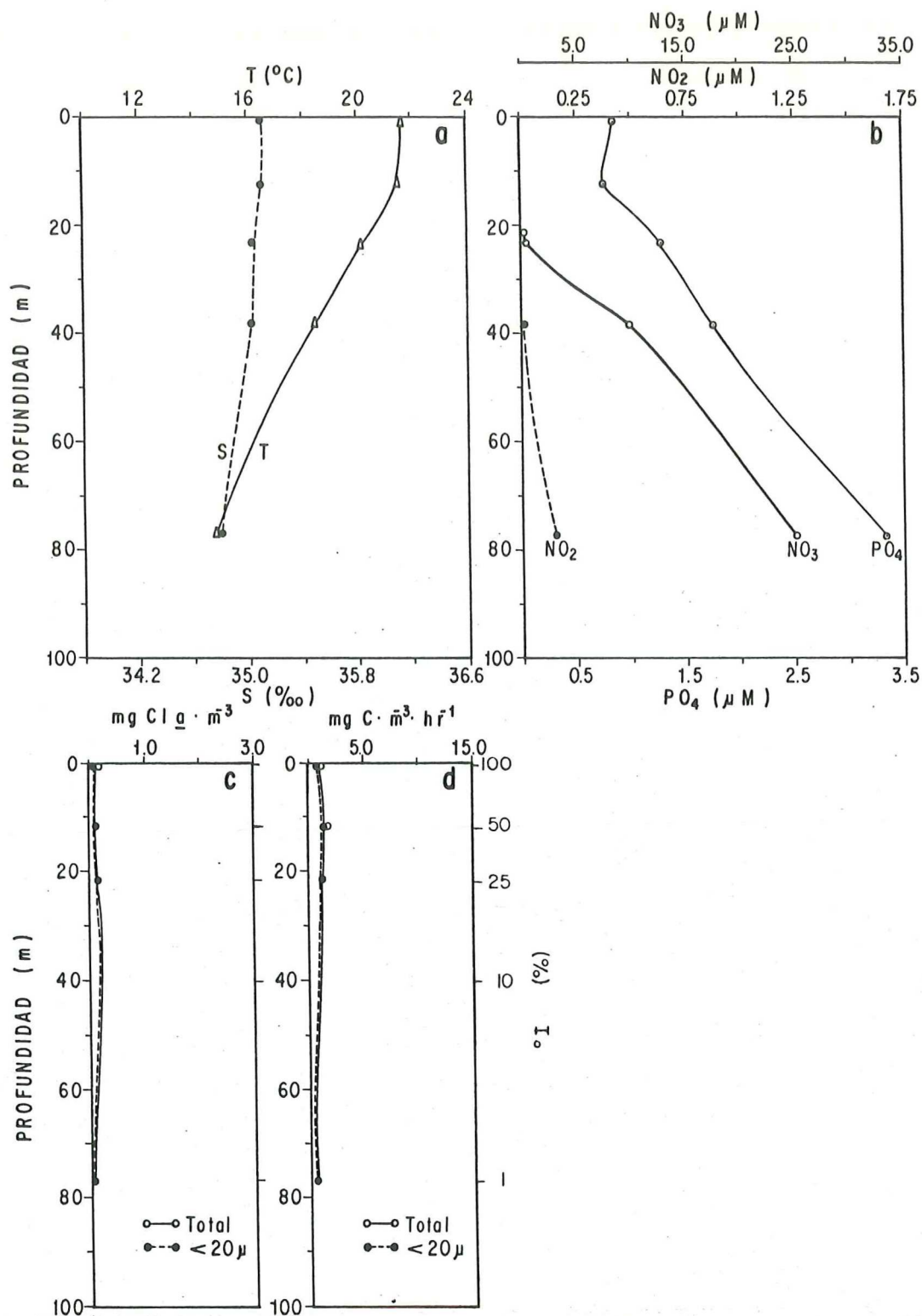


Figura 12

Estación 109. Distribuciones verticales de :

- (a) Temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) y Salinidad (‰) ;
 (b) Nitratos, nitritos y fosfatos (μM) ;
 (c) Clorofila a ($\text{mg Cl } a \cdot \text{m}^{-3}$) total y fraccionada ; (d) Productividad primaria ($\text{mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{hr}^{-1}$) total y fraccionada.

variación muy pronunciada con la profundidad. Los nitritos permanecieron indetectables hasta el 1%I₀ (77 metros), donde alcanzaron una concentración de 0.15 µM, los nitratos también fueron indetectables en los primeros niveles (100 y 50%I₀), al 25%I₀ empezaron a incrementarse con la profundidad de 0.17 a 25.3 µM. Por su parte los fosfatos presentaron un mínimo subsuperficial (50%I₀), incrementándose con la profundidad hasta 0.76 µM (Fig. 12b). La clorofila a (rango de 0.01 a 0.24 mg C l⁻¹ m⁻³) (Fig. 12c) presentó un pequeño máximo al 10%I₀, decreciendo hacia el 1%I₀, siendo muy constantes sus valores a través de la zona eufótica, el nanofitoplancton contribuyó con el 100% en casi todas las profundidades. La productividad primaria (rango de 0.34 a 1.73 mg C m⁻³ hr⁻¹) (Fig. 12d) mostró el máximo valor al 50%I₀, y al igual que la clorofila a mantuvo una distribución vertical muy homogénea, aportando el nanofitoplancton el 92% de la productividad al 20%I₀.

Los datos de temperatura de la estación 97 (Fig. 13a) mostraron una capa estratificada, decreciendo de 22 a 16 C a través de la zona eufótica de 66 metros de espesor. La salinidad aumentó hasta los 20 metros y luego decreció ligeramente con la profundidad. Los nitritos (rango de 0.0 a 0.24 µM) presentaron 2 máximos uno a 10 metros y otro a 33 metros (50% y 10%I₀, respectivamente), con un mínimo a 20 metros (25%I₀), los nitratos (rango de 0.0 a 5.18 µM)

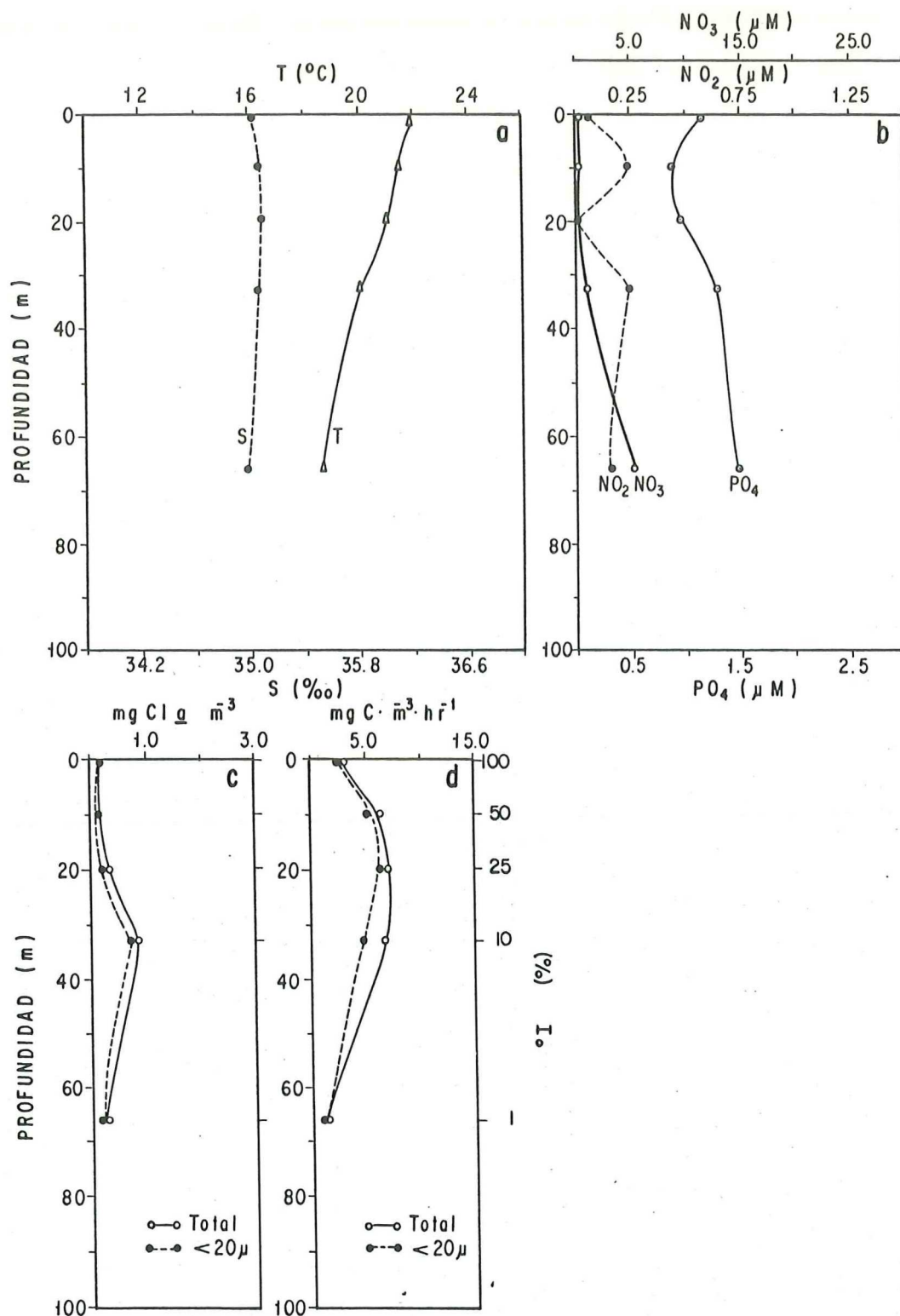


Figura 13

Estación 97. Distribuciones verticales de :
 (a) Temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) y Salinidad (‰) ;
 (b) Nitratos, nitritos y fosfatos (μM) ;
 (c) Clorofila *a* (mg Cl a m^{-3}) total y fraccionada ; (d) Productividad primaria ($\text{mg C m}^{-3} \text{ hr}^{-1}$) total y fraccionada.

mantuvieron bajas concentraciones hasta el 25% I_0 , aumentando con la profundidad, los fosfatos (rango de 0.87 a 1.47 μM) presentaron un mínimo subsuperficial (50% I_0), incrementandose posteriormente con la profundidad (Fig. 13b). La clorofila a (rango de 0.19 a 0.87 mg Cl a m^{-3}) presentó el máximo al 10% I_0 (Fig. 13c), contribuyendo el nanofitoplancton con el 88% de ella, en el 100% y 1% I_0 contribuyó con el 98 y 96%, respectivamente, de la clorofila a total. La productividad primaria (rango de 1.22 a 7.09 mg C $\text{m}^{-3}\text{hr}^{-1}$) mostró sus máximos valores al 25% y 10% I_0 (Fig. 13c) aportando el nanofitoplancton el 86 y 70%, respectivamente, decreciendo la productividad primaria total al 1% I_0 , la contribución del nanofitoplancton fue de 100% al 50 y 1% I_0 .

La estación 82 se caracterizó por una zona eufótica de 46 metros de espesor. Las distribuciones verticales de temperatura y salinidad (Fig. 14a), mostraron una capa de mezcla de 14 metros. Los nitritos (rango de 0.11 a 0.47 μM) decrecieron del 100% al 50% I_0 , manteniéndose bajos hasta el 10% I_0 , y aumentando al 1% I_0 . Los nitratos (rango de 0.0 a 4.86 μM) mantuvieron bajas concentraciones hasta el 10% I_0 , aumentando al 1% I_0 , los fosfatos (rango de 0.88 a 1.24 μM) presentaron un patrón similar de variación, decreciendo ligeramente al 10% I_0 y aumentando al 1% I_0 (Fig. 14b). La clorofila a (rango de 0.52 a 0.90 mg Cl a m^{-3}) mostró un máximo subsuperficial (25% I_0), decreciendo hacia el 1% I_0 (Fig. 14c),

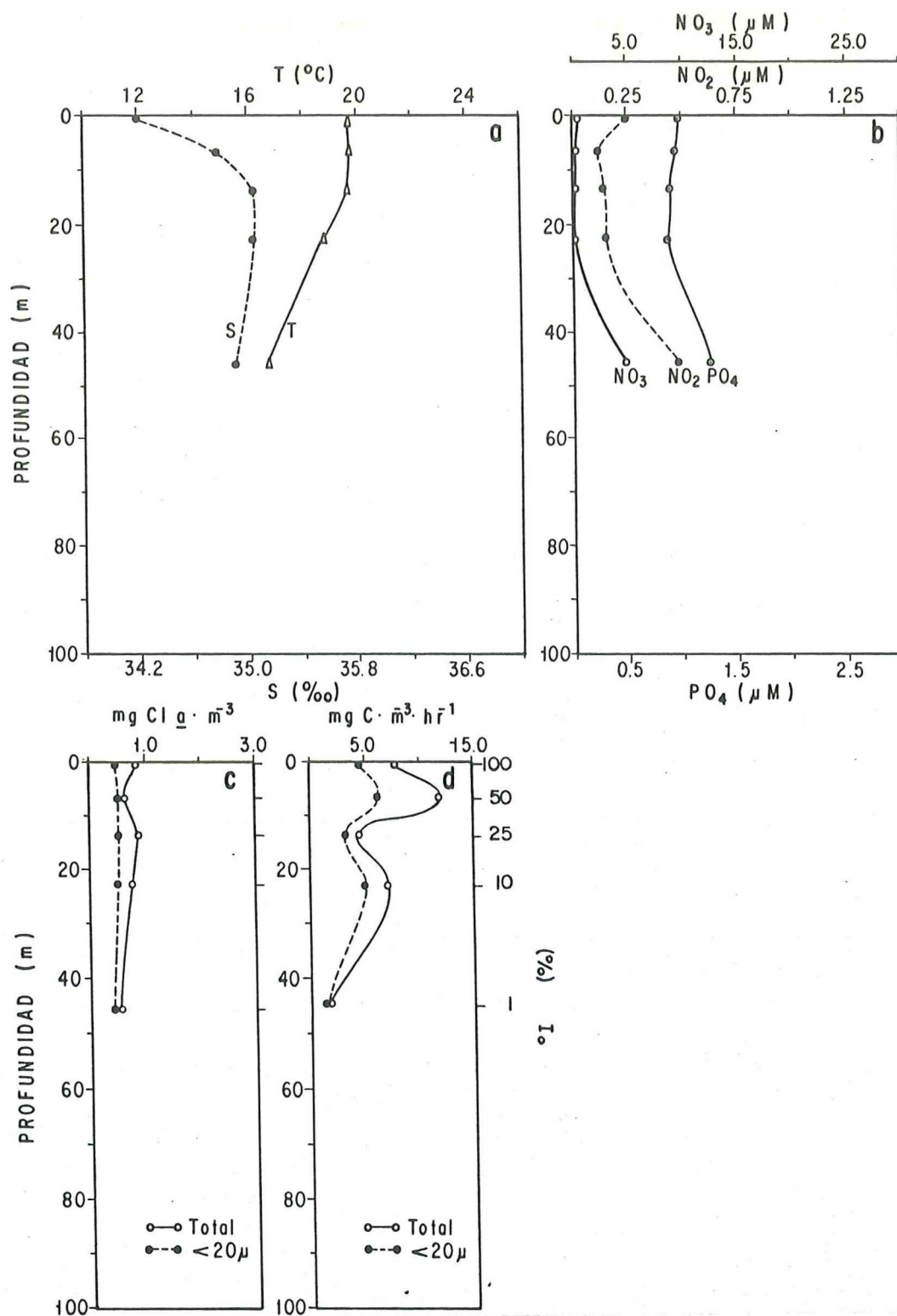


Figura 14

Estación 82. Distribuciones verticales de :

(a) Temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) y Salinidad (‰) ;(b) Nitratos, nitritos y fosfatos (μM) ;(c) Clorofila a (mg Cl a m^{-3}) total y fraccionada ; (d) Productividad primaria($\text{mg C m}^{-3} \text{ hr}^{-1}$) total y fraccionada.

el nanofitoplancton fue constante a través de la zona eufótica presentando su máxima contribución al 1%I₀ con el 93% de la clorofila a total, y sus mínimas contribuciones al 100% y 25%I₀ con el 55 y 59%, respectivamente. La productividad primaria (rango de 1.37 a 12.45 mg C m⁻³hr⁻¹) presentó un máximo al 50%I₀ y otro pico al 10%I₀, presentando su valor mínimo al 1%I₀ (fig. 14d). La fracción del nanofitoplancton presentó la misma distribución vertical que la total, contribuyendo en los máximos con el 53% en el 50%I₀ y con el 73% en el 10%I₀, siendo la máxima contribución al 1%I₀ con el 100%.

La distribución vertical de temperatura de la estación 70 (Fig. 15a) mostró la presencia de dos capas: una capa de mezcla superficial de 10 metros de espesor, sobreyacente a un gradiente de temperatura llegando a 20 metros donde se encuentra una capa isotermal. La zona eufótica fue de 58 metros. Los nutrientes (Fig. 15b) presentaron un patrón de variación muy similar, los nitritos (rango de 0.127 a 2.18 µM) y nitratos (rango de 0.56 a 7.84 µM) aumentaron con la profundidad después de su mínimo valor al 50%I₀, presentando el valor máximo al 1%I₀. Los fosfatos (rango de 0.94 a 3.29 µM) también aumentaron con la profundidad, localizándose el máximo a 25%I₀ y el mínimo al 50%I₀. La clorofila a (rango de 0.85 a 2.50 mg Cl a m⁻³) aumentó continuamente del 100% al 1%I₀ (Fig. 15c), sin embargo, la clorofila a del nanofitoplancton presentó una distribución inversa, disminuyendo con la profundidad hasta

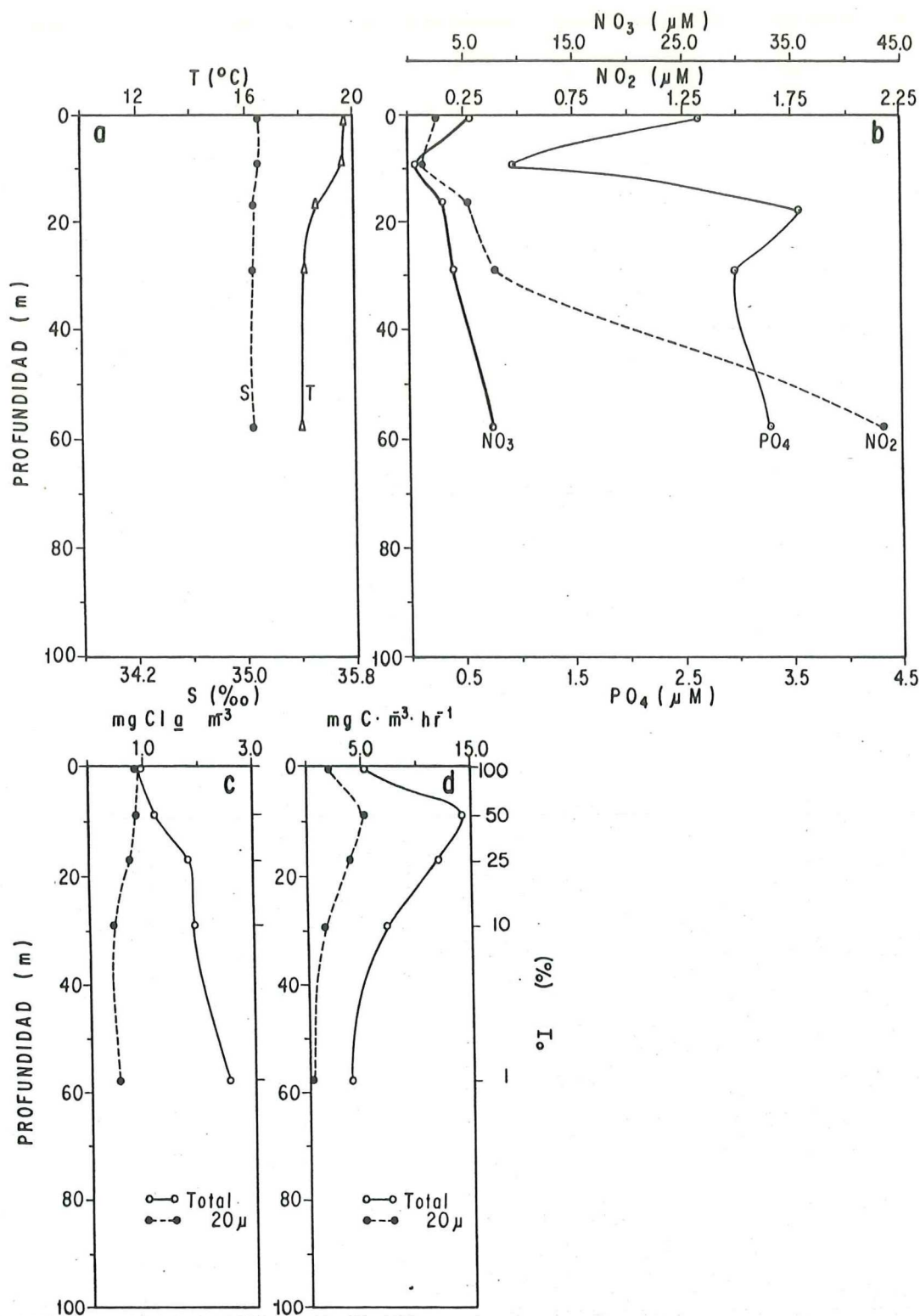


Figura 15

Estación 70. Distribuciones verticales de :

- (a) Temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) y Salinidad (‰) ;
- (b) Nitratos, nitritos y fosfatos (μM) ;
- (c) Clorofila *a* ($\text{mg Cl } a \text{ m}^{-3}$) total y fraccionada ;
- (d) Productividad primaria ($\text{mg C m}^{-3} \text{ hr}^{-1}$) total y fraccionada.

el 1%I₀, siendo su máxima contribución al 100%I₀ con el 100% de la clorofila a total, y al 1%I₀ mostró su mínima contribución representando el 27% de la total. La productividad primaria (rango de 3.84 a 14.55 mg C m⁻³hr⁻¹), presentó su máximo al 50%I₀, decreciendo hacia el 1%I₀ (Fig. 15d), la fracción del nanofitoplancton siguió la misma distribución, contribuyendo con el 36% en el máximo y con el 12% en el 1%I₀.

El 1%I₀ de la estación 63 alcanzó 66 metros de profundidad, las distribuciones de temperatura y salinidad (Fig. 16a), mostraron una columna de agua estratificada, decreciendo con la profundidad ambas variables. Los nitritos (rango de 0.04 a 0.31 µM) aumentaron hasta el máximo valor al 25%I₀, decreciendo hacia el 1%I₀ (Fig. 16b), los nitratos (rango de 2.52 a 10.02 µM) presentaron el máximo valor al 50%I₀, el mínimo se localizó en la superficie, los fosfatos (rango de 1.14 a 2.52 µM) decrecieron con la profundidad hasta el 10%I₀, aumentando al 1%I₀. La clorofila a (rango de 0.03 a 0.56 mg Cl a m⁻³) no presentó un valor máximo bien definido, manteniéndose casi homogéneamente distribuida hasta el 10%I₀, decreciendo al 1%I₀ (Fig. 16c). La contribución del nanofitoplancton fue siempre superior al 50%, alcanzando sus máximas aportaciones en el 25% y 1%I₀ con el 68 y 100% de la clorofila a total, respectivamente. La productividad primaria (rango de 0.09 a 10.67 mg C m⁻³hr⁻¹) presentó el máximo al 50%I₀ y el mínimo al 1%I₀ (Fig. 16d), contribuyendo el

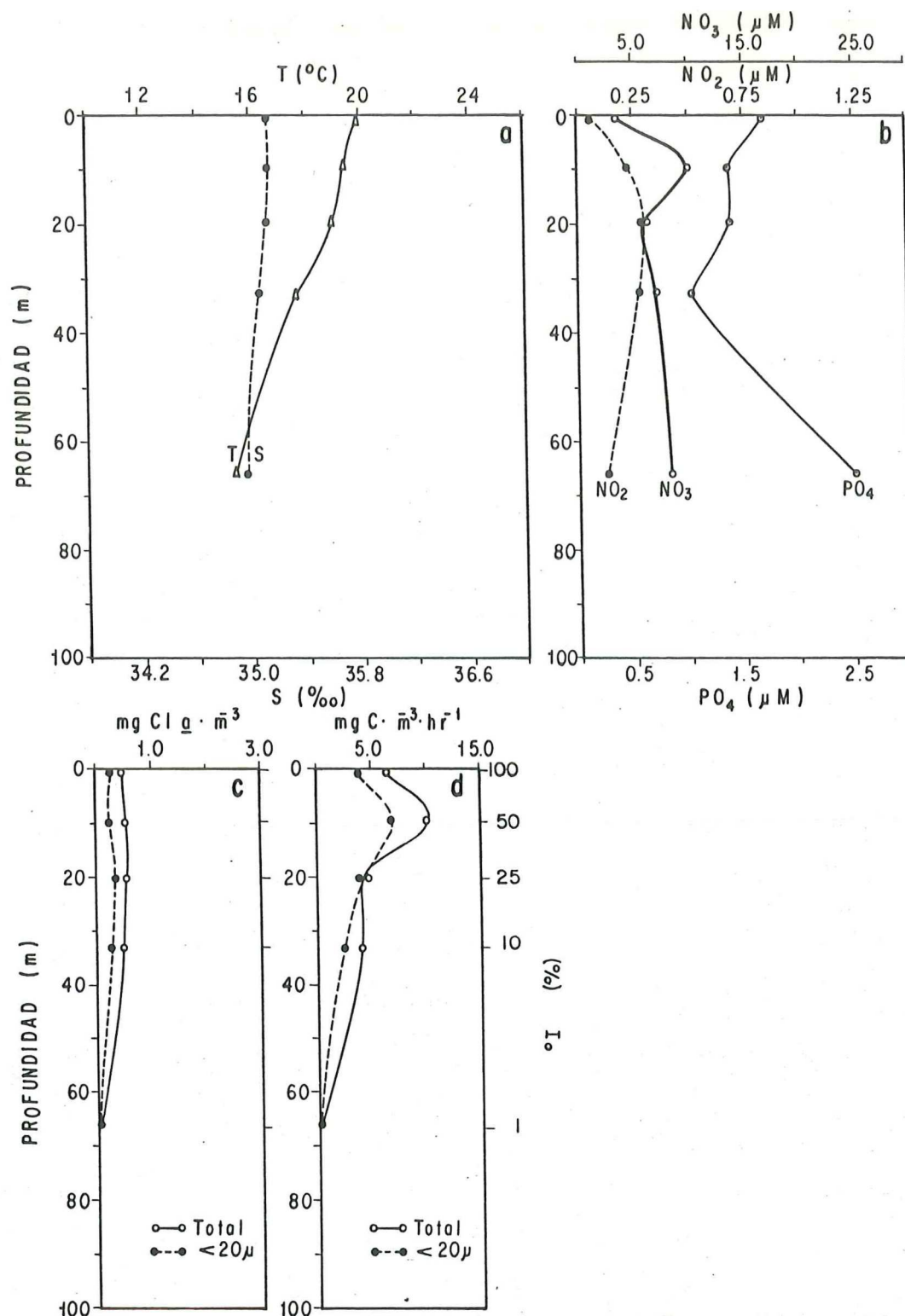


Figura 16

Estación 63. Distribuciones verticales de :

(a) Temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) y Salinidad (‰) ;(b) Nitratos, nitritos y fosfatos (μM) ;(c) Clorofila *a* ($\text{mg Cl } a \cdot \text{m}^{-3}$) total y fraccionada ; (d) Productividad primaria($\text{mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{hr}^{-1}$) total y fraccionada.

nanofitoplancton con el 68% y 78% respectivamente.

La estaci3n 57, mostr3 una columna de agua estratificada, como puede observarse en la distribuci3n de temperatura y salinidad (Fig. 17a). La profundidad del 1%I₀ (zona euf3tica) fue de 66 metros. Los nitritos (rango de 0.05 a 0.40 μM) tendieron a incrementar su concentraci3n hacia el 10%I₀ y luego decrecieron hacia el 1%I₀, los nitratos (rango de 3.52 a 18.44 μM) aumentaron con la profundidad despues de un peque1o m1ximo subsuperficial al 50%I₀, los fosfatos (rango de 1.53 a 2.65 μM) aumentaron con la profundidad (Fig. 17b). La clorofila a (rango de 0.08 a 0.60 mg Cl a m^{-3}) no mostr3 un valor m1ximo bien definido, presentando su valor m1nimo al 1%I₀ (Fig. 17c), aportando el nanofitoplancton entre el 90 y 100% de la clorofila a total en todas las profundidades. La productividad primaria (rango de 0.31 a 13.5 mg C $\text{m}^{-3}\text{hr}^{-1}$) present3 un m1ximo al 50%I₀, decreciendo con la profundidad hasta su valor m1nimo al 1%I₀ (Fig. 17d), el nanofitoplancton contribuye con el 86% y con el 61% en el 50% y 1%I₀, respectivamente.

En la estaci3n 48 la profundidad de la zona euf3tica fue de 26 metros, con una capa de mezcla de 10 metros, como se puede observar en la distribuci3n vertical de temperatura y salinidad (Fig. 18a). Los nitritos (rango de 0.0 a 0.28 μM) decrecieron hasta valores indetectables de la superficie al 25%I₀, incrementandose con la profundidad, los nitratos (rango

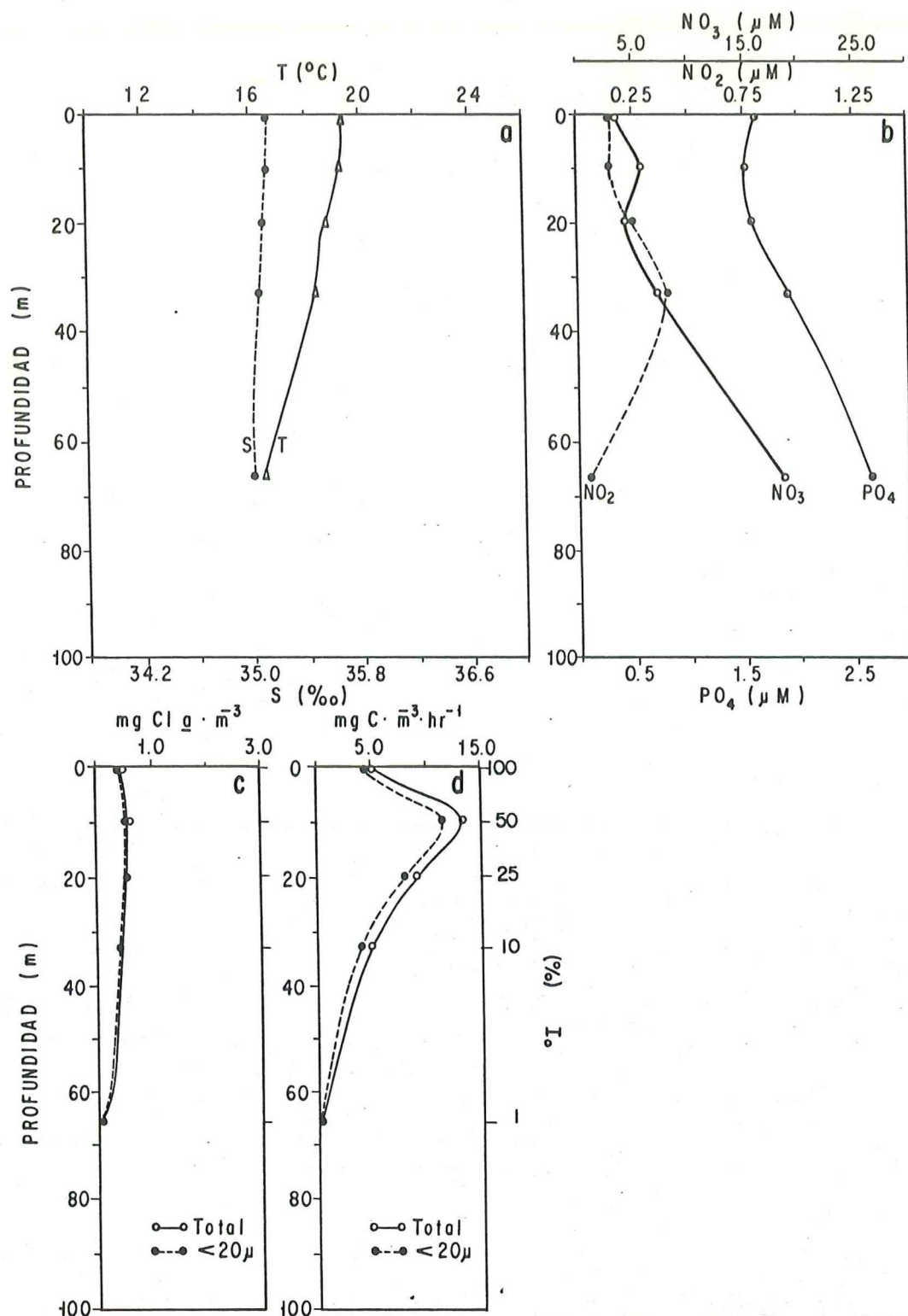


Figura 17

Estación 57. Distribuciones verticales de :

(a) Temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) y Salinidad (‰) ;

(b) Nitratos, nitritos y fosfatos (μM) ;

(c) Clorofila a (mg Cl a m^{-3}) total y fraccionada ; (d) Productividad primaria ($\text{mg C m}^{-3} \text{ hr}^{-1}$) total y fraccionada.

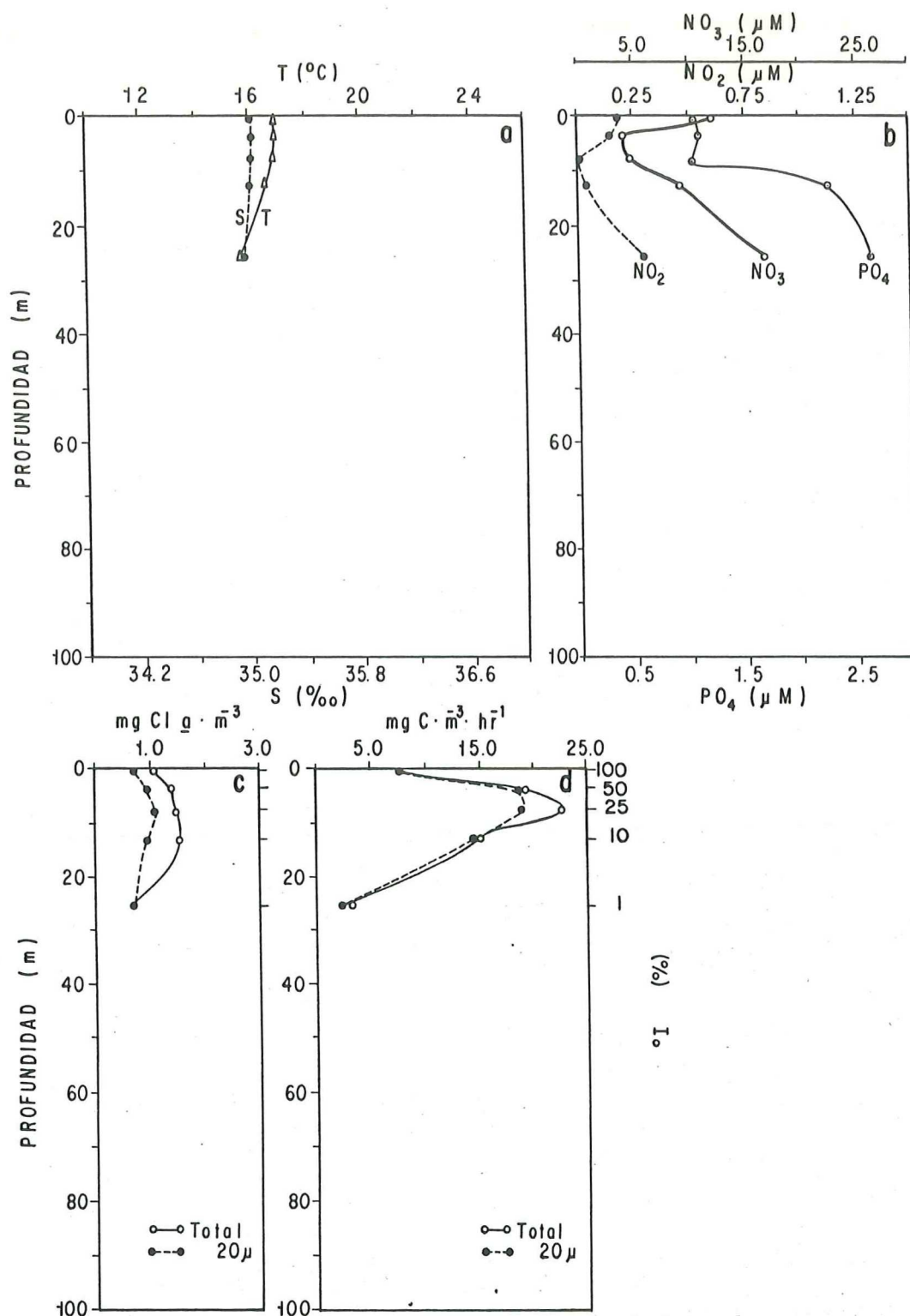


Figura 18

Estación 48. Distribuciones verticales de :

(a) Temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) y Salinidad (‰) ;

(b) Nitratos, nitritos y fosfatos (μM) ;

(c) Clorofila a ($\text{mg Cl } a \cdot \text{m}^{-3}$) total y fraccionada ;

(d) Productividad primaria ($\text{mg C m}^{-3} \text{ hr}^{-1}$) total y fraccionada.

de 4.04 a 16.89 μM) presentaron el valor mínimo al 50% I_0 , incrementándose al 1% I_0 , los fosfatos (rango de 1.01 a 2.62 μM) se incrementaron hacia el 1% I_0 (Fig. 18b). La clorofila a (rango de 0.70 a 1.65 mg Cl a m^{-3}) presentó un máximo al 10% I_0 , decreciendo con la profundidad (Fig. 18c), la clorofila a debida al nanofitoplancton contribuyó con el 61% de la total, y con el 100% al 1% I_0 . La productividad primaria (rango de 3.20 a 22.90 mg C $\text{m}^{-3}\text{hr}^{-1}$) mostró su máximo valor al 25% I_0 , decreciendo hacia el 1% I_0 (Fig. 18d). El nanofitoplancton contribuyó con el 84% de la productividad total en el 25% y 1% I_0 , en el resto de las profundidades muestreadas contribuyó con el 100%.

La estación 40 se caracterizó por una capa de mezcla de aproximadamente 8 metros de espesor como lo muestran los perfiles verticales de temperatura y salinidad en la figura 19a, la profundidad de la zona eufótica fue de 51 metros. Los nitritos fueron indetectables en los primeros tres niveles de luz, aumentando de 0.08 a 0.26 μM del 10% al 1% I_0 , los nitratos (rango de 2.57 a 23.21 μM) decrecieron del 100% al 25% I_0 , aumentando con la profundidad, los fosfatos (rango de 0.44 a 3.69 μM) presentaron el máximo valor al 100% I_0 y el mínimo al 50% I_0 , incrementándose con la profundidad (Fig. 19b). La clorofila a (rango de 0.67 a 1.51 mg Cl a m^{-3}) se mantuvo casi homogénea en los primeros tres niveles de luz, decreciendo con la profundidad (Fig. 19c), mostró un ligero máximo al 25% I_0 .

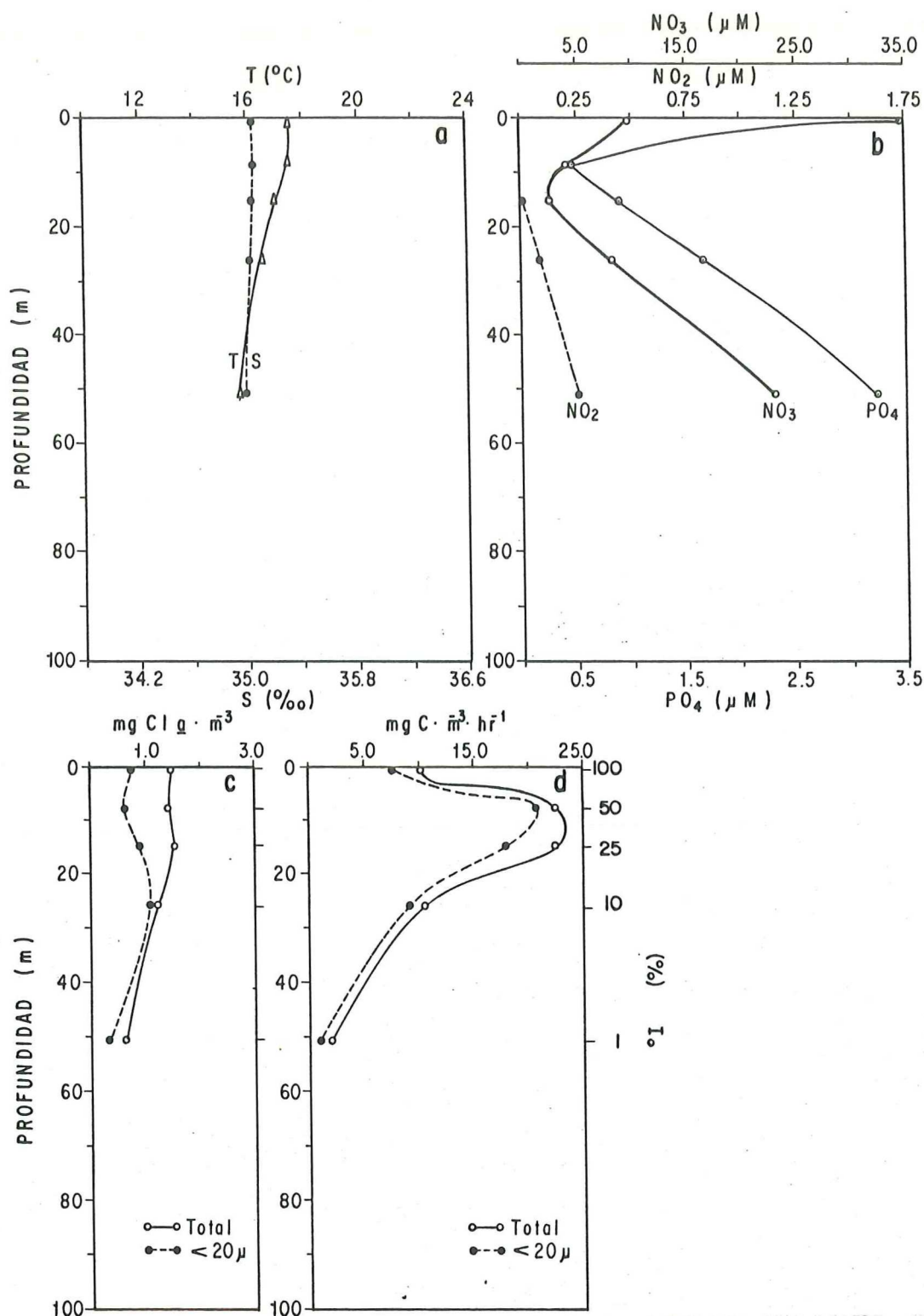


Figura 19

Estación 40. Distribuciones verticales de :

(a) Temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) y Salinidad (‰) ;

(b) Nitratos, nitritos y fosfatos (μM) ;

(c) Clorofila a ($\text{mg Cl } a \cdot \text{m}^{-3}$) total y fraccionada ; (d) Productividad primaria ($\text{mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{hr}^{-1}$) total y fraccionada.

donde el nanofitoplancton aportó el 60% de la clorofila a total, el nanofitoplancton presentó su máximo al 10% I_0 , contribuyendo con el 89% de la total. La productividad primaria (rango de 2.05 a 23.50 mg C $m^{-3}hr^{-1}$) presentó su máximo valor al 25% I_0 , aportando el nanofitoplancton el 77%, decreciendo la productividad primaria total con la profundidad (Fig. 19d), el nanofitoplancton tuvo su máximo al 50% I_0 , contribuyendo con el 93% de la productividad.

III.3.) Biomasa y productividad primaria integradas durante Marzo de 1983.

En la fig. 20 se muestran los valores para clorofila a integrada a través de la zona eufótica (1% I_0). El contenido de clorofila a aumentó de la costa de Baja California a las costas de Sonora y Sinaloa en la región central, así como, de sur a norte. La contribución por parte de la fracción del microfitoplancton aumentó en forma similar. En la estación 1 la clorofila a tuvo su valor mínimo de 15.69 mg Cl a m^{-2} , contribuyendo el nanofitoplancton con el 91% a la total, mientras que en las estaciones 61 y 75 de la región central la biomasa alcanzó sus máximos valores de 163.57 y 147.95 mg Cl a m^{-2} respectivamente, contribuyendo el microfitoplancton con el

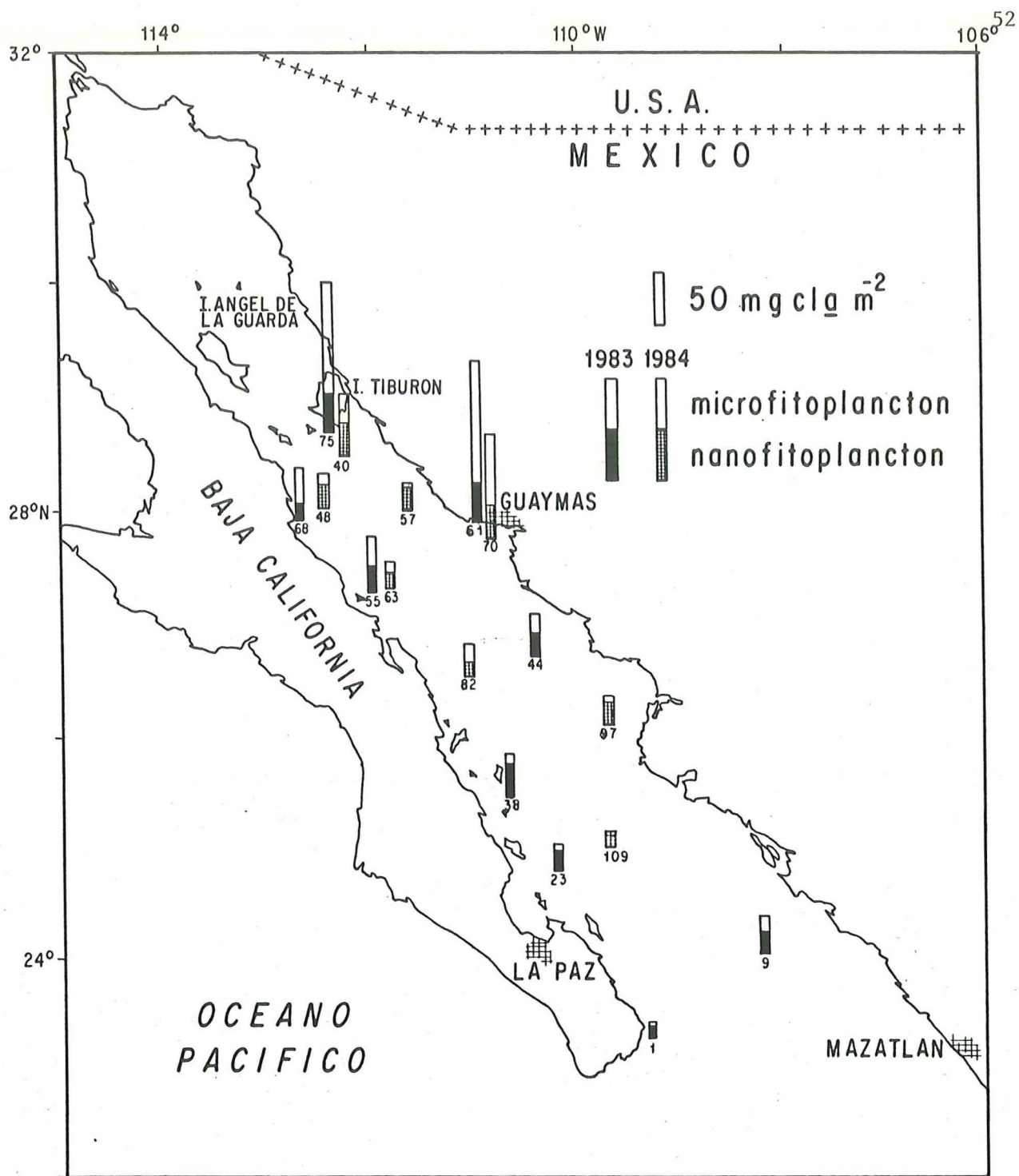


Figura 20 Distribución espacial de clorofila *a* integrada (mg Cl *a* m⁻²) a través de la zona eufótica.

74 y 73%, respectivamente. En la tabla II se muestran los valores de clorofila a integrada a través de la zona eufótica y la contribución por ambas fracciones, la dominancia de la fracción del nanofitoplancton fue clara en la región sur (estaciones 1, 9, 23, 38 y 44), contribuyendo con el 75% de la Clorofila a promedio de toda la región sur. Mientras que, para la región central (estaciones 55, 61, 68 y 75) se registró una mayor dominancia por células pertenecientes a la fracción del microfitoplancton, ya que la mayor aportación a la clorofila a total promedio para esta región fue debida al microfitoplancton con el 65%.

La productividad primaria diaria integrada para la zona eufótica ($\text{g Cm}^{-2}\text{día}^{-1}$) se muestra en la fig. 21. En la región sur la mayor contribución correspondió al nanofitoplancton, disminuyendo su aporte hacia las estaciones de la región central. El valor máximo de productividad primaria total se registró en la estación 61 frente a Guaymas ($4.45 \text{ g Cm}^{-2}\text{día}^{-1}$), contribuyendo el microfitoplancton con un 62%, mientras que en la parte sur (estación 1), la productividad primaria total fue de $3.81 \text{ g Cm}^{-2}\text{día}^{-1}$, de la cual el 97% ($3.69 \text{ g Cm}^{-2}\text{día}^{-1}$) fue debida al nanofitoplancton. En la tabla III se muestran los valores de productividad diaria integrada y los porcentajes de contribución para ambas fracciones. Al igual que en el contenido de clorofila a (Tabla II), la región sur fue dominada por el nanofitoplancton con valores mayores al 70%,

ESTACION	mg Clg m ² Total	mg Clg m ² Micro	mg Clg m ² Nano	% Micro	% Nano
1	15.69	1.36	14.33	8.66	91.33
9	40.17	15.81	24.36	39.35	60.65
23	25.48	4.90	20.58	19.23	80.77
38	42.24	9.54	32.70	22.58	77.42
44	41.96	16.24	25.72	38.70	61.30
55	55.35	27.33	28.02	49.37	50.63
61	163.57	120.30	43.27	73.54	26.46
68	50.10	32.57	17.53	65.00	35.00
75	147.95	108.05	39.90	73.03	26.97

Tabla II Clorofila a (mg Cl a m⁻²) integrada, para las distintas fracciones durante Marzo de 1983.

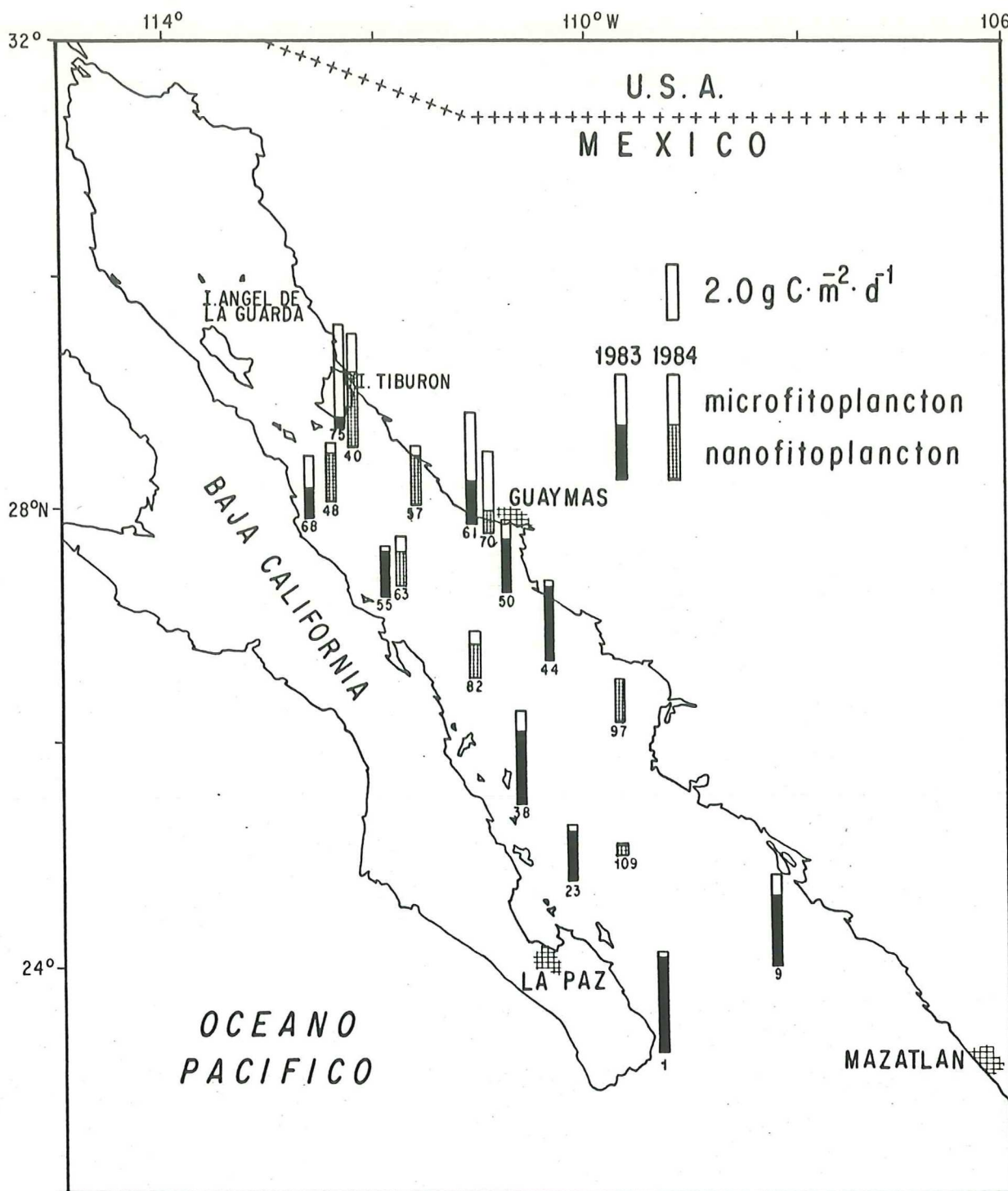


Figura 21 Distribución espacial de la productividad primaria diaria integrada (g C m⁻² día⁻¹) a través de la zona eufótica.

ESTACION	mg C $\bar{m}^2 d^{-1}$ Total	mg C $\bar{m}^2 d^{-1}$ Micro	mg C $\bar{m}^2 d^{-1}$ Nano	% Micro	% Nano
1	3815.30	126.58	3688.72	3.32	96.68
9	3654.19	887.03	2767.16	24.27	75.73
23	1849.79	—	2003.20	—	100
38	3447.35	594.22	2853.13	17.23	82.77
44	3159.09	322.38	2836.71	10.20	89.80
50	2760.41	762.59	1997.82	27.62	72.38
55	1957.69	149.56	1808.13	7.64	92.36
61	4455.14	2775.00	1680.14	62.29	37.71
68	2442.08	1189.57	1252.51	48.71	51.29
75	4033.83	3637.71	396.12	90.18	9.82

Tabla III Productividad primaria ($\text{mg C m}^{-2} \text{ día}^{-1}$) para las distintas fracciones durante Marzo de 1983.

incrementándose la contribución por el microfitoplancton en las estaciones de la región central.

En comparación con la distribución espacial de la clorofila a (Fig 20), la distribución espacial de la productividad primaria (Fig 21) mostró una distribución bastante uniforme. Esto muestra una mayor producción por unidad de biomasa para las estaciones de la región sur, las cuales estuvieron dominadas por el nanofitoplancton.

III.4.) Biomasa y productividad primaria integradas durante Marzo de 1984.

La clorofila a integrada (Fig. 20, Tabla IV) através de la zona eufótica ($\text{mg Cl } \underline{a} \text{ m}^{-2}$), mostró un incremento de la parte sur (estación 109) hacia la parte central (estación 70), presentando su mínimo valor ($11.7 \text{ mg Cl } \underline{a} \text{ m}^{-2}$) en la estación 109, contribuyendo el nanofitoplancton con el 98% y alcanzando su máximo valor ($106.4 \text{ mg Cl } \underline{a} \text{ m}^{-2}$) en la estación 70, aportando el nanofitoplancton solo el 32% de la total. En general la clorofila total aumentó de sur a norte, disminuyendo en ese sentido la contribución del nanofitoplancton. La productividad primaria integrada ($\text{g Cm}^{-2}\text{día}^{-1}$) presentó la

ESTACION	mg Cl a m ⁻² Total	mg Cl a m ⁻² Micro	mg Cl a m ⁻² Nano	% Micro	% Nano
109	11.70	0.20	11.50	2.00	98.00
97	29.00	7.50	21.50	26.00	74.00
82	33.00	18.40	14.60	56.00	44.00
70	106.40	72.80	33.60	68.00	32.00
63	25.60	11.10	14.50	43.00	57.00
57	25.60	1.10	24.50	4.00	96.00
48	33.70	10.20	23.50	30.00	70.00
40	58.90	25.74	33.16	44.00	56.00

Tabla TV Clorofila a (mg Cl a m⁻²) integrada, para las distintas fracciones durante Marzo de 1984.

misma tendencia de variación de sur a norte (Fig. 21, Tabla V), localizándose el máximo valor ($4.35 \text{ g Cm}^{-2}\text{día}^{-1}$) en la estación 40, y el mínimo ($0.33 \text{ g Cm}^{-2}\text{día}^{-1}$) en la estación 109, contribuyendo el nanofitoplancton con el 70 y 96% de la productividad total, respectivamente, en la estación 70 el nanofitoplancton contribuye con el 26% (Tabla V).

III.5.) Comparaciones entre Marzo de 1983 y Marzo de 1984.

En general, el promedio de clorofila a de la región sur fue de $33 \text{ mg Cl a m}^{-2}$ para Marzo de 1983, mientras que para Marzo de 1984 fue de $22 \text{ mg Cl a m}^{-2}$. Asimismo, la productividad integrada decreció para esta misma región de 3.2 a $1.0 \text{ g Cm}^{-2}\text{día}^{-1}$. En la región central la clorofila a decreció de $105 \text{ mg Cl a m}^{-2}$ durante Marzo de 1983 a $47 \text{ mg Cl a m}^{-2}$ en Marzo de 1984. La productividad varió ligeramente de 3.1 a $2.8 \text{ g Cm}^{-2}\text{día}^{-1}$, incrementándose grandemente la contribución del nanofitoplancton durante Marzo de 1984.

En las tablas VI y VII se presenta un resumen comparativo de los dos muestreos (Marzo de 1983 y Marzo de 1984). La región sur (estaciones 1, 9, 23, 38 y 44) durante Marzo de 1983, mostró una capa de mezcla mas profunda que la región

ESTACION	mg C m ⁻² d ⁻¹ Total	mg C m ⁻² d ⁻¹ Micro	mg C m ⁻² d ⁻¹ Nano	% Micro	% Nano
109	335.63	12.15	323.48	4.00	98.00
97	1494.25		1681.97		
82	1816.72	525.60	1291.12	29.00	71.00
70	3277.95	2413.51	864.44	74.00	26.00
63	1892.40	639.19	1253.21	34.00	66.00
57	2394.00	483.29	1910.71	20.00	80.00
48	2270.83	439.53	1831.30	19.00	81.00
40	4346.15	1324.05	3022.10	30.00	70.00

Tabla V Productividad primaria (mg C m⁻² día⁻¹) para las distintas fracciones durante Marzo de 1984.

ESTACION		PROF. MEZCLA	1 % I ₀	INICIO NUTRICLINA		Clg MAXIMO		PROD. MAXIMA	
				NO ₃	PO ₄	MICRO	NANO	MICRO	NANO
1983	1	70	92	46	46	92	46	0	14
	9	10	65	33	33	20	33	33	33
	23	50	50	—	—	49	49	0	7
	38	30	72	36	36	22	36		22
	44		68	34	34	0	10	20	10
	50	30	47	23	23	—	—	7	7
	55	40	42	21	14	0	21	21	6
	61	20	28	14	14	14	4	4	8
	68	10	30	16	16	0	4	4	0
	75	20	38	19	19	19	19	19	6
1984	109	12	77	24	12		40	24	12
	97		66	20	10	33	33	33	20
	82	14	46	23	23	14	7	7	7
	70	9	58	9	9	58	0	9	9
	63		66	33	33	10	20	10	10
	57		66	20	20	—	10	10	10
	48	10	26	8	8	14	8	14	14
	40	8	51	15	15	7	27	15	7

Tabla VI Comparación de las profundidades (metros) de:
capa de mezcla, 1%I₀, inicio de nutriclina,
máximos de clorofila y productividad por
fracciones de tamaño.

1983						1984						
SUR			CENTRAL			SUR			CENTRAL			
VARIABLE	X	RANGO	n	X	RANGO	n	X	RANGO	n	X	RANGO	n
T (°C) Sup.	22.68	21.8-23.7	5	20.4	19.8-21.4	5	21.1	19.7-21.9	3	18.72	17.0-19.9	5
P. MEZCLA (m)	32	0-70	5	24	10-40	5	8.7	0-14	3	5.4	0-10	5
1% I ₀ (m)	69.4	50-92	5	37	28-47	5	63	46-77	3	53.4	26-58	5
NO ₃ Sup. (μM)	1.33	0.99-181	5	0.96	0.48-1.38	5	0.26	0.00-0.58	3	6.79	2.52-12.47	5
PO ₄ Sup. (μM)	0.60	0.46-0.72	5	1.26	0.73-1.92	5	0.99	0.85-1.18	3	2.18	1.21-3.69	5
CL ₂ (mg·m ⁻²)	3310	15.69-4224	5	10424	5010-16357	4	24.56	11.70-33.00	3	5004	2560-10640	5
P.P. (mg·m ⁻² ·d ²)	318514	1849.79-381534	5	3129.83	195769-445514	5	1215.5	335.6-18163	3	2836.2	1892.4-4346.1	5

Tabla VII Comparación por regiones de los promedios de

temperatura superficial, profundidad de capa de mezcla, profundidad de I₀, concentración de nitratos y fosfatos, contenido de clorofila_a integrada y productividad primaria integrada.

central (estaciones 50, 55, 61, 68 y 75) (Tabla VI). En Marzo de 1984, la profundidad de mezcla en la región sur (estaciones 109, 97 y 82) y central (estaciones 70, 63, 57, 48 y 40) decreció en comparación con 1983 (Tabla VII). Las profundidades promedio medidas de la zona eufótica ($1\%I_0$) fueron mayores (casi el doble) para la región sur que la central para Marzo de 1983, (Tabla VII), pero en Marzo de 1984, las profundidades promedio de la zona eufótica en la región central fue solo un poco menor que en el área sur. Las profundidades del inicio de la nutriclina (para nitratos y fosfatos) estuvieron siempre por encima del $1\%I_0$, y siempre fue mas somera para la región central (Tabla VI). Las profundidades de máximos de contenido de clorofila y de productividad no tuvieron ninguna tendencia definida. Solo en pocas estaciones correspondieron las profundidades de las contribuciones por las fracciones de tamaño (Tabla VI).

La temperatura superficial promedio fue mayor para la región sur en ambos años y mayor en Marzo de 1983 (Tabla VII). Los nitratos superficiales en promedio fueron ligeramente mayores en la región sur en Marzo de 1983, decreciendo grandemente para la misma región al siguiente año, mientras que en la región central fueron mayores durante Marzo de 1984, incluso mayores que en la región sur durante Marzo de 1983. Los fosfatos superficiales fueron mayores en la región central y durante Marzo de 1984, que en 1983 (Tabla VII).

La clorofila integrada decreció para ambas regiones durante Marzo de 1984, siendo mayor en la región central en ambos años (Tabla VII). La productividad primaria integrada fue comparable en Marzo de 1983 para las dos regiones, pero para Marzo de 1984, fue mayor en la región central, decreciendo grandemente en la región sur (Tabla VII). Cabe hacer notar, que los valores para ambas regiones son el promedio de los valores de las estaciones en cada región y que estos solo nos indican tendencias generales de variación espacial de gran escala, siendo difícil observar la variación de pequeña escala que existe dentro de cada región, perdiéndose mucha de la variabilidad regional dentro del Golfo de California.

IV.) DISCUSION.

Mucho se ha especulado acerca de los factores que controlan el tamaño celular del fitoplancton. Malone (1980) ha asociado la dominancia del microfitoplancton a ambientes turbulentos y poco estables, donde el flujo de nutrientes a la zona eufótica es alto, y la alta dominancia del nanofitoplancton a medios ambientes estables. Semina (1968) ha sugerido que el tamaño celular está directamente relacionado con la componente vertical del flujo de agua en la columna, y

que las tasas de hundimiento se incrementan con el tamaño celular, el microfitoplancton se vera favorecido en áreas donde el flujo es ascendente. Parsons y Takahashi (1973) proponen como factores determinantes: la tasa de incorporaci3n de nitrato o amonio a la c3lula, el coeficiente de extinci3n del agua, la profundidad de la capa de mezcla, la intensidad de la luz, las tasas de hundimiento y la velocidad de ascenso del agua. Aunque la comunidad fitoplanctonica esté dominada por el microfitoplancton en número de células o concentraci3n de clorofila, existe poca informaci3n respecto a la dominancia del microfitoplancton en cuanto a productividad primaria se refiere (Malone, 1971).

Zeitzchel (1970) encontró que partículas pequeñas (2-6 micras de diámetro) fueron las más abundantes en todas las estaciones del Golfo de California durante Noviembre-Diciembre de 1968. El 23% de los organismos del fitoplancton, fueron pequeños flagelados desnudos (<5 micras) los cuales representaron el 72% del fitoplancton por número, pero solo el 10% del carbon fitoplanctónico. Las diatomeas representaron el 10% de la abundancia numérica pero contribuyeron con el 51% del carbon fitoplanctónico. Sin embargo, estos análisis se realizaron en muestras preservadas por lo que su confiabilidad es dudosa, ya que existe la posibilidad de que durante la fijaci3n y preservaci3n se pierda una fracci3n significativa de células desnudas pertenecientes al nanofitoplancton (Reid,

comunicación personal). Berman (1975) encontró que altos porcentajes de productividad primaria estuvieron asociados con microalgas menores de 3 micras, pero mayores de 1 micra en la región central y sur del Golfo de California durante Noviembre de 1974; sin embargo sus resultados fueron reportados en conteos por minuto de radiaciones beta, por lo cual es imposible comparar cuantitativamente con nuestros resultados. En Marzo de 1983 el Golfo fue dominado (biomasa y productividad) en casi todas las estaciones por el nanofitoplancton, con excepción de las estaciones 61, 68 y 75 (Figs. 9, 10 y 11), mientras que en Marzo de 1984, sólo la estación 70 (Fig. 15) fue dominada por el microfitoplancton. Todas estas estaciones están situadas en la región central (Fig. 1). La región sur del Golfo en su totalidad estuvo dominada por el nanofitoplancton en ambos años, ya que estando en comunicación directa con el océano abierto es invadida por aguas de origen Tropical superficial durante los eventos de El Niño (Marinone y Robles Pacheco, 1985), o por el agua de Transición de la Corriente de California (Roden, 1971) en años normales (Baumgartner y Christensen, 1985). Por tal motivo es posible que la comunidad típica del área sur del Golfo lo constituya principalmente el nanofitoplancton que normalmente caracteriza las aguas oceánicas (Malone, 1971). Millan Nuñez (en preparación) investigó la contribución taxonómica del fitoplancton para las mismas muestras analizadas en este estudio, encontrando una alta abundancia de organismos

fitoplanctónicos menores de 10 micras en Marzo de 1983, y entre 10 y 20 micras en Marzo de 1984. La región central del Golfo estuvo dominada por el microfitoplancton en Marzo de 1983 (Figs.9,10 y 11) y solo la región frente de la costa de Guaymas en Marzo de 1984 (Fig.15). Como se ha mencionado anteriormente, la región central se caracteriza por ser dominada por procesos de mezcla (Badan et al, 1985), la alta productividad y biomasa del microfitoplancton están asociadas a procesos que influyen el tiempo de residencia del fitoplancton en la zona eufótica. Malone (1971) reportó altas tasas de crecimiento de microfitoplancton en aguas neríticas incluyendo el Golfo de California. Sin embargo, no se hace una comparación con sus resultados ya que presentó una tabla de valores sin especificar cuales de ellos correspondían al Golfo. Millan Núñez (en preparación) encontró en la región central del Golfo, poblaciones formadas por grandes cadenas de Chaetoceros (formadas de células menores de 10 micras) en Marzo de 1983, y en Marzo de 1984 con células entre 10 y 20 micras, sin embargo, todas pueden ser retenidas por un tamiz de 20 micras de poro, indicando esto que la alta biomasa y productividad del microfitoplancton en la región central sea tal vez en parte debida a células del nanofitoplancton las cuales forman cadenas como respuesta a las condiciones ambientales dominantes. Además Millan Núñez (en preparación) reportó un incremento en abundancia de células del nanofitoplancton de Marzo de 1983 a Marzo de 1984. Sin embargo, la proporción de clorofila a

relacionada con el nanofitoplancton bajo sustancialmente, indicando posiblemente una alta concentraci3n de c3lulas del picofitoplancton (menores de 10 micras) en Marzo de 1983 e increment3ndose el tama1o celular del fitoplancton (entre 10 y 20 micras) para Marzo de 1984.

Por otro lado, se observ3 una mayor productividad primaria al 1%I₀, en todas las estaciones muestreadas durante Marzo de 1983 ($5 \text{ mg C m}^{-3} \text{ hr}^{-1}$ en promedio) que en Marzo de 1984 ($1.5 \text{ mg C m}^{-3} \text{ hr}^{-1}$ en promedio). Lo cual parece indicar que los organismos poseian diferentes capacidades de acondicionamiento a bajas intensidades de luz. Varios investigadores (Glover y Morris, 1981, Platt et al, 1983, Glover et al, 1985) han reportado las altas eficiencias fotosint3ticas de las cianobacterias a bajas irradiancias. Putt y Pr3zelin (1985) documentaron la gran dominancia de cianobacterias fotosinteticas en el Canal de Santa Barbara, durante el evento de El Ni1o pasado. Posiblemente durante Marzo de 1983, la comunidad fitoplanctonica del Golfo estuvo tambien dominada por cianobacterias. Las tasas de producci3n encontradas en 3ste trabajo sugieren mayores razones de asimilaci3n para Marzo de 1983 que para Marzo de 1984, ya que las concentraciones de clorofila a para la profundidad del 1% fueron muy similares ($0.5 \text{ mg Cl a m}^{-3}$ y $0.3 \text{ mg Cl a m}^{-3}$ en promedio, respectivamente).

Las altas tasas de producción registradas al 1%I₀ durante Marzo de 1983, estuvieron asociadas a una alta abundancia de nanofitoplancton a esa profundidad, dominando la biomasa y productividad total. La abundancia numérica a esta profundidad correspondió a un 30% de la abundancia total del máximo de abundancia en el número de células en la zona eufótica (Millan Nuñez, en preparación). La razón área/volumen decrece con el incremento en el tamaño celular, y altas razones de área/volumen favorecen altas tasas de crecimiento, determinan bajas constantes de saturación media para la incorporación de nutrientes e intensidad luminosa y causa bajas tasas de hundimiento (Malone, 1980) lo cual puede explicar las altas tasas de producción alcanzadas en el 1%I₀ durante Marzo de 1983. Durante Marzo de 1984 las tasas de producción al 1%I₀ disminuyeron, tal vez debido al incremento en el tamaño celular como encontró Millan Nuñez (en preparación).

Los efectos del fenómeno de El Niño de 1982-1983 en los procesos biológicos, han sido reportados para distintas regiones oceánicas. Dandonneau y Donguy (1983) observaron un decremento en la biomasa fitoplanctónica (expresada en mg de Cl a m⁻³) en el Pacífico Tropical. Bajas concentraciones de clorofila a y productividad primaria en el sistema de surgencias del Perú fueron reportadas por Barber y Chavez, (1983), Barber et al, (1983) y Chavez et al, (1984). McGowan (1983) observó cambios en la estructura vertical de la biomasa

fitoplanctónica en la corriente de California. Putt y Prézelin (1985) documentaron la gran dominancia de cianobacterias (fotosintéticas) en el Canal de Santa Barbara durante el evento.

En general durante eventos de El Niño, la productividad primaria y biomasa fitoplanctónica en ecosistemas pelágicos costeros decrecen rápidamente, debido a que se establece una fuerte estratificación y con ello el aporte de nutrientes a la zona eufótica es drásticamente reducido (Chavez et al, 1983). Sin embargo, el Golfo de California responde en forma diferente, las condiciones durante el pasado evento de El Niño 1982-1983 estuvieron asociadas a un incremento en la biomasa y productividad primaria del fitoplancton (Fig. 22). Estos resultados concuerdan con las investigaciones de Baumgartner et al (1985) de los sedimentos laminados del Golfo Central. Ellos reportaron un incremento en la densidad de microfósiles fitoplanctónicos, principalmente formas de aguas tropicales y subtropicales durante los períodos históricos de El Niño.

Durante el inicio del evento de El Niño 1982-1983, las aguas del Pacífico Tropical del Este, mostraron un decremento en la biomasa y productividad del fitoplancton, el cual fue debido a la reducción de la luz por efectos de mezcla (Barber et al, 1983), y durante el climax de la anomalía debido a la limitación de nutrientes (Barber y Chavez, 1983). Sin embargo,

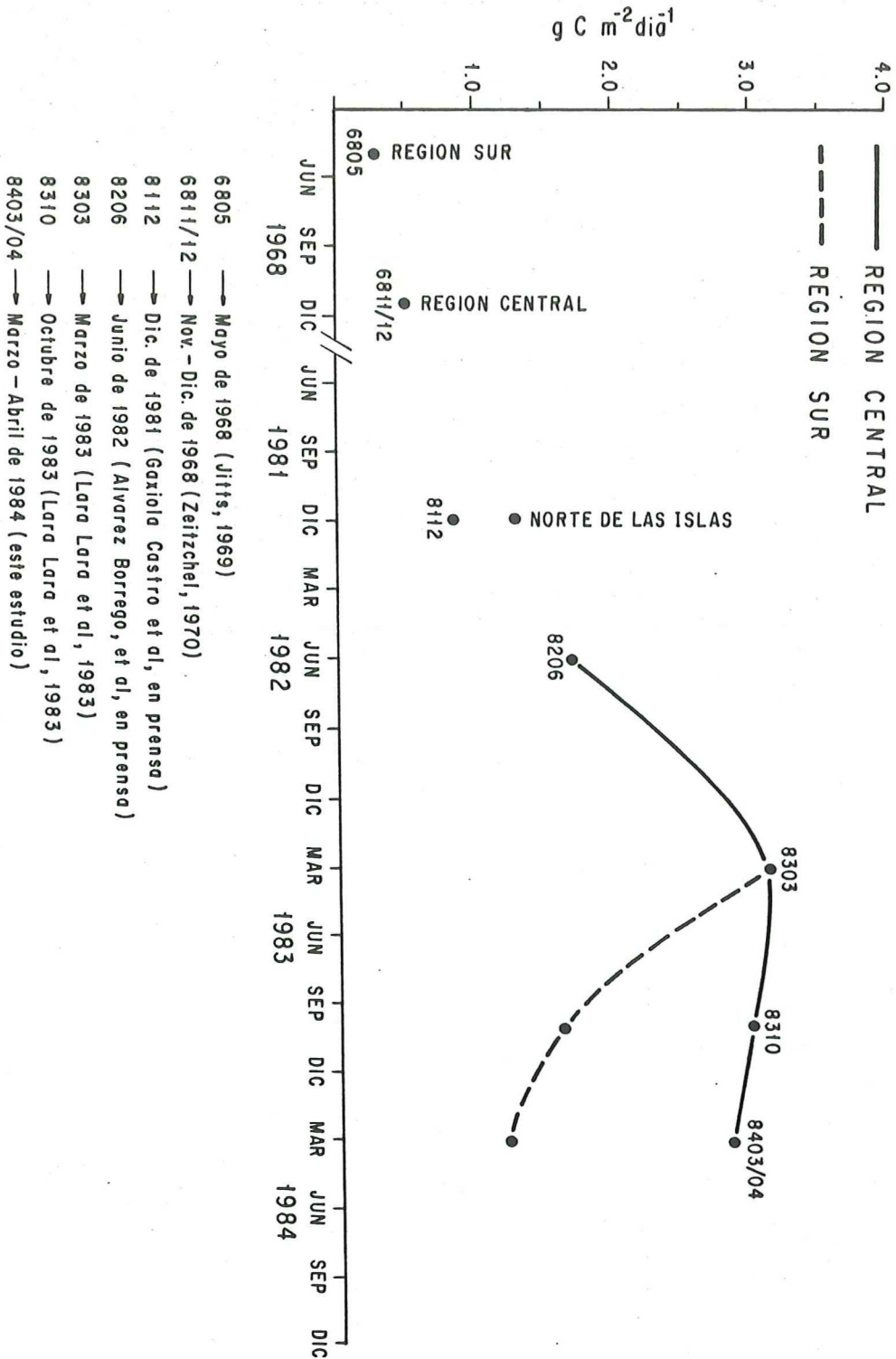


Figura 22 Resumen de valores promedios históricos y

actuales de la productividad primaria para el

Golfo de California.

estos procesos no parecen aplicarse al Golfo de California, ya que en la región sur la cual esta en comunicación directa con el océano abierto, no existió una variación significativa en la profundidad de la zona eufótica de Marzo de 1983 a Marzo de 1984 (Tabla VII) y las concentraciones de nutrientes en el Golfo no parecen ser limitantes, principalmente los fosfatos, los cuales generalmente estuvieron arriba de una concentración de $0.5 \mu\text{M}$ (Tabla VII). Alvarez Borrego (1983) estableció que los valores de fosfatos que han sido reportados para el Golfo, estan por arriba del límite mínimo de $0.22 \mu\text{M}$ establecido experimentalmente como limitante por Thomas y Dodson (1968). Los valores de K_s (constantes de saturación media) para asimilación de nitratos, para especies costeras, han sido reportados mayores de $1 \mu\text{M}$ y para especies oceánicas alrededor de $0.2 \mu\text{M}$ (MacIsaac y Dugdale, 1969). Las concentraciones de nitratos más nitritos registrados en Marzo de 1983 estuvieron generalmente por encima de $0.5 \mu\text{M}$. En Marzo de 1984, solo en las estaciones 109 y 97 fueron indetectables, en el resto de ellas fueron mayores de $0.5 \mu\text{M}$, a excepción de la estación 82, cuya concentración mínima fue de $0.11 \mu\text{M}$. Salvo estas estaciones (109, 97 y 82) los nitratos tampoco parecen ser limitantes. Asimismo la profundidad de la nutriclina (Tabla VI) siempre se observó muy superficial, esto es muy importante, ya que con muy poca energia se puede lograr un enriquecimiento de nutrientes a la zona eufótica. Existen tambien en el medio natural otras fuentes de nitrogeno, principalmente formas

orgánicas (Syrett, 1981), las cuales no son medidas en forma rutinaria como fuentes nutritivas. Asimismo los vientos noroccidentales provocan surgencias en el lado este del Golfo en primavera (Roden y Groves, 1959), favoreciendo el crecimiento del fitoplancton, lo cual se refleja en una alta biomasa y productividad principalmente en las costas de Guaymas (Figs. 2, 9, 11 y 15, 20, 21). Zeitzchel (1969) observó este tipo de variación espacial durante Noviembre-Diciembre de 1968, concluyendo que sus valores fueron más altos que los reportados por Jitts (1968), debido al abastecimiento de nutrientes a la zona eufótica durante su estudio, por procesos de surgencias. Badan Dagon et al (1985) han reportado procesos a mesoescala bien definidos como resultado de mezcla por marea y a cambios en el patrón de vientos, los cuales generan plumas de agua fría en la parte central del Golfo, estos pueden dar como resultado un incremento en la biomasa y productividad primaria del fitoplancton por el aporte de nutrientes hacia la zona eufótica. Estos procesos enmascaran los efectos propuestos por Barber et al (1983) y Barber y Chavez (1983) para el área del Pacífico Tropical.

Si comparamos con los valores de producción reportados por Zeitzchel (1969), durante Marzo de 1983 el Golfo se enriqueció en biomasa y productividad, alcanzando valores mucho más altos (hasta 7 veces mayores) que para Diciembre de 1968 (Fig. 22). En etapas de relajamiento del evento, durante Marzo de 1984, la

biomasa y productividad decrecieron, principalmente en la región sur donde la biomasa y la productividad disminuyeron un 30%, siendo esta región directamente afectada por el evento. La biomasa en la región central decreció un 50% y la tasa de producción sólo en un 12%, aumentando la contribución del nanofitoplancton. Sin embargo, en esta región los efectos del evento de El Niño son enmascarados por procesos locales de mezcla. La parte sur del Golfo de California parece ser que actúa como un cuerpo receptor de aguas pobres, incrementando la biomasa y productividad por las altas concentraciones de nutrientes y altas intensidades de luz que ahí imperan. En el Golfo de California, las condiciones de El Niño estuvieron asociadas con un incremento en la productividad fitoplanctónica, mientras que los ecosistemas de las corrientes de California (McGowan, 1983) y Perú (Barber y Chavez, 1983) sufrieron un decremento significativo en la producción biológica durante el evento de El Niño pasado.

Jimenez Perez (en preparación) encontró que la estructura del zooplancton durante Marzo de 1983 en general carecía de herbívoros típicos, y estuvo dominada por el género Oithona, el cual parece ser un predador de células pequeñas. Takahashi y Bienfang (1983) han reportado que la presión por pastoreo se reduce a medida que el tamaño celular de las poblaciones disminuye. De Marzo de 1983 a Marzo de 1984, la contribución relativa del nanofitoplancton en biomasa y productividad se

incrementó, lo cual se aprecia en las tablas II, III, IV y V, mientras que la abundancia relativa del microfitoplancton decreció (Millan Nuñez, en preparación). Asimismo, Lavaniegos Espejo (en preparación) encontró un incremento en la biomasa zooplanctónica durante Marzo de 1984 en comparación con Marzo de 1983. Esto sugiere una mayor presión por pastoreo, selectivo sobre el microfitoplancton, en Marzo de 1984 que en Marzo de 1983. Dado este acoplamiento entre productores y consumidores se plantea un modelo hipotético sobre el flujo de carbono en el Golfo de California (Fig. 23). Se sugiere que bajo la influencia de eventos de El Niño, debido a la baja presión por pastoreo (zooplancton e ictioplancton), se genera un exceso de biomasa fitoplanctónica la cual intensifica el flujo de carbono hacia el sistema bentónico. Esto causa un debilitamiento en el flujo de carbono a través del sistema pelágico afectando por lo tanto el éxito en el reclutamiento de especies como la sardina. Por el contrario, bajo condiciones normales (Fig. 23), el flujo principal del carbono debe ser a través del sistema pelágico, con el consecuente efecto en la intensificación de las pesquerías pelágicas. La aplicación de este modelo probablemente se limite al Golfo central en las zonas de alta biomasa de microfitoplancton.

Existen algunas evidencias en apoyo a estas hipótesis. Baumgartner y Ferreira (comunicación personal) observaron la formación de una extensa capa subsuperficial de partículas en

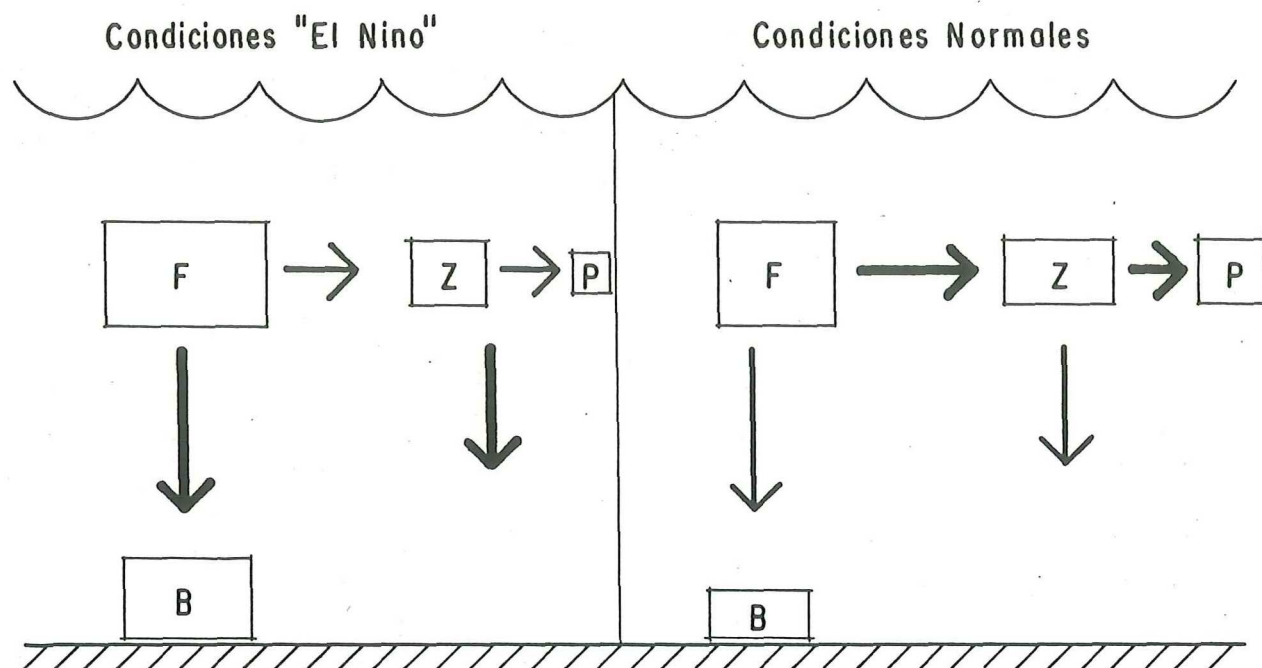


Fig 23 Modelo Conceptual del Flujo de Carbono en el Golfo de California.

suspensión a lo largo de la costa este del Golfo en Marzo de 1983 que no se encontró en Marzo de 1984, indicando un aumento relativo de la sedimentación de detritus orgánico asociado con las condiciones de El Niño. Asimismo, Baumgartner et al (1985) reportaron un incremento en la abundancia de microfósiles (diatomeas y silicoflagelados) durante eventos pasados de El Niño. Cisneros Mata (comunicación personal) reporta que ha encontrado un incremento en la biomasa de la pesquería del camarón del Golfo, seguido al evento. Varios autores (Mora et al, 1984, Santander y Zuzunaga, 1984) han documentado el incremento en las biomásas de pesquerías bentónicas (camarón café Penaeus californiensis y camarón rojo Penaeus brevirostris y merluza Merluccius gayi) de las regiones de Perú y Colombia.

Cabe mencionar también que a diferencia de los ecosistemas de sudamérica (Ecuador, Perú y Chile) los cuales dependen en gran porcentaje del enriquecimiento de sus aguas por procesos de surgencia costera, durante eventos de El Niño no se enriquecen debido a que la termoclina y nutriclina han sido abatidas, y las surgencias que en años normales transportan gran cantidad de nutrientes, llevan a la zona eufótica aguas pobres en nutrientes, el Golfo central, además de los procesos de surgencia, depende en gran parte de la energía debida a corrientes de marea (Badan et al, 1985, Argote, comunicación personal). Es posible que esto provoque que los efectos de eventos El Niño sean hasta cierto grado enmascarados, o que su

duración temporal se reduzca grandemente en el área central del Golfo.

Las áreas de desove de la sardina monterrey (Sardinops sagax) han sido reportadas (Sokalov y Wong, 1972) precisamente en áreas donde la fertilidad estacional se mantiene poco variable. Posiblemente durante eventos de El Niño sólo ocurra una reducción en las áreas de desove y de alimentación, pero los efectos no llegan a tal grado como en las pesquerías Peruanas. Sin embargo, ya que la respuesta de las poblaciones de pastoreadores (zooplancton e ictioplancton), generalmente no ocurre inmediato a los florecimientos del fitoplancton, la única manera de probar estas hipótesis es generando series de tiempo en escala de semanas en una área reducida para poder estudiar el acoplamiento entre los productores y los consumidores.

V.) CONCLUSIONES.

El Golfo de California fue invadido por aguas de origen Tropical superficial durante 1983, mostrando características de recuperación para Marzo de 1984. Al contrario de lo que sucede en otros ecosistemas, el Golfo de California se enriqueció en

biomasa y productividad fitoplanctonica durante el evento de El Niño. Los efectos fueron mas evidentes en la región sur, mientras que en la región central debido a que imperan procesos locales de mezcla (viento, mareas) los efectos del evento de El Niño fueron enmascarados.

Las concentraciones de nutrientes (nitritos, nitratos y fosfatos) no fueron limitantes para el fitoplancton del Golfo, sus concentraciones estuvieron generalmente por encima de los valores considerados como limitantes, ademas, la profundidad de la nutriclina fue generalmente somera.

La alta productividad registrada en el limite de la zona eufótica ($1\%I_0$), durante Marzo de 1983, fue debida a células muy pequenas (posiblemente cianofitas) con altas tasas de crecimiento. La contribución del nanofitoplancton a la biomasa y productividad, fue dominante en ambos periodos de muestreo. La aportación del microfitoplancton se vio restringida a la región central durante Marzo de 1983, decreciendo su grado de dominancia sobre el nanofitoplancton para Marzo de 1984.

En base al acoplamiento observado entre productores y consumidores, se postula un modelo hipotético sobre el flujo de carbono en el ecosistema pelagico del Golfo. Se sugiere un fuerte flujo de carbono fitoplanctonico hacia el bentos durante eventos de El Niño, debido a un debilitamiento en la presión de

pastoreo, reestableciéndose el flujo de carbono a través del sistema pelágico durante la fase de relajamiento.

VI.) LITERATURA CITADA.

Alvarez-Borrego, S. 1983. Gulf of California. In: Ketchum, B.H. (ed.), Estuaries and Enclosed Seas, Elsevier, Amsterdam. pp.427-449.

Alvarez-Borrego, S., G. Gaxiola Castro y D.U. Becerril. (enviada para su publicaci6n). The relationship between photosynthesis and irradiance for Gulf of California Phytoplankton. Pacific Science.

Alvarez-Borrego, S. y R. Schwartzlose. 1979. Masas de agua del Golfo de California. Ciencias Marinas. V. 6 (1 y 2), 43-63.

Avaria Placier, S. 1984. Cambios en la composici6n y biomasa del fitoplancton marino del norte de Chile durante el fen6meno de El Ni6o 1982-1983. Rev. Com. Perm. Pacifico Sur. (15), 303-309.

Badán-Dangón, A.F., C.J. Koblinsky, and T. Baumgartner.

1985. Spring and summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. *Oceanologica Acta*, Vol. 8. No.1. pp. 13-22.

Barber, R.T. y F.P. Chavez. 1983. Biological consequences of El Niño. *Science*, 222. 1203-1210.

Barber, R.T., S. Zuta, J. Kogelschatz, y F.P. Chavez. 1983. Temperature and nutrients conditions in the eastern tropical Pacific, October 1982. *Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter*. No. 16, 15-17.

Baumgartner, T. y N. Christensen. 1985. Coupling of the Gulf of California to large-scale interannual climatic variability. *J. Mar. Res.* 43, 825-848.

Baumgartner, T., V. Ferreira Bartrina, H. Schrader, y A. Soutar. 1985. A 20-year varve record of siliceous phytoplankton variability in the central Gulf of California. *Marine Geology*, 64, 113-129.

Berman, T. 1975. Size fractionation of natural aquatic populations associated with autotrophic and heterotrophic carbon uptake. *Marine Biology* 33, 215-220.

Brooks, J.L. y S.I. Dodson, 1965. Predation, body size and

composition of plankton. Science 150, 28-35.

Chavez, F., R.T. Barber y F. Vasquez, 1983. Progression of the 1982-1983 El Niño off northern Peru. Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter. No. 21, 26-27.

Chavez, F.P., R.T. Barber, J.E. Kogelschatz, V.G. Thayer, Bingji Cai. 1984. El Niño an primary productivity: Potential effects on atmospheric carbon dioxide and fish production. Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter. No.28, 1-2.

Dandonneau, Y. y Donguy, J.R. 1983. Changes in surface chlorophyll concentration related to the 1982 El Niño. Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter. No. 21, 14-15.

De Mendiola, B.R. 1971. Some observations on the feeding of the Peruvian anchoveta *Engraulis ringens* in two regions of the Peruvian Coast. In: Costlow J. D. (ed). Fertility of the sea. Vol.2. pp. 417-440. Gordon and Breach, New York.

Edler, L. (ed). 1979. Recommendations for marine biological studies in the Baltic Sea. The Baltic Marine Biologists. Publication No. 5, 38 pp.

- Eppley, R.W., J.N. Rogers, y J.J. McCarthy, 1969. Half saturations constants for uptake of nitrate and ammonium by marine phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.* 14, 912-920.
- Fiedler, P.C., 1984. Some effects of El Niño 1983 on the northern anchovy. *CalCOFI Rep.* Vol. XXV. 53-58.
- Gaxiola-Castro, G., Alvarez-Borrego, S. y Chagoya-Guzman, A. (enviada para su publicaci6n). Photosynthetic parameters and productivity of Gulf of California winter phytoplankton. *CIBCASIO transactions*.
- Gilbert, F.Y. y W.E. Allen, 1943. The phytoplankton of the Gulf of California obtained by the E.W. Scripps in 1939 and 1940. *J. Mar. Res.* 5, 89-110.
- Glover, H.E. y I. Morris. 1981. Photosynthetic characteristics of coccoid marine cyanobacteria. *Arch. Microbiol.* 129,42-46
- Glover, H.E., D.A. Phinney y C.S. Yentsch. 1985. Photosynthetic characteristics of picoplankton compared with those of larger phytoplankton populations, in various water masses in the Gulf of Maine. *Biol. Oceanogr.* 3, 223-248.

Guillén, O. 1971. The El Niño phenomenon in 1965 and its relation with the productivity in coastal Peruvian waters. En: J.D. Sostlow (ed). Fertility of the sea. Gordon and Breach. Vol. I, 187-196.

Guillén, O. y R. Calienes, 1981. Upwelling off Chimbote. In: Francis A. Richards (Ed). Coastal Upwelling. American Geophysical Union.

Hernández Becerril, D. 1985. Estructura del fitoplancton del Golfo de California. Ciencias Marinas. Vol. 11, No.2, 23-38.

Jiménez Pérez, L.C. (en preparación). Abundancia y distribución de zooplancton en el Golfo de California. Tesis de Maestría. CICESE.

Jitts, H.R. 1969. Data collected by the Australian participants during the May, 1968 sea trials of the SCOR/UNESCO Working Group 15 on: Photosynthetic radiation in the sea in the Gulf of California on board the Ellen B. Scripps. Rep. Div. Fish. Oceanogr. C.S.I.R.O. Aust. 43.

Lara-Lara, J.R., Valdez Holguín, J.E. y Jiménez Pérez, L.C. 1984. Plankton studies in the Gulf of California during

the 1982-1983 El Niño event. Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter. 28, 16-17.

Lavaniegos Espejo, B. (en preparaci3n). Biomasa y composici3n de los grupos principales del zooplancton del Golfo de California durante la fase de relajamiento del evento de El Niño 1982-1984. Tesis de Maestria. CICESE.

Longhurst, A.R., C.J. Lorenzen, y W.H. Thomas, 1967. The role of pelagic crabs in the grazing of phytoplankton off Baja California. Ecology 48, 190-200.

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.

Malone, T.C. 1980. Algal size. En: I. Morris (ed). The physiological ecology of phytoplankton. pp. 433-463. University of California Press. Berkeley.

Marinone, S.G. y J.M. Robles Pacheco, 1985. Hydrographic variability across the Guaymas basin in the Gulf of California. X Annual Transactions (en prensa).

Martin, J.H. 1970. Phytoplankton-zooplankton relationships in

Narragensett Bay IV: Seasonal importance of grazing.
Limnol. Oceanogr. 15, 413-418.

McGowan, J.A. 1983. El Niño and biological production in the
California Current. Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter,
No. 21, 23.

McGowan, J. 1984. The California El Niño, 1983. Oceanus.
Vol.27, No.2, 48-51.

McIsaac, J.J. y R.C. Dugdale, 1969. The kinetics of nitrate
and ammonium uptake by natural populations of marine
phytoplankton. Deep Sea Res. 16. 415-422.

Millan Nuñez, E. (en preparación). Fitoplancton en el Golfo
de California. Tesis de Maestría. CICESE.

Mora, O., C. Barreto y S. Cuestas. 1984. Cambios en la
abundancia de camarones en la costa del Pacífico
Colombiano durante el fenómeno de El Niño 1982-1983. Rev.
Com. Perm Pacífico Sur. (15), 247-257.

Najera, S. (en preparación). Método modificado para el
análisis de nutrientes con el autoanalizador Scientific
Instruments. Reporte Técnico CICESE.

Parsons, T.R., y R.J. LeBrasseur, 1970. The availability of food to different trophic levels in the marine food chains. In: Steele J.H. (ed). Marine food chains. pp. 325-343. University of California Press. Berkeley.

Parsons, T.R. y M. Takahashi. 1973. Environmental control of phytoplankton cell size. Limnol. Oceanogr. No.4, 511-515.

Philander, S.G.H. 1983. El Niño Southern Oscillation phenomena. Nature, 302, 295-301.

Platt, T., D.V. Subba Rao y B. Irwin. 1983. Photosynthesis of picoplankton in the oligotrophic ocean. Nature. 301, 702-704.

Putt, M. y B.B. Prézelin. 1985. Observations of diel patterns of photosynthesis in cyanobacteria and nanoplankton in the Santa Barbara Channel during El Niño. J. Plankton Res. Vol.7, No.6, 779-790.

Rasmusson, E.M. 1984. El Niño: The Ocean/Atmosphere Connection. Oceanus. Vol.27, No. 2, 5-12.

Robles Pacheco, J.M. y N. Christensen. 1984. Effects of the 1982-83 El Niño on the Gulf of California. EOS

Transactions, American Geophysical Union, Vol.64 No.52.

Robles Pacheco, J.M., N. Christensen, y J.L. Hernandez.
1984. Relaciones T-S y El Niño 1982-1983 en el Golfo de California. CALCOFI, Program and Abstracts.

Roden, G.I. 1958. Oceanographic and meteorological aspects of the Gulf of California. Pacific Sci. 12, 21-45.

Roden, G.I., 1964. Oceanographic aspects of the Gulf of California. In: Tj.H. van Andel and G.G. Shor Jr. (Eds). Marine Geology of the Gulf of California: A Symposium. Am. Assoc. Pet. Geol. Mem. 3. 30-58.

Roden, G.I. 1971. Aspects of transition zone in the northeastern Pacific. J. Geophys. Res. 76, 3462-3475.

Roden, G.I., y G.W. Groves, 1959. Recent oceanographic in the Gulf of California. J. Mar. Res. 18, 10-35.

Round, F.E. 1967. The phytoplankton of the Gulf of California. Part I.: Its composition, distribution and contribution to the sediments. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 1, 76-97.

Ryther, J.H. 1969. Photosynthesis and fish production in the

sea. Science 166, 72-76.

Santander, H. y J. Zuzunaga. 1984. Cambios en algunos componentes del ecosistema marino frente al Perú durante El Niño 1982-1983. Rev. Com. Perm. Pacifico Sur. (15), 311-331.

Semina, H.J. 1968. Water movements and size of phytoplankton cells. Sarsta 34, 267-272.

Simpson, J.J. 1983. Anomalous thermal structure in the California current during the 1982-1983 El Niño. Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter. 21. 22.

Smayda, T. J. 1965. II. On the relationship between ^{14}C assimilation and the diatom standing crop. Bull Inter-Am. Trop. Tuna Comm. 9, 467-531.

Sokalov, V.A. y M. Wong. 1972. Estudiando la sardina: primeros resultados. Técnica Pesquera. 59, 22-26.

Steemann Nielsen, E. 1952. The use of radioactive carbon (^{14}C) for measuring organic production in the sea. J. Cons. Explor. Mer. 18: 117-140.

Strickland, J.D.H., y T.R. Parsons, 1972. A practical

handbook of seawater analysis. Bull. Fish. Res. Bd.
Can. 167. 2a. Edición, 311 pp.

Sverdrup, H.U. 1941. The Gulf of California: Preliminary discussion of the cruise of the E.W. Scripps in February and March, 1939. Sixth Pac. Sci. Cong. 1939, Proc. 3. 161-166.

Syrett, P.J. 1981. Nitrogen metabolism of microalgae. In: Trevor Platt (Ed). Physiological bases of phytoplankton ecology. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 210: 346 P.

Takahashi, M. y P.K. Bienfang. 1983. Size structure of phytoplankton biomass and photosynthesis in subtropical Hawaiian waters. Mar. Biol. 76, 203-211.

Thomas, W.H. y A.N. Dodson, 1968. Effects of phosphate concentration on cell division rates and yield of a tropical oceanic diatom. Biol. Bull. Mar. Biol. Lab. Woods Hole, 134. 199-208.

Vollenweider, R.A. 1965. Calculations models of photosynthesis-depth curves and some implications regarding day rate estimates in Primary Productivity measurements, p. 425-457. En: Primary Productivity in Aquatic Environments (C.R. Goldman, ed.). 1st. Ital.

Idrabiol. 18 Suppl. University of California Press.,
Berkeley. 464pp.

Walsh, J.J. 1976. Herbivory as factor in patterns of nutrient
utilization in the sea. Limnol. Oceanogr. 21,1-13.

Williams, R.B. 1964. Division rates of salt marsh diatoms in
relation to salinity and cell size. Ecology 45, 877-880.

Yamanaka, H. 1984. The relationship between El Ni'no episodes
and fish migrations and yields in the western Pacific.
Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter. 25. 2-4.

Zeitzschel, B. 1969. Primary productivity in the Gulf of
California. Mar. Biol. 3, 201-207.

Zeitzschel, B. 1970. The quantity, composition and
distribution of suspended particulate matter in the Gulf
of California. Mar. Biol. 7, 305-318.