

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

*" PRODUCTIVIDAD PRIMARIA EN LA PARTE SUR Y CENTRAL DEL
GOLFO DE CALIFORNIA DURANTE NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1984 "*

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

O C E A N O L O G O

PRESENTA

MARIA DEL CARMEN BAZAN GUZMAN

ENSENADA, B.C., OCTUBRE DE 1990

RESUMEN.

En otoño de 1984 se realizó un crucero en el Golfo de California con el propósito de evaluar la productividad primaria (asimilación de ^{14}C) y biomasa (clorofila a) fitoplanctónica por clases de tamaño en la región sur y central. Se midieron además las variables temperatura, salinidad y concentración de nutrientes (NO_3 , NO_2 , PO_4 y SiO_2).

Se observó un claro efecto de surgencia en la parte oriental del Golfo el cuál se intensificó hacia la región central presentando columnas de agua relativamente más mezcladas que en la región sur. En correspondencia con los procesos de mezcla, los valores de productividad primaria, biomasa y nutrientes se incrementaron hacia la región central del Golfo.

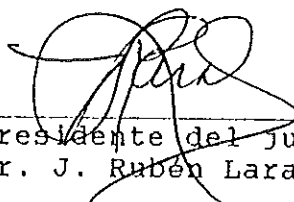
La concentración de clorofila a total integrada promedio aumentó de 21.3 a 24.4 mg.m^{-2} en la región sur y central respectivamente, dominando la fracción del nanofitoplancton en más del 50% de la biomasa total. La productividad primaria total promedio aumentó de 0.25 $\text{gC.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ en la región sur a 0.34 $\text{gC.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ en la región central. Al igual que en la biomasa, el nanofitoplancton contribuyó en más del 50% de la productividad total con excepción de estaciones muy cercanas a la costa en donde el microfitoplancton predominó. La concentración de nutrientes aumentó con la profundidad, presentando fuertes nutriclinas al límite de la zona eufótica, en correspondencia a nutriclinas bien desarrolladas en estaciones de la región sur. En la región central se presentaron nutriclinas menos desarrolladas observándose un incremento de las concentraciones en la superficie así como en la columna de agua.

Las tasas de productividad primaria promedio máximas (0.34 $\text{gC.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$) así como los valores de biomasa (24.4 $\text{mgCl}_a.\text{m}^{-2}$) registradas fueron más bajas que los reportados anteriormente (3.12 $\text{gC.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ y 104.2 $\text{mgCl}_a.\text{m}^{-2}$) durante el pasado evento de El Niño de 1982-83.

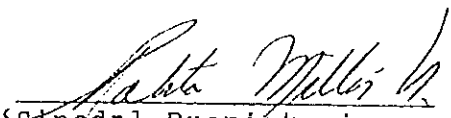
"PRODUCTIVIDAD PRIMARIA EN LA PARTE SUR Y CENTRAL DEL GOLFO
DE CALIFORNIA DURANTE NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1984"

T E S I S
QUE PRESENTA:
MARIA DEL CARMEN BAZAN GUZMAN

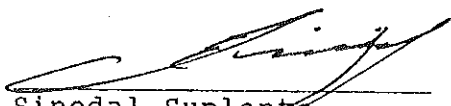
Aprobada por:


Presidente del Jurado
Dr. J. Rubén Lara Lara


Sinodal Propietario
M. C. Gilberto Gaxiola C.


Sinodal Propietario
M. C. Roberto Millán N.


Sinodal Suplente
M. C. Guillermo Torres M.


Sinodal Suplente
M. C. Eduardo Millán N.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi sincero reconocimiento y agradecimiento al Dr. J. Rubén Lara Lara por su valiosa ayuda en la dirección de éste trabajo y por el apoyo que siempre me ha brindado.

A los miembros de mi comité de tesis por sus críticas y sugerencias.

A Sila Nájera, Gilberto Gaxiola y Eduardo Valdéz por el asesoramiento y entrenamiento en técnicas de laboratorio y campo.

A José María Domínguez del departamento de dibujo de la división de oceanología por su ayuda en la elaboración de gráficas y figuras.

A todas aquellas personas que de una u otra manera hicieron posible la realización de éste trabajo.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Por su cariño, apoyo
y confianza.

A MIS HERMANOS:

A MIS AMIGOS:

INDICE

	<u>Página</u>
I. INTRODUCCION	1
I. 1. ANTECEDENTES	5
I. 2. OBJETIVOS	8
II. MATERIALES Y METODOS	9
II. 1. AREA DE ESTUDIO	9
II. 2. METODOLOGIA	13
III. RESULTADOS	17
III. 1. Distribución superficial de temperatura, salinidad y clorofila <u>a</u> .	17
III. 2. Isogramas de temperatura y clorofila <u>a</u> .	22
III. 3. Distribuciones verticales de temperatura, salinidad, nutrientes, clorofila <u>a</u> y productividad primaria.	30
III. 4. Productividad primaria y contenido de clorofila <u>a</u> integrada a través de la zona eufótica.	43
IV. DISCUSIONES	49
V. CONCLUSIONES	61
VI. LITERATURA CITADA	63
APENDICE A1.	68

LISTA DE TABLAS

<u>Tabla</u>	<u>Página</u>
I Contenido de clorofila <u>a</u> integrada ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$) a través de la zona eufótica y contribución (%) por clases de tamaños.	46
II Productividad primaria integrada ($\text{mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$) a través de la zona eufótica, contribución (%) por clases de tamaños y razones P/B promedio para la zona eufótica.	47

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
1	Localización de las estaciones muestreadas en el Golfo de California, durante otoño de 1984. Experimentos de productividad primaria (⊙); T1 a T6 transectos para isogramas de temperatura y clorofila <u>a</u> .	10
2	Distribución superficial de temperatura ($^{\circ}\text{C}$).	18
3	Distribución superficial de salinidad ($^{\circ}/_{00}$).	19
4	Distribución superficial del contenido de clorofila <u>a</u> total ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$).	21
5	Isogramas de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) a través del Golfo de California. a) transecto 1. b) transecto 3.	23
6	Isogramas de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) a través del Golfo de California. a) transecto 5. b) transecto 6.	24
7	Isogramas de clorofila <u>a</u> total ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$) a través del Golfo de California. a) transecto 1, b) transecto 3.	26
8	Isogramas de clorofila <u>a</u> total ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$) a través del Golfo de California. a) transecto 5, b) transecto 6.	27

LISTA DE FIGURAS (cont.)

<u>Figura</u>		<u>Pági</u>
9	Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y salinidad ($^{\circ}/_{\text{oo}}$).	31
10	Distribución vertical de fosfatos (μM).	33
11	Distribución vertical de nitratos (μM).	34
12	Distribución vertical de nitritos (μM).	36
13	Distribución vertical de silicatos (μM).	37
14	Distribución vertical de clorofila <u>a</u> ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$). Total (—), $>20\mu\text{m}$ (....) y $<20\mu\text{m}$ (----).	39
15	Distribución vertical de productividad primaria ($\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$). Total (—), $>20\mu\text{m}$ (....) y $<20\mu\text{m}$ (----).	41
16	Distribución espacial del contenido de clorofila <u>a</u> (por fracciones) integrada sobre la zona eufótica.	44
17	Distribución espacial de la productividad primaria (por fracciones) integrada sobre la zona eufótica.	45

I. INTRODUCCION.

En el océano los cambios ambientales juegan un papel importante en el mantenimiento de la estabilidad ecológica de un ecosistema. Sin duda, los factores físicos son aquellos que más influencia tienen sobre la estructura de producción de las poblaciones. Dichos factores provocan cambios en el medio que pueden ser favorables o no para los organismos dependiendo de las características del evento al que den origen.

Un ejemplo de ello es el conocido fenómeno de "El Niño, el cuál es un evento oceánico y meteorológico anómalo, no predecible, caracterizado por la repentina aparición de aguas superficiales cálidas en la escala de miles de kilómetros fuera de las costas del Perú y Ecuador (O'Brien et al, 1980). Este calentamiento afecta una amplia porción del continente americano en su parte occidental, llegando su influencia incluso hasta las costas de Norteamérica debido a cambios en la circulación oceánica.

La causa inmediata del origen de dicho calentamiento parece ser el debilitamiento general de los vientos alisios del sureste sobre las aguas del Perú (Wyrtki y Meyers, 1976), provocando la invasión de aguas ecuatoriales de alta

temperatura y baja salinidad, a lo largo de la costa, y el debilitamiento ó suspensión de surgencias, lo cuál contribuye aún más al calentamiento superficial (Wooster y Guillén, 1974).

Las consecuencias ecológicas de éste fenómeno han sido calificadas por varios autores como catastróficas, ya que provocan el decaimiento en la productividad primaria, redistribución de fauna tropical y subtropical, reducción en abundancia y/o disponibilidad de poblaciones de peces (Wooster y Guillén, 1974) y sin duda más notablemente, la decadencia de la pesquería de anchoveta más grande en el mundo en las costas del Perú (Barber y Chávez, 1983).

Recientemente, Lara-Lara et al (1984) reportaron para la parte sur y central del Golfo de California durante el evento de "El Niño" de 1982-83, que la productividad y biomasa fitoplanctónica se vieron fuertemente incrementadas en comparación con otros ecosistemas que han sufrido el mismo evento, encontrándose valores contrarios a los esperados, estos altos valores de biomasa y productividad son comunes sólo en sistemas muy productivos como lo son las áreas de surgencias. Por otro lado, Barber y Chávez (1983) reportaron que, para éste mismo evento, la productividad primaria en las costas del Perú se redujo notablemente, incrementándose de nuevo cuando se presentaron condiciones normales.

La evaluación de efectos de eventos climáticos como el fenómeno "El Niño" en la biomasa y productividad de las poblaciones del fitoplancton, como función del espectro de tamaño, ha sido pobremente estudiada.

En los últimos años, la mayoría de los trabajos sobre productividad primaria se han basado en la fraccionación de las poblaciones fitoplanctónicas en dos grupos principales: nano y microfitoplancton. El grupo del nanofitoplancton es conocido como la fracción que pasa a través de una malla de $20\mu\text{m}$ de abertura, el cuál es además el responsable del 80-90% de la productividad y biomasa total (Malone, 1971). El grupo del microfitoplancton, se conoce como la fracción que es retenida por la malla de $20\mu\text{m}$. Se ha comprobado que ésta fracción es relativamente más importante en medios ambientes neríticos que oceánicos y que además raramente excede al nanofitoplancton (Malone, 1971).

La significancia ecológica de éstos dos grupos de células está basada en la relación inversa entre el tamaño celular y la razón área-volumen (A/V) (Malone, 1971). Se conoce que el tamaño celular de los productores primarios y partículas detríticas juegan un papel importante en la dinámica de poblaciones (Banse, 1976) e interacciones tróficas del ecosistema marino (Ryther, 1969). La captura e ingestión de células, ha sido altamente relacionada con el tamaño celular

(Frost, 1972), el cuál en algunos casos es un factor limitante que provoca disminución en las tasas de crecimiento de algunos pastoreadores (Beers et al, 1971), lo cuál se ve reflejado en los siguientes niveles tróficos.

En este trabajo se evalúa la contribución del fitoplancton por clases de tamaño, a la biomasa y productividad del Golfo de California, durante la etapa de relajamiento del evento de "El Niño" de 1982-83. Esta investigación forma parte de un programa interdisciplinario de estudios sobre los efectos de el fenómeno de "El Niño" en el Golfo de California, realizado por el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE).

I. 1. ANTECEDENTES.

Desde tiempo atrás, se ha venido mencionando que el Golfo de California podría ser una región muy productiva, sin embargo, existen muy pocos trabajos que nos indiquen cuál es el comportamiento de la productividad y biomasa tanto en espacio como en tiempo. Los primeros estudios sobre fitoplancton realizados en el Golfo de California son los reportados por Allen (1937, 1938), Gilbert y Allen (1943) y Cupp y Allen (1943) sobre abundancia total de células, y Round (1967) sobre densidad de diatomeas, haciendo mención de la gran productividad de Golfo. Posteriormente, Zeitzschel (1969) reportó que la productividad del Golfo es alrededor de 2 a 3 veces mayor que en regiones del Océano Pacífico y Atlántico a latitudes semejantes, comparándose incluso con áreas tan productivas como la Bahía de Bengala y áreas de surgencias de las costas de Baja California.

Los primeros trabajos que incluyeron fraccionación de poblaciones fitoplanctónicas por clases de tamaños fueron los realizados por Zeitzschel (1970) sobre la relevancia de los cuatro grupos más importantes del fitoplancton en el aporte de carbono orgánico; y la investigación de Berman (1975) enfocada a la productividad primaria y biomasa del Golfo durante otoño, encontrando que el mayor aporte era

debido al grupo del nanofitoplancton. Sin embargo, estos autores no reportaron cuantitativamente la contribución de cada grupo.

Gilmartin y Revelante (1974) midieron la productividad y biomasa por grandes grupos taxonómicos en la parte sur y central del Golfo, incluyendo las lagunas costeras durante verano; ellos encontraron que los valores más altos se presentaron en la parte oriental, incrementándose de sur a norte, dominado casi siempre por el nanofitoplancton. Sin embargo, todos los trabajos antes descritos han basado sus estudios de clases de tamaño a partir de muestras preservadas.

Gaxiola Castro (1984) estudió la productividad primaria del Océano Pacífico Oriental y el Golfo de California durante enero y diciembre de 1981. Encontró que la producción dentro del Golfo (alrededor de las islas) fué de cuatro a cinco veces más alta que a latitudes similares en el Océano Pacífico, y en la boca el doble que en zonas templadas del Océano Pacífico.

Recientemente, Lara Lara et al (1984) describieron resultados de productividad y biomasa fitoplanctónica por clases de tamaño (nano y microfitoplancton) para marzo y octubre de 1983, durante el pasado evento de "El Niño" en la parte sur y central del Golfo de California. Ellos reportaron

altas tasas de productividad y encontraron que el mayor aporte fué debido al nanofitoplancton; contribuyendo significativamente el microfitoplancton sólo en la parte central del Golfo. Valdéz Holguín (1986) comparó las primaveras de 1983 y 1984, y encontró que la biomasa y productividad primaria del Golfo de California se incrementó durante el evento de "El Niño" con valores máximos de 4.4 y 4.3 $\text{gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$, respectivamente. El nanofitoplancton fue dominante en casi todas las estaciones, sólo en las zonas adyacentes a las grandes islas y frente a Guaymas, el microfitoplancton tuvo una contribución significativa. Dentro de este mismo programa de estudio, Lara Osorio (1987) estimó la biomasa y productividad primaria del golfo central en primavera de 1985, en condiciones posteriores al evento de "El Niño", encontrando una marcada disminución de éstas variables en comparación con las condiciones de 1983 y 1984.

I. 2. OBJETIVO.

El objetivo principal de éste trabajo es conocer la contribución del fitoplancton por clases de tamaño (nanofitoplancton, células $<20\mu\text{m}$ y microfitoplancton, células $>20\mu\text{m}$) a la biomasa y productividad del Golfo sur y central durante noviembre-diciembre de 1984, cuando el fenómeno de "El Niño" alcanzó la etapa de relajamiento.

II. MATERIALES Y METODOS.

II. 1. AREA DE ESTUDIO.

El Golfo de California es un largo y angosto mar interior de aproximadamente 1000 km de longitud y entre 100 y 200 km de ancho. Se encuentra localizado entre los 23 y 32° de latitud norte y está orientado de noroeste a sureste (Roden, 1958). Limitado por la Península de Baja California en el oeste, y por el continente con los estados de Sonora y Sinaloa en el este (Roden, 1958). En su parte sur tiene comunicación abierta con el Océano Pacífico (Gilbert y Allen, 1943) (Fig. 1).

El Golfo posee una batimetría extremadamente variable, la cuál juega un papel importante en los procesos de circulación. Se divide en dos principales provincias fisiográficas y oceanográficas: el alto y bajo golfo; las cuales están separadas por un grupo de islas a los 29° LN (Badán et al., 1985). El alto golfo en su mayoría es somero, la región más profunda se encuentra alrededor de la isla Angel de la Guarda, y se caracteriza por presentar fuertes corrientes de convección y de marea (Roden, 1958; Badán et al., 1985). El bajo golfo está formado por una serie de cuencas y trincheras (Shepard, 1950) cuyas profundidades aumentan

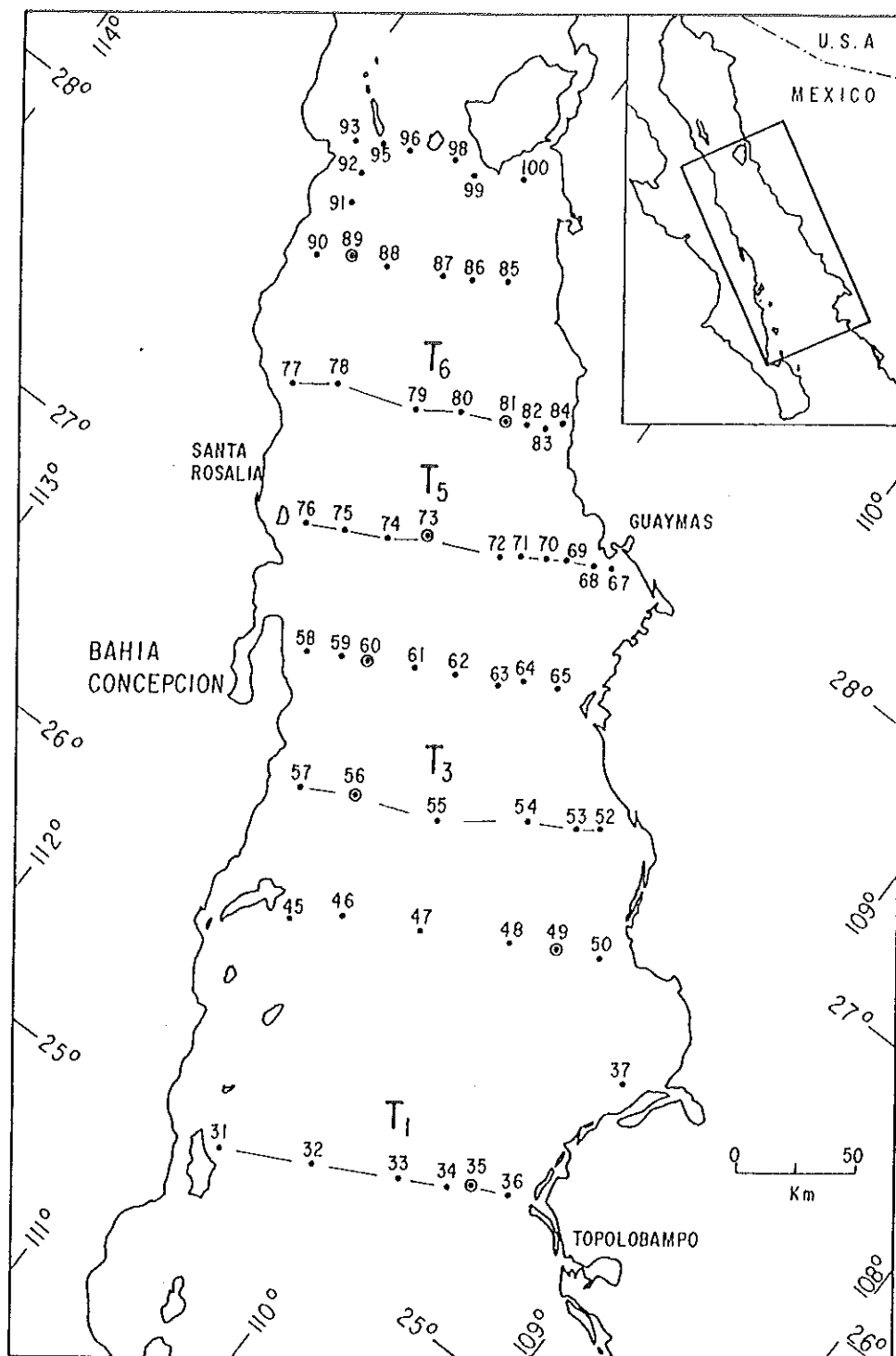


Figura 1. Localización de las estaciones muestreadas en el Golfo de California, durante otoño de 1984. Experimentos de productividad primaria (⊙); T1 a T6 transectos para isogramas de temperatura y clorofila *a*.

progresivamente de alrededor de 2000 m en el centro de la cuenca de Guaymas a profundidades de 3000 m en la boca del Golfo.

La circulación superficial de corrientes está asociada principalmente a la circulación atmosférica, la cuál a su vez varía a través de ciclos anuales debido a los fuertes cambios y posiciones de los sistemas de vientos ecuatoriales y giros del Pacífico Norte (Wirtki, 1966). El patrón de primavera consiste de un fuerte giro del Pacífico Norte, con una propagación de agua de la corriente de California hacia la entrada del Golfo y un debilitamiento del sistema ecuatorial hacia el sur. El patrón de otoño muestra un debilitamiento del giro del Pacífico Norte y una fuerte propagación hacia el norte, a la entrada del Golfo, de la Contracorriente Nor-Ecuatorial y el desarrollo de la Corriente de Costa Rica (Wirtki, 1966).

La influencia del clima continental, casi desértico, sobre el Golfo hace que sea la única cuenca de evaporación en el Pacífico (Roden, 1958), siendo la evaporación un proceso importante en la generación de masas de agua (Sverdrup, 1941). Roden (1958), Roden y Groves (1959) y Warsh et al (1972) afirman que las masas de agua de origen Ecuatorial y de la Corriente de California que entran al Golfo, son alteradas

debido a la intensa radiación y evaporación incrementando sus salinidades para posteriormente convertirse en aguas típicas del Golfo.

La intensa fuerza del viento, marea y evaporación, aunado a la variable topografía, generan procesos dinámicos dentro del Golfo que son de gran importancia para los procesos biológicos.

II. 2. METODOLOGIA.

Entre el 25 de noviembre y el 14 de diciembre de 1984, se realizó un crucero oceanográfico a bordo del B/O "El Puma" en la parte sur y central del Golfo de California; durante el cuál se efectuaron lances hidrográficos y de CTD (Fig. 1) para la obtención de datos de salinidad y temperatura.

En siete estaciones hidrográficas (Fig. 1, Apéndice AI) se obtuvieron muestras para realizar experimentos de asimilación de ^{14}C (Steemann Nielsen, 1952) y evaluar la productividad primaria. Se muestreó a profundidades correspondientes al 100, 50, 25, 10 y 1% de la irradiancia superficial, medida mediante un fotómetro submarino Khalsico (modelo 268-WA310). Se tomaron muestras por duplicado para cada nivel de luz, las cuales representaron la densidad total de la población fitoplanctónica, así como la correspondiente a la fracción del nanofitoplancton obtenida mediante tamizado a través de una malla Nitex de $20\mu\text{m}$ de luz. Para la incubación se utilizaron botellas de vidrio de 125 ml de capacidad y se inocularon con $1\mu\text{Ci}$ de $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$. Las muestras se colocaron en un incubador a bordo, el cuál consistió de 5 tubos de acrílico cubiertos con mallas de Nylon para reproducir las diferentes irradiancias a las cuáles se tomaron las muestras. Se mantuvo un flujo continuo de agua para controlar la

temperatura de los tubos y evitar el calentamiento. La duración del tiempo de incubación fué de aproximadamente 2 horas, realizándose durante el período de máxima irradiancia incidente, alrededor de mediodía. Posteriormente las muestras se filtraron utilizando filtros millipore de $0.45\mu\text{m}$ de poro y 2.5 cm de diámetro, los cuales se pasaron por vapores de HCl concentrado para liberar el ^{14}C que no fué asimilado por las células. Los filtros se colocaron en frascos de centelleo y se congelaron. Para realizar los conteos de radiaciones beta, se agregó a cada muestra 10 ml del solvente Beta-phase, las actividades se determinaron mediante el uso de un contador de centelleo líquido Beckman modelo LS-100C. Los cálculos de carbono asimilado se hicieron de acuerdo al método descrito por Strickland y Parsons (1972).

Para cada nivel, se tomaron además muestras para el análisis de clorofila a, pH, alcalinidad y nutrientes (NO_3 , NO_2 , PO_4 y SiO_2).

Para el análisis del contenido de clorofila a se realizaron filtraciones por duplicado para la muestra total y la menor de $20\mu\text{m}$, la cuál correspondió a la fracción del nanofitoplancton, obtenida mediante tamizado a través de una malla Nitex de $20\mu\text{m}$ utilizando filtros GF/C de $1.2\mu\text{m}$ de poro y 2.5 cm de diámetro. Se filtró un volumen total de 150 ml y posteriormente se agregó MgCO_3 al 1% para preservar las

muestras y minimizar la degradación de pigmentos. Los filtros se congelaron por separado en completa oscuridad y posteriormente se analizaron en el laboratorio mediante un Fluorómetro Turner modelo 111, de acuerdo a la técnica fluorimétrica descrita por Yentsch y Menzel (1963).

El análisis de pH y alcalinidad para calcular el contenido de C^{12} presente en las muestras se realizó mediante la utilización de un potenciómetro Orión, modelo 611.

Para el análisis de nutrientes inorgánicos (nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos) se utilizó un Autoanalizador Scientific, modelo CFA-200 de acuerdo a la técnica descrita por Atlas et al. (1971).

Se tomaron además muestras en 29 estaciones para analizar el contenido de clorofila a y sus feopigmentos por fracciones a profundidades estandar de 0, 10, 20, 30, 50, 75 y 100 metros. Para el análisis se siguió básicamente el método fluorimétrico antes descrito. En este trabajo, sin embargo, se presentan las contribuciones por fracción de tamaños, solo en las 7 estaciones donde se realizaron experimentos de productividad primaria. Para el resto de estaciones solo se utilizó el contenido de clorofila a total, con las cuales se generaron distribuciones superficiales e isogramas.

La contribución a la productividad primaria y al contenido de clorofila a debida al microfitoplancton ($>20\mu\text{m}$) se obtuvo mediante la diferencia entre los valores totales y los correspondientes al nanofitoplancton.

El análisis de datos se realizó utilizando programas de computación, primero para obtener los valores de productividad primaria y biomasa fitoplanctónica expresados como: $\text{mgC.m}^{-3}.\text{h}^{-1}$ y $\text{mgCl}_a.\text{m}^{-3}$, con los cuáles se generaron perfiles verticales. Posteriormente, estos valores se integraron a través de la zona eufótica para expresar ambas variables como: productividad diaria integrada ($\text{mgC.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$) y clorofila integrada ($\text{mgCl}_a.\text{m}^{-2}$), ésto con el objeto de hacer comparaciones con otras épocas y otros ecosistemas.

III. RESULTADOS.

III. 1. Distribución superficial de temperatura, salinidad y clorofila a

La distribución superficial de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) se muestra en la figura 2. En general, se observó una disminución en la temperatura de sur a norte. El valor máximo (24.16°C) se registró en la parte sur del Golfo (cerca de Topolobampo) y la mínima (16°C) en la región central cerca de la Isla Tiburón. Se observa claramente un fuerte gradiente de la temperatura en la costa este, con aguas más frías ($<19^{\circ}\text{C}$) en la zona costera, desde los 27 hasta los 29° de latitud norte, que las estaciones centrales del Golfo. Las isotermas de 17 a 19°C mostraron un desplazamiento en forma de cuña en dirección sur.

La distribución superficial de salinidad ($^{\circ}/_{00}$) (Fig. 3) tuvo un comportamiento similar a la distribución superficial de temperatura, registrándose valores altos en las regiones adyacentes a la Península de B.C., mientras que en la región del continente se registraron valores bajos. En general, la salinidad aumentó de sur a norte. Los valores variaron de $35.10^{\circ}/_{00}$ en la región más al sur del Golfo (cerca de Topolobampo) a $35.50^{\circ}/_{00}$ alrededor de Bahía Concepción. Las isohalinas mostraron curvas suaves que tendieron a ser casi

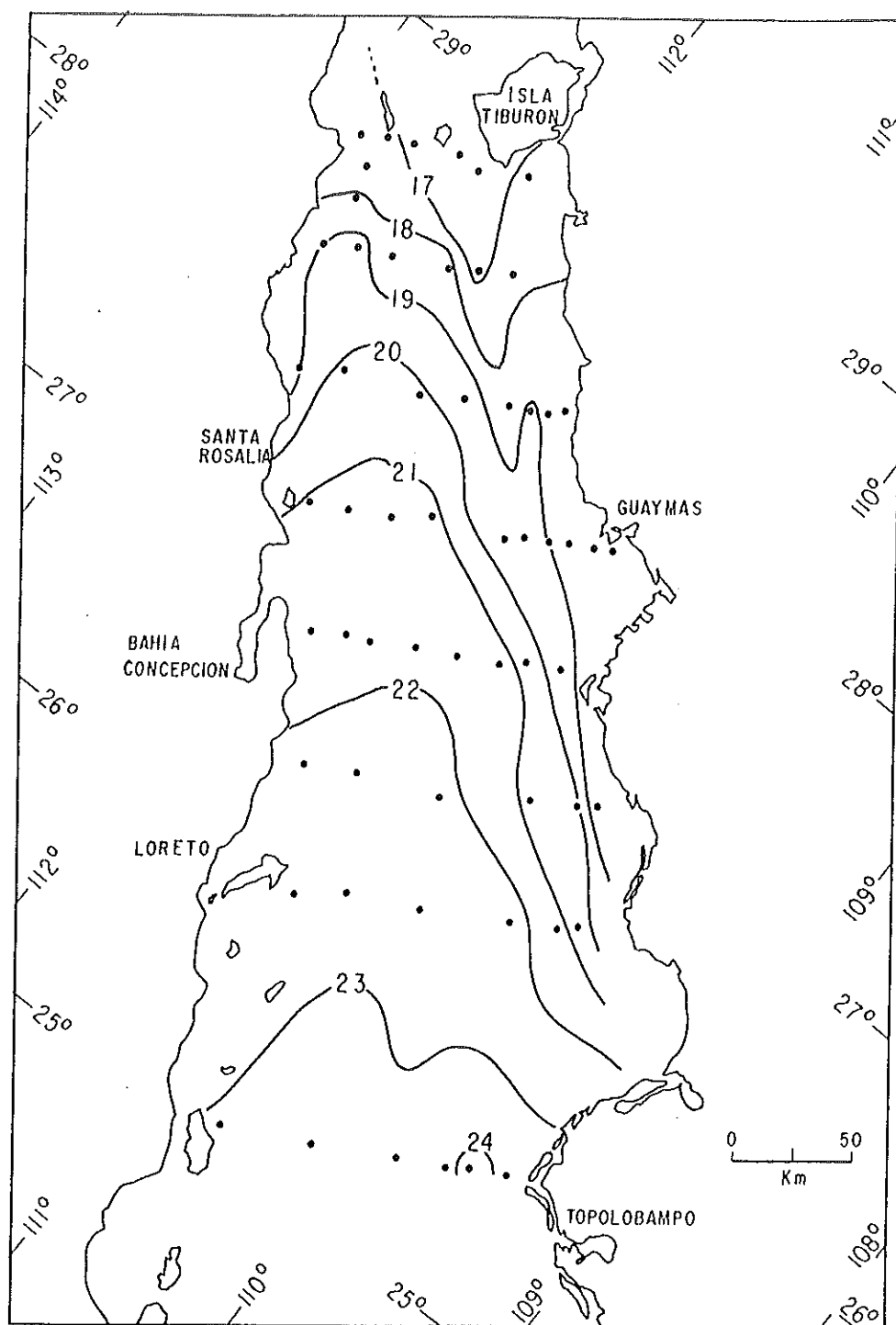


Figura 2. Distribución superficial de temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

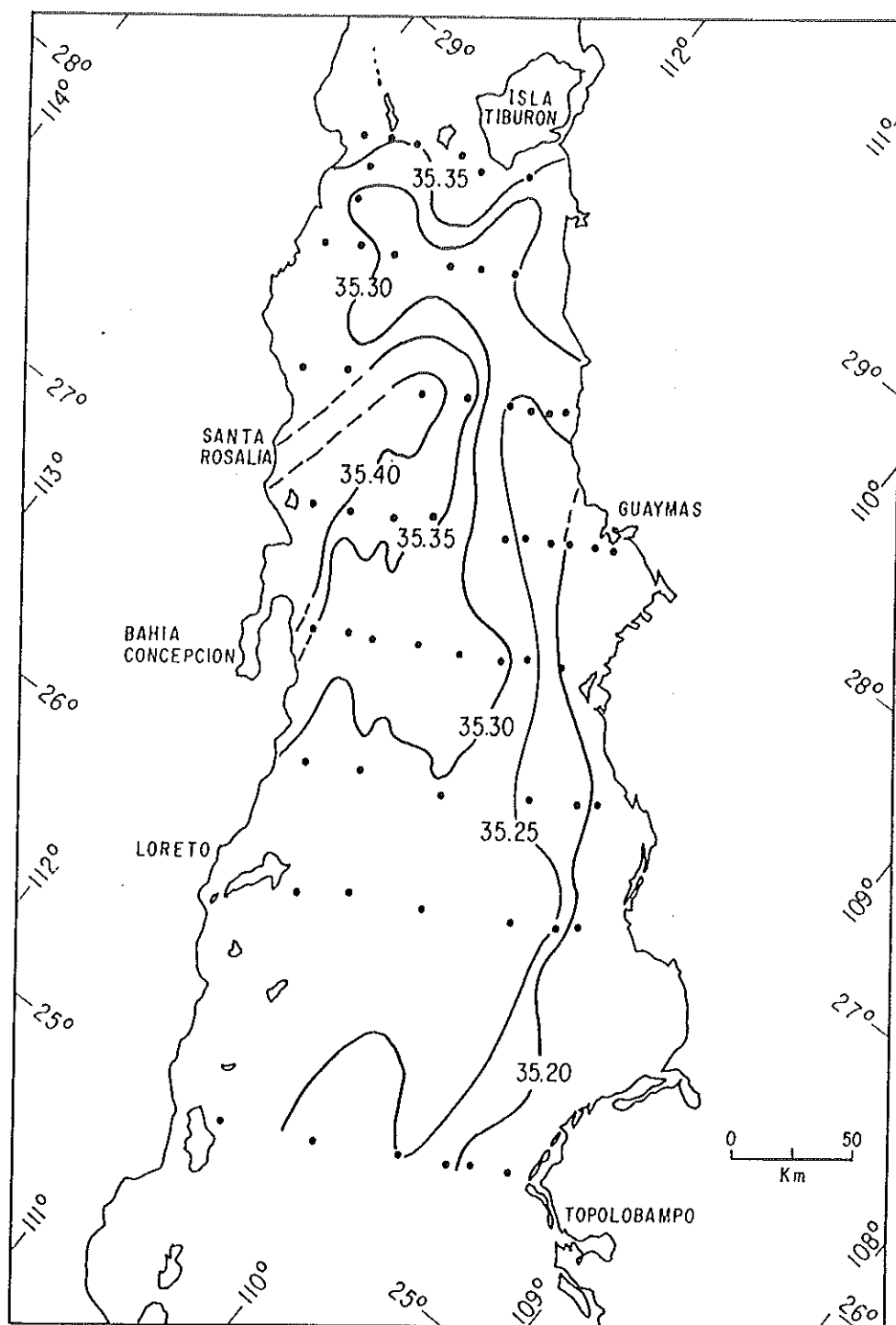


Figura 3. Distribución superficial de salinidad (‰).

paralelas a las costas, principalmente las isohalinas de 35.20 y 35.25⁰/00, las cuales se presentaron, cercanas a las costas de Sonora, proyectándose hacia las estaciones más al sur. Las líneas de mayor salinidad (35.3 a 35.4⁰/00) se distribuyeron hacia el centro del Golfo y la región de B.C. (arriba de los 26⁰ de latitud norte).

La distribución de la clorofila a superficial (Fig. 4) muestra un incremento en la concentración de sur a norte, registrándose concentraciones bajas en gran parte de la región sur del Golfo (0.25 a 0.56 mgCla.m⁻³) las cuales tendieron a disminuir hacia las costas de Baja California y Sonora. Las concentraciones más altas (1.5 mgCla.m⁻³) se registraron en estaciones cercanas a la costa oeste del Golfo, entre Bahía Concepción y Loreto (región sur, <27⁰N). Para la región central (>27⁰N), la concentración de clorofila a mostró una clara tendencia a incrementarse hacia estaciones al norte, observándose una distribución de las isolíneas en forma de abanico que se extiendieron de oeste a este con valores desde 0.19 a 0.98 mgCla.m⁻³, registrándose concentraciones más altas en la región al norte de Guaymas.

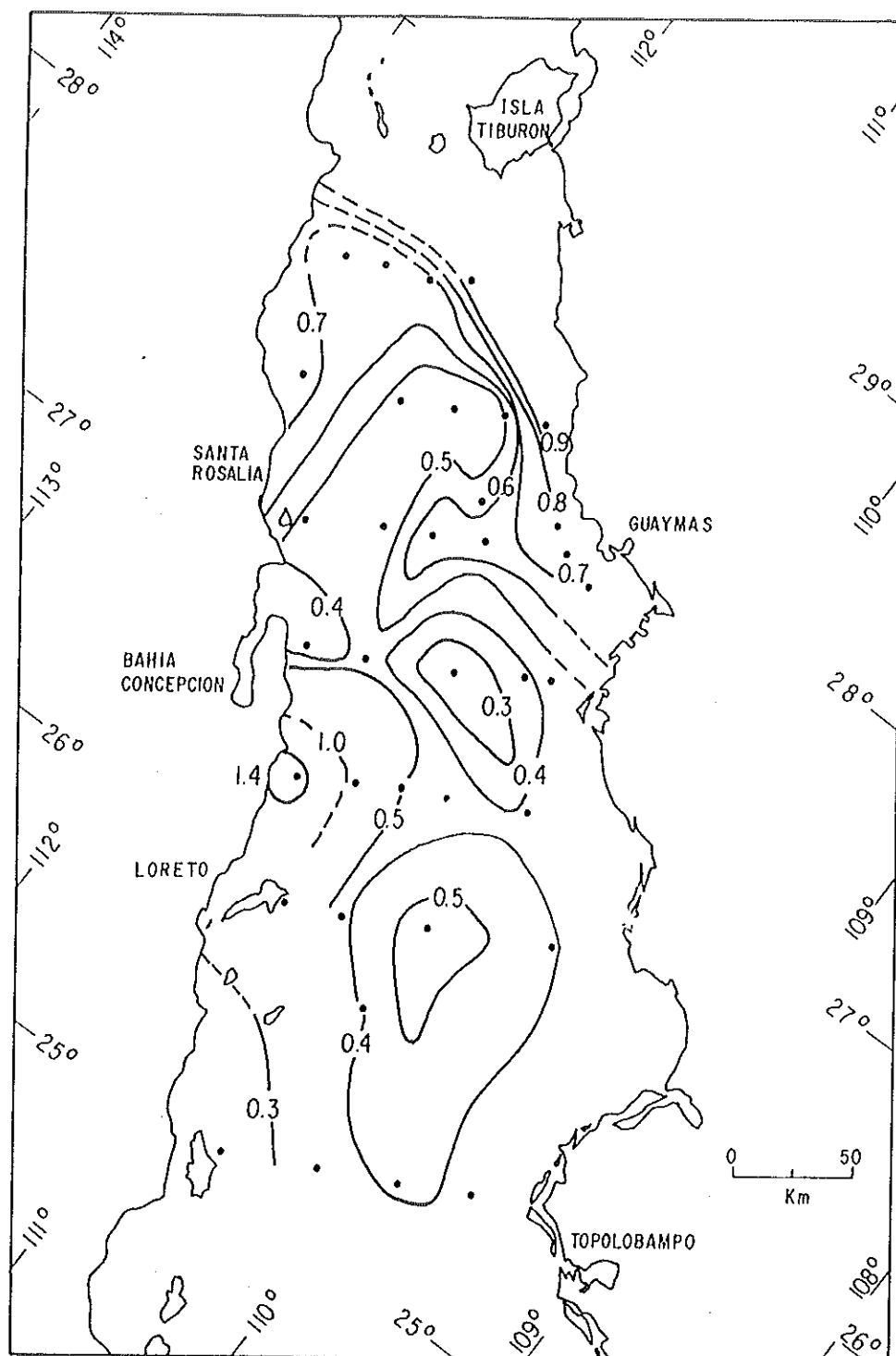


Figura 4. Distribución superficial del contenido de clorofila a total (mg.m⁻³).

III. 2. Isogramas de Temperatura y Clorofila a.

La distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en los transectos 1, 3, 5 y 6 (Ver fig. 1 para localización) a través del Golfo, son mostrados en las figuras 5 y 6. En general, Las isolíneas mostraron una clara elevación hacia las estaciones del este del Golfo, observándose valores de temperatura más altos en los transectos 1 y 3 (Región sur) y bajos en los transectos 5 y 6 (Región central).

El transecto 1 (Fig. 5a), registró temperaturas más elevadas (rango de 24.18 a 14.71 $^{\circ}\text{C}$). Los máximos valores se presentaron en las estaciones de la costa este del Golfo. Las isolíneas de 23 y 23.5 $^{\circ}\text{C}$ mostraron elevaciones hacia las estaciones del centro y cercanas a la costa de Baja California. Las isotermas de 22 a 16 $^{\circ}\text{C}$, presentaron una ligera elevación en las estaciones adyacentes a las costas de Sonora y Sinaloa.

En los transectos 3 (Fig. 5b) y 5 (Fig. 6a), se registraron rangos de temperatura de 21.5 a 15.77 $^{\circ}\text{C}$ y de 21.5 a 13.85 $^{\circ}\text{C}$ respectivamente. En estos dos transectos, a diferencia del primero, se puede observar una fuerte elevación de todas las isotermas hacia las estaciones del centro y este del Golfo de California. En el transecto 5, se observa además

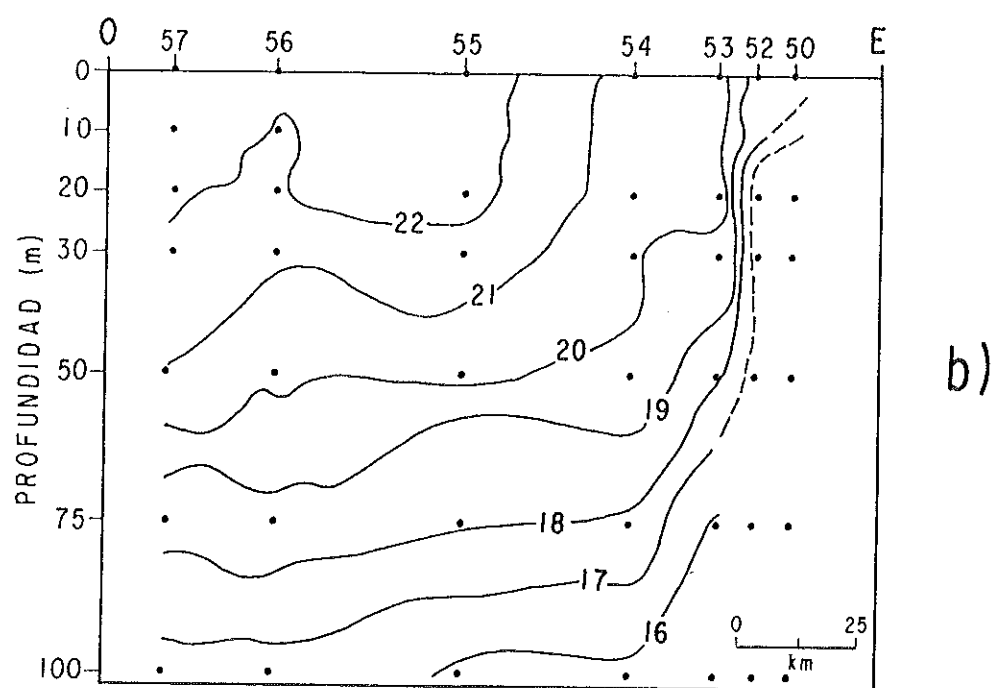
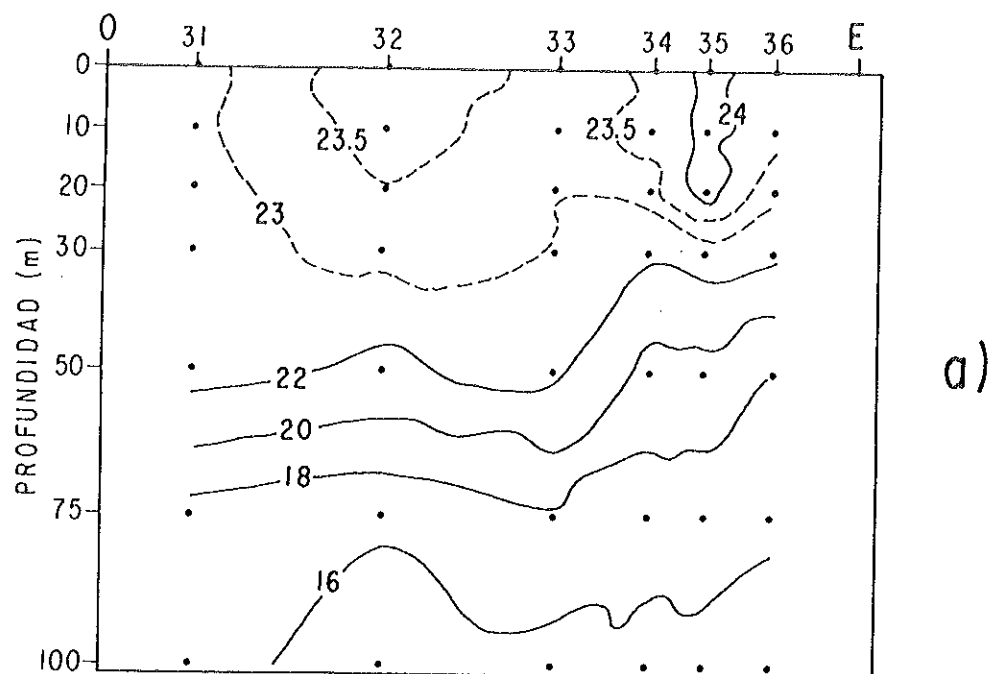


Figura 5. Isogramas de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) a través del Golfo de California. a) transecto 1. b) transecto 3.

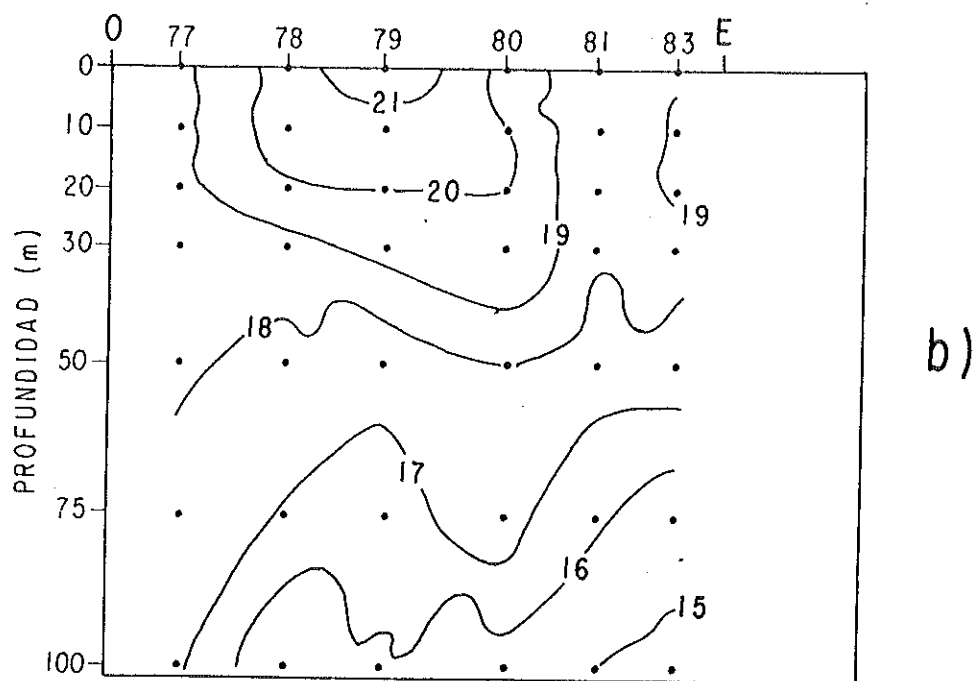
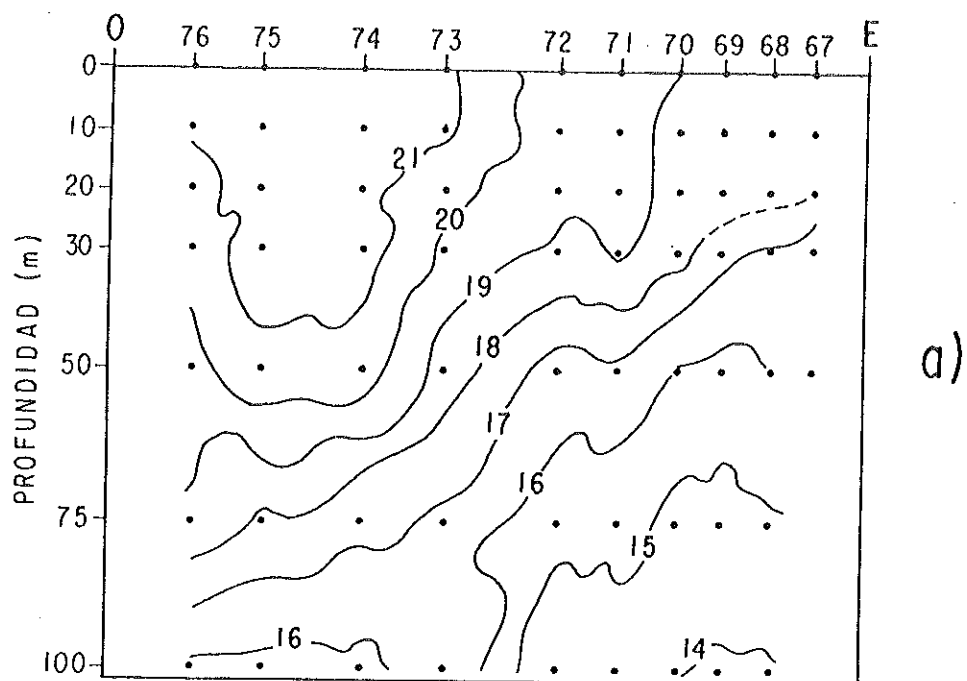


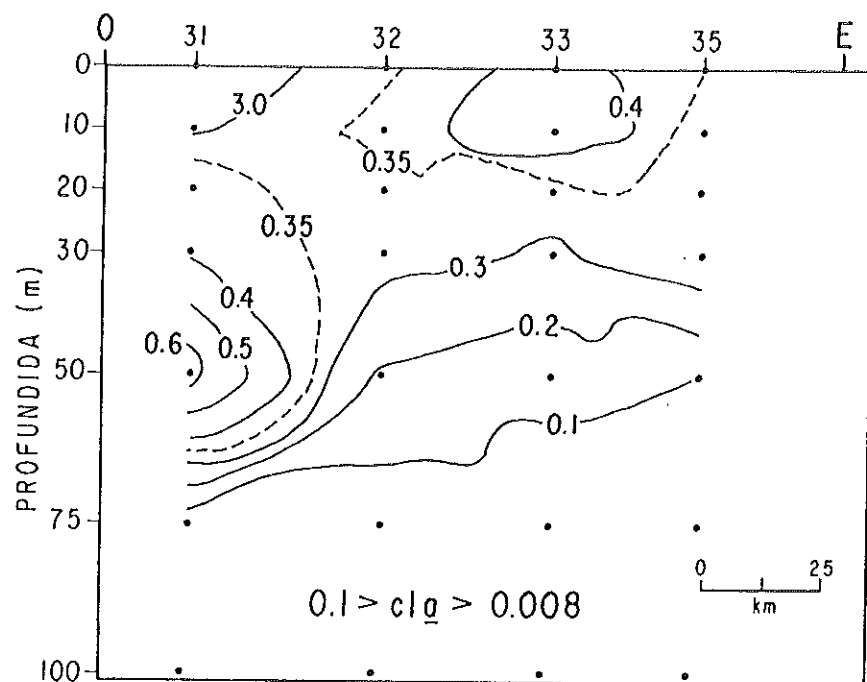
Figura 6. Isogramas de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) a través del Golfo de California. a) transecto 5. b) transecto 6.

una ligera elevación de las isotermas de 20 y 21 °C en los primeros 50 metros de profundidad para las estaciones cercanas a Baja California.

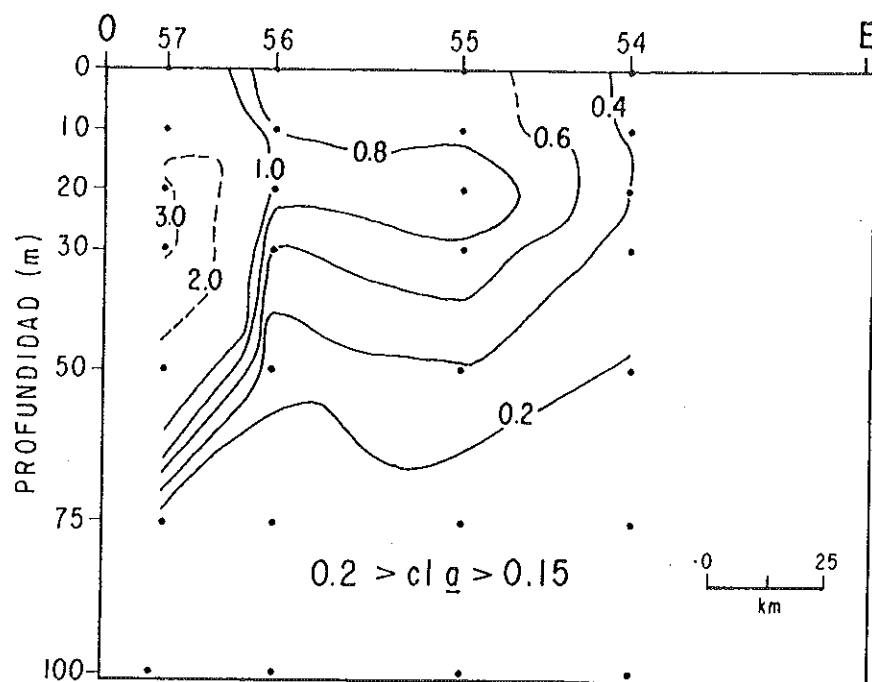
El transecto 6 (Fig. 6b) al igual que el 5, presentó temperaturas más bajas que el resto de los transectos. El rango de temperatura fué de 22.2 a 14.69 °C en los primeros 40 metros. Las isotermas de 19 y 20 °C se elevaron marcadamente hacia ambas costas del Golfo, el resto de las isotermas (15 a 18 °C) solo presentaron una ligera elevación hacia las estaciones de la costa este del Golfo (Estaciones. 80, 81 y 83).

Los isogramas de temperatura (Figs. 5 y 6) concuerdan claramente con la distribución superficial temperatura (Fig. 2) encontrando en general aguas más frías en las costas de Sonora y Sinaloa que en las de Baja California, a excepción de algunas estaciones del transecto 1 (Fig. 5a).

Las distribuciones verticales de clorofila a por transectos son mostrados en las figuras 7 y 8. El comportamiento de la clorofila a para los transectos 1 y 3 (región sur) fué muy similar, aunque las concentraciones más bajas se registraron en el transecto 1. Ambos presentaron agregaciones en la costa de Baja California con máximos subsuperficiales, los valores de clorofila superficial para



a)



b)

Figura 7. Isogramas de clorofila *a* total (mg.m⁻³) a través del Golfo de California. a) transecto 1, b) transecto 3.

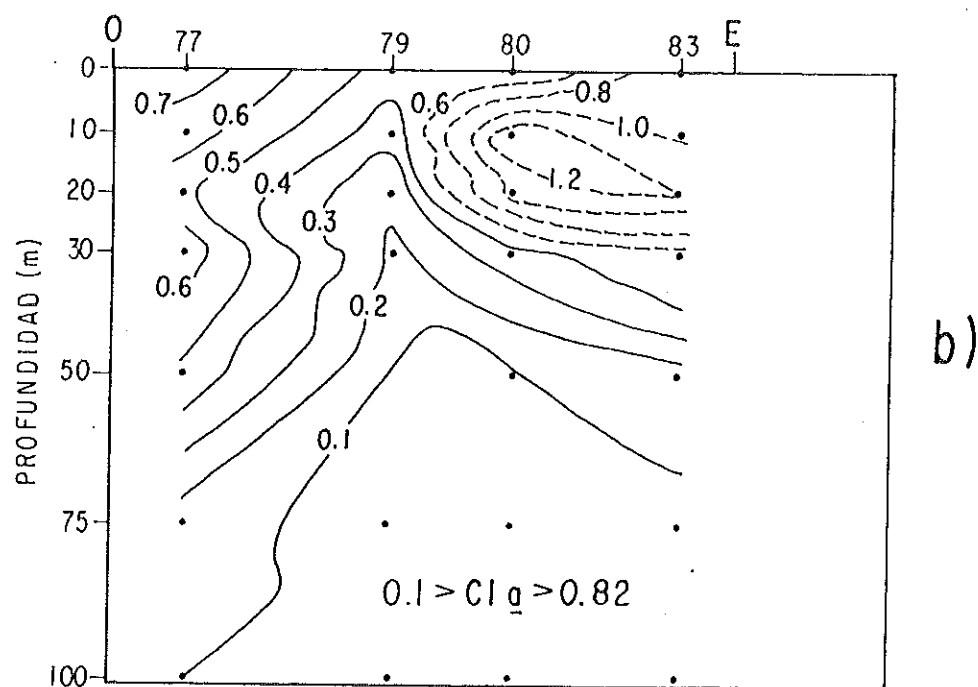
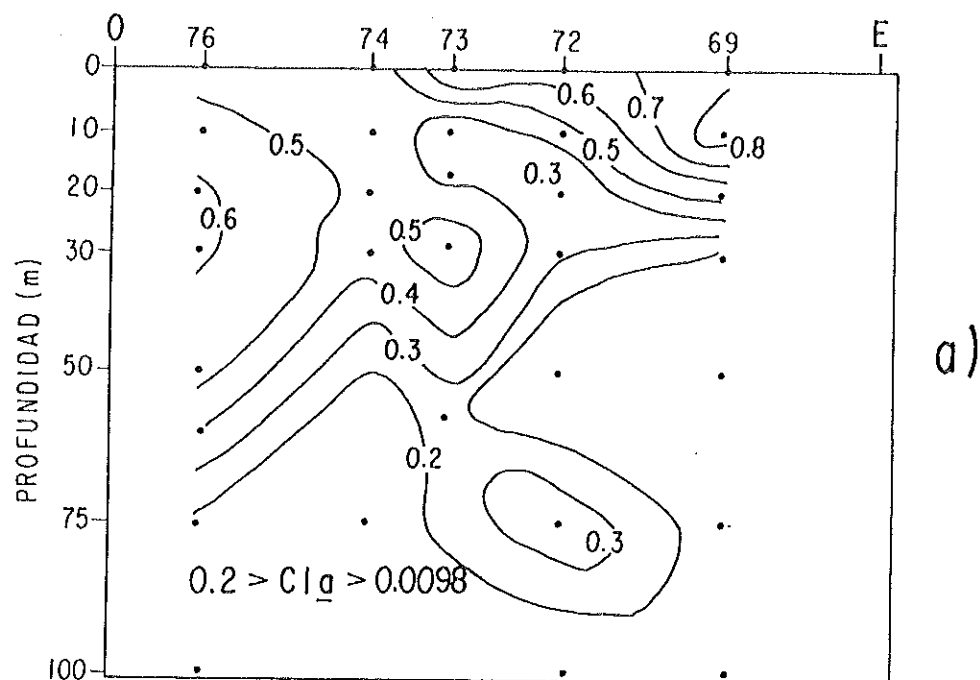


Figura 8. Isogramas de clorofila a total ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$) a través del Golfo de California. a) transecto 5, b) transecto 6.

las estaciones de la costa este fueron menores. En el transecto 1, se observó la concentración máxima ($0.65 \text{ mgCl}_a.\text{m}^{-3}$) a 50 metros de profundidad, mientras que en el transecto 2, el máximo ($3.1 \text{ mgCl}_a.\text{m}^{-3}$) se encontró a 20 y 30 metros de profundidad.

Las concentraciones de clorofila a para los transectos 5 y 6 (región central) presentaron un comportamiento contrario a los transectos 1 y 3. Las concentraciones más altas se encontraron en las estaciones de la costa este del Golfo, presentando también, máximos subsuperficiales. En el transecto 5, la concentración máxima ($0.88 \text{ mgCl}_a.\text{m}^{-3}$) se registró a los 10 metros de profundidad. En el transecto 6 el máximo ($1.36 \text{ mgCl}_a.\text{m}^{-3}$) también se registró a los 10 metros.

En la superficie se registraron valores bajos, los cuales fueron ligeramente mayores en la costa este que la costa oeste del Golfo. En esta región, a diferencia de la región sur, se observaron concentraciones más homogéneas. El comportamiento superficial de la clorofila a (Fig. 4) en general mostró una tendencia similar a la observada en las figuras 7 y 8, encontrando bajas concentraciones en las estaciones más al sur del Golfo, concentraciones más altas

en las estaciones 56 y 60 (región sur) y valores de clorofila a con cambios menos marcados en la región central.

III. 3. Distribuciones Verticales de temperatura,
salinidad, nutrientes, clorofila a y
productividad primaria.

La figura 9 muestra la distribución vertical de salinidad y temperatura para las estaciones donde se realizaron experimentos de productividad primaria (ver Fig. 1).

La salinidad varió de 35.10 a 35.38⁰/00. En general, presentó una ligera disminución con la profundidad. La salinidad superficial aumentó de sur a norte de 35.10⁰/00 en la estación 35 a 35.35⁰/00 en la estación 73. Sin embargo, la estación 81 presentó una ligera disminución en la salinidad superficial a 35.24⁰/00 (Fig. 9).

La temperatura tuvo un intervalo de 18.74 a 22.28 °C presentando cambios marcados con la profundidad. Se registraron termoclinas muy desarrolladas para las estaciones 35 y 60 y más ligeras para las estaciones 49, 56, 73 y 81. Las primeras cuatro estaciones (35 a la 60) presentaron una capa de mezcla muy definida de 20 m de profundidad, mientras que en las estaciones 81 y 89, la profundidad de la capa de mezcla se incrementó, observándose a profundidades hasta de 40 metros (Fig. 9).

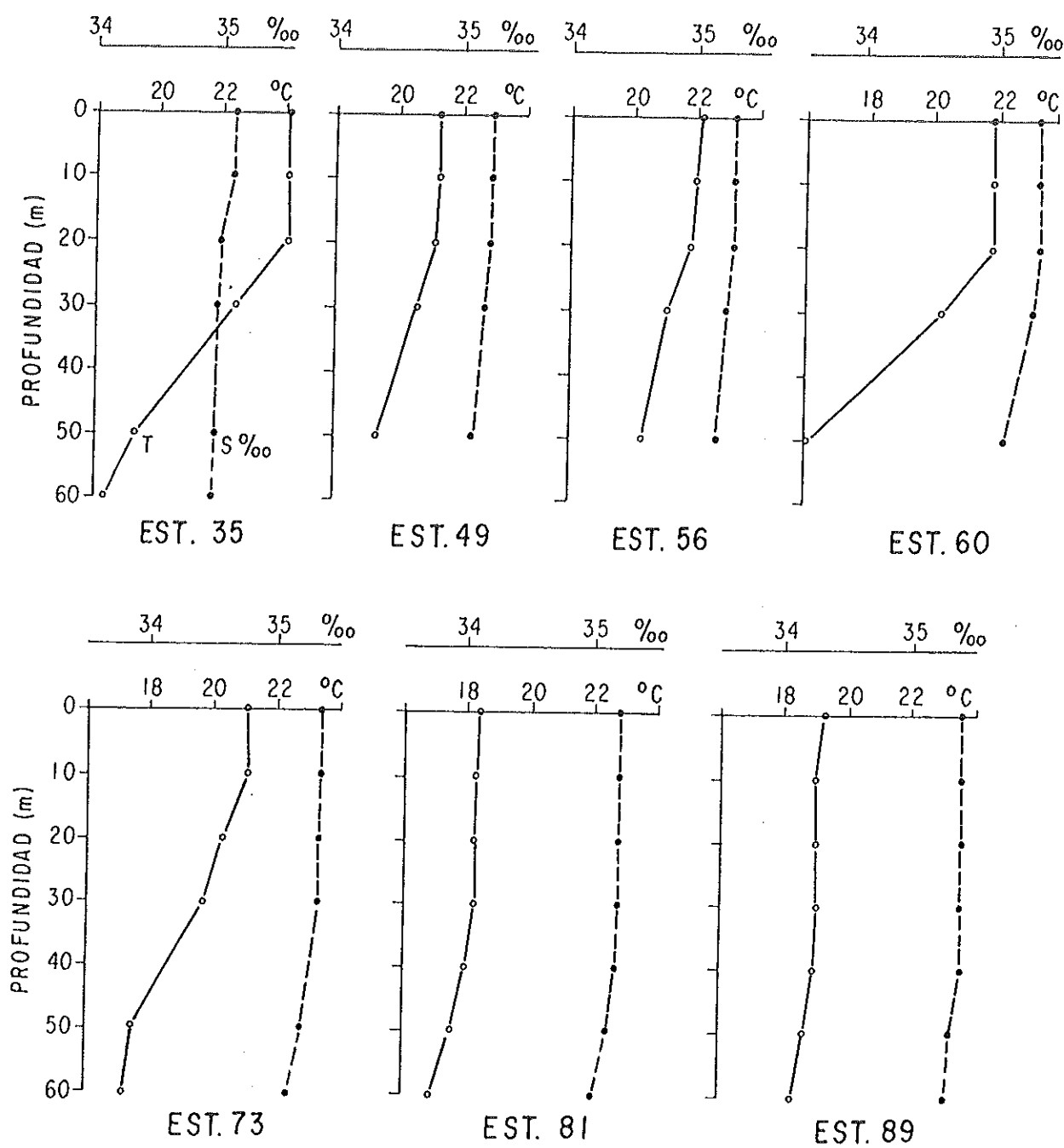


Figura 9. Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y salinidad ($^{\circ}/_{00}$).

Las concentraciones de fosfatos (Fig. 10) variaron con la profundidad, registrandose los máximos valores en el límite de la zona eufótica (máxima profundidad muestreada) para las primeras cinco estaciones (35 a la 73) mientras que en las estaciones 81 y 89 los máximos ocurrieron a 8 metros y en superficie, respectivamente. Las estaciones 35 y 60 registraron una fuerte nutriclina al 1 % de I_0 , en correspondencia a una termoclina bien desarrollada (Fig. 9). La concentración más baja ($0.28 \mu\text{M}$) se registró en la estación 35, mientras que las concentraciones máximas ($1.68 \mu\text{M}$) se presentaron en las estaciones 60 y 81, respectivamente. En general, se observó un ligero aumento en la concentración de fosfatos de sur a norte (Fig. 10).

Las concentraciones de nitratos (Fig. 11) presentaron una distribución similar a los fosfatos, aumentando su concentración de sur a norte. Las primeras cinco estaciones (35 a la 73) presentaron concentraciones más altas en el límite de la zona eufótica que en la superficie, mientras que en las estaciones 81 y 89 los máximos ocurrieron en la superficie. La concentración de nitratos en las estaciones 35 y 60 presentaron al igual que los fosfatos (Fig. 10), una nutriclina bien desarrollada en correspondencia con la termoclina (Fig. 9). En la estación 35 no se detectaron

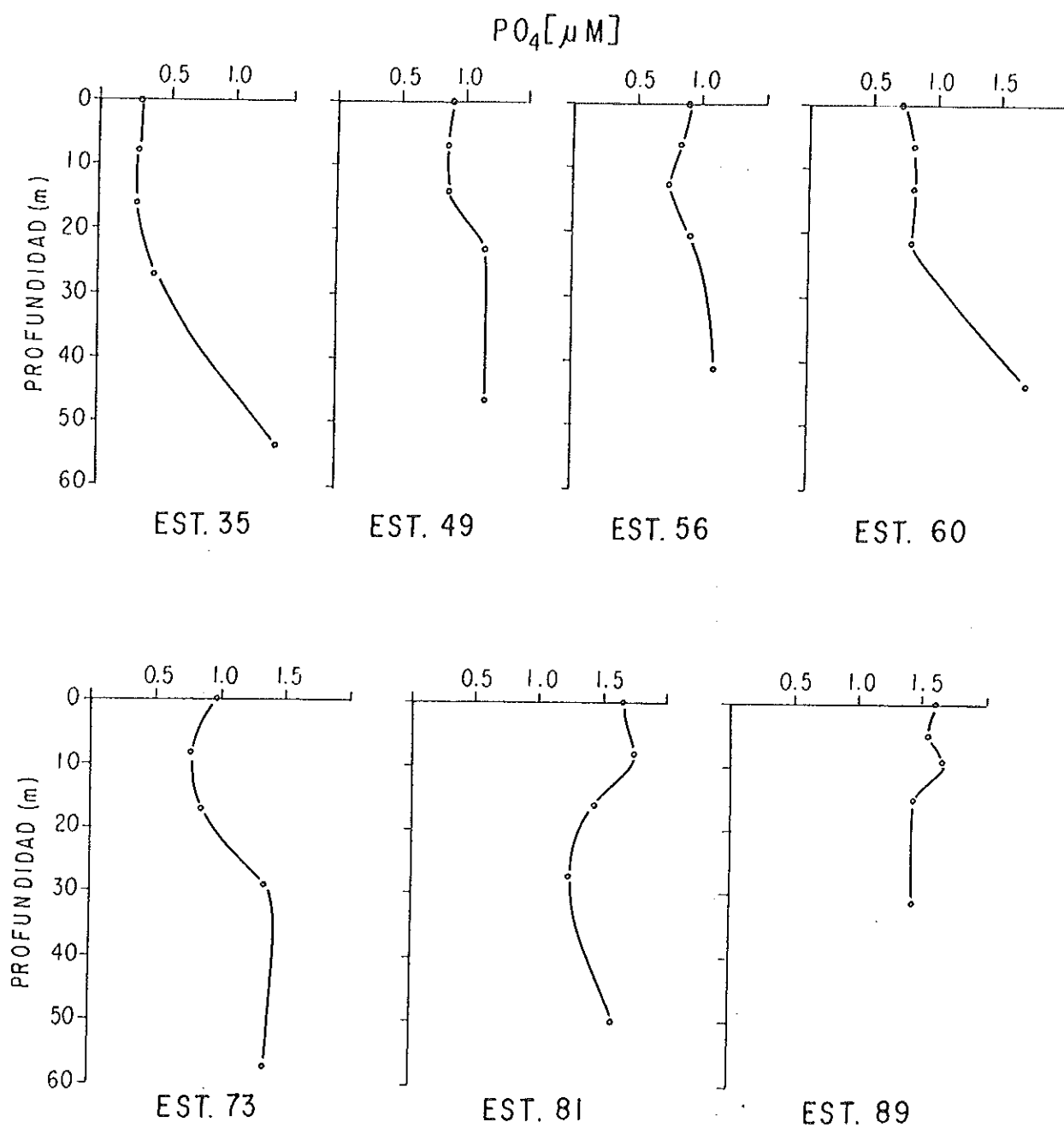


Figura 10. Distribución vertical de fosfatos (μM).

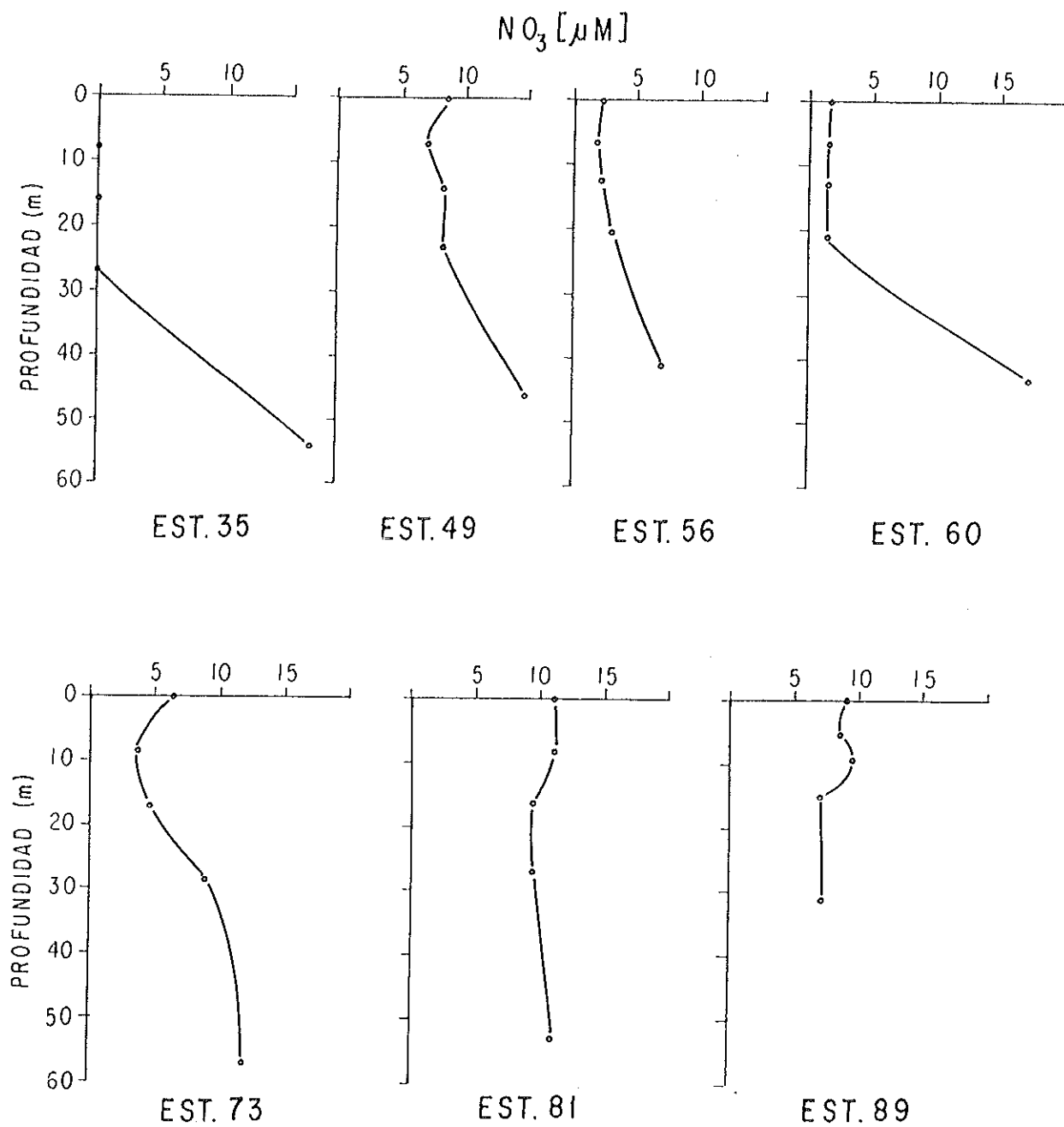


Figura 11. Distribución vertical de nitratos (μM).

concentraciones de nitratos en los primeros 27 m de profundidad, mientras que la máxima concentración ($17.4 \mu\text{M}$) se registró en la estación 60 (Fig. 11).

Las concentraciones de nitritos (Fig. 12) presentaron un comportamiento más irregular que los demás nutrientes. Sin embargo, manteniendo la tendencia de aumentar de sur a norte. Las estaciones 35, 56, 60, 73 y 89 presentaron las concentraciones más altas en el límite de la zona eufótica, mientras que las estaciones 49 y 81 presentaron sus máximas concentraciones en la superficie. La concentración mínima ($0.023 \mu\text{M}$) se registró en la estación 35, mientras que la concentración máxima ($1.15 \mu\text{M}$) se observó en la estación 89.

Las concentraciones de silicatos (Fig. 13) mostraron un comportamiento similar a los fosfatos y nitratos (Fig. 10 y 11). Las primeras cinco estaciones (35 a la 73) presentaron concentraciones más altas en el fondo que en la superficie, mientras que las estaciones 81 y 89 registraron sus máximas concentraciones en la superficie. La concentración de silicatos en las estaciones 35 y 60 presentaron al igual que los fosfatos y nitratos (Fig. 10 y 11), una fuerte nutriclina en correspondencia con la termoclina (Fig. 9). La concentración más baja ($5.0 \mu\text{M}$) se registró en la estación 35 mientras que la concentración máxima ($34.3 \mu\text{M}$) se presentó en la estación 60.

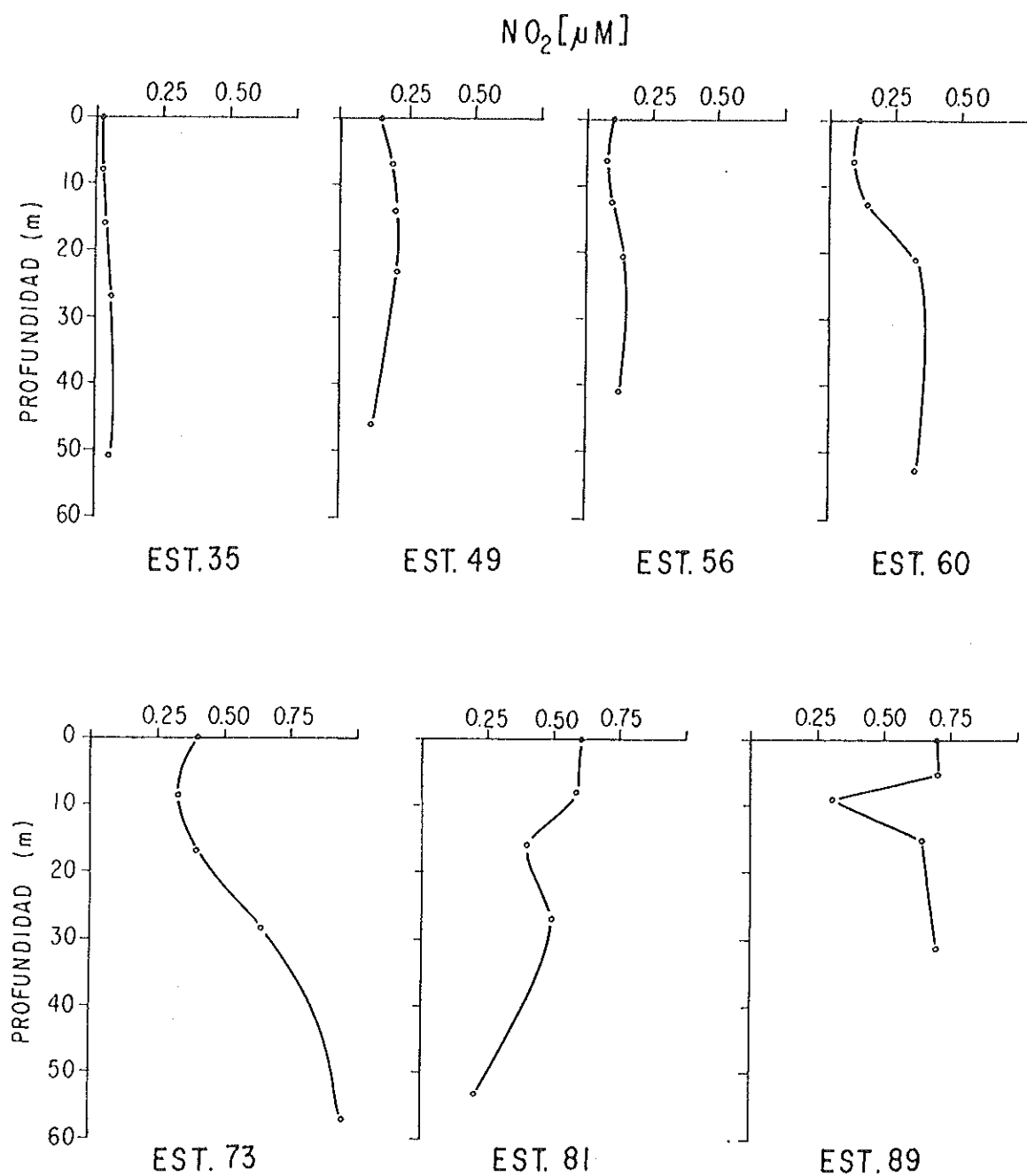


Figura 12. Distribución vertical de nitritos (μM).

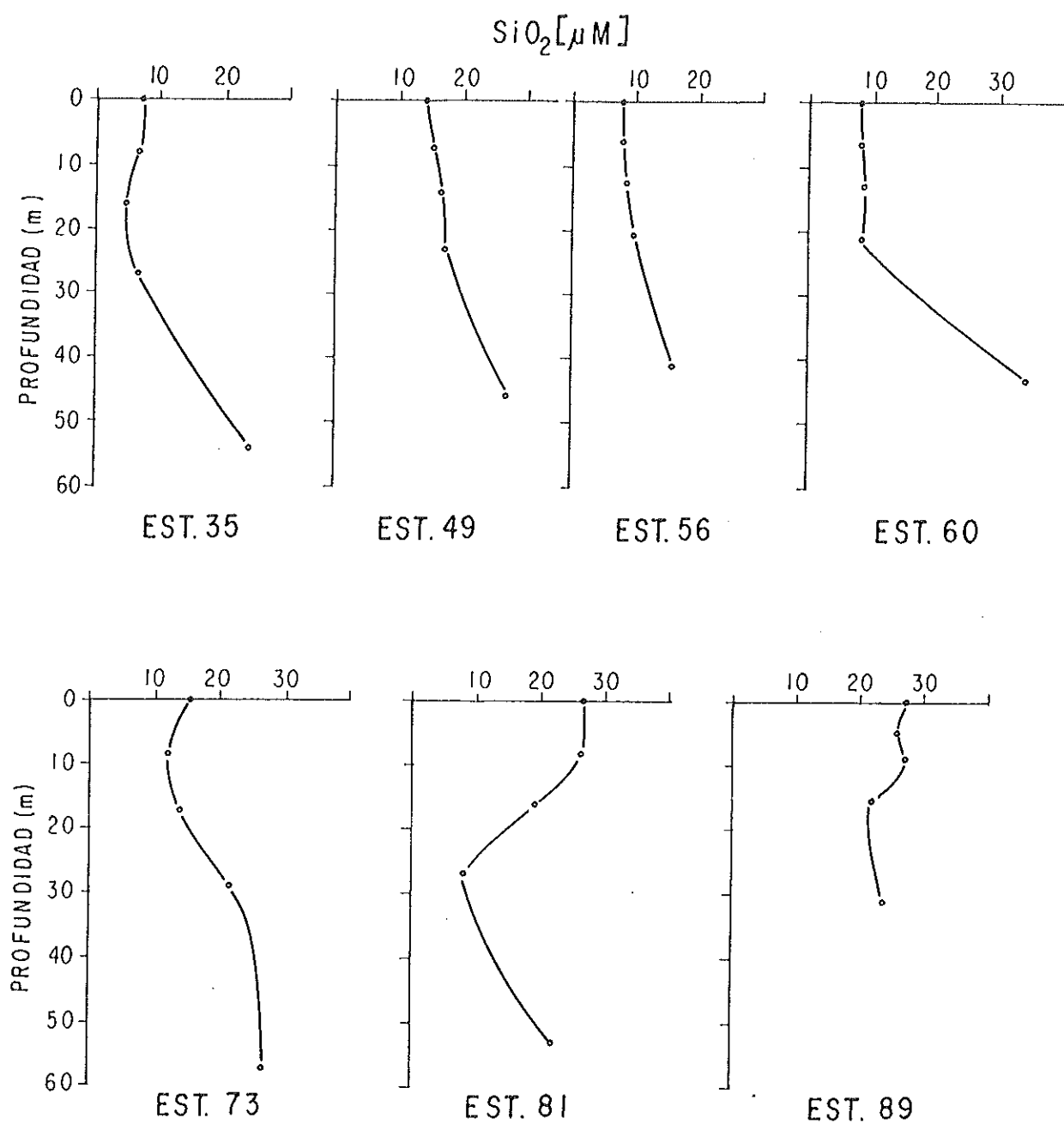


Figura 13. Distribución vertical de silicatos (μM).

En general, las máximas concentraciones para todos los nutrientes, se presentaron a la profundidad del 1% de I_0 para las estaciones 35, 49, 56, 60 y 73, mientras que para las estaciones 81 y 89 se registraron en la superficie, a excepción de los nitritos en la estación 89 donde las concentraciones más altas se registraron a la profundidad del 1% de I_0 .

La distribución vertical de la clorofila a total (Fig. 14), registró variaciones con la profundidad en todas las estaciones, las cuáles en general, presentaron máximos subsuperficiales. Se observó una ligera tendencia de aumento en la concentración de clorofila a de sur a norte. La máxima concentración de clorofila a (1.21 mg.m^{-3}) se registró en la estación 56 al 10% de I_0 , mientras que la mínima ($0.049 \text{ mgCl}_a.\text{m}^{-3}$) se registró en la estación 60 al 1% I_0 .

La concentración de clorofila a por fracciones de tamaño, también presentó variabilidad a través de la columna de agua. En general, se observó que el contenido de clorofila a debido al nanofitoplancton fué más alto (>50%) en la mayoría de las estaciones (Fig. 14, tabla I), con excepción de la estación 56. El valor más alto de clorofila a (0.75 mg.m^{-3}) debido al nanofitoplancton (Fig. 14) se registró en la estación 89 al 1% de I_0 , mientras que el mínimo (0.06

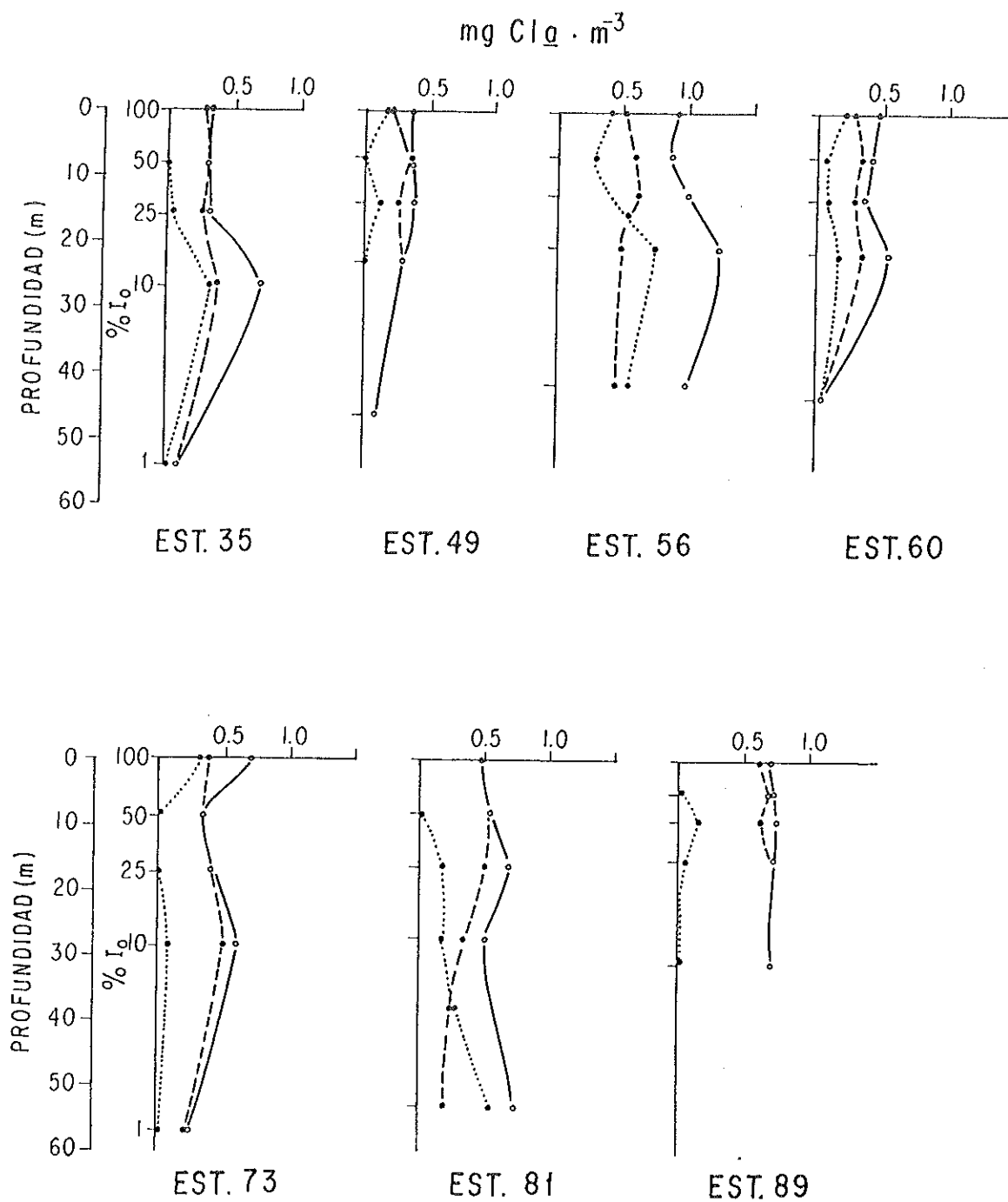


Figura 14. Distribución vertical de clorofila *a* (mg. m^{-3}).
Total (—), >20 μm (....) y <20 μm (----).

mg.m⁻³) se presentó en la estación 60 al 1% de I_o. La mayoría de las estaciones presentaron mínimos al 1% de I_o, excepto la estación 89 que lo presentó al 25%.

El contenido de clorofila a debida al microfitoplancton (Fig. 14) solo fué mayor que la contribución por al nanofitoplancton en la estación 56, con 0.74 mg.m⁻³ de clorofila a al 10% de I_o, mientras que en las estaciones 49, 73 y 89 se registraron contribuciones menores al 20% por el microfitoplancton (Tabla I).

La distribución vertical de la productividad primaria total (Fig. 15), al igual que la concentración de nutrientes (Figs. 10 al 13) y el contenido de clorofila a (Fig. 14), aumentó de sur a norte. Con excepción de la estación 73, los máximos de productividad ocurrieron a profundidades subsuperficiales (Fig. 15). El valor más alto de productividad (3.0 mgC.m⁻³.h⁻¹) se registró en la estación 73 en la superficie, mientras que el mínimo (0.32 mgC.m⁻³.h⁻¹) se registró en las estaciones 49 y 60 al 1% de I_o.

La productividad primaria en la columna de agua debida al nanofitoplancton (Fig. 15) fué mayor en casi todas las estaciones, registrando también máximos subsuperficiales. El valor más alto (2.3 mgC.m⁻³.h⁻¹) se presentó en la estación 73 al 50% de I_o, mientras que el mínimo (0.20 mgC.m⁻³.h⁻¹)

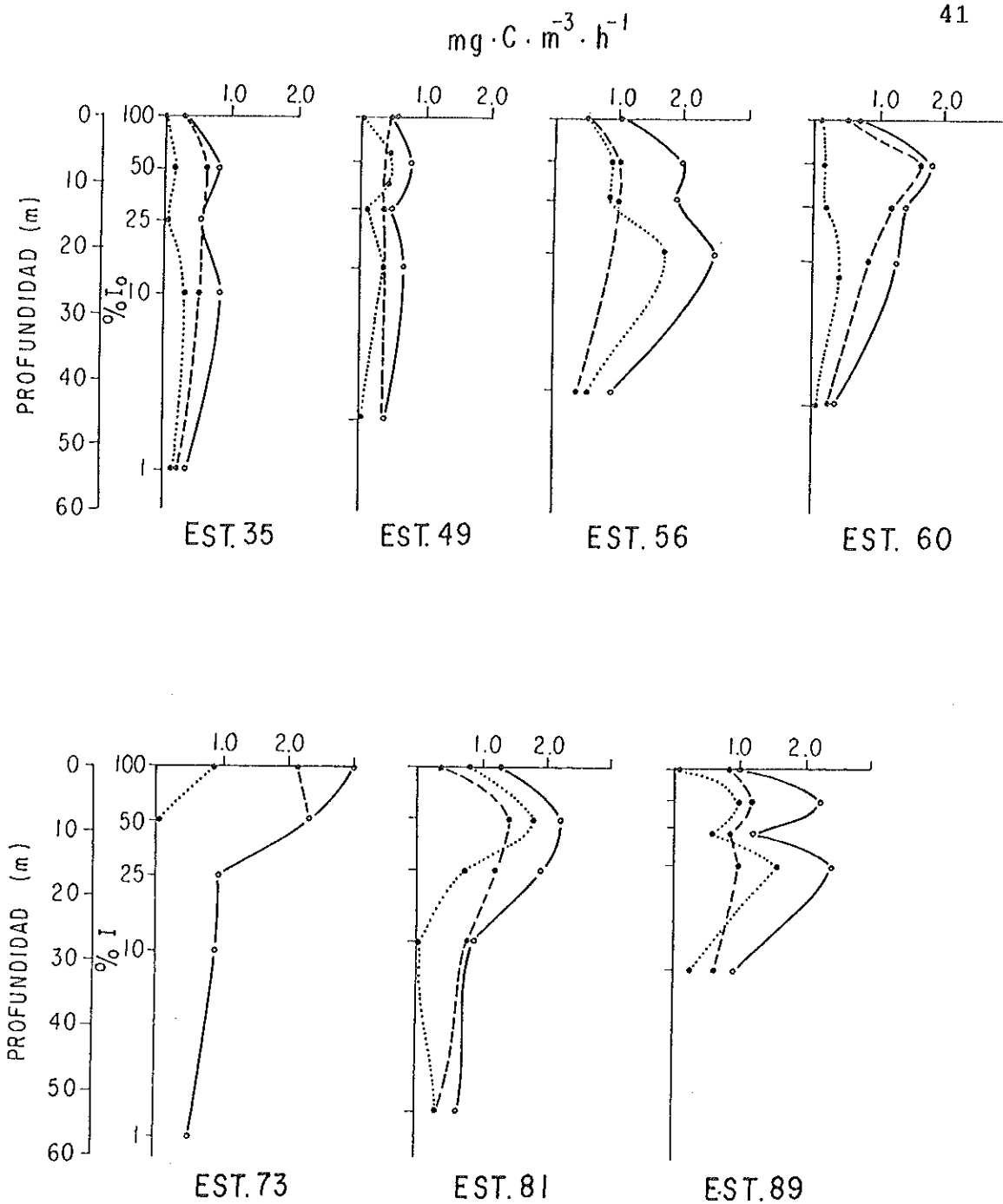


Figura 15. Distribución vertical de productividad primaria ($\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$). Total (—), $>20\mu\text{m}$ (....) y $<20\mu\text{m}$ (----).

se registró en la estación 35 al 1% de I_0 .

La productividad primaria por el microfitoplancton (Fig. 15) fué menor que la del nanofitoplancton en la mayoría de las estaciones. Sin embargo, se observó que en las estaciones 56, 81 y 89 el microfitoplancton contribuyó más en algunas regiones de la zona eufótica, presentando máximos subsuperficiales. El valor más alto de productividad debida al microfitoplancton ($1.77 \text{ mgC.m}^{-3}.\text{h}^{-1}$) se presentó en la estación 81 al 50% de I_0 . En la estación 56, también se registró un valor alto de productividad ($1.68 \text{ mgC.m}^{-3}.\text{h}^{-1}$) al 10% de I_0 .

III. 4. Productividad Primaria y Contenido de clorofila a integrada a través de la zona eufótica.

Las figuras 16 y 17 muestran la distribución espacial del contenido de clorofila a y de la productividad primaria integradas sobre la zona eufótica. En general, se observó una mayor productividad y biomasa en las estaciones de la región central. Asimismo la fracción del nanofitoplancton contribuyó a la mayor parte de la biomasa y productividad registradas en el Golfo (Tablas I y II). Unicamente en la estación 56 la contribución por el microfitoplancton a la concentración de clorofila a y productividad fué ligeramente mayor del 50% (Tablas I y II).

Los máximos de concentración de clorofila a y tasas de productividad primaria integradas a través de la zona eufótica ($43.9 \text{ mgCl}_a.\text{m}^{-2}$ y $420.8 \text{ mgC}.\text{m}^{-2}.\text{d}^{-1}$, respectivamente) se registraron en la estación 56 (Figs. 16 y 17, Tablas I y II). La contribución del microfitoplancton fué ligeramente superior al 50% en ésta estación. Por otro lado, las mínimas concentraciones ($10.45 \text{ mgCl}_a.\text{m}^{-2}$ y $152.8 \text{ mgC}.\text{m}^{-2}.\text{d}^{-1}$) se presentaron en la estación 49 (Figs. 16 y 17, Tablas I y II), contribuyendo el nanofitoplancton más del 74%.

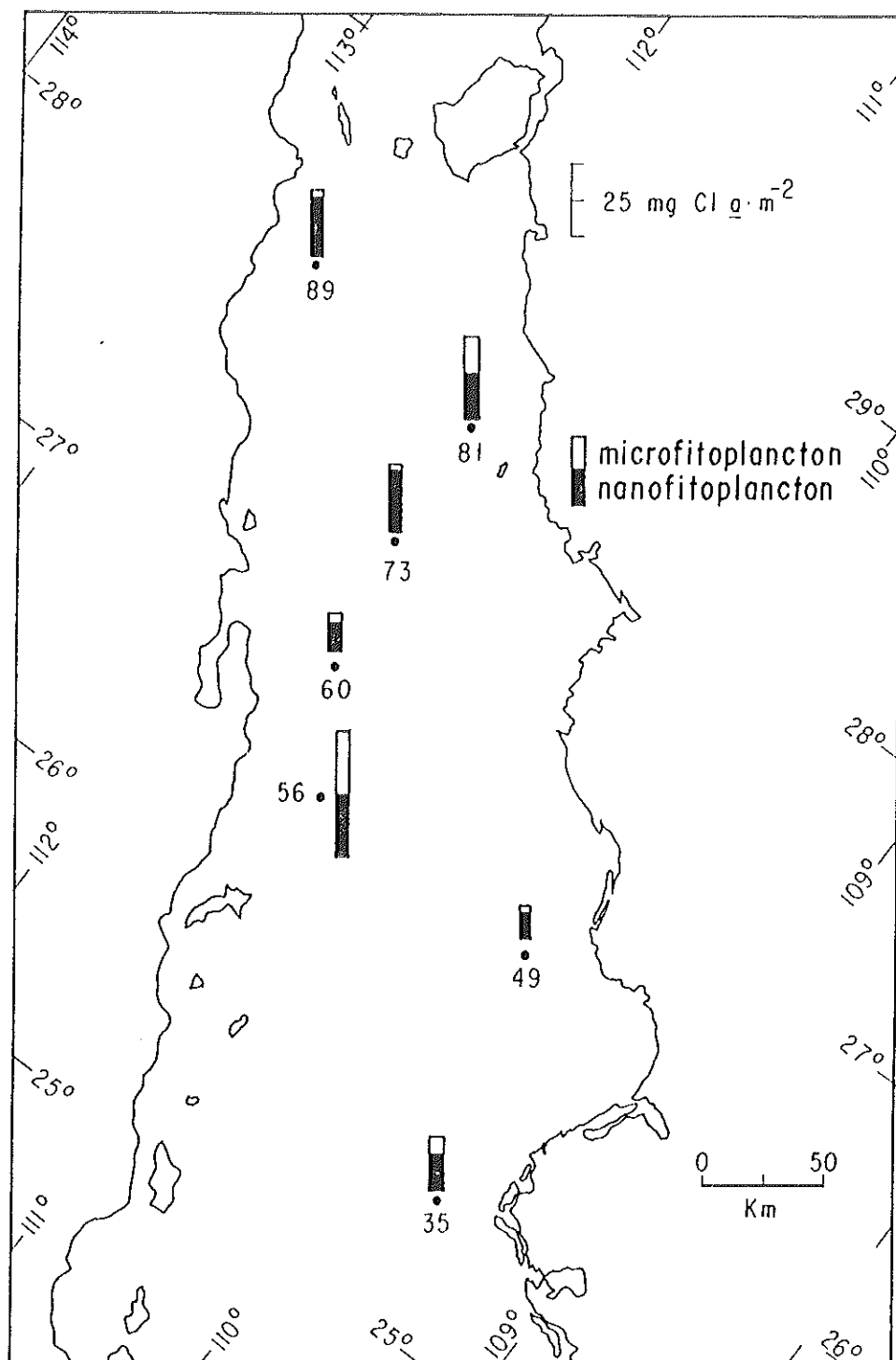


Figura 16. Distribución espacial del contenido de clorofila a (por fracciones) integrada sobre la zona eufótica.

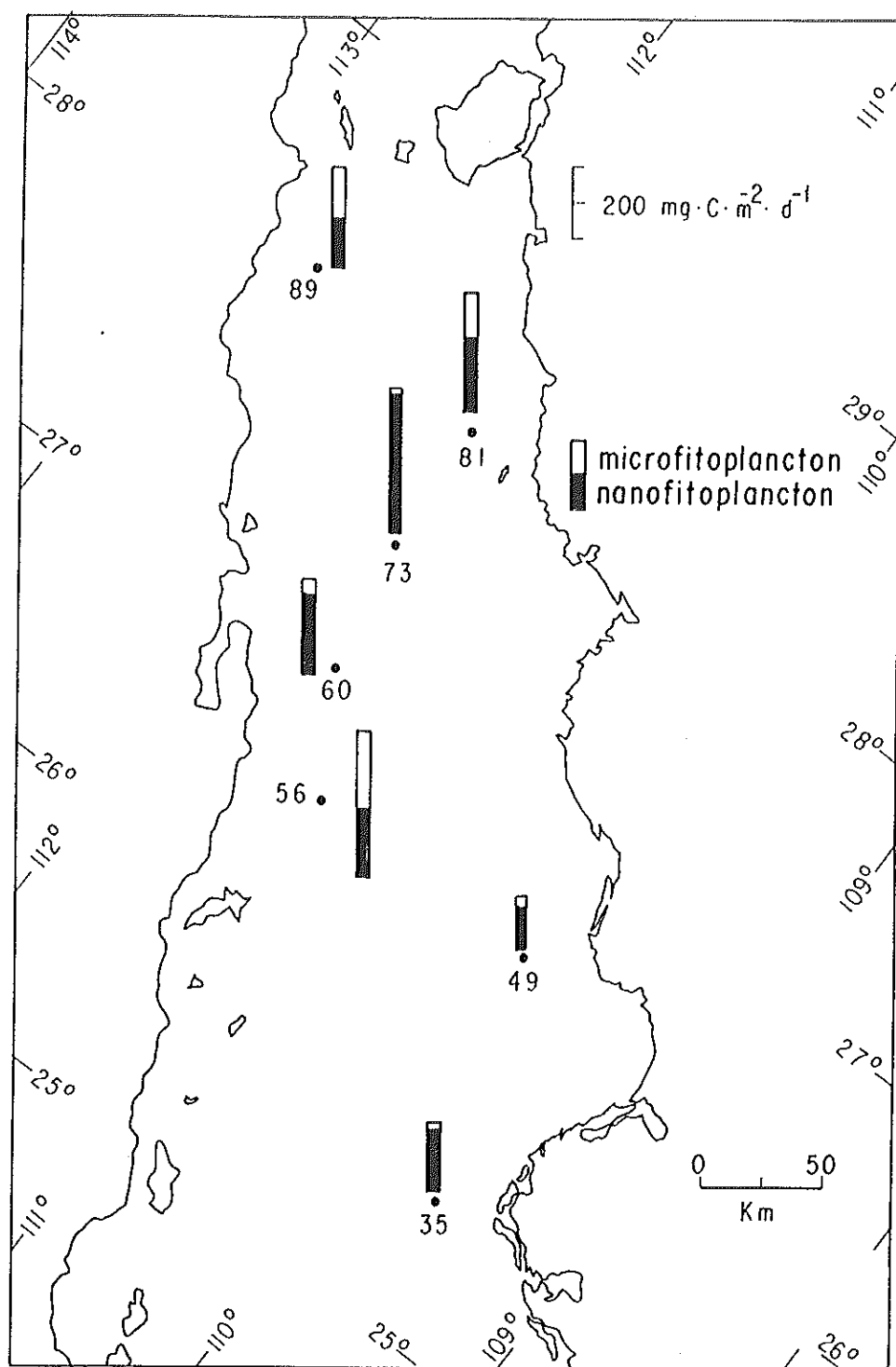


Figura 17. Distribución espacial de la productividad primaria (por fracciones) integrada sobre la zona eufótica.

Tabla I. Contenido de clorofila a integrada (mg.m^{-2}) a través de la zona eufótica y contribución (%) por clase de tamaños.

Estación	Clorofila <u>a</u> (mg.m^{-2})			(%)	
	Total	nano	micro	nano	micro
35	18.75	11.90	6.85	63.5	36.5
49	10.45	8.80	1.65	84.2	15.8
56	43.90	21.45	22.45	48.9	51.1
60	12.32	9.12	3.20	74.0	26.0
73	22.45	20.20	2.25	90.0	10.0
81	29.17	15.85	13.32	54.3	45.7
89	21.75	19.92	1.83	91.6	8.4

Tabla II. Productividad primaria integrada ($\text{mgC.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$) a través de la zona eufótica, contribución (%) por clase de tamaños y razones P/B promedio para la zona eufótica.

Estación	$\text{mgC.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$			(&)		P/B	
	Total	nano	micro	nano	micro	Total	nano
35	189.54	177.61	11.93	93.7	6.3	2.15	1.87
49	152.88	114.23	38.65	74.7	25.3	1.94	1.79
56	420.83	205.28	215.55	48.8	51.2	1.69	1.40
60	271.09	225.86	45.23	83.3	16.7	3.85	3.76
73	412.20	399.91	12.29	97.0	3.0	3.35	4.19
81	342.33	220.82	121.47	64.5	35.5	2.41	1.99
89	291.67	149.71	141.96	51.3	48.7	2.40	1.33

Las razones de asimilación ó productividad/biomasa (P/B) ($\text{mgC.mgCl}_a^{-1}.\text{h}^{-1}$) (Tabla. II) mostraron poca variabilidad espacial, observándose valores totales de 1.69 a 3.85 $\text{mgC.mgCl}_a^{-1}.\text{h}^{-1}$. Los valores más altos se registraron en las estaciones más hacia el norte del Golfo, principalmente en las estaciones 60 y 73 (3.85 y 3.35 $\text{mgC.mgCl}_a^{-1}.\text{h}^{-1}$). Los valores más bajos se registraron en algunas estaciones de la región sur específicamente en las estaciones 49 y 56, con valores de 1.94 y 1.69 $\text{mgC.mgCl}_a^{-1}.\text{h}^{-1}$ respectivamente. La estación 56 presentó el valor más bajo de P/B; sin embargo, ésta estación registró los valores más altos de productividad primaria y biomasa integrados.

Los valores de P/B debido al nanofitoplancton (Tabla II) presentaron una tendencia similar a los valores totales, observándose razones relativamente más altos hacia el norte del Golfo (1.33 a 4.19 $\text{mgC.mgCl}_a^{-1}.\text{h}^{-1}$). Las razones de asimilación más bajas se presentaron en las estaciones 89 y de nuevo en la estación 56.

IV. DISCUSIONES.

Durante éste estudio, la distribución superficial de clorofila *a* (Fig. 4) mostró una relación inversa con la distribución de temperatura superficial, encontrándose valores bajos de clorofila en regiones donde la temperatura fué alta y viceversa. Los valores bajos de clorofila *a* y productividad primaria asociados a la región sur del Golfo, son debidos en gran parte al tipo de masas de agua que la forman y que son principalmente masas de agua de origen tropical (Roden 1958; Marinone y Robles 1985), las cuales se caracterizan por ser aguas oceánicas, pobres en biomasa fitoplanctónica (Malone, 1971). En contraste, la región central se ha caracterizado por ser una región muy dinámica la cuál es dominada principalmente por procesos de mezcla y eventos de surgencia (Badán et al. 1985). En ésta región, específicamente en las áreas adyacentes a Guaymas, se encontraron las concentraciones de clorofila *a* superficial más elevadas. De acuerdo con Denman (1976) la alta relación inversa entre clorofila y temperatura se debe a efectos de turbulencia u ondas internas. Sin embargo, debe existir un límite, ya que alta turbulencia también pueden ocasionar que la respiración del fitoplancton sea mayor que la productividad neta, entonces se alcanza una relación directa.

El patrón general de los isogramas de temperatura mostró fuertes elevaciones de las isolíneas en la costa este del Golfo, las cuales se intensificaron en los transectos 3, 5 y 6 (hacia la región central), donde se registraron temperaturas bajas. Imágenes de satélite presentadas por Paden (1990) en noviembre de 1984, muestran patrones de surgencia a través del Golfo de California en la costa Oriental, áreas adyacentes a la cuenca de Guaymas, además de una pluma de agua fría cerca de la Isla Tiburón, al parecer provocado por efecto del viento. Varios autores, entre ellos Roden (1964), Roden y Groves (1959) y Badán et al (1985) han descrito anteriormente que la circulación del Golfo está influenciada por el patrón de vientos procedentes del noroeste que se dejan sentir de noviembre a mayo, provocando surgencias en la costa oriental del golfo. El aumento en la concentración de clorofila a en la región central, confirman el claro efecto de los procesos de mezcla en la disponibilidad de nutrientes para el fitoplancton.

El patrón general de la temperatura en la columna de agua durante otoño, mostró una clara condición de estratificación en las estaciones de la región sur del golfo a diferencia de la zona central en las cuales se observó una columna de agua muy mezclada.

Una comparación entre octubre de 1983, durante la máxima influencia del evento de "El Niño de 1982-83, y noviembre-diciembre de 1984, muestran que las diferencias climáticas entre ambas épocas fueron grandes. Se observó un mayor grado de estratificación de la columna de agua durante octubre de 1983, registrándose valores de temperatura superficial muy elevadas hasta de 28.9°C en la región sur del Golfo de California. Valdez Holguín y Lara Lara (1987) reportaron valores de temperatura superficiales promedio de 28.6°C para la región sur y 26.8°C para la región central del golfo de California en octubre de 1983. Los valores de salinidad superficial promedio (Robles, comunicación personal) para ambas regiones fueron 34.87 y $34.97^{\circ}/_{00}$. En comparación, durante este estudio en 1984, la temperatura superficial promedio, alcanzó valores de 22.3 y 19.6°C en la región sur y central respectivamente, y salinidades superficiales promedio de 35.24 y $35.32^{\circ}/_{00}$.

La estructura termohalina durante octubre de 1983 indica que en ésta época, aún persistían las condiciones debido a la propagación del evento de "El Niño" en el Golfo de California y la invasión de agua de origen tropical, caracterizada por presentar temperaturas altas y salinidades relativamente bajas ($< 35^{\circ}/_{00}$). Durante noviembre-diciembre de 1984, las condiciones de temperatura y salinidad fueron similares a las

condiciones normales y típicas del Golfo, presentando temperaturas relativamente menores y salinidades mayores a 35⁰/00.

Durante éste estudio, el comportamiento de la temperatura y salinidad superficial presentó una relación muy estrecha con las distribuciones verticales de dichos parámetros. De acuerdo al trabajo de Paden (1990) sobre imágenes de satélite en noviembre de 1984, el comportamiento de la temperatura superficial reflejó una clara condición de surgencia en gran parte de la costa oriental del Golfo, intensificándose hacia la región central. Se registró además una clara reducción de la capa de mezcla de norte a sur, debido a la intensificación de los procesos de mezcla hacia la región central.

Como una respuesta a las condiciones antes descritas, los nutrientes mostraron tendencias muy definidas con respecto a la condición de mezcla. Las concentraciones superficiales de nutrientes, así como en la columna de agua se incrementaron notablemente de sur a norte. En la mayoría de las estaciones de la región sur los nutrientes mostraron fuertes nutriclinas, mientras que en la región central, la nutriclina estuvo menos desarrollada. Anteriormente, Alvarez Borrego (1983) había indicado que las altas concentraciones de nutrientes en la

región central y norte del Golfo de California son principalmente debidas a eventos de surgencia y procesos de mezcla.

En comparación con estudios anteriores, durante primavera y otoño de 1983 y primavera de 1984 (Valdéz Holguín y Lara Lara, 1987; Lara Lara y Valdéz Holguín, 1988) se observa un claro aumento en la concentración superficial promedio de nutrientes de 1983 a 1984, registrándose los máximos valores durante éste estudio. Asimismo, la profundidad promedio de la nutriclina fué mayor en la región sur para todos los cruceros previos y decreció desde marzo de 1983 a noviembre-diciembre de 1984. Esto como una respuesta a condiciones de menor estratificación, debido a la intensificación de los procesos de mezcla durante noviembre de 1984. De acuerdo a Dugdale (1972) las altas concentraciones de nutrientes registradas durante éste estudio nos indican que éstos no fueron limitantes para la fotosíntesis, al igual que en los períodos reportados por Valdéz Holguín y Lara Lara (1987) y Lara Lara y Valdéz Holguín (1988) para primavera y otoño de 1983 y la primavera de 1984.

Con respecto a la contribución de las clases de tamaño, en la mayoría de las estaciones la fracción del nanofitoplancton dominó en contribución a la productividad primaria y biomasa. De acuerdo a la literatura, existe una

relación muy estrecha entre los diferentes ambientes oceánicos y costeros, y la contribución por fracciones de tamaño a ambas variables. Estudios anteriores sobre la importancia del tamaño celular de los productores primarios, reafirman la significativa contribución a las tasas de producción y biomasa que presenta la fracción del nanofitoplancton en aguas oceánicas (Malone, 1971; 1980) y subtropicales (Glover et al, 1985), y la menor contribución en aguas costeras (Waterbury et al, 1982) donde se ha relacionado las altas concentraciones de biomasa de la fracción del microfitoplancton a procesos de mezcla y eventos de surgencia (Malone, 1980a; 1980b).

Valdéz Holguín y Lara Lara (1987) encontraron una relación muy estrecha entre la contribución del nano y microfitoplancton a la productividad primaria y biomasa con la profundidad del fondo de cada estación. Estos autores consideraron la profundidad del fondo como un índice del grado de influencia de las aguas costeras u oceánicas. El microfitoplancton dominó en estaciones donde el fondo fué menor a 325 metros. El resto de las estaciones estuvo dominada por la fracción del nanofitoplancton durante marzo de 1983. En primavera de 1984, el microfitoplancton mostró mayor contribución cuando las estaciones presentaron una profundidad de fondo menor a 100 metros. La fracción del nanofitoplancton mostró una mayor dominancia sólo cuando la profundidad fué mayor a 200 metros.

Durante noviembre-diciembre de 1984, las estaciones que presentaron mayor contribución a la productividad primaria y biomasa debido a la fracción del nanofitoplancton se situaron al sur de los 28^0 LN (con excepción de la est. 56) y cuyas profundidades de fondo variaron entre 560 y 1900 metros. La contribución del microfitoplancton para ambas variables, se incrementó en las estaciones 81 y 89, las cuales presentaron una profundidad de fondo (458 y 520 metros respectivamente) menor. Estas estaciones, además se localizaron en las áreas cercanas a Guaymas y el sur de las grandes islas, regiones caracterizadas por su alto patrón de mezcla. A pesar de ésto, el microfitoplancton no excedió la contribucion debida al nanofitoplancton en éstas estaciones. Unicamente en la estación 56, la cuál registró los máximos valores de biomasa y productividad integrados, la fracción del microfitoplancton presentó una contribución ligeramente mayor (51 %) en biomasa y productividad a pesar de que la profundidad de fondo fué de 1220 metros. El incremento de la dominancia del microfitoplancton posiblemente se debió a factores de influencia costera. La estación 56 se localizó muy cercana a la estación 57 (Fig. 4), en la cuál la profundidad del fondo fué menor a 426 metros. En ésta estación (57), la fracción del microfitoplancton dominó de un 60 a 80% la biomasa en los primeros 50 metros de profundidad, alcanzando valores máximos

de $3.11 \text{ mgCl}_a.\text{m}^{-3}$ (Fig. 16b). Zeitzschel (1970) también concluyó que las partículas grandes, de aproximadamente $45\mu\text{m}$ fueron más abundantes en estaciones costeras del sur de Guaymas en noviembre-diciembre.

Trabajos anteriores sobre productividad y biomasa fitoplanctónica en el Golfo de California durante el máximo evento de "El Niño" de 1982-1983, y posteriores a éste revelan una clara disminución en los valores de éstas variables durante el presente estudio. Por ejemplo, Valdéz Holguín y Lara Lara (1987) reportaron valores promedio de 2.76 y $3.12 \text{ gC}.\text{m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ para la región sur y central en primavera de 1983, valores muy altos comparados a los obtenidos durante noviembre-diciembre de 1984 (0.25 y $0.34 \text{ gC}.\text{m}^{-2}.\text{d}^{-1}$, respectivamente). Los valores de productividad primaria para primavera de 1983 fueron alrededor de 11 veces más altos que en noviembre-diciembre de 1984 en la región sur y 9 veces más que la región central. Los valores de biomasa también fueron muy altos en primavera. Se registraron concentraciones de 33.1 y $104.2 \text{ mgCl}_a.\text{m}^{-2}$ para ambas regiones en primavera de 1983, siendo casi el doble de los valores encontrados en noviembre-diciembre de 1984 en la región sur ($21.3 \text{ mgCl}_a.\text{m}^{-2}$) y 4 veces más altos para la región central ($24.4 \text{ mgCl}_a.\text{m}^{-2}$).

Durante octubre de 1983, Valdéz Holguín y Lara Lara (1987) encontraron un intervalo de valores de productividad de 1.51 a 3.12 $\text{gC.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ para la región sur y central respectivamente; mientras que para noviembre-diciembre de 1984 los valores de productividad integrados disminuyeron notablemente. La productividad primaria fué alrededor de 6 veces más alta que en noviembre-diciembre de 1984 en la región sur y 9 veces mayor que en el Golfo central. La biomasa integrada para la región sur ($23.4 \text{ mgCl}_a.\text{m}^{-2}$) durante octubre de 1983, fué ligeramente más alta que en noviembre-diciembre de 1984 ($21.3 \text{ mgCl}_a.\text{m}^{-2}$). Sin embargo, para la región central, ésta fué casi el doble ($43.9 \text{ mgCl}_a.\text{m}^{-2}$) de la biomasa registrada durante éste estudio ($24.4 \text{ mgCl}_a.\text{m}^{-2}$).

En primavera de 1984, se registró una disminución de los valores de productividad y biomasa en comparación a primavera de 1983 (Lara Lara y Valdéz Holguín, 1988). Sin embargo, se registraron valores altos en comparación a noviembre-diciembre de 1984, alrededor de 24.5 y 50.0 $\text{mgCl}_a.\text{m}^{-2}$, y 1.21 y 2.83 $\text{gC.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ para la región sur y central del Golfo de California, respectivamente. La biomasa fué muy similar a noviembre-diciembre de 1984 en la región sur y el doble en la región central. La productividad fué 4 veces más alta en la región sur y 8 veces más alta en la región central que durante éste estudio.

Los valores de productividad y clorofila integrados decayeron notablemente durante los cruceros de noviembre-diciembre de 1984 y primavera de 1985 (Lara Osorio, 1987). En primavera de 1985, se registraron valores promedio de 42.1 y 36.7 $\text{mgCl}_a \cdot \text{m}^{-2}$, y 0.19 y 0.64 $\text{gC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ para la región sur y central respectivamente; valores muy bajos comparados con primavera de 1983 y 1984, pero ligeramente mayores que los encontrados durante éste estudio. Todos los datos de biomasa y productividad en conjunto (1983 a 1985), nos muestran que en el golfo existe un ciclo estacional bien definido, con máximos valores en primavera y mínimos en otoño, invierno y verano deben ser estaciones de transición, sin embargo no existen datos en estas estaciones. Lara Osorio y Lara Lara (en prep.) sugieren que los valores típicos para el golfo en primavera, se alcanzaron hasta 1985 de acuerdo con los resultados de su estudio, probablemente los valores de noviembre-diciembre de 1984 representan y también condiciones normales, después del evento El Niño 1982-83.

Valdéz Holguín y Lara Lara (1987) dan una posible explicación acerca del incremento de la biomasa y las tasas de producción en el Golfo de California durante el evento de El Niño de 1982-83, y discuten que las causas del incremento de las tasas de producción en el Golfo central fué debido a un incremento excesivo en la biomasa fitoplanctónica, lo cuál

se muestra en las bajas razones de asimilación que reportaron para este período. Sugieren además que el aumento en la biomasa fué a causa de un desacoplamiento entre el fitoplancton y el zooplancton; ésto como resultado de la disminución de la presión por pastoreo zooplanctónico sobre la fracción del microfitoplancton, que a su vez, fué provocado por la predominancia principalmente de especies zooplanctónicas no hervívoras (Jimenez Pérez y Lara Lara, 1988). Por otro lado, los altos valores de productividad en el Golfo sur fueron provocados por el aumento en las razones de asimilación de las poblaciones del fitoplancton y principalmente debido a la fracción del nanofitoplancton de origen tropical y subtropical, que al entrar al Golfo en donde prevalecen altas concentraciones de nutrientes e intensa radiación solar, fotosintetizan activamente (Valdéz Holguín y Lara Lara, 1987).

En comparación con los estudios realizados antes de 1983, la productividad primaria y biomasa durante éste estudio (noviembre-diciembre de 1984) alcanzó valores similares a los reportados anteriormente en la literatura. Por ejemplo, Zeitschel (1969) reportó valores de productividad alrededor de $0.53 \text{ gC.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ para la región central durante noviembre-diciembre de 1968. En noviembre-diciembre de 1984, se registraron valores promedio de $0.34 \text{ gC.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ en la región central. Esto sugiere que, aunque las comparaciones no son

estrictamente validas, al menos para éste período (noviembre diciembre de 1984), ya habían pasado los efectos del fenómeno de El Niño y aparentemente el Golfo de California presentaba condiciones normales.

V. CONCLUSIONES.

De acuerdo a los patrones de temperatura se encontró que la zona sur y central del Golfo de California presentaron condiciones muy diferentes. La zona sur se caracterizó por presentar una clara condición de estratificación, mientras que en la región central el grado de estratificación fué menor y se caracterizó por presentar aguas muy mezcladas.

Se observó una tendencia inversa muy definida entre los patrones de distribución de temperatura y clorofila a, registrándose además un claro efecto de surgencia en la parte oriental del Golfo el cuál se intensificó hacia la región central.

Los valores de productividad primaria, biomasa y concentración de nutrientes se vieron incrementados de la región sur a la región central como consecuencia a la intensificación de los procesos de mezcla.

La fracción del nanofitoplancton dominó en la mayoría de las estaciones muestreadas tanto en biomasa como en productividad primaria, principalmente en aquellas estaciones registradas en la región sur. La contribución debido al microfitoplancton se incrementó en estaciones de la región central, pero sólo dominó ligeramente en una estación, la cuál se localizó muy cercana a la costa.

Se encontró una estrecha relación entre la dominancia de las diferentes fracciones de tamaño y la profundidad de fondo de las estaciones. El patrón de mezcla se vió incrementado en estaciones más someras.

Las tasas de productividad primaria y valores de biomasa fueron notablemente más bajas en comparación con valores reportados por Valdéz Holguín y Lara Lara (1987) y Lara Lara y Valdéz Holguín (1988) durante el evento de El Niño de 1982-83, y por Lara Osorio y Lara Lara (en prep.) posteriores al evento. Por comparación con valores de productividad reportados antes de 1983, se infiere que durante noviembre-diciembre de 1984 las condiciones en el Golfo de California fueron cercanas a las normales mostrando una recuperación del pasado evento de El Niño de 1982-83.

VI. LITERATURA CITADA.

- Alvarez-Borrego, S. 1983. Gulf of California. En: B. H. Ketchum (ed.), *Estuaries and Enclosed Seas*. Elsevier Amsterdam. pp. 427-449.
- Alvarez-Borrego, S. y R. Swartzlose, 1979. Masas de agua del Golfo de California. *Ciencias Marinas*. 6:43-63.
- Allen, W. E., 1937. Plankton Diatoms of the Gulf of California obtained by the G. Allan Hancock Expedition of 1936. *Allan Hancock Pac. Exped. Publs.* 3(4):47-59.
- Allen, W.E., 1938. The Templeton Croker Expedition to the Gulf of California in 1935. *The Phytoplankton Trans. Am. Microsc. Soc.* 57:328-335.
- Atlas, E., S. Hager, L. Gordon, y P. K. Park., 1971. A practical manual of use of the Technicon Autoanalyzer in seawater nutrient analisis. Oregon. 49pp.
- Badán-Dangón A., C. J. Koblinsky y T. Baumgartner, 1985 Spring and summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. *Oceanológica Acta*. Vol 8(1): 13-22.
- Banse, K., 1976. Rates of growth, respiration and photosynthesis of unicelular algae as related to cell size -a review. *J. Phycol.* 12:135-140.
- Barber, R. T. y F. Chávez, 1984. Biological consequences of "El Niño". *Science*. 222:1203-1210.
- Beers, J. R., M. R. Stevenson, R. W. Eppley and E. R. Brooks, 1971. Plankton populations and upwelling off the coast of Peru, June 1969. *Fishery Bulletin*. 69(4):859-876.
- Berman, T., 1975. Size fractionation of natural acuatic populations associated with autotrophic and heterotrophic carbon uptake. *Marine Ecology*. 33:215-220
- Cupp, E. E. y W. E. Allen, 1938. Plankton diatoms of the Gulf of California obtained by Allan Hancock Pacific expeditions. *The Univ. South California. Publ.* 3:61-74.
- Dugdale, R. C., 1967. Nutrient Limitation in the sea: dynamics, identification and significance. *Limnol. Oceanogr.* 12:685-695.

- Durbin, E.G., R. W. Krawiec y T. J. Smayda, 1975. Seasonal studies on the relative importance of different size fractions of phytoplankton in Narragansett Bay (USA). *Marine Biology*. 32:271-287.
- Frost, B. W., 1972. Effects of size and concentration of food particules on the feeding of the marine planktonic copepod Calanus pacificus. *Limnology and Oceanography*. 17:805-815.
- Gaxiola Castro, G. 1984. Productividad primaria y algunos parámetros de la relación fotosíntesis-luz en el fitoplancton marino. CICESE. Tesis Maestría. 127pp.
- Gilbert, J. Y. y W. E. Allen. 1943. The phytoplankton of the Gulf of California obtained by the "E. W. Scripps" in 1939 and 1940. *Journal of Marine research*. 18(1):10- 35.
- Gilmartin, M. y N. Revelante, 1978. The phytoplankton characteristics of the Barrier Islands Lagoons of the Gulf of California. *Estuarine and Coastal Marine Science*. 7(1):29-47.
- Jimenez Pérez, L. C. y J. R. Lara-Lara, 1988. Zooplankton biomass and copepod community structure in the Gulf of California during the 1982-1983 El Niño Event. *CalCOFI Reports*. XXIX:122-128.
- Lara Lara, J. R., J. E. Valdéz-Holguín y L. C. Jiménez, 1984. Plankton studies in the Gulf of California during the 1982-83 El Niño. *Tropical Ocean Atmosphere Newsletter*. 28:16-17.
- Lara Lara y Valdéz Holguín (1988). Biomasa y productividad primaria del Golfo de California por fracciones de tamaños durante primavera de 1984. *Ciencias Marinas*. 14(1):1-14.
- Lara Osorio, J. L., 1987. Productividad y biomasa del fitoplancton por clase de tamaños en la parte central del Golfo de California: primavera de 1985. Tesis Licenciatura. UABC. Ensenada, B. C. 66pp.
- Lara Osorio, J. L. y J. R. Lara Lara. Productividad primaria y biomasa del fitoplancton en primavera de 1985. (En preparación).
- Malone, T. C., 1971. The relative importance of nanoplankton and netplankton as primary producers in the California Current Sistem. *Fishery Bulletin*. 69(4):799-820.

- Malone, T. C., 1977. Plankton systematics and distribution. MESA New York Bight Atlas. Monograph. 13:1-45.
- Malone, T. C., 1980a. Size fractionated primary. Productivity of marine phytoplankton: En Falkowski, P. G. (ed.). Primary productivity in the sea. Number 31 of Brookhaven Symposia in Biology, Plenum Press. New York and London. pp. 301-320.
- Malone, T. C., 1980b. Algal size. En Morris, I. (ed.), The physiological ecology of phytoplankton, Studies in ecology. Vol 7. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London, Edingburg, Boston and Melbourn. pp. 433-464.
- Marinone, S. G. y J. M. Robles, 1985. Hydrographic variability across the Guaymas basin in the Gulf of California. X Annual Transactions (En prensa).
- O'Brien, J. J., A. Busalacchi and J. Kindle, 1980. Ocean models of El Niño. en: Offprints from Resource Management and Enviromental uncertainty. Jhon Wiley & Sons, inc. cap. 7.
- Paden, C.A., 1990. Tidal and atmospheric forcing of the upper ocean in the Gulf of California. Ph.D. Thesis. Scripps Institution of Oceanography, University of California, San Diego. 87pp.
- Parsons, T. R. y M. Takahashi, 1973. Enviromental control of phytoplankton cell size. Limnology and Oceanography. 12(4):511-515.
- Roden, G. I., 1958. Oceanographic and Meteorological aspects of the Gulf of California. Pacific Science. 12(1):21-45.
- Roden, G. I., 1964. Oceanographic aspects of the Gulf of California. En: Marine Geology of the Gulf of California. T. H. Van Alden y G. G. Shor Jr. (eds.) Amer. Ass. Petroleum Geol. Tulsa. Oklahoma Memoir 3:30- 58.
- Roden, G. I., 1971. Aspects on transactions zone in northeastern Pacific. J. Geophys. Res. 76:3462-3475.
- Roden, G. I. y I. Emilsson, 1980. Physical oceanography of the Gulf of California. A contribution to the Gulf of California Symposium. 57pp. Manuscrito no publicado.

- Roden, G. I. y G. W. Groves, 1959. Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. *Journal of Marine Research*. 18(1):10-35.
- Robles-Pacheco, J. M. y S. G. Marinone, 1987. Seasonal and interannual thermo-haline variability in the Guaymas basin of the Gulf of California. *Continental Shelf. Res.* 7:715-733.
- Ryther, J. H., 1969. Photosynthesis and fish production in the sea. *Science*. 166:72-76.
- Shepard, F. P., 1950. 1940 "E. W. Scripps" Cruise to the Gulf of California. Part III. Submarine topography in the Gulf of California. *Mem. Geol. Soc. Amer.* 43:1-32.
- Steele, J. A., 1972. The application of fundamental limnological research in water supply system design and management. *Symp. Zool. Soc. Lond.* 29:41-67.
- Steemann Nielsen, E., 1952. The Use of Radio-Active Carbon (^{14}C) for Measuring Organic Production in the Sea. *J. Cons. Int. Mer.* 18:117-140.
- Steemann Nielsen, E., 1975. *Marine Photosynthesis*. Elsevier Scientific Publ. Co. 141pp.
- Steemann Nielsen, E. y E. A. Jensen, 1957. Primary oceanic production, the autotrophic production of organic matter in the ocean. *Galathea Rep.* 1:49-136.
- Stevenson, M. R., 1970. On the physical and biological oceanographic near the entrance of the Gulf of California, October 1966-August 1967. *Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comn.* 14(3):389-504.
- Strickland, J. D. H. y T. R. Parsons, 1972. A practical handbook of sea water analysis. 2nd edition. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*. 167, 310pp.
- 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. Con., 1939 . Proc.* 3:161-166.
- Valdéz Holguín, J. E. 1986. Distribución de la biomasa y productividad del fitoplancton en el Golfo de California durante el evento de "El Niño" de 1982-1983. Tesis de Maestría. CICESE. Ensenada, B. C. 92pp.

- Valdéz Holguín, J. E. y J. R. Lara Lara, 1987. Productividad primaria en el Golfo de California. Efectos del evento El Niño 1982-1983. Ciencias Marinas. 13(2):30-58.
- Warsh, C. E., K. L. Warsh y C. Staley, 1973. Nutrients and the water masses at the mouth of the Gulf of California. Deep Sea Research. vol. 20:571-577.
- Waterbury, J. B., S. W. Watson y F. W. Valois, 1982. The contribution of Synechococcus to oceanic primary productivity. IV International Symposium Photosynthesis Prokaryotes. Bombannes, France (abstract), p. 41.
- Wyrtki, K., 1966. Oceanography of the eastern equatorial Pacific Ocean. Oceanography and Marine Biology Review. 4:33-68.
- Wyrtki, K. and G. Meyers, 1976. The trade wind field over the Pacific Ocean. Journal of Applied Meteorology. 15:698-704.
- Wooster, W. S. y O. Guillén, 1974. Characteristics of the El Niño in 1972. Journal of Marine Research. 32(3):387- 404.
- Yentsh, C. S. y D. W. Menzel, 1963. A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and pheophytin by fluorescence. Deep Sea Research. 10:221-231.
- Zeitzschel, B., 1969. Primary Productivity in the Gulf of California. Marine Biology. 3:201-207.
- Zeitzschel, B., 1970. The quantity, composition and distribution of suspended particulate water in the Gulf of California. Marine Biology. 7(4):305-318.

Apéndice A1

Posición geográfica de las estaciones muestreadas
para los experimentos de asimilación de ^{14}C (*) y
clorofila a a profundidades discretas.

Est.	Fecha	Hora muestreo	Prof. Fondo (m)	Latitud N	Longitud W
31	25-11-84	17:15	178	25 ⁰ 04.200'	110 ⁰ 34.900'
32	25-11-84	20:29	2200	25 ⁰ 15.050'	110 ⁰ 14.060'
33	26-11-84	01:09	2900	25 ⁰ 24.900'	109 ⁰ 54.590'
35	26-11-84	07:25	700	25 ⁰ 34.770'	109 ⁰ 37.082'
35*	26-11-84	10:34	800	25 ⁰ 34.300'	109 ⁰ 36.570'
36	26-11-84	12:15	1075	25 ⁰ 37.270'	109 ⁰ 30.540'
37	26-11-84	17:31	45	26 ⁰ 14.900'	109 ⁰ 26.030'
45	29-11-84	02:20	700	25 ⁰ 59.280'	110 ⁰ 58.370'
46	28-11-84	23:40	1180	26 ⁰ 06.700'	110 ⁰ 47.930'
47	28-11-84	18:42	2400	26 ⁰ 14.910'	110 ⁰ 29.630'
48	28-11-84	15:07	1200	26 ⁰ 25.400'	110 ⁰ 10.810'
49*	28-11-84	11:38	560	26 ⁰ 31.470'	110 ⁰ 00.170'
50	27-11-84	12:00	220	26 ⁰ 35.890'	109 ⁰ 51.560'
52	29-11-84	00:24	32	26 ⁰ 59.750'	110 ⁰ 12.440'
53	29-11-84	22:30	90	26 ⁰ 57.030'	110 ⁰ 17.550'
54	29-11-84	19:39	1150	26 ⁰ 51.864'	110 ⁰ 26.830'

cont...Apéndice I.

55	29-11-84	15:37	1550	26 ⁰ 37.000'	110 ⁰ 44.950'
56	29-11-84	10:09	1220	26 ⁰ 31.040'	111 ⁰ 06.420'
56*	29-11-84	10:37	1220	26 ⁰ 31.040'	111 ⁰ 06.420'
57	29-11-84	07:04	426	26 ⁰ 24.239'	111 ⁰ 18.491'
58	1-12-84	18:54	700	26 ⁰ 50.751'	111 ⁰ 38.031'
59	1-12-84	11:18	1200	26 ⁰ 54.640'	111 ⁰ 31.420'
60	1-12-84	09:15	1900	26 ⁰ 57.813'	111 ⁰ 25.700'
60*	1-12-84	10:18	1900	26 ⁰ 57.813'	111 ⁰ 25.700'
61	1-12-84	05:24	1700	27 ⁰ 02.650'	111 ⁰ 14.578'
62	1-12-84	03:27	1720	27 ⁰ 08.530'	111 ⁰ 03.510'
63	1-12-84	00:36	1343	27 ⁰ 11.600'	110 ⁰ 55.700'
64	30-11-84	05:32	1050	27 ⁰ 14.872'	110 ⁰ 48.982'
65	30-11-84	04:22	80	27 ⁰ 18.192'	110 ⁰ 43.786'
67	3-12-84	03:49	70	27 ⁰ 48.160'	110 ⁰ 51.150'
68	3-12-84	02:00	245	27 ⁰ 46.550'	110 ⁰ 55.530'
69	3-12-84	00:43	500	27 ⁰ 34.090'	111 ⁰ 01.076'
70	2-12-84	22:10	600	27 ⁰ 40.983'	111 ⁰ 05.450'
71	2-12-84	17:06	880	27 ⁰ 38.239'	111 ⁰ 11.781'
72	2-12-84	14:29	975	27 ⁰ 34.090'	111 ⁰ 14.210'
73*	2-12-84	11:18	1850	27 ⁰ 27.744'	111 ⁰ 33.905'
74	2-12-84	05:57	1600	27 ⁰ 23.152'	111 ⁰ 41.204'
75	2-12-84	02:56	1530	27 ⁰ 18.150'	111 ⁰ 50.380'
76	1-12-84	23:03	460	27 ⁰ 13.928'	111 ⁰ 59.277'

cont...Apéndice I.

77	3-12-84	21:29	330	27 ⁰ 37.595'	112 ⁰ 24.720'
78	3-12-84	23:15	1280	27 ⁰ 42.890'	112 ⁰ 15.260'
79	4-12-84	05:10	1440	27 ⁰ 49.740'	111 ⁰ 58.370'
80	4-12-84	06:42	1530	27 ⁰ 54.966'	111 ⁰ 46.220'
81*	4-12-84	10:15	520	28 ⁰ 01.654'	111 ⁰ 36.321'
82	4-12-84	15:07	400	28 ⁰ 02.597'	111 ⁰ 31.839'
83	4-12-84	17:09	270	28 ⁰ 05.286'	111 ⁰ 27.785'
84	4-12-84	18:28	112	28 ⁰ 08.090'	111 ⁰ 24.360'
85	4-12-84	22:20	22	28 ⁰ 25.509'	111 ⁰ 57.794'
86	4-12-84	23:29	188	28 ⁰ 21.596'	112 ⁰ 04.404'
87	5-12-84	02:12	420	28 ⁰ 17.500'	112 ⁰ 12.018'
89	5-12-84	05:28	560	28 ⁰ 11.720'	112 ⁰ 24.092'
89*	5-12-84	09:20	458	28 ⁰ 07.000'	112 ⁰ 33.290'
90	5-12-84	10:44	100	28 ⁰ 03.360'	112 ⁰ 40.949'
91	8-12-84	10:45	160	28 ⁰ 16.650'	112 ⁰ 42.220'
92	8-12-84	19:40	164	28 ⁰ 24.910'	112 ⁰ 44.030'
93	8-12-84	21:04	300	28 ⁰ 26.895'	112 ⁰ 49.247'
95	9-12-84	01:03	300	28 ⁰ 32.500'	112 ⁰ 44.000'
96	9-12-84	02:55	526	28 ⁰ 35.867'	112 ⁰ 38.464'
98	9-12-84	05:24	300	28 ⁰ 39.262'	112 ⁰ 27.347'
99	9-12-84	07:32	299	28 ⁰ 40.292'	112 ⁰ 22.907'
100	9-12-84	09:17	20	28 ⁰ 46.520'	112 ⁰ 11.980'