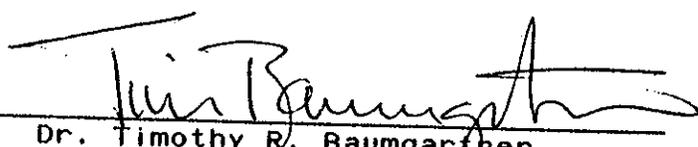


RESUMEN de la Tesis de Vicente Ferreira Bartrina, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS en OCEANOLOGIA con opción en ECOLOGIA MARINA. Ensenada, Baja California, México. Enero de 1989.

VARIACION DEL MATERIAL EN SUSPENSION EN EL GOLFO DE CALIFORNIA Y EL ORIGEN DEL REGISTRO PALEOCEANOGRAFICO DE LOS SEDIMENTOS LAMINADOS

Resumen aprobado por:


Dr. Timothy R. Baumgartner
Director de Tesis

Como una forma de mejorar el conocimiento de los mecanismos de formación y preservación de señales ecoclimáticas en los sedimentos laminados del Golfo de California, se analizó la composición y concentración del material en suspensión total de las aguas superficiales del Golfo central y sur. Para tal efecto se llevaron a cabo 5 cruceros oceanográficos al Golfo de California Central y sur en marzo de 1983, octubre de 1983, marzo-abril de 1984, noviembre-diciembre de 1984 y marzo-abril de 1985.

La concentración del MST se determinó mediante mediciones de transmisión de luz in situ, calibradas con valores determinados gravimétricamente provenientes de muestras discretas. La composición del MST fué determinada microscópicamente de muestras filtradas agrupándose los componentes en 10 categorías de partículas de origen biogénico y 2 categorías de origen terrígeno. Se determinaron perfiles verticales de fluorescencia in vivo hasta 70 m durante marzo de 1983, para mostrar la relación entre biomasa y seston superficial.

Análisis de los datos indican que la variabilidad horizontal en la concentración de partículas en el máximo superficial refleja la distribución de biomasa. Los datos obtenidos en estas fechas muestran claras diferencias en la distribución a mesoescala de la concentración de partículas, aunque los patrones de distribución no son completamente diferentes entre sí. Se describen marcadas reducciones en la concentración general entre los muestreos de primavera y los de otoño, indicando la posible presencia de un ciclo anual en la formación de los componentes biogénicos del MST.

Para los cinco muestreos, se determinó la composición microscópica del MST. En todos ellos predominaron las partículas de pequeño tamaño ($<24 \mu\text{m}$). Los valores de abundancia de partículas de tamaño mayor que $24 \mu\text{m}$ presentaron un aumento hacia la parte norte de la zona muestreada. Se muestran fuertes diferencias en la composición biogénica del

material en suspensión entre los muestreos de primavera y otoño. De igual manera se muestran evidencias de cambios en la proporción del material terrígeno total aunque de menor magnitud. Análisis de la composición biogénica para la región central del Golfo, sugiere la presencia de dos grupos generales de partículas representando componentes que reflejan variación estacional y variación interanual. Se presenta un modelo heurístico basado en estos dos grupos generales, que se aproxima a la producción primaria promediada para la misma región durante los mismos períodos de muestreo. Estas observaciones indican la presencia de variación año a año en la organización regional de las concentraciones de partículas en la superficie, así como cambios sustanciales en la proporción entre los componentes microscópicos del MST.

Se discuten las hipótesis existentes acerca de la formación de los sedimentos laminados con relación a los resultados presentados. En base a esto se establece una hipótesis combinada que describe de mejor manera la relación entre el material en suspensión y los sedimentos resultantes de su depositación. Esta hipótesis describe que los principales efectos de la variación interanual en los sedimentos laminados son generados por los cambios en el flujo de material y en la proporción de componentes biogénicos.

CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y DE
EDUCACION SUPERIOR DE ENSENADA

DIVISION DE OCEANOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA

VARIACION DEL MATERIAL EN SUSPENSION EN EL GOLFO DE
CALIFORNIA Y EL ORIGEN DEL REGISTRO PALEOCEANOGRAFICO
DE LOS SEDIMENTOS LAMINADOS

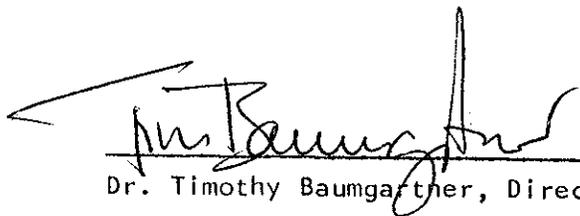
TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para
obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS presenta:

VICENTE FERREIRA BARTRINA

Ensenada, Baja California, enero de 1989.

TESIS APROBADA PARA SU DEFENSA POR:



Dr. Timothy Baumgartner, Director del Comité



Dr. José Rubén Lara Lara, Miembro del Comité



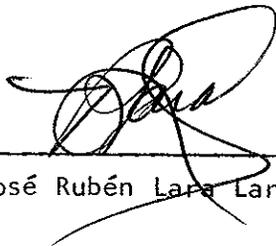
M.C. Silvio Guido Lorenzo Marinone Moschetto, Miembro del Comité



M.C. Francisco Suárez Vidal, Miembro del Comité



M.C. Gilberto Gaxiola Castro, Jefe del Departamento de Ecología



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

C. Nava B.

M.C. Cuauhtémoc Nava Button, Director Académico

Tesis presentada en Enero 20, 1989

AGRADECIMIENTOS

Ante todo, quiero expresar aquí mi profunda y sincera gratitud al Dr. Tim R. Baumgartner quien a través de los años ha sido maestro y amigo y quien me ha brindado paciencia, apoyo y guía en lo profesional y fuera de ello.

A mi comité de Tesis, formado por el Dr. Rubén Lara, M.C. Guido Marinone y M.C. Francisco Suarez, les agradezco sus consejos y comentarios necesarios para mejorar la versión final de esta Tesis.

Agradezco también a los oficiales y tripulantes de los Buques Oceanográficos EL PUMA y MATAMOROS la ayuda prestada durante los muestreos, así como a todos aquellos que participaron de una manera u otra en la colecta de los datos.

Esta Tesis forma parte del trabajo desarrollado en C.I.C.E.S.E dentro del proyecto "Formación de los Sedimentos Laminados en el Golfo de California" financiado por CONACyT (clave PCECBNA-021265).

Finalmente agradezco a J. Ma. Domínguez la elaboración de las figuras.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
I INTRODUCCION	1
1.1 Planteo del Problema	3
1.2 Antecedentes	6
1.3 Diseño de la Investigación	11
II METODOS	18
II.1 Medición de la Transmisión de Luz	18
II.2 Determinación Gravimétrica del MST	19
II.3 Determinación de la Fluorescencia <u>in vivo</u> .	22
II.4 Determinación de la composición: Microscopía.	26
III RESULTADOS	28
III.1 Relación entre MST y Transmisión de Luz	28
III.2 Distribución del Material en Suspensión Total	33
III.3 Relación entre Transmisión y Fluorescencia de Clorofila <u>a</u>	37
III.4 Composición del Material en Suspensión	40
III.5 Distribución de Componentes Selectos del MST	42
III.6 Análisis de la Variación de la Composición del MST	58
IV DISCUSION	78
IV.1 Variación Estacional	78
IV.2 Variación Interanual	85
IV.3 Implicaciones en la Formación de los Sedimentos Laminados	91

CONTENIDO (continuación)

	<u>Página</u>
V CONCLUSIONES	101
LITERATURA CITADA	103
APENDICE A: Tablas de Posiciones de Estaciones	108
APENDICE B: Perfiles Verticales de Fluorescencia, Transmisión y Temperatura para marzo 1983	115
APENDICE C: Composición Numérica y Relativa de las Variables del MST	128

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
1	Topografía y fisiografía del Golfo de California.	4
2	Nivel del mar en el Golfo de California frente a Guaymas. A: promedio del ciclo anual en centímetros. B: anomalía del nivel del mar en unidades estandar entre 1980 y 1984. Las flechas indican los períodos de muestreo de este trabajo.	14
3	Localización de estaciones en cada período de muestreo. Los círculos llenos indican localidades donde se obtuvieron filtros.	17
4	Localización de estaciones donde se obtuvieron perfiles de fluorescencia durante marzo de 1983.	23
5	Perfiles representativos de transmisión y temperatura para tres regiones del Golfo en los cinco muestreos. Región I: zona frente a Guaymas. Región II: zona frente a Bahía Concepción. Región III: boca central del Golfo. Línea continua transmisión. Línea punteada temperatura.	29
6	Distribución del promedio de la concentración entre 0 y 60 metros del material en suspensión total (MST) en mg/m^3 .	34
7	Diagramas de la relación transmisión-fluorescencia para marzo de 1983. Valores de transmisión y de fluorescencia en por ciento y milivolts, respectivamente. Valores en la curva representan la profundidad en metros para ese nivel. El número en el vértice superior derecho de las gráficas corresponde al número de la estación.	39
8	Distribución de la abundancia del grupo células centrales menores de $24 \mu\text{m}$ para los cinco muestreos. Unidades en logaritmo natural del número de células por litro.	44
9	Idem Figura 8 para el grupo células centrales de 24 a $48 \mu\text{m}$.	47

LISTA DE FIGURAS (continuación)

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
10	Distribución de la abundancia de células del género <u>Octatis</u> para los cinco muestreos. Unidades en logaritmo natural del número por litro. 51
11	Idem Figura 10 para cadenas del género <u>Pseudoeunotia</u> . 53
12	Idem Figura 10 para cadenas del género <u>Hemiaulus</u> . 55
13	Idem Figura 10 para fragmentos minerales entre 24 y 48 μm . 57
14	Posición de estaciones utilizadas para representar el Golfo central. La secuencia indicada fue la utilizada para generar la matriz en el análisis de componentes principales. 61
15	Distribución del porcentaje de varianza explicada por los autovalores de las 10 componentes principales resultantes del análisis de las variables biogénicas, para las 70 estaciones selectas de la parte central del Golfo de California. 63
16	Componentes principales (1 ^o , 2 ^o y 3 ^o) resultantes del análisis de las variables biogénicas. Valores en unidades estandar agrupados por período de muestreo y ordenados de acuerdo a la figura 14. Las líneas representan el promedio para cada grupo. 65
17	Idem Figura 16 para los componentes principales 4 ^o , 5 ^o y 6 ^o . 66
18	Distribución de la contribucion de la varianza a los componentes principales ($100R^2_{ij}$) por las variables originales. Variables con correlaciones negativas se indican con signo (-). Solo se muestran las variables que contribuyen con más del 10% a la varianza del componente o las tres primeras, en su defecto. 68
19	Valores del grupo terrígenos totales (suma de las fracciones <24 y 24-48 μm) para las 70 estaciones de la figura 14. Abundancias en unidades estandar, agrupados por período de muestreo. Las líneas representan el promedio para cada grupo. 73

LISTA DE FIGURAS (continuación)

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
20 Pesos correspondientes al primer componente principal resultante del análisis en modo R, entre el primer componente biogénico y la serie de terrígenos. Valores en unidades estandar agrupados por período de muestreo y ordenados de acuerdo a la figura 14. Las líneas representan el promedio para cada grupo.	75
21 Promedios de la abundancia en número de partículas por litro para cada período de muestro de las variables utilizadas, para el Golfo central. Las barras indican la varianza.	76
22 Idem Figura 21.	77
23 Comparación entre la concentración promedio en mg/m^3 del seston total (MST) y los porcentajes de la fracción terrígena total representada por los fragmentos minerales para el Golfo central en los cinco muestreos. Los valores en paréntesis indican el número de muestras en que se basaron los promedios. Las barras indican la varianza.	81
24 Idem Figura 23 para la concentración promedio del seston total (MST en mg/m^3) y la producción primaria promedio ($\text{gC}/\text{m}^2/\text{dia}$) para el Golfo central (Alvarez-Borrego y Lara-Lara, 1989), determinada en los mismos períodos.	86
25 Comparación entre la proporción de grupos del MST y la producción primaria. a: promedios de la abundancia de las variables células centrales $>24 \mu\text{m}$, cadenas de centrales y dinoflagelados. b: promedios de las variables células penadas, cadenas de penadas, células centrales $<24 \mu\text{m}$ y <u>Rhizosolenia</u> . c: proporción entre los dos promedios anteriores (a/b). d: producción promedio en $\text{mg C}/\text{m}^2/\text{dia}$ medida en los mismos períodos. Nótese la semejanza entre parte c y parte d. Todos los valores son para el Golfo central (Figura 14).	92

LISTA DE TABLAS

Tabla

Página

1.1.1	Ecuaciones de regresión entre materia en suspensión total (MST) y transmisión. MST en miligramos por litro. Transmisión en porcentaje.	31
-------	--	----

VARIACION DEL MATERIAL EN SUSPENSION EN EL GOLFO DE
CALIFORNIA Y EL ORIGEN DEL REGISTRO PALEOCEANOGRAFICO
DE LOS SEDIMENTOS LAMINADOS

I INTRODUCCION

El conocimiento de la composición y distribución del material en suspensión en el océano es importante para comprender los procesos biológicos, químicos y geológicos que actúan en él. El material particulado proviene, en su mayor parte, de la capa superficial y desciende a través de la columna de agua mediante el asentamiento de partículas individuales o mediante masas fecales y agregados amorfos. Aparte de proveer a las comunidades bentónicas de un alimento rico en partículas orgánicas, la absorción por las partículas en suspensión de especies químicas disueltas así como su disolución pueden llegar a afectar la distribución de elementos químicos en la columna de agua. La investigación de la distribución y composición del material en suspensión, además ayuda a definir las fuentes y mecanismos de transporte de los sedimentos que determinan la distribución y tipos de sedimento en el fondo.

El material en suspensión total (MST) en los océanos, consiste de dos tipos principales, partículas litogénicas y partículas biogénicas. Colectivamente, al material en suspensión se le denomina seston. La fracción biogénica puede

ser dividida en porción viviente (fitoplancton y zooplancton) y en partículas inertes de origen orgánico denominadas detritus. Una de las principales fuentes de material en suspensión en el océano, son los procesos biológicos de la zona eufótica. Debido a esto, las partículas presentes en aguas superficiales normalmente son dominadas por el fitoplancton y en menor grado por el zooplancton y sus concentraciones varían directamente con la producción primaria en los océanos y mares adyacentes a los continentes (Bishop y Joyce, 1986). Sus esqueletos y desechos fecales al hundirse, forman una parte muy importante del material en tránsito a través de la columna de agua. La fracción litogénica consiste en su mayor parte de partículas minerales transportadas al océano desde el continente (existiendo también una porción generada in situ). Esta fracción es importante regionalmente, siendo su distribución controlada por la cercanía a las masas terrestres, los climas continentales y los procesos de transporte por las corrientes oceánicas así como por el patrón de vientos sobre los continentes y océanos.

El Golfo de California es un mar semicerrado de aproximadamente 1000 km de largo y de 100 a 200 km de ancho, circundado por la Península de Baja California al oeste y por los estados de Sonora y Sinaloa al este. El Golfo norte, aproximadamente un tercio de la longitud total, está separado del resto por dos grandes islas (Angel de la Guarda y Tiburón)

y un umbral que se extiende desde punta San Francisquito hasta Isla Tiburon (Figura 1). El Golfo sur, está formado de una serie de frecuencias que aumentan en profundidad desde aproximadamente 2000 metros frente a Guaymas hasta 3000 metros en la boca del Golfo. Las aguas superficiales en el umbral son típicamente más frías durante todo el año que las del resto del Golfo debido a una fuerte mezcla por mareas (Roden, 1964; Badan-Dangon et al., 1985). La principal diferencia entre las aguas del Golfo de California y las del Océano Pacífico adyacente, es la presencia adicional de una masa de agua de alta salinidad en o cerca de la superficie en el Golfo. Esta agua es formada por la evaporación en el Golfo norte y parece ser modificada por mezcla con agua subsuperficial del Pacífico tropical del este (Roden y Groves, 1959).

1.1 Planteo del Problema

Esta investigación examina las relaciones entre la ecología pelágica y la sedimentación que son críticas en la formación de los sedimentos laminados en el Golfo de California Central y Sur. Estos sedimentos se producen por la acumulación de pares de láminas claro-oscuras en la escala de milímetros que se depositan cada año (Baumgartner et al., 1989b). Las láminas solo se preservan a lo largo de la pendiente continental, entre aproximadamente 300 y 1200 metros, donde la bioturbación es inhibida por estar los sedimentos en contacto

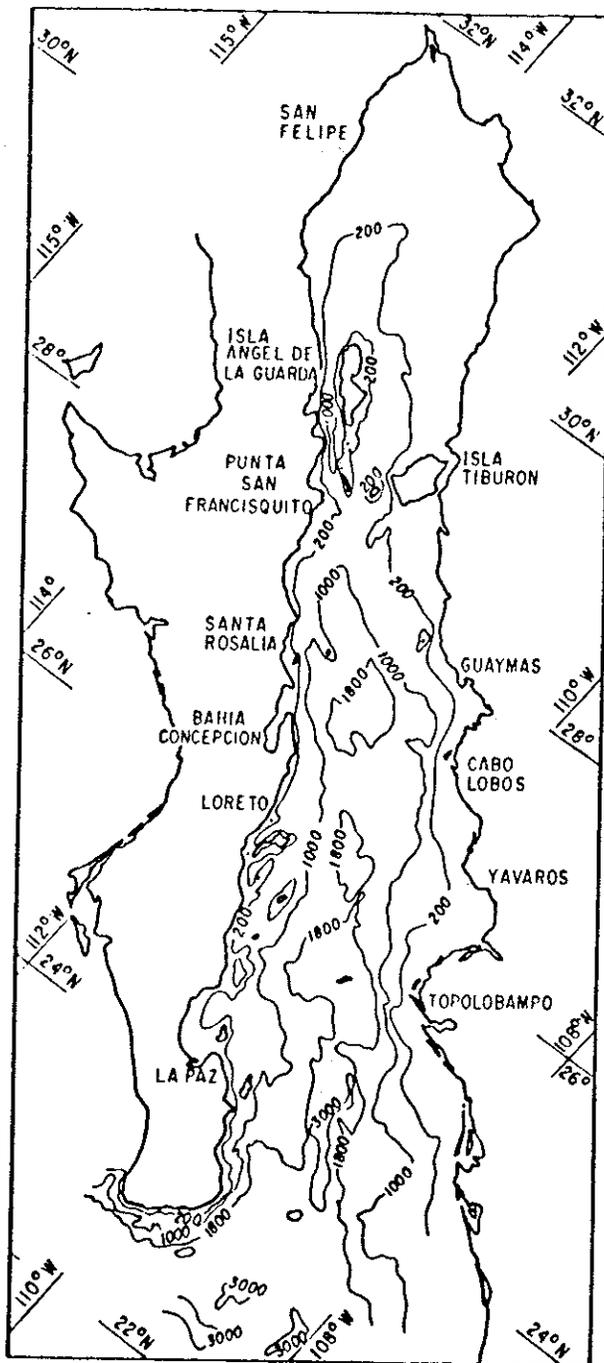


Figura 1. Topografía y fisiografía del Golfo de California.

con el mínimo de oxígeno intermedio de la columna de agua (Calvert, 1964).

Los sedimentos laminados en el Golfo de California, son particularmente importantes por que registran la variación estacional e interanual en la depositación de restos biológicos producidos en aguas de la superficie y en el aporte de materiales desde las masas continentales (Baumgartner et al., 1985; Baumgartner et al., 1989a). Este mecanismo de registro da lugar a una memoria de largo plazo y con alta resolución, del comportamiento del ecosistema pelágico y de los procesos responsables de la inyección de material terrígeno al Golfo. De igual manera, produce un registro indirecto de la variación climática la cual es preservada como la respuesta de la sedimentación pelágica al cambio climático (Baumgartner et al., 1989c). Sin embargo, para poder leer e interpretar este registro o memoria sedimentaria es necesario responder a un número de preguntas críticas acerca de la formación de las láminas de sedimento y el registro de cambios interanuales en el comportamiento del ecosistema pelágico.

Esta tésis fué diseñada para mejorar nuestra comprensión del registro sedimentario, mediante el examen de las hipótesis para el origen de las láminas sedimentarias y la preservación de la respuesta del ecosistema a la variación climática interanual. Esto es llevado a cabo mediante la observación

directa de la variación en la distribución y composición del sedimento en suspensión en las capas superficiales de la columna de agua, utilizando un muestreo bianual a lo largo de un período de varios años, durante el cual se esperaba una importante variación interanual. Hasta el momento, no existen observaciones directas que sirvan de base para determinar la estacionalidad y la variación de año a año en las fuentes o generación de material particulado en suspensión, el cual es incorporado a los sedimentos laminados. El trabajo de Zeitschel (1970) permanece como la más completa descripción publicada acerca de la composición y distribución del material en suspensión en el Golfo de California central y sur. Sin embargo, la cobertura de sus muestras fué relativamente dispersa y a lo más, solo representativas de una sola estación del año.

1.2 Antecedentes

Byrne (1957) propuso que los pares de láminas claro-oscuras resultan de un pulso estacional de sedimentación biogénica asociado con un incremento en la producción de fitoplancton durante el invierno y la primavera. Esto produce las capas ricas en diatomeas observadas que son de color más claro y menos densamente compactadas. Esta hipótesis también supone un aporte aproximadamente constante de material terrígeno a lo largo de todo el año, de tal manera, que las

capas más densas y ricas en limos y arcillas resultan de la reducción en la contribución del componente biogénico durante verano y otoño. Calvert (1966a) argumentó una hipótesis alterna en la cual la formación de los pares de láminas anuales es controlada por un incremento del aporte de material terrígeno por los ríos continentales durante el verano, cuando existe alta precipitación pluvial y mayor descarga de ellos. Esta hipótesis supone una producción y aporte de material biogénico constante a lo largo del año.

Un trabajo reciente de Baumgartner et al. (1989a) demostró que los ríos de Sonora no contribuyen un volumen sustancial de sedimento al Golfo central, como lo requiere el modelo de Calvert (1966a). Este estudio, sin embargo, no contradice la posibilidad de un aumento del aporte de sedimento desde el continente durante los meses del verano. Para esto, Baumgartner et al.(1989a) sugiere que el aporte de material terrígeno puede incrementarse durante el verano mediante la erosión y transporte de polvo por las tormentas convectivas comunes durante esa estación del año. Sin embargo, este mecanismo solo es razonable para las regiones más áridas al norte del Río Fuerte.

Aunque el ciclo anual de la producción primaria en el Golfo de California aún no ha sido bien documentado (Alvarez-Borrego y Lara-Lara, 1988), la bien marcada estacionalidad en

el campo de vientos y en el régimen hidrográfico (Roden, 1964) sugiere que la composición del fitoplancton y el nivel general de producción debería variar significativamente en espacio y tiempo a lo largo del año. Los vientos más intensos ocurren durante el invierno y primavera y soplan desde el noroeste a lo largo del eje del Golfo (Winant et al., 1985) produciendo surgencias costeras a lo largo de la margen este al sur de las islas centrales y filamentos o jets bien desarrollados transversales al Golfo que se extienden desde los cabos más prominentes (Badan et al., 1985). Durante el verano, la dirección del viento se invierte, con vientos menos intensos que soplan generalmente desde el sureste, resultando esto en surgencias menos intensas a lo largo de la margen oeste del Golfo (Badan et al., 1985). Robles y Marinone (1987) describieron el ciclo anual en el Golfo central a partir de los datos hidrográficos disponibles, los cuales muestran que ocurre una débil estratificación en los 150 metros superiores desde diciembre hasta abril, mientras que desde Junio hasta octubre se produce un mayor calentamiento y estratificación en la capa superior. Los meses de Mayo y noviembre se consideran meses de transición. Marinone y Ripa (1988) demostraron una correspondencia de lo anterior con un ciclo anual en el transporte geostrófico superficial en el Golfo central, con flujo hacia el sur durante el invierno y hacia el norte durante el verano).

Aunque la fuerte estacionalidad en el Golfo parece favorecer la hipótesis de Byrne (1957) para la formación de las láminas claras, existe el argumento de Calvert (1966a) de que el desplazamiento de las surgencias costeras desde la margen este durante invierno-primavera hacia la margen oeste durante el verano podría producir una productividad de fitoplancton relativamente uniforme en el Golfo central y sur a lo largo del año. Sin embargo, la variación en la composición del fitoplancton entre láminas claras y oscuras descrita por Donegan y Schrader (1982), sugiere que el cambio estacional en la composición y productividad del fitoplancton tiene un papel en la formación de los pares de láminas en el Golfo central.

Un análisis hecho en sedimentos laminados del Golfo central sobre la composición de especies de diatomeas y silicoflagelados así como estimaciones indirectas de su producción anual (Baumgartner et al., 1985), indica que la variación climática asociada con el fenómeno El Niño/Oscilación del Sur ejerce un importante control sobre estas variables. Estos cambios en el fitoplancton preservado, son interpretados como representativos de características importantes en la respuesta del ecosistema pelágico a los cambios interanuales de las condiciones oceanográficas en el Golfo que fueron documentadas por Robles y Marinone (1987). Estos cambios son determinados por la variación a gran escala en la circulación ecuatorial, la cual a su vez está acoplada con El

Niño/Oscilación del Sur (Baumgartner y Christensen, 1985).

El registro de los sedimentos laminados indica que la reducción en la producción primaria observada en los ecosistemas del pacífico durante episodios de El Niño (Barber y Chavez, 1983; McGowan, 1983) no ocurre en el Golfo de California. En cambio, las evidencias provenientes de los sedimentos laminados, sugieren que la productividad en el Golfo central, cuando menos la del fitoplancton silíceo, se incrementa durante años de El Niño. Esta evidencia de productividad acentuada durante condiciones de El Niño proveniente de los sedimentos laminados, fué el factor motivante para generar el interés en CICESE para diseñar un estudio integrado de las características físicas, biológicas y sedimentológicas del Golfo central y sur, para determinar la respuesta del ecosistema al importante evento de El Niño de 1982-1983.

Una compilación de las mediciones de la productividad primaria hechas por Lara-Lara y sus estudiantes a través del período de evolución de este intenso evento de El Niño (Valdez-Holguín y Lara-Lara, 1987; Lara-Lara y Valdez-Holguín, 1988; Bazán-Guzman y Lara-Lara, en prep.; Lara-Osorio y Lara-Lara, en prep.) indica que la productividad promedio en el Golfo central disminuyó significativamente con el decaimiento de El Niño entre marzo de 1983 y marzo de 1984.

1.3 Diseño de la Investigación

El principal objetivo de esta tesis es el determinar la variación estacional e interanual en el aporte de los dos más importantes fuentes de partículas (biogénicas marinas y litogénicas terrígenas) en la capa superficial del Golfo de California central y sur. Para llevar a cabo este objetivo se requiere la determinación de la variación en la composición del campo de partículas. Debido a que este campo es obviamente heterogeneo en el Golfo, debe también definirse la variación espacial o distribución del material en suspensión para proveer una descripción más completa de la variación temporal. Este grupo de datos permite examinar los modelos del origen de los sedimentos laminados y como se incorpora la variación interanual en el registro sedimentario. Estos datos, por supuesto, también proveen una descripción de los aspectos más importantes en el comportamiento estacional e interanual del ecosistema pelágico del Golfo, visto desde el punto de vista de la variación en el campo de partículas.

La variación en el campo de partículas puede ser descrita por la distribución de la masa total en suspensión (Simpson, 1982). La concentración de la masa total en suspensión (MST) fué medida en forma rutinaria durante este programa de muestreo mediante perfiles in situ de la atenuación de la luz utilizando

transmisómetros de alta resolución descritos por Bartz et al. (1978). Debido a que la transmisión de luz depende, además de su concentración, en la composición y distribución de tamaños del material en suspensión (Peterson, 1977; Bishop, 1986) fué necesaria una calibración de los datos de atenuación de luz para determinar las concentraciones del MST. Las calibraciones fueron hechas para cada crucero mediante el análisis gravimétrico del MST separado por filtración de muestras colectadas con botellas Niskin.

La composición de las partículas en suspensión fué determinada en dos maneras. Primero, se hizo un esfuerzo para determinar la relación entre MST y la biomasa del fitoplancton estimada por fluorescencia de clorofila a durante uno de los cruceros. Esto se hizo para conocer si el MST puede ser utilizado como una estimación directa de la biomasa del fitoplancton como fué sugerido por estudios anteriores en el Golfo de California (Kiefer y Austin, 1974) y en otras regiones (Lieberman et al., 1984; Bishop, 1986). El segundo método utilizado para determinar la composición fué mediante análisis microscópico de las muestras de MST contenidas en los filtros para cuantificar la variación de las fracciones biogénica y litogénica. La fracción biogénica fué subdividida en múltiples categorías de grupos o especies de fitoplancton y de detritus orgánico identificable. Posteriormente, la variación en la fracción biogénica fué resumida mediante análisis de

componentes principales.

El programa de muestreo fué diseñado para comparar las condiciones estacionales contrastantes en el Golfo central y sur durante los años de fuertes cambios interanuales inducidos por el evento de El Niño que se iniciaron en el otoño de 1982 y se prolongaron hasta la primavera de 1984. El ciclo anual en el régimen hidrográfico del Golfo puede ser resumido por los promedios mensuales a largo plazo del nivel del mar en Guaymas, mostrados en la Figura 2a. El ciclo anual del nivel del mar depende principalmente en el calentamiento superficial estacional y en el ajuste geostrofico a los cambios en circulación (cf. Robles y Marinone, 1987; Marinone y Ripa, 1988). El máximo de las condiciones invierno-primavera normalmente ocurre durante febrero y marzo en Guaymas, mientras que el máximo desarrollo de las condiciones de verano-otoño se alcanza durante los meses de julio, agosto y septiembre. El período de influencia de El Niño en las condiciones del Golfo central es ilustrado por la evolución de las anomalías mensuales del nivel del mar en Guaymas, entre 1980 y 1985, graficadas en la Figura 2b.

Por lo tanto, originalmente se diseñó un programa multianual de cruceros oceanográficos para proveer una definición de la variación espacial durante el máximo de las condiciones estacionales desde 1983 hasta 1985, mediante el

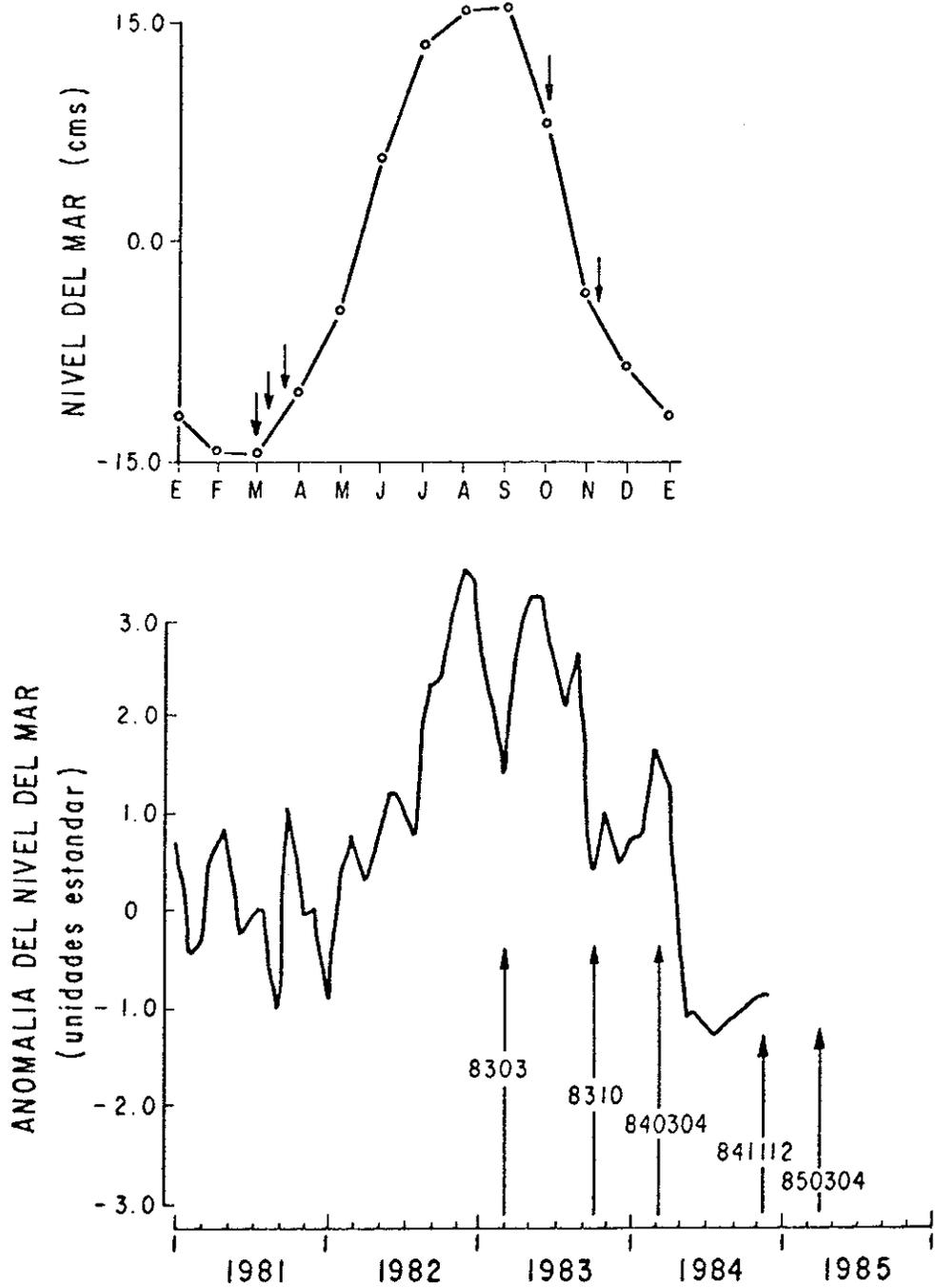


Figura 2. Nivel del mar en el Golfo de California frente a Guaymas. A: promedio del ciclo anual en centímetros. B: anomalía del nivel del mar en unidades estandar entre 1980 y 1984. Las flechas indican los periodos de muestreo de este trabajo.

muestreo durante los meses de marzo y agosto. Aunque este tipo de diseño no permitía una completa descripción del ciclo anual de variabilidad; tal como idealmente se buscaba, daría una descripción mínima de los contrastes estacionales durante la evolución y decaimiento del evento de El Niño y el retorno a las condiciones anti-El Niño. Se llevaron a cabo muestreos de las condiciones de invierno-primavera en o cerca de su máximo desarrollo, durante marzo de 1983; marzo-abril de 1984 y marzo-abril de 1985. Los máximos de las condiciones de verano no fueron muestreados debido a la existencia de problemas en la calendarización de las embarcaciones. Desafortunadamente, los cruceros programados para los veranos de 1983 y 1984, fueron retrasados hasta octubre (1983) y noviembre-diciembre (1984) y no hubo crucero durante el verano de 1985. Sin embargo, el muestreo de octubre de 1983 proveyó de una razonable muestra de las condiciones de verano-otoño, mientras que el crucero de noviembre-diciembre de 1984 cuando menos capturó la transición entre las condiciones de verano-otoño a las de invierno-primavera, antes del establecimiento definitivo de estas últimas.

La distribución espacial de las estaciones oceanográficas fué diseñada para brindar la resolución óptima de la variación en el Golfo central y sur, partiendo de una programa económico de muestreo. Desafortunadamente, debido a una combinación de problemas principalmente con el equipo de las embarcaciones y

las condiciones del tiempo, no fué posible muestrear completamente la totalidad del área deseada en todos los cruceros. La localización de las estaciones se muestran en la Figura 3. Las tablas incluidas en el Apéndice A, (tablas I a V) muestran el resto de la información pertinente a los muestreos. Todos los muestreos fueron llevados a cabo en el Buque Oceanográfico El Puma de la U.N.A.M., a excepción del de octubre de 1983, el cual se llevó a cabo a bordo del B.O. Matamoros, de la Secretaría de Marina.

Durante el crucero de octubre de 1983, debido a problemas mecánicos con el equipo del buque, la profundidad máxima de muestreo se limitó a 350 metros. En el resto de los cruceros la profundidad máxima fué de 600 metros, siendo el límite la resistencia del equipo a la presión. En el crucero de marzo-abril de 1985, el número de estaciones muestreadas fué mucho menor a los anteriores, debido a que por razones de tipo mecánico, se suspendió la campaña aproximadamente a la mitad del número propuesto de estaciones a ocupar, quedando sin muestrear las porciones central y sur del área de muestreo.

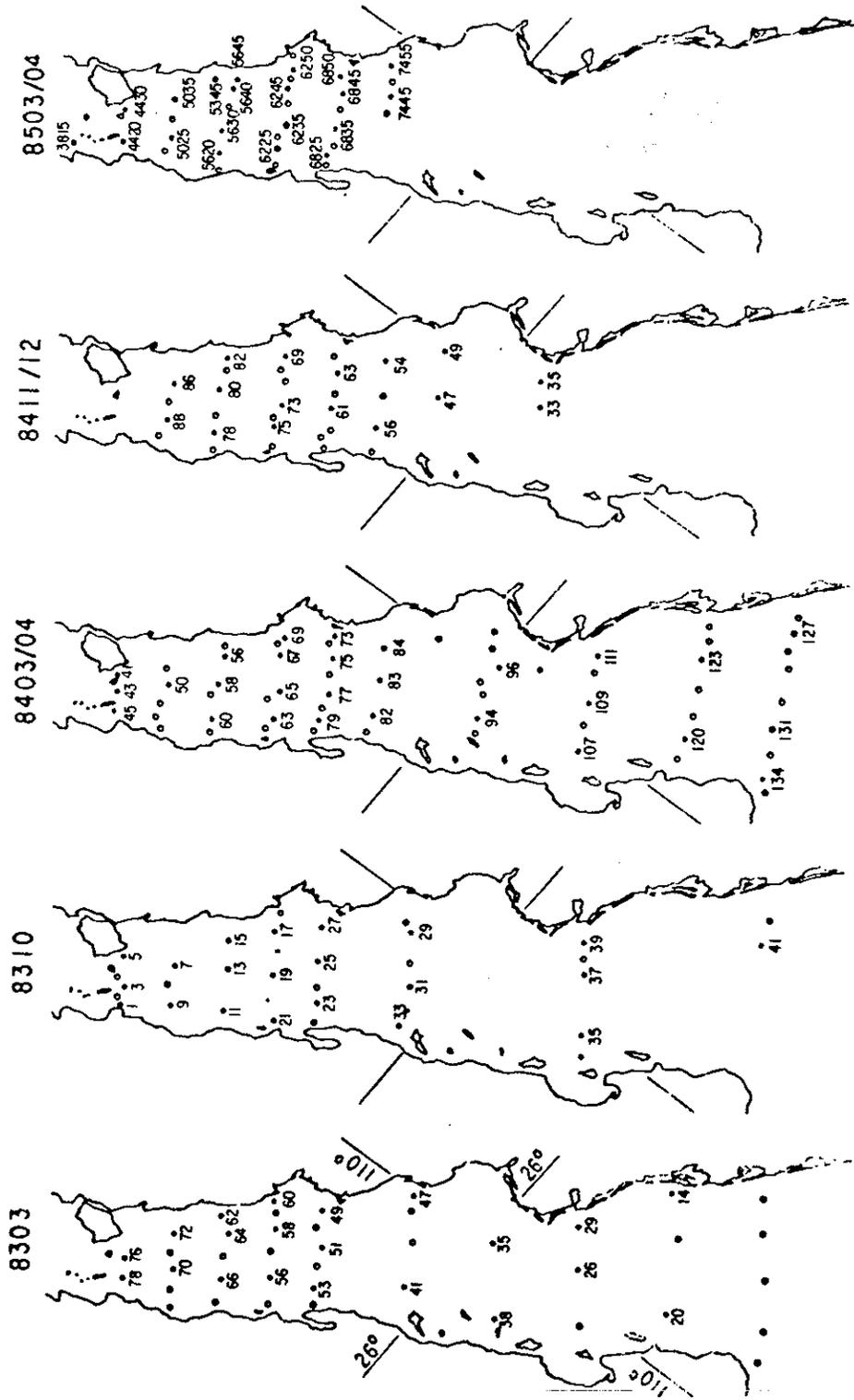


Figura 3 Localización de estaciones en cada periodo de muestreo. Los círculos llenos indican localidades donde se obtuvieron filtros.

II METODOS

II.1 Medición de la Transmisión de Luz

En cada una de las estaciones enlistadas en las tablas I a V del Apéndice A, se hicieron perfiles verticales continuos hasta un máximo de 600 metros (350 metros durante octubre de 1983) donde la profundidad lo permitió con dos transmisómetros idénticos de longitud de trayectoria de rayo de 25 cms. Uno era un transmisómetro Sea-Tech tipo Bartz-Zaneveld (Bartz et al., 1978); el otro fué construido en el Centro de Investigación científica y de Educación Superior de Ensenada y fué modelado a partir del instrumento Sea-Tech con el auxilio de R. Bartz. Estos instrumentos tienen electrónica de estado solido y un diodo emisor de luz con una longitud de onda de 660 nanómetros y un ancho de banda espectral de 20 nanómetros. A esa longitud de onda, la absorcion debida a materiales disueltos es negligible (Jerlov, 1976) de modo que los cambios en la respuesta del detector son debidos esencialmente a la atenuación por el material en suspension y por el agua. Los instrumentos están colimados ($<0.8^\circ$) y compensados por temperatura ($<0.1\%$ de error en un rango de temperatura de 0 a 25°C ; Bartz et al., 1978).

Los datos fueron almacenados en un sistema automático de registro de tipo fotográfico, diseñado especialmente para estos

instrumentos. Este sistema de registro incluye un sensor de temperatura y un transductor de presión, por lo que se tiene un registro simultáneo de estos tres parámetros: temperatura, profundidad y transmisión de luz (dos canales). Asimismo, el sistema incluye también, la fuente de poder necesaria para alimentar a los dos transmisómetros. Debido a que los datos fueron almacenados fotográficamente, se digitalizaron en forma visual con un intervalo aproximado de 2 metros. El período de muestreo establecido en el instrumento fué de una lectura cada 3 segundos, que convertidas a profundidad corresponde a una cada 2 a 3 metros. Los valores comparativos entre ambos transmisómetros, reflejaban una diferencia casi constante, atribuible a diferencias de calibración y de respuesta entre instrumentos. Para el propósito del presente trabajo de tesis solo se procesaron los datos provenientes del instrumento construido en CICESE.

II.2 Determinación Gravimétrica del MST

Para comparar las mediciones ópticas del transmisómetro contra la masa total de partículas en suspensión se hicieron calibraciones experimentales. Para esto se utilizaron valores determinados gravimétricamente de muestras discretas obtenidas en cada uno de los cruceros.

El material en suspensión total (MST) fué determinado

utilizando filtros de membrana de policarbonato marca Nucleopore de 47 mm de diámetro y 0.6 μm de tamaño de poro, prepesados, a través de los cuales se filtró un volumen conocido de agua proveniente de profundidades discretas (0, 10, 25, 75, 150 y 300 metros). Los filtros Nucleopore, tienen una superficie no hidrofóbica completamente lisa que contiene poros cilíndricos formados por disolución química, después de haber sido marcados con neutrones. Este tipo de filtros es el más adecuado cuando se tiene la necesidad de resuspender el material retenido (Fournier, 1978). Los filtros Nucleopore, han sido utilizados en otras investigaciones de partículas en suspensión, particularmente si se hizo análisis gravimétrico (Cander et al., 1974; Biscaye y Eitrem, 1974; Peterson, 1977; Richardson, 1987).

El agua fue colectada utilizando botellas Niskin de 5.0 y 7.0 litros (la primera para las tres profundidades más someras). Inmediatamente después de arribar a cubierta, fueron drenadas a recipientes de policarbonato colapsables de 4.0 litros de capacidad, previamente lavados con agua destilada filtrada. Las muestras se homogenizaron antes de ser llevado a cabo el filtrado, para evitar el asentamiento de las partículas de mayor tamaño. El volumen filtrado fue medido con una probeta graduada de 1.0 litros de capacidad y una precisión aproximada de 5 ml. El volumen máximo filtrado fue determinado por la disminución en la capacidad de filtración de la membrana debido

a la obstrucción de los poros por el material retenido, variando entre 0.6 hasta 4.2 litros.

Inmediatamente después de terminar el filtrado se eliminó el agua de mar retenida por el material y entre los poros mediante la filtración en tres ocasiones de 15 ml de agua destilada deionizada libre de partículas. Se agregaron al último lavado 5 ml de formaldehído concentrado (30 %) como fijador de la muestra. Los filtros fueron colocados en platos de Petri desechables y se mantuvieron en congelación hasta su procesamiento en tierra.

Los filtros se secaron en campana de desecación que contenía Drie-nite (sulfato de sodio) como desecante a temperatura ambiente durante 48 horas mínimamente. Los valores de MST se calcularon pesando la muestra junto con el filtro en una balanza Mettler HP-25, con una precisión de aproximadamente .05 miligramos. Durante la primera fase del experimento, se detectó una fuerte falta de consistencia en los pesos obtenidos, a pesar de haber seguido estrictamente el procedimiento establecido. Se determinó que la causa del problema fue la generación de cargas estáticas en los filtros. Para eliminar esta carga durante el pesado de ellos, se utilizaron 3 tiras de Po₂₁₀ (500 μ curies cada una, generador de partículas α) dentro de la cámara de la balanza. Pasando una de las tiras por encima de la superficie del filtro a una corta

distancia y manteniendo las otras cercanas al plato de la balanza, eliminó casi totalmente el problema y estabilizó los pesos.

En los filtros correspondientes a las muestras de los cruceros de marzo y de octubre de 1983, se encontraron agregados negros muy similares en apariencia a hule desescamado de las ligas del mecanismo de cierre de las botellas Niskin. Esta observación condujo a reemplazar las ligas con mangueras de latex en el resto de los muestreos. En las subsecuentes ocasiones, la ocurrencia de este tipo de agregados desapareció casi totalmente.

II.3 Determinación de la Fluorescencia in vivo.

La fluorescencia del fitoplancton fué medida en aguas superficiales de 21 estaciones hasta los 70 metros de profundidad en el Golfo de California central durante la campaña oceanográfica 8303. Las estaciones abarcaron desde la parte sur del Canal de Ballenas (est. 78) hasta frente a la isla Cerralvo en la Bahía de La Paz (est. 23). Véase la Figura 4 y la Tabla I del Apéndice A, para las posiciones de las estaciones.

Los perfiles verticales de fluorescencia se midieron utilizando un fluorómetro Turner modelo 11f, modificado para la

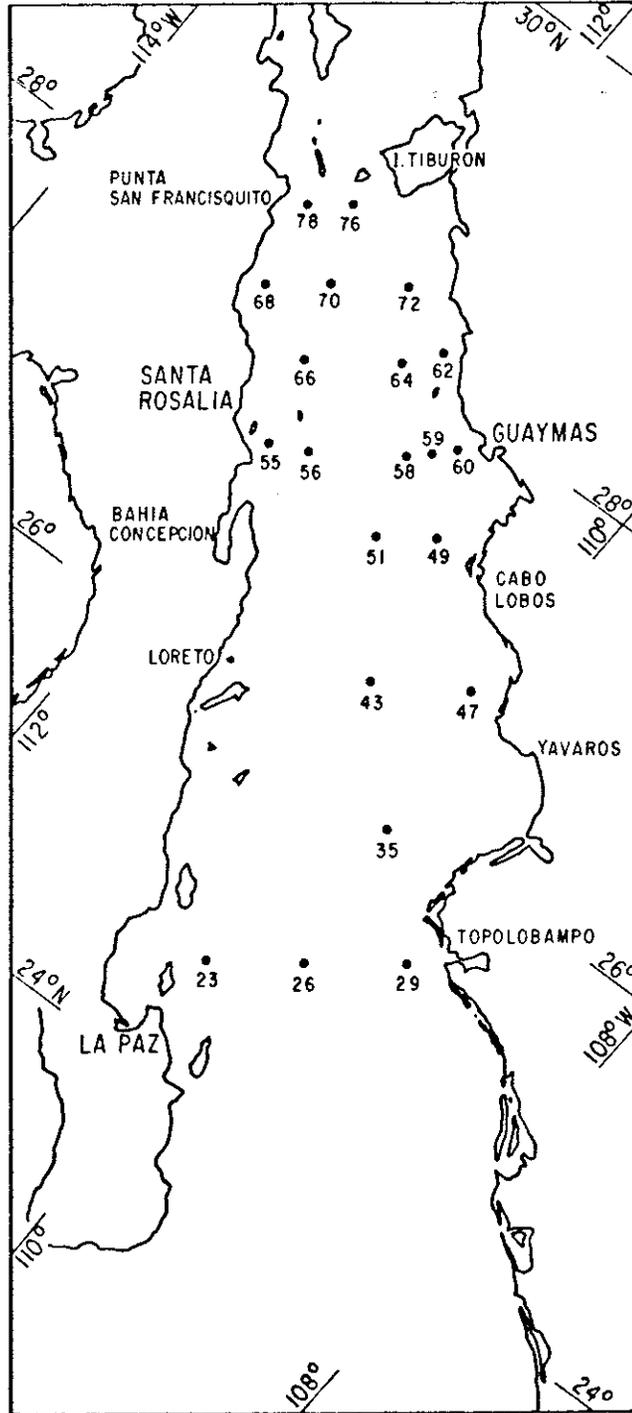


Figura 4 Localización de estaciones donde se obtuvieron perfiles de fluorescencia durante marzo de 1983.

determinación de fluorescencia in vivo. Este tipo de instrumentos es utilizado en forma rutinaria para evaluar la distribución de la biomasa del fitoplancton a partir de la fluorescencia in vivo de la clorofila a (Lorenzen, 1966). Para el muestreo de la columna de agua, se utilizó una bomba sumergible Gould de 0.5 caballos de fuerza. El agua se canalizó a través de una manguera de 90 metros de longitud hasta un sistema de sifones arreglados de tal modo que eliminaban la mayoría de las burbujas contenidas en el sistema manguera-bomba, las cuales interferían con las determinaciones del fluorómetro. El flujo fué controlado mediante una bomba peristáltica, regulada a un flujo aproximado de 1 litro por minuto. La fluorescencia de la clorofila a celular fué registrada mediante un graficador continuo de pluma.

El procedimiento utilizado para generar los perfiles, consistió en bajar la bomba hasta 10 metros de profundidad y subirla a la superficie, manteniéndola en esa posición hasta que la señal del fluorómetro se estabilizó. El tiempo utilizado en esta operación fue en promedio 3 minutos. A continuación, se permitió descender la bomba soltando manguera a mano y marcando la profundidad en el registro de papel cada 10 metros hasta alcanzar 70 metros de profundidad. Se dejó estabilizar la señal a esa profundidad por un minuto y se inició el ascenso hasta alcanzar la superficie. Al arribar la bomba a la superficie, se le mantuvo dentro del primer metro de

profundidad hasta que la señal en el registro se estabilizó (ca. 5 minutos). Tanto en el descenso como en el ascenso, la velocidad se intentó mantener constante, dentro de los límites permitidos por la operación.

El sistema del fluorómetro fué calibrado a cero obstruyendo la trayectoria de la luz frente al prisma dentro del fluorómetro. En algunas estaciones, la presencia de burbujas en la manguera fué muy alta, siendo el sistema de sifones insuficiente para eliminarlas. Esto inutiliza los datos dado que las burbujas producen señales que no pueden ser separadas de la señal real. La señal de salida del fluorómetro fué modificada en escala mediante la utilización del cambio de escala incluido en el instrumento y además mediante la utilización de filtros neutros de 30% de atenuación (Wratten Gelatine Filters, Kodak) colocados frente al prisma del instrumento. Esto dió como resultado un rango de escalas desde 0.3 X hasta 3.0 X, permitiendo así detectar variaciones amplias en la señal. Durante la operación de ascenso y descenso el instrumento se mantuvo siempre a la misma escala que se inició.

Los valores se reportan en milivoltios y fueron corregidos en profundidad considerando el retraso introducido en la señal debido a la longitud de la manguera (retraso de aproximadamente 2 minutos). El cálculo de este retraso se hizo utilizando los eventos sobresalientes en el registro del perfil (e.g. máximo

de fluorescencia). Asimismo, se supuso una velocidad constante en el ascenso y en el descenso aunque no necesariamente igual entre sí. Para el cálculo de la profundidad del evento se utilizó la fórmula:

$$P(\text{metros}) = \frac{70}{T_a + T_b} * (Q - S), \quad (1)$$

donde T_b tiempo utilizado para llegar desde la superficie hasta 70 metros; T_s , el utilizado para ir desde 70 metros hasta la superficie; Q , el tiempo desde el inicio del descenso hasta el evento en cuestión y S , el tiempo transcurrido entre el fin del ascenso y la ocurrencia del evento en el perfil de subida.

Para el cálculo del retraso en tiempo de la señal, se utilizó la fórmula:

$$T(\text{minutos}) = \frac{T_s * Q + T_b * S}{T_s + T_b}, \quad (2)$$

donde los parámetros son similares al anterior caso.

II.4 Determinación de la composición: Microscopía.

Utilizando las técnicas microscópicas descritas por Peterson (1977), Carder et al., (1974) y Richardson, (1987) se determinó la composición de las poblaciones de partículas para cada uno de los filtros que correspondiesen a las dos profundidades más someras en cada uno de los cruceros.

Para hacer los conteos e identificación de partículas, se utilizó un microscopio Zeiss compuesto, con objetivos Nomarsky a una amplificación total de 250 X. Se hicieron transectos de un diámetro ocular de ancho en la superficie del filtro, sin alterar la distribución de partículas sobre éste. En promedio, se examinó entre el 1 y el 3 % de la superficie total del filtro, convirtiéndose los conteos posteriormente a número de partículas en cada una de las categorías definidas.

III RESULTADOS

III.1 Relación entre MST y Transmisión de Luz

Las Figura 5 presenta perfiles verticales de la transmisión de luz en tres áreas de la región estudiada en cada una de las fechas de muestreo. Los valores provienen en su totalidad de las determinaciones provenientes del instrumento construido en CICESE. Se presentan asimismo, los valores de temperatura medidos por el sensor colocado en el sistema de registro autónomo de datos utilizado. El mapa índice de la figura 5, indica las posiciones aproximadas de las 3 áreas que corresponden a las 2 costas en el Golfo central, la primera al norte de Guaymas y la segunda frente a Bahía Concepción. La tercer area está en el centro del Golfo sur. En esta última no se muestreó durante marzo-abril de 1985.

En una forma general, los perfiles de la figura 5 demuestran la variación temporal y espacial de la distribución vertical de la transmisión en el Golfo central y sur. La característica sobresaliente de los perfiles es la existencia de un mínimo de transmisión (máximo de concentración de partículas) en o cercano a la superficie, asociado con la capa de mezcla. El incremento de la transmisión o disminución en la concentración de partículas, normalmente se asocia con el gradiente mas fuerte de la termoclina arriba de 100 metros.

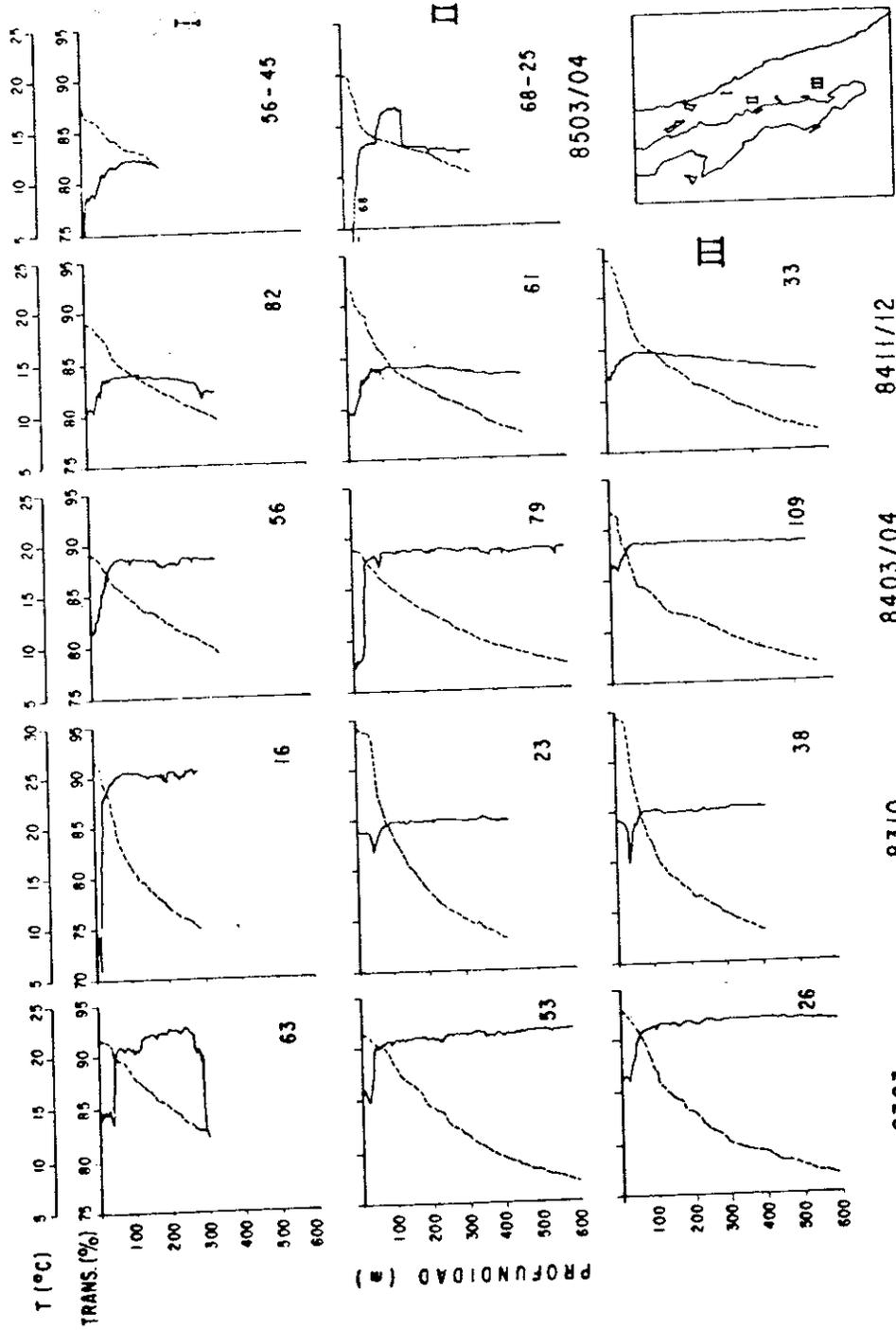


Figura 5 Perfiles representativos de transmisión y temperatura para tres regiones del Golfo en los cinco muestreos. Región I: zona frente a Guaymas. Región II: zona frente a Bahía Concepción. Región III: boca central del Golfo. Línea continua transmisión. Línea punteada temperatura.

Abajo de este incremento, los valores de transmisión permanecen relativamente constantes, con la excepción de algunos perfiles que indican máximos intermedios o cercanos al fondo en la concentración de partículas (por ejemplo muestreo 8303, area I) o mínimos de partículas a profundidades intermedias (por ejemplo 850304, area II).

Como una primera aproximación, las diferencias espaciales en los perfiles están relacionadas a la cercanía de las masas continentales y a la profundidad de la estación. Las diferencias entre períodos de muestreo en los perfiles reflejan más la variación temporal en la concentración del MST.

Para estimar los valores de la concentración de MST a partir de las mediciones de transmisión de luz, se determinaron las ecuaciones de regresión lineal entre los valores de los perfiles de transmisión y los valores de MST obtenidos de las filtraciones de las muestras correspondientes a cada perfil. La tabla I, muestra las ecuaciones de regresión para cada fecha de muestreo y sus valores máximo y mínimo de transmisión así como el coeficiente de correlación asociado. Las ecuaciones son comparativamente semejantes entre cada uno de los cruceros, variando las pendientes entre 0.061 y 0.100. Esto sugiere que la composición y la distribución de tamaños de las partículas es casi constante entre diferentes fechas de muestreo y en diferentes áreas geográficas.

Tabla 1. Ecuaciones de regresión entre Materia en Suspensión Total y Transmisión. MST en miligramos por litro. Transmisión en por ciento.

Crucero	Intercep	Pendiente	#Datos	Coef. Correl.	Transmision		MST	
					Min	Max	Min	Max
8303	6.1886	0.0661	71	0.854	74.9	91.9	0.06	1.39
8310	5.6651	0.0614	51	0.699	80.9	91.0	0.01	0.74
840304	5.9057	0.0643	129	0.875	77.4	90.0	0.01	0.94
841112	5.2966	0.0614	92	0.623	76.8	84.4	0.03	0.65
850304	8.4008	0.1002	74	0.795	68.0	86.2	0.04	1.90

MST = INTERCEPT. - (PENDIENTE * TRANSMISION)

Lo anterior no es estrictamente cierto, ya que la transmisión de luz no se explica totalmente solo por la concentración de partículas. La varianza no explicada por las regresiones es una medida de la heterogeneidad de las características de las poblaciones de partículas tanto en la dirección vertical como horizontal (e.g. la variación en el número de partículas, su distribución de tamaños y su composición). Sin embargo, las diferencias no tienen suficiente efecto en la transmisión como para impedir el uso de una aproximación lineal para predecir las concentraciones de MST a partir de la transmisión, basándose principalmente en el valor del coeficiente de correlación. La ecuación correspondiente a las muestras de marzo-abril de 1985, es la que más se aleja de las características de relación que presentan los otros cuatro muestreos. Esto puede reflejar el hecho de que este muestreo presentó los valores máximos detectados, estableciendo una relación forzada principalmente por los puntos extremos (máximo de 1.90 mg/lt).

Los valores máximos de transmisión, que corresponden a aguas casi libres de partículas, decrecen entre cada una de las fechas de muestreo (Tabla I, transmisión máxima). Esto puede ser indicación de una variación en la respuesta del instrumento a concentraciones determinadas como resultado del "envejecimiento" del detector y no a la disminución real de la

concentración mínima de partículas con el tiempo.

III.2 Distribución del Material en Suspensión Total

Habiéndose establecido las relaciones entre la transmisión de luz y la concentración en masa del MST para cada período de muestreo (Tabla I), es posible convertir todos los perfiles ópticos de cada uno de los muestreos a perfiles de masa en suspensión. Como se ha demostrado que diferentes características en el MST, combinadas con el supuesto efecto del envejecimiento del detector, producen diferentes ecuaciones de regresión, es necesario el utilizar cada regresión independientemente para su correspondiente período de muestreo. Se aplicaron las regresiones para obtener la distribución vertical de las concentraciones de MST a cada perfil de transmisión. Los valores resultantes fueron interpolados linealmente en un intervalo constante de 2 metros.

Para determinar la distribución del MST en la capa superficial se calcularon promedios entre 0 y 60 metros. Para obtener dichos promedios se integraron los valores de MST y los resultados de la integración fueron divididos entre 60 metros y multiplicado por 1000 para obtener miligramos por metro cúbico. La Figura 6 ilustra la distribución espacial de los promedios en la concentración de MST entre 0 y 60 metros, para cada período de muestreo.

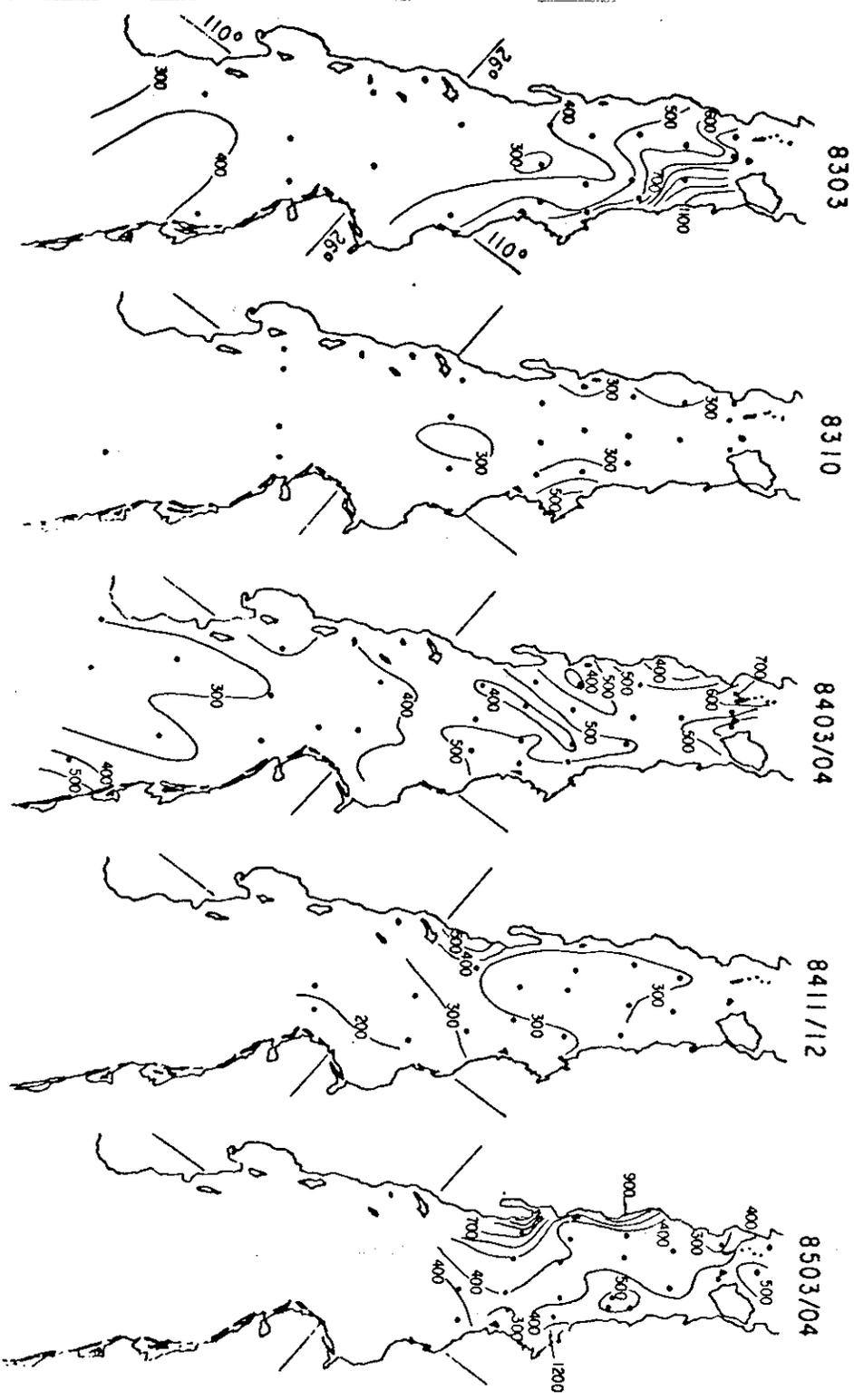


Figura 6 Distribución del promedio de la concentración entre 0 y 60 metros del material en suspensión total (MST) en mg/m³.

Durante marzo de 1983 (Fig. 6a), los valores mínimos de concentración ($<300 \text{ mg/m}^3$) están localizados en la boca del Golfo mientras que el máximo ($>1000 \text{ mg/m}^3$) está localizado en la zona noroeste del área de muestreo, al sur de Isla Tiburón. Los valores de este máximo decrecen hacia el sur y el oeste reflejando la existencia de una franja de alta concentración de partículas a lo largo de la costa de Sonora hasta Yavaros. La concentración en masa también sube en la costa de Baja California al sur de la Punta San Francisquito. Las bajas concentraciones de MST se extienden desde la boca del Golfo cubriendo el Golfo sur y terminando como una lengua en el Golfo central arriba de Guaymas.

En el período de muestreo de octubre de 1983 (Fig. 6b) habían desaparecido las altas concentraciones de MST observadas en el marzo previo en la región central. Sobre casi todo el Golfo central y sur se encontró una distribución muy uniforme de concentraciones menores a 300 mg/m^3 , lo cual corresponde a aguas relativamente claras. Solo en la costa frente a Guaymas subieron las concentraciones arriba de 500 mg/m^3 . A lo largo de la costa de Baja California, al norte de Bahía Concepción, también hubo indicaciones de una ligera alza en las concentraciones.

En el muestreo de marzo-abril de 1984 (Fig. 6c) se volvieron a encontrar valores más altos que 500 mg/m^3 sobre una amplia zona en la región central del Golfo. Esta zona está

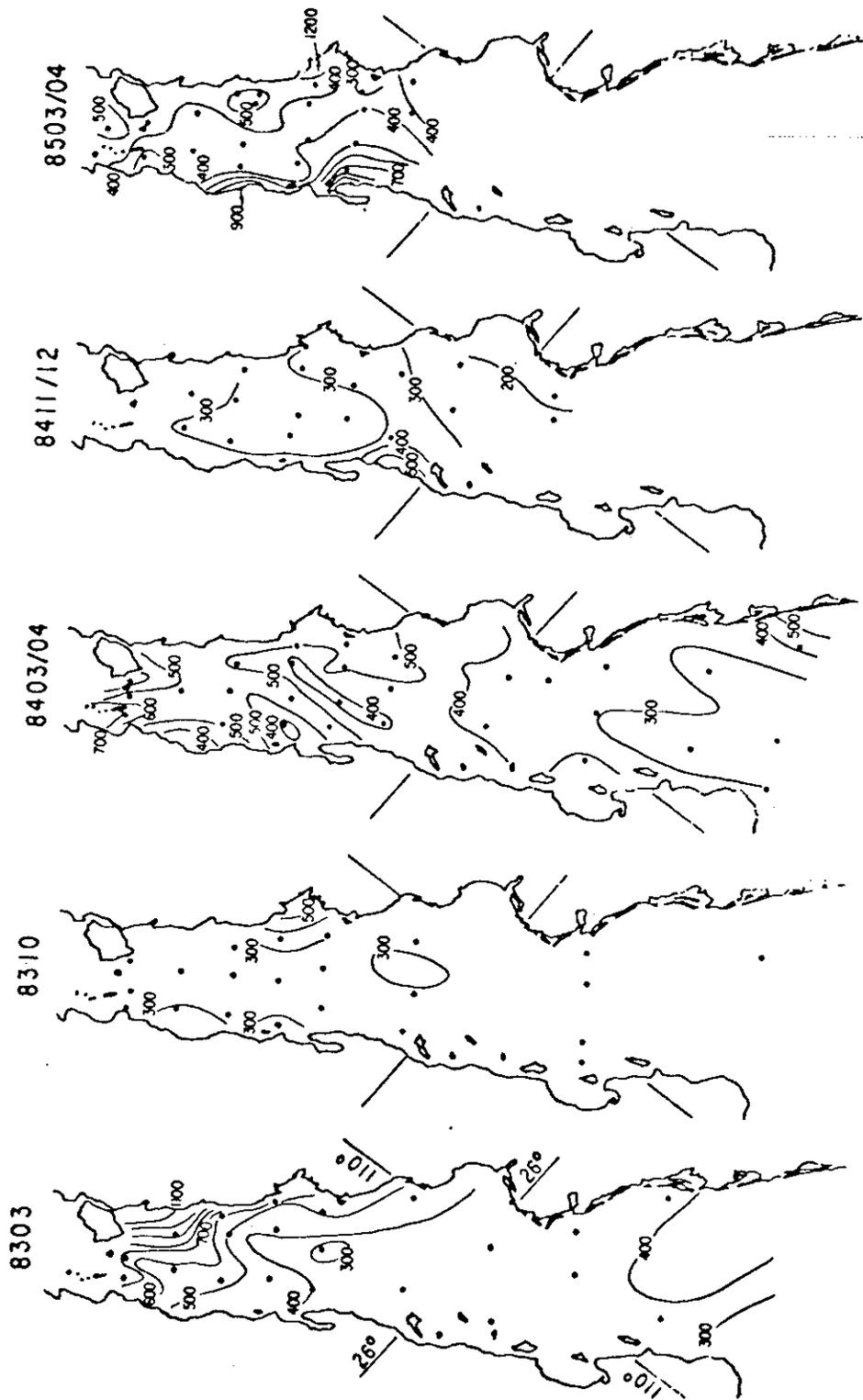


Figura 6 Distribución del promedio de la concentración entre 0 y 60 metros del material en suspensión total (MST) en mg/m³.

dividida por la presencia de una lengua de agua con bajas concentraciones que parece ser la extensión hacia el norte del agua que se encuentra en la boca del Golfo en una forma similar a lo que ocurrió en marzo de 1983. Los valores máximos (mayores de 600 mg/m^3) se encuentran en el umbral entre Punta San Francisquito y la Isla Tiburón. La franja costera entre Bahía Concepción y Punta San Francisquito presenta concentraciones relativamente bajas. En la boca del Golfo, frente a la costa de Sinaloa, se presentó un aumento en la concentración de MST. Es interesante hacer notar que los valores máximos del Golfo central, solo se aproximan en un 50% a los máximos de marzo de 1983.

Durante el período de noviembre-diciembre de 1984 (Fig. 6d) volvieron a aparecer las bajas concentraciones de partículas con una estructura más sencilla que la de los anteriores muestreos de primavera y más similar al de octubre de 1983. Los valores se incrementaron de menos de 200 mg/m^3 en la región sur del Golfo a mayores de 300 en la región central. El único máximo bien definido ocurrió frente a la costa de Baja California, al sur de Bahía Concepción con concentraciones del orden de 500 mg/m^3 .

La distribución de las concentraciones de partículas durante marzo-abril de 1985 (Fig. 6e) parece ser la más distinta de los tres muestreos de primavera. En esta ocasión

ocurrieron máximos intensos ($>900 \text{ mg/m}^3$) en el Golfo central a lo largo de la costa de la península frente a Bahía Concepción, extendiéndose hacia el norte. Frente a Guaymas también existió un máximo local muy intenso alcanzando valores superiores de 1200 mg/m^3 . Cercano al umbral, se detectaron concentraciones relativamente bajas (menores de 400 mg/m^3); también hay una amplia zona en la región central con bajas concentraciones. Aunque no hay observaciones para la región sur, es probable que las concentraciones disminuyan hacia la boca del Golfo en base a los patrones de distribución en los muestreos de primavera de 1983 y 1984.

III.3 Relación entre Transmisión y Fluorescencia de Clorofila a

La correspondencia entre la transmisión y la fluorescencia de la clorofila a, fué investigada con datos colectados en el período de marzo de 1983. La intención de hacer esta comparación es la de establecer una posible conexión entre el MST y la biomasa del fitoplancton. Como beneficio de esto se puede lograr que cuando menos se acepte a la concentración como indicador de la abundancia del fitoplancton para las aguas superficiales del Golfo de California.

Se puede apreciar esta relación comparando los valores de fluorescencia obtenidos de los perfiles verticales, corregidos

por el retraso inducido por el método de muestreo, contra los valores de transmisión determinados minutos antes en la misma estación. Los datos en forma combinada incluyen aguas con grandes diferencias en composición de especies y biomasa total.

La Figura 7 presenta los diagramas de transmisión-fluorescencia correspondientes a 21 estaciones localizadas en el Golfo central y sur. Las figuras incluídas en el apéndice B, presentan los perfiles de temperatura, transmisión y fluorescencia hasta 70 metros, de donde se obtuvieron estas relaciones. El mapa de la Figura 4 indica las posiciones de las estaciones. Los valores correspondientes a las estaciones localizadas en el sur del Golfo (estaciones 23 a 47, figura 7) reflejan una variación de poca magnitud en el rango de las variables. En la mayoría de los diagramas, se advierte la definición de dos grupos en la relación fluorescencia-transmisión, separadas entre sí por un punto que define un cambio en la pendiente de la relación y que corresponde al máximo de fluorescencia. La profundidad a la cual ocurre este cambio se mantiene aproximadamente constante aunque es más somero en las estaciones localizadas en el extremo norte de la región muestreada. Por debajo de la profundidad del máximo de fluorescencia, la relación entre transmisión y fluorescencia permanece relativamente lineal. Las posibles causas de la no existencia de linealidad en toda la zona superficial de la columna de agua (0-70 metros) en la relación entre

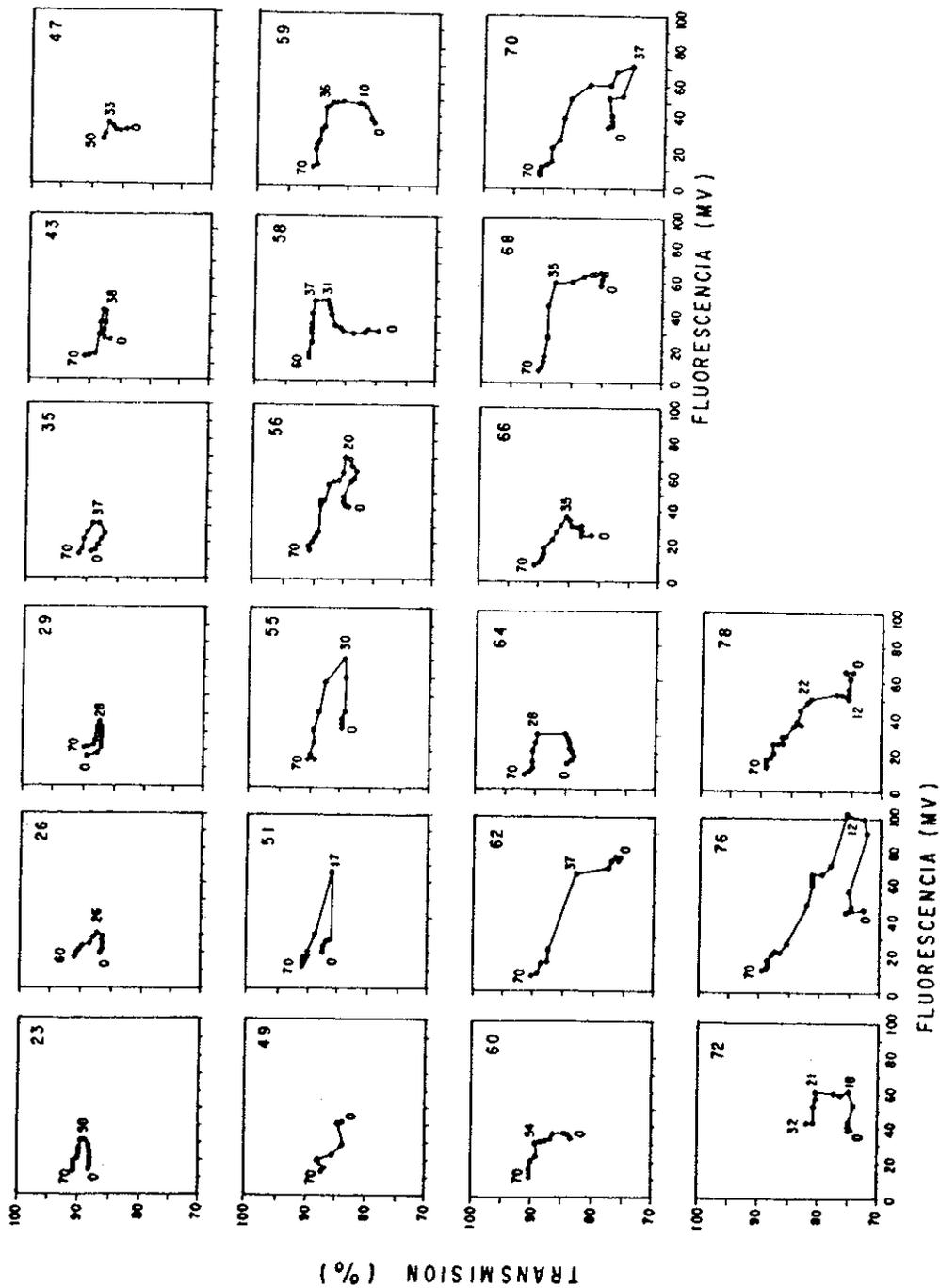


Figura 7 Diagramas de la relación transmisión-fluorescencia para marzo de 1983. Valores de transmisión y de fluorescencia en porcentaje y milivolts, respectivamente. Valores en la curva representan la profundidad en metros para ese nivel. El número en el vértice superior derecho de las gráficas corresponde al número de la estación.

fluorescencia y transmisión son: variaciones en la proporción entre el material inerte y el fluorescente en las aguas más superficiales o variaciones en la concentración de clorofila fluorescente por unidad de partícula, resultado de la adaptación de las células a altas intensidades de luz (Liebermann et al., 1984).

III.4 Composición del Material en Suspensión

El análisis microscópico de los filtros de cada uno de los muestreos de las aguas superficiales, estableció que la mayoría de las partículas retenidas son biogénicas, principalmente diatomeas. En la región sur del Golfo de California, las partículas tienden a ser de menor tamaño y aumentan las abundancias del material litogénico y de los fragmentos esqueléticos. En la mayoría de los filtros estuvieron presentes agregaciones de partículas, tales como agregados amorfos orgánicos, cadenas de células y partículas fecales, aunque nunca fueron muy abundantes, siendo más comunes las partículas individuales (eg. células y granos minerales). En los filtros analizados predominan las partículas del orden de 2 μm y ocurren pocas partículas de tamaño menor que 1 μm , lo que sugiere que la separación efectiva de tamaños en los filtros Nucleopore de 0.6 μm de tamaño de poro ocurre entre 1 y 2 μm .

Para cuantificar la composición del MST, se establecieron

categorías de partículas y agregaciones de partículas que reflejan el rango del material que fué consistentemente identificable por microscopía en los filtros. Las categorías adoptadas para caracterizar la composición están tabuladas en el Apéndice D, correspondiendo a las dos profundidades analizadas para cada estación de los cinco muestreos. Los valores están reportados en unidades de número por litro.

El material biogénico fué categorizado por grupos de géneros de diatomeas, géneros individuales de diatomeas y silicoflagelados y en algunos casos especies individuales de diatomeas y silicoflagelados. De estos grupos se evaluó independientemente la ocurrencia de cadenas de las diatomeas Chaetoceros spp., Skeletonema spp., Thalassionema spp., Nitzschia spp., Bacteriastrium spp., Asterionella spp., Hemiaulus spp. y Pseudoeunotia doliolus y de las células individuales de diatomeas y silicoflagelados Rhizosolenia spp., Coscinodiscus asteromphalus, Biddulphia spp., Thalassiothrix spp., y Thalassionema spp.. Además se agruparon las células centrales individuales en tres categorías de tamaños: <24 μm , 24-48 μm y >48 μm . Se agruparon las células penadas individuales en dos categorías de tamaño: <48 μm y >48 μm .

Se identificaron también tres categorías de agregados fecales (A, B y C) cada una reflejando una morfología distinta del agregado. Los agregados amorfos de material orgánico fueron

divididos en dos categorías en base a su textura como: masas granulares y masas fibrosas. (Una tercera categoría de agregado definido como masa arcillosa se considera como perteneciente a la fracción terrígena.) Los grupos de dinoflagelados, tintínidos, foraminíferos y radiolarios fueron incluidos en los conteos como categorías individuales.

La fracción terrígena está caracterizada por fragmentos de minerales en tres clases de tamaños: $<24 \mu\text{m}$, $24-48 \mu\text{m}$ y $>48 \mu\text{m}$. También se identificó una categoría de minerales opacos con brillo metálico en dos clases de tamaño: $<48 \mu\text{m}$ y $>48 \mu\text{m}$. Finalmente, se identificó un grupo de partículas rojizas en dos clases de tamaño: $<48 \mu\text{m}$ y $>48 \mu\text{m}$.

III.5 Distribución de Componentes Selectos del MST

Para caracterizar la variación en la composición del material en suspensión entre los cinco muestreos se seleccionó un juego de variables que representan un grupo de componentes importantes de las fracciones biogénica (Figuras 8 a 12) y terrígena (Figura 13). Estos componentes consisten en: células de diatomeas centrales $<24 \mu\text{m}$, células de diatomeas centrales $>24 \mu\text{m}$, cadenas de la diatomea Hemiaulus spp., cadenas de Pseudoeunotia dolioius y células del "silicoflagelado" Octatis pulchra además de los fragmentos de minerales isotrópicos de $24-48 \mu\text{m}$. Los contornos en las Figuras 8 a la 13, corresponden

al logaritmo natural de las abundancias absolutas en número por litro. Se consideró a una concentración de 20 partículas por litro como el límite de detección (logaritmo natural igual a 3).

Las células de diatomeas centrales fueron seleccionadas para su presentación por ser bien conservadas en los sedimentos laminados, además de que el grupo de células centrales $<24 \mu\text{m}$ (Figura 8) es la categoría más abundante en la fracción biogénica en las muestras. También se presenta la variación de las células $>24 \mu\text{m}$ (Figura 9), para averiguar si existen diferencias medibles en el comportamiento entre las dos clases de tamaño de este grupo.

Células Centrales $<24 \mu\text{m}$

Durante marzo de 1983 (figura 8, 8303), los valores máximos de las células centrales $<24 \mu\text{m}$ alcanzaron 12086 células por litro representando el 51% de la composición total en la porción sur del Golfo de California, cerca de la boca. Altas concentraciones también fueron detectadas frente a la costa de Baja California (8173 células por litro). El resto de la zona de muestreo presentó valores en el rango de 2700 a 5600 cel/lt.

La distribución de este grupo durante octubre de 1983 (Figura 8, 8310), indicó un gradiente general sur-norte en la

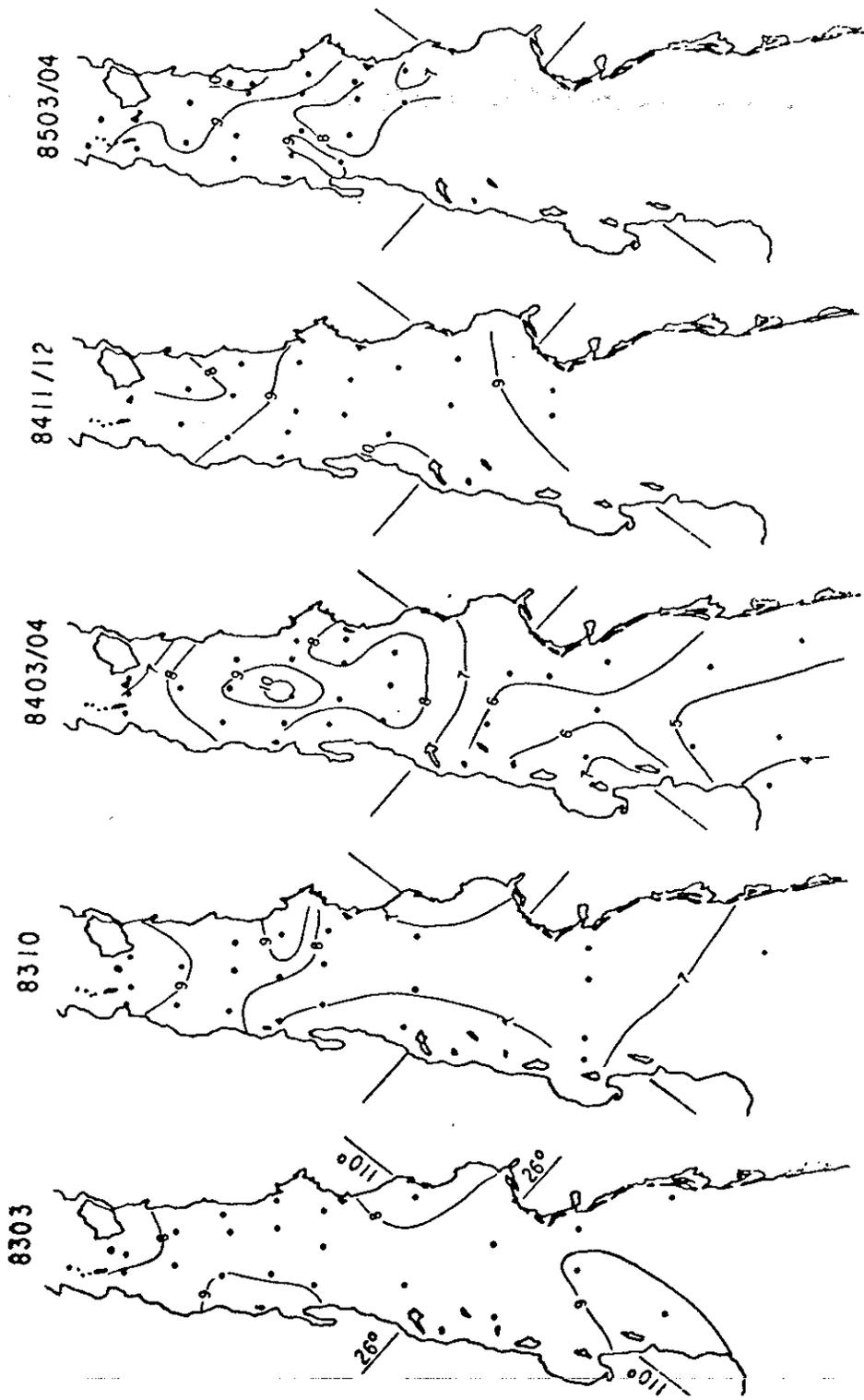


Figura 8 Distribución de la abundancia del grupo células centrales menores de 24 μm para los cinco muestreos. Unidades en logaritmo natural del número de células por litro.

concentración. Los valores máximos (>10000 células por litro) ocurrieron en las estaciones localizadas justo al sur del umbral entre Punta San Francisquito e Isla Tiburón y frente a la región de Guaymas. Bajas concentraciones ocurrieron en el lado de la península (400 células por litro) y en la estación más hacia el sur del área muestreada (530 células por litro) representan una sustancial reducción a las del muestreo anterior (8303) para esta zona.

Durante marzo-abril de 1984 (Figura 8, 840304), la distribución de este grupo tuvo el patrón más variado de todos los muestreos. Los máximos valores fueron localizados en el Golfo central con abundancias máximas de >27500 células por litro. En el centro del máximo indicado, esta categoría constituyó el 43% relativo de la abundancia de partículas. Hacia el norte y el sur de esta región los valores decrecieron paulatinamente, alcanzando concentraciones mínimas en la boca del Golfo de California (49 células por litro) en el lado de la península. Hacia el norte, los valores decrecieron al orden de 800 células por litro cerca de la Isla Tiburón. En la región sur del Golfo, el patrón de distribución de este grupo se aproxima a la distribución del MST. En la región central, esta similitud no es tan marcada.

La distribución de las células centrales <24 μm durante noviembre-diciembre de 1984 (Figura 8, 841112), mostraron altos

valores (16900 a 21500 células por litro) sobre una amplia región. Los valores mínimos (2800 a 4800 cel/lt) ocurrieron en la estaciones más hacia el sur y norte de la zona muestreada. Durante este período este grupo promedió un 34% de la composición relativa de las partículas.

La más alta concentración de células menores de 24 μm de todos los muestreos fué detectada durante el muestreo de marzo-abril de 1985 (Figura 8, 850304), en un máximo local al norte de Guaymas (36000 células por litro) en la costa de Sonora. A partir de ahí y de una manera gradual se redujeron las concentraciones hacia el oeste y el sur de la zona muestreada hasta alcanzar valores mínimos (800 cel/lt) cerca de Yavaros, Sonora. La concentración de células en esta categoría en el área del máximo, correspondió a un 32% de la proporción total de partículas.

Células Centrales >24 μm

Durante marzo de 1983 (Figura 9, 8303), este grupo presentó la máxima concentración al sur de la Isla Tiburón, decreciendo rápidamente en la margen de la península y extendiéndose más hacia el sur en la margen de Sonora. Los valores máximos alcanzados fueron de 9384 células por litro, correspondiendo al 43 % de la composición. La concentración aumentó un poco frente a Bahía Concepción donde se detectaron valores de 3709 células por litro (29 % de la composición).

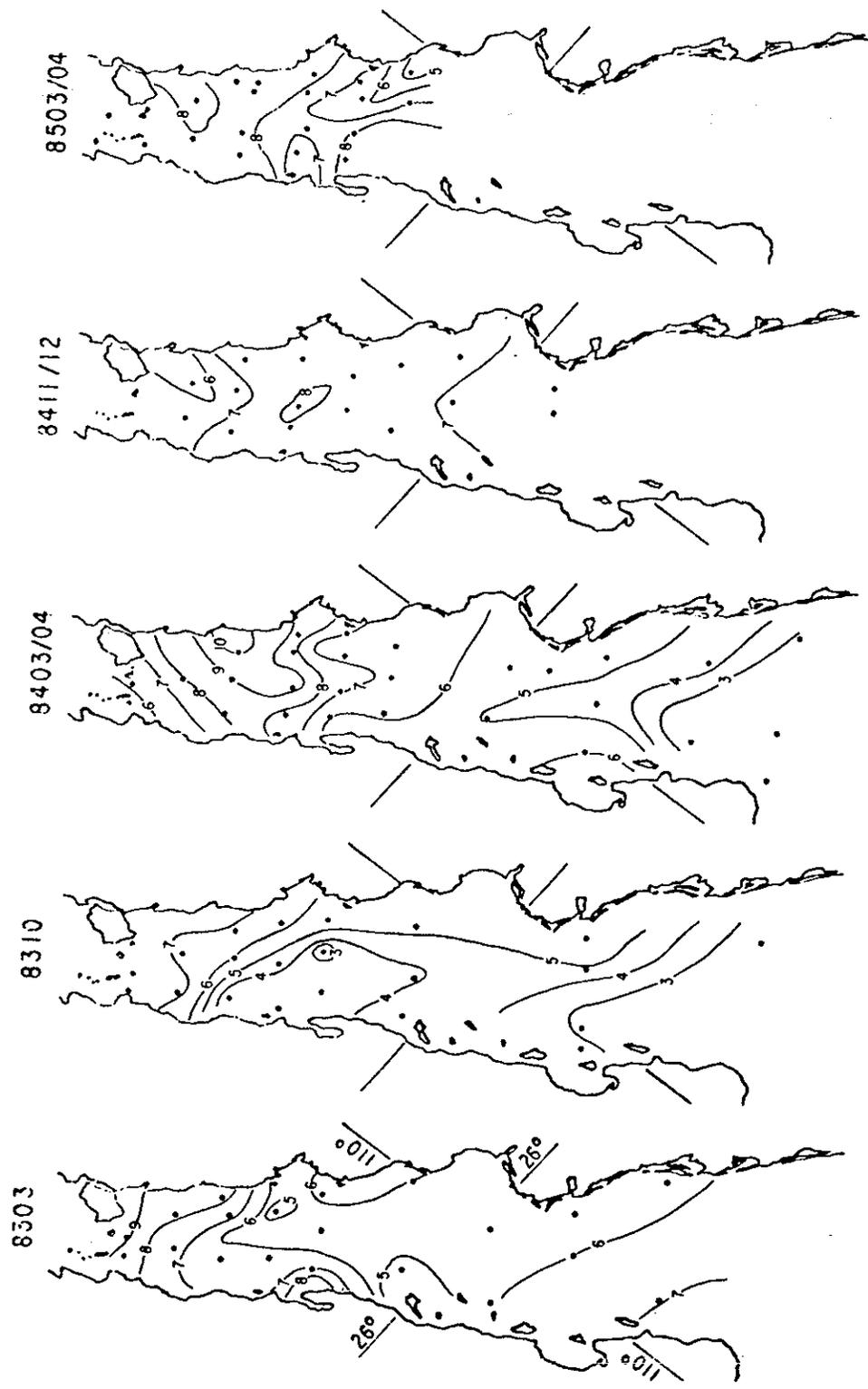


Figura 9 Idem Figura 8 para el grupo células centrales de 24 a 48 um.

Progresando hacia el sur los valores disminuyeron (entre 100 y 200 células por litro) hasta llegar a la boca del Golfo donde hubo un ligero aumento (429 células por litro). Es interesante notar que este patrón general de la Figura 9 se aproxima al patrón de la distribución del MST total presentado en la Figura 6 y difiere sustancialmente del grupo $<24 \mu\text{m}$ de este mismo muestreo (Figura 8).

Para octubre de 1983 (Figura 9, 8310), las concentraciones de este grupo, mostraron los máximos valores en la región del umbral (entre 1700 y 2400 células por litro; aproximadamente 5 % de la composición) y decrecieron en el Golfo central hasta valores menores de 100 células por litro a la altura de Bahía Concepción, no habiéndose detectado células de este grupo en una estación del centro del Golfo ni en el extremo sur del mismo. Las concentraciones de este grupo difieren con el grupo de $<24 \mu\text{m}$ en que son menos abundantes. En contraste al muestreo de 8303, este grupo no muestra un patrón similar a la distribución de MST en la Figura 6.

En el muestreo de marzo-abril de 1984 (Figura 9, 840304), se detectaron las más altas concentraciones de este grupo de todos los muestreos. En la región del centro del Golfo, existe un gradiente oeste-este, con los máximos valores cercanos a la costa de Sonora al norte de Guaymas (>23000 células por litro) correspondiendo esto a un 47% de la composición y decreciendo

hacia el umbral (<600 células por litro, 8% de la composición).

Existe asimismo, un gradiente norte-sur, decreciendo los valores hasta no detectar células de este grupo en la región de la boca del Golfo. En el patrón de distribución de este grupo, al ser comparado con el grupo de <24 μm (Figura 8, 840304), indica que existen similitudes en la región sur del Golfo. En el Golfo central, el máximo de la concentración de células centrales >24 μm se encuentra desplazado hacia la costa de Sonora con respecto al máximo de las células centrales <24 μm .

Las concentraciones de este grupo de partículas para noviembre-diciembre de 1984 (Figura 9, 841112) solo variaron entre 500 y 3400 células por litro. La poca variación entre estaciones presenta el patrón más sencillo de todos los muestreos para este grupo y es similar a la variación encontrada en el grupo de las células centrales <24 μm para este mismo muestreo (Figura 8, 841112). En promedio, este grupo representó solo el 7 % de la concentración total.

En el período de muestreo correspondiente a marzo-abril de 1985 (Figura 9, 850304), las concentraciones variaron entre un máximo número de células por litro de 4814 (aunque esto representó solo un 3% de la proporción entre partículas) y un mínimo de 31 células por litro frente a la costa de Sonora. Las altas concentraciones se localizaron en la región norte y sur del área muestreada, la porción norte cercana a Isla Tiburón

(21% de la composición total) y la region sur, en la estación frente a Bahía Concepción (32% relativo). Este patrón de distribución es semejante al del grupo de células <24 μm (Figura 8, 850304).

Octatis pulchra

Se presenta aquí la variación de la distribución del silicoflagelado O. pulchra por su importancia en la interpretación ecológica del registro de los sedimentos laminados (Baumgartner et al., 1985). Debido a su ocurrencia con altas abundancias relativas en el Golfo central, Murray y Schrader (1983) además concluyeron que esta especie está generalmente asociada con aguas de alta productividad.

En forma general, las distribuciones de O. pulchra en los cinco muestreos (Figura 10) se aproximan a las distribuciones de las células centrales >24 μm previamente descritas (Figura 9). Una de las principales diferencias es la ausencia de un máximo notable al sur de la Isla Tiburón en marzo de 1983. En octubre de 1983, se observó una fuerte disminución de las abundancias de O. pulchra con respecto al muestreo anterior, no ocurriendo en la mitad de las estaciones muestreadas. Durante marzo-abril de 1984 volvieron a aumentar las concentraciones en el Golfo con excepción de la region de la boca. En noviembre-diciembre de 1984, la localización de las mayores concentraciones se desplazó hacia el sur con respecto al

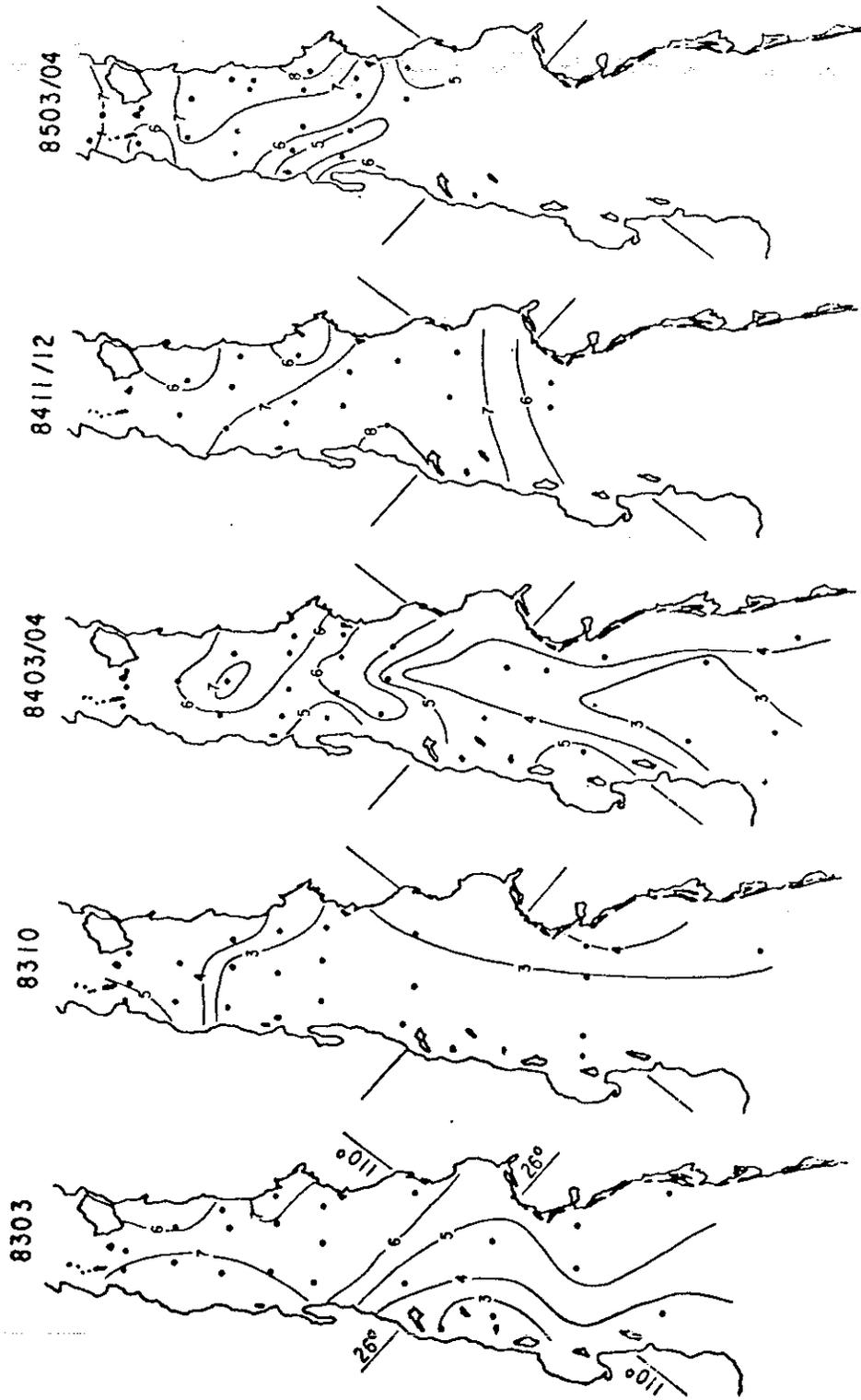


Figura 10 Distribución de la abundancia de células del género *Octatis* para los cinco muestreos. Unidades en logaritmo

muestreo anterior aunque las magnitudes de las concentraciones permanecieron semejantes. Los valores más altos fueron detectados durante marzo-abril de 1985 frente a Guaymas (aproximadamente 6500 células por litro) correspondiendo esto a un 13% de la composición total.

Pseudoeunotia doliolus

Esta especie fué seleccionada también por su buena representación en los sedimentos laminados. Es una especie de aguas tropicales y subtropicales y ocurre en regiones oceánicas como costeras (Atilano-Silva, 1987). También su distribución sugiere que está más asociada con aguas enriquecidas en nutrientes en áreas de alta productividad. La Figura 11 presenta la distribución en logaritmo natural del número de cadenas por litro para los cinco muestreos.

En los muestreos de marzo y octubre de 1983 esta especie tuvo una distribución restringida sólo a la parte central del Golfo, estando más comprimida hacia el norte durante octubre de 1983. En ambos muestreos, los máximos ocurrieron en la región del umbral, cerca a Punta San Francisquito. En marzo-abril de 1984 se amplió mucho la distribución abarcando toda la región central y sur, con excepción de la boca del Golfo, ocurriendo los valores máximos al sur de Cabo Lobos. A diferencia de los dos muestreos anteriores, los valores cerca del umbral fueron muy bajos. En noviembre-diciembre de 1984 la distribución de concentraciones fué la más uniforme de los cinco casos. Los

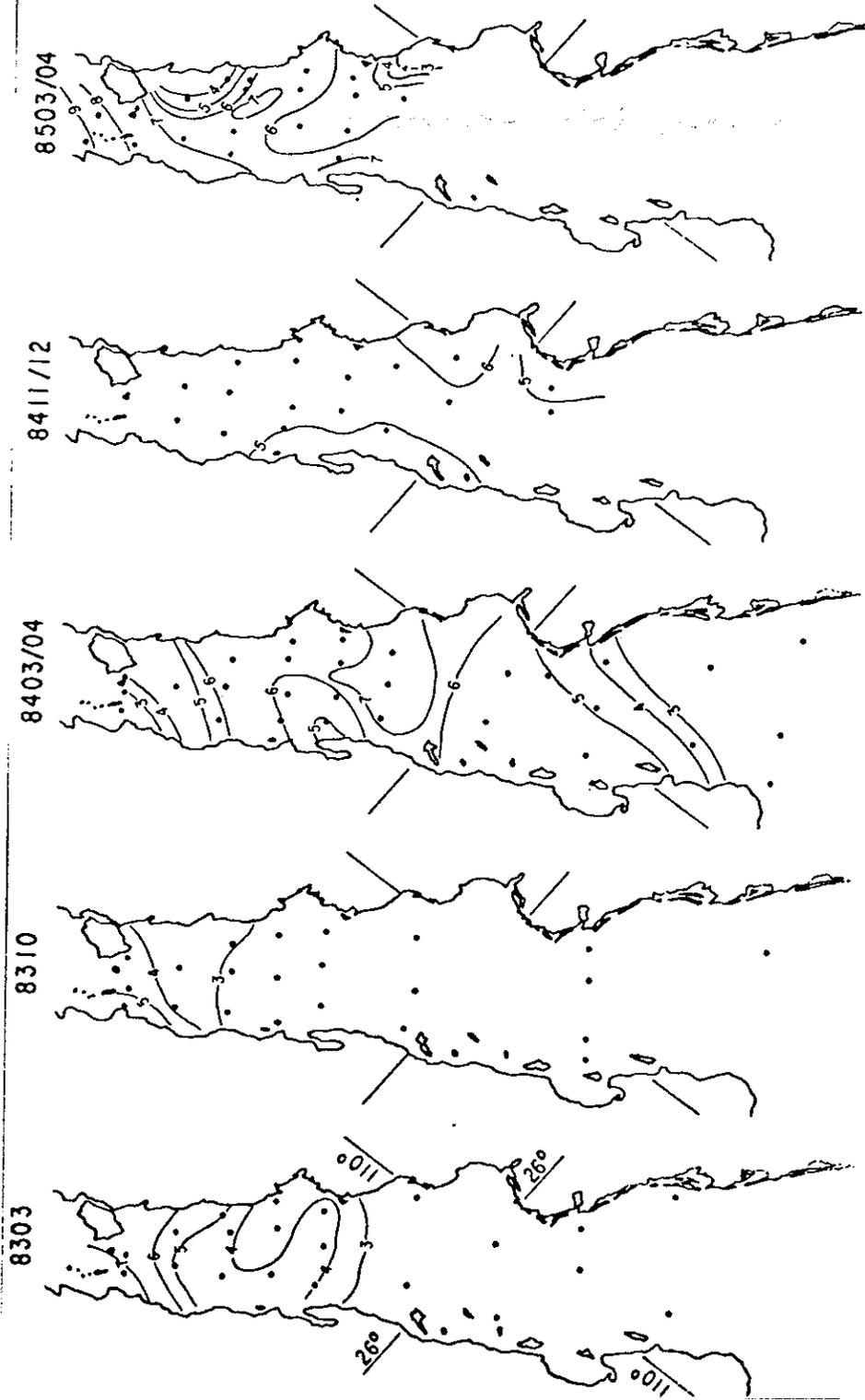


Figura 11 Idem Figura 10 para cadenas del género *Pseudoeunotia*.

valores más altos (>12000 cadenas por litro) ocurrieron al norte del umbral en el muestreo de marzo-abril de 1985, debiéndose notar que ninguno de los muestreos anteriores ocupó estaciones en esta localidad. Las concentraciones en el umbral mismo, son semejantes a las de marzo de 1983. Hemiaulus spp.

La Figura 12 presenta la distribución de la concentración de las cadenas de la diatomea Hemiaulus spp.. Este género está compuesto principalmente de la especie Hemiaulus sinensis, que está asociada con aguas neríticas tropicales y subtropicales (Simonsen, 1974). La distribución de Hemiaulus fué seleccionada por que estuvo asociada claramente con la intrusión de agua del Pacífico Tropical al Golfo (Atilano-Silva, 1987) durante las condiciones de El Niño.

La distribución en el muestreo de marzo de 1983 es similar a la ilustrada por Atilano-Silva (1987), ocurriendo los máximos en el sur del Golfo frente a La Paz disminuyendo hacia el norte con las más bajas concentraciones frente a Cabo Lobos. Comparando la distribución de los tres muestreos de primavera, existe una clara disminución en la concentración y una marcada restricción en el área de ocurrencia al Golfo central durante marzo-abril de 1984 y marzo-abril de 1985. En octubre de 1983 hubo una distribución similar a la de marzo de 1983, excepto que las máximas concentraciones fueron observadas en la región central del Golfo. El muestreo de noviembre-diciembre de 1984

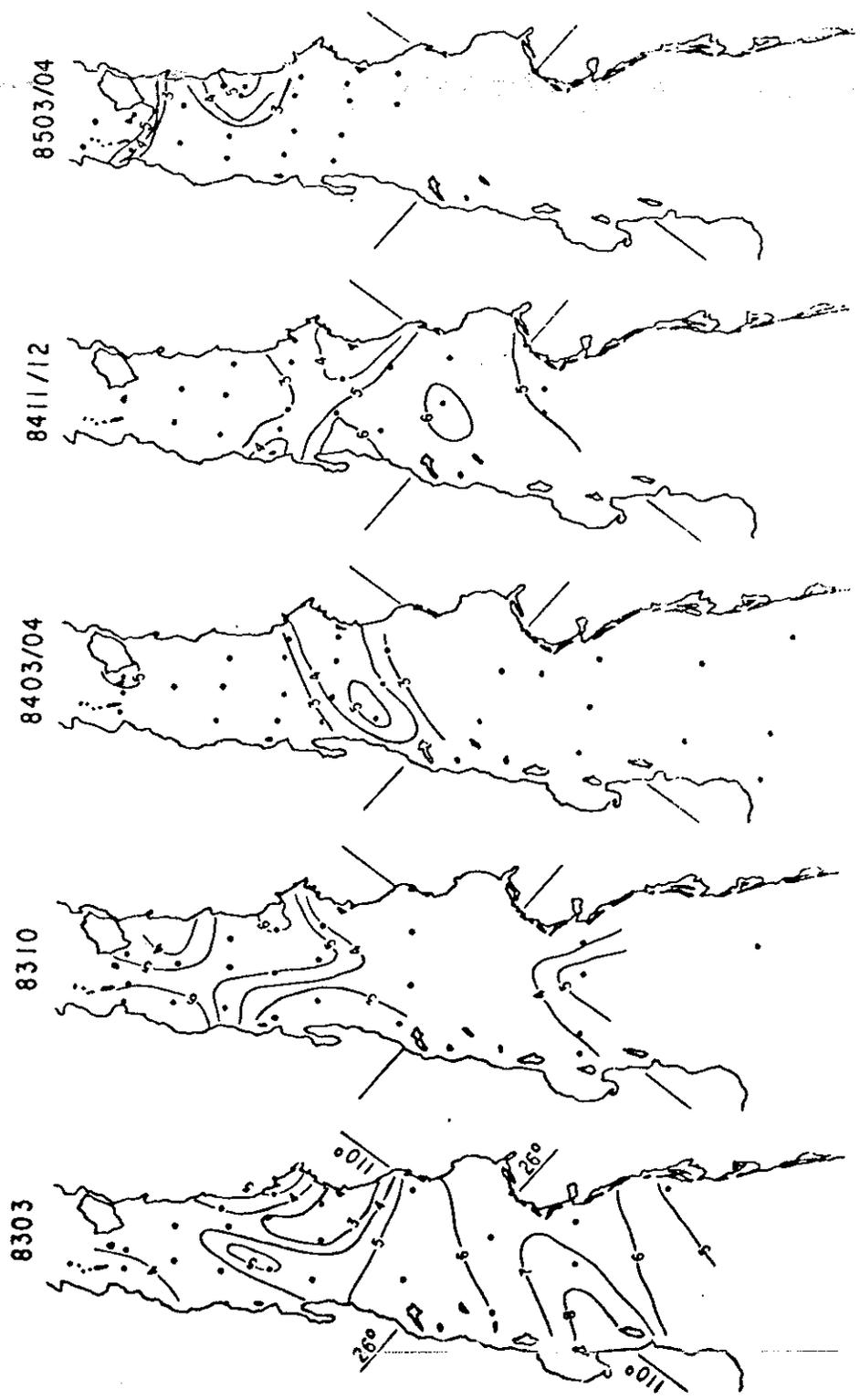


Figura 12 Idem Figura 10 para cadenas del género *Hemislaus*.

parece ser una expansión hacia el sur del área de ocurrencia de marzo-abril de 1984.

Partículas Terrígenas de 24-48 μm

Para representar la variación de la fracción terrígena, se graficaron las distribuciones de los fragmentos minerales en el intervalo de tamaños de 24 y 48 μm , en los que predomina como constituyente el cuarzo (Figura 13).

La distribución durante marzo de 1983 (Figura 13, 8303), fué mas o menos homogénea sobre una amplia región de la zona muestreada, con un rango en las concentraciones de 86 a 912 partículas por litro. Los valores máximos ocurrieron frente a la costa de Baja California cerca de Santa Rosalía. Los valores más bajos ocurrieron en el umbral al norte y también al sur en la boca del Golfo.

Durante octubre de 1983 (Figura 13, 8310), se detectaron las máximas abundancias (2273 partículas por litro) en la región norte de la zona muestreada, decreciendo hacia el sur hasta las mínimas concentraciones encontradas frente a Santa Rosalía y Cabo Lobos. De ahí, se incrementaron los valores hacia el sur aunque hay un mínimo frente a Topolobampo.

Durante marzo-abril de 1984 (figura 13, 840304), los valores máximos fueron detectados frente a Yavaros (1500

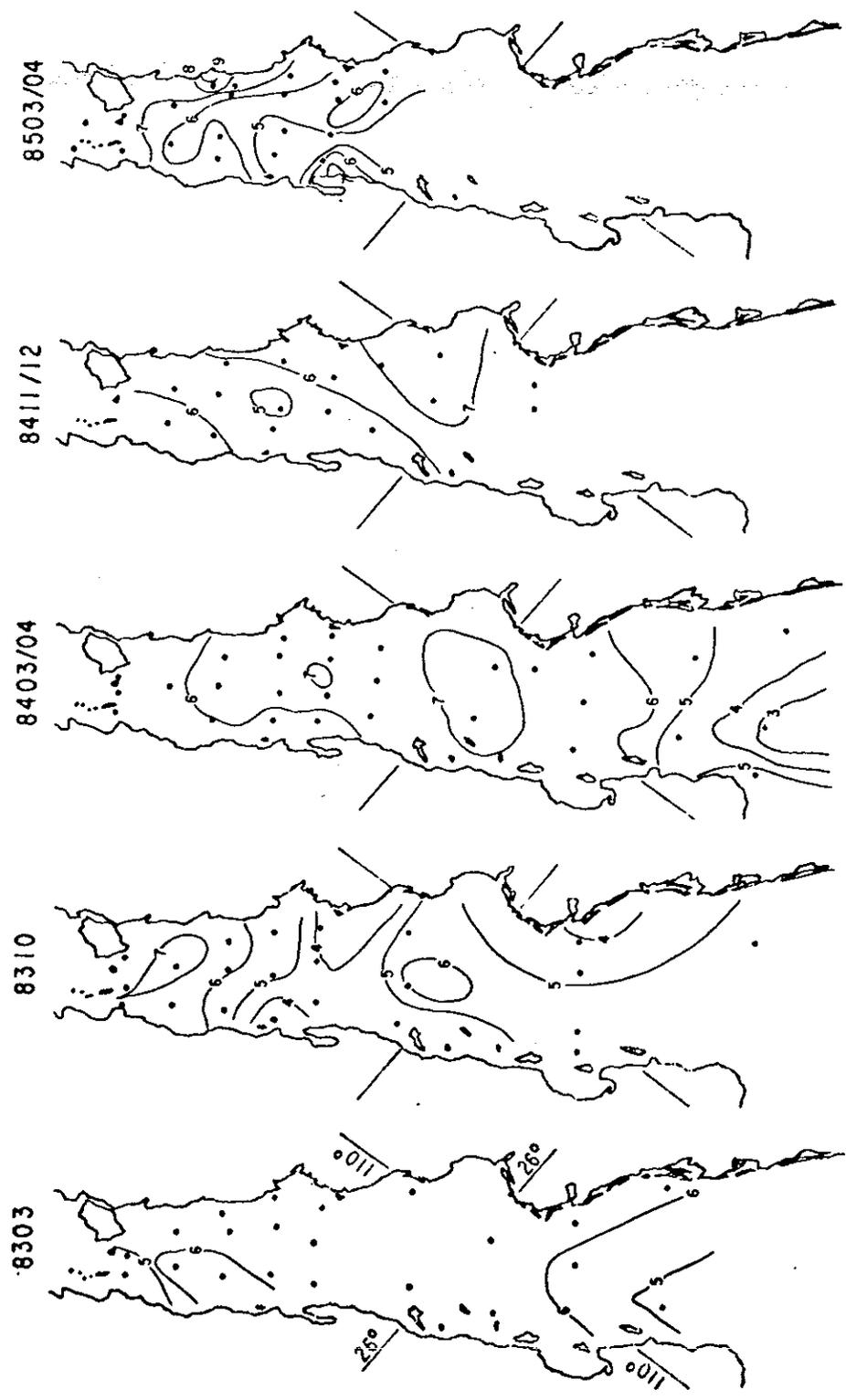


Figura 13 Idem Figura 10 para fragmentos minerales entre 24 y 48 μm .

partículas por litro, o aproximadamente 11% de la composición total). La zona de la boca del Golfo presentó las mínimas concentraciones (15 part/lit). En noviembre-diciembre de 1984 (Figura 13, 841112), las abundancias promediaron 1200 partículas por litro en el máximo frente a Yavaros, Sonora y decrecieron a valores mínimos en la región central entre Guaymas y Santa Rosalía.

Durante marzo-abril de 1985 (Figura 13, 850304), se obtuvieron las más altas concentraciones de estas partículas (13490 partículas por litro). Este máximo estuvo limitado a una sola estación localizada al norte de Guaymas en la costa de Sonora. La alta concentración de estas partículas en esta estación proviene posiblemente de la resuspensión del material del fondo, pues la profundidad de la estación es de solo 55 metros. El resto de las concentraciones fueron semejantes a los muestreos anteriores.

III.6 Análisis de la Variación de la Composición del MST

La descripción anterior de la variación de los componentes selectos del MST entre los cinco períodos de muestreo (Figuras 8 a 13) demuestran la dificultad de definir patrones generales entre los muestreos. Esto hace necesario encontrar una manera eficaz de resumir la variación temporal de la composición entre los muestreos. Para este fin, se decidió primero agrupar las

34? categorías de partículas definidas por el análisis microscópico (Tablas I a V del Apéndice C) en doce nuevas categorías. Diez de estas representan a la fracción biogénica y las dos restantes a la fracción terrígena. Los valores correspondientes a las nuevas categorías para cada estación de los cinco muestreos se encuentran en las Tablas I a X en el Apéndice D. Las Tablas I a V en este Apéndice presentan los valores en partículas por litro mientras que las Tablas VI a X presentan los valores en porciento de la composición de la muestra.

La nueva categoría de "cadenas centrales" es la suma de las abundancias de las cadenas de Chaetoceros spp., Bacteriatrum spp., Skeletonema spp. y Hemiaulus spp. La categoría de "cadenas penadas" se compone de Thalassionema spp., Asterionella spp., Nitzschia spp. y de Pseudoeunotia doliolus. La categoría de "centrales <24 μm " equivale a la categoría original. "Centrales >24 μm " agrupa a las categorías originales de células centrales de 24-48 μm y de >48 μm y a Coscinodiscus asteromphalus. "Rhizosolenia" equivale a la categoría original. "Penadas" es la suma de las células individuales de Thalassionema spp., Thalassiothrix spp., células penadas <48 μm y células penadas >48 μm . La categoría de "agregados fecales" agrupa a las clases morfológicas A y B de este tipo de partículas. "Agregados amorfos" es la suma de las masas granulares y las masas fibrosas. Las nuevas

categorías "Octatis" y "dinoflagelados" corresponden a las categorías originales. Los "minerales <24 μm " también corresponden a la categoría original mientras que "minerales >24 μm " es la suma de las abundancias de los fragmentos minerales en los rangos de tamaño 24-48 μm y >48 μm .

Para resumir la variación de la fracción biogénica a través de los cinco muestreos, se empleó un análisis de componentes principales de modo Q (Pielou, 1984) utilizando las diez nuevas categorías como variables. Se aplicó este análisis solo a las estaciones localizadas en el Golfo central donde hubo la cobertura más completa y consistente a través de los cinco períodos de muestreo (ver Figura 14). Para esto se construyó una matriz compuesta de todas las estaciones correspondientes a la zona central del Golfo, comprendida entre la región del umbral y una línea imaginaria entre Cabo Lobos y Bahía Concepción. Cada variable está compuesta de la secuencia de valores de las estaciones ordenadas tal como se presenta en la Figura 14. Como el análisis en modo Q compara la variación entre las observaciones (las estaciones), esta manera de agrupar las observaciones permite integrar en una sola matriz de datos, valores que representan tanto variación geográfica dentro de los muestreos como variación temporal entre los muestreos.

Se utilizó el análisis de componentes para determinar el

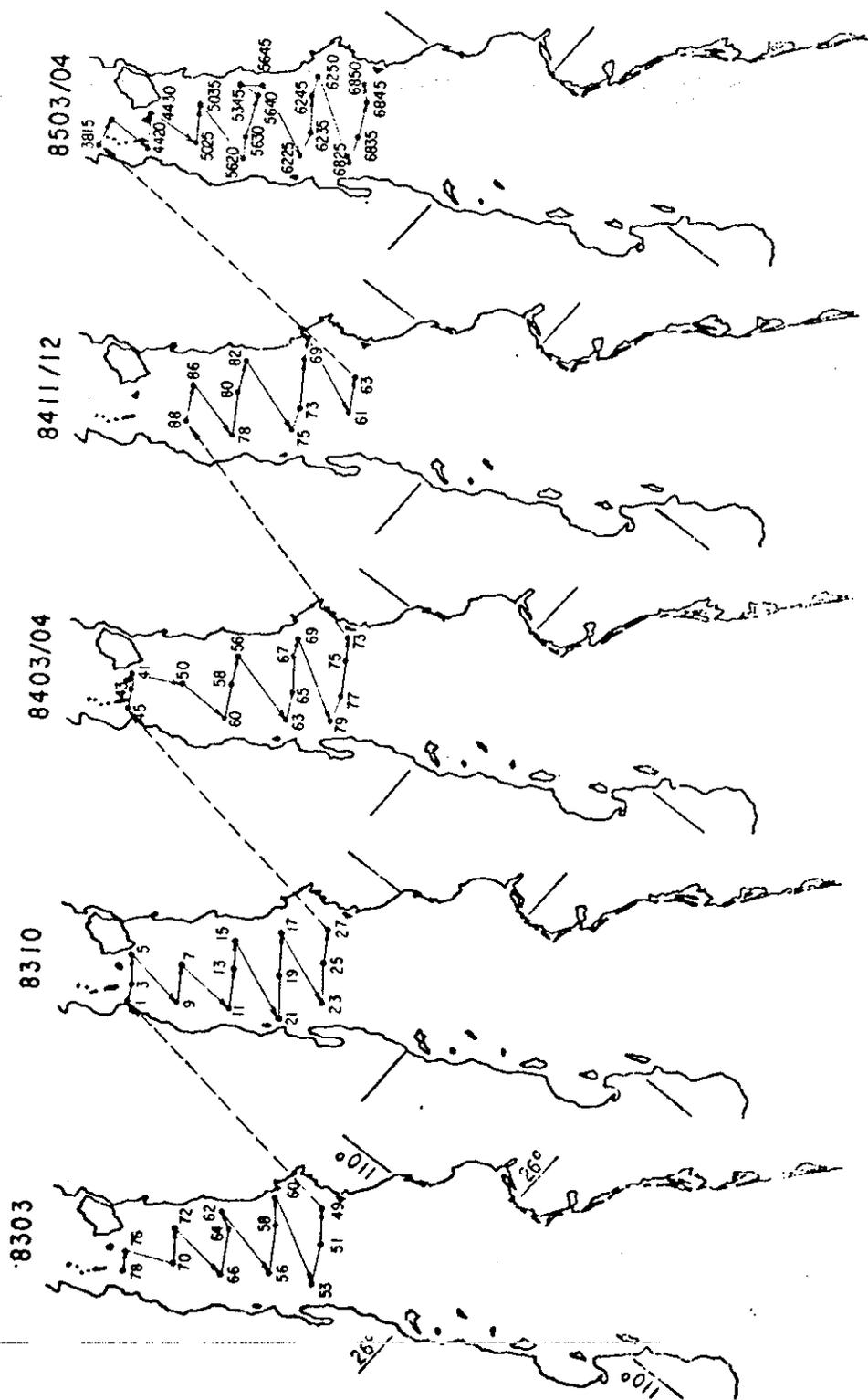


Figura 14 Posición de estaciones utilizadas para representar el Golfo central. La secuencia indicada fue la utilizada para generar la matriz en el análisis de componentes principales.

mínimo número de factores necesarios para describir el patrón de correlación entre las diez variables biogénicas originales (Nelsen, 1981). Este análisis resulta en una matriz de autovectores cuyos elementos representan los pesos de dieznuevas variables llamadas componentes principales. Estos son ortogonales (no correlacionados), cada uno compuesto de una combinación de la varianza de las variables originales. Se basó el análisis en la matriz de correlación de las variables originales (en lugar de la matriz de covarianza) para estandarizar la variación de las muestras (Pielou, 1984). Este procedimiento otorga igual peso a la varianza de cada una de las variables originales, eliminando el efecto de las diferencias en sus magnitudes lo que ocultaría la importancia de las variables con pequeño rango de varianza.

La porción de la varianza total de la matriz de variables originales asociada con cada componente, está representada por su autovalor correspondiente. En la Figura 15, se presentan los autovalores resultantes como porcentajes de la varianza total normalizada. Se observa un marcado decremento de la varianza entre el primer y segundo componente y un menor decremento entre el cuarto y quinto. Aparte del primer componente que contiene el 29%, la varianza está compartida en una forma mas o menos homogénea, requiriéndose de los primeros seis componentes para explicar hasta un 83% de la varianza total. Esto indica que la correlación entre la mayoría de las variables originales

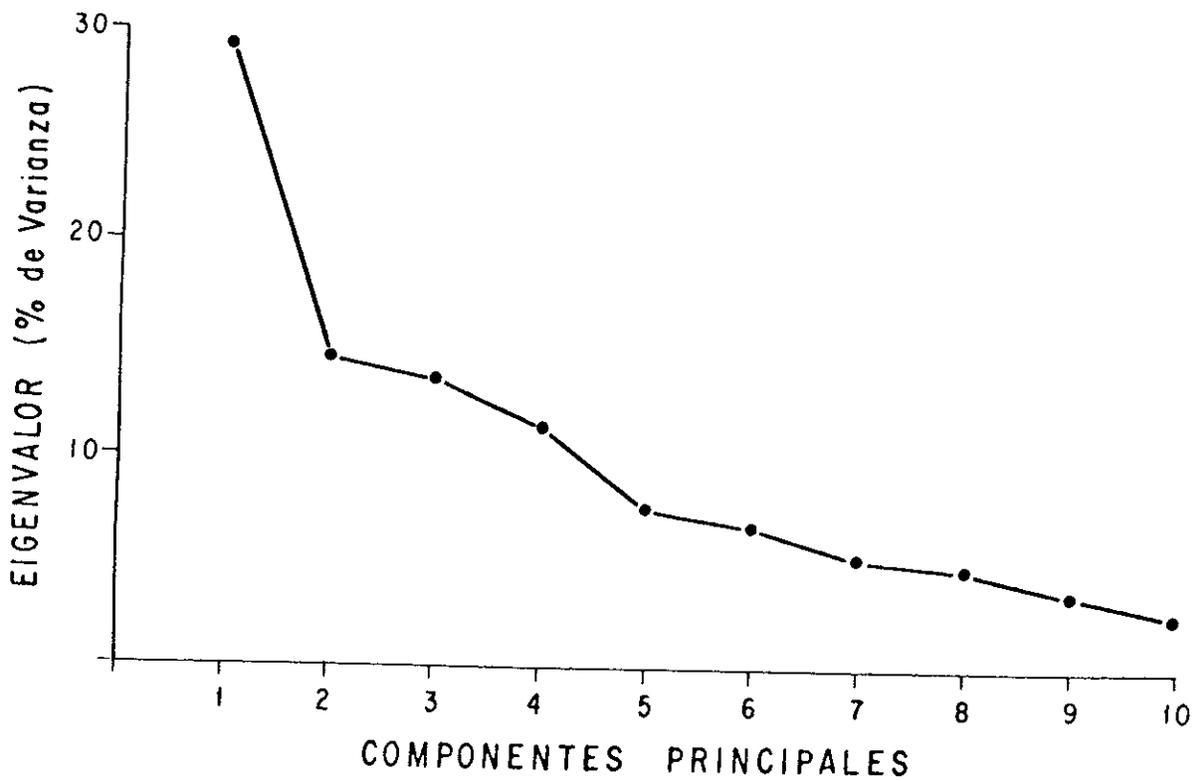


Figura 15 Distribución del porcentaje de varianza explicada por los autovalores de las 10 componentes principales resultantes del análisis de las variables biogénicas, para las 70 estaciones selectas de la parte central del Golfo de California.

es baja. Como se explica más adelante, los seis primeros componentes tienen interpretaciones ecológicas en términos de las variables originales, por lo que es necesario investigar el carácter de la variación de estos componentes. Las Figuras 16 y 17 presentan las gráficas de los seis primeros componentes principales resultantes de este análisis. Los valores están agrupados por períodos de muestreo indicado cada uno por diferente símbolo. La secuencia de valores en cada grupo sigue el orden definido en la Figura 14. Los datos se presentan en unidades estandar. Las líneas que cruzan cada grupo indican el valor promedio de los datos de cada período y representan el promedio de la variación espacial por muestreo. La variación temporal está reflejada por la diferencia entre estos promedios.

El significado de cada componente puede determinarse por la contribución de la varianza recibida de cada una de las variables originales (Baumgartner y Christensen, 1985). Esta contribución se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$R^2_{ij} = \frac{(X_{ij})^2 \Omega_i}{\sum (X_{ij})^2 \Omega_i} \quad (3)$$

donde (R^2_{ij}) es la porción de la varianza contribuida al componente i (autovector i) por la variable original j , X_{ij} es el elemento j del componente i y Ω_i es el autovalor i .

La variación total de cualquier variable está repartida

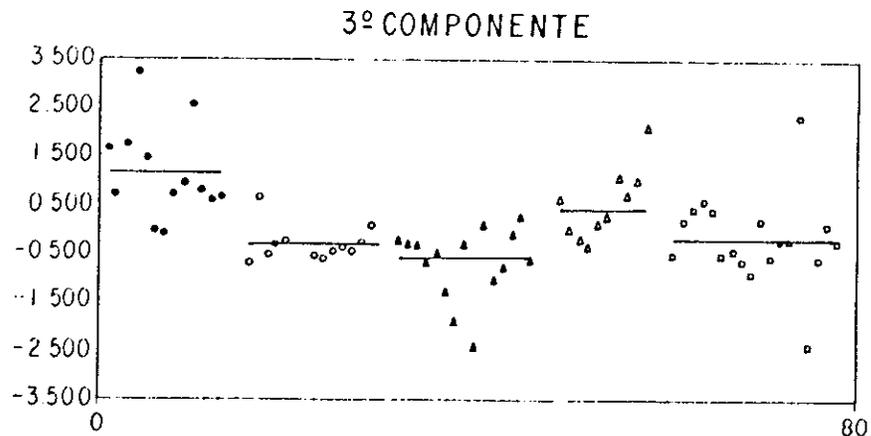
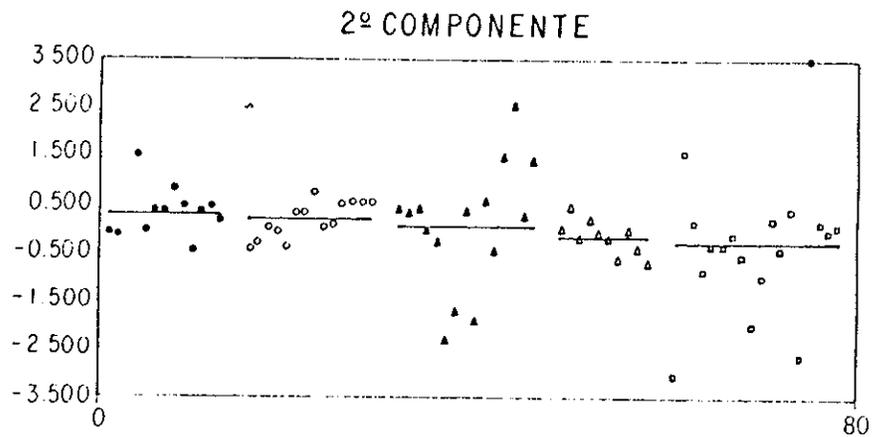
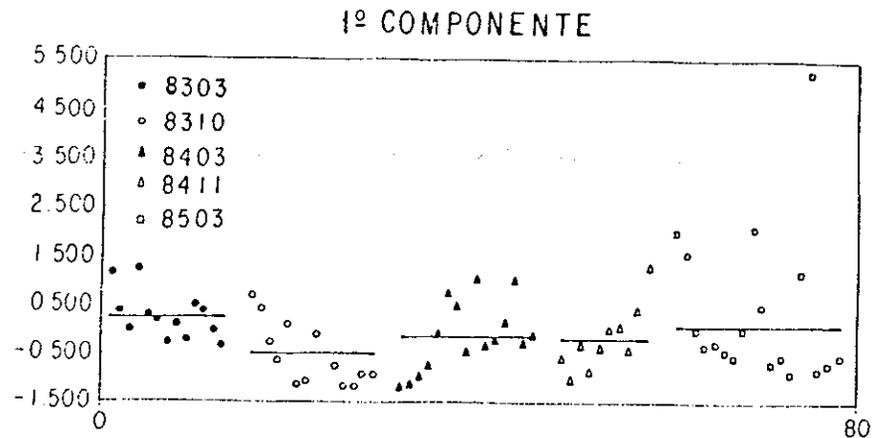


Figura 16 Componentes principales (1o, 2o y 3o) resultantes del análisis de las variables biogénicas. Valores en unidades estandar agrupados por periodo de muestreo y ordenados de acuerdo a la figura 14. Las líneas representan el promedio para cada grupo.

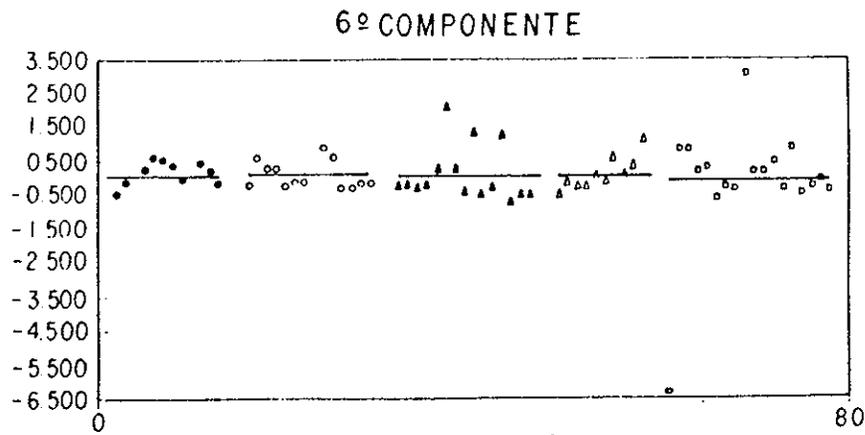
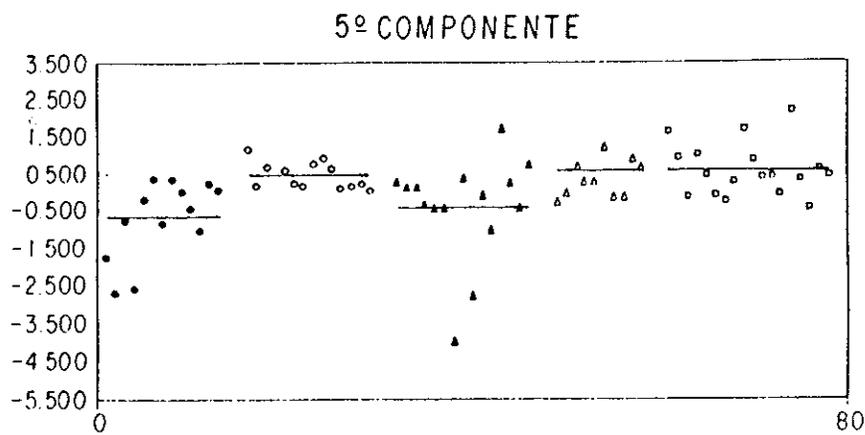
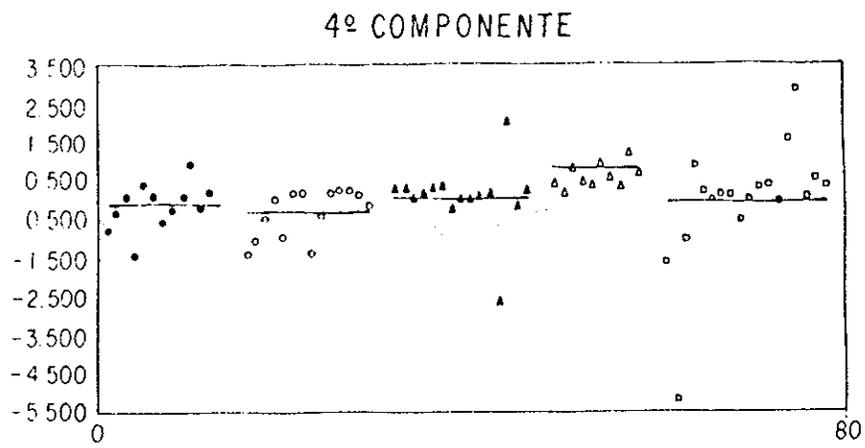


Figura 17 Idem Figura 16 para los componentes principales 4o, 5o y 6o.

entre los diez componentes. La Figura 18 presenta las gráficas del porcentaje de la varianza explicada en las variables originales para cada uno de los primeros ocho componentes principales. Se incluyen las variables que contribuyen al componente más del 10% de la varianza o los tres más altos valores en su defecto. Los signos en las gráficas corresponden al sentido de la correlación entre los valores originales y los valores del componente. El valor en paréntesis en cada gráfica indica el porcentaje de variación total representado por cada componente principal (autovalor). Estas gráficas facilitan la interpretación de la naturaleza de cada componente como será elaborado a continuación.

El primer componente principal representa la variación en la fracción biogénica total, dado que en este componente se encuentran representadas todas las variables definidas en el análisis con más del 15% de la variación explicada (Fig. 18, primer componente). El hecho de que el primer componente incluya a las 10 variables biogénicas utilizadas en el análisis, implica que los valores se correlacionan de alguna manera. La serie de valores correspondientes a este componente (Figura 16), reflejan un cambio en la composición en forma estacional, indicado por los promedios de los valores correspondientes a cada período. Asimismo, se observa un aumento en la dispersión de los valores entre cada uno de los períodos de muestreo, indicando un aumento en la variación de

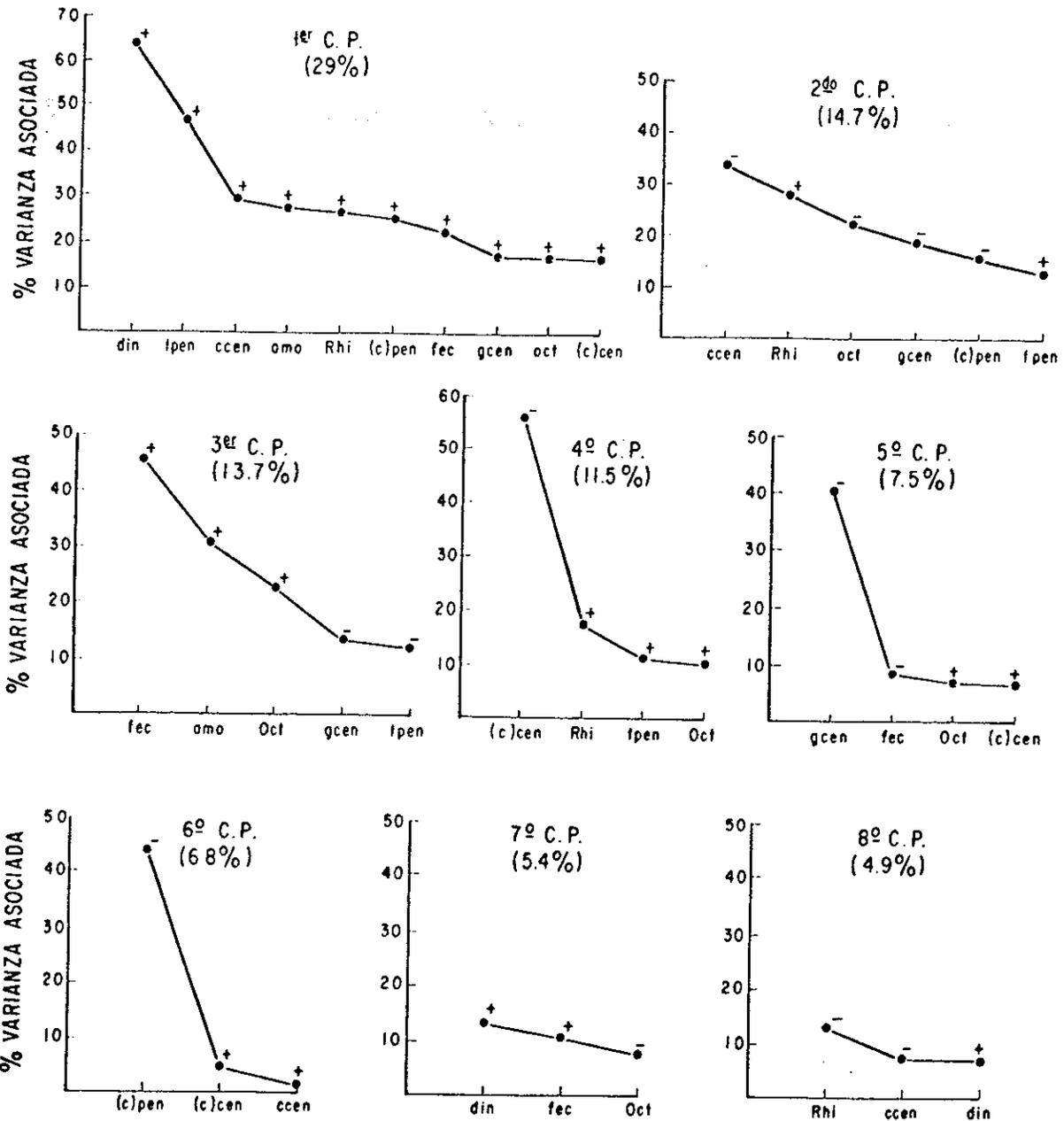


Figura 18 Distribución de la contribución de la varianza a los componentes principales ($100R^2_{1,j}$) por las variables originales. Variables con correlaciones negativas se indican con signo (-). Solo se muestran las variables que contribuyen con más del 10% a la varianza del componente o las tres primeras, en su defecto.

la composición de partículas de origen biogénico dentro de la zona central del Golfo. El valor extremo que se presenta en el grupo correspondiente a marzo-abril de 1985, reflejando condiciones extremas de abundancia en el grupo de células pennadas totales así como importantes abundancias en el resto de los componentes biogénicos ocurridas en la estación 68-25 (tabla V, apéndice D) localizada frente a Bahía Concepción.

Las variables centrales $<24\mu$ (Ccen), Rhizosolenia (Rhi), Octatis pulchra (Oct) y centrales $>24\mu$ (gcen) están representadas por el segundo componente, el cual explica el 14.7% de la varianza total estandarizada original (Fig. 18, segundo componente). Solo la variable Rhizosolenia se encuentra correlacionada positivamente con los valores de este componente. Los valores promedios para cada período de muestreo en este componente (Figura 16), muestran una tendencia a la disminución aunque esto puede ser debido al notable aumento en la dispersión de los valores en marzo-abril de 1984 y en marzo-abril de 1985. Este aumento en la dispersión refleja un cambio entre dos extremos dominados por Centrales pequeñas por un lado y Rhizosolenia por otro.

El tercer componente principal se encuentra dominado por las variables partículas fecales y partículas amorfas y por el género Octatis (Figura 18, tercer componente), representando los dos primeros la transferencia de masa al fondo mediante la

sedimentación rápida de partículas de gran tamaño y el tercero asociado a zonas de alta productividad. En conjunto, estas variables reflejan a su vez, la generación de nuevas partículas. Este componente explica el 13.7% de la varianza total. Los promedios de los valores correspondientes a este componente en cada período de muestreo (Figura 16), indican un decremento en este factor después de marzo de 1983, ocurriendo los valores mínimos durante marzo de 1984. Los valores correspondientes a octubre de 1983, son los que muestran menor variación, indicando que durante este período las estaciones representadas aquí fueron muy semejantes composicionalmente y sus bajos valores indican que este grupo no dominó en composición.

La fuente de varianza dominante para el cuarto componente son las cadenas de centrales y en menor magnitud el género Rhizosolenia (Figura 18, cuarto componente). La primera variable representa la producción de partículas asociada a las zonas de surgencia y explica el 11.5% de la varianza de los datos originales. Los valores estandarizados de la abundancia de la variable se correlacionan negativamente con el componente principal. La serie de datos correspondientes al cuarto componente principal (Figura 17), no muestra variación significativa entre los promedios correspondientes a cada período de muestreo, a excepción del muestro de noviembre-diciembre de 1984, donde ocurrió un incremento en el promedio

de los valores del cuarto componente. El valor mínimo extremo en marzo-abril de 1985, corresponde a la estación 44-20, que presentó la máxima abundancia de cadenas de centrales y se encuentra localizada en el umbral del Canal de Ballenas.

El quinto componente principal está caracterizado por las partículas de gran tamaño (células centrales $>24 \mu\text{m}$), estando correlacionados negativamente los datos con la serie del componente principal (Fig. 18, quinto componente). Esta variable refleja la producción incrementada de partículas durante el período invierno-primavera, así como un incremento de la transferencia de material hacia el fondo mediante sedimentación. El componente explica el 7.5% de la varianza total estandarizada de la serie de datos. La serie de valores de este componente muestra fuertes indicios de estacionalidad ocurriendo el menor promedio durante marzo de 1983 (Figura 17).

El sexto componente, que explica el 6.8% de la varianza total, está representado por la variable cadenas de pennadas con una correlación negativa (Figura 18, sexto componente). Esta variable está asociada a la producción de partículas de gran tamaño. En este caso, el componente fué dominado por la existencia de un abundante número de cadenas de Pennadas en la estación 38-15, dentro del canal de Ballenas, valor que ocurre como un mínimo en la serie de datos correspondiente al componente principal (Figura 17).

Para investigar el efecto de la interacción entre la fracción biogénica con la terrígena se integraron las variaciones de las dos mediante un segundo análisis de componentes principales en modo R. En este análisis solo se utilizaron dos variables: la abundancia de la fracción terrígena en unidades estandar (Figura 19) y el primer componente resultante del análisis anterior (Figura 16). Se escogió esta última variable por que representa de la manera más eficaz la variación combinada de la fracción biogénica. Los valores terrígenos graficados en la Figura 19 están agrupados por períodos de muestreo con los promedios indicados por las líneas. La secuencia de valores sigue el orden de las estaciones indicado en la figura 14, tal como en las gráficas de los componentes principales de las figuras 16 y 17. El promedio correspondiente a la línea punteada del muestreo 850304 no incluye el valor extremo (6.81 unidades estandar) de la estación somera (55 metros) debido a que se considera como resultado de resuspensión del fondo.

El análisis en modo R (Pielou, 1984) define la variación entre las 70 estaciones en base de los dos valores (biogénico y terrígeno) correspondientes a cada una. Se basó el análisis en la matriz de covarianza de los datos estandarizados. Aunque este procedimiento resulta en 70 componentes principales, la casi totalidad de la varianza (>99%) está agrupada en el primer

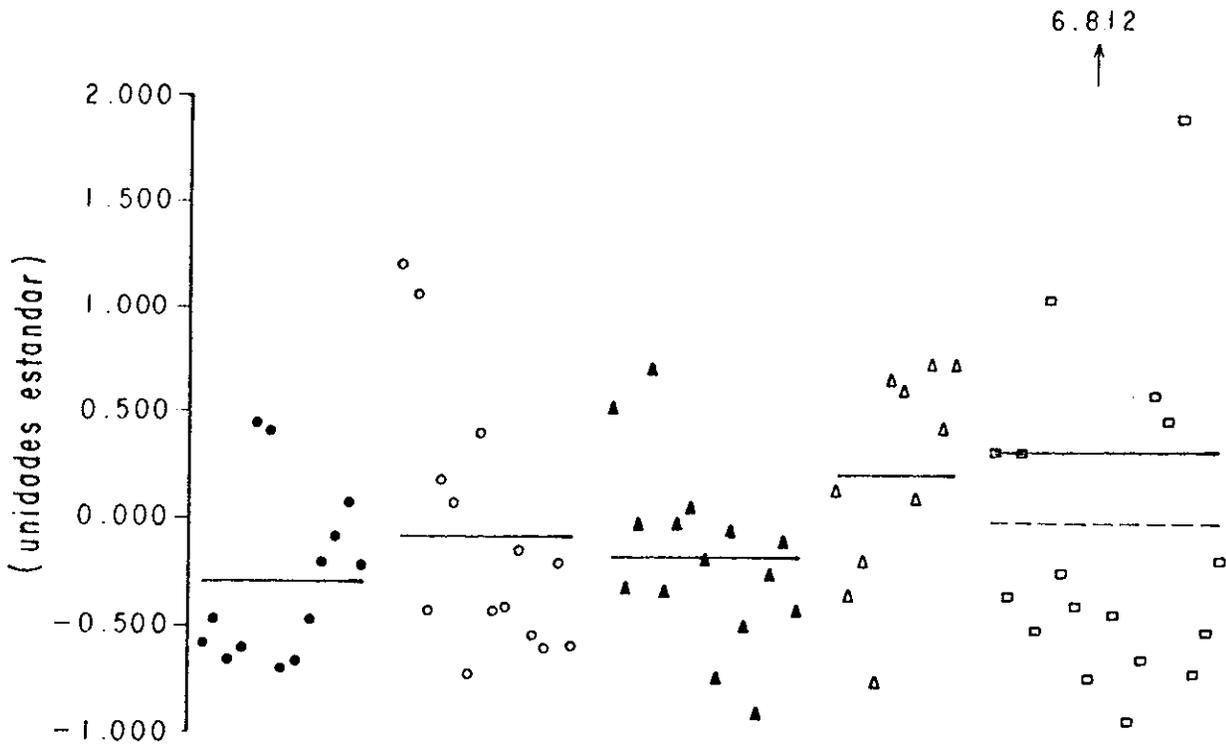


Figura 19 Valores del grupo terrigenos totales (suma de las fracciones <24 y 24-48 μm) para las 70 estaciones de la figura 14. Abundancias en unidades estandar, agrupados por período de muestreo. Las líneas representan el promedio para cada grupo.

componente. Se graficaron los valores correspondientes a los pesos del primer componente principal para cada una de las estaciones (Figura 20). Los valores se dan en unidades estandar. Para cada período de muestreo, se calculó el promedio de los valores correspondientes indicándose estos en la figura mediante una línea. En este análisis, valores positivos describen una dominancia del factor biogénico y valores negativos, dominancia del factor terrígeno.

Para investigar la existencia de patrones o tendencias en la variación de las abundancia de cada una de las variables definidas para el análisis anterior, se obtuvieron los promedios de abundancia de cada una de ellas para las estaciones del Golfo central señaladas en la Figura 14. Las Figuras 21 y 22 presentan los promedios de la abundancia en número de partículas por litro en cada período de muestreo para cada una de las 12 variables.

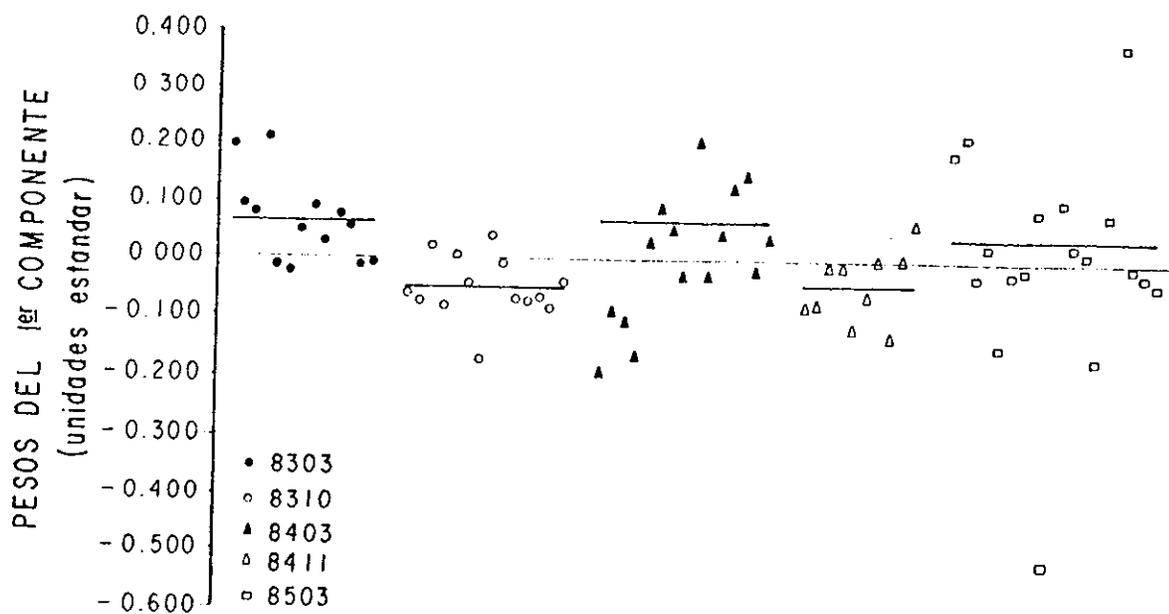


Figura 20 Pesos correspondientes al primer componente principal resultante del análisis en modo R, entre el primer componente biogénico y la serie de terrígenos. Valores en unidades estandar agrupados por periodo de muestreo y ordenados de acuerdo a la figura 14. Las líneas representan el promedio para cada grupo.

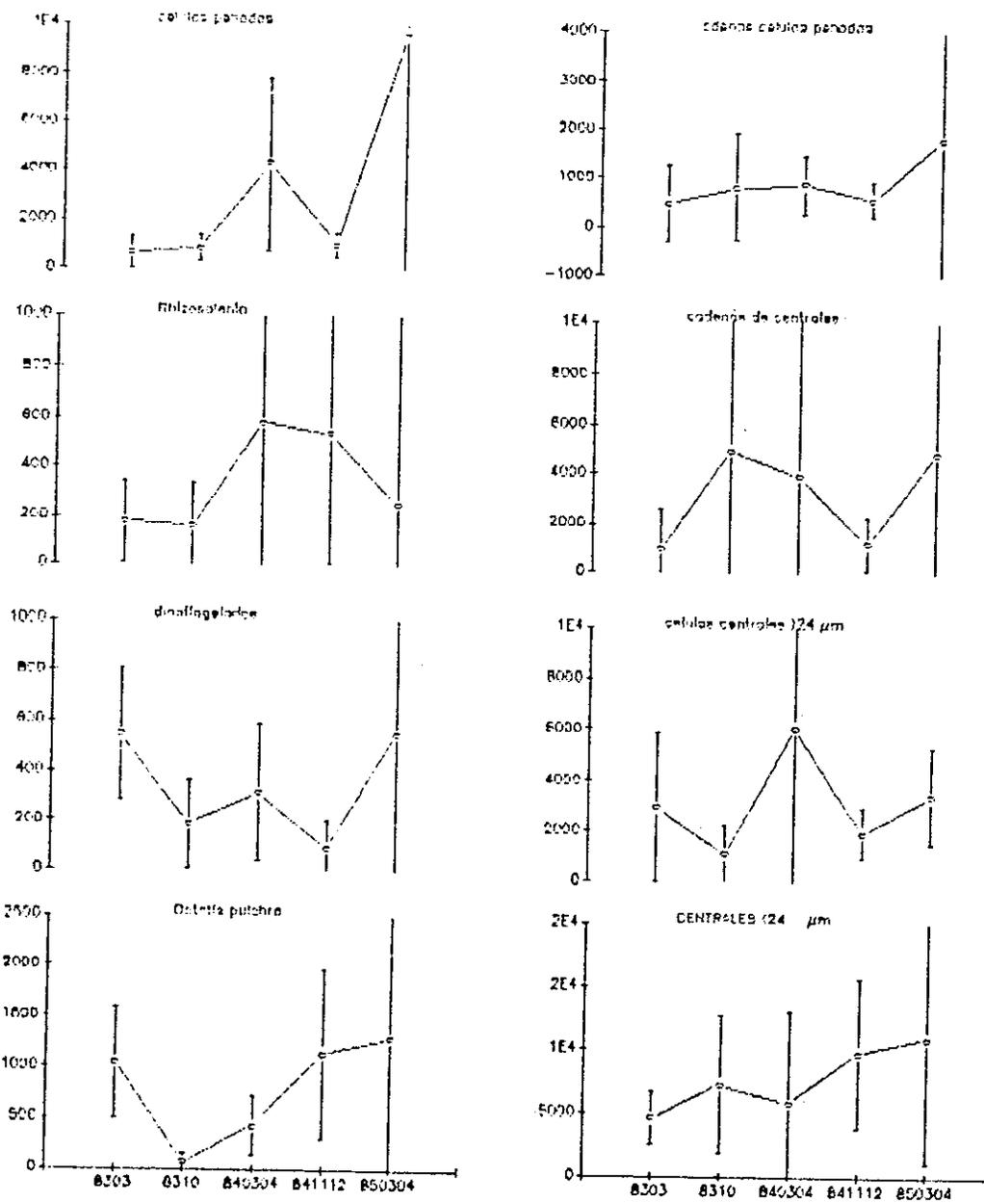


Figura 21 Promedios de la abundancia en número de partículas por litro para cada periodo de muestro de las variables utilizadas, para el Golfo central. Las barras indican la varianza.

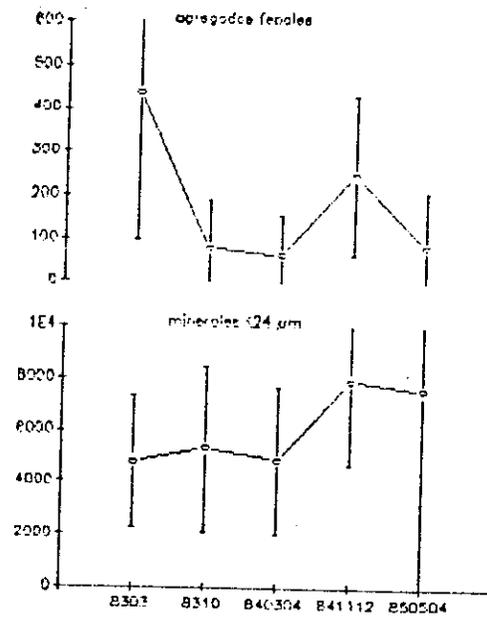
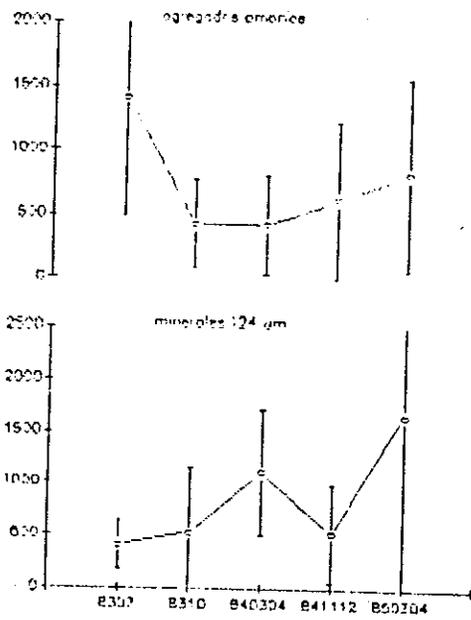


Figura 22 Idem Figura 21.

IV DISCUSION

La meta principal de esta investigación es mejorar nuestra comprensión del registro sedimentario de los procesos "eco-climáticos" contenido en los sedimentos laminados del Golfo de California. En esta sección se examinan las hipótesis propuestas para la formación de los sedimentos laminados mediante la evaluación de los cambios estacionales en la concentración y composición del MST en las aguas superficiales. También se utilizan las observaciones para identificar y definir posibles tendencias interanuales en la concentración y composición del MST asociadas con la evolución y decaimiento del evento de El Niño.

IV.1 Variación Estacional

La organización a meso-escala de la concentración del MST (Figura 6) presenta considerable variación, aunque los patrones de distribución entre las tres primaveras no son totalmente diferentes entre si, así como tampoco lo son los correspondientes otoños. El examen de la Figura 6, también muestra marcados cambios en las concentraciones globales entre los muestreos de primavera y los de otoño. Estas observaciones indican la existencia de un ciclo anual en los procesos responsables de la producción y/o introducción de nuevas partículas en la capa superficial del Golfo central y sur.

La relación entre la transmisión de luz y fluorescencia de clorofila a observada en los datos del muestreo de marzo de 1983 (Figura 7 y Apéndice B) establece una fuerte conexión entre la biomasa del fitoplancton y la concentración de MST en aguas superficiales. Aunque esta relación no es lineal, su forma es generalmente consistente a través del juego de observaciones y es determinada por la diferencia en la relación entre los parámetros, arriba y abajo del máximo de fluorescencia. Este cambio en la relación, probablemente se debe a un cambio en la proporción de la concentración de clorofila por partícula. Esta interpretación está apoyada por el trabajo de Liebermann et al., (1984).

Las distribuciones globales de las concentraciones del grupo minerales 24-48 μm de la fracción terrígena (Figura 13) tienen discordancias importantes con las distribuciones del MST de la Figura 6. Una de las más importantes diferencias es que los mapas de la Figura 13 no muestran una obvia estacionalidad en las magnitudes de la concentración de los minerales, mientras que si existe una clara variación en el MST entre los períodos de primavera y otoño, como se mencionó previamente. Aún más, la variación del grupo completo de fragmentos de minerales representada por los promedios de cada período de muestreo en el Golfo central (Figura 19), sí sugiere un cambio estacional pero en sentido opuesto al del presentado por el

MST, cuyos promedios para la región central del Golfo se presentan en la Figura 23, parte A. El cambio estacional es aún más claro cuando se grafican los promedios de los porcentajes relativos de las concentraciones de la fracción terrígena completa (Figura 23, parte B). Estos aumentos en la proporción relativa de la fracción terrígena completa, también pueden ser utilizados para explicar las bajas correlaciones entre transmisión y MST medida gravimétricamente para los muestreos de octubre de 1983 y de noviembre-diciembre de 1984 (Tabla 1), dado que, como se describió anteriormente, un cambio en la composición del MST produce cambios en la relación transmisión-MST.

La distribución de las células centrales $>24 \mu\text{m}$ (Figura 8) durante marzo de 1983 tiene un patrón similar al del MST de la Figura 5a, lo que sugiere que este grupo de diatomeas pudo haber tenido una contribución importante en la distribución del MST que fué estimada por transmisión de luz, aunque esta similitud no es tan obvia en el resto de los muestreos. Sin embargo, en este grupo se pueden observar diferencias estacionales en las concentraciones, siendo estas más altas y más amplias en su distribución durante los muestreos de primavera. Esto puede ser observado de manera regional en los promedios para el Golfo central presentados en la Figura 21. En esta figura se observa que la estacionalidad en la abundancia regional de los componentes del MST se presenta en las

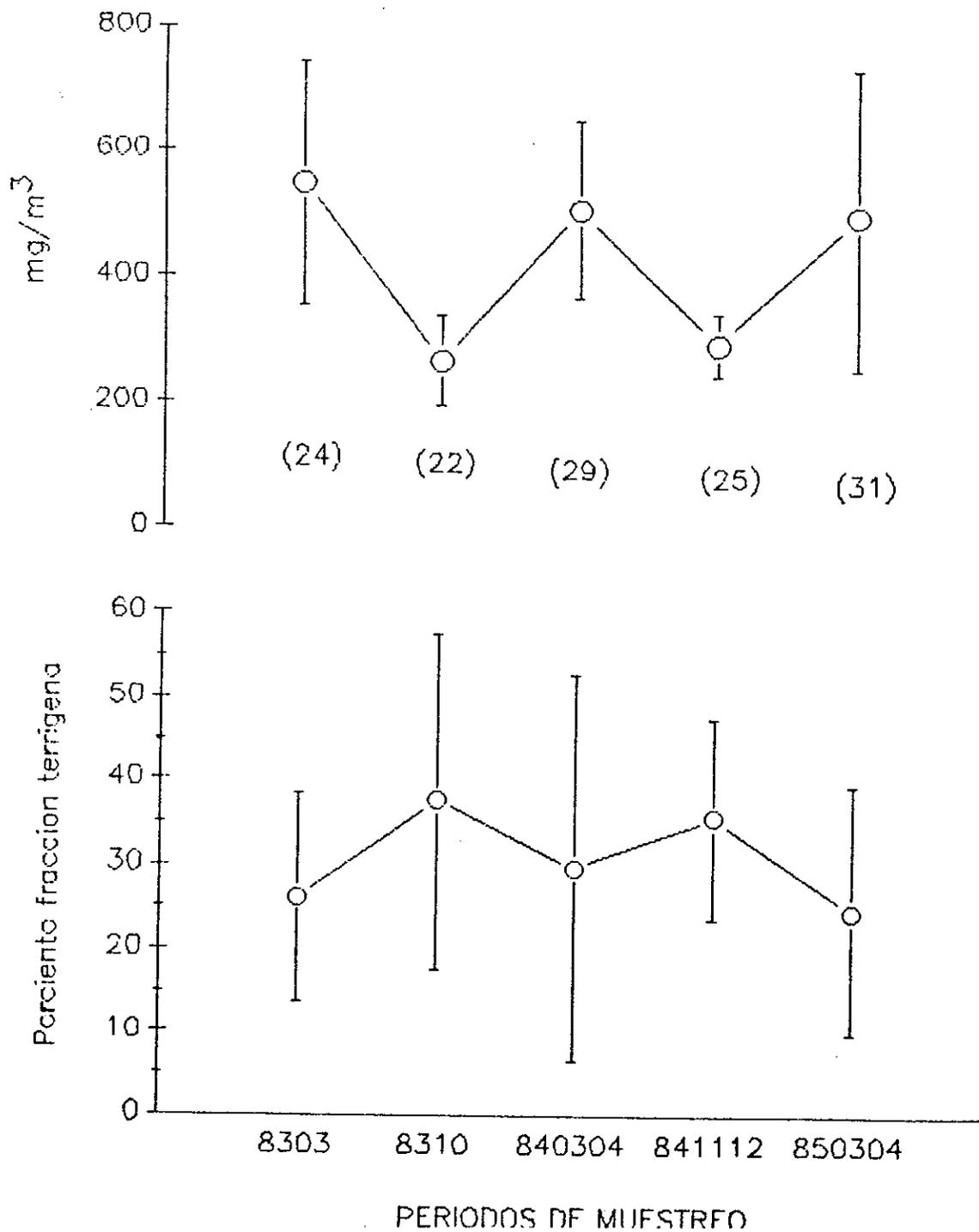


Figura 23 Comparación entre la concentración promedio en mg/m^3 del seston total (MST) y los porcentajes de la fracción terrígena total representada por los fragmentos minerales para el Golfo central en los cinco muestreos. Los valores en paréntesis indican el número de muestras en que se basaron los promedios. Las barras indican la varianza.

variables: células penadas, dinoflagelados y células centrales >24 μm , siendo ésta última la más semejante a la variación estacional presentada por los promedios regionales para la región central del Golfo por el MST (Figura 23a)

Ninguna de las otras categorías de la fracción biogénica descritas en los resultados (Figuras 8, 9, 10, 11 y 12) tienen distribuciones que claramente reflejen en sus detalles la distribución del MST para todos los muestreos. Sin embargo, es de suponerse que los patrones de las distribuciones resultantes de la superposición de las distribuciones de todos los elementos de la fracción biogénica, semejaría los del MST.

Los resultados del análisis de componentes principales de la fracción biogénica facilitan la búsqueda de efectos de cambios estacionales que deben estar asociados con las variaciones en el MST. Dos de los seis componentes principales presentan esta característica. El primer componente principal (Figura 15) muestra una marcada estacionalidad entre marzo de 1983 y marzo de 1984, aunque no está bien definida entre marzo de 1984 y marzo de 1985. Es posible que la estacionalidad entre las primaveras de 1984 y 1985 no sea tan obvia debido a que las condiciones de noviembre-diciembre reflejan la transición hacia las estaciones invierno-primavera, en este componente.

El primer componente es especialmente importante por que

tiene la más alta proporción de la varianza total en donde se comparte la varianza estandarizada de todas las variables (Figura 17). Este componente está fuertemente asociado con la variación de los dinoflagelados (que contribuyen aproximadamente un 60% de su varianza) y de las células penadas individuales (que contribuyen aproximadamente un 45% de su varianza). Las otras variables originales contribuyen a este componente con aproximadamente 30% o menos de su varianza.

El quinto componente principal de la fracción biogénica (Figura 16) presenta una fuerte señal estacional entre los muestreos de marzo de 1983 y noviembre-diciembre de 1984. Este patrón de estacionalidad se interrumpe con el muestreo de marzo-abril de 1985, cuyo promedio se aproxima al valor promedio anterior. Este componente solo contiene 7.5% de la varianza total de la fracción biogénica pero es importante por que explica aproximadamente el 40% de la varianza del grupo de células de diatomeas centrales $>24 \mu\text{m}$. La correlación entre el quinto componente principal y esta variable es de signo negativo indicando que la porción de este grupo representada por dicho componente decreció durante los otoños de 1983 y 1984. Es posible que los valores de marzo-abril de 1985 no regresaron al nivel en que se encontraban durante las dos primaveras anteriores debido a los efectos del establecimiento de las condiciones de Anti-El Niño el cual ocurrió a partir de verano de 1984 (ver Figura 2b). Las observaciones de

estacionalidad de este componente son importantes por que sugieren un incremento en la producción y transferencia hacia el fondo de células centrales >24 μm durante las primaveras, lo que proporcionaría una mejor representación de este grupo en las láminas claras que en las oscuras en el Golfo central. Esta observación está de acuerdo con los resultados de una investigación preliminar sobre la composición de las láminas (Baumgartner, comunicación personal).

El efecto de unir la variación entre la fracción terrígena y el primer componente de la fracción biogénica mediante el análisis de componentes principales en modo R de las muestras del Golfo central, resulta en una mejor definición de la estacionalidad (Figura 20) en la composición del MST que la observada en el primer componente (Figura 16) o en los terrígenos (Figura 19) por separado. El análisis en modo R enfatiza el efecto de la estacionalidad al comparar la proporción entre el material biogénico y el material terrígeno entre cada una de las 70 muestras de los cinco muestreos. El resultado agrupa a las muestras según la dominancia de una fracción o la otra y aunque existe una variación espacial significativa en cada período de muestreo, no es suficiente para ocultar las diferencias entre períodos. También hay que recordar que cada período de muestreo solo permite describir un corto período de tiempo. Es de esperarse que se lograría una mejor definición de las condiciones estacionales con muestreos

más frecuentes.

Es importante hacer notar que las dos variables utilizadas en el análisis en modo R, fueron estandarizadas previo al análisis. Este, por lo tanto, no refleja las diferencias en los valores absolutos de las concentraciones entre la fracción biogénica y la terrígena. En términos de las concentraciones estimadas por microscopía, el material biogénico en las muestras del Golfo central representa una proporción que varía entre el 62 y el 75% de la composición total a través de los cinco periodos (Figura 23b). Aunque la dominancia de la fracción biogénica se mantiene durante los otoños muestreados, la proporción biogénica:terrígena disminuye en estos periodos, resultando el patrón observado en la Figura 20.

IV.2 Variación Interanual

Las evidencias descritas en la sección anterior apuntan a que la distribución y las concentraciones del MST son principalmente determinadas por la biomasa del fitoplancton. Por lo tanto, la variación estacional en las concentraciones del MST se puede suponer que es principalmente controlada por la variación en la producción de biomasa. La Figura 24 presenta la comparación entre el promedio de la abundancia del MST contra los promedios de las mediciones de producción en gramos de carbón por metro cuadrado por día estimadas en el Golfo

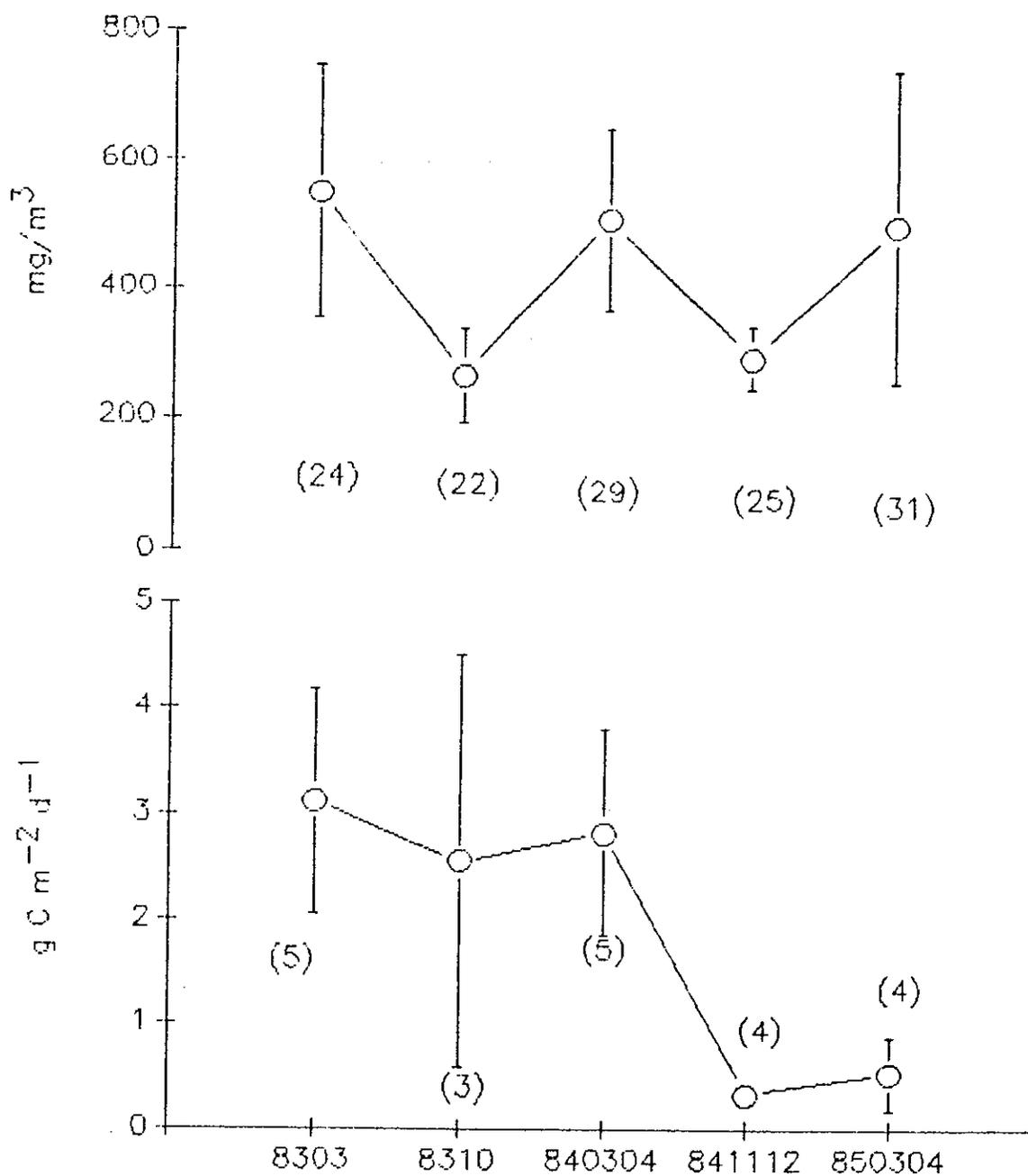


Figura 24 Idem Figura 23 para la concentración promedio del seston total (MST en mg/m^3) y la producción primaria promedio ($\text{gC}/\text{m}^2/\text{dia}$) para el Golfo central—(Alvarez-Borrego y Lara-Lara, 1989), determinada en los mismos periodos.

central para los mismos períodos de muestreo (datos de producción obtenidos de Alvarez-Borrego y Lara-Lara, en prensa). Se puede observar de la figura 24 que la relación entre la producción primaria y la concentración de MST no es tan directa. La producción primaria mantuvo un nivel alto hasta marzo de 1984 disminuyendo en los muestreos posteriores, de manera muy semejante a la curva de las anomalías del nivel del mar, presentadas en la Figura 2a. Esta variación no se observa en la concentración del MST (Figura 24a) sino que solo sugiere estacionalidad en la abundancia del material en suspensión en la superficie del Golfo central. Por lo tanto, la concentración del material biogénico en suspensión no refleja directamente las variaciones en la producción primaria.

Si la concentración del MST no refleja la producción primaria, esto sugiere que de alguna manera debe aumentar la tasa de transferencia de material en suspensión hacia el fondo. Este aumento de la transferencia de partículas es consistente con la conclusión general de Baumgartner et al. (1985) en que existe un aumento del fitoplancton silíceo preservado en los sedimentos laminados durante El Niño, de alguna manera estimulando este evento el flujo hacia el fondo de restos del fitoplancton, principalmente diatomeas. Otra evidencia de un aumento del flujo de partículas desde la superficie, es el desarrollo de una manera extensa de capas intermedias con máximos de partículas a lo largo de la pendiente continental,

especialmente durante marzo de 1983. Estos máximos ocurrieron de una manera menos desarrollada durante marzo de 1984 y no se observaron durante el muestreo de marzo-abril de 1985 (Baumgartner et al., en preparación).

La variación interanual en el material en suspensión se puede observar en la distribución geográfica de algunos componentes del MST. La especie Pseudoeunotia doliolus (Figura 11) presenta un efecto interanual además de un claro efecto estacional, tendiendo a ampliar su distribución en el Golfo conforme a los muestreos, desde una área restringida en el norte de la región muestreada hasta ocupar toda la región durante el último muestreo. El género Hemiaulus parece presentar variaciones en su distribución que indican una restricción de su rango de distribución, siendo mucho más amplio para marzo de 1983, restringido a la región central durante marzo de 1984 y solo en el norte de la región muestreada durante marzo de 1985. Estos marcados cambios en ambas variables apuntan no a estacionalidad, sino a una interanualidad afectando su rango de distribución. En las otras variables no es tan fácil observar de los mapas evidencias de variación interanual. Utilizando los promedios de las abundancias para el Golfo central presentados en las Figuras 21 y 22, se pueden detectar indicaciones de la existencia de cambios interanuales en algunos de estos grupos. El grupo células centrales de $<24 \mu\text{m}$ tiene una marcada tendencia hacia

el aumento de la abundancia promedio, aunque también existe una ~~tendencia~~ ~~al~~ ~~aumento~~ ~~de~~ ~~la~~ ~~heterogeneidad~~ ~~espacial~~ de los valores, estando ambas tendencias evidenciadas en los resultados del análisis de componentes principales de la fracción biogénica correspondientes al segundo componente principal (Figura 16) cuyo contribuyente más importante es esta variable (Figura 18). La diferencia entre los promedios de marzo de 1983 y de marzo de 1985, es significativa al 96% utilizando una prueba t-student. Esta tendencia presente en el grupo, apunta hacia un aumento de la abundancia de células de pequeño tamaño experimentada durante el decaimiento del evento El Niño.

Otras observaciones indicadoras de cambios en la composición asociadas con el reestablecimiento de las condiciones de anti-El Niño, son los promedios de las abundancias para el Golfo central de las variables cadenas de penadas y células penadas totales (Figura 21). Asimismo, durante marzo de 1983 cuando ocurrió el más extenso desarrollo de las capas intermedias de máximo de partículas que representan el aumento de la sedimentación de material en suspensión, se ve una clara elevación de los promedios de los grupos agregados amorfos y agregados fecales (Figura 22), por encima de los valores de cualquier otro de los muestreos. Esto mismo puede ser observado en la figura correspondiente al tercer componente principal (Figura 16) cuyos principales

contribuyentes son estos grupos (Figura 18). En esta variación no existe una tendencia lineal tal como ocurrió en el grupo células centrales de $<24 \mu\text{m}$, sino que destaca el máximo durante marzo de 1983 cuando se esperaría una alta transferencia de material desde la superficie. Lo anterior no es un claro reflejo de la curva de producción primaria para el Golfo central (Figura 24) y nos conduce a la pregunta de que si es posible interpretar los valores de la producción primaria en base de la composición del material en suspensión.

De la discusión anterior se sugiere que los cambios en las tasas de producción primaria pueden estar asociados con el carácter de la composición del fitoplancton. Las observaciones de este trabajo, brindan la oportunidad de examinar los efectos de los cambios en la proporción de las abundancias de los diferentes grupos del fitoplancton. Para observar un posible efecto de las variaciones en la proporción mencionada se dividieron las categorías analizadas en dos grupos. En uno se incluyeron las variables que presentaron estacionalidad y fueron: células centrales $>24 \mu\text{m}$, cadenas de células centrales y dinoflagelados, aunque la segunda no presenta una clara evidencia ni de estacionalidad ni de interanualidad. En el otro grupo se incluyeron las variables que presentaron tendencias al aumento durante los períodos de muestreo, siendo estas: células centrales $<24 \mu\text{m}$, células penadas totales, cadenas de penadas y Rhizosolenia, esta última por presentar los valores más bajos

durante los dos muestreos de 1983. Con estas categorías se formaron 2 grupos y se calcularon sus promedios de abundancia para la región central del Golfo; un grupo con una variación que no es totalmente estacional ni interanual (Figura 25a) y el otro indicando una clara tendencia al aumento con el tiempo representado por los muestreos (Figura 25b). La proporción entre estos dos grupos está graficada en la figura 25c. La forma de esta curva se aproxima muy bien a la forma de la curva de los valores promedio de la producción primaria para el Golfo central (Figura 25d).

Esto anterior es un intento de la modelación de la producción primaria basándose en la composición general tal como se ha caracterizado al fitoplancton que compone al material en suspensión. Es importante hacer notar que este intento es en parte subjetivo ya que se incluyeron variables en los grupos que no seguían exactamente los criterios establecidos de estacionalidad para el grupo A o de tendencia hacia el aumento en el grupo B, por lo que este resultado no carece de sesgo. Sin embargo, es posible modelar de esta forma la variación de la producción primaria utilizando valores de abundancia de los componentes del fitoplancton.

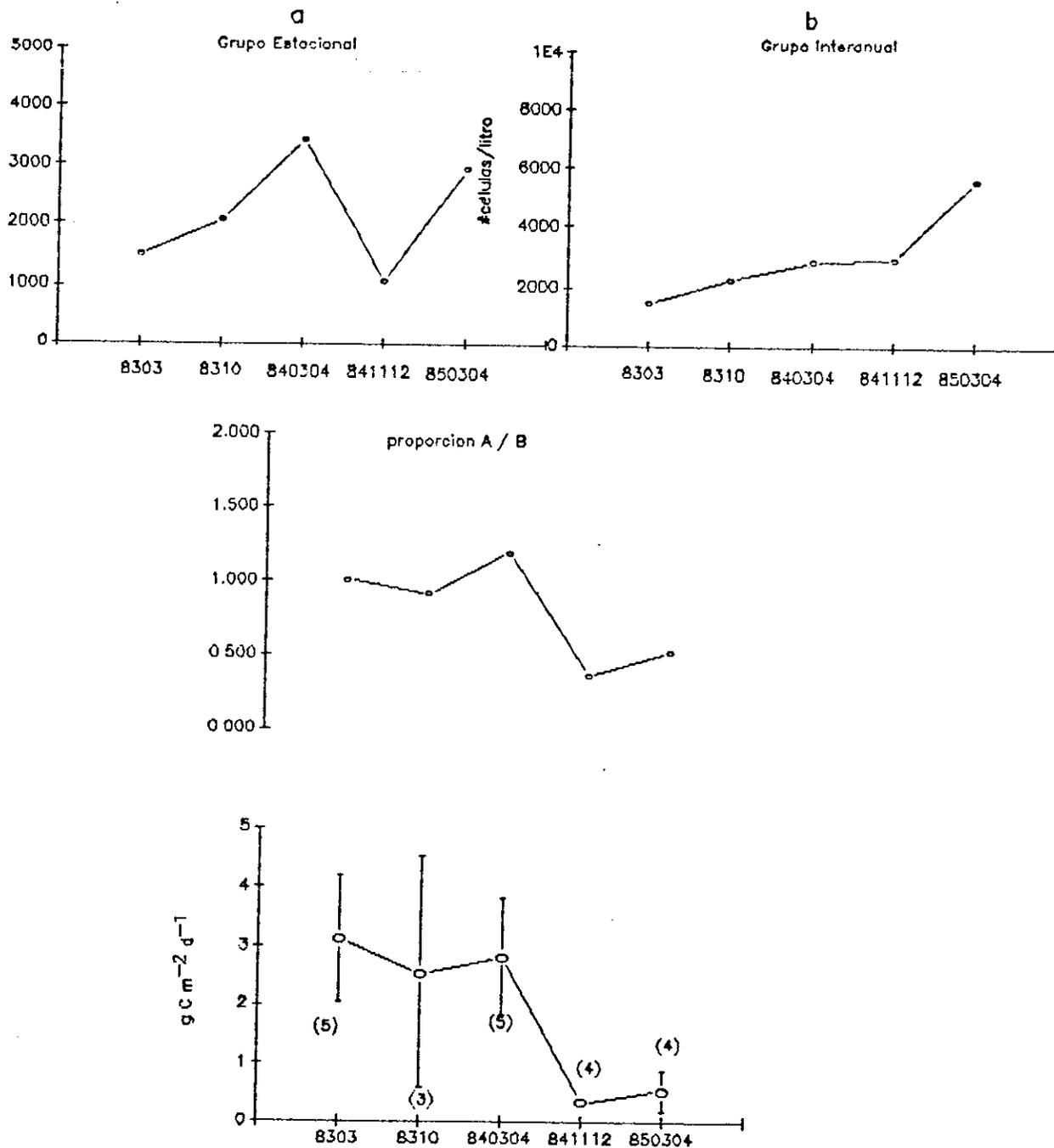


Figura 25 Comparación entre la proporción de grupos del MST y la producción primaria. a: promedios de la abundancia de las variables células centrales $>24 \mu\text{m}$, cadenas de centrales y dinoflagelados. b: promedios de las variables células penadas, cadenas de penadas, células centrales $<24 \mu\text{m}$ y *Rhizosolenia*. c: proporción entre los dos promedios anteriores (a/b). d: producción promedio en $\text{mg C/m}^2/\text{día}$ medida en los mismos periodos. Nótese la semejanza entre parte c y parte d. Todos los valores son para el Golfo central (Figura 14).

IV.3 Implicaciones en la Formación de los Sedimentos Laminados

Antes de aplicar los resultados de esta investigación al examen crítico de los modelos sobre el origen de las láminas, es importante recalcar algunos de los elementos principales utilizados en la formulación de las hipótesis, como lo son los datos que indican la alternancia de composición entre láminas claras y oscuras.

El primer estudio comprensivo sobre la composición de las láminas fue el de Calvert (1966a). Este autor utilizó la proporción del peso del sílice opalino como un índice representativo de la fracción biogénica. El sílice fue determinado mediante difracción de rayos X, posterior a la conversión de todo el ópalo a una forma cristalina (cristobalita) mediante calor. Los datos de Calvert (1966a) estiman la proporción de peso del sílice biogénico en 55% para las láminas claras y aproximadamente 30% para las oscuras. Estos datos provienen de seis muestras colectadas en la porción norte del Golfo de California central y comprenden secuencias de 17 a 48 láminas individuales. Utilizando el valor de 7% como la concentración de materia orgánica promedio entre láminas claras y oscuras (Calvert, 1966b) se puede estimar la proporción de la fracción biogénica agregando el valor del sílice opalino. La proporción resultante entre la fracción biogénica (sílice mas materia orgánica) y el residuo terrígeno

para los datos de Calvert (1966a) es de 62:38 para las láminas claras y 37:53 para las oscuras.

Donegan y Schrader (1982) de manera semejante detectaron distintas proporciones del sílice biogénico entre láminas claras y oscuras, pero menos marcadas que las de Calvert (1966). Los datos provienen de una secuencia de 8 láminas colectadas cerca de Bahía Concepción y otra secuencia del márgen noroeste de Guaymas. Para la determinación del ópalo utilizaron espectrofotometría después de su disolución mediante ácidos nítrico y fluorhídrico. La proporción de sílice estimada por Donegan y Schrader (1982) es de 66% para las láminas claras y 55% para las oscuras. La conversión de los valores de carbón orgánico dados por éstos autores a materia orgánica dan un promedio de 9% para las láminas oscuras y de 6% para las claras. Por lo tanto, las proporciones entre la fracción biogénica y la terrígena obtenidas de los datos de Donegan y Schrader (1982) son de 72:28 para las láminas claras y 64:38 para las oscuras, indicando una relativamente alta contribución del material biogénico en las láminas oscuras, comparado a las proporciones obtenidas del trabajo de Calvert (1966a). Es probable que las diferencias entre los resultados de Calvert (1966a) y de Donegan y Schrader (1982) se deban más a los distintos métodos de análisis que a las diferencias reales provenientes de la diferente localización de las muestras de sedimento.

Las proporciones entre la fracción biogénica y la terrígena obtenidas de los conteos en microscopio del MST retenido en los filtros analizados provenientes de los cinco muestreos de este estudio, se aproximan más a los valores obtenidos por Donegan y Schrader (1982) que a los de Calvert (1966a). El promedio de los porcentajes de fragmentos de minerales (que forma la casi totalidad de la fracción terrígena) para las tres primaveras es igual a 27% y para los dos otoños es de 37%. Estas cifras representan una relación entre la fracción biogénica y la terrígena para primaveras y otoños que es casi idéntica de la de los datos de Donegan y Schrader (1982) para láminas claras y oscuras. Un análisis de la composición del MST en los filtros del muestreo de marzo-abril de 1985, resultó en una proporción entre la materia orgánica, sílice biogénico y residuo terrígeno de 55:18:27. Este análisis se llevó a cabo mediante la oxidación de la materia orgánica (Peterson, 1977; McCave, 1979) y la disolución del sílice opalino utilizando carbonato de sodio (Eggimann, 1980) midiendo las diferencias entre la masa total en los filtros y la masa restante después de cada tratamiento. El promedio del porcentaje de la fracción terrígena determinado por este análisis gravimétrico (27%) es muy similar al promedio del porcentaje de los fragmentos minerales estimado mediante microscopía en los filtros de este mismo muestreo (25%) y mantiene la similitud señalada en el párrafo anterior.

A pesar de la similitud en las proporciones globales entre las fracciones terrígena y biogénica, hay una gran diferencia entre la composición de la fracción biogénica en las muestras de MST y la fracción biogénica de los sedimentos. En términos de masa, la fracción biogénica del MST está constituida por una mayor cantidad de materia orgánica oxidable siendo tres veces más abundante que la del sílice biogénico durante la primavera de 1985 en el Golfo central. Los resultados de Zeitschell (1970) para un juego de nueve estaciones ocupadas en noviembre y diciembre de 1968, (con siete en el área comprendida por el muestreo de marzo-abril de 1985 de este trabajo), se aproximan a los de este análisis. Este autor calculó un promedio de 34% para el carbono en el MST proveniente de la zona eufótica. Utilizando un factor de 1.8 para convertir carbón orgánico a masa total de materia orgánica, resulta en un porcentaje del 61%, aproximándose al valor de 55% obtenido mediante análisis gravimétrico para las muestras de marzo-abril de 1985.

La baja proporción de la materia orgánica en los sedimentos laminados (entre 6 y 10%) demuestra una importante alteración de la composición de la fracción biogénica mediante la descomposición bacteriana y el reciclamiento de la misma en la columna de agua, durante el proceso de sedimentación. Esto resulta en una pérdida de aproximadamente 85% de la materia orgánica entre la zona eufótica y la incorporación definitiva a

los sedimentos laminados del Golfo central. Restando 85% de la materia orgánica del MST y suponiendo que todo el sílice biogénico producido en la zona eufótica llegue a depositarse en los sedimentos laminados, la proporción en masa se aproximará a la relación 8:37:55 para las fracciones materia orgánica, sílice biogénico y residuo terrígeno en la lámina de sedimento correspondiente. Estas proporciones son obviamente distintas a las proporciones calculadas de los datos de Donegan y Schrader (1982) que serían equivalentes a 8:61:31.

El análisis hecho por Moreno-Hentz (1982) de la composición de una secuencia de 66 láminas obtenida de los sedimentos frente a Guaymas, sugiere que la mayor parte de la discrepancia entre la composición del MST y la de las láminas, probablemente radica en las diferentes técnicas utilizadas. El análisis de Moreno-Hentz(1982) fué mediante la oxidación de materia orgánica y disolución del sílice opalino, haciendo determinaciones gravimétricas de las diferencias, tal como se llevó a cabo en los filtros de marzo-abril de 1985. Aunque no se detectó una consistente alternancia entre las láminas claras y las oscuras, los promedios de las proporciones entre la masa de materia orgánica, sílice biogénico y residuo terrígeno fué mucho mas similar a las proporciones encontradas en el MST (9:42:50 para láminas claras y 10:41:49 para láminas oscuras). Esto sugiere que los métodos utilizados por Calvert (1966a) y Donegan y Schrader(1982) resultan en una sobrerrepresentación de

la proporción de la masa del sílice biogénico. Al mismo tiempo, ~~no se~~ no detecta una clara distinción entre la proporción del sílice biogénico y la fracción terrígena entre las láminas claras y oscuras, el método de Moreno-Hentz (1982) parece ser poco sensible para detectar las variaciones en el orden del 10% esperadas entre los dos tipos de láminas.

Los resultados de este estudio ahora proporcionan una base mucho más sólida para evaluar los modelos del origen de los sedimentos laminados. Las diferencias en concentración y composición entre muestreos señaladas anteriormente, indican que hubo más producción de material biogénico durante las primaveras en comparación a la de los otoños, para el Golfo en general. Estas observaciones claramente contradicen el concepto de Calvert (1966a) el cual requiere que se mantenga uniforme la producción de biomasa en el Golfo central mediante la alternancia estacional en la posición de los centros de producción entre la costa de Sonora y la de Baja California. El principal mecanismo propuesto por Calvert (1966a) para la formación de los sedimentos laminados en el Golfo central, consiste en un incremento muy marcado en la introducción de material terrígeno durante los veranos. Los datos de este estudio si muestran incrementos en los promedios de las concentraciones del material terrígeno durante los otoños, pero estos incrementos parecen ser relativamente sutiles para explicar toda la variación en la composición de los sedimentos.

El concepto original de Byrne (1957) parece estar más de acuerdo con los datos observados en estos muestreos, con respecto a la estacionalidad de la producción de material biogénico. Sin embargo, esta hipótesis requiere de un aporte uniforme de material terrígeno a lo largo del año, lo que no concuerda con las observaciones de este trabajo. Una hipótesis más real incluiría una variación estacional en la introducción de material terrígeno al Golfo central. El Modelo de Donegan y Schrader (1982) incluye estas características, pero no toma en cuenta la variación biogénica y apoya la idea propuesta por Calvert (1966a) de que el aporte de material terrígeno tiene una fuerte estacionalidad debido a la descarga de los ríos de Sonora y Sinaloa. Los muestreos de otoño en este estudio, también muestran que el incremento en la proporción de la fracción biogénica se mantiene cuando menos hasta diciembre, en contraste con los modelos de Calvert (1966a) y de Donegan y Schrader (1982) que limitan este incremento de los terrígenos sólo a los tres meses de verano.

Un modelo más realista debe asociar la formación de las láminas claras con el período de enero a junio y la de las oscuras con el período de julio a diciembre. También debe incluir que la variación estacional en la introducción del material terrígeno, cuando menos al Golfo central, no está modulada por la descarga fluvial como lo propuesto por Calvert

(1966a) e incorporado en la hipótesis de Donegan y Schrader (1982). La fuente de la fracción terrígena en el Golfo central es mas probable que sea el transporte eólico desde Sonora (Baumgartner et al., 1989a). Es posible que esto sea una razón por la cual no se detectó una variación estacional tan marcada en la concentración de terrígenos, como la esperada por la hipótesis de Calvert (1966a).

El modelo puede ser refinado tomando en cuenta que la producción primaria en las estaciones invierno-primavera no está necesariamente confinada a la costa de Sonora. Los datos de marzo-abril de 1985 muestran que pueden ocurrir eventos productores de alta biomasa frente a la costa de Baja California así como en la costa de Sonora. Los máximos en la biomasa frente a Baja California durante las estaciones invierno-primavera serían inesperados, si la producción solo se asocia con las surgencias generadas por los vientos dominantes del noroeste. Esto sugiere que también pueden ocurrir surgencias frente a la península, resultantes de la circulación meridional en el Golfo central. El incremento estacional en la concentración del material biogénico a todo lo ancho del Golfo, así como la observación de que los máximos no siempre están limitados a una margen u otra, son evidencias de que existe correspondencia en la temporalidad de la formación de las láminas claras a ambos lados del Golfo, como fué postulado por Donegan y Schrader (1982).

V CONCLUSIONES

En relación con la variación estacional, existen marcadas variaciones en las concentraciones globales del MST entre los muestreos de primavera y de otoño. La relación existente entre el MST y la biomasa indica la presencia de un ciclo anual en la formación de los componentes biogénicos del material en suspensión total, siendo esto reflejado en las concentraciones del material biogénico. Además se encontraron evidencias de importantes diferencias en la composición biogénica entre los muestreos de primavera y de otoño, en términos de las categorías definidas en este trabajo y en términos de los componentes principales. De igual manera, existen evidencias de cambios en la proporción de la fracción terrígena, aunque de pequeña magnitud, sugiriendo un aumento de la transferencia hacia el fondo del material terrígeno durante los otoños.

De estos datos, es posible formular un modelo de la formación de las láminas en los sedimentos laminados mediante la integración de las hipótesis de Byrne (1955), Calvert (1966b) además de las ideas expuestas por Donegan y Schrader (1972) y por Baumgartner et al., 1989a. El concepto de la estacionalidad en la producción del material biogénico está apoyado en este estudio por los resultados obtenidos. Una supuesta fuerte estacionalidad en la producción de material terrígeno no está apoyada por los mismos resultados, sin

embargo, hay indicaciones de la existencia de una estacionalidad de pequeña magnitud en la proporción del material terrígeno que puede llegar a influenciar la composición de las láminas claras y oscuras.

Las evidencias de variación interanual son más sutiles que las de una estacionalidad. No existen evidencias en la concentración global del MST, sin embargo hay indicaciones en las distribuciones geográficas de algunos componentes así como en las proporciones de su concentración.

El efecto de la variación interanual descrita en el registro sedimentario debe estar representada por la variación del flujo de material y en la composición del material preservado, la cual si es observado en la composición de los sedimentos (Baumgartner et al., 1985) al comparar la proporción entre especies. Esto último no es claro de los resultados de este trabajo, aunque sí hay cambios en la proporción entre grupos más generales. De acuerdo a esto, el registro sedimentario debe reflejar cambios en la exportación de material biogénico desde la superficie y mostrar cambios en la ocurrencia de grupos y de especies del fitoplancton

LITERATURA CITADA

- Alvarez-Borrego, S. y J. R. Lara-Lara, en prensa. The physical environment and primary productivity of the Gulf of California. en: The Gulf and Peninsular Province of the Californias (P. Dauphin y B. Simoneit, editores). A.A.P.G. Memoir, Tulsa Oklahoma.
- Atilano-Silva, H. M., 1987. Composicion y estructura de la comunidad del fitoplancton silíceo en el Golfo de California. Tesis, Universidad Autónoma de Baja California, 161 pp.
- Badan-Dangon, A., C. J. Koblinsky y T. R. Baumgartner, 1985. Spring and summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. *Oceanologica Acta*, 8(1):13-22.
- Baker, E. T. y J. W. Lavelle, 1984. The effect of particle size on the light attenuation coefficient of natural suspensions. *Jour. Geophys. Res.* 89(C5):8197-8203.
- Barber, R. T. y F. P. Chavez, 1983. Biological consequences of El Niño. *Science*, 222:1203-1210.
- Bartz, R., J. R. V. Zaneveld y H. Pak., 1978. A transmissometer for profiling and moored observations in water. *S.P.I.E., Ocean Opt.* V(160):102-108.
- Baumgartner, T. R. y N. Christensen, 1985. Coupling of the Gulf of California to large-scale interannual climatic variability. *Journal of Marine Research*, 43:825-848.
- Baumgartner, T. R., 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.
- Baumgartner, T. R., V. Ferreira-Bartrina y P. Moreno, en prensa (a). Varve formation in the Central Gulf of California: A Reconsideration of the origin of the dark laminae. En: The Gulf and Peninsular Province of the Californias (P. Dauphin y B. Simoneit, editores). A.A.P.G. Memoir, Tulsa Oklahoma.
- Baumgartner, T. R., V. Ferreira-Bartrina, J. Cowen, A. Soutar, P. Moreno y H. Schrader, en prensa (b). Reconstruction of a twentieth century varve chronology for the central Gulf of California. En: The Gulf and Peninsular Province of the Californias (P. Dauphin y B. Simoneit, editores). A.A.P.G. Memoir, Tulsa Oklahoma.

- Baumgartner, T. R., J. Michaelson, L. G. Thompson, G. Sheen, A. Soutar y R. E. Casey, en prensa (c). Recording of climatic climatic variability by high resolution natural systems: tree-rings, coral bands, glacial ice layers and marine varves. *Interdisciplinary Aspects of Climatic Change in the Eastern Pacific and Western Americas*. (D. Peterson, editor). Monografía de A. G. U.
- Bazán-Guzmán, C. y R. Lara-Lara, en prep. Phytoplankton biomass and primary productivity by size fractions in the Gulf of California during fall 1984.
- Biscaye, P. E. y S. L. Eittreim, 1974. Variations in benthic boundary layer phenomena: nepheloid layer in the North American Basin. p. 227-260. En: *Suspended Solids in Water* (R. J. Gibbs, editor), Plenum Press, Nueva York, 320 pp.
- Bishop, J. K. B., 1986. The correction and suspended particulate matter calibration of Sea-Tech transmissometer data. *Deep-Sea Research*, 33(1):121-134.
- Bishop, J. K. B. y T. M. Joyce, 1986. Spatial distributions and variability of suspended particulate matter in warm-core ring 82B. *Deep-Sea Research* 33(11/12):1741 - 1760.
- Byrne, J., 1957. The marine geology of the Gulf of California. Tesis Ph. D., Univ. Southern California, 289 pp.
- Calvert, S. E., 1964. Factors affecting the distribution of laminated diatomaceous sediments in the Gulf of California. p. 311-330. En: *Marine Geology of the Gulf of California* (Tj. H. Van Andel y G. G. Shor, editores). A.A.P.G., memoir 3.
- Calvert, S. E., 1966(a). Origin of Diatom-rich varved sediments from the Gulf of California. *Journal of Geology*, 76:546-565.
- Calvert, S. E., 1966(b). Accumulation of diatomaceous silica in the sediments of the Gulf of California. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 77:569-596.
- Carder, K. L., G. F. Beardsley, jr. & H. Pak., 1971. Particle size distributions in the Eastern Equatorial Pacific. *Jour. Geophys. Res.*, 76:5070-5077.

- Carder, K. L., P. R. Betzer y D. W. Eggimann, 1974. Physical, Chemical and optical measurements of suspended particle concentrations: their intercomparison and application to the West African Shelf, p. 173-194. En: *Suspended Solids in Water* (R. J. Gibbs, editor). Plenum Press, Nueva York, 320 pp.
- Donegan, D. y H. Schrader, 1982. Biogenic and abiogenic components of laminated hemipelagic sediments in the central Gulf of California. *Marine Geology* 48:215-237.
- Eggimann, D. W., F. T. Manhelm y P. R. Betzer, 1980. Dissolution and analysis of amorphous silica in marine sediments. *Journal Sedimentary Petrology*, 50(1):215-225.
- Fournier, R. O., 1978. Membrane filtering p. 108-112. En: *Phytoplankton Manual* (A. Sournia, editor), UNESCO, Paris, Francia. 337 pp.
- Gardner, W. D., P. E. Biscaye, J. R. V. Zaneveld y M. J. Richardson, 1985. Calibration and comparison of the LDGO nephelometer and the OSU transmissometer on the Nova Scotian Rise. *Marine Geology* 66:323-344.
- Jerlov, N. G., 1976. *Marine Optics*. Elsevier publishers, Nueva York. 231 pp.
- Kiefer, D. A. y R. W. Austin, 1974. The effect of varying phytoplankton concentration on submarine light transmission in the Gulf of California. *Limnol. & Oceanog.*, 19:55-64.
- Lara-Lara, J. R. y J. E. Valdéz-Holguín, 1988. Size fraction biomass and primary productivity in the Gulf of California during spring 1984. *Ciencias Marinas*, 14(1):1-14.
- Lara-Osorio, J. L. y J. R. Lara-Lara, en prep. Primary productivity in the central Gulf of California during spring 1985.
- Lieberman, S. H., G. D. Gilbert, P. F. Seligman y A. W. Dibelka, 1984. Relationship between chlorophyll a fluorescence and underwater light transmission in coastal waters off Southern California. *Deep-Sea Res.*, 31(2):171-180.
- Lorenzen, C. J., 1966. A method for the continuous measurement of in vivo chlorophyll concentration. *Deep-Sea Research*, 13:223-227.

- Marinone, S. G. y P. Ripa, 1988. Geostrophic flow in the Guaymas Basin, central Gulf of California. *Continental Shelf Research*, 8(2):159-166.
- McCave, I. E., 1979. Suspended material over the central Oregon continental shelf in May 1974: I, concentrations of organic and inorganic components. *Journal of Sedimentary Petrology*, 49(4):1181-1194
- McGowan, J. A., 1983. El Niño and biological production in the California Current. *Trop. Oc., Atm. Newsletter*, 21:22.
- Moreno Hentz, P. E., 1982. Parámetros sedimentológicos de varvas marinas en el Golfo de California y su relación con variaciones climáticas recientes. Tesis de Licenciatura. Univ. Aut. Baja California. 105 pp.
- Nelsen, T. A., 1981. The application of Q-mode factor analysis to suspended particulate matter studies: examples from the New York Bight Apex. *Marine Geology*, 39:15-31.
- Peterson, R. E., 1977. A study of suspended particulate matter: Arctic Ocean and Northern Oregon and Washington. Ph. D. Thesis, Oregon State Univ. Oregon, U.S.A. 122 pp.
- Pielou, E. C., 1984. The interpretation of ecological data. John Wiley, Nueva York. 263 pp.
- Richardson, M. J., 1987. Particle size, Light scattering and composition of suspended particulate matter in the North Atlantic. *Deep-Sea Research*, 34(8)1301-1329.
- Robles, J. M. y S. G. Marinone, 1987. Seasonal and interannual thermo-haline variability in the Guaymas Basin in the Gulf of California. *Continental Shelf Research*, 7(7):715-733.
- Roden, G. I., 1964. Oceanographic aspects of the Gulf of California. En: *Marine Geology of the Gulf of California* (Tj. H. Van Andel y G. G. Shor, editores). A.A.P.G., memoir 3.
- Roden, G. I. y G. W. Groves, 1959. Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. *Journal of Marine Research*, 18(1):10-35.

- Simonsen, R., 1974. The diatom plankton of the Indian Ocean Expedition of RV "Meteor" 1964-1965. "Meteor" Forschungsergeb., Tomo D. 19:1-65.
- Simpson, W. R., 1982. Particulate matter in the oceans: Sampling methods, concentration, size distribution and particle dynamics. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 20:119-172.
- Valdéz-Holguín, J. E. y J. R. Lara-Lara, 1987. Primary productivity in the Gulf of California: effects of "El Niño" 1982-1983 event. Ciencias Marinas, 13(2):34-50.
- Winant, C. D., A. Badan-Dangon y J. Candela, 1985. Spatial distribution of lower atmospheric variables over the Gulf of California. Scripps Inst. Oceanogr., Reporte de Datos, volumen 2, verano de 1983. SIO Ref. #85-11, 303 pp.
- Zaneveld, J. R. V. y H. Pak, 198 . Optical and particulate properties at oceanic fronts. Journal of Geophysical Research, 84(c12):7781-7790.
- Zaneveld, J. R. V., 1973. Variation of optical sea parameters with depth. En: Optics of the Sea Interface and inwater transmission and imagery), NATO, Lecture Series, 61:2.3-1 a 2.3-22
- Zeitzschel, B, 1970. The quantity, composition and distribution of suspended particulate matter in the Gulf of California. Marine Biology, 7:305-318.

APENDICE A. TABLAS DE POSICIONES DE ESTACIONES

Posiciones de las estaciones correspondientes al muestreo de marzo de 1983. Los asteriscos marcan las estaciones donde se muestreó fluorescencia vertical. La profundidad al fondo está dada en metros. Hora local.

GOLFO DE CALIFORNIA, MARZO DE 1983

FECHA	ESTAC	LATITUD	LONGITUD	PROF	HORA
110383	14	24· 52.7`	108· 22.9`	55	22:43
120383	20	24· 08.9`	109· 28.7`	1360	21:13
130383	23*				11:54
130383	26*	25· 04.7`	109· 39.3`	1500	22:04
140383	29*	25· 20.0`	109· 14.8`	97	06:26
140383	35*	25· 52.8`	109· 56.9`	1340	22:20
150383	38	25· 25.4`	110· 37.1`	900	10:00
150383	41	26· 17.2`	110· 54.9`	1100	23:10
160383	47*	26· 47.9`	110· 04.9`	57	19:20
170383	49*	27· 22.3`	110· 46.2`	890	04:24
170383	51*	27· 10.6`	111· 04.2`	1740	16:02
180383	53	26· 58.7`	111· 30.2`	1850	02:35
180383	56*	27· 20.8`	111· 43.3`	156	15:30
190383	58*	27· 37.0`	111· 16.6`	920	02:25
190383	59*				16:30
190383	60*	27· 46.8`	111· 00.1`	440	19:39
200383	62*	28· 07.7`	111· 22.8`	107	01:32
200383	63*			370	03:30
200383	64*	26· 57.0`	111· 35.3`	580	17:00
210383	66*	27· 41.7`	112· 05.0`	1450	04:22
210383	68*				14:40
210383	70*	28· 07.7`	112· 15.8`	780	22:55
220383	72*	28· 19.0`	111· 59.4`	500	06:30
220383	76*	28· 34.9`	112· 27.1`	300	16:02
220383	78*			550	22:19

Posiciones de las estaciones del muestreo de octubre de 1983. Profundidades en metros.

GOLFO DE CALIFORNIA, OCTUBRE DE 1983

FECHA	EST	LATITUD	LONGITUD	PROF	HORA
181083	42	23· 58.1`	108· 09.1`	630	19:50
181083	41	24· 09.1`	107· 50.9`	60	16:12
161083	40	25· 21.0`	109· 13.2`	95	04:01
161083	39	25· 15.4`	109· 20.7`	1900	02:05
151083	38	25· 06.3`	109· 33.4`	2080	23:20
151083	37	24· 55.0`	109· 50.0`	1560	20:12
151083	36	24· 46.0`	110· 04.5`	1040	16:35
151083	35	24· 37.3`	110· 14.6`	660	13:25
151083	34	26· 12.0`	111· 05.6`	310	01:15
141083	33	26· 15.6`	110· 57.0`	1050	22:54
141083	32	26· 23.1`	110· 44.0`	2720	20:15
141083	31	26· 31.5`	110· 30.5`	650	17:02
141083	30	26· 41.5`	110· 13.8`	1010	14:00
141083	29	26· 46.0`	110· 08.0`	660	12:01
141083	28	27· 26.8`	110· 41.7`	360	05:49
141083	27	27· 21.0`	110· 46.9`	1100	03:46
141083	26	27· 11.7`	111· 05.5`	1680	01:03
131083	25	27· 03.0`	111· 17.2`	1785	22:52
131083	24	26· 57.3`	111· 27.2`	2025	19:52
131083	23	26· 49.1`	111· 39.3`	610	16:57
131083	22	27· 13.0`	111· 58.7`	295	13:33
131083	21	27· 20.3`	111· 44.7`	1536	10:48
131083	20	27· 27.7`	111· 30.5`	1845	08:07
131083	19	27· 36.0`	111· 16.0`	900	04:47
131083	18	27· 42.8`	111· 08.0`	660	02:20
121083	17	27· 48.6`	110· 58.5`	320	21:42
121083	16	28· 01.7`	111· 31.8`	390	17:07
121083	15	27· 58.7`	111· 40.2`	510	14:33
121083	14	27· 48.8`	111· 50.5`	890	11:15
121083	13	27· 44.5`	112· 00.3`	1515	08:12
121083	12	27· 34.5`	112· 10.4`	980	05:03
111083	11	28· 03.3`	112· 26.0`	1000	22:35
111083	9	28· 10.5`	112· 14.2`	780	19:46
111083	8A	28· 14.9`	112· 03.2`	180	16:25
111083	7	28· 40.0`	112· 19.1`	180	10:38
111083	4	28· 35.1`	112· 29.9`	310	08:00
111083	3	28· 29.0`	112· 37.0`	355	05:37
111083	2	28· 26.0`	112· 43.0`	530	03:25
111083	5	28· 40.0`	112· 19.1`	180	10:38
111083	1	28· 22.0`	112· 48.0`	140	01:42

Posiciones de las estaciones del muestreo de marzo-abril de 1984 (840304). Profundidades en metros.

GOLFO DE CALIFORNIA, MARZO-ABRIL DE 1984

FECHA	ESTAC	LATITUD	LONGITUD	PROF	HORA
230384	40	28. 28.6`	112. 20.2`	250	10:42
230384	41	28. 43.0`	112. 27.6`	490	12:58
230384	43	28. 36.0`	112. 37.2`	530	18:21
230384	45	28. 30.5`	112. 47.5`	640	23:17
240384	47	28. 02.1`	112. 37.9`	97	06:11
240384	48	28. 06.9`	112. 33.2`	440	07:33
240384	49	28. 10.3`	112. 24.0`	490	12:00
240384	50	28. 16.6`	112. 11.7`	480	15:14
240384	51	28. 21.2`	112. 03.4`	160	18:10
250384	54	28. 04.8`	111. 28.4`	270	01:24
250384	56	28. 02.7`	111. 33.0`	400	07:02
250384	57	28. 00.5`	111. 36.9`	530	09:35
250384	59	27. 50.8`	111. 59.9`	1400	18:06
250384	60	27. 43.5`	112. 14.1`	1220	20:40
260384	61	27. 38.1`	112. 21.9`	602	00:00
260384	62	27. 14.1`	111. 57.1`	760	04:54
260384	63	27. 18.8`	111. 50.5`	1520	08:46
260384	64	27. 23.2`	111. 41.0`	1845	17:34
260384	65	27. 22.4`	111. 32.5`	2105	13:51
260384	66	27. 35.0`	111. 19.5`	1150	22:00
270384	67	27. 37.7`	111. 12.7`	940	02:18
270384	68	27. 41.1`	111. 04.8`	585	05:13
270384	69	27. 43.2`	111. 00.7`	520	06:30
270384	70	27. 47.9`	110. 51.7`	75	10:55
270384	71	27. 34.3`	110. 44.3`	74	16:11
270384	72	27. 21.2`	110. 39.8`	287	18:14
270384	73	27. 19.1`	110. 44.3`	1120	19:50
270384	74	27. 16.2`	110. 50.6`	1100	23:47
280384	75	27. 12.4`	110. 55.9`	1600	03:17
280384	76	27. 07.1`	111. 02.4`	1680	06:49
280384	77	27. 01.6`	111. 15.3`	1600	10:58
280384	78	26. 56.7`	111. 24.4`	1980	15:09
280384	79	26. 56.2`	111. 33.5`		18:43
280384	80	26. 51.5`	111. 39.6`	675	22:54
300384	81	26. 26.5`	111. 20.4`	470	05:17
300384	82	26. 32.9`	111. 07.5`	1190	07:35
300384	83	26. 43.3`	110. 45.4`	1600	13:58
300384	84	26. 54.1`	110. 26.5`	1090	18:30
310384	86	26. 57.2`	110. 18.2`	87	00:46
310384	90	26. 31.0`	109. 59.5`	600	08:38
310384	93	25. 39.2`	110. 39.9`	595	18:51
310384	94	25. 44.4`	110. 29.5`	1400	22:28
010484	95	25. 50.9`	110. 13.7`	1750	03:21
010484	96	25. 56.7`	109. 51.8`	920	07:40
010484	97	26. 05.0`	109. 43.7`	315	12:15

Posiciones de estaciones del muestreo de marzo-abril de
1984 (840304). (Continuación)

GOLFO DE CALIFORNIA, MARZO-ABRIL DE 1984

FECHA	EST	LATITUD	LONGITUD	PROF	HORA
010484	101	26. 09.8`	109. 35.3`	90	19:22
020484	103	25. 35.4`	109. 38.4`	830	02:34
030484	107	24. 46.0`	110. 08.2`	960	04:41
030484	108	24. 52.4`	109. 53.7`	1550	08:20
030484	109	24. 59.9`	109. 38.1`	1600	13:49
030484	110	25. 09.0`	109. 20.5`	1860	17:45
030484	111	25. 14.6`	109. 09.1`	690	20:19
040484	115	24. 52.6`	108. 45.7`	207	06:02
050484	119	23. 59.0`	109. 34.1`	1360	05:45
050484	120	24. 03.6`	109. 21.1`	1380	08:29
050484	121	24. 09.1`	109. 05.6`	2480	13:26
050484	122	24. 17.1`	108. 48.2`	1770	16:42
050484	123	24. 27.7`	108. 30.0`	1350	20:45
060484	124	24. 32.9`	108. 17.9`	900	00:50
060484	125	24. 37.6`	108. 10.9`	530	03:02
060484	126	24. 02.0`	107. 33.2`	60	15:14
060484	127	23. 57.1`	107. 42.5`	180	17:03
060484	128	23. 53.4`	107. 53.2`	800	19:46
060484	129	23. 47.6`	108. 03.1`	1175	22:56
070484	130	23. 36.4`	108. 23.9`	2400	04:37
070484	131	23. 27.6`	108. 41.7`	1850	09:18
070484	132	23. 18.9`	108. 58.3`	2700	13:29
070484	133	23. 12.0`	109. 12.0`	2400	17:08
070484	134	23. 06.8`	109. 20.7`	1025	19:23

Posiciones de las estaciones del muestreo de noviembre-diciembre de 1984. Profundidades en metros.

GOLFO DE CALIFORNIA, NOVIEMBRE-DICIEMBRE 1984

FECHA	EST	LATITUD	LONGITUD	PROF	HORA
261184	34	25. 30.9`	109. 43.4`		05:12
261184	35	25. 34.3`	109. 36.5`	785	08:32
281184	49	26. 29.7`	109. 57.0`	540	12:10
281184	47	26. 14.4`	110. 28.6`	2400	19:24
291184	57	26. 24.1`	111. 18.2`	450	07:37
291184	56	26. 31.5`	111. 05.4`	1280	11:05
291184	55	26. 36.8`	110. 44.3`	1550	16:00
291184	54	26. 51.3`	110. 26.5`	1200	20:46
301184	64	27. 14.2`	110. 48.6`	960	06:17
011284	63	27. 11.5`	110. 55.6`	1340	01:11
011284	62	27. 08.0`	111. 02.8`	1700	04:01
011284	61	27. 03.6`	111. 15.6`	1650	07:16
011284	60	26. 57.4`	111. 24.2`	1900	09:56
011284	59	26. 53.9`	111. 31.2`	1150	17:00
011284	58	26. 50.9`	111. 37.8`	700	19:39
011284	76	27. 13.8`	111. 59.2`	585	23:42
021284	75	27. 18.7`	111. 50.9`	1530	03:52
021284	74	27. 22.0`	111. 42.1`	1600	06:44
021284	73	27. 25.7`	111. 34.6`	1860	10:42
021284	72	27. 34.5`	111. 14.5`	970	15:10
021284	71	27. 38.0`	111. 11.3`	920	19:02
021284	70	27. 40.7`	111. 05.3`	600	22:38
031284	69	27. 42.7`	111. 00.5`	505	01:16
031284	77	27. 38.4`	112. 23.8`	317	21:54
031284	68	27. 46.8`	110. 55.4`	270	03:03
041284	78	27. 43.1`	112. 12.6`	1330	01:06
041284	79	27. 50.6`	111. 55.0`	1280	05:15
041284	80	27. 55.5`	111. 44.6`	530	07:59
041284	81	27. 59.0`	111. 34.3`	560	13:11
041284	82	28. 02.5`	111. 31.7`		15:17
041284	83	28. 04.8`	111. 27.8`		17:40
051284	86	28. 21.3`	112. 04.9`	220	00:26
051284	87	28. 16.8`	112. 11.6`	480	02:47
051284	88	28. 12.2`	112. 23.4`	560	06:45
051284	89			458	08:27

Posiciones de las estaciones del muestreo de marzo-abril de 1985. Profundidades en metros.

GOLFO DE CALIFORNIA, MARZO-ABRIL DE 1985

FECHA	ESTAC	LATITUD	LONGITUD	PROF	HORA
020485	38-15	28. 54.8`	113. 13.4`	1200	11:01
030485	44-20	28. 30.9`	112. 49.7`	450	20:34
040485	44-30	28. 43.9`	112. 28.0`	387	07:21
040485	50-35	28. 21.6`	112. 02.9`	110	19:18
050485	50-25	28. 13.6`	112. 21.9`	816	00:27
050485	56-20	27. 41.6`	112. 13.8`	1100	12:09
050485	56-30	27. 51.2`	111. 54.7`	1270	16:52
050485	56-40	29. 01.9`	111. 38.2`	500	21:34
060485	53-45	28. 14.2`	111. 28.1`	55	00:13
060485	56-45	28. 05.1`	111. 26.8`	259	02:04
060485	62-50	27. 43.3`	111. 00.9`	505	11:00
070485	62-45	27. 39.2`	111. 10.4`	860	00:05
070485	62-35	27. 29.6`	111. 28.6`	1870	04:41
070485	62-25	27. 19.9`	111. 47.2`	1570	12:06
080485	68-25	26. 54.3`	111. 30.0`	1290	07:34
080485	68-35	27. 03.8`	111. 11.6`	1805	13:34
080485	68-45	27. 13.1`	110. 53.0`	1530	18:48
080485	68-50	27. 19.2`	111. 30.0`	1140	23:17
090485	74-55	26. 56.0`	110. 17.0`	87	11:43
090485	74-45	26. 51.9`	110. 27.3`	1445	15:57

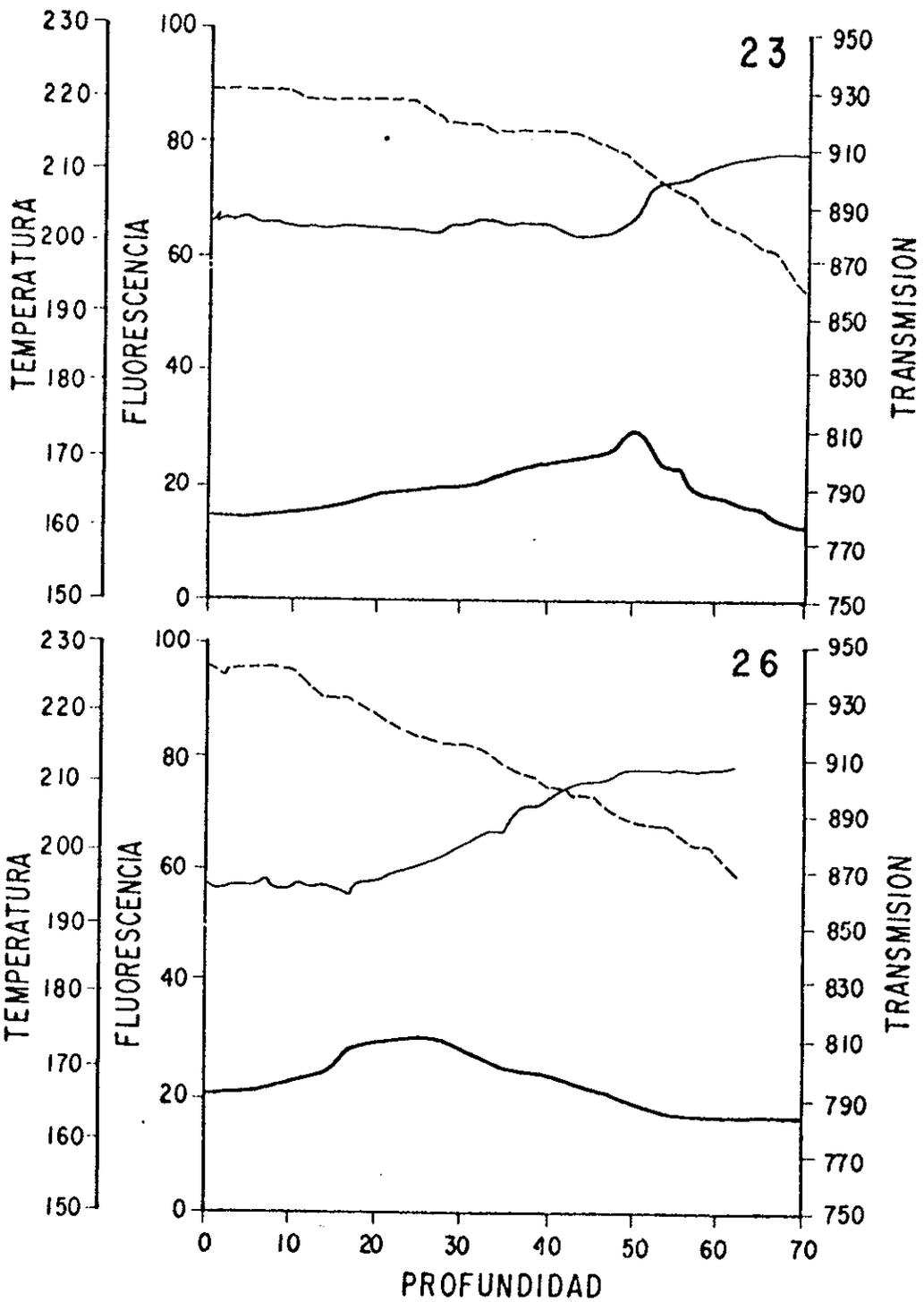
APENDICE B. PERFILES VERTICALES DE FLUORESCENCIA, TRANSMISION
Y TEMPERATURA PARA MARZO DE 1983.

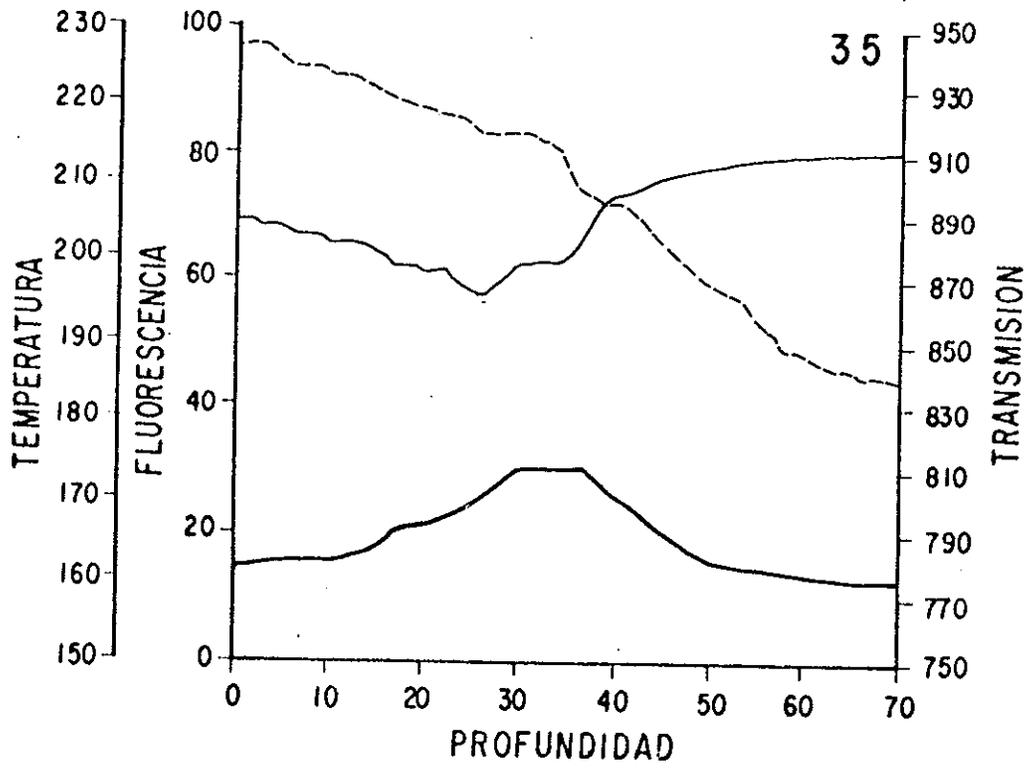
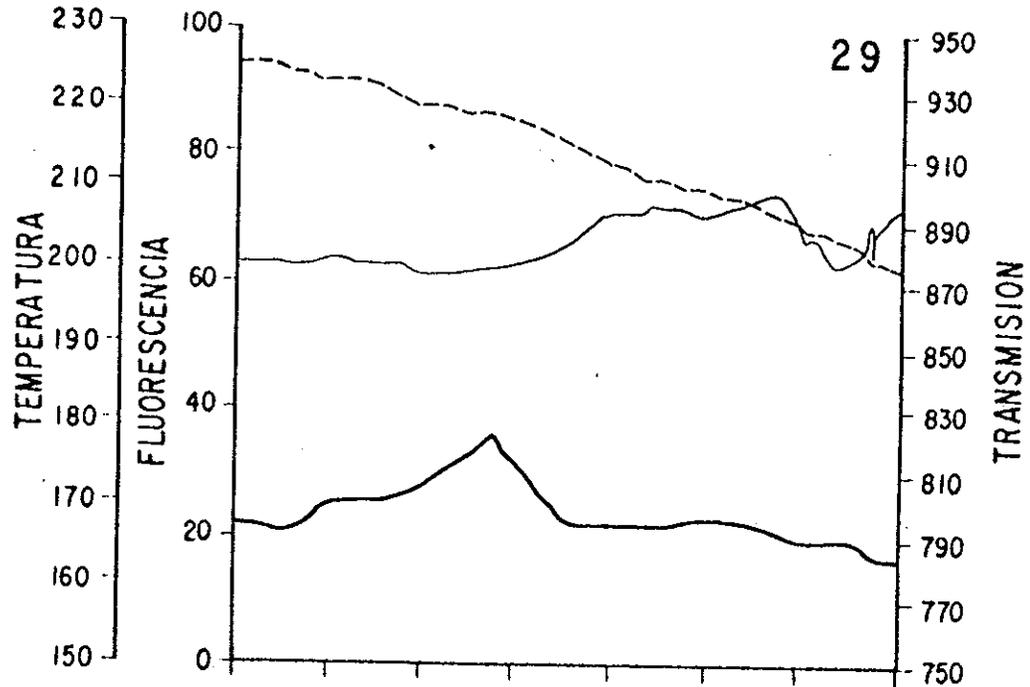
Valores de Fluorescencia (línea gruesa), milivolts.

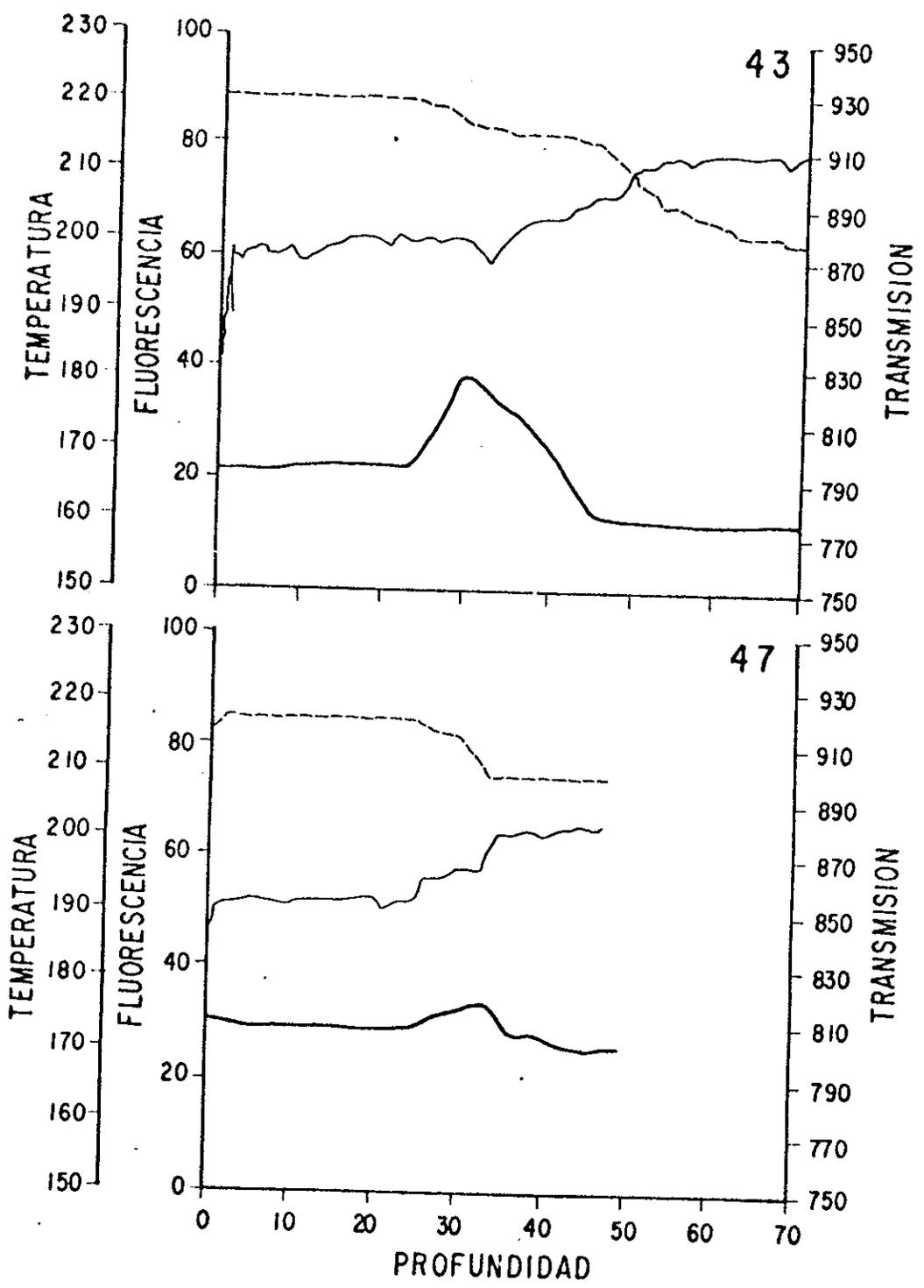
Valores de Temperatura (línea punteada), °C.

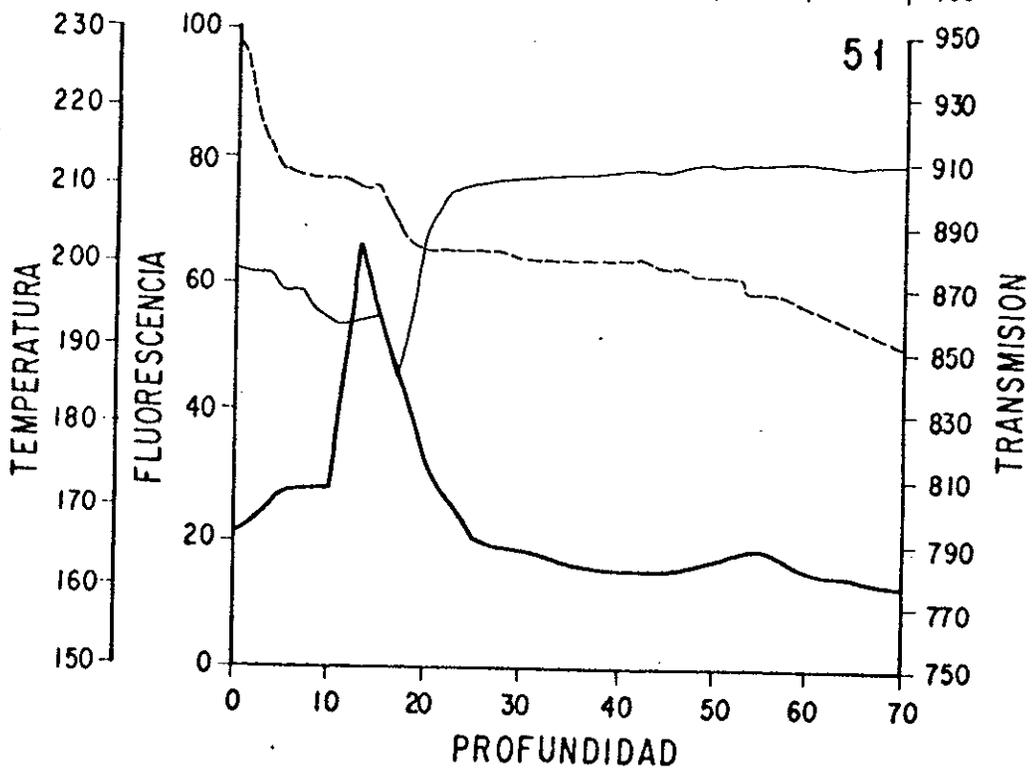
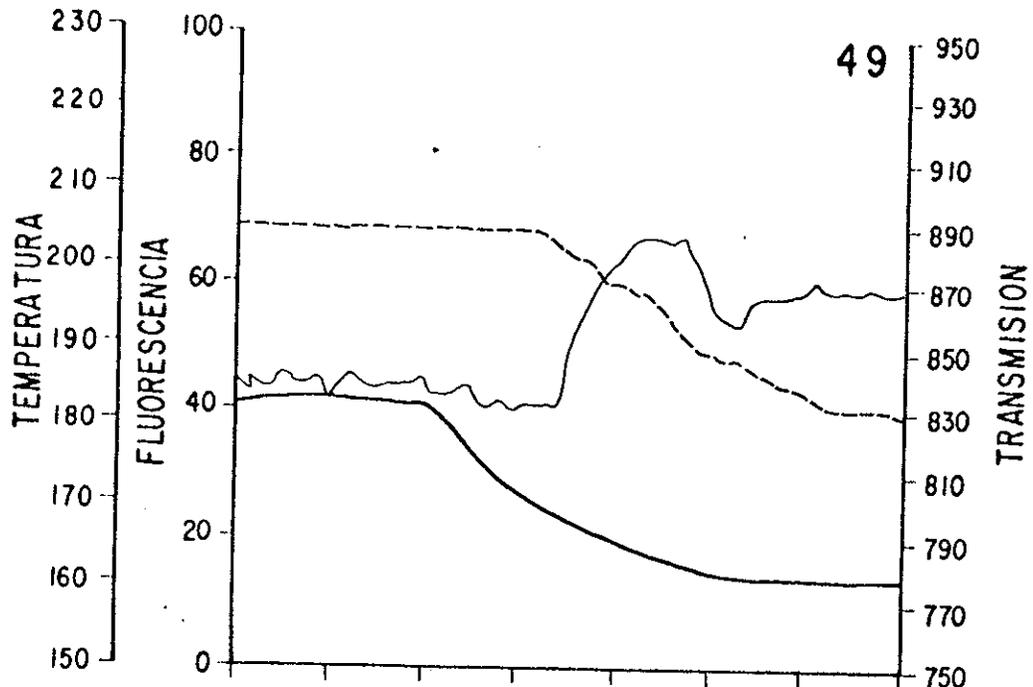
Valores de Transmisión (línea delgada), porciento.

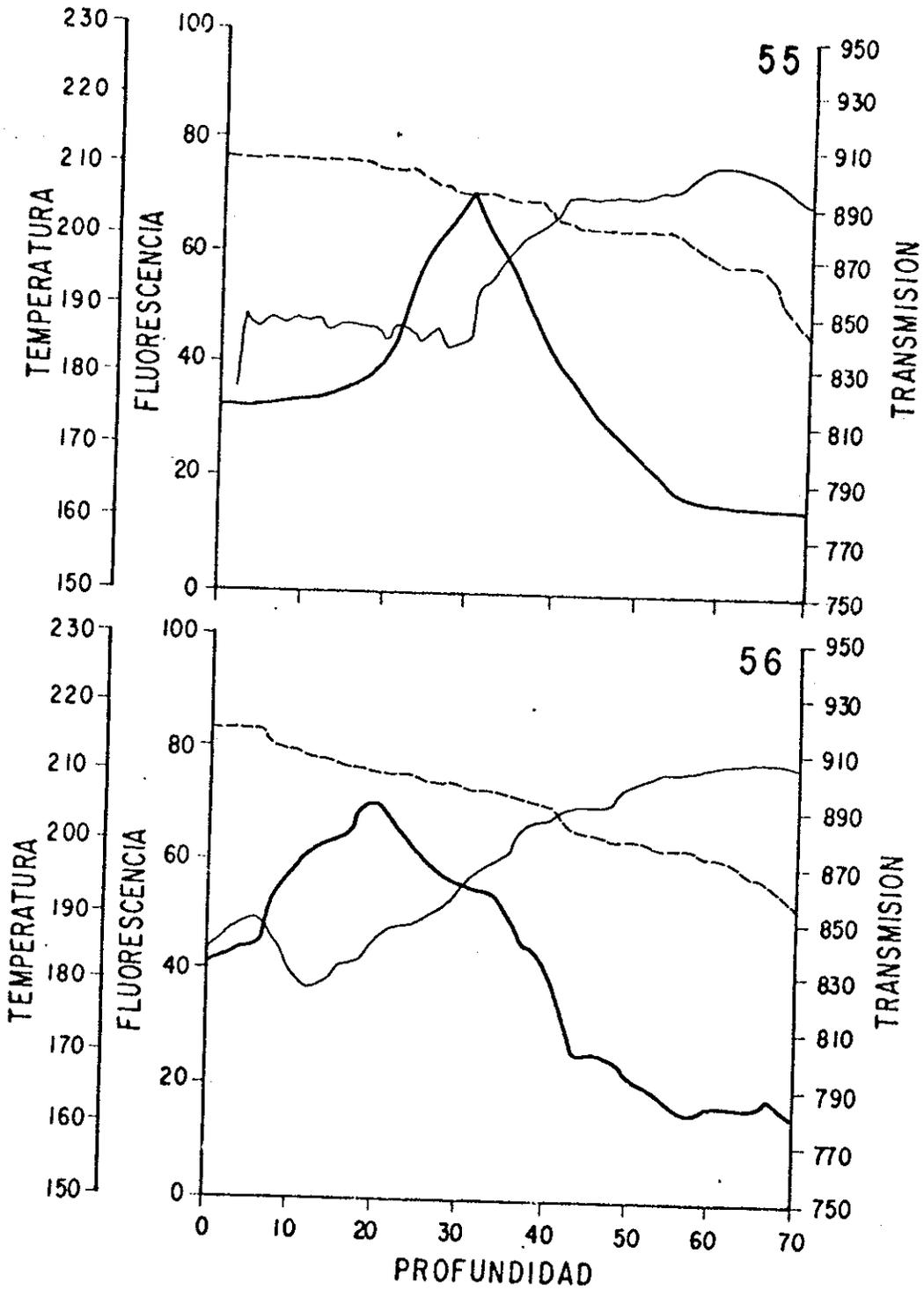
Número en la gráfica corresponde a número de estación

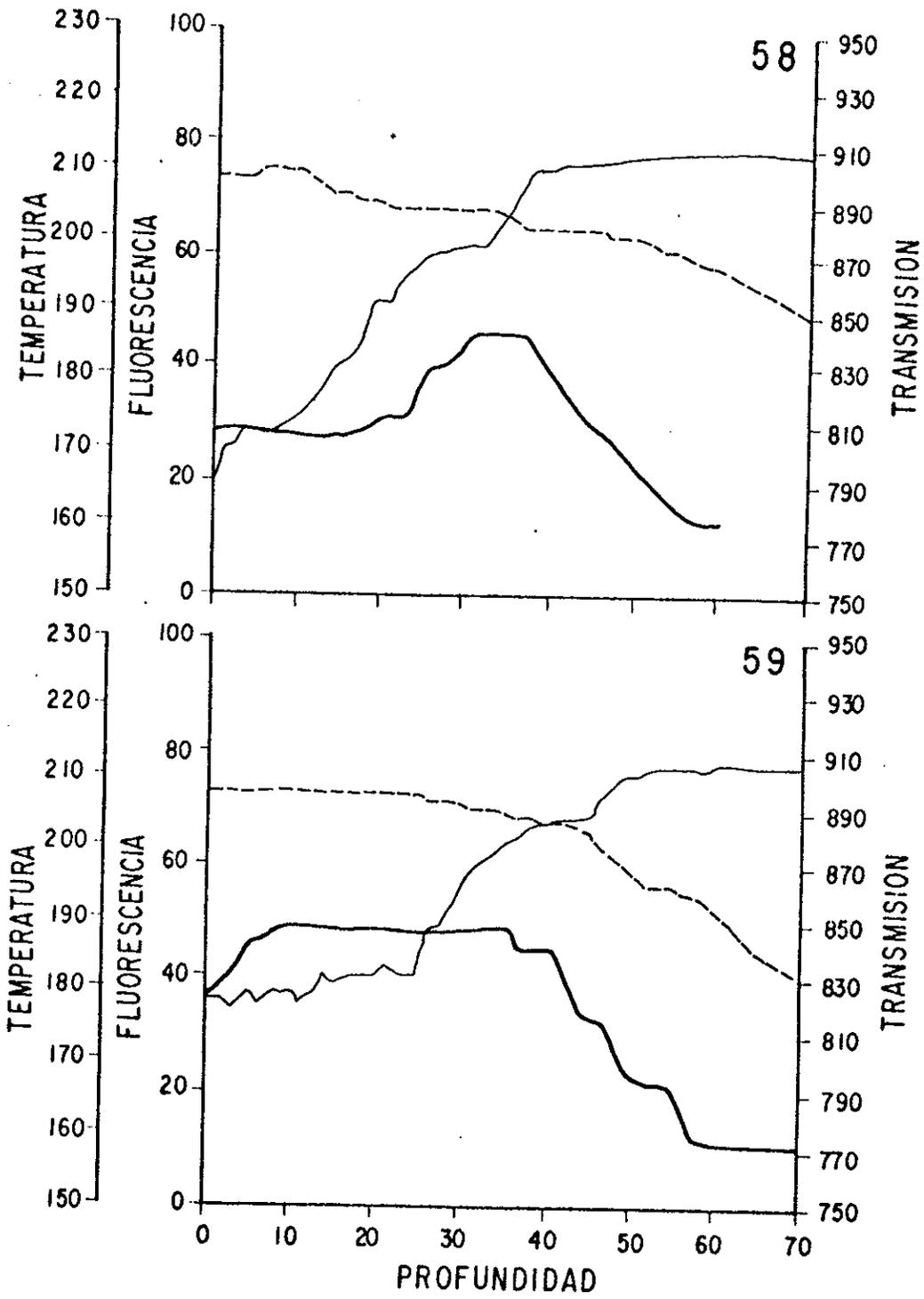


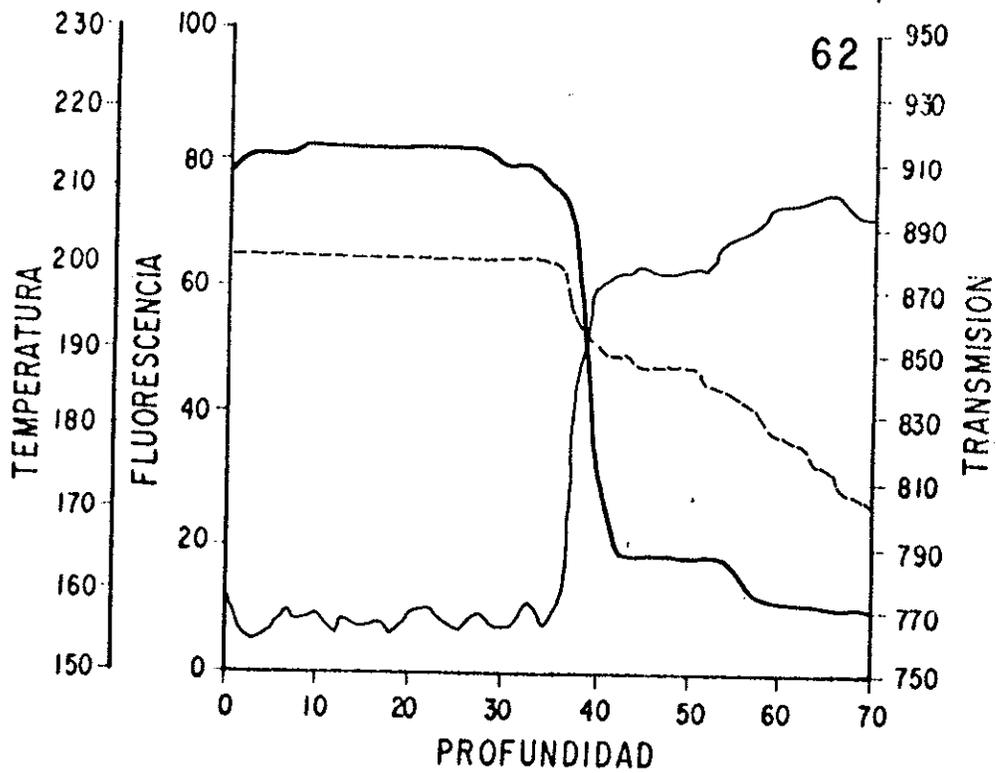
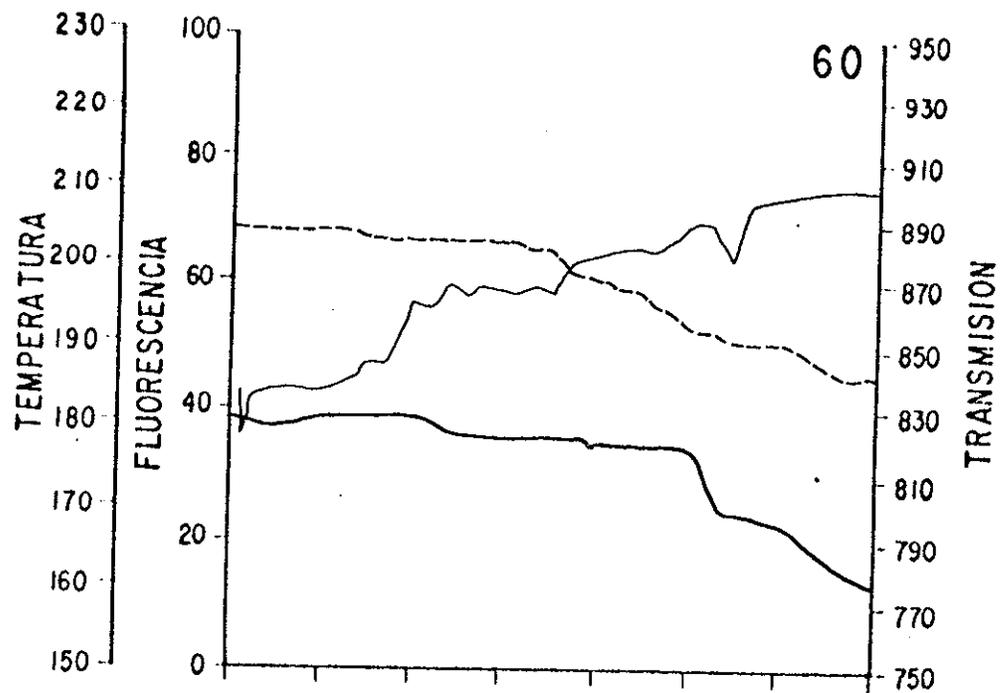


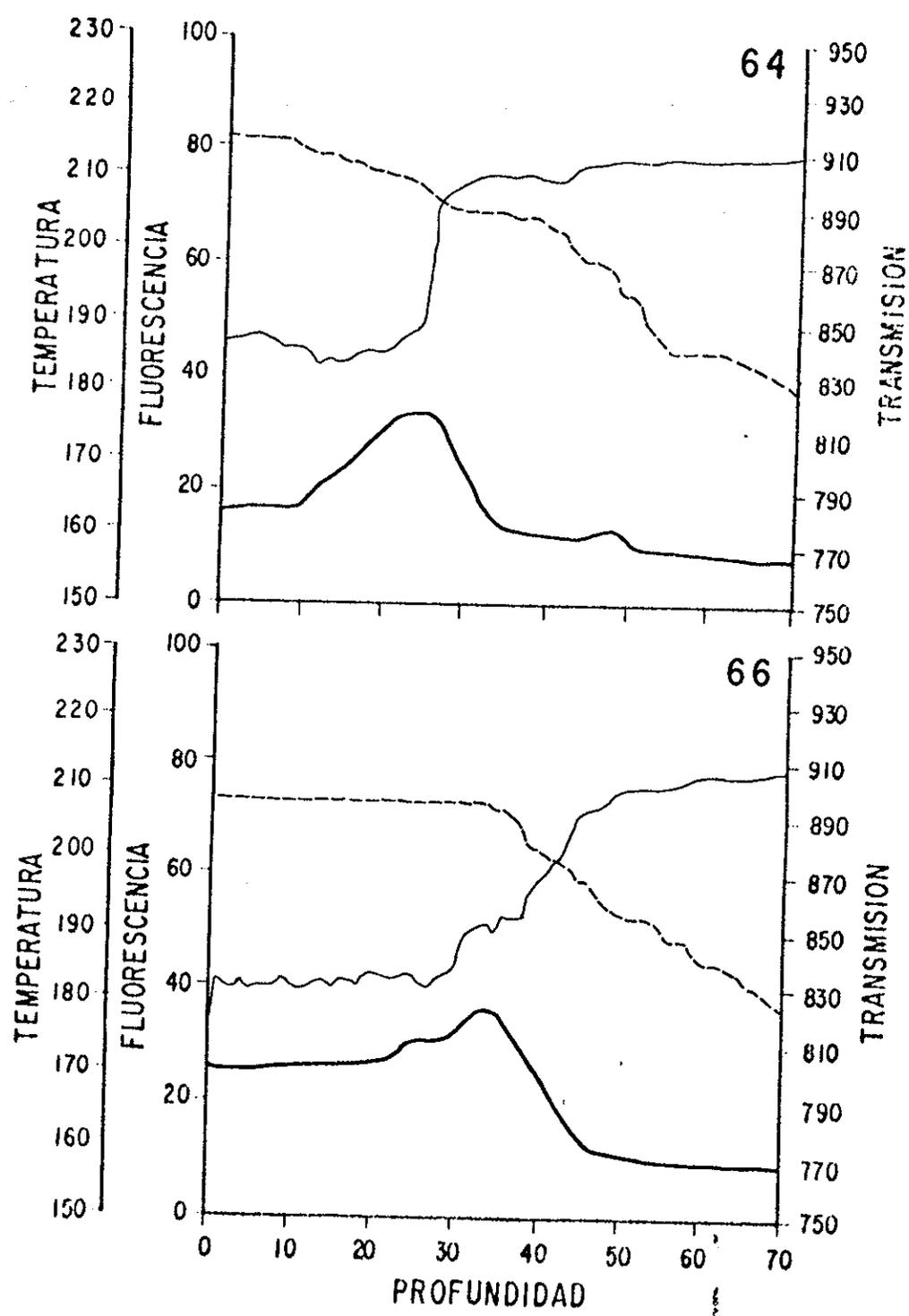


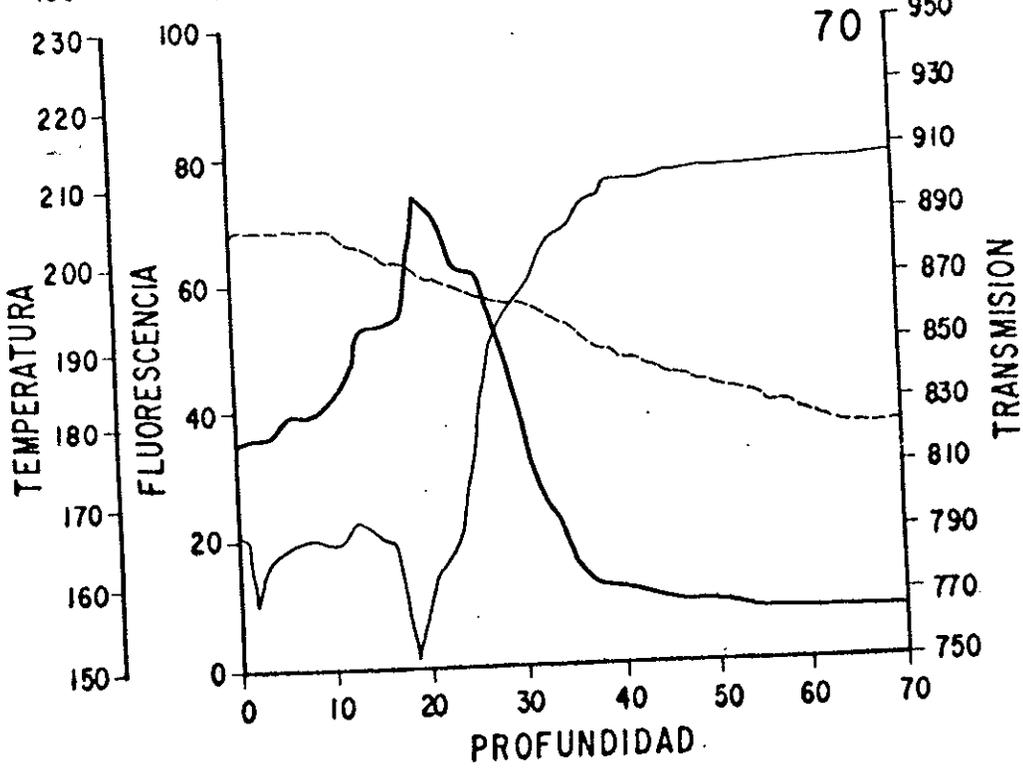
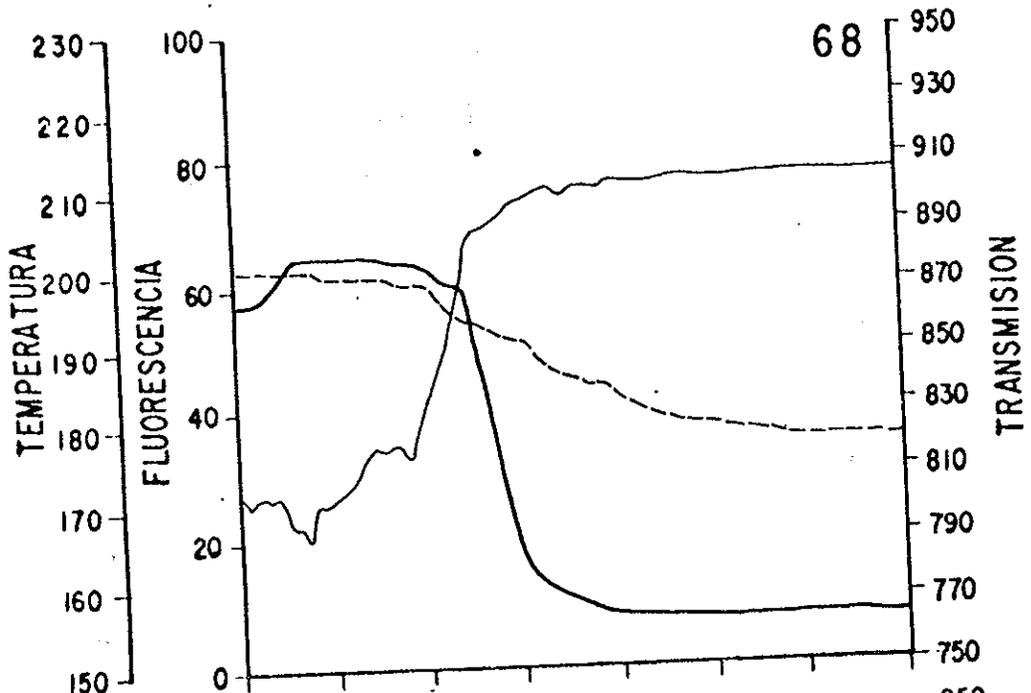


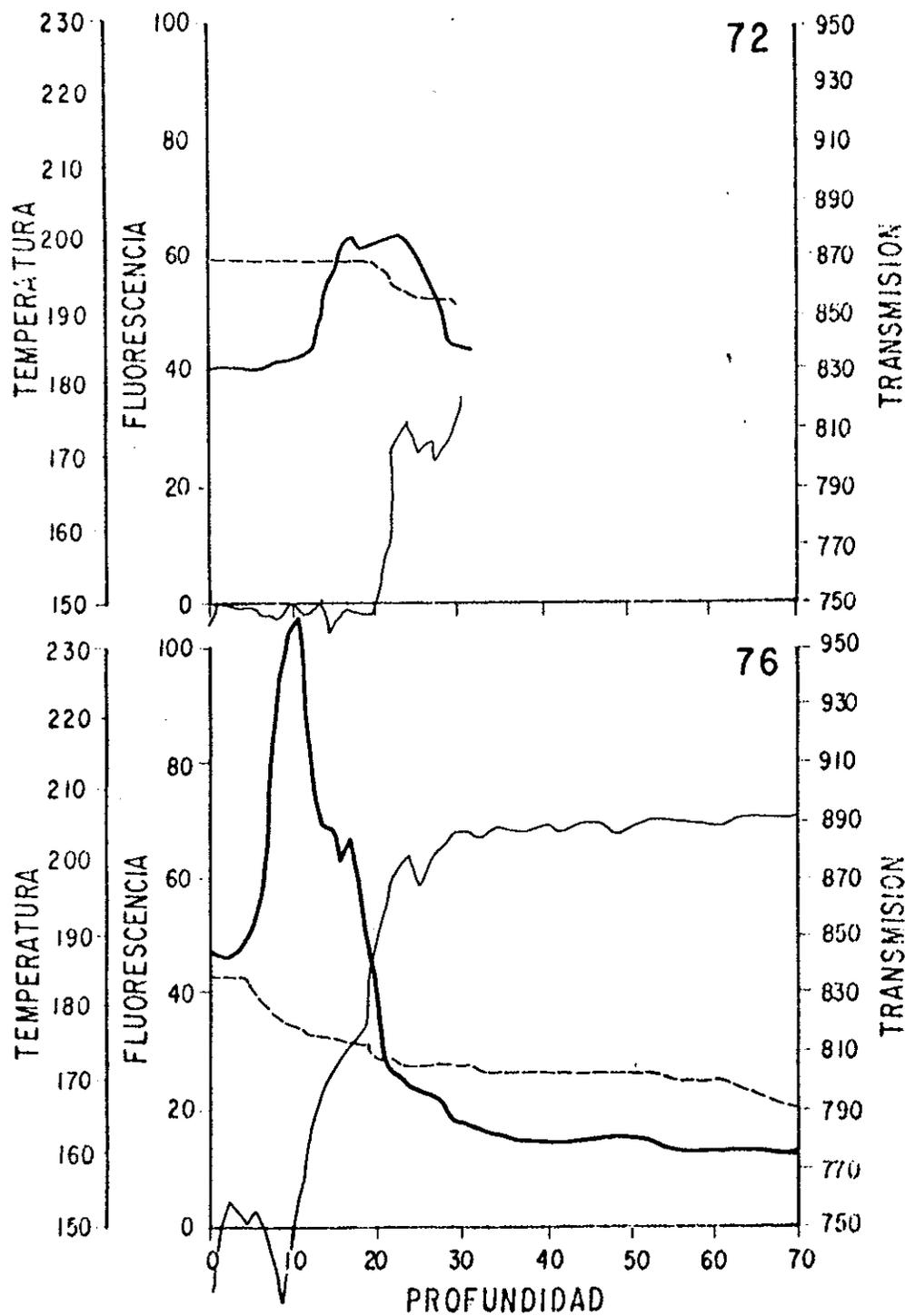


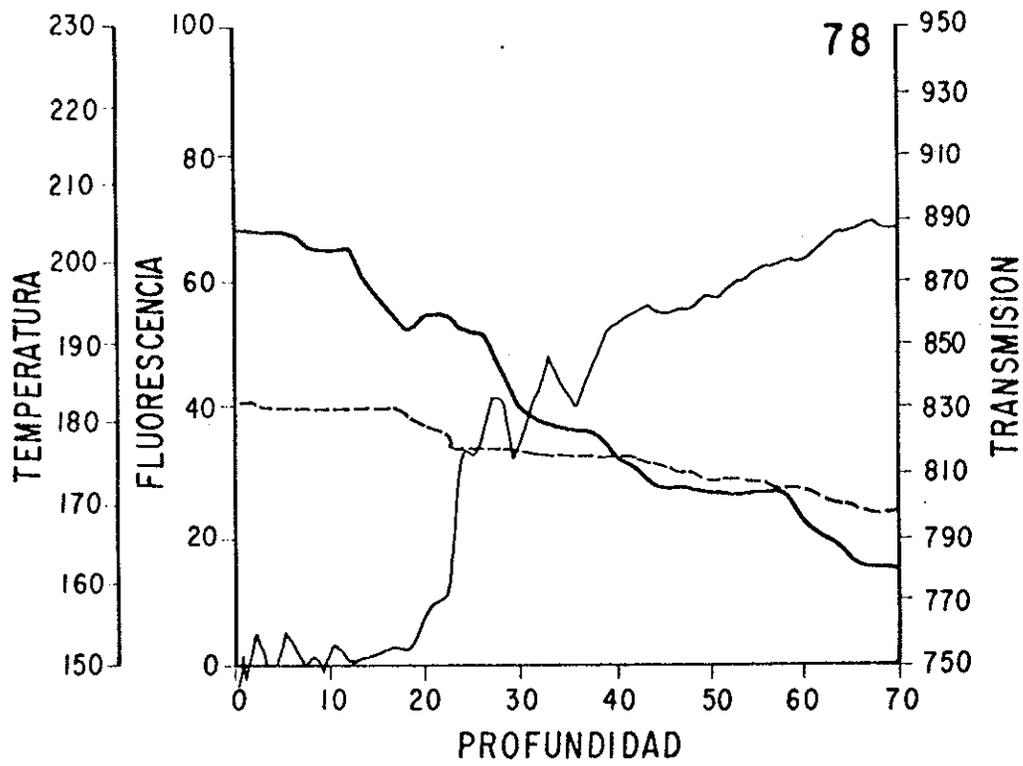












APENDICE C. COMPOSICION NUMERICA Y RELATIVA DE LAS VARIABLES
DEL MST.

Tabla I Abundancias de componentes de MSF en numero por litro. Promedio entre 12 y 30 metros. Crucero de Marzo de 1983.

Estacion	Cadenas Centrales	Centrales		Pennisas	Agregados	Fecales	Amorfos	Octatis	Dinofla- gelados		Minerales	
		< 24	> 24						< 24	> 24		
14	612	0	3486	429	145	148	0	812	197	378	8366	536
20	2826	0	4452	1108	1055	189	144	619	46	146	7017	97
26	5157	0	12086	528	760	403	0	600	172	436	2398	357
29	2144	228	5661	455	273	319	91	866	273	502	7305	730
35	1282	0	9384	228	320	90	0	227	136	595	28101	870
38	1049	0	7636	411	228	0	0	912	0	411	4574	868
41	1391	0	5377	93	371	92	0	508	139	324	7545	461
47	2831	270	1821	600	671	136	451	2826	1091	720	5327	591
49	2099	656	3836	1358	92	560	140	1216	1029	234	9026	609
51	850	178	4579	362	268	45	180	1130	1032	716	6914	677
53	3616	90	5360	4400	231	726	452	1234	728	774	6296	229
56	4782	150	4006	1025	682	522	50	1901	1146	475	2411	301
58	1443	90	2752	225	0	45	271	1127	1038	496	3523	496
60	1519	0	9379	951	93	279	968	643	2365	378	5512	279
62	3007	175	4115	5234	86	790	0	1408	262	336	2228	222
64	1826	189	5658	1149	241	46	92	943	762	1161	9632	187
66	1827	203	6173	1191	109	95	573	973	1444	574	9145	912
70	2835	148	3239	2066	134	652	551	1349	1458	199	2307	536
72	4235	541	3682	3740	197	1269	823	4304	396	597	2759	347
76	2952	1038	1936	10175	107	677	644	904	608	420	3506	456
78	6579	2898	3002	6356	86	2412	921	1266	1226	750	3167	66

Tabla II Abundancias de los componentes del MSI en número por litro. Promedio entre 0 y 30 metros. Crucero de Octubre de 1983.

Estacion	Cadenas Centrales		Cadenas Pennadas		Centrales < 24		Centrales > 24		Rhyzo-		Pennadas Agregadas		Octatis		Dinofla-		Minerales	
	Centrales	Pennadas	Centrales	Pennadas	< 24	> 24	< 24	> 24	solenia	amorfos	amorfos	gelados	< 24	> 24	gelados	< 24	> 24	Minerales
1	13031	3426	14124	2885	316	1466	142	599	284	723	13985	1074						
3	9151	1617	17098	2433	39	1800	404	1303	119	225	13055	1027						
5	7132	1144	10391	2080	367	853	82	365	124	244	3396	935						
7	1999	593	9661	1017	124	912	41	485	117	158	5994	2273						
9	10087	2604	13114	2990	258	1865	221	552	131	86	7608	0						
11	152	0	3226	38	0	383	0	328	0	38	2074	230						
13	210	0	3293	168	0	295	42	126	0	84	9175	593						
15	15989	1241	4213	2255	607	845	86	470	130	298	3790	482						
17	7241	252	10932	857	106	806	0	255	42	253	4079	296						
19	1729	41	9134	275	137	900	0	254	0	213	5817	314						
21	249	0	748	41	41	498	41	41	0	83	3451	41						
23	236	0	522	40	81	284	0	40	0	119	2972	117						
25	1106	155	2590	185	189	310	39	315	0	119	5724	37						
27	743	231	2788	387	0	649	0	929	0	0	3206	0						
29	192	0	813	387	0	233	154	38	38	38	24931	309						
31	212	0	2442	84	42	337	0	122	0	0	7776	540						
33	164	0	400	98	98	0	0	253	0	0	1866	87						
35	365	54	1178	0	0	108	0	0	0	54	9212	287						
37	1097	264	1778	151	264	603	37	453	0	264	4202	113						
39	928	246	1979	197	94	588	49	541	98	94	3226	49						
41	0	0	527	0	0	0	0	87	0	0	3338	263						

Tabla III Abundancias de componentes de MST en numero por litro. Promedio entre 0 y 75 metros. Crucero de Marzo-Abril de 1984.

Estacion	Cadenas Centrales		Cadenas Centrales		Pennadas Agregadas		Rhyzo-		Pennadas Agregadas		Octatis Dinofle-		Minerales	
	Cadenas Centrales	Pennadas	< 24	> 24	solentia	Fecales	Ahorfos	gelados	< 24	> 24	Minerales	< 24	> 24	
41	1842	276	896	946	22	386	0	275	213	119	5220	1740		
43	197	50	1108	650	0	631	15	105	213	75	2816	2158		
45	0	50	1525	28	0	194	0	167	168	0	9935	615		
50	1677	676	3590	4607	218	2292	36	101	218	43	10991	749		
56	1731	1894	6186	24282	147	8552	36	368	699	294	5592	1840		
58	3263	1378	27547	13304	80	9483	0	241	1083	323	6304	604		
60	1216	636	5504	5908	87	6871	41	449	911	545	3695	1211		
63	3799	1151	4522	1615	478	3917	82	422	309	135	5255	557		
65	2015	1767	15867	21434	246	10888	0	99	345	881	1531	690		
67	1322	850	3016	1465	462	2124	190	724	314	336	6159	524		
69	993	1437	4377	6548	139	7053	32	171	525	426	2636	1174		
73	7044	931	1372	1510	1818	2200	0	617	284	265	2404	1904		
75	939	1250	4715	3396	257	5614	85	1413	514	0	4629	1714		
77	2038	454	4213	2505	4412	4509	342	1048	501	491	4725	671		
79	30587	189	1351	901	367	88	100	144	89	807	683	428		
82	3078	1843	7106	754	2384	7247	553	664	746	186	10948	812		
83	3103	1828	4945	836	904	5364	110	548	27	0	9964	1078		
84	7893	1802	4421	1043	1840	4703	0	2333	831	194	7572	1290		
94	353	25	333	131	251	419	0	365	70	51	21569	1286		
96	2874	258	464	426	2408	736	68	793	23	243	3200	1492		
107	2557	418	1069	589	5085	1177	0	417	325	279	8852	759		
109	1618	0	231	161	2782	992	0	500	0	23	4470	880		
111	568	74	1017	628	352	480	19	276	98	171	6531	618		
120	0	0	100	0	0	132	0	33	0	16	4473	103		
123	347	35	172	113	1118	320	0	249	0	77	5770	155		
127	387	0	320	35	88	122	0	533	88	215	6711	146		
131	0	0	80	0	0	217	0	61	0	37	3496	15		
134	0	0	49	0	0	1138	16	83	0	32	6625	298		

Tabla IV Abundancias de componentes de MST en numero por litro. Promedio entre 0 y 30 metros. Crucero de Noviembre-Diciembre de 1984.

Estacion	Cadenas Centrales	Cadenas Penadas		Centrales		Centrales		Rhyzo-		Pennadas		Agregados		Octatis		Dinofla-		Minerales	
		Penadas	Centrales	< 24	> 24	solencia	Amorfos	Amorfos	Amorfos	Amorfos	Amorfos	Amorfos	Amorfos	Amorfos	Amorfos	Amorfos	Amorfos	Amorfos	Amorfos
33	654	163	4801	981	381	708	109	109	327	0	6657	545							
35	2553	466	3738	645	622	638	242	547	143	114	5056	496							
47	6080	606	16704	1037	1217	3493	349	1200	1401	45	22271	1335							
48	5579	1429	16913	3906	1235	2156	121	1697	1547	447	9125	1875							
54	1595	835	9534	3294	1025	1884	179	691	1109	244	14994	1269							
56	11239	5051	21551	3661	775	2892	322	385	2985	64	13028	259							
61	2914	692	15813	1922	1302	930	434	496	1922	82	9488	372							
63	2852	787	21145	3283	1800	1584	450	2243	2751	289	11409	471							
69	359	274	9589	884	0	770	418	470	303	109	10819	1083							
73	834	379	13665	3524	268	813	416	867	1396	64	7590	129							
75	2352	1124	11057	1800	1257	1463	107	602	1740	0	10885	224							
78	1498	1075	8695	2665	945	1852	97	119	1058	0	5234	591							
80	223	310	2974	1434	311	759	0	119	466	103	1954	241							
82	406	447	6086	2120	195	1180	95	578	995	301	10966	397							
86	30	0	2862	412	0	271	80	441	0	0	4564	200							
88	472	643	4718	1583	94	404	373	270	652	0	6434	1560							

Tabla VI Porcentajes de tipos de partículas. Marzo 1983. Promedio de 12 y 30 metros.

Estacion	Cadenas Centrales	Cadenas Pennadas	Centrales < 24	Centrales > 24	Rhyzo- solenia	Pennadas	Agregados Fecales	Agregados Amorfos	Octatis	Dinofla- gelados	Minerales < 24	Minerales > 24
14	4.05	0.00	23.07	2.84	0.96	0.98	0.00	5.37	1.30	2.50	55.37	3.55
20	15.97	0.00	25.15	6.26	5.96	1.07	0.81	3.50	0.26	0.82	39.65	0.55
26	21.95	0.00	51.44	2.25	3.23	1.72	0.00	2.55	0.73	1.86	12.76	1.52
29	11.38	1.21	30.04	2.41	1.45	1.63	0.48	4.59	1.45	2.66	38.76	3.87
35	3.11	0.00	22.73	0.55	0.78	0.33	0.00	0.55	0.33	1.44	68.08	2.11
38	6.50	0.00	47.62	2.55	1.41	0.00	0.00	5.65	0.00	2.55	28.34	5.38
41	8.53	0.00	32.99	0.57	2.28	0.56	0.00	3.12	0.85	1.99	46.29	2.83
47	16.26	1.55	10.46	3.45	3.85	1.80	2.59	16.23	6.27	4.14	30.02	3.99
49	12.35	3.86	22.57	7.99	0.54	4.11	0.82	7.16	6.06	1.38	29.58	3.58
51	5.02	1.05	27.05	2.14	1.58	0.27	1.06	6.67	6.10	4.23	40.84	4.00
53	14.95	0.37	22.17	18.20	0.96	3.19	1.87	5.10	3.01	3.20	26.04	0.95
56	26.79	0.84	22.44	5.74	3.82	5.16	0.28	10.65	6.42	2.66	13.51	1.69
58	12.49	0.78	23.82	1.95	0.00	0.78	2.55	9.76	8.99	4.29	30.50	4.29
60	6.79	0.00	41.93	4.25	0.42	1.25	4.33	2.87	10.57	1.69	24.64	1.25
62	16.79	0.98	22.98	29.23	0.48	4.66	0.00	7.86	1.46	1.88	12.44	1.24
64	8.53	0.86	25.80	5.24	1.10	0.42	0.42	4.30	3.47	5.29	42.92	0.85
66	7.24	0.80	32.41	4.72	0.38	0.38	2.27	3.86	5.73	2.28	36.26	3.62
70	16.32	0.96	20.93	13.35	0.87	4.21	3.56	8.72	9.42	1.29	14.91	3.46
72	12.50	2.36	16.09	16.34	0.86	5.54	3.60	18.80	1.73	2.61	12.05	1.52
76	12.50	4.39	8.20	43.07	0.45	3.71	2.73	3.83	2.57	1.78	14.84	1.93
78	22.86	10.08	10.44	22.11	0.30	8.39	3.20	4.40	4.26	2.61	11.02	0.30

Tabla VII Porcentajes de tipos de particululas. Octubre de 1983. Promedio de 0 y 30 metros.

Estacion	Cadenas Centrales	Cadenas Pennadas	Centrales < 24	Centrales > 24	Rhyzo-solenia	Pennadas Fecales	Agregados Amorfos	Octatis	Dinofle-gelados	Minerales < 24	Minerales > 24
1	25.03	6.58	27.13	5.54	0.61	2.82	0.27	1.15	0.55	26.87	2.06
3	18.96	3.35	35.42	5.04	0.08	3.73	0.84	2.70	0.25	27.05	2.13
5	26.30	4.22	38.32	7.67	1.35	3.15	0.30	1.35	0.46	12.53	3.45
7	8.55	2.54	41.33	4.35	0.53	3.90	0.18	2.07	0.50	25.64	9.72
9	25.53	6.59	33.19	7.57	0.65	4.72	0.56	1.40	0.33	19.25	0.00
11	2.39	0.00	50.65	0.60	0.00	6.01	0.00	3.58	0.00	32.56	3.61
13	1.50	0.00	23.54	1.20	0.00	2.11	0.30	0.90	0.00	65.60	4.24
15	52.59	4.08	13.86	7.42	2.00	2.78	0.28	1.55	0.43	12.46	1.59
17	28.80	1.00	43.49	3.41	0.50	3.21	0.00	1.01	0.17	16.23	1.18
19	9.19	0.22	48.55	1.46	0.73	4.78	0.00	1.35	0.00	30.92	1.67
21	4.76	0.00	14.29	0.78	0.78	9.51	0.78	0.78	0.00	85.93	0.78
23	5.35	0.00	11.83	0.91	1.84	6.44	0.00	0.91	0.00	67.38	2.65
25	10.45	1.46	24.47	0.00	1.79	2.93	0.37	2.98	0.00	54.08	0.35
27	8.51	2.65	31.93	2.12	0.00	7.43	0.00	10.64	0.00	36.72	0.00
29	0.71	0.00	3.00	1.43	0.00	0.86	0.57	0.14	0.14	91.88	1.14
31	1.83	0.00	21.13	0.73	0.36	2.92	0.00	1.06	0.00	67.30	4.67
33	5.53	0.00	13.49	3.30	3.30	0.00	0.00	8.53	0.00	62.91	2.93
35	3.24	0.48	10.46	0.00	0.00	0.96	0.00	0.00	0.00	81.83	2.55
37	11.89	2.86	19.27	1.64	2.86	6.54	0.40	4.91	0.00	45.55	1.22
39	11.33	3.00	24.17	2.41	1.15	7.18	0.60	7.83	1.20	39.39	0.60
41	0.00	0.00	12.50	0.00	0.00	0.00	0.00	2.06	0.00	79.19	6.24

Tabla VIII Porcentajes de tipos de partículas. Marzo-Abril de 1984. promedio de 0 y 75 metros.

Estacion	Cadenas Centrales		Cadenas Pennadas		Centrales Centrales		Rhyzo- solenia		Pennadas Agregados		Fecales		Agregados		Amorfos		Octatis		Dinofla- geados		Minerales		Minerales	
	< 24	> 24	< 24	> 24	< 24	> 24	< 24	> 24	< 24	> 24	< 24	> 24	< 24	> 24	< 24	> 24	< 24	> 24	< 24	> 24	< 24	> 24	< 24	> 24
41	15.45	7.43	2.31	7.93	0.18	3.24	0.00	2.31	1.79	1.00	43.77	14.59												
43	2.40	13.48	0.61	7.91	0.00	10.11	0.18	1.28	2.59	0.91	34.27	26.26												
45	0.00	12.02	0.39	0.22	0.00	1.53	0.00	1.32	1.32	0.00	78.54	4.85												
50	6.66	14.25	2.68	18.28	0.87	9.10	0.14	0.40	0.87	0.17	43.62	2.97												
56	3.35	11.98	3.67	47.04	0.28	16.57	0.07	0.71	1.35	0.57	10.83	3.56												
58	5.13	43.51	2.17	20.91	0.13	14.91	0.00	0.38	1.70	0.51	9.91	0.95												
60	4.49	20.33	2.35	21.82	0.32	25.38	0.15	1.65	3.36	2.01	13.85	4.47												
63	17.08	20.33	5.17	7.26	2.15	17.61	0.37	1.90	1.39	0.61	23.63	2.50												
65	3.55	29.71	3.11	37.77	0.43	19.19	0.17	1.90	0.61	1.55	2.70	1.22												
67	7.56	17.25	4.86	8.38	2.64	12.15	1.09	4.14	1.80	1.92	35.22	3.00												
69	3.61	15.91	5.22	31.07	0.51	25.64	0.12	0.62	1.91	1.55	9.58	4.27												
73	34.62	6.74	4.58	7.42	8.93	10.81	0.00	3.03	1.40	1.30	11.61	9.36												
75	3.83	19.23	5.10	13.61	1.05	22.90	0.35	5.76	2.10	0.00	18.88	6.99												
77	7.93	16.39	1.77	9.74	17.16	16.76	1.33	4.03	1.95	1.91	18.38	2.61												
79	85.60	3.78	0.53	2.52	1.03	0.25	0.28	0.40	0.25	2.26	1.91	1.20												
82	8.52	19.67	5.10	2.09	6.60	20.06	0.98	1.84	2.07	0.51	30.31	2.25												
83	10.87	17.32	6.40	3.10	3.17	18.78	0.39	1.22	0.09	0.00	34.89	3.77												
84	23.27	13.03	5.31	3.07	5.42	13.86	0.00	6.88	2.45	0.57	22.32	3.60												
94	1.42	1.34	0.10	0.53	1.01	1.69	0.00	1.47	0.28	0.21	86.79	5.17												
96	22.13	3.57	1.99	3.28	18.54	5.67	0.52	6.11	0.18	1.87	24.64	11.49												
107	11.88	4.97	1.94	2.74	23.62	5.47	0.00	1.94	1.51	1.30	41.12	3.53												
109	14.12	2.02	0.00	1.41	24.28	8.66	0.00	2.62	0.00	0.20	39.02	7.68												
111	5.24	9.39	0.68	5.80	3.25	4.43	0.18	2.55	0.90	1.58	60.29	5.71												
120	0.00	2.06	0.00	0.00	0.00	2.72	0.00	0.63	0.00	0.33	92.09	2.12												
123	4.15	2.06	0.42	1.35	13.38	3.63	0.00	2.93	0.00	0.92	69.05	1.85												
127	4.48	3.70	0.00	0.40	1.02	1.41	0.00	6.17	1.02	2.49	77.63	1.69												
131	0.00	2.05	0.00	0.00	0.00	5.56	0.00	1.56	0.00	0.95	89.50	0.38												
134	0.00	0.59	0.00	0.00	0.00	13.81	0.19	1.01	0.00	0.39	80.39	3.62												

Tabla IX Porcentajes de tipos de partículas. Noviembre-Diciembre de 1984. Promedio de 0 y 30 Metros.

Estacion	Cadenas Centrales		Rhyzo-		Pennadas Agregadas		Octatis Dinofla-		Minerales		
	Centrales	Pennadas	< 24	> 24	solenia	Fecales Amorfos	gelados	< 24	> 24		
33	4.24	1.06	31.10	6.36	2.47	4.59	0.71	2.12	0.00	43.13	3.53
35	16.72	3.05	24.41	4.22	4.07	4.31	1.58	0.94	0.75	33.11	3.25
47	10.91	1.09	29.97	1.86	2.18	6.27	0.63	2.51	0.08	39.96	2.40
49	12.12	2.10	36.74	8.49	2.68	4.68	0.26	3.36	0.97	19.82	4.07
54	4.35	2.36	25.99	8.98	2.79	5.14	0.49	3.02	0.67	40.87	3.46
56	18.06	8.13	34.54	5.88	1.25	4.55	0.62	4.80	0.10	20.94	0.42
61	9.02	1.88	43.52	5.29	3.58	2.56	1.19	5.29	0.17	26.11	1.02
63	5.91	1.63	43.81	6.80	2.07	3.28	0.93	5.70	0.60	23.64	0.98
69	1.45	1.09	36.24	3.53	0.00	3.07	1.87	1.21	0.43	43.14	4.32
73	2.79	1.27	45.63	11.77	0.89	2.71	1.39	4.66	0.21	25.35	0.43
75	7.21	3.45	33.91	5.52	3.85	4.49	1.85	5.34	0.00	33.38	0.69
78	6.25	4.47	37.02	11.09	3.93	7.71	0.40	4.40	0.00	21.78	2.46
80	2.51	3.49	33.44	16.12	3.50	8.53	0.00	5.24	1.16	21.97	2.71
82	1.71	1.88	25.61	8.92	0.62	4.97	0.40	4.19	1.27	46.14	1.67
86	0.34	0.00	32.30	4.65	0.00	3.06	0.90	0.00	0.00	51.51	2.26
88	2.74	3.74	27.43	9.20	0.55	2.35	2.17	3.79	0.00	37.40	9.07

Tabla X Porcentajes de tipos de partículas. Marzo-Abril de 1985. Promedio de 0 y 30 metros.

Estacion	Cadenas Centrales		Cadenas Centrales		Cadenas Centrales		Rhyzo-		Pennsadas Agregadas		Octatis Dinofla-		Minerales	
	Centrales	Pennsadas	Centrales	Pennsadas	Centrales	Pennsadas	solencia	Fecales	Anorfos	gelados	< 24	> 24	< 24	> 24
38.15	6.95	24.46	25.42	10.55	0.00	8.15	0.48	1.44	4.08	1.44	4.08	1.44	14.15	2.88
44.20	62.13	4.31	4.37	8.19	0.28	6.98	0.09	4.54	0.46	0.99	0.46	0.99	2.47	4.58
44.30	23.83	1.11	22.79	11.77	0.34	10.79	0.17	4.43	1.83	0.00	1.83	0.00	19.44	3.50
50.35	6.00	1.55	24.69	6.81	0.05	9.73	0.23	2.57	4.33	0.59	4.33	0.59	39.52	3.93
50.25	0.95	2.37	44.68	7.57	0.15	9.92	0.47	1.90	11.99	0.79	11.99	0.79	17.79	1.41
56.20	0.66	8.27	27.77	20.33	0.67	10.34	0.00	2.23	2.22	0.89	2.22	0.89	22.36	4.25
56.30	0.54	4.44	23.99	21.01	0.00	18.82	0.17	2.31	2.53	1.52	2.53	1.52	21.38	3.29
55.40	2.46	9.42	32.30	22.73	0.00	9.48	0.00	1.30	5.65	4.57	5.65	4.57	9.93	2.16
53.45	9.39	1.73	31.59	5.14	0.00	3.47	0.19	0.39	0.94	1.64	0.94	1.64	33.67	11.83
56.45	12.61	5.72	37.40	12.41	0.12	6.07	0.19	2.91	6.78	2.22	6.78	2.22	9.41	4.17
62.50	5.37	2.45	36.59	8.74	0.00	8.31	0.39	2.59	13.58	0.71	13.58	0.71	19.01	2.26
62.45	1.03	2.58	15.18	5.49	0.00	11.54	0.00	3.63	0.13	0.43	0.13	0.43	57.81	2.24
62.35	0.22	1.83	53.51	12.57	0.11	9.31	0.00	2.22	4.10	0.86	4.10	0.86	14.70	0.58
62.25	0.44	1.49	49.04	3.91	0.23	32.56	0.00	1.59	0.45	2.78	0.45	2.78	7.06	0.44
68.25	5.63	1.53	7.17	3.46	2.08	66.49	0.25	1.04	0.69	1.24	0.69	1.24	8.95	1.48
68.35	0.00	4.39	21.26	32.44	0.00	14.82	0.00	2.49	0.54	2.30	0.54	2.30	20.35	1.40
68.45	0.88	1.44	27.08	7.35	0.00	6.99	0.00	3.24	13.24	2.85	13.24	2.85	31.30	5.62
68.50	4.11	4.93	14.72	8.75	0.52	17.51	0.00	2.15	6.35	2.64	6.35	2.64	35.45	2.86
74.55	0.00	0.00	8.39	0.32	0.51	7.16	0.00	1.35	0.85	0.51	0.85	0.51	75.87	5.03
74.45	2.36	5.93	30.49	13.40	0.11	15.28	0.00	2.69	0.58	9.62	0.58	9.62	18.73	0.81