



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

**SECRETARIA
DE
EDUCACION PUBLICA**

DEPARTAMENTO DE PLANCTON



CICIMAR

**EFFECTOS DEL EVENTO "EL NIÑO" 1982-83 EN LA ESTRUCTURA
DEL FITOPLANCTON EN LA COSTA OCCIDENTAL
DE BAJA CALIFORNIA SUR**

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA
I.P.N.
DONATIVO**

TESIS

que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

presenta:

AIDA MARTINEZ LOPEZ

La Paz, Baja California Sur, 1993

I N D I C E

LISTA DE FIGURAS	III
RESUMEN	
1. INTRODUCCION	1
II. AREA DE ESTUDIO	2
III. ANTECEDENTES	*..** 6
IV. JUSTIFICACION	8
V. PLAN DE MUESTREO	9
VI. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
VII. OBJETIVOS	*... 14
VIII. MATERIAL Y METODOS	15
VIII.1. Muestreo	15
VIII.2. Laboratorio	15
VIII.3. Diseño del análisis de datos	1 6
VIII.3.1. Comparación dentro de cada muestreo	1 6
VIII.3.2. Comparación entre muestreos	1 6
IX. RESULTADOS	18
1x.1. Variación en la estructura física del ecosistema	18
1x.2. Distribución espacial y estructura del fitoplancton	31
1x.2.1. CRUCERO 8204	31
1x.2.2. CRUCERO 8207	31
1x.2.3. CRUCERO 8208	37
1x.2.4. CRUCERO 8212	39
1x.2.5. CRUCERO 8302	39
1x.2.6. CRUCERO 8305	42
1x.2.7. CRUCERO 8309	45
1x.2.8. CRUCERO 8401	47
1x.2.9. CRUCERO 8405	47
1x.2.10. CRUCERO 8505	50

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA
I.P.N.
DONATIVO

PAGINA

x.1. Ciclo anual (1982)	52
x.2. Ciclo anual (1983)	58
x.3. Primaveras (1982-85)	58
x.4. Inviernos (1982-84)	60
XI. DISCUSION.....	6. 0
XII. CONCLUSIONES	70
GLOSARIO	72
BIBLIOGRAFIA	74
XIII ANEXO 1	84
XIV ANEXO II	90

RELACION DE FIGURAS.

PAGINA

Fig.1 Area de estudio. Las corrientes principales son indicadas con abreviaciones sobre las flechas que indican de manera general el flujo (Corriente Surecuatorial **CSE**; Contracorriente Nortecuatorial **CCNE**; Corriente Nortecuatorial **CNE**; Corriente de California **CC**).....3

Fig.2 Anomalia del nivel del mar (p.m. 5) para Ensenada B.C., México (1957-1987). Los recuadros indican los eventos El Niño.....5

Fig.3 Red de estaciones. 8204 (a); 8207 (b); 8208 (c); 8212 (d); 1983-85 (e).10

Fig.4 Anomalia del nivel del mar (p.m. 5) para 1. Cedros B.C.S. (1976-1988). Las flechas indican los cruceros considerados en este trabajo.....12

Fig.5 Nivel del mar. Ciclo anual (1974-86) para Cabo San Lucas B.C.S., México.....13

Fig.6 Nivel del Mar para Cabo San Lucas (1974-1986) (A); Anomalia (B); Ciclo anual (C).....19

Fig.7 **Indices** de surgencias (promedio mensual) para 24N, 116W (A); Anomalia **termica** (1971-1987) para 24-27 °N (B); Cicloanual de temperatura.....20

Fig.8 Distribución de temperatura (°C) para abril de 1982..... 22

Fig.9 Distribución de: Temperatura (°C) (a); Salinidad (ppm) (b) para julio de 1982.....23

Fig.10 Distribución de: Salinidad (ppm) (a); Temperatura (°C) (b) para agosto de 1982.....24

Fig.11 Distribución de: Salinidad (ppm) (a); Temperatura (°C) (b) para diciembre de 1982.....	25
Fig.12 Distribución de temperatura (°C) para febrero de 1983.....	27
Fig.13 Distribución de: Salinidad (ppm) (a); Temperatura (°C) (b) para mayo de 1983.....	28
Fig. 14 Distribución de: Salinidad (ppm) (a); Temperatura (°C) (b) para septiembre de 1983.....	29
Fig.15 Indices de surgencia (promedio semanal) para 24 °N. 1981 (a); 1982 (b); 1983 (c); 1984 (d); 1985 (e). Los recuadros indican los períodos de muestreo.....	30
Fig.16 Distribución de temperatura para enero de 1984.....	32
Fig.17 Distribución de: Tempertura (°C) (a); Salinidad (ppm) (b) para mayo de 1984.....	33
Fig.18 Distribución de: Tempertura (°C) (a); Salinidad (ppm) (b) para mayo de 1985.....	34
Fig.19 Distribución la abundancia (Ln de cel/l) del microfitoplancton (a); nano- fitoplancton (b). Grupos de estaciones a partir del dendrograma (c) en abril de 1982.....	36
Fig.20 Distribución de la abundancia (Ln de cel/l) del microfitoplancton (a); nano- fitoplancton (b). Grupos de estaciones a partir del dendrograma (c) en julio de 1982.....	38
Fig.21 Distribución de la abundancia (Ln de cel/l) del microfitoplancton (a); nano- fitoplancton (b). Grupos de estaciones a partir del dendrograma (c) en agosto de 1982.....	40

Fig.22 Distribución de la abundancia (Ln de cel/l) del microfitoplancton (a); nano-fitoplancton (b). Grupos de estaciones a partir del dendrograma (c) en diciembre de 1982.....41

Fig.23 Distribución de la abundancia (Ln de cel/l) del microfitoplancton (a); nano-fitoplancton (b). Grupos de estaciones a partir del dendrograma (c) en febrero de 1983.....43

Fig.24 Distribución de la abundancia (Ln de cel/l) del microfitoplancton (a); nano-fitoplancton (b). Grupos de estaciones a partir del dendrograma (c) en mayo de 1983.....44

Fig.25 Distribución de la abundancia (Ln de cel/l) del microfitoplancton (a); nano-fitoplancton (b) y grupos de estaciones a partir del dendrograma (c) en septiembre de 1983.....46

Fig.26 Distribución de la abundancia (Ln de cel/l) del microfitoplancton (a); nano-fitoplancton (b) y grupos de estaciones a partir del dendrograma (c) en enero de 1984.....48

Fig.27 Distribución de la abundancia (Ln de cel/l) del microfitoplancton (a); nano-fitoplancton (b) y grupos de estaciones (c) en mayo de 1984.....49

Fig.28 Distribución de la abundancia (Ln de cel/l) del microfitoplancton (a); nano-fitoplancton (b) y grupos de estaciones a partir del dendrograma (c) en mayo de 1985.....51

Fig.29 Abundancia promedio de nano-fitoplancton (A) y microfitoplancton (B). Temperatura promedio por crucero (C)..... 53

Fig.30 Proporción de frecuencia acumulada para para los grupos del microfitoplancton presentes en cada crucero (A); Diversidad (H') promedio por crucero (B)..... 54

Fig.31. Variacion anual e interanual del fitoplancton de red (1982-85), 1982 (a); 1983 (b); primavera (c); invierno (d). Costa Occidental de B.C.S., México.....55

Fig.32 Representación en los componentes I y II de las asociaciones de microfitorplancton de red para el ciclo anual de 1982.....57

Fig.33 Representación en los componentes I y II de las asociaciones de microfitorplancton de red de las primaveras (1982-85). Los números I, II, III, IV y V, señalan los grupos formados..... 59

Fig. 34 Abundancia relativa acumulada de las especies de los grupos recurrentes para 1982-83.....65

Fig. 35 Abundancia relativa de las especies importantes (en número) durante 1982-83.....67

Fig. 36 Precipitación (promedio mensual) en mm para Puerto San Carlos (1967-1986)69

RESUMEN

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA
I.P.N.
DONATIVO

Se analizó la estructura de la comunidad del fitoplancton en la zona de surgencias de Baja California Sur frente a Bahía Magdalena, en el período comprendido entre 1982-85. Se utilizó la densidad del micro y nanofitoplancton (muestras de botella) y las especies del microfitoplancton (muestras de red) para describir su ciclo anual y la variación interanual. La respuesta biológica se relaciona a cambios en el medioambiente físico descritos por las anomalías del nivel del mar y las estructuras salinas y termales. Las anomalías del nivel del mar en la primavera de 1982 fueron originadas por balance geostrofico, mientras que al final del verano las anomalías positivas del nivel del mar y de temperatura estuvieron asociadas con el evento de El Niño. Se observó una disminución marcada en la abundancia de las dos fracciones del fitoplancton entre 1982-83. En 1984 se inició la recuperación gradual del sistema estableciéndose el nanofitoplancton como dominante. Se identificaron un total de 69 géneros y 330 especies de microfitoplancton. Los cambios anuales en sus asociaciones están relacionadas a las estaciones hidrográficas dadas por los períodos de surgencias-no surgencias y por los cambios en los patrones de circulación oceánica (Corriente de California y Contracorriente). La estación de surgencias estuvo caracterizada por las diatomeas *Thalassiosira leptopus*, *Leptocylindrus danicus* y *Nitzschia pacifica*. Los dinoflagelados *Ceratium massillense*, *C. mucroceros*, *C. fusus*, *C. tripos*, *C. candelabrum* y los géneros de diatomeas *Chuetoceros*, *Bacteriastrum*, y *Rhizozolenia* dominaron los períodos de no-surgencias cálido y frío respectivamente. Los dinoflagelados tropicales (*Ceratium*) estuvieron predominando durante la presencia de la Contracorriente. La variación interanual de las asociaciones mostró una relación con las variaciones climáticas asociadas con el evento de El Niño. Los cambios interanuales identificados fueron: 1) la substitución gradual de diatomeas por dinoflagelados; 2) la ausencia de géneros comunes en esta región; y 3) El cambio en la dominancia desde el microfitoplancton al nanofitoplancton. Se sugiere que estas comunidades atípicas fueron el resultado de una baja disponibilidad de nutrientes debida a: 1) la profundización de la termoclina a 75-100 m como resultado de la intensificación de la Contracorriente; 2) el calentamiento del agua superficial; y 3) la posible desestructuración en el mecanismo de "resiembra" de las esporas de diatomeas. La convergencia de los diferentes tipos de agua estuvo indicado por la variabilidad en el índice de diversidad específico. Este índice en el invierno de 1982-83 fue más alto de lo normal y estuvo cercano a los niveles observados en regiones oceánicas de latitudes bajas.

ABSTRACT

Analysis the community structure of phytoplankton for 1982-85 period was carried out in the upwelling zone off Bahía Magdalena, Baja California Sur. Nano and microphytoplankton cell density (bottle samples) and microphytoplankton species (net samples) were used to describe their annual cycle and interannual variability. The biological response was related to changes in the physical environment described by sea level anomalies and saline and thermal structures. The sea level anomalies in the spring 1982 were promoted by geostrophic balances, while in late summer positive sea level and positive temperature anomalies were associated with the ENSO event. A marked decrease in abundance of both phytoplankton fractions between 1982-83 was noted. In 1984 the system initiated a gradual recovery with the nanophytoplankton fraction dominating. For the net microphytoplankton there were identified a total of 330 species and 69 genera. The annual changes of their assemblages are related to hydrographic seasons mainly explained by the upwelling-no upwelling periods and changes in the oceanic pattern circulation (California Current and Countercurrent). The upwelling season was characterised by the diatoms *Thalassioira leptopus*, *Leptocylindrus danicus* and *Nitzschia pacifica*. The dinoflagellates *Cerutium massiliense*, *C. mucroceros*, *C. fusus*, *C. tripos*, *C. candelabrum* dominated the warm season and the diatom genera of *Chuetoceros*, *Bacteriastrum*, and *Rhizozolentia* in the cold non-upwelling season. The tropical species of dinoflagellates (*Cerutium*) were dominant during the Countercurrent presence. The interannual variation of species assemblages showed a relationship to climatic variations associated with "El Niño" event. The identified interannual changes were: 1) the gradual substitution of diatoms by dinoflagellates; 2) the absence of common regional genera; and 3) the change in dominance from microphytoplankton to nanophytoplankton. It is suggested that these atypical phytoplankton communities were the result of a low supply of nutrients due to: 1) a deepening of the thermocline to 75-100 m as result of the Countercurrent intensification; 2) a warming of surface water; and 3) the possible disruption of the "seeding" mechanisms for diatom spores. The convergence of different water types was indicated by the variability in the species diversity index. This index in the winter of 1982-83 was higher than normal, close to levels observed in lower latitude oceanic regions.

I. INTRODUCCION

Los sistemas de afloramiento han sido descritos como ecosistemas en si , ya que presentan una estructura propia coherente (Barber y Smith, 1981). Estos ecosistemas muestran una variabilidad importante a diversas escalas de espacio y tiempo. Las diferencias en el medio ambiente físico relacionadas con los ritmos de intensificación y relajación del afloramiento, circulación y contribución de las diferentes masas de agua se reflejan en las comunidades del fitoplancton (Estrada y Blasco, 1985). El fitoplancton lleva información acerca de las condiciones en las cuales se han desarrollado (Warburton, 1967; Rojas de Mendiola et al., 1981) de manera que cambios en los patrones de distribución de especies y en la estructura de la comunidad, indican cambios en las características físico-químicas, la estructura hidrográfica y hasta procesos dinámicos.

El hecho de que la costa Occidental de B.C. sea considerada como un sistema de surgencias típico, prácticamente libre de lluvias y aportes de ríos (Blasco, 1978), la hace sumamente interesante desde el punto vista biológico y físico, ya que la variabilidad que pudieran aportar los factores antes mencionadas a la producción primaria es casi nula, facilitando esto en alguna medida la interpretación sobre la variabilidad de este tipo de ecosistema y su efecto en las grandes pesquerías que sostiene.

Actualmente existe poca información sobre la composición y abundancia de la comunidad del fitoplancton en la zona de surgencia de Baja California Sur, sin embargo las áreas de surgencias y sus poblaciones en general presentan muchos rasgos en común (Estrada y Blasco, 1985). La variabilidad estacional e interanual en estos sistemas es una combinación entre los cambios en los patrones de circulación o advección de los principales tipos de agua, y las variaciones en la intensidad las de surgencias (Tont 1976, 1981; Tont y Platt, 1979). Los estudios de series de tiempo de fitoplancton en estas regiones (Bolin y Abbott, 1963; Tont, 1981; Rojas de Mendiola, 1981) han identificado cambios en los patrones de circulación durante períodos anómalos de calentamiento asociados a cambios en la abundancia y predominancia de algunas especies.

En la última década, se ha enfocado mucha atención sobre estos períodos de calentamiento, los cuales ocurren en la escala de variación interanual, identificada particularmente en el Pacífico Oriental Tropical con el fenómeno de El Niño-Oscilación Sureña. El Niño es un aspecto o faceta de este fenómeno, que es un ciclo natural cuasi-periódico de 2-10 años, el cual acopla la atmósfera y el océano (Barber y Kogelschatz, 1990). Los eventos El Niño comienzan en el Pacífico central ecuatorial con el relajamiento de los vientos Alisios (Wyrski, 1975b) y se observa en la diferencia de presiones atmosféricas entre el océano Pacífico Oriental e Indico representándose normalmente por la diferencia entre Tahíti y Darwin (Australia).

El Niño de 1982-83, es considerado como el más intenso del siglo (Rasmusson y Wallace, 1983), y esta asociado a lo largo de la costa occidental del Continente Americano

con aportes de agua anormalmente cálida y valores altos del nivel del mar. El hundimiento de la pycnoclina (hasta 100-150 metros), lo cual es una señal de propagación de El Niño hacia el polo en parte por ondas Kelvin (Enfield y Allen, 1980; Chelton y Davis, 1982). Debido a que la profundidad de la nutriclina covaría con la termoclina y pycnoclina (aunque no es necesariamente idéntica con estas), se considera que el ciclo ENSO generalmente tiene un efecto importante en regular la productividad y la biomasa fitoplanctónica debido a que fuerza el hundimiento de la nutriclina y reduce el flujo de nutrientes a la capa fótica (Barber y Kogelschatz, 1990).

Los efectos biológicamente importantes que ocurren bajo condiciones El Niño, no pueden generalizarse, ya que aunque existen sistemas como la costa de Perú en donde el impacto de este evento causó una considerable disminución en la productividad primaria de las aguas y por ende en otros niveles tróficos (Barber y Chávez, 1983), existen otros sistemas como la zona costera de California en donde no encuentran evidencia clara de efectos (Petersen et al., 1986) y otros más como el Golfo de California en donde el efecto fue contrario (Valdéz-Olguín y Lara, 1987), es decir se presentó un incremento en la productividad.

Por lo anterior resulta de particular interés tratar de evaluar cuales fueron los efectos de este evento en el ecosistema pelágico costero, así como, determinar la intensidad y duración de estos. Este estudio está diseñado para averiguar los efectos de El Niño antes mencionado sobre el fitoplancton de el área de surgencias costeras frente a la costa occidental de Baja California Sur. Por lo tanto la investigación está dirigida principalmente a dilucidar cambios en la composición florística y la estructura de la comunidad del fitoplancton quedando, ésta aquí definida como la asociación o elenco de poblaciones interrelacionadas o coadaptadas.

II. AREA DE ESTUDIO .

Se encuentra localizada en la costa occidental de la Península de Baja California entre los 27° y los 23° de latitud Norte y los 115° y los 111° de longitud Oeste sobre una plataforma continental estrecha dentro del llamado Sistema de la Corriente de California (Fig. 1). La Corriente de California (CC), es un flujo con dirección aproximada hacia el sureste, que constituye la rama Este del giro anticiclónico del océano Pacífico Norte y se origina alrededor de los 40 °N (Sverdrup et al., 1942). Su extensión es de aproximadamente 1000 km de distancia de la costa y de entre 100 y 300 m de profundidad (Lynn y Simpson, 1987). En esta región también existe la Subcorriente de California (SC), que es un flujo subsuperficial hacia el polo sobre el talud continental y que se origina en el Pacífico Tropical (Hickey, 1979). El flujo (velocidad) de la CC, generalmente tiene dos máximos, uno cerca de la costa y otro oceánico (Chelton et al., 1982). La profundidad de la CC ha sido detectada tan somera como 200 m a lo largo de la plataforma entre Washington y Baja California (Cannon et al., 1975) .La variación estacional del flujo costero parece estar relacionado a la variación estacional del componente del viento a lo largo de la costa en todas las latitudes.

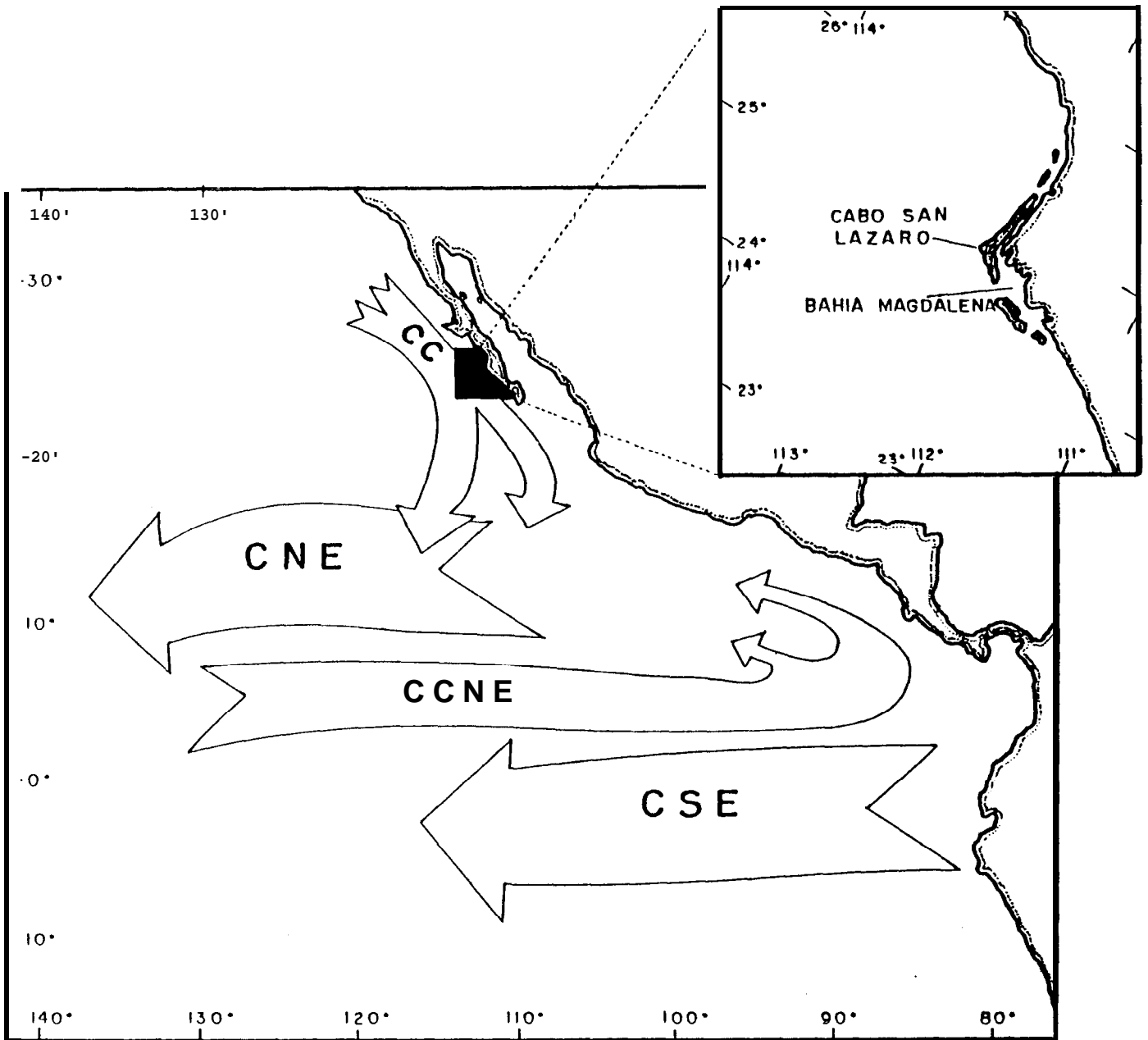


Fig.1 Area de estudio. Las corrientes principales son indicadas con abreviaciones sobre las flechas que indican de manera general el flujo (Corriente Surecuatorial CSE; Contracorriente Norecuatorial CCNE; Corriente Norecuatorial CNE; Corriente de California CC)

Los vientos del Oeste o Ferrel al norte de los 30° N y los Alisios al sur de esta Latitud son producto del sistema de alta presión que domina el Pacífico Norte.

Los vientos dominantes en la costa oeste de Baja California son del Noroeste desde abril hasta octubre y frecuentemente del Sureste de noviembre a febrero (en Salinas, 1987), presentándose incluso variaciones sustanciales de año a año, lo mismo que diurnas ya que cuando menos en la zona más costera existe el efecto del sistema de brisa mar-tierra (Inman et al., 1966). Por otro lado Reid et al., (1956-58) mencionan un desplazamiento sur-norte de los máximos de velocidad de los vientos del Noroeste, de manera que durante los meses de abril y mayo encontramos las intensidades máximas en la península, en junio al sur y centro de California, en julio al norte de California y en agosto frente a Oregon.

La SC la encontramos esencialmente confinada al talud y plataforma continental, posiblemente relacionada con los vientos sureños. Generalmente en Baja California las corrientes superficiales hacia el polo, que algunas veces son observadas frente a su costa, no han sido asociadas con esta corriente, aunque pudieran continuarse con esta (Hickey, 1979).

La producción de surgencias, debidas al viento en esta región parece ocurrir alrededor de todo el año a lo largo de la costa, identificándose como puntos principales de generación de estas el sur de Punta Eugenia e Isla Margarita (Lynn, 1967). Los máximos se presentan desde marzo a junio entre 20-30° N y los mínimos desde septiembre a diciembre, siendo julio, agosto, enero y febrero considerados, períodos de transición (Bakun y Nelson, 1977).

El clima interanual de esta región puede estar influido por dos sistemas principales de circulación gobernados por los vientos; el sistema Ecuatorial y el sistema del giro anticiclónico del Pacífico Norte. Baumgartner y Christiensen (1985), describen dos patrones de circulación en donde participan estos dos sistemas, uno que domina alrededor de marzo-abril y otro en septiembre-octubre. El patrón de primavera consiste en el giro del Pacífico Norte fortalecido con el agua de la Corriente de California penetrando a través de la entrada del Golfo de California y del sistema Ecuatorial relativamente debilitado y desplazado hacia el sur, el patrón de otoño muestra al giro del Pacífico Norte debilitado y una fuerte Contracorriente Norecuatorial, además de el desarrollo de la Corriente de Costa Rica extendiéndose hacia el Norte a la entrada del Golfo de California.

La historia y la variación característica de cambio interanual en el clima oceánico se presentan en la Fig. 2, en la cual se puede observar la frecuencia y diferencia de amplitud de la señal en la variación en el clima oceánico representadas por las anomalías del nivel del mar.

Desde el punto de vista oceanográfico la costa occidental de Baja California es considerada como una zona de transición resultado de la mezcla de agua subtropical, tropical y subártica (Tibby, 1941; Roden, 1971). Para Norton et al., (1985) es una zona de transición subtropical representada por un paquete denso de isotermas al sur de los 29° N

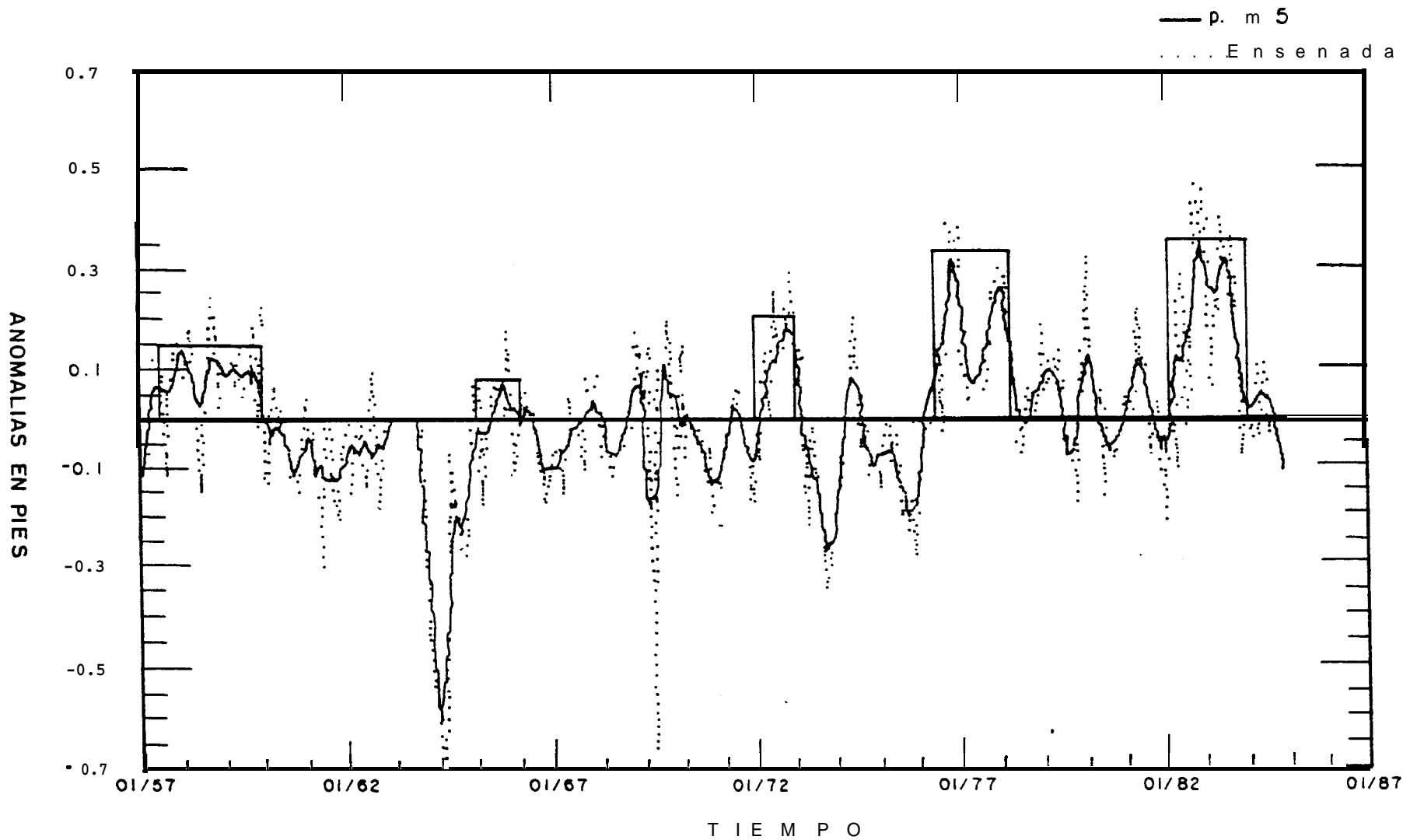


Fig.2 Anomalia del nivel del mar para Ensenada B.C., México (1957-1987). Los recuadros indican los eventos El Niño. La línea punteada corresponde a la serie original y la continua a los promedios móviles (p.m.5).

McLain et al., (1985), la considera como una zona frontal entre el agua fría del Norte y el agua caliente del sur localizada entre las Latitudes 18° N y 28° N.

Brinton (1962) basándose en la distribución de eufáusidos, reconoce el área de estudio como parte de la zona de transición ubicada entre los 40° y los 25° de Latitud Norte. Por otro lado MacGowan (1974), define a nivel de Océano Pacífico 8 ecosistemas en base a organismos planctónicos y nectónicos, presentando el núcleo de estos ecosistemas y su gradiente. Los ecosistemas definidos son: subártico y subantártico, zonas de transición norte y sur, central norte y sur, ecuatorial, pacífico tropical oriental y “cosmopolitas” de agua cálida. Considerando solamente los núcleos de los ecosistemas, define las áreas en blanco, una de las cuales corresponde con la zona de estudio, no como verdaderos ecosistemas sino como ecotonos, en los cuales la inmigración y la emigración de individuos y nutrientes aloctonos y autóctonos respectivamente sucede a gran escala, considerándolos además como sistemas más abiertos cuyo estado y cambios dependen en mucho de los procesos horizontales advectivos a gran escala.

III. ANTECEDENTES .

Con respecto a fitoplancton la mayoría de los trabajos han sido realizados, principalmente en la parte sur de California. Cupp (1943) dio la descripción y distribución de las diatomeas desde Alaska hasta Perú, incluyendo el Golfo de California. Allen, quien desde 1920 hasta 1940 colectó muestras en el muelle de Scripps para obtener información cuantitativa de dinoflagelados y diatomeas, resumió sus resultados en los trabajos de 1928, 1936, 1940 y 1941, declarando en el de 1940 que, los “años calientes” como 1926 y 1931 fueron desfavorables para el microplancton, pero especialmente para los dinoflagelados.

Tont (1976) y Tont y Platt (1979), obtuvieron las fluctuaciones en la abundancia de las diatomeas desde los datos de Allen, concluyendo que las fluctuaciones en el número de diatomeas podrían ser explicadas por una combinación de cambios en los patrones de circulación de los principales tipos de agua y las variaciones asociadas con la ocurrencia de surgencias.

Reid et al., (1970), trabajaron frente a La Jolla Cal., durante abril-septiembre de 1967, encontrando una correspondencia entre períodos de surgencia y aumento en la abundancia de fitoplancton, el cual estuvo caracterizado por dinoflagelados y fitoflagelados entre 15 y 70 micrómetros, el pico más grande de dinoflagelados fue en septiembre.

Briand (1976), reportó una variación estacional de fitoplancton durante 1972-73 en un muelle, 100 millas al Norte de Scripps, encontrando un tiempo de retardo de aproximadamente 2 meses entre la máxima abundancia de diatomeas y el incremento en dinoflagelados. Balech (1960), comparó, en la costa de California la presencia de microfitorfitoplancton de agua cálida oceánica en agua costera en 1957-1958 bajo condiciones “El Niño”, con las especies presentes en el período frío comprendido entre agosto y mayo

de 1938 analizado por **Allen** (1941). De este trabajo pudo concluir que en estos años **las** poblaciones de fitoplancton fueron atípicas, apareciendo abundantemente representadas las especies tropicales y de agua cálida. Aunque cree que estas especies fueron transportadas desde un centro de agua tropical o subtropical, no pudo aclarar si este centro estaba al sur o al oeste de su localidad de estudio.

Reid et al., (1985), realizaron un programa de muestreo de marzo-noviembre de 1983 para tratar de conocer los efectos de “El Niño” en la distribución espacial y temporal de las especies. Sus datos mostraron una secuencia temporal de asociaciones de especies de los 24 taxa más importantes, con un tiempo de residencia de 1 a 4 semanas. La asociación de especies consistió de taxa típicamente neríticos desde marzo hasta septiembre y de especies oceánicas de agua cálida desde mediados de septiembre hasta mediados de noviembre, coincidiendo esto, con las anomalías positivas de temperatura características de “El Niño”.

De los trabajos hechos específicamente en la costa de Baja California tenemos el de **Smayda** (1975), realizado entre el 26 de marzo y el 6 de abril de 1973, durante un evento de surgencia, sus resultados sugieren que la comunidad de diatomeas de red es similar a la encontrada desde San Diego hasta el Golfo de Panamá, además de la relación entre las diatomeas y el agua de surgencias rica en nutrientes.

Estrada y Blasco (1979) en marzo de 1972 y marzo-mayo de 1973, analizaron dos fases de la comunidad de fitoplancton en la zona de afloramiento de Punta San Hipólito B.C. Sus resultados dan indicios de la asociación en la dominancia de las diatomeas con la emersión de aguas tropicales subsuperficiales y salinas de la contracorriente, y la dominancia de dinoflagelados a la presencia de un nivel adecuado de nutrientes, el cual dependió de la profundidad de surgimiento del agua de la Corriente de California. Las concentraciones más altas de dinoflagelados estuvieron relacionadas con salinidades intermedias de la CC. Por otro lado la composición fue muy similar a la reportada antes (**Cupp** 1930, 1934; **Balech** 1960; **Reid et al.**, 1970) para California.

Por otro lado **Blasco** (1978) trabajó en 1972 sobre aspectos de migración de dinoflagelados, encontrando que los dinoflagelados *Gonyaulax polyedra*, *Ceratium furca*, *Gymnodinium* sp., *Ceratium dens*, *Gonyaulax digitale*, *Prorocentrum micans*, *Polykrikos kofoidii* y *Peridinium* depresum son capaces de realizar migración vertical (de naturaleza fototáctica) contra los movimientos físicos del agua, tales como las surgencias, ondas internas y mezcla por viento, pero un gradiente débil de densidad actúa como una barrera a la migración hacia aguas más profundas. La misma autora (1977) encontró que *Gonyaulax polyedra*, *Ceratium furca* y *Gymnodinium* sp. fueron los organismos predominantes en la marea roja que se presentó al principio de la surgencia costera estacional (5-23 marzo 1972) en Baja California y a *Gonyaulax polyedra* como el principal responsable de los valores de clorofila y asimilación de carbono.

Hernández-Becerril (1988a, 1988b, 1989), reporta la ocurrencia de dinoflagelados en el Golfo de California y Costa Occidental de Baja California durante noviembre-diciembre,

1984 y julio, 1986 para la primer región y en agosto, 1985 y junio, 1986 para la segunda. Este autor encuentra una mezcla de especies en cuanto a su afinidad registrando especies tropicales, subtropicales, templadas y cosmopolitas. Por otro lado hace mención sobre la diferencia en la composición florística entre las regiones consideradas, aunque no aclara el porque de esta diferencia.

Entre los estudios hechos en cuerpos costeros tenemos los de Nienhuis y Guerrero (1985,1986), Romero-Ibarra y Esquivel-Herrera (1989), Gárate (1992), realizados en Bahía Magdalena B. C.S., y los trabajos de Hernández-Becerril (1986); Torres-Moye y Alvarez-Borrego (1987) en la costa de Baja California.

IV. JUSTIFICACION

Se estima que las áreas de surgencias costeras son responsables de aproximadamente 50 % de la producción de proteína cosechada del océano mundial, aún cuando representan menos que el 1 % del área superficial del océano (Barber et al., 1985). Estas regiones son así extremadamente significativas en términos de productividad marina e inherentemente más vulnerables a variaciones en el clima y en los procesos oceanográficos, que las regiones menos productivas (Barber et al., 1985). En particular la producción de estas sostiene varias poblaciones marinas, las cuales son pesquerías en activo o en potencia. Algunos de estos organismos son de mayor interés para el manejo, debido al papel preponderante que juegan en la cultura y economía humana.

A pesar de la abundancia de información científica acerca de la CC, la interacción entre las especies son pobremente entendidas y son difíciles de separar de respuestas independientes a variaciones en las condiciones medioambientales (MacCall, 1986).

Entender la variabilidad de las poblaciones biológicas es importante no sólo por su valor científico intrínseco sino también por sus aplicaciones prácticas. Resulta difícil, por ejemplo, evaluar el impacto del hombre induciendo cambios en el medio ambiente si no tenemos un entendimiento claro de la variabilidad natural de este. Tal entendimiento puede ayudarnos también en el intento de predecir las variaciones temporales de las poblaciones (Tont, 1987). El ecosistema de la CC ha mostrado variabilidad sustancial en todas las escalas de tiempo (MacCall,1986), por lo que se hace necesario entender como podrían estar afectados los productores primarios en estas regiones por cambios climáticos anuales. e interanuales.

Los sedimentos anaeróbicos en la cuenca de Santa Bárbara contienen un registro valioso de alta resolución del comportamiento de las poblaciones marinas y las condiciones climáticas presentes y pasadas (Lange et al., 1987; Baumgartner et al., 1992). En estos, se han identificado en una escala de tiempo corta grandes fluctuaciones en el flujo de diatomeas hacia los sedimentos y un incremento en la abundancia relativa de ciertas diatomeas de agua

cálida. Estos cambios interanuales en la composición de los sedimentos esta asociada con los eventos El Niño-Oscilación sureña (ENSO) (Lange et al., 1990). El estudio actual de las relaciones entre el fitoplancton y los cambios climáticos es un paso importante en la interpretación del registro sedimentario debido a que puede utilizarse como historia ecológica y climática

El impacto de los fenómenos ENSO en la productividad primaria en aguas costeras de América del Sur ha sido bien estudiado por muchos años (Glynn, 1988). Sin embargo, sólo recientemente y motivado quizá en parte, por la naturaleza extrema del ENSO 1982-83 y por el impacto global que tiene, se ha dedicado un mayor esfuerzo en la última década en el hemisferio norte al estudio de los efectos de este evento (McGowan, 1984).

Actualmente existe una tendencia global de calentamiento, la cual inició después del período considerablemente más frío entre 1954-1972 (Lange et al, 1990). Al parecer esta tendencia global propicia la mayor frecuencia de los eventos El Niño (Fig.2), en los últimos 20 años, con el consiguiente decremento en la producción biológica acompañada del debilitamiento de la CC y una reducción general en la procesos de mezcla y surgencias (Lange et al., 1990). Estos cambios sin duda tienen implicaciones biológicas insospechadas, por lo que debe mantenerse el interés científico sobre su estudio.

V. PLAN DE MUESTREO.

Se realizaron 10 cruceros oceanográficos de 1982-1985 en la Costa Occidental de Baja California en las siguientes fechas:

AÑO	INVIERNO		PRIMAVERA			VERANO			OTOÑO		1	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1982				*			*	*				*
1983		*			*				*			
1984	*				*							
1985					*							

Los (*) indican los cruceros realizados

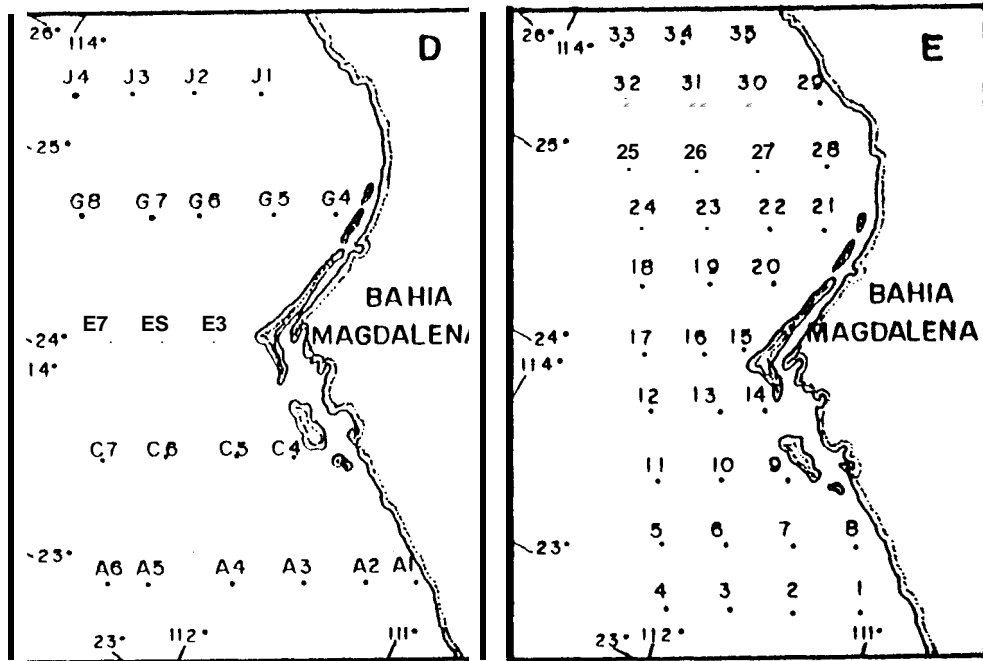
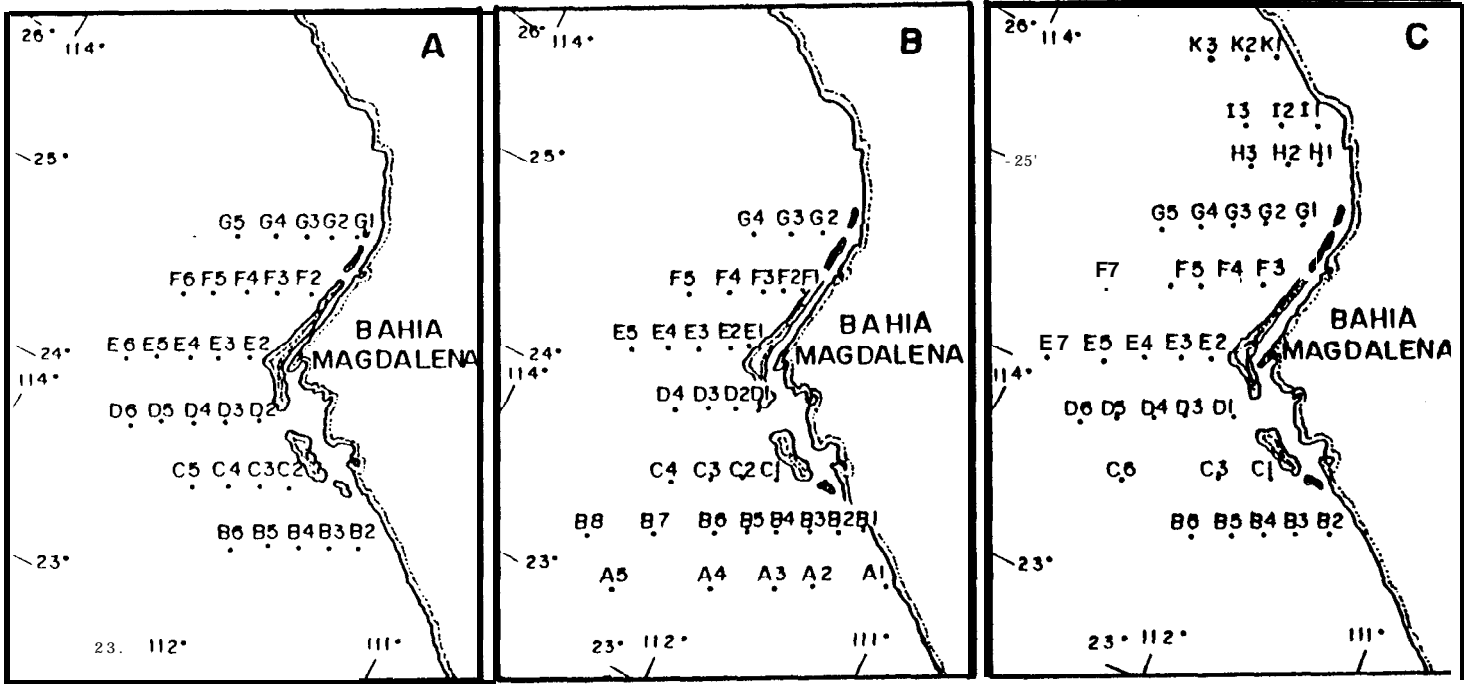


Fig.3 Red de estaciones: abril 1982 (a); julio 1982 (b); agosto 1982 (c); diciembre 1982 (d); 1983-85 (e).

El muestreo se realizó en base a una red de estaciones del tipo CalCOFI, con un promedio de 35 estaciones por crucero. Se anexan mapas con la red de estaciones utilizada en 1982, y la utilizada para los años 1983-1985 (Fig. 3). La sucesión de los cruceros **est**an indicados en las Figuras 4 y 5 en relación al desarrollo del cambio climático interanual y el cambio en el ciclo anual.

VI. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La costa de Baja California es considerada como un ecosistema de surgencias en donde se producen afloramientos alrededor de todo el año (Norton et al., 1985), con su máxima intensidad de abril a junio (Bakun y Nelson, 1977). Podría esperarse que en el período de 1982-83 debido a la modificación del patrón de circulación, en donde se presentó una intensificación en la Contracorriente, como consecuencia de la propagación desde el Ecuador de ondas Kelvin (White et al., 1985) se presentaran cambios detectables en la estructura de la comunidad del fitoplancton. Para este evento se han comprobado anomalías de temperatura en la columna de agua y como consecuencia el desplazamiento vertical de la termoclina principal en el Pacífico Ecuatorial y Tropical (White et al., 1985).

Si asumimos que estas anomalías se transmitieron costeramente desde el Pacífico Ecuatorial, la influencia de las anomalías mencionadas puede ser similares a las encontradas en latitudes en América del sur en donde se presentó: 1) Alteración en la eficiencia de las surgencias locales (Cane, 1983) y 2) Transporte de agua superficial anormalmente cálida por corrientes geostroficas, las cuales se asocian con el gradiente de la profundidad de la termoclina (Wyrтки, 1975b).

En el primer caso, se espera la disminución en el aporte de nutrientes, en la producción y en la abundancia de células. Por otro lado el cambio e interacción de masas de agua debe verse reflejado presentando cambios en la estructura y organización de la comunidad del fitoplancton, como respuesta a los cambios sensibles en sus asociaciones y en la distribución de especies, así como en la abundancia. La hipótesis de trabajo es, "El Niño" de 1982-83 disminuye la abundancia de fitoplancton y provoca cambios en la estructura de la comunidad, persistiendo estos cambios hasta 1984.

La tendencia principal de desarrollo durante varios eventos El Niño indica un máximo entre agosto y octubre en las anomalías del nivel del mar para el Golfo de California y Pacífico sur de México y a los índices de la Contracorriente Nortecuatorial comparada con la evolución de un "El Niño" "normal", descrita por Rasmusson y Carpenter (1982), frente a las costas de Perú, está ilustrada en Baumgartner y Christensen (1985). Para la Costa

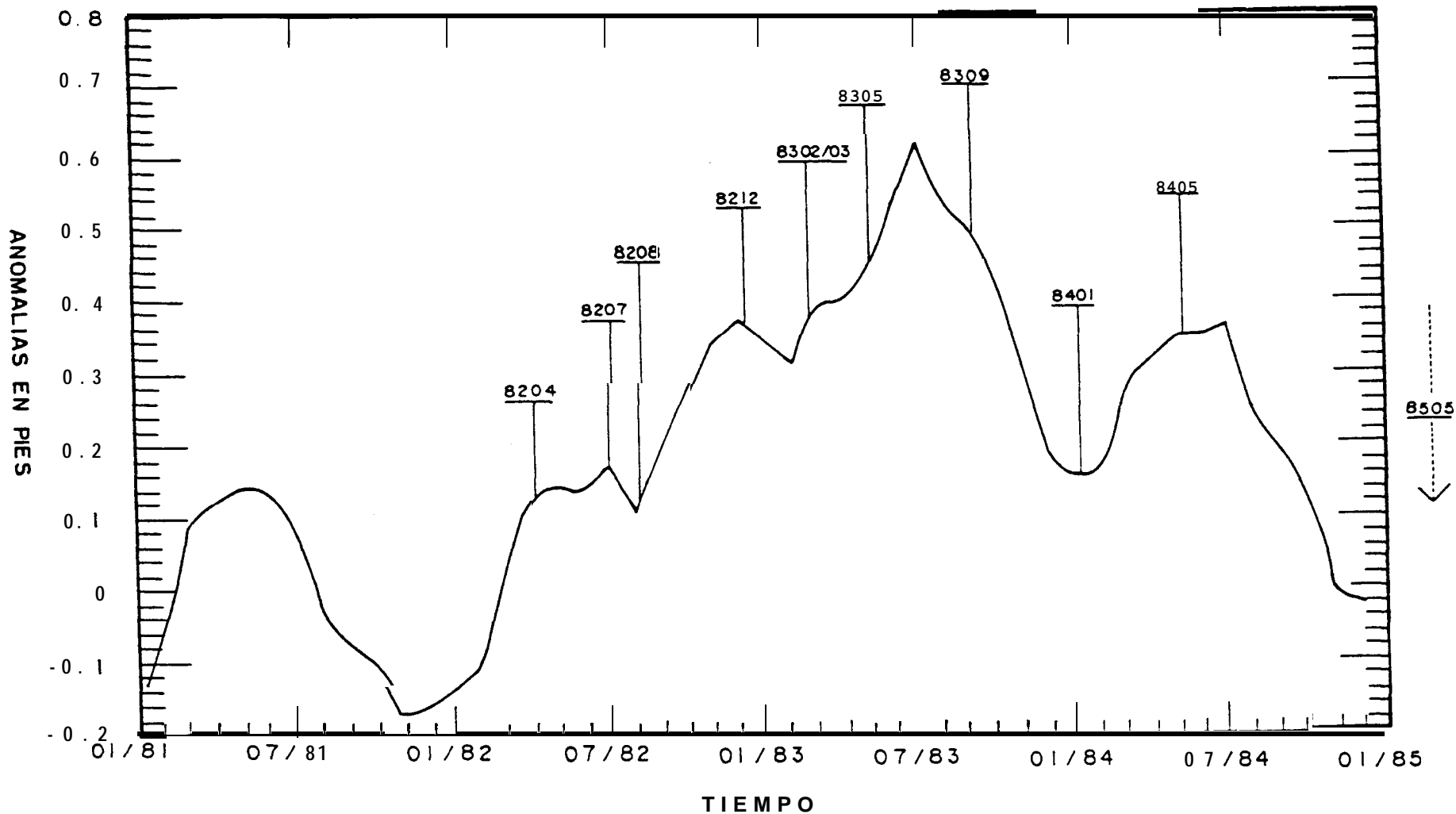


Fig.4 Anomalia del nivel del mar para 1. Cedros B.C.S. (1976-1988). Las flechas indican los cruceros considerados en este trabajo. La línea punteada corresponde a la serie original y la continua a los promedios móviles (p.m.5).

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
 CIENCIAS Y ARTES
BIBLIOTECA
 I.P.N.
 DONATIVO 13

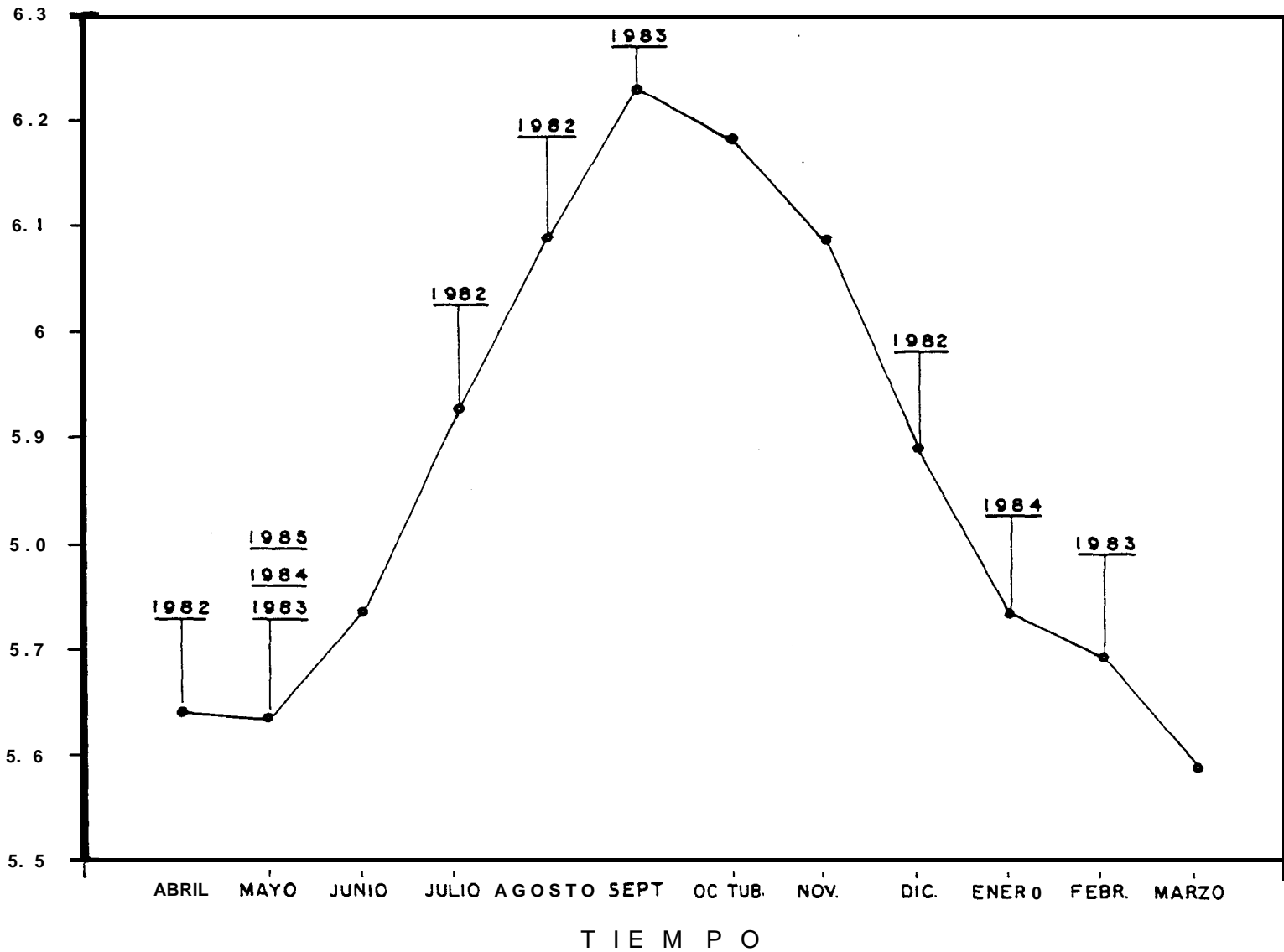


Fig.5 Nivel del mar promedio. Ciclo anual (1974-86) para Cabo San Lucas B.C.S., México. **Los** años indican la cobertura estacional de este ciclo con los cruceros realizados en estos años.

Occidental de Baja California, existe un ligero defasamiento en la ocurrencia de **los** estadios en el evento de 1982-83 con respecto a el esquema anterior como lo podemos observar en la Fig. 4. Los períodos de muestreo cubren en buena proporción el progreso de la evolución del evento (Fig. 4) y la estacionalidad del ciclo anual del clima oceánico indicado por el nivel del mar (Fig. 5). El plan de muestreo permite darle respuesta a las siguientes interrogantes: Cuales especies estuvieron presentes durante los estadios: “onset” o inicio (1982), **desarrollo**-maduración (1983), maduración-decaimiento (1984) y post “El Niño” (1985)?, Existió algún patrón de asociación para las especies en estos años, de ser así cual fue este?, Cual fue el posible origen de las especies “raras”?, Cual fue el efecto de “El Niño” sobre la abundancia del fitoplancton?, y por último, Que fracción (micro o nanofitoplancton) fue más significativa en este período?.

VII. OBJETIVOS.

Los objetivos principales son:

Distinguir los cambios interanuales en la comunidad del fitoplancton de los cambios del ciclo anual y establecer una relación entre cambios físicos en el ecosistema con la producción y estructura del fitoplancton . Para lograr estos objetivos principales se organizó el trabajo y análisis según los siguientes objetivos específicos:

- a) Describir la variación espacial de la distribución de la abundancia del **nano** y microfitoplancton de botella de 1982-1985.
- b) Describir la variación espacial de la composición del fitoplancton de red de 1982-1985.
- c) Describir la variación anual de fitoplancton de red para 1982.
- d) Describir la variación interanual para la primavera de 1982-1985.

VIII. MATERIAL Y METODOS.

VIII. 1. Muestreo

Se tomaron dos tipos de muestras en cada uno de los cruceros, una fue a través de un arrastre superficial con red para fitoplancton de 55 micras de luz de malla (sin flujometro), haciendo arrastres circulares de 5 minutos. La otra consistió en la toma de un litro de agua superficial con una botella Niskin de 1.8 l de capacidad. Los dos tipos de muestras se fijaron con una solución de formol al 4% y se neutralizaron con una solución saturada de borato de sodio.

Los datos de temperatura y salinidad de 1982 provienen del Atlas CICIMAR No. 3 (Jiménez y Cervantes, 1985). El resto de información proviene de las bitácoras de los cruceros correspondientes, excepto los perfiles de temperatura y salinidad de mayo de 1985, los cuales fueron tomados de Salinas (1987).

Como apoyo a este trabajo se consideraron varias series de datos físicos:

	Fuente
a) Nivel del mar de Ensenada (1957-87)	CICESE
b) Nivel del mar de C. S. Lucas (1974-86)	CICESE
c) Nivel del mar de I. Cedros (1976-88)	CICESE
d) Indices de surgencias (1981- 1986)	NOAA (Anónimo, 1990)
e) Temperatura superficial del mar (1971-1987)	(Cole y MacLain, 1989)

VRI.2. Laboratorio

Las muestras de botella se analizaron cuantitativamente (en micro y nanofitoplancton) por medio del método de Utermohl (Hasle, 1978). Para ello se utilizó un microscopio invertido Zeiss y cámaras de sedimentación de 25 y 100 ml según la densidad de células en la muestra. Se hicieron conteos del número total de células a 400 ampliaciones. Se midió el tamaño de las células a través de una reglilla graduada para clasificar las células en los grupos de **nano** (< 20 micras) y **microfitoplancton** (> 20 micras) siguiendo el criterio propuesto por Malone (1980).

Las muestras de red se analizaron cualitativamente por medio de placas húmedas. Se registró la frecuencia con la que aparecieron cada una de las especies, considerando una muestra mínima de 250 y 350 células , al final se recorrió toda la placa para verificar que no quedaran especies raras sin identificar. La identificación se hizo a 400 y 1000 ampliaciones , utilizándose principalmente los siguientes trabajos: para diatomeas; Cupp (1943), Licea Durán (1974), Sundstrom (1986), Hustedt (1930, 1959); para **dinoflagelados**; Schiller 1933, Sournia (1967), Wood (1968), Taylor (1976); para **silicoflagelados**; Murray y Schrader (1983).

VIU.3. Diseño del análisis de datos

Para establecer el marco ambiental de los cruceros se analizaron los datos temporal y espacialmente de la siguiente manera:

- a) Se construyeron mapas de isolíneas de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y salinidad (ppm) superficial para cada crucero. Las figuras de la distribución vertical de estos parámetros (perfiles) se construyeron con el programa para PC Golden Graphic.
- b) Se calculó el ciclo anual y anomalías de temperatura utilizando la serie de promedios mensuales de temperaturas superficiales para zonas costeras entre $24\text{-}27^{\circ}\text{C}$ de Cole y McLain (1989).
- c) El ciclo anual y anomalías del nivel del mar se obtuvieron a partir de los promedios mensuales del nivel del mar para Cabo San Lucas en el período comprendido entre 1974-86.
- d) Los promedios mensuales de Índices los (1981-1986) de surgencias corresponden al punto de registro ubicado en las coordenadas 24°N , 113°W . Los valores positivos representan en una relación directa el volumen de agua transportado hacia afuera de la costa en la capa superficial de Ekman (Bakun y Nelson, 1977). Por el contrario los valores negativos representan convergencia hacia la costa.
- e) La asignación de los tipos de agua se hizo siguiendo el criterio propuesto por Wyrski (1967).

VIK3.1. Comparación dentro de cada muestreo

Con base en la densidad total y la composición específica se definió la estructura de la comunidad. Para describir la heterogeneidad dentro de los muestreos, se utilizaron los siguientes parámetros:

- a) Distribución de la abundancia (densidad) del micro y nanofitoplancton
- b) Diversidad, representada por índice de Shannon-Wiener (H'), (Peet, 1974).
- c) Índice de valor de importancia de las especies
- d) Análisis de clasificación modo Q sobre la matriz de similitud (Jaccard) y con la estrategia de clasificación de pares promediados.

VIU.3. Diseño del análisis de datos

Para establecer el marco ambiental de los cruceros se analizaron los datos temporal y espacialmente de la siguiente manera:

- a) Se construyeron mapas de isolíneas de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y salinidad (ppm) superficial para cada crucero. Las figuras de la distribución vertical de estos parámetros (perfiles) se construyeron con el programa para PC Golden Graphic.
- b) Se calculó el ciclo anual y anomalías de temperatura utilizando la serie de promedios mensuales de temperaturas superficiales para zonas costeras entre $24\text{-}27^{\circ}\text{C}$ de Cole y McLain (1989).
- c) El ciclo anual y anomalías del nivel del mar se obtuvieron a partir de los promedios mensuales del nivel del mar para Cabo San Lucas en el período comprendido entre 1974-86.
- d) Los promedios mensuales de índices los (1981-1986) de surgencias corresponden al punto de registro ubicado en las coordenadas 24°N , 113°W . Los valores positivos representan en una relación directa el volumen de agua transportado hacia afuera de la costa en la capa superficial de Ekman (Bakun y Nelson, 1977). Por el contrario los valores negativos representan convergencia hacia la costa.
- e) La asignación de los tipos de agua se hizo siguiendo el criterio propuesto **por Wyrcki (1967)**.

VJII.3.1. Comparación dentro de cada muestreo

Con base en la densidad total y la composición específica se definió la estructura de la comunidad. Para describir la heterogeneidad dentro de los muestreos, se utilizaron los siguientes parámetros:

- a) Distribución de la abundancia (densidad) del micro y nanofitoplancton
- b) Diversidad, representada por índice de Shannon-Wiener (H'), (Peet, 1974).
- c) Índice de valor de importancia de las especies
- d) Análisis de clasificación modo Q sobre la matriz de similitud (Jaccard) y con la estrategia de clasificación de pares promediados.

El índice de valor de importancia de las especies dominantes refleja la influencia que ejercen éstas en la estructura de comunidad. Este valor asume una correspondencia entre la fracción de espacio que la especie ocupa, la fracción de recursos o energía que utiliza y la fracción de la productividad que genera (Whittaker, 1975). Para este estudio la dominancia se refiere a la información de la abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia relativa de las especie por crucero. Sus valores varían entre 0- 200 (Franco, 1985).

La selección del índice de similitud (Jaccard) de tipo cualitativo estuvo fundamentada en el interés de conservar las especies poco frecuentes en el análisis de clasificación.

Los mapas de distribución de la abundancia del fitoplancton se hicieron con los datos transformados a logaritmos naturales, ya que resulta difícil representar en espacios pequeños intervalos de magnitudes grandes.

VIII.3.2. Comparación entre muestreos

En principio se utilizaron los resultados de los parámetros anteriores como apoyo en la descripción de los cambios entre muestreos. Adicionalmente para el análisis entre muestreos se requirió de una medida de similitud, como el **índice** de Jaccard; posteriormente se aplicó el método de clasificación. utilizando el de análisis de grupos (Cluster Analysis); a partir de la matriz de similitud (Índice de Jacard), se aplicó el método de pares promediados de Sokal y Sneath (1963) para construir el dendrograma (clasificación divisiva) que agrupó las muestras con asociaciones de especies similares (modo Q). Con este método, se compararon muestras de los años 1982 y 1983 para elucidar el ciclo anual, de primavera para los años 1982-85, verano de 1982-83 e invierno para 1982-84 para describir la variación interanual de las épocas especificadas de ciclo anual,

Con el propósito de resumir la información de la composición específica y describir sus cambios se recurrió al método de componentes principales, el cual se utilizó para encontrar las asociaciones de especies características del ciclo anual de 1982 y la variación interanual de grupos recurrentes entre 1982-85. Esta erramienta estadística (Crisci y López, 1983) genera un grupo nuevo de variables hipotéticas (los componentes principales), los cuales son combinaciones lineales de las variables originales y tienen las siguientes propiedades: a) no están correlacionados entre sí, y la proporción de la **varianza** total del grupo de datos explicada por cada componente sucesivo es máxima; b) El número de dichos componentes depende de la cantidad de caracteres originales y el número máximo posible es igual o menor al número de estos último.

Debido al gran número de especies poco frecuentes se tomó el criterio de mantener en el análisis sólo a aquellas especies que estuvieron en al menos el 10 % de las muestras, ya que las especies raras aumentan la variabilidad total sin contribuir significativamente a la información que se obtiene sobre el área (Figueiras y Neill, 1987). En el caso del análisis de la variación entre años, se decidió agrupar a varias especies de afinidad tropical del genero *Ceratium*, debido a la baja frecuencia con la que se presentaron y a su importancia ecológica.

Considerando las grandes diferencias en el “standing stock” en el fitoplancton de red entre 1982-85 (lo cual impidió en muchos casos completar el número de células que requería la muestra mínima debido a las bajas densidades), y a que los conteos de fitoplancton no siguen una distribución normal se transformo la matriz por el Logaritmo de base 10 (Log,,).

IX. RESULTADOS

IX.1. Variación en la estructura física del ecosistema

Este trabajo describe dos escalas principales que regulan la abundancia y las especies del fitoplancton de la Costa Occidental de Baja California Sur. Estas escalas son: a) la del ciclo anual y b) la interanual.

Un buen indicador de la circulación regional y a lo largo del ciclo anual es el nivel medio del mar , el cual representa o es una función de los cambios dinámicos de la circulación oceánica y la temperatura (Fig.6c). Sin embargo hay que considerar que inmersa en el ciclo anual se encuentra la variación interanual (Fig. 6a). Esta última se puede representar como anomalía mensual e indica los cambios a gran escala (> 1000 kilómetros) (6b).

Asumiendo que el océano adyacente a la península esta acoplado a los cambios a gran escala que se dan en mar abierto, entonces podemos considerar que las modificaciones en el ciclo anual son un reflejo de la respuesta a las alteraciones estacionales a esa escala, de manera que la variabilidad que se observó en esta señal durante el período de estudio se le atribuye a El Niño de 1982-83. A excepción de septiembre de 1983, El Niño mencionado implicó un período de anomalías positivas del nivel del mar de aproximadamente dos y medio años. Principiando en abril de 1982 y terminando en noviembre de 1984 (Fig.6b). El inicio de estas anomalías fue previo al inicio del calentamiento, lo que puede estar reflejando otro tipo de proceso dinámico oceanográfico (ajuste geostrófico).

Por otro lado, el ciclo anual de la temperatura presenta un comportamiento semejante al del nivel del mar, con las temperaturas mensuales promedio más bajas, en los meses de marzo-mayo y las temperaturas máximas en septiembre, nos permiten ver en sus anomalías que la tendendencia de calentamiento mostrada en este estudio fue bimodal con una declinación abrupta durante 4 meses, a partir de agosto de 1983, la cual precede un período final de menor calentamiento en 1984 (Fig 7b). Excepto por un pequeño cambio de situación en mayo de 1983, el período de calentamiento entre 1982-83 persistió entre 10-11 meses.

En esta costa, a lo largo del año, la principal fuente de variabilidad bajo condiciones de vientos favorables es la producción de afloramientos de agua profunda, fría y rica en nutrientes. Las diferencias en el medio ambiente físico relacionadas con los ritmos de estos

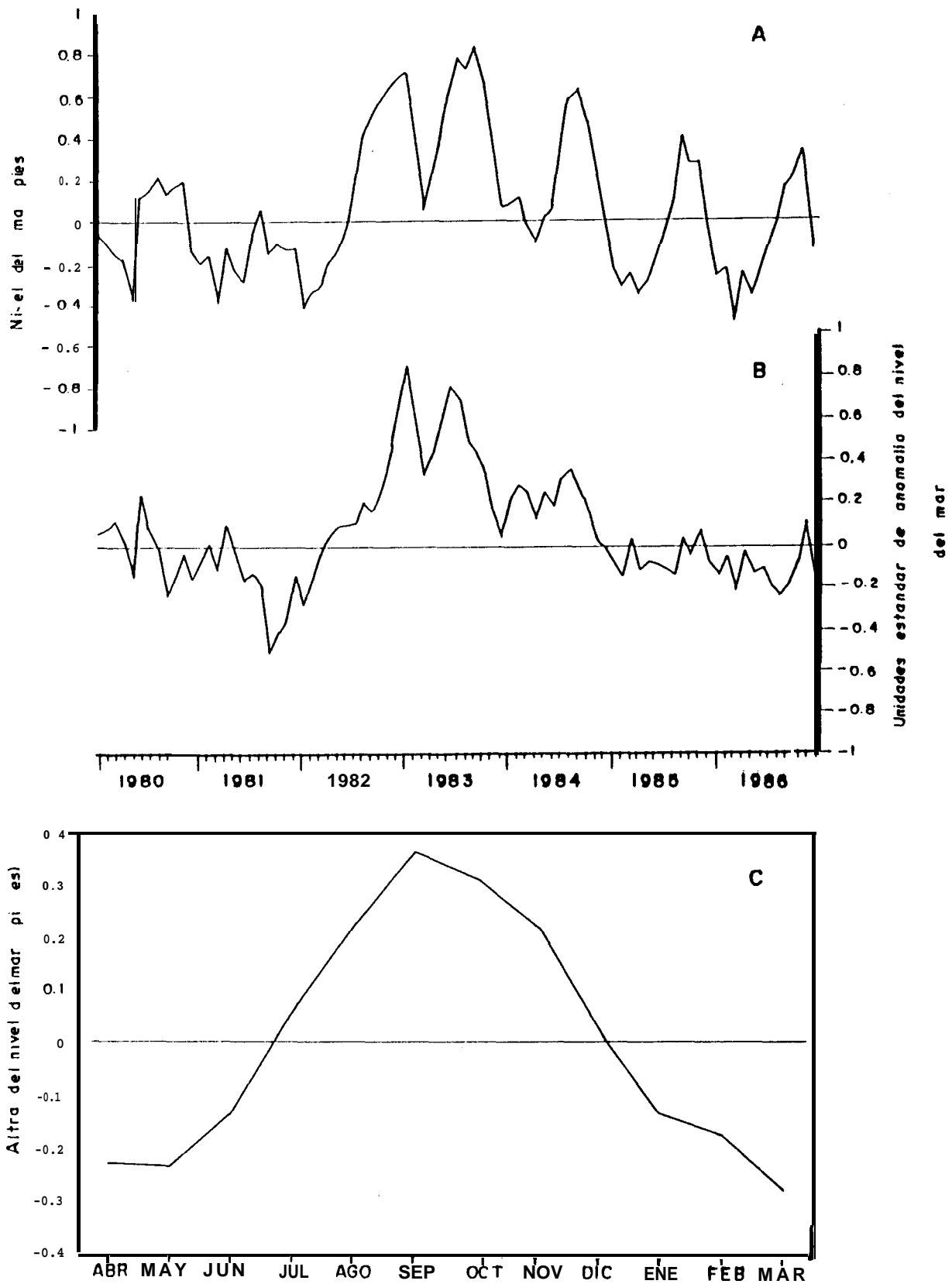


Fig.6 Nivel del mar para Cabo San Lucas en el período 1974-1986 (A); Anomalia del nivel del mar (B); Ciclo anual del nivel del mar (C).

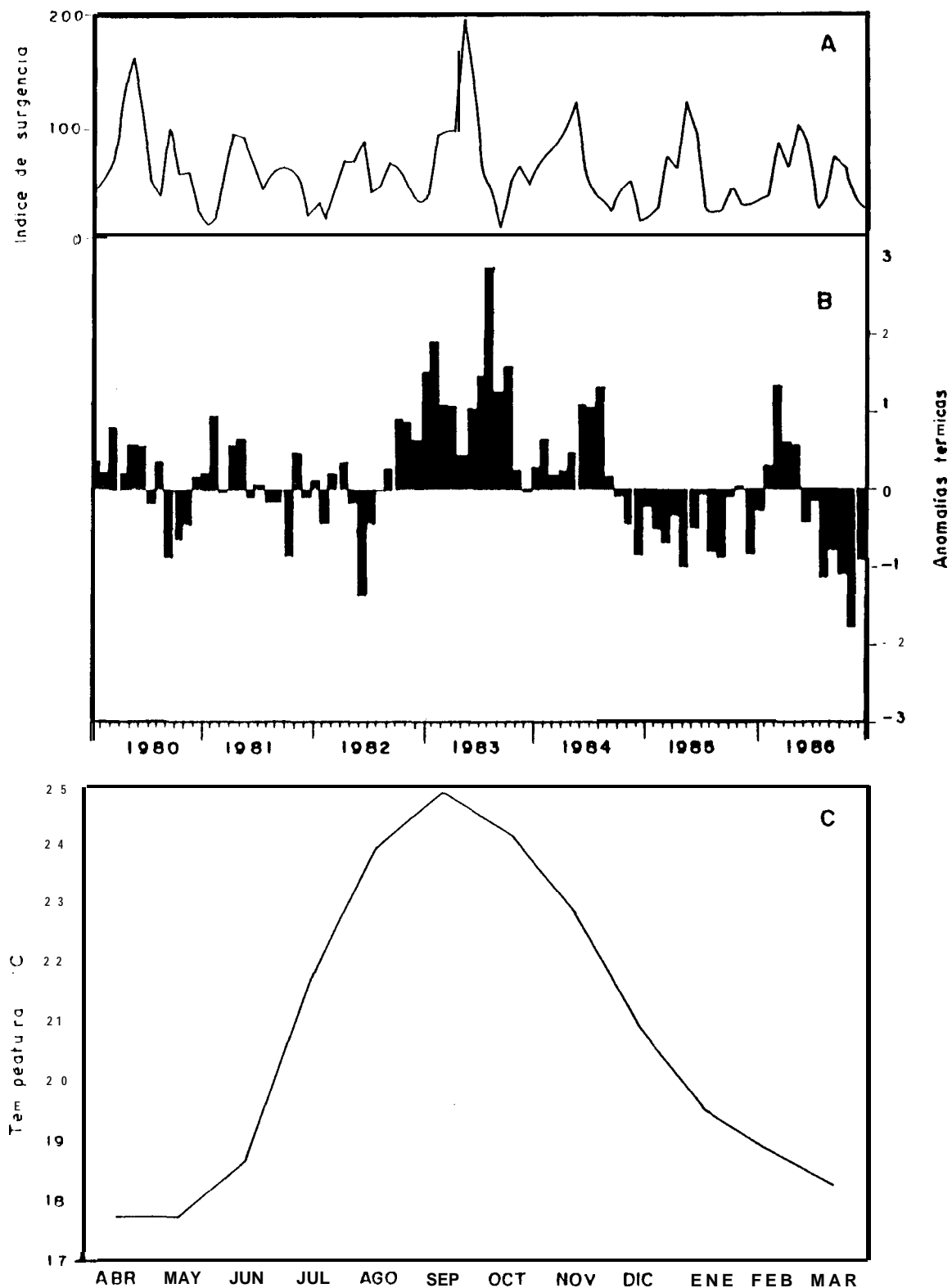


Fig.7 Índices de surgencias (promedio mensual) para 24N,116W en metros cúbicos por seg. por 100 m de línea de costa (A); Anomalía térmica en °C en el período 1971-1987 para 24-27 °N (B); Ciclo anual de temperatura (C).

afloramientos pueden verse reflejadas de alguna manera en el **índice** de surgencias, debido a que los valores positivos de este representan una relación directa del volumen de agua transportado hacia afuera de la costa. La serie de estos **índices** entre 1980-1986, nos muestra que de 1980 a finales de 1982 se presentó una disminución en los valores de los **índices**, incrementándose posteriormente hasta junio de 1983, en donde fueron incluso mayores que los registrados **al inicio de** la serie (Fig.7a). En septiembre de este mismo año se presentó el mínimo de los promedios mensuales para este intervalo de tiempo. En tanto que de 1984 a 1986 sus magnitudes se aproximaron más a los valores de 1980, aunque sin llegar a ser tan altos. En todos los años se conservó el patrón descrito, para este proceso físico, en donde mayo y junio fueron los meses de mayor intensificación de surgencia de agua.

AÑO 1982

El análisis de los datos oceanográficos, de los cruceros considerados para este estudio, confirman para la primavera de 1982, la presencia de un proceso de afloramiento costero de agua profunda, el cual se refleja en la distribución de la temperatura, ya que los mínimos se localizaron cerca de la costa (Fig.8). Como consecuencia del afloramiento de agua fría (15.9 °C) se formó un frente entre esta agua y la oceánica más cálida (18.5 °C). El perfil de temperatura nos muestra que el afloramiento se dio frente a Cabo San Lázaro.

Al finalizar este proceso durante el mes de julio, la situación se modifica debido al hundimiento del agua relativamente fría y más densa y su substitución por agua menos densa (mayor salinidad y temperatura) desde la región más oceánica, la cual presenta características más cercanas a las del agua del Pacífico Central (34.6 ppm y 24 °C). Esta situación crea un gradiente costa-océano semejante al de abril (Fig.9). Además de otro en el sentido **norte-sur**, como consecuencia de la presencia de agua de la Corriente de California, a la altura de Cabo San Lázaro. Al parecer el agua de menor salinidad y temperatura (33.7 ppm y 19 °C) se hunde en este sitio, como lo señalan los perfiles, siendo posible encontrar agua de estas características, a 50 metros de profundidad al sur de Bahía Magdalena. Otro aspecto importante de señalar es la presencia en las estaciones más costeras al sur de la Bahía de agua de la Contracorriente (34.4 ppm y 23 °C).

Mientras que para el mes de agosto la distribución de la temperatura y salinidad superficial, con valores entre 24-28 °C y entre 34.1-34.9 ppm respectivamente nos permite observar un gradiente norte-sur más conspicuo, el cual separa hacia el norte, agua modificada de la Corriente de California. Esta agua pierde su identidad al encontrarse y mezclarse con el agua Tropical de la Contracorriente, que para estas fechas había alcanzado la zona de San Juanico (Fig. 10). Frente a Bahía Magdalena en las estaciones **más** oceánicas, se noto la influencia de la Corriente de California ya que la salinidad y la temperatura fueron ligeramente menores. El perfil de isohalinas nos confirma la presencia de un núcleo de la CC a 50 metros el cual se modifica hacia la superficie.

En diciembre, la distribución superficial de ambos parámetros exhibió agua de

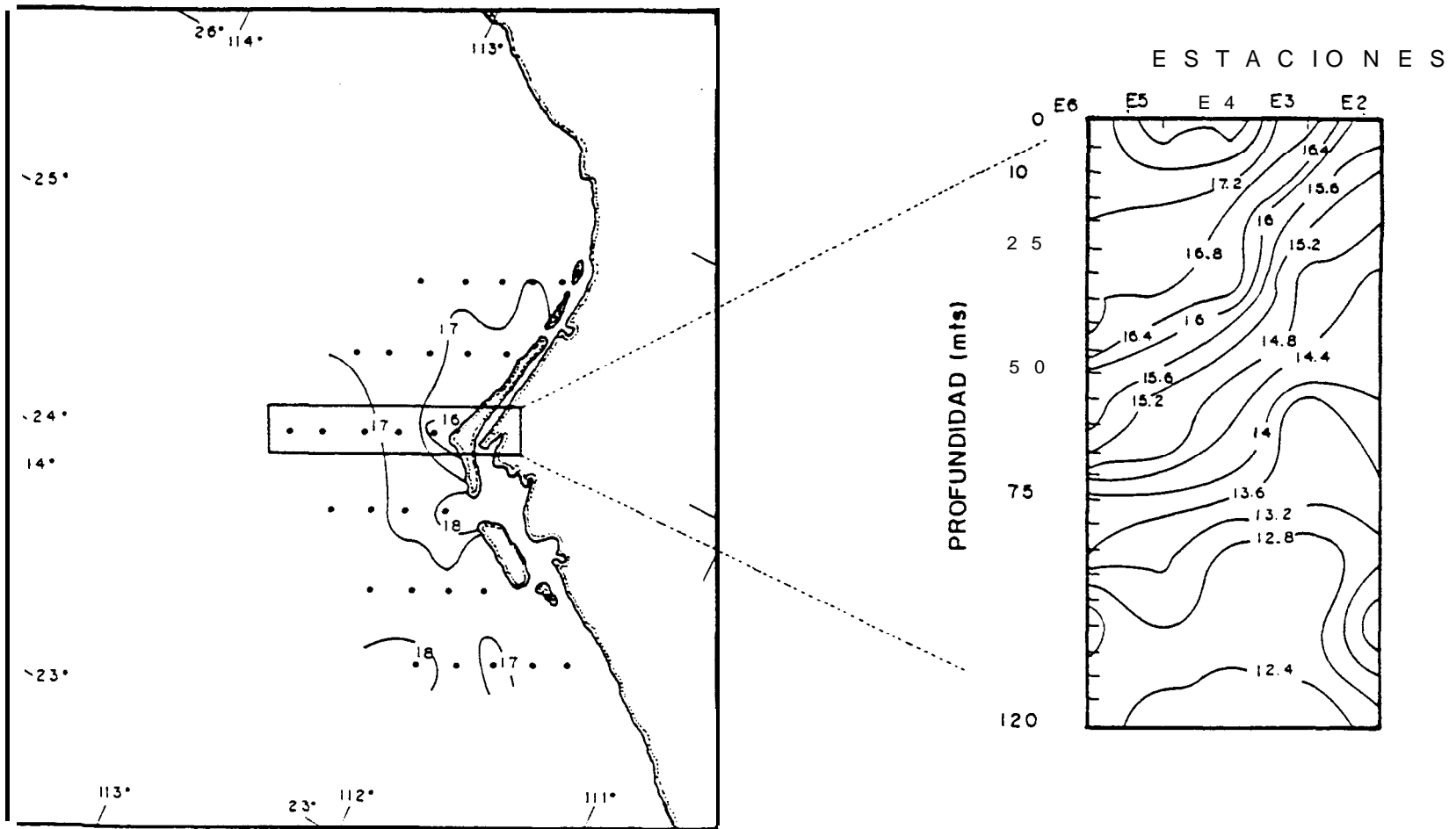


Fig.8 Distribución superficial de temperatura (°C) superficial (a) y perfil para abril de 1982.

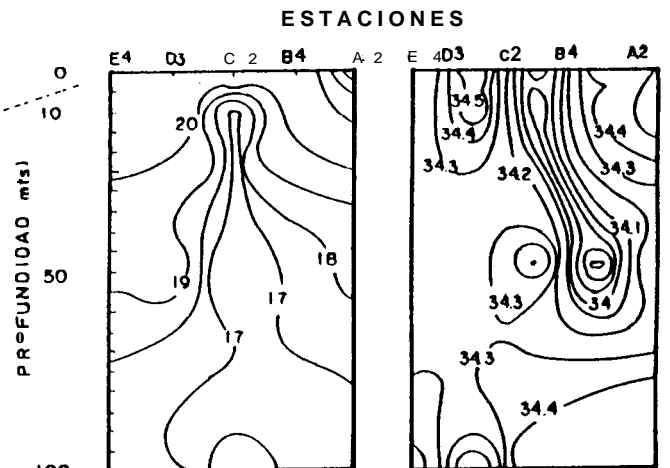
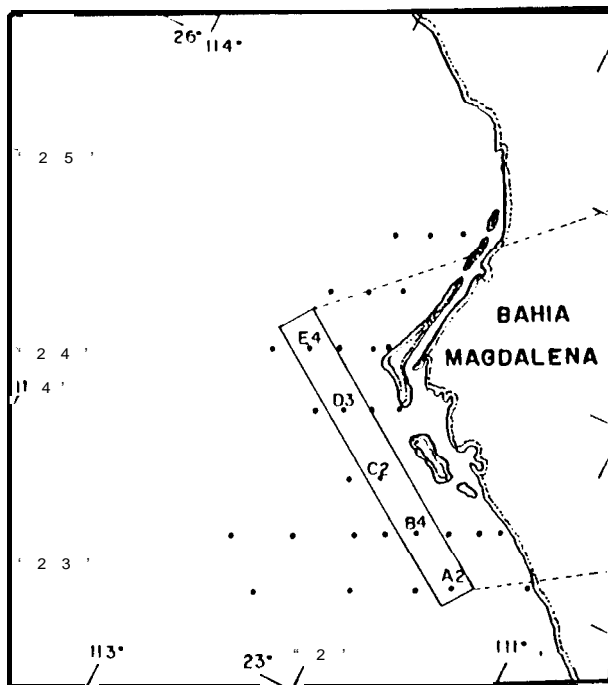
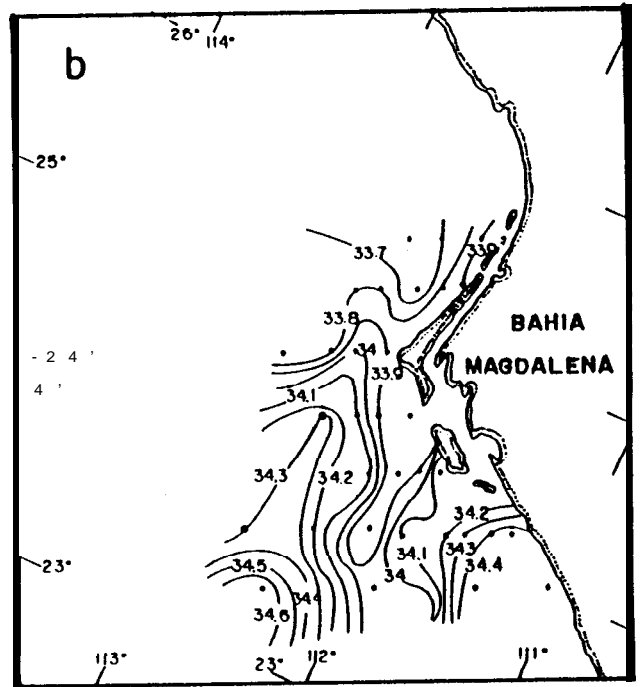
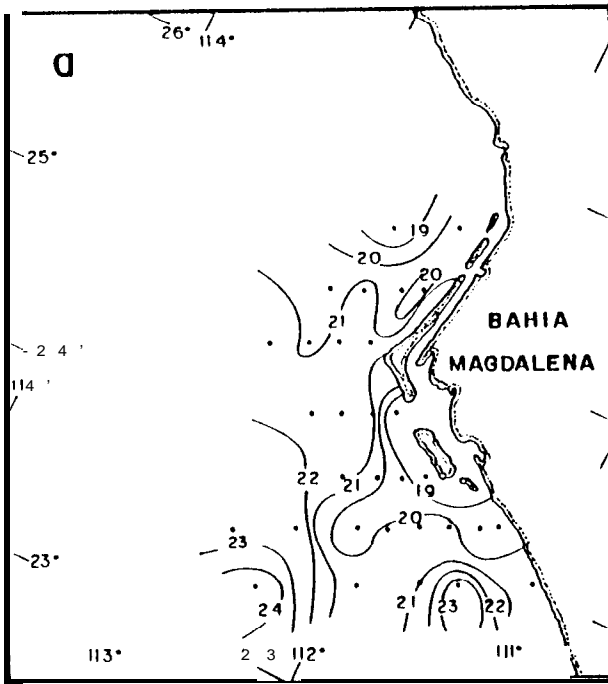


Fig.9 Distribución superficial de: Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (a); Salinidad (ppm) (b) y perfil de ambos factores para julio de 1982.

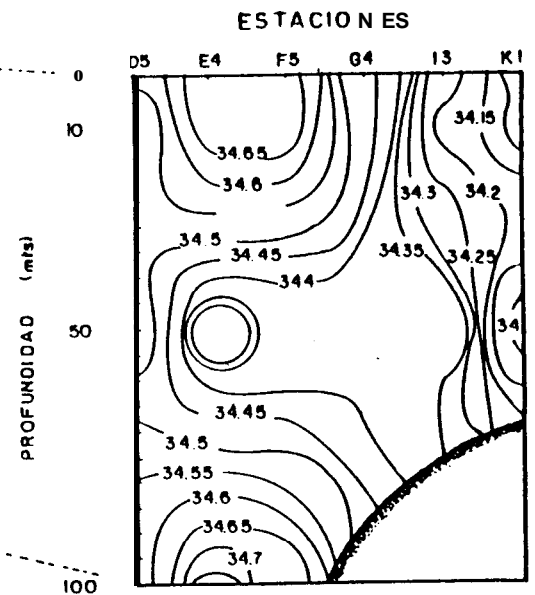
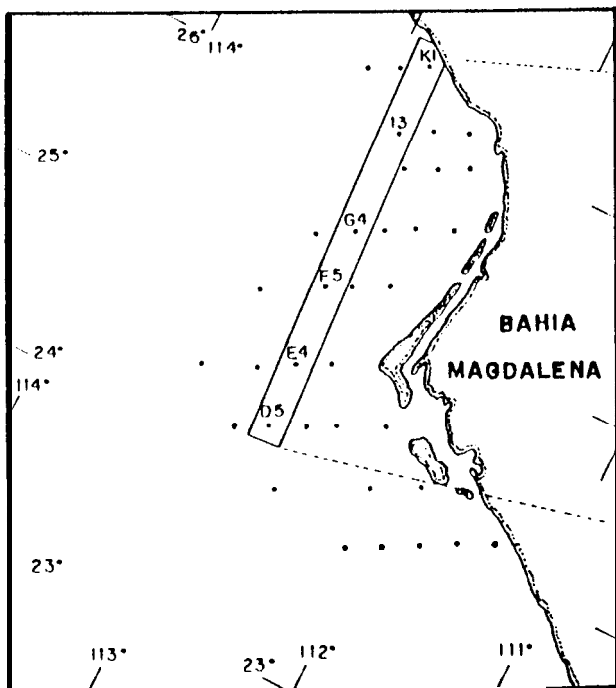
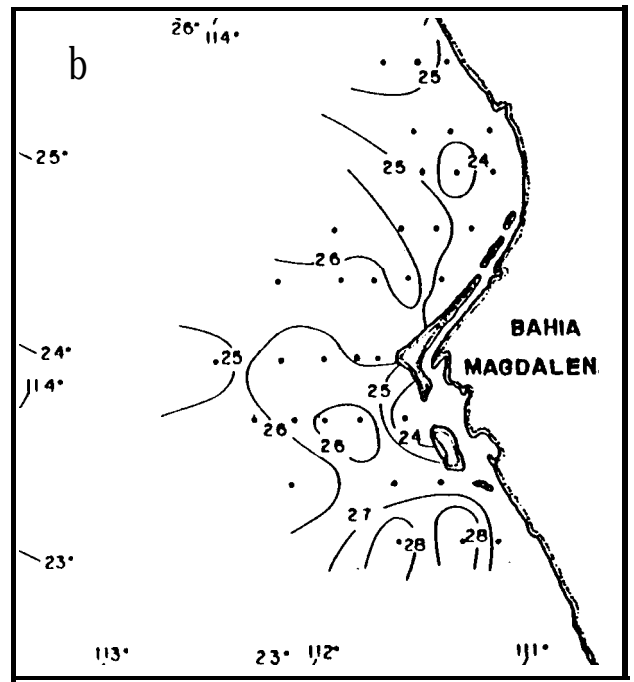
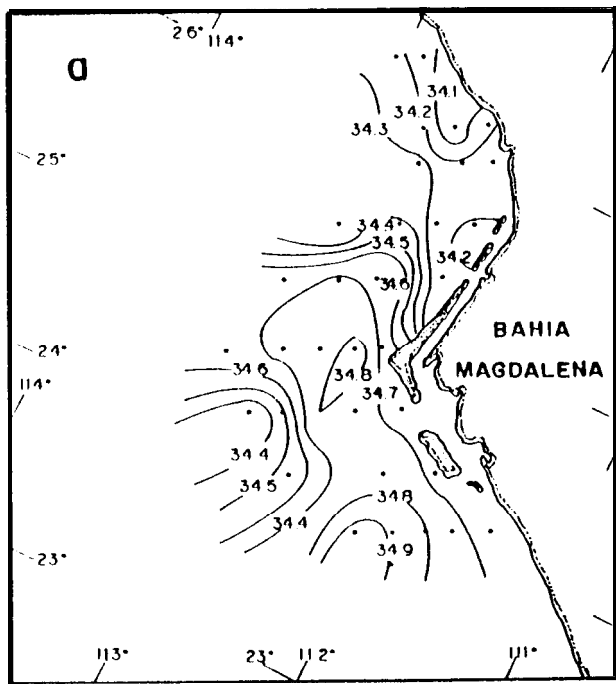


Fig.10 Distribución superficial de: Salinidad (ppm) (a); Temperatura ($^{\circ}$ C) (b) y perfil de salinidad (ppm) para agosto de 1982.

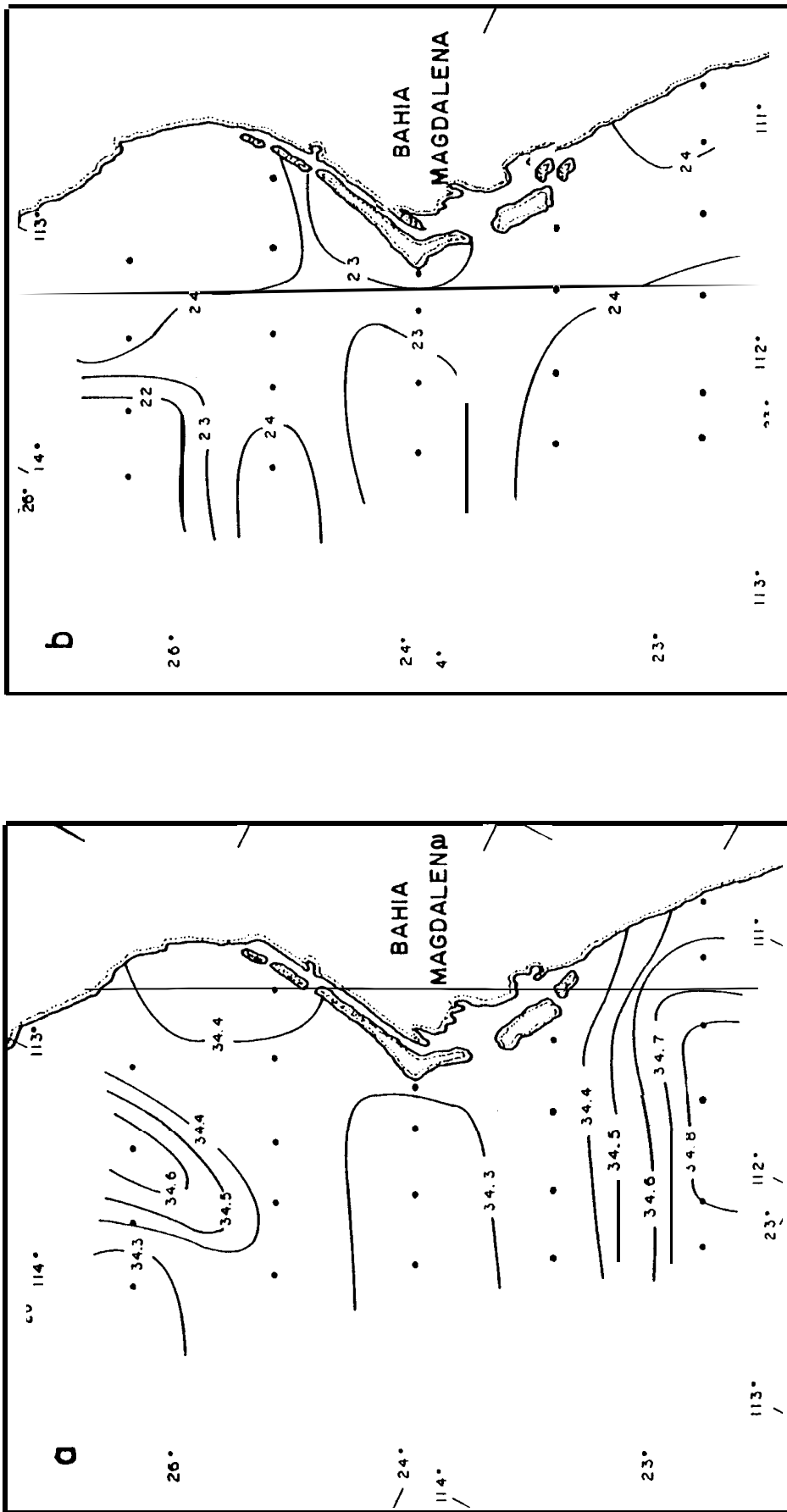


Fig.11 Distribución superficial de: Salinidad (ppm) (a) y Temperatura (°C) para diciembre de 1982.

salinidad ligeramente menor en la parte norte, en las estaciones más alejadas de la costa y frente a Cabo San Lázaro, mientras que en el resto del área se presentó agua tropical modificada (Fig. 11). En comparación con agosto la temperatura mostró un ligero descenso (22-24 °C) en tanto que la salinidad permaneció aproximadamente dentro del mismo intervalo (34.3- 34.8 ppm).

AÑO 1983

En febrero de y de acuerdo con la marcha del ciclo anual de circulación, este mes es de transición entre el debilitamiento de la Contracorriente y el establecimiento de la CC, esto se refleja en el gradiente latitudinal que muestran las isotermas, donde las temperaturas más bajas se localizan hacia el norte (Fig 12). Sin embargo el intervalo que mostró esta variable (23-21 °C) estuvo por arriba de la media mensual para esta zona. Adicionalmente fue observada estratificación en la columna de agua, y un aumento en la profundidad de la termoclina hacia el sur entre 75 y 100 metros. En mayo, cuando el nivel del mar y las anomalías de este señalan un avance de la CC, se confirma la presencia de agua de esta corriente en la parte norte de Magdalena (18 °C y 33.6 ppm), formando un frente con el agua tropical modificada (Fig. 13). Como consecuencia de la presencia de estos dos tipos de agua se manifestó nuevamente un gradiente latitudinal, pero mucho más abrupto que en febrero. Además de la superficialización de la termoclina la cual ascendió entre 25 y 50 metros.

En los meses siguientes las anomalías del nivel del mar volvieron a incrementarse hasta alcanzar un máximo en julio. A partir de entonces el nivel del mar tendió a regresar a los valores promedio, lo cual refleja de alguna manera un cambio gradual hacia las condiciones que se tenían antes de iniciar este evento de tropicalización.

Durante septiembre, se presenta el pico del ciclo anual de calentamiento (Fig. 7c), y es justamente en este mes cuando se encontraron los máximos en temperatura superficial y salinidad (35.3 ppm y 29 °C), principalmente en la zona norte y sur del complejo lagunar Bahía Magdalena- Bahía Almejas (Fig. 14).

Otro detalle importante que ocurrió este mes, fue la convergencia de agua oceánica hacia la costa. De lo cual se tiene evidencia en los meandros exhibidos por la distribución de las isolíneas de temperatura y salinidad superficial. Además, de los índices negativos de surgencias, durante los días de muestreo (Fig. 15). El tipo de agua advectada en la parte norte es de menor salinidad, probablemente indicando que es agua modificada de la CC, en tanto que el agua que se presentó frente a Magdalena fue de salinidad más **alta**, la cual posiblemente es agua con características más aproximadas a las del agua del Pacífico Central (Fig. 14). En el perfil de la misma figura se puede observar que había estratificación en el agua, con la termoclina entre 50 y 75 metros. Sin embargo-, la presencia del agua más densa (CC modificada), se hizo evidente en la elevación de las isotermas hacia el norte. Considerando en particular a la isoterma de los 16 °C, esta se encontró en el norte **del** área de estudio alrededor de los 100 mts, mientras que en el sur, estuvo 50 metros más

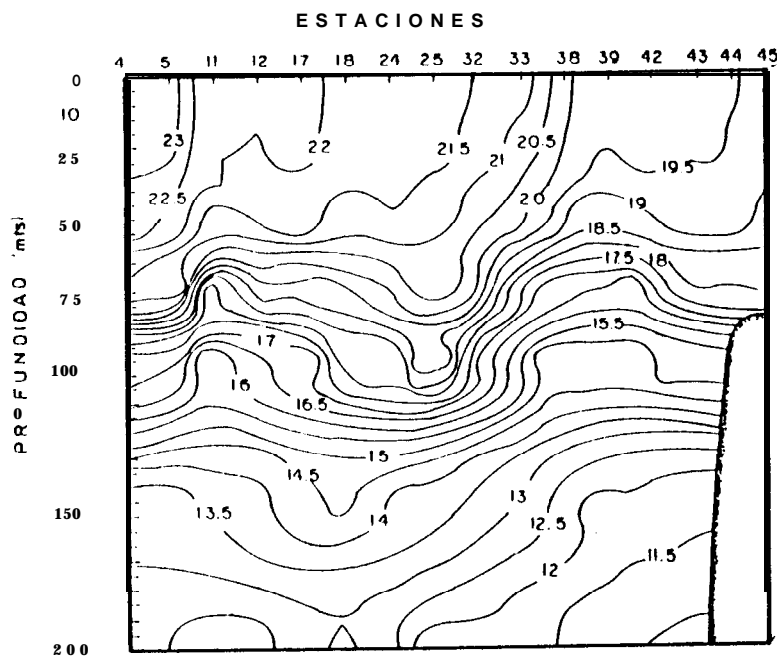
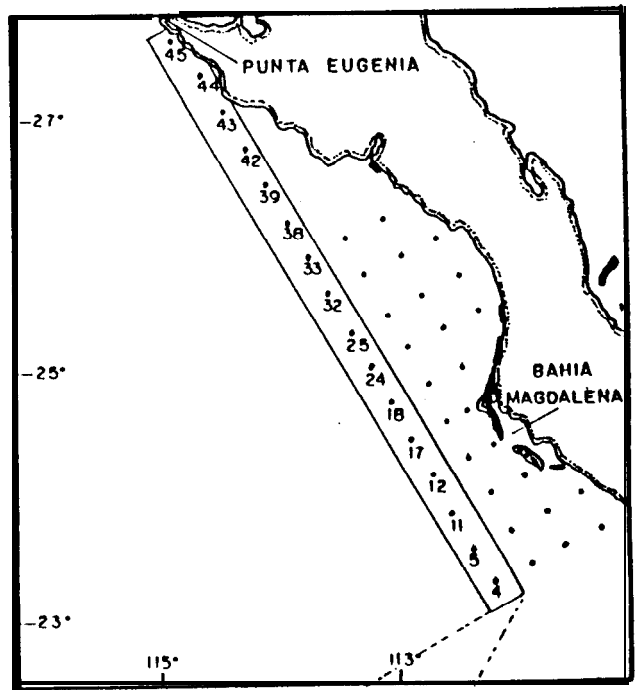
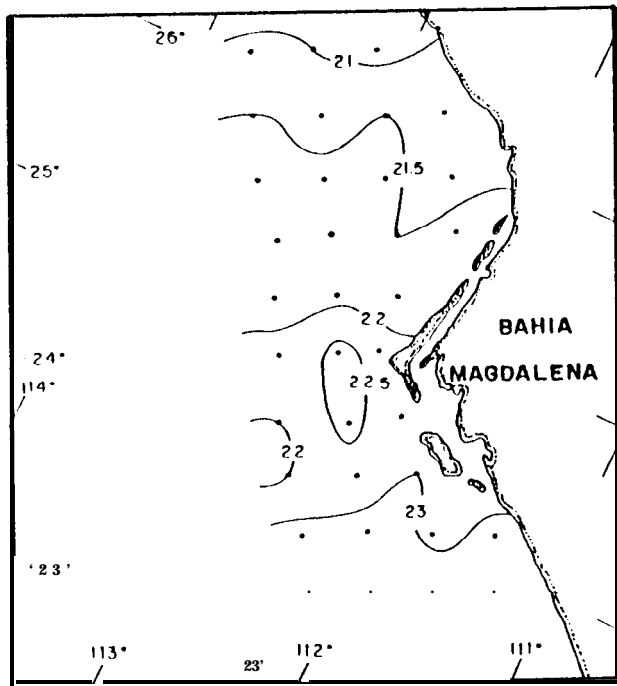


Fig.12 Distribución superficial de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (a) y perfil de temperatura para febrero de 1983.

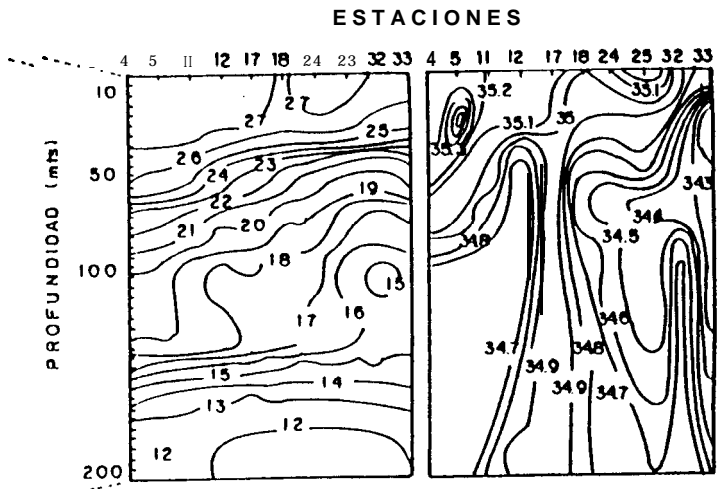
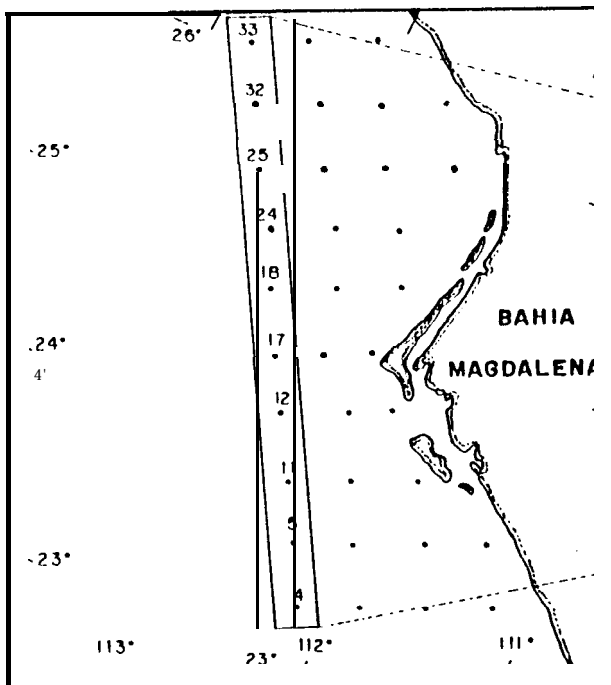
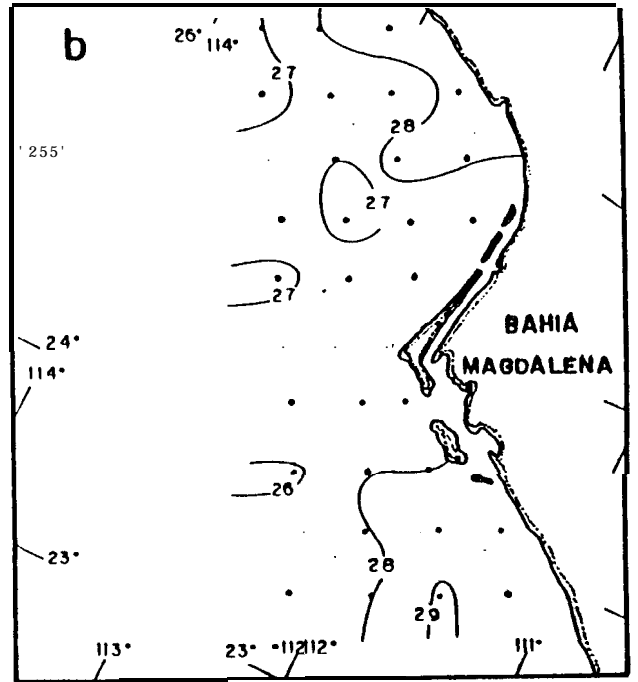
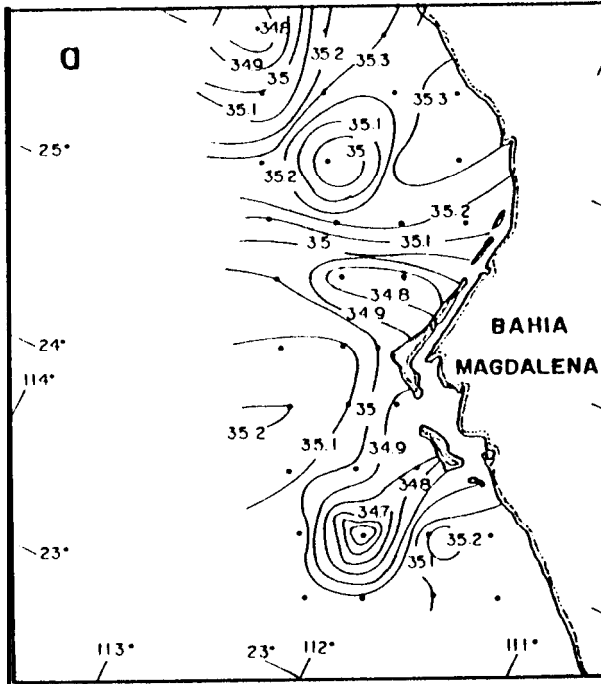


Fig.14 Distribución superficial de: Salinidad (ppm) (a); Temperatura (°C) (b) y perfil de ambos factores para septiembre de 1983.

METROS CUBICOS POR SEGUNDO POR 100 METROS DE LINEA DE COSTA

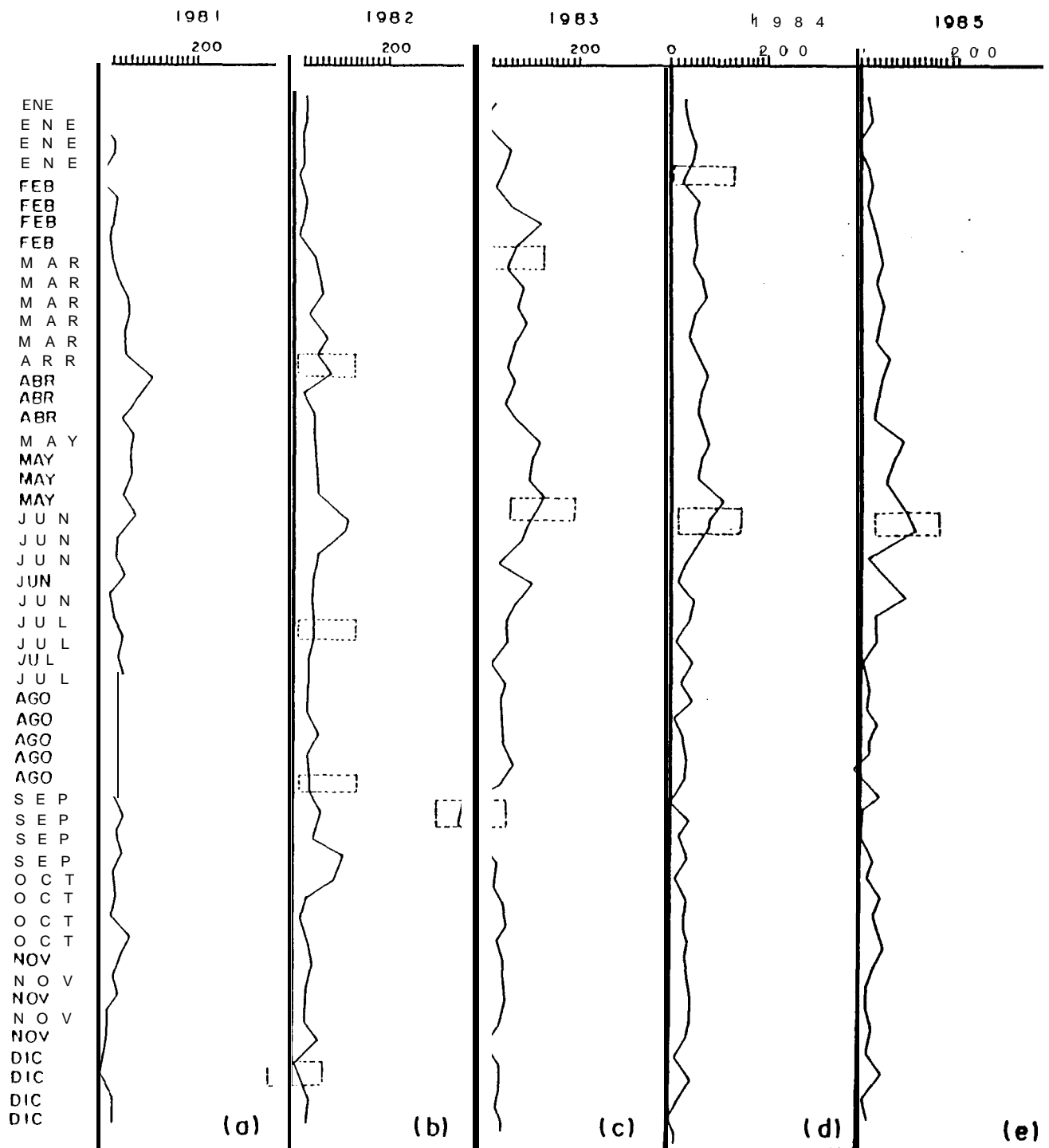


Fig.15 Indices de surgencia (promedio semanal) para 24 °N. 1981 (a); 1982 (b); 1983 (c); 1984 (d); 1985 (e). Los recuadros indican los períodos de muestreo.

profunda.

AÑO 1984

Durante, aproximadamente dos terceras partes de 1984, las anomalías del nivel del mar y de la temperatura fueron evidentes, aunque la magnitud de estas fue la mitad de las que se presentaron el año anterior. En enero, el intervalo de temperatura encontrado para esta zona, estuvo entre 19-21 °C. La distribución de la temperatura, indicada por las isolneas superficiales, nos muestra un gradiente norte-sur con las temperaturas más elevadas hacia el sur (Fig. 16). Mientras que en la columna de agua se puede observar que la termoclina estuvo alrededor de los 75 metros.

Para el mes de mayo y a pesar de que se conservó el mismo tipo de gradiente espacial, el intervalo de temperatura (17-20 °C) disminuyó 3 °C, como consecuencia de la presencia de la CC en casi toda el área de estudio, excepto en la línea de estaciones más sureña, en donde se encontró agua tropical, con temperatura y salinidades (20 °C y 34.9 ppm) más elevadas (Fig. 17). La distribución vertical de estas variables confirman lo dicho anteriormente, además de evidenciar la elevación de la termoclina hasta aproximadamente 50 metros.

AÑO 1985

Esta misma temporada en 1985, nos manifestó condiciones contrarias, es decir tanto las anomalías del nivel del mar como las de la temperatura fueron negativas, aunque las segundas, fueron de magnitud mayor. La temperatura fluctuó entre 14-18 °C (5 °C **menos que** mayo de 1984), presentando un gradiente que se orientó en el sentido costa-océano, en donde las temperaturas menores se localizaron frente a la boca de Bahía Magdalena (Fig. 18). Los perfiles de temperatura y salinidad de esta misma figura, demuestran que este gradiente se formó a consecuencia de un proceso de surgencia, que, de acuerdo con los valores de salinidad (34.2-35.1 ppm) fue advectada desde la Subcorriente.

IX.2. Distribución **espacial y estructura** del fitoplancton

Se identificaron en todo el período de estudio un total de 330 especies de microfitoplancton de red pertenecientes a 69 géneros. La lista general de las especies está representada en la Tabla 1 del apéndice II.

I.X.2.1. CRUCERO 8204

El afloramiento de agua detectado este mes se reflejó en la producción de células y en la distribución de éstas, de manera que las mayores concentraciones se situaron alrededor de esta área, con concentraciones de hasta 1.3×10^6 cel/l, mientras que abundancias menores de 1×10^4 cel/l se presentaron en la parte más oceánica (Fig. 19a,b). La fracción

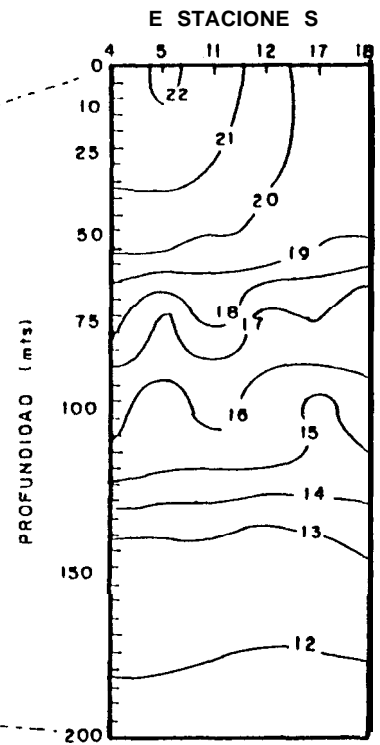
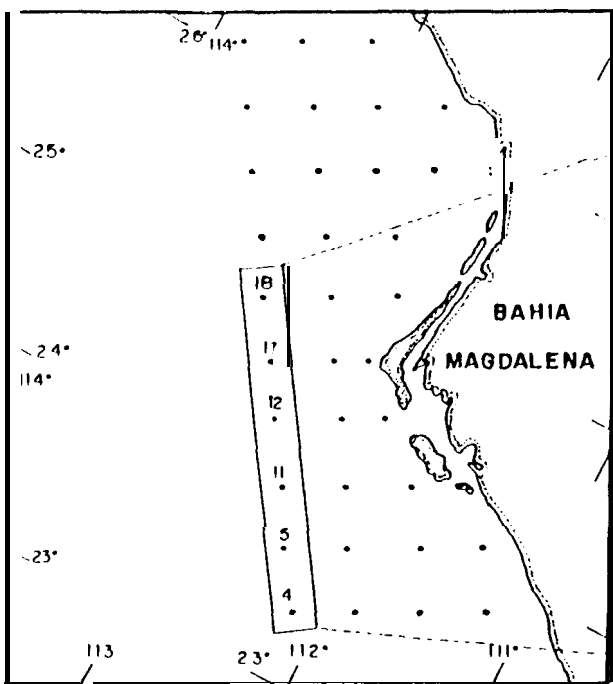
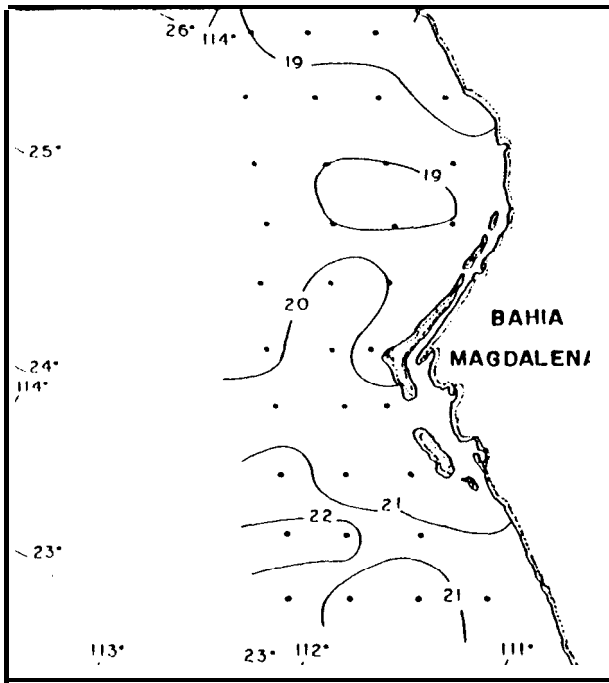


Fig.16 Distribución superficial de temperatura ($^{\circ}$ C) (a) y perfil (b) para enero de 1984.

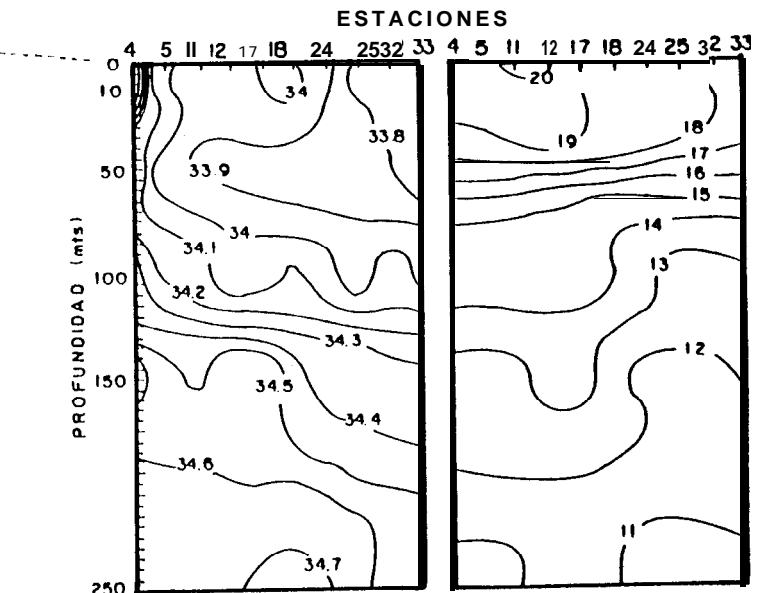
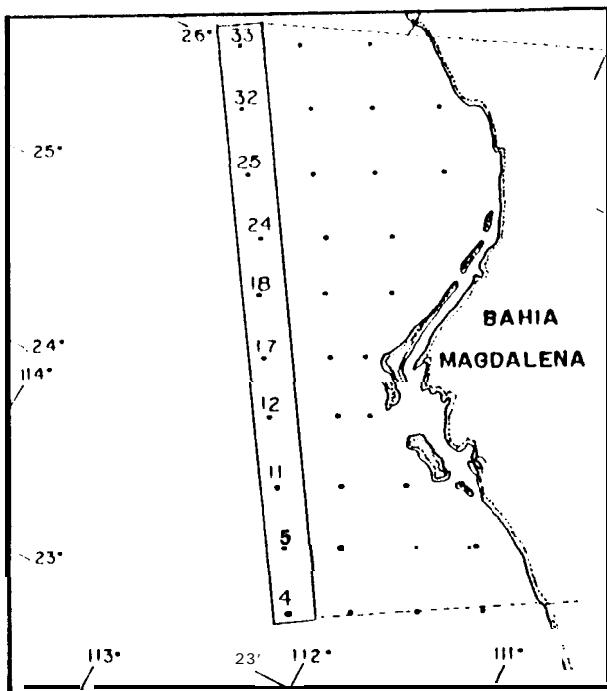
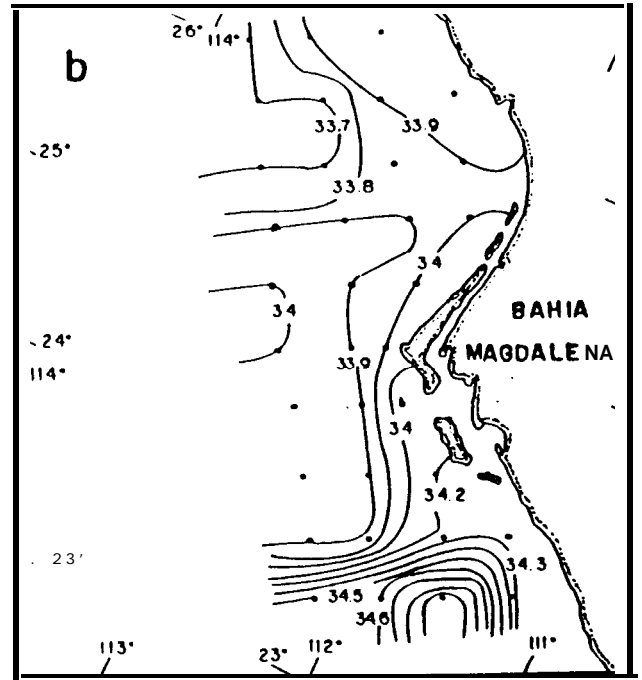
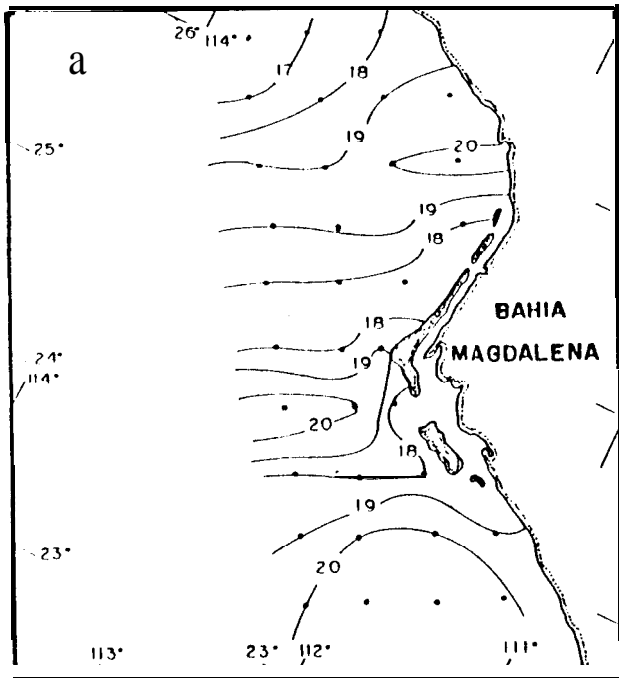
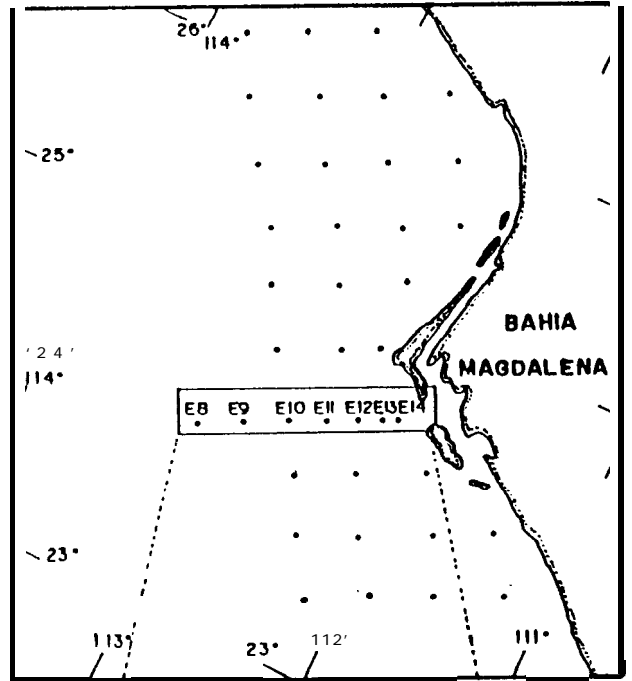
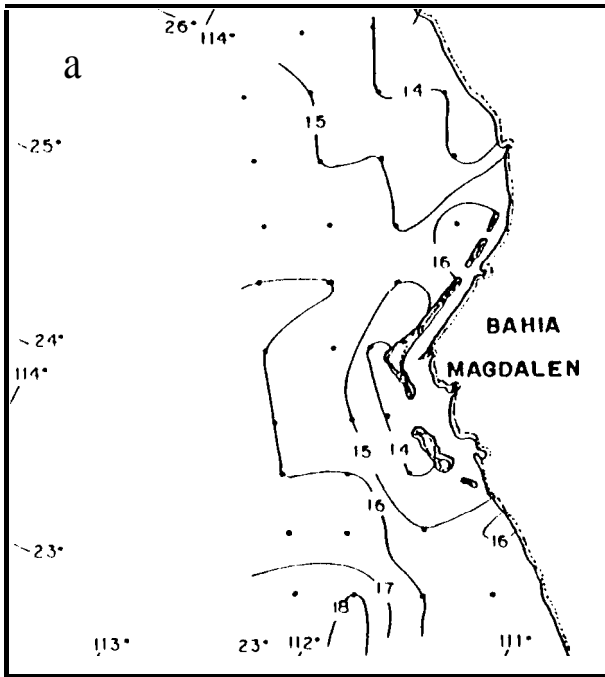


Fig.17 Distribución superficial de: Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (a); Salinidad (ppm) (b) y perfil de ambos factores para mayo de 1984.



ESTACIONES

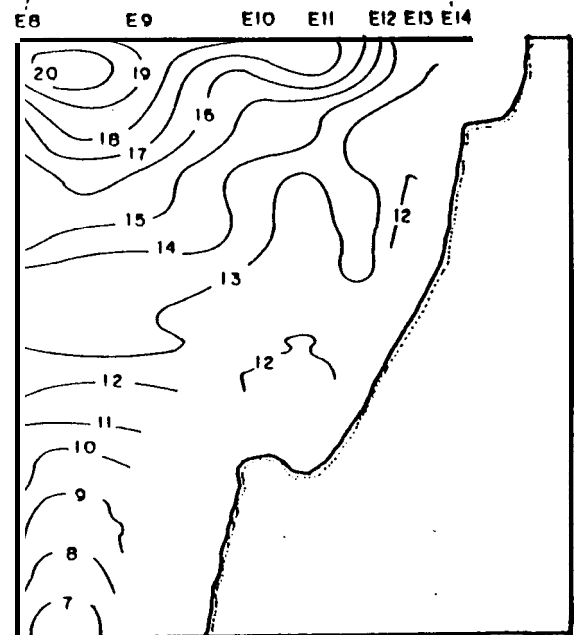
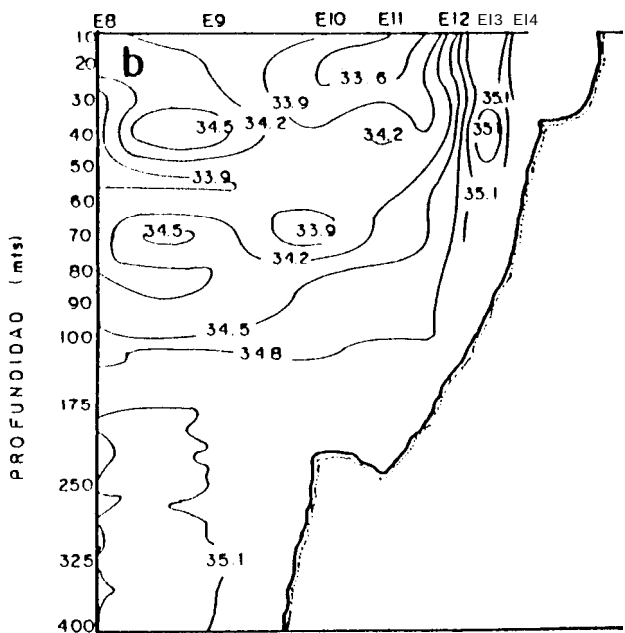


Fig.18 Distribución superficial de: Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)(a); Salinidad (ppm)(b) Y perfil de ambos factores para mayo de 1985 (Perfiles tomados de Salinas, 1987).

del microfitoplancton fue la más importante contribuyendo en un 90% a la abundancia total.

De 86 especies encontradas 61 fueron del grupo de las diatomeas y los 27 restantes fueron dinoflagelados. Resultando clara la dominancia de diatomeas templadas y un componente tropical pequeño, aunque más definido en el grupo de los dinoflagelados. Coincidentemente con esto y al considerar el valor de importancia de las especies, encontramos **que**, las especies con valores por arriba del 50% fueron templadas; 5 diatomeas y un dinoflagelado (Tabla 1. Apéndice 1).

Por otro lado el método de clasificación modo Q con base en la composición específica presentada en cada estación de muestreo permite dividir esta zona en el sentido costa-océano en 2 subregiones principales (A y C) y una pequeña (B) que engloba la **línea** de estaciones más norteñas (Fig. 19c). Aquí cabe aclarar que la separación de estos grupos de estaciones se da a valores de Índice por abajo de 0.5. Las estaciones que no se agruparon, se encuentran en blanco. Su separación se debe a la dominancia de una sola especie, que en el caso de Cabo San Lázaro fue *Nitzschia* spp.

El área más costera (A) estuvo representada principalmente por diatomeas relativamente pequeñas, de los géneros *Thalassiosira* y *Nitzschia*, indicándonos turbulencia; hacia la zona oceánica (C), predominaron diatomeas más grandes y algunas especies formadoras de cadenas (*Thalassiothrix*, *Rhizosolenia* spp, *Chaetoceros* **spp** y *Bacteriastrium* **spp**), las cuales son propias de aguas oceánicas estratificadas.

IX.2.2. CRUCERO 8207

La concentración total de células, presentó alta variabilidad: las abundancias máximas (1.7×10^7 cel/l) fueron encontradas frente a Isla Margarita, particularmente en la estación C2, en la cual se observó la presencia de agua de menor salinidad. Mientras que las concentraciones mínimas (200 cel/l) se localizaron hacia la parte más oceánica asociadas con agua de características cercanas a las del Pacífico Central (Fig. 20a y b).

Durante julio la estructura de la comunidad estuvo soportada en 138 taxa de los cuales, 74 fueron diatomeas, 62 dinoflagelados y 2 silicoflagelados. haciéndose evidente un incremento de dinoflagelados con respecto a la temporada anterior sobretodo de especies tropicales.

La aplicación del índice de Jaccard (Sj) en forma de dendrograma (modo Q), divide el área en 4 grupos de estaciones similares (Fig. 20c), tres de estos (A, B y C), corresponden a la franja costera. Las divisiones ocurren en concordancia con los frentes oceánicos presentes. La estación C2 quedo fuera de la agrupación debido a que presentó únicamente una especie (*Proboscia alata*).

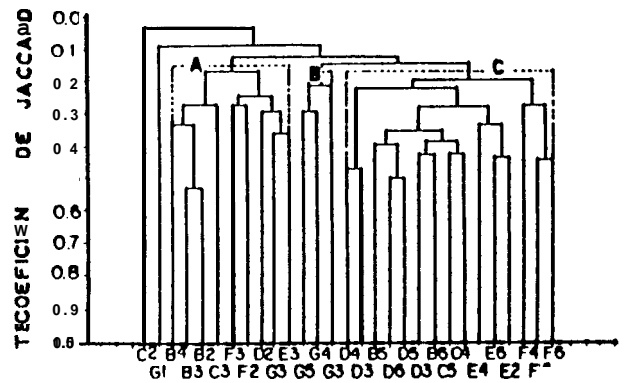
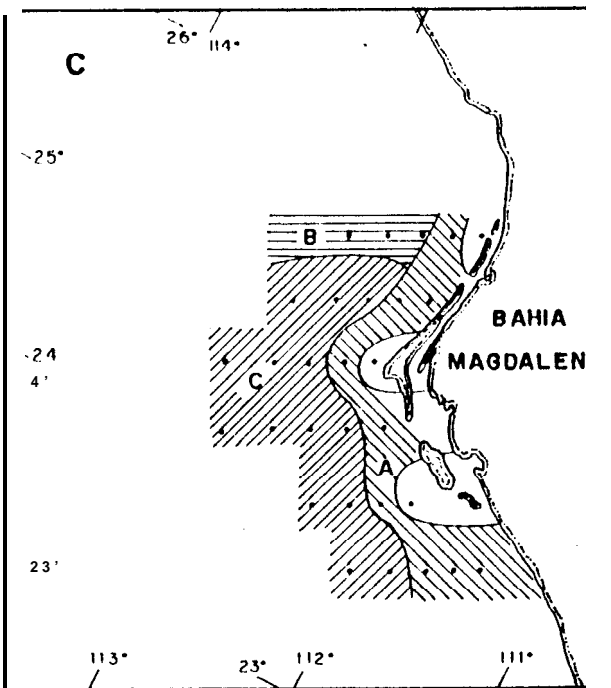
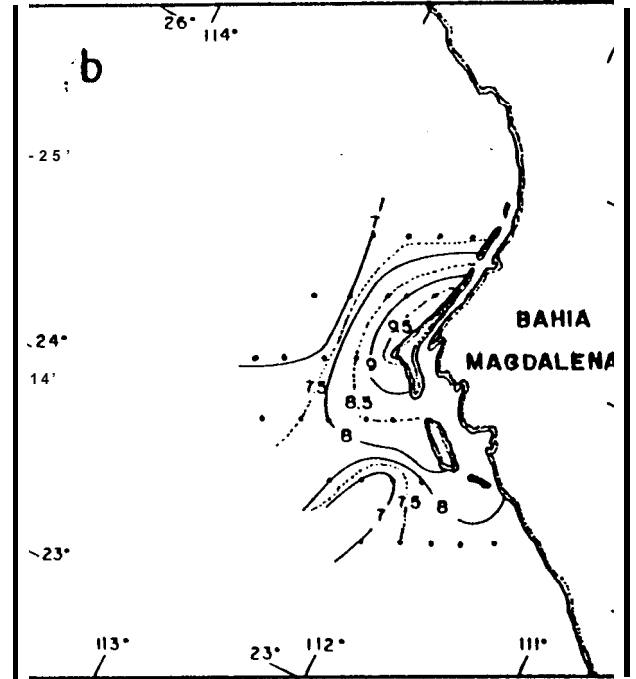
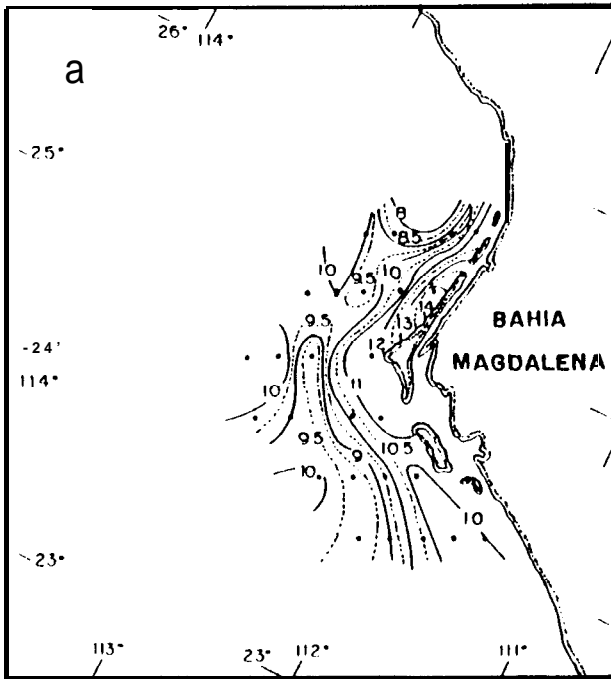


Fig.19 Distribución la abundancia (Ln de cel/l) del microfitoplancton (a); nanofitoplancton (b). Grupos de estaciones a partir del dendrograma en abril de 1982 (c).

La distribución de las mayores concentraciones de fitoplancton (Fig. 20a, b), de ambas fracciones se ubicaron en la región más costera a la altura de Isla Margarita y hacia el norte de Cabo San Lázaro (áreas B y C). En tanto que en la zona más oceánica frente a la boca de Bahía Magdalena las concentraciones fueron menores (área D), dominando el nanoplancton. Esta última área estuvo representada por un grupo de especies del microfitoplancton que se puede caracterizar como propio de aguas oceánicas estratificadas con bajas concentraciones de nutrientes, en el que predominan los dinoflagelados (*Ceratium fusus*, *C. macroceros*, *C. massiliense*, *C. pentagonum*) sobre unas cuantas especies de diatomeas (*Asterolampra marylandica* y *Chaetoceros* spp), lo que señala la transición turbulencia-estratificación entre la zona oceánica y la costera. En tanto que en la región de mayores concentraciones de células se presentó como dominante el grupo de las diatomeas, dentro del cual predominaron hacia el sur especies propias de ambientes neríticos e incluso algunas bentónicas (*Nitzschia pacifica*, *Coscinodiscus* spp, *Licmophora abbreviata*). Hacia el norte se encontraron especies más grandes y oceánicas como *Thalassiothrix mediterranea* y *Rhizosolenia robusta*.

Para este mes las especie importantes fueron una mezcla entre dinoflagelados y diatomeas, pero en esta ocasión fue más evidente el mayor número de dinoflagelados del género *Ceratium* dentro de estas especies (Tabla 2, Apéndice II)

IX.2.3. CRUCERO 8208

La distribución del fitoplancton para este mes se presentó muy homogénea (Fig. 21a, b), sin embargo es notable la disminución en las concentraciones de fitoplancton con respecto al mes anterior, distinguiéndose dentro de los valores encontrados un ligero incremento hacia la zona costera, particularmente frente a la boca de Bahía Magdalena, donde se presentaron las concentraciones máximas que fueron del orden de 8×10^3 cel/l. Las concentraciones mínimas (800 cel/l) se encontraron alejadas de la costa (estación C6). El microfitoplancton fue ligeramente más abundante que el nanofitoplancton y estuvo compuesto por 83 taxa; 42 diatomeas y 41 dinoflagelados. Aunque al parecer bajo las condiciones presentes en esta temporada los dinoflagelados fueron más exitosos ya que fueron los que presentaron mayor frecuencia y se encontraron en mayor número de estaciones.

De acuerdo a las especies presentes en las estaciones de muestreo y aplicando el método de clasificación se separaron 4 subáreas (Fig. 21c). La subárea identificada con la letra D, se presentó de la boca de Bahía Magdalena hacia el sur y las subáreas restantes (A, B y C), hacia el norte de esta. La primera (D) se encontró representada principalmente por dinoflagelados (*Dinophysis caudata*, *Ceratium fusus*, *Ceratium furca*) y algunas diatomeas de origen oceánico y de afinidad tropical. Mientras que hacia el norte de Cabo San Lázaro, en donde las temperaturas fueron más bajas la subárea C se extiende a lo largo de la costa hasta la última línea de estaciones al norte, encontrándose representada principalmente por diatomeas (*Hemiaulus sinensis*, *Pseudosolenia calcar avis*, *Chaetoceros* spp).

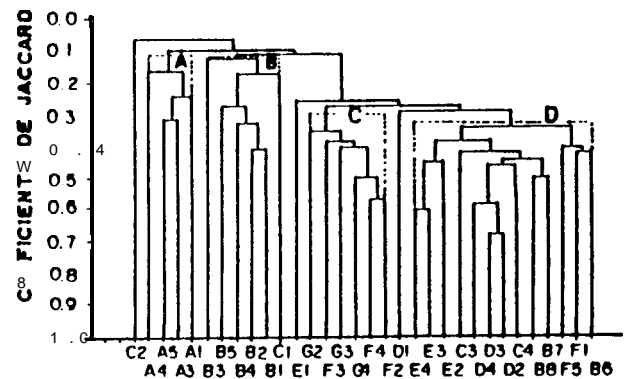
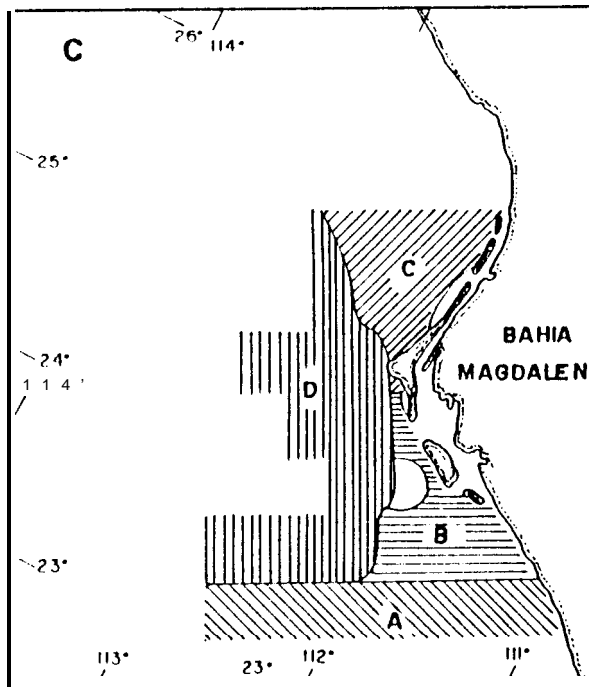
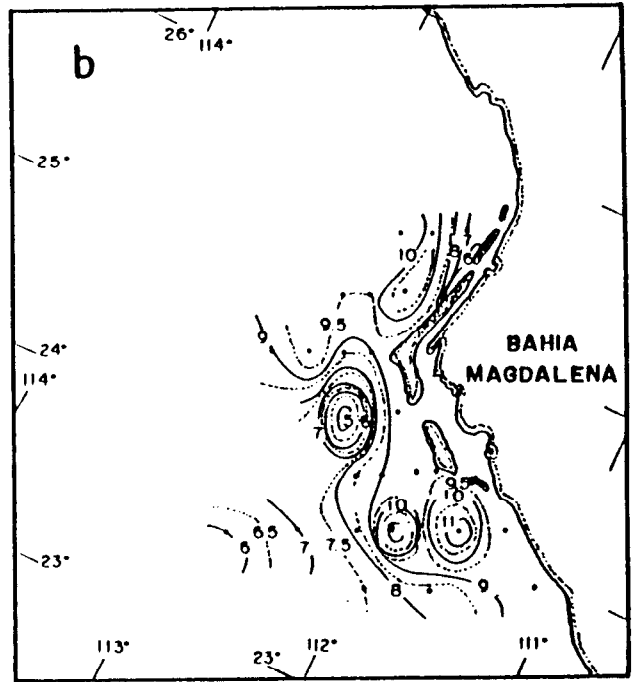
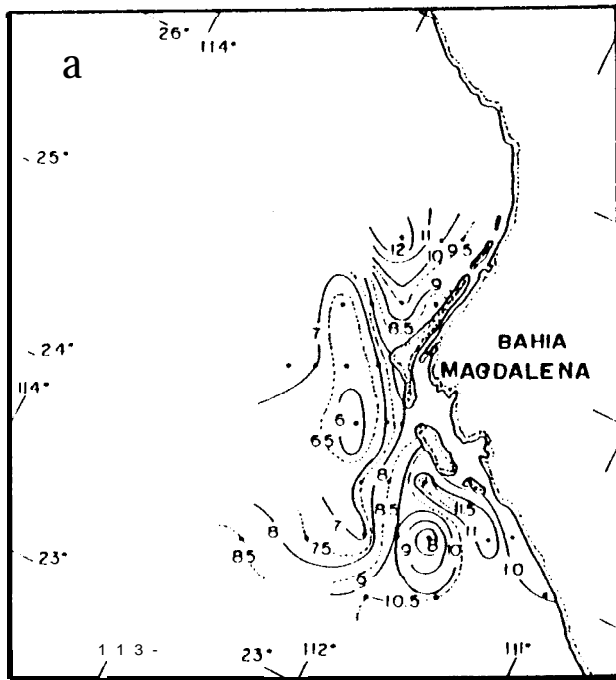


Fig.20 Distribución de la abundancia (Ln de cel/l) del microfitoplancton (a); nanofitoplancton (b). Grupos de estaciones a partir del dendrograma en julio de 1982 (c).

Alrededor de Bahía Magdalena se distingue una banda costera compuesta por las subáreas A y B en donde se encontraron especies como *Cylindrotheca closterium* y *Paralia sulcata*, lo que nos da evidencia de la inestabilidad encontrada en la columna de agua, probablemente como resultado del avance de la Contracorriente cerca de la costa.

Las estaciones en blanco se caracterizaron por estar dominadas por una sola especie; *Proboscia alata* en el caso de la estación D1 y *Dinophysis caudata* en la estación D5.

El número de especies importantes se conservó más o menos dentro del mismo orden que los dos cruceros anteriores, sin embargo en este mes *Dinophysis caudata* fue la especie más importante y la participación de las diatomeas fue menor (Tabla 3, Apéndice II).

IX.2.4. CRUCERO 8212

Durante esta temporada las concentraciones máximas (15×10^3 cel/l) se ubicaron cerca de la costa, en la línea más sureña de estaciones, en tanto que los mínimos de abundancia (700 cel/l) los encontramos hacia el norte en relación con agua más oceánica (Fig. 22a,b).

En cuanto a las fracciones de tamaño las células más grandes (microfitoplancton) constituyeron el 63% de la abundancia total, dominando en toda la zona excepto en la estación C3, la cual fue más rica en nanofitoplancton.

Los taxa reportados para esta temporada fueron 86 de los cuales 59 fueron diatomeas y 27 dinoflagelados. En esta ocasión no se separaron claramente grupos de especies que representen diferentes áreas, debido a que las especies más frecuentes (*Thalassiothrix mediterranea*, *Rhizosolenia clevei* var. *comunis*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Ceratium trichoceros* y *Thalassiothrix frauenfeldii*) se presentaron en casi todas las estaciones (Fig. 22c). Sin embargo se puede mencionar que algunas especies tropicales como *Amphisolenia bidentata*, *Asterolampra marylandica*, *Ceratocorys horrida* y *C. breve* entre otras se encontraron en las estaciones más oceánicas hacia el sur y en las estaciones del norte donde se presentó una lengua de agua de salinidades similares a las del sur.

Las especie más abundantes y mayor distribuidas en diciembre fueron principalmente diatomeas, cuyo número aumento hasta 16 y sólo el dinoflagelado *Ceratium trichoceros* presentó valor de importancia por arriba de 100 % (Tabla 4, Apéndice II). Entre estas diatomeas es importante señalar que las especies *Rhizosolenia clevei* y *Chaetoceros coarctatus* son propias de ambientes pobres en nutrientes.

JX.2.5. CRUCERO 8302

En esta temporada es evidente que la abundancia del fitoplancton sigue descendiendo,

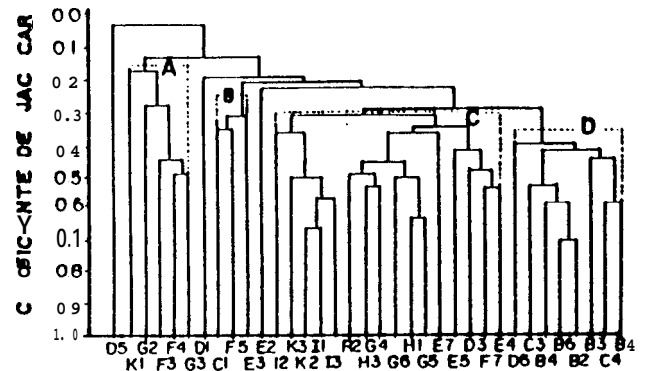
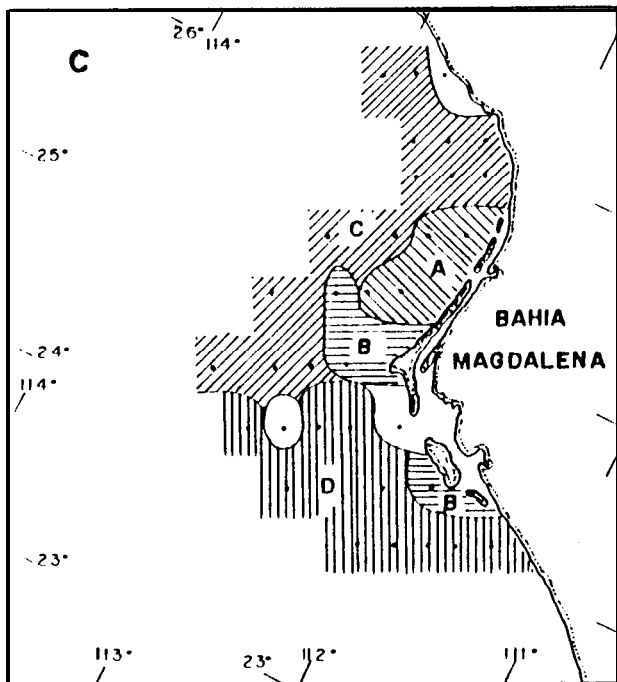
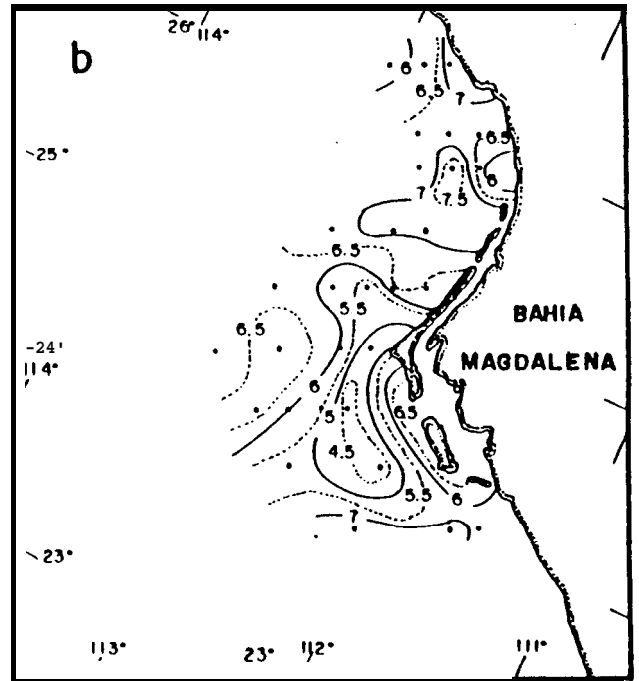
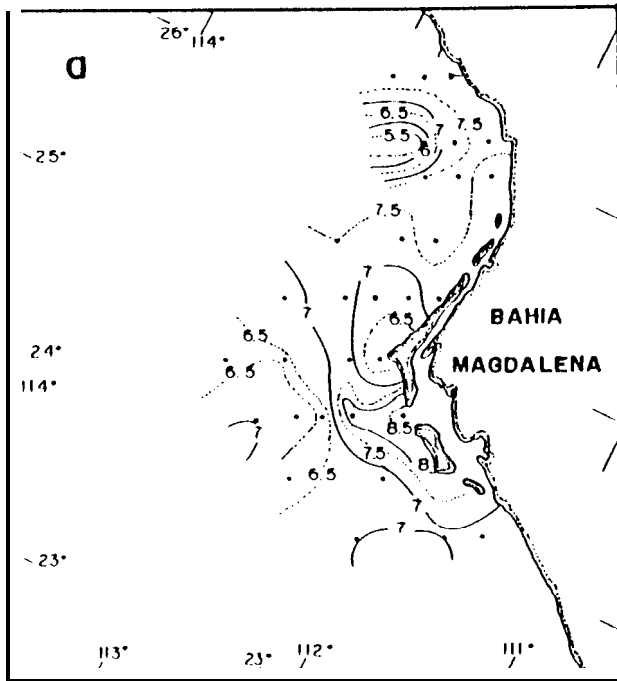


Fig.21 Distribución de la abundancia (\ln de cel/l) del microfitoplancton (a); nanofitoplancton (b). Grupos de estaciones a partir del dendrograma en agosto de 1982 (c).

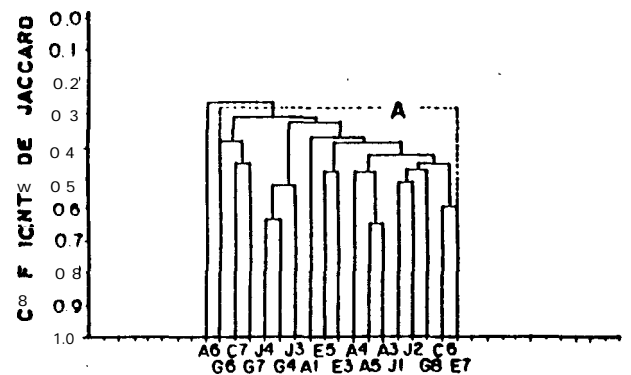
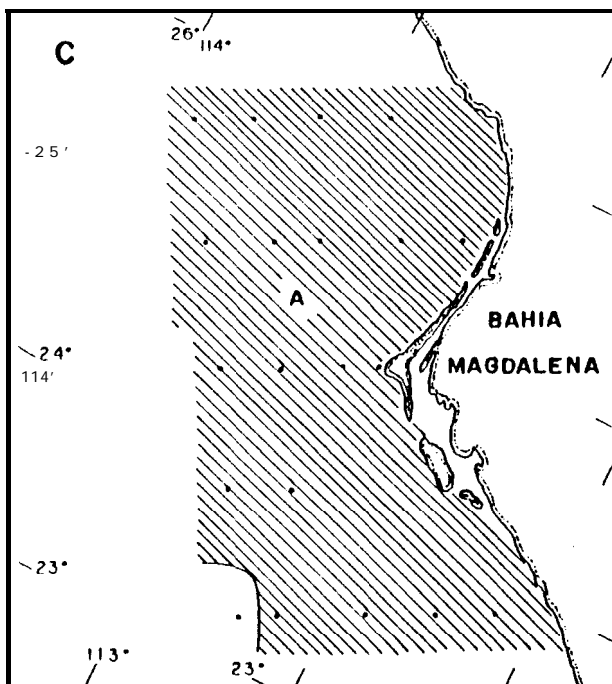
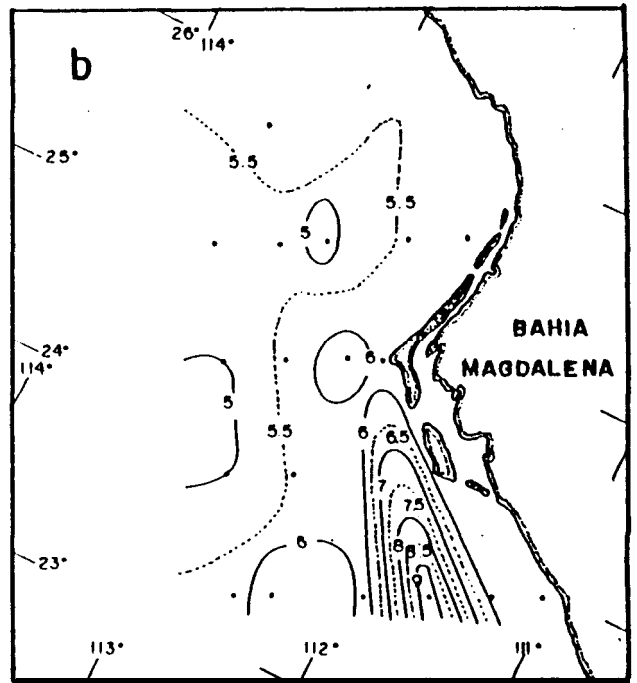
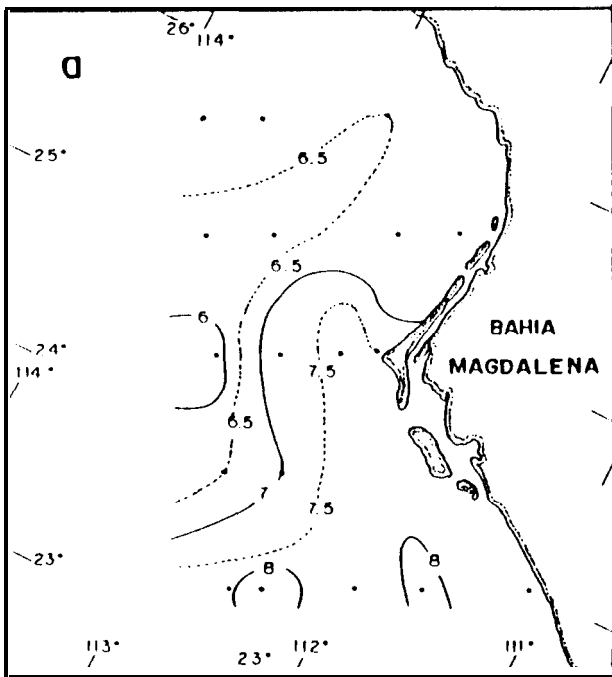


Fig.22 Distribución de la abundancia (Ln de cel/l) del microfitoplancton (a); nanofitoplancton (b). Grupos de estaciones a partir del dendrograma en diciembre de 1982 (c).

sobretudo la del microfitoplancton, el cual estuvo ausente en zonas como Cabo San Lázaro, donde normalmente, ésta fracción es dominante (Fig. 23a, b). Sin embargo se encontró un núcleo de este tipo de células alrededor de las 80 millas (estaciones 24 y 18) con concentración de 25×10^3 cel/l y otra banda costera desde Bahía San Juanico hacia el norte. A pesar de las bajas abundancias registradas, las células más grandes aportaron el 65.94 % de la abundancia total.

El número de taxa fue evidentemente mayor que al inicio de la temporada de invierno (diciembre de 1982), ya que el número de especies se elevó a 180, de las cuales; 105 fueron dinoflagelados, 75 diatomeas y 2 cianofitas.

De acuerdo a las especies encontradas, el área se dividió en 4 zonas principales (Fig. 23c). La zona A mostró como dominante a *Planktoniella* sol (especie oceánica), mientras que la B, aunque estuvo representada por especies de agua cálida (*Ceratium trichoceros*, *Trichodesmium* spp) manifestó la influencia de agua de la Corriente de California, ya que presentó entre su elenco varias especies templadas como *Chaetoceros radicans*, *Chaetoceros curvisetus*, *Leptocylindrus danicus* y *Lauderia borealis*, en tanto que en la región C, el principal componente fueron los dinoflagelados tropicales (en cuanto al número de especies), dentro de los cuales encontramos varios de los llamados “de sombra” como *Ceratium reflexum* y *Ceratium ranipes*.

Por último el grupo de estaciones de la región D se ubico espacialmente en dos áreas; hacia el sur se noto una influencia mayor del agua tropical teniendo como principales representantes a *Thalassiothrix delicatula*, *Amphisolenia bidentata* y *Planktoniella* sol. En tanto que en área de la parte norte, principalmente frente a San Juanico, hubo una acumulación y mezcla de especies de diferentes afinidades (templadas, subtropicales y tropicales) y de diferentes ambientes (nerítico, bentónico y oceánico) como *Paralia sulcata* y *Odontella mobiliense*.

Se determinaron cambios significativos en la composición del fitoplancton, aumentando notablemente el número de especies importantes, dentro de las cuales se hizo evidente la presencia de los dinoflagelados, e incluso la aparición de cianofitas (*Trichodesmium* spp), siendo ambos grupos típicos de aguas cálidas (Tabla 5, Apéndice II). Sin embargo, las especies más importantes fueron diatomeas oceánicas como *Planktoniella* sol, *Thalassiothrix delicatula* y *Rhizosolenia bergonii*.

IX.2.6. CRUCERO 8305

En este mes las abundancias fluctuaron entre 960 cel/l y 4000 cel/l haciéndose evidente el dominio de la fracción nano, la cual constituyo el 70.60 % de las concentraciones totales. Las mayores abundancias de este tipo de células se desplegaron en las zonas de frente entre el agua de la CC y el agua tropical, en tanto que, el

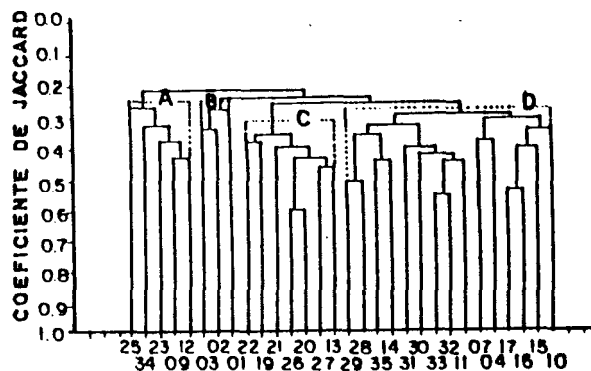
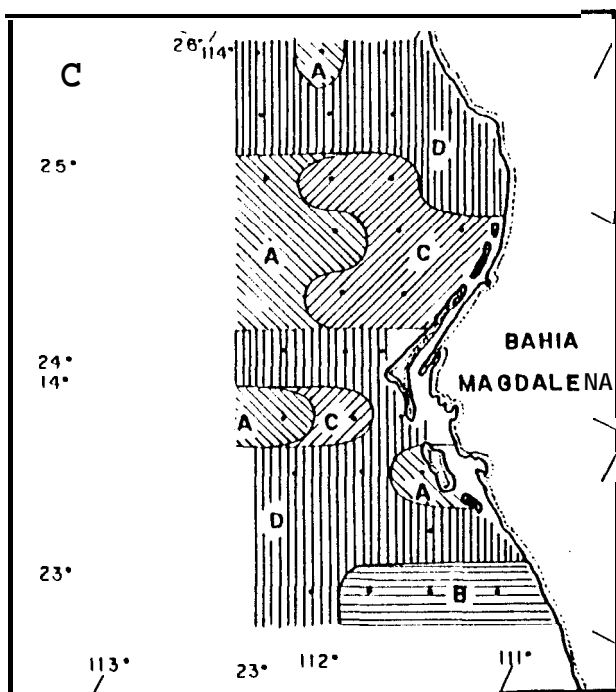
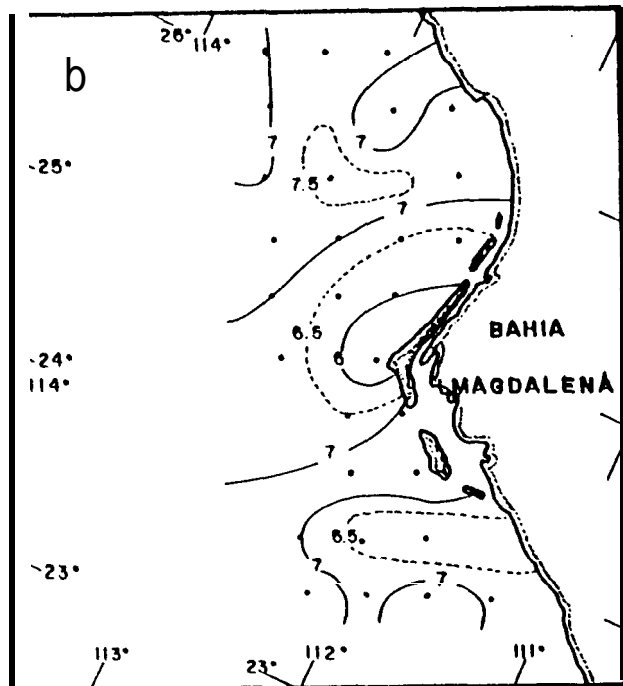
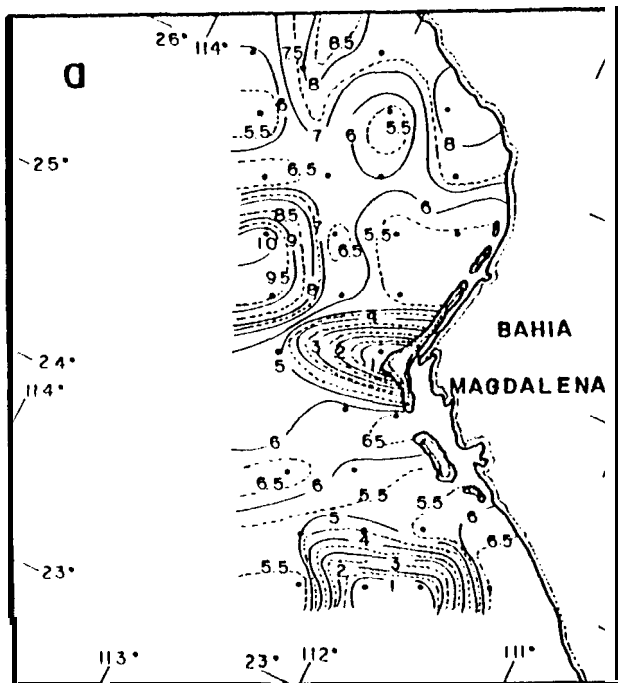


Fig.23 Distribución de la abundancia (Ln de cel/l) del microfitoplancton (a); nanofitoplancton (b). Grupos de estaciones a partir del dendrograma en febrero de 1983 (c).

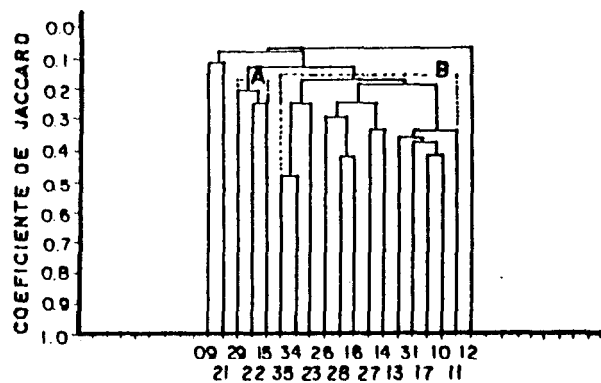
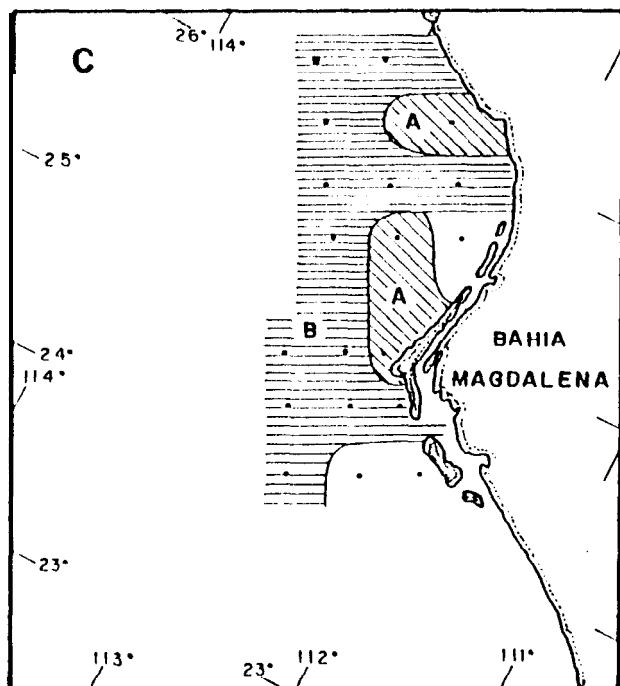
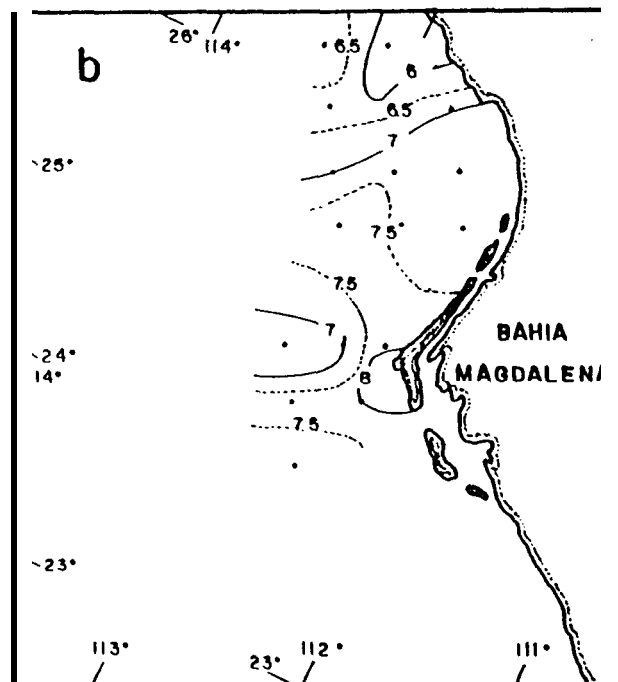
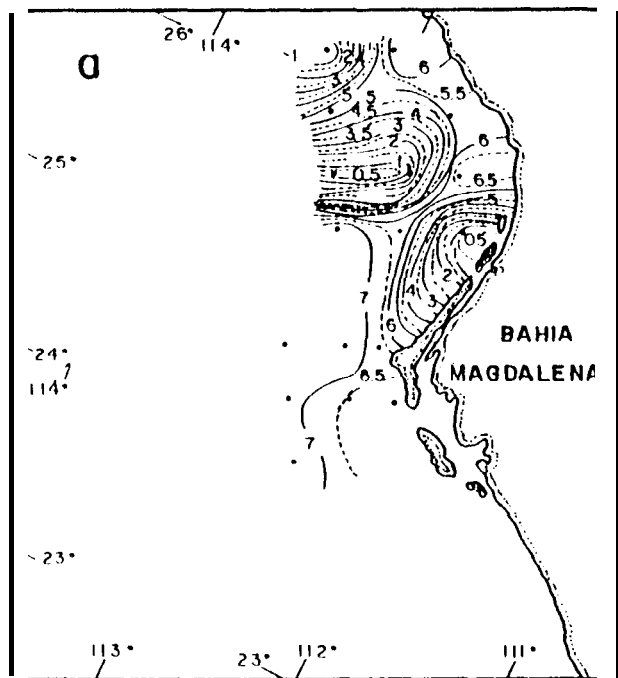


Fig.24 Distribución de la abundancia (Ln de cel/l) del microfitoplancton (a); nanofitoplancton (b). Grupos de estaciones a partir del dendrograma en mayo de 1983 (c).

microfitoplancton manifestó una mayor variabilidad presentándose incluso estaciones sin células de este tipo (est 34,26,27 y 21). Sin embargo es posible notar las mayores abundancias frente a Bahía Magdalena en las estaciones más alejadas de la costa (Fig. 24a, b) El número de especies se redujo significativamente con respecto a la temporada anterior, encontrando solo 94 taxa; 45 diatomeas, 48 dinoflagelados y una cianofita.

El análisis de clasificación nos señala la formación de dos grandes grupos (A y B). En el primero es evidente la dominancia de especies como *Amphora sp* y *Licmophora abbreviata*, señalan inestabilidad en la columna de agua.

El segundo grupo se puede separar en tres subgrupos los cuales representan las zonas que oceanográficamente se esbozaron. Hacia el norte se encontró una asociación de especies templadas como *Guinardia flaccida*, *Rhizosolenia stolterfothii*, *Nitzschia pacifica* y varias especies de *Coscinodiscus spp* lo mismo que *Corethron criophylum*, lo cual señala la presencia de agua templada y oceánica del norte cerca de la costa.

En la parte oceánica enfrente de Bahía Magdalena, se distinguió un segundo grupo compuesto principalmente por dinoflagelados tropicales como *Ceratium breve*, *C. limulus*, *C. horridum*, *C. deflexum*, *Ceratocorys horrida* entre otros. El tercer grupo reunió dinoflagelados y diatomeas tropicales y templadas ubicándose en las zonas de frente entre los diferentes tipos de agua. La presencia de especies oligofóticas dentro de este grupo (*Ceratium eucaratum* y *C. praelongum*) señalan que la capa de mezcla fue más profunda en estas áreas de frente. Las estaciones que no se agruparon se distinguieron por presentar un número reducido de individuos y de especies (16 individuos y 2 especies) (Fig. 24c).

El número de especies con valor de importancia más alto fue pequeño (7 spp) comparado con el invierno (Tabla 6, Apéndice II) y refleja en su composición el encuentro de los diferentes tipos de agua. Los valores menores de 100% nos indican que la distribución y frecuencia con la que aparecieron estas especies fue más localizada y menos frecuente.

IX.2.7. CRUCERO 8309

Las concentraciones de células fluctuaron entre 520 cel/l y 200×10^3 cel/l, correspondiendo el 97.03 % de estas al microfitoplancton. La distribución de esta fracción de tamaño presentó las mayores concentraciones cerca de la costa principalmente frente a Bahía San Juanico. En tanto que hacia el sur, se encontró un esquema invertido, con las menores densidades en la banda más costera y abundancia altas hacia la parte oceánica (estación 4). En cuanto al nanofitoplancton este mostró una distribución similar a la descrita anteriormente (Fig. 25a,b).

En este mes los taxa sumaron 88, de los cuales las diatomeas agruparon 58 especies, los dinoflagelados 28 y las cianofitas 2.

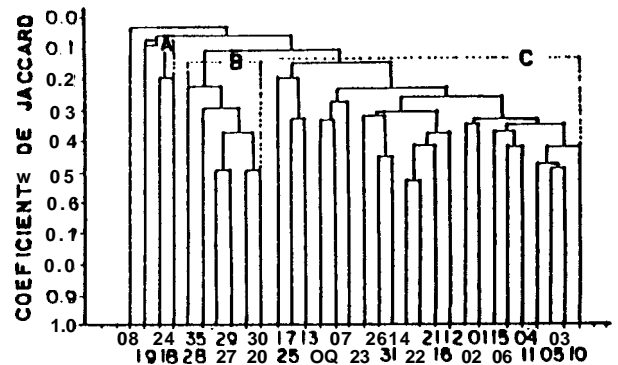
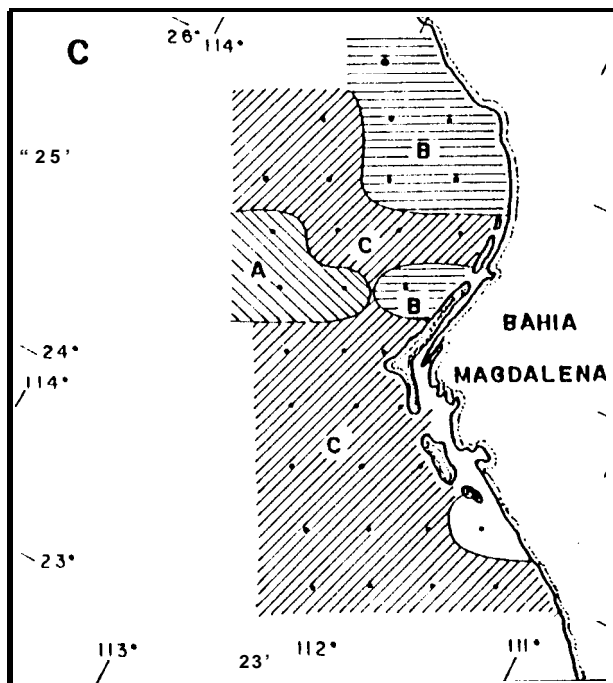
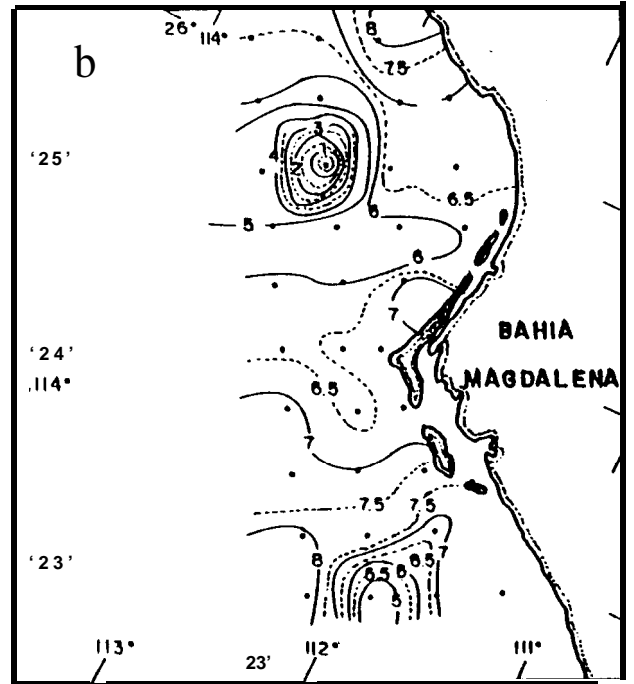
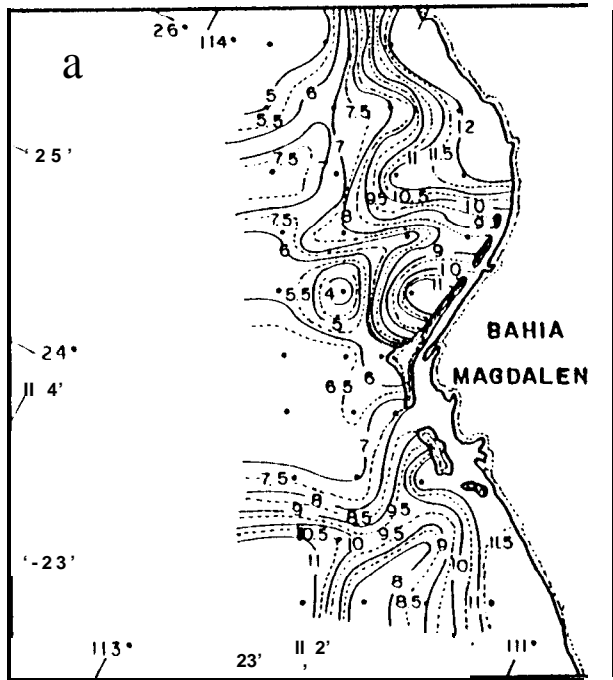


Fig.25 Distribución de la abundancia (Ln de cel/l) del microfitoplancton (a); nanofitoplancton (b) y grupos de estaciones a partir del dendrograma en septiembre de 1983 (c).

El área presentó 3 subáreas diferentes (Fig. 25c), la primera (subárea A) se caracterizó por presentar un número muy pequeño de células (7 células). La subárea B por el contrario estuvo dominada por la diatomea *Hemiaulus hauckii* y su localización coincidió con la zona de mayor abundancia de fitoplancton, en tanto que, la subárea C agrupó la mayor parte de las estaciones y mostró como dominante a la cianofita *Trichodesmium* sp. Las especies con valores de importancia por arriba de 50 % fueron casi exclusivamente diatomeas, y el número de estas estuvo del mismo orden que en primavera de ese mismo año (Tabla 7, Apéndice II).

IX.2.8. CRUCERO 8401

Para esta temporada las concentraciones fluctuaron entre 1×10^3 y 160×10^3 cel/l, las cuales se encontraron distribuidas principalmente hacia el sur en las estaciones más oceánicas y en un núcleo enfrente de Cabo San Lázaro donde las concentraciones fueron máximas (Fig. 26a, b). Notándose una recuperación gradual en la producción de células en toda la zona. Sin embargo la abundancia de fitoplancton estuvo sustentada en un 88 % en las células pequeñas.

El número de especies fue de 193, de las cuales 95 fueron diatomeas , 96 dinoflagelados , 1 cianofita y 1 silicoflagelado.

En al análisis de clasificación, la zona se dividió en 4 regiones (Fig. 26c). La región D presentó un grupo de especies de afinidad tropical y templada y de ambiente oceánico donde dominó *Thalassiothrix frauenfeldii*, acompañada de géneros como Chaetoceros spp y Bacteristrium spp. El genero Ceratium presentó algunas sp de agua cálida y tropicales como Ceratium carriense y C. concilians. La región C reunió algunas especies tropicales. Dentro de las más frecuentes se encontraron Climacodium *frauenfeldianum*, *Amphisolenia* bidentata y Asterolampra marylandica, aunque comparte muchas especies de las otras regiones. Por otra parte la región B contuvo especies templadas como *Dytilum brigtwelii* y algunas bentónicas como *Paralia sulcata*, *Lithodesmium undulatum*, *Licmophora abbreviata* y *Cylindrotheca closterium*. En tanto que la última (región A) y más pequeña se encontró dominada por *Thalassionema nitzschioides*.

Para este crucero el número de especie con valor de importancia por arriba de 50 % (23 spp), fue el máximo, siendo notable el predominio de las especie oceánicas de agua cálidas (Tabla 8, Apéndice II).

IX.2.9. CRUCERO 8405

Para la primavera de 1985 las concentraciones de fitoplancton se encontraron en un intervalo entre 2×10^7 - 47×10^3 . El grupo más importante fue el nanofitoplancton, el cual reunió 84 % de la abundancia total. En tanto que el microfitoplancton con el 16 % restante, estuvo conformado por 66 taxa; 38 dinoflagelados y 28 diatomeas.

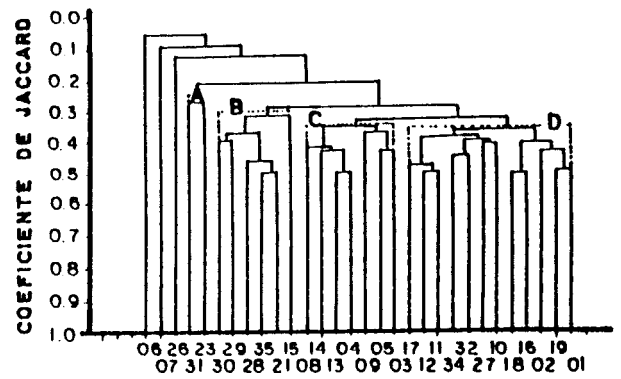
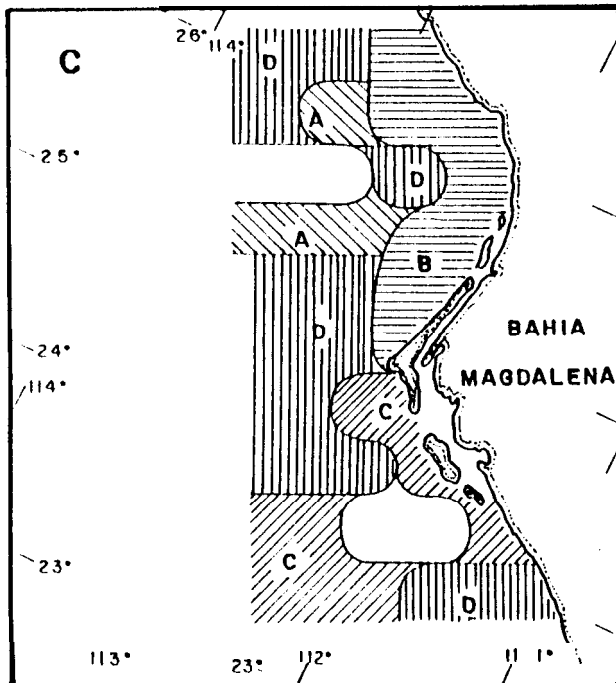
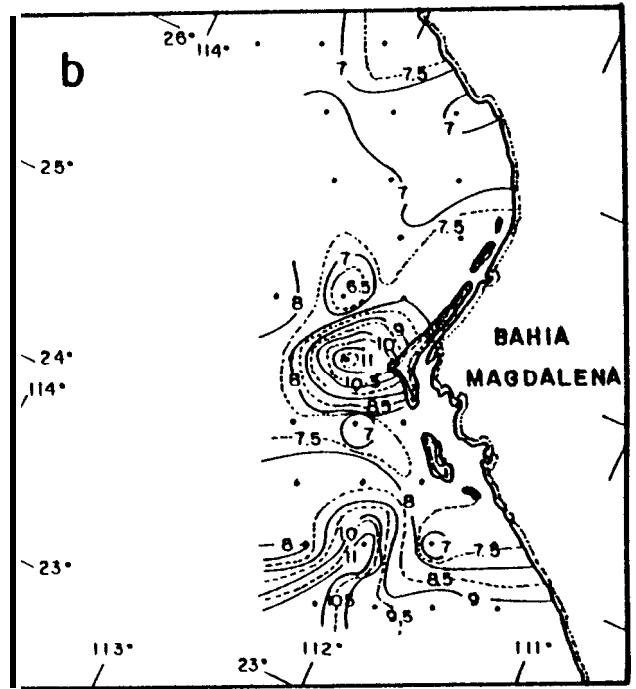
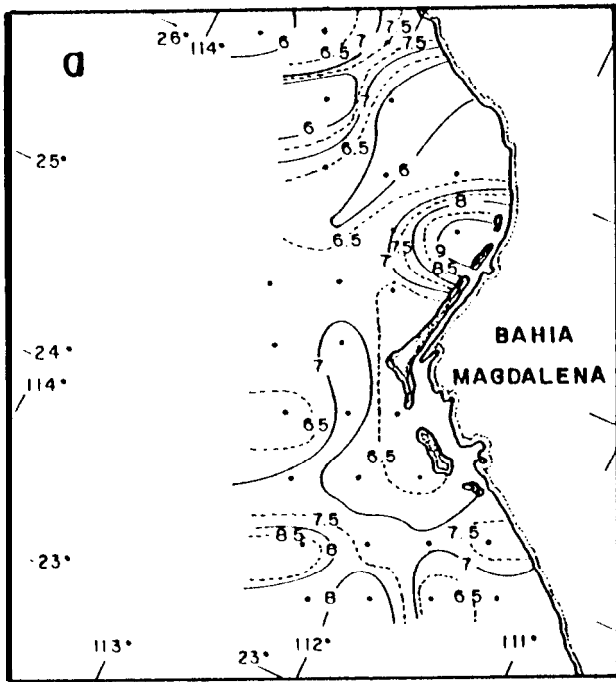


Fig.26 Distribución de la abundancia (Ln de cel/l) del microfitoplancton (a); nanofitoplancton (b) y grupos de estaciones a partir del dendrograma en enero de 1984 (c).

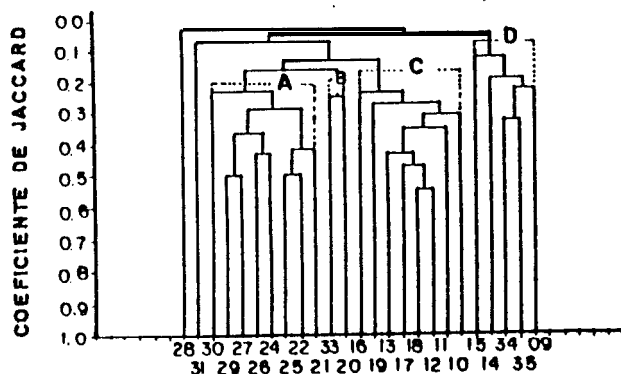
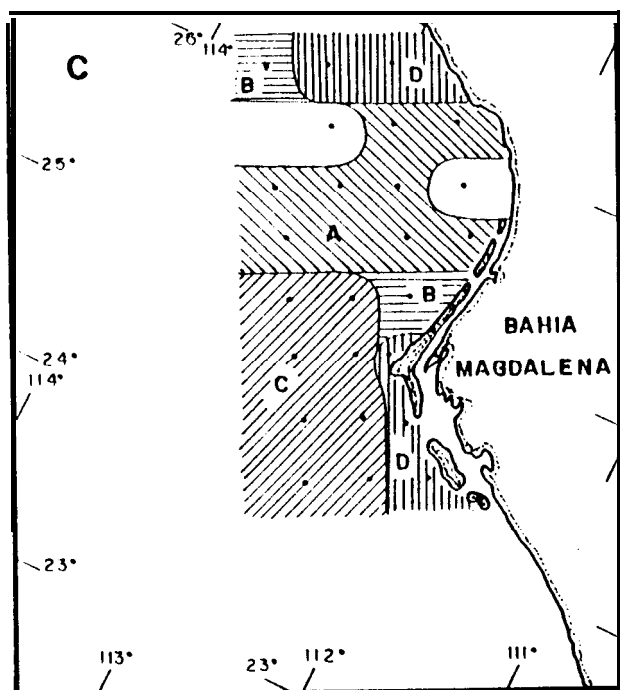
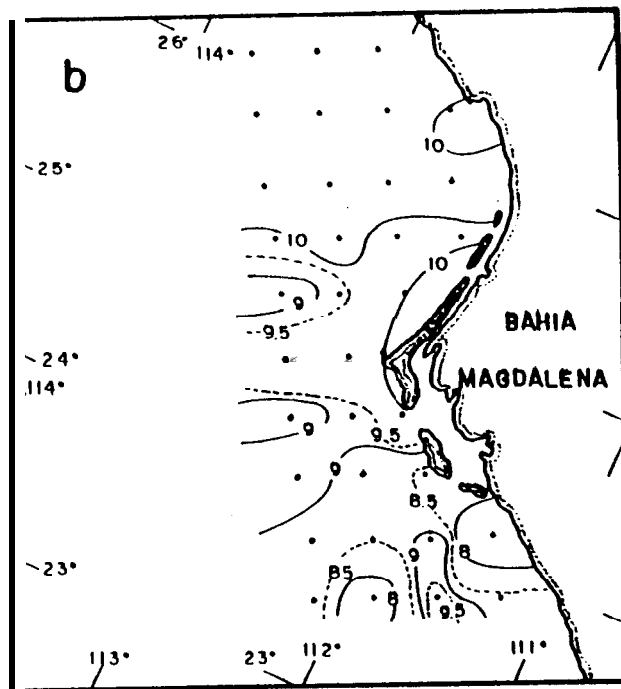
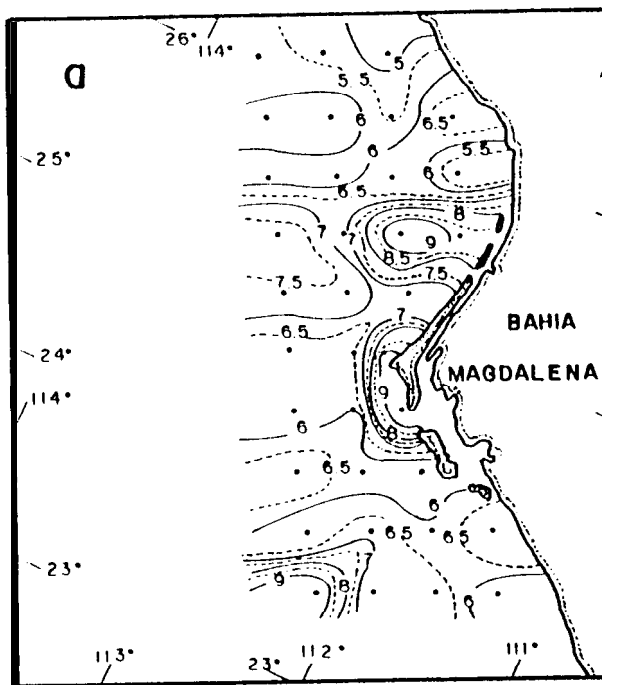


Fig.27 Distribución de la abundancia (Ln de cel/l) del microfitoplancton (a); nanofitoplancton (b) y grupos de estaciones en mayo de 1984 (c).

La distribución de las mayores concentraciones de microfitoplancton se presentaron cerca de la costa a partir de la boca de Bahía Magdalena hacia el norte y en la zona más oceánica y sureña. Mientras que el nanofitoplancton mostró las mayores concentraciones hacia el norte de la Bahía antes mencionada (Fig. 27a, b).

La región se dividió en 4 subregiones (A,B,C,D). La influencia del agua oceánica tropical se hizo evidente en las tres primeras por la flora presente, las cual presentó al genero *Ceratium* como dominante y dentro de este a *C. massiliense*, *C. macroceros*, *C. tripos* y *C. fusus* como las especies más frecuentes, sin embargo las dos primeras subregiones se distinguieron por la escasez de células (Fig. 27c). La suregión D manifestó influencia de agua de la CC por la presencia de *Corethron criophylum* y *Ditylum brightwellii*, además de *Licmophora abbreviata*, la cual nos da indicios de inestabilidad en la columna de agua.

El número de especies importantes para este mes fue el más pequeño (4 spp), predominando el grupo de los dinoflagelados con el genero *Ceratium* (Tabla 9, Apéndice II).

X2.10. CRUCERO 8505

El intervalo de concentraciones de fitoplancton para este mes estuvo entre 2×10^3 y 490×10^3 cel/l. La fracción más importante fue el nanofitoplancton, el cual constituyó el 95.93 % de la abundancia total.

La distribución espacial de las células, nos señala que las mayores concentraciones se encontraron alrededor de la boca de Bahía Magdalena con el núcleo principal hacia el sur de ésta (Fig. 28a, b).

El número de especies fue de 119, de las cuales 69 fueron diatomeas, 49 dinoflagelados y 1 silicoflagelado. Con base en estos taxa la zona se dividió en 2 subáreas (Fig. 28c) en el sentido costa-océano. La más cercana a la costa (subárea B) se caracterizó por estar dominada por diatomeas principalmente del genero *Coscinodiscus*, en tanto que la otra (subárea A) lo estuvo por dinoflagelados como *Ceratium azoricum*, *Ceratium massiliense* y *Ceratium pentagonum*.

La Tabla 10 del Apéndice II nos confirma que las especies más importantes en esta temporada fueron del grupo de las diatomeas, principalmente el genero *Coscinodiscus*. El intervalo de porcentajes en relación a la importancia de las especies fue menor que 100 %, lo que nos refleja que la mayor frecuencia de estas se presentó en un área pequeña.

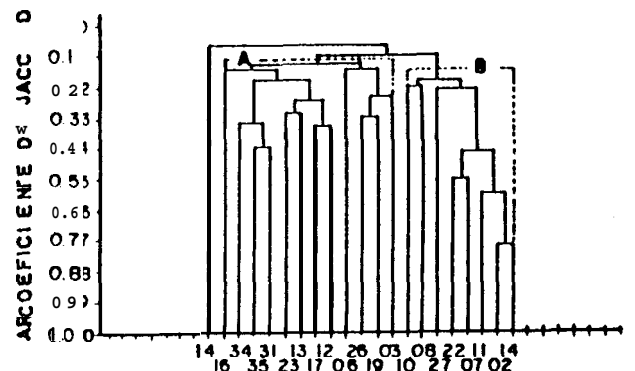
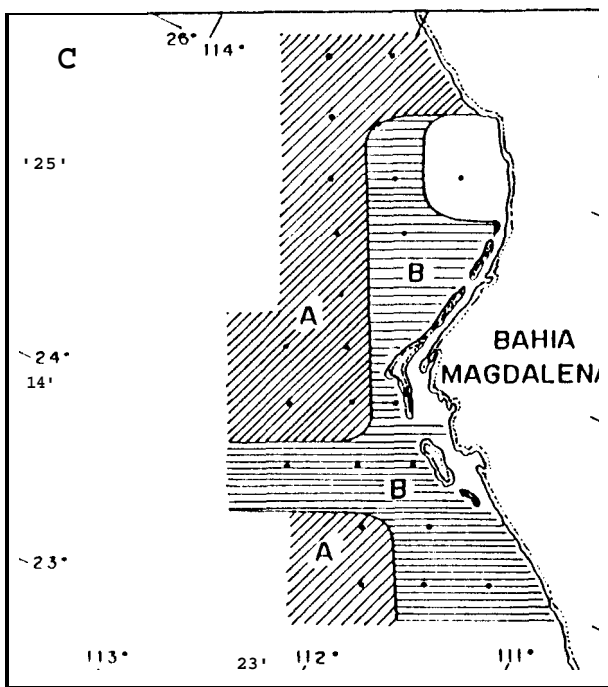
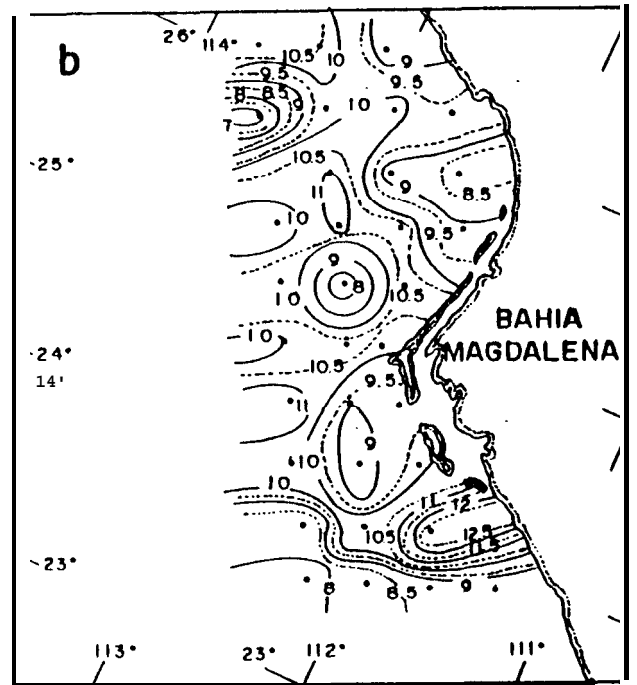
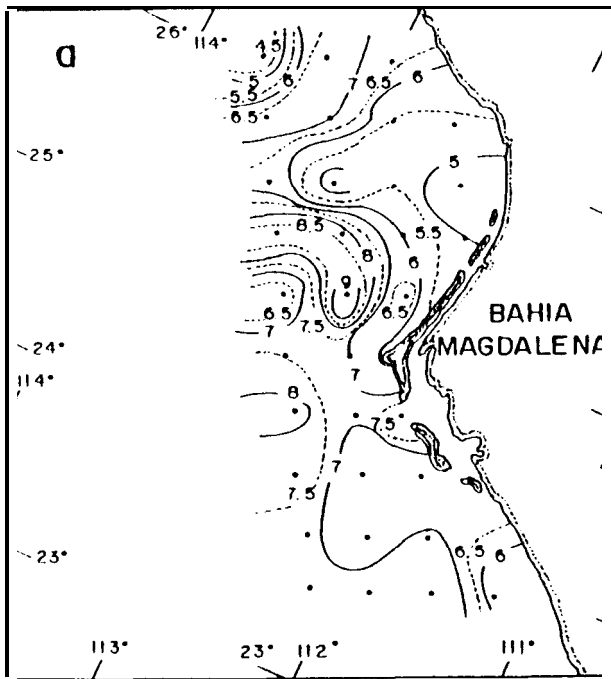


Fig.28 Distribución de la abundancia (Ln de cel/l) del microfitoplancton (a); nanofitoplancton (b) y grupos de estaciones a partir del dendrograma (c) en mayo de 1985 (c).

X. Comparación **entre muestreos**

Al examinar la tendencia de los promedios de temperatura superficial del mar (Fig. 29) y las densidades de células encontradas en cada temporada, es difícil encontrar una relación clara debido a que estas incluyen variación de diferente escala temporal. Sin embargo podemos notar que la temperatura esta inversamente relacionada con la abundancia de fitoplancton, lo que se nota más claramente en los extremos de la serie, en donde las concentraciones altas de fitoplancton corresponden con promedios de temperatura bajos originados por el afloramiento de agua profunda. En septiembre de 1983 y a pesar de que se presentó el máximo de temperatura la situación fue inversa, por lo que se supone un mecanismo enriquecedor del medio diferente a las surgencias. Otro aspecto importante de señalar con respecto a los dos grupos de tamaño es el cambio en la fracción dominante. Al inicio de esta se presentó como dominante el microfitoplancton en tanto que al final lo fue el nanofitoplancton, pasando por una etapa intermedia en la que ambos grupos presentaron por igual bajas abundancias.

Por otro lado la Fig. 30A nos muestra que la proporción de grupos en estos datos refleja la estacionalidad de la zona a pesar de tener incluido un evento de baja frecuencia. La fluctuación en la proporción de diatomeas refleja la influencia de la CC y/o los procesos de surgencias, mientras que los dinoflagelados y cianofitas nos da evidencia de la presencia de la Contracorriente o bien de agua oceánica.

La tendencia de los valores de diversidad nos muestra (Fig.30B), por otro lado la influencia de los diferentes tipos de agua que confluyen en la zona. Los valores máximos se presentaron en los meses de transición (8212, 8302 y 8401) entre los dos patrones de circulación que dominan la zona. En tanto que el valor más bajo se encontró para la temporada de surgencias de 1982. Excepto para el mes de enero de 1984 las mayores desviaciones estándar se encontraron cuando la heterogeneidad del medio fue más acentuada.

Los métodos de clasificación y ordenación aplicados para comparar los cruceros con base en las especies del microfitoplancton de red nos arrojó los siguientes resultados:

X.1. Ciclo anual (1982)

Los cruceros de este año se separaron en dos grupos (Fig. 31a). Considerando el ciclo anual de calentamiento, el primero contiene los cruceros que corresponden a la temporada fría (8204 y 8212), en tanto que el segundo incluye los cruceros 8207 y 8208, pertenecientes a la temporada cálida.

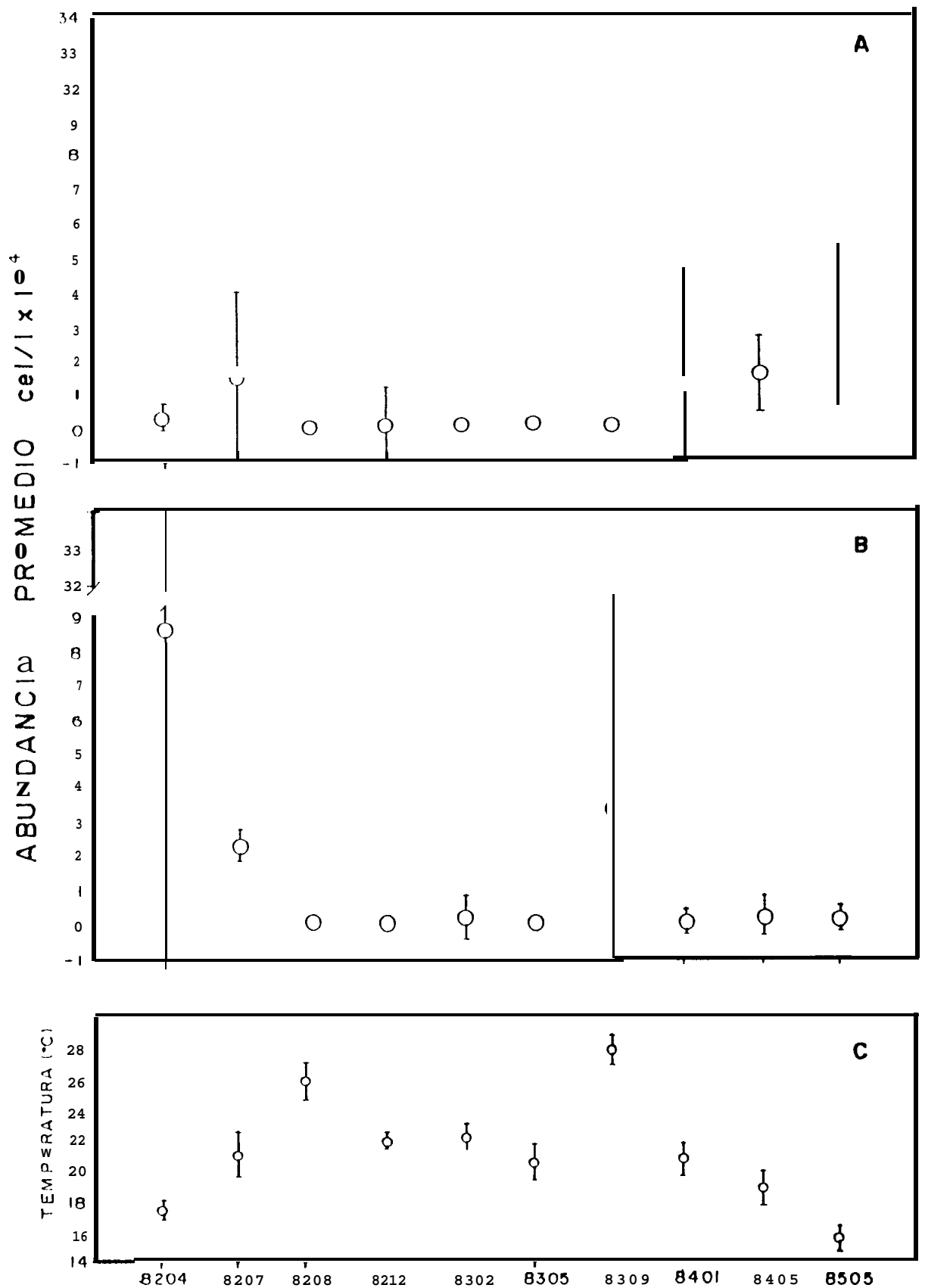


Fig.29 Abundancia promedio de nanofitoplancton (A) y microfitoplancton (B).
 Temperatura promedio por crucero (C).

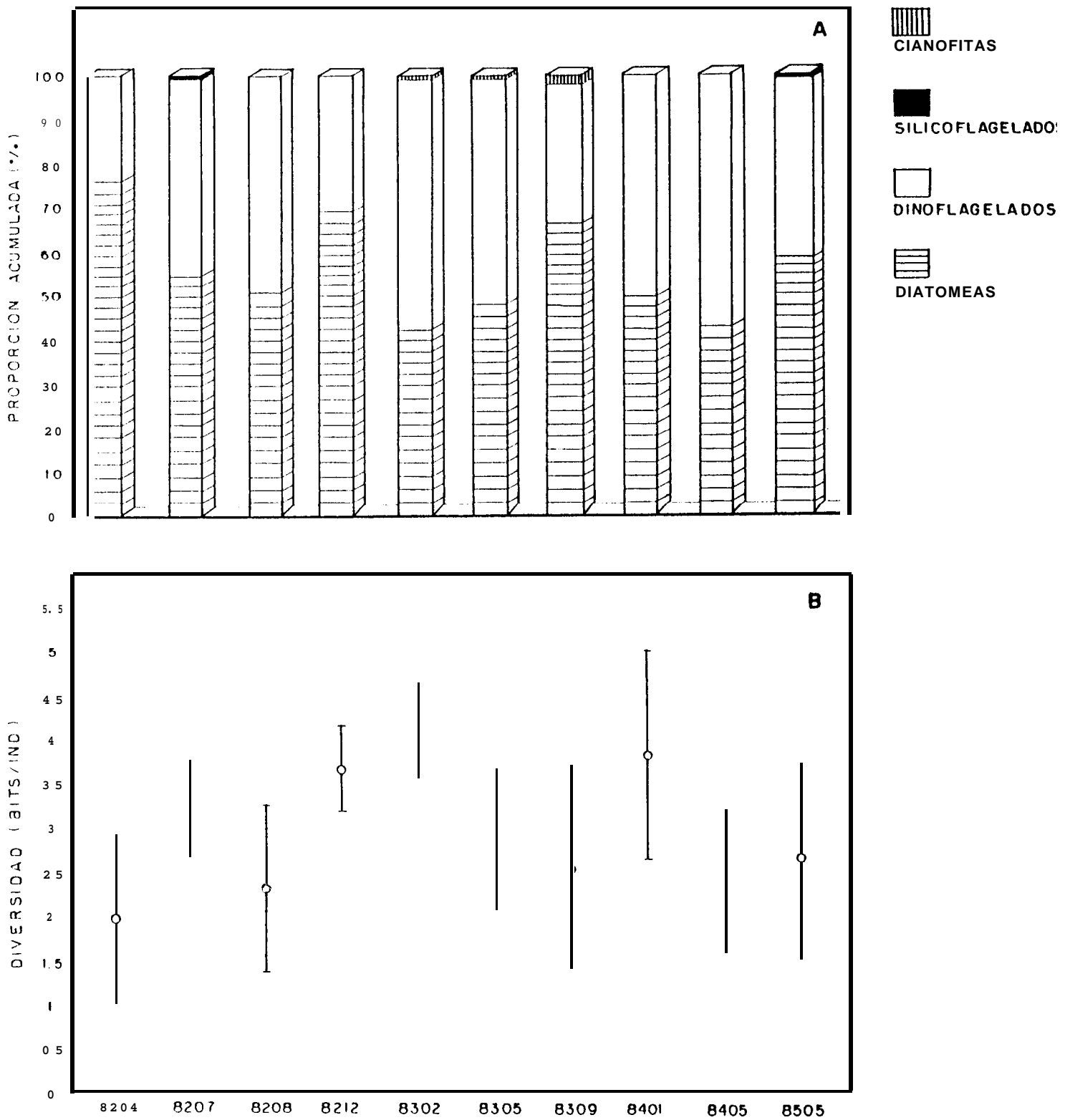


Fig.30 Proporción de frecuencia acumulada para los grupos del microfitoplancton presentes en cada crucero (A); Diversidad (H') promedio por crucero (B).

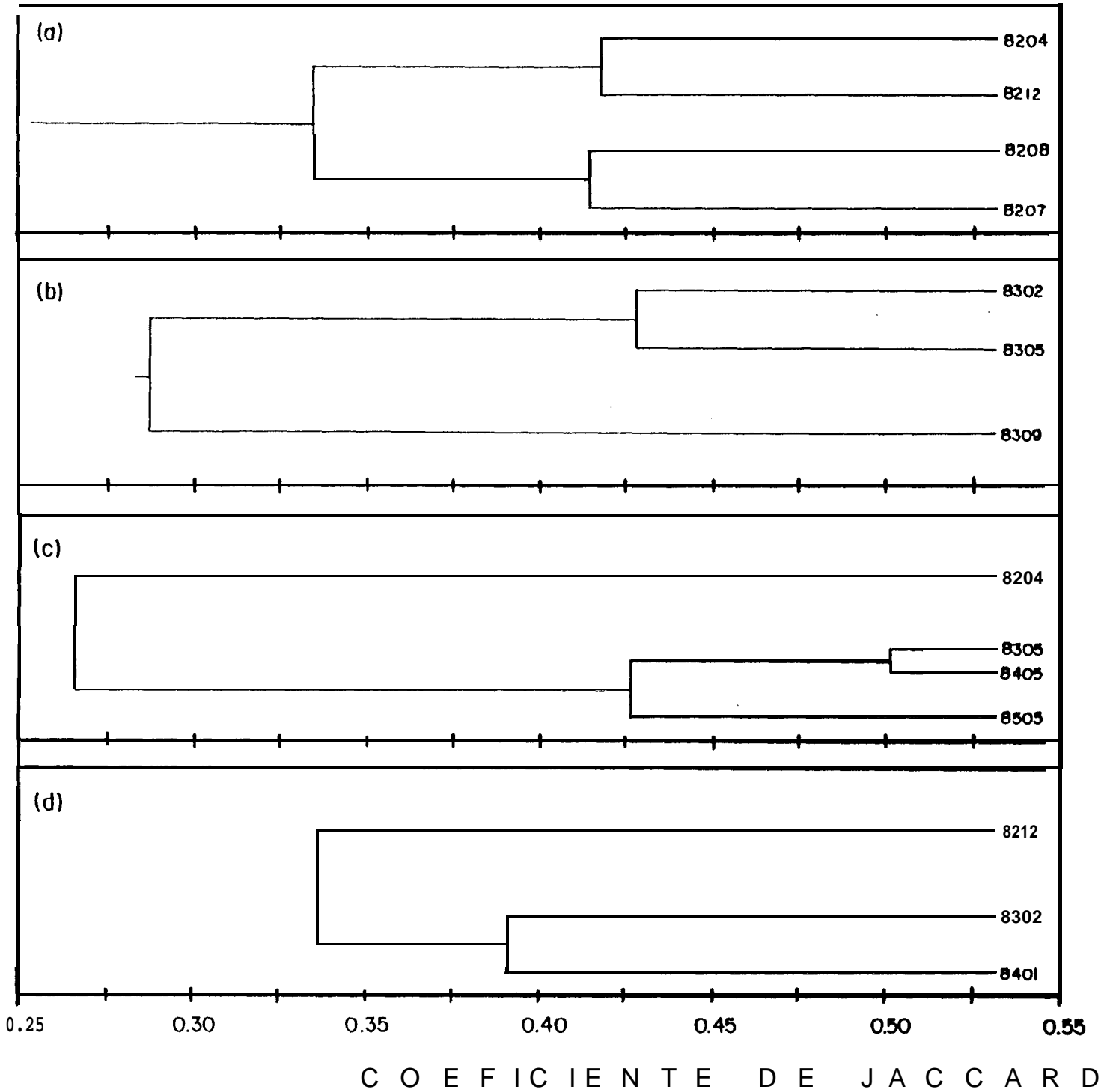


Fig.31. Variación anual e interanual del fitoplancton de red (1982-85), 1982 (a); 1983 (b); primavera (c); invierno (d). Costa Occidental de B.C.S., México.

Los cruceros mencionados para la temporada fría, se caracterizaron por presentar a las diatomeas como grupo principal, sin embargo tanto la comunidad como los valores de abundancia fueron significativamente diferentes en cada uno. En tanto que para la temporada cálida el grupo principal fueron los dinoflagelados.

El método de ordenación reúne en los dos primeros componentes el 26.43 % de la **varianza** total, repartida del siguiente modo: 14.3 % para primer componente (CI) y 12.05 % para el segundo (CII) (Fig. 32). El CI no diferencia claramente entre diatomeas y dinoflagelados. Si bien es notable la correlación positiva entre un grupo constituido únicamente de diatomeas también encontramos otro en donde se encontraron mezclas diatomeas pequeñas (*Cylindrotheca closterium*, *Licmophora abbreviata*, *Leptocylindrus danicus*) con dinoflagelados, el cual pertenece más bien a fases de sucesión relativamente avanzada. Las correlaciones negativas las presentaron un mayor número de especies de dinoflagelados y diatomeas de tamaño medio pero con prolongaciones en su cuerpo central (*Chaetoceros spp*, *Bacteriastrium spp*) y de gran superficie (*Rhizosolenia spp*, *Planktoniella sol*, etc). Por lo tanto este componente distingue en los valores positivos los organismos propios de primavera-verano o de la etapa turbulencia-estratificación y en los negativos a aquellos posteriores a la etapa de remineralización (estratificación-turbulencia).

El CII separa diatomeas de dinoflagelados, el orden de las especies en este componente es distinto que el primero. Los dinoflagelados tienen carga positiva, en tanto que las diatomeas con mayor carga negativa son propias de primavera e invierno. Este componente presenta una marcada relación con la estacionalidad.

La etapa de surgencias (8204), la cual se supone es rica en nutrientes, la encontramos representada por *Thalassiosira leptopus*, *Leptocylindrus danicus* y *Nitzschia pacifica* (Fig. 32). La primera de ellas cosmopolita y las dos últimas de afinidad templada. Por el contrario el crucero 8212 inmerso en la etapa estratificación-remineralización presentó como grupo representativo varias especies propias de ambientes estratificados y pobres en nutrientes, congregadas en los géneros *Chaetoceros*, *Bacteriastrium* y *Rhizosolenia*. Asimismo fue notable, para este mismo crucero la presencia de algunas asociaciones entre diatomeas y protozoarios, como fue el caso entre *Chaetoceros coarctatus* y *Vorticella oceanica* o bien con otras microalgas (*Rhizosolenia clevei* y *Ritchellia intercelular-k*).

A finales de la etapa de surgencias, en la temporada cálida, los cruceros 8207 y 8208 mostraron una comunidad en la que predominan los dinoflagelados como *Ceratium massillense*, *C. macroceros*, *C. fusus*, *C. tripos* y *C. candelabrum*. A pesar de compartir estas poblaciones se presentaron diferencias entre ambos meses. En el primero la comunidad en general fue típica de aguas oceánicas estratificadas, con bajas concentraciones de nutrientes, en tanto que en agosto se encontró un conjunto de especies propio de una etapa de turbulencia-estratificación, en la cual el mayor número de especies pertenece al grupo de las diatomeas sobresaliendo algunas que dan **indicios** de turbulencia.

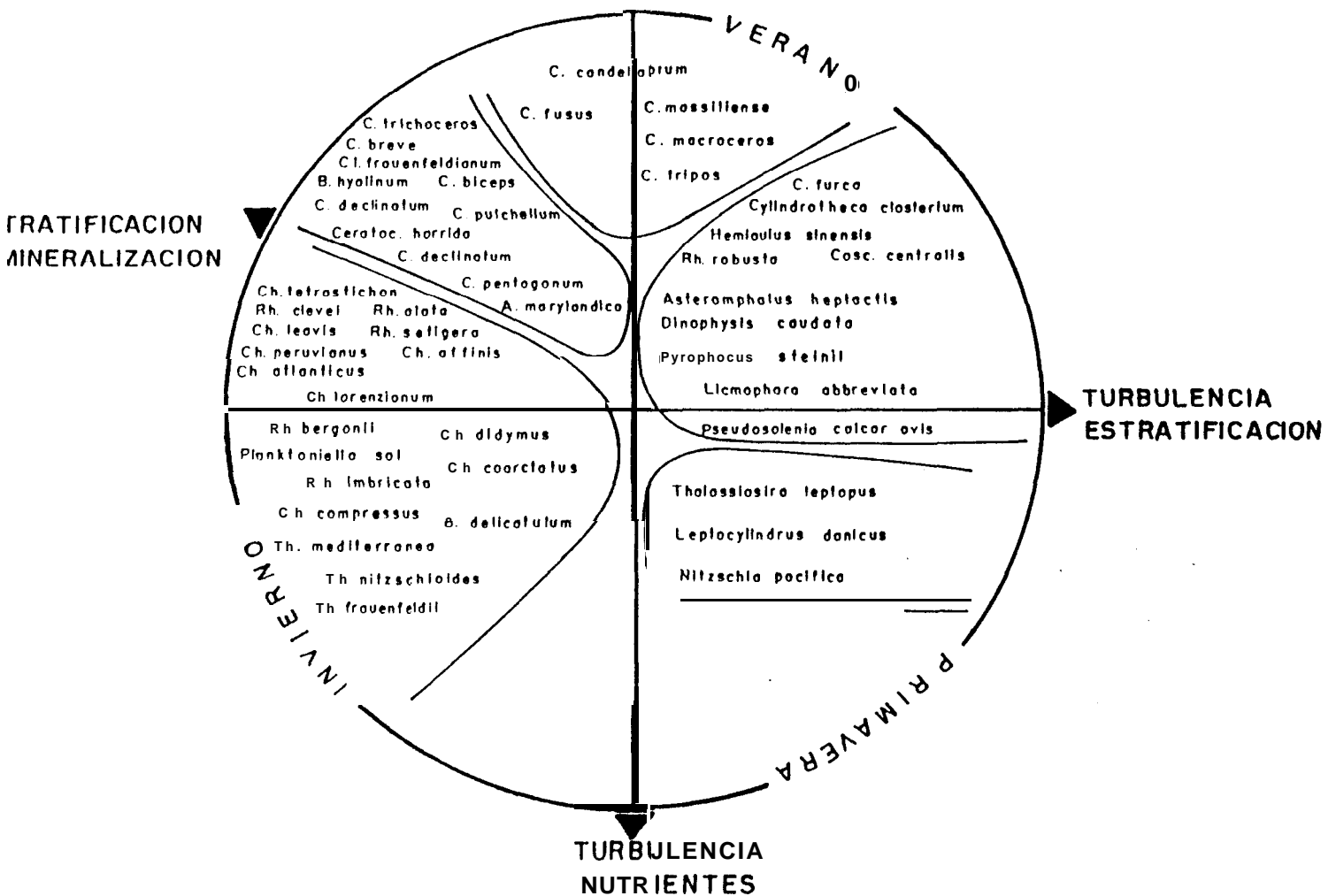


Fig.32 Representación en los componentes I y II de las asociaciones de microfitoplancton de red para el ciclo anual de 1982.

x.3. ciclo anual 1983

En este año es muy clara la separación entre los cruceros 8302 y 8305 realizados en la primera mitad del año y el de septiembre (Fig. 31b). Los dos primeros se ubicaron en la temporada fría del ciclo anual, mientras que el último lo estuvo en el máximo de calentamiento. La participación de especies templadas en la comunidad, sobretodo en el mes de mayo, da evidencia de la presencia de agua de la CC.

X.4. Primaveras (1982-85)

En la clasificación de los cruceros de primavera es notable la separación de 1982. El valor de similitud al cual se asocia este año con el resto de las primaveras fue el más bajo (0.27) obtenido en todas las clasificaciones hechas. En tanto que las primaveras de 1983-84 se agruparon a la similitud más alta (0.50) encontrada entre los grupos formados por este método. Este grupo incluye al crucero 8505, pero la unión se da a una similitud intermedia (0.42) (Fig. 31c).

El método de componentes principales reúne el 26 % de la **varianza** total en los primeros componentes; 15.19 % en el primero y 11 .00 % en el segundo. La representación gráfica de estos, nos permite separar 5 grupos de especies (Fig 33).

El primer componente se encontró correlacionado negativamente con los grupos I y II (Fig. 33). El grupo I se caracterizó por agrupar diatomeas pequeñas (*Thalassiosira leptopus*, *Leptocylindrus danicus*, etc), propias de ambientes enriquecidos y turbulentos, mientras que el grupo II congregó diatomeas formadoras de cadenas (*Chaetoceros spp*, *Bacterlastrum spp*), las cuales se encuentran en áreas con influencia de agua de surgencia, pero con mayor estabilidad. En el otro extremo este componente se mostró positivamente correlacionado en mayor grado con el grupo III, el cual estuvo compuesto principalmente por dinoflagelados grandes, los cuales son típicos de aguas oligotróficas y en menor grado con los grupos IV y V. El primero de estos (grupo IV) está integrado por una mezcla de dinoflagelados y diatomeas ; en este último grupo se distingue la diatomea *Corethron criophilum*, la cual es una especie de pared delicada y débilmente silificada, propia de ambientes que han recibido una entrada ligera de nutrientes. El último grupo (V), reunió diatomeas de tamaño mediano, con paredes más fuertes y silificadas principalmente del género *Coscinodiscus*. Este componente distingue la disponibilidad de nutrientes entre estos años, distinguiendo grupos de especies que representan el empobrecimiento del área debida al hundimiento de la termoclina y la recuperación gradual hacia las condiciones normales. Los grupos I y II representan a 1982, III y IV a 1983 y 1984 y por último el grupo V a 1985.

El segundo componente presentó las correlaciones más altas en el lado positivo con una mezcla de especies entre diatomeas y dinoflagelados. Dichas especies presentan adaptaciones propias para ambientes estratificados y/o pobres en nutrientes, generalmente dados en las zonas oceánicas o en mares tropicales o subtropicales. Las correlaciones

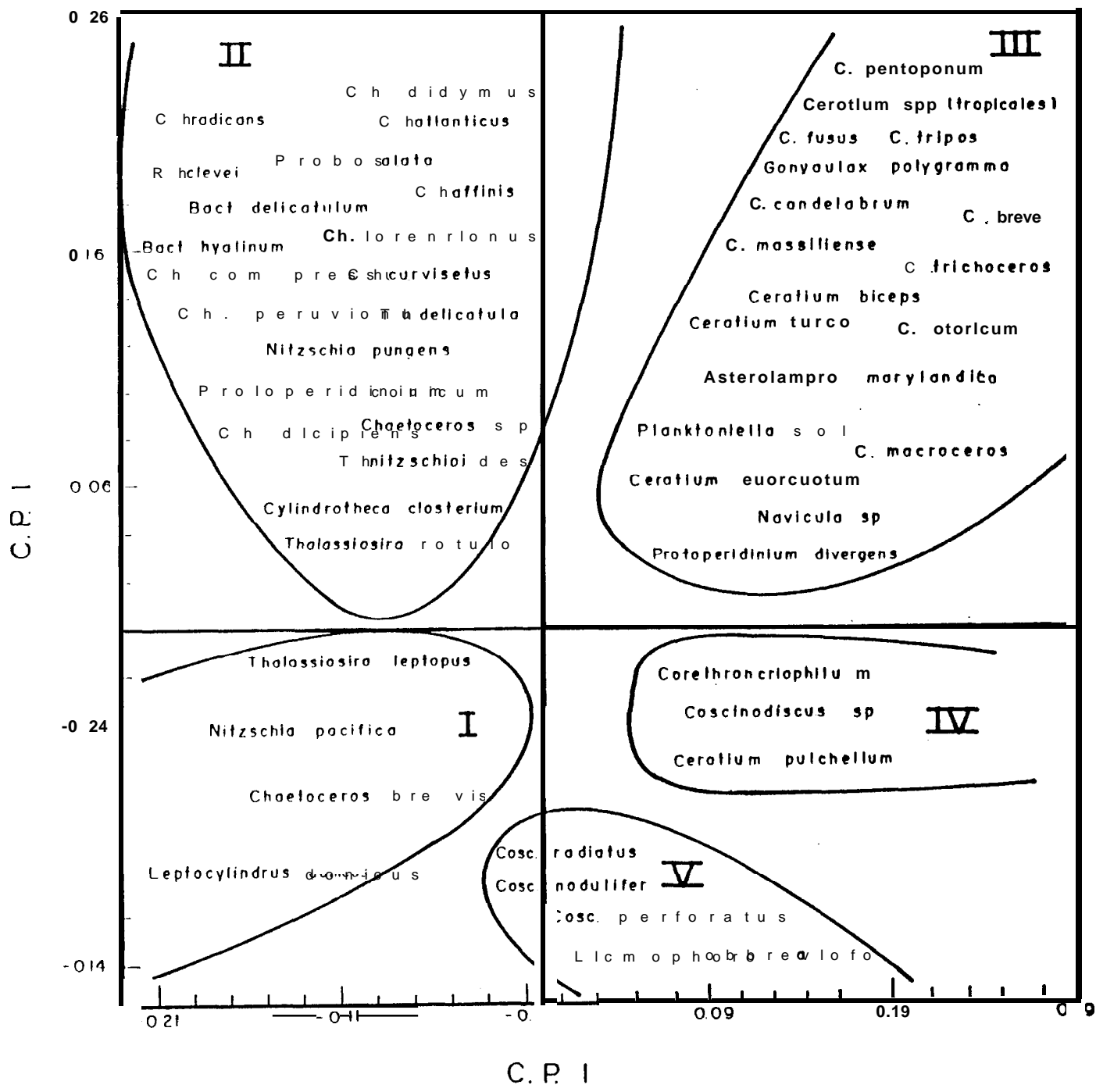


Fig.33 Representación en los componentes I y II de las asociaciones de microfitoplancton de red de las primaveras (1982-85). Los números I, II, III, IV y V, señalan los grupos formados.

negativas se dieron con diatomeas más pequeñas, las cuales por la cantidad de sílice en sus frustulas son más pesadas y por lo tanto son más propias de ambientes turbulentos y ricos en nutrientes, asociados normalmente con zonas costeras. Por lo tanto este componente está asociado con la anisotropía característica de las zonas de surgencias entre las áreas costera y oceánica.

X.5. Invierno (1982-84)

Nuevamente en este caso se separa el crucero perteneciente a 1982 y se agrupan los de 1983-84, sin embargo a diferencia de las primaveras la separación en términos de similitud entre estos años fue muy pequeña y se dio a valores de similitud entre 0.33 y 0.38 (Fig. 31c).

XI. DISCUSION

A una escala temporal de varios meses (subanual), el ciclo estacional juega un papel importante como una fuente de variabilidad hidrográfica en áreas de surgencia (Tont, 1976, 1981), la que a su vez influye sobre la variabilidad estacional del fitoplancton. En 1982 esta última se asocia principalmente con las temporadas de producción y no producción de surgencias y con el cambio de patrón de circulación estacional, lo cual genera una fuerte alternancia entre condiciones eutróficas y oligotróficas (Longhurst, 1967).

Tanto las especies como la distribución del fitoplancton en la temporada de máxima intensidad de surgencias en 1982 fueron similares a las encontradas en otras áreas de surgencia (Briand, 1976; Furuya et al., 1986; Varela y Costas, 1987), en donde las diatomeas son el principal componente. Las discontinuidades en su distribución fueron más obvias en el sentido costa-oceano, confirmando la anisotropía observada en otras regiones de afloramiento (Estrada y Blasco, 1985).

A semejanza de lo mencionado por Blasco et al., (1981), para la costa noroeste de Africa durante la temporada de surgencias, la ubicación de las asociaciones de especies presentaron una relación clara con la estabilidad de la columna de agua. De tal forma que las células más pequeñas (*Thalassiosira* y *Nitzschia*) se encontraron más cercanas a la zona de mayor turbulencia en tanto que las más grandes (*Rhizosolenia* spp, *Thalassiothrix mediterranea* y *Chaetoceros* spp) se presentaron alejadas de esta.

Al finalizar este proceso durante el mes de julio, la situación se modifica debido a que el agua relativamente fría y pesada localizada a lo largo de la costa se hunde y es substituida por agua menos densa (mayor salinidad y temperatura) desde la región más oceánica, la cual advecta sus propias poblaciones de fitoplanctones al área más costera y presenta características más cercanas a las del agua del Pacífico Central (34.6‰ y 24 °C).

Condiciones análogas han sido reportadas por Bolin y Abbott, (1963), para la costa de California

Con el cambio en el patrón estacional de circulación en agosto, la CC pierde fuerza y se establece la Contracorriente. Como resultado el patrón de distribución se mantiene anisotrópico pero, de sentido norte-sur. La presencia de especies bentónicas alrededor de Bahía Magdalena nos da evidencia de que el avance de la contracorriente provocó mucha turbulencia en esta zona costera, conservando además el gradiente costa-océano en una porción del área.

En diciembre aunque la zona estuvo cubierta de agua tropical, esta se modificó como resultado del descenso de temperatura estacional y por la influencia de agua más oceánica, la cual probablemente introduce nutrientes a la zona costera, lo que posibilita el desarrollo de las diatomeas. Como consecuencia de esto la distribución de las especies es muy uniforme.

Los análisis de agrupación y componentes principales realizados para resumir la información contenida en el ciclo anual de 1982, separan en ambos casos la temporada de surgencias de la de no surgencias o de cambio de circulación, a pesar de esto el primer método, agrupa los cruceros 8204 y 8212, lo cual resulta un tanto incongruente debido a que pertenecen a temporadas opuestas, sin embargo ambos cruceros comparten una asociación de diatomeas oceánicas, que en el caso del crucero de abril se encontraron restringidas al área más oceánica en tanto que en diciembre se mostraron uniformemente distribuidas en todo el área de estudio, lo que da indicios de la presencia de agua oceánica en la zona costera.

En el esquema del ciclo anual del fitoplancton, la baja varianza explicada por los dos primeros componentes, esta dada por el gran número de variables y muestras incluidas en el análisis, siendo un resultado esperado y encontrado en otros casos en donde se aplicó un análisis semejante (Estrada y Blasco, 1979; Blasco *et al*, 1980). Dicho esquema es coincidente con las etapas de sucesión propuestas por Margalef (1956a, 19878a), en las que la alternancia entre turbulencia (nutrientes) y estratificación (remeneralización) es primordial para su comprensión. Si en momentos de estratificación (Julio) se produce un aporte de turbulencia, el debilitamiento de la estratificación puede causar una deriva en la composición de especies, lo que sucedió en esta serie de observaciones en el mes de agosto con el avance de la Contracorriente. En este sentido es posible explicar la posición del grupo de especies representativas de agosto en el cuadrante adyacente a al grupo de especies representativas de la etapa de turbulencia. Otra temporada en la que se produce turbulencia es en diciembre, en donde al parecer existe una entrada de nutrientes desde el océano abierto, lo que permite el establecimiento de una comunidad compuesta principalmente de diatomeas.

Lo anterior permite suponer que el primer componente esta relacionado con el cambio temporal en la composición del fitoplancton gobernado por la alternancia entre turbulencia y estratificación, en tanto que el segundo refleja la estacionalidad hidrográfica.

Además de la variabilidad estacional con temporadas de surgencias y no surgencias la tendencia de la temperatura superficial del mar entre 1982-1985 mostró un calentamiento anómalo y pronunciado a partir de otoño de 1982 a lo largo de la costa occidental de Baja California Sur. Este calentamiento es coincidente con la presencia de El Niño 1982-83 en el ecuador, el cual aún se considera como el período anómalo más significativo de las series de tiempo de este siglo (Cole y McLain, 1989). En esta costa fue notable la persistencia de las anomalías de temperatura superficial entre 10-11 meses, además de la presencia de un calentamiento de menor intensidad durante 1984, el cual probablemente representa calentamiento residual a partir del sufrido en 1982-83.

Durante este evento se presentaron cambios en cuanto a la posición e intensidad de los centros de alta y baja presión en la cuenca del Pacífico (Norton *et al.*, 1985). Como resultado de estos cambios en la circulación atmosférica la baja presión que normalmente se presenta en la costa de California fue desplazada hacia afuera de ésta y reemplazada por una presión anormalmente más alta (Simpson, 1983).

Como consecuencia del ajuste gradual hacia un nuevo estado de equilibrio geostrófico requerido para estas condiciones atmosféricas anómalas es necesario un aumento en el transporte desde el suroeste (Reid y Mantyla, 1978). Evidencias para soportar la presencia anómala de alta presión cerca de la costa se encuentran en el nivel del mar de 1982, el cual mostró anomalías previas a las de temperatura, correspondiendo con lo encontrado en la costa de California ese mismo año (Simpson, 1983). El incremento en el nivel del mar debido al establecimiento del flujo hacia el polo se vio compensado por la depresión de la termoclina, la cual en su posición más extrema en profundidad se encontró entre 75- 100 metros en febrero de 1983. Implicando así una extensión espacial de la anomalía desde el ecuador.

El desplazamiento vertical de la termoclina fue un mecanismo importante para producir la variabilidad observada. Considerando que al inicio de la serie (abril de 1982) la isoterma de los 16°C se encontró en superficie durante el afloramiento costero, se considera a esta como un buen indicador del impacto que tuvo en esta zona el aumento del flujo costero hacia el polo durante los meses típicos de mayor intensidad de afloramiento de agua profunda.

Durante el pico del evento, las anomalías positivas de la temperatura del mar en Baja California Sur fueron del orden de 3 °C a diferencia de las encontradas al norte de Perú en donde fueron mayores de 10 °C (Barber y Chávez, 1983). A pesar de esto la magnitud de estas anomalías fueron suficientes para afectar la producción de surgencias de 1983, 1984 y posiblemente 1985, ya que los ecosistemas de afloramiento costero altamente productivos son inherentemente más vulnerables a variaciones en el clima y en los procesos oceanográficos que las regiones menos productivas (Barber *et al.*, 1985).

Bajo esta consideración, es evidente que progresivamente con el desarrollo del calentamiento en esta costa la capa de agua caliente formó un "tapón" que impidió la superficialización de la nutriclina durante el período de calentamiento, a pesar de que los vientos fueron favorables para ello, como lo indican los índices de surgencias (Fig. 8a). Sin embargo en mayo cuando prevalece el patrón de circulación donde domina la CC la variación interanual se encontró encubierta por el ciclo anual y se reflejó en la superficialización de la termoclina

En 1983 y 1984, los perfiles de temperatura no dan evidencia del afloramiento de agua profunda, sin embargo como Torres-Moye y Alvarez-Borrego (1987), lo mencionan este proceso pudo estar enmascarado por el calentamiento del agua debido a la influencia de El Niño en estas latitudes, resultando en una condición similar a la reportada para el hemisferio sur (Barber *et al.*, 1985).

Como consecuencia de la insuficiencia en el afloramiento del agua rica en nutrientes, debido al hundimiento de la termoclina, la abundancia del fitoplancton se vio reducida durante 1983 y 1984 en aproximadamente un 97 % comparada con la encontrada en la temporada de surgencias de 1982. Aunado a esto se presentaron algunos cambios en la estructura de la comunidad en relación a las asociaciones de especies y al tamaño de las células.

Simultáneamente a la baja en la abundancia, disminuyó la importancia relativa del grupo de las diatomeas, en donde se encuentran incluidas muchas especies sobretodo del genero *Chaetoceros*, las cuales forman esporas de resistencia. Este grupo domina normalmente las zonas de surgencias (Malone, 1980; Lange *et al.*, 1990), sin embargo fue reemplazado por asociaciones de dinoflagelados tropicales de origen oceánico, lo cual da evidencia clara del proceso de tropicalización de estos años.

La presencia de diatomeas durante 1983, como grupo dominante en áreas costeras, así como el tipo de especies que componen este grupo dan fuerte evidencia de inestabilidad en la columna de agua además de cierta disponibilidad de nutrientes, probablemente como resultado de las condiciones climáticas imperantes, ya que en el período diciembre de 1982 hasta marzo de 1983, ocurrió una tormenta masiva en la cuenca del Pacífico debido a que el invierno que sigue a la temporada en que se confirma la presencia El Niño ("onset") las conexiones con las latitudes medias son más fuertes (Seymour *et al.*, 1984).

En acuerdo con lo encontrado en California, las abundancias bajas fueron consistentes con la prevalecencia de las condiciones de El Niño (Reid y Stewart, 1989). En cuanto a la presencia de especies de agua cálida oceánica, éstas se presentaron en California hasta septiembre-noviembre de 1983 (Reid *et al.*, 1985), en tanto que en Baja California se iniciaron sus registros en el suroeste de la península desde abril de 1982 y permanecieron durante 1984.

Por otro lado se conoce que el microfitoplancton domina típicamente al nanofitoplancton en aguas costeras de California (Eppley *et al.*, 1979) y Baja California como lo muestran los resultados de 1982, sin embargo en las temporadas de afloramiento entre 1983-1985 la estructura de la comunidad del fitoplancton en esta costa estuvo sustentada sobre células pequeñas, coincidiendo con los resultados de otros trabajos realizados en la zona de influencia de la CC (Putt y Prezelin, 1985; Torres-Moye y Alvarez-Borrego, 1987). Aunado a este cambio se manifestó una ligera recuperación en la producción total de células de fitoplancton a partir de la temporada de surgencias de 1984.

La deriva en la estructura de tamaño de la comunidad, obedece probablemente al cambio sufrido en el sistema al ser invadido por aguas cálidas oligotróficas, en las cuales el nanofitoplancton puede tener un crecimiento rápido (Harris, 1980a; Goldman, 1984). Por el contrario el microfitoplancton es más susceptible a cambios ambientales desfavorables ya que el tiempo de retardo (fase Lag) entre las perturbaciones ambientales y su crecimiento o entre la producción de nueva biomasa y su renovación de la zona eufótica son más grandes para este grupo que para el nanofitoplancton (Harris, 1983).

Por otro lado, los cambios interanuales en las asociaciones del fitoplancton de red, para la temporada de surgencias, dieron evidencia clara del proceso de empobrecimiento sufrido durante 82-84; la sustitución gradual de géneros como *Thalassiostra*, *Coscinodiscus*, *Nitzschia*, *Chaetoceros* y *Thalassiothrix*, considerados comunes de agua de afloramiento enriquecida, por géneros propios de aguas cálidas oligotróficas como *Ceratium*, *Asterolampra*, *Planktoniella* y *Trichodesmium* fueron de los cambios más evidentes. Es notable en los dos primeros años la mezcla con flora tropical subtropical como consecuencia de la confluencia de diferentes tipos de agua.

Los grupos recurrentes (I, II, III, IV y V) obtenidos por el método de ordenación desde el análisis interanual de las primaveras muestran claramente la estacionalidad de las especies introducidas (fig. 34). Los períodos de abundancia de dinoflagelados (grupo III), estuvieron claramente asociados con cambios en la estacionalidad hidrográfica, siendo evidente que este proceso de advección puede ser variable de año a año; sin embargo, puede ser erróneo juzgar a todas las especies de este grupo como alóctonas, puesto que algunas de estas especies como *Ceratium furca*, *C. trichoceros*, *C. massiliense*, *C. fusus* y *C. tripos* estuvieron presentes durante todo el estudio (Fig. 35). Por otra parte, la presencia y abundancia de algunos dinoflagelados cerca de la costa no sólo debe ser considerada como resultado del transporte desde la región tropical, sino que se debe reflexionar sobre la capacidad que tienen algunas especies de este grupo para formar quistes o etapas de resistencia (Morris, 1980), los cuales pueden ser advectados durante períodos oceánicos y/o verse favorecidos bajo condiciones de estratificación de la columna de agua, lo cual puede explicar su presencia y su abundancia cerca de la costa.

Planktoniella sol y *Ceratium breve* (Avaira y Muñoz, 1987; Ochoa *et al.*, 1985) han sido consideradas como especies de agua cálida; su introducción y abundancia relativa durante el período cálido es consistente con los cambios hidrográficos observados, ya que

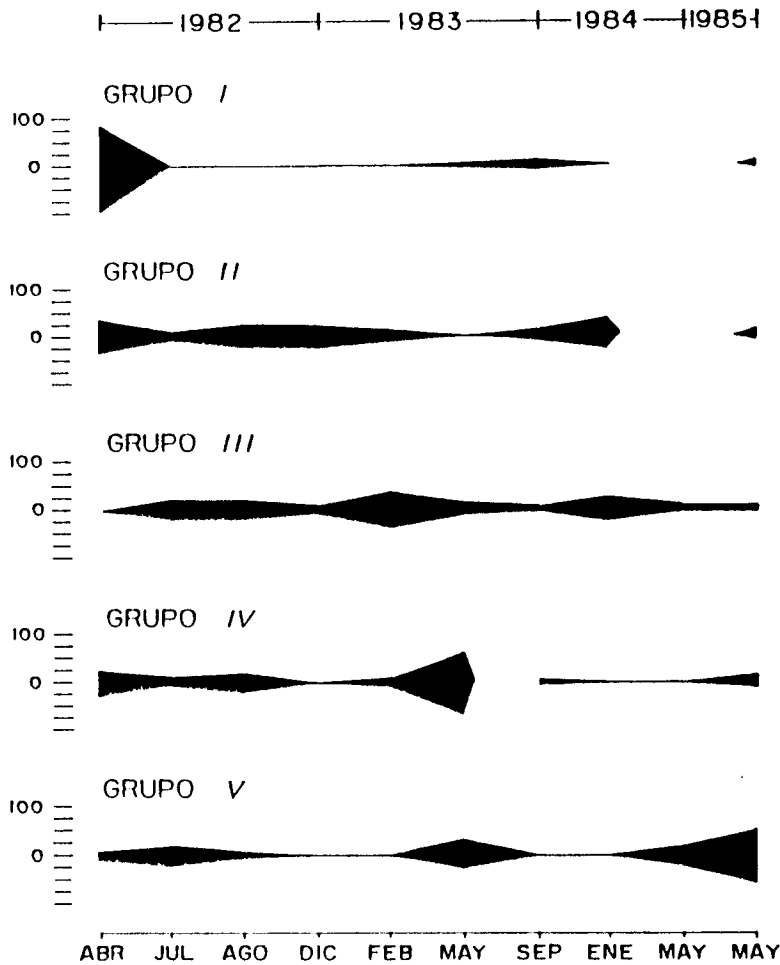


Fig.34 Abundancia relativa acumulada de las especies de los grupos recurrentes para 1982-85.

las mayores abundancias en número de estas especies se dieron durante el invierno que sigue al "onset" de El Niño 1982-83 (Fig. 35). Usualmente este tipo de especies no se desarrollan como dominantes o no son persistentes en el tiempo (Garrison, 1979).

Como ya se había mencionado, a pesar de que el pico de anomalías se presentó en 1983, los cambios en las asociaciones del microfitoplancton de red no fueron totales e inmediatos, aunque si bien sus existencias ("standing stock") se redujeron, los efectos más drásticos fueron en 1984. Esta misma respuesta ha sido descrita para otro evento de calentamiento en la costa sur de California (Kimor *et al.* 1978). Un ejemplo claro de estos efectos se nota en los grupos I, II y IV, los cuales sufrieron cambios marcados en su abundancia relativa, debidas probablemente en principio a las concentraciones de nutrientes en la columna superficial y por otro lado al inoculo inicial de poblaciones precedentes. El potencial para este proceso de inoculación podría ser más aparente durante los procesos de surgencias (Garrison, 1979).

Para 1984 los cambios en la composición específica se agudizaron, desapareciendo casi por completo los géneros comunes de esta temporada, pasando a ser más importantes los dinoflagelados en general y en particular las especies *C. massiliense* y *C. macroceros*. En este año no se encontró evidencia de afloramiento de agua subsuperficial, sin embargo la termoclina se presentó más superficial, lo que probablemente dio lugar al incremento en el nanofitoplancton, ya que estos organismos pueden hacer uso de su locomoción para migrar a través de la termoclina, tomar nutrientes y regresar a las capas más iluminadas aunado a que bajo estas condiciones existe de manera constante reciclamiento de amonio y un pequeño transporte vertical de nutrientes hacia la superficie (Kamykousky *et al.*, 1988).

En 1985 con el restablecimiento de las surgencias las especies de diatomeas descritas para 1982 como propias de esta temporada y la anisotropía vuelven a aparecer; sin embargo la abundancia del microfitoplancton silíceo, del cual se conoce que crece dos veces más rápido bajo condiciones de surgencias (Furuya *et al.*, 1986) fue menor que la del nanofitoplancton. Esto permite inferir que el crecimiento de las diatomeas en la temporada de surgencias de este año no dependió únicamente de los macronutrientes.

Se ha sugerido que la "resiembra" es un mecanismo importante para controlar el tamaño de las poblaciones del fitoplancton en sistemas de surgencias (Malone, 1975) hipotetizándose que el patrón de circulación de bicapa de estas regiones actuaría como un mecanismo de "resiembra" para las poblaciones del plancton (Brink *et al.*, 1981). Hasta la fecha no se ha encontrado evidencia de esto con trabajos experimentales, sin embargo se tienen resultados de un trabajo en otra zona de surgencias bajo condiciones similares a las de 1984, los cuales sugieren que los niveles reducidos de fitoplancton en agua recién aflorada fue producto de la interrupción en la "resiembra" (Smith *et al.*, 1983).

Existe evidencia en el depósito biogénico de los sedimentos de la cuenca de Santa Bárbara que apoya ésta hipótesis de retroalimentación de las poblaciones de fitoplancton por la "resiembra", ya que se ha encontrado una correspondencia entre los picos de surgencia,

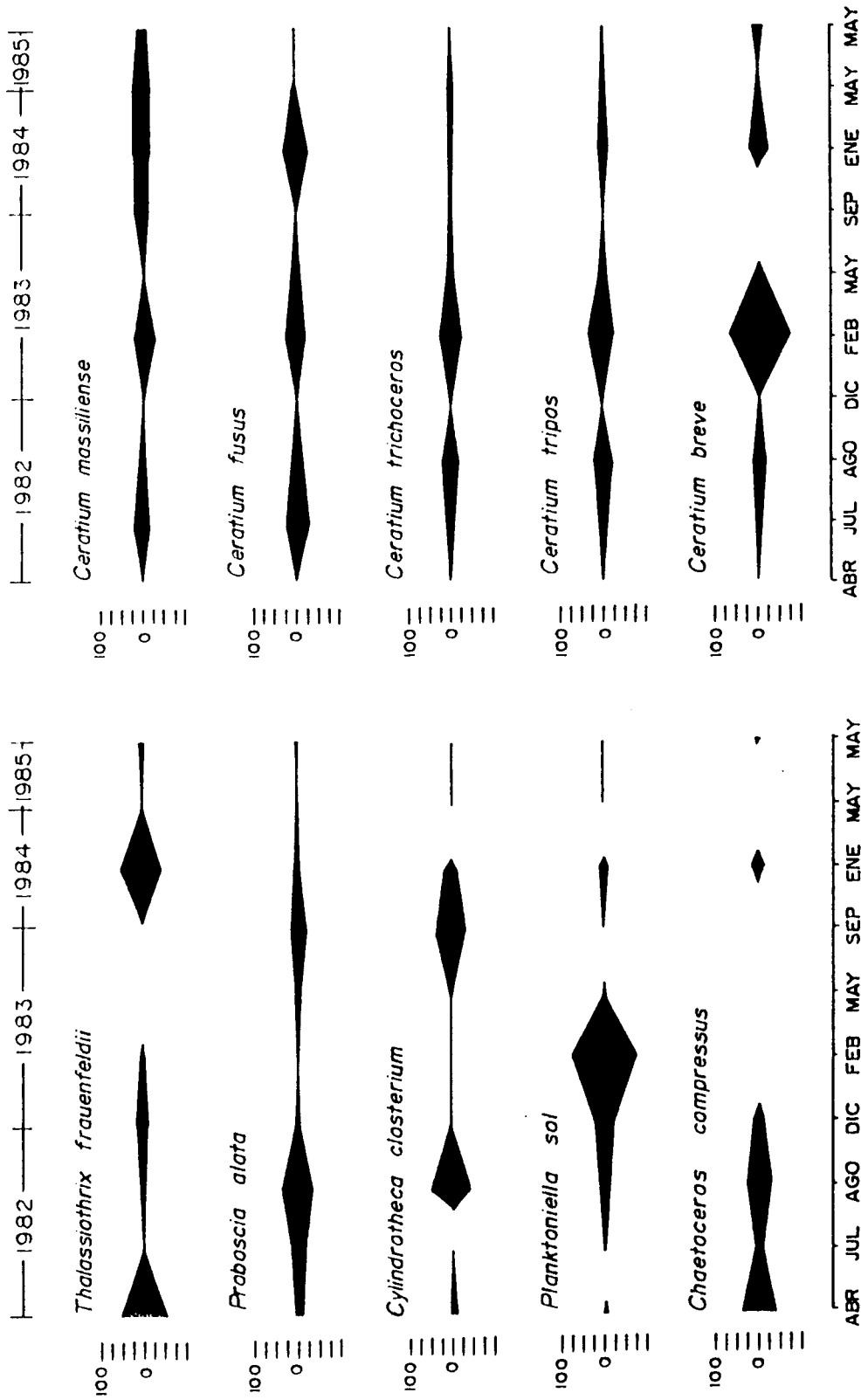


Fig.35 Abundancia relativa de las especies importantes (en número) durante 1982-85.

flujo total de diatomeas y abundancia relativa de esporas de *Chaetoceros*. Este género es uno de principales componentes del material silíceo durante años normales, desapareciendo durante años El Niño (Lange *et al.*, 1990), de manera que podemos considerar a los procesos advectivos como las fuerzas dominantes controlando la biomasa y potencialmente la composición de la comunidad del fitoplancton en estos sistemas.

El proceso inverso a las surgencias, el cual transporta agua oceánica hacia la costa se presentó en septiembre de 1983. La evidencia en nuestros resultados es consistente con los índices de surgencias y con lo encontrado por otros investigadores (Norton *et al.*, 1985; Haro, 1991).

Este transporte ocurrió bajo vientos del sureste y se asoció con la profundización de la capa de mezcla (Norton *et al.*, 1985). La presencia de tormentas tropicales y huracanes durante finales de verano y otoño, los cuales durante años ENSO gobiernan eventos de olas de gran altura y largo período (Seymour *et al.*, 1984), pudo haber sido el mecanismo que originó en septiembre de 1983 el transporte de agua oceánica hacia la costa. Como resultado de las condiciones climáticas imperantes en este año se presentó un incremento en la precipitación pluvial, la cual alcanzó los niveles máximos en enero y septiembre (Tabla 11, Apéndice II) en una serie de 23 años en Puerto San Carlos (Bahía Magdalena) (Fig.36).

Lo anterior posiblemente originó que el grupo de las diatomeas tuviera acceso a nutrientes y como consecuencia dominara en este crucero a pesar de que El Niño y los valores positivos del nivel del mar casi siempre están asociados con un decremento en este grupo (Lange *et al.*, 1990). De manera que en los momentos críticos de producción biológica en esta costa fue negado parcialmente el proceso de tropicalización.

La ubicación de las abundancias altas de las diatomeas mencionadas hacia el norte en la zona de menor plataforma continental, sugiere que en esta zona los nutrientes pueden tener dos orígenes; el primero es de la Subcorriente, la cual normalmente se encuentra más cerca de la superficie en esta parte del año (Gómez-Váldez, 1984). El segundo es la CC, ya que al estar más pequeña la plataforma continental, recibió más aporte de nutrientes desde el agua oceánica, la cual muy probablemente era de la CC. Sin embargo debido a las salinidades que se encontraron están en el intervalo en que pueden ser agua modificada de cualquiera de las dos corrientes es difícil discernir con nuestros datos esta interrogante.

En este mismo mes, a consecuencia de la radiación solar, la cual es máxima durante el verano (Jacobs, 1951), se presenta el pico del ciclo anual de calentamiento. Esta situación, en adición a la advección de agua tropical, puede originar por procesos de evaporación, sobretudo en las regiones más someras agua de salinidad y temperatura alta. Este proceso puede explicar la presencia del agua más salada y caliente registrada durante el período de estudio (35.3% y 29 °C).

Se ha mencionado para otra zona de surgencias, que, la composición global del fitoplancton tiende a ser poco afectada por la variación a lo largo del año (Estrada y Blasco,

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA
I.P.N.
DONATIVO

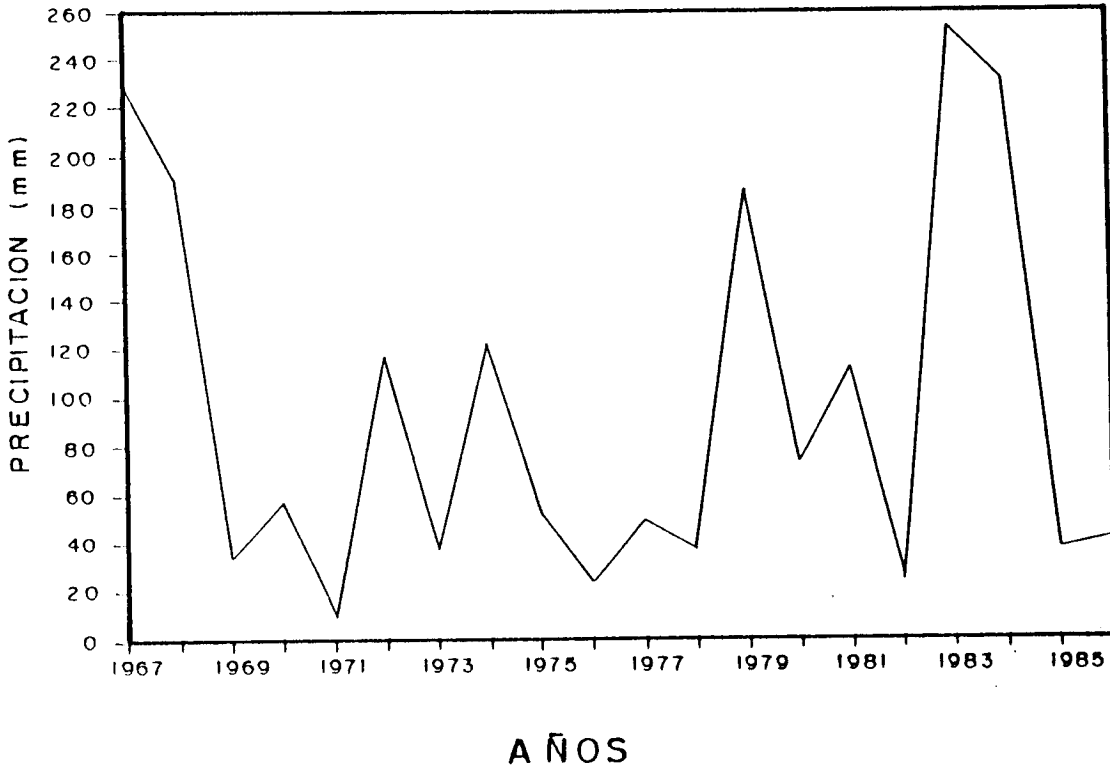


Fig.36 Precipitación promedio mensual en mm para Puerto San Carlos (1967-1986).

1985). Evidentemente en esta área, no sucede esto, ya que aquí existe una fuerte alternancia estacional entre condiciones eutróficas y oligotróficas debidas a la producción de surgencias y al encuentro y mezcla de diferentes tipos de agua (Longhurst, 1967).

La tendencia de los índices de diversidad apoya lo anterior ya que durante los meses de transición en el patrón de circulación alcanzaron los valores más altos. Estos valores son consecuencia de la mezcla de flora de diferente afinidad con el encuentro y mezcla de diferentes tipos de agua, lo que produce un incremento pasivo de la diversidad (Margalef, 1980). Sin embargo este estado se magnificó durante el invierno que precedió el "onset" de El Niño, alcanzando valores de diversidad (>4.5 bits/ ind.) semejantes a los de zonas oceánicas o de latitudes bajas (Margalef, 1980).

He tratado de determinar cuales especies son características de estas aguas pero la literatura es muy confusa, tal vez esto no es tan sorprendente si consideramos que las formas cálidas y frías tienden a mezclarse en esta zona, sin embargo existe una asociación de especies que se presentaron a lo largo de todo el período de estudio por lo que tal vez sea posible considerar a estas como tales (Tabla 1, apéndice I).

XII. CONCLUSIONES

El ciclo anual de fitoplancton en Baja California Sur durante 1982 esta relacionado con la estacionalidad hidrográfica; temporada de surgencias, período oceánico y con el cambio en el patrón de circulación. Las especies presentes en la temporada de surgencias fueron diatomeas típicas de estos ecosistemas, sobresaliendo la presencia de una gran cantidad de especies formadoras de esporas de resistencia. En este ciclo las especies introducidas son de importancia menor y se asocian con el inicio de las anomalías del nivel del mar en el primer trimestre de 1982, lo que indica que, en este año, en el Hemisferio Norte se presentaron respuestas físicas y biológicas en sincronía con los cambios en el Hemisferio Sur asociados con la presencia de ENSO 1982-83.

Entre 1982-1985 los cambios interanuales en el fitoplancton estan relacionados con la presencia de El Niño y son resultado de las condiciones de estratificación y desplazamiento vertical de la termoclina en 1983 entre 75-100 metros como consecuencia de la intensificación de la Contracorriente, además del calentamiento prolongado de aproximadamente dos años y medio, indicado por las anomalías de temperatura, las cuales señalan un período de mayor intensidad en el calentamiento de aproximadamente 10 meses.

Los efectos biológicos más drásticos en la estructura del fitoplancton como respuesta al disturbio ambiental dado por el calentamiento anómalo fueron:

- 1) La disminución de la abundancia del fitoplancton y del “standing stock” del microfitoplancton de red como consecuencia de la ineficiencia en el proceso de surgencia para llevar agua rica en nutrientes a la superficie.
- 2) La deriva hacia la mayor abundancia del nanofitoplancton a partir de mayo de 1983.
- 3) La disminución notable del microfitoplancton incluso durante 1985 (año frío) debido probablemente a la interrupción del mecanismo de resiembra, el cual se supone retroalimenta con esporas de resistencia viables las poblaciones de diatomeas comunes de estas regiones durante los procesos de surgencias.
- 4) La variación en la diversidad, lo mismo que los cambios en la abundancia de las especies consideradas como aloctonas o introducidas coocurren con los eventos hidrográficos y da constancia del proceso de tropicalización sufrido durante 1982-83.

GLOSARIO

Cambio climático: variación desde las condiciones climáticas promedio, aplicable a diferentes escalas temporales y espaciales. Puede ser referido al clima oceánico o al clima atmosférico.

ENSO: Interacción compleja entre el océano Pacífico Tropical y la atmósfera (Ropelewski, 1992). En este fenómeno la componente oceánica es El Niño y la atmosférica es la Oscilación Austral o Sureña.

El Niño: Originalmente se refiere a una corriente cálida que fluye hacia el sur, la cual modera las bajas temperaturas superficiales del mar frente a las costas de Ecuador y Perú durante los primeros meses del calendario, poco después de la Navidad. El nombre de esta corriente se había relacionado con el nacimiento de Cristo, actualmente se refiere a los años en que esta corriente es más intensa, alcanza latitudes más sureñas de lo normal, es excepcionalmente cálida y está acompañada por lluvias intensas (Philander, 1992).

Oscilación Austral o Sureña: Es una inversión del gradiente de presión atmosférica que existe sobre el Pacífico Tropical; la situación normal corresponde a una mayor presión en el lado oriental (Ripa, 1991).

Estacional: Significa una variación con un período de un año idéntica año tras año.

Interanual: Variación que corresponde a una escala mayor de un año, que puede ser periódica o no.

Disturbio ambiental: Cambio rápido en el medioambiente que altera grandemente a la comunidad biológica persistente.

Flujo geostrofico: Movimiento de agua en los océanos, como una respuesta combinada del efecto de Coriolis y de fuerzas gravitacionales creadas por una superficie del mar irregular.

Salinidad: Número de gramos de sal disuelta en 1000 gramos de agua de mar.

Surgencia: Movimiento de agua rica en nutrientes desde una profundidad específica a la superficie.

Isolínea: Línea trazada en un mapa o una carta que conecta a los puntos que tienen el mismo valor (temperatura, salinidad, densidad, etc) en un momento dado o durante un período específico.

Oligotrófica: Cuerpo de agua o hábitats con bajas concentraciones de nutrientes.

Ecosistema: Comunidad biótica y su ambiente abiótico

Asociación: Unidad principal en la ecología de comunidades, caracterizada por la uniformidad esencial en la composición de especies.

Densidad: Número de individuos con relación al volumen de agua en el cual están presentes.

Distribución espacial: Arreglo de los individuos en el espacio.

Fitoplancton: Organismos fotosintetizadores residentes en el plancton.

Anisotropía: Discontinuidades en la distribución de las asociaciones del fitoplancton, estas discontinuidades pueden ser más obvias a lo largo de una dirección que de otra (Estrada y Blasco, 1985)

Espora de resistencia: Es una etapa en la historia de vida de un organismo, usualmente formada asexualmente, la cual está típicamente latente y es capaz de tolerar condiciones desfavorables.

BIBIOGRAFIA

- ALLEN, W.E. 1928. Review of five years of studies on phytoplankton at Southern California piers, 1920-1924, inclusive. **Bull. Scripps Inst. Oceanogra., Tech. Ser. 1:19-29.**
- ALLEN, W.E. 1936. Occurrence of marine plankton diatoms in a ten-year series of daily catches in Southern California. *Amer. J. Botany* **23:60-63**
- ALLEN, W.E. 1940. Summary of results of twenty years of researches on marine phytoplankton. **Proc. Sixth Pac. Sci. Congr. 3:576-583.**
- ALLEN, W.E. 1941. Twenty Years' Statistical Studies of Marine Plankton Dinoflagellates of Southern California. *The American Midland Naturalist*. **26(3):602-635.**
- ANONIMO, (1990). Banco de datos sobre surgencias del Pacífico Oriental, H. N. 1946-1990 del Pacific Fisheries Environmental group (PFEG) del SWFC, N.O.A.A., Monterrey California.
- AVAIRA, S. & P. MUÑOS. 1987. Effects of the 1982-83 El Niño on the marine phytoplankton off Northern Chile. *J. Geophys. Res.* **92(C13):14,369-14,382.**
- BAKUN A. & NELSON C. S. 1977. Climatology of upwelling relate processes off Baja California. Rep. **Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. 19:107-127**
- BALECH, E. 1960. The changes in the phytoplankton population off the California coast. Rep. Cal. Coop. Oceanic Fish. Invest. **7:127-132.**
- BARBER, R.T., E.P. CHAVEZ. 1983. Biological consequences of El Niño. *Science.* **22:1203-1210.**
- BARBER, R.T., CHAVEZ F.P. & J. E. KOGELSCHTZ. 1985. Biological effects of El Niño. *CPPS, Boletfn ERFEN* **14:3-29.**
- BARBER, R.T. & J. E. KOGELSCHTZ. 1990. Nutrients and productivity during the 1982/83 El Niño. En: P. W. Glynn (Ed.). **Global Ecological Consequences of the 1982-83 El Niño-Southern Oscillation.** University of Miami. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science pp 21-53.
- BARBER, R.T. & R. L. SMITH, 1981. Coastal Upwellings. En: A.R. Longhurst (Ed.). **Analysis of marine ecosystems.** Academic Press.

- BAUMGARTNER, T. R. & Jr. N. CHRISTENSEN. 1985. Coupling of the Gulf of California to large-scale interannual climatic variability. *J. Mar. Res.* **43**:825-848.
- BAUMGARTNER, T. R., A. SOUTER & V.B. FERREIRA. 1992. Reconstruction of the history of Pacific sardine and Northern anchovy populations over the past two millennia from sediments of the Santa Barbara Basin, California. Rep. **CalCoop. Oceanic Fish. Invest.** **33**:24-40
- BLASCO, D. 1977. Red tide in the upwelling region of Baja California. *Limnol. Oceanogr.* **22**(2):255-263.
- BLASCO, D. 1978. Observations on the diel migration of marine dinoflagellates off the Baja California coast. *Mar. Biol.* **46**:41-42.
- BLASCO, D., M. ESTRADA & B. JONES. 1980. Relationship between the phytoplankton distribution and composition and the hydrography in the northwest Africa upwelling region near Cabo Corbeiro. *Deep-Sea Research.* **27**(A) :799-821.
- BLASCO, D., M. ESTRADA & B. JONES. 1981. Short time variability of phytoplankton populations in upwellings regions. The example of northwest Africa. En: F.A. Richards (Ed.). **Coastal Upwelling. American Geophysical Union**, Washington D.C., 339-347 pp.
- BOLIN, L. R. & P.D. ABBOT. 1963. Studies on the marine climate and phytoplankton on the central area of California, 1954-1960. Rep. **Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest.** **9**:23-45.
- BRIAND, J.-P. F. 1976. Seasonal variations and associations of southern California nearshore phytoplankton. *J. Ecol.* **64**:821-835.
- BRINK, K.H, B.H. JONES, J.C VAN LEER, C.N. MOOOERS, D.V. STUART, M.R. STEVENSON, R.C. DUGDALE & G. W. HEBURT. 1981. Physical and biological structure and variability in an upwelling center off Peru near 15 S during March, 1977. En: F.A. Richard (Ed.). **Coastal Upwelling. American Geophysical Union**, Washington, D.C., 473-495 pp.
- BRINTON, E. 1962. Variable factors affecting the apparent range and estimated concentration of euphausiids in the North Pacific. *Pacific Science* **16**(4): 374-408.
- CANE, M. 1983. Oceanographic events during El Niño. *Science* **22**: 1189-1 195.
- CANNON, G.A., N.P. LAIRD & T.V. RYAN. 1975. Flow along the continental slope off Washington, Autumn 1971. *J. Mar. Res.* **33**:97-107.

- CHELTON, D.B., P.A. BERNAL & J.A. MCGOWAN. 1982. Large-scale interannual physical and biological interaction in the California Current. **J. Mar. Res.** 40(4) :1095-1125.
- CHELTON, D.B. & R.E.DAVIS. 1982. Monthly mean sea-level variability along the west coast of North America. **J. Phys. Oceanogr.** 9:757-784.
- COLE, A.D. & D. R. McLAIN. 1989. Interannual variability of temperature** in the upper layer of the North Pacific Eastern Boundary region, 1971-1987. **NOAA Technical Memorandum NMFS. US. Department of Commerce National Oceanic and Atmospheric Administration National Marine Fisheries Service. 19 pp.**
- CRIC1 J.V. & A.M.F. LOPEZ. 1983. En: **E.V. CHESNEAU (Ed.). Introducción ala teoría y práctica de la taxonomía numerica.** Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington, D.C.
- CUPP, E.E. 1930. Quantitative studies of miscellaneous series of surface catches of marine diatoms and dinoflagellates taken between Seattle and the Canal zone from 1924 to 1928. **Trans. Amer. Microsc. Soc.** 49:238-245.
- CUPP, E.E.** 1934. Analysis of marine plankton diatoms collections taken from the California zone to California during March, 1933. **Trans. Amer. Microsc. Soc.** 53:22-29
- CUPP, E.E. 1943. Marine plankton diatoms of the West Cost of North America. **Bull. Scripps Inst. Oceanogr.** 5:1-238.
- ENFIELD, D.B. & J.S. ALLEN. 1980. On the structure and dynamics of montly mean sea level anomalies along the Pacific coast of North America. **J. Phys. Oceanogr.** 10:557-578.
- EPPLEY, R.W., **E.H. RENGER & W. G. HARRISON.** 1979. Nítrate and phytoplankton production in southern California waters. **Limnol. Oceanogr.** 24:483-494.
- ESTRADA, M. & D. BLASCO 1979. Two phases of phytoplankton community in the Baja California upwelling. **Limnol. Oceanogr.** 26: 1065-1080.
- ESTRADA, M. & D. BLASCO, 1985. Phytoplankton assemblages in coastal upwelling areas. **Int. Symp. Upw. W Afr., Inst. Inv. Pesq., Barcelona.** 1:379-402.
- FIGUEIRAS, F.G. & F.X. NEILL. 1987. Composición del fitoplancton de la ría de Pontevedra (NO de España). **Invest. Pesq.** 51(3):371-409.

- FURUYA, K., M. TTAKAHASHI & T. NEMOTO. 1986. Summer phytoplankton community structure and growth in a regional upwelling area off Hachijo Island, Japan. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** **96**: 43-55.
- GARATE-LIZARRAGA I. 1992. Variación espacio temporal de la abundancia fitoplanctónica y de la estructura de las asociaciones microfitoplanctónicas en el sistema lagunar Magdalena-Almejas durante 1984-1986. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN., México, 84 pp.
- GARRISON, D.L. 1979. Monterrey Bay phytoplankton I. Seasonal cycles of phytoplankton assemblages. **J. Plank. Res.** 1:241-265.
- GLYNN, P.W. 1988. El Niño-southern oscillation 1982-1983: Nearshore Population, Community, and Ecosystem Responses. **Ann. Rev. Ecol. Syst.** 19:309-45.
- GOLDMAN, J.C. 1984. Oceanic nutrient cycles in flow of energy and materials in marine ecosystems: Theory and practice. Ed. M.J. Fasham, Plenum New York, 137-170 pp.
- GOMEZ-VALDEZ J. 1984. Estructura hidrográfica promedio frente a Baja California. **Ciencias Marinas.** **9 (2) : 75-86.**
- HARO-GARAY, M.J. 1991. Análisis de algunos grupos del zooplancton para caracterizar el área del desove de las sardinillas monterrey *Sardinops sagax* y *crinuda Opisthonema libertate* en el Pacífico de Baja California sur. Tesis de Maestría. CICIMAR-I.P.N., México, 43 pp.
- HARRIS, G.P. 1980a. Spatial and temporal scales in phytoplankton ecology. Mechanisms, methods, models and management. **J. Fish. Aq. Sci.** 37:877-900.
- HARRIS, G.P. 1983. Mixed layer physics and phytoplankton populations; studies in equilibrium and non-equilibrium. **Ecology Prog. Phyc. Res.** F.E. Round and D. Champman ed. Elsevier Amsterdam 1-55 pp.
- HASLE, G. R. 1978. Using the Inverted Microscope. En: A. Sournia (Ed.). **En: Phytoplankton Manual.** UNESCO., Paris pp. 191-196.
- HERNANDEZ-BECERRIL, D.U. 1986. Un estudio de fitoplancton en el Puerto de El Sauzal, Baja California, México. **Rev. Lat-amer. Microbiol.** 28:167-175.
- HERNANDEZ-BECERRIL, D.U. 1988a. Especies de fitoplancton tropical del Pacífico Mexicano. II. Dinoflagelados y cianobacterias. **Rev. Lat. Amer. Microbiol.** 30:187-196.

- HERNANEZ-BECERRIL, D.U. 1988b. Observaciones de algunos dinoflagelados (Dinophyceae) del Pacífico mexicano con microscopio fotónico y electrónico de barrido. *Inv. Pesq.* 52(4):517-531.
- HERNANDEZ-BECERRIL, D.U. 1989. Species of the dinoflagellate genus *Ceratium* Schrank (Dinophyceae) in the Gulf of California and coast off Baja California, México. *Nova Hedwigia* 1(2) :33-54.
- HICKEY, B.M. 1979. The California Current system-hypothesis and facts. *Prog. Oceanogr.* 8:191-279.
- HUSTEDT, F. 1930. Bacillariophyta. En: Pasher, A. (Ed.). *Die Sussawaser Flora Mitteleuropas*. Otto Koeltz Scien. P.W. Germany, 446 pp.
- HUSTEDT, F. 1959. Die Kieselalgen Deutschlands, Oesterreichs un der Schweiz . En: Rabenhorst, L.; Kriptogamen-Flora. Band VII, P. I-II Johnson Rep. Co. New York, 845 pp.
- JIMENEZ, A.R. & R. CERVANTES. 1985. Atlas de parámetros fisicoquímicos de la costa occidental de Baja California Sur, 1982. Atlas CICIMAR 3. 124 PP.
- INMAN, D.L., G.C EWING & J. B. CORLISS J.B. 1966. Coastal sand dunes of Guerrero Negro, Baja California, México. *Geol. Soc. Am. Bull.* 77(8):187-802.
- JACOBS, W.C. 1951. The energy exchange between the sea and the atmosphere and some of its consequences. *Bull Scripps of Oceanography*. Univ. of Calif. 6:27-122.
- KAMYKOWSKY, D., McCOLLUM, S. A. & KIRKPATRICH, G. J. 1988. Observaciones and a model concerning the translational velocity of a photosyntetic marine dinoflagellate under variable environmental conditions. *Limnol. Oceanogr.* 33:438-441.
- KIMOR B., F.M.H. REID & J.B. JORDAN. 1978. An unusual occurrence of *Hemiaulus membranaceus* Cleve (Bacillariophyceae) with *Richelia intercellularis* Schmidt (Cyanophyceae) off the coast of southern California in October 1976. *Phycologia*. 17(2):162-166.
- LANGE, C.B., W.H. BERGER, R.E. CASEY, A. SCHIMMELMANN, A. SOUTAR & A.L. WEINHEIMER. 1987. El Niño en Santa Barbara Basin: Diatom, radiolarian and foraminiferan resposes to the "1983 El Niño event". *Mar. Geol.* 78:153
- LANGE, C.B., S.K. BURKE & W.H. BERGER. 1990. Biological Production off Southern California is Linked to Climatic Change. *Climatic Change*. 16:319-329.

- LICEA DURAN, S. 1974.** Sistemática y distribución de diatomeas de la laguna de Agiabampo, Son. /Sín., México. **An. Centro Mar. Limnol., Univ. Nal. Autón. México.** 1: 99-157.
- LONGHURST, A.R. 1967. Diversity and trophic structure of zooplankton communities in the California Current. *Deep Sea Res.* 19:553-572.
- LYNN, R. J. 1967.** Seasonal variation of temperature and salinity at 10 meters in the California Current. **Rep. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. II: 157-186.**
- LYNN, R. J. Y J. J. SIMPSON. 1987. The California Current System. The seasonal variability of its physical characteristics. *J. Geophys. Res.* 92(C12):12947-12966.
- MacCALL, A.D. 1986. Changes in the biomass of the California Current Ecosystem. En: K. Sherman y L.M. Alexander (Eds.). *Variability and Management of Large Marine Ecosystems.* 33-54 pp.
- McGOWAN, J. A. 1974. The nature of oceanic ecosystems. En: C. B. Miller, (Ed.). *The Biology of the Oceanic Pacific.* Oregon State Univ. Press, Corvallis, 9-28.
- McGOWAN, J. A. 1984. The California El Niño, 1983. *Oceanus* 27(2):48-51
- MALONE, T.C. 1975. Environmental control of phytoplankton cell size. *Limnol. Oceanogr.* 20:495
- MALONE, T.C. 1980. Algal size. En: *The physiological ecology of phytoplankton.* T. Morris (ed). Blackwell Scient. Publ. 443-463 pp.
- McLAIN, R.D. R.E. BRAINARD & J.G. NORTON. 1985. Anomalous warm events in eastern boundary current systems. *Rep. Cal. Coop. Oceanic Fish. Invest.* 26:51-64.
- MARGALEF, R. 1956a. Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. En: A. A. Buzzati-Traverso (Eds.). **Perspectives in Marine Biology,** 323-349 pp.
- MARGALEF, R. 1980. **Ecología.** Ed. Omega, Barcelona, España 951 pp.
- MARGALEF, R. 1978a. Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanol. Acta* 1(4) :493-509.

- MORRIS, I. 1980. *The physiological ecology of phytoplankton*. Ed. I. Morris, Universidad of California Press. 625 pp.
- MURRAY D. & H. SCHRADER. 1983. Distribution of Silicoflagellates in plankton and core tope samples from the Gulf of California. *Mar. Micropaleont.* 7:517-539.
- NIENHUIS H. & R. GUERRERO. 1985. A quantitative analysis of the annual phytoplankton cycle of Magdalena Complex (México). *J. Plankt. Res.* 7(4):427-441.
- NIENHUIS H. & R. GUERRERO. 1986. Biomasa y distribución del fitoplancton entre 1980 y 1984 en Bahía Magdalena Baja California Sur, México. **Atlas del CICIMAR No. 5. 63 pp.**
- NORTON, J., D. McLAIN, R. BRAINARD, and D. HUSBY. 1985. The 1982-83 El Niño Event off Baja and Alta California and its Ocean Climate Context, p. 44-72. En: *El Niño North*. Wooster and Fluharty, (Ed.). **Washington Sea Grant Program Univ. of Washington.**, Seattle. 312 pp.
- OCHOA, N., B. ROJAS DE MENDIOLA & O. GOMEZ. 1985. Identificación del fenómeno "El Niño a través de los organismos fitoplanctónicos. *Bol. Inst. Mar Peru*, vol. extraordinario. 23-3 1.
- PEET, R.K. 1974. The measurement of species diversity. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 15:285-307.
- PETERSEN, J.H., A.E. JAHN, R.J. LAVENVERG, G.E. MCGOWAN & R.S. GROVE. 1986. Physical-chemical characteristics and zooplankton biomass on the continental shelf of Southern California. *Rep. Cal. Coop. Oceanic Fish. Invest.* 27:36-52.
- PHILANDER, S.G. 1992. El Niño. *Oceanus* 35(2):56-61.
- PUTT, M. & B.B. PREZELIN. 1985. Observations of diel patterns of photosynthesis in cyanobacteria and nanoplankton in the Santa Barbara channel during "El Niño". *J. Plankton Res.* 7(6):779-790.
- RASMUSSEN E. M., & J. M. CARPENTER. 1982. Meteorological aspects of the El Niño/Southern Oscillation. *Science* 222:1195-1202.
- RASMUSSEN E.M., & J.M. WALLACE. 1983. Meteorological aspects of the El Niño/Southern Oscillation. *Science* 222: 1195-1202.
- REID Jr. J.L., G.I. RODEN, WYLLIE J.G. 1956-58. Studies of the California current system. Contributions from the Scripps Institution of Oceanography. New series NO .

998.

- REID, F.M.H., E. FUGLISTER & J.B. JORDAN. 1970. Phytoplankton taxonomy and standing crop. En: J. D . H . Strickland, ed. The **ecology of the plankton off La Jolla, California, in the period April through September, 1967**. **Bull. Scripps Inst. Oceanogr. Univ. Calif. Press.** 17:51-66.
- REID, F.M.H., C.B. LANGE & M.M. WHITE. 1985. Microphytoplankton species assemblages at the Scripps Pier from March to November 1983 during the 1982-1984 El Niño event. **Botanica Marina.** 28:443-452.
- REID, J. L., Jr. & A. W. MANTYLA. 1978. On the mid-depth circulation of the North Pacific Ocean. **J. Phys. Oceanogr.** 8:946-951.
- REID, F.M. & E. STEWART. 1989. Nearshore microplanktonic assemblages off southern California in February 1983 during the El Niño event. **Continental Shelf Research.** 9(1):37-50.
- RIPA, P. 1991. Ay que Niño éste!. **Ciencias** 21:3-8.
- RODEN, G.I. 1971. Aspects of the transition zone in the northeast Pacific. **J. Geophys. Res.** 76(15):3462-3475.
- ROJAS DE MENDIOLA, B. 1981. Seasonal phytoplankton distribution along the Peruvian coast En: F.A. Richards ed. **Coastal Upwelling. American Geophysical Union,** Washington D.C. 348-356 pp.
- ROJAS DE MENDIOLA, B., N.L. OCHOA & O.C. GOMEZ. 1981. Los dinoflagelados como indicadores biológicos de masas de agua-fenómeno El Niño 1972. **Mem.** del Seminario sobre Indicadores **Biológicos** del Plancton. Oficina regional de la Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y del Caribe. Montivideo, Uruguay. 78-88 pp.
- ROMERO-IBARRA, N. & A. ESQUIVEL-HERRERA. 1989. Análisis del contenido gástrico de adultos de *Opisthonema* libertate, y su comparación con el medio circundante. **Inv. Mar. CICIMAR** 4(2):267-279.
- ROPELEWSKI, C.F. 1992. Predicting El Niño events. **Nature** 356:476-477.
- SALINAS-GONZALEZ, F. 1987. Cálculo de corrientes geostróficas e inducidas por el viento frente a Bahía Magdalena a partir de datos del crucero CICIMAR-8502. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, B.C.S., México. 116 pp.

- SCHILLER, J. 1933. Dinoflagellatae (Peridineae) in monographisher Heandlung teil 2. In: Rabenhorst **kryptogamen-Flora, Leipzig**. 10: 1-598.
- SEYMOUR, R.J., R.R. STRANGE, D.R. CAYAN, & NATHAN R.A. 1984. Influence of El Niños on California's wave climate. 19th. **International Conference on Coastal Engineering**, Houston Texas. 16pp.
- SIMPSON, J.J. 1983. Anomalous Thermal Structure in the California Current During the 1982-1983 El Niño. **Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter**. No. 21
- SMAYDA, T. J. 1975. Net phytoplankton and the greater than 20-micron phytoplankton size fraction in upwelling waters off Baja California. **Fish. Bull. Calif.** 73(1):975.
- SMITH, W.O., G. W. HEBURN, R.T. BARBER & J. J. O'BRIEN. 1983. Regulation of phytoplankton communities by physical processes in upwelling ecosystems. **J. Mar. Res.** 41:539-556.
- SOKAL, R. R. & P. H. A. SNEATH. 1963. **Principles of numerical taxonomy**. W. H. Freeman & Co., San Francisco. 259 pp.
- SOURNIA, A. 1967. Le genre *Ceratium* (peridinien planctonique) dans le canal de Monzabique Contribution a une revision mondiale. **Vie Milieu, Ser A.** 18:375-499.
- SUNDSTROM, B. G. 1986. The Marine Diatoms Genus *Rhizosolenia*. A approach to the taxonomy. Ph. D. Thesis. Lund, Univ. Sweden. 254 p.
- SVERDRUP, H.U. & R.H. FLEMINGER. 1941. The waters off the coast of Southern California, March to July 1967. Scripps Institute Oceanography **Bull.** 4(10):261-387.
- SVERDRUP, H.U., M.W. JHONSON & R.H. FLEMINGER. 1942. **The Oceans: Their Physics, Chemistry and Biology general**. Prentice Hall, Inc., New York, 1087 pp.
- TAYLOR, F. V. R. 1976. Dinoflagellates from the International Indian Ocean Expedition. A report on material collected by the R. VF. "Anton Bruun" 1963-1964. **Bibliotheca Bot.** 243 pp.
- TIBBY, R.B. 1941. The water masses off the west coast of North America. **J. Mar. Res.** 4(2):113-121.
- TONT, S. 1976. Short-period climatic fluctuations: Effects on diatom biomass. **Science** 194:942-944.

- TONT, S. 1981. Temporal variations in diatom abundance off southern California in relation to surface temperature, air temperature and sea level. *J. Mar. Res.* 39:191-201.
- TONT, S. & T. PLATT. 1979. Fluctuations in the abundance of phytoplankton on the California coast. En: E. Naylor and R.G. Hartnoll, ed. **Cyclic Phenomena in marine plants and animals**. Pergamon Press 11-18 pp.
- TONT, S. 1987. Variability of diatom species populations: From days to years. *J. Mar. Res.* 45:985-1006.
- TORRES-MOYE G. & S. ALVAREZ-BORREGO. 1987. Effects of the 1984 El Niño on the Summer Phytoplankton of a Baja California Upwelling Zone. **Journal of Geophysical Research.** 92(C13):14,383-14,386.
- VALDEZ-OLGUIN, 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.
- VARELA, M. & E. COSTAS. 1987. Distribución del tamaño de las especies del fitoplancton en un área de afloramiento. *Inv. Pesq.* 51(1):97-105
- WARBURTON, F.E. 1967. A model of natural selection based on a theory of guessing games. *J. Theor. Biol.* 16:78-96.
- WHITTAKER, R.H. 1975. **Community and Ecosystems**. Segunda edición McMillan Pub. Co.; Inc. New York, N.Y. 385 pp.
- WHITE, W.B., G.A. MEYERS, J.R. DONGUY & S.E. PAZAN. 1985. Short-Term Climatic Variability in the Thermal Structure of the Pacific Ocean during. **Journal of Physical Oceanography.** 15(7):917-935.
- WOOD, E. J. F. 1968. **Dinoflagellates of the Caribbean Sea and adjacent areas**. Univ. Miami Press. 143 pp.
- WYRTKI, K. 1967. Circulation and water masses in the Eastern Equatorial Pacific Ocean. *J. Oceanol. & Limnol.* 1(2):117-147.
- WYRTKI, K. 1975b. El Niño-the dynamic response of equatorial Pacific Ocean. *J. Phys. Oceanogr.* 7: 780-787.

XIII. A N E X O 1

Tabla. 1 Lista general de especies (1982-85). Los asteriscos (*, **) senalan la presencia de las especie, distinguiendo entre las especies abundantes (*) y las raras (**), consideradas estas ultimas como aquellas cuya presencia en numero fue menor de 10 celulas.

ESPECIE/CRUCERO	8204	8207	8208	8212	8302	8305	8309	8401	8405	8505
Achnanthes longipes										*
Actinoptychus sp		**						**		
Actinoptychus splendes	**		**		**			**		
Actinoptychus undulatus		**						**		**
Amphisolenia bidentata			**	*	*		*	*		
Amphora marina					**		**			
Amphora sp		**								
Amphora sp					**	*	**			
Asterionella kariana							**			
Asterolampra gravillei		*						**		
Asterolampra marylandica	**	*		**	*			*	*	**
Asteromphalus brookei		*								**
Asteromphalus heptactis	**	*	**		*	**		*		**
Asteromphalus sp								**		
Asteroniella glacialis					**	**	*			
Aulacodiscus margaritaceus										**
Aulacodiscus sp								**		
Bacillaria paxillifer					**		**			*
Bacteriastrium comosum	*							*		
Bacteriastrium delicatulum	*	**	**	*	*	*	**	*		**
Bacteriastrium elegans								**		
Bacteriastrium elongatum	*			*				**		
Bacteriastrium hyalinum	*	**			*			*		
Bacteriastrium sp			*							
Campilodiscus hibemicus								**		
Cerataulina pelagica	**		**	*	*	**		**	**	*
Ceratium arientinum					**			**		*
Ceratium armatum					**					
Ceratium axiale	**	**								**
Ceratium azoricum	*			*	*			*	**	*
Ceratium belone					*	**		*	**	**
Ceratium biceps		*	**	*	*	*	*	*	**	
Ceratium boehmii					**	**		*		
Ceratium breve	**	**	*	**	*	*		*	**	*
Ceratium buceros		**		*				*	**	**
Ceratium c.f. brachiceros						**				
Ceratium candelabrum	**	*	*	**	*	*	**	*	*	**
Ceratium carriense		**		**	*	**		*	**	**
Ceratium cephalotum					**					
Ceratium concilians		*	**		*	*	**	*	**	
Ceratium contortum		**	*	**	*	**	**	*	*	
Ceratium contrarium					*		*	**		
Ceratium declinatum		*		**	*			*	**	
Ceratium deflexum				*	**	*	*	*	*	*
Ceratium ehrenbergii					**					
Ceratium euarcuatum		*			*	**		*	**	**
Ceratium falcatiforme		**	**					**		
Ceratium furca	*	*	*	**	*	*	**	*	*	*
Ceratium fuscus	*	*	*	*	*	*	*	*	*	**
Ceratium geniculatum			**		**				**	**
Ceratium gibberum		*			**	**		**	**	**
Ceratium gravidum				**	*	**		**		
Ceratium hexacanthum				**	**		**	**		
Ceratium horridum		**			*	*	**	*	**	*

Tabla 1. (continuación)

Ceratium incisum		**			**			**	
Ceratium inflatum		**	**		**	**	*		
Ceratium karstenii	**	**	**				**		
Ceratium kofoidii							**		**
Ceratium lanceolatum							**		
Ceratium limulus		**			**	**	*	**	*
Ceratium lineatum					**		**		
Ceratium longirostrum	**			**					
Ceratium longissimum	**								
Ceratium lunula		**				**			
Ceratium macroceros	*	*	*	*	**	**	*	*	*
Ceratium massiliense	**	*	*	*	*	*	*	*	*
Ceratium minutum							**	**	
Ceratium paradoxides						**	**		
Ceratium pentagonum		*	*	**	*	*	*	**	*
Ceratium platycorne					**		**		
Ceratium praelongum					**	**			
Ceratium pulchellum		*			**	*	**	**	*
Ceratium ranipes					**				
Ceratium reflexum		**			**	**		**	
Ceratium schrankii		**	**		**		*	**	
Ceratium schroeteri					**				
Ceratium sp	**	**							
Ceratium symmetricum	**				*	*	**		
Ceratium teres		**	*		*	**	**	*	**
Ceratium trichoceros	**	*	*	*	*	*	*	*	*
Ceratium tripos	**	*	*	*	*	*	*	*	*
Ceratium vultur		*		**	*	**	*	*	*
Ceratocorys bipes					**				
Ceratocorys horrida	**	*	*	*	*	*	**	**	**
Ceratocorys magna					**		*		
Ceratocorys reticulata					**				
Ceratocorys sp					**				
Chaetoceros affinis	*		**	*	*	*	*	**	
Chaetoceros atlanticus	*			*	*		*		
Chaetoceros brevis		**			**		*	**	**
Ch. c.f. concavicornis	*	**							
Ch. c.f. pseudocurvisetus	*	**			**				
Chaetoceros c.f. teres	**								
Chaetoceros coarctatus			*	*	*		**		**
Chaetoceros compressus	*	*	*	*			*		*
Chaetoceros constrictus			**						
Chaetoceros convolutus		**	**						
Chaetoceros costatus			**				**		
Chaetoceros curvisetus	*	*	*		**		**		
Chaetoceros dadayi		*		*			*		
Chaetoceros danicus							**		
Chaetoceros debilis			**				**		
Chaetoceros decipiens	*			**	*		**	*	
Chaetoceros díchaeta		**							
Chaetoceros didymus	*	**	*	*	**		*	**	*
Chaetoceros difícilis	*		**						
Chaetoceros díversus							*		
Chaetoceros laevis				*			*		
Chaetoceros lascíniosus	*		**				**		
Chaetoceros lorenzianus	*	*	*	*	*	**	**	*	**
Chaetoceros messanensis	*		*	*			*		
Chaetoceros pelagicus	**						**		**
Chaetoceros peruvíanus	*	**	*	*	*	**	*	**	*
Chaetoceros radicans	*			*	*	**	*	**	*
Chaetoceros rostratum									**
Chaetoceros sp	*		*	*	*	**			*

Tabla 1. (continuación)

Chaetoceros tetrastrichon				*				*	
Chaetoceros wighami								**	
Citharistes apsteini								**	
Climacodium frauenfeldianum	**	**	*	**			**	*	
Climacosphenia moniligera		**							
Cocconeis placentula		**							
Corethron criophilum	*			**		*		**	*
Coscinodiscus asteromphalus						**			**
C. auguste-lineatus								**	
Coscinodiscus centralis	*	*	**	*	*	*	*	*	*
Coscinodiscus concinus					**				
Coscinodiscus curvatulus					**	**			
Coscinodiscus excentricus	**	**		**		**		**	**
Coscinodiscus granii		*		**	*			**	**
Coscinodiscus marginatus				**					
Coscinodiscus nodulifer									*
Coscinodiscus oculus iridis			**			**		*	**
Coscinodiscus perforatus					*			**	**
Coscinodiscus radiatus		*				**		*	*
Coscinodiscus sp		*	*		*	*		**	**
Coscinodiscus spl		**							
Coscinodiscus stellaris						**			
Coscinodiscus wailesii		*			**			**	
Cylindrotheca closterium	*		*	*	**	**	*	*	*
Detonula pumila				**					**
Dictyocha messanensis		**							
Dictyocha sp								**	
Dinophysis acutoides					**				
Dinophysis caudata	**	*	*	**	*	**		*	*
Dinophysis circumscuta								**	
Dinophysis cuneus			**						**
Dinophysis doryphorum			**						
Dinophysis hastata	**	**						**	
Dinophysis ovum									**
Dinophysis spherica		**							
Dinophysis tripos			**						*
Dinophysis urceola								**	
Diploneis c.f. ovalis		**							*
Diploneis c.f. vacillans							**		
Diploneis sp					**	**			
Dissodinium elegans			**	*	*	*	*	**	
Dissodinium gerbaultii		**							
Dissodinium lunula	**								
Distephanus pulchra									**
Ditylum brightwellii	*		**		**		*	*	**
Eucampia cornuta	*								
Eucampia zodiacus	*	*	*			**	**		*
Eunotia luna						**			
Eunotia sp		*	**				**	**	
Goniaulax milneri							**		
Gonyaulax brunii		**							
Gonyaulax ceratocoroides							*		
Gonyaulax digitale		**							
Gonyaulax fusiformis					**		*		
Gonyaulax kofoidii		**					**		
Gonyaulax monacantha							**		
Gonyaulax poligramma	*	*			**		*		**
Gonyaulax polyedra									**
Gonyaulax sp					**		**	**	**
Grammatophora marina	*								*
Grammatophora oceanica							**		
Grammatophora sp									**

Tabla 1. (continuación)

Guinardia flaccida	**	**	**	*		*	*	*		**
Gymnodinium sp										**
Gyrosigma sp							*			
Hemiaulus hauckii		*	**		**	*	*	**	**	**
Hemiaulus membranaceus	**	**	**	**	**	**	**	**		
Hemiaulus sinensis	*	**	*	*		**	**	**		
Hemidiscus cuneiformis					**		*			**
Heteraulacus polyedricus							*			**
Histioneis pulchra							**	**		
Lauderia annulata	*	**				**				
Leptocylindrus danicus	*	*	**	*	*	*	*	**		*
L. mediterraneus	**			*			**	**		
Leptocylindrus sp							*			
Licmophora abbreviata	**		*	*	*	*	*	*	*	*
Licmophora sp						**		**	**	
Lithodesmium undulatum							**	**	**	
Navicula sp	*				*		*	**	**	*
Navicula sp1						**				
Navicula sp2						**				
Navicula sp4						*				
Navicula sp5				**		*				
Navicula sp6						**				
Navicula sp7						**				
Nitzschia longissima						*				*
Nitzschia pacifica	*		**	**	*	*	*	**		*
N. pseudodelicatissima										*
Nitzschia pungens	**			*						*
Nitzschia seriata	*									
Nitzschia sp	*		*	**				**		**
Nitzschia sp1						*				
Nitzschia sp2						*				
Nitzschia sp3						**				
Nitzschia sp4						*				
Nitzschia sp4				**						
Nitzschia sp5						**				
Noctiluca scintillans				**	**	**				
Odantella aurita	*		**	*	*		**	**		
Odontella mobiliensis		**	**	**	**		**	**	**	
Ornithocercus magnificus	**			*	**		*			**
Ornithocercus formosus							**	**		
Ornithocercus quadratus				**						
Ornithocercus skogsbergii			**							
Ornithocercus sp							**	**		
Ornithocercus steinii			*	**	**		**	**		
Ornithocercus thumii				**	**					
Oscillatoria c.f. lutea						*				
Oscillatoria sp				*	*	*	*			
oxytoxum c.f. variabile						**				
Oxytoxum parvum			**			**				
Oxytoxum scolapax				**	**					
Oxytoxum subulatum							**	**		
Parahistioneis para				**	**		**	**		
Paralia sulcata	**		**	**	**	**	**	**	**	
Peridinopsis asymmetrica				*	*		**	**		
Planktoniella sol	*		*	*	*	*	*			*
Pleurosigma normanii		**	**							
Pleurosigma sp				**	**					
Podolampas bipes			*	*	*		*			
Podolampas elegans							**	**		
Podolampas palmipes							**	**		
Podolampas palmipes						**				
Podolampas sp	**						**	**		

Tabla 1. (continuación)

Podolampas spinifera					**					
Proboscia alata	*	*	*	*	*	*	*	*	**	*
Pronoctiluca pelagica			**							
Prorocentrum compressus									**	
Prorocentrum gracile					**	**	**		**	
Prorocentrum micans			**		**	**		*		
Protooperidinium acutipes					**			**		
Protooperidinium brochii						**		**		
P. c.f. latissimum	**		**							
P. c.f. niponicum							**			
P. c.f. simulus										**
P. c.f. tenuissimum			*		*			*		
Protooperidinium cerasus										**
Protooperidinium claudicans										*
Protooperidinium conicum	**		**			**				*
Protooperidinium depressum					**	**				
Protooperidinium diabolus	**					**		**		
Protooperidinium divergens			*	**		*		*	**	**
Protooperidinium elegans					*	**		**		
Protooperidinium globulum										**
Protooperidinium grande			*	**	*	**		**	**	
Protooperidinium granii					**					
P. heteracantum								**		
Protooperidinium latispinum					**			*		
Protooperidinium leonis								**		
Protooperidinium longipes										**
Protooperidinium murrayi					**	**				
Protooperidinium oceanicum					**	**		**		**
Protooperidinium ovum								**		
Protooperidinium pacificum	**							**		
Protooperidinium pallidum					**		**	**		
Protooperidinium pellucidum										**
Protooperidinium pyrum					*	**		**		**
Protooperidinium schilleri								**		
Protooperidinium solidicorne								**		
Protooperidinium sp	*				**	**	**	**	**	**
Protooperidinium steinii					**					
P. subpyriforme					**					
Pseudoeunotia doliolus				**				*		
Pseudosolenia calcar avis	**	**	*	*	*		*	*	**	**
Pyrocystis fusiformis				**	*		**	**		
Pyrocystis hamulus					**					
Pyrocystis lunula					**			**		
Pyrocystis noctiluca			**							**
Pyrocystis rhomboides					*			**		
Pyrocystis robusta					**			*	**	**
Pyrocystis sp					**					
Pyrophacus sp					**	**				
Pyrophacus steinii	**	*	*	**	*	**		**	**	**
Rhizosolenia acuminata				**						
Rhizosolenia bergonii	**	**		*	*	**		*		**
Rhizosolenia castracanei		*			**					
Rhizosolenia clevei	*	*	**	*	*	*	*	*		*
Rhizosolenia delicatula					**			**		
Rhizosolenia fragilissima										**
Rhizosolenia hebetata								**		
Rhizosolenia imbricata		**	*	*	*	**	**	*		**
Rhizosolenia robusta	**	*	*	**	**	*		**	*	*
Rhizosolenia setigera	**	**	**	*	**	**		*		*
Rhizosolenia sp										*
Rhizosolenia stolterfothii		*	**	**	*	*	*	**		**
Scrippsiella trochoideum	**									

Tabla 1. (continuación)

Skeletonema costatum						*			**
Spiraulax jolliffei						**		**	
Spiraulax sp									**
Stauroneis sp	**			**	**				
Stauroneis sp1				**		*			
Stauroneis sp2						**			
Stauroneis sp3				**					
Stauropsis membranacea			**						
Stephanopyxis turris	**			*		**	**		
Striatella unipunctata					**				
Surirella fastuosa				**			**		
Synedra sp			*	*	**	**	*		**
Thalassionema frauenfeldii	*	**	*	*	*	**	*	**	*
Thalassionema nitzschioides	*	*	**	*	*	*	**	*	*
Thalassiosira 14									*
Thalassiosira 22									**
Thalassiosira aestivalis									*
Thalassiosira decipiens									**
Thalassiosira leptopus	*	**					**		
Thalassiosira rotula	*							**	*
Thalassiosira sp							**	**	**
Thalassiothrix delicatula	*		*	*	**		**		*
Thalassiothrix longissima	**	**		**			*		
Thalassiothrix mediterranea	*	*	*	*			*		
Triceratium favus		**		**					
Tropidoneis antarctica				**					
Tropidoneis lepidoptera		**							
Tropidoneis sp									**

XIV. A N E X O II

Tabla 1. Valor de Importancia para las especies presentes en abril de 1982.

1. <i>Proboscia alata</i>	76.31
2. <i>Ceratium furca</i>	74.92
3. <i>Coscinodiscus lineatus</i>	69.32
4. <i>Nitzschia pacifica</i>	67.78
5. <i>Thalassiothrix mediterraneus</i>	60.43
6. <i>Thalassionema nitzschioides</i>	50.18
7. <i>Bacteriastrium hyalinum</i>	47.10
8. <i>Rhizosolenia styliformis</i>	46.68
9. <i>Chaetoceros lorenzianus</i>	38.91

Tabla 2. Valor de Importancia para las especies presentes en julio de 1982.

1. <i>Ceratium furca</i>	95.69
2. <i>Ceratium massiliense</i>	85.54
3. <i>Rhizosolenia robusta</i>	80.84
4. <i>Ceratium fusus</i>	72.64
5. <i>Coscinodiscus centralis</i>	67.55
6. <i>Ceratium macroceros</i>	62.00
7. <i>Ceratium candelabrum</i>	60.84
8. <i>Ceratium pulchellum</i>	60.58
9. <i>Proboscia alata</i>	59.22
10. <i>Ceratium pentagonum</i>	57.84
11. <i>Licmophora abbreviata</i>	53.79
12. <i>Ceratium trichoceros</i>	52.23

Tabla 3 . Valor de Importancia para las especies presentes en agosto de 1982.

1 .	<i>Dinophysis caudata</i>	103.16
2 .	<i>Proboscia alata</i>	86.62
3 .	<i>Cylindrotheca closterium</i>	61.03
4 .	<i>Rhizosolenia calcar avis</i>	51.00
5 .	<i>Ceratium trichoceros</i>	90.46
6 .	<i>Ceratium macroceros</i>	80.16
7 .	<i>Ceratium tripos</i>	80.60
8 .	<i>Ceratim massiliense</i>	79.04
9 .	<i>Ceratium fusus</i>	72.10
10 .	<i>Ceratium furca</i>	62.76

Tabla 4. Valor de Importancia para las especies presentes en diciembre de 1982.

1 .	<i>Th. mediterranea</i>	111.65
2 .	<i>Rhizosolenia clevei</i>	105.90
3 .	<i>Ceratium trichoceros</i>	100.65
4 .	<i>Th. frauenfeldii</i>	100.65
5 .	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	105.40
6 .	<i>Proboscia alata</i>	90.85
7 .	<i>Chaetoceros leavis</i>	84.48
8 .	<i>Rhizosolenia bergonii</i>	82.81
9 .	<i>Chaetoceros peruvianus</i>	82.94
10 .	<i>Planktoniella sol</i>	84.03
11 .	<i>Chaetoceros coarctatus</i>	87.41
12 .	<i>Bacteriastrum delicatulum</i>	85.64
13 .	<i>Chaetoceros tetrastichon</i>	75.00
14 .	<i>Chaetoceros atlanticus</i>	68.75
15 .	<i>Rhizosolenia imbricata</i>	62.50
16 .	<i>Ceratium biceps</i>	62.50
17 .	<i>Th. nitzschioides</i>	56.25
18 .	<i>Chaetoceros affinis</i>	56.25

Tabla 5. Valor de Importancia para las especies presentes en febrero de 1983.

1 .	<i>Planktoniella sol</i>	105.76
2 .	<i>Ceratium fusus</i>	104.83
3 .	<i>C. massiliense</i>	102.96
4 .	<i>c. trichoceros</i>	102.09
5 .	<i>Rhizosolenia bergonii</i>	92.78
6 .	<i>Ceratium breve</i>	88.52
7 .	<i>C. tripos</i>	86.08
8 .	<i>C. furca</i>	77.99
9 .	<i>Dissodinium elegans</i>	67.99
10.	<i>Ceratium concilians</i>	64.20
11.	<i>Proboscia alata</i>	64.76
12.	<i>Protoperidinium divergens</i>	64.20
13.	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	65.40
14.	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	66.70
15.	<i>Amphisolenia bidentata</i>	61.66
16.	<i>Ceratium pentagonum</i>	60.50
17.	<i>Ceratium biceps</i>	62.00
18.	<i>Pyrophacus steinii</i>	61.15
19.	<i>Ceratium carriense</i>	60.65
20.	<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	54.71
21.	<i>C. teres</i>	53.83
22.	<i>Trichodesmium sp</i>	54.39
23.	<i>Coscinodiscus centralis</i>	50.80
24.	<i>Coscinodiscis sp</i>	50.74
25.	<i>Ceratium symetricum</i>	50.33

Tabla 6. Valor de Importancia para las especies presentes en mayo de 1983.

1 .	<i>Ceratium furca</i>	87.85
2 .	<i>Licmophora abbreviata</i>	81.90
3 .	<i>Coscinodiscus centralis</i>	80.78
4 .	<i>Ceratium fusus</i>	72.93
5 .	<i>Corethron criophylum</i>	60.79
6 .	<i>Coscinodiscus sp</i>	54.05
7 .	<i>Ceratium tripos</i>	50.44

Tabla 7. Valor de Importancia para las especies presentes en septiembre de 1983.

1 .	<i>Nitzschia closterium</i>	95.50
2 .	<i>Ceratium massiliense</i>	76.92
3 .	<i>Trichodesmium sp</i>	76.34
4 .	<i>Rhizosolenia clevei</i>	70.92
5 .	<i>Hemiaulus hauckii</i>	68.44
6 .	<i>Proboscia alata</i>	59.98
7 .	<i>Nitzschia pacifica</i>	55.14

Tabla 8. Valor de Importancia para las especies presentes en enero de 1984.

1 .	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	113.24
2 .	<i>Ceratium tripos</i>	102.92
3 .	<i>C. fusus</i>	101.92
4 .	<i>c. massiliense</i>	88.60
5 .	<i>Proboscia alata</i>	84.65
6 .	<i>Thalassionema ni tzschioides</i>	83.87
7 .	<i>Ceratium deflexum</i>	83.71
8 .	<i>C. macroceros</i>	80.83
9 .	<i>C. furca</i>	77.57
10.	<i>Chaetoceros massanensis</i>	79.04
11.	<i>Climacodium frauenfeldianum</i>	77.38
12.	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	77.56
13.	<i>Ch. affinis</i>	73.93
14.	<i>Ceratium buceros</i>	73.78
15.	<i>Ch. protuberans</i>	73.70
16.	<i>Ceratium candelabrum</i>	70.40
17.	<i>C. declinatum</i>	70.24
18.	<i>C. concilians</i>	66.27
19.	<i>Bacteriastrum delicatulum</i>	65.47
20.	<i>Asterolampra marylandica</i>	65.41
21.	<i>Ceratium azoricum</i>	62.82
22.	<i>C. trichoceros</i>	59.48
23.	<i>C. biceps</i>	59.23
24.	<i>C. teres</i>	59.11
25.	<i>C. carriense</i>	58.91
26.	<i>C. pentagonum</i>	58.26
27.	<i>Gonyaulax polygramma</i>	56.04
29.	<i>Heteraulacus polyedricus</i>	55.92
29.	<i>Rhizosolenia bergonii</i>	55.86
30.	<i>Hemiaulus hauckii</i>	55.83
31.	<i>Asteromphalus heptactis</i>	52.14
32.	<i>Ceratium breve</i>	52.14
33.	<i>Chaetoceros atlanticus</i>	51.28

Tabla 9. Valor de Importancia para las especies presentes en mayo de 1984.

1 . <i>Ceratium massiliense</i>	102.05
2 . <i>Ceratium macroceros</i>	94.32
3 . <i>Ceratium deflexum</i>	55.07
4 . <i>Ceratium trichoceros</i>	56.70

Tabla 10. Valor de Importancia para las especies presentes en mayo de 1985.

1 . <i>Coscinodiscus nodulifer</i>	84.47
2 . <i>Coscinodiscus perforatus</i>	56.31
3 . <i>Coscinodiscus centralis</i>	51.41
4 . <i>Nitzschia pungens</i>	53.49
5 . <i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	58.96

Tabla 1.1. Datos de precipitación de las estaciones meteorológicas de la península de Baja California Sur

1967	233	72	43	12	0	0	31	794	48	34	30	46
1968	828	49	247	0	0	0	0	0	48	67	8	149
1969	91	0.6	0	0	0	0	0.7	0	0.3	0	8	149
1970	243	72	43	12	0	0	0	0	10	6	8	44
1971	0	0	0	0	0	0	5	3	0.1	0.4	8.5	0
1972	11	0	0	0	0	0	0	0	63	6	38	118
1973	14	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1974	20	0	0	0	0	0	20	10	0	0	60	11
1975	41	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	7
1976	0	5	0	0	0	0	0	13	5	0	0	0
1977	3	0	0	2	0	0	0	44	0	0	0	0
1978	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32.5
1979	69	0	0	0	0	0	0	0	117	0	0	0
1980	0	33	0	0	0	0	0	0	9	6.7	8	149
1981	52.6	5	12	0	0	0	0	0	7	12	8	149
1982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0
1983	27.5	5	4	0	0	0	2	126.5	9	0.5	5.5	36
1984	68.5	5.5	4	0	0	0	57.7	23	13.7	5.5	2.5	53.5
1985	34	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0

LAT.: 24°47' ESTC.: PUERTO SAN CARLOS
 LOC.: 112°06' AGENC.: SHR
 ELEV.: 10 m