



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE CIENCIAS

**Variación Diaria del Fitoplancton y de Algunos  
Parámetros Oceanográficos en Zonas de Surgencia al  
Oeste de la Península de Baja California, México.**

**TESIS**

Para Obtener el Título de Biólogo  
**Jorge Arturo Castro Sánchez**



Dir. Dr. Virgilio Arenas Fuentes  
México, 1998.



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

253712



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule  
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la  
Facultad de Ciencias  
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

Variación Diaria del Fitoplancton y de Algunos Parámetros Oceanográficos en Zonas de Surgencias al Oeste de la Península de Baja California, México.

realizado por Jorge Arturo Castro Sánchez

con número de cuenta 812148-1, pasante de la carrera de Biología

Dicho Trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis Dr. Virgilio Arenas Fuentes

Propietario

Propietario Dr. Samuel Gómez Aguirre

Propietario Dr. Omar Calvario Martínez

Suplente Biol. Ruth Luna Soria

Suplente Dr. Cesar Flores Coto

FACULTAD DE CIENCIAS  
U. N. A. M.

Consejo Departamental de Biología

M. EN C. ALEJANDRO MARTÍNEZ MENA  
DEPARTAMENTO  
DE BIOLOGÍA

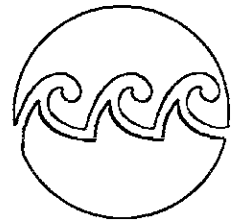




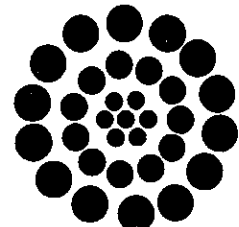
UNAM



CIENCIAS

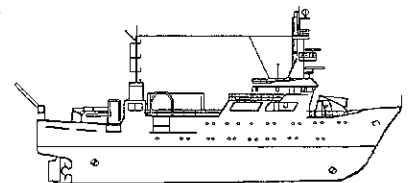


I. C. M. y L.



CONACyT

El presente trabajo se realizó como parte del proyecto *Sistemas Marinos de Surgencia y su Relación con los Pelágicos Menores del Pacífico* (SIMSUP), llevado a cabo por el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL), de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), auspiciado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), a través del convenio 511-9108. El muestreo y la toma de datos se realizó a bordo del Buque Oceanográfico "El Puma" del mismo ICMyL de la UNAM.



B/O "EL PUMA"

## **Dedicatoria**

Dedico particularmente éste trabajo a mis padres, hermanos, y sobrinos a quienes expreso mi mas sincero agradecimiento y cariño.

Pablo y María de la Luz; Lucy, Paty, Mireya, Yoyi, Pablo,  
Rocio Lety y Toña; Sandra, Paulina, Julieta, Cristina,  
Berenice, Jorge, Karina, Juan Pablo, Juan José, y Pablo.

También a mis mejores amigos y a los que espero que algún día lleguen a serlo.

Norma Escobar, Mariana Ramírez, Claudia Saavedra, Ruth Luna,  
Enrique Piña, Gabriela Trinidad, Balbina Suárez, Nadia Mora, Olivia  
Salmeron, María Eugénia Zamudio, Suria Garza, Carlos de Luna,  
Ricardo Rangel, Gillermina Guerrero, Isabel Quintana, Mauricia  
Borja, Alicia Cruz, Alina Pascual, Omar Calvario, Pascual Barajas,  
Adrian Cantú, Jose de Jesús Hernández, Ligia Pérez y Flor Rivera.

## **Agradecimientos**

Agradezco la dirección del trabajo al Doctor Virgilio Arenas Fuentes. La revisión del mismo y miembros del jurado, la Maestra en Ciencias Ruth Luna Soria y a los doctores Samuel Gómez Aguirre, Cesar Flores Coto, y Omar Calvario Martínez.

También a numerosas personas que contribuyeron a su realización

Biól. Antonio Quintero, Ing. Enrique Piña Ruiz, Biol. Ricardo Rangel Balmaceda, Biól. Johana Morales Whitney, Geóg. Olivia Salmerón García, M. en C. Ruth Luna Soria, M. en C. María Eugénia Zamudio, Dr. Sergio Licea Durán, Dr. David Salas de León, Dra. Adela Monrreal, Sra. Ma. Elena Polín Ramírez, Sr. Francisco Campos, Sra. Ma. Concepción Martínez Romero y de forma especial al personal de la Base de Operaciones y Tripulación del Buque Oceanográfico "El Puma".

## INDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	5
ANTECEDENTES.....	7
MATERIAL Y MÉTODOS.....	11
ANÁLISIS DE DATOS.....	12
PARÁMETROS FÍSICOS.....	12
PARÁMETROS BIOLÓGICOS.....	13
Riqueza, Diversidad y Equitatividad.....	13
Biomasa.....	14
Correlacion de Biomosas Entre Grupos.....	14
Predominancia y Persistencia Específica Espacio Temporal.....	15
Asociaciones.....	16
ÁREA DE ESTUDIO.....	17
DESCRIPCIÓN GENERAL.....	17
DESCRIPCIÓN DE LAS LOCALIDADES.....	20
Bahía San Quintín.....	20
Punta San Hipólito.....	21
Bahía Magdalena.....	21
RESULTADOS.....	23
CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS GENERALES.....	23
Masas de Agua y Condiciones de Mezcla Estratificación.....	23
LOCALIDAD BAHÍA SAN QUINTÍN.....	29
CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS.....	29
Temperatura Superficial.....	29
Temperatura, Salinidad y Densidad Vertical.....	30
COMUNIDAD FITOPLANCTONICA.....	31
Biomasa Media.....	31
Biomasa vertical y variación por grupos.....	32
Correlación de la biomasa entre grupos.....	35
Abundancia Relativa.....	36

---

Diversidad, Riqueza y Equitatividad .....	37
Distribución vertical .....	37
Diversidad, riqueza y equitatividad por grupos .....	38
Dominancia y Persistencia Espacio Temporal .....	38
Asociaciones .....	40
LOCALIDAD PUNTA SAN HIPÓLITO .....	47
CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS .....	47
Temperatura Superficial .....	47
Temperatura, Salinidad y Densidad Verticales .....	47
COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA .....	48
Biomasa Media .....	48
Biomasa vertical y variación por grupos .....	49
Correlación de biomásas entre grupos .....	52
Abundancia Relativa .....	53
Diversidad, Riqueza y Equitatividad .....	53
Distribución vertical .....	53
Diversidad riqueza y equitatividad por grupos .....	54
Dominancia y Persistencia Espacio Temporal .....	56
Asociaciones .....	56
LOCALIDAD BAHÍA MAGDALENA .....	61
CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS .....	61
Temperatura Superficial .....	61
Temperatura, Salinidad y Densidad Verticales .....	61
COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA .....	62
Biomasa Media .....	62
Biomasa vertical y variación por grupos .....	62
Correlación de biomásas entre grupos .....	66
Abundancia Relativa .....	66
Diversidad, Riqueza y Equitatividad .....	66
Distribución vertical .....	67
Diversidad riqueza y equitatividad por grupos .....	67
Dominancia y Persistencia Espacio Temporal .....	69
Asociaciones .....	69
DISCUSIÓN .....	73
RECOMENDACIONES .....	74
ANEXOS .....	79
REFERENCIAS .....	83

---

## RESUMEN

Se comparó la variación en escala de horas durante un ciclo de un día en la abundancia, composición, diversidad, riqueza, equitatividad, dominancia, persistencia y asociaciones de los grupos de diatomeas centrales y pennales, dinoflagelados y el ciliado *Mesodinium rubrum*. El método fue el de estaciones fijas con muestreos verticales discontinuos a profundidades estándar en tres estaciones localizadas en el borde de la plataforma continental en la bahía de San Quintín, Punta San Hipólito, y Bahía Magdalena, Baja California. La variación del fitoplancton se analizó en relación a las masas de agua, temperatura, salinidad, densidad y estabilidad de la columna de agua.

Se observó que la comunidad tubo una extraordinaria variabilidad espacial y temporal, influyendo particularmente el remplazamiento de las parcelas de agua y los factores relacionados con la estabilidad y las masas de agua presentes. La variación en la abundancia no sugirieron una relación directa entre las variaciones diarias de la estabilidad; en cambio se observaron diferencias en la dinámica de la formación y disolución de las asociaciones entre localidades con diferente nivel de estabilidad media.

En Bahía San Quintín la mezcla intensa, los suaves afloramientos y las aguas templadas presentes propiciaron el desarrollo de todos los grupos cerca de la superficie y el florecimiento de la diatomea central *Hemialus hauckii*, la dominancia del microplancton y la formación de numerosas asociaciones que no mostraron un cambio regular o secuencial en su distribución vertical y temporal. En Punta San Hipolito y Bahía Magdalena las condiciones mas estables y la presencia de aguas tropicales y subtropicales indujo la mayor abundancia en un máximo subsuperficial; la dominancia del nanoplancton y la formación de asociaciones menos homogéneas con una distribución vertical definida y mas persistentes.

Se respalda la idea de la dificultad de hacer estimaciones de la abundancia en organismos que muestras conductas migratorias semejantes a las que realizan los dinoflagelados y el ciliado *Mesodinium rubrum*.

---

**Palabras Clave:** Variación Diaria, Fitoplancton, Afloramientos, Surgencias, Parches, Diatomeas, Dinoflagelados, *Mesodinium rubrum*, *Hemialus hauckii*, Baja California.

---



## ABSTRACT

The study compares the variations in hours scale of the some parameters of the diatoms and dinoflagellates groups and ciliate *Mesodinium rubrum*, such as abundance, composition, diversity, richness, evenness, dominance, persistence and associations during a diary cycle. The sampling were vertical in three oceanographic stations at standard deeps in the boundary of the continental platform of San Quintín bay, San Hipolito point and Magdalena bay, Baja California.

The water's replacement and several physical factors influence the spatial and temporal variability of the plankton community. There is not a direct relationship between abundance and stability, but in dynamic formation and dissolution of association, between different average stability levels localities

At San Quintín, water's mixture, soft upwelling and temperate water facilitated all groups development near the surface, the bloom of diatoms *Hemiaulus hauckii*, the dominance of the microplankton and the formation of several associations with out a regular o sequential change in their vertical and temporal distribution. The highest abundance of nanoplakton and other associations less homogeon and vertical distribution definite were found in Punta San Hipólito and Magdalena bay.

We are agree with some authors about the difficult of studding the abundance of migratory organism such as dynoflagelate and the ciliate *Mesodinium rubrum*.

---

**Key Words:** Daily Variation, Phytoplankton, Upwellings, Patchiness, Diatoms, Dinoflagellates, *Mesodinium rubrum*, *Hemiaulus hauckii*, Baja California.

## INTRODUCCIÓN

En el medio marino y particularmente en el pelágico, la producción primaria se ve limitada en las capas superficiales por la escasez de nutrientes y en las subsuperficiales y profundas por la disminución exponencial de la luz. De esta manera el aumento de la producción depende de: a) la presencia de eventos de turbulencia, advección y afloramientos, que generan mezcla, llevando nutrientes a las capas iluminadas, conjuntamente con el aporte de origen continental transportados por los ríos y las lluvias, constituyendo ambas la producción primaria *nueva*, y b) de las vías alternas biológicamente mediadas del reciclaje en la capa fótica que permiten la producción primaria *regenerada*. Adicionalmente de las numerosas adaptaciones fisiológicas, morfológicas y conductuales de las especies fitoplanctónicas resultantes de la selección natural que ha actuado en estas circunstancias.

Los eventos oceanográficos que generan o favorecen la mezcla y la fertilización de la capa eufótica se relacionan principalmente con el viento, el oleaje, las ondas internas, la advección y las mareas (Mann y Lazier, 1991). La importancia de cada factor depende del lugar geográfico y de numerosas variables ambientales, tales como el patrón de vientos, corrientes, configuración de la costa, y batimetría, entre otros.

Según Margalef (1978 a, b) el efecto que la mezcla produce sobre el fitoplancton es comparable al que produce la energía suministrada por la agricultura en los campos de labor a partir del uso de maquinaria, combustibles, fertilizantes e irrigación, siendo este influjo de energía cinética, llamada *Energía Externa ó Auxiliar*, probablemente superior en magnitud a la energía solar utilizada a través de la fotosíntesis. El mismo autor señala que la sobrevivencia de las poblaciones planctónicas son el resultado del equilibrio temporal entre su flotación y su hundimiento, siendo el fitoplancton en las capas superficiales mucho mas dependiente de la turbulencia y en general de la disponibilidad de nutrientes que de la temperatura, la salinidad o la sombra. De esta manera sus poblaciones son mas bien controladas por la advección y la turbulencia que permiten la persistencia de las células en un medio iluminado con disponibilidad de nutrientes y el recambio del agua que baña directamente a las células. Así la aparición de cualquier regularidad en la secuencia de las poblaciones de la comunidad o *Sucesión*, es el resultado de la disipación de la turbulencia, y cualquier cambio en ella es determinada por el cambio en la turbulencia, quedando en otro plano la presión del pastoreo y las interacciones bioquímicas (Margalef, 1978 a, b).

Uno de los eventos oceanográficos más importantes que promueven la mezcla, son los ascensos de agua, observados en *los Ecosistemas de Afloramiento o de Surgencia (Upwelling)* tipo Ekman, producidos en las márgenes orientales de los océanos, por el efecto combinado del rozamiento del viento (*wind stress*) sobre la superficie del océano que sopla paralelo a la línea de costa y del efecto de *Coriolis* provocado por el movimiento de rotación terrestre. Que conjuntamente con el balance geostrófico de las corrientes localizadas en estos bordes, provocan el desnivel de las isolíneas, y con ello la presencia de aguas costeras mas frías, densas y ricas cerca de la superficie.

La importancia de los Ecosistemas de Afloramiento se fundamenta en la alta productividad biológica, resultante de la alta fertilidad y de las cortas cadenas tróficas presentes (Reid, 1969; Ryther, 1969). Desde el punto de vista pesquero, a pesar de que ocupan únicamente una milésima parte de la superficie de los océanos, contribuyen con más del 50 % al tonelaje de las pesquerías mundiales, principalmente de la captura de peces pelágicos menores: sardinas, anchovetas y arenques (Ryther, 1969). Adicionalmente estos ecosistemas que importan nutrientes, exportan materia orgánica sosteniendo comunidades importantes de aves y mamíferos marinos y tónidos, entre otros, teniendo una fuerte influencia en los ecosistemas contiguos (Rowe, 1987; Caddy y Sharp, 1988).

La dinámica oceanográfica de estos ecosistemas pelágicos mantiene una jerarquía de fuerzas que se manifiestan en una alta variabilidad de la abundancia y diversidad de la comunidad planctónica, en un espectro amplio de escalas de espacio y de tiempo (Santoyo y Signoret, 1977; Platt y Denman, 1988); induciendo una elevada producción fitoplanctónica, de estados sucesionales fitoplanctónicos tempranos con altas tasas de renovación y con una marcada dominancia de un reducido número, de especies residentes; que mantienen a pastoreadores generalmente de vida corta, alta capacidad reproductiva y alimentación filtradora relativamente indiscriminada (Margalef, 1968; Caddy y Sharp, 1988; Pitcher *et al.*, 1992). Provocando que la productividad biológica y pesquera de estas áreas, dependa de los factores ambientales al corto y mediano plazo, de manera tan importante como lo es del esfuerzo pesquero realizado (Pitcher *et al.*, 1992; Caddy y Sharp, 1988).

De esta manera el estudio de los procesos ecológicos desde la perspectiva de que cualquier fenómeno tiene su origen y consecuencia en los procesos de escala fina y de que el entendimiento de un proceso en una escala particular requiere de la apreciación de las interacciones o de las influencias entre diferentes niveles, permitan alcanzar una comprensión sintética de las interacciones y de la naturaleza esencial del sistema (Levin, 1992; Ricklefs, 1992). Este enfoque, puede posibilitar establecer la extensión de un ecosistema y el desarrollo de modelos predictivos (Levin, 1992; Ricklefs, 1992).

En la costa oeste de la península de Baja California se observan procesos de surgencias que varían espacial y temporalmente en su intensidad. Esta región mantiene importantes pesquerías de pelágicos menores cuyo estudio ecológico es el objetivo del proyecto "Sistemas Marinos de Surgencia y su Relación con los Pelágicos Menores" de el que este trabajo forma parte. En tal proyecto se considera que los cardúmenes de pelágicos menores responden a las condiciones ecológicas prevalecientes particularmente a la disponibilidad de alimento (plancton) y a la presión de depredación, de ahí la importancia del estudio de la variación diaria de la comunidad del fitoplancton.



## **OBJETIVOS**

El presente estudio tiene como objetivo comparar la variación en escala de horas durante el ciclo de un día, de la comunidad fitoplanctónica de en tres localidades al oeste de la península de Baja California donde se observan procesos de surgencias.

Como objetivos particulares se analiza la variación de ésta comunidad, en términos de su abundancia, diversidad, riqueza, equitatividad, dominancia, persistencia y asociaciones en el espacio y en el tiempo en relación a las masas de agua y sus características de temperatura, salinidad y densidad y estabilidad de la columna de agua.

## ANTECEDENTES

El término plancton (sustantivo de *planctos*= errante) fue usada inicialmente por Hensen en 1884, implicando que el plancton está azarosamente distribuido y asume una distribución espacial “uniforme” (regular o equidistante) (Pinel Alloul, 1995). No obstante que esta suposición fue vigorosamente atacada pocos años después por Haeckel, la idea persistió hasta las primeras décadas del siglo XX (Pinel Alloul, 1995).

A partir del desarrollo de muestreadores continuos de plancton (CPR) por Hardy y Gunter en 1935, la heterogeneidad del plancton marino se comenzó a estudiar sistemáticamente (Herman y Platt, 1980, UNESCO, 1993), haciendo evidente la existencia de patrones de agregación o parches, como un hecho estadísticamente significativo (Cassie, 1963).

El término *parche* implica un patrón relativamente discontinuo que no establece límite en su tamaño, homogeneidad interna y persistencia, e implica la relación de un agregado con otro, inmerso en un medio ambiente poco o no afectado. Términos relacionados son *dinámica de parches* que enfatiza el cambio de los parches en el espacio y tiempo, y *parcheo* (*patchiness*) que se usa generalmente para describir variabilidad horizontal de entre 10 m y 100 km y vertical de entre 0.1 m y 50 m; intervalos en los cuales están asociados diversos regímenes (Pickett y White, 1985).

Mackas, *et al.* (1985) menciona que el estudio de la composición y la abundancia de los parches ha dejado claro, por su similitud con los patrones formados por los trazadores físicos (temperatura y salinidad) que la advección turbulenta juega un papel fundamental en la formación y morfología de los parches. Lo que aún no está claro es la magnitud en que los factores bióticos intrínsecos y extrínsecos, pueden alterarlos.

En tanto que Pinel Alloul (1995) señala que ni los procesos físicos ni los biológicos por separado pueden explicar la complejidad de la heterogeneidad espacial del plancton, que el parcheo es el producto de múltiples procesos físicos que interactúan con muchos procesos biológicos, lo que sustenta la hipótesis de las “múltiples fuerzas conducentes” y menciona también la primacía de los factores abióticos en la heterogeneidad espacial a escalas grandes y la de los procesos biológicos en las escalas pequeñas.

Haury *et al.* (1978), señala que los parches se producen en todas las escalas espaciales y temporales en un continuo, simultánea e independientemente y que la heterogeneidad a micro escala espacial permanece relativamente sin cambio, durante algunos minutos a horas, mientras que la heterogeneidad a macro escala tiene una alta estabilidad temporal, que van de meses a siglos en el caso de los patrones biogeográficos. Propuso además seis escalas de variación espacial de la biomasa en el tiempo (diagrama Stommel) que van de la micro a la mega escala.

En la heterogeneidad también son importantes la producción pellets fecales y la formación de conglomerados de partículas (*nieves marinas*) resultantes de procesos físicos y biológicos de formación de mucus adhesivos (Milliman, 1995); así como la presencia de organismos planctófagos,

tales como sardinas y anchovetas que muestran conductas gregarias y que pueden tener un efecto depredativo apreciable, considerando los grandes cardúmenes que forman (Parsons, 1984).

De esta manera la formación, mantenimiento y disipación o consumo de los parches depende de variables ambientales físicas y de los organismos, que constituyen, la propia heterogeneidad oceánica que caracteriza al ecosistema pelágico en las tres dimensiones espaciales y en el tiempo, en un espectro amplio, teniendo una fuerte significancia ecológica (Haury *et al.*, 1978; Longhurst, 1981).

Gran parte de los primeros estudios de los parches fueron fenomenológicos (Bainbridge, 1957 citado por Herman y Platt, 1980), otros analizaron la representatividad de las muestras (Cassie, 1963). Kierstead *et al.* en los años 50's abordaron el problema de las mareas rojas, como un balance entre la tasa de crecimiento y la difusión turbulenta (Mackas *et al.*, 1985). Margalef en 1967 reconoció la potencialidad de la turbulencia como un factor mecánico, causal de la variabilidad fitoplanctónica. Algunos años después Richerson *et al.*, (1970) propusieron el concepto de *Desequilibrio contemporáneo*, en el que suponen que la variabilidad espacial de los factores ambientales, crean en el seno del agua un mosaico de micro ambientes en el que las especies fitoplanctónicas con tasas de división mayores en determinadas condiciones ambientales desarrollan una población dominante. Considerada como una de las teorías que explicarían la *Paradoja del Plancton*, propuesta por Hutchinson en 1961 (Lara Villa, 1992). Stavn (1971) formalizó cinco causas para la agregación planctónica: *Vectorial*, por la acción reguladora de gradientes ambientales, *Estocástica-vectorial*, por la acción de advección no regular (turbulencia), *Reproductiva*, por la agregación del stock parental, que induce a su vez la reunión de los productos reproductivos, *Social*, por la formación activa de agregados y *Coactiva*, por la interacción trófica entre herbívoros y pastoreadores o presas y predadores.

A partir de los 80's el estudio de los parches dio una mayor importancia a su cuantificación y al estudio de su naturaleza y a las ventajas de la agregación y la dispersión de los organismos (Longhurst, 1981), incluyéndose aspectos del papel de su organización espacial en relación a la dinámica de los ecosistemas (Longhurst, 1981; Platt y Denman, 1988). Su estudio en relación a la productividad pesquera se inició a partir de las ideas de Ivlev desarrolladas en 1945, sobre la distribución heterogénea del alimento, además de la eficiencia ecológica del pastoreo y las del umbral alimenticio propuesto por Parson en 1967 (Herman y Platt, 1980); que permitió a la biología pesquera desde principios de los años 1960's incorporar el estudio del fitoplancton como un modelo de caja negra; usando las clorofilas extraídas como un índice de su abundancia (Herman y Platt, 1980). Platt *et al.* en 1970 aplicaron las metodologías de las series de tiempo con el fin de descubrir la variabilidad a gran escala, no encontrando escalas dominantes de parcheo. En la misma década el estudio del parcheo de las clorofilas dio énfasis a la veracidad de las muestras puntuales investigando las causas y sus implicaciones ecológicas, reconociéndose al fitoplancton como un "gran problema" (Herman y Platt, 1980). El estudio de las clorofilas ha continuado hasta el momento con el uso de la técnica de fluorescencia *in vivo* introducidas por Lorenzen en 1966 y con el uso de muestreadores ondulantes continuos tipo *batfish*.

En las dos últimas décadas se ha avanzado en tres tecnologías, los contadores ópticos de plancton (OPC), la instrumentación acústica y los sistemas de vídeo (VPR) (Pineel Allou, 1995). Estos sistemas pueden permitir la observación de patrones de distribución y abundancia vertical, de



organismos de diferentes tamaños, en las tres dimensiones espaciales con los sistemas Dopleer perfiladores de corrientes (ADCP) y el estudio de las migraciones diarias por econtegración. Estos sistemas permiten un muestreo continuo y pueden usarse en conjunción con otros sistemas de fluorometría, y sensores de temperatura, salinidad y oxígeno, sin embargo, dan muy poca o nula información taxonómica, y están limitados en el tamaño de los organismos analizados (250  $\mu\text{m}$  a algunos centímetros) y deben además ser cuidadosamente calibrados para obtener resultados confiables (Pineel Allou, 1995).

Otros enfoques han incluido aspectos de la composición específica y de la ecología a partir del uso de cosmos, objetos de deriva y estaciones fijas. Destacan los llevados a cabo en los sistemas de afloramiento, como los efectuados en la costa sudafricana (Pitcher, *et al.*, 1992). El uso de micro y mesocosmos ha permitido examinar el desarrollo de los florecimientos o *blooms* en aguas recién afloradas, el uso de objetos de deriva en los que se marcan parcelas de agua aflorada han servido para el monitoreo de los procesos del fitoplancton en las escalas de bloom, reflejando las condiciones físicas y biológicas *in situ* y las estaciones fijas de variación en las que a través del muestreo sucesivo en un mismo punto se ha observado la variación fitoplanctónica temporal durante periodos consecutivos de afloramiento y relajación, estableciendo las escalas de respuesta del fitoplancton (Pitcher, *et al.*, 1992).

De los estudios efectuados hasta el momento, se pueden mencionar algunas conclusiones importantes: El parcheo es el producto de interacciones complejas entre diversos procesos físicos y biológicos con una mayor importancia de los procesos abióticos a escalas grandes y los biológicos en las escalas reducidas (Pineel Allou, 1995). A microescala, los parches pueden ser de tamaño muy reducido y ser efímeros en el tiempo al igual que los factores de los cuales dependen. En escala media la comunidad es imprevisible al nivel de especie, pero muestra tendencias sistemáticas en los patrones de dominación a nivel de grupos, de diatomeas, dinoflagelados y microflagelados (Pitcher *et al.*, 1992). No es posible hacer inferencias o extrapolaciones a escalas sucesivas cuando en un mismo punto de muestreo se producen cambios de la misma magnitud (Stelle, 1995). Particularmente importante para el muestreo fitoplanctónico a escalas reducidas, es considerar a los movimientos de las masas de agua, debido a que los cambios a estas escalas no son debidos a la comunidad sino a las ondas internas (Parsons, *et al.*, 1984). Los cambios observados pueden variar dependiendo de la frecuencia de muestreo, por lo que se debe buscar una planeación cuidadosa al seleccionar las escalas, de lo contrario resultan fuertes fluctuaciones o discontinuidades que no pueden ser interpretadas en un marco adecuado (Cassie, 1963 ; Margalef, 1968b; 1970). Debe considerarse que difícilmente se pueden hacer realmente sinópticas las escalas espaciales y temporales como variables independientes al interferir el tiempo de muestreo y los movimientos de las masas de agua (Platt y Denman, 1988; Pitcher *et al.*, 1992).

En los ecosistemas de surgencia de Baja California son escasos los estudios efectuados de la variación del fitoplancton en escala de días. De los más importantes son los llevados a cabo por Blasco (1977) y Estrada (1979) en las campañas MESCAL I y II en los que incluyó el análisis de la variación en la composición y abundancia del fitoplancton superficial y la migraciones verticales del ciliado *Mesodinium rubrum*. Se han efectuado estudios posteriores en la zona, sin embargo, la totalidad se refieren a aspectos de la variación de la producción primaria y a grandes grupos de

la comunidad del fitoplancton en zonas directamente costeras o a muestras confinadas (Galaraza Plasencia y Gaxiola Castro 1987, Cardona Canizales *et al.*, 1990, González Morales y Gaxiola Castro 1991, Martínez López 1993, y Millan Nuñez y Loya Salinas 1993).





## MATERIAL Y MÉTODOS

El muestreo para este trabajo se efectuó durante la campaña oceanográfica SIMSUP II desarrollada del 19 de octubre al 3 de noviembre de 1992 a bordo del B/O "El Puma". El objetivo del crucero fue cubrir para fines comparativos, tres regiones de la zona marina adyacente a la costa oeste de la península de Baja California (Figura 1). La primera se localizó entre Cabo Colonett y Punta San Fernando; llamada para fines prácticos Localidad Bahía San Quintín, la segunda entre Isla Cedros y Bahía San Hipólito llamada Localidad Punta San Hipólito, y la tercera, que ocupó una sola estación oceanográfica frente al complejo Bahía Magdalena, denominada Localidad Bahía Magdalena.

Tanto en la localidad de Bahía San Quintín como en la de Punta San Hipólito se estableció una red de estaciones oceanográficas estándar que abarcaron tanto la zona nerítica como la zona oceánica contigua (Anexo D), localizadas en una línea de estaciones sobre el borde de la plataforma continental y otra a 10 m.n. mar adentro a partir de la anterior. Así mismo, en las tres localidades se realizó una Estación de Variación Diaria situada en el borde de la plataforma continental, diseñada para evaluar los cambios de escala corta de algunos parámetros físicos y biológicos y en particular para éste trabajo, de la comunidad fitoplanctónica. Dicho muestreo se realizó durante 24 horas en un mismo punto geográfico a intervalos aproximados de 4 horas, correspondiendo a las estaciones 51, 19 y 9 respectivamente, de dicha campaña.

Entre los periodos de muestreo de la Estación de Variación Diaria el buque navegó describiendo una trayectoria en forma de cruz de 10 m.n. en cada dirección. Durante este recorrido se hicieron registros de temperatura y salinidad mediante un termosalinómetro Seacat SBE-2 cada 60 s (el ingreso del agua se localizó a 5 m de la superficie); registrándose la trayectoria del buque con un sistema de posicionamiento por satélite tipo Loger Global Position System (GPS) Transit Magnavox, ambos acoplados a un sistema de computo.

En la Estación de Variación Diaria se hicieron registros verticales continuos de presión, temperatura y conductividad con una sonda CTD Neil Brown Mark III, y se tomaron muestras de agua con botellas Niskin en un sistema de Rossete a las profundidades estándar de 5, 10, 20, 30, 50, 75 y 100 m para el análisis de fitoplancton.

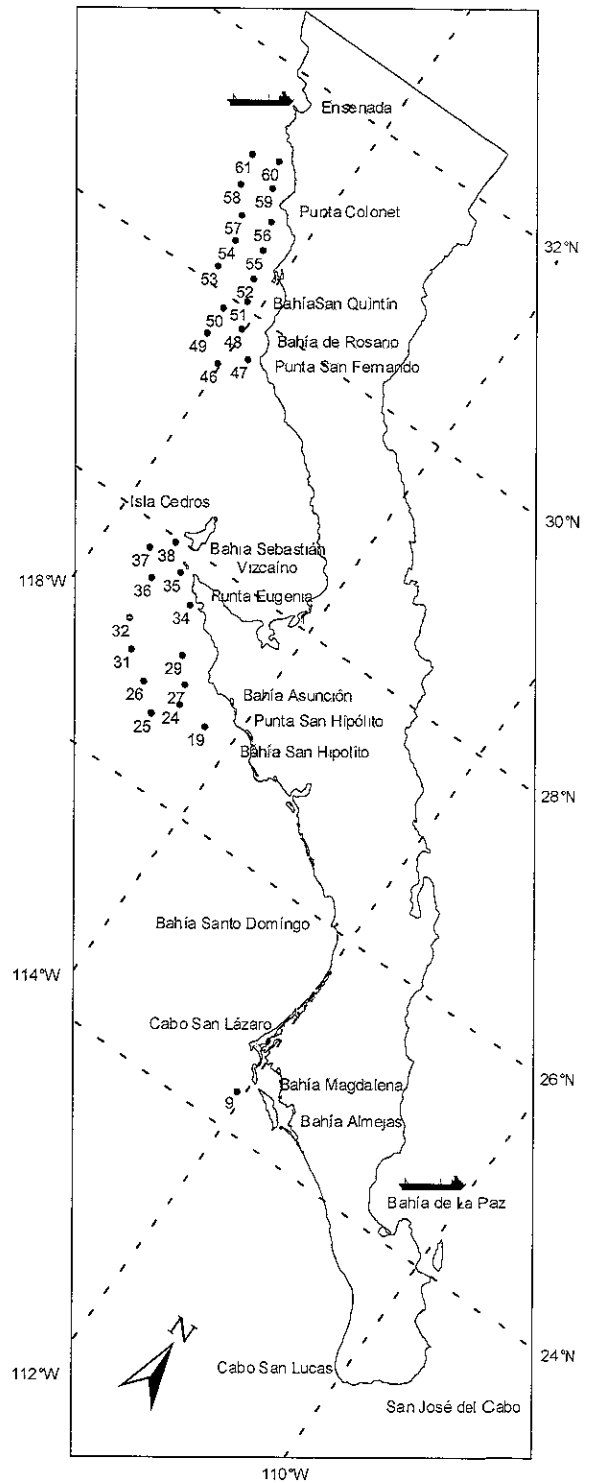


Figura 1. Derrotero de la Campaña SIMSUP II. Se muestran las estaciones estándar y de variación diaria (9, 19 y 51)

En total se obtuvieron 130 muestras de fitoplancton que fueron fijadas a bordo con formaldehído al 4 %. En el laboratorio se adicionó yoduro de lugol para aumentar la velocidad de hundimiento, dejándose sedimentar el total de la muestra (50 ml) durante 24 horas, analizándose mediante el método Utermöhl de microscopio invertido en los 8 meses siguientes. Las observaciones se hicieron barriando el total de la cubeta a 125 aumentos, y a 500 aumentos cuando fue necesario para la determinación taxonómica. Se registró la abundancia en número de células individuales al menor nivel taxonómico que fue posible, de los grupos de Diatomeas Centrales, Diatomeas Pennales, Dinoflagelados y el Ciliado *Mesodinium rubrum*, usando para ello los trabajos de Cupp (1943), Hernández Becerril (1988a, 1988b), Gárate Lizarraga, (1989) y Nienhuis (1989) principalmente.

## ANÁLISIS DE DATOS

### PARÁMETROS FÍSICOS

Los registros verticales de temperatura y conductividad (CTD) obtenidos con una moda de 0.05 m se transformaron en valores de temperatura, salinidad y  $\sigma$ -t mediante un programa proporcionado por el Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas (IIMAS-UNAM, Anexo II), utilizando las constantes de la Unesco (1988). La profundidad fue considerada igual a la presión (1m = 1 db). De los resultados obtenidos se calcularon los valores medios cada metro.

A partir de estos datos y en base a los intervalos de temperatura y salinidad propuestos por Wyrki (1967, tomados de Cervantes Duarte *et al.*, 1993 y Martínez López 1993) se pudieron diferenciar las masas de agua a lo largo de las líneas de estaciones nerítica y oceánica.

De los datos generados por el termosalinómetro y el GPS en las estaciones oceanográficas estándar de cada región se hicieron mapas de distribución de las isotermas superficiales y del registro en cruz de la Estación de Variación Diaria se hicieron trazados adicionales ocupando una área rectangular de aproximadamente 20 millas de lado, tomando el supuesto de que las condiciones del área circundante al rectángulo (estaciones oceanográficas estándar) no variaron considerablemente durante el muestreo. De esta forma se pudieron caracterizar globalmente a las regiones y definir la presencia o ausencia de afloramientos y los movimientos de las masas de agua superficiales.

Para cada Estación de Variación Diaria se obtuvieron perfiles verticales de temperatura, salinidad y  $\sigma$ -t y diagramas T-S promedios del día, para caracterizar la profundidad de la capa de mezcla y las masas de agua presentes, respectivamente. Su variación diaria se cuantificó en base a perfiles de isolíneas en el tiempo, mientras que la variación de la estabilidad de la columna se evaluó a partir del gradiente vertical, promedio de  $\sigma$ -t ( $\Delta\sigma$ -t) de los primeros 50 m, según lo propuesto por Bowman *et al.* (1981), usando la ecuación:

$$\Delta\sigma - t = \frac{\sum_{i=1}^{i=50} \sigma_{t_{i+1}} - \sigma_{t_i}}{50}$$

donde  $\sigma$ -t<sub>i</sub> es el valor de sigma-t a la profundidad i y  $\sigma$ -t<sub>i+1</sub> es el valor de sigma-t al siguiente



metro de profundidad. Este método tiene la ventaja de ser intuitivo y a diferencia de la estimación de la frecuencia de Brunt-Väisälä no es necesario conocer el gradiente de densidad a través de la picnoclina y el grosor de esta (Mann & Lazier 1991).

## PARÁMETROS BIOLÓGICOS

La comunidad del fitoplancton se describió en términos de sus propiedades: composición, riqueza, diversidad, equitatividad (*evenness*) y abundancia absoluta y relativa.

La Variación Diaria se analizó en base a los patrones de covariación de grupos, a través de los índices de correlación de rangos de Spearman de las biomásas calculadas (Ludwig y Reynolds, 1988). La predominancia y persistencia de los taxa, a través del Índice del Valor Biológico de Sanders (1960, Loya Salinas y Escofet 1990). Mientras que la formación de asociaciones, a partir del Índice de Similitud de Morisita-Horn, modificado por Wolda (1981, citado por Magurran, 1988), y del Análisis de Conglomerados Jerárquicos o *Cluster* (Ludwig y Reynolds, 1988).

### Riqueza, Diversidad y Equitatividad

La Riqueza se expresó como el número de especies presentes (S) en razón de lo recomendado por Magurran (1988) para muestras con desigual número de individuos. La Diversidad ( $H'$ ) se calculó con el Índice de Shannon empleándose la ecuación:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

donde  $p_i$  es la proporción ( $n_i/N$ ) encontrada entre el número de individuos para la especie  $n_i$  en una comunidad con N número de individuos y  $\ln$  el logaritmo natural.

La Equitatividad E (*evenness*) como:

$$E = \frac{H'}{H_{\max}} = \frac{H'}{\ln S}$$

donde  $H'$  max es la diversidad máxima que se obtiene como:

$$H' \max = \ln S$$

donde  $\ln S$  es el logaritmo natural del número de especies y  $H'$ max la diversidad máxima que representa la situación en la cual todas las especies son igualmente abundantes y que según Pielou (1969) la proporción entre la diversidad encontrada y la diversidad máxima posible puede ser usada como una medida de la Equitatividad o de la distribución del número de individuos en cada especie, pudiendo variar de un número mínimo de cero, cuando sólo hay una especie, a uno, cuando todas las especies son igualmente abundantes.

## Biomasa

A partir de las abundancias celulares observadas, se estimó la biomasa integrada de la columna, calculando el área bajo la curva de los perfiles suavizados de cada grupo mencionado, para cada momento muestreado en el ciclo de 24 horas. También a partir de las abundancias celulares observadas, se calculó la curva de distribución vertical media de las células por grupo y total como referencia de la variación.

La Variación Diaria se cuantificó en base al Coeficiente de Variación porcentual (CV) utilizando los datos de la biomasa integrada por estratos (5 a 10, 10 a 20, 20 a 30, 30 a 50, 50 a 75 y 75 a 100 m). Dicho coeficiente representa la variación con respecto a la media; por lo que su valor es una medida de dispersión relativa que permite comparar datos, con magnitudes y unidades distintas, de manera porcentual (Spigel, 1991), usando la ecuación:

$$CV = \left( \frac{s}{\bar{x}} \right) \cdot 100$$

donde  $\bar{x}$  es la media y  $s$  el error estándar, calculado por:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (x_j - \bar{x})^2}{N}}$$

donde  $N$  es el tamaño de muestra.

De las abundancias absolutas se calcularon las Abundancias Relativas, definiéndose como Abundancia Relativa: Baja, Media, Alta y Muy Alta a partir del análisis del histograma de frecuencias conjunto de las tres localidades.

## Correlacion de Biomosas Entre Grupos

La covariación de las biomosas entre grupos se midió con el Índice de Rangos de Spearman ( $r_s$ ). Calculándose para la capa de mezcla y la capa subyacente; integrando la biomasa cada 5 m, a partir de la curva suavizada de las profundidades muestreadas.

El Índice de Rangos de Spearman es un índice no paramétrico, recomendado para muestras que no siguen una distribución normal (Ludwig y Reynolds, 1988). Se utiliza las ecuaciones del Índice de Correlación de Pearson ( $r$ ), pero usando los datos arreglados en rangos de orden ascendente.

$$r(i, k) = \frac{\sum y_i y_k}{\sqrt{\sum y_i^2 \sum y_k^2}} \quad (\text{Índice de Correlación de Pearson})$$



dado por:

$$\sum y_i^2 = \sum_{j=1}^N Y_{ij}^2 - \left[ \left( \sum_{j=1}^N Y_{ij} \right)^2 / N \right]$$

$$\sum y_k^2 = \sum_{j=1}^N Y_{kj}^2 - \left[ \left( \sum_{j=1}^N Y_{kj} \right)^2 / N \right]$$

donde:

$Y_{ij}$  = es la abundancia de la  $i$ , avo grupo en la  $j$ , ava muestra.

$Y_{kj}$  = es la abundancia de la  $k$ , avo grupo en la  $j$ , ava muestra.

La significancia de la correlación se determinó con la prueba de T (Spiegel, 1991). Usando la ecuación:

$$t = r \frac{n-2}{\sqrt{1-r^2}}$$

Donde  $r$  es el coeficiente de correlación,  $n$  el tamaño de muestra y  $n-2$  los grados de libertad.

### **Predominancia y Persistencia Específica Espacio-Temporal**

La Predominancia y Persistencia espacio-temporal total y por niveles de cada taxa en la comunidad, se definió usando el Índice del Valor Biológico (IVB) de Sanders (1960), en base a la frecuencia de ocurrencia y a la importancia numérica de cada taxa. Esto permite evaluar el grado de homogeneidad o heterogeneidad espacial y temporal de la comunidad y la amplitud y periodicidad de los taxa (Loya Salinas y Escofet 1990).

Este índice, asigna puntajes descendentes a la lista de especies o taxa ordenados en forma decreciente de abundancia numérica; de ésta manera si la muestra es rica en especies los puntajes mayores serán asignados a aquellas especies más abundantes y si por el contrario la muestra es pobre, aun cuando la abundancia sea escasa, se aplica un puntaje alto a las especies menos pobres. De esta forma el IVB actúa balanceando la dominancia y la constancia o frecuencia espacio-temporal de las especies.

A partir del IVB de cada muestra se calculó el porcentaje con respecto al valor máximo, alcanzable para cada nivel y para toda la localidad. El análisis del histograma de frecuencias de los IVB resultantes incluyendo a las tres localidades, permitió, inferir la Predominancia y Persistencia de los taxa: como Baja, Media y Alta, en forma diaria y por nivel.

## Asociaciones

Para cuantificar el cambio en la composición y la abundancia de las asociaciones de especies o taxa de la comunidad distribuidas en el espacio y tiempo, se obtuvo la matriz de similitud por pares de muestras del Índice Cuantitativo de Similitud de Morisita-Horn (modo Q). Dicho índice considera tanto la ocurrencia de una misma especie en pares de muestras (co-ocurrencia) como su abundancia numérica, definiendo grupos de muestras con cierta magnitud de semejanza, (Magurran 1988; Ludwig y Reynolds 1988). Su valor varía desde 0 % en muestras sin ninguna especie en común, a 100 % entre muestras con igual composición e igual abundancia numérica para cada especie. Wolda (1981, citado por Magurran 1988) estudió un amplio número de índices de similitud, encontrado que todos ellos (excepto el de Morisita-Horn) son fuertemente influenciados por la riqueza de especies y por el tamaño de la muestra. El Índice de Morosita-Horn tiene la desventaja de ser altamente sensible a las especies más abundantes, por lo que el mismo autor creó una versión modificada del mismo índice:

$$\text{Morosita - Horn (modificado por Wold, 1981)} \quad C_{MH} = \frac{2 \sum (ani \cdot bni)}{(da + db)aN \cdot bN}$$

donde  $aN$  y  $bN$  son el número total de individuos en las muestras a y b;  $ani$  y  $bni$  son el número de individuos de la especie  $i$  en la muestra a y b respectivamente, y  $da$  y  $db$  se calculan como:

$$da = \frac{\sum ani^2}{aN^2} \quad db = \frac{\sum bni^2}{bN^2}$$

respectivamente. Para calcular este índice, se utilizó el logaritmo natural de la abundancia (mas uno) para en alguna medida equilibrar el efecto de la co-ocurrencia de especies y el número muy disímil de organismos.

De la matriz de similitud se hicieron análisis de conglomerados jerárquicos (*cluster*), de medias no ponderadas para definir la presencia de asociaciones de especies entre muestras semejantes; utilizándose arbitrariamente el valor de 50 % en las tres localidades, como el nivel mínimo para definir las asociaciones. Adicionalmente se obtuvieron los valores medios y error estándar (95 % l.c.) por niveles muestreados, para describir el grado de variación vertical diaria de la comunidad fitoplanctónica presente.



## ÁREA DE ESTUDIO

### DESCRIPCIÓN GENERAL

Baja California es una porción peninsular del macizo continental del noroeste de México que constituye los estados de Baja California y Baja California Sur. Se extiende de norte a sur con una inclinación aproximada de 35° hacia el sureste, paralelamente al litoral continental, delimitando el Golfo de California. Tiene una longitud máxima de 1260 km y una anchura media de 95 km. Abarca de los 22°30' a los 32°43' de latitud norte y de los 109°30' a los 117°00' de longitud oeste, quedando su extremo sur dentro de la zona tropical y el resto en la zona subtropical de altas presiones, caracterizada por sus amplias variaciones estacionales (García y Mosiño, 1968; Ferrusquía Villafranca, 1993).

Orográficamente está conformada por series de cadenas montañosas que se suceden en el sentido longitudinal a todo lo largo, separadas por angostos valles. Sus alturas son irregulares, observándose las mayores hacia el norte de los 30° superando los 3,000 m y las menores hacia el sur con alturas de 800 a 1500 m. Dichas sierras se conservan próximas al litoral del Golfo de California y descienden al Pacífico formando llanuras costeras de anchura variable. En el estado de Baja California la llanura es mas angosta, mientras que es mas amplia en el estado de Baja California Sur y se hace máxima a la mitad de la península formando el Desierto El Vizcaíno. Donde también una serie de sierras se prolongan hacia el Pacífico formando Punta Eugenia, que limita por el sur y oeste a la Bahía Sebastián Vizcaino, constituyendo la parte mas ancha de la península. Las llanuras costeras mas extensas se localizan al sur del paralelo 28°N (Llano del Berrendo) y al sur del paralelo 26°N (Llanura de Magdalena) (García y Mosiño, 1968; Ferrusquía Villafranca, 1993).

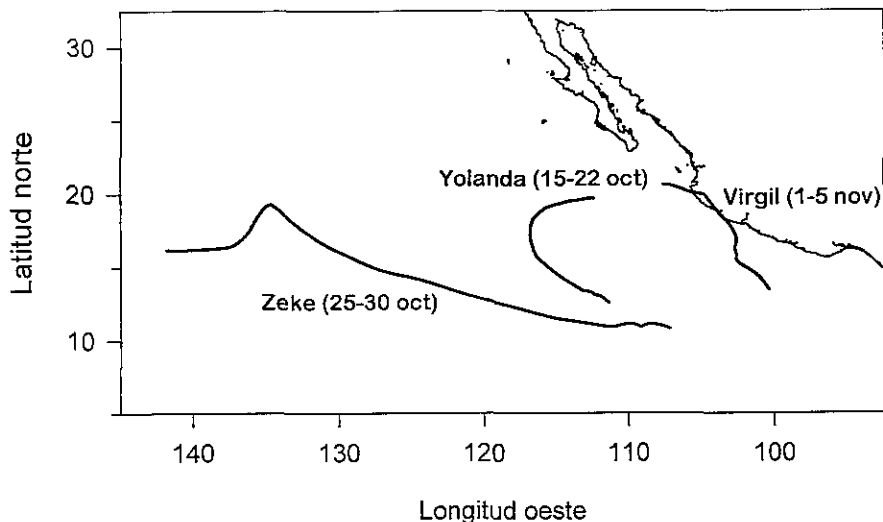
La circulación general en las capas superiores de la atmósfera, al igual que en el resto del país está determinado por el Anticiclón del Pacífico Septentrional y el de Bermuda-Azores. Sin embargo en las capas inferiores posee características peculiares, debidas a la sombra orográfica que ofrece el continente, a la propia configuración topográfica de la península y al fuerte influencia marina (García y Mosiño, 1968).

Los principales rasgos hidrográficos de la costa oeste de la península, en la cual se encuentra el área de estudio, como los del resto de la costa del Pacífico de México, están compuestos por el límite sureste del Sistema Principal de Corrientes inducidas por los vientos del Anticiclón del Pacífico Septentrional. Este límite, lo conforman el Sistema de la Corriente de California y la extensión del Sistema Ecuatorial del Pacífico Tropical Este (Badan *et al.*, 1991).

El Anticiclón del Pacífico Septentrional y un centro depresionario localizado sobre el continente en la costa de California, ocasionan la presencia de intensos vientos cuando ambos centros se hayan cercanos y el gradiente es fuerte y disminuyen en las condiciones opuestas. Dichos vientos soplan sobre el océano y la costa paralelos al eje del sistema montañoso la mayor parte del año, pero con mayor intensidad en la primavera y se debilitan o se invierten en el invierno (Reid, *et al.*, 1958; García y Mosiño, 1968). Durante el verano, el anticiclón de Bermuda-Azores provoca vientos contrarios, del este y sureste, especialmente con la presencia de los ciclones tropicales. (García y Mosiño, 1968).

Durante el tiempo de cruce se desarrollaron tres ciclones (*DEVO-EAS/Purdue University, 1997*), que pudieron ocasionar la presencia de tales condiciones. El primero de ellos el huracán “Virgil” (categoría 4) que por su cercanía e intensidad pudo tener mayor influencia (Figura 2). Se presentó del 1 al 5 de noviembre frente a la costa de los estados de Guerrero, Michoacán, Jalisco y Colima, con vientos de hasta 115 nudos y presión mínima de 948 mb, tocando tierra en los estados de Michoacán, Colima y Nayarit. Las otras dos tormentas “Yolanda” y “Zeke” se desarrollaron a una mayor distancia de la costa, sin embargo “Yolanda” se extendió cerca del extremo de la península de Baja California.

De esta manera en la primavera, cuando los vientos del noroeste se acentúan entre febrero y marzo, empujan a la Corriente de California hacia el sur, generando remolinos frente a Cabo Mendocino, Punta Concepción y entre isla Guadalupe y la masa continental, induciendo además afloramientos costeros, desde Vancouver y Oregon hasta el extremo de la península de Baja California (Reid *et al.* 1958). El balance geostrofico de la corriente y los afloramientos, estimulan la presencia de un declive general de las isolíneas costa-océano, con la presencia de aguas costeras frías y densas, con menor contenido de oxígeno y mayor contenido de nutrientes que la oceánicas (Pavlova, 1966; Lynn, 1967, citados por De La Lanza, 1991). En el otoño se desarrollan frente a la península, la Contracorriente Superficial del Sur y frente a California la Corriente Davison, reduciéndose los afloramientos considerablemente. Para febrero y marzo al acentuarse nuevamente los vientos norteños, la corriente se disipa y reaparece la Corriente de California y los afloramientos (Reid *et al.* 1958). Así estacionalmente se produce un rasgo característico de afloramientos en primavera y verano y contracorriente en otoño e invierno con una considerable influencia sobre la productividad biológica (Cervantes Duarte *et al.*, 1993).



**Figura 2.** Ciclones tropicales que se desarrollaron durante la campaña oceanográfica SIMSUP II. Datos obtenidos de Devo - EAS/Purdue University, 1997 [http://wxp.atms.purdue.edu/hur\\_epacific/1992/](http://wxp.atms.purdue.edu/hur_epacific/1992/).





El paso de la Corriente de California y la presencia de afloramientos, provocan la inversión de la estructura vertical de la temperatura atmosférica ( $\sim 1^{\circ}\text{C}$  cada 100 m en los primeros 800m). Esta inversión amortigua los movimientos verticales, disminuyendo las oscilaciones anuales y el retraso del mes más cálido (agosto en la parte norte y septiembre en el sur) con respecto a la costa del Golfo de California e induce la presencia de nubes *stratus* y *stratocumulus* en las áreas costeras y adyacentes al litoral. Su presencia impide el paso de los rayos solares y la salida de la radiación infrarroja, por lo que las temperaturas no alcanzan valores tan altos y las oscilaciones diarias son considerablemente más reducidas que las del alto Golfo de California (García y Mosiño, 1968).

Las surgencias en Baja California, que tienden a ser más suaves que las que se observan al norte, se intensifican en los meses de abril y mayo, presentándose típicamente en intervalos de entre una a tres semanas, con periodos de relajamiento producidos por intermitencia del campo de vientos, mayores de días y menores que meses (Walsh *et al.*, 1977). Comienzan en el mes de febrero y marzo al acentuarse los vientos, con manchones de mayor intensidad por detrás de los cabos y puntas (Punta Banda, Punta Eugenia, Cabo San Lázaro, Punta Abreojos, Punta Pequeña y Punta San Juanico).

A partir del mes de julio, las surgencias aminoran su intensidad y comienza a observarse la influencia de las masas del agua del sur, disminuyendo los nutrientes. En septiembre y octubre las temperaturas del océano son las mayores del año y hasta enero las concentraciones son bajas debido a la máxima velocidad de las Contracorrientes Davison y del Sur (Reid *et al.* 1958).

Algunos de los rasgos más notables de la costa occidental de la península de Baja California son una línea de costa muy irregular que forma numerosas bahías, cabos y puntas; siendo notables por sus dimensiones las bahías Sebastián Vizcaino, San Lázaro, Magdalena y Punta Eugenia. También la presencia de una plataforma continental considerablemente amplia en comparación con la del Golfo de California, y la del resto del Pacífico de México y de Norteamérica y la presencia de un relieve de montañas submarinas más hallá de la plataforma continental, que sustituye al talud continental, conocido como Boderland (Lugo, 1986).

La plataforma continental se extiende como una prolongación de la llanura costera; siendo su contorno más suave que la línea de costa, sin embargo su amplitud es muy irregular. Frente a la frontera estadounidense alcanza apenas 3 km ensanchándose hasta 13 km enfrente del Puerto de Ensenada. Hacia el sur fluctúa entre los 15 y los 30 km, incrementándose en las bahías. En la de Ballenas y San Juanico alcanza entre 70 y 80 km y alcanza el máximo valor en la bahía de Sebastián Vizcaino con 140 a 150 km de ancho; mientras que en el extremo sur de la península, frente a los cabos prácticamente es inexistente (Lugo, 1986).

Las aguas templadas a frías de la costa occidental de la península, se caracterizan por su alta productividad orgánica (Ruíz-Durá, 1993). No obstante que su diversidad biológica es menor que las demás costas mexicanas, algunas especies alcanzan elevadas biomásas contribuyendo con el 36 % de los volúmenes de la pesca nacional (Ruíz-Durá, 1993). Las especies dominantes son: sardina (*Sardinops sagax caerulea*), anchoveta norteña (*Engraulis mordax*), langostilla (*Pleuroncodes planipes*), camarón café (*Penaeus californiensis*), camarón azul (*P. stylirostris*), abulón (*Haliotis* spp), almeja pismo (*Tivela stultorum*), langosta (*Panulirus* spp), atún (*Thunnus*

spp), bonito (*Sarda orientalis*), barrilete (*Katsuwonus pelamis* y *Euthynnus lineatus*), tiburón (varios géneros y especies) y macarela (*Scomber japonicus*), principalmente.

Tanto la anchoveta como la sardina (cupleiformes) contribuyeron para principios de los años 90's con el 42% de la producción nacional, de la que el 82.4 % se destinó a la producción de harina y el restante para el consumo humano directo (Ruíz Durá, 1993). Para este trabajo, la importancia de estas especies no sólo radica en los volúmenes de sus capturas si no además en que son herbívoros filtradores de ciclo de vida corto, que se congregan en grandes cardúmenes que pueden alcanzar varios kilómetros. Estos organismos se agrupan en áreas pelágico costeras o litorales y presentan además migraciones a las capas superficiales en la noche y profundas en las horas del día, relacionadas directamente con su actividad trófica; concentrándose en lugares de intenso desarrollo del fitoplancton, principalmente en zonas de surgencias (Ruíz Durá, 1993).

## DESCRIPCIÓN DE LAS LOCALIDADES

La siguiente es una descripción de las localidades en las que se situaron las estaciones de variación diaria, resumiéndose los aspectos mas importantes para este estudio basados en los derroteros publicados en 1939 y 1963 por la Dirección General de Marina, Puertos y Faros de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Publicas de México.

### Bahía San Quintín

La Bahía de San Quintín esta formada por dos pequeñas ensenadas, llamadas Bahía Falsa y Bahía San Quintín y por una Bahía externa al sur de estas, a la que nos referiremos como Bahía San Quintín y que es propiamente en la que se localizó la estación de variación diaria.

Esta Bahía se sitúa entre los 29°57' y los 30°21' de latitud N y los 115°49' y 115°59' de longitud W. Limita al noroeste por Cabo San Quintín, al norte por la boca de las ensenadas mencionadas y Punta Entrada y al sur por Punta Baja y la Bahía del Rosario.

Cabo San Quintín es el extremo de una larga y angosta península rocosa, en la que alcanza en este punto su máxima anchura de 3 km y altura de 50 m en el Monte Mazo. Punta Entrada es baja, rocosa y rodeada de bajos; al este, la playa esta formada por acantilados de arena, alternando con paredones con alturas de 15 a 30 m que disminuyen en altura a medida que se acerca a Punta Baja donde alcanzan 9 m. A corta distancia tanto en la parte norte como este, hay cadenas montañosas que se levantan a mas de 1000 m. Al frente y al sur de Punta Baja existen numerosas rocas aisladas y un pequeño arrecife rodeado de sargazo. Al sureste de Punta Baja la costa recurva hacia el este formando la bahía del Rosario, que es somera y esta considerablemente obstruida por sargazo y rodeada de paredones de manera semejante a la Bahía de San Quintín.

El borde de la plataforma se orienta al SSE con una anchura aproximada de 15 km frente a Cabo San Quintín, ensanchándose a 30 km a la mitad de la bahía. observándose dos bajos uno a 20 km al SSW de Cabo San Quintín y otro a 30 km al WSW. La estación de variación diaria se localizó en el borde de la plataforma continental a aproximadamente 35 km al sur de Cabo San Quintín.



## **Punta San Hipólito**

La estación de variación diaria se localizó a 28 km al suroeste de Punta San Hipólito. Esta punta divide a la bahía de la Asunción de la de San Hipólito. Ambas bahías tienen una orientación sursureste; su costa es baja y arenosa con algunos acantilados, montañas y mesas a corta distancia, con elevaciones menores de 300 m. La batimetría es regular y la plataforma tiene una amplitud de 25 km y corre paralela a la línea de costa.

La bahía de la Asunción se localiza entre los meridianos 26°58' y 27°09' N y los paralelos 114° y 114°18' W; limita al noroeste con una punta acantilada, baja y arenosa (Punta de la Asunción); a partir de la cual se proyectan hacia el sur y oeste algunos arrecifes y una pequeña isla (Isla de la Asunción). En la parte posterior existen algunas montañas que alcanzan los 120 m. Al sureste, Punta San Hipólito es baja, rocosa, con dunas de arena y montañas que se elevan a los 400 m (monte Mesa). Al sur se extiende un arrecife por cerca de 1 km.

El límite sur de la Bahía San Hipólito lo constituye el Estero la Bocana y la Punta Abreojos a 26°42' de latitud N y 113°34' de longitud W. Esta bahía al igual que la de La Asunción, la costa es baja y arenosa y el terreno se eleva gradualmente hasta alcanzar los 300 m. Punta Abreojos también es baja y arenosa, pero carece de montañas.

## **Bahía Magdalena**

En esta localidad, el área de estudio se situó frente al Complejo Bahía Magdalena. Este complejo está constituido por las Bahías Magdalena, Almejas y Santa Marina, además de numerosas lagunas, canales y bajos que las interconectan. La más grande de ellas y que abre directamente y con mayor amplitud al mar es propiamente Bahía Magdalena. Todas estas bahías al norte y este, están bordeadas por tierras continentales, bajas planas y arenosas, y al sur y oeste por islas de tamaño y altitudes considerables, entre las que destacan Isla Magdalena, Santa Margarita y Creciente.

La estación de variación diaria se localizó a cinco millas al oeste de la entrada a la Bahía Magdalena, formada por las Puntas Entrada, el extremo sureste de la Isla Magdalena y Punta Redonda el extremo oeste de la Isla Santa Margarita a una distancia de 6 km.

Isla Santa Margarita es alargada, con su eje principal paralelo a la costa del Pacífico, se extiende de norte a sur por cerca de 40 km, formando una costa alta y rocosa. Punta Redonda es un promontorio de alrededor de 30 m de altura separada del resto de la isla por una faja de tierra baja y arenosa que se eleva nuevamente a altitudes considerables, hasta la parte meridional de la isla donde se observan dunas de arena y nuevamente se eleva hasta su porción más austral en Cabo Tosco. Las montañas más altas son Blanco con 327 m, Las Hermanas, con 430 y 497 m cada una y Santa Margarita con 566 m.

La Isla Magdalena comienza desde el norte de Bahía Santa María formando una península. Frente a Bahía Santa María es sumamente angosta y baja, formando una barrera que la separa de Bahía Magdalena. Hacia el sureste la isla es una sucesión de puntas rocosas y playas intermedias de arena con numerosas rocas aisladas. El terreno se levanta hasta altitudes mayores de 305 m, y alcanza su valor máximo en el Monte Isabel con 381 m.

## RESULTADOS

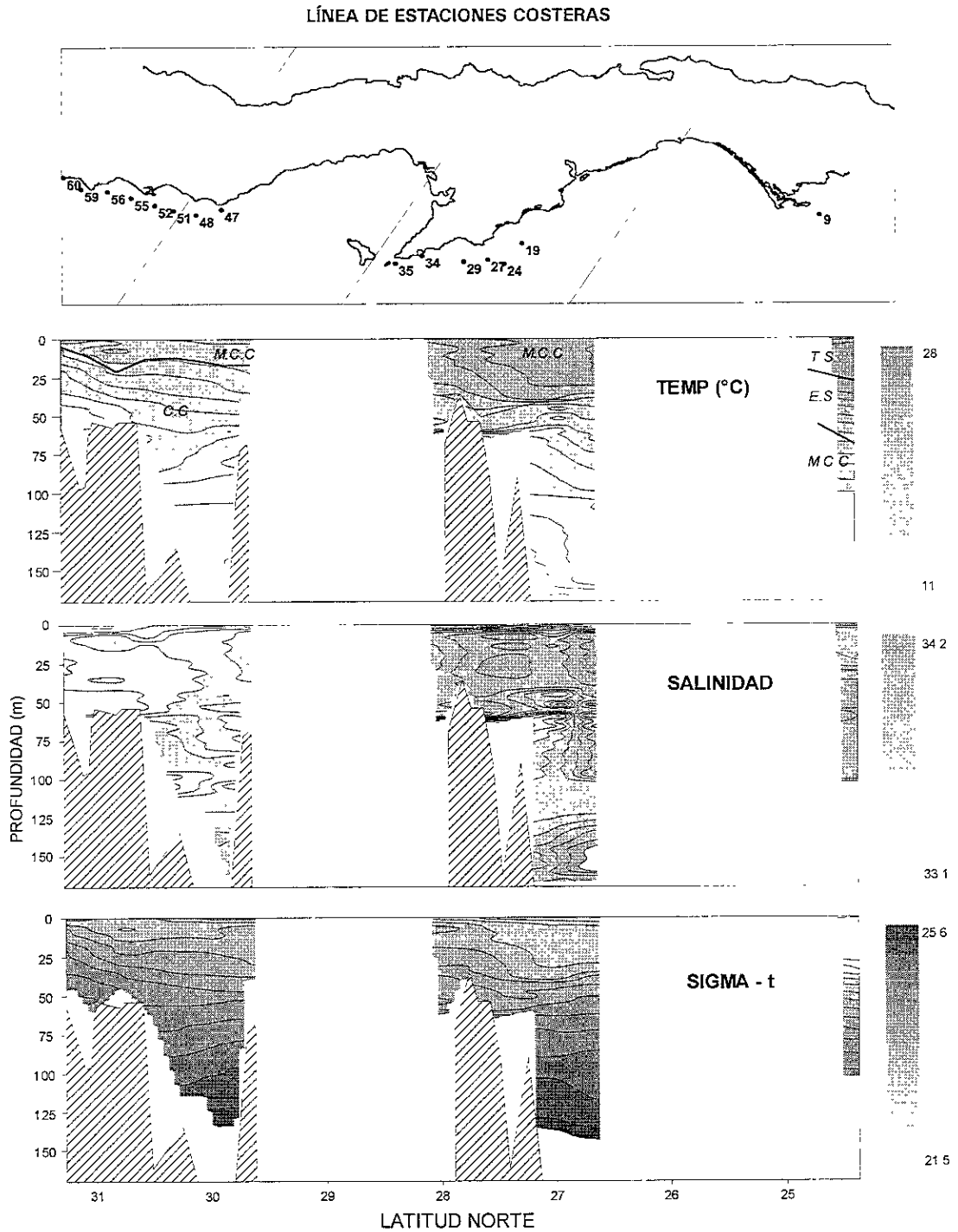
### CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS GENERALES

#### Masas de agua y Condiciones de Mezcla-Estratificación

El análisis de los registros de temperatura y salinidad verticales (CTD) obtenidos en las tres regiones, mostraron la presencia de las masas de agua de la Corriente de California (CC), Modificada de la Corriente de California (MCC), Tropical Superficial (TS) y Ecuatorial Superficial (ES); siendo las dos primeras las masas dominantes (Figura 3 y 4). La MCC se observó desde el extremo norte de la península hasta al menos Bahía Magdalena formando un declive norte-sur; separada en dos capas verticales por la intrusión en forma de cuña de la masa de la CC desde el extremo norte y centrada a aproximadamente 80 m de profundidad, en la zona oceánica y llegando hasta el fondo en la zona nerítica y separándose de la costa desde el sur de Punta Eugenia. Entre ambas masas tuvieron variaciones de temperatura, salinidad y densidad verticales (9.7 a 23.4 °C, 33.1 a 34.2 y de 23.1 a 26.0 respectivamente). Las masas Ecuatorial Superficial y Tropical Superficial se limitaron únicamente a las capas situadas por arriba de los 50 m al sur de la Península; la primera llegó hasta Bahía San Hipólito y la segunda se situó entre Bahía San Hipólito y Cabo San Lazaro. Estas mostraron variaciones de temperatura, salinidad y densidad menores (23.6 a 27.4 °C, 33.8 a 34.3 y 22.0 a 23.2 respectivamente).

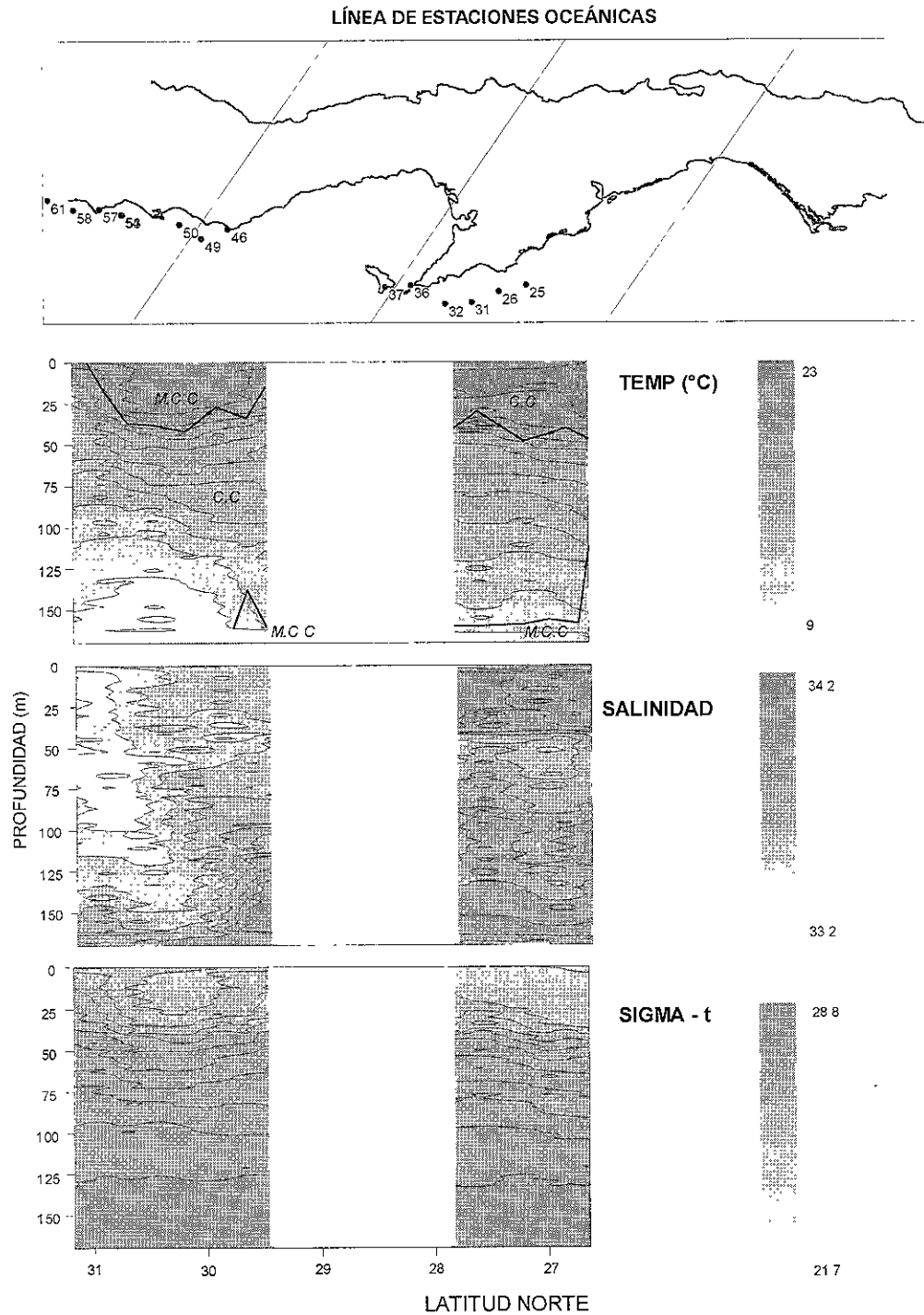
Un rasgo notable fue la presencia de un cambio brusco en las condiciones físicas en los primeros 40 m de profundidad entre las aguas al norte y al sur de Cabo Colonett. Se observó una diferencia en las condiciones medias entre ambos sitios de 2.4 °C y 0.5  $\sigma_t$ , con un ascenso de las isoterms y las isopiecnas hacia el norte. En la parte oceánica entre Cabo Colonett y Punta San Fernando la temperatura, salinidad y densidad verticales mostraron distribución latitudinal simétrica, mas evidente en la temperatura y la densidad.

De esta manera se observó una clara diferencia en las condiciones oceanográficas entre la localidad de Bahía San Quintín con respecto a las de Punta San Hipólito y Bahía Magdalena. En Bahía San Quintín sus características de temperatura y salinidad correspondieron a las masas de agua templadas de la Corriente de California, mientras que las de Punta San Hipólito y Bahía Magdalena correspondieron mas bien a las masas de agua del dominio tropical y subtropical.



**Figura 3.** Línea de estaciones neríticas de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad y  $\sigma\text{-t}$ . A lo largo de la península de Baja California. Se muestran las estaciones de registro de CTD. Corriente de California (CC), Modificada de la Corriente de California (MCC), Ecuatorial Superficial (ES) y Subtropical Subsuperficial (SST).





**Figura 4.** Línea de estaciones oceánicas de temperatura (°C), salinidad y  $\sigma-t$ . A lo largo de la península de Baja California. Se muestran las estaciones de registro de CTD. Se muestran las estaciones de registro de CTD. Corriente de California (CC), Modificada de la Corriente de California (MCC), Ecuatorial Superficial (ES) y Subtropical Subsuperficial (SST).

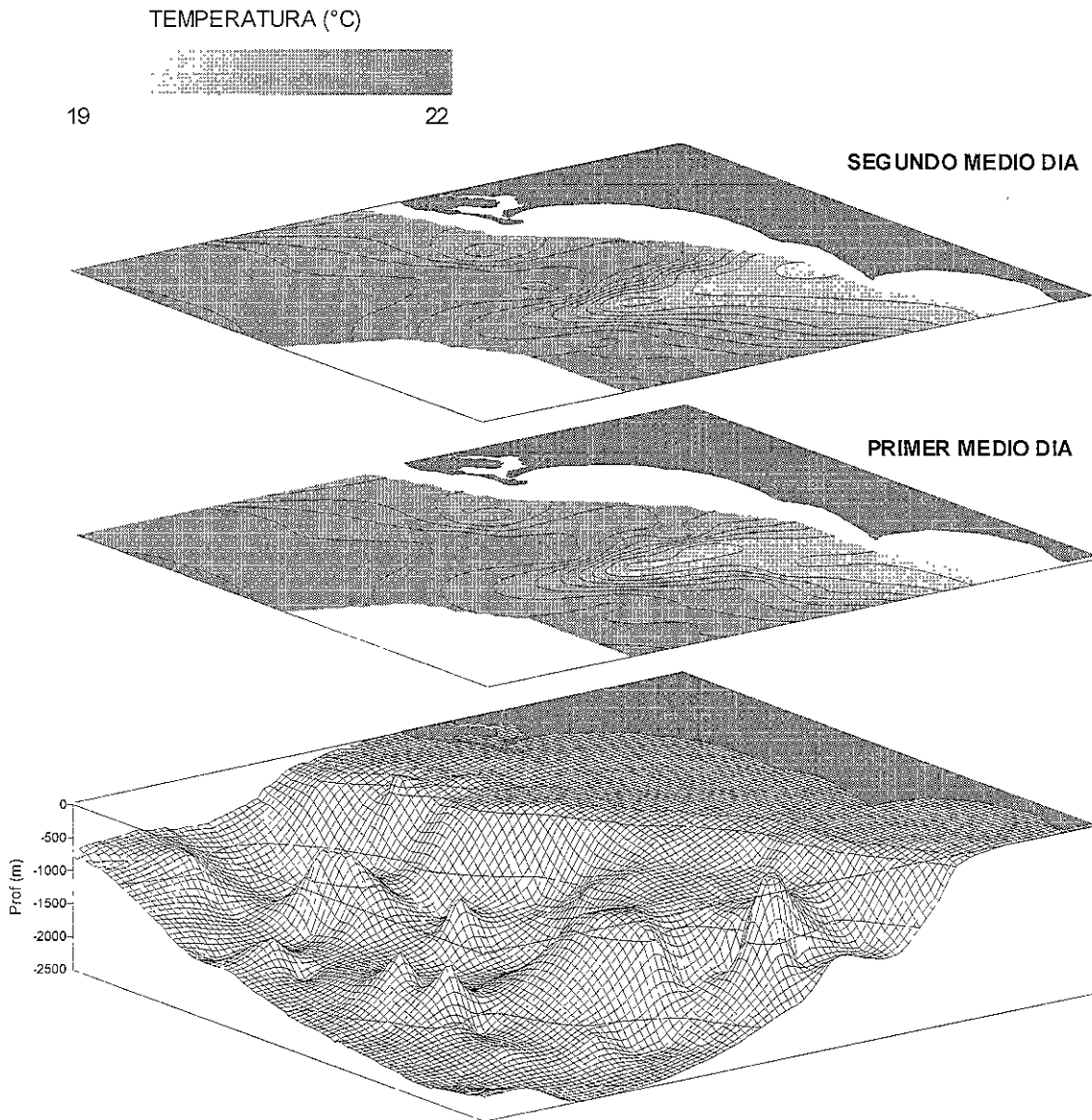


Figura 5. Temperatura superficial (°C) en la localidad de Bahía San Quintín dividida en un primer medio y segundo medio día, registrada a partir de los muestreos continuos realizados entre estaciones oceanográficas estándar y durante la estación de variación diaria. La batimetría (en metros), fue obtenida a partir de los datos de la Carta S.M. 601 (1985)

FALTA PAGINA

No. 28



## LOCALIDAD BAHÍA SAN QUINTÍN

Los registros de temperatura superficial, obtenidos de la red de estaciones oceanográficas estándar y realizados durante 48 h, cubrieron una área aproximada de 5500 km<sup>2</sup> incluyendo el área de 1370 km<sup>2</sup> recorrida en el ciclo de muestreo de la estación de variación diaria. Dicha estación se realizó de las 0915 h a las 0630 h del 25 al 26 de octubre y se localizó a los 30°05' de latitud norte y 116°02' de longitud oeste. La información de la temperatura superficial se dividió en un primer y un segundo medio día. La columna de agua se muestreó en siete ocasiones, efectuándose registros de CTD y fitoplancton durante el ciclo diario (Tabla 1).

### CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS

#### Temperatura Superficial

La temperatura superficial varió en un intervalo de 19.91 a 21.96 °C (Figura 5), registrándose las temperaturas más altas en la zona oceánica y las más bajas en la proximidad de la costa. En el área de variación diaria las isotermas superficiales se distribuyeron formando una pluma con su eje principal perpendicular a la línea de costa aproximadamente a 10 km al norte de Punta Baja. La pluma persistió a lo largo del ciclo de variación diaria modificándose en la segunda mitad del día. El mayor gradiente fue superior a 0.1 °C km<sup>-1</sup> en el sentido sureste-noroeste. El área del núcleo de la pluma de menor temperatura se redujo en la segunda mitad como consecuencia de la entrada de agua más fría desde el extremo sureste (Punta Baja); formándose adicionalmente otro núcleo más frío que el anterior, menor a 20°C en la proximidad de la costa. Los gradientes formados a ambos lados del eje de la pluma fueron ligeramente más fuertes en el borde norte que en el sur por lo que la pluma se observó ligeramente asimétrica y desplazándose a mayor velocidad en el lado sur. De acuerdo con el movimiento de las isolíneas se estimó un desplazamiento superficial horizontal hacia mar afuera y hacia el norte cerca de la costa de menos de 1 km h<sup>-1</sup>.

Tabla 1. Estación variación diaria. Registros continuos de CTD y muestreo fitoplanctónico.

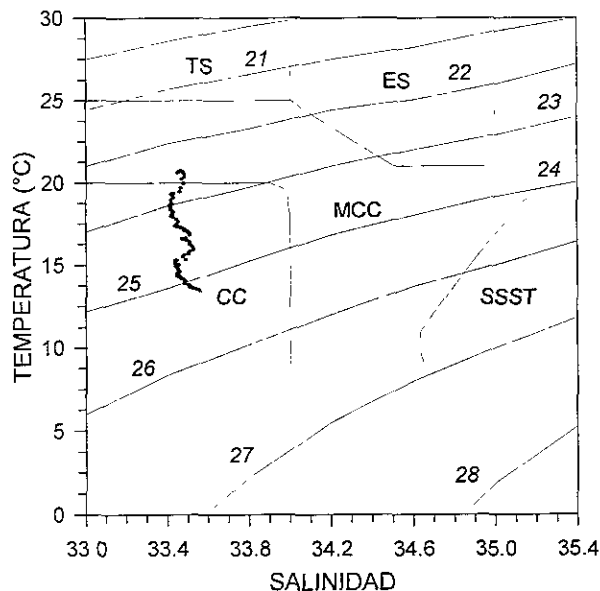
ESTACIÓN CODIGO	TIEMPO LOCAL (h)	REGISTRO DE CTD	MUESTREO DE FITOPLANCTON
1	09:13	•	•
2	13:42		•
3	17:29	•	•
4	21:11	•	•
5	00:04	•	•
6	03:06	•	•
7	06:31	•	•

## Temperatura, Salinidad y Densidad Vertical

Los valores promedio, error estándar e intervalo de temperatura y salinidad observados por arriba de los 20 m durante el ciclo diario (Figura 6) correspondieron a los característicos de la masa de agua, Modificada de la Corriente de California (MCC), y por debajo a los de la masa de la Corriente de California (CC), según lo propuesto por Wyrski (1967).

La termoclina y la pycnoclina fueron poco evidentes (Figura 7 y 8), observándose la columna de agua bien mezclada y con mayor intensidad por arriba de los 20 m siendo muy notoria en el perfil de salinidad. El  $\Delta\sigma_t$  promedio de los primeros 50 m fue de  $21.0 \pm 2.9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1}$ . El descenso de la temperatura y el aumento de la densidad fueron graduales hasta alcanzar  $13.45 \pm 0.05 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $25.18 \pm 0.02$  a 100 m respectivamente. La salinidad varió verticalmente de  $33.41 \pm 0.01$  en la superficie a  $33.55 \pm 0.01$  a 100 m haciendo claro la formación de tres estratos. El primero se situó de la superficie a los 20 m, el segundo por debajo de éste, hasta los 70 m y el tercero, el resto de la columna.

Figura 6. Diagrama T-S y  $\sigma_t$ -t promedio. Corriente de California (CC), Modificada de la Corriente de California, Tropical Superficial (TS), Ecuatorial Superficial (ES) y Subtropical Subsuperficial (SSST). Los límites entre masas fueron obtenidos de Wyrski (1967), tomados de Cervantes Duarte *et al.* (1993) y Martínez López (1993).



SALINIDAD					
33.40	33.45	33.50	33.55	33.60	
SIGMA T					
23.6	24.0	24.4	24.8	25.2	
TEMPERATURA (°C)					
12	14	16	18	20	22

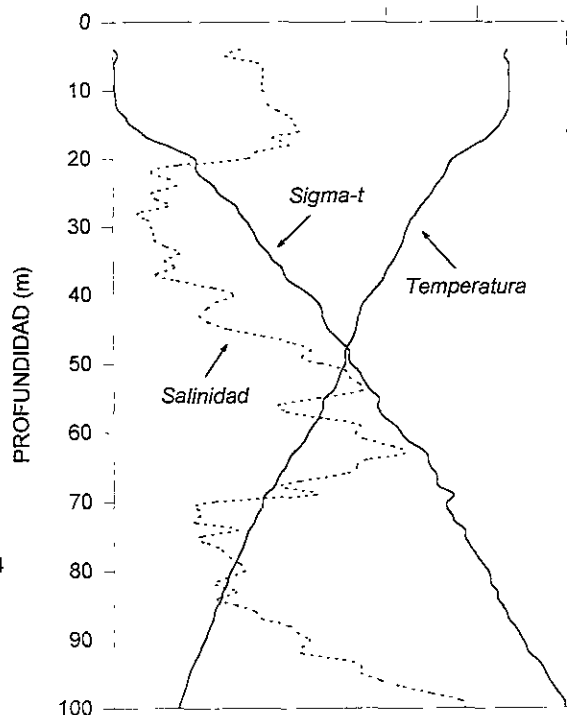
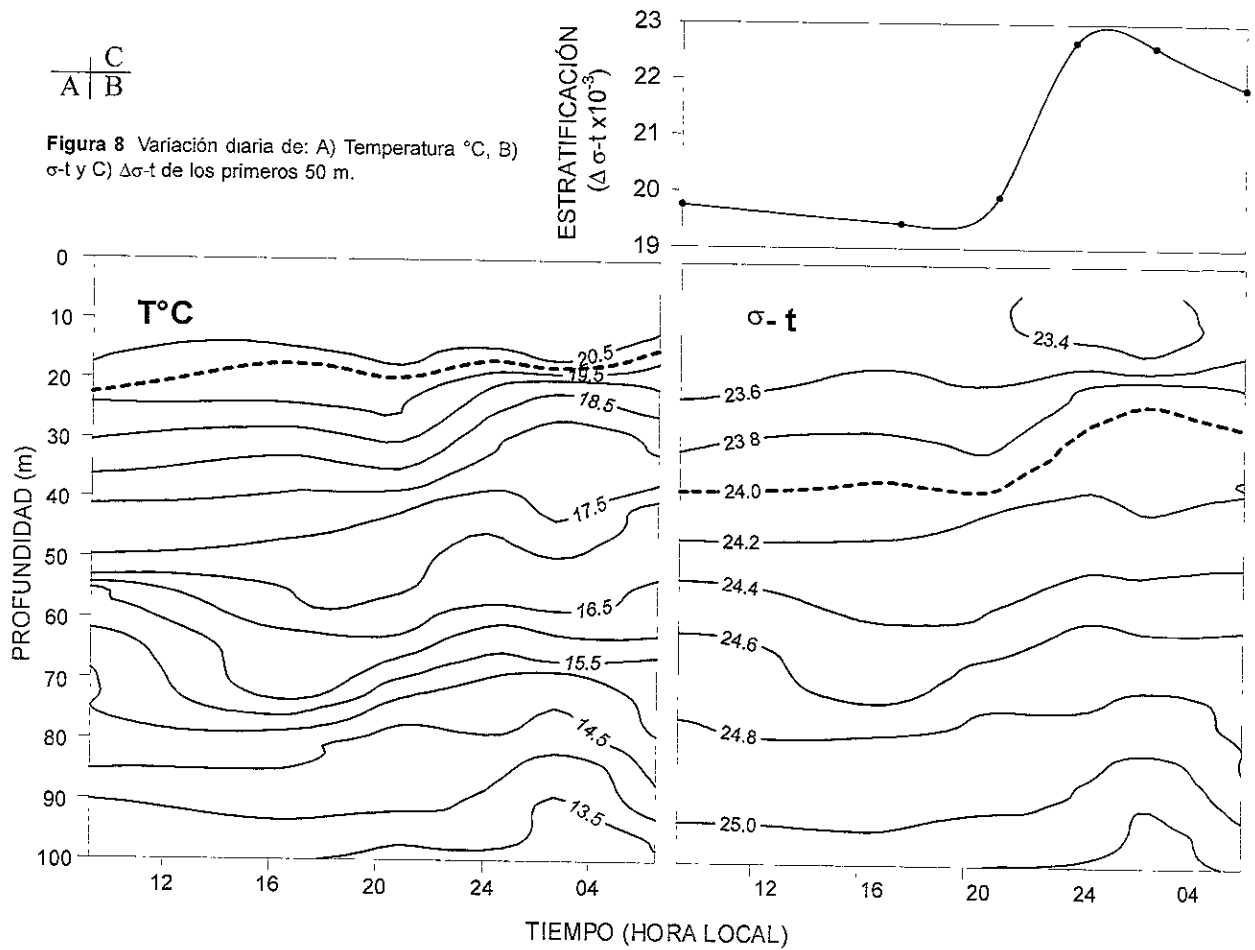


Figura 7. Perfil promedio de temperatura ( $^\circ\text{C}$ ), salinidad y  $\sigma_t$ .





A | B  
C

Figura 8 Variación diaria de: A) Temperatura °C, B)  $\sigma-t$  y C)  $\Delta\sigma-t$  de los primeros 50 m.

El  $\Delta\sigma-t$  calculado en cada uno de los registros de CTD a lo largo del día (Figura 8), mostró que la mayor mezcla en general se observó en las primeras horas del día y de la tarde y la menor en las horas de la noche. Observándose también que la isoterma de los 20 °C (límite entre ambas masas) se elevó alrededor de 7 m desde el inicio al final del muestreo, sucediendo lo mismo con la isopícnica de 24.0.

## COMUNIDAD FITOPLANCTONICA

### Biomasa Media

La biomasa integrada de la columna de agua muestreada (5 a 100 m) fue considerablemente baja, alcanzado en promedio  $1.91 \cdot 10^9$  cél  $m^{-2}$  es decir  $21.3 \cdot 10^3$  cél  $l^{-1}$  en promedio. De los grupos analizados se encontró una fuerte dominancia de la diatomea central *Hemiaulus hauckii* que representó el 82.5 % de las células totales, seguidas por las diatomeas pennales con 12.5 %, los dinoflagelados con 2.0 %, otras diatomeas centrales con 1.7 % y por último el ciliado *Mesodinium rubrum* con 1.2 %. Debido a la alta dominancia de *H. hauckii* se hicieron

cálculos considerando a esta especie como un grupo independiente, efectuado dos tratamientos: en el primero se incluyó esta especie y en el segundo se excluyó. Así cuando fue excluida, las diatomeas pennales dominaron en 71.4 %, los dinoflagelados en 11.4 %, las otras diatomeas centrales en 9.7 % y *M. rubrum* de 6.9 %. En general el microplancton (>20  $\mu$ ) fue dominante sobre el nanoplancton (<20  $\mu$ ). En la comunidad total el microplancton comprendió el 95 %, de las cuales las diatomeas centrales estuvieron constituidas por 98 % microplancton, las diatomeas pennales 54,5 % y los dinoflagelados sólo por 12 %. En el segundo tratamiento el microplancton constituyó únicamente el 57 % de la abundancia numérica.

### Biomasa vertical y variación por grupos

La distribución vertical de la biomasa media, describió una curva asintótica, concentrándose el 81% de las células en los primeros 25 m ( $77.6 \cdot 10^3$  cél l<sup>-1</sup>) (Figura 9). Todos los grupos siguieron este patrón; sin embargo, las diatomeas centrales presentaron un descenso cerca de la superficie y una discontinuidad a los 20 m; mostrando un segundo máximo subsuperficial a los 100 m de profundidad. Las diatomeas pennales además del máximo superficial, presentaron un segundo máximo subsuperficial de magnitud semejante a 50 m, sus fracciones fueron de 49 y 32% de nanoplancton para el primer y segundo máximo vertical, respectivamente.

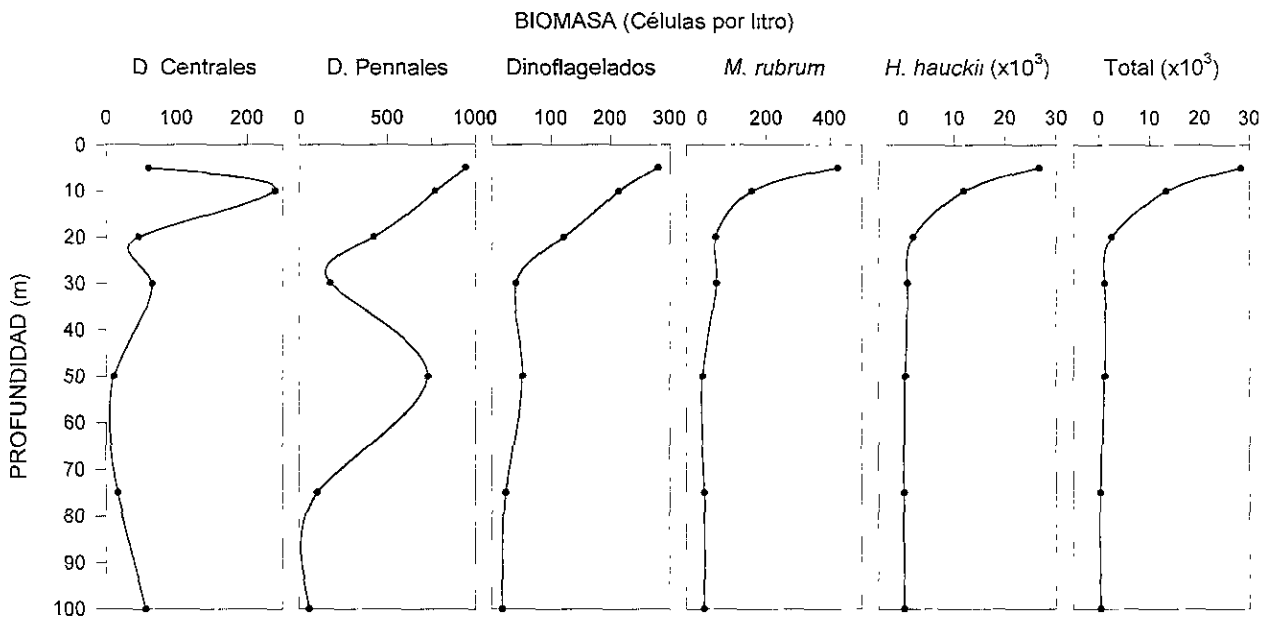


Figura 9. Perfil de abundancia celular por grupos y total.

El coeficiente de variación (CV) de la biomasa vertical (Figura 10) mostró en todos los grupos dos valores máximos; uno generalmente por arriba de los 30 m y otro mas profundo por debajo de los 50 m. La variación diaria de la biomasa total en toda la columna fue de  $108 \pm 7$  %; siendo ligeramente mayor la variación en el estrato superficial;  $134 \pm 13$  % que en el subsuperficial;  $124 \pm 21$ .



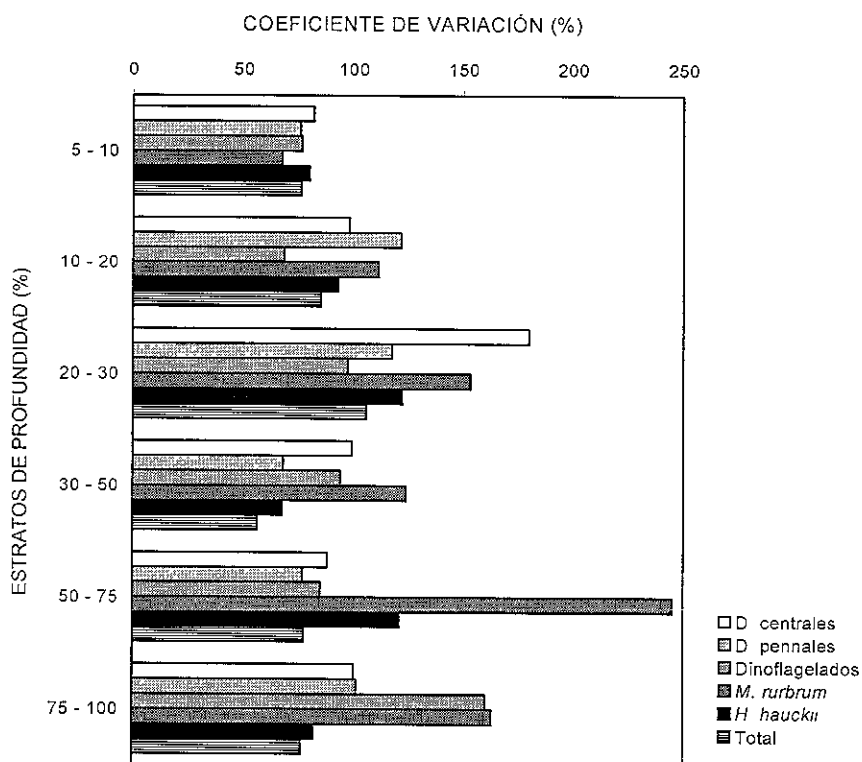
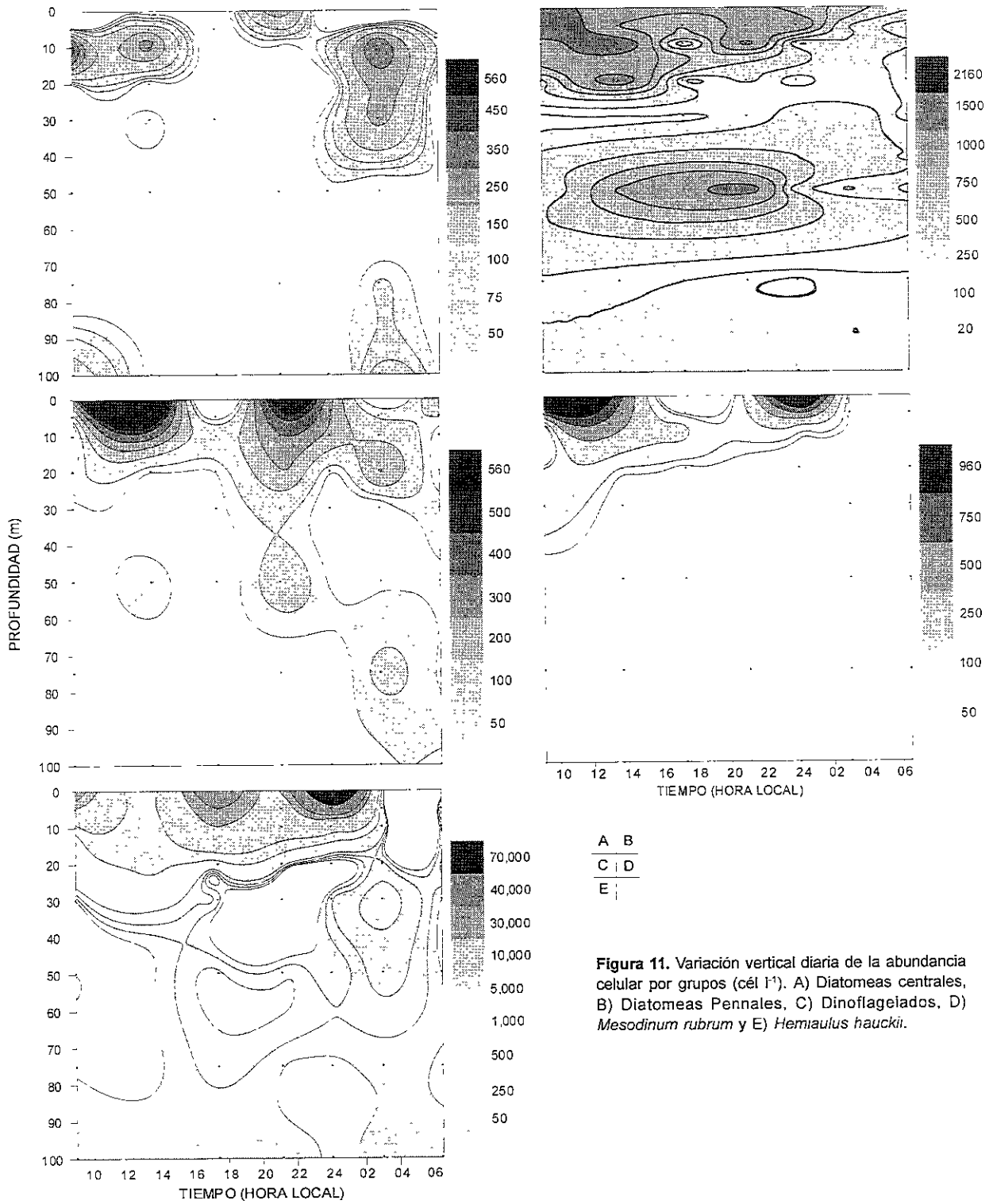


Figura 10. Coeficiente de variación de biomasa vertical media integrada, por grupos

El CV promedio de las diatomeas centrales fue de  $110 \pm 13$  %. Siendo máximo en el estrato de los 20 a los 30 m y en el de los 75 a 100 m (180 y 112 % respectivamente). En las diatomeas pennales el CV medio fue de  $94 \pm 9$  %; el máximo superficial se encontró entre los 10 y 30 m (122 %) y el subsuperficial entre los 75 a los 100 m (102%). En los dinoflagelados el CV medio fue de  $97 \pm 12$  %, sus valores máximos fueron semejantes en su distribución al de las diatomeas centrales, pero fue mayor el subsuperficial que el superficial (160 y 97 % respectivamente). En *H. hauckii* el CV promedio fue de  $94 \pm 8$  %. En este taxa el CV máximo superficial se situó de los 20 a los 30 m y el subsuperficial se situó de los 50 a los 75 m. En ambos, los coeficientes fueron semejantes (121 y 122 % respectivamente). *M. rubrum* tuvo el CV promedio más alto  $144 \pm 22$  %, al igual que *H. hauckii* el máximo subsuperficial también se encontró desde los 50 m y fue considerablemente más alto que el somero, 245 y 153 % respectivamente.

Las diatomeas centrales tuvieron las mayores concentraciones por arriba de los 30 m (Figura 11) por la mañana y tarde y por arriba de los 40 m por la noche hasta el amanecer reflejándose en la discontinuidad de la biomasa promedio a los 20 m. Además de éstos núcleos se observaron otros dos de menor concentración por debajo de los 75 m al amanecer y durante la noche. La abundancia máxima superficial de las diatomeas pennales se mostró por la presencia de dos núcleos, uno al medio día y el otro por la noche y la abundancia máxima subsuperficial se produjo por la presencia de un núcleo que se observó desde el medio día hasta la media noche.



**Figura 11.** Variación vertical diaria de la abundancia celular por grupos (cél l<sup>-1</sup>). A) Diatomeas centrales, B) Diatomeas Pennales, C) Dinoflagelados, D) *Mesodinium rubrum* y E) *Hemiaulus hauckii*.



A partir de este momento la abundancia celular se redujo en toda la columna. En los dinoflagelados se advirtieron las mayores abundancias por arriba de los 20 m en dos núcleos superficiales uno al medio día y otro al atardecer poco antes de la media noche (2200h). Por debajo de los 25 m las concentraciones fueron bajas, sin embargo a partir de las 2100 h se observó un aumento en la abundancia en toda la columna y la dispersión de los parches superficiales. Las mayores abundancias de *H. hauckii* se localizaron por arriba de los 20 m; aunque su número se redujo considerablemente a partir de las 0300h, coincidente con la desaparición de los parches en las diatomeas pennaes y los dinoflagelados. Por debajo de este nivel la biomasa se redujo asintóticamente, hasta ser muy baja a 75 m. El ciliado *M. rubrum* se concentró en la superficie y a partir de los 20 m su abundancia fue sumamente escasa. Como en las diatomeas pennaes, los dinoflagelados y en *H. hauckii* a partir de la media noche su abundancia celular decreció considerablemente.

### Correlación de la biomasa entre grupos

El análisis de correlación mostró valores significativos para  $p < 0.01$  en la capa de mezcla, entre las diatomeas pennaes y *M. rubrum* (Tabla 2), y en la capa subyacente entre *H. hauckii* con las diatomeas pennaes y con *M. rubrum* con los dinoflagelados. Se encontraron un mayor número de correlaciones entre varios grupos, pero estas tuvieron una menor significancia ( $p < 0.05$ ).

Tabla 2. Coeficientes de correlación de Rangos de Sperman ( $r^s$ ) de las abundancias celulares por grupos en la capa de mezcla y la capa subyacente. Se muestran los coeficientes y los niveles a los son significativos

Grupos	r	p
<b>CAPA DE MEZCLA</b>		
Centrales vs pennaes	0.452	0.040
Centrales vs dinoflagelados	0.130	0.574
Centrales vs <i>M. rubrum</i>	-0.036	0.875
Centrales vs <i>H. hauckii</i>	-0.263	0.250
Pennaes vs dinoflagelados	0.428	0.053
Pennaes vs <i>M. rubrum</i>	0.585	0.005
Pennaes vs <i>H. hauckii</i>	0.459	0.036
Dinoflagelados vs <i>M. rubrum</i>	0.482	0.027
Dinoflagelados vs <i>H. hauckii</i>	0.419	0.058
<i>M. Rubrum</i> vs <i>H. hauckii</i>	0.482	0.027
n = 21		
<b>CAPA SUBYACENTE</b>		
Centrales vs pennaes	0.020	0.831
Centrales vs dinoflagelados	0.146	0.124
Centrales vs <i>M. rubrum</i>	0.236	0.012
Centrales vs <i>H. hauckii</i>	0.189	0.045
Pennaes vs dinoflagelados	0.230	0.015
Pennaes vs <i>M. rubrum</i>	0.149	0.117
Pennaes vs <i>H. hauckii</i>	0.379	0.001
Dinoflagelados vs <i>M. rubrum</i>	-0.262	0.005
Dinoflagelados vs <i>H. hauckii</i>	0.120	0.207
<i>M. Rubrum</i> vs <i>H. hauckii</i>	0.424	0.001
n = 112		

TAXA	ABUNDANCIA RELATIVA							
	NIVEL (m)							
	5	10	20	30	50	75	100	$\bar{x}$
<b>Diatomeas Centrales</b>								
<i>Hemaulus hauckii</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Chaetoceros atlanticus audax</i>	●						●	●
<i>Biddulphia alternans</i>		●						●
<i>Hemaulus sinensis</i>	●	●		●			●	●
D. Centrales no reconocidas		○		●		●		●
<i>Melosira sulcata</i>			●				●	●
<i>Rhizosolenia stouterfothii</i>	●	●						●
<i>Rhizosolenia</i> sp.		●			●			●
<i>Asteronphalus heptactis</i>	○						●	○
<i>Coscinodiscus curvatus</i>			●					○
<i>Coscinodiscus</i> sp.		○					●	○
<i>Coscinodiscus marginatus</i>					●			○
<i>Coscinodiscus centralis</i>				○				○
<i>Plaktoniella sol</i>			○					○
<i>Coscinodiscus lineatus</i>		○						○
<i>Coscinodiscus granii</i>		○						○
<i>Corethron hystrix</i>				○				○
<b>D. Pennales</b>								
Naviculariformes	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Nitzschia closterium</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
Pennal 1	●	●	●	●	●	●	●	●
D. Pennales no reconocidas	●	●	●	○	●		●	●
<i>Nitzschia</i> sp.		●			●			●
<i>Nitzschia longissima</i>	●		●		●	●	●	●
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	○	○		●	●		●	●
<i>Gramatophora marina</i>	○				●			○
<i>Nitzschia delicatissima</i>			○		●			○
<i>Thalassiothrix fravenfeldii</i>		○				●		○
<i>Asterionella japonica</i>					●			○
<i>Pleurosigma nicobaricum</i>				○			●	○
<i>Suirella fastuosa</i>				○			○	○
<b>Dinoflagelados</b>								
Dinoflagelados no reconocidos	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Amphidinium accutisicum</i>	●	●	●	○		●	●	●
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	●	●	●		●			●
<i>Ceratium kofoidi</i>		●						○
<i>Ceratium</i> sp.		●				●		○
<i>Ceratium af. lineatum</i>			●		●			○
<i>Gyrodinium</i> sp.		●						○
<i>Ceratium fusus</i>	○					●		○
Dinoflagelado 1				○	●			○
<i>Dinophysis</i> sp.							●	
<i>Prorocentrum minimum</i>	○							○
<i>Prorocentrum gracile</i>		○						○
<b>Ciliado</b>								
<i>Mesodinium rubrum</i>	●	●	●	●		●	●	●

De esta manera, en la capa de mezcla todos los grupos se desarrollaron al mismo tiempo, sin observarse covarianzas negativas significativas. En la capa subyacente la situación fue distinta; mientras *M. rubrum* y los dinoflagelados aumentaron sus abundancias las de las diatomeas centrales disminuyeron y viceversa. Por otro lado el grupo de las diatomeas pennales no mostro exclusión con respecto a otros grupos.

### Abundancia Relativa

A partir de las frecuencias observadas en el logaritmo natural de las abundancias de las tres localidades estudiadas (Anexo IV), se definieron los rangos de las abundancias relativas como:

Baja < 2.0

2.0 ≥ Media < 4.0

4.0 ≥ Alta < 7.5

7.5 ≥ Muy Alta

La diatomea central *H. hauckii* fue el taxa con Abundancia Relativa Muy Alta (Tabla 3) y constituyó el 82.5 % de las células. Los taxa con Abundancia Relativa Alta: fueron las Naviculariformes que representaron el 2.9 %, *Cylindrotheca closterium* 2.6 %, *M. rubrum* 1.7 % y *Chaetoceros atlanticus audax* 1.0 %. Se determinaron adicionalmente 14 taxa con Abundancia Media que representaron en conjunto 4.1 % de las células totales, entre las que destacan por su abundancia: los taxa: dinoflagelados no reconocidos, pennal n°.1, pennales no reconocidas, *Cylindrotheca* sp. y *Amphidinium accutisimum*. El porcentaje restante (<1%) lo constituyeron 24 taxa con Abundancia Relativa Baja, en los que destacan *Scrippsiella trochoidea*, *Biddulphia alternans* y *Nitzschia longissima*.

Tabla 3. Abundancia relativa media por taxón en cada nivel muestreado. Muy alta (●), alta (●), media (●) y baja (○)





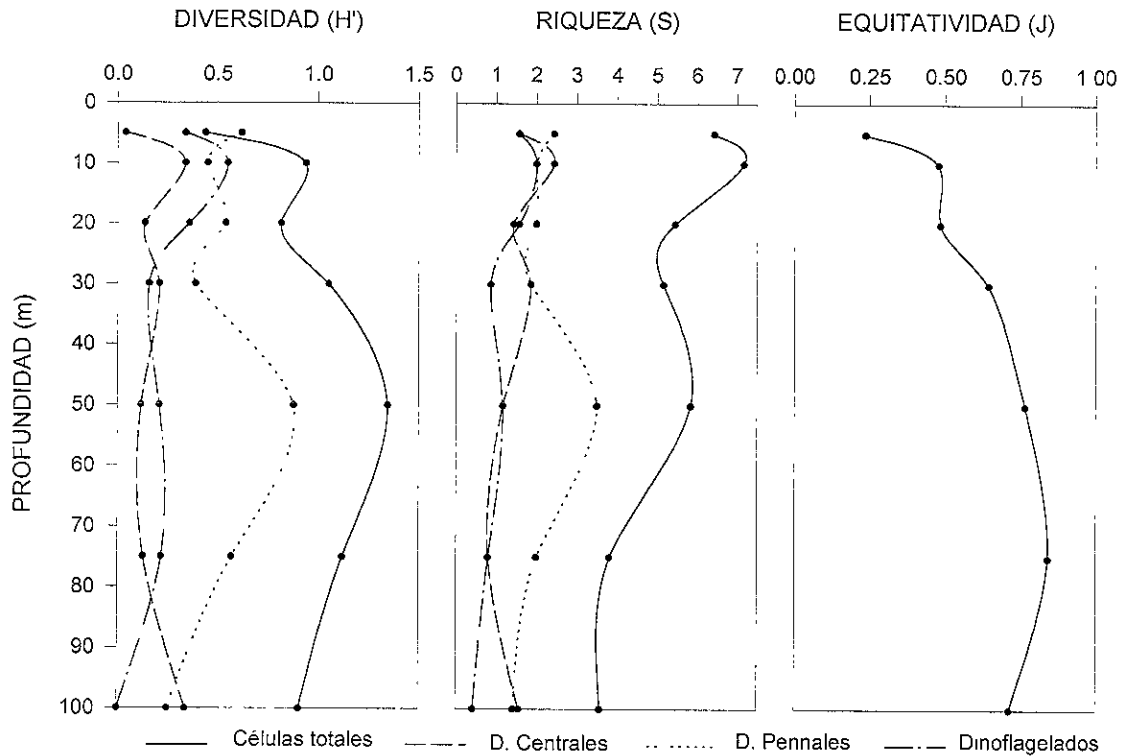


Figura 12. Perfiles promedio de diversidad y riqueza por grupos y total, y equitatividad total

### Diversidad, riqueza y equitatividad

A lo largo del ciclo de muestreo se reconocieron 43 taxa; 17 de los cuales fueron diatomeas centrales, 13 diatomeas pennaes, 12 dinoflagelados, y el ciliado *M. rubrum*.

La diversidad ( $H'$ ), la riqueza ( $S$ ) y la equitatividad ( $E$ ) promedios fueron bajos:  $H' = 0.92 \pm 0.15$ ,  $S = 5.3 \pm 0.8$ , y  $E = 0.6 \pm 0.1$ , no observándose cambios considerables en los valores calculados excluyendo a *H. hauckii* para la diversidad y la riqueza ( $H' = 1.09 \pm 0.16$ ,  $S = 4.48 \pm 0.78$ ), advirtiéndose únicamente un aumento significativo en la equitatividad ( $E = 0.84 \pm 0.05$ ).

### Distribución vertical

En la totalidad de la comunidad estudiada, la diversidad, la riqueza y la equitatividad medias se distribuyeron verticalmente formando dos picos máximos (Figura 12); uno por arriba de los 20 m ( $H' = 0.94 \pm 0.38$ ,  $S = 7.17 \pm 2.36$ ,  $E = 0.53 \pm 0.20$ ) y otro a los 50 m ( $H' = 1.35 \pm 0.38$ ,  $S = 5.83 \pm 2.19$ ,  $E = 0.80 \pm 0.38$ ), siendo para la diversidad mayor el pico subsuperficial que el superficial, mientras que para la riqueza fue a la inversa. Tanto la diversidad como la riqueza variaron ampliamente en toda la columna ( $CV \approx 47\%$ ) pero con tendencia a ser mayor por arriba de los 20 m ( $CV \approx 55\%$ ) y por debajo de los 75 m ( $CV \gg 46\%$ ). La variación de la equitatividad fue mas reducida siendo máxima por arriba de los 20 m (16%), y de los 50 a los 75 m (18%).

Del análisis de los coeficientes de correlación obtenidos entre la abundancia, la diversidad, la equitatividad y la riqueza (Tabla 4), pudo observarse el gran efecto que tubo sobre la comunidad la dominancia de *H. hauckii*. Al encontrarse valores significativos entre la abundancia y la riqueza en la capa profunda, donde la abundancia de *H. hauckii*, fue reducida. Valores altos (>0.83) entre la diversidad y la riqueza en ambos tratamientos y menores (0.65) en la capa de mezcla donde *H. hauckii* fue abundante. Adicionalmente fueron superiores a 0.81 entre la diversidad y la equitatividad en las dos capas cuando se incluye a *H. hauckii* y no significativas cuando se excluye. Sin embargo no se encontró una covariación significativa entre la abundancia y la diversidad, en ningún caso.

Tabla 4 Coeficientes de correlación de Spermán entre la abundancia, la diversidad, la riqueza y la equitatividad en los dos tratamientos, para la capa de mezcla y la capa subyacente y nivel de significancia.

Grupos	Incluyendo a <i>H. hauckii</i>		Excluyendo a <i>H. hauckii</i>	
	r	p	r	p
<b>CAPA DE MEZCLA</b>				
Abundancia vs diversidad	-0.219	0.339	0.342	0.130
Abundancia vs riqueza	0.031	0.893	0.250	0.274
Abundancia vs equitatividad	-0.360	0.109	0.113	0.646
Diversidad vs riqueza	0.654	0.001	0.915	0.000
Diversidad vs equitatividad	0.903	0.000	0.014	0.954
riqueza vs equitatividad	0.315	0.164	-0.376	0.112
n = 21				
<b>CAPA SUBYACENTE</b>				
Abundancia vs diversidad	0.253	0.222	-0.042	0.842
Abundancia vs riqueza	0.497	0.011	-0.050	0.811
Abundancia vs equitatividad	-0.254	0.232	0.180	0.400
Diversidad vs riqueza	0.838	0.000	0.826	0.000
Diversidad vs equitatividad	0.813	0.000	0.376	0.070
riqueza vs equitatividad	-0.001	0.997	-0.001	0.997
n = 25				

### Diversidad, riqueza y equitatividad por grupos

De los tres grupos, las diatomeas centrales tuvieron la menor diversidad y equitatividad, por otro lado la riqueza fué intermedia ( $H' = 0.19 \pm 0.08$ ,  $S = 1.59 \pm 0.26$  y  $E = 0.50 \pm 0.14$ ). En el segundo tratamiento con la exclusión de *H. hauckii* del análisis, tanto la diversidad como la riqueza disminuyeron, mientras que la equitatividad se incrementó ( $H' = 0.11 \pm 0.07$ ,  $S = 0.72 \pm 0.24$  y  $E = 0.78 \pm 0.16$ ).

En éste grupo la diversidad y la riqueza fueron mayores a los 10, 30 m y por debajo de los 75 m. En promedio la diversidad tuvo un CV de 148 % con los valores mas altos por arriba de los 20 m ( $CV \approx 145\%$ ) y de los 50 a los 75 m ( $CV \approx 212\%$ ) y los mas bajos a 30 m ( $CV = 68\%$ ). El coeficiente de variación medio de la riqueza fue de 57 %, siendo máximo por arriba de los 20 m ( $CV \approx 47\%$ ) y por debajo de los 75 m ( $CV \approx 58$ ). La equitatividad tuvo dos aumentos escalonados, el primero por arriba de los 30 m con una alta variabilidad ( $CV \approx 50\%$ ), y el segundo a niveles máximos ( $E = 1$ ) por abajo de los 50 m con una baja variabilidad ( $CV \approx 7\%$ ), su variación promedio fue de 64 %.



Las diatomeas pennales tuvieron la mayor diversidad y riqueza con una equitatividad intermedia ( $H'=0.52\pm 0.15$ ,  $S=2.15\pm 0.44$  y  $E=0.83\pm 0.08$ ). El valor máximo de la diversidad y la riqueza se observó de los 30 a los 75 m, con un segundo máximo mucho más reducido por arriba de los 20 m. El CV de variación promedio fue de 101 y 70% respectivamente. El CV de la diversidad fue mayor a los 100 m (166%) y de la superficie a los 20 m ( $\approx 105\%$ ) y los de la riqueza se situaron por arriba de los 20 m (70%) y a los 50 m (63%). La equitatividad fue muy alta en casi toda la columna ( $E>0.80$ ), únicamente observándose un valor mínimo a los 30 m ( $E=0.67$ ). Su variación media fue reducida (18%), siendo máxima de los 20 a los 30 m ( $\approx 35\%$ ).

Los dinoflagelados tuvieron la diversidad intermedia de los tres grupos, la riqueza mas baja y la mayor equitatividad ( $H'=0.27\pm 0.12$ ,  $S=1.22\pm 0.34$  y  $E=0.89\pm 0.05$ ). La diversidad y la riqueza fueron mayores por arriba de los 30 m; por debajo de este nivel descendieron y se mantuvieron relativamente estables hasta los 75, donde a partir de aquí disminuyeron a casi cero. La equitatividad se comportó muy semejante al de las diatomeas pennales; es decir, valores cercanos al máximo (0.78 -1.00) en toda la columna y únicamente valores menores a los 30 m (0.78). La alta equitatividad fue debida a la casi desaparición de células por debajo de los 75 m pertenecientes a unos cuantos taxa.

### Dominancia y Persistencia Espacio Temporal

A partir de las frecuencias en los Indices del Valor Biológico (IVB) para cada taxa de las tres localidades estudiadas (Anexo V) se clasificaron en base a su máximo valor alcanzable como taxa con una Dominancia y Persistencia Espacio -Temporal:

Baja cuando el IVB es < 30 %

Media  $\geq$  30 % IVB < 50 %

Alta  $\geq$  50 % IVB

Tabla 5. Índice del Valor Biológico por taxón en cada nivel muestreado Muy alta (●), alta (●), media (●) y baja (○).

TAXA	INDICE DEL VALOR BIOLÓGICO							
	NIVEL (m)							
	5	10	20	30	50	75	100	$\bar{x}$
<b>Diatomeas Centrales</b>								
<i>Hemiaulus hauckii</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Chaetoceros atlanticus audax</i>	○						○	○
<i>Bulbophylax alternans</i>		○						○
<i>Hemiaulus smensis</i>	○	○		○			○	○
D Centrales no reconocidas		○		●		●		○
<i>Melosira sulcata</i>			○				○	○
<i>Rhizosolenia stouterfohni</i>	○	○						○
<i>Rhizosolenia</i> sp		○			○			○
<i>Asterionphalus heptactis</i>	○						○	○
<i>Coscinodiscus curvatus</i>			○					○
<i>Coscinodiscus</i> sp		○					○	○
<i>Coscinodiscus marginatus</i>					○			○
<i>Coscinodiscus centralis</i>				○				○
<i>Plaktonella vol</i>			○					○
<i>Coscinodiscus lineatus</i>		○						○
<i>Coscinodiscus granti</i>		○						○
<i>Corethron hystrix</i>		○						○
<b>D. Pennales</b>								
Naviculariformes	●	●	●	●	●	●	○	●
<i>Nitzschia closterium</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
Pennal I	○	○	○	○	○	●		○
D Pennales no reconocidas	○	○	○	○	○		○	○
<i>Nitzschia</i> sp		○			○			○
<i>Nitzschia longissima</i>	○		○		○	○	○	○
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	○	○		○	●		○	○
<i>Gramatophora marina</i>	○				○			○
<i>Nitzschia debilisissima</i>	○		○		○			○
<i>Thalassiothrix fravenfeldii</i>		○				○		○
<i>Asterionella japonica</i>					○			○
<i>Pleurosigma nicobaricum</i>							○	○
<i>Sarrrella fastuosa</i>				○			○	○
<b>Dinoflagelados</b>								
Dinoflagelados no reconocidos	●	●	●	●	●	○	○	●
<i>Amphidinium accusticum</i>	●	○	●	○		○	○	○
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	○	○	○		○			○
<i>Ceratium kofoidi</i>		○						○
<i>Ceratium</i> sp		○				○		○
<i>Ceratium af lineatum</i>			○		○			○
<i>Gyrodinium</i> sp		○						○
<i>Ceratium fuscus</i>	○					○		○
Dinoflagelado I				○	○			○
<i>Dinophysis</i> sp							○	○
<i>Prorocentrum minimum</i>	○							○
<i>Prorocentrum gracile</i>		○						○
<b>Ciliado</b>								
<i>Mesodinium rubrum</i>	●	●	●	●		○	○	○

Se encontraron como únicas taxa con Dominancia y Persistencia Alta a *H. hauckii* y a las naviculariformes (Tabla 5). *H. hauckii* fue el taxón más abundante en casi la totalidad de los muestreos obteniendo un IVB de 83.9 %. Las naviculariformes alcanzaron un IVB del 50.4 % sólo fueron dominantes persistentemente en los niveles de 5, 30 y 50 m, mientras que los restantes tuvieron un IVB Medio. *C. closterium* y los dinoflagelados no reconocidos tuvieron una Dominancia y Persistencia Media (IVB=45.0 y 33.0 % respectivamente). *C. closterium* tuvo un IVB Alto a los 20 y 50 m alcanzando en ambos 50 %. En los demás estratos su IVB fue Medio. Los dinoflagelados no reconocidos tuvieron un IVB Medio de la superficie a los 50 m, a partir de aquí su IVB fue Bajo.

Los restantes taxa (90.8 % del total) tuvieron una Dominancia y Persistencia Baja. De ellos destacan *M. rubrum* (IVB = 29.6%) y *Amphidinium accutissimum* (IVB = 20.2 %).

### Asociaciones

El grado de homogeneidad entre muestras en términos de su composición y abundancia específica, definida en base a los índices de similitud de Morisita-Horn calculados por pares de muestras, mostraron que hubo una Similitud Total Media de  $43.3 \pm 1.3$  % ( $n=1035$ ) y que ésta aumentó hasta  $74.0 \pm 1.0$  % en el segundo tratamiento cuando se excluyó a *H. hauckii*. La homogeneidad vertical en el primer tratamiento (Figura 13), fue máxima en los primeros 20 m (54%) y disminuyó rápidamente con la profundidad (22% a 75 m), aumentando levemente a los 100 m. En el segundo tratamiento la homogeneidad se comportó de manera inversa aumentando con la profundidad alcanzando casi 100 % de similitud a 100 m de profundidad.

La presencia de asociaciones entre muestras definidas mediante el análisis de cluster por ligamiento medio no ponderado de la matriz de similitud mencionada, agrupó a las muestras del primer tratamiento en cuatro asociaciones con similitudes de entre 50 y 70 % y una mayor de 30 % (Figura 14). las cuatro primeras guardaron mucha similitud entre ellas, por lo que su distribución errática, fue resultado de la alternancia de asociaciones de dimensiones reducidas. Considerando una velocidad de la corriente de 0.5 nudo, se podría suponer que las asociaciones formaron parches de cuando más 3 o 4 km. Todas ellas estuvieron constituidas por entre 80 y 95 % por *H. hauckii* y el restante por diversas especies de diatomeas pennales, principalmente.

El segundo tratamiento (exclusión de *H. hauckii*), formó seis asociaciones con similitudes menores (Figura 15), que en conjunto representaron el 89 % de las muestras y que como en el tratamiento anterior se alternaron, no situándose a una profundidad y tiempo específicos. Sin embargo, estuvieron formadas por un mayor número de muestras. La mayor de ellas representó el 30 % de las muestras, y estuvo constituida por más del 60 % por *Cilindrotheca closterium* (25.5%), naviculariformes (15 %), dinoflagelados de pequeño tamaño no reconocidos (11%) y *M. rubrum*, (9.5%), principalmente. En las restantes asociaciones, los taxa dominantes siguieron siendo *C. closterium*, naviculariformes, y *M. rubrum*, mientras que los mayores cambios entre asociaciones fueron resultado de las distintas taxa de menor abundancia.



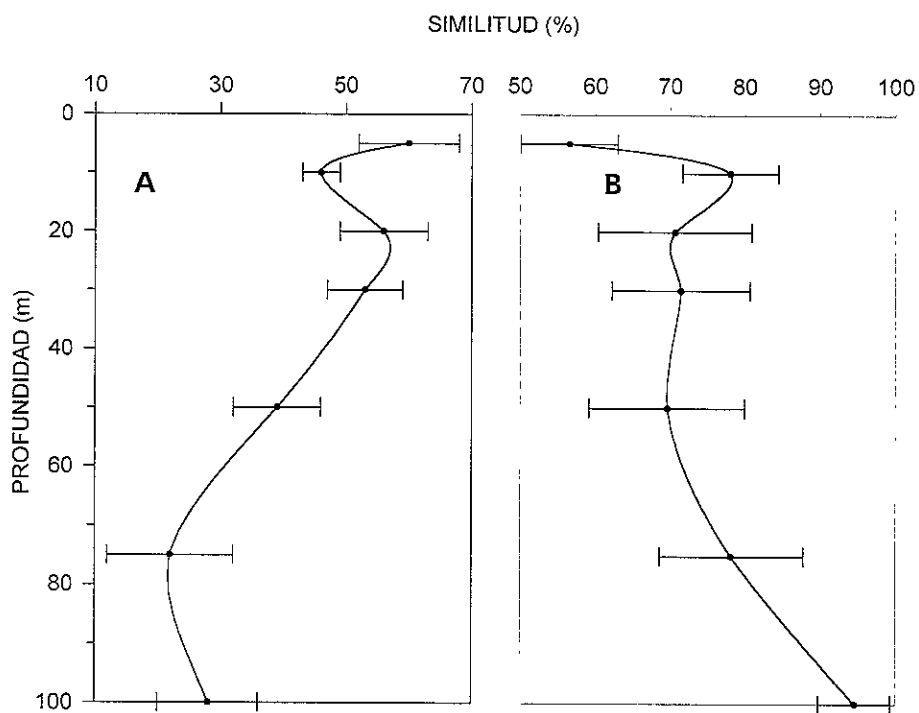


Figura 13. Perfil de similitud porcentual media y error estándar Primer tratamiento (A): excluyendo a *H. hauckii*; Segundo tratamiento (B) incluyendo a *H. hauckii*.

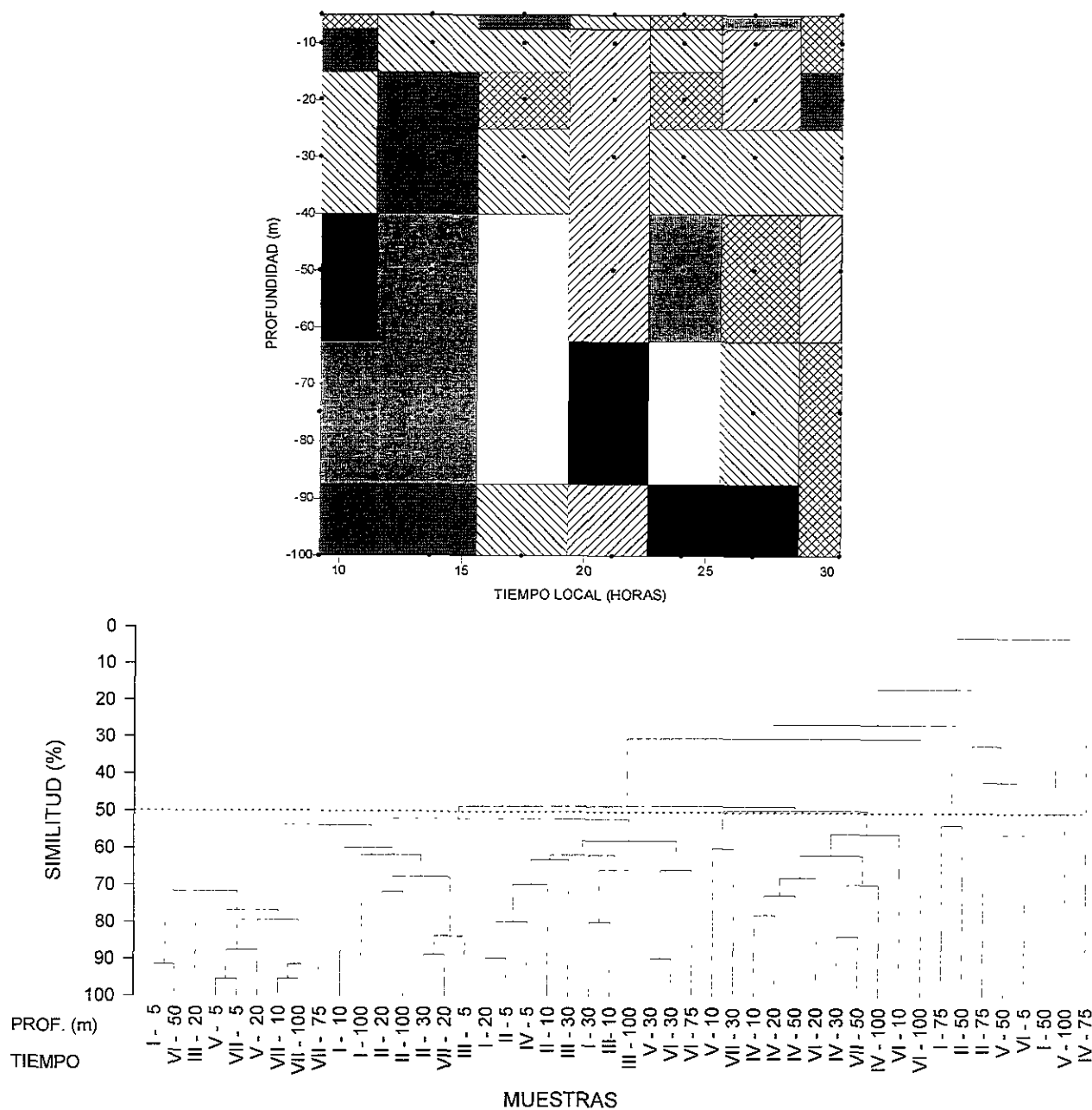


Figura 14. A) Dendrograma de similitud entre muestras del primer tratamiento (incluyendo a *H. hauckii*) B) Representación esquemática de la variación diaria vertical de las asociaciones resultantes, en la columna de agua y en el tiempo (las áreas en blanco, se refieren a ausencia de muestra).



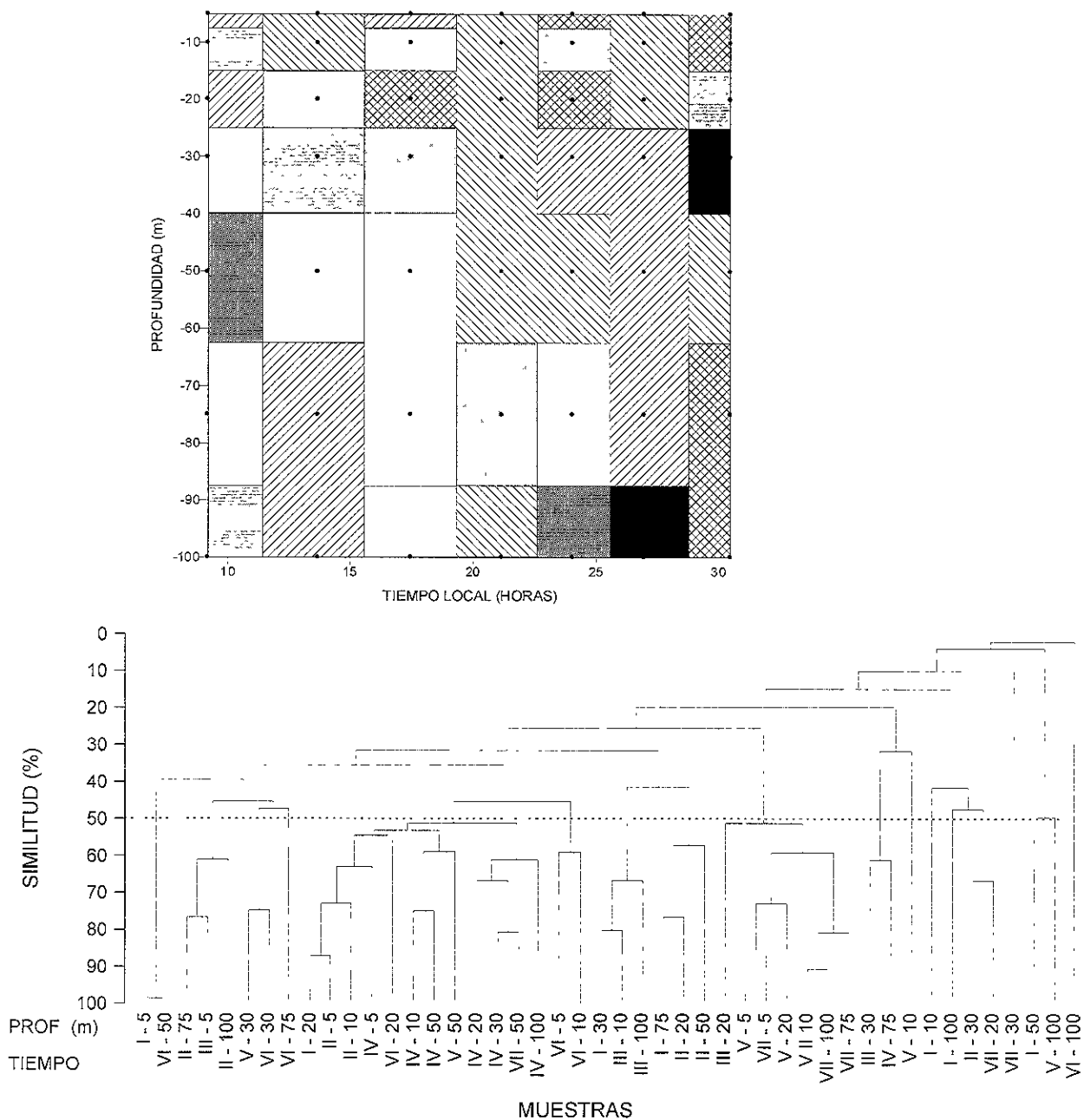


Figura 15. A) Dendrograma de similitud entre muestras del segundo tratamiento (excluyendo a *H. hauckii*) B) Representación esquemática de la variación diaria vertical de las asociaciones resultantes, en la columna de agua y en el tiempo (las áreas en blanco, se refieren a ausencia de muestra).

FALTA PAGINA

No.

2/21



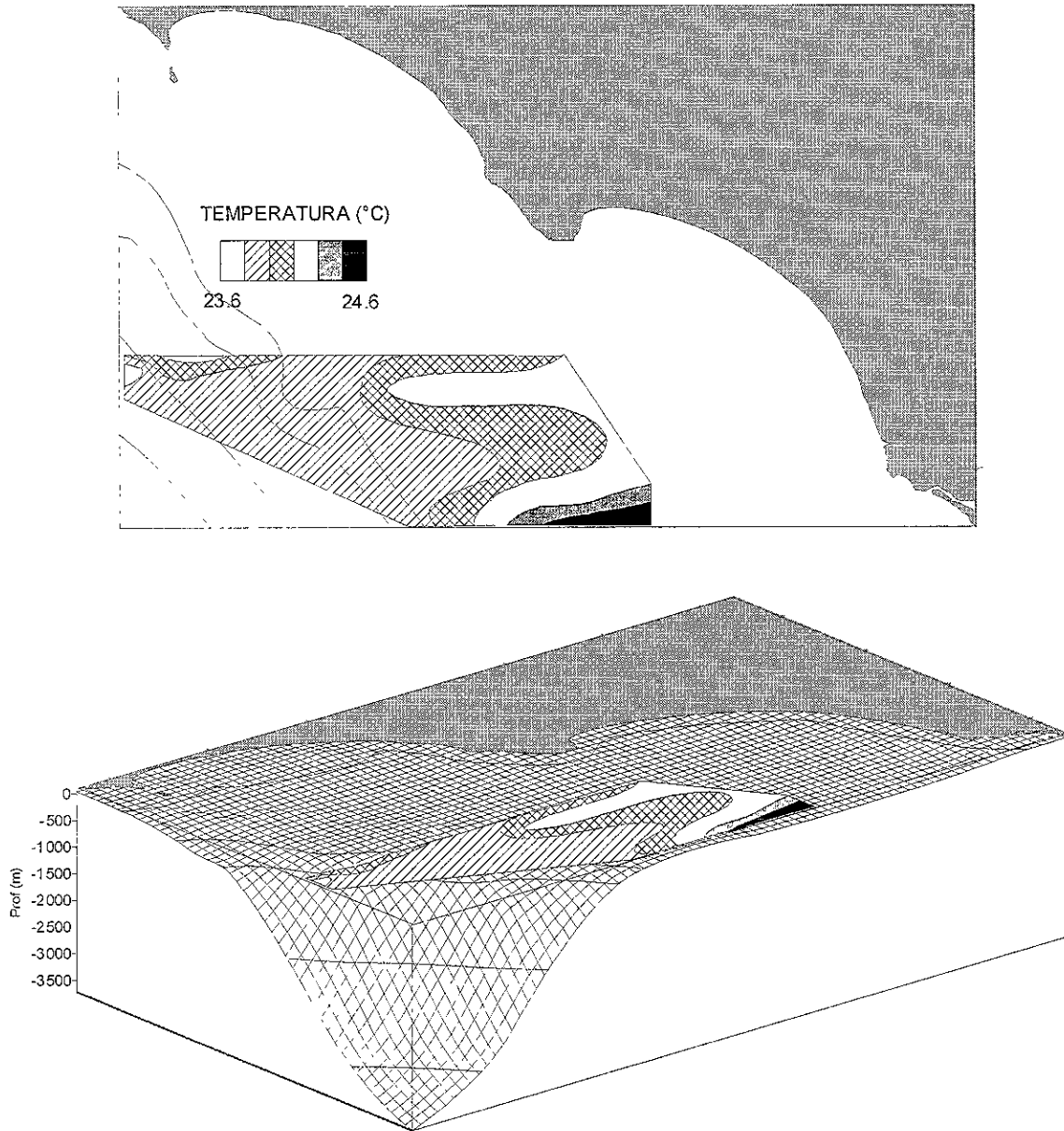


Figura 16. Temperatura superficial (°C) en la localidad de Punta San Hipolito registrada a partir de los muestreos continuos realizados entre estaciones oceanográficas estándar y durante la estación de variación diaria. La batimetría (en metros), fue obtenida a partir de los datos de la Carta S.M. 601 (1985).

FALTA PAGINA

No.

46

## LOCALIDAD PUNTA SAN HIPÓLITO

En la localidad de Punta San Hipólito los registros de temperatura superficial cubrieron una área aproximada de 700 km<sup>2</sup> a partir de dos estaciones oceanográficas estándar en un lapso de 30 h, incluyendo la estación de variación diaria. Esta se localizó a los 26° 49' latitud norte y 114° 11' de longitud oeste. Los muestreos se efectuaron de las 0720 h a las 0642 h del 28 al 29 de octubre, obteniéndose 7 registros de CTD y 5 muestreos de fitoplancton de las 0720 h a las 0100 h (Tabla 1).

### CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS

#### Temperatura Superficial

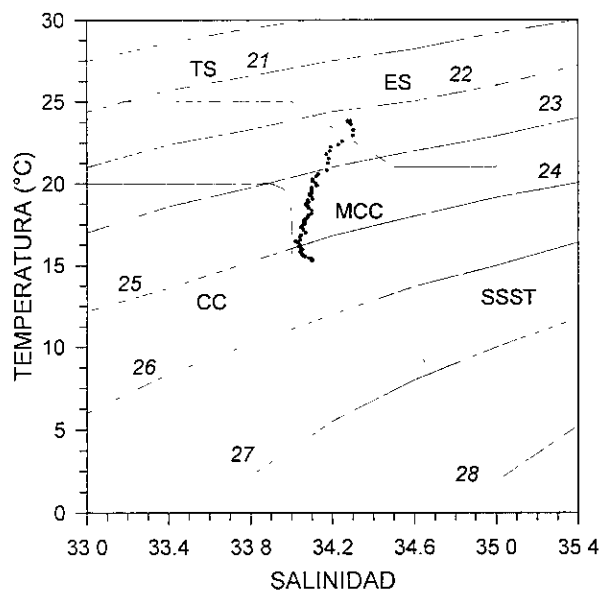
En el área de muestreo la temperatura superficial varió de 23.6 a 24.4 °C (Figura 16). Las temperaturas más bajas se registraron en la zona oceánica, observándose la entrada de agua más cálida desde el extremo sureste a lo largo de la costa, formando plumas en el sentido longitudinal frente al estero La Bocana y al sur de la Bahía La Asunción y suroeste de las Puntas Los Lobos y San Hipólito. Frente al Estero La Bocana, la pluma más norteña ocupó una buena parte de la Bahía de San Hipólito extendiéndose 30 km mar adentro. La pluma localizada al sur de éste sitio, se extendió hasta 25 km de la costa. Al sur de la Bahía La Asunción y suroeste de la Punta Los Lobos se observó una tercera pluma con temperaturas semejantes a las registradas en las plumas anteriores. En todos los casos el gradiente fue ligeramente mayor de 0.1 °C km<sup>-1</sup>. Las temperaturas superficiales de la estación de variación diaria correspondieron a las registradas en la zona oceánica (23.6 a 23.8 °C).

#### Temperatura, Salinidad y Densidad Verticales

Los valores máximos y mínimos y error estándar de temperatura y salinidad de los registros de CTD observados (Figura 17) correspondieron por arriba de los 31 m a la masa de agua Ecuatorial Superficial (ES), y el resto de la columna a la masa de agua Modificada de la Corriente de California (MCC) (Wyrki 1967). Presentándose en tres registros de CTD de las 2140 h a las

ESTACIÓN CODIGO	TIEMPO LOCAL (h)	REGISTRO DE CTD	MUESTREO DE FITOPLANCTON
1	07:20	•	•
2	11:14		•
3	15:58	•	•
4	21:40	•	•
5	01:00	•	•
6	04:06	•	
7	06:42	•	

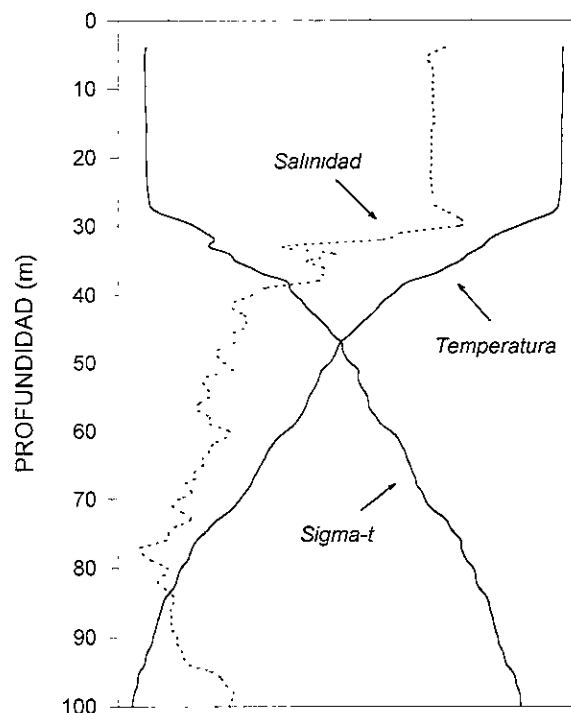
Tabla 6. Estación variación diaria. Registro continuos de CTD y muestreo fitoplanctónico



SALINIDAD				
34.0	34.1	34.2	34.3	34.4

SIGMA T				
23.0	23.5	24.0	24.5	25.0

TEMPERATURA (°C)			
16	18	20	22



**Figura 17.** Diagrama T-S y  $\sigma$ -t promedio Corriente de California (CC), Modificada de la Corriente de California, Tropical Superficial (TS), Ecuatorial Superficial (ES) y Subtropical Subsuperficial (SSST); según Wyrki (1967), citado por Cervantes Duarte *et. al* (1993) y Martínez López (1993)

0406 h de los 74 a los 89 m algunos valores de salinidad ( $33.99 \pm 0.002$ ) correspondientes al límite (34) de la masa de la Corriente de California (CC). La columna de agua se observó claramente estratificada (Figura 18). La termoclina, la haloclina y la piconclina fueron marcadas y se localizaron a alrededor de los 30 m de profundidad. El Ds-t promedio de la columna de los primeros 50 m fue de  $25.5 \pm 3.6 \times 10^{-3} \text{m}^{-1}$ . En la capa de mezcla la temperatura media fue de  $23.76 \pm 0.16^\circ\text{C}$ , la salinidad de  $34.28 \pm 0.002$  y s-t de  $23.15 \pm 0.005$ . Por debajo de ésta, el descenso de la temperatura y el aumento de la densidad fueron graduales, alcanzando  $15.28 \pm 0.09^\circ\text{C}$  y  $25.22 \pm 0.02$  a 100 m de profundidad respectivamente. En tanto la salinidad disminuyó bruscamente por debajo de la capa de mezcla a los 40 m a  $34.12 \pm 0.02$ . Por debajo de esta profundidad y hasta los 80 m aproximadamente el descenso fue suave. Mostrándose nuevamente un ligero ascenso en el resto de la columna ( $34.10 \pm 0.01$ ). La estabilidad de la columna de agua calculada en base al Ds-t para cada registro de CTD (Figura 19), mostró que la estratificación fue alta del inicio del muestreo hasta la tarde y aumentó nuevamente a valores mayores que durante el día.

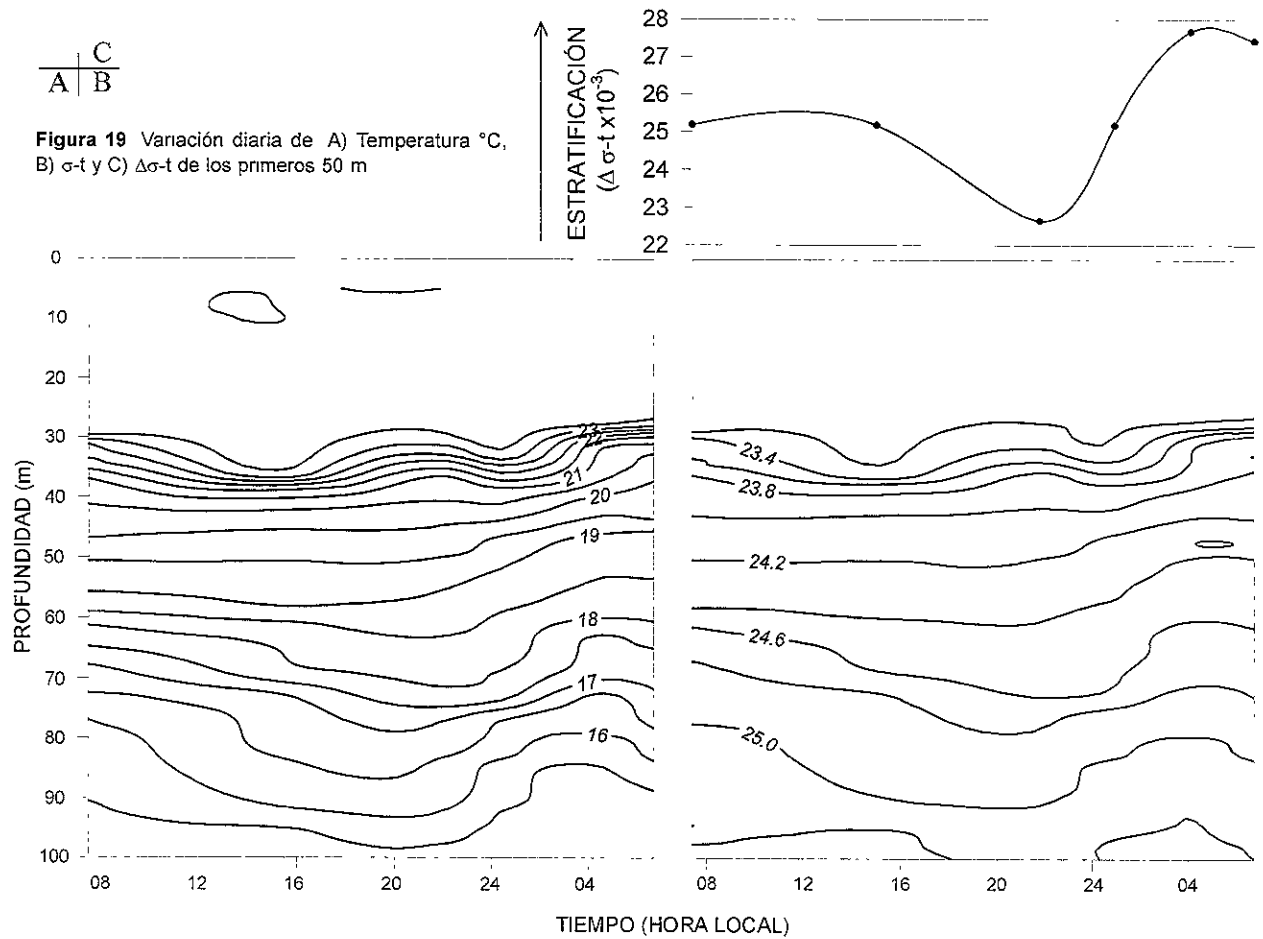
## COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA

### Biomasa Media

La biomasa integrada en la columna de agua fue de  $9.99 \cdot 10^7$  cél  $\text{m}^{-2}$  es decir  $1.11 \cdot 10^3$  cél  $\text{l}^{-1}$  en promedio. Las diatomeas pennales fue el grupo predominante (62.7%), y fueron seguidas por las diatomeas centrales (14.0%), el ciliado *Mesodinium rubrum* (11.9) y los dinoflagelados (11.4%). La comunidad estuvo dominada por nanoplancton (<20 mm).

**Figura 18.** Perfil promedio de temperatura (°C), salinidad y  $\sigma$ -t.





### Biomasa vertical y variación por grupos

El perfil vertical de biomasa total describió una curva con el valor máximo a 50 m de profundidad reduciéndose a ambos extremos de la curva y observándose un segundo pico de magnitud considerablemente menor en los primeros 20 m (Figura 20). Las diatomeas pennales siguieron esta distribución, las diatomeas centrales mostraron el máximo valor mas abajo, y los dinoflagelados y el ciliado *M. rubrum* observaron un patron muy distinto localizandose las máximas concentraciones en las capas superficiales, disminuyendo con la profundidad y presentándose un segundo máximo por debajo de los 75 m.

La Variación Diaria (CV) de la biomasa total fue  $90 \pm 15 \%$ . Los valores mayores se observaron en el estrato de los 10 a los 20 m y en el de los 75 a 100 m, siendo semejantes en magnitud (104 y 100 % respectivamente).

El CV medio de las diatomeas centrales fue de  $120 \pm 17 \%$ ; tuvieron el mayor valor por arriba de los 30 m y por debajo de los 75 m (167 y 94 % respectivamente) (Figura 21). El CV medio de las diatomeas pennales fue de  $65 \pm 12 \%$ , siendo su tendencia de variación vertical semejante al de las

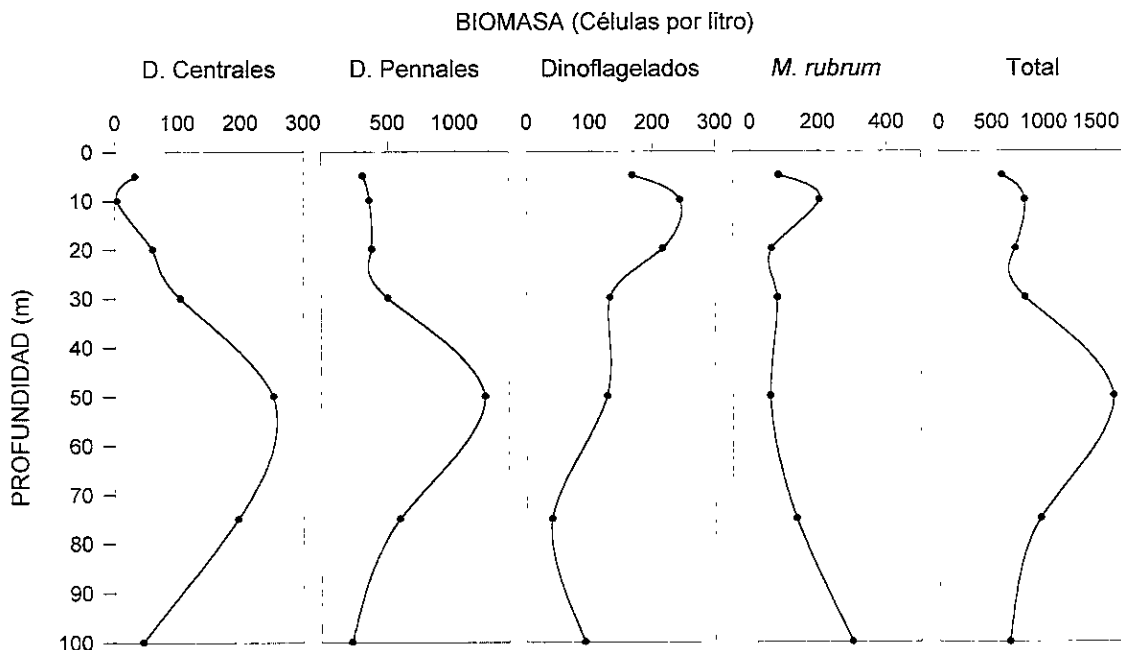


Figura 20. Perfil de abundancia celular por grupos y total.

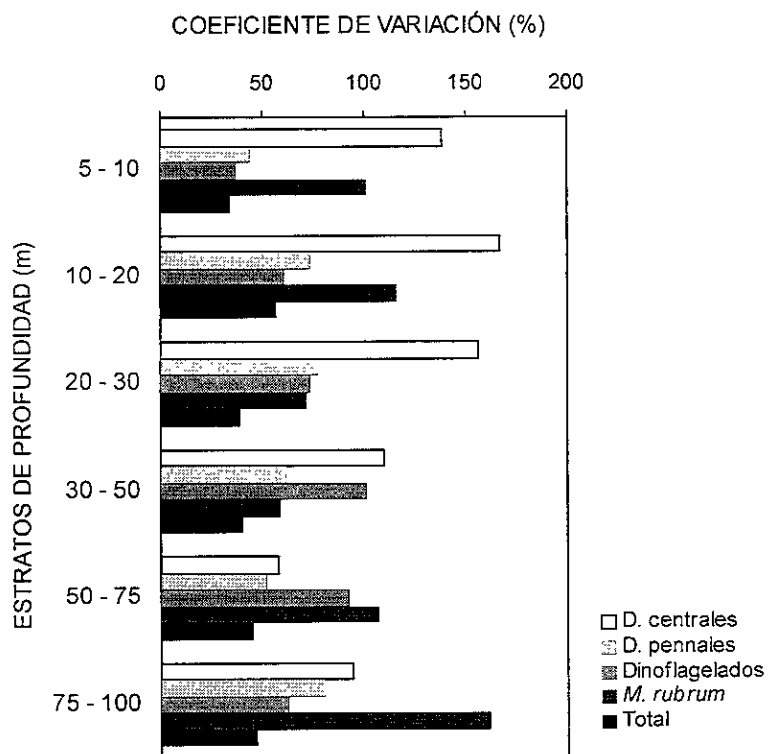
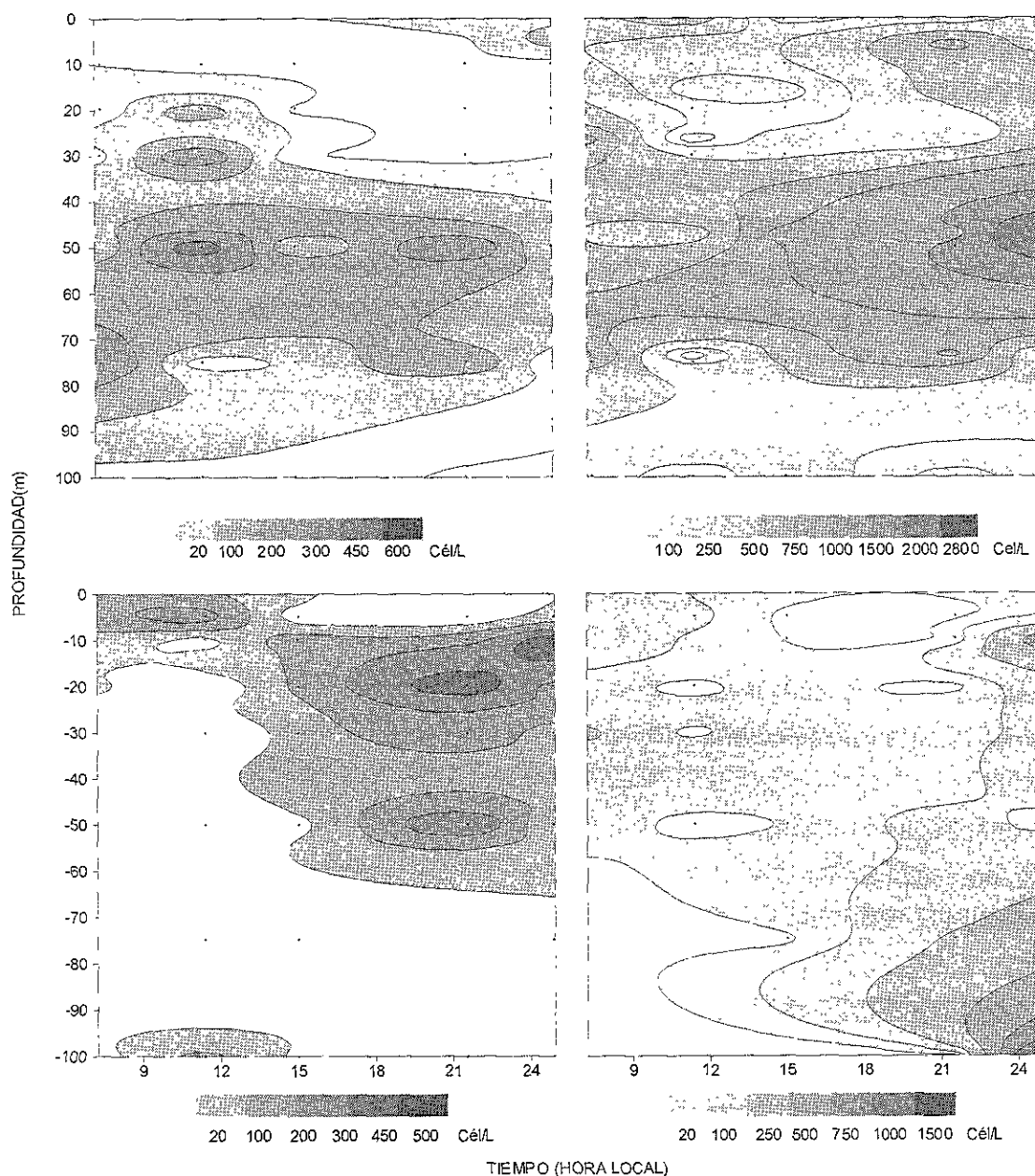


Figura 21. Coeficiente de variación de biomasa vertical media integrada, por grupos.





**Figura 22.** Variación vertical diaria de la abundancia celular por grupos (células l<sup>-1</sup>). A) Diatomeas centrales, B) Diatomeas Pennales, C) Dinoflagelados, D) *Mesodinium rubrum*.

diatomeas centrales, aunque en éste grupo los dos picos fueron similares en magnitud ( 78 y 81%). En los dinoflagelados fue de  $71 \pm 18\%$  el CV medio, su variación vertical tuvo un solo máximo a los 50 m (101%). En *M. rubrum* el coeficiente de variación medio fue de  $103 \pm 29\%$ , con dos valores máximos en el estrato de los 10 a los 20 y de los 75 a 100 m (115 y 162 %).

En las diatomeas centrales las concentraciones mas altas se localizaron en un núcleo a 50 m de profundidad al medio día y en otro de menor abundancia entre los 50 y 75 m en el crepúsculo vespertino (Figura 22). En las diatomeas pennales se presentaron dos núcleos de igual abundancia a 30 y 75 m al amanecer y otro de mayor biomasa de las 1500 h hasta el final del muestreo de los 30 a los 75 m. En los dinoflagelados se observó un núcleo a los 50 m a las 21 h y otro en la superficie a la media noche. La abundancia celular del ciliado *M. rubrum* fue muy baja limitándose a dos núcleos; el de mayor concentración a 100 m y el otro de menor concentración en la superficie, ambos al media noche.

### Correlación de biomosas entre grupos

En la capa de mezcla, se encontraron valores significativos de covariación negativa entre las diatomeas centrales y los dinoflagelados (-0.73) y entre las diatomeas centrales y las diatomeas pennales (-0.40). En la capa subyacente se encontraron un mayor número de correlaciones, sin embargo estas fueron menores. Entre ellas destacan los dinoflagelados y el ciliado *M. rubrum*; las diatomeas pennales y *M. rubrum*; y, las diatomeas centrales y dinoflagelados. Este ultimo par al igual que en la capa de mezcla, tubo un coeficiente negativo.

De esta manera en la capa de mezcla, cuando las diatomeas centrales fueron abundantes las diatomeas pennales y los dinoflagelados fueron mas escasos y viceversa; mientras que en la capa subyacente al grupo de las pennales y de los dinoflagelados se adicionó *M. rubrum*.

Grupos	r	p
<b>CAPA DE MEZCLA</b>		
Centrales vs pennales	-0.395	0.050
Centrales vs dinoflagelados	-0.731	0.000
Centrales vs <i>M. rubrum</i>	-0.089	0.672
Pennales vs dinoflagelados	0.356	0.080
Pennales vs <i>M. rubrum</i>	0.309	0.133
Dinoflagelados vs <i>M. rubrum</i>	0.264	0.201
n = 25		
<b>CAPA PROFUNDA</b>		
Centrales vs pennales	0.251	0.036
Centrales vs dinoflagelados	-0.363	0.002
Centrales vs <i>M. rubrum</i>	-0.216	0.073
Pennales vs dinoflagelados	0.251	0.036
Pennales vs <i>M. rubrum</i>	0.377	0.001
Dinoflagelados vs <i>M. rubrum</i>	0.400	0.001
n = 61		

**Tabla 7** Coeficientes de correlación de Spearman entre la abundancia, la diversidad, la riqueza y la equitatividad en los dos tratamientos, para la capa de mezcla y la capa subyacente, y nivel de significancia.





### Abundancia Relativa

Los taxa dominantes fueron: las naviculariformes que representaron el 19.1 %, *M. rubrum*, el 15.1%, *Cylindrotheca closterium*, 12.7 %, diatomea pennal n° 1, 10.9 % y los dinoflagelados no reconocidos el 6.7 %, todos ellos con Abundancias Relativas Altas (Tabla 8). Además de 18 taxa con abundancia relativa media que representaron el 30.5 %; de éstos, los taxa mas abundantes fueron: *Nitzschia* sp. diatomea pennal n°. 2, *Amphidinium accutissimum* y *Thalassiothrix* sp. El restante 5 % correspondieron a 36 taxa con abundancia relativa baja, de los cuales *Prorocentrum gracile* y *Grammatophora angulosa*, fueron los mas abundantes.

### Diversidad, Riqueza y Equitatividad

Durante el ciclo de muestreo se reconocieron 60 taxa; correspondiendo 22 de ellas a las diatomeas centrales, 23 a las diatomeas pennaes y 13 a los dinoflagelados, además del ciliado *M. rubrum*. Siendo esta localidad la que tuvo los valores mas altos de diversidad, riqueza y equitatividad medias de las tres estudiadas ( $H' = 1.47 \pm 0.22$ ,  $S = 7.86 \pm 1.34$  y  $E = 0.77 \pm 0.06$ ).

### Distribución vertical

Las curvas verticales de diversidad, riqueza y equitatividad del total de la comunidad analizada, se comportaron de manera muy semejante a la curva de la biomasa celular media total (Figura 22). Las variaciones totales de la diversidad y la riqueza fueron 45 y 52 % respectivamente, tendiendo a ser mayores en los niveles de menor abundancia, en la superficie (5 m) y a los 20 y 100 m (82, 43 y 76% respectivamente), y menores en los picos de máxima abundancia a los 10 y 50 m (15 y 10 %). La variación total de la equitatividad fue de 21 %, siendo máxima a los 20 y 75 m (26 y 16 %).

Tabla 8. Abundancia relativa media por taxón en cada nivel muestreado. Muy alta (●●), alta (●), media (●) y baja (○).

TAXA	ABUNDANCIA RELATIVA							
	NIVEL (m)							
	5	10	20	30	50	75	100	̄
<b>Diatomeas Centrales</b>								
<i>Hemianthus hantkei</i>			●	●	●			●
<i>Ch. atlantici neapolitana</i>				●	●	●	●	●
<i>Rhizosolenia</i> sp					●	●	●	●
<i>Chaetoceros</i> sp	●			●	○	●		●
<i>Corethron hystrix</i>						●	○	●
<i>Thalassiosira decipiens</i>					●	○	●	●
<i>Chaetoceros atlantici andas</i>				●	●	○		○
<i>Ch. decipiens singularis</i>	○			●	○			○
<i>Cocconeodiscus curvatus</i>				○	●		●	○
<i>Rhizosolenia setigera</i>					○		○	○
<i>Planktoniella sul</i>				○	○			○
<i>Cocconeodiscus</i> sp		○	○					○
<i>Maestloia rostrata</i>	○							○
<i>Bacillaria gradovii</i>					○			○
<i>Lithodesmium undulatum</i>	○							○
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>					○			○
<i>Asteraphalis hyalinum</i>						○		○
<i>Cocconeodiscus marginatus</i>	○							○
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>						○		○
<i>Chaetoceros peruvianus</i>						○		○
<i>Rhizosolenia styiformis</i>							○	○
<i>Rhizosolenia robusta</i>							○	○
<b>Diatomeas Pennales</b>								
Naviculariformes	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Nitzschia closterium</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
Pennal 2	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Nitzschia</i> sp	●		○	●	●	●	●	●
Pennal 1	●	●	○	○				
<i>Thalassiosira</i> sp					●	●		●
<i>Thalassiosira nitzschoides</i>					●		●	●
<i>Asterionella japonica</i>					●	●	●	●
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>					●	●	●	●
<i>Granatophora marina</i>		●		●		○	●	●
<i>Nitzschia longissima</i>	●				●	●	○	●
<i>Granatophora angulosa</i>	●	●			●			○
<i>Nitzschia paradoxica</i>						●	○	○
<i>Grammatophora</i> sp			○			●		○
<i>Nitzschia pungens</i>					●			○
<i>Pleurosigma nicobariense</i>					○		●	○
<i>Pleurosigma noronhai</i>					●			○
<i>Synedra crystallina</i>						○		○
<i>Leptocylindrus</i> sp						○		○
No reconocidas	○							○
<i>Nitzschia delicatissima</i>							○	○
<i>Pleurosigma humilifolium</i>						○		○
<i>Thalassiosira decipiens</i>							○	○
<b>Dinoflagelados</b>								
No reconocidas	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Amphidinium accutissimum</i>	●	●	●	●	●	○		●
Dinoflagelado 1	●	●	●	●	●	○		●
<i>Prorocentrum minimum</i>	●	○	●	○				●
<i>Scrippsiella trochoidea</i>					●	●		○
<i>Prorocentrum gracile</i>	○	●	●					○
<i>Gymnodinium</i> sp	●	○	○					○
<i>Gymnodinium danicans</i>		●						○
<i>Ocyropsis</i> sp	○							○
<i>Ceratium furca</i>		○						○
<i>Ceratium</i> sp		○						○
<i>Peridinium trochoileum</i>					○			○
<i>Prorocentrum compressum</i>					○			○
<b>Ciliado</b>								
<i>Mesodinium rubrum</i>	●	●	●	●	●	●	●	●

Grupos	r	p
<b>CAPA DE MEZCLA</b>		
Abundancia vs diversidad	0.521	0.027
Abundancia vs riqueza	0.722	0.001
Abundancia vs equitatividad	0.111	0.662
Diversidad vs riqueza	0.865	0.000
Diversidad vs equitatividad	0.756	0.000
Riqueza vs equitatividad	0.382	0.118
n = 18		
<b>CAPA PROFUNDA</b>		
Abundancia vs diversidad	0.323	0.260
Abundancia vs riqueza	0.728	0.003
Abundancia vs equitatividad	-0.552	0.041
Diversidad vs riqueza	0.785	0.001
Diversidad vs equitatividad	0.288	0.318
Riqueza vs equitatividad	-0.168	0.566
n = 14		

Tabla 9. Coeficientes de correlación de Spearman entre la abundancia, la diversidad, la riqueza, para la capa de mezcla y la capa subyacente y nivel de significancia.

Los coeficientes de correlación encontrados entre la abundancia y la diversidad fueron mas altos en la capa de mezcla que en la capa subyacente (Tabla 9), mientras que entre la abundancia y la riqueza fueron altos y semejantes. Solamente entre la diversidad y la equitatividad fueron significativos y negativos en la capa subyacente. Por otro lado la diversidad pareció depender mas en la capa subyacente de la riqueza que de la equitatividad.

### Diversidad riqueza y equitatividad por grupos

La diversidad y la riqueza por grupos fueron semejantes a sus curvas de abundancia (Figura 22) correspondientes. Es decir, los valores máximos de las diatomeas centrales y de las diatomeas pennales se localizaron a los 50 m reduciéndose paulatinamente a ambos extremos, presentándose

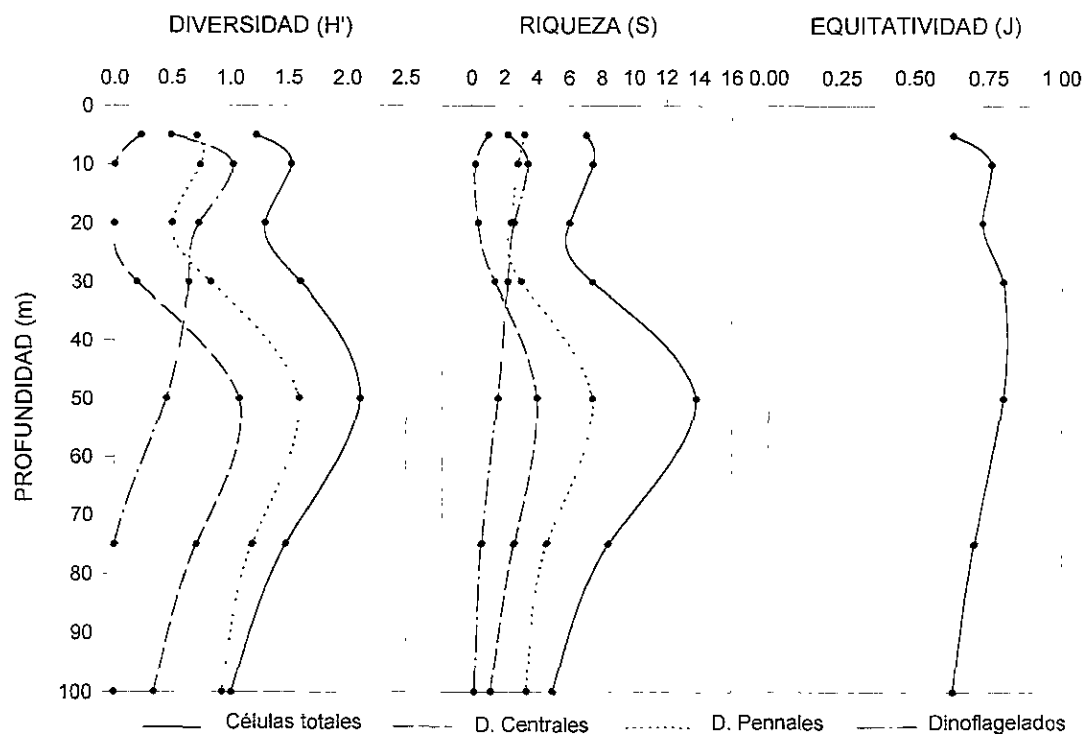


Figura 22. Perfiles promedio de diversidad y riqueza por grupos y total, y equitatividad total



además un segundo pico muy suave por arriba de los 20 m. En tanto que en los dinoflagelados los valores máximos se observaron en los primeros 20 m, disminuyendo linealmente hasta llegar casi cero a 100 m de profundidad. La diatomeas centrales en esta localidad tuvieron la menor diversidad y riqueza y la más alta equitatividad ( $H' = 0.37 \pm 0.16$ ,  $S = 1.54 \pm 0.59$  y  $E = 0.85 \pm 0.05$ ). Los CV totales de la diversidad y la riqueza fueron de 133 y 115% respectivamente. Para la diversidad las variaciones mas altas se localizaron a los 5 y a los 30 m (200%), mientras que entre estos niveles la variación fue nula, debido a la casi total ausencia de este grupo a estas profundidades, observándose únicamente algunas células de *H. hauckii* y *Coscinodiscus* sp. Por debajo de los 50 m la variación descendió y tendió nuevamente a aumentar a los 100 m (80%). La riqueza tuvo la mayor variación por arriba de los 20 m (CV  $\approx$  160 %) y a los 100 m (CV = 82 %). La equitatividad fue alta a los 5 m y aumento de casi cero (a los 10 y 20 m) a valores superiores a 0.7 por debajo de los 30 m. Su variación en toda la columna fue reducida, menor de 14%.

Las diatomeas pennaes fue el grupo que tuvo la mas alta diversidad y riqueza y la equitatividad intermedia ( $H' = 0.93 \pm 0.20$ ,  $S = 3.83 \pm 0.85$  y  $E = 0.62 \pm 0.12$ ). Los CV fueron los mas bajos y semejantes entre si (66, 67 y 57 % respectivamente) y tuvieron los valores máximos a las mismas profundidades, 5 y 20 m fluctuando de 62 a 92 %.

Los dinoflagelados tuvieron la diversidad y riqueza intermedia y la mas alta equitatividad. Sus CV fueron mayores que en el grupo anterior (107, 92 y 99%) y máximos también a los 5 y 20 m, fluctuando de 20 a 128%. La casi ausencia del grupo por debajo de los 50 se vio reflejada en los valores de diversidad, riqueza y equitatividad. A esta profundidad se presentaron únicamente algunas células de *A. accutissimum* y de otros dinoflagelados de pequeño tamaño no reconocidos.

Tabla 10. Índice del Valor Biológico por taxón en cada nivel muestreado. Muy alta (●), alta (●), media (●) y baja (○)

TAXA	INDICE DEL VALOR BIOLÓGICO							
	NIVEL (m)							
	5	10	20	30	50	75	100	$\bar{x}$
<b>Diatomeas Centrales</b>								
<i>Hemulius hauckii</i>			○	○	○			
<i>Ch. atlanticus neapolitana</i>				○	●	○	○	○
<i>Rhizosolenia</i> sp.					○	●	●	○
<i>Chaetoceros</i> sp.	○			○	●			○
<i>Corellaria intracta</i>					○	○	○	○
<i>Thalassioira decipiens</i>					○	○	○	○
<i>Chaetoceros atlanticus audax</i>				○	○	○		○
<i>Ch. decipiens caugheria</i>	○			○				○
<i>Coscinodiscus curvatus</i>				○	○			○
<i>Rhizosolenia vaingera</i>					○			○
<i>Planktonella vol</i>				○	○			○
<i>Coscinodiscus</i> sp.		○	○					○
<i>Vitroglora rostrata</i>	○							○
<i>Bacillaria gradax</i>					○			○
<i>Leptodermium undulatum</i>	○							○
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>					○			○
<i>Asteroplathus lyalinus</i>						○		○
<i>Coscinodiscus marginatus</i>	○							○
<i>Siphonopsis palmatana</i>						○		○
<i>Chaetoceros peruvianus</i>					○			○
<i>Rhizosolenia styliformis</i>						○		○
<i>Rhizosolenia obstricta</i>						○		○
<b>Diatomeas Pennales</b>								
<i>Naviculaiformis</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Nitzschia closteriani</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
Pennal 2	○	○	○	●	●	●	●	●
<i>Nitzschia</i> sp.	○	○	○	○	○	○	○	○
Pennal 1	○	●	○	○	○	○	○	○
<i>Thalassioira</i> sp.					○	○		○
<i>Thalassiosira nitzenoides</i>					●		●	○
<i>Asterionella japonica</i>					●	○	○	○
<i>Thalassioira trochilefida</i>					○	○	●	○
<i>Grammatophora murina</i>		○		○	○	○	○	○
<i>Nitzschia longevana</i>	○				○	○	○	○
<i>Grammatophora angulosa</i>	○	○			○			○
<i>Nitzschia parvula</i>				○	○	○	○	○
<i>Grammatophora</i> sp.			○			○		○
<i>Nitzschia pungens</i>					○			○
<i>Platrosigma neoboreum</i>							○	○
<i>Platrosigma normani</i>							○	○
<i>Synedra erivallina</i>					○			○
<i>Fragilaria</i> sp.					○			○
No reconocidas	○							○
<i>Nitzschia delicatissima</i>						○		○
<i>Platrosigma hamuliferum</i>							○	○
<i>Thalassiosira decipiens</i>						○		○
<b>Dinoflagelados</b>								
No reconocidos	●	●	●	●	○	○	○	●
<i>Impedimentum accutissimum</i>	○	●	○	○	○	○	○	○
Dinoflagelado 1	○	●	○	○	○	○	○	○
<i>Prorocentrum minimum</i>	○	○	●	○				○
<i>Scyphosella trochoidea</i>	○	○	○	○				○
<i>Prorocentrum gracile</i>	○	○	○					○
<i>Gymnodinium</i> sp.	○	○	○					○
<i>Gymnodinium dancaus</i>		○						○
<i>Oxypheus</i> sp.	○							○
<i>Ceratium farca</i>		○						○
<i>Ceratium</i> sp.		○						○
<i>Peridinium trochoideum</i>				○				○
<i>Prorocentrum compressum</i>				○				○
<b>Ciliado</b>								
<i>Micodinium rubrum</i>	●	●	○	●	○	○	○	●

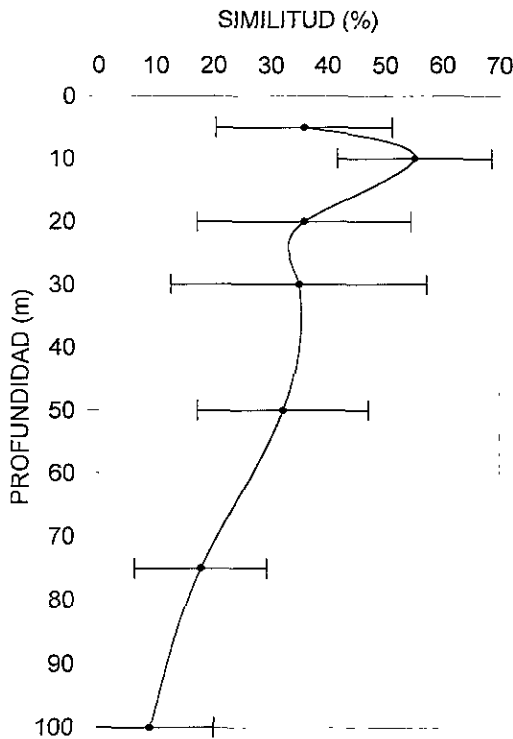


Figura 23 Perfil de la similitud media y error estándar.

### Dominancia y Persistencia Espacio Temporal

*C. closterium*, naviculariformes y *M. rubrum*, fueron los únicos taxa con alta dominancia y persistencia en todos los estratos durante todo el muestreo teniendo unicamente biomasa relativa e IVB medio a 100 m (Tabla 8). Los dinoflagelados no reconocidos y diatomea pennal n°1 tuvieron un IVB medio. Los primeros tuvieron una alta abundancia relativa de la superficie a los 50 m y persistencia de media a alta a las mismas profundidades; por debajo de este estrato su abundancia fue media y su persistencia baja. Mientras que la diatomea pennal n° 1 tuvo a partir de los 20 m hacia abajo un IVB de medio a alto; por arriba de esta profundidad fue bajo. Este grupo constituyo el 3.4 % del total de los taxa.

Los taxa con Dominancia y Persistencia Media contribuyeron con el 23.7 % y con Dominancia y Persistencia Baja el restantes 67.8 %. Adicionalmente se observaron algunos taxa que presentaron biomasa relativa alta en algunos estratos, pero de aparición fugaz, tales como: *Nitzschia* sp, *Thalassiothrix* sp, *Thalassionema nitzschioides* y *Asterionella japonica*.

### ASOCIACIONES

La homogeneidad de la comunidad total media en términos de su composición y abundancia fue baja  $32.0 \pm 2.0$  %. La distribución vertical promedio mostró dos valores máximos; uno superficial por arriba de los 20 m (42 %) y otro subsuperficial localizado a los 30 (35 %), a partir del cual descendió a 9 % a 100 m (Figura 23).

El Análisis de cluster basicamente definió una sola asociación de 17 muestras, representando el 50 % del total. Las restantes constituyeron pequeñas asociaciones de una a tres muestras con similitudes menores.

La asociación mas abundante ocupó los primeros 50 m en el primer muestreo (07:45) (Figura 24) y los primeros 15 m hasta el muestreo 2 (11:15); y continuó su presencia a partir de las 16:00 hasta el final del ciclo de variación (01:00), inicialmente a los 30 m y después abarcando el total de la columna de agua. De esta forma, considerando una velocidad de 0.5 nudos, podría suponerse un tamaño horizontal del parche formado por esta asociación de al menos 16 km. Esta estuvo constituida en 53 % por las diatomeas pennaes (naviculariformes, 22.5 %, *Cilindrotheca closterium* 14.2%, Pennal num.2 9.3%, las mas abundantes), 24% *M. rubrum*, 21% dinoflagelados (la mayoría de pequeño tamaño no reconocidos) y únicamente 1.2 % por diatomeas centrales.



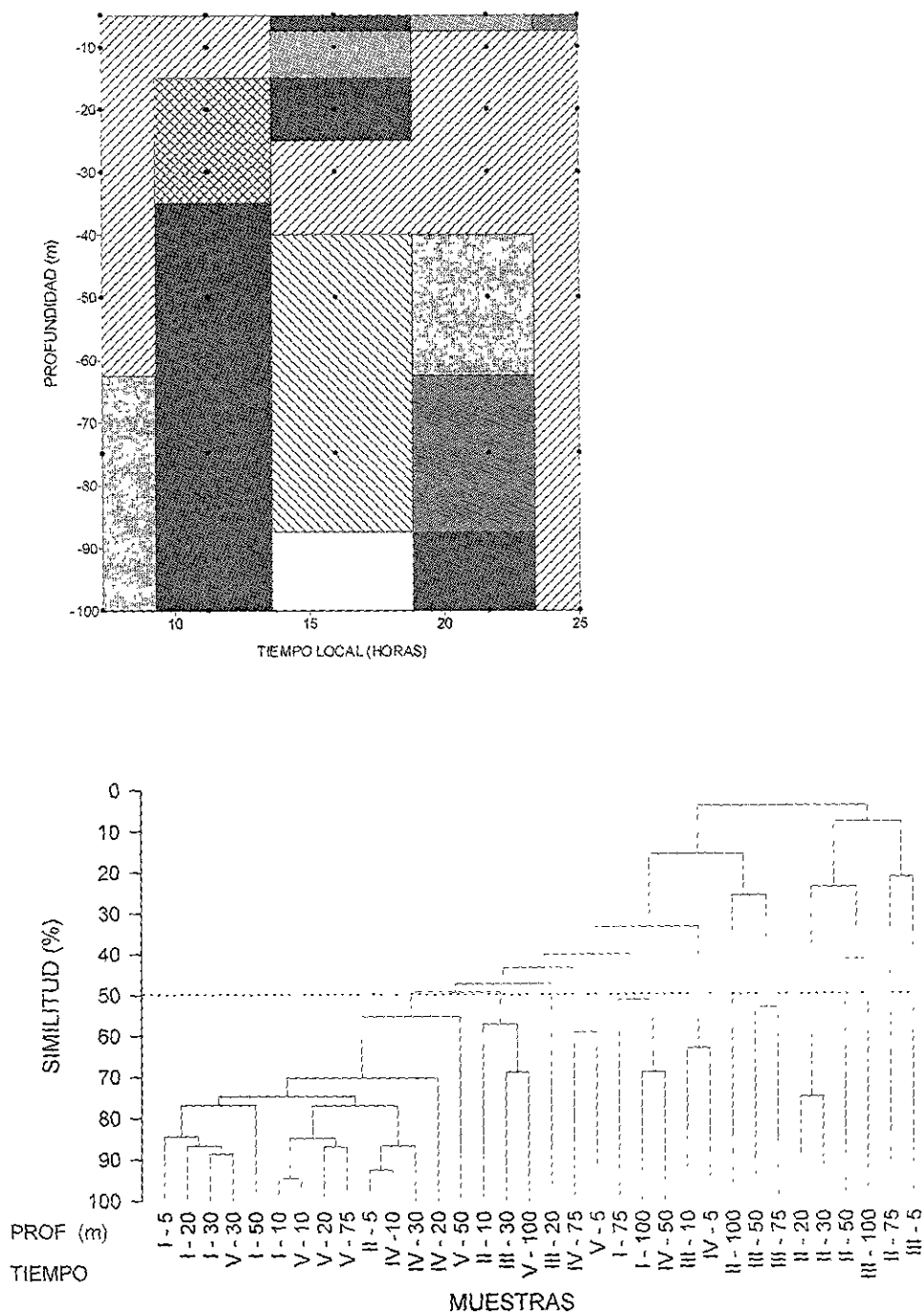


Figura 24. A) Dendrograma de similitud B) Representación esquemática de las asociaciones resultantes, en la columna de agua y en el tiempo (el área en blanco, se refiere a ausencia de muestra).

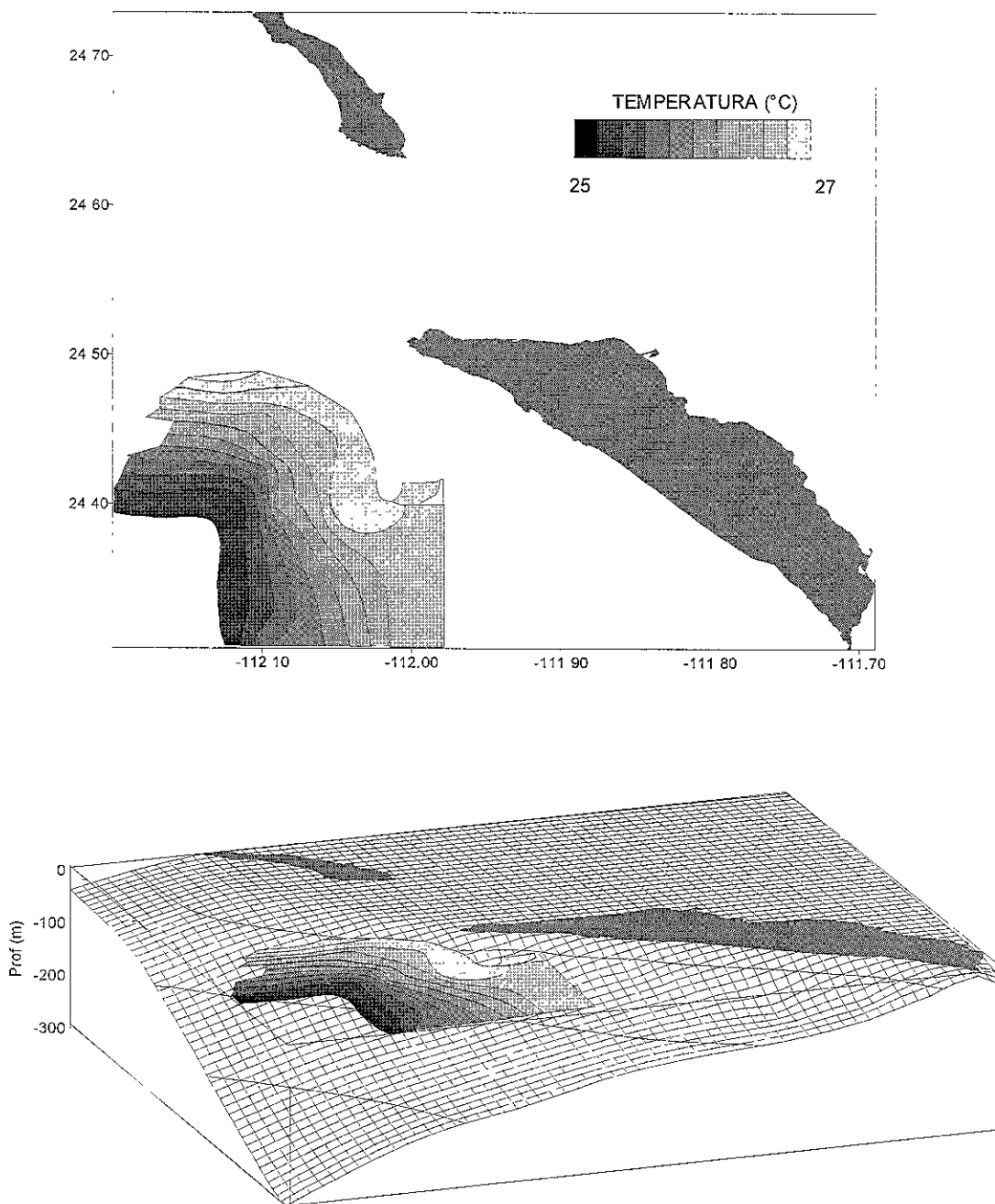


Figura 25. Temperatura superficial (°C) en la localidad de Bahía Magdalena registrada a partir de los muestreos continuos realizados durante la estación de variación diaria. La batimetría (en metros), fue obtenida a partir de los datos de la Carta S. M. 601 (1985).

## LOCALIDAD BAHÍA MAGDALENA

En esta localidad únicamente se obtuvo el registro de la temperatura superficial en el muestreo en cruz. Tuvo una longitud de 35 km por lado y fue cubierto en aproximadamente 24.7 h del 31 de octubre al 1 de noviembre. La estación de variación diaria se ubicó a los 24°23' de latitud norte y 112°07' de longitud oeste. Se obtuvieron 6 registros de CTD y 6 muestreos de fitoplancton a las profundidades estándar mencionadas, de las 0940 h a las 0400 h a intervalos aproximados de 3.7 h (Tabla 11).

Tabla 11. Estación de variación diaria. Registros continuos de CTD y muestreo fitoplanctónico

ESTACIÓN CODIGO	TIEMPO LOCAL (h)	REGISTRO DE CTD	MUESTREO DE FITOPLANCTON
1	09:39	•	•
2	13:03	•	•
3	16:21	•	•
4	18:56	•	•
5	22:30	•	•
6	04:04	•	•

## CONDICIONES OCEANOGRAFICAS

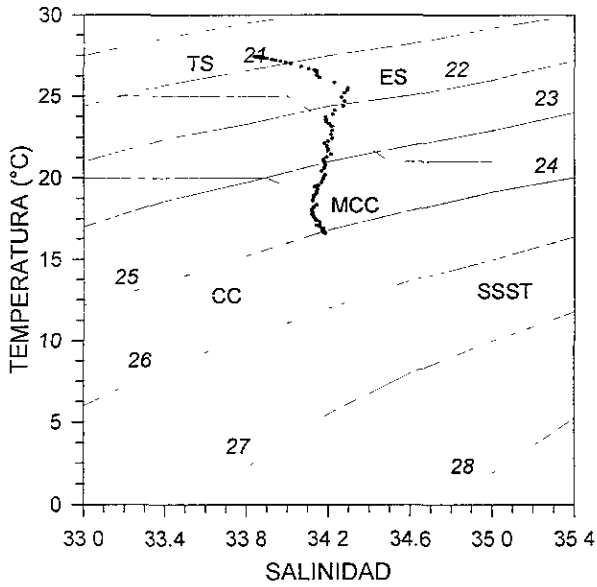
### Temperatura Superficial

La temperatura superficial varió de 25.0 a 27.0 °C, aumentando de norte a sur y de la costa hacia mar abierto. El mayor gradiente fue ligeramente superior a 0.1 °C km<sup>-1</sup> observándose a partir de la estación de variación diaria hacia el norte y hacia el este y noreste, siguiendo aproximadamente la forma de la línea de costa (Figura 25).

### Temperatura, Salinidad y Densidad Verticales

Los registros de CTD promedio, error estándar y rango de temperatura y salinidad de los primeros 30 m correspondieron a la masa de agua Tropical Superficial (TS), de esta profundidad a los 37 m a la Ecuatorial Superficial (ES) y la columna restante a la Modificada de la Corriente de California (MCC) (Figura 26).

La pycnoclina fue suave y la capa de mezcla se extendió hasta los 37 m, con temperatura media de  $27.15 \pm 0.31$  °C, salinidad de  $33.94 \pm 0.09$  y  $\sigma-t$  de  $21.87 \pm 0.17$  (Figura 27). El  $\Delta\sigma-t$  promedio de la columna de agua fue de  $34 \pm 23 \cdot 10^{-3}$  m<sup>-1</sup>. La estabilidad de la columna de agua aumento por la mañana hasta las 1630 h, donde comenzó a descender hasta alcanzar su nivel mínimo entre las 2230 y las 0400 para aumentar nuevamente (Figura 28).



SALINIDAD				
33.8	33.9	34.0	34.1	34.2
-----				
SIGMA T				
22	23	24	25	
-----				
TEMPERATURA (°C)				
16	18	20	22	24
				26
				28

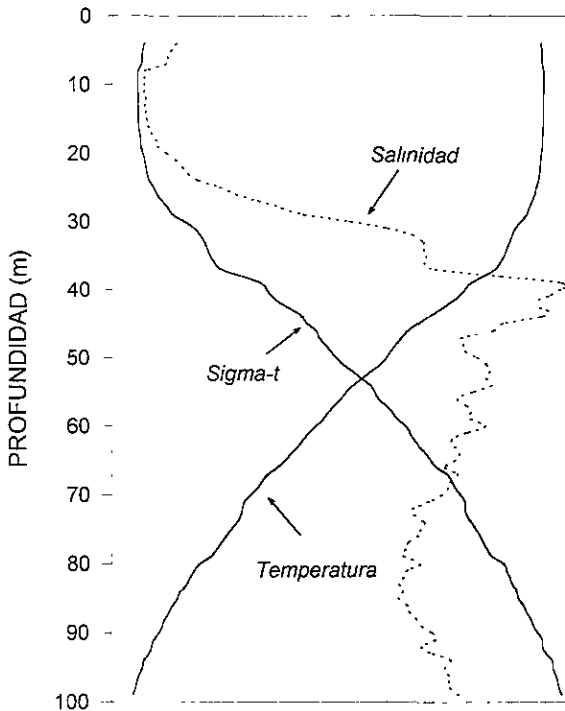


Figura 26. Diagrama T-S y  $\sigma-t$  promedio. Corriente de California (CC), Modificada de la Corriente de California, Tropical Superficial (TS), Ecuatorial Superficial (ES) y Subtropical Subsuperficial (SSST), según Wyrki (1967), citado por Cervantes Duarte et. al (1993) y Martínez López (1993)

## COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA

### Biomasa Media

La biomasa integrada en la columna de agua fue  $3.91 \cdot 10^8$  cél  $m^{-2}$  ( $4.34 \cdot 10^3$  cél  $l^{-1}$ ) en promedio. El grupo dominante fueron las diatomeas pennales (64.0 %), seguidas por las diatomeas centrales (32.2 %), los dinoflagelados (2.2 %) y el ciliado *M. rubrum* (1.6 %). Adicionalmente se observó la presencia de dinoflagelados de tallas mayores poco abundantes, pertenecientes a diversas especies de los géneros *Ornithocercus* y *Ceratium* y de algunas diatomeas del género *Chaetoceros* mas numerosas.

### Biomasa vertical y variación por grupos.

En esta localidad el valor de máxima abundancia celular media, fue el más profundo de las tres localidades (Figura 29), concentrándose más del 80 % por debajo de los 50 m; observándose únicamente dos picos menores a los 10 y 30 m. Las diatomeas centrales, y pennales siguieron esta tendencia, mientras que los dinoflagelados y el ciliado *M. rubrum* fueron mas abundantes en la superficie y se redujeron paulatinamente con la profundidad.

La variación diaria vertical total fue de  $93 \pm 23$  %, teniendo en todos los grupos, con excepción de las diatomeas pennales dos valores máximos (Figura 30), el primero por arriba de los 20 m y el segundo a los 100 m; siendo considerablemente mayor el profundo que el superficial (138 y 92 % respectivamente). En las diatomeas centrales el CV medio fue de  $131 \pm 34$  %, siendo mayor el superficial que el subsuperficial (164 y 143 %). El CV medio de las diatomeas pennales fue de 93 %

Figura 27. Perfil promedio de temperatura (°C), salinidad y  $\sigma-t$





C  
A | B

Figura 28 Variación diaria de. A) Temperatura °C, B)  $\sigma-t$  y C)  $\Delta\sigma-t$  de los primeros 50 m

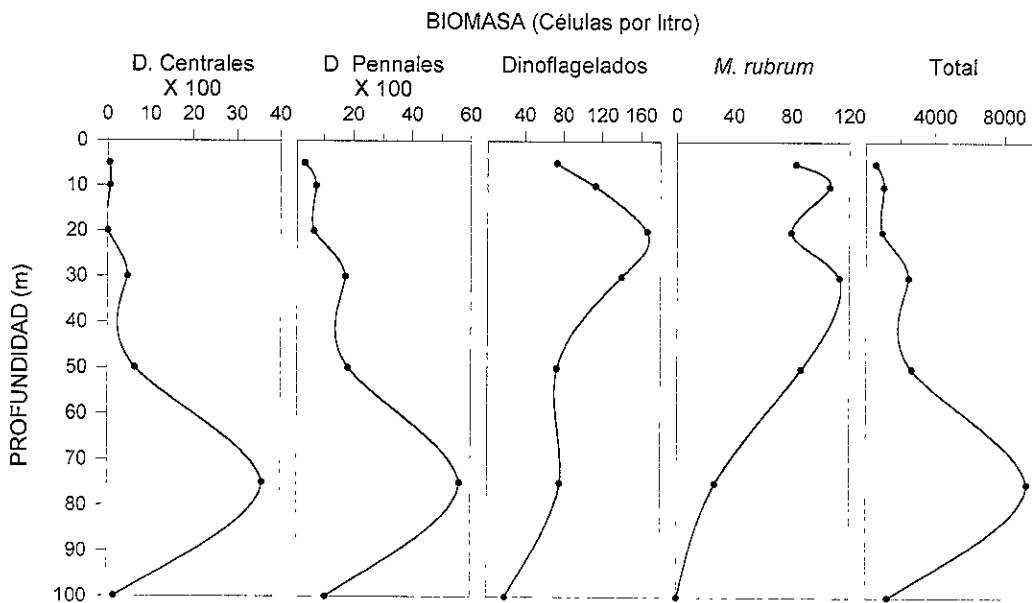
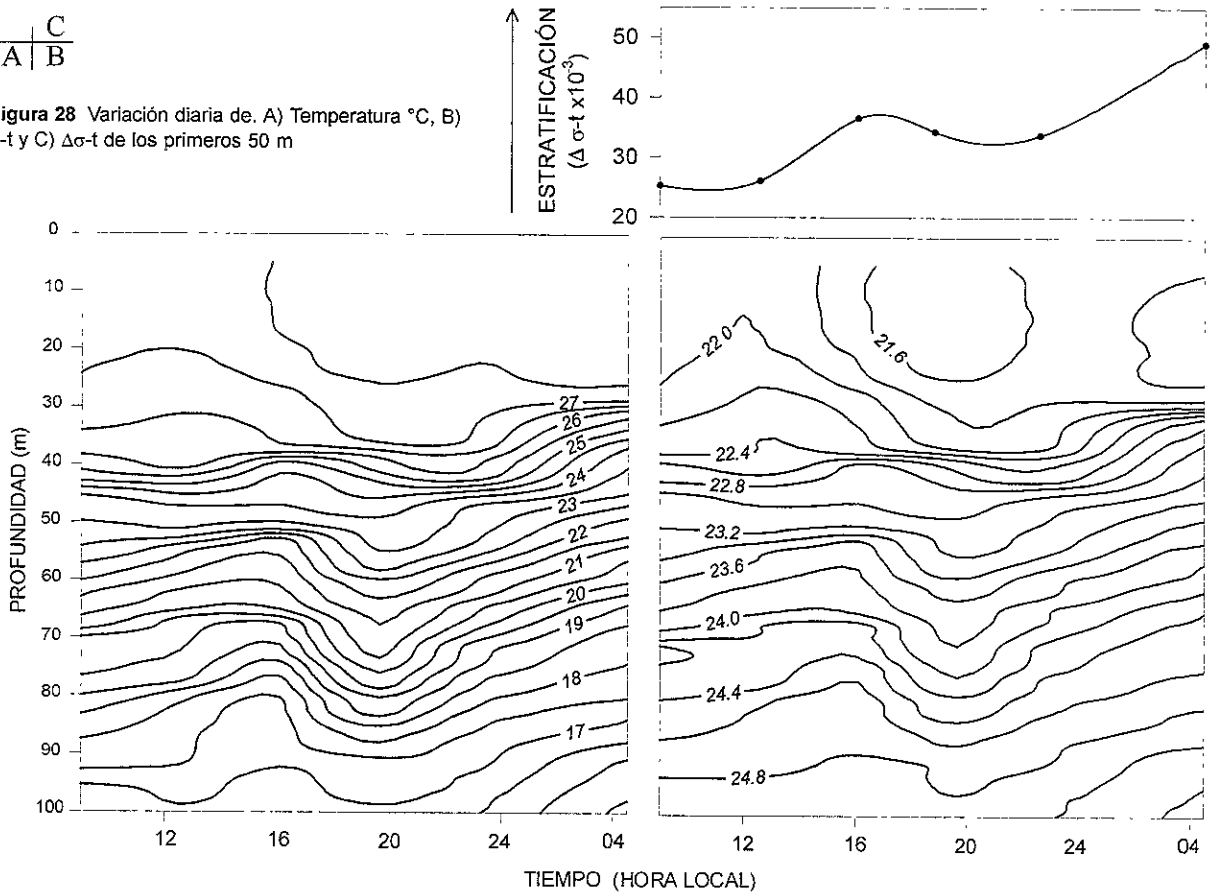


Figura 29. Perfil de abundancia celular por grupos y total.

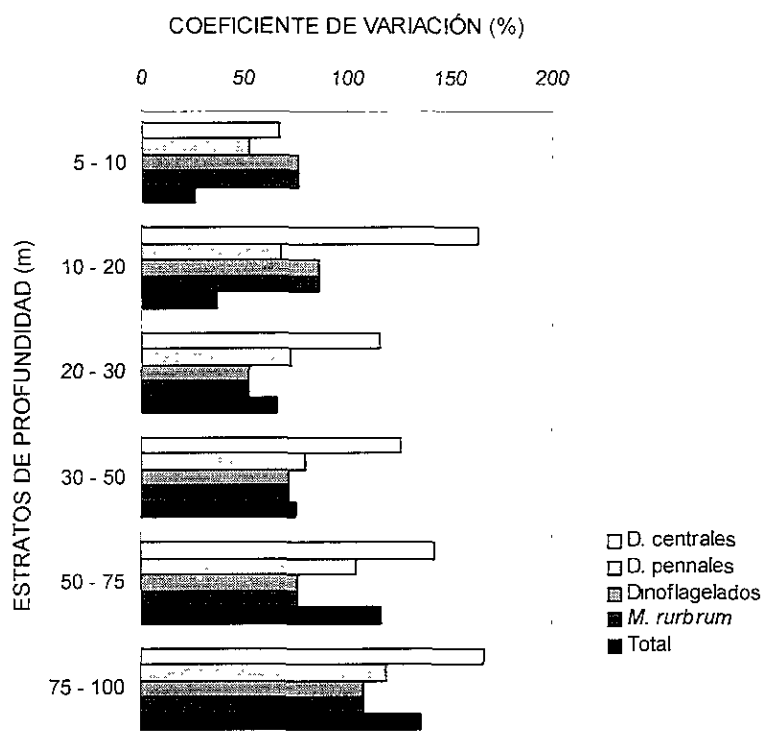
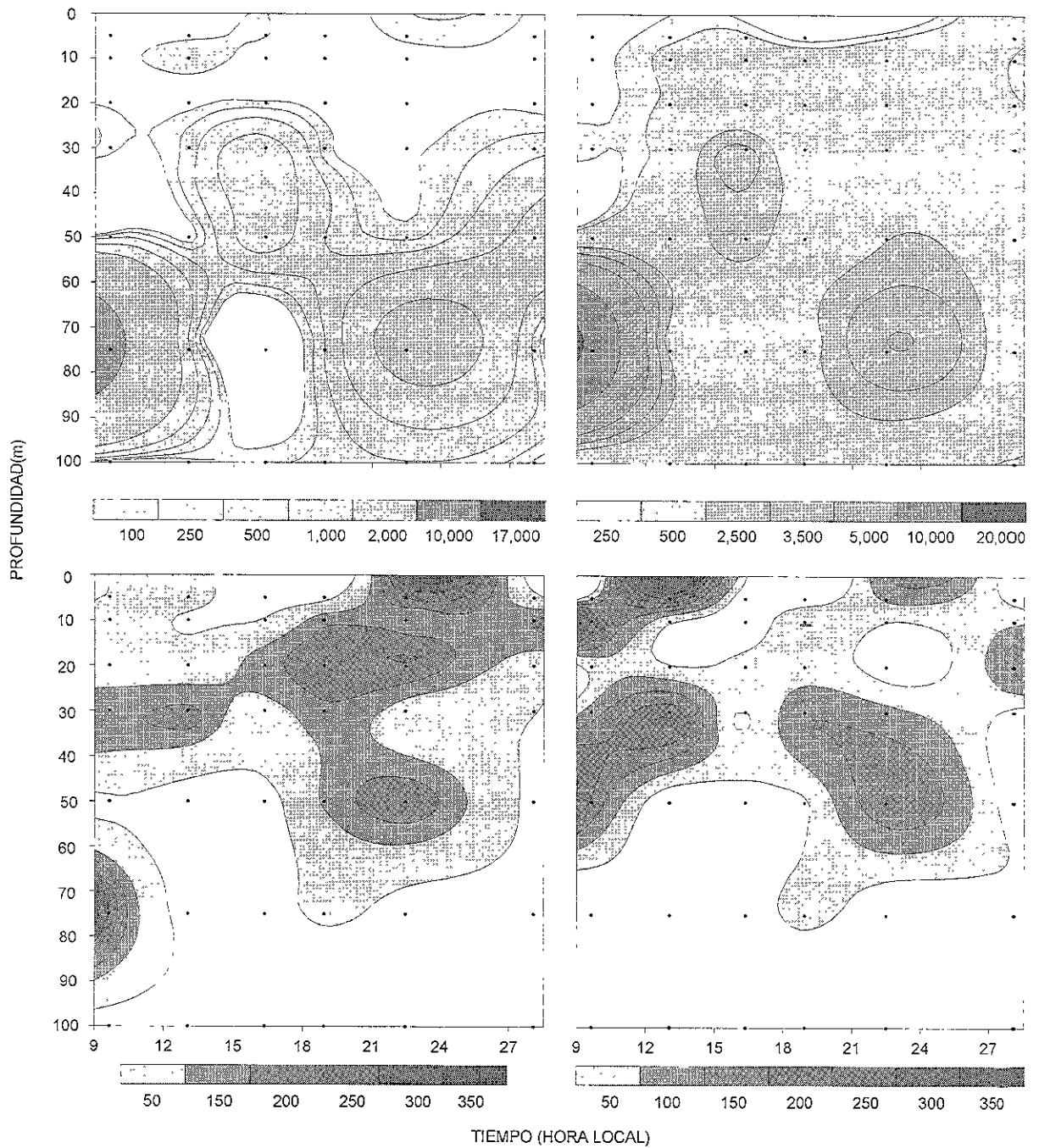


Figura 30. Coeficiente de variación de biomasa vertical media integrada, por grupos.

y que a diferencia de los demás grupos, los valores de variación se produjeron de un mínimo en la superficie (53 %) con un aumento paulatino hasta alcanzar el valor máximo a 100 m (120 %). En los dinoflagelados el CV promedio fue de 78 %, el valor máximo superficial fue menor que el subsuperficial, localizándose a 5 y a 100 m (63 y 158 % respectivamente). El ciliado *M. rubrum* tuvo un Coeficiente medio de 79 %, siendo como en los dinoflagelados menor el máximo superficial que el subsuperficial (86 y 109 % respectivamente).

Las mayores abundancias de las diatomeas centrales se observaron por debajo de los 30 m (Figura 31) en dos núcleos; uno por la mañana al medio día a 75 m y el otro de la tarde a la madrugada a la misma profundidad, además de uno mas suave a 30 m a las 1600 h aproximadamente. Los núcleos de máxima abundancia de las diatomeas pennaes se situaron de manera muy semejante al de las diatomeas centrales. En los dinoflagelados en general las mayores abundancias celulares se observaron por arriba de los 50 m y en un núcleo a los 75 m por la mañana. Por otro lado su abundancia fue mínima por debajo de los 60 m a partir del medio día hasta el final del muestreo. Las mayores concentraciones se observaron por arriba de los 50 m en núcleos dispersos, presentes por la mañana en la superficie y entre los 30 y 50 m por la mañana y a la media noche. Como en el grupo anterior su abundancia fue mínima por debajo de los 60 m durante todo el día.





A/B  
C/D

Figura 31. Variación vertical diaria de la abundancia celular por grupos (cél l<sup>-1</sup>). A) Diatomeas centrales, B) Diatomeas Pennales, C) Dinoflagelados y D) *Mesodinium rubrum*.

## Correlación de biomásas entre grupos

Los Coeficientes de Correlación de Spermán ( $r_s$ ) obtenidos en la capa de mezcla (Tabla 12) fueron superiores a 0.4 entre las diatomeas centrales y pennales y entre los dinoflagelados y *M. rubrum* y negativas entre *M. rubrum* con respecto a las centrales y pennales. De esta manera cuando las diatomeas centrales y pennales aumentaron en número, disminuyeron los dinoflagelados y *M. rubrum* y viceversa. En la capa subyacente las diatomeas centrales, pennales, los dinoflagelados y *M. rubrum*, tuvieron correlaciones entre 0.39 y 0.73, no observándose correlaciones negativas.

Grupos	r	p
<b>CAPA DE MEZCLA</b>		
Centrales vs pennales	0.402	0.004
Centrales vs dinoflagelados	-0.311	0.030
Centrales vs <i>M. rubrum</i>	-0.388	0.006
Pennales vs dinoflagelados	-0.144	0.325
Pennales vs <i>M. rubrum</i>	-0.557	0.000
Dinoflagelados vs <i>M. rubrum</i>	0.421	0.003
n = 49		
<b>CAPA PROFUNDA</b>		
Centrales vs pennales	0.726	0.000
Centrales vs dinoflagelados	0.290	0.019
Centrales vs <i>M. rubrum</i>	-0.008	0.948
Pennales vs dinoflagelados	0.453	0.000
Pennales vs <i>M. rubrum</i>	-0.104	0.412
Dinoflagelados vs <i>M. rubrum</i>	0.393	0.001
n = 65		

**Tabla 12.** Coeficientes de correlación de Spermán entre la abundancia, la diversidad, la riqueza y la equitatividad en los dos tratamientos, para la capa de mezcla y la capa subyacente, y nivel de significancia.

## Abundancia Relativa

Los taxa con Abundancia Relativa Alta fueron: las naviculariformes que representaron el 23.3 %, pennal nº1 14.6 %, *Nitzschia* sp. 13.4 %, pennales no reconocidas 6.6 %, *Chaetoceros* sp. 5.8 %, *Chaetoceros atlanticus* var. *neapolitana* 6.2 %, *Thalassiotrix frauenfeldii* 5.7 % *Chaetoceros* af. *dichaeta* 5.2 %, *Rhizosolenia* sp. 2.8 %, *M. rubrum* 2.7 % y *Amphidinium acutissimum*, 2.2 % (Tabla 13). Un número de 12 taxa tuvieron Abundancia Relativa Media, representando el 9.7 %, entre los que destaca por su abundancia las centrales no reconocidas, *Chaetoceros atlanticus* var. *audax* y *Cylindrotheca closterium*. Los restantes 30 taxa con Abundancia Relativa Baja representaron el 1.8 % del total, destacando *Ceratium* sp, 0.22 % y *Bacteriastrium delicatulum* 0.18 %.

## Diversidad, Riqueza y Equitatividad

Durante la totalidad del ciclo de muestreo se reconocieron 53 taxa; correspondiendo 22 al grupo de las diatomeas centrales, 13 a las diatomeas pennales, 17 a los dinoflagelados además del ciliado *M. rubrum*. La diversidad, y la riqueza promedios fueron bajos:  $H' = 1.10 \pm 0.18$ ,  $S = 5.38 \pm 0.99$ , mientras que la equitatividad fue mayor,  $E = 0.74 \pm 0.05$ .



### Distribución vertical

La diversidad y la riqueza medias aumentaron con la profundidad (Figura 32); hasta alcanzar su valor mas alto a partir de los 30 m ( $H' = 1.57 \pm 0.27$ ,  $S = 9.0 \pm 2.4$ ), manteniendose relativamente constantes hasta los 75 m para descender nuevamente.

La diversidad como la riqueza variaron en mayor grado en los primeros 30m ( $CV \approx 41\%$  en ambos casos) y por debajo de los 75 m ( $CV \approx 26$  y  $42\%$  respectivamente). La variación de la equitatividad fue semejante en distribución pero la magnitud fue mucho mayor ( $CV \approx 162$  y  $99\%$ ).

Los coeficientes de correlación de la biomasa con la diversidad y la riqueza considerando a toda la columna fueron altos ( $H'$ :  $r_s = 0.74$ ;  $S$ :  $r_s = 0.85$ ), y menores en la capa de mezcla que en la capa subsuperficial ( $H'$ :  $r_s = 0.59$  y  $0.87$  y  $S$ :  $r_s = 0.74$  y  $0.94$  respectivamente). Para la biomasa y la equitatividad los coeficientes obtenidos fueron negativos, y ligeramente mayores en la capa de mezcla que en la capa subsuperficial ( $-0.57$  y  $-0.48$  respectivamente). Como en las localidades anteriores la diversidad y la riqueza aumentaron con la biomasa en una mayor proporción en el estrato subsuperficial que en el superficial y la equitatividad media también disminuyó con la biomasa más en el estrato superficial que en el subsuperficial.

### Diversidad, riqueza y equitatividad por grupos

Las diatomeas centrales tuvieron la diversidad, riqueza y equitatividad intermedia de los tres grupos ( $H' = 0.45 \pm 0.18$ ,  $S = 1.95 \pm 0.68$  y  $E = 0.82 \pm 0.08$ ). Su diversidad y riqueza tuvieron un único valor máximo entre los 30 y los 75 m y otro de menor magnitud entre los 5 y los 10 m. En promedio la diversidad tuvo un CV de  $130\%$  con los valores mas altos por arriba de los 10 m ( $CV \gg 186\%$ ), y a los 100 m ( $CV = 141\%$ ), en los niveles restantes fueron menores a  $86\%$ . El CV medio de la riqueza fue de  $115\%$ , distribuyéndose de manera semejante a la diversidad pero con valores de  $120$  y  $106\%$  respectivamente. La equitatividad fue casi máxima y homogénea en toda la columna, siendo únicamente interrumpida por valores bajos a los 20 m, debido a la casi ausencia de células; Su variación media fue de  $21\%$  y en todos los casos menor de  $28\%$ .

TAXA	ABUNDANCIA RELATIVA							
	NIVEL (m)							
	5	10	20	30	50	75	100	x
<b>Diatomeas Centrales</b>								
<i>Chaetoceros</i> sp	●			●	●	●	●	●
<i>C. atlanticus neapolitana</i>	●			●	●	●	●	●
<i>C. af. dichaeata</i>						●	●	●
<i>Rhizosolenia</i> sp	●	●		●	●	●	●	●
No reconocidas		●		●	●	●	●	●
<i>C. atlanticus caudax</i>						●	●	●
<i>C. lorenzianus</i>				●	●	●	●	●
<i>Bacteriastrum elongatum</i>				●	●	●	●	●
<i>Corethron hystrix</i>						●	●	●
<i>C. messanensis</i>					●	●	●	●
<i>Planktonella sol</i>			●	●	●	●	●	●
<i>B. delicatulum</i>				●	●			○
<i>R. af bergoni</i>		●			●			○
<i>C. atlanticus af. skeleton</i>					●			○
<i>Hemalus haucki</i>				●				○
<i>R. cylindrus</i>			●	●				○
<i>C. lineatus</i>		●						○
<i>Melosira sulcata</i>						●		○
<i>B. comoxum</i>						●		○
<i>Bacteriastrum</i> sp							●	○
<i>C. decipiens</i>					●			○
<i>Asteromphalus</i> sp				●				○
<b>Diatomeas Pennales</b>								
<i>Naviculariiformes</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>C. closterium</i>					●	●	●	●
Pennal 2				●	●	●	●	●
<i>Nitzschia</i> sp	●	●	●	●	●	●	●	●
Pennal 1		●			●	●	●	●
<i>Thalassiotrix</i> sp		●	●	●	●	●	●	●
<i>Thalassionema nitzschoides</i>			●		●		●	●
<i>Asterionella japonica</i>					●		●	●
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	●	●	●		●			○
<i>Grammatophora marina</i>								○
<i>Nitzschia longissima</i>				●				○
<i>Nitzschia paradoxa</i>								○
<i>Grammatophora</i> sp		●						○
<i>Nitzschia pungens</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Pleurosigma nicobaricum</i>		●	●	●	●	●	●	●
<i>Pleurosigma normani</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Synedra cristallina</i>			●	●	●	●		○
<i>Fragilaria</i> sp.			●					○
No reconocidas				●	●			○
<i>Nitzschia delicatissima</i>	●		●					○
<i>Pleurosigma hamuliferum</i>			●				●	○
<i>Thalassionema decipiens</i>			●					○
<b>Dinoflagelados</b>								
Dinoflagelados no reconocidos		●						○
<i>Amphidinium accusicum</i>			●					○
Dinoflagelado 1	●							○
<i>Prorocentrum minimum</i>		●						○
<i>Scrippwella trochoidea</i>	●							○
<b>Ciliado</b>								
<i>Mesodinium rubrum</i>	●	●	●	●	●	●	●	●

Tabla 13. Abundancia relativa media por taxón en cada nivel muestreado. Muy alta (●●), alta (●●), media (●) y baja (○).

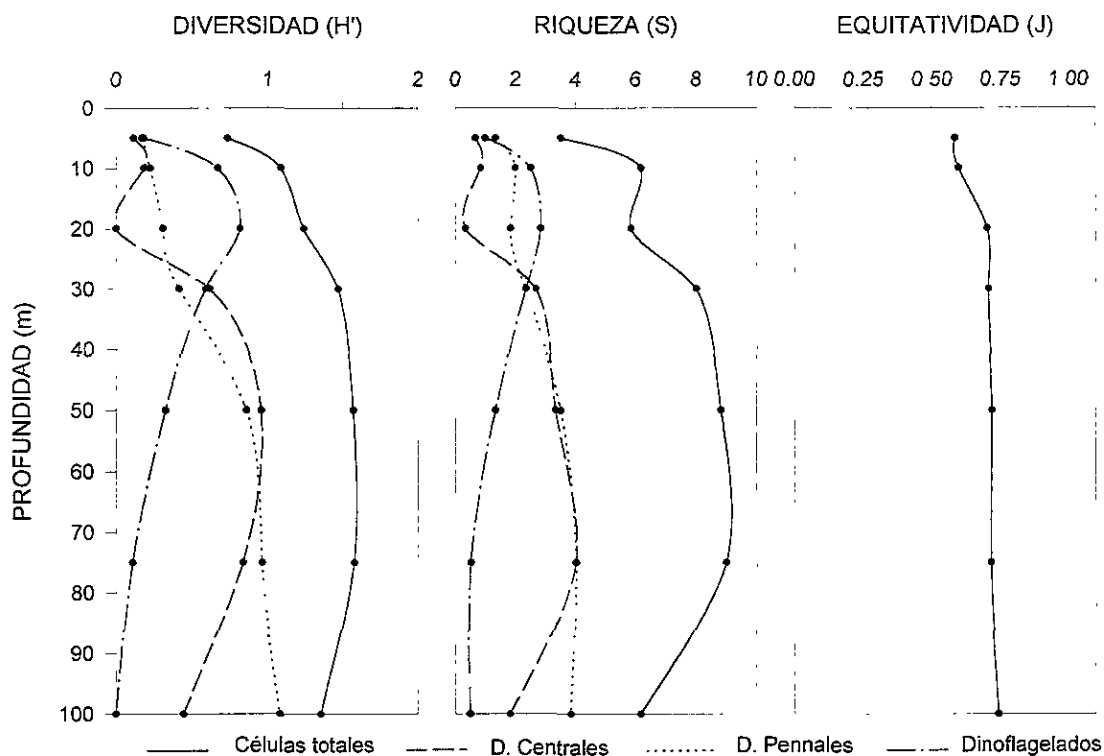


Figura 32. Perfiles promedio de diversidad y riqueza por grupos y total, y equitatividad total.

Las diatomeas pennales tuvieron la mayor diversidad y riqueza, y la menor equitatividad ( $H' = 0.57 \pm 0.14$ ,  $S = 2.69 \pm 0.43$  y  $E = 0.66 \pm 0.07$ ). Su diversidad y riqueza fueron máximas a los 20 m descendiendo suavemente con la profundidad, mientras que la equitatividad siguió una tendencia opuesta. En promedio la diversidad tuvo un CV de 78 % con los valores mas altos por arriba de los 10 m ( $CV \approx 121 \%$ ) y a los 30 m ( $CV \approx 109 \%$ ) y los mas bajos por debajo de los 50 m ( $CV \approx 23 \%$ ). El CV medio de la riqueza fue de 52 %, distribuyéndose de manera semejante a la diversidad pero con valores de 60 y 70 % respectivamente. El CV de la equitatividad fue 31 % y en todos los casos menor al 41 % y mínima a los 30 m (5 %).

Los dinoflagelados tuvieron la menor diversidad y riqueza y la mayor equitatividad promedio de los tres grupos ( $H' = 0.38 \pm 0.15$ ,  $S = 1.57 \pm 0.44$  y  $E = 0.87 \pm 0.06$ ). Tanto la diversidad, como la riqueza y la equitatividad tendieron a aumentar con la profundidad. La diversidad tuvo su máxima variación a los 5 y entre los 75 y los 100 m (148 y 183 % respectivamente), en tanto que en los demás niveles fue menor a 84 %. La riqueza siguió el mismo comportamiento pero con variaciones menores (82 y 123 y menor de 60 % respectivamente). La equitatividad fue alta (mayor de 0.8) y tuvo únicamente la mayor variación a los 5 m, 26 %, mientras que en los demás niveles fue menor de 15 %.



### Dominancia y Persistencia Espacio Temporal

Los taxa con dominancia y persistencia alta fueron únicamente las naviculariformes, que tuvieron IVB superiores al 88.6 % en todos los estratos muestreados; y representaron el 1.9 % de la abundancia total (Tabla 14). Como taxa con abundancia y persistencia media (>30 e < 50%) *Mesodinium rubrum* (43.8 %), que alcanzó un IVB alto entre los 10 y los 30 m, pennaes no reconocidas (42.6%) con IVB alto a partir de los 75 m, *Amphidinium accutissimum* (37.4%) con IVB alto entre los 10 y 20 m, y *Nitzschia sp* (33.6%), con IVB alto entre los 50 y 75 m; este grupo concentró el 7.7 % de los taxa. El restante 90.4 % de los taxa correspondió a 47 taxa con IVB menor del 30 %; entre los que destacan por sus mayores valores: *Chaetoceros atlanticus* var. *neapolitana* (21.0%), *Rhizosolenia sp.* (20.2%) y los dinoflagelados no reconocidos (18.6%). Si bien la abundancia relativa la diatomea pennal n° 1 tuvo una biomasa relativa alta y represento el 14.6 % de las células totales, tuvo un IVB bajo (9.5%) debido a que fue muy abundante únicamente en algunas muestras a 75 m.

### ASOCIACIONES

La homogeneidad media fue de  $42.4 \pm 0.12$  %. Fue mínima a los 5 metros y máxima entre los 10 y los 20 m para descender nuevamente a los 30 m y aumentar levemente hacia los 75 y 100 m (Figura 33).

El análisis de conglomerados definió la presencia de tres asociaciones (Figura 34). La primera se situó cerca de la superficie en mayoría de las ocasiones por arriba de los 30 m y constituyó el 45 % de las muestras. En esta dominaron las diatomeas pennaes en un 69 % (54% las naviculariformes, y 11% *Nitzschia sp.* las más abundantes), 16% los dinoflagelados, la mayoría de especies tropicales (como *Oxytoxum* y *Ornithocercus*), 9% *M. rubrum* y 6% las diatomeas centrales. Considerando la misma velocidad de 0.5 nudos, el parche formado pudo tener una longitud horizontal de al menos 17 km.

Tabla 14. Índice del Valor Biológico por taxón en cada nivel muestreado. Muy alta (●), alta (●), media (●) y baja (○).

TAXA	INDICE DEL VALOR BIOLÓGICO							
	NIVEL (m)							
	5	10	20	30	50	75	100	̄
<b>Diatomeas Centrales</b>								
<i>Chaetoceros sp.</i>	○				●	●	○	○
<i>C. atlanticus neapolitana</i>	○				●	○	○	○
<i>C. af. dictaeta</i>						○	○	○
<i>Rhizosolenia sp.</i>	○	○		●	○	●	○	○
No reconocidas		○		○	●	○	○	○
<i>C. atlanticus audax</i>						○		○
<i>C. lorenzianus</i>				○	○	○	○	○
<i>Bacteriastrum elongatum</i>				○	○	○	○	○
<i>Corethron hystrix</i>						○	○	○
<i>C. messanensis</i>					○			○
<i>Planktoniella vol</i>			○	○	○	○	○	○
<i>B. delicatulum</i>				○	○			○
<i>R. af. bergoni</i>		○			○			○
<i>C. atlanticus af. skeleton</i>	●				○			○
<i>Hemahus hawkii</i>				○				○
<i>R. cylindrus</i>			○	○				○
<i>C. lineatus</i>		○						○
<i>Melosira sulcata</i>						○		○
<i>B. comosum</i>						○		○
<i>Bacteriastrum sp</i>							○	○
<i>C. decipiens</i>					○			○
<i>Asteromphalus sp</i>				○				○
<b>Diatomeas Pennales</b>								
<i>Naviculariformes</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>C. closterium</i>						●	○	○
Pennal 2			○	●	●	●	●	●
<i>Nitzschia sp.</i>	●	○	○	○	●	●	●	●
Pennal 1		○			○	○	○	○
<i>Thalassiothrix sp</i>		○	○	○	○	○	○	○
<i>Thalassionema nitzschoides</i>			○		○		○	○
<i>Asteromella japonica</i>							○	○
<i>Thalassiothrix fravenfeldii</i>	○	○	○					○
<i>Grammatophora marina</i>						○		○
<i>Nitzschia longissima</i>				○	○			○
<i>Nitzschia paradoxa</i>							○	○
<i>Grammatophora sp</i>		○						○
<i>Nitzschia pungens</i>	●	●	●	●	○		○	●
<i>Pleurosigma nicobaricum</i>		●	●	○	○	○		○
<i>Pleurosigma normani</i>	●	●	○	●	○			○
<i>Synedra crystallina</i>			○	○	○	○		○
<i>Fragilaria sp.</i>		○						○
No reconocidas				○	○			○
<i>Nitzschia delicatissima</i>	○		○					○
<i>Pleurosigma hamuliferum</i>			○				○	○
<i>Thalassionema decipiens</i>			○					○
<b>Dinoflagelados</b>								
Dinoflagelados no reconocidos		○						○
<i>Amphidinium accuticum</i>			○					○
Dinoflagelado 1	○							○
<i>Prorocentrum minimum</i>		○						○
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	○							○
<b>Ciliado</b>								
<i>Mesodinium rubrum</i>	●	●	●	●	●	○		●

La segunda comunidad situada por abajo de los 30 m, constituyo el 31 % de las muestras. Estuvo constituida por la misma proporción de diatomeas pennales que la asociación anterior, siendo también la composición la misma de los taxa mas abundantes. Sin embargo hubo una mayor cantidad de diatomeas centrales (28 %), y casi estuvieron ausentes los dinoflagelados y el ciliado *M. rubrum*.

La tercera comunidad se sitúo por debajo de los 50 m, principalmente en los tres primeros muestreos, alternadamente con la asociación anterior mencionada. Estuvo basicamente compuesta por diatomeas pennales (98.7%) y constituyó el 14.3 %. La longitud horizontal estimada, máxima fue de 4 km.

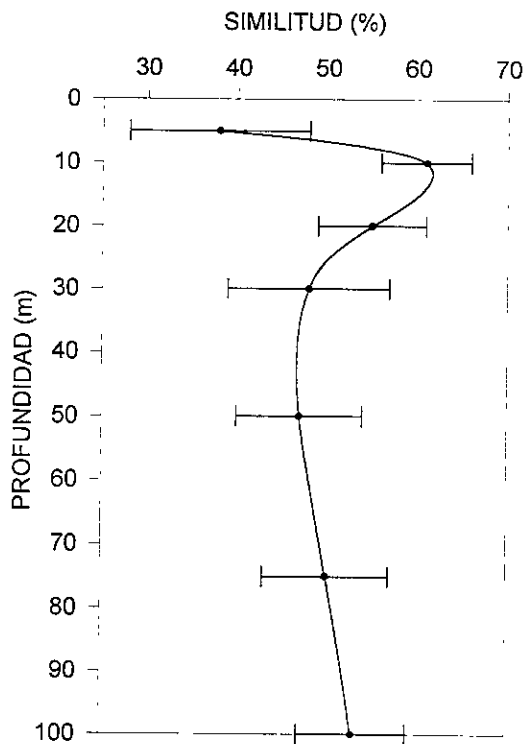


Figura 33. Perfil de la similitud media y error estándar.





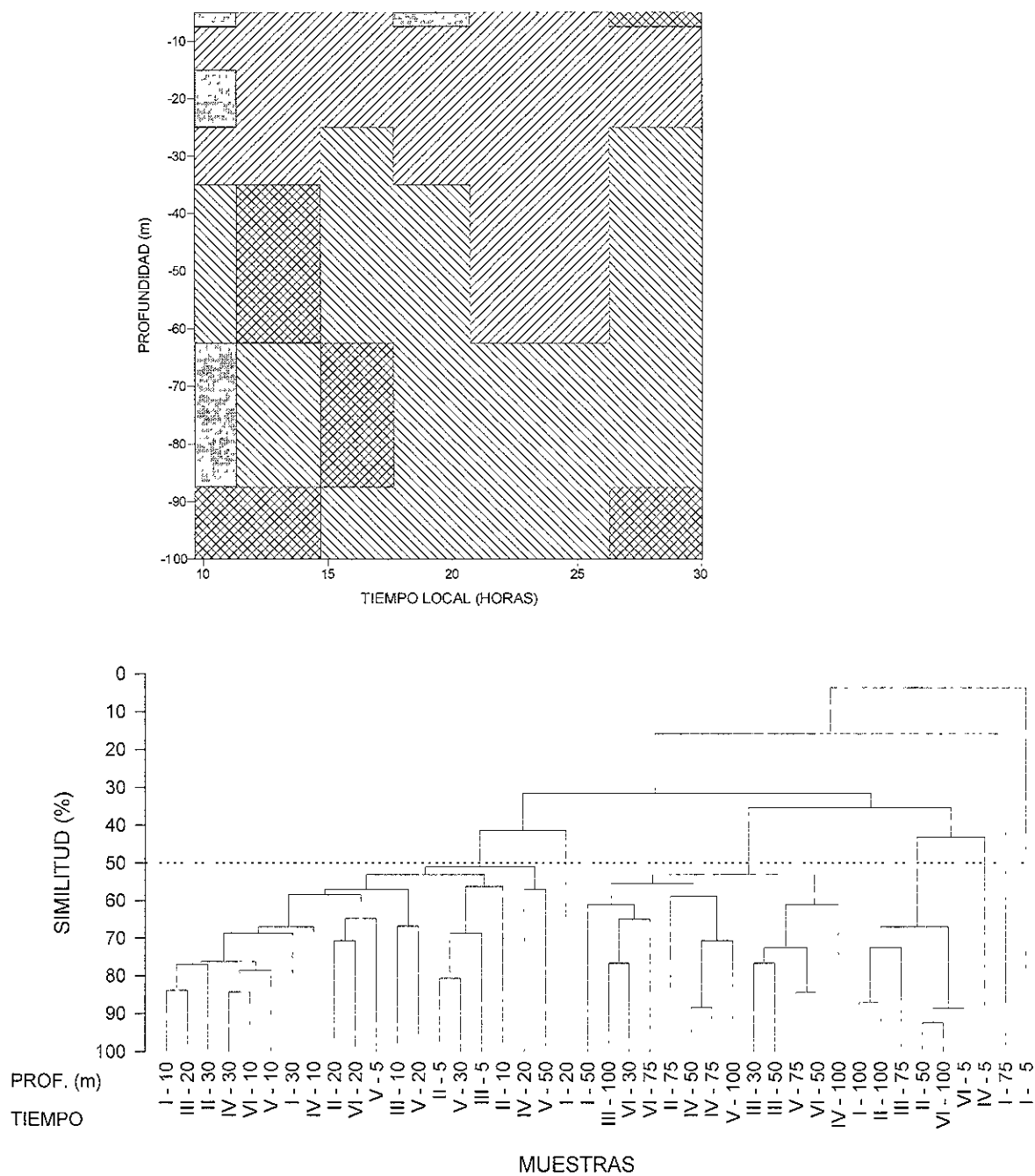


Figura 34. A) Dendrograma de similitud, B) Representación esquemática de las asociaciones resultantes, en la columna de agua y en el tiempo para Bahía Magdalena

## DISCUSIÓN

La variación en la abundancia y la composición del fitoplancton en escalas espaciales reducidas están mayormente controlada por los procesos bióticos, atribuibles a las mismas especies; adaptaciones morfológicas fisiológicas y conductuales (migración, acumulación activa, reproducción, interacciones entre especies) y a las de índole trófica en la comunidad planctónica y con el resto de la comunidad pelágica; en tanto que a macro escala son los procesos abióticos los que la controlan en mayor medida; entre ellos los relacionados con la mezcla, la turbulencia, la estabilidad de la columna de agua y las masas de agua presentes; ambas escalas forman los extremos de un continuo.

En las zonas de surgencia los elementos causales de la variación diaria del fitoplancton se exageran debido a la alta heterogeneidad espacial y temporal de las condiciones oceanográficas y a la propia dinámica ecológica del sistema (Margalef, 1978 a, b; Arenas, 1992); a través de los ciclos de mezcla y estabilidad y a la presencia de herbívoros formadores de grandes cardúmenes, florecimientos y hundimientos fitoplanctónicos masivos entre otros, que crean una multitud de microambientes, en el concepto del *Desequilibrio contemporáneo* de Richerson *et al.* (1970).

El presente estudio, en estaciones fijas de muestreo, permitió hacer inferencias del comportamiento y del cambio de la estructura de esta taxocenosis en una misma localidad; no obstante, debe considerarse que este diseño no representó un estado estacionario de las condiciones bióticas y abióticas del medio circundante (Santoyo y Signoret, 1977) y que la variaciones observadas fueron resultantes en gran medida del remplazamiento de las parcelas. Sin embargo mostró que el fitoplancton tuvo una amplia variabilidad espacial y temporal, en la abundancia, la diversidad y la composición de las asociaciones presentes y que influyeron también a esta variabilidad los factores relacionados con la mezcla, la estabilidad de la columna de agua y las masas de agua presentes.

En las localidades estudiadas se observaron abundancias celulares sumamente bajas y variables que no mostraron una relación directa con la variación diaria en la estabilidad de la columna de agua, pero que contrariamente sí se observaron diferencias en la dinámica de la formación y la disolución de las asociaciones de especies entre localidades con distintos niveles de estabilidad; sugiriendo que la variabilidad de la composición del fitoplancton se relacionó con la estabilidad a través de procesos indirectos intrínsecos de las asociaciones. Esto esta de acuerdo con Santoyo y Signoret (1977), que señalan que debido a el acelerado dinamismo y a la heterogeneidad de las condiciones ambientales corresponden con los cambios en las poblaciones de manera imprecisa y más bien se debe buscar estas relaciones con las características globales del medio.

Frente a bahía San Quintín donde las condiciones fueron mas inestables, y se observaron además afloramientos suaves y la presencia de masas templadas de la Corriente de California y Modificada de la Corriente de California, se propició el desarrollo del fitoplancton en un máximo superficial y el florecimiento de la diátomea central *Hemiaulus hauckii*, con la consecuente dominancia de la fracción microplanctónica (95%). Además de la formación de numerosas asociaciones, que en ningún caso mostraron un cambio regular o secuencial en su distribución vertical y temporal.

Las condiciones fueron propicias para el florecimiento de *H. hauckii*; que según lo encontrado por Villareal (1991), Bode y Fernández (1992), Semina y Levashova (1993) y Bode y Fernández (1994) indicó que las aguas tuvieron una fuerte influencia oceánica, bajos niveles de nutrientes, particularmente fosfatos y silicatos y una creciente estratificación; observada con el avance del tiempo, seguida de mezcla intensa.

En San Hipólito y Magdalena en cambio, se observaron condiciones mas estables; mezcla limitada, ausencia de afloramiento y aguas de estirpe tropical y subtropical, lo que favoreció el desarrollo de la abundancia celular en un máximo subsuperficial por debajo de la capa de mezcla. En ambos casos el nanofitoplancton fue la fracción dominante observándose el desarrollo de un menor número de asociaciones menos homogéneas, con una distribución vertical definida y una mayor persistencia en el tiempo.

En San Hipólito y Magdalena se observó una clara exclusión de las abundancias entre las diatomeas centrales y pennales, y entre los dinoflagelados y *M. rubrum*; mientras que en San Quintín la mezcla favoreció el desarrollo de todos los grupos. Esto respalda la idea de que la estabilidad propicia la prevalencia de los procesos intrínsecos biológicos y que en cambio la mezcla los nulifica; como ha sido señalado por Margalef (1978 a, b).

La variación en la abundancia del fitoplancton fue mayor en el sentido vertical que en el transcurso del día y aun menor en la escala regional; lo que pareció indicar la que los fenómenos locales prevalecieron sobre los regionales.

De manera general y en las tres localidades los grupos estudiados diatomeas pennales, centrales y dinoflagelados contribuyeron en proporciones semejantes. Las diatomeas pennales fueron el grupo numéricamente dominante; las diatomeas centrales y los dinoflagelados contribuyeron con alrededor del 10 % en San Quintín y San Hipolito. En cambio en Magdalena, las primeras contribuyeron con un 30 % y los segundos estuvieron casi ausentes.

En el caso del ciliado *Mesodinium rubrum* en las tres localidades, los resultados obtenidos tanto para la abundancia como para su variación y distribución vertical, pueden ser a causa de sus conductas migratorias excepcionalmente rápidas; ampliamente documentadas (v.p.e. Crawford, 1989) y formar acumulaciones subsuperficiales o *doseles* en capas extremadamente finas de solo algunos centímetros ( $\cong 15$  cm); por tanto en condiciones normales como de florecimiento *M. rubrum* ilustra claramente la dificultad que representa el tratar de evaluar abundancias mediante muestreos discontinuos.

Las diatomeas centrales fue el grupo que mostró la mayor variación en la abundancia a lo largo del día en las tres localidades. Mientras que los dinoflagelados fueron el grupo mas estable; aunque también este resultado pudo ser enmascarado a causa de sus conductas migratorias.

En las tres localidades el aumento espacial y temporal de la abundancia fue acompañada por la disminución de la diversidad, la riqueza de especies y la equitatividad, como reflejo de la dominancia de algunos grupos de especies.



Con la generación de nuevo conocimiento se han ido modificado las concepciones tradicionales que se tenían del plancton y especialmente del fitoplancton, como organismos que por sus dimensiones y por su rigidez, se encontraban a merced de los movimientos de las masas de agua y que debido a esto, mantenían una distribución homogénea. Ahora se ha hecho manifiesto su alta heterogeneidad espacial y temporal y se ha alcanzado una mayor apreciación de sus capacidades locomotrices, a partir de cilios, flagelos, hundimiento y flotación que le permite el recambiar el medio en el que se haya en contacto, mostrar migraciones y mantener una relativa posición a través de los flujos verticales bicapa.

El estudio de las heterogeneidades a puesto de manifiesto la formación de parches o agregados, y se ha podido, distinguir algunos factores bióticos y abióticos involucrados que pueden permitir su formación y que pueden regular su permanencia y las consecuencias que se deben considerar cuando se diseñan las metodologías para su estudio.

Otro aspecto importante que se comienza a vislumbrar, es el efecto que el parcheo tiene sobre el ecosistema; particularmente en el campo de las pesquerías el estudio de la formación, la composición, la persistencia, y la disolución de los parches permitirá abrir una perspectiva nueva para el estudio ecológico de las especies susceptibles de captura; incluyendo sus migraciones verticales y horizontales, sitios de alimentación, áreas y momentos de desove y crecimiento y mortalidad.

En los ecosistemas de surgencias, los estudios del fitoplancton en escalas reducidas y medias son particularmente importantes, por su peculiar y alta dinámica oceanográfica, su alta productividad primaria, a la gran cantidad de herbívoros presentes, a la influencia que estos ecosistemas tienen sobre los ecosistemas adyacentes y al tipo y a los volúmenes de organismos capturados; herbívoros formadores de cardúmenes por ejemplo.

## RECOMENDACIONES

El desarrollo de los conceptos ecológicos de la heterogeneidad que se formularon primeramente para los ecosistemas terrestres e intertidales, es necesario adecuarlos para su aplicación a los ecosistemas pelágicos, dadas sus características particulares de tridimensionalidad, movilidad y de las escalas de variabilidad física y biológica en la cual los individuos, poblaciones y comunidades responden.

Es necesario aumentar el conocimiento de la variabilidad espacio-temporal del fitoplancton, particularmente en los ecosistemas de surgencias, debido a que si bien son sitios de alta productividad biológica y pesquera, también son sitios de alta variabilidad oceanográfica en escala corta.

Debe considerarse en el futuro la conjunción de métodos de estudio y de registro de las variaciones del plancton a escalas reducidas, que den una visión más completa e integral del ecosistema. No obstante que el desarrollo futuro de la instrumentación óptica, acústica y de vídeo puede ser prometedor, en el presente tiene fuertes limitaciones, por lo que para el estudio del fitoplancton es adecuado emplear métodos tradicionales tales como el uso de calas hidrográficas, en conjunción con el registro fluorométrico, para identificar los estratos de interés.

Podría resultar factible la modificación y uso de muestreadores continuos tipo Hardy, en arrastres verticales u horizontales ondulantes, los cuales ya colectan especies fitoplanctónicas grandes que resolverían los problemas de resolución.

Estos métodos de registro y colecta pueden suplementarse con el uso de métodos de experimentación in situ que permitan evaluar diversos factores bióticos intrínsecos y extrínsecos.

## ANEXOS

### ANEXO I

Fecha, tiempo local y posición geográfica de las estaciones oceanográficas estándar y de variación diaria, durante la Campaña SIMSUP II

ESTACIÓN	FECHA	TIEMPO LOCAL	LATITUD	LONGITUD
61	23-Oct-92	23:21	31°10.90	116°44.90
60	23-Oct-92	02:02	31°15.93	116°30.99
59	23-Oct-92	06:25	31°02.20	116°25.38
58	23-Oct-92	09:35	30°54.23	116°40.8
57	23-Oct-92	11:44	30°41.17	116°30.88
56	23-Oct-92	13:52	30°47.21	116°15.90
55	23-Oct-92	18:27	30°32.32	116°10.58
54	23-Oct-92	20:43	30°28.19	116°26.01
53	23-Oct-92	23:22	30°27.54	116°25.77
52	23-Oct-92	03:05	30°17.03	116°06.08
51a	25-Oct-92	05:03	30°05.32	115°59.43
51	26-Oct-92	09:15	30°05.11	116°01.92
50	26-Oct-92	12:40	29°55.03	116°10.58
49	26-Oct-92	15:00	29°39.03	116°10.06
48	26-Oct-92	17:10	29°51.64	115°55.95
47	26-Oct-92	20:24	29°40.24	115°44.02
46	26-Oct-92	22:51	29°29.06	115°56.02
40	27-Oct-92	09:05	27°59.72	114°44.96
39	27-Oct-92	12:40	28°00.00	115°03.15
38	27-Oct-92	15:05	27°59.43	115°20.31
37	27-Oct-92	17:39	27°49.34	115°30.05
36	27-Oct-92	19:43	27°36.97	115°20.06
35	27-Oct-92	21:50	27°48.04	115°08.92
34	28-Oct-92	00:20	27°37.00	114°55.00
33	28-Oct-92	02:43	27°25.05	114°59.18
32	28-Oct-92	05:58	27°12.96	115°17.42
31	28-Oct-92	08:09	26°59.93	115°07.16
30	28-Oct-92	11:25	27°12.30	114°54.45
29	28-Oct-92	16:13	27°12.95	114°43.00
28	28-Oct-92	19:00	27°12.91	114°33.33
27	28-Oct-92	21:27	27°00.99	114°32.94
26	28-Oct-92	23:26	26°49.92	114°52.02
25	29-Oct-92	01:34	26°38.39	114°38.98
24	29-Oct-92	03:47	26°50.83	114°29.23
19	29-Oct-92	06:09	26°49.37	114°11.48
18	30-Oct-92	11:13	26°39.89	113°44.99
9	31-Oct-92	03:25	24°22.68	112°06.80

## ANEXO II

```
'PROGRAMA PARA CALCULAR LA SALINIDAD A PARTIR DE LA CONDUCTIVIDAD
'Y ADEMAS SE OBTIENE LA SIGMA-T SALE prof, temp, sal, sigma-t
SCREEN 2
CLS
'ke es el numero total de datos de cada variable
DEFINT I-N: ke = 1
ke = 3000
LOCATE 10, 15: INPUT «NOMBRE DEL ARCHIVO DE ENTRADA»; ARC1$
LOCATE 12, 15: INPUT «NOMBRE DEL ARCHIVO DE SALIDA «; ARC2$
OPEN ARC1$ FOR INPUT AS #1
OPEN ARC2$ FOR OUTPUT AS #2
DIM P(ke), T(ke), C(ke), S(ke)
a0 = .008: a1 = -.1692: a2 = 25.3851: a3 = 14.0941: a4 = -7.0261: a5 = 2.7081
b0 = .0005: b1 = -.0056: b2 = -.0066: b3 = -.0375: b4 = .0636: b5 = -.0144: k = .0162
c0 = .6766097#: c1 = .0200564: c2 = 1.104259E-04: c3 = -6.9698E-07: c4 = 1.0031E-09
e1 = .0000207: e2 = -6.37E-10: e3 = 3.989E-15
d1 = .03426: d2 = .0004464: d3 = .4215: d4 = -.003107
I = 1
LOCATE 18, 15: PRINT «Presion  Temperatura Conductividad»

WHILE NOT EOF(1)
INPUT #1, P(I), T(I), C(I)

LOCATE 15, 10: PRINT «Procesando Dato Numero: «; USING «#####»; I
LOCATE 20, 10: PRINT USING «#####»,###»; P(I); T(I); C(I)

'p(i)=p(i)/100: T(i)=T(i)/1000: C(i)=C(i)/1000
'print p(i),T(i),C(i)
R = C(I)/42.914
RP = 1 + P(I) * (e1 + e2 * P(I) + e3 * P(I) ^ 2) / (1 + d1 * T(I) + d2 * T(I) ^ 2 + (d3 + d4 * T(I)) * R)
RT = c0 + c1 * T(I) + c2 * T(I) ^ 2 + c3 * T(I) ^ 3 + c4 * T(I) ^ 4
RRT = R / (RP * RT)
DS = (T(I) - 15) / (1 + k * (T(I) - 15)) * (b0 + b1 * RRT ^ .5 + b2 * RRT + b3 * RRT ^ 1.5 + b4 * RRT ^ 2 + b5 * RRT ^ 2.5)
S(I) = a0 + a1 * RRT ^ .5 + a2 * RRT + a3 * RRT ^ 1.5 + a4 * RRT ^ 2 + a5 * RRT ^ 2.5 + DS
'print using»#####.### ##.### ##.###»;p(i);T(i);S(i)
I = I + 1
WEND
k = I
PRINT I
'TERMINA EL CALCULO DE LA SALINIDAD
'
'CALCULO DE SIGMA-T
FOR I = 1 TO k - 1
P(I) = P(I) / 10
a0 = 999.842594#: a1 = 6.793952E-02: a2 = -9.09529E-03: a3 = 1.001685E-04: a4 = -1.120083E-06: a5 = 6.536332E-09
b0 = .824493: b1 = -.0040899: b2 = 7.6438E-05: b3 = -8.2467E-07: b4 = 5.3875E-09
```

```

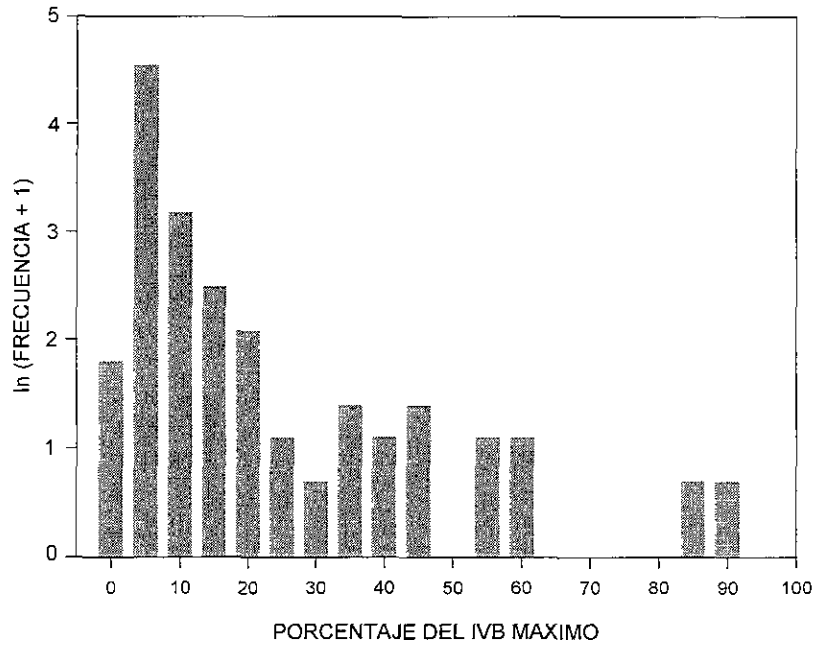
c0=-5.72466E-03:c1=1.0227E-04:c2=-1.6546E-06
d0=4.8314E-04
e0=19652.21:e1=148.4206:e2=-2.327105:e3=1.360477E-02:e4=-5.155288E-05
f0=54.6746:f1=-.603459:f2=.0109987:f3=-6.167E-05
g0=.07944:g1=.016483:g2=-5.3009E-04
h0=3.239908:h1=1.43713E-03:h2=1.16092E-04:h3=-5.77905E-07
i0=.0022838:i1=-1.0981E-05:i2=-1.6078E-06
j0=1.91075E-04
k0=8.50935E-05:k1=-6.12293E-06:k2=5.2787E-08
m0=-9.934799E-07:m1=2.0816E-08:m2=9.1697E-10
row=(((a5 * T(I) + a4) * T(I) + a3) * T(I) + a2) * T(I) + a1) * T(I) + a0
R2=(((b4 * T(I) + b3) * T(I) + b2) * T(I) + b1) * T(I) + b0
R3=(c2 * T(I) + c1) * T(I) + c0
R4=d0: SS=S(I): SR=SQR(ABS(SS))
roo=(R4 * SS + R3 * SR + R2) * S(I) + row
aw=((h3 * T(I) + h2) * T(I) + h1) * T(I) + h0
Z2=(i2 * T(I) + i1) * T(I) + i0
aa=(j0 * SR + Z2) * SS + aw
bw=(k2 * T(I) + k1) * T(I) + k0
ES=(m2 * T(I) + m1) * T(I) + m0
bb=aw + ES * SS
kw=(((e4 * T(I) + e3) * T(I) + e2) * T(I) + e1) * T(I) + e0
L1=(g2 * T(I) + g1) * T(I) + g0:L2=(((f3 * T(I) + f2) * T(I) + f1) * T(I) + f0
kk0=(L1 * SR + L2) * SS + kw
k=(bb * P(I) + aa) * P(I) + kk0
ro=roo / (1 - P(I) / k)
ves = 1 / ro
sigt=roo - 1000
sigma=ro - 1000
PRINT USING «#####.### #####.### #####.### #####.###»; P(I) * 10; T(I); S(I); sigt
PRINT #2, USING «#####.### #####.### #####.### #####.###»; P(I) * 10; T(I); S(I); sigt
NEXT I
END

```



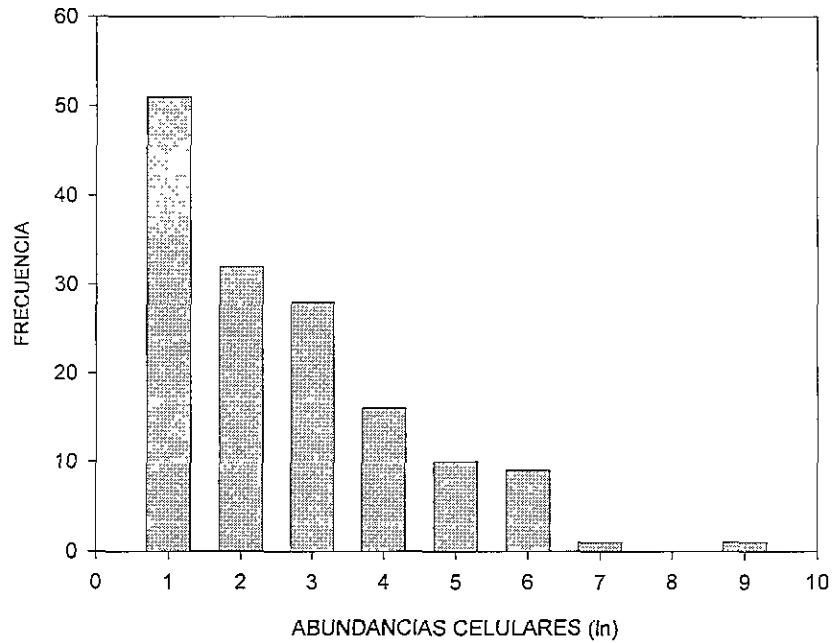
### ANEXO III

Frecuencia del Índice del Valor biológico de Sanders (IVB), para las tres localidades.



### ANEXO IV

Frecuencia de Abundancia Relativa, para las tres localidades.



FALTA PAGINA

No. 23 y 24

## REFERENCIAS

- Anonimo. 1985. Carta de Navegación. De San Quintín a Punta Eugenia. *Estados Unidos Mexicanos, Secretaría de Marina, Dirección General de Oceanografía*. Proyección Mercator, escala 1:511 500.
- Anonimo. 1939. Derrotero de las Costas del Pacífico de la República Mexicana, América Central y Colombia. Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas. Dirección General de Marina, Puertos y Faros. Mexico. 267 p.
- Anonimo. 1963. Derrotero de las Costas de la República Mexicana. Litoral del Océano Pacífico. Primera Parte. Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas. Dirección General de Marina, Puertos y Faros. Mexico. 302 p.
- Arenas Fuentes, V. 1991. Ecosistemas de Surgencia. Importantes Sumideros de Carbono. *Ciencia* 43, num. especial. p. 91-95
- Badan Dagon, A., J. M. Robles y J. García. 1989. Poleward Flows off Mexico's Pacific Coast. In: Coastal and Estuarine Studies. S. J. Neshyba, ch. N. K. Mooers, R. L. Smith and R. T. Barber (Eds). Springer Verlag. 176-202.
- Baumgartner, T. 1987. High-Resolution Paleoclimatology from the Varved Sediments of the Gulf of California. Ph.D. thesis. Oregon State Univ. Corvallis. 287 p.
- Blasco, D. 1977. Red Tide in the Upwelling of Baja California. *Limnol and Oceanogr.* 22(2):255-262.
- Blasco, D. 1978. Observations on the Diel Migration of Marine Dinoflagellates off the Baja California Coast. *Mar. Biol.* 46: 41-47.
- Bode, A. and E. Fernández. 1992. Variability of Biochemical Composition and Size Distributions of Seston in the Euphotic Zone of the Bay of Biscay: Implications for Microplankton Trophic Structure. *Mar. Biol.* 114(1): 147-155.
- Bowman, M. J., Esaias, W. E. and M. B. Schnitzer. 1981. Tidal stirring and the distribution of phytoplankton in Long Island and Block Island sounds. *J. Mar. Res.* 39(4):587-603.
- Caddy, J. E. y G. D. Sharp. 1988. Un Marco Ecológico para la Investigación Pesquera. FAO Doc. Tec. Pesca. (283):155 p.
- Cassie, R. M. 1963. Microdistribution of plankton. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 1:223-252.
- Cardona Canizales, C., R. Millán Nuñez, J. R. Lara Lara y J. E. Valdez Holguín. 1990. Variabilidad Espacio Temporal de la Clorofila a en una Zona de Surgencia Frente a Baja California. *Cienc. Mar.* 16(2): 53-65.

- Cervantes Duarte, R., S. Aguíñiga García y S. Hernández Trujillo. 1993. Condiciones de Surgencia Asociadas a la Distribución de Zooplancton en San Hipólito, B.C.S. *Cienc. Mar.* 19(1):117-135.
- Crawford, D. W. 1989. *Mesodinium rubrum*: The Phytoplankter that Wasn't. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 58 (1-2): 161-174.
- Cupp, E. E. 1943. Marine Plankton Diatoms of the West Coast of North America. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr.* 5(1), 1-238.
- DEVO-EAS/Purdue University. 1997. [http://wxp.atms.purdue.edu/hur\\_epacific/1992/](http://wxp.atms.purdue.edu/hur_epacific/1992/)
- De la Lanza Espino, G. 1991. Oceanografía de Mares Mexicanos. AGT Editor, S.A. 569p.
- Estrada y Blasco. 1979. Two Phases of the Phytoplankton Community in the Baja California Upwelling. *Limnol. Oceanogr.* 24(6):1065-1080.
- Fernández, E. and A. Bode. 1994. Succession of Phytoplankton Assemblages in Relation to the Hydrography in the Southern Bay of Biscay: A Multivariate Approach. *Sci. Mar. Barc.* vol. 58, no. 3, pp. 191-205.
- Ferrusquía Villafranca, Ismael. 1993. Geology of Mexico: A Synopsis. In: Biological Diversity of Mexico. T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot & J. Fa (Ed). New York. Oxford Univ. Press. 812p.
- Galarza Plasencia, J. y G. Gaxiola Castro. 1987. Variación de Clorofila, Fitoplancton y Nutrientes en Agua Costera de Baja California Enriquecida con ETDA. *Cienc. Mar.* 13(3) 113-130.
- Gárate-Lizárraga, L. 1989. Nuevos Registros de Especies del Género *Rhizosolenia* en la Región Central del Golfo de California y Bahía Magdalena. B.C.S. *Inv. Mar. CICIMAR*, 4(2) 291-296.
- García, E. y A. Mosiño. 1968. Los climas de la Baja California. 29-56. En: Arenal, R. (Ed). Memoria 1966-1967. Comité Nacional Mexicano para el Decenio Hidrológico Internacional. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía.
- Gómez Valdez, J. 1983. Estructura Hidrografía Promedio Frente a Baja California. *Cienc. Mar.* 9(2):75-86.
- González-Morales A., G. Gaxiola-Castro. 1991. Variación Día a Día de las Características Físico Químicas, Biomasa y Productividad Primaria del Fitoplancton en una Zona de Surgencias Costeras de Baja California. *Cienc. Mar.* 17:3.21-37.
- Hardy, A. C. and E. R. Gunther. 1935. The Plankton of the South Georgia Whaling Grounds and Adjacent Waters, 1926-1927. *Discovery Reports* 11 :1-456.
- Haurly, J. A. McGowan and P. H. Wiebe. 1978. Patterns and Processes in the Time-Space Scales of Plankton Distributions. 277-327. In. J. H. Steele (Ed). *Spatial Pattern in Plankton Communities*. Plenum press. N.Y.



- Herman, A. and T. Platt. 1980. Meso-Scale Spatial Distribution of Plankton: Co-Evolution of Concepts and Instrumentation. In: *Oceanography the Past*. M. Sears & D. Merrieman (ed). 205-225.
- Hernández Becerril, D. 1988 a. Planktonic Dinoflagellates (except *Ceratium* and *Protoperidinium*) from the Gulf of California and off the Coast of Baja California, *Bot. Mar.* 31,423-435.
- Hernández Becerril, D. 1988 . Observaciones de Algunos Dinoflagelados (Dinophyceae) del Pacífico Mexicano con Microscopio Fotónico y Electrónico de Barrido. *Inv. Pesq.* 52(4), 517-531.
- Herman, A. and T. Platt. 1980. Meso-scale Spatial Distribution of Plankton: Co-evolution of Concepts and Instrumentation. In: *Oceanography the Past*. Sears, M. & D. Merriaman (Ed) Academic Press. 205-225.
- Hutchinson, G. E. 1961. The Paradox of the Plankton. *The Am. Nat.* 95: 137-145.
- Lara Villa, M. A. 1992. ¿Porque las Especies Coexisten?. El Caso del Plancton. *Hidrobiológica*. (3/4):43-52.
- Levin, S. A. 1992. The Problem of Pattern and Scale in Ecology. *Ecology. (Ecol. Soc. Am.)* 73(6):1943-67.
- Loya Salinas, D. y A. Escofet. 1990. Aportaciones al Cálculo del Valor Biológico (Sanders, 1960). *Cienc. Mar.* 16(2):97-115.
- Longhurst, A. R. 1981. Singnificance of Spatial Variability. In: *Analysis of Marine Ecosystems*. Longhurst A.R. (Ed). Academic Press. 415-441.
- Lorenzen, C. J. 1966. A Method for the Continuous measurement of *in vivo* Chlorophyll Concentration. *Deep-Sea Res.* 13. 223-227.
- Ludwig, J. A. and J. F. Reynolds. 1988. *Statistical Ecology. A primer on methods and computing*. John Wiley & Sons. N.Y. 337p.
- Lugo, H. J. 1985. Morfoestructuras del Fondo Oceánico Mexicano. *Boletín del Instituto de Geografía*. 15: 9-39.
- Lynn, R. J. 1967. Seasonal Variation of Temperature and Salinity at 10 Meters in the California Current. *CalCofi Reports*. (11):157-186.
- Mackas, D. L., K. L. Denman and M. R. Abbott. 1985. Plankton Patchiness: Biology in the Physical Vernacular. *Bull. Mar. Sci.* 37(2): 652-674.
- Macpherson, E. (1992). Trends in the Demersal Fish Community off Namibia from 1983 to 1990. In *Benguela Trophic Functioning*. Payne, A.I.L., Brink, K.H., Mann, K.H. & Hilborn (Eds). *S. Afr. J. mar Sci.* 12: 635-649.

- Magurran, A. 1988. Ecological Diversity and its Measurement. Princeton University Press. New Jersey. 167 p.
- Mann, K.H. and J. R. Lazier. 1991. Dynamics of Marine Ecosystems. Biological-Physical Interactions in the Oceans. Blackwell Sci. Publ. Oxford. 465p.
- Margalef, R. 1967. Some Concepts Relative to the Organization of Plankton. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 5:257-289.
- Margalef, R. 1968. Perspectives in Ecological Theory. Univ. Chicago press. 111p.
- Margalef, R. 1970. Organization and Distribution of Phytoplankton Communities. Final Tech. Rep., Office Naval Res., (mimeogr). 16 p.
- Margalef, R. 1978 a. Life-Forms of Phytoplankton as Survival Alternatives in an Unstable Environment. *Oceanol. Acta.* 1:4. 493-509.
- Margalef, R. 1978 b. What is an Upwelling Ecosystem. In: Upwelling Ecosystems. Boje, R. & M. Tomczak (Ed). Springer-Verlang. Berlin. 12-14.
- Margalef, R. y M. Estrada. 1980. Áreas Oceánicas Más Productivas. *Invest. Cienc.* octubre.
- Martínez López, A. 1993. Distribución Espacial del Fitoplancton Asociada con Frentes en la Costa Occidental de Baja California Sur. *CICIMAR.* 8(2):71-86.
- Millán Nuñez, E. y D. H. Loya Salinas. 1993. Variabilidad Temporal del Fitoplancton en una Zona Costera del Noroeste de Baja California. *Cienc. Mar.* 19(1):61-74.
- Nienhuis, H. J. 1984 a. Fitoplancton Marino de Zonas Neríticas y Oceánicas de Baja California. *CICIMAR Serie didáctica.* 2(1)
- Nienhuis, H. J. 1984 b. Manual para la Identificación del Plancton del Golfo de California. Part I: Diatomeas. Parte II: Dinoflagelados. *CICIMAR Serie didáctica.* 2(2-3).
- Parsons, T. R., M. Takahashi and B. Hargrave. 1984. Biological Oceanographic Processes. Pergamon Press. 330 p.
- Packard, T. T., D. Blasco and R. T. Barber. 1978. *Mesodinium rubrum* in the Baja California Upwelling System. In: Upwelling Ecosystems. Ed. Boje, R. & M. Tomczak. Springer-Verlang. Berlin. 73-89.
- Passow, U. 1991. Vertical Migration of *Gonyaulax catenata* and *Mesodinium rubrum*. *Mar. Biol.* 110: 455-463.
- Pavlova, Y. V. 1966. Seasonal Variations of the California Current. 6(6):806.
- Pielou. E. C. 1969. An Introduction to Mathematical Ecology. John Willey & Sons. New York.



- Pitcher, G.C. 1990. Phytoplankton Seed Populations of the Cape Peninsula Upwelling Plume, with Particular Reference to Restig Spores of *Chaetoceros* (Bacillariophyceae) and their Role in Seeding Upwelling Waters. *Est. Coast. Shelf. Sci.* 31:283-301.
- Pitcher, G. C., P. C. Brown and B. A. Mitchell-Innes. 1992. Spatio-Temporal Variability of Phytoplankton in the Southern Benguela Upwelling System. In: *Benguela Trophic Functioning*. Payne, A.I.L., Brink, K.H., Mann, K.H. & Hilborn (Eds.). *S. Afr. J. mar Sci.* 12: 349-456.
- Platt, T. and K. Denman. 1988. Patchiness in Phytoplankton Distribution. In: *The Physiological Ecology of Phytoplankton*. Morris, I. (Ed). Blackwell Sci. Publ. Oxford. 413-431p.
- Probyn, T. A. 1987. Ammonium Regeneration by Microplankton in an Upwelling Environment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 37:53-64.
- Reid, J. L. 1969. In: *Upwelling Ecosystems*. Ed. Boje, R. & M. Tomczak. Springer-Verlang. Berlin.
- Reid, J. L., Roden, G. I. and Wyllie, J. G. 1958. Studies of the California Current System. *CalCOFI. Pro. Rep.* 1 July 1956 -1 January 1958, 29-57.
- Reynolds L. and J. Reynolds. (1988). *Statistical Ecology, a Primer on Methods and Computing*. John Willey & Sons. New.York. 337 p.
- Richerson, P., Armstrong, R. and C. R. Goldman. 1970. Contemporaneous disequilibrium, a New Hypothesis to Explain the "Paradox of the plankton". *Proceed. Nat. Acad. Sci.* 67(4):1710-1714.
- Ricklefs, R. R. 1992. Scaling Pattern and Process in Marine Ecosystems. In: K. Sherman, L. M. Alexander & B. D. Gold. (Ed.). *Large Marine Ecosystems, Patterns Processes and Yields*. Am. Ass. Adv. Sci. Washington. 169-178.
- Rowe, G. T. 1987. Seasonal Growth and Senescence in Continental Shelf Ecosystems: A Test of the Seep Hypothesis. In: *The Benguela and Comparable Ecosystems*. Payne, A. I., L., Gulland, J. A.. & K. H. Brink (Eds). *S. Afr. J. mar Sci.* 5: 147-161.
- Ruíz Dura, M. F. 1993. *Los Recursos Pesqueros de México*. Limusa.
- Ryther, J.H.1969. Photosynthesis and Fish Production in the Sea. *Science*. New York. 166(3091):72-76.
- Sanders, H. L. 1960. Benthic Studies in Buzzard Bay. III. The Structure of the Soft-bottom Community. *Limnol & Oceanogr.* 5:138-153.
- Santoyo, H. y M. Signoret. 1977. Diversidad y Afinidad del Fitoplancton en un Ciclo Nictimeral. *An. Cen. Cienc. Mar. Limnol. Univ. Nac. Autón. Méx.* 4(1):233-242.
- Smetacek, V. S. 1985. Role of Sinking. in *Diatom Life-History Cycles: Ecological, Evolutionary and Geological Significance*. *Mar. Biol.* 84:239-251.

- Spiegel, M. R. 1991. Estadística. McGrawhill. México. 556p.
- Stavn, R. H. 1971. The horizontal-vertical distribution hypothesis: Langmuir circulations and *Daphnia* distribution. *Limnol. Oceanogr.* 16: 453-466.
- Steele, J. H. 1976. Patchiness. In: D. H. Cushing & J. J. Walsh (Ed). Ecology of the Sea. Blackwell, London.
- Steele, J. H. 1980. Patterns in Plankton. *Oceanus.* 23(2): 3-8.
- Torres Moye, G. y M. J. Acosta Ruíz. 1986. Algunas Propiedades Químicas Indicadoras de Eventos de Surgencias Costeras y de la Contracorriente Subsuperficial en una Area Cercana a Punta Colonet, Baja California. *Cienc. Mar.* 12(3):10-25.
- Villareal, T.A. 1991. Nitrogen Fixation by the Cyanobacterial Symbiont of the Diatom Genus *Hemiaulus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 76(2): 201-204.
- Walsh, J. J., J. C. Kelley, T. E. Whitledge, J. J. MacIsaac. and S. A. Huntsman. 1974. Spin-Up of the Baja California Upwelling Ecosystem. *Limnology and Oceanography.* 19(4):553-574.
- Walsh, J. J., and T. E. Terry, T. E. Whitledge. 1977. Further Transition States of the Baja California Upwelling Ecosystem. *Limnology and Oceanography.* 22(2):264-280.
- Wiebe, P. 1995. Developing a High-Frequency System to Remotely "See" Plankton Distributions. *Oceanus.* 38(1).
- Wolda. 1981. Similarity Indices, Samples Size and Diversity. *Oecologia.* 50:296-302.
- Wyrtky, K. 1967. Circulation and Water Masses in the Eastern Ecuatorial Pacific Ocean. *Int. J. Oceanol. Limnol.* 1(2):117-147.





## CONCLUSIONES

Los estudios del medio pelágico a partir de estaciones fijas de muestreos sucesivos de horas y verticalmente discontinuos, permiten evaluar algunos cambios en las comunidades, sin embargo el diseño no representa un estado estacionario de las condiciones bióticas y abióticas debido al remplazamiento de las parcelas de agua y a la agregación y movilidad de los organismos y la continuidad de las comunidades.

Los factores que determinan la variación diaria del fitoplancton son: la sustitución de las masas de agua, la turbulencia, la migración, el hundimiento, la acumulación, la reproducción diferencial, las interacciones con otras especies fitoplanctónicas y las interacciones tróficas.

En las zonas de surgencias la pronunciada dinámica oceanográfica, incrementa la formación de microambientes.

En el área de estudio la mezcla, la estabilidad y las masas de agua presentes y el remplazamiento de las parcelas fueron particularmente importantes.

El cambio en la estabilidad de la columna de agua a lo largo del día no produjo un efecto directo sobre la variación diaria de las comunidades. Sin embargo, se observaron diferencias en la dinámica de los parches entre localidades con distintos grados de estabilidad; sugiriendo el efecto de otros procesos indirectos y/o intrínsecos de las asociaciones.

En San Quintín la inestabilidad, la presencia de masas templadas y afloramientos suaves ocasionaron un mayor número de parches de reducido tamaño sin un cambio secuencial en su distribución vertical y temporal, además de la mayor abundancia de todos los grupos cerca de la superficie y el florecimiento de la diatomea central *Hemiaulus hauckii* y la consiguiente dominancia del microplancton.

En San Hipólito y Magdalena en cambio, la mayor estabilidad y la presencia de aguas de origen tropical y subtropical, favoreció el desarrollo de menor número de asociaciones, menos homogéneas, y con una distribución vertical definida y mayor persistencia además de la separación vertical de las diatomeas centrales y pennales de los dinoflagelados y el ciliado *Mesodinium rubrum*.

De manera global (sin considerar a *Hemiaulus hauckii*) las diatomeas pennales fueron el grupo dominante.

Las abundancias del ciliado *Mesodinium rubrum* pudieron ser subestimadas por sus conductas migratorias y la formación de doseles.

La variación diaria de la abundancia fue mayor verticalmente que en el ciclo diario y que entre los promedios entre regiones.

El estudio de la variación diaria demuestra la imprecisión a la que puede conducir el muestreo sinóptico tradicional para estudiar la abundancia y distribución del fitoplancton.