

03067



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

2y.

Unidad Académica de los Ciclos  
Profesional y de Posgrado  
Colegio de Ciencias y Humanidades

Proyecto Académico de Especialización,  
Maestría y Doctorado en Ciencias del Mar.

"OCURRENCIA DE MAREAS ROJAS Y  
CALIDAD DEL AGUA EN LA ZONA SUR  
DE LA BAHIA DE MAZATLAN, SINALOA, MEXICO".

T E S I S

Para optar al grado de:  
Maestro en Ciencias del Mar  
(Oceanografía Biológica y Pesquera)  
Presenta:

**Rosalba/Alonso Rodríguez**

ASESOR: M. en C. Roberto Cortés Altamirano

Mazatlán, Sinaloa

Septiembre de 1998.

266056



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

Comité Asesor de Tesis:

M. en C. Roberto Cortés Altamirano

Dr. F. Páez-Osuna

Dr. Doménico Voltolina L.

Tesis desarrollada en los Laboratorios de Plancton y de Geoquímica y Contaminación Marina del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Estación Mazatlán.

El jurado de tesis:

Dr. Federico Páez Osuna	Presidente
M. en C. Roberto Cortés Altamirano	Secretario
M. en C. José I. Osuna López	Vocal
Dr. David U. Hernández Becerril	Suplente
Dr. Doménico Voltolina Lobina	Suplente

## AGRADECIMIENTOS

Al M. en C. Roberto Cortés Altamirano, director de tesis, por su enseñanza y su apoyo en el desarrollo y elaboración de este trabajo.

Al Dr. Federico Páez Osuna por su paciencia y respeto como profesor y asesor de tesis y por el apoyo brindado durante mis estudios.

Al Dr. Doménico Voltolina por la perseverancia mostrada en el trabajo, profesionalismo, asesoría y sus valiosas observaciones en el manuscrito.

Al Dr. Michel Hendrickx Reners, Jefe de la Estación por su apoyo durante mi estancia en esta institución.

A los técnicos académicos:

Quím. Humberto Bojórquez Leyva por su tiempo dedicado a guiarme en la aplicación de las técnicas de análisis químicos.

M. en C. Arturo Núñez Pastén por su ayuda en los numerosos muestreos y por estar siempre dispuesto a ayudar.

Mat. Germán Ramírez Reséndiz por su asesoría en cómputo, sugerencias y ayuda en el análisis de datos.

Sra. Clara Ramírez Jáuregui por el apoyo en la adquisición de bibliografía quien siempre lo hizo más allá del deber.

A la secretaria Margarita Cordero Ruiz por su eficiencia y buena disposición en la tramitación de los documentos escolares.

A todo el personal académico, profesores y trabajadores que me apoyaron en mis actividades dentro de esta institución.

A los estudiantes que ayudaron en la colecta de muestras: Héctor, Oscar, Efraín, Fabiola y otros más.

## RESUMEN

Se realizó un estudio para buscar la relación entre la calidad del agua y la ocurrencia de mareas rojas mediante el análisis de la variación de la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nutrientes, abundancia y composición de las comunidades fitoplanctónicas, de febrero de 1995 a agosto de 1996, mediante 19 muestreos mensuales en dos estaciones situadas a 0.5 y 2 km de la orilla, en la superficie, 5 y 10 m de profundidad. Se analizaron las mismas variables separando por períodos de mayor frecuencia de mareas rojas, incluyendo en algunas fechas otra estación ubicada en manchas de mareas rojas. Además se estudió el área circundante al emisor submarino en 1 km de radio, donde se descarga el agua proveniente de la planta de tratamiento de aguas negras de Mazatlán en 12 estaciones de colecta, las muestras se obtuvieron en la superficie y a 10 m de profundidad en condiciones de invierno y de verano

Se encontraron variaciones irregulares en todas las variables hidrológicas, solo el nitrato y el nitrito alcanzaron sus máximas concentraciones en el período invierno-primavera, coincidiendo con la época de surgencias en la zona y con la ocurrencia de mareas rojas. La abundancia fitoplanctónica mostró máximos en la primavera, verano y otoño, con diferencias interanuales, siendo mayor el florecimiento primaveral de 1996. Los grupos más representativos fueron las diatomeas, dinoflagelados y fitoflagelados. La abundancia de las especies dominantes se asoció a variables fisicoquímicas en primer término y a la concentración de nutrientes en segundo.

Las variaciones hidrológicas en los dos períodos invierno-primavera de 1995 y 1996 fueron semejantes, observándose cuatro mareas rojas en cada período, en todos los casos se relacionaron con la presencia de aguas frías con altas concentraciones de nitrato, nitrito, baja concentración de oxígeno disuelto y la presencia de vientos dominantes mayores a 7 nudos, provenientes del NW, NNW y W lo cual indica condiciones de surgencias. En agosto de 1996 se presentaron dos mareas rojas bajo diferentes condiciones hidrológicas que las anteriores, se relacionaron con la presencia de vientos provenientes de las mismas direcciones, además del S y SSE, en la temporada de tormentas y ciclones. Por lo tanto, las mareas rojas observadas en este estudio, ocurrieron unas, posiblemente provocadas por surgencias y las otras debido a otros factores, principalmente fisicoquímicos y a los vientos, independientemente de la fuente de nutrientes necesaria para su mantenimiento y la más inmediata fue la planta de tratamiento.

El área del emisor mostró puntos donde se agudizaron los problemas en la calidad del agua, cercanos a la planta de tratamiento y a descargas urbanas directas, reflejado en las mayores concentraciones de nutrientes y sólidos suspendidos, así como en las bajas concentraciones de oxígeno disuelto, sobre todo en el verano. Los grupos fitoplanctónicos más abundantes en esta zona fueron las cianofitas y diatomeas en el invierno y los fitoflagelados y cianofitas en el verano, de éstos, los grupos más afectados en los puntos críticos fueron los fitoflagelados en el invierno y todos los grupos presentes en el verano.

La zona de estudio, incluyendo todas las estaciones, se caracterizó por ser de mesotrófica a eutrófica, evaluación obtenida mediante la aplicación de diferentes escalas e índices.

# TABLA DE CONTENIDO

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
I.1 ANTECEDENTES.....	5
I.2 HIPOTESIS.....	6
I.3 JUSTIFICACIÓN.....	6
I.4 OBJETIVOS.....	6
I.4.1 GENERALES.....	6
I.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	-
<b>II MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	<b>7</b>
II.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	7
II.2 ESTACIONES DE MUESTREO.....	9
II.3 COLECTA Y ANÁLISIS DE MUESTRAS.....	11
II.4 TRATAMIENTO DE DATOS.....	12
<b>III RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>14</b>
III.1 ESTACIONES FIJAS 1 Y 2.....	14
III.1.1 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS.....	14
Temperatura.....	14
Salinidad.....	15
Sigma-t.....	15
Oxígeno disuelto.....	17
Porcentaje de saturación.....	17
Sólidos suspendidos totales.....	17
III.1.2 NUTRIENTES.....	19
Amonio.....	19
Nitrateo.....	19
Nitrito.....	20
Nitrógeno inorgánico total.....	20
Silicato.....	22
Fosfato reactivo.....	22
Proporciones de nutrientes.....	23
III.1.3 FITOPLANCTON.....	24
Abundancia total del fitoplancton.....	24
Abundancia fitoplanctónica media anual.....	26
Abundancia relativa general por grupo.....	26
Composición y abundancia de las comunidades fitoplanctónicas por grupos taxonómicos.....	26
Grupos Principales.....	26
Diatomeas.....	26
Dinoflagelados.....	27
Fitoflagelados.....	27
Ciliado totipotético <i>Mesodinium rubrum</i> .....	28
Grupos Secundarios.....	28
Silicoflagelados.....	28
Cianofitas.....	30
Euglenofitas.....	30
Riqueza específica.....	30
Diversidad.....	30
Dominancia.....	32
Composición de las comunidades fitoplanctónicas por especie.....	32
Análisis comparativo entre las estaciones de muestreo.....	32
Época de invierno y verano en función de la presencia de las especies.....	34
Temporada de lluvias y secas en función de presencia de las especies presentes.....	34
Época de invierno y verano en función de la abundancia de las especies presentes.....	34
Temporada de lluvias y secas en función de la abundancia de las especies.....	34
Asociación entre especies.....	34

Relaciones fitoplancton-hidrología.....	39
Análisis de componentes principales de la estación 1.....	39
Análisis de componentes principales para la estación 2.....	39
Análisis de componentes principales para estaciones 1 y 2 en conjunto.....	39
III.2 MAREAS ROJAS.....	43
III.2.1 MAREAS ROJAS DE INVIERNO-PRIMAVERA DE 1995.....	43
III.2.1.1 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS.....	43
Temperatura.....	43
Salinidad.....	43
Sigma-t.....	43
Oxígeno disuelto.....	44
Porcentaje de saturación.....	44
Sólidos suspendidos totales.....	44
III.2.1.2 NUTRIENTES.....	47
Amonio.....	47
Nitrato.....	47
Nitrito.....	47
Nitrógeno inorgánico total.....	47
Silicato.....	51
Fosfato.....	51
Proporciones de nutrientes.....	51
III.2.1.3 FITOPLANCTON.....	51
Abundancia total del fitoplancton.....	51
Abundancia relativa general por grupo.....	51
Composición y abundancia de las comunidades fitoplanctónicas por grupos taxonómicos.....	53
Grupos principales.....	53
Diatomeas.....	53
Dinoflagelados.....	53
Fitoflagelados.....	53
Ciliado fotosintético <i>Mesodinium rubrum</i> .....	53
Grupos secundarios.....	57
Silicoflagelados.....	57
Euglenoides.....	57
Cianofitas.....	57
Riqueza específica.....	57
Diversidad.....	57
Dominancia.....	57
Análisis comparativo entre estaciones de muestreo en función de la presencia de las especies.....	57
Análisis comparativo entre estaciones de muestreo en función de la abundancia de las especies.....	57
Composición de la comunidad fitoplanctónica por especie.....	57
Asociación entre especies.....	57
Relaciones fitoplancton-hidrología.....	61
Relaciones fitoplancton-hidrología para la estación 1.....	61
Relaciones fitoplancton-hidrología para la estación 2.....	61
Relaciones fitoplancton-hidrología estaciones 1 y 2.....	69
Especies dominantes.....	69
Observaciones.....	69
Análisis de dirección, velocidad y duración del viento dominante diario, previo a eventos de mareas rojas en el periodo invierno-primavera de 1995.....	69
III.2.2 MAREAS ROJAS DE INVIERNO-PRIMAVERA DE 1996.....	69
III.2.2.1 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS.....	69
Temperatura.....	69
Salinidad.....	69
Sigma-t.....	70
Oxígeno disuelto.....	70
Porcentaje de saturación.....	70
Sólidos suspendidos totales.....	73
III.2.2.2 NUTRIENTES.....	73
Amonio.....	73
Nitrato.....	73
Nitrito.....	74
Nitrógeno inorgánico total.....	74

Silicato.....	74
Fosfato.....	75
Proporciones de nutrientes.....	75
<b>III 2.2.3 FITOPLANCTON</b> .....	<b>78</b>
Fitoplancton total.....	78
Abundancia relativa general por grupo.....	78
Composición y abundancia de las comunidades fitoplanctónicas por grupo.....	80
Grupos principales.....	80
Diatomeas.....	80
Dinoflagelados.....	80
Fitoflagelados.....	80
Ciliado fotosintético <i>Mesodinium rubrum</i> .....	80
Grupos secundarios.....	80
Silicoflagelados.....	80
Euglenoides.....	83
Cianofitas.....	83
Riqueza específica.....	83
Diversidad.....	83
Dominancia.....	83
Composición de las comunidades fitoplanctónicas por especie.....	85
Análisis comparativo de las estaciones en función de la presencia y abundancia de las especies.....	85
En función de la presencia de las especies.....	85
En función de la abundancia de las especies.....	85
Asociación entre especies.....	85
Relaciones fitoplancton-hidrología.....	87
Relaciones fitoplancton-hidrología estación 1.....	87
Relaciones fitoplancton-hidrología estación 2.....	89
Relaciones fitoplancton-hidrología. Estaciones 1 y 2.....	89
Especies dominantes.....	90
Análisis de dirección, velocidad y duración del viento dominante diario, previo a eventos de mareas rojas en el periodo de mareas rojas invierno-primavera de 1996.....	93
<b>III 2.3 MAREAS ROJAS DE AGOSTO DE 1996</b> .....	<b>96</b>
<b>III 2.3.1 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS</b> .....	<b>96</b>
Temperatura.....	96
Salinidad.....	98
Sigma-t.....	98
Oxígeno disuelto.....	98
Porcentaje de saturación.....	98
Sólidos suspendidos totales.....	98
<b>III.2.3.2 NUTRIENTES</b> .....	<b>99</b>
Amonio.....	99
Nitrato.....	99
Nitrito.....	99
Nitrógeno inorgánico total.....	103
Silicato.....	103
Fosfato.....	103
Proporciones de nutrientes.....	103
<b>III.2.3.3 FITOPLANCTON</b> .....	<b>103</b>
Fitoplancton total.....	103
Abundancia relativa general por grupo.....	103
Composición y abundancia de las comunidades fitoplanctónicas por grupos taxonómicos.....	105
Grupos principales.....	105
Fitoflagelados.....	105
Dinoflagelados.....	105
Cianofitas.....	105
Diatomeas.....	105
Grupos secundarios.....	107
Ciliado fotosintético <i>Mesodinium rubrum</i> .....	107
Silicoflagelados.....	107
Euglenoides.....	107
Riqueza.....	107
Diversidad.....	107

Dominancia .....	110
Composición de las comunidades fitoplanctónicas por especie .....	110
Comparación de estaciones en función de la presencia de especies .....	110
Comparación de estaciones en función a la abundancia de especies .....	110
Asociación entre especies .....	112
Relaciones fitoplancton-hidrología .....	112
Especies dominantes .....	114
Análisis de la dirección, velocidad y duración del viento dominante diario, previo a eventos de mareas rojas en el periodo de mareas rojas de agosto de 1996 .....	114
III.3 SONDEO DEL EMISOR .....	116
III 3 1 SONDEO DEL EMISOR EN INVIERNO .....	116
III 3 1 1 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS .....	116
Temperatura .....	116
Salinidad .....	116
Sigma-t .....	116
Oxígeno disuelto .....	117
Porcentaje de saturación .....	117
Sólidos suspendidos totales .....	117
III 3 1 2 NUTRIENTES .....	117
Amonio .....	117
Nitrato .....	118
Nitrito .....	118
Nitrógeno inorgánico total .....	118
Silicato .....	118
Fosfato .....	128
Proporciones de nutrientes .....	128
III 3 1 3 FITOPLANCTON .....	128
Fitoplancton total .....	128
Abundancia relativa general por grupo .....	128
Composición y abundancia de las comunidades fitoplanctónicas por grupos taxonómicos .....	128
Grupos Principales .....	128
Cianofitas .....	128
Diatomeas .....	128
Fitoflagelados .....	128
Dinoflagelados .....	128
Grupos Secundarios .....	128
Silicoflagelados .....	128
Ciliado fotosintético <i>Mesodinium rubrum</i> .....	128
Euglenoides .....	128
Riqueza .....	128
Diversidad .....	128
Índice de dominancia .....	128
Composición de las comunidades fitoplanctónicas por especie .....	128
Comparación de estaciones en función de la presencia de las especies .....	128
Comparación de las estaciones de colecta en función de la abundancia de las especies .....	134
Asociación entre especies .....	134
Relaciones fitoplancton-hidrología y nutrientes .....	134
Especies dominantes .....	134
III 3 2 SONDEO DEL EMISOR EN VERANO .....	134
III 3 2 1 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS .....	134
Temperatura .....	134
Salinidad .....	134
Sigma-t .....	140
Oxígeno disuelto .....	140
Porcentaje de saturación .....	140
Sólidos suspendidos totales .....	140
III 3 2 2 NUTRIENTES .....	140
Amonio .....	140
Nitrato .....	140
Nitrito .....	140
Nitrógeno inorgánico total .....	140
Silicato reactivo .....	140

Fosfato .....	140
Proporción de nutrientes .....	140
III 3 2 3 FITOPLANCTON .....	140
Fitoplancton total .....	140
Abundancia relativa y general por grupo.....	152
Composición y abundancia de las comunidades fitoplanctónicas por grupos taxonómicos .....	152
Grupos Principales .....	152
Fitoflagelados .....	152
Cianofitas.....	152
Dinoflagelados.....	152
Diatomeas.....	152
Grupos Secundarios.....	152
Ciliado fotosintético <i>Mesodinium rubrum</i> .....	152
Silicoflagelados .....	152
Euglenoides .....	152
Riqueza específica .....	152
Diversidad .....	152
Dominancia.....	152
Composición de la comunidad fitoplanctónica por especie .....	152
Análisis comparativo entre las estaciones en función de la presencia de especies.....	152
Análisis comparativo de las estaciones de colecta en función de la abundancia de especies.....	152
Asociación entre especies .....	152
Relaciones fitoplancton-hidrología .....	152
Especies dominantes .....	152
<b>III 4.1 ESPECIES FORMADORAS DE MAREAS ROJAS.....</b>	<b>152</b>
III.4.1.1 ABUNDANCIA.....	152
<i>Mesodinium rubrum</i> .....	152
<i>Gymnodinium catenatum</i> .....	152
<i>Prorocentrum triestinum</i> .....	152
<i>Scrippsiella trochoidea</i> .....	160
<i>Prorocentrum dentatum</i> .....	160
<i>Ceratium furca</i> .....	160
<i>Ceratium dens</i> .....	160
<i>Gymnodinium sanguineum</i> .....	160
<i>Noctiluca scintillans</i> .....	160
III.4.1.2 RELACIONES DE ESPECIES FORMADORAS DE MAREAS ROJAS-CALIDAD DEL AGUA .....	160
III.5 ESTADO TRÓFICO DE LA BAHÍA DE MAZATLÁN.....	160
III.5.1 APLICACIÓN DE UNA ESCALA DE NUTRIENTES.....	160
III 5 2 BALANCE ESTEQUIOMÉTRICO DE NUTRIENTES .....	160
III 5 3 ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD .....	163
III 5 4 ÍNDICE DE NUTRIENTES.....	163
III 5 5 DESCARGA DE NUTRIENTES .....	163
<b>IV CONCLUSIONES.....</b>	<b>164</b>

ANEXOS

Tabla 1 Relación de muestras colectadas mensualmente en las estaciones 1 y 2, la profundidad en metros.....	I
Tabla 2 Calendario de colecta de muestras de mareas rojas, estaciones 1, 2 y 3, la profundidad en metros.....	I
Tabla 3 Datos de colecta de muestras del sondeo del emisor en el invierno y en el verano.....	I
Tabla 4 Intervalos y valores medios de hidrología y nutrientes en cuerpos de agua costeros del Pacífico Mexicano.....	II
Tabla 5 Tabla de especies permanentes.....	III
Tabla 6 Tabla de especies frecuentes.....	IV
Tabla 7 Tabla de especies raras.....	VI
Tabla 8 Tabla de especies dominantes, estaciones 1 y 2.....	VIII
Tabla 9 Asociación de especies, estaciones 1 y 2.....	IX
Tabla 10 Análisis de componentes principales (PCA) estaciones 1 y 2.....	X
Tabla 11 Análisis de componentes principales (PCA) estación 1.....	XI
Tabla 12 Análisis de componentes principales (PCA) estación 2.....	XII
Tabla 13 Hidrología del período de mareas rojas invierno-primavera de 1995.....	XIII
Tabla 13 Nutrientes y fitoplancton total.....	XIV
Tabla 14 Especies permanentes.....	XV
Tabla 15 Especies frecuentes.....	XV
Tabla 16 Especies raras.....	XVII
Tabla 17 Especies dominantes según índice general promedio de Picard (1965).....	XVIII
Tabla 18 Asociación de especies en el período de mareas rojas invierno-primavera 1995.....	XIX
Tabla 19 Análisis de componentes principales (PCA) estación 1. Período de mareas rojas invierno-primavera 1995.....	XX
Tabla 20 Análisis de componentes principales (PCA) estación 2.....	XXI
Tabla 21 Análisis de componentes principales (PCA) estaciones 1 y 2.....	XXII
Tabla 22 Eventos de mareas rojas, duración, especies dominantes y sitios de observación de 1995 y 1996.....	XXIII
Tabla 23 Permanencia (en días) de las mareas rojas observadas en 1995 y 1996.....	XXIII
Tabla 24 Meses en que se presentaron los eventos de mareas rojas de 1995 y 1996.....	XXIII
Tabla 25 Hidrología del período de mareas rojas invierno-primavera 1996.....	XXIV
Tabla 25. Nutrientes y fitoplancton total para el período de mareas rojas invierno-primavera 1996.....	XXV

Tabla 26 Especies permanentes en las estaciones 1 y 2.....	XXVI
Tabla 27 Especies frecuentes.....	XXVII
Tabla 28 Especies raras.....	XXVIII
Tabla 29 Especies dominantes. Especies dominantes según índice general promedio de Picard (1965).....	XXIX
Tabla 30 Coeficientes de asociación de entre especies dominantes de las estaciones 1 y 2.....	XXIX
Tabla 31 Análisis de componentes principales (PCA), estación 1.....	XXX
Tabla 32 Análisis de componentes principales (PCA), estación 2.....	XXXI
Tabla 33 Análisis de componentes principales (PCA), estaciones 1 y 2.....	XXXII
Tabla 34 Hidrología, nutrientes y fitoplancton total del período de mareas rojas de agosto de 1996.....	XXXIII
Tabla 35 Especies permanentes.....	XXXIV
Tabla 36 Especies frecuentes.....	XXXIV
Tabla 37 Especies raras.....	XXXV
Tabla 38 Especies dominantes según índice general promedio de Picard (1965).....	XXXVI
Tabla 39 Coeficientes de asociación y valores chi-cuadrada de especies dominantes. Período de mareas rojas de agosto de 1996.....	XXXVI
Tabla 40 Análisis de componentes principales (PCA). Período de mareas rojas de agosto de 1996.....	XXXVII
Tabla 41 Hidrología, nutrientes y fitoplancton total del sondeo del emisor en invierno (11 de marzo de 1996).....	XXXVIII
Tabla 42 Especies permanentes en el emisor del invierno (11 de marzo de 1996).....	XXXIX
Tabla 43 Especies frecuentes en el emisor del invierno (11 de marzo de 1996).....	XXXIX
Tabla 44 Especies raras en el emisor del invierno (11 de marzo de 1996).....	XL
Tabla 45 Especies dominantes según Índice gral. promedio de (Picard, 1965) en el emisor en invierno (11 de marzo de 1996).....	XLI
Tabla 46 Coeficientes de asociación y valores de chi-cuadrada de especies dominantes del emisor en invierno.....	XLI
Tabla 47 Análisis de componentes principales (PCA) para las especies dominantes y las variables de calidad de agua en el emisor en el invierno (11 de marzo de 1996).....	XLII
Tabla 48 Hidrología del sondeo del emisor de verano (16 de agosto de 1996).....	XLIII
Tabla 49 Especies permanentes en el emisor del verano (16 de agosto de 1996).....	XLIV
Tabla 50 Especies frecuentes en el emisor de verano (16 de agosto de 1996).....	XLIV
Tabla 51 Especies raras en el emisor del verano (16 de agosto de 1996).....	XLV
Tabla 52 Especies dominantes según el índice general promedio de Picard (1965). Emisor del verano (16 de agosto de 1996).....	XLVI

Tabla 53 Coeficientes de asociación de especies dominantes y valores chi-cuadrado al 95% de confianza. Emisor del verano (16 de agosto de 1996).....	XLVI
Tabla 54 Coeficientes de correlación del análisis de componentes principales (PCA) para las especies dominantes. Emisor del verano (16 de agosto de 1996).....	XLVII
Tabla 55 Especies formadoras de mareas rojas y su frecuencia en la bahía de Mazatlán.....	XLVIII
Tabla 56 Especies permanentes en el ciclo de estudio, incluyendo los períodos de mareas rojas. ....	XLVIII
Tabla 57 Especies frecuentes en el ciclo de estudio, incluyendo los períodos de mareas rojas.....	XLIX
Tabla 58 Especies raras en el ciclo de estudio, incluyendo los períodos de mareas rojas.....	L
Tabla 59 Especies dominantes según índice general promedio. Ciclo de estudio, incluyendo el período de mareas rojas.....	LII
Tabla 60 Análisis de componentes principales (PCA) para las especies formadoras de mareas rojas en la bahía y las variables de calidad de agua Ciclo de estudio, incluyendo período de mareas rojas.....	LIII
Tabla 61 Escala de nutrientes propuesta por Ignatiades <i>et al.</i> (1992).....	LIV
Tabla 62 Media de la concentración de nutrientes en este estudio y comparación con el intervalo al 95% de confianza de la escala de nutrientes (Ignatiades <i>et al.</i> 1992). ....	LIV
Tabla 63 Balance estequiométrico de nutrientes para los diferentes grupos de estaciones, según Justic <i>et al.</i> (1995).....	LV
Tabla 64 Índice de nutrientes para el ciclo de estudio, estaciones 1 y 2 (Período del 9 de febrero de 1995 al 12 de agosto de 1996).....	LVI
Tabla 65 Índice de nutrientes para los sondeos del emisor en el invierno y verano juntos (11 de marzo y 16 de agosto de 1996) y estaciones 1, 2 y 3 (11 de marzo y 12 y 19 de agosto).....	LXVI

Fig. 1 Localización del área de estudio.....	8
Fig. 2 Localización de las estaciones de colecta de muestras.....	10
Fig. 3 Variación estacional de la temperatura, sigma-t y oxígeno disuelto en las aguas en las estaciones 1 y 2.....	16
Fig. 4 Variación estacional de la concentración de sólidos suspendidos totales, amonio, nitrato y nitrito en las estaciones 1 y 2.....	18
Fig. 5 Variación estacional de la concentración de nitrógeno inorgánico total, silicato reactivo y fosfato inorgánico de las estaciones 1 y 2.....	21
Fig. 6 Variación estacional de la abundancia total fitoplanctónica y de la abundancia relativa general por grupo fitoplanctónico para las estaciones 1 y 2.....	25
Fig. 7 Variación estacional de la abundancia fitoplanctónica de diatomeas, dinoflagelados, fitoflagelados y <i>Mesodinium rubrum</i> en las estaciones 1 y 2.....	29
Fig. 8 Variación estacional de la abundancia de silicoflagelados, cianofitas y euglenofitas en las estaciones 1 y 2.....	31
Fig. 9 Variación estacional de la riqueza específica, índice de diversidad de Shannon-Weiner e índice de dominancia de Simpson para las estaciones 1 y 2.....	33
Fig. 10 Dendograma de similitud entre las estaciones 1 y 2 en función de la presencia de las especies encontradas en el invierno y verano y en la temporada de lluvias y de secas en las estaciones 1 y .....	35
Fig. 11 Dendograma de similitud entre las estaciones 1 y 2 en función de la abundancia de las especies en invierno y verano y la temporada de lluvias y secas en las estaciones 1 y 2.....	36
Fig. 12 Coeficientes de correlación del análisis de componentes principales (PCA) para las estaciones 1 y 2.....	38
Fig. 13 Coeficientes de correlación del análisis de componentes principales (PCA) para la estación 1.....	41
Fig. 14 Coeficientes de correlación del análisis de componentes principales (PCA) para la estación 2.....	43
Fig. 15 Variación de la temperatura, salinidad, sigma-t y oxígeno disuelto en las estaciones 1 y 2. Período de mareas rojas invierno-primavera 1995.....	46
Fig. 16 Variación de la concentración de sólidos suspendidos totales, amonio, nitrato y nitrito en las estaciones 1 y 2. Período de mareas rojas invierno primavera 1995.....	47
Fig. 17 Variación de la concentración de nitrógeno inorgánico total, silicato reactivo y fosfato inorgánico. Período de mareas rojas invierno-primavera 1995.....	50

Fig. 18 Variación de la abundancia fitoplanctónica total y de la abundancia relativa general por grupo para las estaciones 1 y 2. Período de mareas rojas invierno-primavera 1995.....	52
Fig. 19 Variación de la abundancia de diatomeas, dinoflagelados, fitoflagelados, y <i>Mesodinium rubrum</i> . Período de mareas rojas invierno-primavera de 1995.....	54
Fig. 20 Variación de la abundancia de los silicoflagelados, células no identificadas, euglenoides y cianofitas. Período de mareas rojas invierno-primavera 1995.....	56
Fig. 21 Variación de la riqueza específica, índice d Shannon-Weiner y dominancia Período de mareas rojas invierno-primavera 1995.....	58
Fig. 22 Dendograma de similitud en función de la presencia y de la abundancia de especies presentes. Período de mareas rojas invierno-primavera de 1995.....	59
Fig. 23 Coeficientes de correlación del análisis de componentes principales (PCA) Estación 1. Período de mareas rojas invierno-primavera 1995.....	62
Fig. 24 Coeficientes de correlación del análisis de componentes principales (PCA) Estación 2. Período de mareas rojas invierno-primavera 1995.....	64
Fig. 25 Coeficientes de correlación del análisis de componentes principales (PCA) Estaciones 1 y 2. Período de mareas rojas invierno-primavera 1995.....	65
Fig. 26 Variación de la dirección, velocidad del viento dominante y duración de los Eventos de mareas rojas en el período invierno-primavera de 1995.....	68
Fig.27 Variación de la temperatura, salinidad, sigma-t y oxígeno disuelto en las estaciones 1 y 2. Período de mareas rojas invierno-primavera 1996.....	71
Fig. 28 Variaciones de la concentración de los sólidos suspendidos totales, amonio, nitrato y nitrito en las estaciones 1 y 2. Período de mareas rojas invierno-primavera 1996.....	73
Fig. 29 Variaciones de la concentración de nitrógeno inorgánico total, silicato reactivo y fosfato inorgánico, en las estaciones 1 y 2. Período de mareas rojas invierno-primavera 1996.....	75
Fig. 30 Variación de la abundancia total fitoplanctónica (A) y la abundancia relativa general por grupo (B) en las estaciones 1 y 2. Período de mareas rojas 1996.....	78
Fig. 31 Variación de la abundancia fitoplanctónica de las diatomeas, dinoflagelados, fitoflagelados y el ciliado fotosintético <i>Mesodinium rubrum</i> en las estaciones 1 y 2. Período de mareas rojas 1996.....	80
Fig. 32 Variación de la abundancia fitoplanctónica de los silicoflagelados, células no identificadas, euglenoides y cianofitas. Período de mareas rojas invierno-primavera 1996.....	81

Fig. 33 Variación de la riqueza específica, índice de diversidad de Shannon-Weiner e índice de dominancia para las estaciones 1 y 2. Período de mareas rojas 1996.....	83
Fig. 34 Dendograma de similitud entre las estaciones 1 y 2 en función de la presencia (A) y de la abundancia (B) en las estaciones 1 y 2. Período de mareas rojas 1996.....	85
Fig. 35 Coeficientes de correlación del análisis de componentes principales (PCA) para la estación 1. Período de mareas rojas 1996.....	87
Fig. 36 Coeficientes de correlación del análisis de componentes principales (PCA) de la estación 2. Período de mareas rojas 1996.....	90
Fig. 37 Coeficientes de correlación del análisis de componentes principales (PCA) para las estaciones 1 y 2 en conjunto. Período de mareas rojas 1996.....	91
Fig. 38 Variación de la dirección (A), velocidad (B) del viento dominante diario y duración de eventos de marea roja (C) en el período de mareas rojas invierno-primavera de 1996.....	93
Fig. 39 Variaciones de temperatura (A), salinidad (B), sigma-t (C), oxígeno disuelto (D), sólidos suspendidos totales (E), amonio (F), nitrato (G) y nitrito (H) Período de mareas rojas de agosto de 1996.....	95
Fig. 40 Variaciones espaciales de nitrógeno inorgánico total (A), silicato reactivo (B) y fosfato inorgánico (C). Período de mareas rojas de 1996.....	99
Fig. 41 Variación espacial de la abundancia fitoplanctónica total (A) y de la abundancia relativa general por grupo (B). Mareas rojas de agosto de 1996.....	101
Fig. 42 Variación de la abundancia de los : fitoflagelados (A), dinoflagelados (B), cianofitas (C) y diatomeas (D). Mareas rojas de agosto 1996.....	103
Fig. 43 Variación espacial de las: células no identificadas (A), el ciliado fotosintético <i>M. rubrum</i> (B), silicoflagelados (C) y euglenoides (D), en el período de mareas rojas de agosto de 1996.....	105
Fig. 44 Variación espacial de la riqueza específica (A), índice de diversidad de Shannon-Weiner (B) e índice de dominancia de Simpson (C). Mareas rojas de agosto de 1996.....	106
Fig. 45 Dendograma de similitud entre las estaciones 1, 2, 3 y las del emisor en función de la presencia (A) y de la abundancia (B) de las especies.....	108
Fig. 46 Coeficientes de correlación del análisis de componentes principales (ACP), Mareas rojas de agosto de 1996.....	110

Fig. 47 Variación de la dirección (A), velocidad (B) del viento dominante diario y duración de los eventos de marea roja (C) en el período de mareas rojas de agosto de 1996.....	113
Fig. 48 Variación espacial de la temperatura (A), salinidad (B), sigma-t (C) y oxígeno disuelto (D) en el sondeo del emisor en el invierno (11 de marzo de 1996).....	115
Fig. 49 Variación espacial de los sólidos suspendidos totales (A), amonio (B), nitrato (C) y nitrito (D). Sondeo del emisor en invierno (11 de marzo de 1996).....	118
Fig. 50 Variación espacial del nitrógeno inorgánico total (A), silicato reactivo (B) y fósforo inorgánico (C). Sondeo del emisor en el invierno (11 de marzo de 1996).....	120
Fig. 51 Variación espacial del fitoplancton total (A) y de la abundancia relativa general (B). Sondeo del emisor en el invierno (11 de marzo de 1996).....	122
Fig. 52 Variación espacial de la abundancia fitoplanctónica de las cianofitas (A), diatomeas (B), fitoflagelados (C) y dinoflagelados (D). Sondeo del emisor en el invierno (11 de marzo de 1996).....	123
Fig. 53 Variación espacial de las células no identificadas (A), silicoflagelados (B), ciliado fotosintético <i>Mesodinium rubrum</i> (C) y euglenoides. Sondeo del emisor en el invierno (11 de marzo de 1996).....	125
Fig. 54 Índice de riqueza de especies (A), índice de diversidad de Shannon-Weiner (B) e índice de dominancia de Simpson (C). Sondeo del emisor en el invierno (11 de marzo de 1996).....	126
Fig. 55 Dendograma de similitud entre las estaciones del emisor del invierno y su profundidad, en función de la presencia (A) y abundancia (B) de las especies. Sondeo del emisor en el invierno (1996).....	128
Fig. 56 Coeficientes de correlación del análisis de componentes principales (PCA). Sondeo del emisor en el invierno (11 de marzo de 1996).....	130
Fig. 57 Variación espacial de la temperatura (A), salinidad (B), sigma-t (C) y oxígeno disuelto (D) a 0.5 y 10 m de profundidad. Sondeo del emisor del verano (16 de agosto de 1996).....	133
Fig. 58 Variación espacial de sólidos suspendidos totales (A), amonio (B), nitrato (C) y nitrito (D). Sondeo del emisor del verano (16 de agosto de 1996).....	135
Fig. 59 Variación del nitrógeno inorgánico total (A), silicato reactivo (B) y fosfato inorgánico (C) Sondeo del emisor del verano (16 de agosto de 1996).....	137
Fig. 60 Variación espacial del fitoplancton total (A) y abundancia relativa general por grupo (B). Sondeo del emisor del verano (16 de agosto de 1996).....	139

Fig. 61 Variación espacial de la abundancia del grupo de los fitoflagelados no identificados (A), cianofitas (B), dinoflagelados (C) y diatomeas (D). Sondeo de verano (16 de agosto de 1996).....	141
Fig. 62 Variación espacial de las células no identificadas (A), ciliado fotosintético <i>Mesodinium rubrum</i> (B), silicoflagelados (C) y euglenoides (D). Sondeo del emisor del verano (16 de agosto de 1996).....	143
Fig. 63 Riqueza específica (A), índice de diversidad de Shannon-Weiner (B) e índice de dominancia de Simpson (C). Sondeo del emisor del verano (16 de agosto de 1996).....	144
Fig. 64 Comparación de estaciones de colecta en función de la presencia (A) y de la abundancia (B) de las especies. Sondeo del emisor de verano (16 de agosto de 1996).....	145
Fig. 65 Análisis de componentes principales (PCA) de la abundancia de las especies dominantes y las variables de calidad de agua . Sondeo del emisor del verano (16 de agosto de 1996).....	148
Fig. 66 Variación de la abundancia de especies formadoras de mareas rojas: <i>Mesodinium rubrum</i> (A), <i>Gymnodinium catenatum</i> (B) y <i>Prorocentrum triestinum</i> (C). Ciclo de estudio, incluyendo el período de mareas rojas.....	151
Fig. 67 Variación de la abundancia de <i>Scrippsiella trochoidea</i> (A), <i>Prorocentrum dentatum</i> (B) y <i>Ceratium furca</i> (C). Ciclo de estudio, incluyendo el período de mareas rojas .....	153
Fig. 68 Variación de la abundancia de <i>Ceratium dens</i> (A), <i>Gymnodinium sanguineum</i> (B) y <i>Noctiluca scintillans</i> (C). Ciclo de estudio, incluyendo el período de mareas rojas.....	155
Fig. 69 Coeficientes de correlación para el análisis de componentes principales (PCA) para las especies formadoras de mareas rojas y las variables de calidad de agua. Ciclo de estudio, incluyendo el período de mareas rojas .....	157
Fig. 70 Proporciones atómicas de nitrógeno inorgánico total (N), fósforo inorgánico (P) y silicato reactivo (Si) para los diferentes grupos de estaciones.....	159
Fig. 71 Frecuencia del índice de diversidad de Shannon-Weiner en los diferentes grupos de estaciones.....	160
Fig. 72 Mapa del estado trófico de la zona circundante a la planta de tratamiento en el sondeo del emisor en el invierno y en el verano, así como de las estaciones 1, 2 y 3. ....	162

# I. INTRODUCCIÓN

El fitoplancton es la base de la cadena alimenticia en el océano y comprende entre 3365 y 4024 especies de las cuales, según Sournia (1995), se han identificado de 184 a 267 especies que forman mareas rojas y de 60 a 78 especies que tienen la capacidad de ser nocivas; de éstas, la mayoría son dinoflagelados y en menor proporción rafidofíceas, primnesiofitas y diatomeas. Anderson (1994) explica que un florecimiento se forma cuando esas células fotosintetizan y se multiplican rápidamente, convirtiendo los nutrientes disueltos y la luz solar en biomasa vegetal. La reproducción de las especies de microalgas que forman parte del fitoplancton es predominantemente asexual, en la cual una célula da origen a dos células iguales. Por este motivo la progresión del aumento de la concentración celular es de tipo geométrico y el tamaño de la población puede incrementarse rápidamente: un mililitro puede contener diez o cientos de miles de células y el fenómeno puede percibirse visualmente y en ocasiones ser catastrófico.

Cuando los nutrientes en el agua de mar son agotados, algunas especies de dinoflagelados se reproducen por vía sexual y el cigoto o la célula resultante se rodea de una pared espesa, formando células resistentes llamadas quistes o esporas que se depositan en el fondo, en donde pueden permanecer de esa manera por años, hasta que las condiciones son favorables para su crecimiento. En este caso, los quistes germinan y surgen células móviles con capacidad de migración en la columna de agua, lo cual es importante para comprender la adaptación de estos organismos a aguas estratificadas y su papel en la formación de mareas rojas. Algunas de estas especies son capaces de desarrollarse en ambientes con escasos nutrientes, compitiendo favorablemente con otras más exigentes.

Mundialmente ocurren florecimientos algales en distintos cuerpos de agua, formando manchas superficiales, visibles en esteros, bahías o en el océano. Estos fenómenos, conocidos como mareas rojas, generalmente son debidos a surgencias o a eutroficación<sup>1</sup> y no se comportan cíclicamente como los florecimientos primaverales de las zonas templadas; ambos pueden contribuir al aumento de la productividad natural de la zona (Small *et al.*, 1981; Vargo *et al.*, 1987) y pueden ser o no nocivas (Shumway, 1990). Las nocivas producen toxinas específicas que afectan e impactan la salud del hombre. Las no nocivas, pueden causar fenómenos de anoxia o gran mortalidad de animales filtradores a causa de la obstrucción de sus branquias, ambas ocasionan grandes pérdidas económicas en la acuicultura, turismo y pesquerías.

Hallegraeff (1993) en su revisión sobre mareas rojas explica que son fenómenos naturales que han ocurrido a través de la historia. No obstante, en las últimas dos décadas la frecuencia de aparición de estos eventos ha aumentado, al igual que su permanencia, intensidad, toxicidad y extensión geográfica, afectando la salud y la economía. Este autor señala cuatro razones para explicar el aumento de mareas rojas: (1) se ha alcanzado un mayor conocimiento científico de especies nocivas en más lugares del mundo; (2) hay una creciente utilización de las aguas costeras en la acuicultura lo cual provoca eutroficación; (3) la estimula-

---

<sup>1</sup> Eutroficación: "incremento en la tasa de suministro de materia orgánica al ecosistema". La eutroficación puede resultar por procesos naturales o como resultado de actividades humanas (eutroficación cultural) (Nixon, 1995).

ción del fitoplancton costero se debe a eutroficación antropogénica y/o condiciones climáticas inusuales y (4) ha aumentado el transporte de quistes resistentes de dinoflagelados por barcos o por peces migratorios. En cuanto a la explicación del aumento de la distribución geográfica de algunas especies, la hipótesis que ha ganado mayor consenso es que se debe al transporte de dinoquistes llevados en el agua de lastre en los barcos hacia otras regiones.

Silva *et al.* (1987), Zaouali (1990), Wu *et al.* (1990), Cannon (1990), Marasovic *et al.* (1991), Lee (1991), Devassy *et al.* (1991) y Sin *et al.* (1992), entre otros, documentan que la eutroficación antropogénica por desechos domésticos, industriales y de agricultura, induce a una mayor permanencia de mareas rojas tóxicas. La composición de nutrientes de aguas municipales tratadas nunca llega a ser igual a la de las aguas costeras donde son descargadas y las tasas de alteración de los nutrientes en aguas costeras pueden favorecer florecimientos de flagelados tóxicos, los cuales pueden reemplazar los *blooms* primaverales y de otoño de las diatomeas. Además, a causa de la eutroficación, especies consideradas no tóxicas se exponen a regímenes inusuales de nutrientes y pueden desarrollar toxicidad, como es el caso de *Chrysochromulina* sp., *Pseudo-nitzschia pungens* f. *multiseries* y *Prymnesium parvum* (Hallegraeff, 1993).

Algunos miembros del fitoplancton que forman mareas rojas, como los dinoflagelados *Gonyaulax polygramma*, *Noctiluca scintillans*, *Scrippsiella trochoidea* y cianobacterias como *Oscillatoria erythraea*, pueden causar mortalidades masivas de organismos bentónicos, como algunos peces y moluscos, por el abatimiento del oxígeno disuelto (Hallegraeff, 1993). Según el mismo autor, las toxinas asociadas a especies fitoplanctónicas, principalmente a dinoflagelados, pueden ser muy potentes: los moluscos filtradores, al alimentarse de algas, acumulan las toxinas y se convierten en vectores de distintas formas de intoxicación parálitica por mariscos en el hombre (PSP<sup>2</sup>) producida por *Alexandrium acatenella*, *A. catenella*, *A. cohorticula*, *A. fundyense*, *A. fraterculus*, *A. minutum*, *A. tamarense*, *Gymnodinium catenatum* y *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*.

La intoxicación diarreica por bivalvos (DSP<sup>3</sup>) se ha señalado desde 1976, provocada principalmente por dinoflagelados del género *Dinophysis*, por *Prorocentrum lima*, *P. mexicanum* y más recientemente por *Protoperidinium oceanicum* y *P. pellucidum* en Europa, Japón, Chile, Tailandia, Nueva Escocia y posiblemente Tasmania y Nueva Zelanda. La intoxicación neurotóxica por moluscos (NSP<sup>4</sup>) causada por el dinoflagelado *Gymnodinium breve* y la intoxicación amnésica por mariscos (ASP<sup>5</sup>), identificadas desde 1987, son producidas por diatomeas del género *Pseudo-nitzschia*, como *P. pungens* f. *multiseries*, *P. pseudodelicatissima* y *P. pseudoseriata* (*Pseudo-nitzschia australis*), que producen la toxina después de una fase de crecimiento estacionario debido a la deficiencia de fosfato o silicato, como se ha presentado en las costas de Canadá (Hallegraeff, 1993).

Otras especies tóxicas como *Gonyaulax monilata*, no provocan toxicidad en moluscos porque los bivalvos no filtran cuando estas especies se hallan presentes (Steidinger *et al.*, 1981). Hay especies como *Alexandrium tamarense*, *A. excavata*, *Gymnodinium catenatum*, *Pyrodinium*

---

<sup>2</sup> Por sus iniciales en inglés *Paralytic Shellfish Poisoning*

<sup>3</sup> Ídem. *Diarrhetic Shellfish Poisoning*

<sup>4</sup> Ídem. *Neurotoxic Shellfish Poisoning*

<sup>5</sup> Ídem. *Amnesic Shellfish Poisoning*

*bahamense* var. *compressum* cuyas toxinas se acumulan en especies que no son consideradas como vectores, como gasterópodos carnívoros, excavadores y en crustáceos (Shumway, 1995). En México, el dinoflagelado *Gymnodinium brevis* ha provocado mortalidades considerables de peces en el Golfo de México (Cortés-Altamirano *et al.*, 1995b). Otro dinoflagelado, *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* produce toxicidad en moluscos, provocando numerosas muertes humanas en el suroeste de nuestro país (Alonso *et al.*, 1996). El hombre es intoxicado por la ingestión de moluscos expuestos a algas nocivas, con efectos que van desde malestares estomacales y adormecimiento, hasta provocar la muerte.

Según Orellana y Morales (1994), la eutroficación puede ser natural o antropogénica; la natural es la debida a las surgencias que se producen con la llegada de nutrientes desde aguas profundas a niveles fóticos superficiales, la eutroficación antropogénica provoca el aumento de nutrientes inorgánicos y orgánicos en el agua y esto tiene como consecuencia crear un sustrato de nutrientes para la proliferación de microorganismos. Éstos, debido a la oxidación de su biomasa y a su respiración, pueden causar una disminución de la concentración del oxígeno disuelto lo cual altera las propiedades químicas y físicas del agua. Es común, por ejemplo, que disminuya su transparencia y que por esto disminuya la cantidad de luz que penetra en el agua, lo cual origina cambios en la actividad fotosintética. La capacidad de utilización de nutrientes en condiciones eutróficas no es igual para todas las especies de fitoplancton, lo cual causa alteraciones en la comunidad, disminuyendo su biodiversidad y alterando las sucesiones naturales. A esto se agrega la frecuente presencia de otros compuestos antropogénicos, como pesticidas y metales pesados, que tiene resultados análogos ya que estos son tóxicos para muchas especies, mientras que otras tienen la capacidad de bioacumularlos.

La intermitente aparición y desaparición de las manchas de marea roja se explica por los vientos, las corrientes, los cambios de temperatura y otros factores que provocan turbulencias, las cuales pueden restablecer las condiciones de disponibilidad de fósforo y nitrógeno a la normalidad (Walton, 1949). Rounsefell (1966) agrega que los dinoflagelados tienden a multiplicarse después de las diatomeas, cuando disminuye la concentración de nutrientes, ya que los dinoflagelados pueden crecer en medios con bajas concentraciones de fosfatos y nitratos.

Otros factores que pueden determinar la formación y el mantenimiento de una marea roja fueron observados por Margalef (1956), quien señaló que las mayores concentraciones de *Gonyaulax polyedra* se presentan en superficie, en condiciones de estabilidad vertical de la columna de agua y describió a las mareas rojas como comunidades transitorias, que persisten por un periodo relativamente largo solamente cuando existe un suministro horizontal de nutrientes en superficie (Margalef, 1989).

Grindley y Taylor (1968) encontraron en False Bay una correlación de 0.634 entre la velocidad del viento, la intensidad de la surgencia y la aparición de mareas rojas; con 30 horas de viento se tiene la máxima correlación con la surgencia y pocas horas después aparecen las manchas. Rounsefell *et al.* (1966) indicaron una correlación de  $0.7817 \pm 0.0458$  entre la variación de la abundancia de *Gymnodinium breve* y la variación de salinidad, temperatura y horas de viento mensuales de más de 7 nudos de velocidad e indicaron al viento como factor principal de la aparición de manchas paralelas a la costa.

El desarrollo de la dinámica de las mareas rojas según Steidinger (1983) posee cuatro etapas para la producción de éstos eventos:

- 1) Iniciación: prerequisites, lecho de dinoquistes, mecanismos de disparo y el paso de estos del bentos al plancton.
- 2) Crecimiento acelerado, con denominadores comunes en las variables salinidad, temperatura y luz.

Logrado esto, la dominancia de la especie favorecida será detectada por la formación de manchas rojizas en el mar (o la coloración característica de la especie).

- 3) Mantenimiento por procesos físicos del fitoplancton de acuerdo a la concentración de nutrientes y estabilidad de la columna de agua.
- 4) Terminación por dispersión, con denominadores favorables a la especie dominante comunes en factores físicos e hidrológicos, sin descartar la posibilidad de depredación por zooplancton

Durante estas fases, los mecanismos físicos son los factores que determinan la concentración de microalgas responsables de las mareas rojas, cuya respuesta fototáctica puede por otro lado modificar la eficiencia de estos mecanismos.

Se han desarrollado numerosos métodos predictivos para las mareas rojas; algunos evaluados por Joyce *et al.* (1975) se refieren a las mareas rojas formadas por *Gymnodinium breve* en la costa occidental de Florida y Golfo de México. Baldrige (1975) propone la hipótesis de que el inicio de la marea roja es de origen cinético y que su intermitencia se debe a competitividad química y a factores físicos como la temperatura, que influye sobre la cinética de los procesos químicos y biológicos. Chew (1956) propone un índice de marea roja basada en la intensidad de la convergencia y en la temperatura y precipitación. Braarud (1962) propone un modelo explicativo del fenómeno de las mareas rojas que refuerza la importancia de la estabilidad vertical de la columna de agua, aunque considera varios factores que pueden influir sobre la dinámica de estos fenómenos y Hartwell (1975) encontró que las surgencias juegan un papel muy importante en el desarrollo de florecimientos de *Alexandrium tamarense* debido al ascenso de formas resistentes de esta especie por las surgencias locales hasta la superficie, donde encuentran suficientes nutrientes y luz, así como condiciones propicias de temperatura y salinidad para florecer.

La calidad del agua es la causa principal de la formación de mareas rojas, debido a que puede verse alterada por factores naturales o por la acción del hombre: el ascenso de masas de agua profundas transporta nutrientes y formas resistentes de dinoflagelados que pueden proliferar provocando mareas rojas. Tilstone *et al.* (1994) proponen que las surgencias y hundimientos secuenciales en bocas y bahías actúan como zonas de concentración y que por esto son mecanismos importantes de generación de mareas rojas en zonas costeras con surgencias.

## 1.1 ANTECEDENTES

Álvarez-Borrego y Lara-Lara (1991) mencionaron que el golfo de California tiene alta productividad, comparable a zonas de surgencias, ya que la circulación general de las aguas de fondo es hacia tierra y la de las aguas superficiales es mar afuera, por lo que aguas con alta concentración de nutrientes están cerca de la superficie y necesitan relativamente poca energía para ascender a la zona eufótica donde los nutrientes pueden ser utilizados por el fitoplancton. En el golfo, las surgencias ocurren en la costa oriental durante el invierno y primavera cuando dominan los vientos del noroeste y en la costa oeste durante el verano y otoño, cuando los vientos son del suroeste. Las mareas rojas en Guaymas son en invierno y en Mazatlán en inicios de primavera, periodos que coinciden con la época de surgencia, según los registros en Guaymas de 24 años y en Mazatlán de 16 años (Cortés-Altamirano *et al.*, 1995a). La ausencia de marea roja se relaciona con el fenómeno de "El Niño"; en Mazatlán, no se registró en 1982-1984 y 1992-1993, cuando este evento se clasificó como muy fuerte (González-López, 1994) y se confirmó que las corrientes cálidas impidieron el normal desarrollo de las mareas rojas, aunque su influencia se apreció solo en la entrada del golfo sin alcanzar a Guaymas. En Mazatlán el efecto de tropicalización impide la formación de surgencias, por lo tanto no suben dinoquistes a la superficie y no hay concentración de este tipo de organismos (Cortés-Altamirano *et al.*, 1995b).

Las mareas rojas en la bahía de Mazatlán son muy comunes, presentan un pico máximo en marzo, la mayoría no son tóxicas y más de la mitad tienen un tiempo de permanencia de uno a dos días. Son las mejor estudiadas en México, Mee *et al.* (1986) describieron una marea tóxica de 1979 y Morey-Gaines (1982) redescubrió al dinoflagelado *Gymnodinium catenatum* como causante de esa toxicidad. Cortés-Altamirano *et al.* (1992) registraron 44 mareas rojas de 1979 a 1990 con 8 especies dominantes, siendo la más frecuente *Mesodinium rubrum* que fue identificada como dominante en el 75% de los casos. Durante este periodo se presentaron mareas tóxicas en abril de 1979 y otras en marzo y abril de 1988, producidas por *Gymnodinium catenatum* acompañado de otras especies que representaron menos del 9% del total de fitoplancton en cada una. Cortés-Altamirano *et al.* (1995a) registraron como especie dominante en una marea roja en 1994 a *Prorocentrum dentatum*, mientras que en los eventos de "El Niño" de 1982-1984 la cianofita más común fue *Oscillatoria erythraea* (Cortés-Altamirano, 1984).

Según Cortés-Altamirano *et al.* (1995a) se ha observado una ligera disminución en la frecuencia relativa en las mareas rojas de la bahía de Mazatlán producidas por el ciliado *Mesodinium rubrum* mientras que los dinoflagelados *Gymnodinium catenatum*, *Scrippsiella trochoidea* y *Prorocentrum dentatum* mostraron una tendencia a aumentar. *G. catenatum* provocó 18 intoxicaciones y tres muertes en 1979 y 10 intoxicaciones por el consumo de ostión y almejas en 1980, mientras que en 1994 no hubo intoxicaciones ya que se tomaron medidas preventivas. En cuanto a la permanencia o duración en días de las mareas rojas, se ha notado un aumento de las que tienen duración de 1 a 3 semanas (Cortés-Altamirano *et al.*, 1998). El aumento de mareas rojas producidas por mayor número de especies de dinoflagelados dañinos, su toxicidad y la mayor permanencia de las mareas rojas ya se ha señalado en otras regiones y a escala mundial (Shumway, 1990; Hallegraeff, 1993).

Sumado a esto, se han encontrado en la bahía de Mazatlán altas concentraciones de fosfatos: de abril a junio de 1980 se observaron valores mínimos de  $0.36 \mu\text{M}$  (=micromoles  $\text{l}^{-1}$ ) y máximos de  $2.08 \mu\text{M}$  (Mee *et al.*, 1980). En otro estudio realizado cuatro años después, la con-

centración (promedio anual de superficie y 10 m de profundidad) de fosfato fue de  $0.87 \mu\text{M}$ ; nitrato  $0.7 \mu\text{M}$ ; nitrito  $0.20 \mu\text{M}$  y amonio  $3.2 \mu\text{M}$ , nitrógeno inorgánico total  $4.1 \mu\text{M}$  lo cual mostró la naturaleza eutrófica de la bahía. En el invierno, las altas concentraciones a 10 metros de profundidad llegan a ser de  $1.67 \mu\text{M}$  y se atribuyen a surgencias y al aporte de aguas residuales provenientes de la emisión directa del drenaje de la ciudad (Mee *et al.*, 1984), aunque hay semejanza entre la zona de emisión de la planta tratadora de aguas negras y otras zonas de la bahía debido a la homogeneidad de las masas de agua que confluyen en esta zona. De hecho, Cruz (1995) no encontró ninguna influencia de la presencia de los efluentes del emisor de aguas municipales sobre la productividad primaria y concluyó que el aporte de nutrientes urbanos no se refleja en la productividad primaria observada.

## **I.2 HIPÓTESIS**

Las mareas rojas son causadas por surgencias en los meses de transición entre invierno y primavera. Las aguas municipales tratadas que se vierten en la zona de la bahía aportan nutrientes durante todo el año, por lo cual es probable que se den condiciones adecuadas para que las mareas rojas se mantengan durante más tiempo por la disponibilidad de nutrientes, sin embargo, aún no se conoce si la fuente de aguas residuales es el centro de origen y dispersión de los florecimientos microalgales o si éstos son generalizados y de igual intensidad en toda la bahía.

## **I.3 JUSTIFICACIÓN**

Bajo el contexto anterior, el presente estudio pretende describir la variabilidad cuantitativa y cualitativa del fitoplancton en áreas selectas de la bahía con la finalidad de verificar la importancia de la aportación de nutrientes antropogénicos en el ciclo fitoplanctónico anual y en especial sobre la presencia y duración de algunos eventos de mareas rojas ocurridos en el periodo de febrero de 1995 a agosto de 1996.

## **I.4 OBJETIVOS**

### **I.4.1. GENERALES**

Conocer la variación estacional de los factores hidrológicos y de la composición de las comunidades fitoplanctónicas en las aguas de la zona sur de la bahía de Mazatlán.

Analizar si existen relaciones entre la ocurrencia de mareas rojas y las variables hidrológicas e hidroquímicas de una zona cercana al punto de emisión de la planta tratadora de aguas municipales de Mazatlán y en otros puntos de la bahía.

Evaluar el estado trófico de las aguas superficiales del área de estudio.

## **I.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Obtener información sobre las características hidrológicas e hidroquímicas de dos puntos en la bahía de Mazatlán, así como de otras variables que pudieran influir sobre la dinámica de las poblaciones fitoplanctónicas de la bahía.

Describir las variaciones en tiempo y espacio de las concentraciones de nutrientes durante el período de estudio en las estaciones y profundidades elegidas.

Estimar la abundancia y diversidad de las comunidades fitoplanctónicas en la zona de estudio mediante su análisis cualitativo y cuantitativo durante un período superior a un ciclo anual.

Analizar las variaciones de los factores estudiados en la temporada de mayor frecuencia de mareas rojas y en las manchas que se presenten en las estaciones elegidas durante el estudio.

Señalar las especies fitoplanctónicas formadoras de mareas rojas presentes en condiciones normales, en florecimientos primaverales y en mareas rojas, su abundancia y sus relaciones con las variables fisicoquímicas y meteorológicas en la zona de estudio.

Analizar la influencia de las aguas municipales descargadas de la ciudad sobre la calidad del agua y la composición de las comunidades fitoplanctónicas en la zona superficial circundante al emisor en invierno y en verano.

Describir y valorar el estado trófico de la porción sur de la bahía durante el período de estudio.

## **II MATERIAL Y MÉTODOS**

### **II.1 ÁREA DE ESTUDIO**

La bahía de Mazatlán se encuentra en el sur del estado de Sinaloa, entre los 23°15' y 23°11' de latitud norte y los 106°29' y 106°25' de longitud oeste, a 38 Km al sur del trópico de Cáncer, por lo cual se le considera zona subtropical; tiene aproximadamente una longitud de 13.5 Km de línea de costa y está delimitada hacia el oeste por la isobata de 15 m (Fig. 1).

El clima de la región es cálido subhúmedo con lluvias en verano del tipo Awo (w) (e), sin una clara distinción entre las estaciones del año, que en condiciones normales consisten fundamentalmente en una época de lluvias de julio a octubre y una de baja precipitación de noviembre a junio (García, 1973). La temperatura ambiente media anual es de 25 °C, las máximas temperaturas son de 34.3 °C en julio y las mínimas de 10.5 °C en enero. Los registros meteorológicos de 43 años mostraron un promedio anual de 748 mm de lluvia total (Anónimo, 1990), con máximos de 215.4 mm en octubre frecuentemente acompañados a finales del verano por huracanes y tormentas tropicales formadas en el Pacífico Nororiental. El índice promedio anual de evaporación durante este período es de 2146.8 mm (Anónimo, 1985).

La velocidad media de los vientos es de 5.2 m/s y la de los vientos máximos de 18.4 m/s (Roden, 1962). Los vientos predominantes son del W, NW y WNW alcanzando una velocidad promedio anual de 3.4 m/s. Las olas más frecuentes provienen del NW, N, SW en orden de importancia y las de mayor energía son las que vienen del SW y W, generadas por tormentas tropicales (Cabrera, 1988).

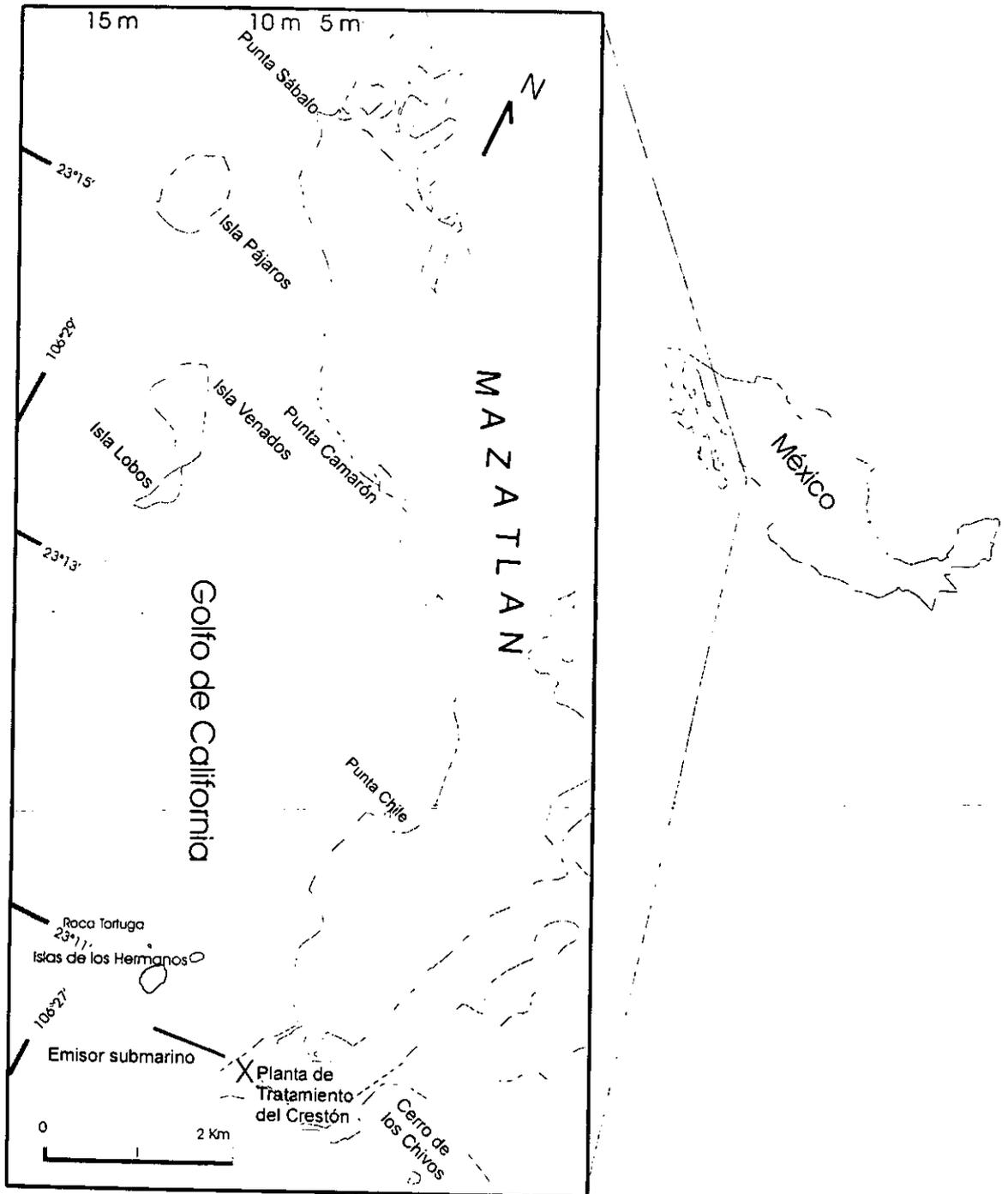


Figura 1. Localización del área de estudio

La temperatura media superficial del agua en la bahía de Mazatlán es de 25.5 °C, la temperatura máxima registrada es de 32.2 °C y la mínima de 14.4 °C. La salinidad media superficial es de 34.9 ‰, con un máximo de 37.6 y un mínimo de 5.8 ‰ (Anónimo, 1974).

La bahía de Mazatlán, situada en la entrada del golfo de California, es una zona de transición donde interaccionan tres masas de agua principales, transportadas por la corriente de California con agua fría y de baja salinidad ( $\leq 34.6$ ) que fluye hacia el sur de la costa occidental de Baja California, por la corriente del Pacífico Tropical con agua cálida y salinidad intermedia ( $34.5 \leq S \leq 34.85$ ) que fluye hacia el sureste de esta área y por la corriente del golfo de California que transporta agua cálida y de alta salinidad ( $S \geq 34.90$ ) (Parker, 1963; Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991).

La bahía está influenciada en verano por aguas tropicales oligotróficas provenientes del sur y en el invierno por surgencias inducidas por el viento. Hasta 1982, recibía sus aguas negras sin ningún tratamiento y las altas concentraciones de fosfato demostraron la naturaleza eutrófica de la bahía debida a estas aportaciones, reforzadas en el invierno por las condiciones predominantes de surgencia durante esa estación (Mee *et al.*, 1984).

Las poblaciones fitoplanctónicas de la bahía de Mazatlán, muestran abundancia semejante a la observada en mares templados con florecimientos en primavera y otoño (Boney, 1975), solo que en esta zona también se observan florecimientos en verano y el florecimiento primaveral coincide con la época de surgencias (Cortés-Altamirano *et al.*, 1981). Las especies fitoplanctónicas registradas en un ciclo anual en la bahía de Mazatlán son en su mayoría de aguas templadas y neríticas, entre las dominantes están *Lauderia annulata* en el invierno y *Nitzschia closterium* en primavera, en verano *Leptocylindrus danicus* seguido por *Oscillatoria thiebautii* y *Chaetoceros* spp.. En otoño se encuentra *Chaetoceros sociale* y *Leptocylindrus danicus*. En años de "El Niño" existe predominancia de diatomeas y silicoflagelados y la presencia de la cianofita *Oscillatoria erythraea* debido a la "tropicalización" del sistema (Cortés-Altamirano *et al.*, 1995b) ya que arriban masas de agua provenientes del ecuador, cálidas y pobres en nutrientes. Mazatlán es el límite norte de aguas tropicales y el límite sur para la mayoría de las especies endémicas del golfo de California (Parker, 1963).

## II.2 ESTACIONES DE MUESTREO

El muestreo se realizó con frecuencia mensual en dos estaciones seleccionadas por la ocurrencia de mareas rojas (Cortés-Altamirano *et al.*, 1992). La estación 1 se localizó a 23°11' y 106° 26' a una distancia de 0.5 km de la orilla, en el punto más cercano a la estación del ICMYL, un lugar donde se observa el fenómeno año con año y la estación 2 está a 23°11' y 106°27' a una distancia de la orilla de 2 km, tomando como referencia el mismo punto, la estación 2 se consideró como testigo ya que no se han observado manchas de mareas rojas en ese lugar y además porque se supone que no está bajo la influencia directa del emisor submarino de aguas domésticas del puerto (Fig. 2). En ambas, las profundidades de colecta fueron 0.5, 5 y 10 metros (Tabla 1).

Aparte de estas estaciones, durante el seguimiento del estudio se obtuvieron y analizaron muestras hidrológicas y de fitoplancton en manchas formadas durante el florecimiento primave-

ral o mareas rojas en la estación 3, ubicada cerca de la isobata de 5 m, por lo cual las profundidades de muestreo fueron 0.5, 2.5 y 5 metros (Tabla 2).

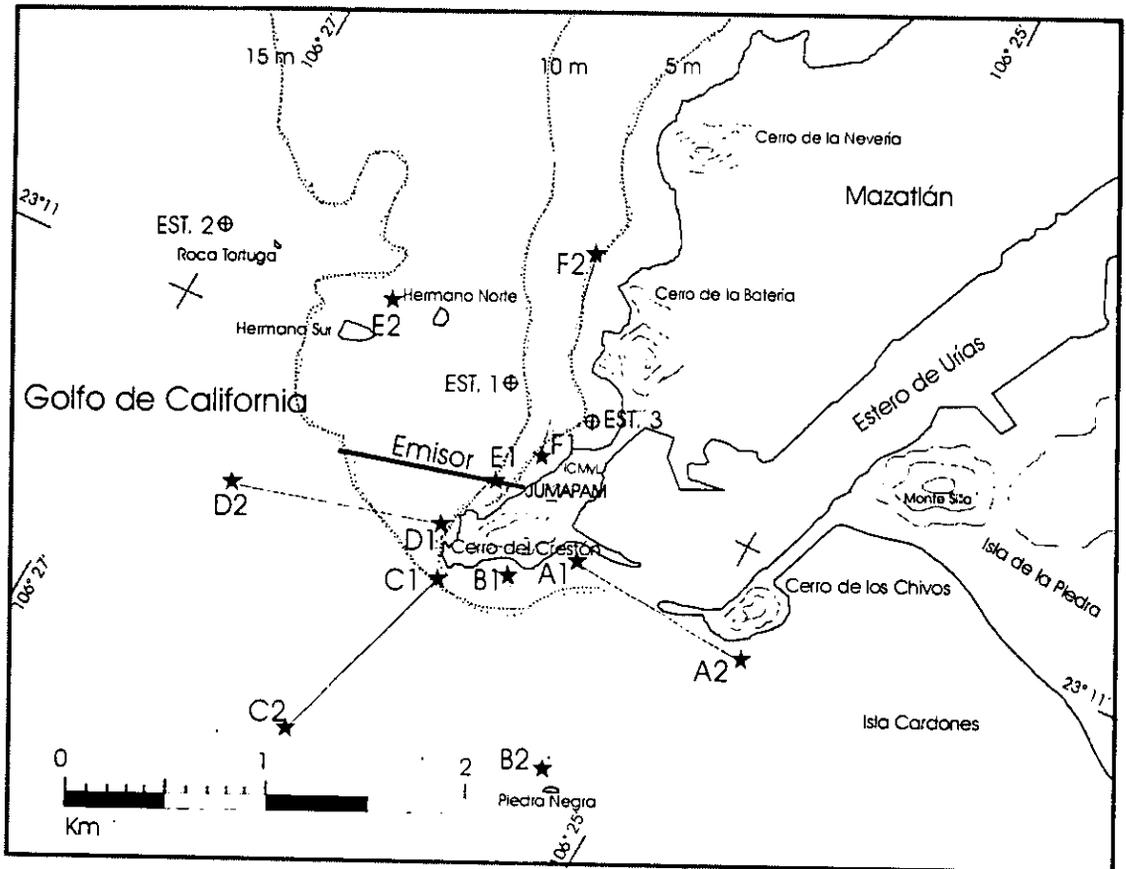


Figura 2. Localización de las estaciones de colecta de muestras.

La influencia que ejercen las descargas de aguas negras sobre las variables hidrológicas, observadas en la capa superficial en la zona circundante al Cerro del Crestón, donde se ubica la principal planta de tratamiento de Mazatlán, se estudió mediante un muestreo radial, las muestras fueron tomadas en la superficie y a 10 m de profundidad, analizándose todas las variables consideradas en el estudio. Estos sondeos se realizaron en dos situaciones, una en el invierno, el 11 de marzo de 1996 y otra en el verano el 16 de agosto de 1996 (Tabla 3, Fig. 2).

## II.3 COLECTA Y ANÁLISIS DE MUESTRAS

Las muestras se colectaron mensualmente de febrero de 1995 a agosto de 1996, con una botella tipo Van Dorn de 3 l de capacidad. Para la determinación de oxígeno disuelto y de fitoplancton se fijaron *in situ* dos submuestras, la primera en botella BOD de 300 ml con una solución de sulfato manganoso y otra de yoduro alcalino; la segunda submuestra, en envase de vidrio de 250 ml, se fijó con acetato-lugol. Otra parte de cada muestra de agua se llevó al laboratorio para su filtración empleando filtros Millipore de 0.45  $\mu\text{m}$  de diámetro de poro. El filtro se utilizó para determinar por vía gravimétrica la concentración de sólidos suspendidos y el filtrado sirvió para la determinación de nutrientes y de salinidad; para el análisis de nutrientes se conservó una submuestra en recipientes de polietileno de 100 ml por duplicado, preservada con 50  $\mu\text{l}$  de cloruro mercúrico al 0.04% y se mantuvo en refrigeración hasta su análisis (Kirkwood, 1992; Páez *et al.*, 1997). Las muestras para medición de la salinidad se conservaron en refrigeración en frascos de vidrio de 100 ml.

Las técnicas de análisis químicos utilizadas están basadas y adaptadas de los manuales de Strickland y Parsons (1972) y de Grasshoff *et al.* (1983), evaluadas y probadas previamente en la Estación Mazatlán del ICMYL-UNAM (Cortés-Altamirano *et al.*, 1995c; Páez-Osuna *et al.*, 1997).

La medición de la temperatura superficial del agua se realizó directamente con termómetro de cubeta con divisiones de 0.1 °C. La temperatura de 5 y 10 m se midió introduciendo el termómetro en la botella Van Dorn sin interferir con la toma de las otras muestras. La salinidad se midió con el método de Mohr-Knudsen modificado por Grasshoff *et al.* (1983), utilizando alícuotas de 2 ml. Para la determinación de oxígeno disuelto se usó el método de Winkler, en botellas BOD de 300 ml con alícuotas de 10 ml (Rosales, 1980).

Los sólidos suspendidos totales se midieron filtrando alícuotas apropiadas de muestras de agua (aproximadamente 2 l) a través de filtros Millipore HA, 0.45  $\mu\text{m}$  de diámetro previamente pesados y lavados con agua destilada después de la filtración de la muestra para evitar la presencia de sales, lo cual provocaría la sobreestimación de los sólidos suspendidos totales.

La determinación de amonio se llevó a cabo con una técnica modificada de fenol-hipoclorito (Grasshoff *et al.*, 1983; Páez-Osuna *et al.*, 1977); las alícuotas de 10 ml se tomaron sin filtración en frascos de vidrio con tapa, se fijaron directamente en el campo con fenol-etanol al 8% para evitar cambios en la concentración de amonio y se conservaron en refrigeración hasta su análisis en el laboratorio.

El nitrito se determinó con la reacción de Griess, en la cual el nitrito reacciona con aminos aromáticas formando un compuesto cuyo color es proporcional a la concentración de nitrito de la muestra (Grasshoff *et al.*, 1983). La determinación de nitrato reactivo se efectuó por el método de reducción de nitrato a nitrito con una columna de cadmio y la utilización de cloruro de amonio saturado como activador de la columna (Rosales, 1980; Grasshoff *et al.*, 1983).

El método para análisis de silicato se basa en la producción de un complejo de silicomolibdato amarillo desarrollado por una muestra ácida tratada con una solución de molibdato (Grasshoff *et al.*, 1983). La medición de fosfato reactivo se realizó mediante la formación de un

complejo de fosfomolibdato y su posterior reducción a complejos coloreados de azul (Strickland y Parsons, 1972; Grasshoff *et al.*, 1983).

Para el análisis cuantitativo del fitoplancton el agua se colectó con una botella Van Dorn de 3 litros de capacidad, se tomaron muestras de 250 ml en envase de vidrio que se fijaron con acetato-lugol en concentración 1:100 (Vollenweider, 1969); para el recuento se usaron submuestras previamente homogenizadas, permitiendo sedimentar durante 24 horas en cámaras volumétricas de 10 ml (Utermöhl, 1958). El conteo se hizo al microscopio con objetivos invertidos y en contraste de fases (Hasle, 1978). En las estaciones fijas se sedimentó 10 ml de muestra sin diluir, en las muestras con alta densidad de células, las de mareas rojas y de los emisores, se diluyó 1:10 ml. Se hizo el recuento del área total de la cámara para especies grandes con un aumento de 100X y dos transectos diametrales a 160X; la identificación se realizó observando con aumento de 400X.

La identificación de las especies se apoyó en publicaciones especializadas en mareas rojas y listados de especies que han sido registradas en la bahía de Mazatlán (Cortés-Altamirano *et al.*, 1981; Rojas-Trejo, 1984; Priego, 1985; Caballasi-Flores, 1985), en el golfo de California (Cupp *et al.*, 1938; Cupp, 1943; Balech, 1974; Hernández-Becerril, 1985, 1987a, b, 1988a, c, 1989; Tomas, 1993; Licea *et al.*, 1995; Moreno *et al.*, 1996) y en manuales generales como el de Yasuwo *et al.* (1990) y Delgado y Fortuño (1991),

## II.4 TRATAMIENTO DE DATOS

Los datos generados tanto los hidrológicos como de nutrientes, se procesaron y graficaron con la hoja de cálculo *Excel'97*, los análisis exploratorios se realizaron con este mismo paquete además del *Statistica* versión 5.

La riqueza específica se expresó como número total de especies en la comunidad por cada muestra, (Franco *et al.* 1996).

La diversidad específica se estimó mediante el índice de Shannon-Weiner (Franco *et al.*, 1996) el cual supone que los individuos son colectados aleatoriamente de una población infinitamente grande y que todas las especies están representadas en las muestras (Krebs, 1989). Este índice se obtuvo para una muestra dada mediante la ecuación:

$$H' = -\sum_{i=1}^k \log_2 p_i$$

donde k es el número de especies en la muestra.

$p_i$  es la frecuencia relativa de la especie  $i$  o la probabilidad de que aparezca la especie  $i$  en una muestra.

El índice de dominancia específica que se aplicó fue el índice de Simpson (Whittaker, 1975; Franco *et al.*, 1996) expresado en porcentaje con la siguiente ecuación:

$$C = -\sum_{i=1}^S p_i^2$$

donde  $S$  es el número de especies en una muestra,  $p_i$  es la abundancia relativa de la especie  $i$  en la muestra

El índice de dominancia media general aplicado para conocer las especies que fueron dominantes en al menos una muestra con respecto al número total de individuos de todas las especies fue el propuesto por Picard (1965) en el cual:

$D_m = (n_i/N) \times 100$  donde:

$n_i$  = número total de individuos de la especie  $i$

$N$  = número total de individuos de todas las especies.

Los índices mencionados se aplicaron utilizando la hoja de cálculo *Excel* versión 97.

Para encontrar el porcentaje de similitud entre las estaciones de muestreo con respecto a la presencia y a la abundancia de las especies, se utilizaron diagramas *cluster* (Pielou, 1975).

La asociación de especies se obtuvo mediante pruebas de independencia elaborando tablas de contingencia 2x2 (Zar, 1984).

La búsqueda de relaciones entre variables hidrológicas, hidroquímicas y el fitoplancton se utilizó el método de componentes principales (Pielou, 1975). Mediante este método se buscaron las posibles relaciones entre las variables de calidad de agua y la abundancia de las especies dominantes, de acuerdo al índice de dominancia general promedio de Picard (1965), se consideró a la abundancia de las especies dominantes como la expresión de la respuesta de las especies al medio. Al nitrógeno se le incluyó como la suma de las tres especies de nitrógeno inorgánico analizado: amonio, nitrato y nitrito. Este análisis auxilia para identificar las variables más importantes en el sistema, a partir de una matriz de correlación, los resultados se expresan en valores propios (eigen) que son las varianzas de los componentes principales, la proporción de la varianza extraída y la proporción acumulada de la varianza total explicada para cada factor y los coeficientes para cada uno de ellos.

Tanto en el tratamiento de los datos como en la presentación de estos resultados se utilizaron los paquetes computacionales *Excel'97*, *Statistica* versión 5 y *Minitab for Windows* versión 10.2.

### III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos se exponen presentando los obtenidos en las dos estaciones fijas 1 y 2 mediante 19 muestreos con frecuencia mensual en superficie (0.5 m), media agua (5 m) y cerca del fondo (10 m) (Tabla 1).

En segundo término, se exponen los resultados del análisis de la variación de la calidad de agua en la temporada de mareas rojas invierno-primavera de 1995 y por separado, de 1996 reabados en las mismas estaciones y niveles mencionados antes, durante y después de algunos eventos de mareas roja que se exponen y comentan junto con los de la estación 3, la cual tiene una profundidad aproximada de 5 m, estas muestras corresponden a manchas de marea roja observadas el 22 de febrero, 5 de marzo También se analiza la marea roja del verano, el 19 de agosto de 1996 (Tabla 2).

Se describen las variaciones en la densidad de las especies formadoras de mareas rojas en la bahía de Mazatlán en las estaciones 1 y 2 durante el período de estudio y se hace un análisis buscando las posibles relaciones con la hidrología y nutrientes (calidad de agua).

A continuación se dan los resultados obtenidos en una zona circundante a la planta de tratamiento de aguas municipales de Mazatlán mediante dos campañas de muestreo, una en el invierno y otra en el verano, durante las cuales se efectuaron seis transectos y se obtuvieron muestras de la superficie y de 10 m de profundidad, en las estaciones cercanas a la orilla, la profundidad fue aproximada a 10 m y en las que se encuentran a 1 km de distancia, la profundidad de la columna de agua en estas estaciones fue muy variable, de 10 hasta de 35 m de profundidad. Ambos sondeos se realizaron en 1996, el primero el día 11 de marzo y el segundo el 16 de agosto (Tabla 3).

Por último, se presentan los resultados del análisis del estado trófico de la bahía de Mazatlán.

#### III.1 ESTACIONES FIJAS 1 Y 2

##### III.1.1 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS

En la figura 3 se presentan los datos relativos a las dos estaciones 1 y 2, con la finalidad de exponer en forma gráfica las variaciones estacionales y la distribución vertical de las variables consideradas, las posibles relaciones entre las mismas y las eventuales diferencias entre las dos estaciones.

##### **Temperatura**

La temperatura registrada en las estaciones 1 y 2 muestra un marcado ciclo estacional (Fig. 3 A). Los valores mínimos se encontraron en el fondo durante los dos períodos de primavera comprendidos en este estudio, los máximos se presentaron en superficie en agosto y septiembre. En lo que se refiere a esta variable, no hay diferencias interanuales muy importantes con la excepción de una menor velocidad de cambio entre los valores mínimos primaverales y los máximos del verano, durante la primavera de 1996. Con respecto a la distribución vertical,

la misma figura mostró una estratificación térmica casi constante, exceptuados los periodos de invierno y los de verano, así como el inicio del otoño, probablemente debido en este caso al efecto de las marejadas que acompañan el periodo de huracanes tropicales, las cuales facilitan los procesos de mezcla vertical en la bahía. Las diferencias más importantes entre las dos estaciones fue la presencia de termoclinas más marcadas en la estación 2 que en la 1; en esta última es más frecuente la presencia de valores intermedios entre la temperatura de superficie y fondo en la profundidad de 5 metros, mientras que en la estación 2 los valores de media agua fueron por lo general parecidos a los valores de fondo hasta mediados de primavera y a los de superficie durante verano y otoño.

El 8 de septiembre de 1995 se encontró un fenómeno de inestabilidad térmica, con temperaturas superiores a media agua que en superficie en ambas estaciones de muestreo. Este fenómeno se repitió el mes sucesivo, solamente en la estación 2 coincidiendo con dos fechas en las que se encontró la menor abundancia de fitoplancton total en superficie.

El intervalo de temperatura en la estación 1 fue de 18.7°C a 31.5°C y en la estación 2 de 18.3 a 31.5°C.

### **Salinidad**

Al igual que la temperatura, la salinidad mostró un comportamiento estacional con valores mínimos en otoño y los máximos en los dos periodos de primavera (Fig. 3 B). Existen diferencias interanuales evidentes, con valores mayores durante el invierno y la parte inicial de la primavera de 1995 que en los periodos correspondientes de 1996 mostrando una tendencia opuesta en la segunda parte de la primavera y durante el verano. La estratificación halina de la columna de agua fue más notoria en la estación 1, en la cual los gradientes más marcados se presentaron a principios de primavera, a principios de verano y en el otoño de 1995, así como en la primavera de 1996, mientras que en la estación 2 los máximos gradientes se presentaron en otoño de 1995 y primavera de 1996, con diferencias poco marcadas durante el resto del periodo de estudio.

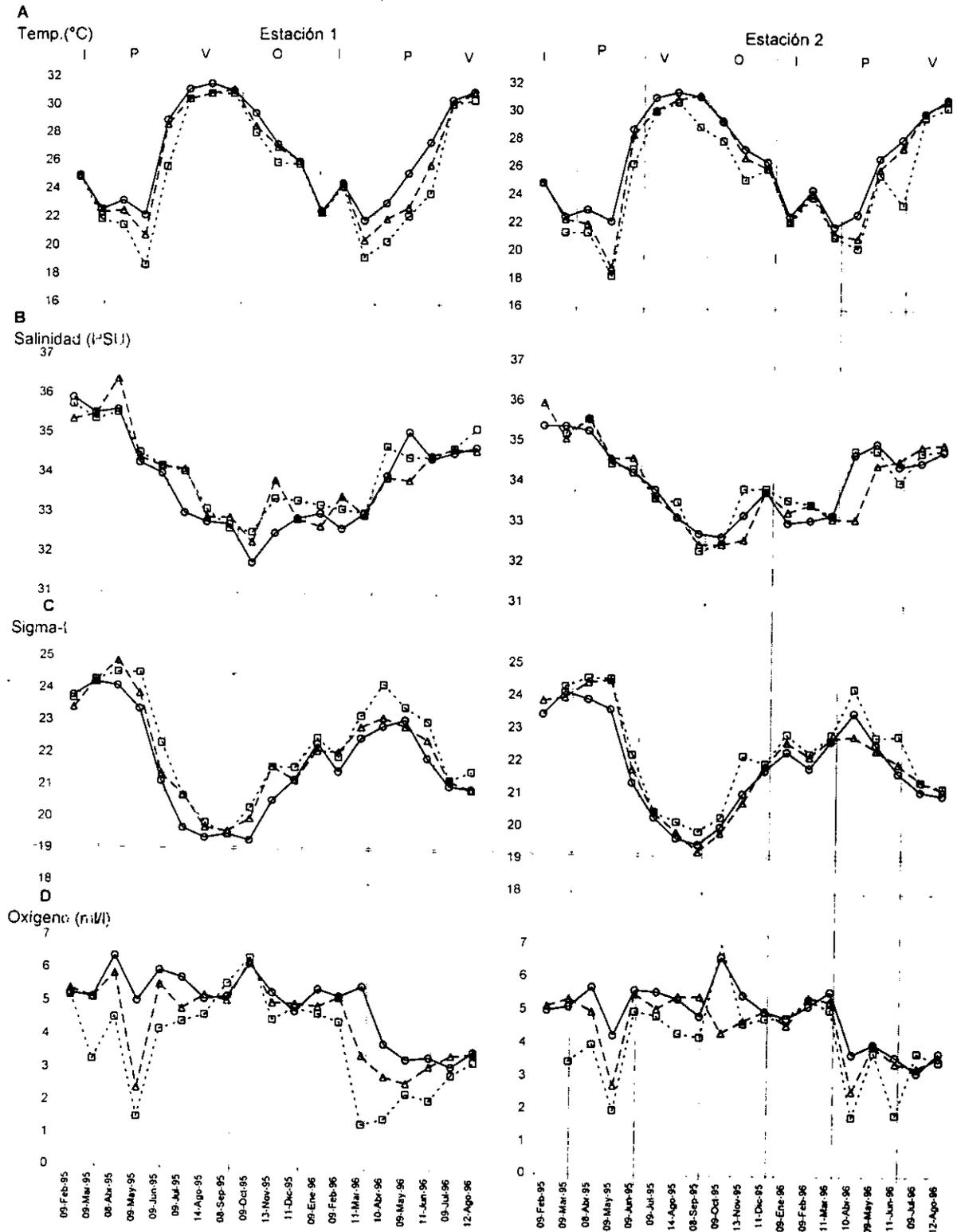
El intervalo de salinidad en la estación 1 fue de 31.77 a 36.39 PSU (=Practical Salinity Unity) y en la estación 2 de 32.33 a 35.96 PSU.

Comparando la salinidad señalada por Rojas (1984) cuya variación fue de 32.43 a 35.47 PSU en la bahía, se observó que en este estudio, en las dos estaciones, la variación de la salinidad fue mayor y los límites del intervalo resultaron también mayores.

### **Sigma-t**

La distribución estacional de la anomalía de densidad refleja en forma fiel la descrita para las variables primarias que la determinan. Los valores mínimos se encontraron entre verano y otoño, en coincidencia con los máximos de temperatura y las salinidades más bajas y se notaron algunas diferencias interanuales con valores mayores de sigma-t en la primavera de 1995 que de 1996 y menores valores en el verano de 1995 que de 1996 (Fig. 3 C). La máxima estratificación de densidad en la columna de agua aparece en las dos épocas de primavera. La diferencia más notable entre la estación 1 y 2 es la presencia de gradientes mayores en la estación 1 que en la 2. El 10 de abril de 1995, la estratificación vertical se encuentra invertida en

Figura 3. Variación estacional de temperatura (A), salinidad (B), sigma-t (C) y oxígeno disuelto (D) de las estaciones 1 y 2 a 0.5 (-O-), 5 (-∇-) y 10 (-□-) m de profundidad.



la estación 1: el valor de sigma-t es ligeramente menor en fondo que a 5 metros, debido a la presencia de agua intermedia de mayor salinidad. El intervalo de sigma-t en la estación 1 fue de 19.35 a 24.90. En la estación 2, el intervalo de sigma-t fue de 19.26 a 24.59.

### **Oxígeno disuelto**

El oxígeno disuelto mostró comportamiento muy variable durante el ciclo de estudio y en su distribución vertical (Fig. 3 D). Los valores mínimos se presentaron en el fondo en primavera y los máximos se presentaron generalmente en la superficie. Existen diferencias interanuales importantes debido a una notable disminución de los valores de oxígeno disuelto de primavera y verano de 1996 con respecto al ciclo anual de 1995. La distribución del oxígeno en la columna de agua mostró una alta estratificación en primavera y diferencias verticales poco marcadas desde la parte final del verano hasta el invierno para la estación 1 y para el período otoño-invierno en la 2. La diferencia entre las dos estaciones estriba sobre todo en el hecho que en la estación 1 los gradientes verticales fueron más marcados que en la estación 2. El intervalo de la concentración del oxígeno disuelto en la estación 1 fue de 1.40 a 6.42 ml/l y en la estación 2 de 1.83 a 7.01 ml/l.

El valor promedio de la concentración del oxígeno en aguas superficiales es de 4.8 ml/l (Riley y Chester, 1989).

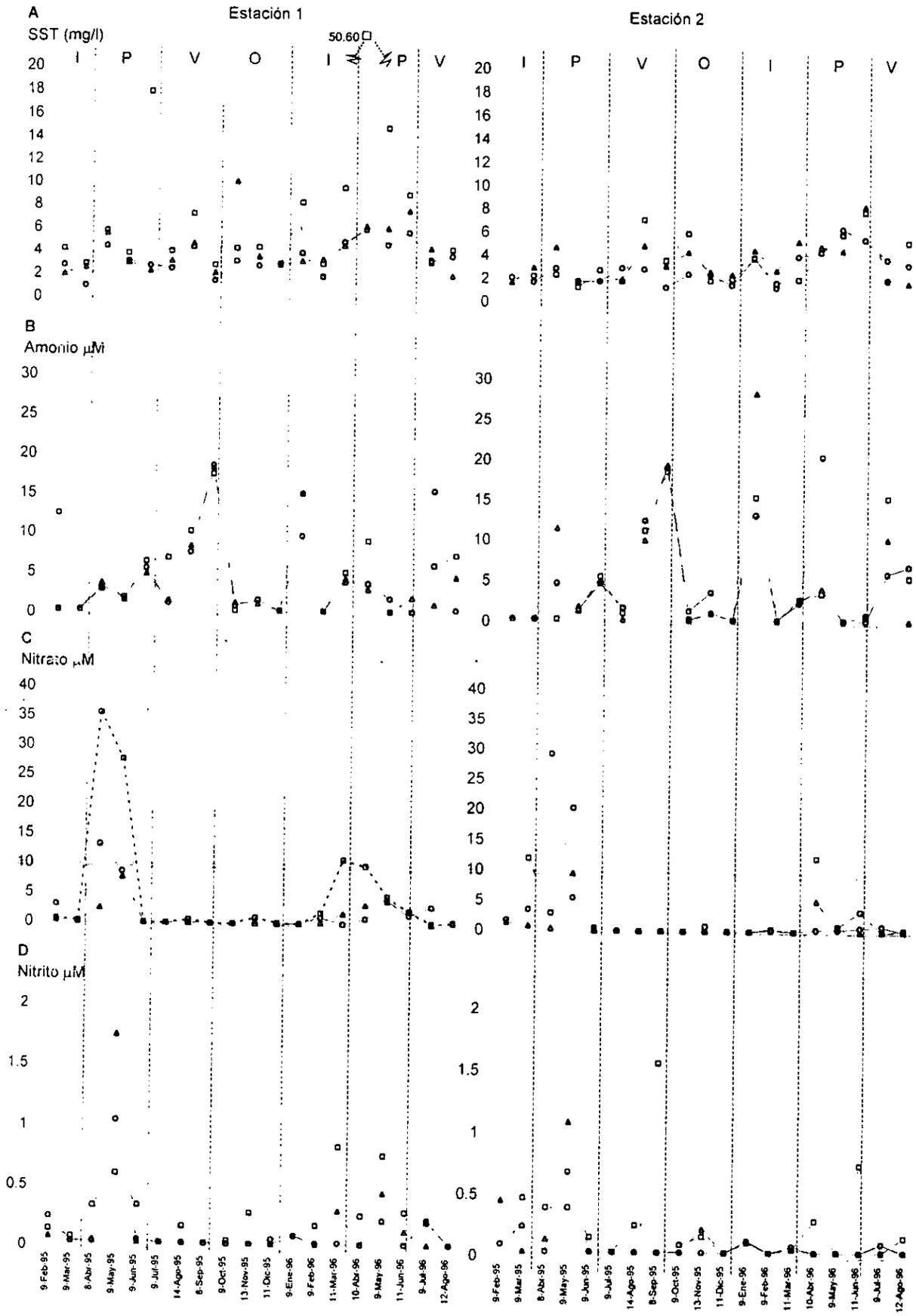
### **Porcentaje de saturación**

A partir de la temperatura y salinidad se obtuvo la solubilidad del oxígeno (Riley y Skirrow, 1975) para calcular el porcentaje de saturación del oxígeno disuelto cuya distribución temporal y vertical resultó similar a la del oxígeno disuelto por lo cual se decidió no presentar la gráfica relativa a esta variable. Los mínimos se presentaron en la primavera generalmente en el fondo, los máximos se observaron en el otoño en el fondo. El 9 de octubre, en la estación 1 sin estratificación y en la estación 2 con una diferencia de 55% de saturación entre superficie y fondo con respecto a la capa de media agua. Los valores del porcentaje de saturación observados en el invierno, en la primavera y en el verano de 1995 fueron relativamente mayores al mismo período en 1996. En la estación 1, el intervalo del porcentaje de saturación fue de 26 y 140% y de 35 a 153% en la estación 2.

### **Sólidos suspendidos totales**

Ambas estaciones mostraron la misma tendencia a disminuir durante el primer período de primavera y a aumentar durante el segundo (Fig. 4 A) En la estación 1 se nota una mayor tendencia a valores de sólidos suspendidos más altos en las aguas de fondo, en las cuales se registró el valor máximo de todo el período de estudio (50.1 mg/l) el día 10 de abril de 1996. En la estación 2, con raras excepciones, no se encontraron diferencias importantes entre los datos de las tres profundidades de muestreo. El intervalo de concentración de sólidos suspendidos en la estación 1 fue de 1.06 a 50.60 mg/l y en la estación 2 de 1.40 a 8.56 mg/l. Los valores encontrados en este estudio están dentro de los intervalos señalados para la bahía por González-Farías *et al.* (1986), que se presentan para fines comparativos en la tabla 4.

Figura 4 Variación estacional de la concentración de sólidos suspendidos totales (A), amonio (B), nitrato (C) y nitrito (D) de las estaciones 1 y 2 a 0.5 (-O-), 5 (--Δ--) y 10 (-□--) m de profundidad.



### III.1.2 NUTRIENTES

#### Amonio

Las concentraciones de amonio mostradas en la figura 4 B describen un comportamiento irregular con máximos encontrados a cualquier profundidad con una periodicidad aproximadamente bimensual, con excepción de septiembre de 1995 y abril de 1996, meses en que la concentración permanece alta, y junio de 1996, mes en que no aumenta la concentración, por lo cual los datos no cumplen con la periodicidad mencionada. Las diferencias entre las dos estaciones se refieren a estratificación y a magnitud de los valores encontrados, que fueron mayores en ambos casos en la estación 2. En la estación 1 no se encuentra estratificación desde la primavera hasta el invierno de 1995, excepto en julio cuando se midió mayor concentración de amonio en el fondo que en la superficie y media agua, las cuales durante todo ese periodo se mantuvieron homogéneas. A partir de enero de 1996 se encontraron diferencias verticales, en algunos casos marcadas y los valores más altos generalmente en el fondo ya que debido a la estratificación, existe acumulación de sustancias, producto de la descomposición de materia orgánica. En la estación 2 no se percibe estratificación importante a partir de mayo y hasta diciembre de 1995, con diferencias verticales notorias durante los meses no mencionados.

El intervalo de concentración del amonio en la estación 1 fue de  $\leq 0.50$  a  $18.41 \mu\text{M}$  y en la estación 2 de  $\leq 0.50$  a  $28.62 \mu\text{M}$ . Las concentraciones encontradas se encuentran arriba de los intervalos señalados para aguas costeras por Riley y Chester (1989) de  $< 0.071$  a  $3.57 \mu\text{M}$ , aunque son menores al mínimo y al máximo señalado por Millero (1991) de  $1-50 \mu\text{M}$  y superan el intervalo máximo indicado por Sverdrup (1942) de  $0.35-3.5 \mu\text{M}$ .

Los valores máximos de amonio de las estaciones 1 y 2 en verano ( $18.7$ ,  $17.6$ ;  $19.3$  y  $18.8 \mu\text{M}$  superficie y en el fondo, respectivamente) son comparables con el máximo señalado por Nieto *et al.* (1993) en la entrada del golfo de California ( $18.6 \mu\text{M}$ ). El valor medio anual de amonio de  $3.20 \mu\text{M}$  indicado por Mee *et al.* (1984) es menor a los valores medios encontrados en las estaciones 1 y 2 de este estudio de  $4.5$  y  $5.1 \mu\text{M}$ , respectivamente. Los datos mencionados se presentan en la tabla 4, junto con otros datos por varios autores en diferentes zonas del Pacífico Mexicano.

#### Nitrato

Las concentraciones de nitrato mostraron dos picos máximos en los dos periodos de primavera, cuando también se registró una alta estratificación; durante el resto del año, los valores fueron bajos, menores a  $1 \mu\text{M}$  y sin diferencias importantes en la columna de agua. Los valores encontrados en la primavera de 1995 fueron mayores que en 1996 y por lo general fueron superiores en el fondo que en la superficie (Fig. 4 C). El intervalo de la concentración de nitrato para la estación 1 fue de  $\leq 0.30$  a  $35.73 \mu\text{M}$  y en la estación 2 de  $\leq 0.30$  a  $29.51 \mu\text{M}$ , dentro del intervalo señalado para aguas marinas por Riley y Skirrow (1975) de  $0.071$  a  $35.7 \mu\text{M}$  y por Sverdrup (1942)  $0.1-43 \mu\text{M}$ .

Las concentraciones máximas de nitrato encontrados en este estudio en el invierno en el fondo y en la estación 1 fue de  $35.73 \mu\text{M}$  y en superficie en la estación 2 de  $29.51 \mu\text{M}$ , comparables con el máximo señalado para el Pacífico Central Mexicano (Trujillo, 1997) de  $30.18 \mu\text{M}$

(Tabla 4). Los valores medios para las estaciones 1 y 2 tanto en invierno como en el verano y el anual, son mayores a los señalados por Mee *et al.* (1984) excepto la concentración media en el verano en el fondo, la cual es menor en este estudio ( $0.54$  y  $0.53 > 0.80 \mu\text{M}$ ).

### Nitrito

Se encontraron concentraciones importantes de nitritos más frecuentemente en el fondo, en la estación 1 en los dos periodos de primavera y verano de 1996 y en la estación 2 en la primavera de 1995 y en los dos periodos de verano (Fig. 4 D). Al igual que con el nitrato, hubo diferencias interanuales importantes, con mayores concentraciones en primavera y verano de 1995 que de 1996. El intervalo de concentración de nitrito en la estación 1 fue de  $\leq 0.05$  a  $1.76 \mu\text{M}$  y en la estación 2 de  $\leq 0.05$  a  $1.58 \mu\text{M}$ . El intervalo de concentraciones señalado para aguas marinas es de  $0.1$ - $50 \mu\text{M}$  (Millero, 1991). Las concentraciones observadas en este estudio están dentro del límite máximo de nitrito en agua de mar señalado por Riley y Skirrow (1975) de  $2.5 \mu\text{M}$  y por Sverdrup (1942) de  $0.01$ - $3.5 \mu\text{M}$ .

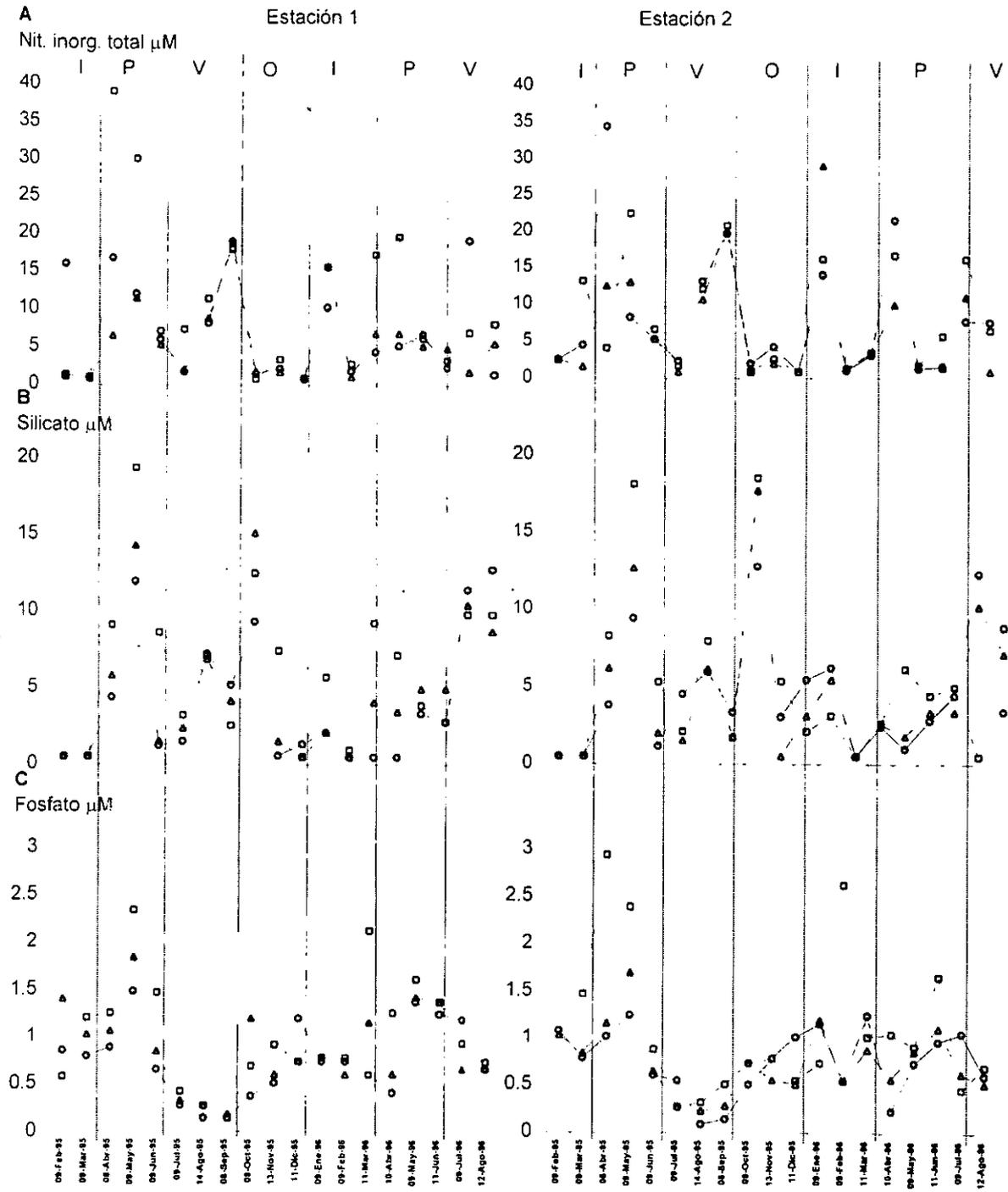
El valor medio de nitrito encontrado en las estaciones 1 y 2 ( $0.19$  y  $0.18 \mu\text{M}$ ) y el de invierno en superficie en ambas estaciones ( $0.18$  y  $0.17 \mu\text{M}$ ) y el anual ( $0.19 \mu\text{M}$ ) fue similar a los valores medios correspondientes señalados por Mee *et al.* (1984) en el invierno en fondo y en el verano en superficie y fondo en las estaciones 1 y 2, los valores encontrados en este estudio resultaron menores a los indicados por el mismo autor (Tabla 4).

### Nitrógeno inorgánico total

Por tratarse de la suma de los nutrientes nitrogenados ya discutidos, la concentración de nitrógeno inorgánico disuelto refleja principalmente las variaciones de sus especies más importantes, con la misma sucesión de picos y de bajas concentraciones descrita para el amonio, aunque modificada por los altos valores de primavera para los nitratos, y con valores mínimos durante el otoño (Fig. 5 A). No hay diferencias interanuales importantes a excepción de las altas concentraciones encontradas en el invierno de 1995, que no se advierten en 1996.

La distribución vertical mostró mayor estratificación en primavera, en abril de 1995 con concentraciones bajas en media agua ( $6.57 \mu\text{M}$ ), medias en superficie ( $16.83 \mu\text{M}$ ) y altas concentraciones en el fondo ( $39.16 \mu\text{M}$ ) y con estratificación menor a principios y finales de la primavera en el caso de la estación 1; en la estación 2 la máxima estratificación se observó en la misma fecha, con valores bajos en fondo ( $4.08 \mu\text{M}$ ) valores medios en media agua ( $12.45 \mu\text{M}$ ) y altos en superficie ( $34.45 \mu\text{M}$ ) y se observó también estratificación en invierno y primavera de 1996. Se encontraron con mayor frecuencia concentraciones más altas de nitrógeno inorgánico en la estación 2 que en la 1, debido principalmente a la alta concentración de amonio registrada en la estación 2. Mediante un análisis estadístico descriptivo básico (estimación de media, varianza, intervalo, etc.) con los datos en conjunto se encontró que no hay diferencia entre las dos estaciones y analizándolos de acuerdo a la profundidad no se observó diferencia entre las concentraciones en superficie y media agua pero en el fondo si resultaron mayores, aún más en la estación 1 que en la 2. El intervalo de concentración del nitrógeno inorgánico total para la estación 1 fue de  $0.87$  a  $39.16 \mu\text{M}$  y en la estación 2 de  $0.85$  a  $34.85 \mu\text{M}$ .

Figura 5 Variación estacional de la concentración de nitrógeno inorgánico total (A), silicato reactivo (B) y fosfato inorgánico (C) en las estaciones 1 y 2 a 0.5 (-O-), 5 (-Δ-) y 10 (-□-) m de profundidad.



## Silicato

Las máximas concentraciones se encontraron en fondo (19.41  $\mu\text{M}$ ), con dos máximos en primavera y otoño y dos menos importantes en verano e invierno (Fig. 5 B). La diferencias interanuales observadas son que no aparece el pico máximo en la primavera de 1996 y que el máximo en el verano de 1996 es mayor que el de 1995. Las diferencias verticales fueron importantes, sobre todo en los períodos de primavera y otoño de 1995 y en el verano de 1996. Las diferencias encontradas entre las estaciones 1 y 2 consistieron en la presencia de máximos mayores en la estación 2 que en la 1 y en el hecho que los valores altos en el fondo fueran más frecuentes en la estación 1 que en la 2.

El intervalo de concentración de silicato en la estación 1 fue de  $\leq 0.50$  a 19.41  $\mu\text{M}$  y en la estación 2 de  $\leq 0.50$  a 18.5  $\mu\text{M}$ , las cuales se ubican en la parte baja del intervalo indicado para aguas neríticas por Riley y Skirrow (1975), el cual es de 1-150  $\mu\text{M}$ .

Para el silicato, los valores mínimos encontrados (0.50  $\mu\text{M}$ ) resultaron menores a los mínimos presentados en la tabla 4, excepto los correspondientes al bajo golfo de California en el crucero de abril-mayo de 1974 señalados por Álvarez *et al.* (1978) donde se encontró un mínimo de cero. Los valores máximos en este estudio fueron en el fondo, en el invierno de 19.4 y 18.1  $\mu\text{M}$  en las estaciones 1 y 2 y en el verano de 18.1  $\mu\text{M}$  en la estación 2, ambos son comparables a los encontrados por el mismo autor en el alto golfo (crucero de abril-mayo de 1974) y en el canal de Ballenas (crucero de octubre de 1974) de 18 y 19.60  $\mu\text{M}$ . Los valores medios encontrados en el invierno en superficie en las estaciones 1 y 2 (2.9 y 3.2  $\mu\text{M}$ ) son comparables a los valores medios encontrados por el autor citado en la entrada del golfo y el bajo golfo en el crucero de octubre de 1974, que fueron de 2.4 y 2.9  $\mu\text{M}$ , respectivamente (Tabla 4).

## Fosfato reactivo

Las concentraciones encontradas en ambas estaciones fueron consistentemente superiores al límite de detección. La mayor parte de los valores máximos se encontraron en el fondo y se observa una periodicidad estacional, con máximos en la primavera y mínimos en verano (Fig. 5 C). La distribución vertical indica una prevalescencia de valores bajos en superficie y altos en media agua y fondo. La mayor estratificación se mostró en los dos períodos invierno y primavera y la menor en verano. Las diferencias entre estaciones consistieron en la presencia de valores máximos menores para la estación 1 que para la 2, además que el máximo de 1996 se presentó al finalizar el invierno y no en la primavera como en 1995.

El intervalo de concentración de los fosfatos en la estación 1 fue de 0.14 a 2.34  $\mu\text{M}$  y en la estación 2 de 0.09 a 2.94  $\mu\text{M}$ . Estas concentraciones están comprendidas en los intervalos señalados por Riley y Skirrow (1975), de 0 a 4  $\mu\text{M}$  y por Millero (1991) que tiene como máxima concentración un valor de 3.2  $\mu\text{M}$ .

La máxima concentración de fosfatos encontrada en invierno en el fondo fue de 2.94  $\mu\text{M}$ , mayor a la máxima encontrada en todos los tipos de agua presentados en la tabla 4. Las concentraciones medias en invierno y en verano en este estudio fueron menores a las señaladas por Mee *et al.* (1984) excepto para la estación 2 en el invierno. Las concentraciones medias de las estaciones 1 y 2 (0.89 y 0.87  $\mu\text{M}$ ) resultaron comparables a las señaladas por Gilmartin y

Revelante (1978) para el estero de Lobos y el estero de Urías (0.84 y 0.93  $\mu\text{M}$ ) y a las encontradas por Mee *et al.* (1984) en el invierno en superficie y en el verano al fondo (0.83 y 0.81  $\mu\text{M}$ ). La media de las estaciones 1 y 2 y la media anual (0.89, 0.87 y 0.88  $\mu\text{M}$ ) es semejante a la media anual de 0.87  $\mu\text{M}$  señalada para la bahía por el último autor mencionado (Tabla 4).

### Proporciones de nutrientes

Para fines comparativos con los datos de la literatura, las proporciones de la concentración media de nutrientes, se estimaron considerando al amonio y sin considerarlo, para la suma de especies de nitrógeno inorgánico total. Los valores máximos de N:P (=nitrógeno:fósforo) se encontraron en superficie en el verano y fueron de 136:1 y 145:1 en la estación 1 y 2 respectivamente (Tabla 4). La proporción media de N:P encontrada en este estudio considerando al amonio fueron muy similares en la estación 1 y 2 por separado y juntas: 8.76, 8.77 y 8.76; resultaron además comparables a la señalada por Trujillo (1997) de 8.81 y mayores a la media anual señalada por Mee *et al.* (1984) de 4.10 lo cual indica que su valor se duplicó en el presente estudio. De acuerdo a las proporción N:P calculada sin considerar el amonio, se encontraron valores superiores excepto en la estación 2 en verano en superficie el cual fue de 0.83, semejante al valor indicado por Mee *et al.* (op. cit.) de 0.80 para la misma zona.

En cuanto a la proporción Si:P (=silicio:fósforo) se tienen valores medios de 5.65 y 5.36 para las estaciones 1, 2 y en el verano de la estación 1 en la superficie que fue de 6.66, similares a los encontrados en la entrada del golfo y el bajo golfo (6.00 y 5.80) en el crucero de octubre de 1974 (Álvarez *et al.*, 1978). Las proporciones de las concentraciones medias de Si:P fueron menores en el invierno en las estaciones 1 y 2 que en el verano en ambas estaciones.

Con respecto a las proporciones de las concentraciones medias de Si:N (=silicio:nitrógeno) considerando el amonio, las mayores se encontraron en el verano, en la estación 1 en fondo (0.95) y en la estación 2 en superficie y fondo (80.90 y 0.81). Los valores menores se presentaron en la estación 1 en superficie, en la estación 2 en superficie y fondo en invierno y en fondo en verano. La media de la estación 1 de 0.65 fue ligeramente mayor a la estación 2 de 0.61 y la anual de 0.62. Sin considerar el amonio, las proporciones medias Si:N en la estación 1 en verano en fondo (9.98) y de la estación 2 en verano en superficie (10.04), fueron semejantes a la encontrada en el canal de Ballenas por Álvarez *et al.* (1978) de 9.35 y la media de la estación 1 (1.53) es parecida a la señalada en la entrada del golfo (1.67) en el crucero de abril-mayo de 1974 por el mismo autor. La proporción media de Si:N en la estación 2 (2.91) fue casi el doble que la encontrada en la estación 1 y semejante a la encontrada en el canal de Ballenas en el crucero de abril-mayo de 1974 por Álvarez *et al.* (1978). La proporción media anual (3.30) resultó ser más del doble que la correspondiente a la estación 1 (1.53), esto indica que la concentración del silicato es mayor con respecto la concentración del nitrógeno si se toma en cuenta el ciclo anual, esta proporción es mayor comparada con la señalada para la estación 1 donde resultó menor, ya sea por disminución de la concentración de silicato o el aumento en la concentración del nitrógeno.

### III.1.3 FITOPLANCTON

#### Abundancia total del fitoplancton

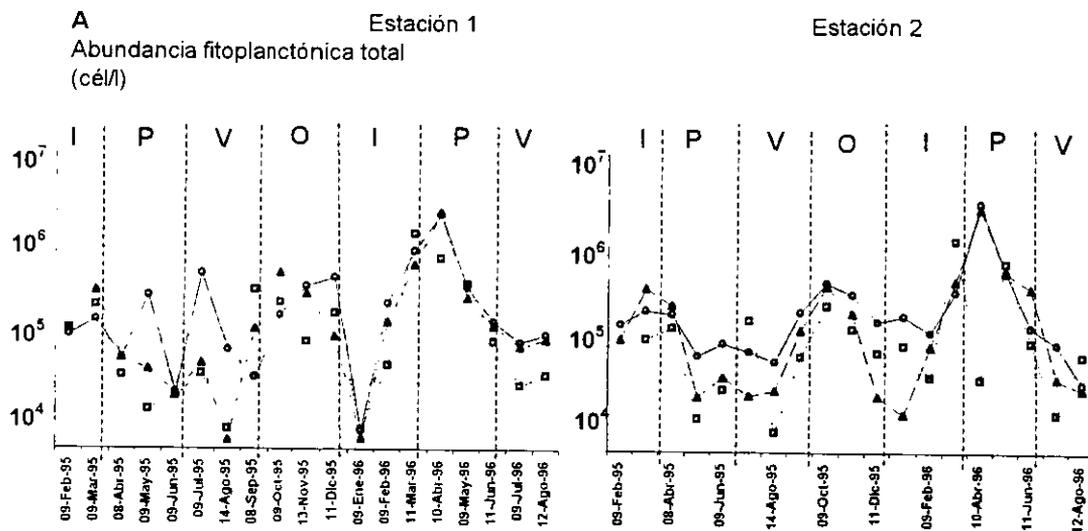
La variación estacional de la comunidad fitoplanctónica en cuanto a densidad (=número de células por litro) en las estaciones 1 y 2 se presenta en la figura 6 A. Los mínimos se observaron en el verano y al iniciar el invierno y los máximos se presentaron en la primavera y en el otoño. La distribución vertical fue diferente para las estaciones 1 y 2. La mayor estratificación vertical en la estación 1 se observó en primavera-verano de 1995 con mayor densidad en la superficie separada de media agua y del fondo con menor densidad; en el otoño del mismo año la abundancia se mostró sin un patrón definido en lo que se refiere a la presencia de máximos y mínimos; en invierno, primavera y verano de 1996 la densidad mínima fue en el fondo, el resto de las fechas no se observó estratificación importante. En la estación 2 fue notable la estratificación en todas las fechas excepto en junio de 1995 y de mayor importancia al iniciar el invierno y en la primavera de 1996, con una diferencia de  $3 \times 10^6$  cél/l entre superficie y fondo el 10 de abril.

Hubo diferencias interanuales, el florecimiento primaveral de 1995 fue menor que el de 1996, además que en 1995 se presentó un mínimo en primavera el cual no se presentó en 1996. Hubo diferencias poco importantes entre estaciones, en lo que se refiere al intervalo de densidades encontrado: en la estación 1 estuvo entre  $1.2 \times 10^4$  y  $2.5 \times 10^6$  cél/l y el de la estación 2 entre  $1.5 \times 10^4$  y  $3.3 \times 10^6$  cél/l, las densidades mínimas son menores a la señalada por Caballasi (1985) para la bahía de Mazatlán de  $2 \times 10^4$  cél/l y mayores a la máxima indicada por el mismo autor de  $2.4 \times 10^6$  cél/l. Se observaron otras diferencias como la presencia de máximos, uno a mediados de primavera y otro a mediados del verano en la estación 1 los cuales no aparecen en la estación 2.

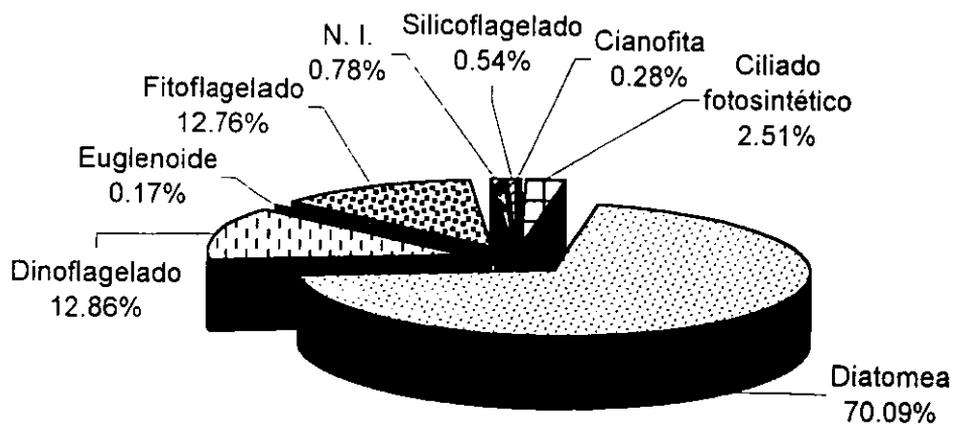
Otra diferencia son los mínimos en el fondo observados en los dos períodos de primavera en la estación 2, en la estación 1 no se encontró el de 1996. El máximo otoñal en la estación 1 se encontró en el fondo en septiembre, en media agua en octubre y en superficie hasta diciembre de 1995, a diferencia de la estación 2, en la cual el pico de otoño se observó en octubre con el máximo en la superficie y un valor menor en el fondo.

Las curvas de densidad de fitoplancton total presentan semejanzas con las variaciones estacionales de producción fitoplanctónica de los mares templados del norte (Boney, 1975; Russell-Hunter, 1970), donde el florecimiento primaveral es el más abundante del año, seguido de un pico menor en el otoño. El florecimiento primaveral se encuentra condicionado a la alta cantidad de nutrientes disponibles debido al mezclado vertical en el invierno, incremento de la luz y temperatura (Balech y Ferrando, 1964; Orr y Marshal, 1969; Chapman y Chapman, 1973). Se presentaron ciertas particularidades como es la irregularidad en las variaciones de abundancia fitoplanctónica en la estación 1 que no se observa en la 2, posiblemente como una consecuencia de la diferente disponibilidad de nutrientes.

Figura 6 Variación estacional de la abundancia total fitoplanctónica (A) y abundancia relativa general por grupo fitoplanctónico (B) en las estaciones 1 y 2 a 0.5 (-O-), 5 (--Δ--) y 10 (-□-) m de profundidad.



**B** Abundancia relativa general promedio por grupo fitoplanctónico para las estaciones 1 y 2 en conjunto.



### **Abundancia fitoplanctónica media anual**

La abundancia fitoplanctónica media anual en 1995 en la estación 1 fue de  $7.4 \times 10^6$  cél/l y en la estación 2 de  $6.4 \times 10^6$  cél/l. En 1996 en la estación 1, el promedio anual fue de  $1.8 \times 10^7$  cél/l y en la estación 2 de  $1.9 \times 10^7$  cél/l. El promedio anual para las dos estaciones fue de  $1.3 \times 10^7$  para 1995 y de  $3.7 \times 10^7$  cél/l en 1996, mayores al obtenido por Cortés- Altamirano *et al.*, (1981) de  $1.0 \times 10^6$  cél/l en 1980 y por Caballasi (1981) de  $5.3 \times 10^6$  cél/l en 1981.

### **Abundancia relativa general por grupo**

De acuerdo a la abundancia relativa general por grupo, tomando en consideración todas las muestras obtenidas en las estaciones 1 y 2, se encontraron los siguientes grupos taxonómicos: el más abundante fue el de las diatomeas con el 70.09%, seguido por los dinoflagelados con el 12.86%, los fitoflagelados n. i. con el 12.76%, el ciliado fotosintético (*Mesodinium rubrum*) con el 2.50%, células n. i. con el 0.78%, los silicoflagelados con el 0.54%, con 0.28% las cianofitas y por último con el 0.17% los euglenoides (Fig 6 B).

Según resultados emitidos por Caballasi (1985), las diatomeas formaron parte del fitoplancton en un 61.41%, los dinoflagelados el 26.50%, silicoflagelados el 2.16%, cianofitas el 2.00%, los fitoflagelados n. i. el 1.33%, euglenofitas 0.83% por lo tanto, las diatomeas siguen siendo el grupo más numeroso e importante de la comunidad fitoplanctónica, los dinoflagelados disminuyeron y los fitoflagelados n. i. aumentaron, en el análisis que realizó la citada autora, no indica la presencia del ciliado fotosintético *Mesodinium rubrum*. Las cianofitas, euglenofitas y silicoflagelados, mostraron porcentajes menores en el presente estudio con respecto al referido.

### **Composición y abundancia de las comunidades fitoplanctónicas por grupos taxonómicos**

Los resultados sobre la composición de las comunidades fitoplanctónica por grupos se exponen en dos apartados: por un lado, los grupos principales con importancia tanto numérica como de asociación con el fenómeno de las mareas rojas que comúnmente ocurren en la bahía, como son diatomeas, dinoflagelados, fitoflagelados n. i. y el ciliado fotosintético *M. rubrum*. El grupo de los fitoflagelados n. i. se consideró para fines de tratamiento de los datos en este estudio como una especie, está compuesto en su mayoría por células menores de  $20 \mu\text{m}$ , difíciles de identificar con la técnica utilizada, no incluye dinoflagelados, euglenofitas y silicoflagelados.

Por otro lado se exponen los grupos secundarios que se distinguen por no tener una presencia numérica importante ni comprender a especies dominantes en las mareas rojas locales y que incluyen las células n. i., los silicoflagelados, las cianofitas y las euglenofitas.

### **Grupos Principales**

#### **Diatomeas**

Las diatomeas (Fig. 7 A) mostraron mínimos en los dos periodos de verano y máximos en otoño y en la primavera de 1996. El máximo de la primavera de 1996 con  $2.3 \times 10^6$  cél/l no se presentó en 1995. Las diferencias interanuales más importantes en la estación 1 fueron el mí-

nimo de primavera de 1995, en el cual las diatomeas estuvieron prácticamente ausentes, que no se presentó con la misma magnitud en 1996, el mínimo de agosto de 1995 se presentó adelantado en julio de 1996. La máxima estratificación se observó en la estación 1 en enero de 1996 con  $1.2 \times 10^4$  cél/l en el fondo,  $2 \times 10^2$  en media agua, mientras que en superficie la concentración de células fue intermedia, con  $3.8 \times 10^3$  cél/l. Se notó estratificación vertical de menor importancia en mayo, julio, septiembre y noviembre de 1995 y durante el resto del ciclo de estudio, la estratificación vertical no fue relevante. La curva de abundancia de diatomeas de la estación 2 mostró menores cambios que en la estación 1 con máximos en los periodos de transición invierno-primavera y verano-otoño y mínimos en los dos periodos de verano y en invierno de 1996. El valor mínimo en la estación 1 se presentó en el verano de 1996 con la ausencia de este grupo y el máximo en primavera del mismo año con  $2.3 \times 10^6$  cél/l. La distribución vertical de la abundancia fitoplanctónica de las diatomeas en la estación 2 mostró una estratificación ligera, la máxima en el pico máximo de abril con  $3.2 \times 10^6$  cél/l en superficie y  $5.4 \times 10^4$  cél/l en el fondo; las otras fechas mostraron menor estratificación y las muestras donde se encontró la columna de agua más homogénea en cuanto a densidad de diatomeas fue en septiembre y octubre de 1995 y en 1996 en febrero, marzo y mayo.

### Dinoflagelados

La densidad máxima de los dinoflagelados se observó en media agua y superficie en el otoño, en la transición de invierno-primavera y en el verano (Fig. 7 B). Los valores mínimos se presentaron en el fondo a mediados de la primavera, del verano y del invierno. El intervalo de las densidades encontradas fue de  $2.00 \times 10^2$  cél/l hasta  $4.03 \times 10^5$  cél/l para la estación 1. En la estación 2 en algunas fechas no se encontraron dinoflagelados y la máxima densidad fue de  $2.15 \times 10^5$ . La distribución vertical de los dinoflagelados fue variable a lo largo del ciclo de estudio en ambas estaciones. En la estación 1 no se observaron diferencias interanuales importantes, la estación 2 mostró diferencias entre la densidad en 1995 y 1996 al encontrar menos variable la abundancia de dinoflagelados desde febrero hasta diciembre de 1995, fecha en que inician cambios bruscos como son la ausencia de dinoflagelados en diciembre y abril así como el mínimo de febrero de 1996 los cuales no tienen correspondencia para las mismas fechas en 1995. Las diferencias entre las dos estaciones se refieren principalmente a la estratificación, la cual en la estación 1 fue más importante en los dos periodos de primavera y verano y principios del invierno de 1996, en la estación 2 fue mayor que en la estación 1 y se presentó en las mismas fechas de 1995, en 1996 la de enero se presentó en diciembre, la de mayo en abril y la de agosto en julio.

### Fitoflagelados

Los fitoflagelados n. i. mostraron gran variabilidad a través del ciclo de estudio (Fig. 7 C): Los valores mínimos se presentaron en fondo y media agua a mediados de las estaciones de invierno, de la primavera y del verano en 1995 y en el periodo de transición de otoño-invierno y en la primavera, en 1996. Los valores máximos observados en superficie y media agua alcanzaron hasta  $1.62 \times 10^5$  y  $8.3 \times 10^5$  cél/l en las estaciones 1 y 2, respectivamente. También se notaron diferencias interanuales: en febrero de 1995 se presentaron mínimos en superficie y media agua, en la misma fecha en 1996, se observó un máximo en las tres profundidades, en mayo de 1995 se presentó un máximo en toda la columna de agua, en mayo de 1996 hubo un

mínimo en fondo el cual se mantuvo hasta junio, en agosto hay un mínimo en fondo en 1995 que no se presentó en 1996. La distribución vertical de los fitoflagelados n. i. fue muy variable, algunas fechas con muy alta estratificación, las fechas mencionadas con mínimos además de septiembre de 1995, fecha en que aparece un pico mínimo menos importante en la superficie. Las diferencias entre estaciones fueron que en la estación 2 se encontró mayor variación en cuanto a estratificación vertical de febrero a septiembre de 1995, período en que las variaciones para este grupo fueron más importantes, después de septiembre, no se encontraron variaciones importantes en la superficie; en el otoño hubo menor estratificación, la cual aumentó al finalizar esta temporada, para reducirse nuevamente durante el invierno.

### **Ciliado fotosintético *Mesodinium rubrum***

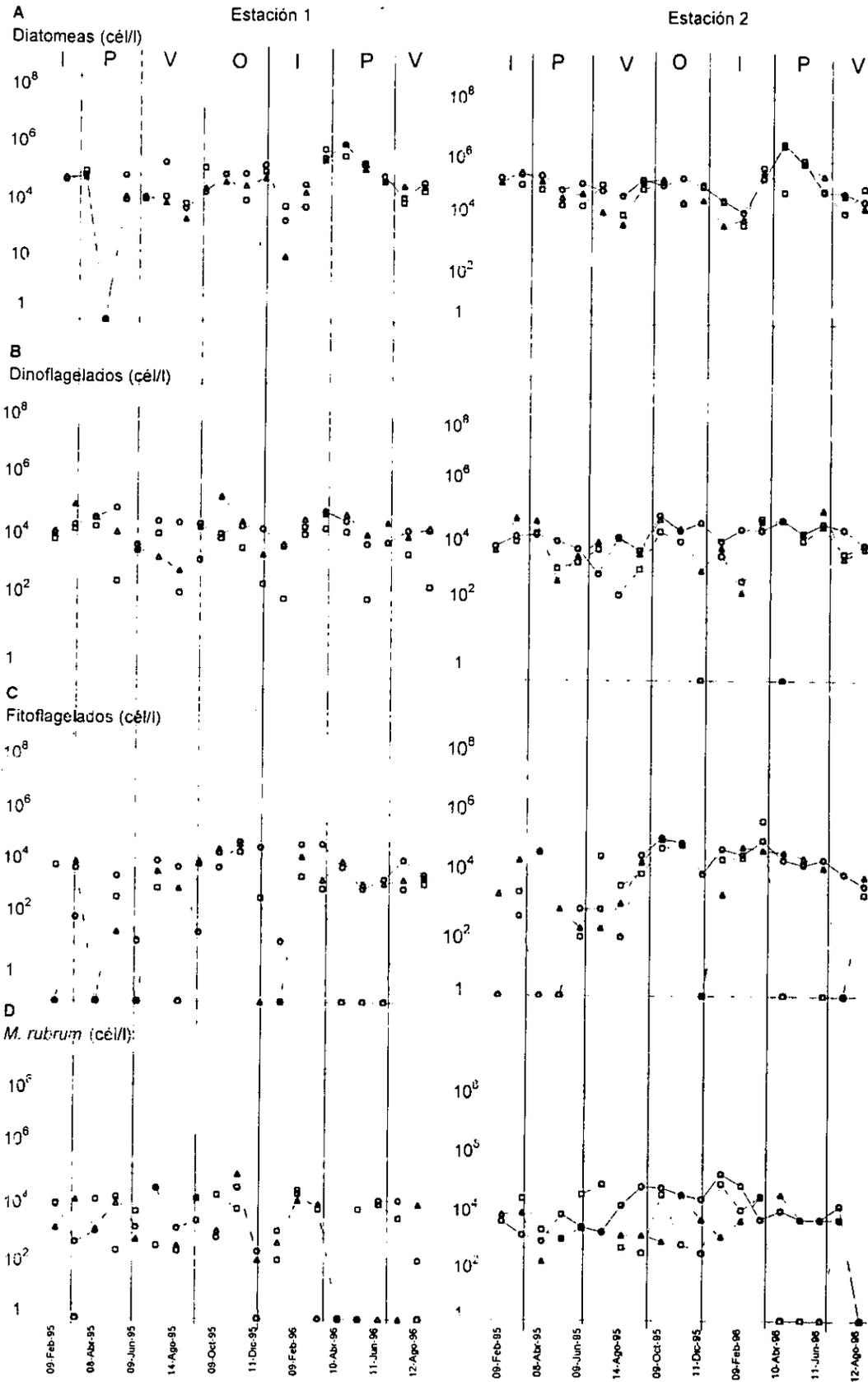
La abundancia de *M. rubrum* fue poco variable durante el período de febrero de 1995 a marzo de 1996, sobre todo en la estación 2. (Fig. 7 D) Los intervalos de densidad en la estación 1 fueron de hasta 8 y  $9 \times 10^4$  cél/l en las estaciones 1 y 2, respectivamente. Los mínimos se presentaron en las tres profundidades a fines de invierno, a fines del otoño en 1995 y en la primavera y en el verano de 1996. En la estación 1, los valores máximos se encontraron tanto en la superficie como en la capa de media agua en primavera, a principios de verano y a fines de otoño de 1995 y en invierno-primavera y primavera-verano de 1996. En la estación 2 se observaron máximos en las transiciones de invierno-primavera, primavera-verano y verano -otoño y mínimos en primavera, verano y otoño. Las diferencias interanuales consisten en los picos mínimos de la primavera y verano de 1996 con mayor importancia que los de 1995. Alta estratificación en el todo el período de estudio pero es notable a partir de marzo de 1996 la ausencia de este ciliado en fondo en la estación 2 y en por lo menos una de las tres profundidades en la estación 1.

### **Grupos Secundarios**

#### **Silicoflagelados**

Los silicoflagelados mostraron variaciones estacionales importantes en 1995 y de menor importancia en 1996 (Fig 8 A). Las densidades máximas se observaron en los dos períodos de transición de invierno-primavera y primavera-verano y en el otoño de 1995 para la estación 1, la máxima densidad fue de  $1.9 \times 10^4$  cél/l en la capa de media agua y para la estación 2  $4.2 \times 10^2$  cél/l. Las densidades mínimas se presentaron en el invierno, a fines de primavera, en el verano y en la transición de invierno-primavera en 1996. La distribución vertical se caracterizó por ser muy importante en la mayoría de las fechas, excepto al finalizar el invierno y en la transición de primavera-verano de 1996. Las diferencias interanuales se observan en la estación 1 en la cual se notaron grandes variaciones de febrero a diciembre de 1995 y poca variación a partir de febrero de 1996. En la estación 2 este grupo siguió el mismo comportamiento de la estación 1 con excepción del mínimo observado en abril de 1996 y de un máximo en superficie en la transición de verano-otoño.

Figura 7 Variación estacional de la abundancia fitoplanctónica de los grupos taxonómicos principales diatomeas (A), dinoflagelados (B), fitoflagelados (C) y *Mesodinium rubrum* (D) en las estaciones 1 y 2 a 0.5 (-O-), 5 (--Δ--) y 10 (-□-) m de profundidad.



## Cianofitas

La abundancia de las cianofitas mostró variaciones verticales, estacionales, interanuales y entre estaciones (Fig. 8 C). Las máximas densidades se observaron en la primavera, el verano y el otoño, las mínimas en el invierno. La densidad máxima observada de cianofitas en la estación 1 fue de  $8.7 \times 10^3$  cél/l y de  $2.5 \times 10^4$  cél/l en la estación 2.

## Euglenofitas

Las euglenofitas mostraron una distribución muy irregular durante el estudio, se encontraron máximos en la superficie en todas las estaciones del año y los menores en el fondo (Fig. 8 D). Hubo diferencias interanuales importantes como la ausencia del pico máximo de primavera de 1995 en la estación 2. La estratificación vertical fue muy importante para este grupo ya que se encuentran las mayores abundancias preferentemente en la superficie durante el estudio. Se encontraron abundancias máximas de  $8.3 \times 10^3$  cél/l en mayo de 1995 y de 1996 en la estación 1 y de  $5.5 \times 10^3$  cél/l en la estación 2 en noviembre.

## Riqueza específica

La riqueza específica mostró variaciones estacionales irregulares, sin embargo se observa la presencia de máximos en el período invierno-primavera y en el otoño (Fig. 9 A). Los mínimos se observaron en el invierno principalmente, el 10 de enero de 1996 en media agua con 13 especies en la estación 1 y 15 especies en la 2. La distribución vertical de la riqueza específica fue muy variable, la estratificación más importante se presentó en el otoño en la estación 1 con 86 especies en la superficie y 30 en media agua, en el fondo se encontraron 39 especies; en la estación 2 al finalizar el invierno se encontró una diferencia de 43 y 58 especies en marzo y abril de 1996 entre media agua y superficie y media agua y fondo, respectivamente.

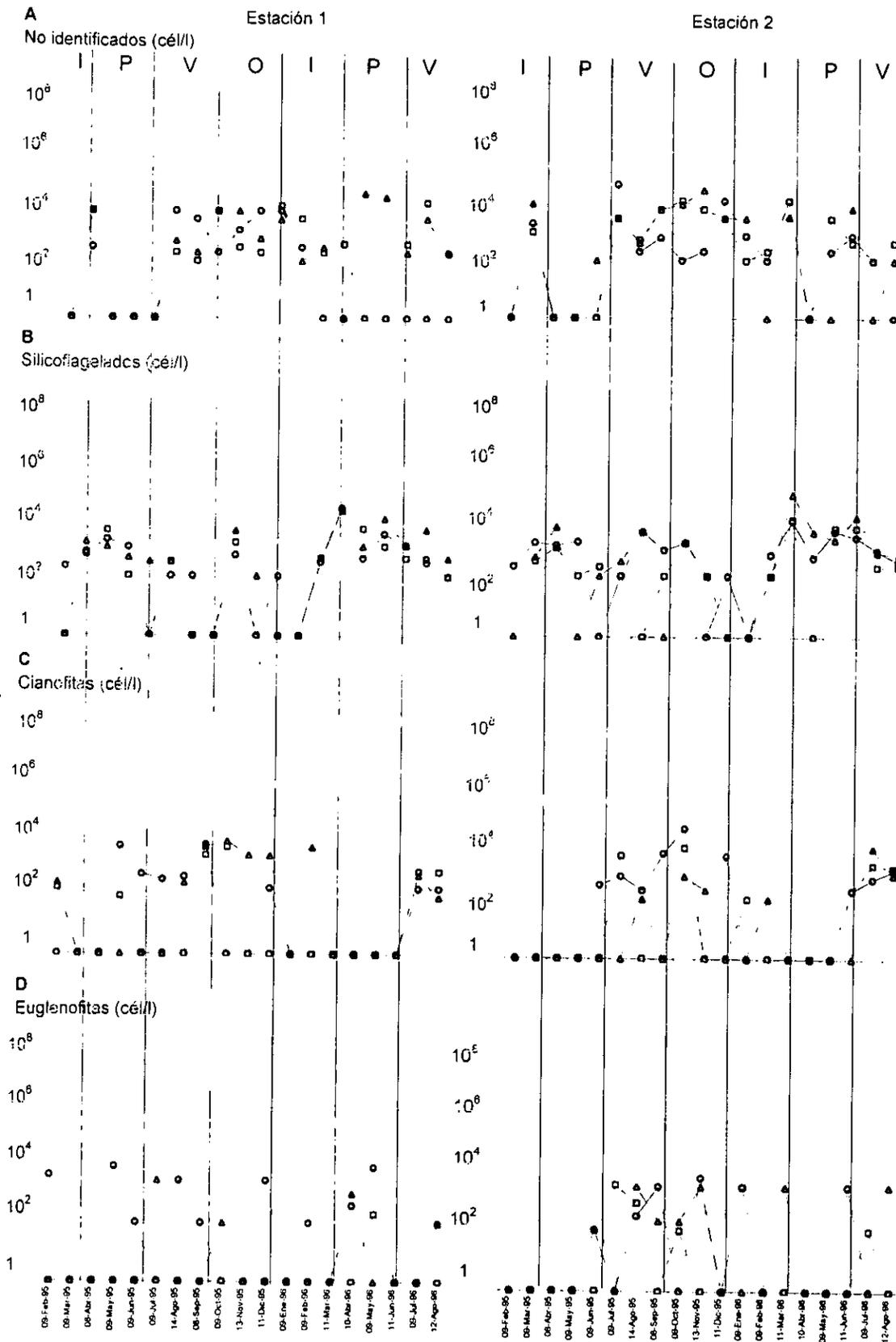
Las diferencias interanuales de la riqueza específica en la estación 1 se manifestaron en picos máximos en el número de especies en marzo y julio de 1995 que en las mismas fechas en 1996. En la estación 2 se encontraron valores menores en el invierno y primavera de 1995 que los observados en 1996. Las principales diferencias entre estaciones en cuanto a la riqueza específica fueron la presencia de picos máximos más importante a finales del invierno y del otoño en la estación 1 y de invierno-primavera en la estación 2.

## Diversidad

La variación estacional del índice de diversidad fue muy variable durante el período de estudio (Fig. 9 B) El valor mínimo de 0.81, se encontró en la superficie en la estación 1 el 10 de abril y el máximo fue de 5.27 encontrado en media agua en la estación 2 el 11 de marzo, ambos en 1996.

Las variaciones interanuales se caracterizaron por mínimos menos importantes en la primavera de 1995 que en la de 1996. La distribución vertical del índice de diversidad no mostró rasgos importantes en la estación 1, en la estación 2 se observó estratificación en la transición de invierno-primavera de 1996 con diferencias de 2.13 entre superficie y fondo en marzo y de

Figura 8 Variación estacional de la abundancia fitoplanctónica de los grupos taxonómicos secundarios (A), silicoflagelados (B), cianofitas (C) y euglenofitas (D) en las estaciones 1 y 2 a 0.5 (-O-), 5 (--Δ--) y 10 (--□--) m de profundidad.



2.32 entre fondo y superficie en el mes de abril de 1996. Las diferencias entre las dos estaciones no fueron importantes a excepción del máximo que se presentó en junio en la estación 2 el cual estuvo ausente en la estación 1. El intervalo del índice de Shannon-Weiner en la estación 1 fue de 0.81 a 4.88 y en la estación 2 de 0.88 a 5.27.

### **Dominancia**

La dominancia como era de esperarse, presentó la distribución inversa a la del índice de diversidad de Shannon-Weiner, mostrando una tendencia a valores bajos durante la mayor parte del año (Fig. 9 C). Los picos máximos se presentaron en las dos estaciones en la primavera de 1996. En la estación 1 se observaron pequeños picos menores 50% en las tres profundidades de febrero de 1995 a enero de 1996, mayores al 50% en mayo, abril y junio y nuevamente menores a 30% de junio a agosto del mismo año. En la estación 2 se observaron dos pequeños picos, en julio de 1995 y en febrero de 1996 de 37 y 32% respectivamente, el resto fue menor a 30%. La distribución vertical mostró rasgos importantes en marzo de 1996 en la estación 1 con diferencias entre fondo y media agua de 50% de dominancia y en mayo del mismo año en la estación 2 con diferencia de 65% de dominancia entre superficie y fondo. Las diferencias entre estaciones fueron la presencia de numerosos picos en la estación 1 los cuales no se presentaron en la estación 2, el máximo en el fondo en la estación 1 en marzo de 1996 fue menor en la estación 2, por último, en el pico máximo de abril, en la estación 1 no se encontró estratificación importante como en la estación 2.

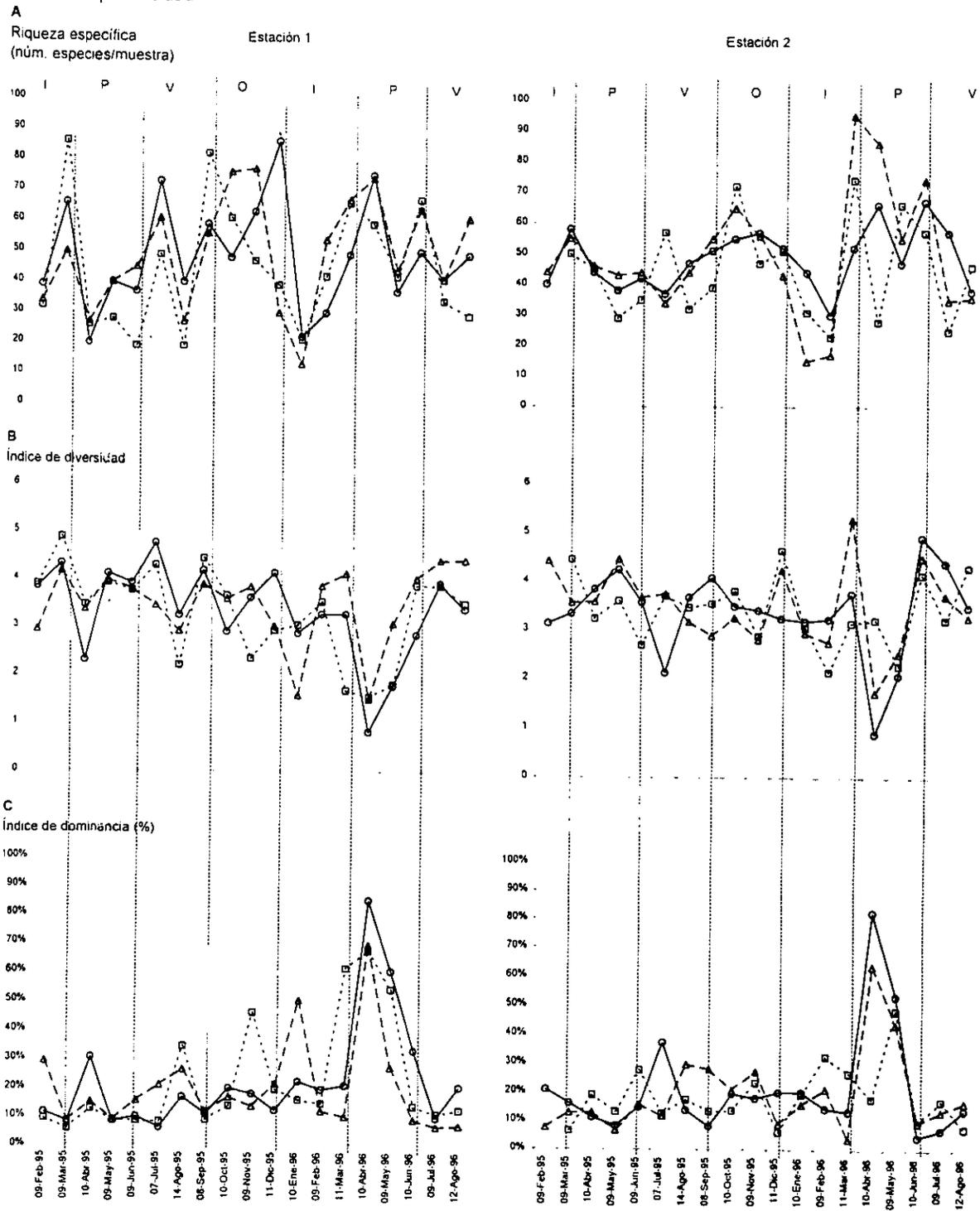
### **Composición de las comunidades fitoplanctónicas por especie**

Las especies que se presentaron al menos una vez en una muestra durante todas las fechas sin considerar a que profundidad y estación correspondieron, se presentaron en la tabla 5 y fueron denominadas especies permanentes, las especies que estuvieron presentes en más del 20% de las fechas se consideraron especies frecuentes se encuentran en la tabla 6 y las especies que se presentaron en menos de 20% se indican en la tabla 7 fueron consideradas como especies raras (ver Anexos tablas 5, 6 y 7).

### **Análisis comparativo entre las estaciones de muestreo**

Este análisis se hizo en las estaciones 1 y 2, considerando la totalidad de muestras y comparando la presencia de las especies encontradas y sus abundancias en diferentes periodos, en la época de invierno y la de verano o en la temporada de lluvias y de secas. Se utilizó el criterio de los 25°C para separar las dos épocas del año, invierno y verano. La temporada de lluvias y de secas, en 1995 comprendió los meses de junio a septiembre con precipitaciones entre 7 y 366 mm y en 1996 de junio a noviembre con precipitaciones entre 6 y 427 mm (datos obtenidos del Observatorio Meteorológico de Mazatlán).

Figura 9 Variación estacional de la riqueza específica (A), índice de diversidad de Shannon-Weiner (B) e índice de dominancia (C) para las estaciones 1 y 2 a 0.5 (-O-), 5 (-Δ-) y 10 m (- · - ·) de profundidad



### **Época de invierno y verano en función de la presencia de las especies**

En la figura 10 A se advierte la semejanza entre las diferentes capas de la columna de agua en las estaciones 1 y 2 en el invierno y en el verano, con porcentaje de similitud de 74 al 79%, las capas que más se parecen entre ellas fueron la superficie y media agua en la estación 1 en la época de verano con 80 y 99%, junto con la estación 2 en la capa del fondo, fueron las estaciones menos parecidas en su composición fitoplanctónica al resto de las estaciones con similitud de 56 y 59%, respectivamente.

### **Temporada de lluvias y secas en función de presencia de las especies presentes**

Con respecto al período de lluvias y de secas, como puede verse en la figura 10 B, las estaciones 1 y 2 son muy semejantes entre ellas, en la temporada de lluvias principalmente con porcentajes de similitud de entre el 75 al 78%. En la época de secas, la estación 1 en media agua y en el fondo, fue más parecida a la estación 1 en temporada de lluvias con un porcentaje de similitud de 73 y 74%.

### **Época de invierno y verano en función de la abundancia de las especies presentes**

La figura 11 A mostró similitud en las estaciones 1 y 2 en las capas de superficie y media agua, con porcentajes entre 84 y 99%. La capa de fondo tanto de la estación 1 como de la 2 en el invierno, fueron las menos parecidas al resto de las estaciones con porcentajes de similitud de 82 y 69%.

### **Temporada de lluvias y secas en función de la abundancia de las especies**

La abundancia de las especies encontrada en temporada de lluvias y de secas mostró mayor porcentaje de similitud entre las estaciones 1 y 2 en las capas de superficie y media agua en la temporada de secas con porcentajes de 99%, las capas de fondo de ambas estaciones resultaron con porcentajes del 87% (Fig. 11 B). En la temporada de lluvias, las estaciones 1 y 2 en sus diferentes profundidades mostraron mayor variabilidad en la similitud que en la temporada de secas, la cual resultó entre 80 y 89%.

### **Asociación entre especies**

Se realizó un análisis de asociación de especies dominantes (Tabla 8), de acuerdo al índice de dominancia general promedio según Picard (1965), mediante la elaboración de tablas de contingencia 2x2 mediante el recuento del número de veces que ocurrió una especie con respecto a otra y viceversa o cuantas veces estuvieron ausentes ambas, se realizó una prueba de independencia chi-cuadrada, en la tabla 9, solo se presentan los coeficientes de asociación que resultaron significativos al 95% con el estadístico  $X^2$  mayor a C, donde  $C = 3.841$ , rechazando la hipótesis de la independencia de la presencia de dos especies, es decir, se acepta la existencia de algún grado de asociación. Las asociaciones entre las especies dominantes, significativas al 95% de confianza con coeficientes entre 30 y 44% se presentan en la tabla 9:

*Mesodinium rubrum* se asoció negativamente con *Leptocylindrus danicus*.

*Chaetoceros*, sp. se asoció con *Nitzschia* sp. y *Pseudo-nitzschia* sp.

Figura 10 Dendograma de similitud entre las diferentes profundidades de las estaciones 1 y 2 en función de la presencia de las especies encontradas en la época de invierno o verano (A) o en la temporada de lluvias o secas (B), a 0.5 (S), 5 (M) y 10 (F) m de profundidad.

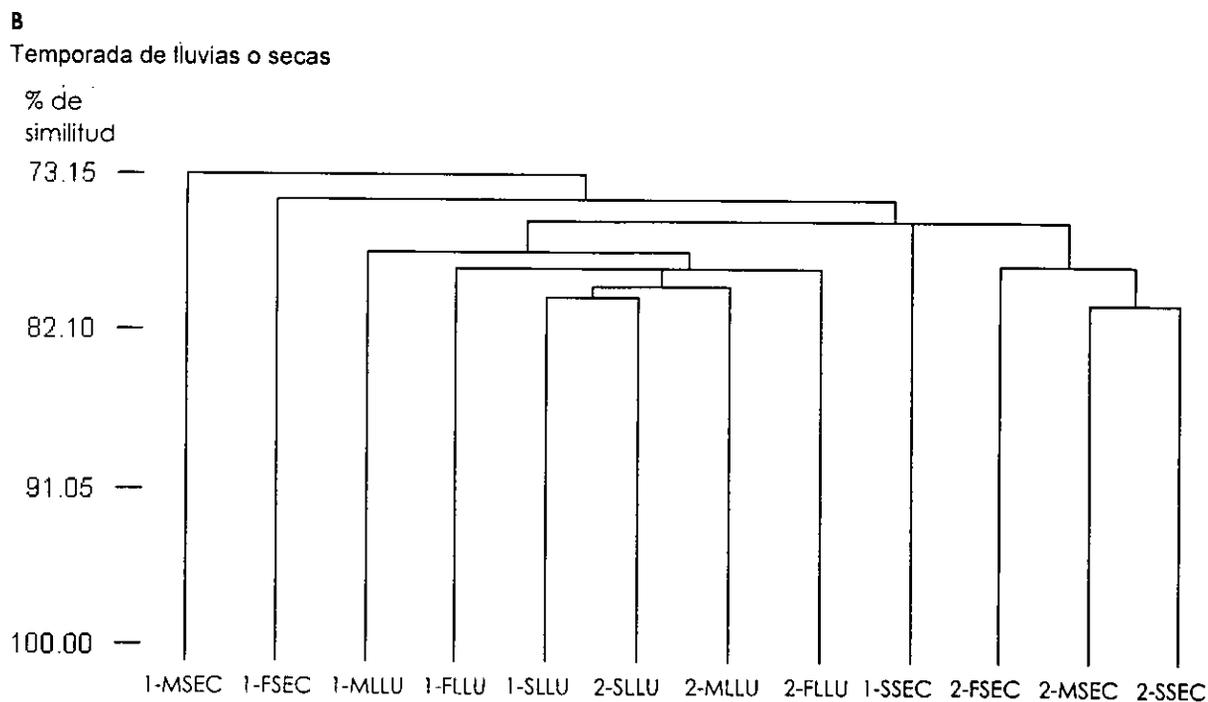
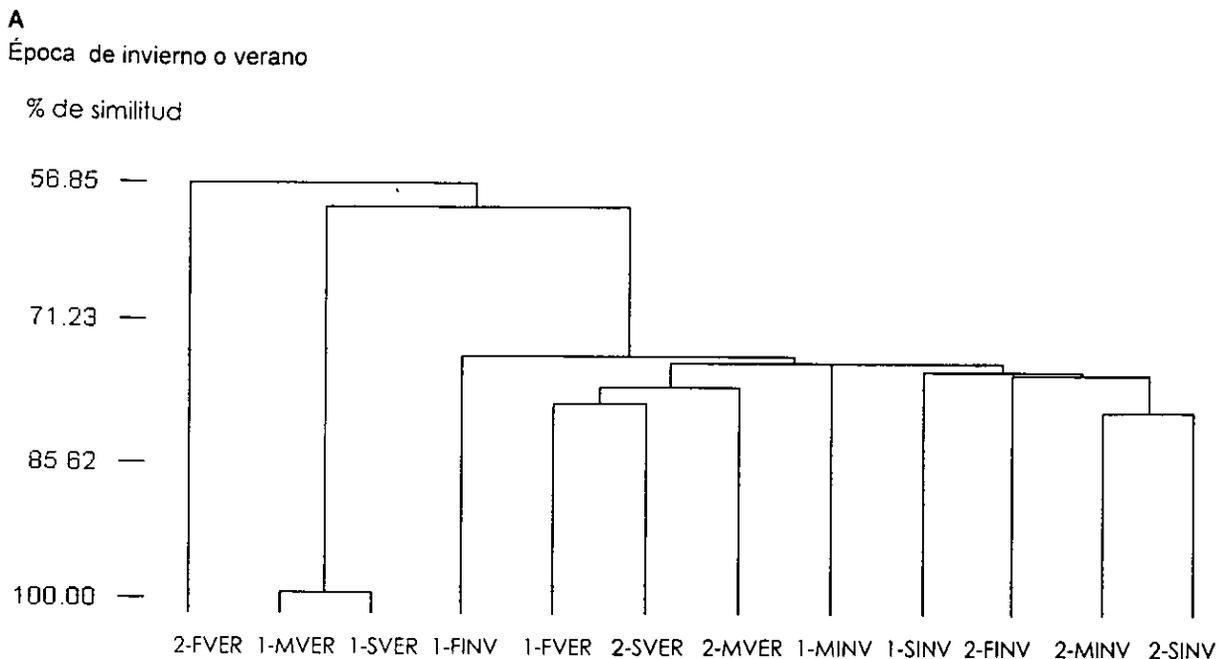
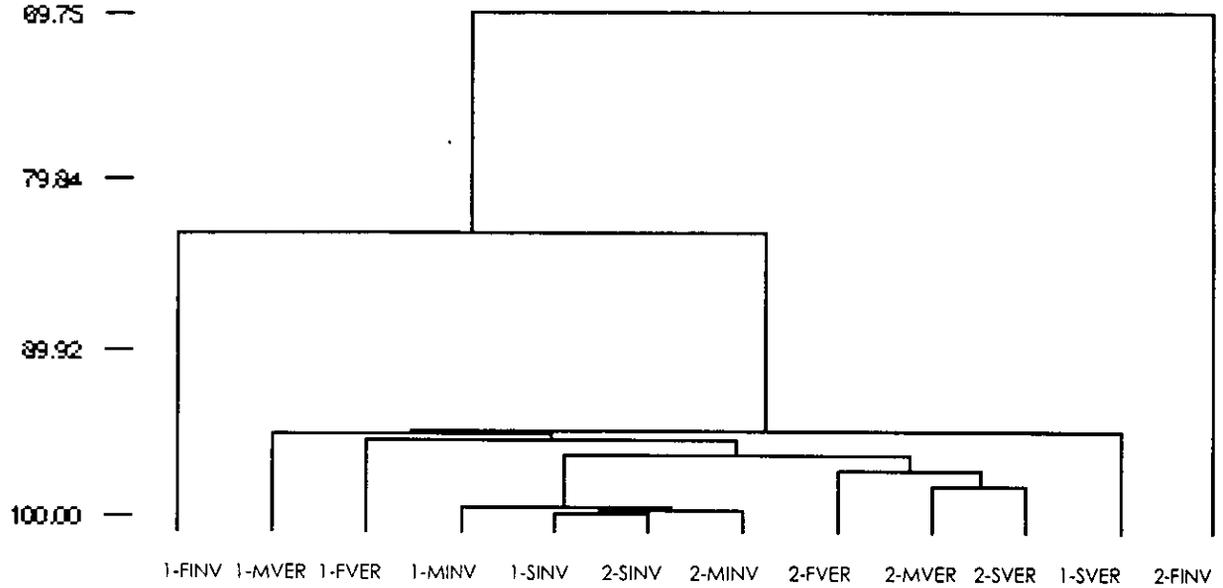


Figura 11 Dendograma de similitud entre las estaciones 1 y 2 en función de la abundancia de las especies, en invierno y verano (A) y en la temporada de lluvias y secas (B), a 0.5 ( S), 5 (M) y 10 (F) m de profundidad

**A**

Época de invierno y verano

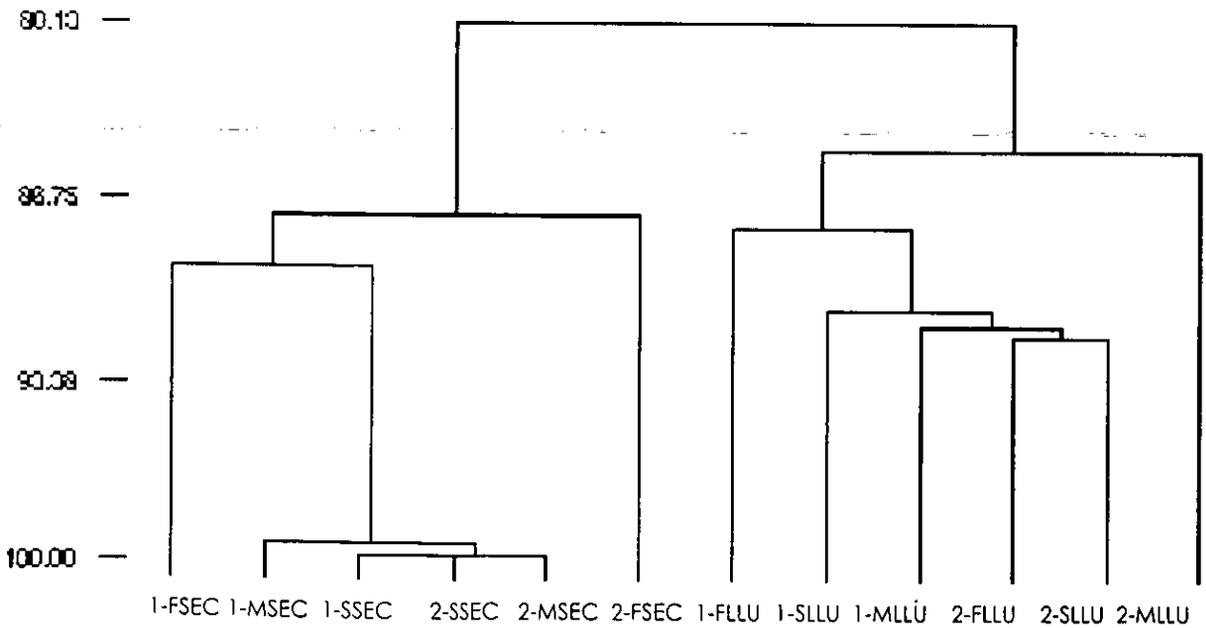
% de similitud



**B**

Temporada de lluvias y secas

% de similitud



*Pseudo-nitzschia* sp. se asoció con *Rhizosolenia* sp. y *Skeletonema costatum*.

*Gymnodinium catenatum* se asoció negativamente y *Gyrodinium* sp. positivamente con los fitoflagelados n. i..

El grupo de los fitoflagelados n. i. se asoció con mayor número de especies dominantes, tanto diatomeas como dinoflagelados, con coeficientes de asociación entre 22 y 44%.

### Relaciones fitoplancton–hidrología

Se aplicó el método de componentes principales para la búsqueda de posibles relaciones entre variables fisicoquímicas y de concentraciones de nutrientes con la abundancia de las especies dominantes (Tabla 8) según Picard (1965) en la estación 1, en la estación 2 y en conjunto 1 y 2.

### Análisis de componentes principales de la estación 1

El factor 1 explicó el 21% de la variabilidad de la varianza total, el factor 2 el 11% y el factor 3 el 10% (Tabla 10):

En el factor 1 se asociaron negativamente el porcentaje de saturación, la temperatura y el oxígeno disuelto y positivamente sigma-t, la concentración de fosfato inorgánico y de los sólidos suspendidos, en este factor se asoció con baja correlación, el aumento de la abundancia de *Pseudo-nitzschia* sp.

En el factor 2 relacionado negativamente con el nitrógeno inorgánico total resultó asociado al aumento en la abundancia de *Gyrodinium* sp., *Rhizosolenia setigera*, *Coscinodiscus* sp., el grupo de los fitoflagelados n. i., *Chaetoceros* sp., *Leptocylindrus* sp., *Mesodinium rubrum*, *Coscinodiscus* sp. y *Nitzschia* sp.

En el factor 3 se relacionó positivamente con la salinidad y negativamente con la concentración del silicato, este factor se asoció, con bajos valores de correlación a la abundancia de *Rhizosolenia* sp. y *Phaeocystis* sp. y a la disminución de la abundancia de *Protoperdinium* sp., *Gymnodinium catenatum* y *Skeletonema costatum*.

En la figura 12 A se observaron coeficientes de correlación relativamente altos entre las variables fisicoquímicas en el factor 1, negativos con la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto y positivos con el resto de ellos, el silicato se relacionó negativamente en el factor 2.

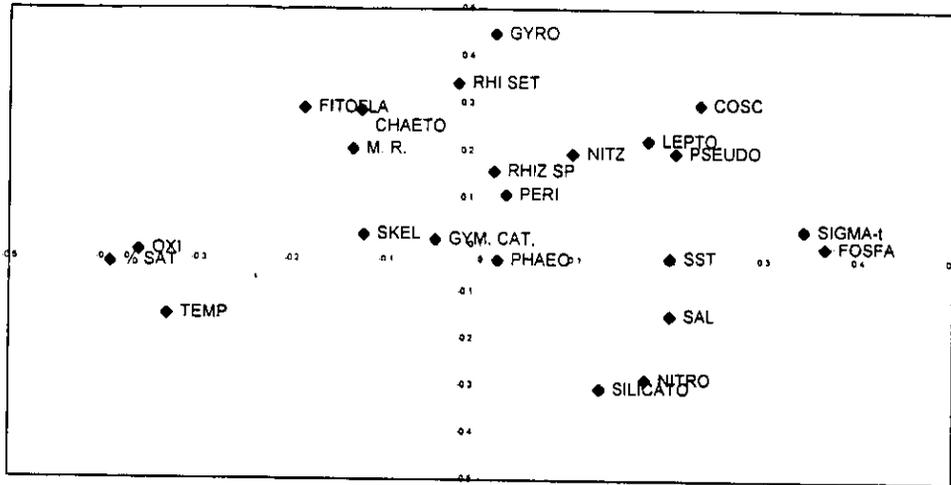
En la figura 12 B se formaron tres uno de variables relacionadas con el factor 1, consistentes con la figura anterior. Otro grupo de una variable y dos especies asociadas en el factor 3, y otro grupo más grande que comprendió a las especies relacionadas en el factor 2 y 3.

En la figura 12 C se observó dispersión entre las especies y variables asociadas en los factores 1 y 3, solo se agruparon las especies relacionadas en el factor 2 y la variable en el lado opuesto la cual fue la concentración de nitrógeno total.

Figura 12 Coeficientes de correlación del análisis de componentes principales (PCA), factor 1 vs. factor 2 (A), factor 1 vs. factor 3 (B) y factor 2 vs. factor 3 (C) para la estación 1.

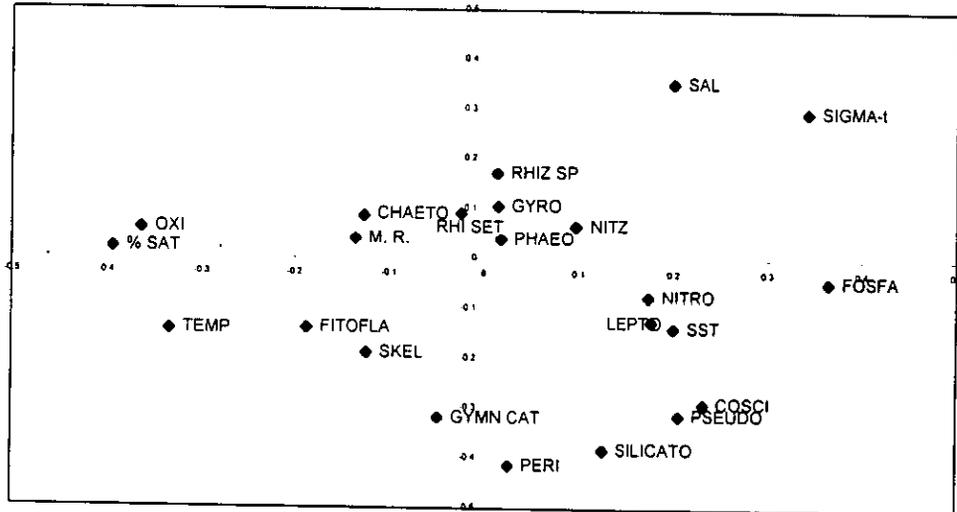
A

Factor 1 vs. factor 2



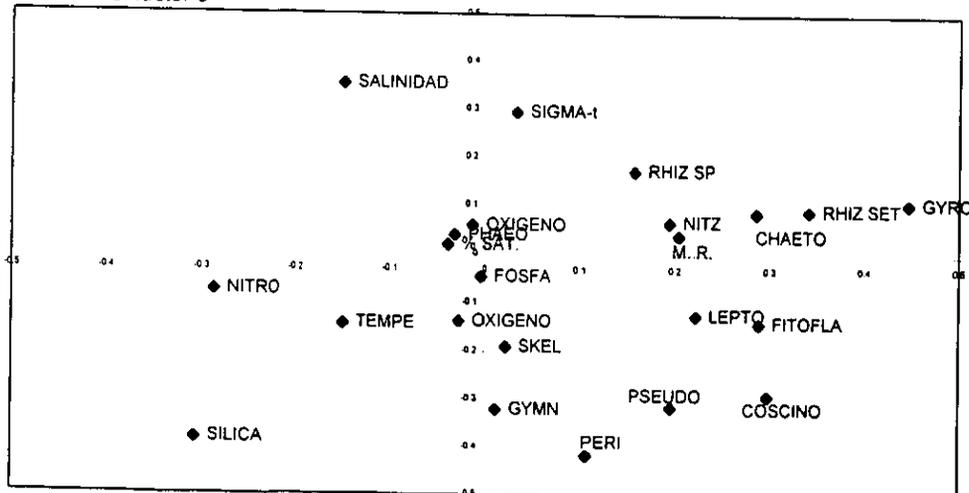
B

factor 1 vs. factor 3



C

factor 2 vs. factor 3



## **Análisis de componentes principales para la estación 2**

El factor 1 explicó el 18% de la varianza total, el segundo 14% y el tercero el 14%. Los coeficientes de correlación se exponen en la tabla 11.

En esta estación se encontró que en el factor 1 se asociaron positivamente sigma-t, la salinidad, la concentración de fosfato, del nitrógeno inorgánico total y negativamente el porcentaje de saturación y la concentración del oxígeno a la temperatura. En este factor se asociaron también la disminución de la abundancia de *Pseudo-nitzschia* sp. y *Mesodinium rubrum* y el aumento de la abundancia, con baja correlación de *Chaetoceros* sp.

En factor 2, se asociaron la salinidad positivamente y negativamente los sólidos suspendidos totales con la abundancia de *Coscinodiscus* sp., el grupo de los fitoflagelados n. i., *Rhizosolenia setigera*, *Nitzschia* sp., y *Skeletonema costatum*.

En factor 3 se relacionaron positivamente los sólidos suspendidos y la concentración del silicato reactivo al aumento en la densidad de *Gyrodinium* sp., *Protoperidinium* sp. *Chaetoceros* sp. y *Gymnodinium catenatum*. En este factor se asoció también a la disminución de la densidad de *Leptocylindrus* sp. y *Phaeocystis* sp.

En la figura 13 A se observaron dos grupos de variables relacionadas en el factor 1, positiva y negativamente y tres grupos de especies y variables asociadas en los tres factores.

En la figura 13 B se observaron dos grupos de especies, uno asociado positiva y otro negativamente en el factor 3, junto con los sólidos suspendidos totales y el silicato reactivo. Por otra parte, varios grupos pequeños formados por variables y especies asociadas en los factores 1 y 2.

La figura 13 C mostró las siguientes agrupaciones: un gran grupo conteniendo especies asociadas en los tres factores, un pequeño grupo de variables fisicoquímicas relacionadas en el factor 1, un grupo de especies relacionadas en el factor 3, el resto de los puntos se encontró disperso.

## **Análisis de componentes principales para estaciones 1 y 2 en conjunto**

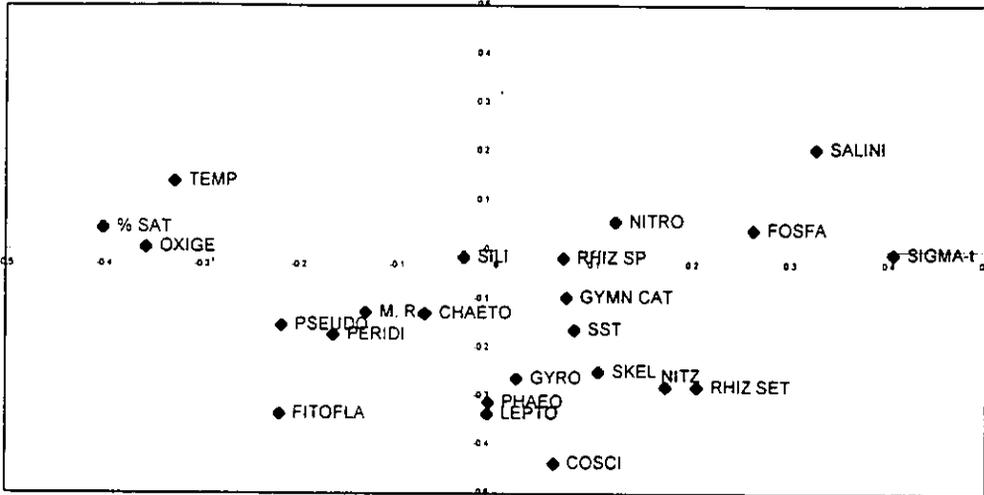
Se analizaron tres factores para explicar la varianza total, el factor 1 explicó el 18% de la misma, el factor 2 el 11% y el factor 3 el 10%, los coeficientes de correlación se exponen en la tabla 12.

En factor 1 se encontró relacionado positivamente el porcentaje de saturación, la concentración del oxígeno, la temperatura y negativamente sigma-t, el fosfato inorgánico, a la salinidad, sólidos suspendidos totales y la concentración de nitrógeno inorgánico total, en este factor se asoció el aumento de la abundancia de los fitoflagelados y la disminución de *Coscinodiscus* sp.

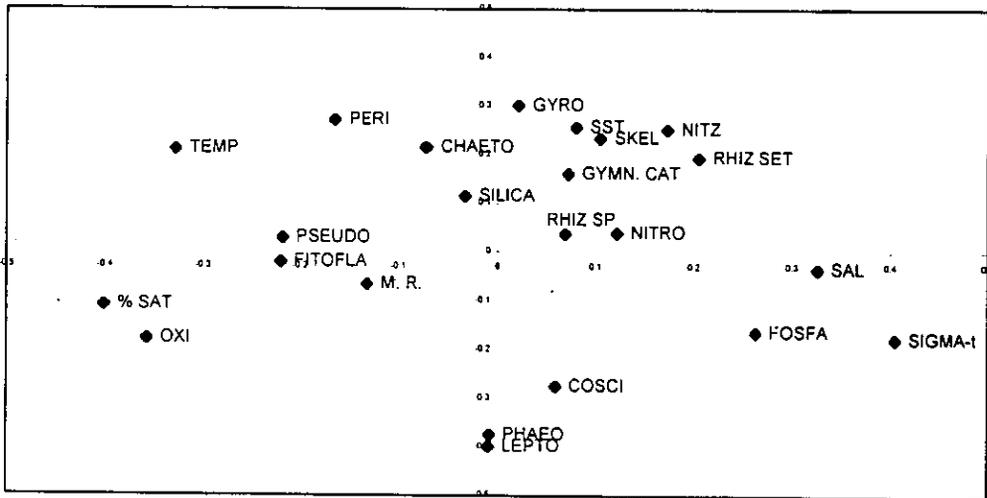
En factor 2 se asociaron la disminución de la salinidad, al aumento de la abundancia de *Coscinodiscus* sp., *Protoperidinium* sp., el grupo de los fitoflagelados n. i., *Gyrodinium* sp., *Pseudo-nitzschia* sp. y *Mesodinium rubrum*.

Figura 13 Coeficientes de correlación del análisis de componentes principales (PCA), factor 1 vs. factor 2 (A), factor 1 vs. factor 3 (B) y factor 2 vs. factor 3 (C) para la estación 2.

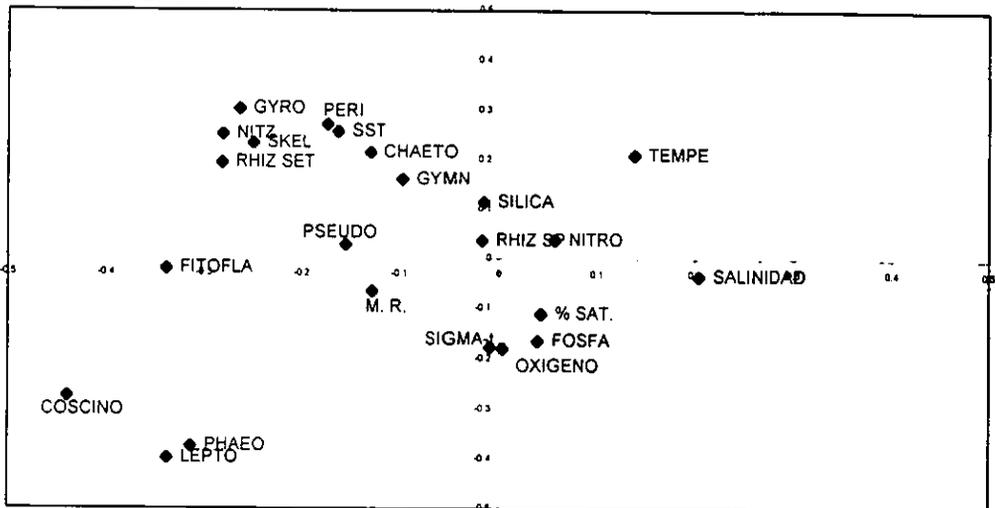
A  
factor 1 vs factor 2



B  
factor 1 vs. factor 3



C  
factor 2 vs. factor 3



En factor 3 se relacionó negativamente la concentración de silicato reactivo principalmente y el aumento en la abundancia de *Nitzschia* sp., *Rhizosolenia setigera*, *Skeletonema costatum*, *Rhizosolenia* sp., *Chaetoceros* sp., *Gymnodinium catenatum* y la disminución de la abundancia de *Leptocylindrus* sp. y *Phaeocystis* sp.

En la figura 14 A se muestran dichas correlaciones, dos grupos de variables relacionadas en el factor 1, en el cual disminuye abundancia de *Coscinodiscus* sp. y aumenta la de los fitoflagelados. Otro grupo localizado al centro formado en su mayoría por especies asociadas en los factores 2 y 3 y varios formados por especies asociadas a la disminución de la salinidad, la concentración del oxígeno y del fosfato en los factores 2 y 3.

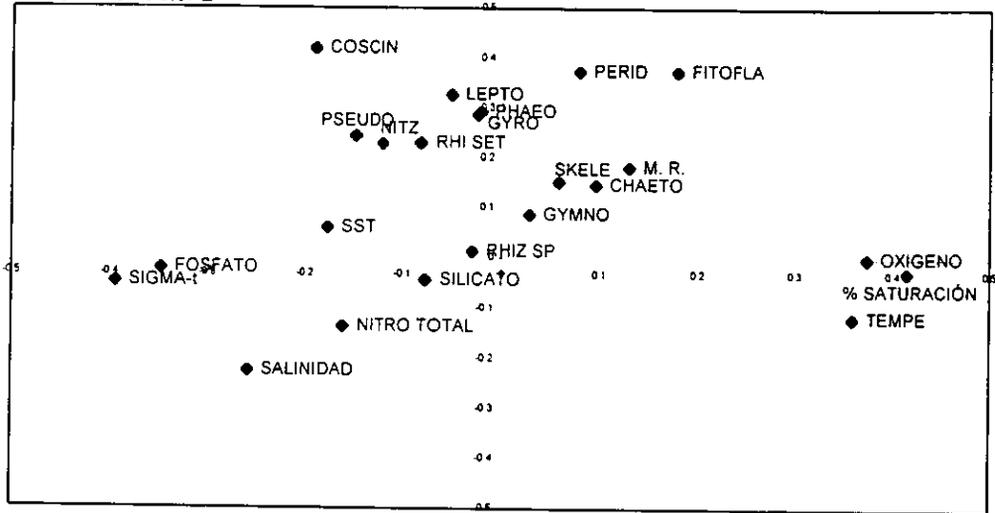
En la figura 14 B se observan básicamente cuatro grupos, dos relacionados positiva y negativamente en el factor 1, uno relacionado en el factor 3 y otro formado por especies asociadas en los factores 2 y 3.

La figura 14 C se mostró la formación de dos grupos, uno muy grande formado por especies asociadas en los factores 2 y 3 y otro formado por las variables relacionadas en el factor 1 y 3.

Figura 14 Coeficientes de correlación del análisis de componentes principales (PCA), factor 1 vs. factor 2 (A), factor 1 vs. factor 3 (B) y factor 2 vs. factor 3 (C) para las estaciones 1 y 2 (en conjunto).

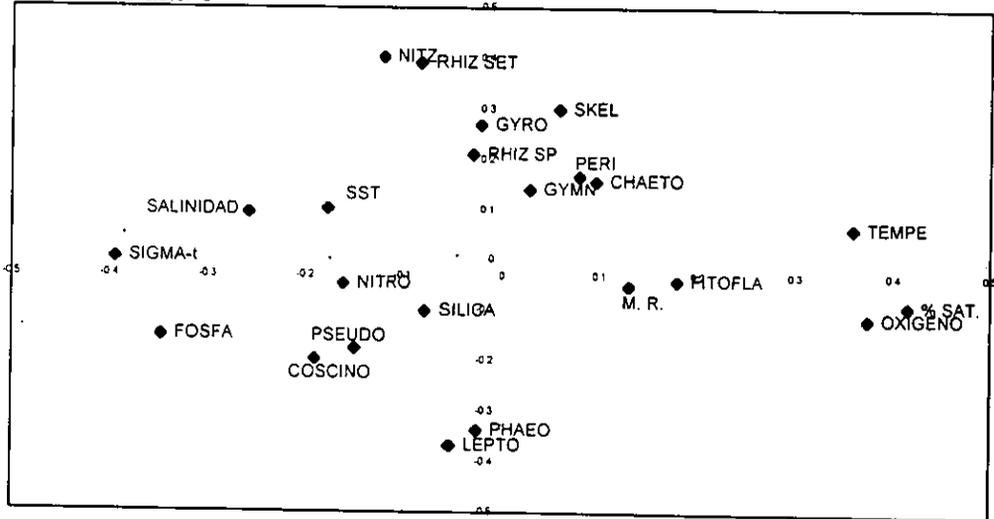
A

factor 1 vs. factor 2



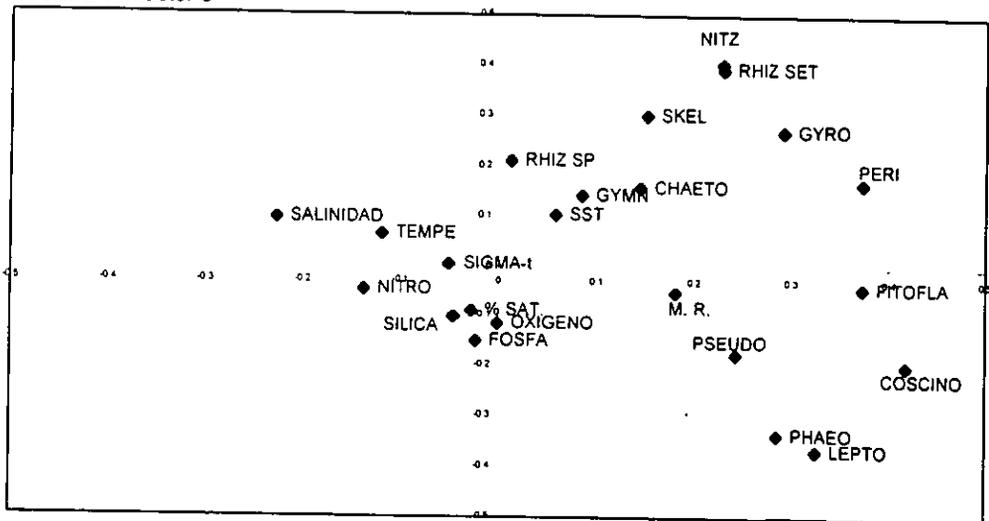
B

factor 1 vs. factor 3



C

factor 2 vs. factor 3



## **III.2 MAREAS ROJAS**

### **III.2.1 MAREAS ROJAS DE INVIERNO-PRIMAVERA DE 1995.**

El período de mayor frecuencia de las mareas rojas en esta zona comprende los meses de febrero a mayo por lo tanto en este apartado se analizan las variables durante el período del 9 de febrero al 9 de mayo de 1995 (Tabla 13).

#### **III.2.1.1 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS**

##### **Temperatura**

En este período, las temperaturas más bajas se observaron en el fondo y las más altas en la superficie (Fig. 15 A). La estratificación vertical aumentó en las siguientes fechas y se observó la mínima estratificación el 9 de febrero y la máxima el 9 de mayo de 1995. No se observan diferencias importantes entre las estaciones 1 y 2, excepto que la temperatura de la capa de media agua fue equidistante entre superficie y fondo en la estación 1 y en la estación 2 se encontró más cercana a la temperatura del fondo que de la superficie con un gradiente de 5 grados centígrados. El dato de temperatura de la estación 3 correspondiente al 9 de febrero, fue la misma a la observada en las estaciones 1 y 2 en la columna de agua la cual fue de 24.9°C. El intervalo de temperatura en la estación 1 durante este período fue de 18.7 a 25°C y en la estación 2 entre 18.3 y 24.9°C, las mínimas se presentaron el 9 de mayo y las máximas el 9 de febrero.

##### **Salinidad**

En las estaciones 1 y 2, la salinidad fue menor en las tres profundidades indistintamente (Fig. 15 B). La estratificación halina fue mayor en la estación 1 el 8 de abril entre la salinidad más alta de esa fecha encontrada en la capa de media agua y separada por menos de una PSU de las capas de la superficie y del fondo. Los intervalos de salinidad en la estación 1 estuvieron entre 34.3 el 9 de mayo y 36.4 PSU el 8 de abril y en la estación 2 de 34.5 en mayo y 36 PSU en febrero. El dato de la estación 3 correspondiente al 9 de febrero, fue muy semejante al encontrado en el fondo en esa misma fecha en la estación 1 de 35.7 PSU. Se encontraron inversiones halinas en todas las fechas en las dos estaciones durante este período de mareas rojas excepto en la estación 1 el 9 de marzo.

##### **Sigma-t**

Los menores valores de sigma-t se encontraron en media agua y superficie, en las estaciones 1 y 2. Se observaron picos máximos de sigma-t el 8 de abril de 24.9 en la superficie en la estación 1 y de 24.7 en media agua el 9 de mayo en fondo en la estación 2 (Fig. 15 C). La estratificación estuvo presente en todas las muestras, principalmente el 10 de abril y 9 de mayo con diferencias cercanas a una unidad. Se encontró en la estación 2, la capa de media agua más parecida a la del fondo que a la superficie. El único dato de sigma-t de la estación 3 en la superficie, al igual que con la salinidad, fue de 23.7, muy semejante al encontrado en el fondo en la estación 1 en la misma fecha. La estratificación menos importante se presentó el 9 de

marzo en la estación 1. Los intervalos de sigma-t para este período en la estación 1 comprendieron valores entre 23.4 y 24.9 y de la estación 2 entre 23.4 y 24.6. La inestabilidad de la densidad observada durante este período obedece principalmente a inversiones halinas ya que la temperatura no mostró esta particularidad.

### **Oxígeno disuelto**

Las menores concentraciones de oxígeno disuelto se presentaron en el fondo y las más altas en la superficie y en la capa de media agua (Fig. 15 D). La distribución vertical del oxígeno mostró estratificación en todas las fechas de éste período de mareas rojas excepto el 9 de febrero de 1995. La estratificación más importante se observó en la estación 1 el día 9 de mayo donde alcanza diferencias de 3.5 ml/l en la estación 1 y de 2 ml/l en la estación 2. En la estación 3, en la superficie se encontró un valor igual al de media agua de la estación 2 en la misma fecha, 5.13 ml/l. El intervalo de concentraciones observadas en la estación 1 fue de 1.56 ml/l el 9 de mayo a 6.42 el 8 de abril entre la superficie y el fondo. En la estación 2 de 1.99 a 5.72 ml/l en las mismas fechas y profundidades. Las inversiones en la disposición de las capas solo se presentaron el 9 de febrero y 9 de marzo con concentraciones de oxígeno mayores en la capa de media agua que en la superficie.

### **Porcentaje de saturación**

Los valores menores del porcentaje de saturación se observaron en el fondo y los mayores en superficie y media agua. En la estación 1 el intervalo de porcentaje de saturación fue de 29% a 132%, valores encontrados el día 9 de mayo y 8 de abril, respectivamente. En la estación 2 el intervalo fue de 37 a 117%, encontrados en las mismas fechas. El dato de la estación 3 fue de 109%, similar al de la estación 1 en media agua. Se presentaron inversiones en el orden de las diferentes capas el 9 de febrero y el 9 de marzo con porcentajes de saturación mayores en el fondo y media agua que en la superficie. Su distribución corresponde a la de la concentración de oxígeno disuelto, por lo tanto no se consideró necesaria su presentación.

### **Sólidos suspendidos totales**

Los valores mínimos se presentaron en la estación 1 en la superficie y en media agua y en la estación 2 en la superficie y en el fondo (Fig. 16 A). Los valores más altos se presentaron en el fondo en la estación 1 y en la superficie y media agua en la estación 2. La distribución vertical mostró estratificación en todas las fechas con gradientes menores a 2.32 mg/l. El dato de la estación 3 en la superficie el 9 de febrero fue de 5.82 mg/l, igual al valor máximo encontrado en el fondo para este período en la estación 1 el 8 de abril. El intervalo de sólidos suspendidos en la estación 1 fue de 1.06 a 5.82 mg/l y en la estación 2 de 1.40 a 4.80 mg/l.

Figura 15 Variación de temperatura (A), salinidad (B), sigma-t (C) y oxígeno disuelto (D) en las estaciones 1 y 2 a 0.5 (-O-), 5(-Δ-) y 10 (-□-) m de profundidad. Periodo de mareas rojas de invierno-primavera de 1995.

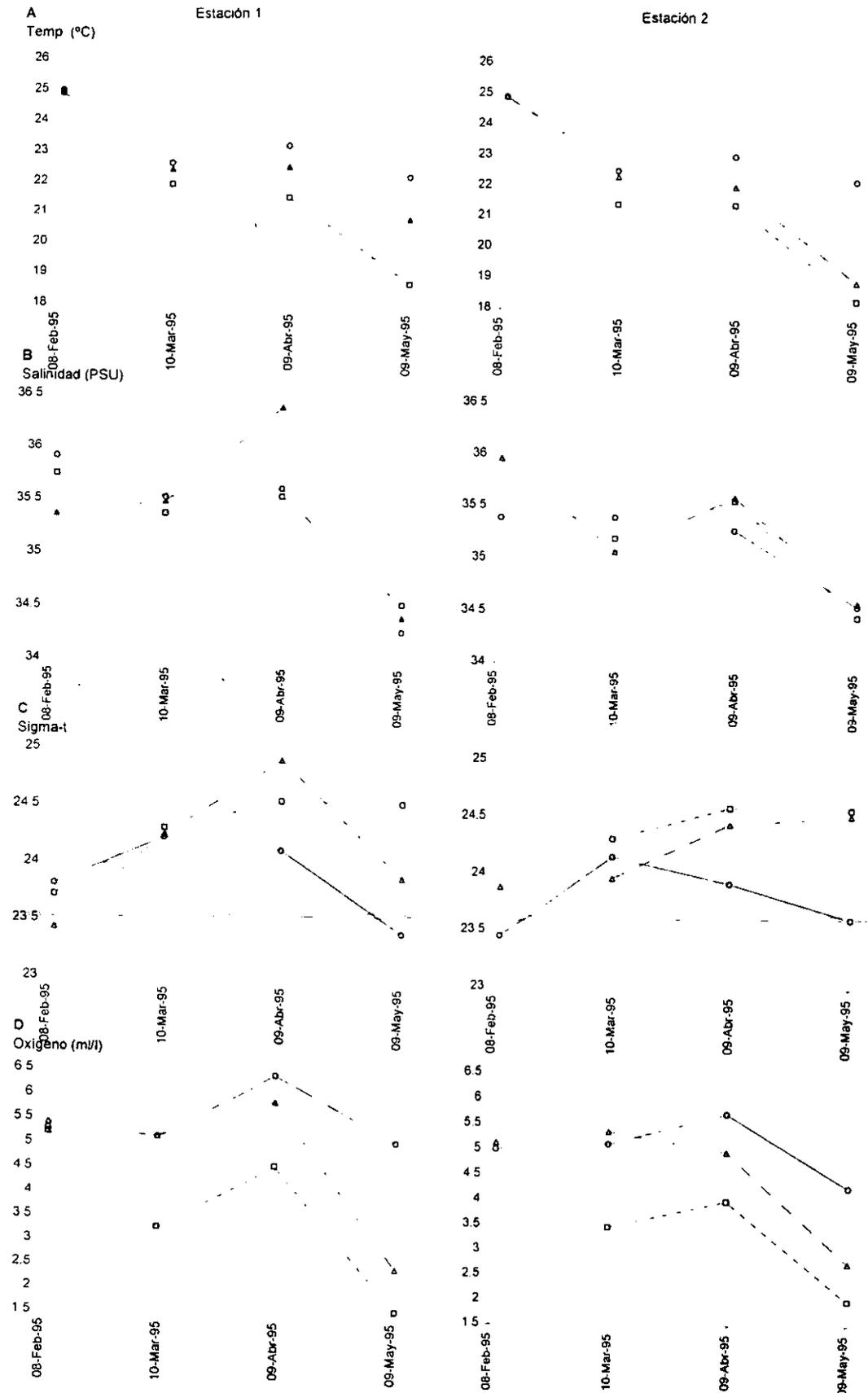
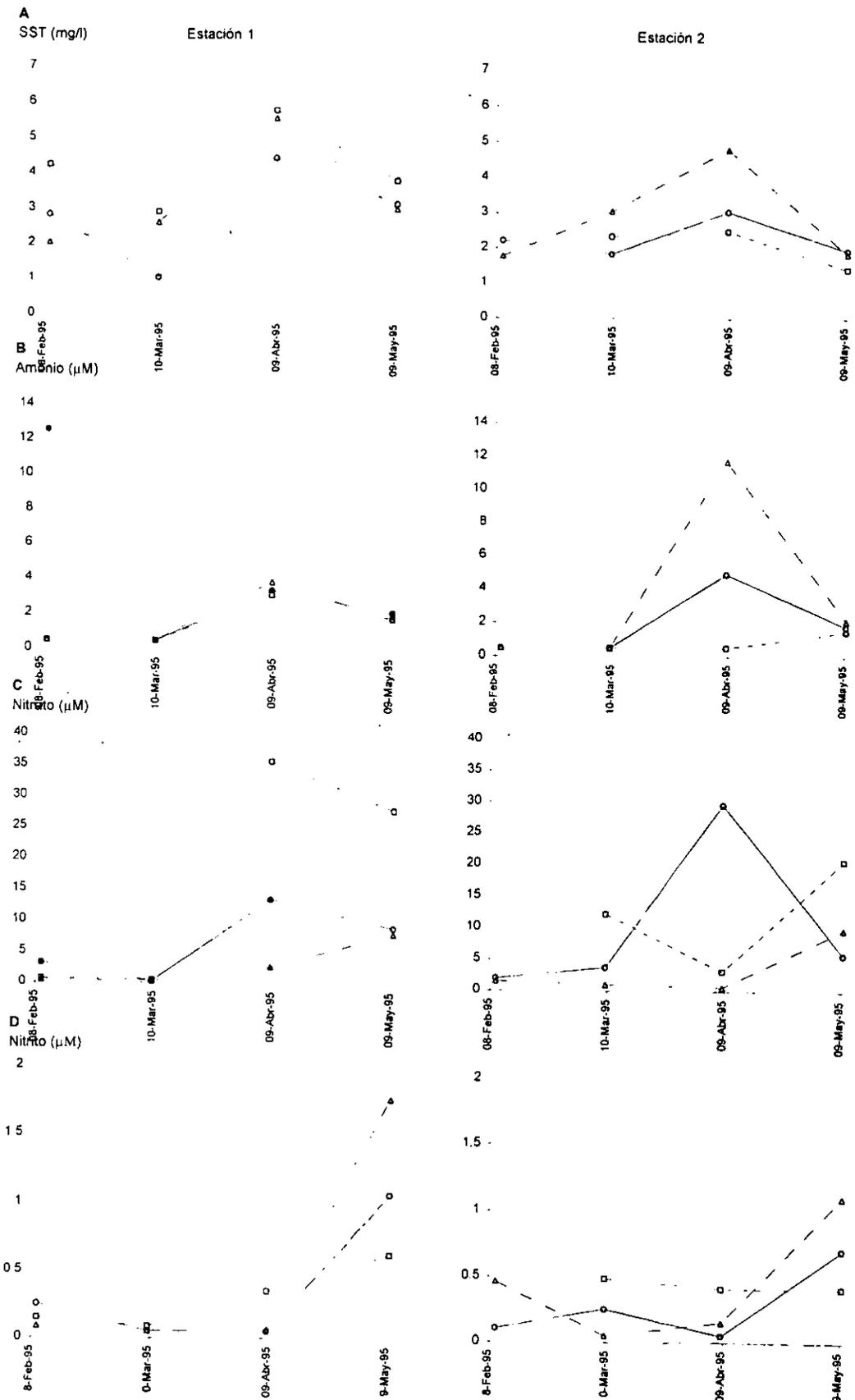


Figura 16 Variación de sólidos suspendidos totales (A), amonio (B), nitrato (C) y nitrito (D), en las estaciones 1 y 2 a 0.5 (-O-), 5(-Δ-) y 10 (-□-) m de profundidad. Periodo de mareas rojas invierno-primavera 1995.



### III.2.1.2 NUTRIENTES

#### Amonio

La concentración de amonio en las estaciones 1 y 2 mostró mínimos en fondo de  $0.50 \mu\text{M}$  el 9 de febrero, 9 de marzo y 8 de abril (Fig. 16 B). Los máximos se presentaron en la estación 1 en la superficie el 9 de febrero y en media agua el 8 de abril en la estación 2. Los picos máximos se presentaron en la estación 1 con una concentración de  $12.59 \mu\text{M}$  y un gradiente de  $12.09 \mu\text{M}$  entre la superficie y el fondo, el 9 de febrero. El 9 de marzo, 8 de abril y 9 de mayo, no se encontró estratificación de importancia. Otro pico máximo se observó en la estación 2 el 8 de abril en media agua con un valor de  $11.68 \mu\text{M}$ , con un gradiente de  $11.18 \mu\text{M}$  entre media agua y fondo, con la concentración de la superficie intermedia. El dato de la estación 3 de superficie se mostró bajo, de  $1.72 \mu\text{M}$ , cercano al mínimo de  $0.50 \mu\text{M}$  (límite detectable). El intervalo de concentración de amonio en la estación 1 fue de  $0.50$  a  $12.59 \mu\text{M}$  y el de la estación 2 de  $0.50$  a  $11.68 \mu\text{M}$ .

#### Nitrato

La concentración de nitrato mostró mínimos en media agua y el fondo en la estación 1 y en media agua y superficie en la estación 2 (Fig. 16 C). Los máximos se presentaron en la superficie y el fondo en ambas estaciones. La mayor estratificación se presentó el 8 de abril con gradientes de  $33.07$  y  $28.89 \mu\text{M}$  de nitrato para la estación 1 y 2, respectivamente. La distribución vertical mostró poca estratificación el 9 de febrero y el 9 de marzo con un gradientes de  $0.15 \mu\text{M}$  a  $11.15 \mu\text{M}$  en ambas estaciones. A partir de esta fecha, la estratificación se hace más importante al igual que las concentraciones en las dos estaciones. En la estación 3, la concentración fue de  $2.42 \mu\text{M}$ , ligeramente menor que el correspondiente para la estación 1 en la misma fecha, ambos en la superficie. El intervalo de concentraciones para la estación 1 fue de  $\leq 0.30$  a  $35.74 \mu\text{M}$  y para la estación 2 de  $0.63$  y  $29.52 \mu\text{M}$ .

#### Nitrito

Las concentraciones de nitrito en las estaciones 1 y 2 mostraron valores menores al L. D. (=límite detectable) de  $0.05 \mu\text{M}$  en las tres primeras fechas (Fig. 16 D). Los máximos se presentaron en mayo con  $1.76 \mu\text{M}$  en media agua la estación 1, punto donde se mostró también la máxima estratificación con un gradiente de  $1.14 \mu\text{M}$ . En la estación 2 el máximo fue de  $1.10 \mu\text{M}$  con un gradiente de  $0.69 \mu\text{M}$ . La concentración de nitrito en la estación 3 fue de  $0.40 \mu\text{M}$ , ligeramente menor al correspondiente a media agua de la estación 2 de  $0.46 \mu\text{M}$  en la misma fecha. El intervalo de concentración de nitrito en la estación 1 fue  $\leq 0.05$  a  $1.76 \mu\text{M}$  y en la estación 2  $\leq 0.05$  a  $1.10 \mu\text{M}$ .

#### Nitrógeno inorgánico total

El nitrógeno total como resultado de la adición de especies de nitrógeno inorgánico, mostró una distribución similar a la correspondiente a las concentraciones de nitrato y de amonio (Fig. 17 A). Los valores más bajos se presentaron en media agua y fondo, principalmente y los más altos se encontraron en la superficie y en el fondo. El pico máximo se presentó el 8 de abril

coincidiendo con la mayor estratificación con un gradiente de  $32.59 \mu\text{M}$  entre las capas del fondo y de media agua con la concentración de superficie más cercana a la de media agua en la estación 1 y de  $30.36 \mu\text{M}$  entre la superficie y el fondo, con la concentración de media agua más cercana a la de fondo en la estación 2. El dato de la estación 3 fue de  $4.52 \mu\text{M}$ , se acercó a valores bajos. La menor estratificación se observó en la estación 1 el 9 de marzo. El intervalo de concentración de nitrógeno inorgánico para la estación 1 fue de  $0.85$  a  $39.17 \mu\text{M}$  y para la estación 2 de  $1.55$  a  $34.45 \mu\text{M}$ .

### **Silicato**

Los valores bajos de silicato se presentaron en la superficie y los más altos se encontraron en el fondo (Fig. 17 B). Los mínimos de silicato fueron de  $0.50 \mu\text{M}$  y se presentaron el 9 de febrero y el 9 de marzo, aumentando gradualmente hasta encontrar máximos en la estación 1 en el fondo de  $19.41$  y  $18.09 \mu\text{M}$  en la estación 2. La distribución vertical del silicato tuvo rasgos muy importantes ya que la estratificación aumentó de acuerdo al incremento en la concentración del mismo y se mantuvieron las capas en el mismo orden, durante la mitad del período. En la estación 3 se encontró un valor alto de silicato con respecto a estaciones 1 y 2 en la misma fecha con  $11.78 \mu\text{M}$ . El intervalo de concentraciones para la estación 1 fue de  $0.50$  a  $19.41 \mu\text{M}$  y en la estación 2 de  $0.50$  a  $18.09 \mu\text{M}$ .

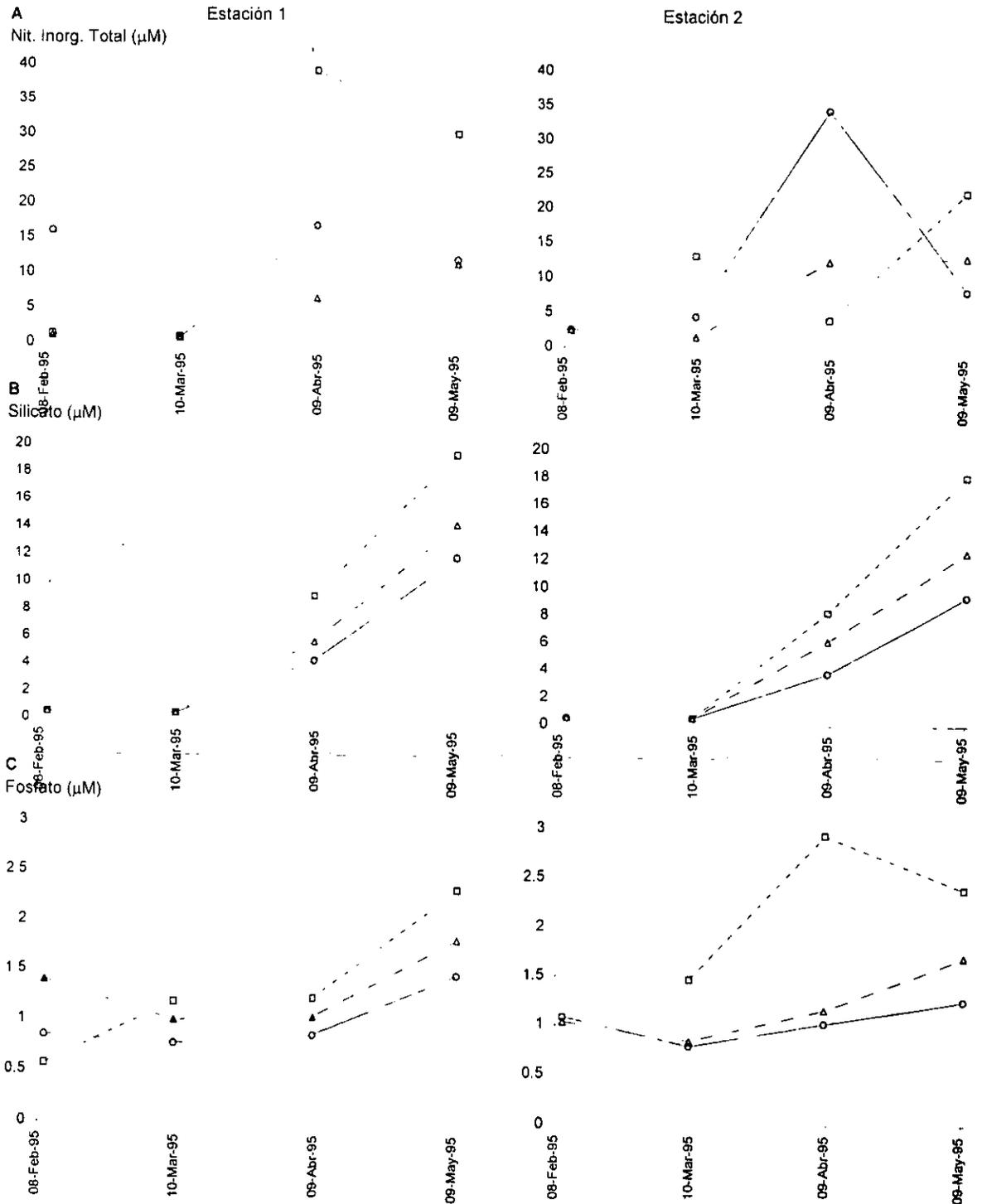
### **Fosfato**

El valor máximo fue de  $2.94 \mu\text{M}$  observado en la estación 2 en el fondo, el mínimo en el fondo en la estación 1 y fue de  $0.57 \mu\text{M}$  (Fig. 17 C). La distribución vertical mostró notable estratificación en la estación 2 el 8 de abril con una diferencia de  $1.92 \mu\text{M}$ . En la estación 1, la máxima estratificación ocurrió el 9 de mayo con una diferencia entre fondo y superficie de  $0.86 \mu\text{M}$ . Las capas se ordenaron de mayor a menor concentración de fondo a superficie en las dos estaciones excepto el 9 de febrero donde se encontró mayor concentración en media agua y menor en superficie de la estación 1 y mayor en superficie y menor en media agua en la estación 2. En la estación 3 la concentración superficial fue de  $1.03 \mu\text{M}$ , igual a la de media agua en la estación 2, en la misma fecha. El intervalo de concentraciones de fosfato en este período para la estación 1 fue de  $0.57$  a  $2.34 \mu\text{M}$  y para la estación 2 de  $0.84$  a  $2.94 \mu\text{M}$ .

### **Proporciones de nutrientes**

Las proporciones mínimas de N:P se observaron en media agua, las máximas proporciones se presentaron el 8 de abril en las dos estaciones. En la estación 1 el máximo valor de N:P fue de 31:1 en el fondo, le siguió el del 9 de febrero con 19:1. En la estación 2 de 34:1 en la superficie, coinciden con los puntos con mayor estratificación el fondo y media agua, la capa de superficie intermedia en la estación 1 y en la estación 2 entre la capa de superficie y fondo, la capa de media agua con valores intermedios. El intervalo de proporciones de N:P en la estación 1 fue de 0.81:1 a 31:1 y en la estación 2 de 1.4:1 a 34:1 El intervalo de la proporción N:P en la estación 1 en este período, fue semejante al encontrado en este estudio en el invierno a 10 m en la estación 1 y el de la estación 2 al del verano a 10 m en la misma estación (Tabla 4).

Figura 17 Variaciones de nitrógeno inorgánico total (A), silicato reactivo (B) y fosfato inorgánico (C), en las estaciones 1 y 2 a 0.5 (-O-), 5(-Δ-) y 10 (-□-) m de profundidad. Período de mareas rojas invierno-primavera de 1995.



El crecimiento de los organismos causantes de mareas rojas en Hong Kong es óptimo a bajas proporciones N:P, entre 6:1 y 15:1 Hodgkiss y Ho (1997), Redfield 16:1. Las razones N:P encontradas en este estudio, en las dos estaciones, estuvieron entre 0.48:1 y 145:1, con el 25% de los datos entre 6:1 y 15:1.

Con respecto a la proporción Si:P se observaron valores bajos el 9 de febrero y el 9 de marzo. La proporción aumentó en las dos siguientes fechas en las tres profundidades en las dos estaciones. El intervalo de la proporción Si:P para la estación 1 fue de 0.3:1 a 8.1 y de 0.3:1 a 7.5:1 en la estación 2. Estos intervalos fueron semejantes a los observados en el invierno en las estaciones 1 y 2 en el invierno (Tabla 4).

La proporción Si:N presentó valores altos en media agua en la estación 1 y en la estación 2 en la superficie y media agua. La estratificación no fue muy importante excepto en la estación 2 el 8 de abril, con un gradiente cercano a 2 entre el fondo y la superficie, con la proporción de media agua más parecida a la de la superficie. El intervalo para la proporción Si:N fue de 0.03:1 a 1.24:1 y en la estación 2 de 0.03:1 a 2. Estos intervalos fueron semejantes a los encontrados en el invierno a 10 m en las estaciones 1 y 2 (Tabla 4).

### III.2.1.3 FITOPLANCTON

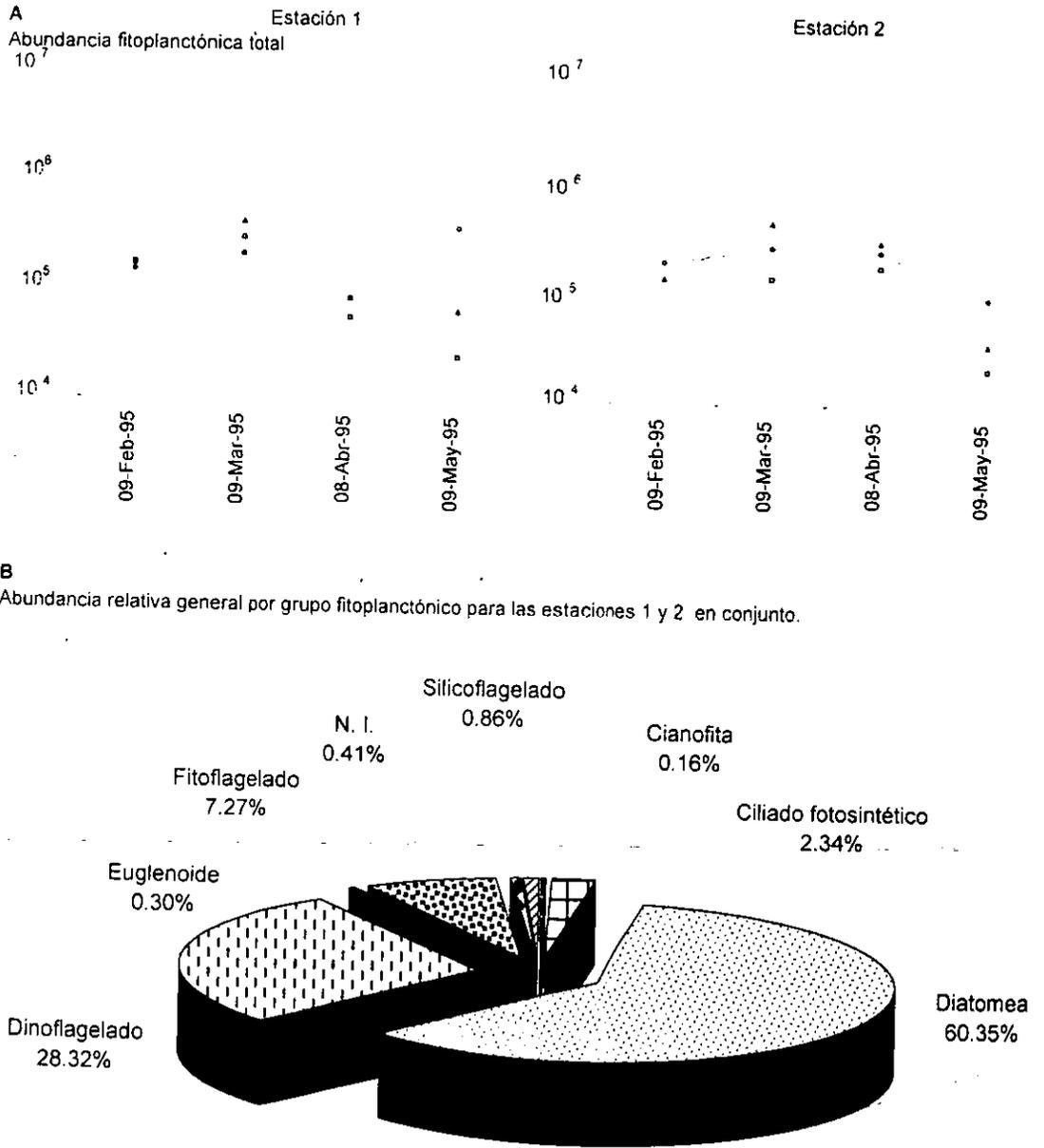
#### Abundancia total del fitoplancton

Los menores valores de densidad fitoplanctónica se presentaron en la superficie y en el fondo en la estación 1; en la estación 2, en el fondo (Fig. 18 A). Los mayores, se presentaron en la capa de media agua y la de superficie en las dos estaciones. La distribución vertical de la densidad fitoplanctónica fue muy variable en ambas estaciones, la más importante se presentó en la estación 1 el 9 de mayo con una diferencia de  $3.4 \times 10^5$  cél/l de la superficie con respecto al fondo y una densidad intermedia en la capa de media agua, esta distribución se observó en la estación 2 en la misma fecha, el resto de este período no mostró ningún patrón de estratificación. El intervalo de densidad fitoplanctónica fue para la estación 1 de  $2.5 \times 10^4$  a  $4.5 \times 10^5$  cél/l y en la estación 2 de  $2.1 \times 10^4$  a  $4.5 \times 10^5$  cél/l.

#### Abundancia relativa general por grupo

Considerando el período de mareas rojas invierno-primavera de 1995, se encontraron los siguientes grupos taxonómicos en las dos estaciones 1 y 2. El grupo más abundante fue el de las diatomeas con el 60.35%, los dinoflagelados formaron parte de la comunidad con el 28%, los fitoflagelados n. i. con el 1% y el ciliado fotosintético *Mesodinium rubrum* con el 2.34%. Le siguieron porcentajes menores a 1, en orden de importancia, los grupos de silicoflagelados, las células no identificadas, euglenoides y cianofitas (Fig. 18 B).

Figura 18 Variación de la abundancia total fitoplanctónica (A) y de la abundancia relativa general por grupo (B) en las estaciones 1 y 2 a 0.5 (-O-), 5 (-Δ-) y 10 (-□-) m de profundidad. Período de mareas rojas invierno-primavera 1995.



## Composición y abundancia de las comunidades fitoplanctónicas por grupos taxonómicos

### Grupos principales

#### Diatomeas

Las diatomeas fueron importantes en las dos primeras fechas y en la última, el 10 de abril no se observaron diatomeas en la estación 1 (Fig. 19 A). La distribución vertical no mostró estratificación notable. En la estación 2 la densidad de diatomeas fue considerablemente alta en todas las fechas, excepto en el fondo el 9 de febrero cuando las diatomeas estuvieron ausentes y se observó la estratificación más importante durante éste período con una diferencia en la densidad entre superficie y el fondo de  $1.7 \times 10^5$  cél/l. El límite superior del intervalo de densidad fitoplanctónica en la estación 1 fue de  $2.2 \times 10^5$  cél/l y en la estación 2 de  $2.8 \times 10^5$  cél/l.

#### Dinoflagelados

Los dinoflagelados no mostraron variaciones importantes durante éste período, a excepción del 9 de febrero en el fondo donde los dinoflagelados se encontraron ausentes (Fig. 19 B). La menor densidad se encontró en el fondo y la mayor resultó en la superficie y en media agua. El intervalo de densidad de los dinoflagelados en este período en la estación 1 fue de  $7 \times 10^2$  a  $2.1 \times 10^5$  cél/l y en la estación 2 el límite superior fue de  $1.2 \times 10^5$  cél/l.

#### Fitoflagelados

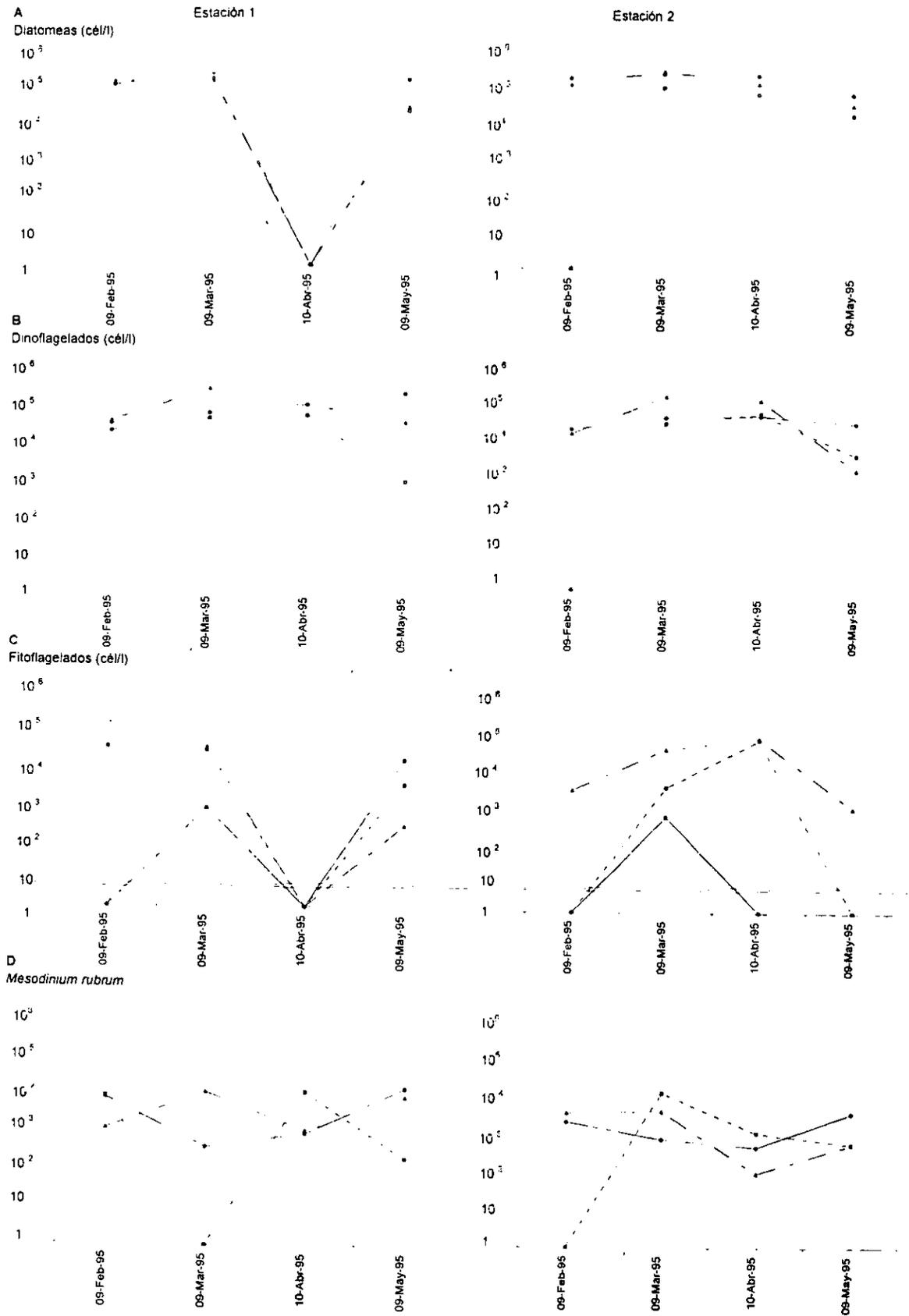
El grupo de los fitoflagelados n. i. mostró mayor variabilidad que los anteriores grupos, en la estación 1, la mayor densidad se encontró el 9 de marzo con  $3 \times 10^4$  cél/l, fecha con la más importante estratificación del período y la menor el día 10 de abril, cuando los fitoflagelados n. i. estuvieron ausentes (Fig. 19 C). El 10 de abril en la estación 2 se observó estratificación con similar densidad de la superficie y media agua y con una diferencia con respecto al fondo de  $7 \times 10^4$  cél/l; el 9 de mayo, la menor estratificación presentó una diferencia de  $9 \times 10^2$  cél/l entre media agua y la superficie y el fondo. El límite superior del intervalo de densidad de fitoflagelados n. i. en la estación 1 fue de  $3 \times 10^4$  cél/l y en la estación 2 de  $7.1 \times 10^4$  cél/l.

#### Ciliado fotosintético *Mesodinium rubrum*

La densidad de este ciliado mostró gran variabilidad, sobre todo en la estación 1; las menores se presentaron en el fondo y las mayores en las tres profundidades. La mayor estratificación se observó el 9 de marzo en la estación 1 y el 9 de febrero en la estación 2, fechas en que esta especie estuvo ausente (Fig. 19 D). El límite superior de densidad para *M. rubrum* fue de  $1.4 \times 10^4$  cél/l en las dos estaciones.

Figura 19

Variación de la abundancia fitoplanctónica de los grupos principales; diatomeas (A), dinoflagelados (B), fitoflagelados (C) y el ciliado fotosintético *Mesodinium rubrum* (D) en las estaciones 1 y 2 a 0.5 (-O-), 5 (-Δ-) y 10 (-□-) m de profundidad. Período de mareas rojas invierno-primavera de 1995.



## Grupos secundarios

### Silicoflagelados

Entre los grupos secundarios, los silicoflagelados fueron los de mayor abundancia, sobre todo en las tres últimas fechas (Fig. 20 A). La distribución vertical fue muy variable, se presentó estratificación en todas las fechas, la mayor de la estación 1 con un gradiente de  $2 \times 10^2$  cél/l entre la superficie y el fondo junto con la capa de media agua donde los silicoflagelados estuvieron ausentes el 9 de febrero. En la estación 2 se repite la misma distribución el 9 de febrero y se encuentran nuevamente el 9 de mayo con un gradiente de  $1.3 \times 10^3$  cél/l entre la capa de superficie y la de media agua, con la capa del fondo con valores intermedios de  $1 \times 10^2$  cél/l.

El límite superior del intervalo de la densidad de los silicoflagelados en la estación 1 fue de  $1.2 \times 10^4$  cél/l y en la estación 2 de  $4 \times 10^3$  cél/l.

### Euglenoides

Los euglenoides se presentaron solo en dos fechas en la estación 1 en la superficie, el 9 de febrero y el 10 de abril con densidades de  $4$  y  $8.3 \times 10^3$  cél/l, respectivamente (Fig. 20 C). En la estación 2 los euglenoides estuvieron ausentes.

### Cianofitas

Este grupo se presentó en la estación 1 el 9 de febrero en la capa de media agua y del fondo con una densidad de  $5 \times 10^3$  cél/l; el 9 de mayo se observó estratificación entre la capa de superficie y el fondo con un gradiente de  $5.8 \times 10^3$  cél/l en la misma estación, las cianofitas no se presentaron en la estación 2 durante este período de mareas rojas (Fig. 20 D).

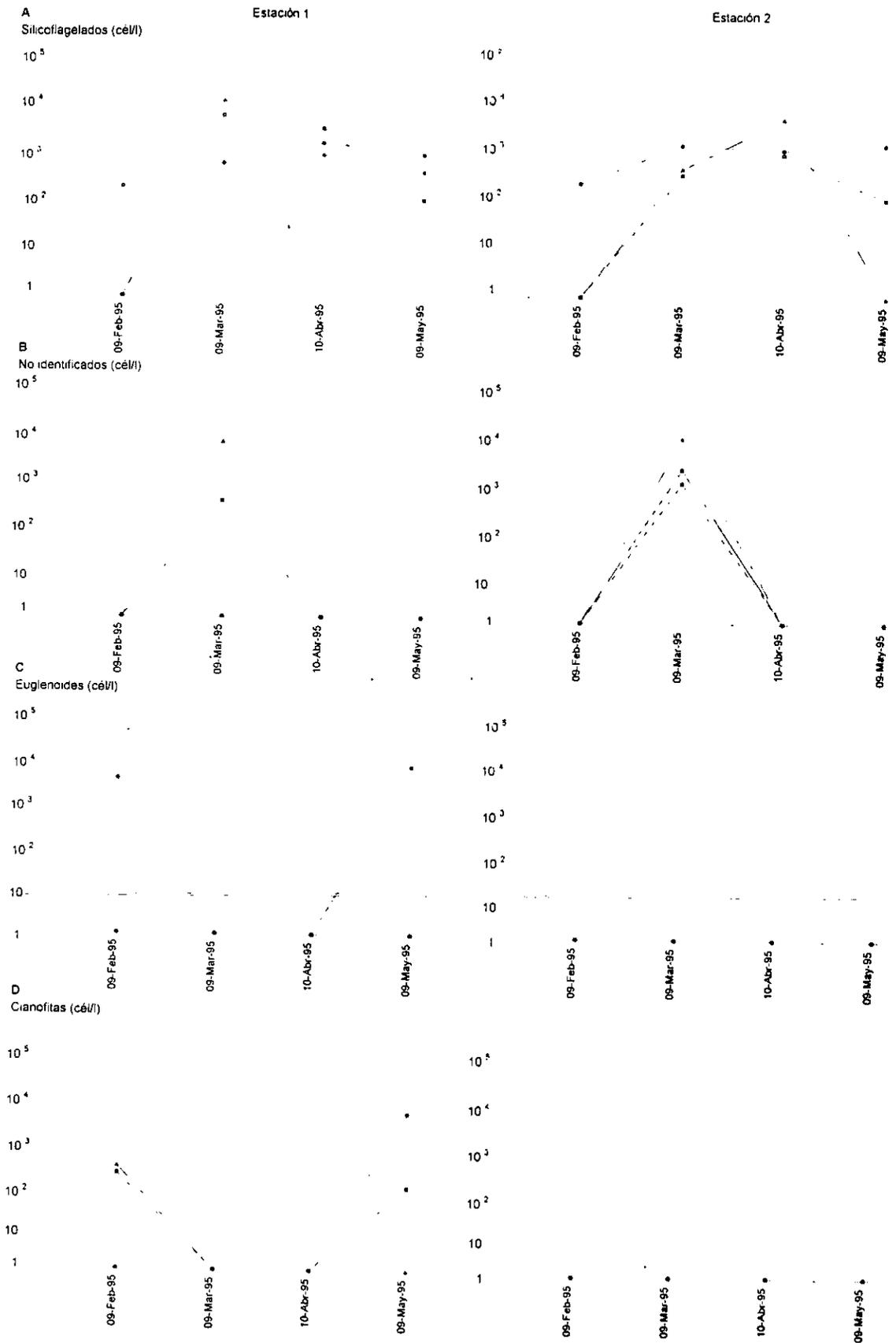
### Riqueza específica

Durante este período, la riqueza de especies mostró mayor variación en la estación 1 que en la 2 (Fig. 21 A). La distribución vertical mostró estratificación importante el 9 de marzo de 1995 en la estación 1 con una diferencia de 36 especies entre la capa del fondo y de la capa de media agua, mientras que en la capa superficial se enumeraron 66 especies. El intervalo del número de especies en la estación 1 fue de 20 a 86 y el de la estación 2 de 29 a 58 especies por muestra.

### Diversidad

La diversidad específica se representó mediante el índice de Shannon-Weiner (Franco *et al.* 1996) el cual fue muy variable en las dos estaciones (Fig. 21 B). La distribución vertical mostró estratificación en todas las fechas en las dos estaciones excepto en la estación 1 el 9 de mayo, fecha en que la mayor diversidad se encontró en la superficie y la menor en el fondo, con la de media agua con un valor intermedio, esto solo se observó en la estación 2 el 8 de abril con un gradiente ligeramente mayor. El intervalo del índice de diversidad en la estación 1 fue de 2.3 a 4.9 y en la estación 2 de 3 a 4.4.

Figura 20 Variación de la abundancia fitoplanctónica de los grupos secundarios, silicoflagelados (A), células no identificadas (B), euglenoides (C), y cianofitas (E) en las estaciones 1 y 2 a 0.5 (-O-), 5 (--Δ--) y 10 (-·-·-) m de profundidad. Periodo de mareas rojas invierno-primavera de 1995



## **Dominancia**

El índice aplicado mostró, al igual que el índice de Shannon-Weiner, gran variabilidad durante este período (Fig. 21 C). Los menores índices se presentaron en la estación 1 en el fondo y en la estación 2 indistintamente en las tres profundidades. Los mayores índices se presentaron en la estación 1 el 9 de febrero, en media agua y el 8 de abril en la superficie, en ambos casos, fue del 30%. En la estación 2 la dominancia fue menor al 20%. El intervalo del índice de dominancia para este período fue del 5 al 30% y en la estación 2 del 6 al 20%.

## **Análisis comparativo entre estaciones de muestreo en función de la presencia de las especies.**

De acuerdo a la presencia de las especies, durante el período de mareas rojas invierno-primavera de 1995, las capas con mayor similitud fueron en la estación 2 en la superficie y media agua con el 73% (Fig. 22 A), entre el 67 y 69% la estación 1 en la superficie y media agua y la estación 2 en el fondo. La capa menos parecida en función a la presencia de las especies, con el 60% de porcentaje de similitud, la estación 1 en el fondo.

## **Análisis comparativo entre estaciones de muestreo en función de la abundancia de las especies.**

Con respecto a la abundancia (Fig. 22 B), se encontró mayor porcentaje de similitud con la abundancia que con la presencia de especies, cerca del 95% entre la estación 1 en el fondo y la 2 en media agua, el porcentaje de similitud continuó disminuyendo progresivamente hasta llegar al 73% con la estación 2 en el fondo que resultó la menos parecida a las demás.

## **Composición de la comunidad fitoplanctónica por especie**

Las especies que se presentaron en las cuatro fechas correspondientes al período de mareas rojas de 1995, se exponen en la tabla 14 y se consideran como especies permanentes en este período, las especies que aparecieron en dos o tres de las cuatro fechas se muestran en la tabla 15 y se consideraron como especies frecuentes, las que aparecieron en al menos una muestra en las cuatro fechas del período, se presentan en la tabla 16 y fueron consideradas como especies raras.

## **Asociación entre especies**

Las especies dominantes (Tabla 17), según el índice general promedio de Picard (1965), para este período de mareas rojas invierno-primavera de 1995, se sometieron a una prueba de independencia chi-cuadrada para encontrar si la presencia de alguna especie dominante afecta la presencia de otra. Los resultados se encuentran en la tabla 18 como coeficientes de asociación. Estos coeficientes fueron del 42 al 100%, mayores a los observados entre las especies dominantes en las estaciones 1 y 2 en todo el período de estudio (febrero de 1995 a agosto de 1996).

Figura 21. Variación de la riqueza específica (A), índice de Shannon-Weiner (B) y dominancia (C) en las estaciones 1 y 2 a 0.5 (-○-), 5 (--Δ--) y 10 (-□-) m de profundidad. Período de mareas rojas invierno-primavera 1995.

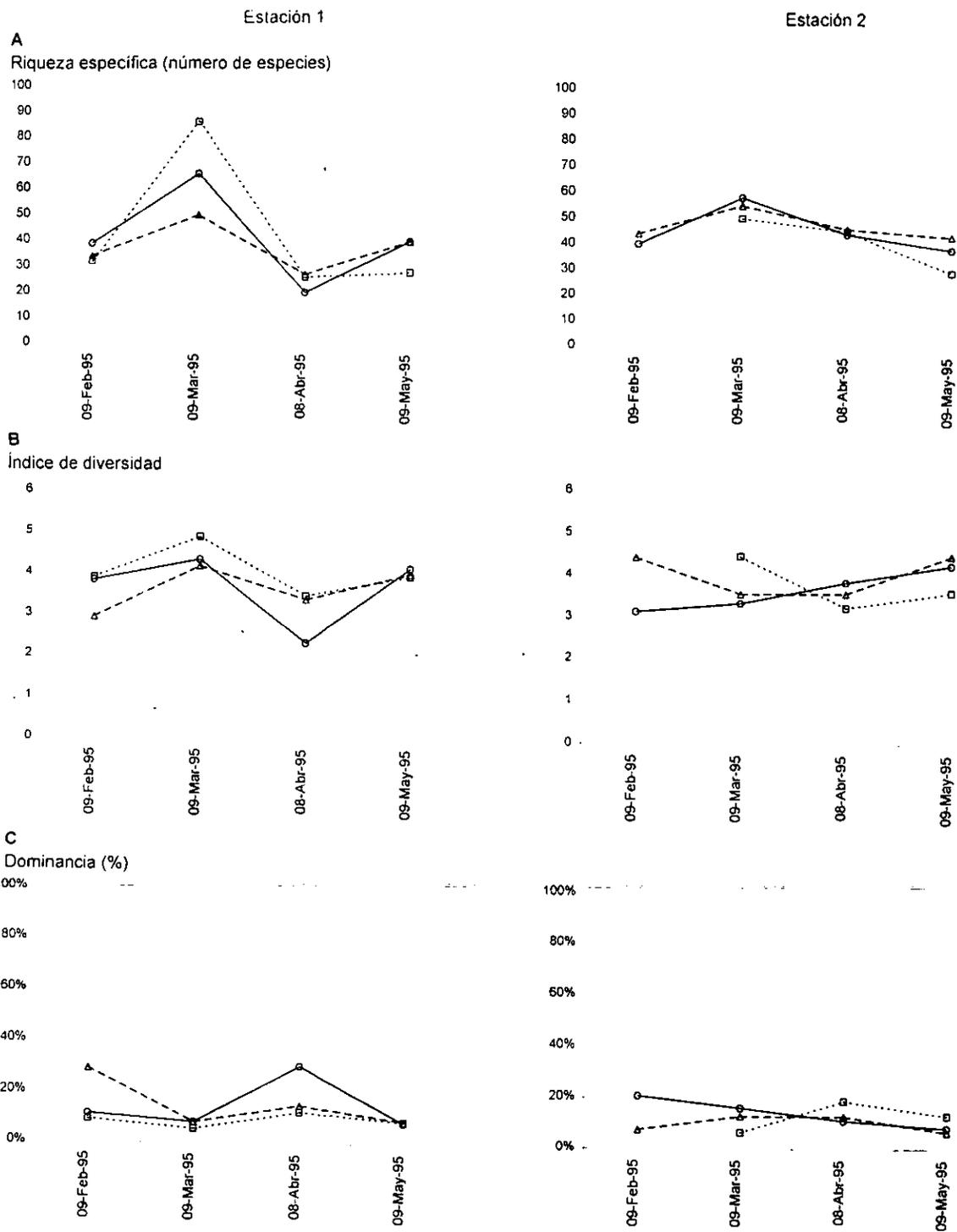
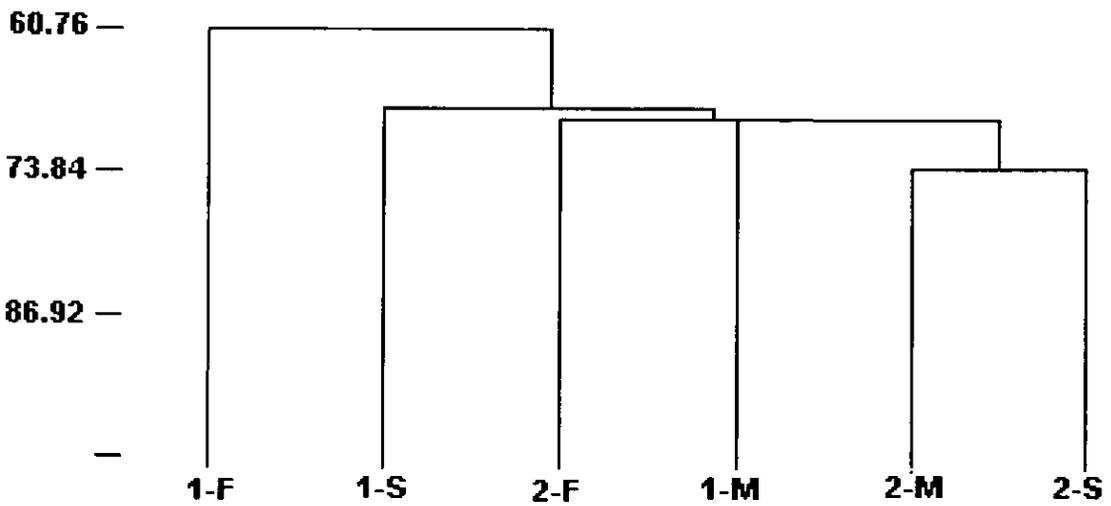


Figura 22 Dendograma de similitud entre las estaciones 1 y 2, según la presencia (A) y la abundancia (B) de las especies presentes a 0.5 (S), 5 (M) y 10 (F) m de profundidad. Período de mareas rojas invierno-primavera de 1995.

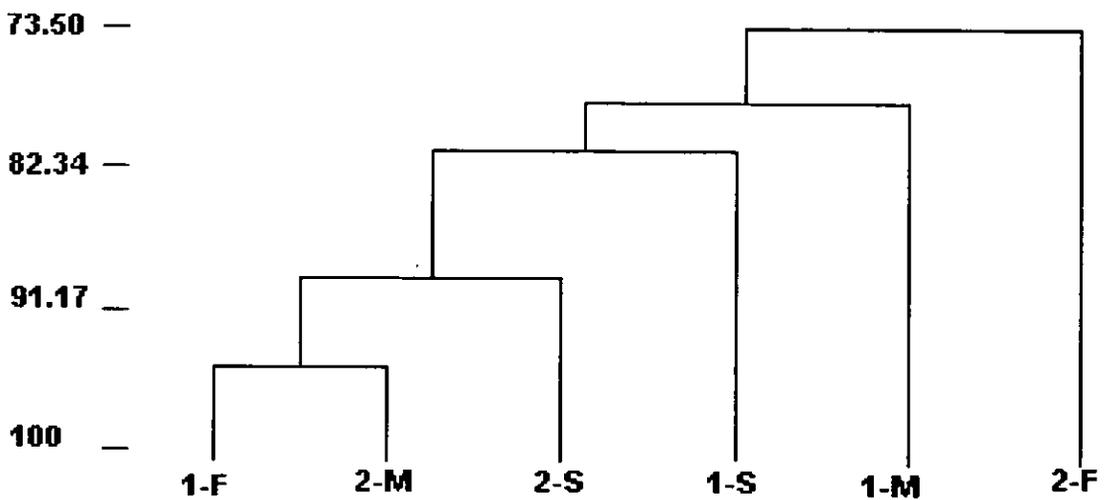
**A**

Similitud en función  
presencia de especies



**B**

Similitud en función  
de la abundancia de especies



La diatomea *Navicula* sp. se asoció positivamente a *Coscinodiscus* sp. y *Chaetoceros* sp.

*Nitzschia closterium* se asoció también a *Chaetoceros* sp.

*Nitzschia* sp. se asoció fuertemente a *Navicula* sp. y con un coeficiente menor, a *Coscinodiscus* sp. y a *Chaetoceros* sp.

*Pseudo-nitzschia* sp. se asoció también a *Coscinodiscus* sp. y *Chaetoceros* sp.

La diatomea *Rhizosolenia setigera* se asoció a *Navicula* sp., *Nitzschia* sp. y *N. closterium*.

*Rhizosolenia* sp. se asoció negativamente a *Nitzschia closterium* y positivamente a *Pseudo-nitzschia* sp., *Nitzschia* sp. y *Coscinodiscus* y *Navicula* sp.

El dinoflagelado *Gonyaulax* sp. se asoció a *Rhizosolenia setigera*.

El dinoflagelado desnudo *Gymnodinium* sp. se encontró asociado a *Hemiaulus* sp.

El dinoflagelado *Gyrodinium* sp. se asoció a *Gymnodinium* sp., *Hemiaulus* sp., *Rhizosolenia setigera* y *Nitzschia closterium*.

*Prorocentrum dentatum* se asoció negativamente a *Hemiaulus* y positivamente a *Nitzschia longissima*.

*Pyrocystis hamulus* se asoció negativamente a *Gyrodinium* sp.

*Scrippsiella trochoidea* se asoció negativamente a tres especies, *Navicula* sp., *Nitzschia* sp. y *Rhizosolenia setigera*.

Por último la asociación de los fitoflagelados n. i. con *Thalassiosira* sp., *Hemiaulus* sp., *Coscinodiscus* sp., *Navicula* sp. y *Nitzschia* sp.

### **Relaciones fitoplancton-hidrología**

Para la realización de éste análisis por medio del método de componentes principales se obtuvieron las especies dominantes (Tabla 17) de acuerdo al índice general promedio Picard (1965), considerando la abundancia de las especies dominantes como la expresión de las especies en respuesta al medio.

En este análisis se tomaron en cuenta solamente los datos del período considerado como de mareas rojas (Tabla 13), que comprendió de febrero a mayo de 1995, en las estaciones 1 y 2 por separado y en conjunto.

### **Relaciones fitoplancton-hidrología para la estación 1**

El análisis de componentes principales para la estación 1 mostró que la explicación de la varianza total por el primer factor fue de 24%, el segundo factor 22% y el tercero de 14% (Tabla 19).

En factor 1 se asociaron negativamente la salinidad y positivamente el silicato con el aumento de la densidad de los dinoflagelados tecados *Prorocentrum dentatum*, *Protoperdinium*

sp., *Scrippsiella trochoidea*, las diatomeas *Navicula* sp., *Nitzschia longissima*, *Thalassiosira* sp. y el ciliado fotosintético *Mesodinium rubrum*.

En factor 2 se asociaron nutrientes como el nitrógeno inorgánico total, silicato reactivo y sólidos suspendidos, con la disminución de la densidad de *Nitzschia* sp., *Gyrodinium* sp., de los fitoflagelados n. i., *Hemiaulus* sp y de *Rhizosolenia setigera*.

En factor 3 se asociaron negativamente el fosfato inorgánico y positivamente la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y porcentaje de saturación con la disminución en la abundancia de *Rhizosolenia* sp., *Pseudo-nitzschia* sp., *Gymnodinium* sp., *G. catenatum* y *Gonyaulax* sp. También con aumento en la densidad de *Chaetoceros* sp., *Nitzschia closterium* y *Pyrocystis hamulus*.

La figura 23 A mostró dos grupos de especies, las relacionadas en el factor 1 como fueron especies de dinoflagelados tecados y diatomeas y otro grupo relacionado en el factor 2 asociado a nitrógeno total, silicato reactivo, sólidos suspendidos totales y sigma-t relacionado con baja correlación a un grupo de especies compuesto por diatomeas, dinoflagelados desnudos y fitoflagelados n. i..

En la figura 23 B se observó un solo grupo donde se mezclan las especies relacionadas con los factores 2 y 3 con correlaciones menores a 0.3.

La figura 23 C mostraron dos grupos de especies relacionadas en el factor 1, especies del grupo de las diatomeas, dinoflagelados tecados y el ciliado *Mesodinium rubrum* y el otro grupo asociado positivamente en factor 3 como la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación y negativamente al fosfato inorgánico, formado por diatomeas, dinoflagelados desnudos y fitoflagelados n. i..

## Relaciones fitoplancton-hidrología para la estación 2

En este análisis, la explicación de la varianza total por el factor 1 fue de 23%, 16% por el segundo factor y 15% por el tercer factor (Tabla 20).

En el factor 1 se relacionaron positivamente el porcentaje de saturación, el oxígeno disuelto, la temperatura y negativamente el fosfato inorgánico, silicato reactivo y sigma-t con el aumento de la abundancia de las diatomeas *Nitzschia* sp. y *Navicula* sp.

En el factor 2 se asociaron positivamente los sólidos suspendidos totales y la salinidad, con el aumento en la densidad de los fitoflagelados n. i., del dinoflagelado tecado *Gonyaulax* sp. y *Pyrocystis hamulus*, las diatomeas *Rhizosolenia setigera*, *Coscinodiscus* sp., *Leptocylindrus danicus* y *Thalassiosira* sp. así como con la disminución de *Chaetoceros* sp.

En el factor 3 se se asociaron positivamente el nitrógeno inorgánico total y explicó el aumento en la densidad de la diatomea *Nitzschia longissima*, de los dinoflagelados tecados *Scrippsiella trochoidea*, *Prorocentrum dentatum* y *Protoperidinium* sp. En este factor también se asoció la disminución en la densidad de *Gymnodinium* sp., *Gymnodinium catenatum*, del ciliado fotosintético *Mesodinium rubrum*, de las diatomeas *Rhizosolenia* sp., *Pseudo-nitzschia* sp., *Nitzschia closterium* y *Hemiaulus* sp., así como del dinoflagelado desnudo *Gyrodinium* sp. con baja correlación.



La figura 24 A muestra dos grupos, un grupo donde se encontraron las dos especies asociadas en el factor 1 y una relacionada negativamente en el factor 2, además otras especies no asociadas en ninguno de los factores mencionados. El otro grupo se formó con asociadas positivamente en el factor 2 formado por diatomeas y dinoflagelados tecados y otras especies no asociadas a éstos.

En la figura 24 B se formaron cuatro grupos de especies, las asociadas positivamente en el factor 2 junto con los sólidos suspendidos y la salinidad, así como la abundancia de las diatomeas y *Gonyaulax* sp., otro grupo relacionado también en este factor pero coeficiente de correlación menor, formado con diatomeas y *Pyrocystis hamulus*. El tercer grupo, formado con especies asociadas negativamente en el factor 3 como fueron diatomeas, dinoflagelados desnudos y el ciliado *Mesodinium rubrum*. El cuarto grupo se formó con las especies explicadas positivamente en el factor 3 y negativamente en el factor 2 entre las que se encontraron diatomeas y dinoflagelados tecados.

En la figura 24 C se muestran los grupos de especies formados por diatomeas, dinoflagelados desnudos y el ciliado fotosintético *Mesodinium rubrum*, asociados negativamente con el factor 3 junto con los sólidos suspendidos y la salinidad. Un grupo de especies más, formado por diatomeas, fitoflagelados n. i. y dinoflagelados tecados, de los cuales algunos se asociaron positivamente con el factor 3 mencionado. Por último, un grupo de especies explicadas positivamente en el factor 3 junto con otras especies de diatomeas asociadas en los otros dos factores.

## Relaciones fitoplancton-hidrología estaciones 1 y 2

En el análisis de componentes principales de las estaciones 1 y 2 en conjunto, el primer factor explicó el 19% de la varianza total, el segundo el 16% y el tercero el 11% (Tabla 21).

En el factor 1 se encontró relacionado positivamente a la temperatura, al oxígeno disuelto y al porcentaje de saturación y negativamente al silicato reactivo, fosfato inorgánico y con menor correlación a sigma-t y al nitrógeno inorgánico total. Con este factor fue posible explicar el aumento en la densidad de *Nitzschia* sp. y *Nitzschia closterium* con bajos valores de correlación.

En el factor 2 se relacionó la salinidad con la disminución de la densidad de *Proocentrum dentatum*, *Protoperdinium* sp., *Scrippsiella trochoidea*, *Nitzschia longissima*, *Navicula* sp., *Thalassiosira* sp. y *Mesodinium rubrum*, así como con el aumento de la densidad, aunque con baja correlación de *Gyrodinium* sp., *Gymnodinium catenatum*, *Gymnodinium* sp., y *Rhizosolenia* sp.

En el factor 3 se relacionaron los sólidos suspendidos totales, con correlación entre 0.4 y 0.5 con el aumento en la densidad de *Gonyaulax* sp., el grupo de fitoflagelados n. i., *Rhizosolenia setigera*, y *Coscinodiscus* sp. y con menor correlación, el aumento de la densidad de *Leptocylindrus danicus* y *Pyrocystis hamulus*. En este factor también encontró la disminución de la densidad, con baja correlación de *Chaetoceros* sp.

El gráfico 25 A muestra al primer grupo de especies formado por *Nitzschia* sp. y *Nitzschia closterium* explicado en el factor 1 y relacionado positivamente con la temperatura y el oxígeno y negativamente con los nutrientes, así como por sigma-t. El segundo grupo formado por las especies asociadas en el factor 2, comandado por la salinidad en el cual se relacionaron negati-

Figura 24 Coeficientes de correlación del análisis de componentes principales (PCA) factor 1 vs. factor 2 (A), factor 1 vs. factor 3 (B) y factor 2 vs. factor 3 (C) para la estación 2 Período de mareas rojas invierno-primavera 1995

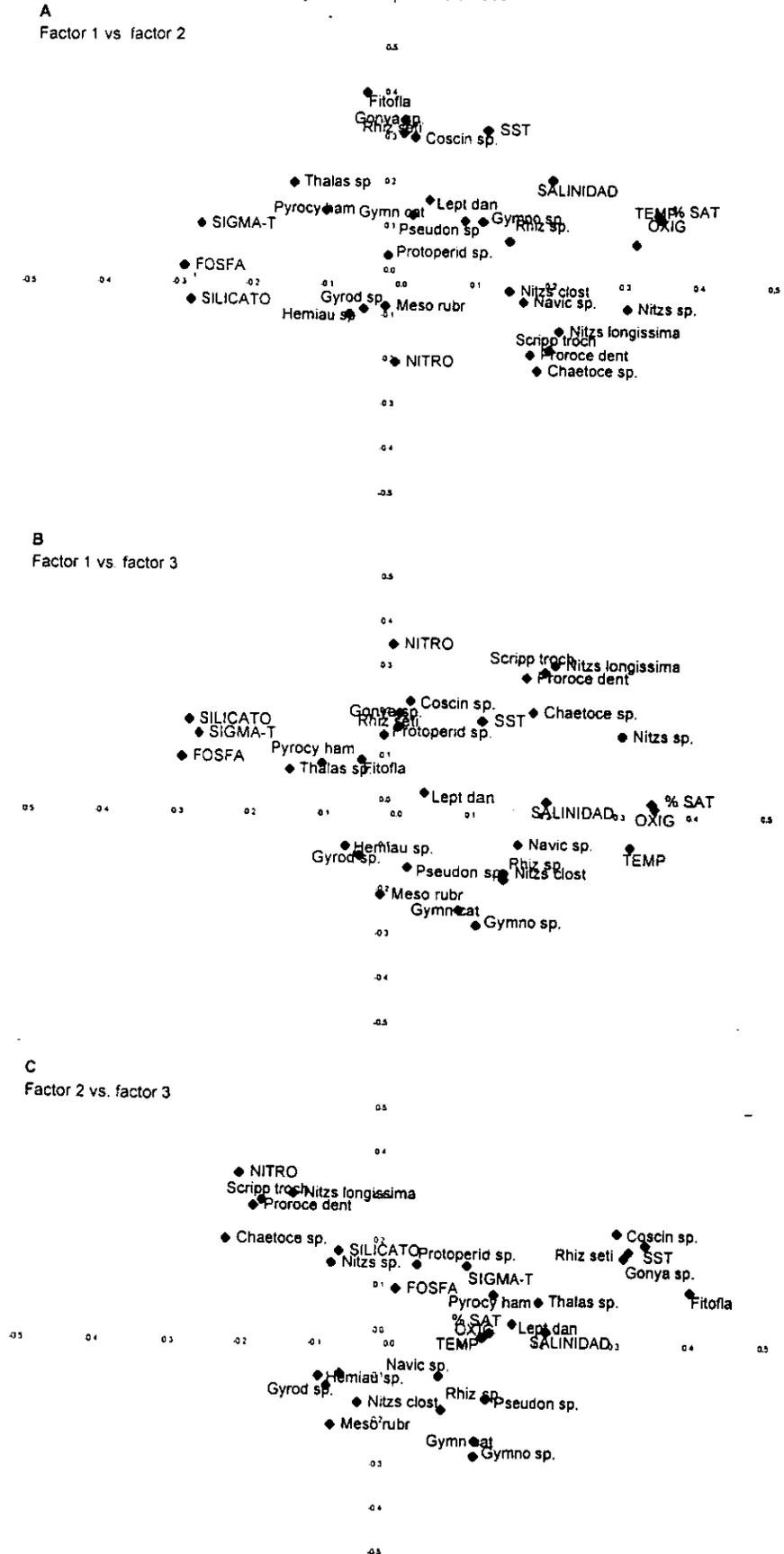
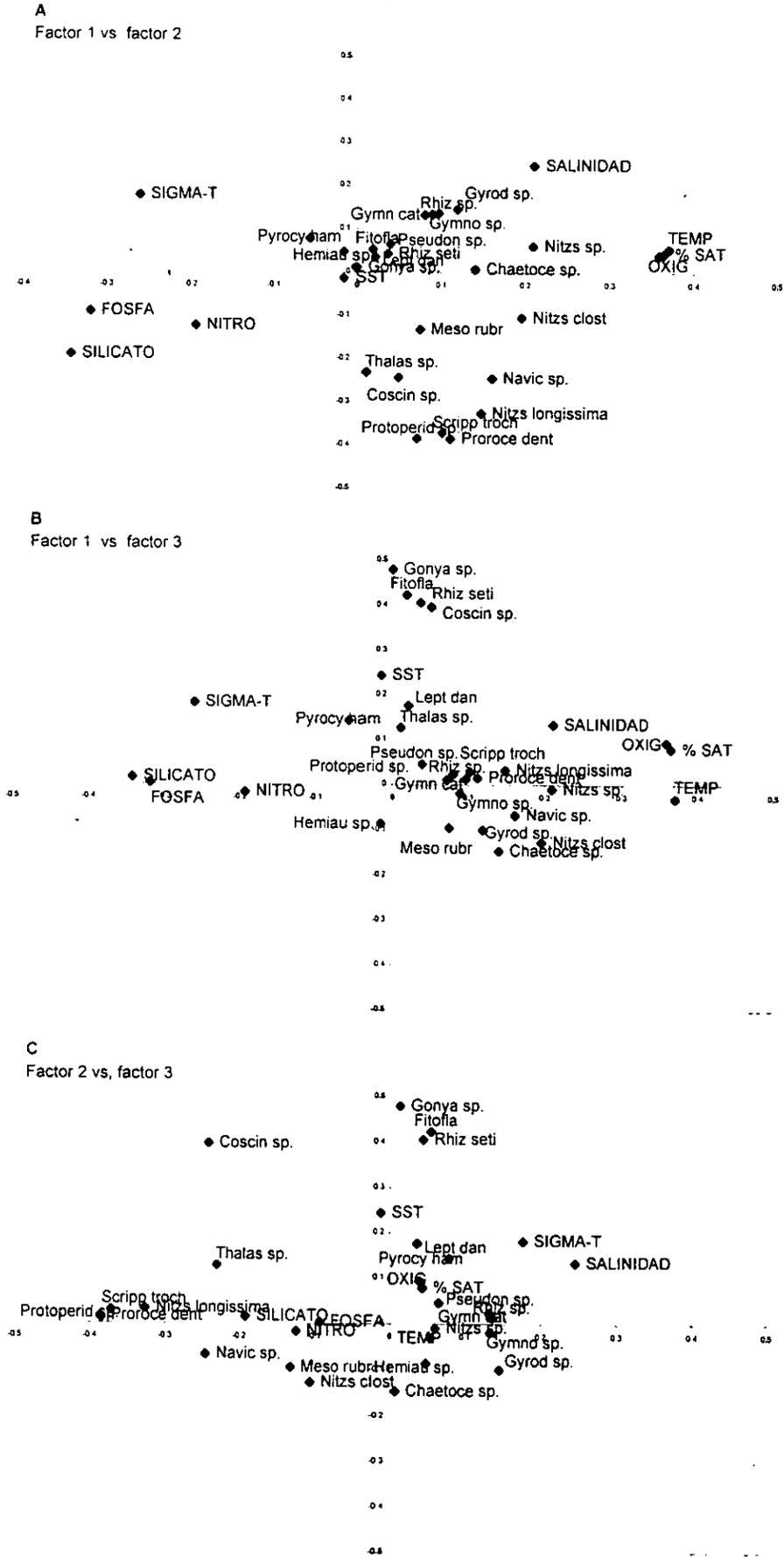


Figura 25 Coeficientes de correlación del análisis de componentes principales (PCA) factor 1 vs. factor 2 (A), factor 1 vs. factor 3 (B) y factor 2 vs. factor 3 (C) para las estaciones 1 y 2 en conjunto. Período de mareas rojas invierno-primavera 1995



vamente *Prorocentrum dentatum*, *Protoperidinium* sp., *Scrippsiella trochoidea*, *Nitzschia longissima*, *Navicula* sp., *Coscinodiscus* sp., *Thalassiosira* sp., *Nitzschia closterium* y *Mesodinium rubrum*. Y las que se relacionaron positivamente como *Gyrodinium* sp., *Gymnodinium* sp., *Gymnodinium catenatum* y *Rhizosolenia* sp.

En el gráfico 25 B se observaron cuatro grupos, el primer grupo con mayores valores de correlación, relacionado negativamente en el factor 2 con la salinidad, formado por diatomeas, algunos dinoflagelados tecados y *Mesodinium rubrum*, el segundo relacionado positivamente, con menores valores de correlación y formado por especies de dinoflagelados desnudos y diatomeas. Otro grupo, relacionado positivamente en el factor 3 formado con los sólidos suspendidos totales, diatomeas y dinoflagelados desnudos y por último el relacionado negativamente a éste con menor correlación *Chaetoceros* sp. y *Hemiaulus* sp.

En la figura 25 C donde se representa el factor 1 contra el factor 3, se observaron varios grupos de especies, un grupo relacionado positivamente en el factor 1 con la temperatura y oxígeno disuelto y negativamente a nutrientes, con baja correlación, formado por diatomeas y dinoflagelados. Otro grupo relacionado positivamente y con alta correlación en el factor 3 asociado a sólidos suspendidos totales, formado por *Gonyaulax* sp., fitoflagelados n. i., *Rhizosolenia setigera* y *Coscinodiscus* sp. y otro con baja correlación en el mismo factor compuesto por *Pyrocystis hamulus*, *Leptocylindrus danicus* y *Thalassiosira* sp.

### Especies dominantes

Para efecto de mayor representatividad de las especies dominantes en la columna de agua, se obtuvieron las abundancias relativas promedio de las tres profundidades en las estaciones de colecta.

El 9 de febrero en la estación 1 las especies codominantes fueron *Chaetoceros* sp. con el 28% de la abundancia relativa en la columna de agua y *Nitzschia closterium* con el 12%, *Nitzschia* sp. con el 11%, *Cyclotella striata* y los fitoflagelados n. i. con menos del 9%. En la estación 2 fueron codominantes *Nitzschia closterium* y *Nitzschia* sp. con el 29 y el 25%, *Navicula* sp. se encontró con menos del 12% al igual que *Leptocylindrus danicus* y *Chaetoceros* sp.

El 9 de marzo, en la estación 1 la especie dominante fue *Rhizosolenia* sp. con el 25% de abundancia relativa, *Gymnodinium* sp. y *Nitzschia* sp. con 15%. En la estación 2 la especie dominante fue también *Rhizosolenia* sp. con el 43% de abundancia relativa, con menos del 12% se observó a *Nitzschia* sp. y a *Gymnodinium catenatum*, con menos del 5% se encontraron fitoflagelados n. i. y *Hemiaulus* sp.

El 8 de abril se encontró en la estación 1 codominancia entre *Pyrocystis hamulus*, *Scrippsiella trochoidea*, *Protoperidinium cerasus* y *Gymnodinium catenatum* en la estación 1 con abundancia relativa de 16 a 11%. En la estación 2, las especies codominantes fueron un fitoflagelado N. i. y *Nitzschia* sp. con cerca del 20% de abundancia relativa en la columna de agua, con menos del 9% se encontró a *Rhizosolenia* sp., *Gonyaulax* sp. y *Rhizosolenia setigera*.

El 9 de mayo, en la estación 1 codominó *Scrippsiella trochoidea* con *Protoperidinium* sp. con una abundancia relativa de 16 y 12%, respectivamente, con cerca del 6% se encontró a *Nitzschia longissima*, *Nitzschia closterium* y *Prorocentrum dentatum*. En la estación 2 las espe-

cies codominantes fueron *Nitzschia* sp. con el 15% de abundancia relativa *Pseudo-nitzschia* sp. con el 12%, y *Rhizosolenia debyana* con el 11%, también se presentaron *Protoberidinium* sp. y *Navicula* sp. con menos del 6%.

#### **Observaciones:**

En este período de mareas rojas no se obtuvieron muestras oportunas en manchas de mareas rojas.

#### **Análisis de dirección, velocidad y duración del viento dominante diario, previo a eventos de mareas rojas en el período invierno-primavera de 1995.**

Se analizó la dirección y velocidad del viento dominante diario, así como la presencia de los eventos de marea roja en relación con el mismo, las observaciones se presentan en la figura 26 y tablas 22,23 y 24. En este período de mareas rojas, los vientos dominantes soplaron del WSW, NW y W, principalmente.

En el primer evento de mareas rojas del 2 de marzo, soplaron vientos con una velocidad mayor de 7 nudos con dirección W el día 23 de febrero, ocho días antes del 2 de marzo, fecha en que se observó una mancha.

En el segundo evento del 10 de marzo, sopló el viento mayor a 7 nudos con dirección WNW, 9 y 4 días antes de observar manchas, las cuales permanecieron, durante cuatro días.

El tercer evento, el 22 de marzo, ocurrió después de soplar vientos mayores a 7 nudos con dirección W, 9 días antes del evento, las manchas permanecieron durante 8 días, los primeros cuatro días, los vientos fueron mayores a 7 nudos con direcciones WSW, WNW y NW.

El cuarto evento se presentó 5 días después de soplar vientos con velocidades mayores a 7 nudos 13, 11 y 4 días antes de observarse manchas de marea roja, la duración fue de solo un día 21 de abril, el día 22 se presentaron vientos de más de 11 nudos y no se presentaron más manchas el resto del año.

En este período se presentó un evento que tuvo una duración de 8 días, esto no sucedió en 1996 (Tabla 23).

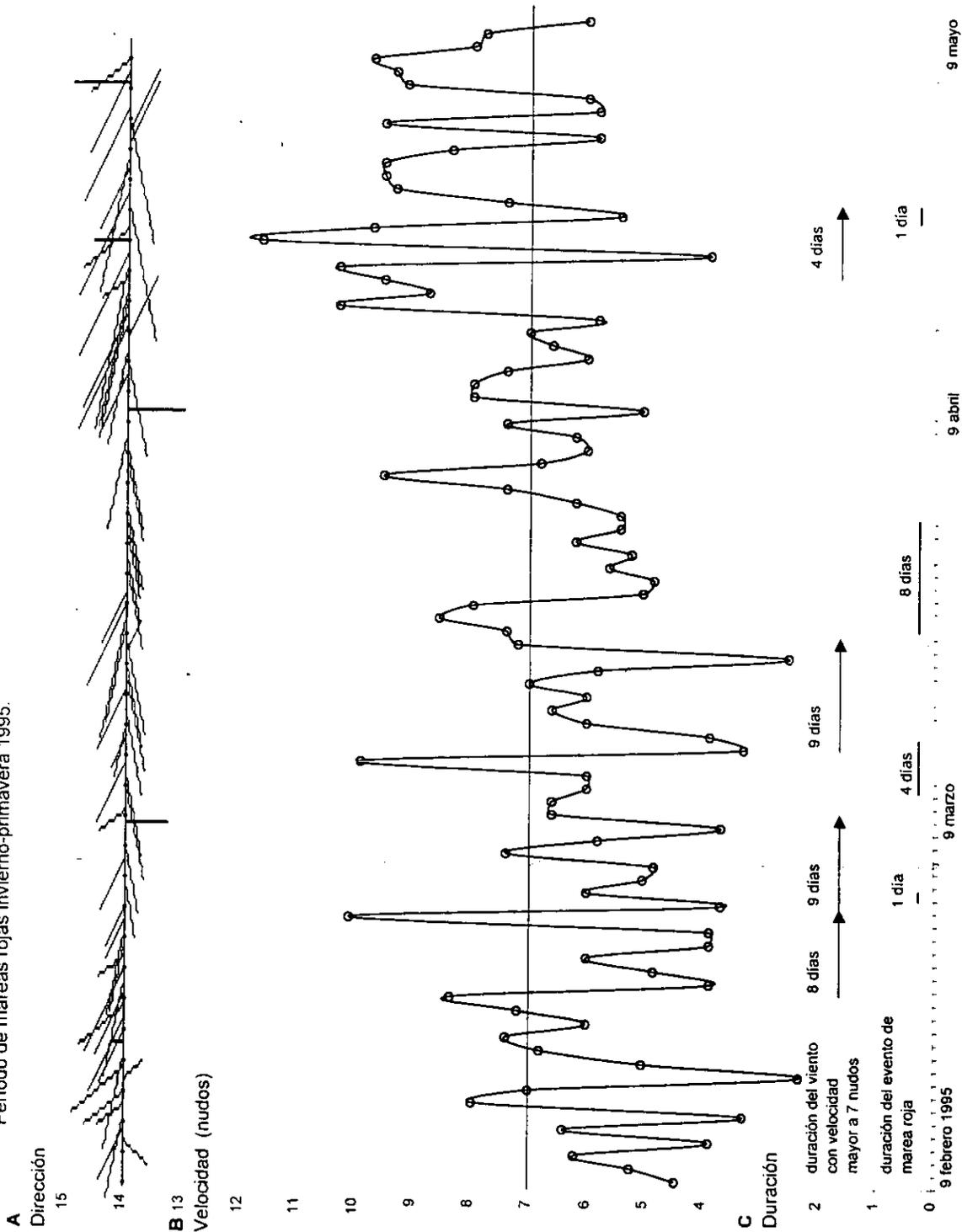
### **III.2.2 MAREAS ROJAS DE INVIERNO-PRIMAVERA DE 1996.**

El período de mayor frecuencia de las mareas rojas en la zona de estudio comprende los meses de febrero a mayo por lo tanto en este apartado se analizan las variables durante el período del 9 de febrero al 10 de abril de 1996.

#### **III.2.2.1 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS**

Se exponen los resultados de los análisis de las muestras de las estaciones 1 y 2 en este período de mareas rojas, los datos de hidrología de estas estaciones, junto con los de la estación 3 (Tabla 25).

Figura 26 Variación de la dirección (A), velocidad del viento dominante diario (en nudos) (B) y duración de eventos de marea roja (C)  
 Período de mareas rojas invierno-primavera 1995.



## Temperatura

Las menores temperaturas se observaron en el fondo y las mayores en la superficie (Fig. 27 A). La estratificación térmica fue más importante en la estación 1 que en la 2 en todas las fechas, con gradientes en la estación 1 de 4°C entre la capa de superficie y el fondo el 16 de febrero, gradientes de 3°C se presentaron el 11 de marzo y el 10 de abril en la misma estación. Diferencias de 1°C entre la superficie y el fondo se observaron en la estación 1 el 22 de febrero y el 29 de marzo. En la estación 2 se advirtieron diferencias menos marcadas en la columna de agua, sobre todo entre la capa de media agua y la del fondo, las cuales fueron muy parecidas y se alejaron de la capa de superficie en más de 2°C el 29 de marzo y de 3°C el 10 de abril. No hubo inestabilidad térmica importante en ninguna de las estaciones, excepto en la estación 3 el día 5 de marzo, fecha y estación de marea roja, donde se encontró mayor temperatura en media agua que en la superficie y el fondo. El intervalo de temperaturas en la estación 1 fue de 18.0 a 24.5°C y el de la estación 2 de 20.0 a 24.5°C, en la estación 3, el intervalo de temperatura el 22 de febrero fue de 22.3 a 23.4°C y el 5 de marzo de 22.1 a 22.4°C.

## Salinidad

Se observaron notables variaciones en cuanto a la salinidad en las tres estaciones (Fig. 27 B). Los menores valores de salinidad de este período de mareas rojas se observaron en las estaciones 1 y 2 en la superficie el 9, 16 y 22 de febrero con salinidad entre 32.6 y 33 PSU y en la estación 3 con 31.8 PSU. Los valores máximos de salinidad se encontraron indistintamente en cualquier capa de la columna de agua. Los mayores gradientes halinos verticales, se presentaron entre la superficie y el fondo el 29 de marzo en la estación 1 y el 10 de abril en la estación 2 con un gradiente de 1.5 PSU entre el fondo y la capa de media agua. Hubo diferencias notables entre las dos estaciones, el 29 de marzo la salinidad de fondo en la estación 1 fue menor a la salinidad de la superficie y de media agua, estas últimas, muy parecidas, permanecieron hasta la siguiente fecha del día 10 de abril, cuando se encontró la salinidad del fondo mayor que la de superficie y media agua. En la estación 2, la salinidad de media agua fue mayor a la del fondo y a la de superficie el 29 de marzo, el 10 de abril, se encontró la salinidad de media agua menor a la del fondo y superficie.

La mayor estratificación halina se observó el 29 de marzo en la estación 1 y el 10 de abril en la estación 2. El 22 de febrero, en la estación 3 se observó alta estratificación con gradiente de 1 PSU con la salinidad máxima en el fondo de 32.9 PSU y la mínima en superficie de 31.8 PSU y la salinidad de la capa de media agua muy parecida a la de superficie. El orden que guardaron las capas fue muy irregular, principalmente en la estación 2. En la estación 1 se conservó el orden de la mayor salinidad en el fondo y la menor en la superficie con una salinidad intermedia en la capa de media agua, los días 9, 16 y 22 de febrero. El día 11 de marzo, en las estaciones 1 y 2, la mayor salinidad se observó en la superficie y el fondo, una salinidad menor en la capa de media agua, este orden se repitió en la misma fecha en las dos estaciones. El intervalo de salinidad para la estación 1 fue de 32.6 a 34.7 PSU y el de la estación 2 de 32.6 a 24.8 PSU. Para la estación 3 el 22 de febrero, se tuvo un intervalo de 31.8 a 32.9 PSU y el 5 de marzo de 32.8 a 33.1 PSU.

### **Sigma-t**

La densidad varió de manera diferente en las dos estaciones. (Fig. 27 C). Las menores densidades se encontraron en la superficie en todas las fechas de este período, excepto el 29 de marzo, fecha en que la densidad del fondo fue menor que en la superficie y la capa de media agua, en la estación 1. En la estación 2, la menor densidad ocurrió en la superficie, la densidad de media agua fue ligeramente mayor a la del fondo. Este comportamiento, reflejó más la distribución halina que la térmica. El 29 de marzo se observó inestabilidad en la densidad, ya que la menor densidad correspondió a la capa de fondo y la mayor a la de media agua en la estación 1. La distribución vertical mostró estratificación en todas las fechas y estaciones de este período, las más marcadas fueron para la estación 1 el 16 de febrero y el 10 de abril, para la estación 2 el 10 de abril con gradientes cercanos a la unidad, con el mismo gradiente, la estación 3 mostró estratificación el 22 de febrero. Los intervalos de sigma-t en la estación 1 fue de 21.5 a 24.2 y en la estación 2 de 21.8 a 24.3. En la estación 3 el 22 de febrero, el intervalo de sigma-t fue de 21.2 a 22.4 y el 5 de marzo de 22.4 en las tres profundidades.

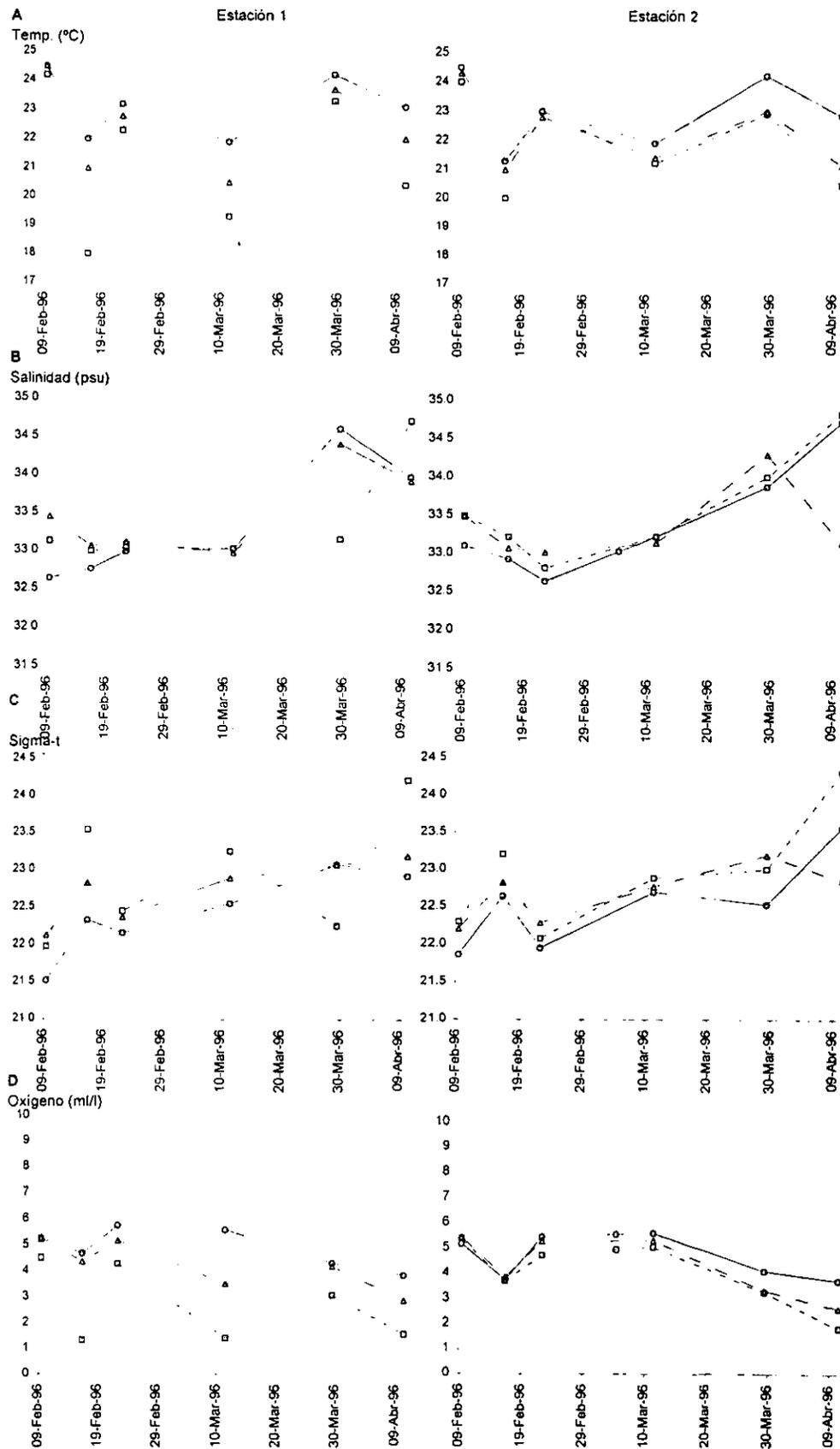
### **Oxígeno disuelto**

La concentración del oxígeno disuelto mostró mínimos durante este período en fondo en la estación 1 el 16 de febrero, 11 de marzo y 10 de abril con 1.3, 1.4 y 1.5 ml/l, respectivamente (Fig. 27 D). El valor máximo el 22 de febrero en la estación 3 con 8.1 ml/l. La distribución vertical mostró estratificación importante en la estación 1 el 16 de febrero, 11 de marzo y 10 de abril con gradientes de 1 a 4 ml/l. En la estación 2 no se observa estratificación importante y en la estación 3 hay un gradiente de 4 ml/l entre la superficie y el fondo, con la capa de media agua con un valor intermedio. Las inversiones del orden de las capas de oxígeno se observaron en dos ocasiones en la estación 2 el 9 de febrero y el 16 de febrero con mayor concentración de oxígeno en media agua que en las otras dos capas. Los intervalos de oxígeno disuelto durante este período fueron de 1.3 a 5.7 ml/l para la estación 1, de 1.8 a 5.6 ml/l y para la estación 3 de 4.2 a 8.2 el 22 de febrero de 6.0 a 6.4 ml/l el 5 de marzo.

### **Porcentaje de saturación**

Los menores porcentajes de saturación ocurrieron en el fondo el 16 de febrero, 11 de marzo y 10 de abril. El máximo valor del porcentaje de saturación se presentó en la estación de mareas rojas, la estación 3 el 22 de febrero con el 165% y el 5 de marzo con 129%. La máxima estratificación de la saturación se observó principalmente en la estación 1 en las mismas fechas donde se observaron los valores mínimos del porcentaje de saturación, con gradientes de 68 a 48% entre la superficie y el fondo; en la estación 2 el mayor gradiente fue de 40% entre la superficie y el fondo el 10 de abril. El porcentaje de saturación describió la misma distribución que el disuelto por lo cual no se presenta el gráfico. Los intervalos del porcentaje de saturación para este período para la estación 1 fueron de 24 a 116%, para la estación 2 de 35 a 111% y para la estación 3, el 22 de febrero de 84 a 165% y de 120 a 129% el 5 de marzo.

Figura 27. Variaciones de temperatura (A), salinidad (B), sigma-t (C) y oxígeno disuelto (D), de las estaciones 1 y 2 de 0.5 (-O-), 5(-Δ-) y 10 (-□-) m de profundidad. Periodo de mareas rojas 1996.



### **Sólidos suspendidos totales**

Los valores menores se presentaron en la superficie y media agua en las estaciones 1 y 2 durante todo el período de mareas rojas (Fig. 28 A). Los valores mayores se presentaron en la estación 1 en el fondo con 50.6 mg/l, este dato fue el mayor observado durante todo el período de estudio (9 de febrero de 1995 a 16 de agosto de 1996) y en la estación 3 en la superficie y en el fondo con 32.4 y 20.6 mg/l. La distribución vertical mostró pocas variaciones, a excepción de las fechas mencionadas con gradientes de 40 mg/l en la estación 1 entre fondo y superficie y el 22 de febrero en la estación 3 de 20 mg/l entre la superficie y media agua, con el valor de sólidos suspendidos en media agua intermedio. El intervalo de sólidos suspendidos para la estación 1 fue de 0.8 a 50.6 mg/l, para la estación 2 de 1.5 a 5.5 mg/l, la estación 3 el 22 de febrero, de 3.2 a 32.4 mg/l y el 5 de marzo de 6.7 a 9.7 mg/l.

### **III.2.2.2 NUTRIENTES**

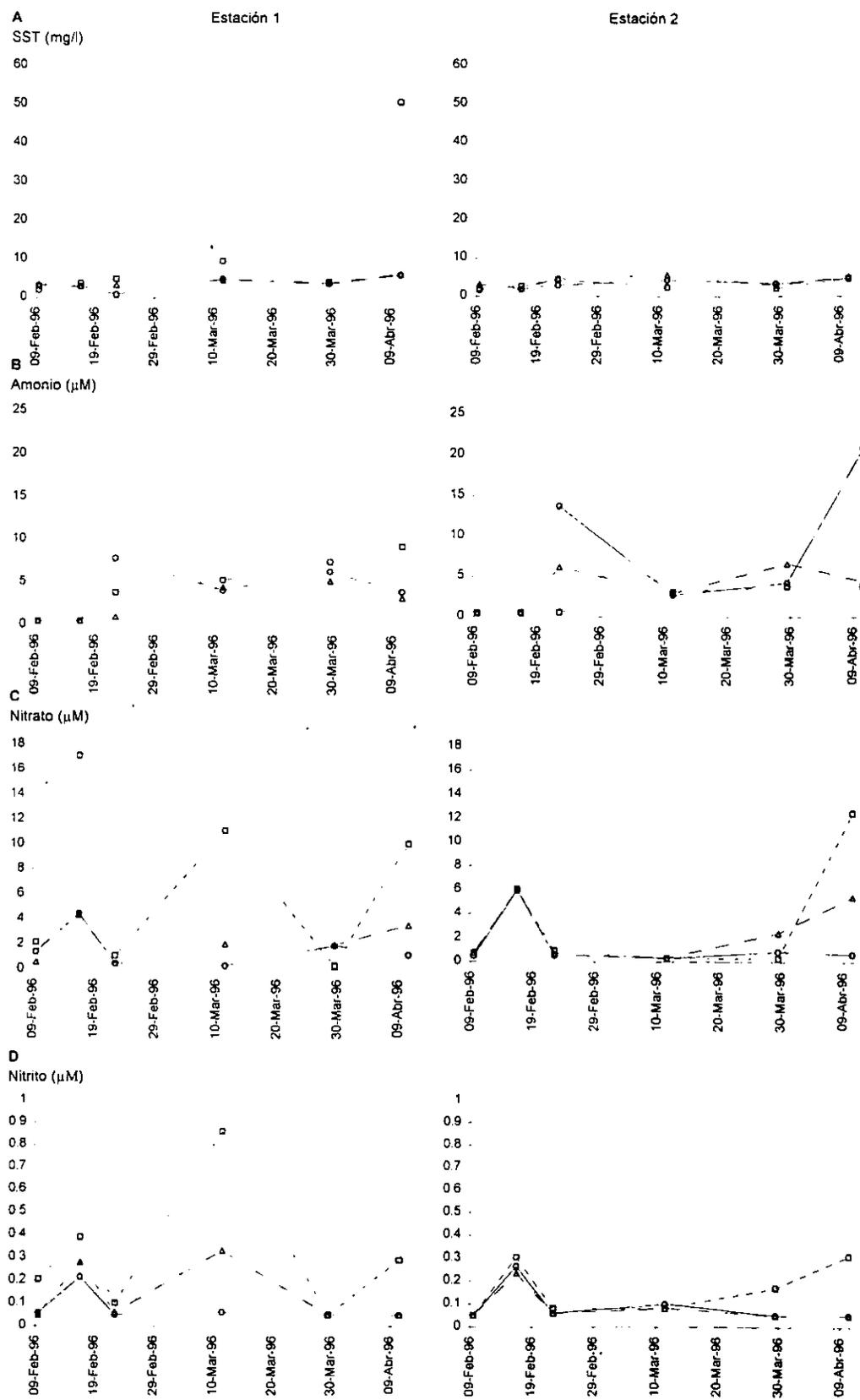
#### **Amonio**

Los menores valores fueron equivalentes al L.D. (límite detectable) y se presentaron en el fondo el 9 y el 16 de febrero en las estaciones 1 y 2, en la estación 3 el 22 de febrero (Fig. 28 B). Los valores máximos se presentaron el 22 de febrero y el 10 de abril en la superficie y el fondo respectivamente en la estación 1 y en la estación 2 en la superficie, fechas en que se presentó la máxima estratificación con gradientes de 6.9 a 13.2  $\mu\text{M}$  el 22 de febrero y de 6.0 a 17.0  $\mu\text{M}$  el 10 de abril, en las estaciones 1 y 2, respectivamente. La estación 3 mostró marcada estratificación el 22 de febrero y el 5 de marzo con la capa de superficie con mayor concentración y separadas las capas de media agua y fondo con un gradiente de 7.3 y de 2.8  $\mu\text{M}$  para cada fecha, respectivamente. El intervalo de concentración del amonio en la estación 1 fue de 0.50 a 9.29  $\mu\text{M}$  y de 0.50 a 20.78  $\mu\text{M}$  para la estación 2, en la estación 3, el intervalo para el 22 de febrero fue de 0.50 a 7.84  $\mu\text{M}$  y el 5 de marzo de 4.52 a 7.31  $\mu\text{M}$ .

#### **Nitrato**

Los menores valores de concentración de nitrato se presentaron en la superficie y media agua en todas las fechas, excepto el 16 de febrero (Fig. 28 C). Los valores máximos se presentaron principalmente en el fondo el 16 de febrero, 11 de marzo y 10 de abril. La distribución vertical mostró notable estratificación, en la estación 1 con un gradiente de fondo con respecto a media agua de 12.8  $\mu\text{M}$  el 16 de febrero, 10.8  $\mu\text{M}$  el 11 de marzo del fondo con respecto a superficie y de 9  $\mu\text{M}$ . En la estación 2 la estratificación fue menos marcada, solo fue relevante el 10 de abril de la capa del fondo con respecto a la de superficie de 12  $\mu\text{M}$ . En la estación 3, el gradiente el 22 de febrero entre la superficie y el fondo fue de 2.6  $\mu\text{M}$ , en la otra fecha de marea roja, el 5 de marzo, no se percibió estratificación. El intervalo de la concentración de nitrato para la estación 1 fue de 0.30 a 17.11  $\mu\text{M}$ , en la estación 2 de 0.30 a 12.45  $\mu\text{M}$ , para la estación 3 el 22 de febrero fue de 0.57 a 3.16  $\mu\text{M}$  y el 5 de marzo en las tres profundidades, la concentración fue de 0.30  $\mu\text{M}$ .

Figura 28 Variaciones de sólidos suspendidos totales (A), amonio (B), nitrato (C) y nitrito (D), de las estaciones 1 y 2 de 0.5 (-O-), 5(-Δ-) y 10 (-□-) m de profundidad. Período de mareas rojas 1996.



## Nitrito

El nitrito mostró los menores valores durante este periodo en la superficie y media agua en todas las fechas, excepto el 16 de febrero fecha en que se encontraron valores mayores a  $0.22 \mu\text{M}$  (Fig. 28 D). Los valores mayores se encontraron en el fondo en la estación 1 el 16 de febrero, el 11 de marzo y el 10 de abril. En la estación 2 el 16 de febrero, el 29 de marzo y el 10 de abril. La estratificación más notable ocurrió el 11 de marzo en la estación 1 con una diferencia entre la concentración del fondo y la de superficie de  $0.7 \mu\text{M}$ . Las capas se ordenaron con la del fondo con mayor concentración de nitritos y la de superficie con menor, la de media agua con concentración intermedia, esto ocurrió solo en la estación 1 el 16 y el 22 de febrero, el 11 de marzo se repitió el mismo patrón para las dos estaciones, en el resto de las fechas se encontró la capa de media agua más cerca del mínimo junto con la capa superficial. Los intervalos de concentración del nitrito en la estación 1 durante este periodo fue de  $0.05$  a  $0.86 \mu\text{M}$ , en la estación 2 de  $0.05$  a  $0.30 \mu\text{M}$ , en la estación 3 las concentraciones de nitritos fueron bajas en ambas fechas, el 22 de febrero entre  $0.07$  y  $0.13 \mu\text{M}$  y el 5 de marzo entre  $0.08$  y  $0.14 \mu\text{M}$ .

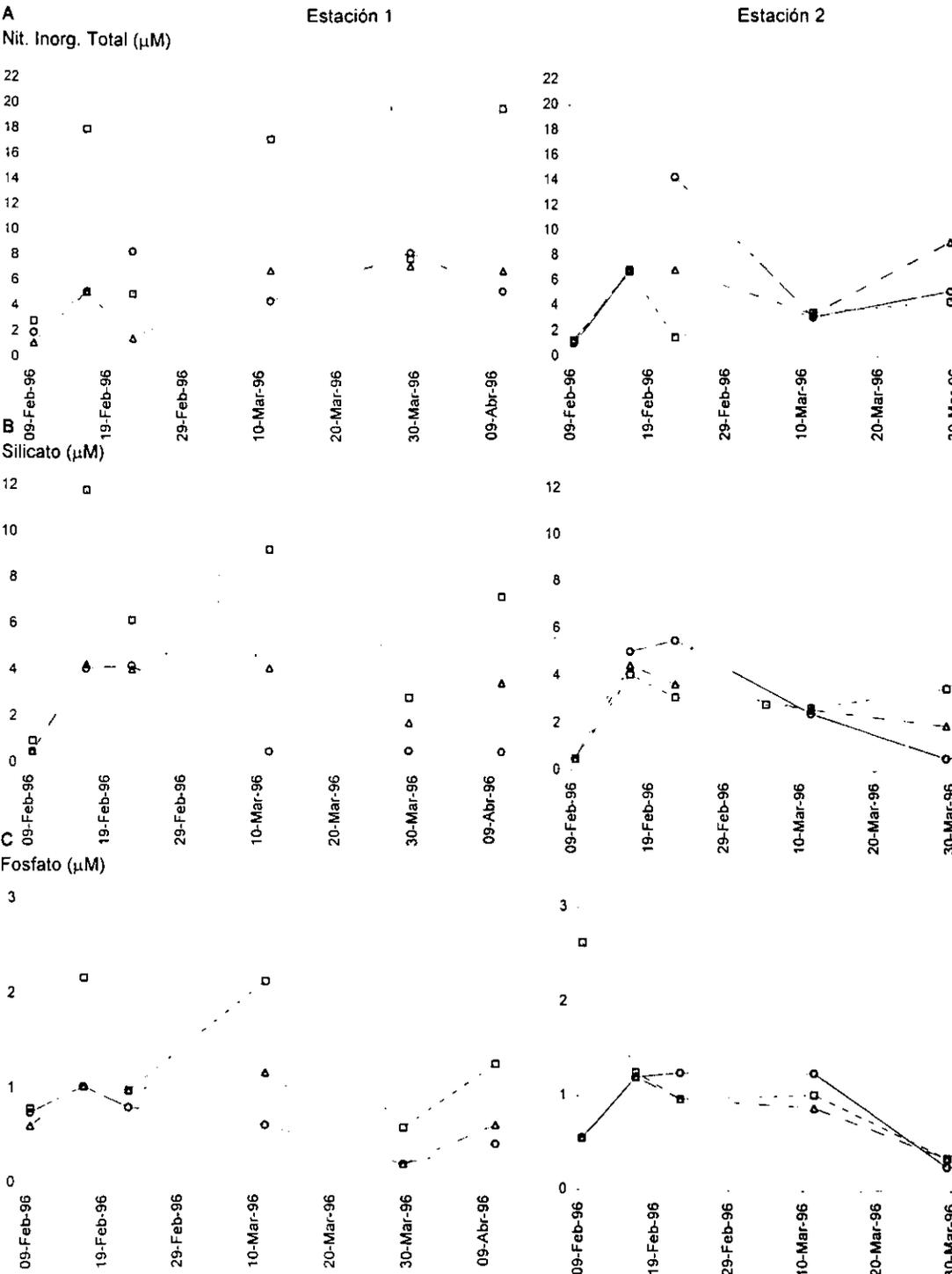
## Nitrógeno inorgánico total

El gráfico de nitrógeno total mostró una amplia variabilidad, en las estaciones 1 y 2 (Fig. 29 A). Los menores valores se presentaron en la estación 1 en la capa de media agua y en la de superficie principalmente y en la estación 2 indistintamente en las tres profundidades. Los valores máximos se presentaron en el fondo el 16 de febrero, 11 de marzo y el día 10 de abril. En la estación 2, los máximos se presentaron en superficie el 22 de febrero, el 29 de marzo y el 10 de abril. La estratificación vertical fue muy importante en la estación 1, con gradientes de cerca de  $13 \mu\text{M}$  entre la concentración de fondo y la de superficie el 16 de febrero, 11 de marzo y 10 de abril. En la estación 2 se observó un gradiente semejante al de la estación 1, entre superficie y el fondo el 22 de febrero y entre superficie y media agua el 10 de abril el gradiente fue de  $11 \mu\text{M}$ , en las demás fechas, la estratificación no fue de importancia. La estación 3 mostró estratificación importante en las dos fechas, con la mayor concentración en superficie y la menor en fondo y media agua, éstas últimas muy semejantes entre ellas con un gradiente de nitrógeno inorgánico el 22 de febrero de aproximadamente  $8 \mu\text{M}$  y el 5 de marzo de más de  $2 \mu\text{M}$ . El intervalo de concentración del nitrógeno inorgánico fue para la estación 1 de  $1.13$  a  $19.69 \mu\text{M}$ , para la estación 2 de  $1.04$  a  $21.46 \mu\text{M}$  y para la estación 3 el 22 de febrero de  $1.14$  a  $11.13 \mu\text{M}$  y el 5 de marzo de  $4.94$  a  $7.69 \mu\text{M}$ .

## Silicato

El silicato mostró mayor variabilidad en la estación 1 que en la 2 (Fig. 29 B). Las menores concentraciones ocurrieron en la superficie en la estación 1 y en la estación 2 en el fondo en las cuatro primeras fechas y en la superficie en las dos fechas restantes. Las mayores concentraciones se presentaron en el fondo en la estación 1 el 16 de febrero, 11 de marzo y 10 de abril. Las mayores concentraciones de la estación 2 se presentaron en la superficie el 16 y el 22 de febrero, estas fechas coinciden con la inversión del orden de las capas en las cuales se encontró mayor concentración en la superficie que en el fondo, con la concentración en media agua intermedia, los otros valores altos se encontraron en el fondo el 29 de marzo y el 10 de abril. La

Figura 29 Variaciones de nitrógeno inorgánico total (A), silicato reactivo (B) y fosfato (C), de las estaciones 1 y 2 de 0.5 (-O-), 5(-Δ-) y 10 (-□-) m de profundidad. Período de invierno-primavera de 1996.



distribución vertical mostró notables rasgos de estratificación en la estación 1 con gradientes entre 6.7 y 8  $\mu\text{M}$  y en la estación 2 entre 2.4 y 5  $\mu\text{M}$ . La estación 3 mostró estratificación el 22 de febrero en 3  $\mu\text{M}$  entre la superficie y media agua, con la concentración del fondo más parecida a la de media agua, el 5 de marzo el gradiente fue de 1  $\mu\text{M}$  entre media agua y superficie con la concentración del fondo intermedia. El intervalo de silicato en la estación 1 fue de 0.50 a 11.80  $\mu\text{M}$ , en la estación 2 de 0.50 a 6.16  $\mu\text{M}$  y en la estación 3 el 22 de febrero de 5.21 a 8.17 y el 22 de marzo 3.61 a 4.6  $\mu\text{M}$ .

### **Fosfato**

Las menores concentraciones de fosfatos se presentaron en la superficie y media agua, las mayores concentraciones se presentaron en el fondo (Fig. 29 D). Las máximas concentraciones se presentaron en el fondo en las estaciones 1 y 2 y en la estación 3 en la superficie el 22 de febrero y en media agua el 5 de marzo. La distribución vertical del fosfato mostró estratificación notable en las tres primeras fechas, con gradientes en la estación 1 de 1.0 a 1.5  $\mu\text{M}$  el 16 de febrero, 11 de marzo y el 10 de abril, respectivamente, y en la estación 2 de 2.0  $\mu\text{M}$  el 9 de febrero y de 0.9  $\mu\text{M}$  el 10 de abril. En la estación 3, el 22 de febrero el gradiente entre la superficie y la capa de media agua fue de 3.0  $\mu\text{M}$ , con la capa del fondo con una concentración ligeramente menor a la de media agua. El intervalo para la estación 1 fue de 0.19 a 2.17  $\mu\text{M}$ , en la estación 2 el intervalo fue de 0.23 a 2.63  $\mu\text{M}$  y en la estación 3 el 22 de febrero, el intervalo fue de 0.74 a 3.58 y de 0.74 a 0.88  $\mu\text{M}$  el 5 de marzo.

### **Proporciones de nutrientes**

Las menores proporciones de N:P (nitrógeno:fósforo) en este período se presentaron principalmente en el fondo, en las primeras fechas, en las tres estaciones. Las mayores proporciones de N:P ocurrieron en la superficie el 29 de marzo en la estación 1 y el 10 de abril en la estación 2. La mayor estratificación, por lo tanto se observó el 29 de marzo con una proporción tres veces mayor en la superficie que en el fondo en la estación 1 y el 10 de abril la proporción N:P fue seis veces mayor la de superficie que la encontrada en el fondo en la estación 2. El intervalo para la proporción N:P en la estación 1 fue de 1.5:1 a 43.5:1, para la estación 2 de 1.3:1 a 93:1 y para la estación 3 de 1.5:1 a 10:1 en las dos mareas rojas.

La proporción Si:P mostró mayores variaciones que las otras proporciones de nutrientes. En la estación 1, la mayor estratificación se observó el 29 de marzo, siendo la capa de media agua tres veces mayor que la proporción encontrada en la superficie, con la proporción del fondo intermedia. En la estación 2, la mayor estratificación en la misma fecha, mostró a la capa del fondo casi cinco veces mayor que la de superficie. Por su parte, la estación 3 mostró estratificación el 22 de febrero siendo la proporción de la capa de media agua tres veces mayor que la de la superficie, con la proporción Si:P del fondo muy parecida a la de media agua. El intervalo de la proporción Si:P en la estación 1 fue de 0.7:1 a 9.2:1, en la estación 2 el intervalo fue de 0.9:1 a 10:1 y en la estación 3, el 22 de febrero de 2.2:1 a 7:1, el 5 de marzo de 4.5:1 a 5.2:1.

La proporción Si:N (silicato:nitrógeno) mostró sus valores menores principalmente en la superficie en las tres estaciones y en todas las fechas, excepto el 16 de febrero. Las mayores

proporciones Si:N se presentaron precisamente el día 16 de febrero, antes de presentarse la marea roja del 22 de febrero. En la estación 1 la proporción de media agua fue cinco veces mayor que la de superficie con la proporción en el fondo con un valor intermedio. En la estación 2 fue cinco veces mayor la encontrada en el fondo que en la superficie con la proporción de la capa de media agua más parecida a la de superficie. En la estación 3, en la marea roja del 22 de febrero, la proporción Si:N encontrada en la capa de media agua fue seis veces mayor que la de superficie, con la capa del fondo más parecida a la de media agua. En la marea roja del 5 de marzo no se observó estratificación relevante. El intervalo de proporción Si:N para la estación 1 fue de 0.06:1 a 2.6:1, en la estación 2, el intervalo fue de 0.04:1 a 2:1 y para la estación 3, el 22 de febrero, el intervalo fue de 0.73 :1 a 4.5:1 y el 5 de marzo de 0.8:1 a 0.9:1.

### III.2.2.3 FITOPLANCTON

#### Fitoplancton total

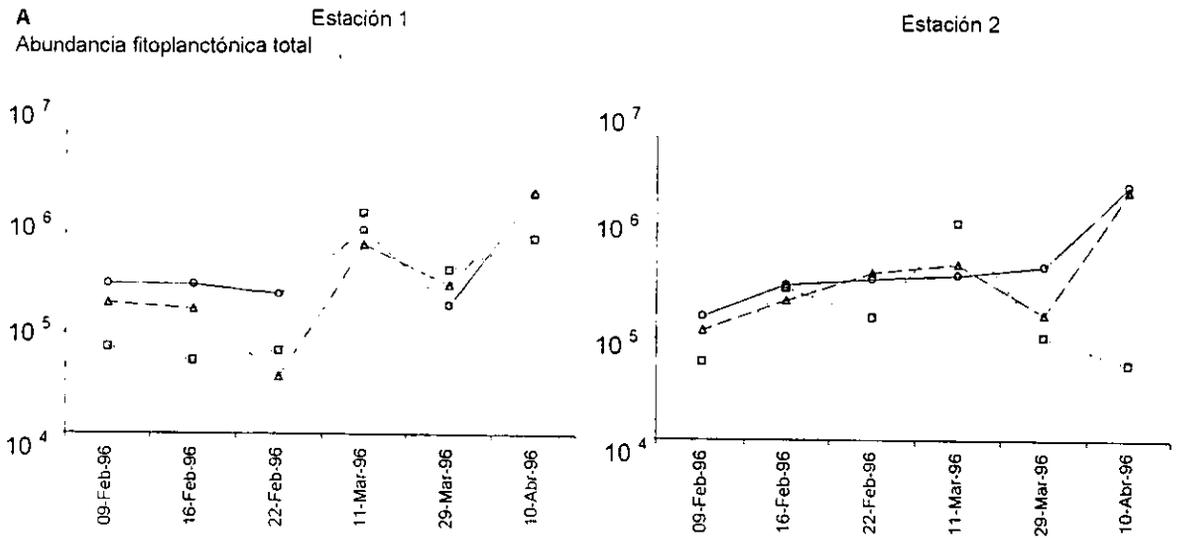
El fitoplancton total en este período de mareas rojas, mostró pocas variaciones (Fig. 30 A). Se presentaron densidades bajas en las dos primeras fechas y en la última de este período. El 11 de marzo se presentó un pico máximo de pendiente suave en toda la columna de agua y otro el 10 de abril, en las dos estaciones excepto en el fondo en la estación 2. En la estación 3 el 22 de febrero, se presentó un pico muy importante de fitoplancton con  $1.73 \times 10^7$  cél/l, se trató de una marea roja dominada por *Mesodinium rubrum*, la cual mostró gradientes con respecto al fondo y a a media agua de  $1.74 \times 10^7$  cél/l. La marea roja del 5 de marzo estuvo dominada por *Scrippsiella trochoidea* y no mostró aumentos numéricos importantes, con respecto a las densidades encontradas en las estaciones 1 y 2 en las fechas adyacentes. El intervalo de fitoplancton total en la estación 1 fue de  $3.64 \times 10^4$  a  $1.58 \times 10^6$  cél/l, el de la estación 2 fue de  $5.47 \times 10^4$  a  $3.37 \times 10^6$  cél/l. En la estación 3, en la marea roja del 22 de febrero, las densidades estuvieron comprendidas entre  $3.70 \times 10^4$  y  $1.75 \times 10^7$  cél/l. En la marea roja del 5 de marzo el intervalo fue de  $2.6 \times 10^5$  y  $1.38 \times 10^6$  cél/l.

#### Abundancia relativa general por grupo

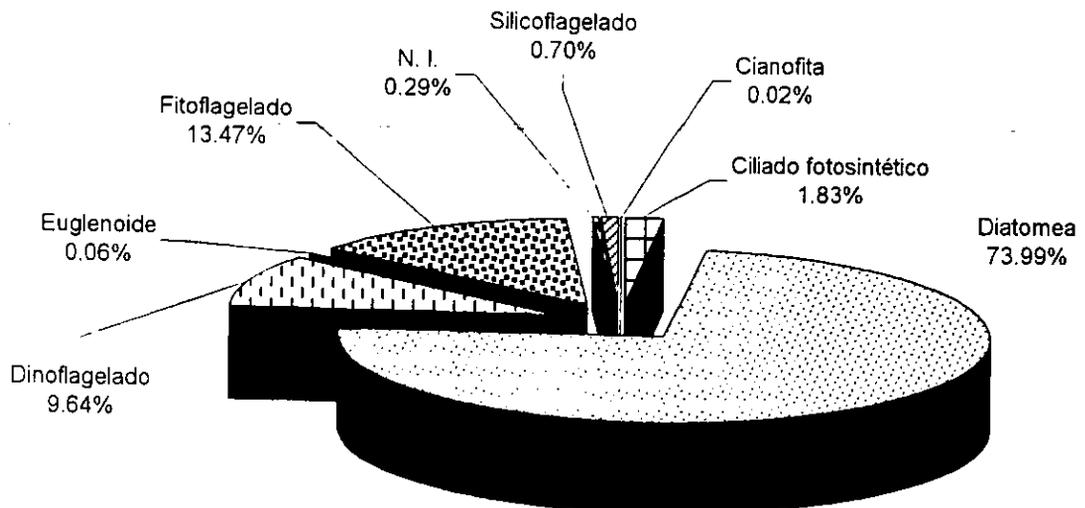
Los grupos presentes en la composición de la comunidad fitoplanctónica en este periodo de mareas rojas, se muestran en la figura 30 B en la que en orden de importancia se tienen representados los siguientes grupos:

Diatomeas con el 74%, los fitoflagelados n. i. con el 13.47%, le siguieron los dinoflagelados con el 9.6%, el ciliado fotosintético *Mesodinium rubrum* con el 1.83% y con menos del 1% se encontró al grupo de los silicoflagelados, las células no identificadas, los euglenoides y por ultimo a las cianofitas. Los porcentajes de diatomeas es comparable con respecto al ciclo de estudio sonde se encontró el 70% pero los demás grupos disminuyeron en su proporción, los fitoflagelados n. i. se mantuvieron en el mismo porcentaje y los dinoflagelados y los demás grupos disminuyeron su importancia relativa en la composición de la comunidad fitoplanctónica.

Figura 30 Variación de la abundancia total fitoplanctónica (A) y de la abundancia relativa general por grupo (B) en las estaciones 1 y 2 a 0.5 (-O-), 5 (-Δ-) y 10 (-□-) m de profundidad. Período de mareas rojas invierno-primavera 1996.



**B**  
Abundancia relativa general por grupo fitoplanctónico para las estaciones 1 y 2 en conjunto.



## Composición y abundancia de las comunidades fitoplanctónicas por grupo

### Grupos principales

#### Diatomeas

Las diatomeas se observaron en todas las fechas de este período, con densidades poco variables (Fig. 31 A). Las menores densidades se observaron en el fondo el 9 de febrero y el 29 de marzo. Se observaron valores altos en el fondo en la estación 1 el 11 de marzo y el 10 de abril en la superficie y media agua. El intervalo de densidad de diatomeas en la estación 1 fue de  $1.2 \times 10^4$  a  $2.34 \times 10^6$  cél/l, el de la estación 2 de  $3.49 \times 10^3$  a  $3.22 \times 10^6$  cél/l.

#### Dinoflagelados

Los dinoflagelados también tuvieron pocas variaciones importantes excepto el 10 de abril, fecha en que no se encontraron dinoflagelados en el fondo (Fig. 31 B). Las menores densidades se observaron en el fondo y media agua y las mayores en la superficie, generalmente. El intervalo de la densidad de dinoflagelados en la estación 1 fue de  $3.8 \times 10^3$  y  $1.4 \times 10^5$  cél/l, en la estación 2 el límite superior de la densidad de este grupo fue de  $2.7 \times 10^5$  cél/l.

#### Fitoflagelados

Este grupo si mostró variaciones importantes en este período de mareas rojas en las estaciones 1 y 2 (Fig. 31 C). Las menores densidades de este grupo se observaron en media agua y el fondo, el 22 de febrero, fecha de marea roja y al igual que los dinoflagelados, en el fondo el 10 de abril en la estación 2. En estas fechas se observó alta estratificación entre las capas de la columna de agua. El límite superior del intervalo de la densidad en la estación 1 fue de  $1.6 \times 10^5$  cél/l y el de la estación 2 de  $8.3 \times 10^5$  cél/l.

#### Ciliado fotosintético *Mesodinium rubrum*

La densidad de este ciliado fue muy variable, sobretodo en la estación 1 (Fig. 31 D). Las menores densidades se observaron el 22 de febrero, 11 de marzo y 10 de abril en la estación 1 y en la estación 2 en el fondo el 10 de abril. El intervalo de densidad para este grupo fue de  $2.5 \times 10^4$  cél/l y en la estación 2 hasta  $6 \times 10^4$  cél/l.

### Grupos secundarios

#### Silicoflagelados

Los silicoflagelados mostraron densidades bajas el 16 de febrero y el 10 de abril, principalmente en la estación 2 (Fig. 32 A). En la estación 1, las capas de media agua y del fondo se mantuvieron sin estratificación, en la estación 2, las capas de la superficie y del fondo, se mantuvieron juntas, separadas de la capa de media agua. El límite superior de la densidad del grupo de los silicoflagelados para la estación 1 fue de  $1.8 \times 10^4$  cél/l y en la estación 2 de  $4.6 \times 10^4$  cél/l.

Figura 7. Variación de la abundancia fitoplanctónica de los grupos principales; diatomeas (A), dinoflagelados (B), fitoflagelados (C) y el ciliado fotosintético *Mesodinium rubrum* (D) en las estaciones 1 y 2 a 0.5 (-O-), 1 (-Δ-) y 10 (-□-) m de profundidad. Periodo de mareas rojas invierno-primavera de 1996.

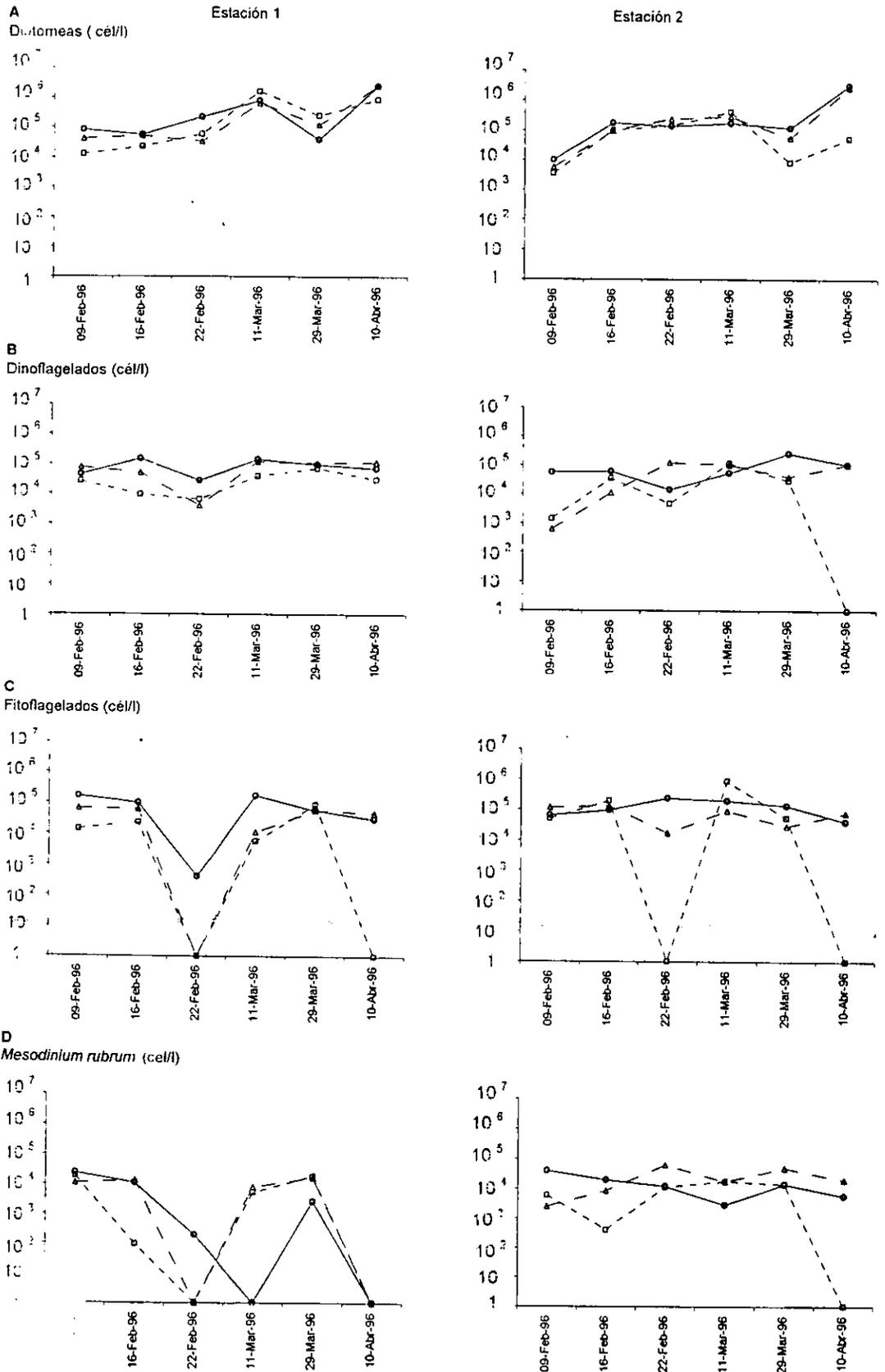
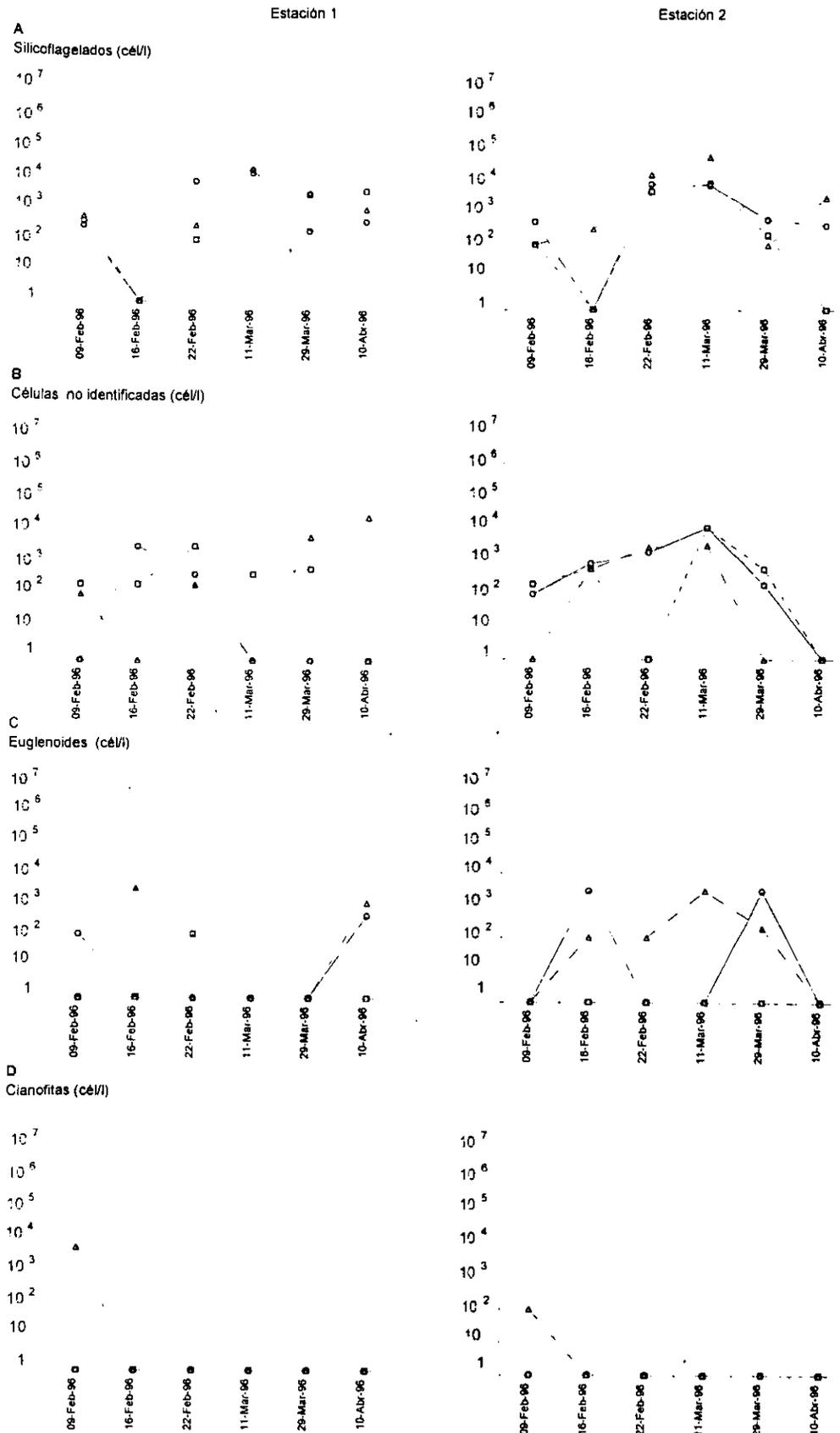


Figura 32. Variación de la abundancia fitoplanctónica de los silicoflagelados (A), células no identificadas (B), euglenoides (C) y cianofitas (D) en las estaciones 1 y 2 a 0.5 (-O-), 5 (-Δ-) y 10 (-□-) m de profundidad. Período de mareas rojas invierno-primavera de 1996.



### **Euglenoides**

Los euglenoides fueron uno de los grupos más variables en cuanto a su densidad (Fig. 32 C). Las menores densidades se presentaron en la superficie en la estación 1 y en el fondo en la estación 2. Las mayores densidades se encontraron el 16 de febrero y el 10 de abril en media agua, en la estación 1 y el 9 de febrero y 29 de marzo en la superficie, en la estación 2. En la estación 2 se observaron densidades relativamente bajas en las fechas intermedias en media agua. El límite superior del intervalo de densidad de euglenoides para la estación 1 y 2 fue de  $2.8 \times 10^3$  cél/l

### **Cianofitas**

Solo se encontraron cianofitas en media agua el 9 de febrero en las dos estaciones (Fig. 32 D). La densidad encontrada en la estación 1 fue de  $5.6 \times 10^3$  cél/l y en la estación 2 de  $1 \times 10^2$  cél/l.

### **Riqueza específica**

La riqueza específica mostró poca variación, principalmente en la superficie (Fig. 33 A). El menor número de especies se observó en las capas de media agua y del fondo y el mayor número de especies se observó en la capa de media agua el 22 de febrero, 11 de marzo y el 10 de abril en la estación 2. El intervalo del número de especies en la estación 1 fue de 27 a 75 especies, el de la estación 2 de 17 a 131 especies. En la estación 3 de mareas rojas el intervalo fue el 22 de febrero de 6 a 10 especies y el 5 de marzo de 4 a 5 especies.

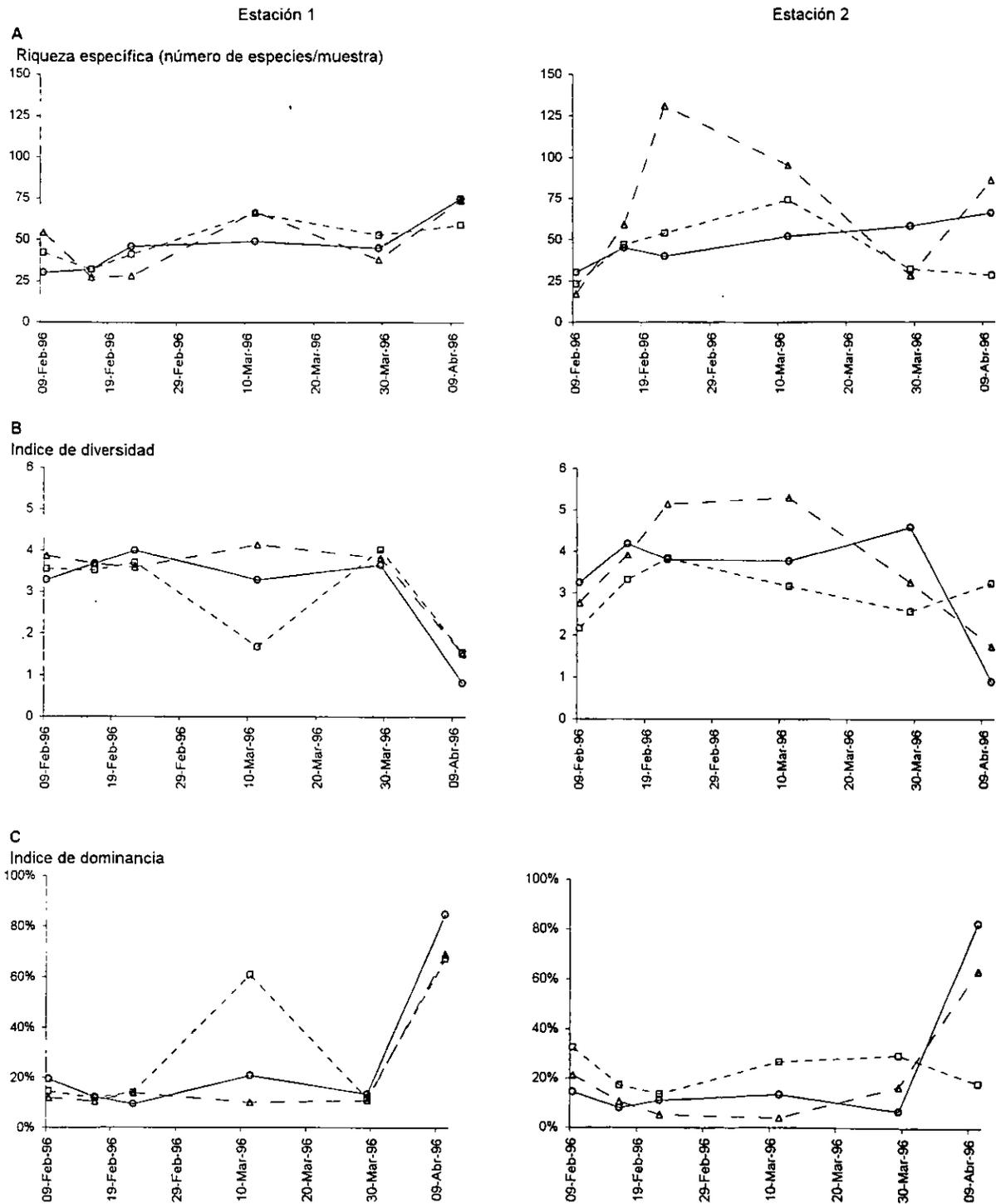
### **Diversidad**

El índice de Shannon-Weiner mostró sus valores más bajos en la superficie el 10 de abril, los valores más altos se presentaron en media agua el 11 de marzo y en la estación 2 también el 22 de febrero (Fig. 33 B). La distribución vertical del índice mostró estratificación: el 11 de marzo en la estación 1 y en la estación 2 el 22 de febrero, el 11 de marzo, el 29 de marzo y el 10 de abril. Las capas no se ordenaron de acuerdo a algún patrón en ninguna de las dos estaciones. El intervalo del índice de Shannon-Weiner en la estación 1 fue de 0.81 a 4 y en la estación 2 de 0.88 a 5.3, en la estación 3, el 22 de febrero de 0.22 a 2.22 y el 5 de marzo de 0.10 a 0.25.

### **Dominancia**

El índice de dominancia, como distribución inversa de la diversidad, mostró su valor más bajo en las primeras fechas, con un máximo en el fondo el 11 de marzo, en la estación 1 (Fig. 33 C). Los valores máximos se presentaron el 10 de abril en las dos estaciones en las tres profundidades, excepto en el fondo en la estación 2. La mayor estratificación durante este período se observó el 11 de marzo y el 10 de abril. El intervalo para el índice de dominancia en la estación 1 fue de 10 al 84% y en la estación 2 de 4 al 82%. En la estación 3, el 22 de febrero el intervalo fue del 26 al 93% y el 5 de marzo del 94 al 98%.

Figura 33. Variación de la riqueza específica (A), índice de diversidad de Shannon-Weiner (B) e índice de dominancia (C) para las estaciones 1 y 2 a 0.5 (O), 5 (Δ) y 10 m (□) de profundidad. Período de mareas rojas invierno-primavera 1996.



## Composición de las comunidades fitoplanctónicas por especie

Las especies que se presentaron al menos en una muestra en todas las fechas, se les consideró especies permanentes durante este período y se presentan en la tabla 26.

Las especies que se presentaron en más del 20% de las fechas se consideraron especies frecuentes en este período de mareas rojas y se exponen en la tabla 27.

Las especies que aparecieron en menos del 20% de las fechas, se consideraron raras en este período y se muestran en la tabla 28.

## Análisis comparativo de las estaciones en función de la presencia y abundancia de las especies

### En función de la presencia de las especies

Se comparó la presencia de las especies en las dos estaciones de muestreo en sus tres capas, la de superficie, la de media agua y la del fondo. Se utilizó un dendograma para representar las similitudes entre las dos estaciones, las cuales están entre 70 y 73% (Fig. 34 A). Las diferentes capas son similares de la siguiente manera: la estación 1 en la superficie, es la más parecida a la estación 2 en la superficie y en media agua. La estación 1 en la capa de media agua y fondo es menos parecida a las anteriores, la capa menos parecida al resto es la estación 2 en el fondo, la cual se presume que tiene mayor influencia marina.

### En función de la abundancia de las especies

Se realizó el mismo análisis pero en función de la abundancia, el dendograma se encuentra en la figura 34 B. Se observó similitud alta entre las dos estaciones en la superficie y media agua, la estación 1 en el fondo fue menos parecida a este grupo con un porcentaje de similitud de 85% y la estación 2 en la capa del fondo fue diferente al resto, con un porcentaje de similitud del 67%. Es relevante el hecho de que se repitió la disposición de las capas reflejada en el dendograma en función de la presencia de las especies.

## Asociación entre especies

El análisis de la asociación de especies dominantes con la aplicación del índice de dominancia media general (Tabla 29)  $D_m$ , según Picard (1965) en este período de mareas rojas mediante tablas de contingencia 2X2 se muestra en la tabla 2, resultando las siguientes asociaciones (Tabla 30):

*Mesodinium rubrum* se asoció negativamente con *Leptocylindrus danicus*

*Pseudo-nitzschia* sp. se asoció con *Chetoceros* sp.

*Rhizosolenia* sp. se asoció con *Nitzschia* sp.

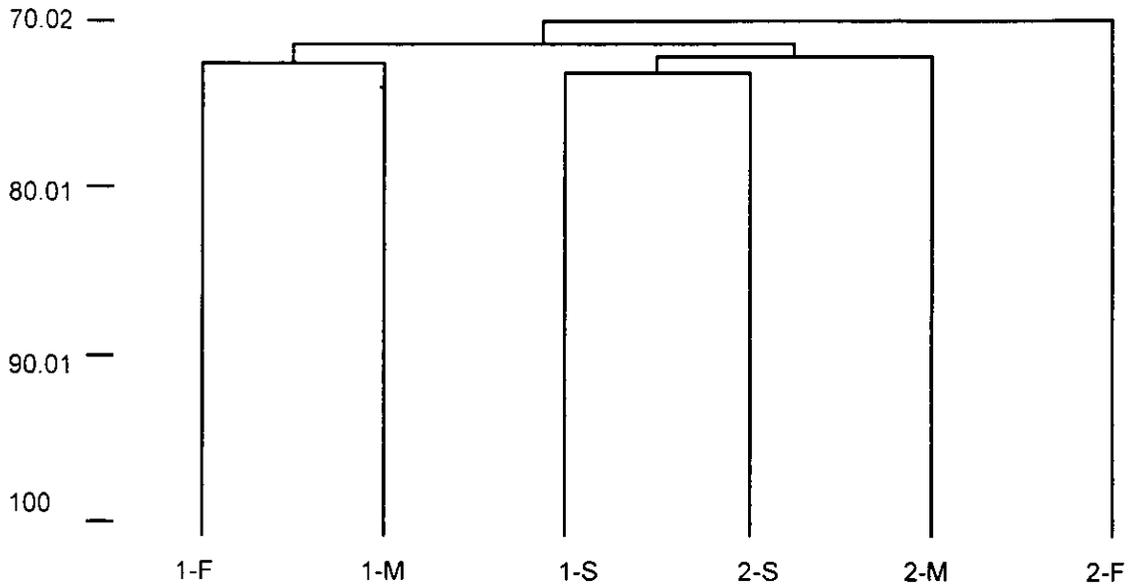
*Prorocentrum triestinum* se asoció a *Nitzschia* sp., *Gyrodinium* sp. y *Peridinium* sp.

El grupo de los fitoflagelados n. i. se asoció fuertemente a la presencia de *Mesodinium rubrum*, *Gyrodinium* sp., *Protoperidinium* sp. y *Prorocentrum triestinum*.

Figura 34 Dendograma de similitud entre las estaciones 1 y 2 en función de la presencia (A) y de la abundancia (B) de las especies encontradas a 0.5 (S), 5 (M) y 10 (F) m de profundidad.  
 Período de mareas rojas invierno-primavera de 1996.

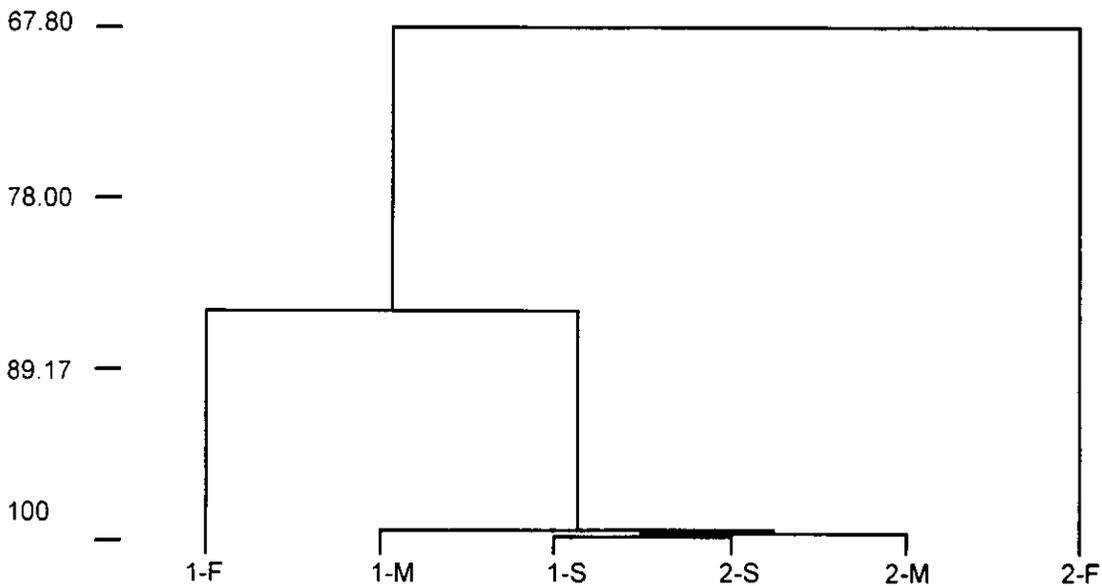
**A**

Similitud en función de la presencia de las especies  
 % de similitud



**B**

Similitud en función de la abundancia de las especies  
 % de similitud



## Relaciones fitoplancton-hidrología

Se realizó un análisis de componentes principales para buscar relaciones entre las variables abióticas y la abundancia de las especies dominantes (Tabla 29) de acuerdo al índice de dominancia general promedio de Picard (1965), considerando a la abundancia como la expresión de la respuesta de las especies al medio. Se trataron los datos de las estaciones 1 y 2 en conjunto y por separado.

### Relaciones fitoplancton-hidrología estación 1

El factor 1 explicó el 33% de la varianza total, el segundo factor el 17% y el tercero el 12% (Tabla 31).

En el factor 1 se asociaron positivamente el oxígeno, el porcentaje de saturación, la temperatura y negativamente el nitrógeno inorgánico total, sigma-t, silicato, y sólidos suspendidos totales con la disminución de *Coscinodiscus* sp.

En el factor 2 se relacionaron negativamente la salinidad y positivamente el fosfato con el aumento de la abundancia de *Pseudo-nitzschia* sp. y la disminución de *Rhizosolenia* sp., *Nitzschia* sp., *Leptocylindrus danicus* y *Protoperidinium* sp.

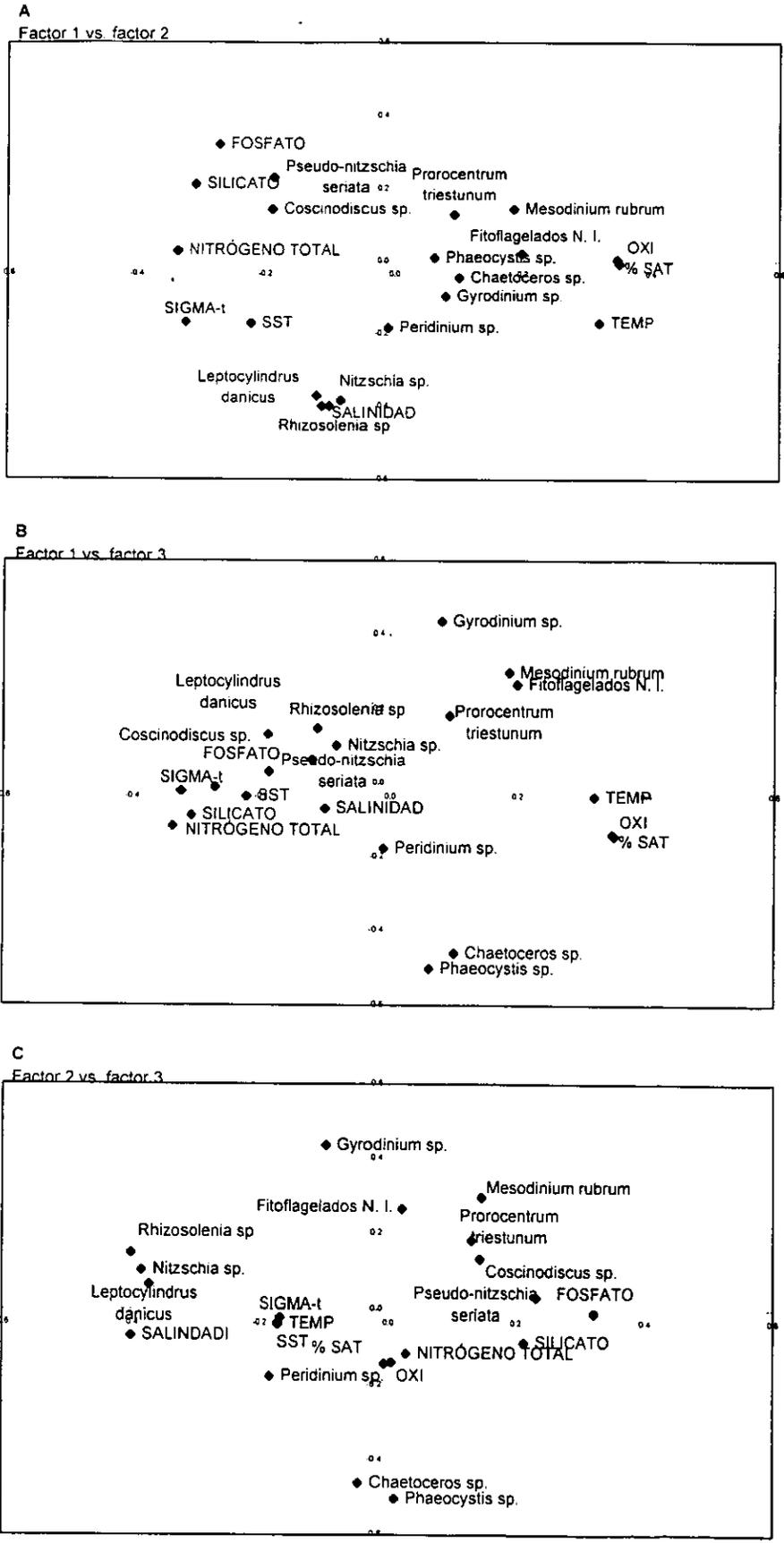
En el factor 3 se asociaron negativamente todas las variables abióticas con el aumento de la abundancia de *Gyrodinium* sp., *Coscinodiscus* sp., de los fitoflagelados n. i. y de *Prorocentrum triestinum* y la disminución de *Phaeocystis* sp. y *Chaetoceros* sp.

La figura 35 A muestra tres grupos principalmente, uno formado por especies de diatomeas relacionadas en el factor 2 junto con la salinidad, otra de las variables abióticas asociadas al factor 1 y por último, otro grupo formado por especies asociadas en el factor 3.

En la figura 35 B se observó la formación de cuatro grupos, un grupo formado por especies relacionadas en los factores 2 y 3, otro formado por variables asociadas en el factor 1 y 2, por último, dos especies relacionadas en los factores 1 y 3 como *Chaetoceros* sp. y *Phaeocystis* sp.

En la figura 35 C se formaron varios grupos, un grupo compuesto por especies explicadas relacionadas en los tres factores como *Coscinodiscus* sp., *Pseudonitzschia* sp., *Mesodinium rubrum* y *Prorocentrum triestinum*, otro grupo que se formó con especies asociadas en el factor 2, junto con la salinidad como *Rhizosolenia* sp., *Nitzschia*, sp. y *Leptocylindrus danicus*. Otro grupo más, formado por especies relacionadas en los tres factores, y por último, dos especies asociadas al factor 3 positivamente y otras dos negativamente, *Gyrodinium* sp. y los fitoflagelados n. i., *Chaetoceros* sp. y *Phaeocystis* sp.

Figura 35 Coeficientes de correlación del análisis de componentes principales (PCA) factor 1 vs. factor 2 (A), factor 1 vs. factor 3 (B) y factor 2 vs. factor 3 (C) para la estación 1 Período de mareas rojas invierno-primavera 1996.



## Relaciones fitoplancton-hidrología estación 2

El factor 1 explicó el 24% de la varianza total, el factor 2 el 17% y 12% el factor 3 (Tabla 32).

En el factor 1 se asociaron positivamente sigma-t, nitrógeno total, salinidad y negativamente oxígeno, porcentaje de saturación y fosfato con el aumento de la abundancia de *Leptocylindrus danicus* y *Nitzschia* sp. y la disminución de los fitoflagelados n. i..

En el factor 2 se asociaron positivamente la temperatura y negativamente silicato con el aumento de la densidad de *Prorocentrum* sp., *Gyrodinium* sp., *Protoperidinium* sp. y *Chaetoceros* sp.

En el factor 3 se relacionaron los sólidos suspendidos con el aumento de la abundancia de *Rhizosolenia* sp., *Coscinodiscus* sp., *Pseudonitzschia* sp., *Mesodinium rubrum* y *Phaeocystis* sp.,

La figura 36 A se observó dispersión de los puntos y solo se agruparon las especies relacionadas en el factor 2, en los demás grupos, se mezclaron las especies relacionadas con los factores 1 y 3.

La figura 36 B se formaron cuatro grupos, uno con especies relacionadas positivamente con el factor 1 uno con *Leptocylindrus danicus* y *Nitzschia* sp.. Otro grupo, formado por las variables abióticas y las especies relacionadas en el factor 2 y otro más, formado por las especies asociadas en el factor 3.

En la figura 36 C se observó la formación de un grupo de puntos que corresponden a especies relacionadas con el factor 2, en el cual se asociaron positivamente la temperatura y negativamente el silicato. Un gran grupo de puntos, relacionados en el factor 3, asociado a los sólidos suspendidos.

## Relaciones fitoplancton-hidrología. Estaciones 1 y 2

El primer factor explicó el 27% del total de la varianza el segundo el 16 y el tercero el 9% (Tabla 33).

En el factor 1 se relacionaron negativamente sigma-t, nitrógeno, silicato y positivamente el porcentaje de saturación, el oxígeno y la temperatura con la abundancia de los fitoflagelados n. i..

En el factor 2 se asociaron positivamente el fosfato con la disminución de la abundancia de *Leptocylindrus danicus*, *Nitzschia* sp., *Protoperidinium* sp. y *Chetoceros* sp.

En el factor 3 se asociaron la salinidad con la disminución de la abundancia de *Coscinodiscus* sp., *Rhizosolenia* sp., *Gyrodinium* sp., *Pseudonitzschia* sp., *Mesodinium rubrum*, *Prorocentrum triestinum* y *Phaeocystis* sp.

En la figura 37 A se observa a los fitoflagelados n. i., relacionados con el factor 1 agrupados a todas las variables abióticas, excluyendo al fosfato y a la salinidad. Se formaron grupos de especies y grupos de variables hidrológicas separados, variables relacionadas en el factor 2, asociado al fosfato, junto con algunas especies relacionadas en el factor 3. Un grupo más com-

pacto, compuesto por especies asociadas a los factores 2 y 3. Otro grupo de variables abióticas, relacionadas en el factor 1 y por último, un grupo formado por silicato, relacionado en el factor 1 junto con el fosfato, relacionado en el factor 2 y dos especies de diatomeas asociadas en el factor 3.

La figura 37 B mostró la formación de dos grupos formados por una mezcla de especies que se relacionaron en los factores 2 y 3; otros dos grupos de variables abióticas, uno asociado positivamente y otro negativamente en el factor 1.

En la figura 37 C se observó mayor dispersión de los puntos que representan las variables tanto bióticas como abióticas, asociadas con los tres factores. Es relevante el hecho de que el fosfato, se asocie en el factor 2, el silicato en el 1 y la salinidad en el 3.

### Especies dominantes

Las especies dominantes para cada fecha comprendida en este período se dan con respecto a la columna de agua, mediante un promedio de la dominancia en las muestras de las tres profundidades en las estaciones 1 y 2, solo se mencionan las cinco especies con mayor abundancia relativa de cada fecha y estación.

El 9 de febrero la especie dominante en la estación 1 fue el fitoflagelado n. i. (=no identificado) con el 41%, el ciliado fotosintético *Mesodinium rubrum* y *Prorocentrum* sp. con aproximadamente el 10%, con el 6% se encontró *Gyrodinium* sp. y con el 4% *Chaetoceros* sp. En la estación 2 el grupo de fitoflagelados n. i. mostró dominancia del 63% de la abundancia relativa en la columna de agua, el ciliado *Mesodinium rubrum* el 14%, el dinoflagelado *Scrippsiella trochoidea* contribuyó con el 11%, porcentajes menores al 3% les correspondió a *Protoperidinium* sp. y a *Pleurosigma* sp.

El 16 de febrero las especies que dominaron la columna de agua en la estación 1, fueron del grupo de los fitoflagelados n. i. con el 32%, *Prorocentrum triestinum* con el 21%, *Amphidinium* sp. y *Nitzschia* sp. con el 7%, la diatomea *Thalassionema nitzschioides* con el 6%. En la estación 2, los fitoflagelados n. i. dominaron con el 44%, *Nitzschia* sp. participó con el 24% de la abundancia relativa, *Nitzschia closterium* con el 6% y con menos del 3% estuvieron presentes *Prorocentrum triestinum* y *Protoperidinium* sp.

El 22 de febrero, en la estación 1 se observó codominancia de diatomeas, *Chaetoceros* con el 22% y con el 16% *Roperia tessellata* y una diatomea N. I., con el 9% se encontró *Pseudonitzschia* sp. y con el 5% *Nitzschia* sp. En la estación 2, las especies que dominaron fueron los fitoflagelados n. i. con el 24%, *Chaetoceros* con el 11%, *Roperia tessellata* con el 10%, *Mesodinium rubrum* con el 9% y *Nitzschia* con el 6%. En la estación 3, la marea roja estuvo dominada por la especie *Mesodinium rubrum* con el 99.7%, las especies que aparecieron con abundancia relativa menor al 1% fueron las diatomeas *Chaetoceros* sp., *Thalassiosira* sp., *Coscinodiscus* sp. y *Lithodesmium undulatum*.

Figura 36 Coeficientes de correlación del análisis de componentes principales (PCA) factor 1 vs. factor 2 (A), factor 1 vs. factor 3 (B) y factor 2 vs. factor 3 (C) para la estación 2. Período de mareas rojas invierno-primavera 1996.

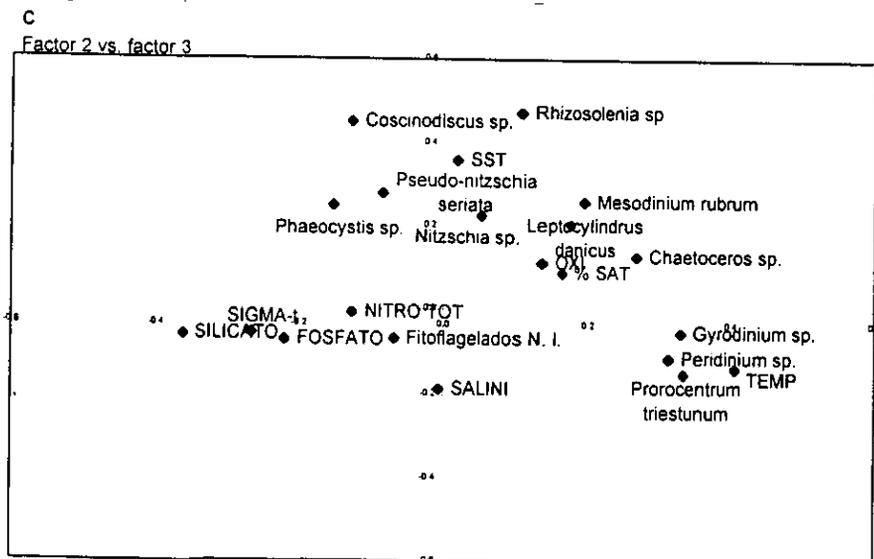
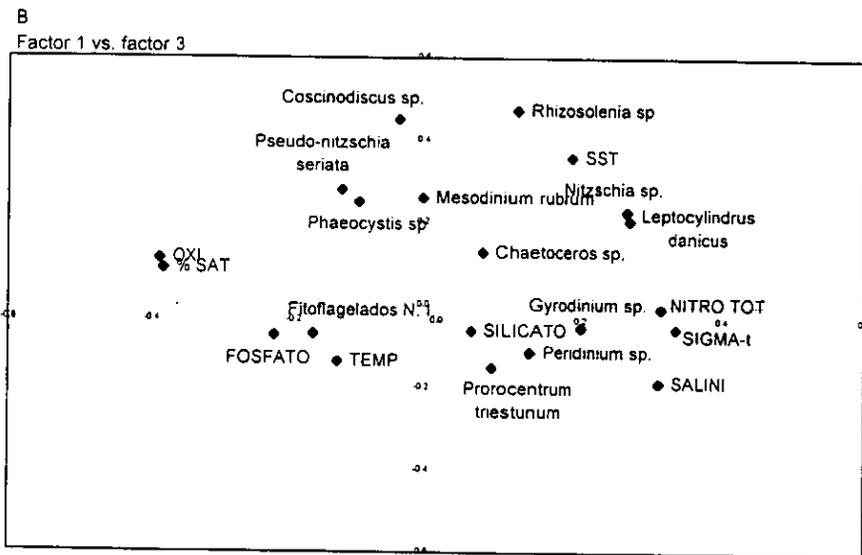
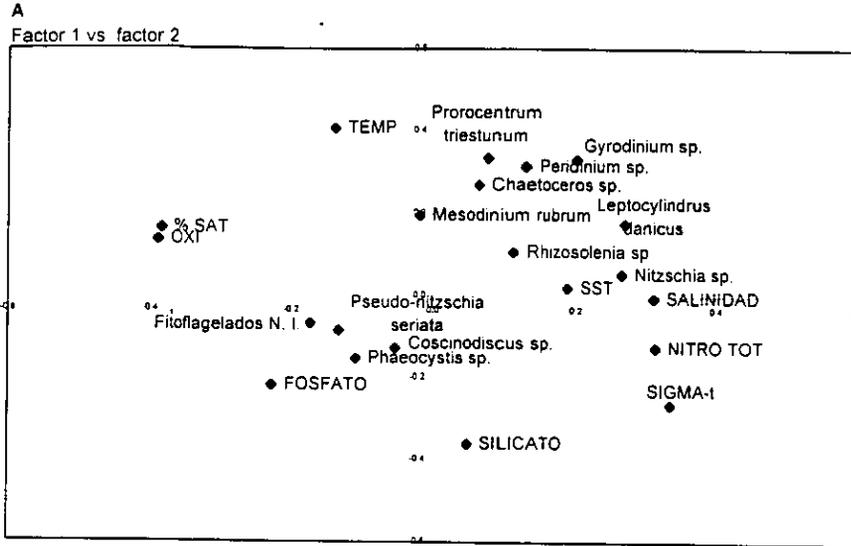
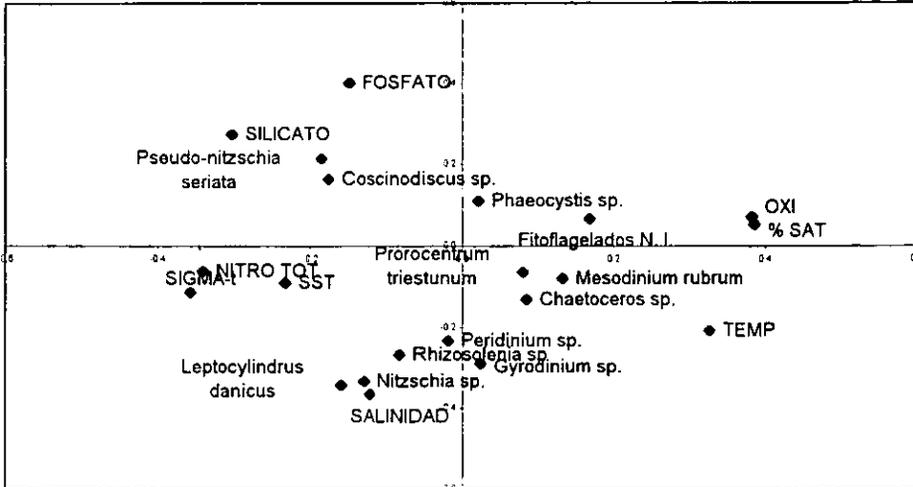


Figura 37 Coeficientes de correlación del análisis de componentes principales (PCA) factor 1 vs. factor 2 (A), factor 1 vs. factor 3 (B) y factor 2 vs. factor 3 (C) para las estaciones 1 y 2 en conjunto. Período de mareas rojas invierno-primavera 1996.

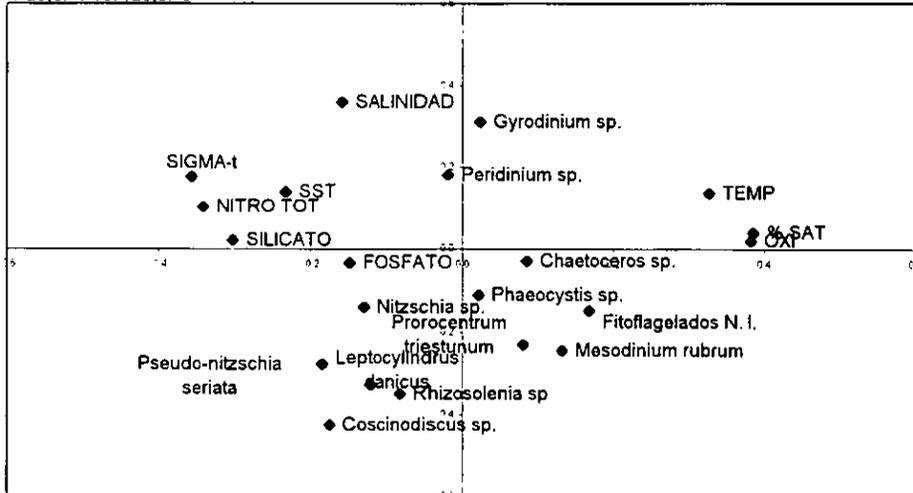
A

Factor 1 vs. factor 2



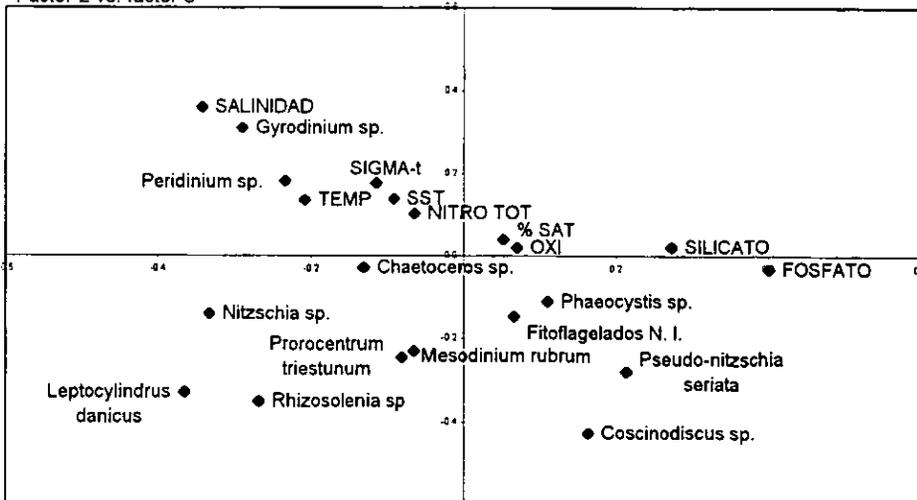
B

Factor 1 vs. factor 3



C

Factor 2 vs. factor 3



El 5 de marzo, se presentó otra marea roja, la especie dominante fue el dinoflagelado *Scrippsiella trochoidea* con una abundancia relativa del 98%, el 1.6% correspondió a *Prorocentrum triestinum* y con menos del 1% se presentó *Cylindroteca closterium*, *Navicula wawriake* y *Nitzschia* sp.

El 11 de marzo, la especie dominante en la estación 1 fue *Pseudonitzschia* sp. con el 47%, le siguió en orden de importancia *Nitzschia* sp. con el 21%, *Coscinodiscus* sp. el 8%, el grupo de fitoflagelados n. i. con el 5% y por último con el 2% se encontró *Navicula* sp. En la estación 2, la especie dominante fue *Phaeocystis* sp. con el 29%, el grupo de fitoflagelados n. i. con el 17%, el 12% *Nitzschia* sp., *Leptocylindrus* sp. contribuyó con el 6% y *Pyrocystis hamulus* con el 4%.

El 29 de marzo, en la estación 1, resultó *Nitzschia* sp. como especie codominante con 26%, junto con el grupo de los fitoflagelados n. i. con el 20% y *Protoperidinium* sp. con el 11%, *Nitzschia longissima* con el 8% y *Gyrodinium* sp. con el 5%. En la estación 2, el grupo de fitoflagelados n. i. con el 26%, *Prorocentrum triestinum* con el 12% al igual que *Gyrodinium* sp. y con el 9% *Mesodinium rubrum* y *Leptocylindrus danicus*.

Por último la fecha del 10 de abril en la estación 1 se encontró como especie dominante a *Nitzschia* sp. con el 41% y el resto de las especies de diatomeas y el grupo fitoflagelado n. i. , con abundancias relativas menores al 1%. En la estación 2 la diatomea *Nitzschia* sp. alcanzó el 85% de la abundancia relativa en esa estación y con menos del 2%, las mismas especies encontradas en la estación 1.

### **Análisis de dirección, velocidad y duración del viento dominante diario, previo a eventos de mareas rojas en el periodo de mareas rojas invierno-primavera de 1996.**

Se analizó la dirección y velocidad del viento dominante diario, así como la presencia de eventos de marea roja en relación con el mismo (Fig. 38, Tablas 22,23 y 24).

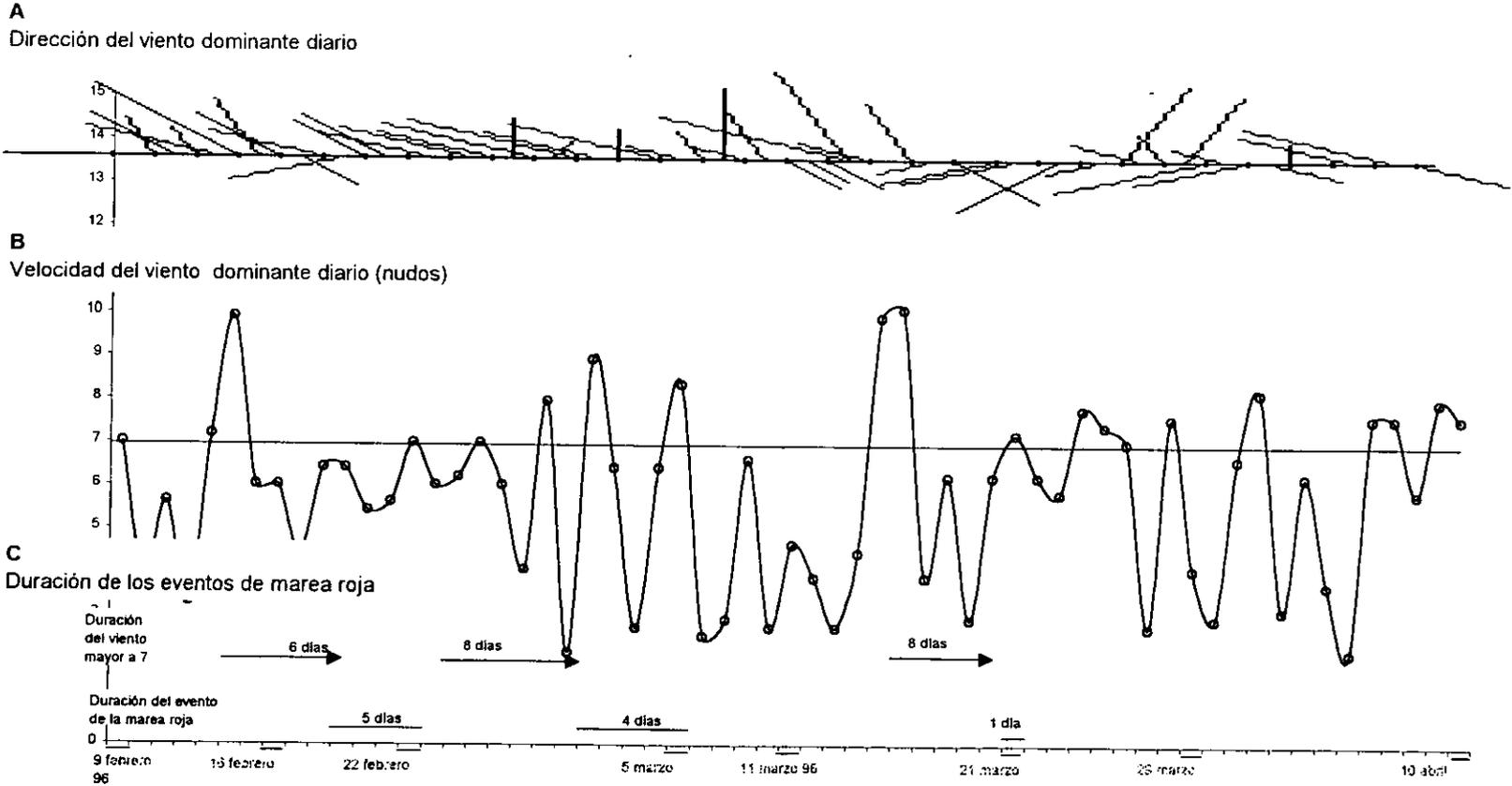
En el periodo de mareas rojas del invierno-primavera de 1996, el cual abarcó del 9 de febrero al 10 de abril de 1996, los vientos soplaron principalmente del WNW, W y NNW.

Los vientos se presentaron frecuentemente con velocidades mayores a 7 nudos durante este periodo de mareas rojas, antes de cada evento de mareas rojas se analizó la dirección de estos vientos:

Hubo un episodio de mareas rojas que se presentó del 2 al día 3 de enero de 1996 (Tabla 22). Las especies que dominaron esta marea fueron *Gymnodinium catenatum* y *Mesodinium rubrum*, se detectaron vientos dominantes con velocidades mayores a 7 nudos del SSE solo un día antes de observar la manchas. La dirección de estos vientos no provoca surgencias en este lado del golfo, pero la turbulencia provocada puede desencadenar procesos de mezcla y resuspensión de nutrientes y quistes ya que se trata de una zona muy somera, menor a 15 m de profundidad.

El segundo evento se presentó en febrero, del día 19 al 23, la duración fue de cinco días, la especie dominante fue *Mesodinium rubrum*, los vientos dominantes soplaron con mayor velocidad de 7 nudos con dirección WNW y W seis días antes de observar las manchas, éstas fueron de tonalidad rojiza muy visible, se observó principalmente en los alrededores del cerro del Crestón, junto al ICMYL

Figura 38 Variación de la dirección (A), velocidad (B) del viento dominante diario y duración de eventos de marea roja (C) en el periodo de de mareas rojas invierno-primavera de 1996.



El tercer evento ocurrió del 1 al 5 de marzo, permanecieron las manchas durante 4 días. Los vientos soplaron con velocidad mayor a 7 nudos y dirección del WNW, ocho días antes de observar manchas sin forma definida y de tonalidad café-rojiza, de 50 a 100 m de la orilla, desde la playa Norte al cerro del Crestón (Tabla 22). La especie dominante en este caso fue un dinoflagelado tecado, *Scrippsiella trochoidea*,

El cuarto evento se observó un solo día, el 21 de marzo, los vientos también soplaron con velocidades mayores de 7 nudos con dirección WNW, ocho días antes de observarse esta mancha efímera en los alrededores del cerro del Crestón.

A diferencia del período de mareas rojas de invierno-primavera 1995, en que después de abril ya no se presentaron más eventos de mareas rojas el resto del año, en 1996, se observaron mareas rojas en el verano y en el otoño y en el invierno. En este estudio se analizaron solo las mareas rojas comprendidas en invierno-primavera de 1995, invierno-primavera de 1996 y las del verano de 1996 (Tablas 23 y 24).

### **III.2.3 MAREAS ROJAS DE AGOSTO DE 1996**

Comprende las mareas rojas de agosto de 1996, muestras colectadas del 12 al 19 de agosto de 1996 (Tabla 34).

#### **III.2.3.1 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS**

Para fines explicativos se consideraron los siguientes datos de los grupos de estaciones como si hubieran sido examinados en una misma fecha. Se exponen los resultados de las muestras analizadas el 12 de agosto en las estaciones 1 y 2, los del sondeo del emisor del verano obtenidos el 16 de agosto en las estaciones A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1, D2, E1, E2, F1, F2. Junto con estas estaciones, se presentan los resultados de la estación 3, donde se analizó la mancha de marea roja el 19 de agosto (Tabla 34)

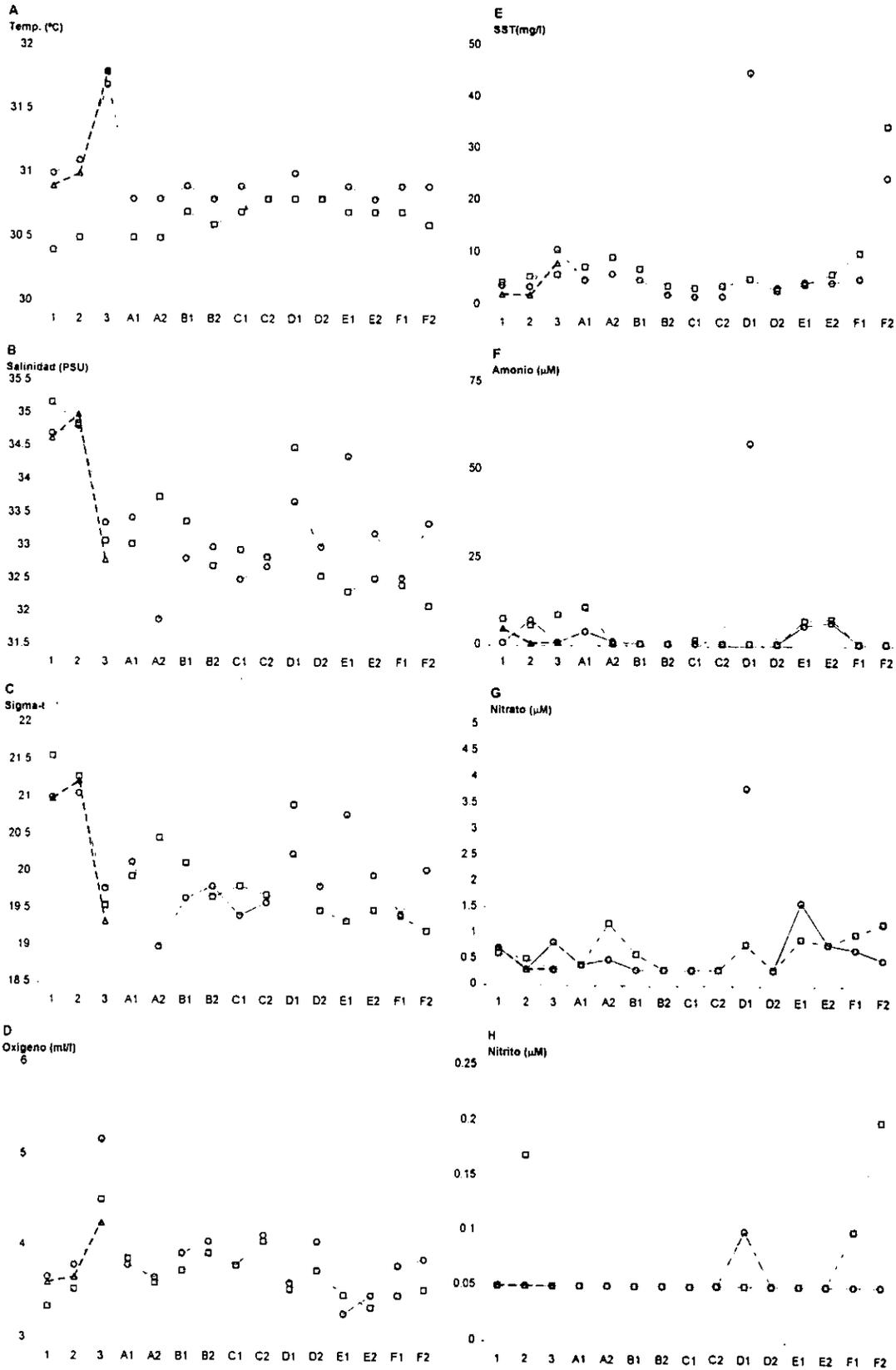
#### **Temperatura**

Las menores temperaturas se presentaron en el fondo con pendientes más suaves que las mayores en la superficie, excepto en la estación 3 que correspondió a la marea roja en la que se encontró la mayor temperatura y una temperatura ligeramente menor en la superficie que en el fondo en esa misma estación (Fig. 39 A).

La distribución vertical de la temperatura mostró rasgos de estratificación importantes en las estaciones 1 y 2 con la temperatura de media agua alta, semejante a la de la superficie. En las estaciones del emisor A1, A2 y F2 hubo diferencias entre superficie y fondo de 0.3 a 0.6°C.

El intervalo de temperatura para la estación 1 fue de 30.4 a 31°C, de la estación 2, de 30.5 a 31.1°C, en la estación 3, el intervalo de temperaturas fue de 31.7 a 31.8°C. Entre las estaciones del emisor, la mínima fue de 30.5°C y la máxima de 31°C

Figura 39 Variaciones espaciales de temperatura (A), salinidad (B), sigma-t (C), oxígeno disuelto (D), sólidos suspendidos totales (E), amonio (F), nitrato (G) y nitrito (H) de las estaciones 1, 2, 3, A, B, C, D, E y F a 0.5 (\_\_\_O\_\_\_), 5 (\_\_\_Δ\_\_\_) y 10 (\_\_\_□\_\_\_) m de profundidad. Mareas rojas de agosto de 1996.



## **Salinidad**

La salinidad fue muy variable entre las estaciones (Fig. 39 B), la mínima se observó en la superficie en la estación A2, estación que se localizó a la entrada del estero de Urías, en su extremo sur. (Fig. 2). La mayor salinidad se observó en el fondo, en la estación 1. La estratificación halina fue más relevante en la estación A2, D1, E1 y F2 con diferencias de 1 a 2 PSU entre la salinidad del fondo y la superficie o la superficie y el fondo como fue el caso de las estaciones E1 y F2. El intervalo de salinidad para la estación 1 fue de 34.6 a 35.1 PSU, en la estación 2 entre 34.8 y 35.9 PSU y para la estación 3, entre 32.8 y 33.3 PSU. En las estaciones del emisor, el intervalo de salinidad fue más amplio, de 31.9 a 34.5 PSU.

## **Sigma-t**

La distribución de sigma-t respondió principalmente a la variación de la salinidad, más que a la temperatura (Fig. 39 C). Se tuvieron puntos de inestabilidad donde la mayor densidad se encontró en la superficie, como fueron las estaciones 3, A1, B2, D2, E1, E2 y F2. La mayor estratificación entre la superficie y el fondo se presentó en las estaciones A2, D1 y E1. El intervalo de densidad para la estación 1 fue de 20.9 a 21.5, en la estación 2 de 21.0 a 21.3, en la estación de marea roja, el intervalo fue de 19 a 19.8. Por último, las estaciones del emisor, de 19.3 a 21.0

## **Oxígeno disuelto**

EL oxígeno disuelto mostró pocas variaciones entre las estaciones 1 y 2 y las del emisor, estaciones en que las concentraciones tienden a valores bajos, menores a 4 ml/l, la estación 3 fue la que mostró valores altos en comparación con el resto de las estaciones (Fig. 39 D). Las menores concentraciones de oxígeno disuelto se observaron generalmente en el fondo, a excepción de las estaciones A1 y E1, estaciones que se encuentran rodeando el cerro del Crestón. Las mayores concentraciones se observaron en la superficie a excepción de las estaciones mencionadas. La distribución vertical mostró mayor estratificación en la estación 3 con un gradiente de 0.9 ml/l.

El intervalo de concentración del oxígeno disuelto fue de 3.3 a 3.6 ml/l para la estación 1, de 3.5 a 3.7 para la estación 2, para la estación de mareas rojas, la estación 3, el intervalo fue de 4.2 a 5.1 ml/l. En las estaciones del emisor, el intervalo fue de 3.2 a 4.1 ml/l.

## **Porcentaje de saturación**

El porcentaje de saturación mostró la misma distribución que la concentración del oxígeno, por lo cual no se muestra el gráfico pero el intervalo para esta variable en las estaciones es el siguiente: en la estación 1 el intervalo fue de 77 a 85%, en la 2 de 82 a 89%, en la estación 3 de 99 a 121% y en las estaciones del emisor, el intervalo fue de 76 a 94%.

## **Sólidos suspendidos totales**

Las concentraciones menores de sólidos suspendidos se observaron en media agua en las estaciones 1 y 2 y en el fondo en la estación 3 y D1. Los sólidos suspendidos mostraron tres

picos máximos principales (Fig. 39 E). El primero y segundo en la superficie, en la estación 3 de marea roja y en la estación D1, esta estación se encuentra frente a las instalaciones de la planta de tratamiento excepto estas dos estaciones, el resto de las estaciones mostraron concentraciones bajas en la superficie y altas en el fondo. El tercer pico máximo se observó en el fondo en la estación F2, alejada de la orilla por una distancia de 1 Km, frente al cerro de la Nevería (Fig. 2). La estratificación más importante fue en la estación D1, con una diferencia en la concentración de la superficie y el fondo de 44.3 mg/l, el resto, no mostró estratificación importante. El intervalo de los sólidos suspendidos totales para cada estación es el siguiente: para la estación 1, de 2 a 4.3 mg/l, la estación 2 de 1.9 a 5.4 mg/l, en la estación 3 de 5.8 a 10.6 mg/l, en las estaciones del emisor, el intervalo fue de 1.7 a 44.8 mg/l.

### III.2.3.2 NUTRIENTES

#### Amonio

Las menores concentraciones de amonio se observaron en la superficie y media agua en las estaciones 1, 2, 3 y A1 (Fig. 39 F). Las mayores concentraciones se observaron en el fondo en la mayoría de las estaciones, excepto en la estación 2 y la D1 donde la concentración máxima se encontró en la superficie. La estratificación vertical del amonio no fue muy importante, a excepción de la estación D1, donde la diferencia entre la concentración de la superficie y el fondo fue de 56.9  $\mu\text{M}$ . El intervalo de concentración de amonio para cada estación fue el siguiente: para la estación 1 de 0.75 a 7.5  $\mu\text{M}$ , en la estación 2 de 0.50 a 5.7  $\mu\text{M}$ , en la estación de marea roja, la estación 3 de 0.8 a 8.8  $\mu\text{M}$ . En las estaciones del emisor, el intervalo fue de 0.50 a 57.4  $\mu\text{M}$ .

#### Nitrato

La concentración del nitrato mostró gran variabilidad entre las estaciones (Fig. 39 G). Se observaron picos máximos en la superficie en las estaciones 3., D1, E1 y en el fondo en las estaciones A2 y F2. La estratificación fue más importante en la estación D1 con una diferencia entre la superficie y el fondo de 3.0  $\mu\text{M}$ . Los intervalos de concentración del nitrato fueron, para la estación 1 de 0.6 a 0.7  $\mu\text{M}$ , para la estación 2 de 0.30 a 0.50  $\mu\text{M}$ , en la estación 3 de 0.30 a 0.8  $\mu\text{M}$  y por último, para las estaciones del emisor de 0.3 a 3.8  $\mu\text{M}$ .

#### Nitrito

La mayoría de las estaciones mostraron valores bajos en las diferentes profundidades para esta especie del nitrógeno, incluyendo la estación 3 de marea roja, con valores de 0.05  $\mu\text{M}$  (Fig. 39 H). Se observaron solo cuatro concentraciones altas, el primer pico se presentó en la estación 2 en el fondo, el segundo en la superficie en la estación D1 y el tercero en el fondo en las estaciones F1 y F2, en estos puntos fue donde se observó estratificación. El límite superior para la concentración del nitrito en la estación 1 de 0.05  $\mu\text{M}$ , en la 2 fue de 0.16  $\mu\text{M}$ , en la estación 3 de 0.05  $\mu\text{M}$  y en las estaciones del emisor F1 de 0.10  $\mu\text{M}$  y por último, en la F2 de 0.20  $\mu\text{M}$ .

### **Nitrógeno inorgánico total**

El nitrógeno total mostró la misma distribución que el amonio, ya que fue la forma de nitrógeno inorgánico más abundante (Fig. 40 A). Las concentraciones mínimas se observaron en las estaciones A2, B1, B2, C1, F1 y F2. Las concentraciones máximas se observaron en las estaciones 1, 2, y 3, A1, D1, E1 y E2. La mayor estratificación se presentó en la estación D1 con una diferencia de 64  $\mu\text{M}$  entre la concentración de nitrógeno en la superficie y la del fondo. El intervalo de concentración del nitrógeno inorgánico total en la estación 1 fue de 1.5 a 8.2  $\mu\text{M}$ , en la estación 2 de 0.8 a 6.9  $\mu\text{M}$ , en la 3 de 1 a 9. En las estaciones del emisor, la concentración del nitrógeno fue de 0.85 a 61.3  $\mu\text{M}$ .

### **Silicato**

Las concentraciones del silicato, mostraron varios picos en la capa de superficie, los más importantes fueron dos máximos en la estación A1 y D1 y dos mínimos, en la estación 2 y en la F1, éste último en el fondo (Fig. 40 B). Éstas estaciones, fueron puntos donde se mostró la mayor estratificación con diferencias de 5.4 a 9.0  $\mu\text{M}$  entre la superficie y el fondo. El intervalo de concentración del silicato en la estación 1 fue de 8.73 a 12.75  $\mu\text{M}$ , en la estación 2 de 3.41 a 8.83  $\mu\text{M}$ , en la estación de mareas rojas 8.43 a 11.84  $\mu\text{M}$ . En las estaciones de los emisores, el intervalo fue de 0.50 a 20.20  $\mu\text{M}$ .

### **Fosfato**

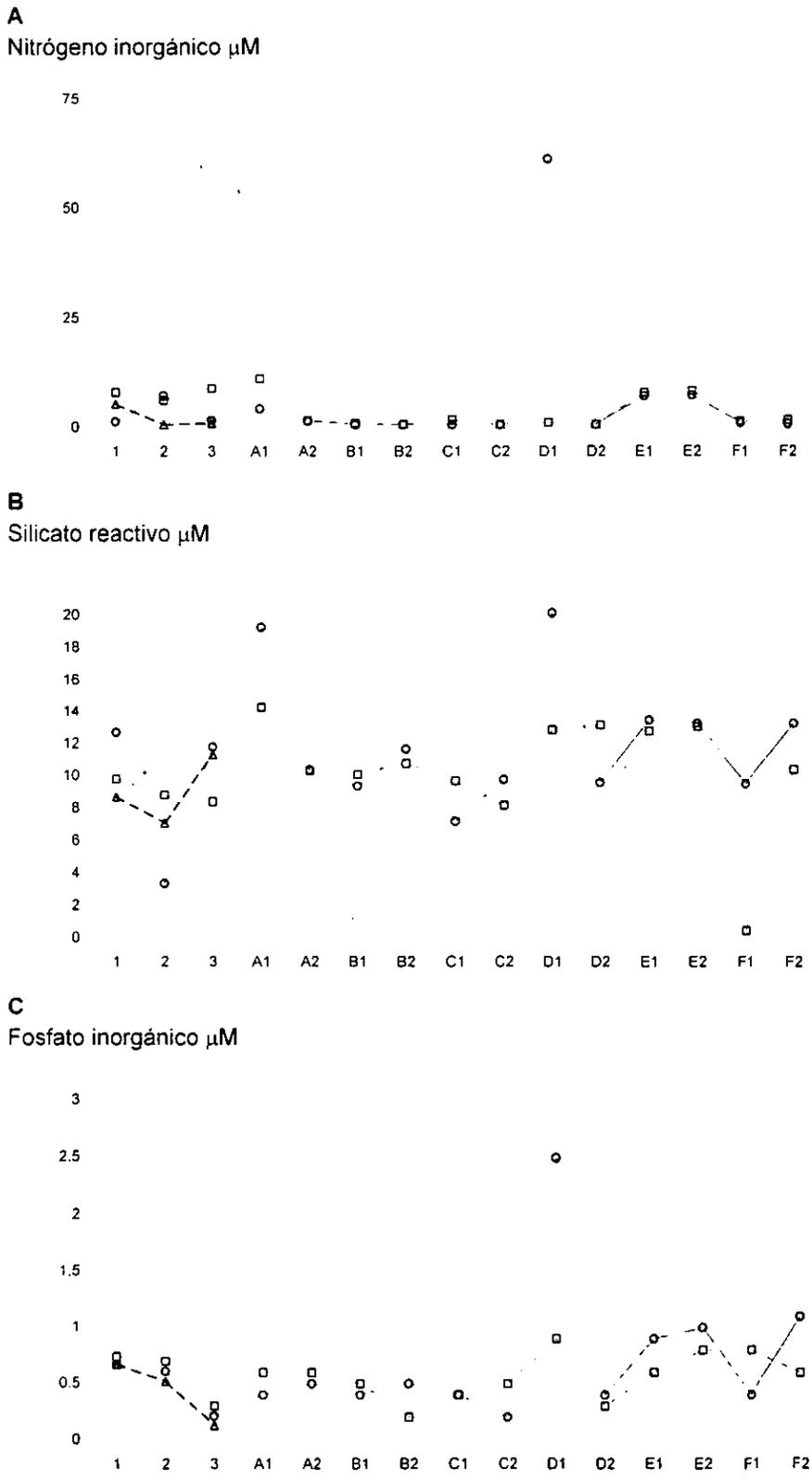
Las concentraciones de fósforo inorgánico mostraron variaciones importantes en algunas estaciones (Fig. 40 C). Las concentraciones mínimas se observaron en las estaciones 3, B2, C2, D2 y F1, y las mayores en el resto, el pico más importante fue el de la estación del emisor D1, estación ubicada frente a la planta de tratamiento de aguas negras, fue también donde se observó la máxima estratificación, con una diferencia de 1.6  $\mu\text{M}$  entre la superficie y el fondo. El intervalo de la concentración de fosfatos para la estación 1 fue de 0.67 a 0.74  $\mu\text{M}$ , en la estación 2 de 0.52 a 0.70  $\mu\text{M}$ , en la estación 3 de marea roja, de 0.13 a 0.30  $\mu\text{M}$ . En el emisor, el intervalo de concentración del fosfato en las estaciones fue de 0.2 a 2.2  $\mu\text{M}$ .

### **Proporciones de nutrientes**

Con respecto a la proporción N:P (Redfield 16:1), tuvieron menores variaciones que las expuestas con la proporción Si: N. Los valores mínimos de N:P se observaron en las estaciones 1 y 2, A2, B1, B2, C1, C2, D1, D2, F1, y F2. Se observaron varios picos máximos, uno en el fondo, en la estación 3 de mareas rojas, en la A1 y E1; otro, en la superficie, en la estación D1. Los rasgos de estratificación más marcados correspondieron a las estaciones 3, A1 y D1. El intervalo de la proporción N:P para las estaciones 1 fue de 2.26:1 a 11.08:1, en la estación 2 de 1.63:1 a 12.29:1, en la estación 3 el intervalo fue de 9:1 a 30.47:1. En las estaciones del emisor, de 0.95:1 a 24.52:1.

Como resultado del análisis de la proporción Si:P, se observaron mayores variaciones de esta proporción que las anteriores entre las estaciones y sus profundidades, las menores proporciones se observaron en la superficie en la estación 2, D1, y F1, las mayores en la estación 3 de mareas rojas tanto en media agua como en la superficie, en la superficie en las estaciones

Figura 40 Variaciones espaciales de nitrógeno inorgánico total (A), silicato reactivo (B) y fosfato (C) en las estaciones 1, 2, 3, A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1, D2, E1, E2, F1 y F2 a 0.5 (\_\_\_O\_\_\_), 5 (\_\_\_Δ\_\_\_) y 10 (---□---) m de profundidad. Mareas rojas de agosto de 1996.



A1 y C2, en el fondo en las estaciones B2 y D2, el resto, se encontraron cercanas a 16:1 (proporción de Redfield 16:1). Los intervalos de la proporción Si:P en la estación 1 fue de 13:1 a 19:1, en la estación 2 de 5.59:1 a 13.69:1, en la estación 3 de 28 a 1 a 87:1 y por último, en las estaciones del emisor de 0.63:1 a 54:1.

Las proporciones de nutrientes para esta fecha mostraron gran variabilidad, en la proporción Si:N, los valores más cercanas a la proporción de Redfield, 1:1, se observaron en la superficie y el fondo, en las estaciones 2, E1 y E2. En la superficie, en la estación D1 y en el fondo, en las estaciones 1 y 3, A1, y F1. Las proporciones más altas se presentaron en las estaciones del emisor, alejadas de la orilla como la B2 y F2 en la superficie y en la estación D2 en el fondo. Se observó estratificación en todas las estaciones, excepto en las estaciones E1 y E2. El intervalo de la proporción Si: N en la estación 1 fue de 1.19:1 a 8.39:1, en la estación 2 de 0.45:1 a 8.37:1, en la estación 3 de 0.92:1 a 9.65:1, en las estaciones del emisor, las proporciones fueron de 0.31:1 a 15.53:1.

### III.2.3.3 FITOPLANCTON

#### Fitoplancton total

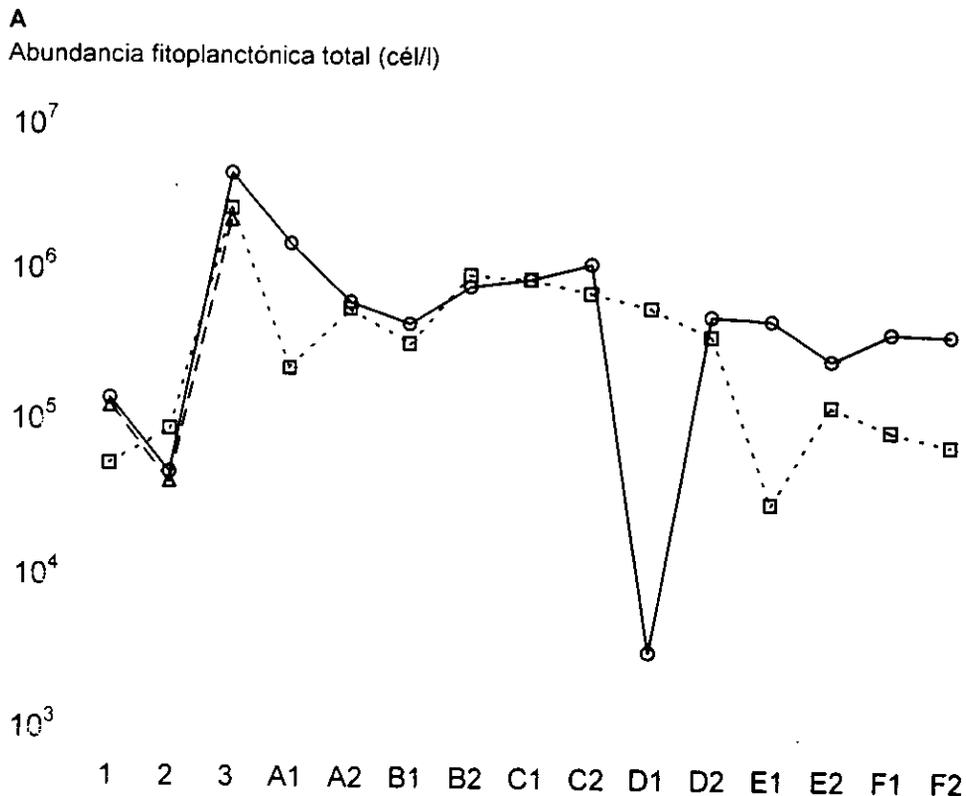
Las menores densidades se presentaron en la estación 2 en media agua y la superficie, en la estación D1 en la superficie y en la estación E1 en el fondo (Fig. 41 A). Las mayores densidades se observaron en la estación de mareas rojas en las tres profundidades y en la estación A1. El intervalo de densidad fitoplanctónica de la estación 1 fue de  $5.63 \times 10^4$  a  $1.47 \times 10^5$  cél/l, el de la estación 2 de  $4.37$  a  $9.43 \times 10^4$  cél/l. El intervalo de la estación 3 de marea roja fue de  $2.1$  a  $4.2 \times 10^6$  cél/l y en las estaciones del emisor de  $3.6 \times 10^3$  a  $1.49 \times 10^6$  cél/l.

#### Abundancia relativa general por grupo

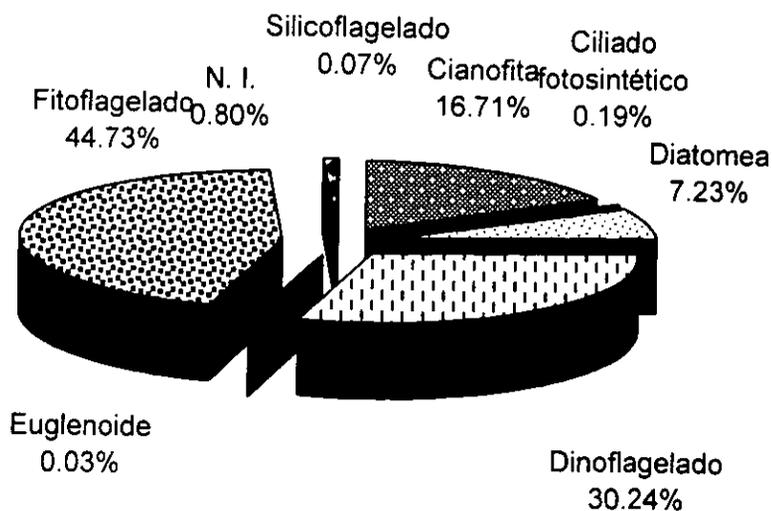
Los grupos representados en esta marea roja (Fig. 41 B), en las diferentes estaciones fueron los siguientes:

El grupo de los fitoflagelados n. i. representó el 44.73%, dinoflagelados el 30.24%, cianofitas 16.71%, diatomeas el 7.23%, las células no identificadas el 0.8% ciliado fotosintético *Mesodinium rubrum* el 0.19%, silicoflagelados el 0.07% y por último los euglenoides el 0.03%. La composición del fitoplancton en esta marea roja, fue muy diferente a las mareas rojas analizadas anteriormente y a la composición de las estaciones 1 y 2 en el ciclo, las diferencias más notable son la reducción del porcentaje de diatomeas y el aumento en los grupos de fitoflagelados n. i., dinoflagelados, cianofitas.

Figura 41 Variación espacial de la abundancia fitoplanctónica total (A) y de la abundancia relativa general por grupo (B) en las estaciones 1, 2, 3 y las estaciones del emisor, A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1, D2, E1, E2, F1 y F2. Mareas rojas de agosto de 1996.



**B**  
Abundancia relativa general por grupo fitoplanctónico en las estaciones 1, 2 y 3 y las estaciones del emisor en las mareas rojas de agosto de 1996.



## **Composición y abundancia de las comunidades fitoplanctónicas por grupos taxonómicos**

### **Grupos principales:**

#### **Fitoflagelados**

Este grupo, fue el más importante en cuanto a abundancia relativa total y sus variaciones con respecto a las estaciones y profundidades (Fig. 42 A). Las menores densidades se observaron generalmente en el fondo, sobre todo en las estaciones E1 y F2. Las mayores densidades se observaron en la superficie, a excepción de la estación D1 donde este grupo estuvo ausente. El intervalo de densidad para la estación 1 fue de  $8.4 \times 10^3$  a  $1.7 \times 10^4$  cél/l, para la estación 2 de  $2.8 \times 10^3$  a  $1.1 \times 10^4$  cél/l, para la estación de mareas rojas se tuvo un intervalo de  $6.4 \times 10^5$  a  $1.8 \times 10^6$  cél/l. En las estaciones del emisor, el límite superior del intervalo de densidad para este grupo fue de  $9.8 \times 10^6$  cél/l.

#### **Dinoflagelados**

Los dinoflagelados se encontraron en todas las estaciones en densidades con tendencia a valores altos (Fig. 42 B). Las menores densidades se observaron en la estación 1 en el fondo y en la estación D1 en la superficie, el resto se observó más frecuentemente en el fondo. Las mayores densidades se observaron en la estación 3 en la superficie, capa de agua donde se observaron los mayores valores. El intervalo de densidad de los dinoflagelados fue en la estación 1 de  $5.0 \times 10^2$  a  $4.2 \times 10^4$  cél/l, en la estación 2 de  $1.4$  a  $1.8 \times 10^4$  cél/l, en la estación de marea roja de  $1.5$  a  $2.4 \times 10^5$  cél/l y para las estaciones del emisor de  $1.0 \times 10^3$  a  $1.9 \times 10^5$  cél/l.

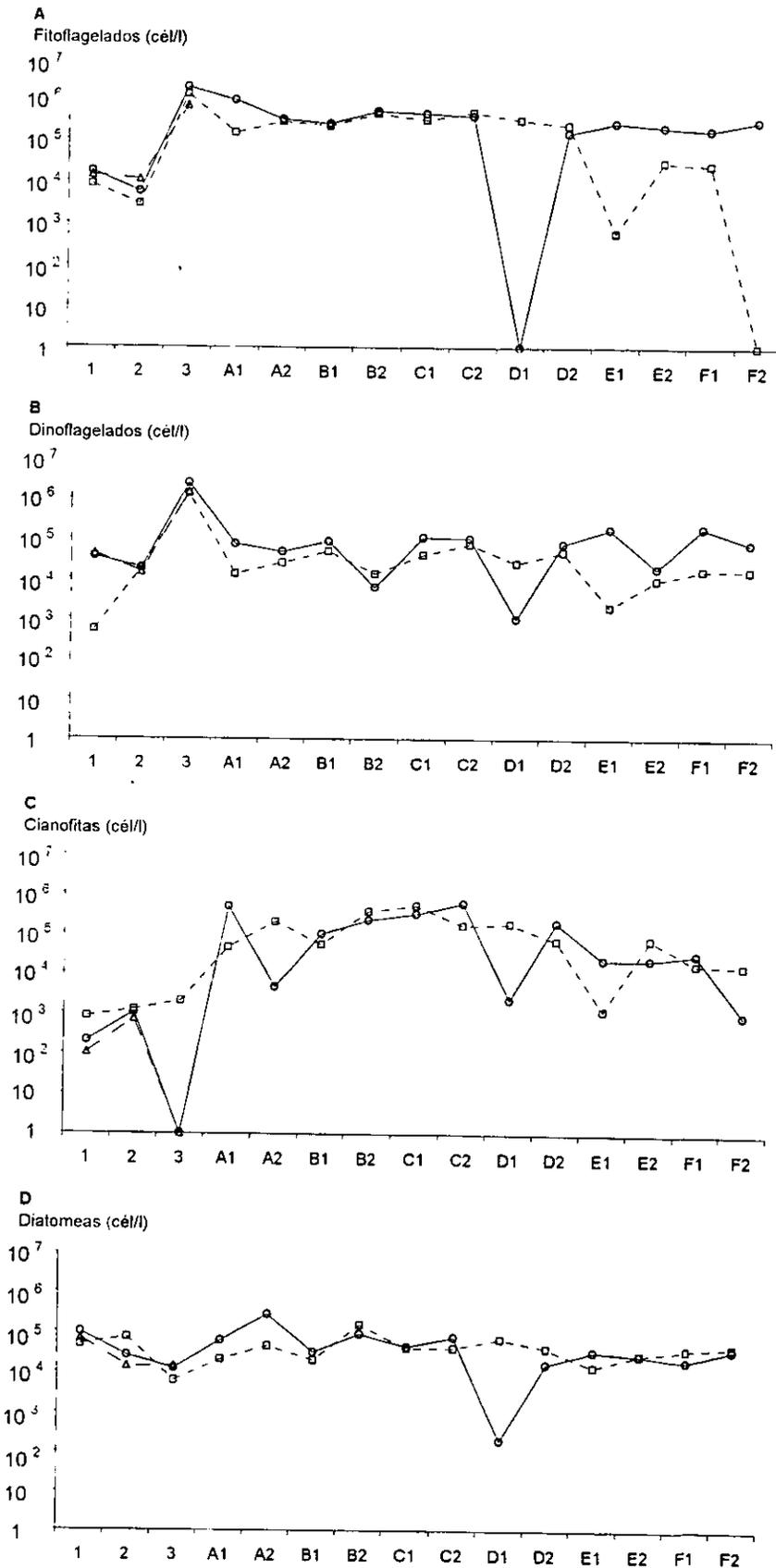
#### **Cianofitas**

Las menores densidades de este grupo se presentaron en la superficie en la estación 3 de marea roja donde se encontraron ausentes, en la A2, D1 y F2 en la superficie y en el fondo en la estación E1. Las mayores densidades se observaron en las estaciones del emisor, principalmente en la estación A1 (Fig. 42 C). Las densidades observadas muestran tendencia a valores altos. El intervalo de densidad en la estación 1 fue de  $1$  a  $8 \times 10^2$  cél/l, en la estación 2 de  $7 \times 10^2$  a  $1 \times 10^3$  cél/l. En la estación 3 el límite superior fue de  $2 \times 10^3$  cél/l. En las estaciones del emisor el límite superior del intervalo fue de  $5.8 \times 10^5$  cél/l.

#### **Diatomeas**

La densidad de las diatomeas no mostró cambios importantes, y mostró tendencia a valores del orden entre  $10^4$  y  $10^5$  cél/l, a excepción de la densidad en la estación D1, estación donde se encontró la mínima densidad en la superficie (Fig. 42 D). La mayor densidad de diatomeas se presentó en la estación A2, del emisor. La única estratificación relevante fue en la estación D1 con una diferencia de  $6.6 \times 10^4$  cél/l. El intervalo para las estaciones 1, 2, 3 y de las estaciones del emisor fue de  $2 \times 10^2$  a  $2.7 \times 10^5$  cél/l.

Figura 42 Variación estacional de la abundancia de los grupos principales: fitoflagelados (A), dinoflagelados (B), cianofitas (C) y diatomeas (D), en las estaciones 1, 2, 3 y las estaciones del emisor a 0.5 (○), 5 (△) y 10 (□) m de profundidad. Mareas rojas de agosto de 1996.



## Grupos secundarios

### Ciliado fotosintético *Mesodinium rubrum*

Este grupo se encontró muy reducido y mostró gran variación en las estaciones y sus profundidades (Fig. 43 B). Las menores densidades se observaron en la superficie y las mayores en el fondo en la mayoría de las estaciones, estuvieron ausentes en las estaciones 2 y 3. Las estaciones donde se observó la mayor estratificación fueron la estación 1, D1, E2 F1 y F2. El límite superior para la estación 1 fue de  $8.4 \times 10^3$  cél/l, no se encontró *M. rubrum* en las estaciones 2 y 3 y para las estaciones del emisor fue de  $7.4 \times 10^3$  cél/l.

### Silicoflagelados

Las menores densidades de los silicoflagelados se mostraron en las estaciones 3, B1 y C1 (Fig. 43 C). Las mayores se presentaron en la superficie en las estaciones A1, C2, E1 y F1 y en el fondo en las estaciones A2, B2, D1, E2 y F2. La densidad en este período de marea roja, mostró tendencia a valores bajos, menores a  $8.4 \times 10^3$  cél/l.

### Euglenoides

El grupo de los euglenoides solo estuvo presente en la estación 1 en la superficie y media agua, en la estación 2, en la capa de media agua (Fig. 43 D). También se observó en las estaciones del emisor, en la D2 en el fondo y en la E1 en la superficie. El límite superior del intervalo para estas estaciones fue de  $8.4 \times 10^3$  cél/l.

### Riqueza

El menor número de especies se presentó en la estación 3 y en el D1 y el mayor en las estaciones 1, 2 y D2 (Fig. 44 A). El número de especies mostró poca variación en las estaciones del emisor, excepto en la estación D1, D2, donde se observaron las densidades mínimas y máximas del mismo y fueron las estaciones donde se mostró estratificación. El intervalo del número de especies para la estación 1 fue de 29 a 61 especies, en la estación 2 de 36 a 46 especies, en la estación 3, de 6 a 10 especies, en las estaciones del emisor, el intervalo fue de 7 a 60 especies.

### Diversidad

Los menores valores de la diversidad, obtenidos con la aplicación del índice de Shannon-Weiner, se presentaron en la estación 3 de marea roja, los mayores en las estaciones 1 en media agua y 2 en el fondo, así como en el emisor, en la estación D2 en la superficie y F1 y F2 en el fondo (Fig. 44 B).

El intervalo del índice de diversidad en la estación 1 fue de 3.4 a 4.4, en la estación 2 de 3.3 a 4.3, en la estación 3 de 0.9 a 1.06. En las estaciones del emisor, el intervalo del índice de diversidad fue de 1.8 a 3.9

Figura 43 Variación espacial de los grupos secundarios: no identificados (A), ciliado fotosintético (B), silicoflagelados (C) y euglenoides (D) en las estaciones 1, 2, 3 y las estaciones del emisor a 0.5 (O), 5 (Δ) y 10 (---) m de prof. Marea roja de agosto de 1996

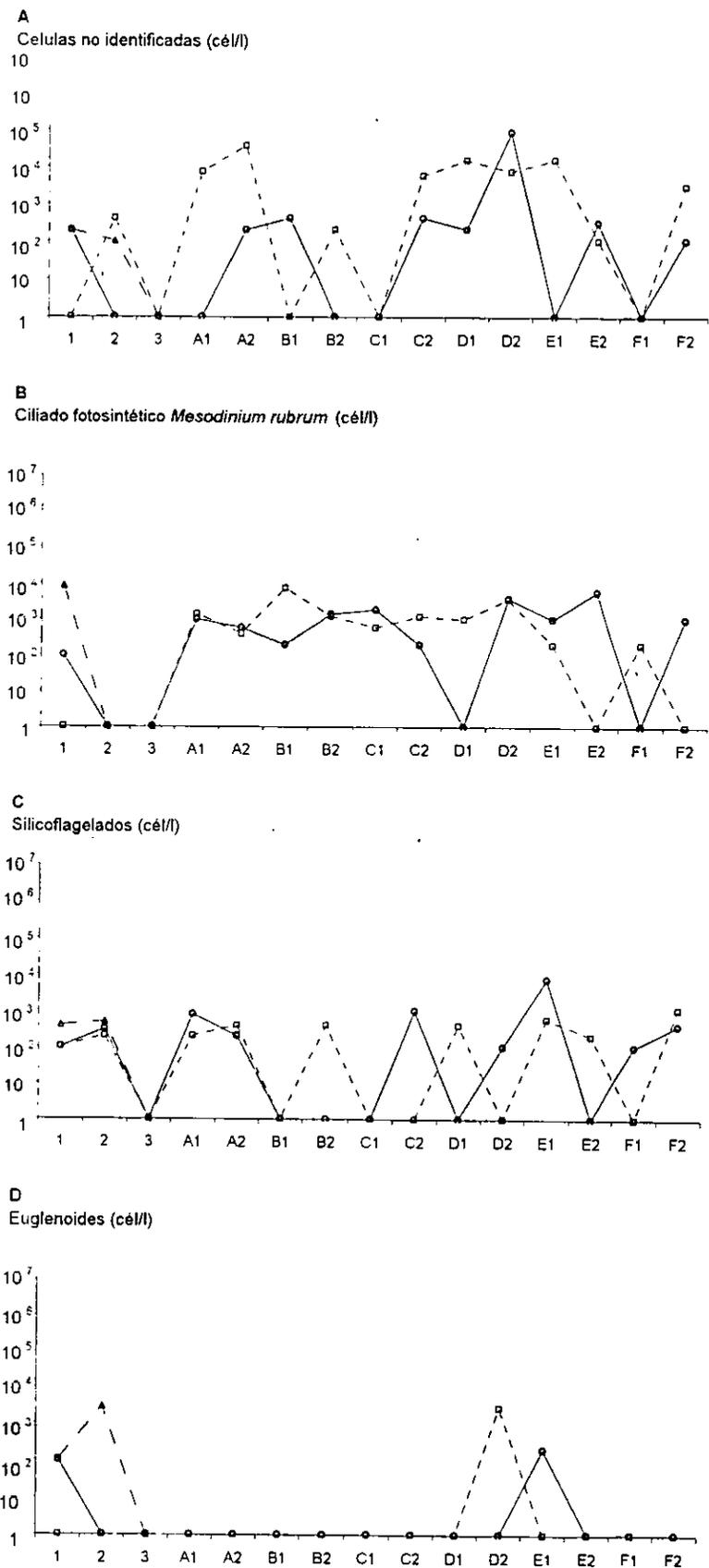
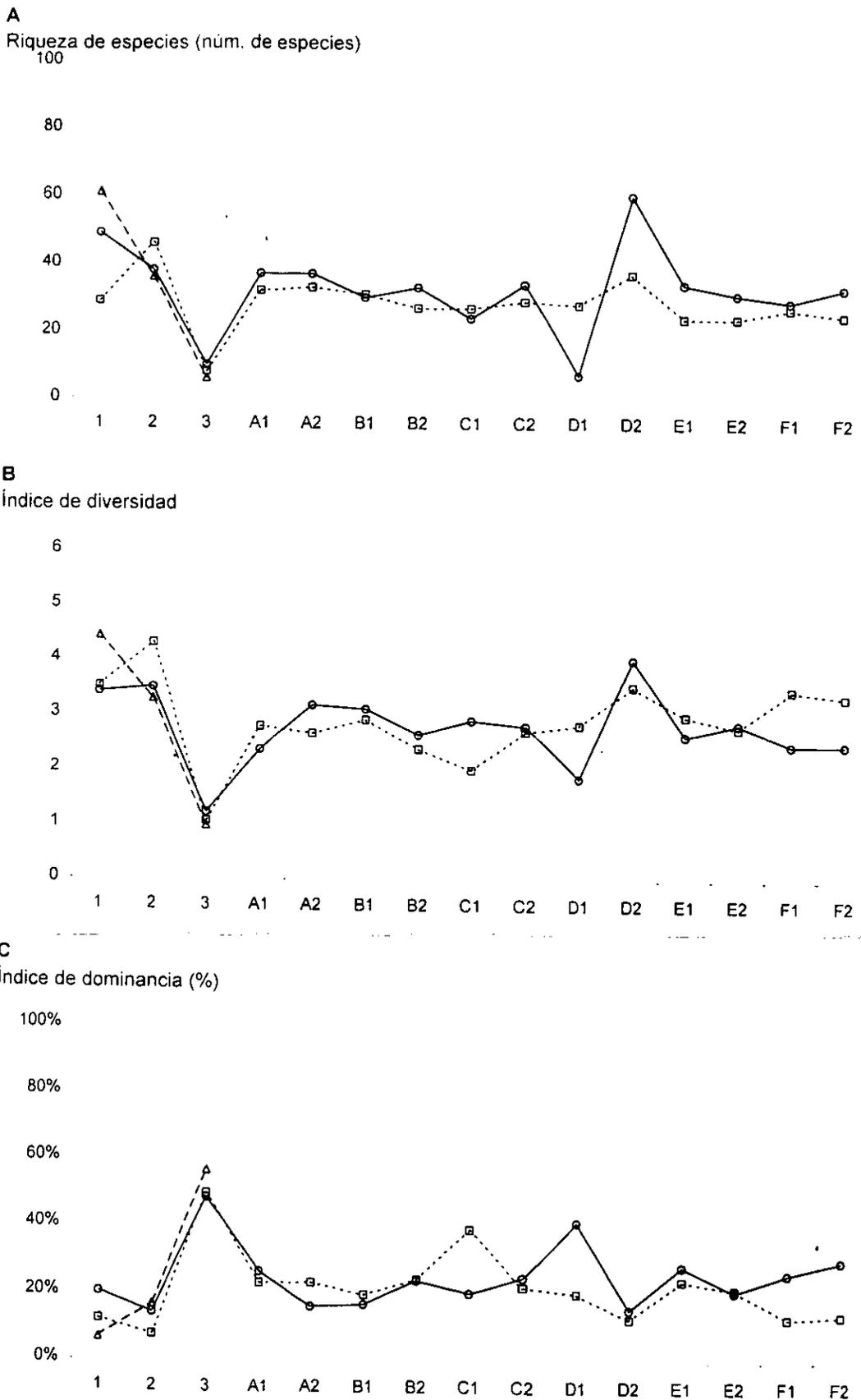


Figura 44. Variación espacial de la riqueza (A), índice de diversidad de Shannon-Weiner (B) e índice de dominancia (C) en las estaciones 1, 2, 3 y las estaciones del emisor en el verano. Mareas rojas de agosto de 1996



## **Dominancia**

La dominancia tuvo tendencia a valores bajos, los mínimos se encontraron en todas las estaciones excepto en la estación 3 (Fig. 44 C) Los mayores porcentajes de dominancia se encontraron en la estación 3 en media agua, en la C1 en el fondo y en la superficie en las estaciones D1 y F2.

El intervalo del índice de dominancia para la estación 1 fue del 7 al 20%, en la estación 2 del 8 al 17%, en la estación 3 de marea roja, del 48 al 56% y en las estaciones del emisor del 13 al 41%.

## **Composición de las comunidades fitoplanctónicas por especie**

Las especies se clasificaron de acuerdo a la frecuencia con la que se presentaron en las diferentes estaciones, las especies que aparecieron en todas las estaciones fueron consideradas como especies permanentes y se enlistan en la tabla 35, las que ocurrieron en más del 20% de las estaciones, fueron consideradas especies frecuentes y se expusieron en la tabla 36 y las que se presentaron en menos del 20% de las estaciones fueron consideradas como raras, se presentaron en la tabla 37 para este período de mareas rojas de agosto de 1996.

## **Comparación de estaciones en función de la presencia de especies**

En la figura 45 A se muestra el dendograma de similitud en función de la presencia de especies entre las estaciones en esta marea roja, se observaron similitudes mayores entre las estaciones del emisor con porcentajes entre 71 y 86%, se formaron agrupaciones con las estaciones B2S, C1S, C2S y C2F E2F y D2F, otro grupo, relacionado con este, las estaciones A1F, A2F, C1F, B1F y B2F, otro grupo, similar al primero, el F2S, A1S, D1F y E2S, un pequeño grupo B1S y A2S, le siguió un grupo con similitud variable, con las estaciones F1F, F2F, E1S, E1F, F1S, D1S, La estación con menos parecido a éstas, fue la D2S, con el 71.7% de similitud, relacionada a las estaciones 1 y 2. Por último, la estación con menos similitud al resto, lógicamente la estación 3 de marea roja con el 61% de similitud.

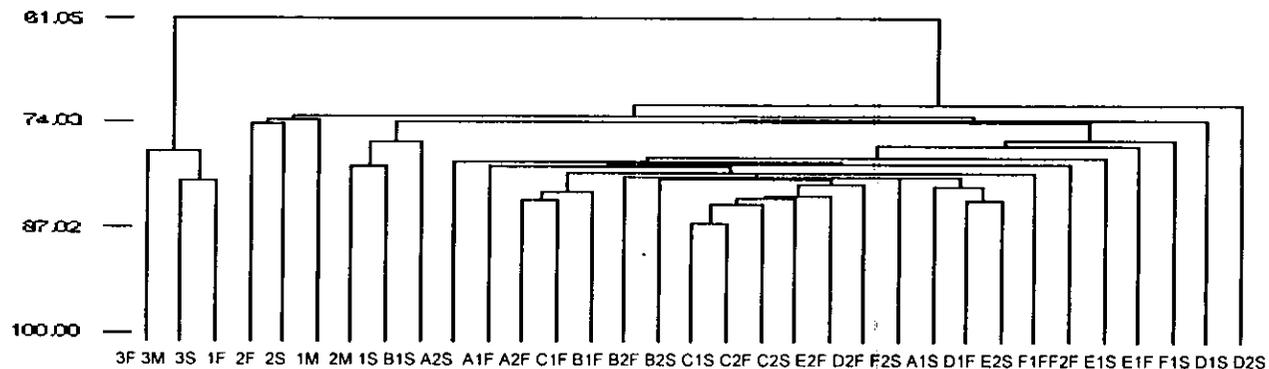
## **Comparación de estaciones en función a la abundancia de especies**

En la figura 45 B se muestra la alta similitud en función de la abundancia de las especies entre las estaciones del emisor la cual también fue muy variable y comprendió del 95 al 99% excepto las estaciones F2F con el 71%, E1F con el 63% y D1S con la menor en esta fecha de 57%. La estación 3, con porcentajes cercanos al 92%, resultó similar a la estación 2S, las estaciones 1 y 2 en su capa del fondo, fueron similares entre sí y se relacionaron con el grupo de estaciones del emisor y con la estación 1M, 1S y 2M con el 80% de similitud.

Figura 45 Dendograma de similitud entre las estaciones en función de la presencia (A) y de la abundancia (B) encontradas a 0.5 (S), 5 (M) y 10 (F) m de profundidad. Mareas rojas de agosto de 1996.

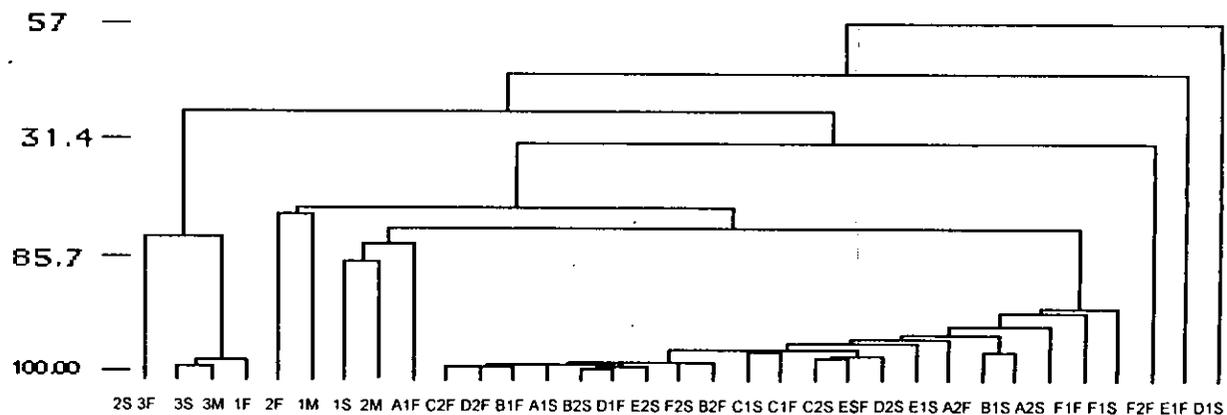
A

En función de la presencia  
% de similitud



B

En función de la abundancia  
% de similitud



## Asociación de especies

El análisis de asociación de especies se realizó con las especies dominantes, según Picard (1965) las cuales se muestran en la tabla 38. Se exponen solo los coeficientes de asociación y los valores chi-cuadrados para las asociaciones significativa al 95% (Tabla 39).

Se observaron numerosas asociaciones por lo cual solo se mencionan las asociaciones con coeficientes mayores al 50%.

*Hemiaulus hauckii* se asoció a *Chroococcus* sp.

*Gyrodinium* sp. se asoció *Chroococcus* sp. y a *Hemiaulus hauckii*

*Protoperdinium* se asoció a *Hemiaulus hauckii* y a *Gymnodinium* sp.

*Scripsiella trochoidea* se asoció negativamente a *Protoperdinium* sp.

*Pyramimonas* sp. se asoció negativamente a *Gymnodinium* sp. y a *Protoperdinium* sp.; positivamente a *Scripsiella trochoidea*.

## Relaciones fitoplancton-hidrología

Se buscaron las relaciones entre la abundancia de las especies dominantes (Tabla 38) y algunas variables hidrológicas y nutrientes, mediante el análisis de componentes principales, considerando tres factores, el primero explicó el 23%, el segundo el 20% y el tercero el 12% de la varianza total (Tabla 40).

En el factor 1 se asociaron positivamente la temperatura, el oxígeno disuelto y el porcentaje de saturación con la abundancia de *Scripsiella trochoidea* y *Pyramimonas* sp.

En el factor 2 se asociaron negativamente nitrógeno inorgánico total, lasalinidad, fosfato y los sólidos suspendidos totales con el aumento de la abundancia de la mayoría de las especies dominantes como fitoflagelados n. i., *Chroococcus* sp., *Gymnodinium* sp., *Gyrodinium* sp., *Amphidinium* sp.

En el factor 3 se asociaron positivamente la salinidad y sigma-t, negativamente los sólidos suspendidos totales, silicato, nitrógeno inorgánico total y fosfato con el aumento en la densidad de *Protoperdinium* sp. y por último *Chroococcus* spp., con baja correlación.

La figura 46 A muestra un grupo de especies asociadas en el factor 1 junto con la temperatura, oxígeno disuelto y porcentaje de saturación. Otro grupo formado por especies cuya abundancia se relacionó en el factor 2 y por último, las variables asociadas en el factor 3.

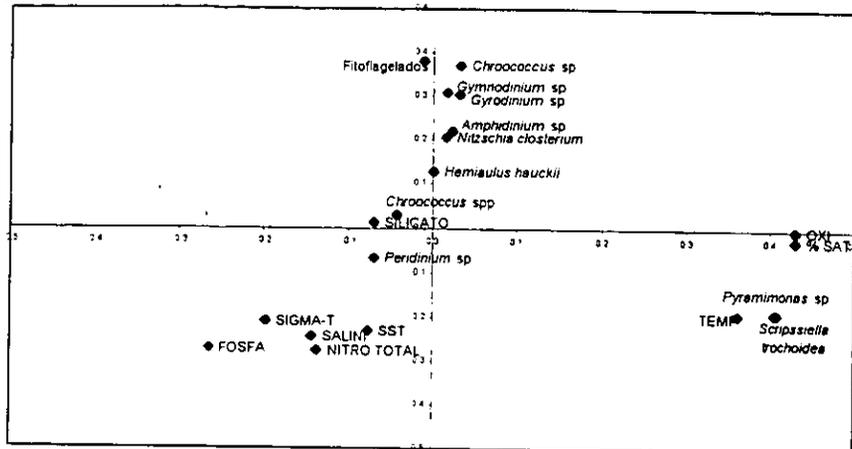
En la figura 46 B se observaron cuatro grupos, uno formado por especies y variables asociadas en el factor 2, otro formado por variables relacionadas positivamente y otro negativamente en el factor 3, conteniendo a *Protoperdinium* sp., especie explicada también con este factor. El grupo al centro, especies explicadas con el factor 2, con alta correlación, relativamente.

La figura 46 C muestra varios grupos, uno de variables abióticas y otro de especies relacionadas en el factor 1, otro con las especies explicadas con el factor 2, y por último, uno agrupando las variables relacionadas positiva y otro negativamente en el factor 3.

Figura 46 Coeficientes de correlación del análisis de componentes principales (ACP), factor 1 vs. 2 (A), factor 1 vs. 3 (B) y factor 2 vs. 3 (C) para las especies dominantes en las estaciones 1, 2, 3 y las estaciones del emisor. Periodo de mareas rojas de agosto de 1996.

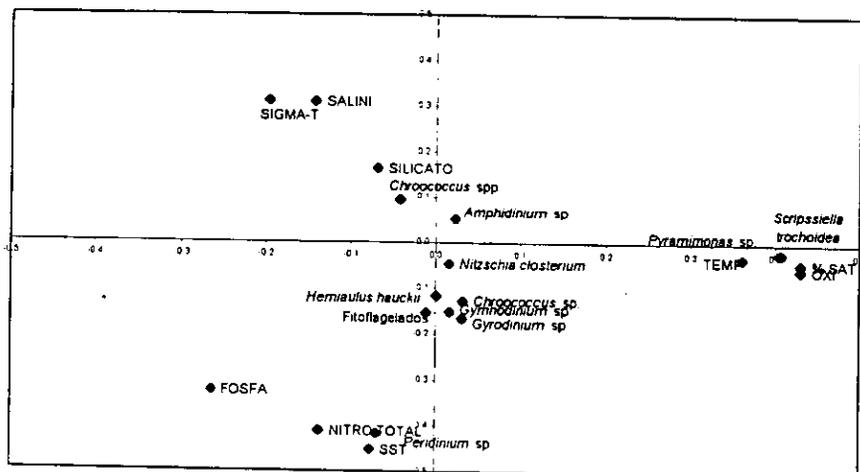
A

Factor 1 vs factor 2



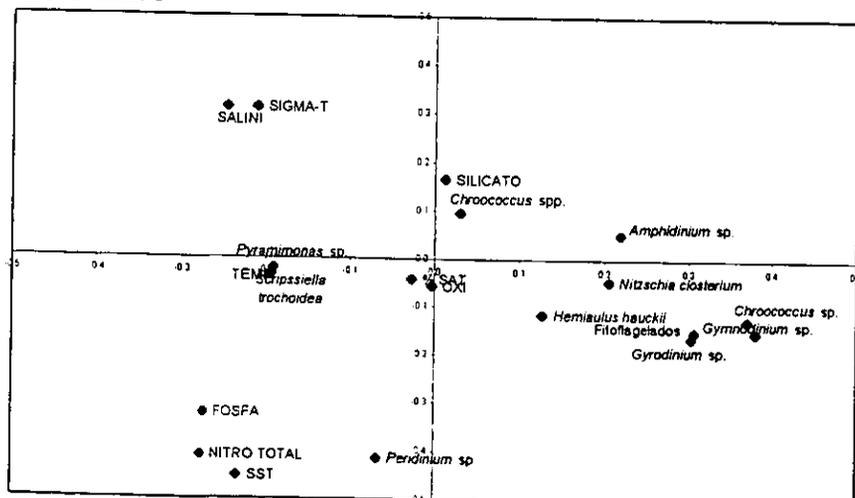
B

Factor 1 vs. factor 3



C

Factor 2 vs. factor 3



## Especies dominantes

Las cinco especies de mayor abundancia relativa en la columna de agua para cada estación fueron las siguientes:

En la estación 1, la diatomea *Skeletonema costatum* con el 27% de abundancia relativa, con el 14% *Protoperdinium* sp, el grupo de fitoflagelados n. i. con el 12% y con menos del 10% estuvo presente *Nitzschia* sp. y *Pseudo-nitzschia* sp..

En la estación 2 las especies dominantes fueron *Thalassionema nitzschioides* con el 14%, fitoflagelados n. i. con el 11% y con menos del 10% se encontró *Skeletonema costatum*, *Scrippsiella trochoidea* y *Protoperdinium* sp.

En la estación de marea roja, la estación 3, la especie dominante fue el dinoflagelado *Scrippsiella trochoidea* con el 58% y el fitoflagelado *Pyramimonas* con el 40%, con menos del 1%, se encontró *Prorocentrum triestinum*, *Prorocentrum dentatum* y el fitoflagelado *Hillea* sp.

En la estación A1, la especie dominante fue el grupo de fitoflagelados n. i. con el 59%, la cianofita *Chroococcus* sp. con el 30% y con menos del 2% estuvo presente *Gyrodinium* sp. *Gymnodinium* sp. y *Navicula* sp.

En la estación A2, la especie dominante fue el grupo de los fitoflagelados n. i. con el 48%, *Chroococcus* con el 16%, *Hemiaulus hauckii* con el 13%, *Cyclotella* sp. con el 7%.

En la estación B1 dominó con el 57% el grupo de los fitoflagelados n. i., con el 11% *Chroococcus* sp., y con menos del 7% *Chroococcus* sp., *Amphidinium* sp. y *Gymnodinium* sp.

En la estación B2 dominó el grupo de fitoflagelados n. i. con el 51%, *Chroococcus* sp. con el 34%, estuvo presente *Nitzschia closterium* con el 8% y con menos del 2% *Nitzschia* spp. y *Hemiaulus* sp.

En la estación C1 la especie dominante fue *Chroococcus* sp. con el 47%, el grupo de fitoflagelados n. i. con el 35%, con menos del 5% estuvo presente *Phaeocystis* sp, *Gymnodinium* sp. y *Amphidinium* sp.

En la estación C2 las especies que dominaron fueron el grupo de fitoflagelados n. i. con el 44% y *Chroococcus* sp. con el 34%, se encontró presente con menos del 6% la cianofita *Anabaena* sp., *Gyrodinium* y *Gymnodinium* sp.

En la estación D1, la especie dominante fue el fitoflagelado n. i. con el 51%, *Chroococcus* sp. con el 30%, con menos del 6% se presentó *Nitzschia* sp., células no identificadas y *Thalassiosira* sp.

En la estación D2, las especies dominantes fueron el grupo de fitoflagelados n. i. con el 40% y *Chroococcus* sp. con el 28%, con menos del 10% estuvieron presentes células no identificadas, *Amphidinium* sp. y *Hemiaulus hauckii*.

En la estación E1 la especie dominante fue el grupo de los fitoflagelados n. i. con el 48%, *Protoperdinium* con el 18% y con menos del 9% estuvieron presentes *Protoperdinium bipes*, *Protoperdinium* sp. y *Chroococcus* sp.

En la estación E2 la especie dominante fue el grupo de fitoflagelados n. i. con el 56% y con el 21% *Chroococcus* sp. y con menos de 4% se presentaron *Nitzschia* sp., *Thalassionema nitzschioides* y la cianofita *Anabaena* sp.

En la estación F1 las especies dominantes fueron el grupo de fitoflagelados n. i. con el 58%, *Prorocentrum* sp. y *Protoperdinium* sp. Con menos del 10% estuvieron presentes la cianofita *Chroococcus* sp. y el dinoflagelados desnudo *Amphidinium* sp.

En la estación F2, la especie dominante fue nuevamente el grupo de fitoflagelados n. i. con el 59%, con menos del 8% se presentó *Prorocentrum triestinum*, *Gymnodinium* sp., *Cyclotella* sp. y *Nitzschia* spp.

### **Análisis de la dirección, velocidad y duración del viento dominante diario, previo a eventos de mareas rojas en el período de mareas rojas de agosto de 1996.**

Mediante el análisis del viento dominante diario en este periodo, el cual comprendió el mes de agosto de 1996, se realizaron las siguientes observaciones.

La dirección del viento dominante fue muy variable, las direcciones más frecuentes fueron W, ESE, N, S, SSE. Las fechas con dirección del viento dominante más constante fue del 5 al 9 de agosto con dirección W y velocidad estuvo entre 4 y 7 nudos.

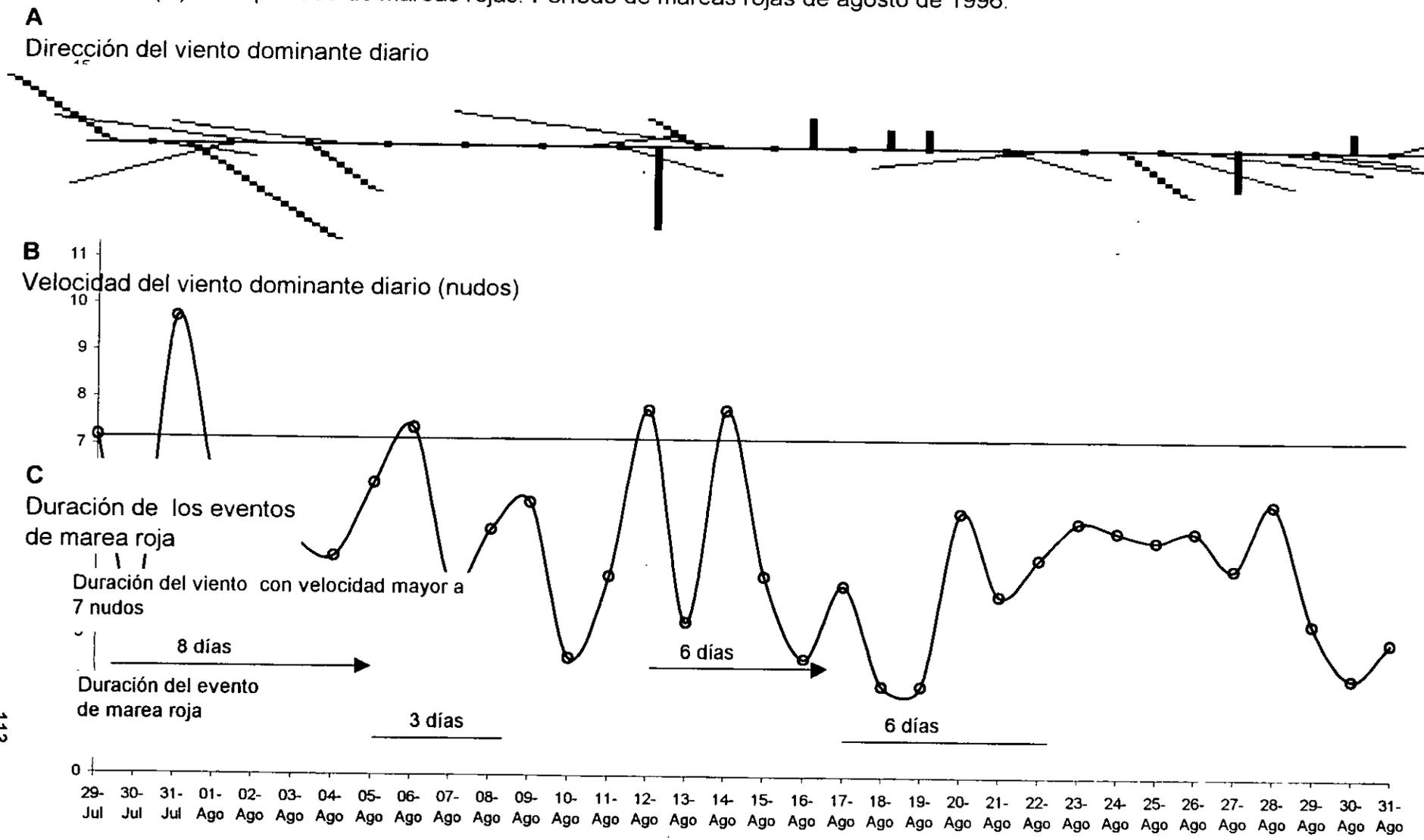
Los vientos con velocidad mayor a 7 nudos se presentaron el 29 de julio con dirección NNW, el 31 de julio con dirección SSE, el 12 de agosto con dirección S y el 14 de agosto con la dirección WNW (Fig. 47).

El primer evento de marea roja se presentó del 5 de agosto (Tabla 22), Los vientos dominantes soplaron del NNW y SSE con velocidad mayor a 7 nudos, 8 y 5 días antes de este evento de marea roja, la duración del evento fue de 3 días.

El segundo evento de marea roja ocurrió el día 17 de agosto, los vientos con velocidad mayor a 7 nudos, al menos durante un día soplaron del S seis días antes y del WNW cuatro días antes de hacerse visibles las manchas, la duración del evento de marea roja fue de 6 días (Tabla 22). Las especies dominantes de esta marea roja fueron el dinoflagelado *Scrippsiella trochoidea* y el fitoflagelado *Pyramimonas* sp.

En este año se presentaron mareas rojas en septiembre y en diciembre, las cuales ya no fueron comprendidas en el período de estudio del presente trabajo y se señalan en las tablas 22, 23 y 24.

Figura 47 Variación de la dirección (A), velocidad (B) del viento dominante diario y duración de los eventos de marea roja (C) en el período de mareas rojas. Período de mareas rojas de agosto de 1996.



### **III.3 SONDEO DEL EMISOR**

Los resultados de este sondeo comprendieron los datos obtenidos de las muestras colectadas el día 11 de marzo de 1996, correspondientes al sondeo en época de invierno y al 16 de agosto que correspondió al sondeo en época de verano, en las diferentes estaciones circundantes a la planta de tratamiento de aguas negras, en la superficie y hasta cerca de 10 m de profundidad (Fig. 2). La profundidad, en las estaciones alejadas de la orilla por una distancia de 1 km, llegó a ser hasta de 35 m.

#### **III.3.1 SONDEO DEL EMISOR EN INVIERNO**

Comprende los datos obtenidos de las estaciones del sondeo del emisor el 11 de marzo de 1996 (Tabla 41).

##### **III.3.1.1 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS**

###### **Temperatura**

La temperatura mostró pocas variaciones en las estaciones de este sondeo, las menores temperaturas se presentaron en el fondo y las mayores en la superficie (Fig. 48 A). La distribución vertical mostró estratificación en todas las estaciones, la menor en la estación A1, estación situada cerca de la boca del estero de Urias (Fig. 2) y la mayor en las estaciones B1, C1, D1, E2 y F2. El intervalo de temperatura observado fue de 18°C correspondiente a la estación B1 en el fondo, a 23°C temperatura observada en la estación D1 en la superficie, frente a la planta de tratamiento.

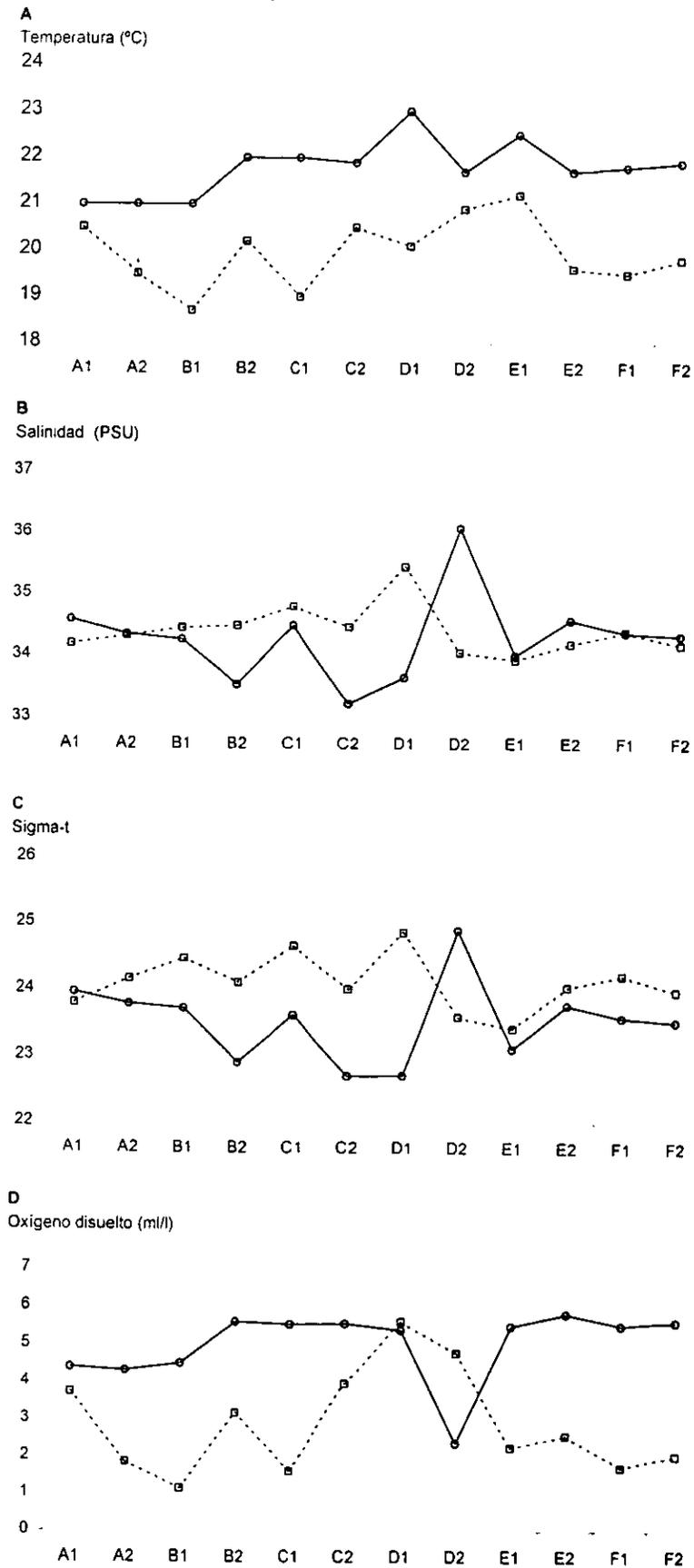
###### **Salinidad**

La salinidad mostró variaciones entre estaciones y también con respecto a la profundidad (Fig. 48 B). La menor salinidad se encontró en la estación C2 en la superficie y la mayor se encontró también en la superficie pero en la estación D2. La mayor estratificación se mostró en las estaciones C2, D1 y D2 con diferencia de entre 1 y 2 PSU entre las dos capas en la columna de agua. El intervalo de salinidad fue de 33.23 a 36.08 PSU. Las menor salinidad en las estaciones B2 y C2 indican la dirección que toma el agua de menor salinidad en la superficie, hacia el sur de la bahía.

###### **Sigma-t**

Las menores densidades se observaron en la superficie en la mayoría de las estaciones, excepto en las estaciones A1 y D2, estaciones donde la densidad del agua fue mayor en la superficie que en el fondo (48 C). Las estaciones donde la estratificación vertical fue más relevante fueron la B1, B2, C1, C2, D1 y D2, con diferencias de 0.74 a 2.15 entre las dos capas de la columna de agua. El intervalo de densidad fue de 22.7 a 24.9.

Figura 48 Variación espacial de la temperatura (A), salinidad (B), sigma-t (C) y oxígeno disuelto (D) a 0.5 (—○—) y 10 (-□-)m de profundidad. Sondeo del emisor en el invierno (11 marzo de 1996).



### **Oxígeno disuelto**

Las menores concentraciones de oxígeno se presentaron en el fondo, excepto en la estación D1 y D2, estaciones donde se presentó menor concentración en la superficie que en el fondo (48 D). La mayor concentración del oxígeno disuelto se presentó en la superficie, excepto en las estaciones mencionadas. La variación del oxígeno disuelto fue menor en la superficie que en el fondo, donde solo se observó un pico mínimo en la estación D2. La estratificación fue importante en todas las estaciones excepto en las estaciones A1 y D1, estaciones cercanas a la orilla donde se encontraron mayores concentraciones que en las estaciones localizadas a 1 km de distancia de la orilla. A excepción de estas dos estaciones, en las estaciones cercanas a la orilla, en el fondo se encontraron menores concentraciones que en las alejadas de la misma. El intervalo de concentración del oxígeno disuelto para este sondeo de invierno fue de 1.1 a 5.8 ml/l.

La presencia de los mínimos de oxígeno en el fondo en las estaciones A2, B1, C1, E, E2 y F1 y F2 indica que son sitios afectados por la descarga del emisor, aguas con alta demanda bioquímica de oxígeno que agota los niveles de oxígeno.

### **Porcentaje de saturación**

La distribución del porcentaje de saturación correspondió a la de la concentración del oxígeno por lo cual no se consideró necesario presentar el gráfico. Hubo estratificación importante en todas las estaciones, excepto en las estaciones A1 y D1. El intervalo del porcentaje de saturación en el emisor del invierno fue de 21 a 116%.

### **Sólidos suspendidos totales**

Los sólidos suspendidos totales mostraron variaciones muy irregulares en este sondeo, con tendencia a valores bajos (Fig. 49 A). Se observaron picos máximos importantes en las estaciones A1, D1, D2, E1 y F2. El pico de A1 en la superficie se explica por la fuente de sólidos provenientes del Puerto de Mazatlán, las cuales se caracterizan por tener niveles altos, principalmente en el invierno (Osuna-López *et al.*, 1989; Páez-Osuna y Marmolejo, 1990). El caso de los puntos D1 y D2 está relacionado directamente con los efluentes del emisor ya que a la mitad de la distancia entre las dos estaciones, se encuentra el extremo del emisor submarino y las aguas descargadas ascienden a la superficie y se hacen visibles en esta zona. En el caso del pico máximo en la estación F1 resulta del efecto combinado del emisor con otras descargas urbanas directas que incluyen descargas urbanas y pluviales que contienen altas concentraciones de nitrato, nitrito y silicato.

## **III.3.1.2 NUTRIENTES**

### **Amonio**

Las concentraciones de amonio tuvieron tendencia a valores bajos en todas las estaciones, solo se observaron tres picos máximos en la superficie, en las estaciones D1 y E1 y en el

fondo en la estación F1, estas tres estaciones se localizaron en las proximidades a la orilla (Fig. 49 B). Así mismo, la estratificación se observó en estos tres puntos, con diferencias entre 38 y 119.34  $\mu\text{M}$  entre las dos capas de la columna de agua. El intervalo de concentraciones para este sondeo fue de 0.50 a 119.84  $\mu\text{M}$ .

Los niveles elevados del amonio en las estaciones D1, E1 y F1 indican la influencia directa que ejercen los efluentes del emisor sobre las aguas de la cuenca receptora, en otros estudios, se han observado niveles inferiores de esta especie química en bahías con problemas de eutroficación por descargas urbanas e industriales (Frigos, 1981, Emara *et al.*, 1990; De Luca *et al.*, 1992).

### **Nitrato**

El nitrato mostró gran variabilidad entre estaciones y con respecto a las dos profundidades (Fig. 49 C). Los valores mínimos se encontraron generalmente en la superficie y los máximos en el fondo, a excepción de las estaciones A1, C1 y C2 en las que la máxima concentración se observó en la superficie. La distribución vertical mostró estratificación importante con respecto a la concentración del nitrato en todas las estaciones, excepto en la estación D2. El intervalo de concentraciones en este sondeo fue de 0.3 a 11.8  $\mu\text{M}$ .

### **Nitrito**

La distribución del nitrito fue semejante a la descrita para la concentración del nitrato, la única diferencia entre ellas se encuentra en que la concentración del nitrito en la estación E2, es menos importante que la de nitrato (Fig. 49 D). El intervalo de concentración del nitrito fue de 0.05 a 0.9  $\mu\text{M}$ .

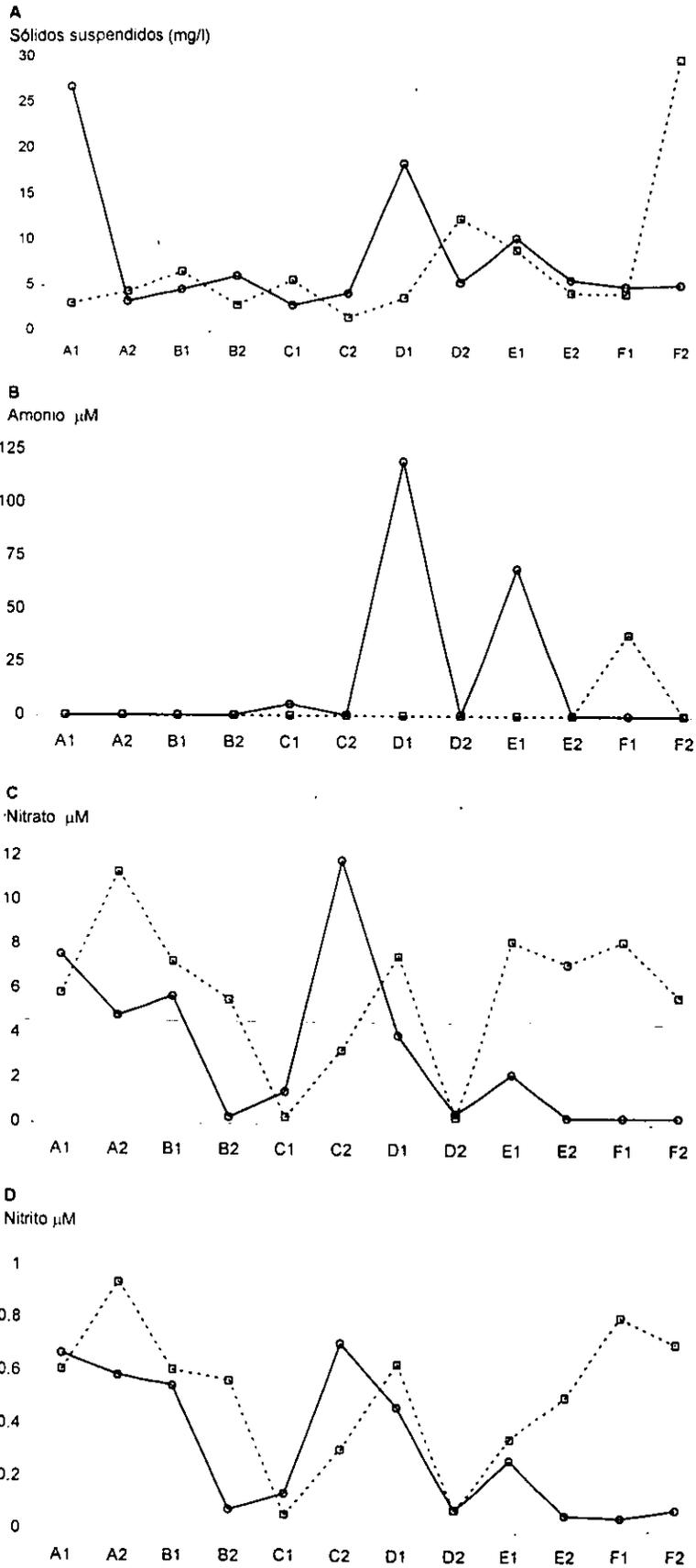
### **Nitrógeno inorgánico total**

La concentración del nitrógeno inorgánico total, fue en respuesta, principalmente a la concentración del nitrógeno en forma de amonio (Fig. 50 A). Los valores mínimos se observaron en la mayoría de las estaciones. Se presentaron tres picos máximos en la superficie, en las estaciones D1 y E1, estaciones cercanas a la orilla. En el fondo las variaciones fueron menos importantes y con pendientes suaves y solo se observó un pico máximo de la estación F1. El intervalo de concentraciones del nitrógeno inorgánico total fue de 0.85 a 124  $\mu\text{M}$ .

### **Silicato**

Las menores concentraciones de silicato se presentaron generalmente en la superficie y las mayores en el fondo, excepto en las estaciones A1, C1 y E1, estaciones cercanas a la orilla donde se encontraron concentraciones mayores en la superficie que en el fondo (Fig. 50 B). Las mayores concentraciones se encontraron en las estaciones A2, D1, E2, F1 y F2. La distribución vertical mostró mayor estratificación en las estaciones D1, E2, F1 y F2 con gradientes entre 4.7 y 8.7  $\mu\text{M}$ . El intervalo de concentraciones del silicato para este sondeo fue de 0.50 a 16.6  $\mu\text{M}$ .

Figura 49 Variación espacial de sólidos suspendidos totales (A), amonio (B), nitrato (C), nitrito (D) a 0.5 (—○—) y 10 (---□---) m de profundidad. Sondeo del emisor de invierno (11 de marzo de 1996).



## **Fosfato**

Las concentraciones de fósforo inorgánico disuelto, se mantuvieron con tendencia a bajos valores en todas las estaciones y solo fueron altas en las estaciones D1 y E1 en la superficie, puntos de mayor estratificación (Fig. 50 C). El intervalo de concentraciones del fósforo en este sondeo fue de 0.6 a 10.9  $\mu\text{M}$ .

La distribución de las concentraciones, particularmente de nitrógeno inorgánico y fósforo, indican que los efluentes se están movilizand por la dirección de la estación D1 y que tienen mayor influencia hacia las estaciones E y F, situadas en la parte norte del punto de descarga.

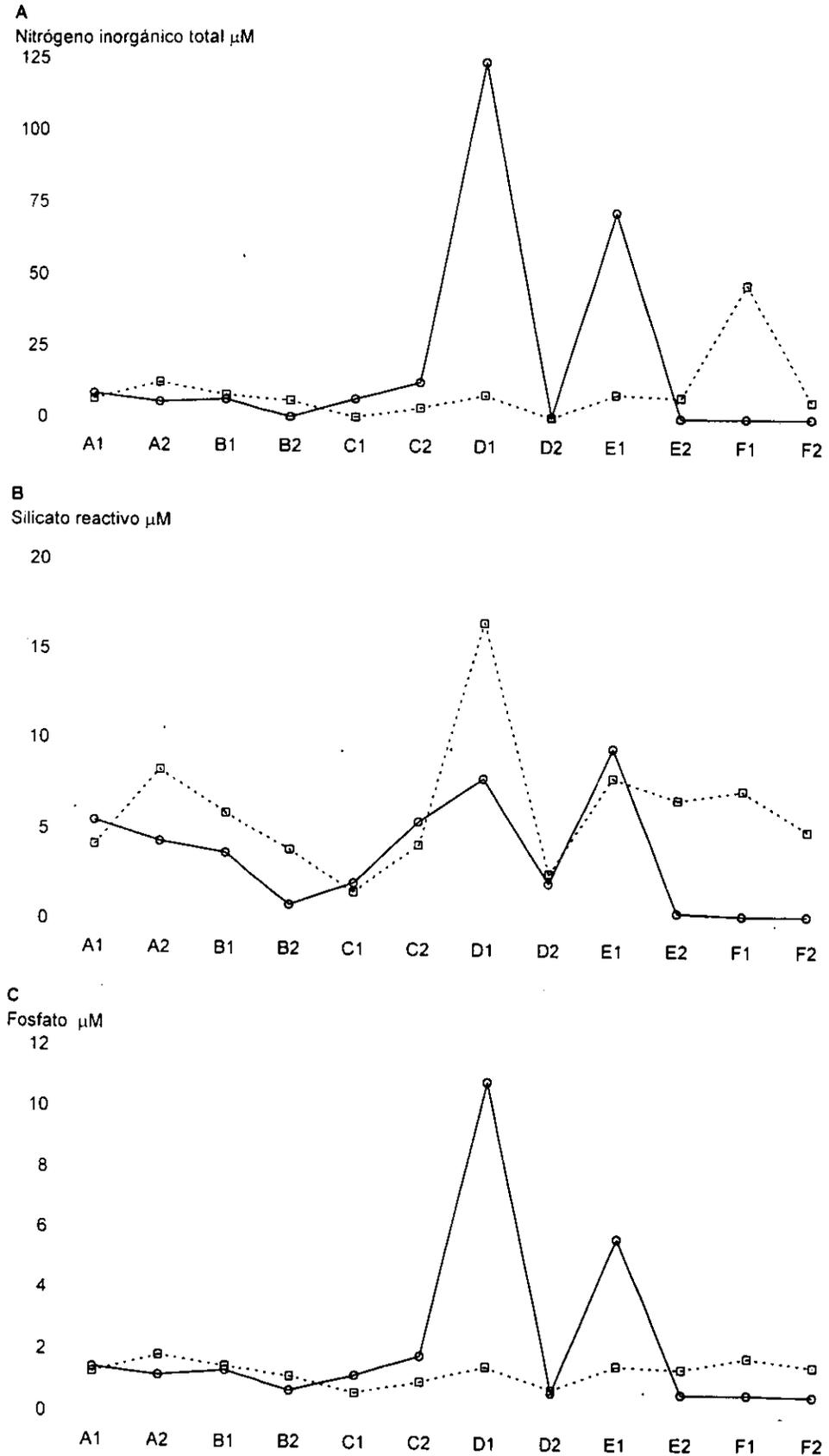
## **Proporciones de nutrientes**

Las variaciones espaciales de la proporción N:P tuvieron la tendencia a valores bajos en todas las estaciones, mostrando proporciones menores a 12:1, excepto la estación F1 en el fondo en la que la proporción fue dos veces mayor al resto, 24:1. La distribución vertical mostró estratificación de importancia D1, E 1 y F1. El intervalo de proporciones N:P de este sondeo fue de 1:1 a 24:1.

Con respecto a la proporción Si:P se observaron pocas variaciones, los mínimos se observaron en la superficie y los máximos en el fondo, excepto en la estación A1, donde la máxima proporción se encontró en la superficie. El pico máximo se observó en la estación D1, punto de la máxima estratificación encontrándose 14 veces mayor la proporción del fondo con respecto a la superficie. Se encontró menor estratificación entre el fondo y la superficie en las estaciones A, B y C que entre las E y F. La estación de menor estratificación fue la estación D2. El intervalo de la proporción Si/P fue de 7:10 a 10:1.

La variación de la proporción Si:N mostró variaciones de importancia en las estaciones con radios orientados a la planta de tratamiento, los mínimos se observaron en la superficie en las estaciones cercanas a la orilla, en la estación F1 el mínimo se encontró en el fondo. Las mayores proporciones se presentaron en el fondo, en la estación C1, D1 y en la estación D2 tanto en la superficie como en el fondo, las proporciones fueron las más altas del sondeo. La estratificación estuvo presente en todas las fechas, excepto en la estación A1. Las estaciones donde se apreció mayor estratificación fue en la C1 y D1 con diferencias de 6 y 3 veces mayor la proporción del fondo con respecto a la de superficie. Las estaciones donde se encontraron proporciones mayores en la superficie que en el fondo fueron las estaciones A2, B2 y F1. El intervalo de la proporción de Si:N fue de 0.06: a 3:1.

Figura 50 Variación espacial del nitrógeno inorgánico total (A), silicato reactivo (B) y fósforo inorgánico (C), a 0.5 (—○—) y a 10 (---□---) m de profundidad. Sondeo del emisor de invierno (11 de marzo de 1996).



### III. 3.1.3 FITOPLANCTON

#### Fitoplancton total

El fitoplancton total en este sondeo, tuvo variaciones poco importantes, según la estación y la profundidad (Fig. 51 A). Las menores densidades se presentaron en el fondo, en las estaciones B1 y C2, las mayores en el fondo en la estación A1 y C1 y en la superficie en la estación B2. El intervalo de densidad fitoplanctónica para este sondeo fue de  $1.36 \times 10^5$  a  $1.64 \times 10^7$  cél/l.

#### Abundancia relativa general por grupo

Los grupos que estuvieron representados fueron en orden de importancia de la abundancia relativa (Fig. 51 B):

Las cianofitas estuvieron mejor representadas que en las estaciones 1 y 2 durante el ciclo de estudio con el 48.76%, le siguieron las diatomeas con una reducción al 24.53%, los fitoflagelados con el 23%, los dinoflagelados, reducidos hasta el 1.56%. Otros grupos menos representados como fueron los silicoflagelados con el 0.44%, el ciliado fotosintético que en este sondeo se encontró muy reducido con el 0.17% y los euglenoides con el 0.02%.

#### Composición y abundancia de las comunidades fitoplactónicas por grupos taxonómicos.

#### Grupos Principales

##### Cianofitas

No se observaron grandes variaciones de este grupo y se encontraron en todas las estaciones del sondeo (Fig. 52 A). Las menores densidades se presentaron en la superficie en la estación F2. La mayor en la estación C1 en el fondo. El intervalo de la densidad de cianofitas en este sondeo fue de  $1.96 \times 10^5$  cél/l a  $1.5 \times 10^7$  cél/l.

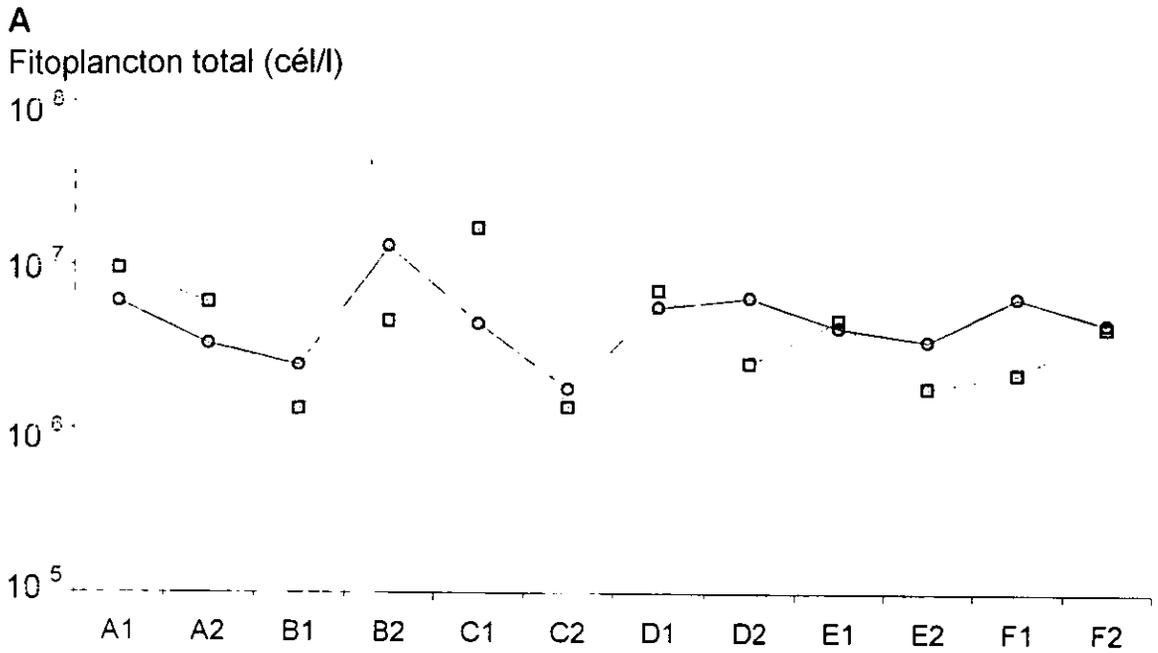
##### Diatomeas

Al igual que las cianofitas, la densidad de las diatomeas en este sondeo, no varió de una manera importante (Fig. 52 B). Se observaron menores densidades en el fondo en la estación E2 y mayores en la superficie en la estación B2. El intervalo de densidad para las diatomeas en este sondeo fue de  $4.9 \times 10^4$  y  $1 \times 10^7$  cél/l.

##### Fitoflagelados

Este grupo sí mostró variaciones importantes en las diferentes estaciones y profundidades (Fig. 52 C) Los valores mínimos se obtuvieron en las estaciones C2, D2 y E2, estaciones alejadas por 1 km de la orilla, estaciones donde se observó la máxima estratificación, con dife-

Figura 51 Variación espacial del fitoplancton total (A) y de la abundancia relativa general (B), a 0.5 (—○—) y 10 (---□---) m de profundidad. Sondeo del emisor de invierno (11 de marzo de 1996).



**B**  
Abundancia relativa general por grupo fitoplanctónico.

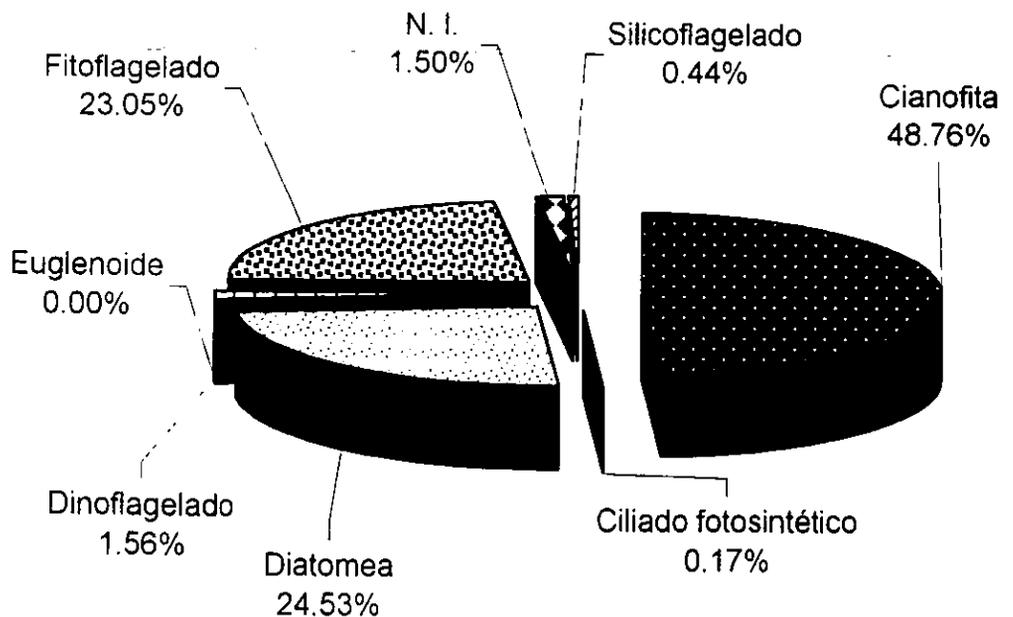
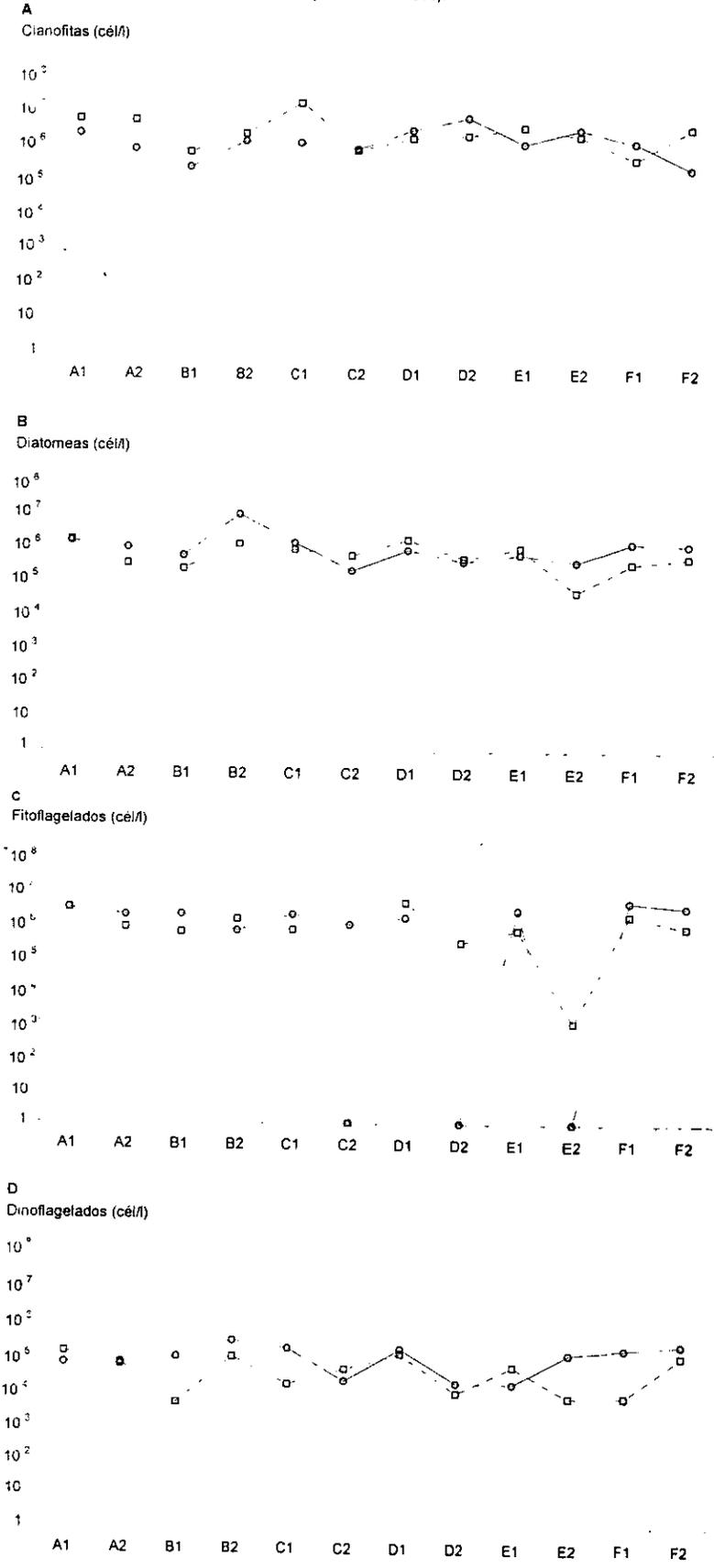


Figura 52 Variación espacial de la abundancia fitoplanctónica de cianofitas (A), diatomeas (B) fitoflagelados (C) y dinoflagelados (D) a 0.5 (○) y 10 (□) m de profundidad. Sondeo del emisor de invierno (11 marzo de 1996).



rencia de  $1 \times 10^3$  a  $7.35 \times 10^5$  cél/l entre las dos capas de la columna de agua. El límite superior para el intervalo de la densidad para el grupo de los fitoflagelados n. i. fue de  $3.5 \times 10^3$  cél/l.

### **Dinoflagelados**

Este grupo mostró poca variación, a excepción de las densidades mínimas que se observaron en el fondo en las estaciones B1, C1, E2 y F1, con diferencias de  $8.4 \times 10^4$  a  $1.5 \times 10^5$  cél/l entre la capa superficial y la de 10 m de profundidad (Fig. 52 D). El intervalo de densidad de dinoflagelados para este sondeo fue de  $4 \times 10^3$  a  $2.6 \times 10^5$  cél/l.

### **Grupos Secundarios**

#### **Silicoflagelados**

La variación espacial de la abundancia de los silicoflagelados fue diferente en la superficie que a 10 m de profundidad (Fig. 53 B). Las menores densidades se observaron en el fondo, en las estaciones A1, A2, B1 y E2 con la ausencia de este grupo al igual que en la estación D2 solo que en la superficie. La mayor densidad se observó en la estación F2, en la superficie. El límite superior de la densidad de los silicoflagelados en este sondeo fue de  $1.6 \times 10^5$  cél/l.

#### **Ciliado fotosintético *Mesodinium rubrum***

Este grupo, mostró una distribución muy variable, ausente en la superficie y/o el fondo en todas las estaciones, excepto en la estación C1 (Fig. 53 C). Las mayores densidades se observaron en todas las estaciones cercanas a la orilla, en la superficie, excepto en la estación D1 donde la mayor densidad se presentó a 10 m de profundidad. Densidades relativamente altas, se observaron en la superficie en la estación B2 y a 10 m de profundidad en las estaciones C1 y E2. El límite superior para la densidad de *M. rubrum* en este sondeo, fue de  $9 \times 10^4$  cél/l.

---

#### **Euglenoides**

Este grupo fue el más escaso, solo se presentó en la superficie en la estación A2 con una densidad de  $2 \times 10^3$  cél/l (Fig. 53 D)

#### **Riqueza**

La variación del número de especies en las estaciones del sondeo del emisor se mostraron en la figura 54 A, donde se observó una tendencia a valores bajos con respecto a los otros juegos de datos. El menor número de especies se observó en el fondo, principalmente, excepto en la estación D1 y E1, donde el menor número de especies se encontró en la superficie. El menor número de especies se encontró en el fondo, en las estaciones A2, C2, D2, E2. El mayor número de especies se encontró en la superficie, principalmente en las estaciones A1, B2 y F2, con pendientes más suaves en la superficie que en el fondo. El intervalo del número de especies para este sondeo fue de 8 a 42 especies.

Figura 53 Variación espacial de la abundancia de los grupos secundarios: células no identificadas (A) silicoflagelados (B), ciliado fotosintético *Mesodinium rubrum* (C) y euglenoides (D) a 0.5 (□) y 10 (○) m de profundidad. Sondeo del emisor de invierno (11 de marzo de 1996).

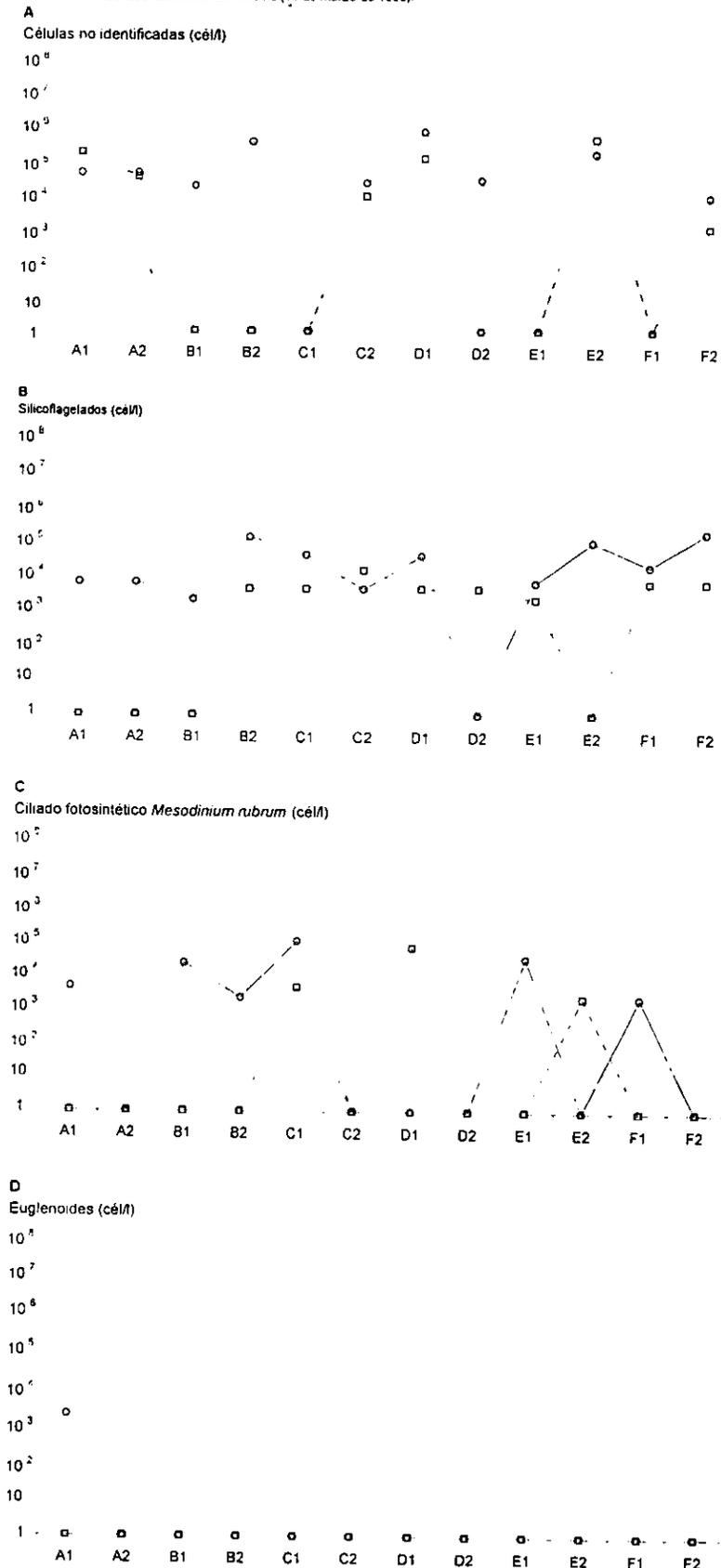
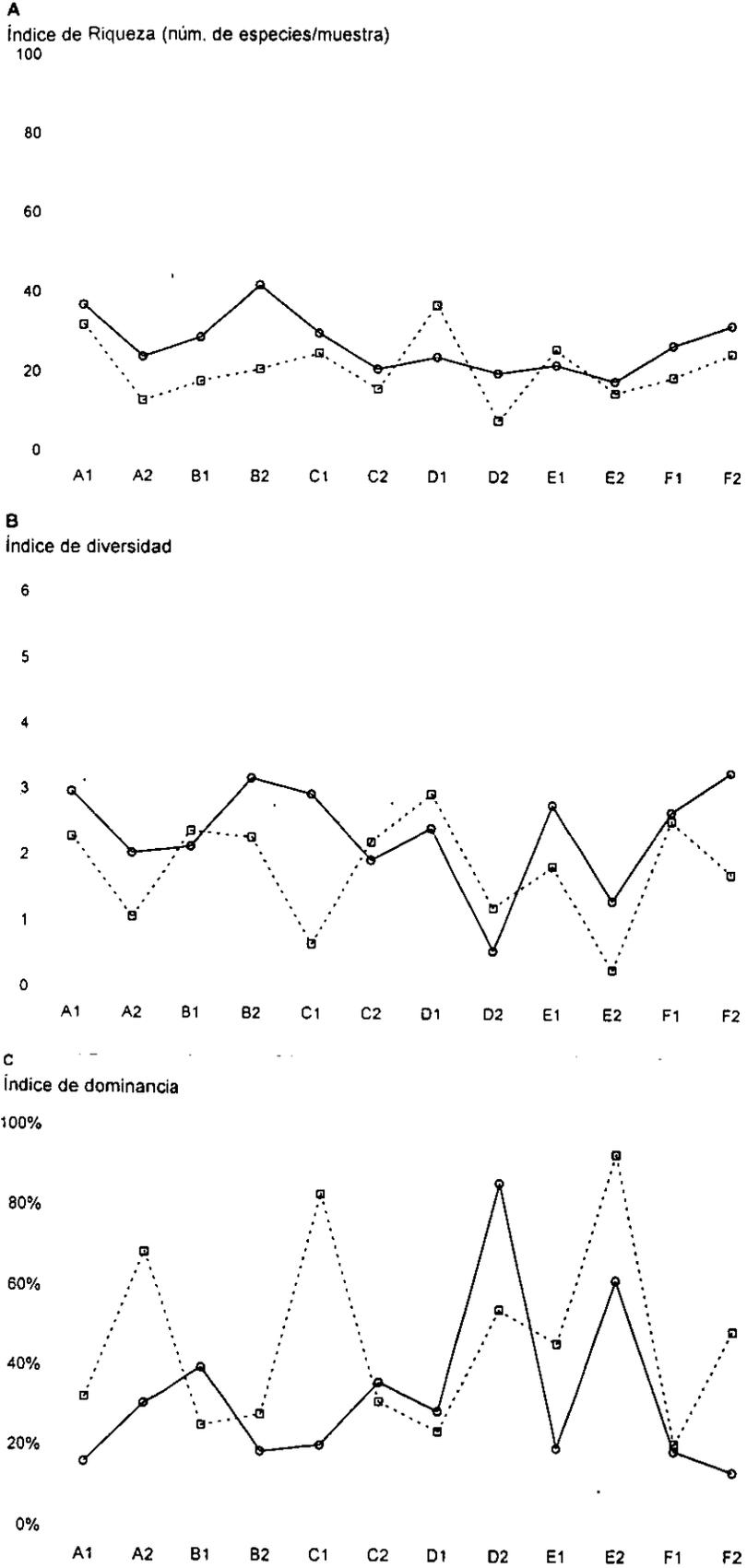


Figura 54 Índice de riqueza de especies (A), índice de diversidad de Shannon Weiner (B) e índice de dominancia de Simpson (C).  
 Sondeo del emisor de invierno (11 de marzo de 1996).



## **Diversidad**

Se observó amplia variación espacial del índice de diversidad en el sondeo del emisor del invierno (Fig. 54 B). Los menores se presentaron en el fondo de todas las estaciones, excepto C2, D1 y D2, estaciones donde el menor índice se presentó en la superficie. Los valores más altos del índice se presentaron en las estaciones A1, B2, C1, E1 y F2 en la superficie y en la estación D1 en el fondo. El intervalo del índice de Shannon-Weiner para el sondeo del invierno, fue de 0.31 a 3.29.

## **Índice de dominancia**

El índice de dominancia, mostró amplias variaciones espaciales en este sondeo (Fig. 54 C). Los menores valores de dominancia se presentaron en la superficie, en las estaciones A1, B2, C1, D1, E1, F1 y F2. Los mayores porcentajes de dominancia se presentaron en las estaciones A2, C1, E2 y F2 en el fondo y en la estación D2 en la superficie.

## **Composición de las comunidades fitoplanctónicas por especie**

Las especies presentes en todas las estaciones, sin importar a que profundidad, se consideraron como especies permanentes en este sondeo, se exponen en la tabla 42.

Las especies que estuvieron presentes en más del 20% de las estaciones del sondeo de invierno, fueron consideradas especies frecuentes y se exponen en la tabla 43.

Por último, las especies que estuvieron presentes en menos del 20% de las estaciones, se consideraron como especies raras y se señalan en la tabla 44.

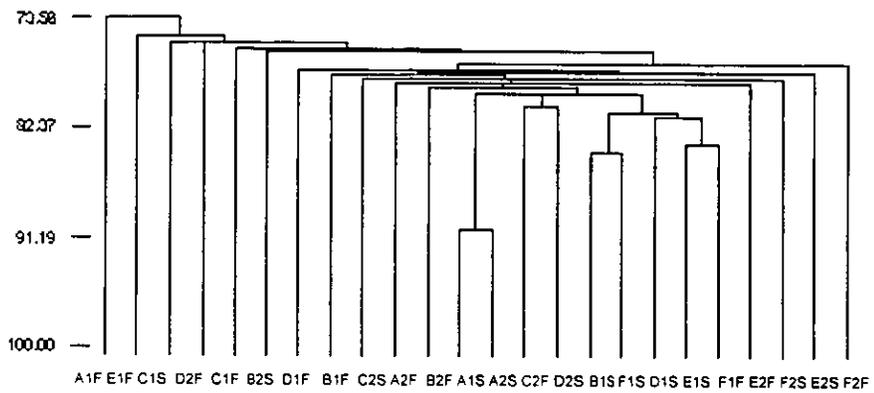
## **Comparación de estaciones en función de la presencia de las especies.**

Se observó semejanza entre las estaciones considerando la profundidad, en función de la presencia de las especies, la similitud estuvo entre el 73 y el 90.6% (Fig. 55 A). La mayor similitud se observó entre las estaciones A1S y A2S con el 90.6%, estaciones que se localizaron a ambos lados de la boca del estero de Urias, le siguieron estaciones con similitud variable formando un grupo que incluyó las estaciones B1S y F1S, D1S, E1S y F1F, C2F y D2S. Otro grupo de estaciones con porcentajes de 78% se formó con las estaciones E2F y E2S y F2S y F2S, estaciones más alejadas por el extremo derecho. En el extremo izquierdo, se formó otro grupo con el menor porcentaje de similitud, menores al 78%, formado con estaciones A1F y A2F; B1F, B2S y B2F; C1S, C1F y C2S; D1F, D2F y por último la estación E1F, la más diferente al resto de las estaciones en cuanto a su composición específica.

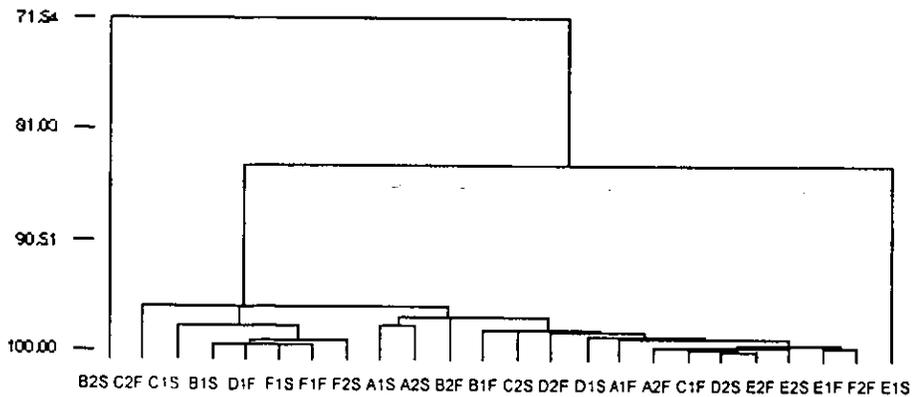
## **Comparación de las estaciones de colecta en función de la abundancia de las especies**

El dendograma de la figura 55 B muestra altos porcentajes de similitud con porcentajes mayores a 96% entre todas las estaciones, excepto la estación E1S con el 84% y la B2S, la estación más diferente al resto, con el 71.5%.

Figura 55 Dendograma de similitud entre las estaciones del emisor del invierno y su profundidad, en función de la presencia (A) y la abundancia (B) de las especies.  
 A En función de la presencia  
 B En función de la abundancia



B En función de la abundancia



## Asociación entre especies

Para este análisis se analizaron las especies dominantes en función de las estaciones, según el índice general promedio (Picard, 1965) (Tabla 45). A partir de esa tabla se analizó la asociación de especies, la cianofita *Chroococcus* sp., mostró independencia debido a que estuvo presente en todas las estaciones de colecta, por lo cual no se consideró para este análisis. Los resultados de asociación para las especies presentes en este sondeo se presentan en la tabla 46 en la cual se observan coeficientes de asociación de células no identificadas con la especie *Nitzschia* sp. y las especies *Nitzschia* spp. con la propia especie *Nitzschia* sp. las cuales no son asociaciones relevantes ya que se refieren a especies no identificadas plenamente.

## Relaciones fitoplancton-hidrología y nutrientes

Las especies dominantes (Tabla 45) según Picard (1965), se analizaron, junto con las variables de calidad de agua, mediante componentes principales para buscar las variables más importantes y sus relaciones. El resultado de esta búsqueda se muestra como sigue:

El factor 1 explicó el 30% de la varianza total, el factor 2 el 19% y el factor 3 el 14% (Tabla 47).

En el factor 1 se relacionaron positivamente sigma-t, la salinidad y negativamente la temperatura con la disminución de la abundancia de las células no identificadas y el aumento de *Chroococcus* sp.

En el factor 2 se relacionaron negativamente los nutrientes, el nitrógeno, el silicato y el fosfato con el aumento de la abundancia de *Nitzschia* sp., *Chaetoceros* sp. y *Leptocylindrus* sp. así como la disminución de *Pseudopedinella* sp.

En el factor 3 se asociaron positivamente el oxígeno disuelto, el porcentaje de saturación y negativamente los sólidos suspendidos totales con la presencia del grupo de los fitoflagelados n. i. y de *Nitzschia* spp.

En la figura 56 A se observaron dos grupos relacionados en el factor 1, positivamente *Chroococcus* sp., la salinidad y sigma-t y negativamente, la temperatura y las células no identificadas, junto con las variables asociadas al factor 3. Otros dos grupos asociados en el factor 2, positivamente, las diatomeas *Chaetoceros* sp., *Nitzschia* sp. y *Leptocylindrus* sp. y negativamente, el silicato, fosfato y nitrógeno y el fitoflagelado *Pseudopedinella* sp.

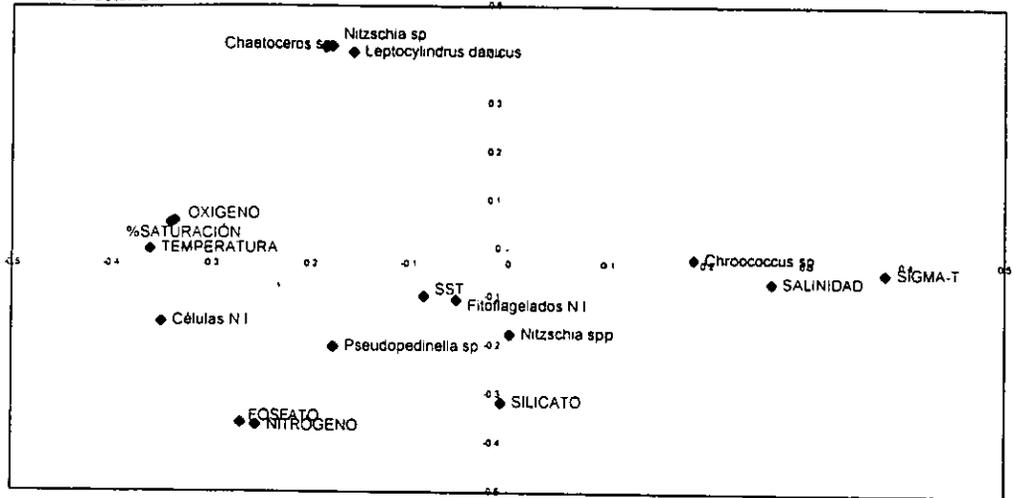
En la figura 56 B, se formaron cuatro grupos de puntos, las variables y especies asociadas positivamente en el factor 1, las especies asociadas al factor 2, las variables relacionadas en los factores 2 y 3 y por último, las variables asociadas en los factores 2 y 3.

En la figura 56 C se mostró la formación de tres grupos, el primero, las especies explicadas con el factor 2, especies explicadas con el factor 1 y 2 y variables relacionadas en el factor 2 y 3, otro grupo de puntos muy dispersos, formado por variables abióticas relacionadas en los factores 1 y 3 y especies explicadas con el factor 3.

Figura 56 Coeficientes de correlación del análisis de componentes principales (PCA) para las estaciones del sondeo del emisor de invierno (11 de marzo de 1996).

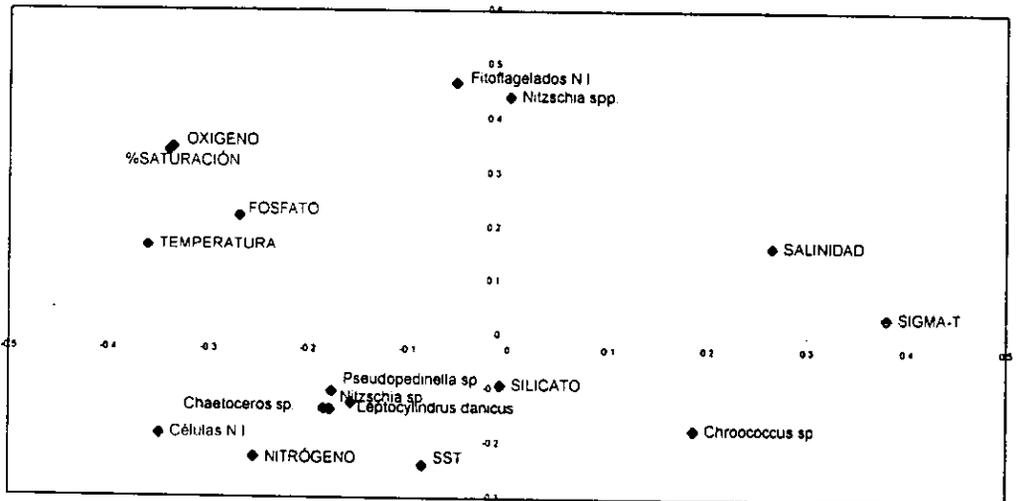
A

Factor 1 vs. factor 2



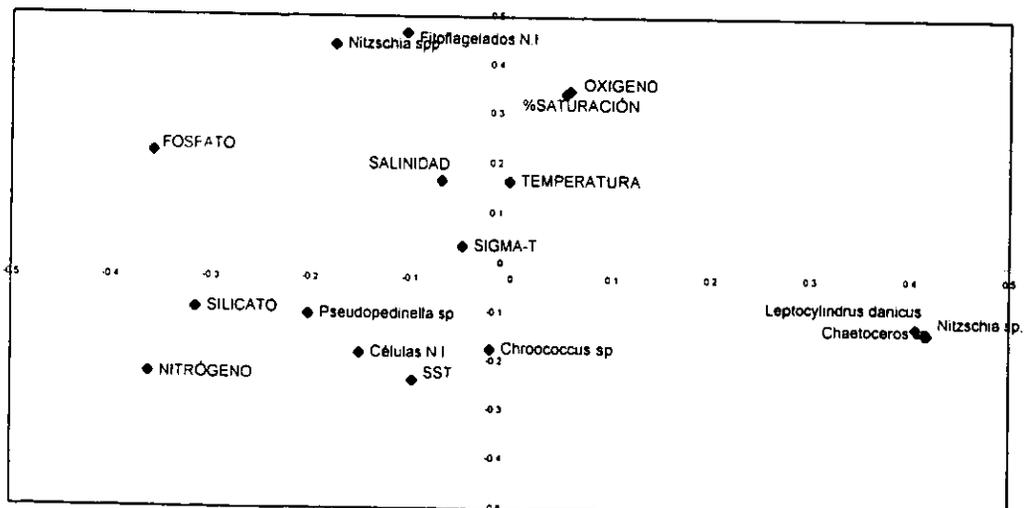
B

Factor 1 vs. factor 3



C

Factor 2 vs. factor 3



## Especies dominantes

Las especies dominantes se mencionan de acuerdo a la columna de agua, promediando la abundancia por especie por estación sin tomar en cuenta la profundidad, de esta manera se exponen las cinco especies con mayor abundancia relativa.

En la estación A1, la especie dominante fue la cianofita *Chroococcus* sp., contribuyendo con el 47.6% de la abundancia relativa en la columna de agua, le siguió el grupo de fitoflagelados n. i. con el 28.5%, con menos del 8% se presentó *Nitzschia* sp., *Nitzschia* spp. y una especie de diatomea no identificada.

En la estación A2, dominó la especie *Chroococcus* sp. con el 60% de la abundancia relativa, le siguió el grupo de fitoflagelados n. i. con el 21.8%, con el 10% *Nitzschia* sp. y con menos del 2% *Nitzschia* spp. y *Cyclotella* sp.

En la estación B1 la especie dominante fue el grupo de fitoflagelados n. i. con el 51.2%, le siguió la cianofita *Chroococcus* sp. con 22.3%, con el 13.4% *Nitzschia* spp. y con menos del 2% *Cyclotella striata* y *Chaetoceros* sp.

En la estación B2, la especie dominante fue *Chaetoceros* con el 30%, *Nitzschia* con el 24.9% y la cianofita *Chroococcus* sp. con el 18.6%, con menos del 9% el grupo de fitoflagelados n. i. y *Nitzschia* spp.

En la estación C1 la especie que dominó fue la cianofita *Chroococcus* con el 77.6%, otras especies presentes en la columna de agua, con porcentajes menores al 10% fueron el grupo de fitoflagelados n. i., *Nitzschia* spp., *Cyclotella* sp. y *Odontella sinensis*.

Estación C2 la especie dominante fue la cianofita *Chroococcus* sp. con el 45.9%, le siguió el grupo de los fitoflagelados n. i. con el 24% y *Nitzschia* sp. con el 17.5%, con menos del 3% estuvieron presentes *Leptocylindrus danicus* y *Thalassiosira* sp.

La estación D1 tuvo como especie dominante al grupo de fitoflagelados n. i. con el 37% y *Chroococcus* sp. con el 33%, varias especies de *Nitzschia* spp. contribuyeron con el 13.7% y células no identificadas con el 5.6%, con menos del 2% estuvo presente *Coscinodiscus* sp.

En la estación D2, dominó la cianofita *Chroococcus* sp. con el 86.7%, con menos del 6% estuvo presente *Leptocylindrus danicus*, el grupo de fitoflagelados n. i., *Skeletonema costatum* y *Nitzschia* sp.

En la estación E1, la especie dominante resultó ser *Chroococcus* sp., en orden de importancia de la abundancia relativa, se presentó el fitoflagelado *Pseudopedinella* sp. con el 15.3%, los fitoflagelados n. i. con el 13.5%, *Nitzschia* sp. con el 11.5%, con menos del 5% se encontraron células no identificadas.

En la estación E2, la especie dominante fue la cianofita *Chroococcus* sp. con el 84.6%, con menos del 6% las especies que estuvieron presentes fueron: *Nitzschia* spp., células no identificadas, *Thalassiosira* sp. y *Gymnodinium* sp.

En la estación F1 la especie dominante fue el grupo de fitoflagelados n. i. con el 59%, *Chroococcus* sp. y *Nitzschia* sp. se presentaron con abundancia relativa cercana al 17% y con menos del 1% *Thalassiosira* sp. y *Coscinodiscus* sp.

En la estación F2 las especies codominantes fueron el grupo de fitoflagelados n. i. y *Chroococcus* sp. con el 37.5 y 35.7%, respectivamente, estuvo presente *Nitzschia* spp. con el 15.5% y con menos del 2% se presentó el silicoflagelado *Dictyocha* sp. y el dinoflagelado *Proocentrum triestinum*.

### III.3.2 SONDEO DEL EMISOR EN VERANO

Comprende los resultados del análisis de los datos obtenidos de muestras colectadas a 0.5 m (superficie) y cerca de 10 m (fondo) en las estaciones del sondeo del emisor el 16 de agosto de 1996 (ver Fig. 2, tabla 3), en las cuales la columna de agua tiene una profundidad de entre 8 y 35 m (Tabla 48).

#### III.3.2.1 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS

##### Temperatura

Las menores temperaturas se observaron en el fondo y las mayores en la superficie (Fig. 57 A). La mayor temperatura se encontró en la estación D1. La distribución vertical mostró estratificación térmica en todas las estaciones, excepto en las estaciones C2 y D2, estaciones alejadas de la orilla con una diferencia de 0.3°C entre la superficie y el fondo (Fig. 2). La mayor estratificación se presentó en la estación A1 y A2, localizadas a ambos lados de la boca del estero de Urías, además en la estación F2, situada a 1 km de distancia de la falda del cerro del Crestón. El intervalo de temperaturas en este sondeo fue de 30.5 a 31°C.

##### Salinidad

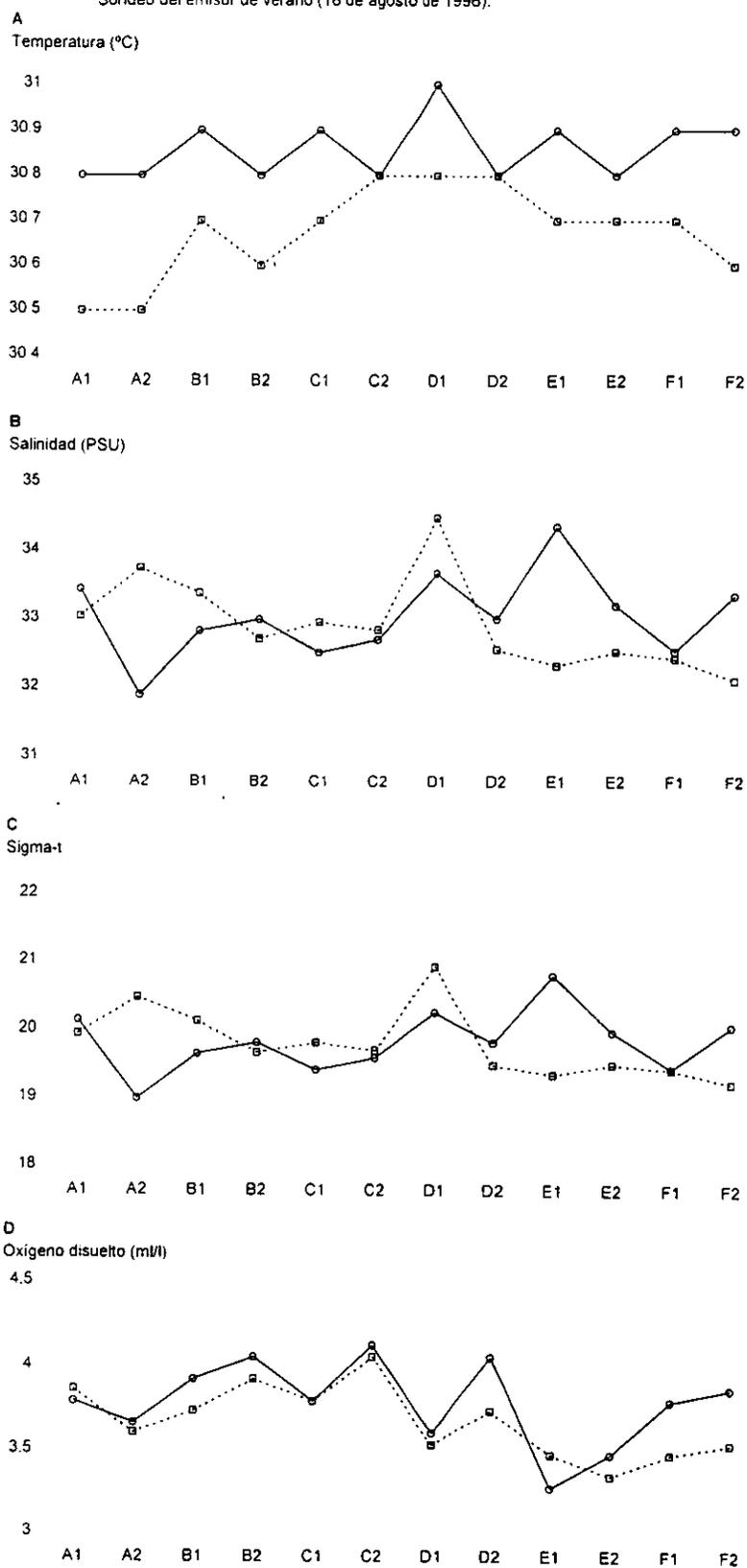
La salinidad mostró variaciones importantes, se encontró menor salinidad en la superficie de las estaciones A2, B1, C1, C2 y D1, en el resto de las estaciones, la menor salinidad se encontró en el fondo (Fig. 57 B). Las estaciones que mostraron menor salinidad en la superficie fueron la A2, y en el fondo la F2. Las estaciones con mayor salinidad fueron la estación A2 y D1 en el fondo, A1 y E1 en la superficie.

La estratificación fue muy importante, sobre todo en las estaciones A2 y E1, con diferencia de aproximadamente 2 PSU entre ambas capas en la columna de agua. El intervalo de salinidad para este sondeo fue de 31.9 a 34.5 PSU.

##### Sigma-t

Las variaciones de la densidad reflejan más las variaciones de la salinidad que de la temperatura, como lo muestra la figura 57 C. Las menores densidades se observaron en las estaciones A2 en la superficie y F2 en el fondo. Las mayores densidades se observaron en el fondo en las estaciones A2, D1 y en la superficie en la estación E1, puntos de mayor estratificación con una diferencia de 0.85 a 1.47 unidades. Las inestabilidades térmicas fueron muy numerosas, se observaron en las estaciones A1, B2, D2, E1, E2 y F2. El intervalo de sigma-t en este sondeo fue de 18.99 a 20.91.

Figura 57 Variación espacial de la temperatura (A), salinidad (B), sigma-t (C) y oxígeno disuelto, a 0.5 (—○—) y 10 (---□---) m de profundidad. Sondeo del emisor de verano (16 de agosto de 1996).



### **Oxígeno disuelto**

Las menores concentraciones del oxígeno disuelto se presentaron en el fondo, generalmente, excepto en las estaciones A1 y E1, donde la menor concentración se observó en la superficie (Fig. 57 D). Las mayores concentraciones se presentaron en la superficie en las estaciones B2, C2 y D2, F1 y F2. No se observó estratificación importante, solo ligeras diferencias de 0.30 ml/l entre la capa de superficie y la del fondo en las estaciones D2, F1 y F2. El intervalo de concentración del oxígeno disuelto en este sondeo fue de 3.27 a 4.12 ml/l.

### **Porcentaje de saturación**

Ya que la distribución del porcentaje de saturación es semejante a la del oxígeno disuelto, no se mostró su gráfico. El porcentaje de saturación menor se encontró en las estaciones E1 en la superficie y en la E2 en el fondo. Los más altos, se observaron en la superficie en las estaciones B2; C2 y D2. Su intervalo fue del 75 al 94%.

### **Sólidos suspendidos totales**

Los sólidos suspendidos mostraron poca variación con tendencia a decrecer desde el punto donde se encuentra la salida del emisor D1 hacia el puerto y hacia el norte en la estación F1, en la estación F2 al igual que en el invierno, se encuentran altas concentraciones de los sólidos suspendidos en la superficie y el fondo (Fig. 58 A). La distribución vertical mostró ligera estratificación en todas las estaciones, menor a 10 mg/l, solo en la estación D1, la diferencia entre la superficie y el fondo fue de 38.8 mg/l. El intervalo de sólidos suspendidos totales en este sondeo fue de 1.7 a 44.8 mg/l.

## **III.3.2.2 NUTRIENTES**

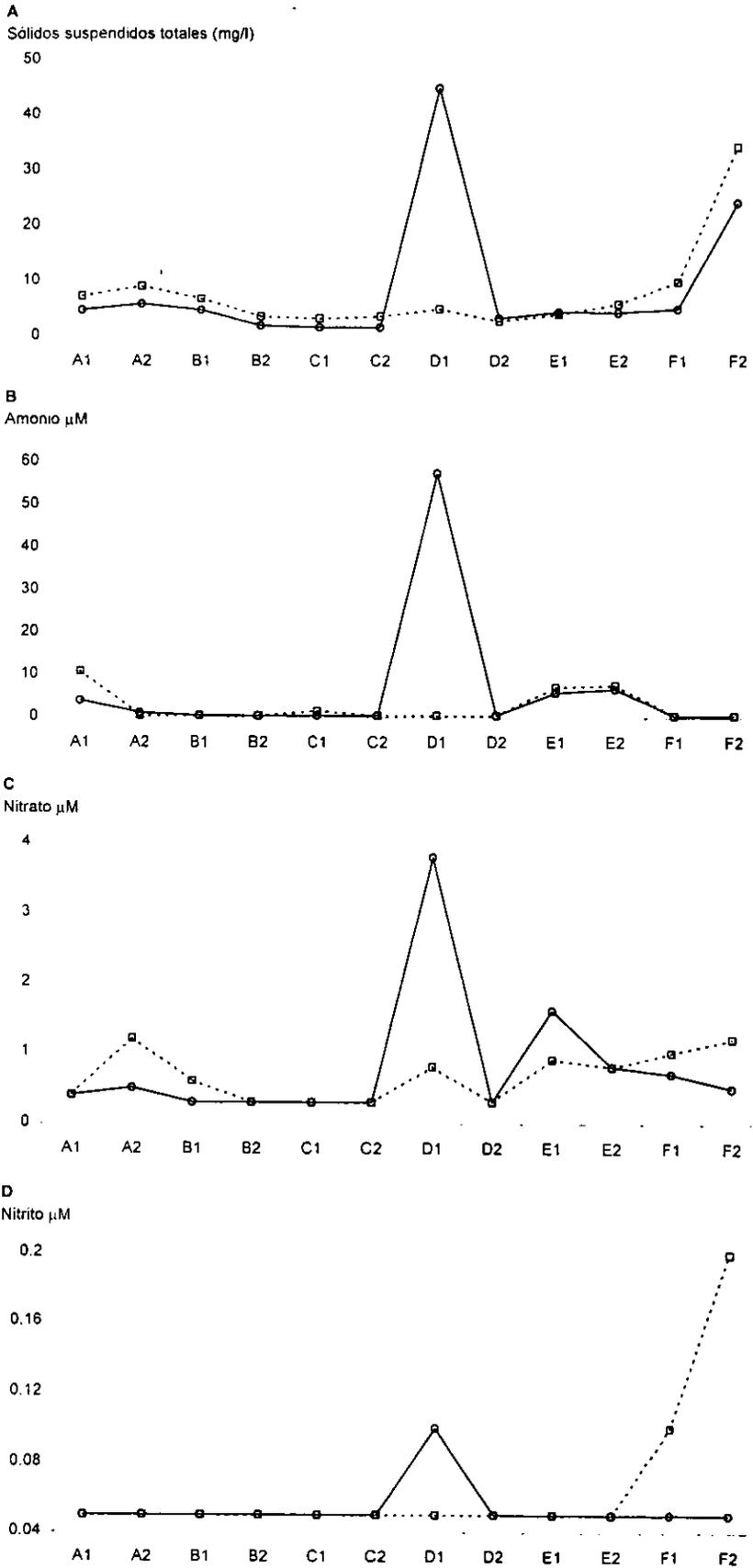
### **Amonio**

Las concentraciones de amonio en general estuvieron entre 0.5 y 10  $\mu\text{M}$ , excepto por la presencia de un pico máximo en la superficie en la estación D1 (Fig. 58 B). La estratificación solo se observó en la estación D1 con una diferencia de 56.9  $\mu\text{M}$ . El intervalo de la concentración de amonio en el emisor en verano fue de 0.5 a 57.4  $\mu\text{M}$ .

### **Nitrato**

Las menores concentraciones de nitrato se observaron en la superficie en todas las estaciones excepto en la D1 y E1 donde las mayores concentraciones se encontraron en la superficie (Fig. 58 C). La estratificación más importante se observó en la estación D1, con una diferencia de 3  $\mu\text{M}$ , entre la superficie y el fondo, estratificación menos importante se observó entre la capa del fondo y la superficie en las estaciones A2, E1, F1 y F2.

Figura 58 Variación espacial de sólidos suspendidos totales (A), amonio (B), nitrato (C), nitrito (D), a 0.5 (—○—) y 10 (---□---) m de profundidad. Sondeo del emisor en el verano (16 de agosto de 1996).



### **Nitrito**

Las concentraciones de nitrito en general fueron bajas, menores a  $0.05 \mu\text{M}$  excepto en las estaciones D1, F1 y F2, donde se presentaron picos máximos (Fig. 58 D). En estos puntos se observó estratificación, con diferencias de  $0.05$  a  $0.15 \mu\text{M}$  entre las dos capas analizadas de la columna de agua. El intervalo de concentración del nitrito en este sondeo fue de  $0.05$  a  $0.20 \mu\text{M}$ .

### **Nitrógeno inorgánico total**

El nitrógeno inorgánico total mostró una distribución semejante a la del amonio, por ser la especie más importante, con concentraciones, en su mayoría menores a  $12 \mu\text{M}$  (Fig. 59 A). Se observó un pico máximo en la estación D1 y otros de menor importancia en las estaciones A1, E1 y E2. La estratificación más relevante se observó en la estación D1 con una diferencia de  $60 \mu\text{M}$ . El intervalo del nitrógeno inorgánico para este sondeo fue de  $0.85$  a  $61.3 \mu\text{M}$ .

### **Silicato reactivo**

La concentración del silicato mostró una gran variación en este sondeo (Fig. 59 B). Las menores concentraciones se presentaron en la estación F1 en el fondo y las mayores en la A1 y D1 en la superficie. La mayor estratificación se observó en las estaciones A1, D1 y F1 con diferencias en la concentración entre  $5$  y  $7 \mu\text{M}$  entre las dos capas de agua. El intervalo de concentración del silicato en este sondeo fue de  $0.50$  a  $20.2 \mu\text{M}$ .

### **Fosfato**

La concentración del fósforo inorgánico disuelto presentó en general valores bajos (Fig. 59 C). En la estación D1 se presentó un pico máximo y en el resto de las estaciones se tuvieron concentraciones entre  $0.2$  y  $1.1 \mu\text{M}$ . La estratificación fue notable en la estación D1, con una diferencia de  $1.6 \mu\text{M}$  entre la superficie y el fondo. El intervalo de concentración para el fosfato en este sondeo fue de  $0.2$  a  $2.5 \mu\text{M}$ .

### **Proporciones de nutrientes**

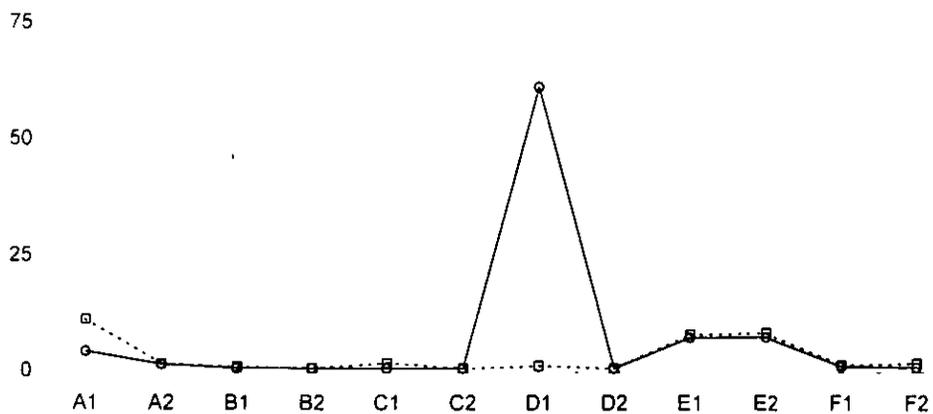
La variación espacial de las proporciones de nutrientes mostró amplias variaciones entre las dos capas de la columna de agua analizadas y entre las diferentes estaciones.

La proporción N:P (nitrógeno:fósforo), mostró valores inferiores a 16:1 (proporción de Redfield 16:1) en todos los casos, excepto en la estación D1 en la superficie donde alcanzó su valor más alto. Las menores proporciones N:P se encontraron en la superficie, en las estaciones B2, D2 y F2. La estratificación en la proporción N:P fue mayor en las estaciones D1 y F1 debido a las altas concentraciones tanto de nitrógeno inorgánico total como de silicato y fosfato en la superficie y bajas en el fondo en esas estaciones. El intervalo de proporciones para este sondeo fue de 1:1 a 18:1.

Figura 59 Variación del nitrógeno inorgánico total (A), silicato reactivo (B) y fósforo inorgánico (C), a 0.5 (—○—) y 10 (---□---) m de profundidad. Sondeo del emisor en el verano (16 de agosto de 1996).

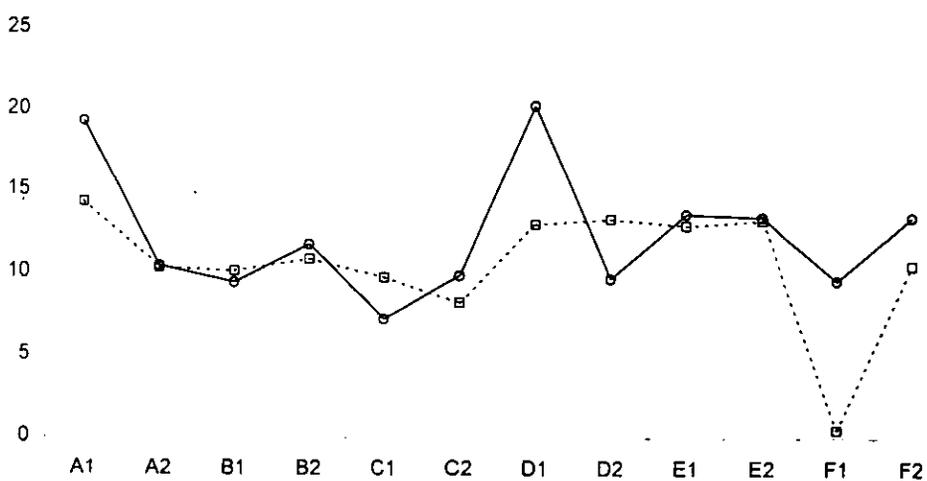
A

Nitrógeno inorgánico total  $\mu\text{M}$



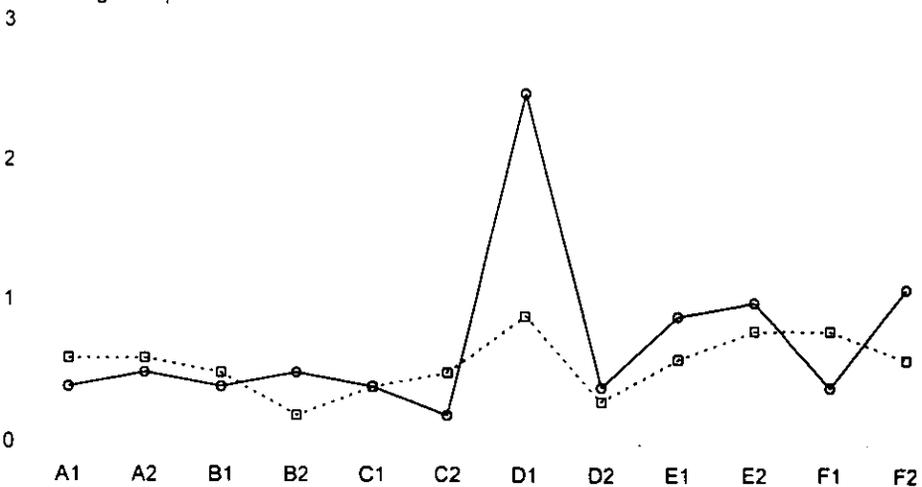
B

Silicato reactivo  $\mu\text{M}$



C

Fósforo inorgánico  $\mu\text{M}$



Con respecto a la proporción Si:P, las menores proporciones ocurrieron en las estaciones D1 en la superficie y F1 en el fondo, los valores fueron bajos en la mayor parte de los casos, solo en las estaciones A1 y C2 en la superficie y B2 y D2 en el fondo, las proporciones fueron mayores a 16:1. La estratificación con relación a la proporción Si:P mostró mayores variaciones entre la superficie y el fondo y entre estaciones que la proporción N:P, en ningún caso, la proporción fue de 16:1 (Proporción de Redfield Si:P 16:1). El intervalo para la proporción Si:P en este sondeo fue de 2:1 a 28:1.

La proporción Si:N mostró en la mayoría de los casos, valores altos de esta proporción, superiores a 1:1, las estaciones que tuvieron valores cercanos a la proporción 1:1 (proporción de Redfield) fueron las estaciones A1 y F1 en el fondo, D1 en la superficie y E1 y E2 en ambas capas de fondo y de superficie. Las mayores proporciones ocurrieron en las estaciones B2 y C2 en la superficie y el fondo; en la estación F2 en la superficie; en las estaciones D1 y D2 en el fondo. La estratificación más importante de esta proporción se observó en la estación D1, D2, F1 y F2. El intervalo de la proporción Si:N en este sondeo fue de 2:10 a 9:1.

### III.3.2.3 FITOPLANCTON

#### Fitoplancton total

Las variaciones de la densidad fitoplanctónica en las diferentes estaciones del sondeo del verano mostraron rasgos relevantes en las estaciones D1 y E1, ya que fue donde se observaron las mínimas densidades de fitoplancton total (Fig. 60 A). Las máximas densidades se mostraron en las estaciones A1 y C2 en la superficie y en las estaciones B2 y C1 en el fondo. La estratificación fue más importante en las estaciones D1, E1, F1 y F2 con una diferencia entre las dos capas de  $3$  a  $5.8 \times 10^5$  cél/l, así como en la estación A1 con una diferencia de  $1.26 \times 10^6$  cél/l entre la superficie y el fondo. El intervalo de densidad fitoplanctónica en este sondeo fue de  $3.6 \times 10^3$  a  $1.49 \times 10^6$  cél/l.

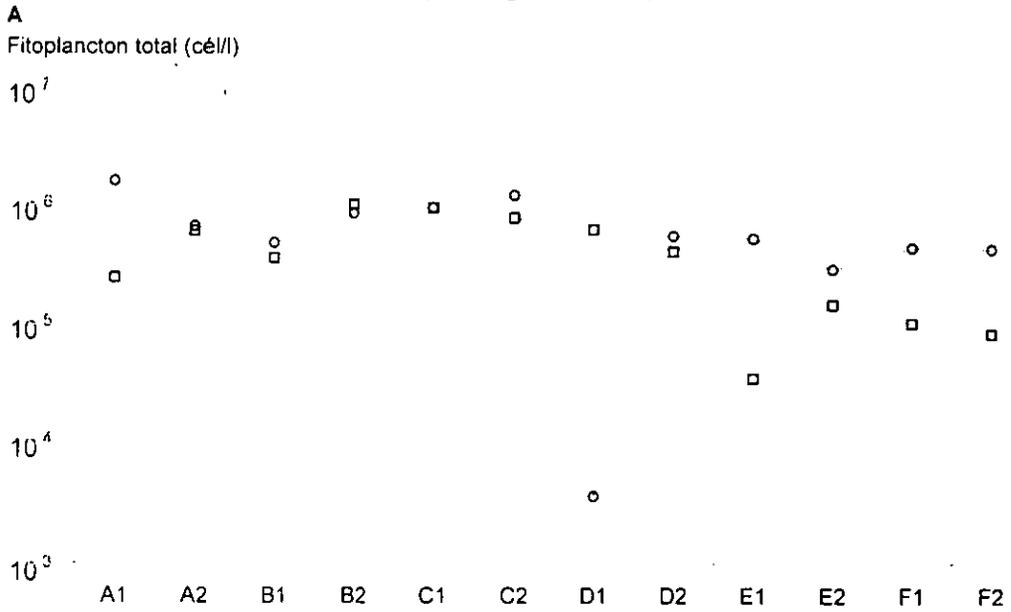
Los picos mínimos en las estaciones D1 y E1 indican la influencia de las aguas de descarga del emisor ya que fueron estaciones con los mayores niveles de nutrientes en este sondeo.

#### Abundancia relativa y general por grupo

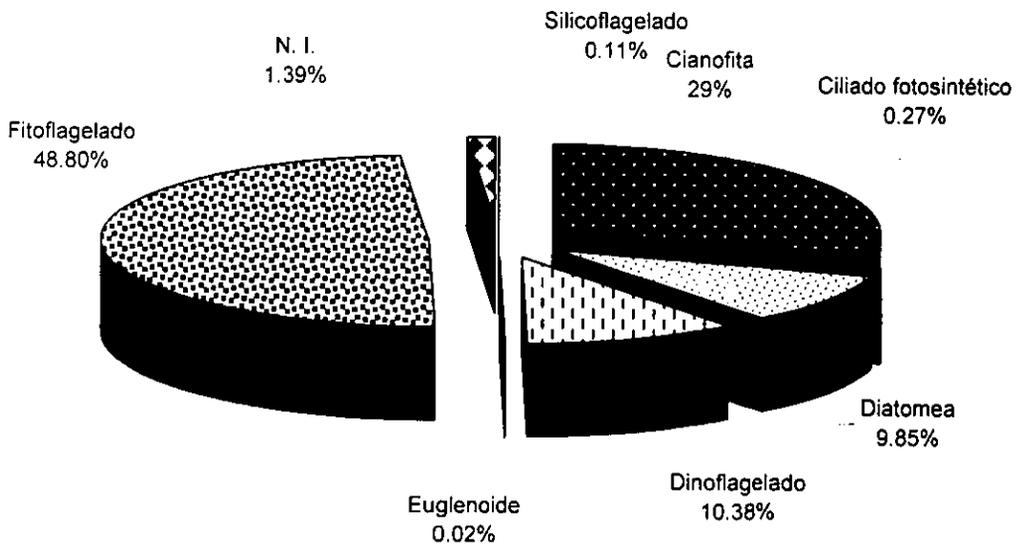
Los grupos representados en este sondeo de verano fueron, en orden de importancia los siguientes:

Los fitoflagelados n. i. contribuyeron a la comunidad fitoplanctónica con el 48.8%, cianofitas con el 29%, dinoflagelados con el 10.38%, diatomeas con el 9.85%, células n. i. con el 1.39%, ciliado fotosintético *Mesodinium rubrum* 0.27%, silicoflagelados con el 0.11% y por último euglenoides con el 0.02% (Fig. 60 B)

Figura 60 Variación espacial del fitoplancton total (A) y abundancia relativa general por grupo (B) a 0.5 (\_O\_) y 10 (---) m de profundidad. Sondeo del emisor de verano (16 de agosto de 1996).



**B**  
Abundancia relativa general por grupo



## Composición y abundancia de las comunidades fitoplanctónicas por grupos taxonómicos

### Grupos Principales

#### Fitoflagelados

La densidad de los fitoflagelados n. i. en la superficie fue relativamente uniforme en todas las estaciones excepto en la estación D1, donde estuvieron ausentes (Fig. 65 A). En el fondo, al igual que en la superficie, la densidad en la mayoría de las estaciones fue constante, excepto en las estaciones E1, E2, F1 y F2, donde se observó disminución. La estratificación, por lo tanto, se observó en las estaciones mencionadas, la mayor se presentó en la estación D1 entre el fondo y la superficie y en la F2 entre la superficie y el fondo con una diferencia de  $3 \times 10^5$  cél/l. El límite superior del intervalo de densidad de los fitoflagelados n. i. en este sondeo fue de  $8.7 \times 10^5$  cél/l.

#### Cianofitas

Las menores densidades de este grupo se presentaron en la superficie en la estación A2, D1 y F2 y en el fondo en la estación E1 (Fig. 61 B). Las mayores se observaron en las estaciones A1, B2, C1 y C2. Se observó estratificación en las estaciones A2, D1 con diferencias de  $1.8 \times 10^5$  cél/l. El intervalo de densidad de las cianofitas para este sondeo fue de  $9 \times 10^2$  a  $5.8 \times 10^5$  cél/l.

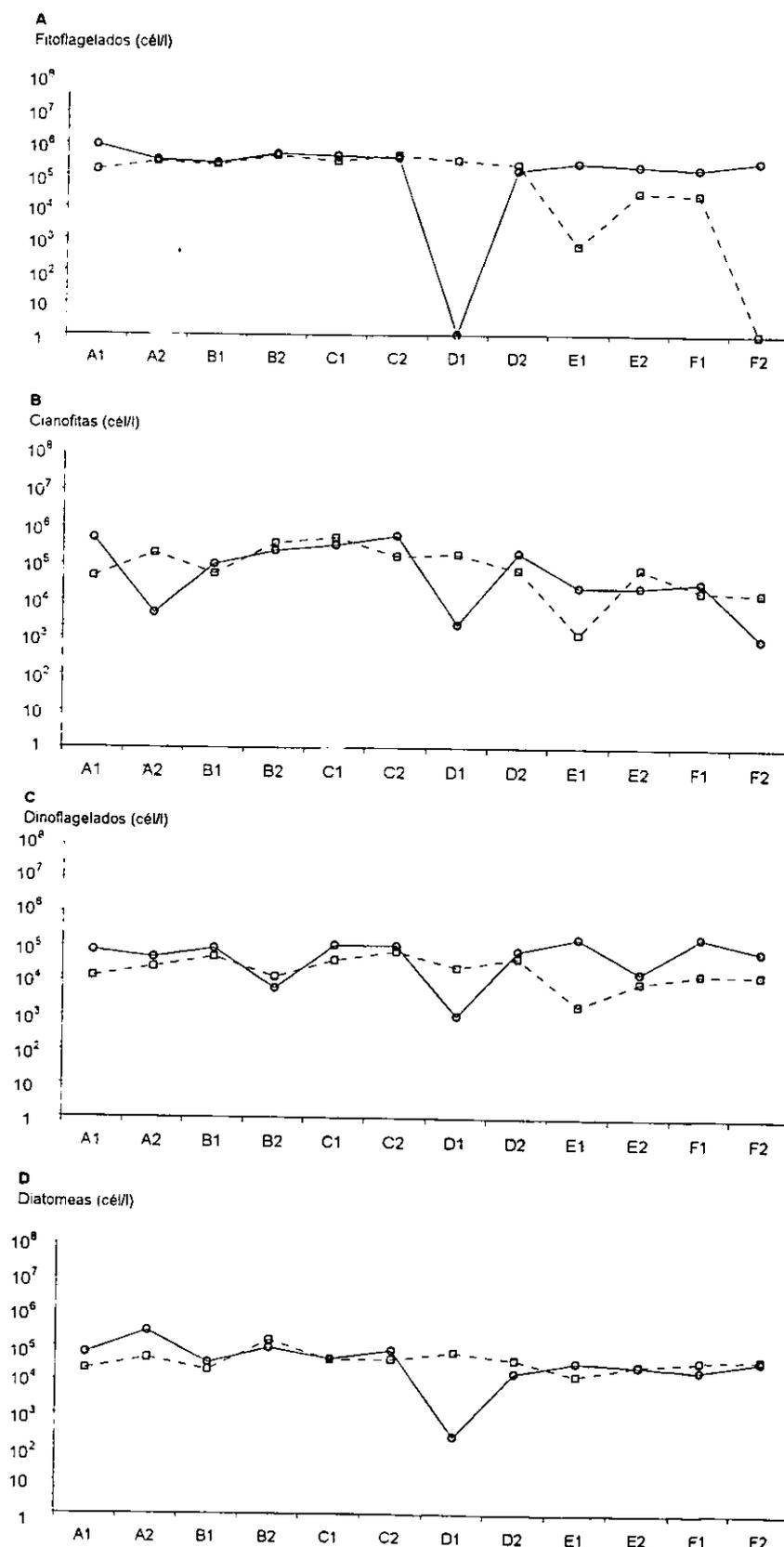
#### Dinoflagelados

Las menores densidades de este grupo se observaron generalmente en el fondo, excepto en la estación B2 y D1 donde se encontró menor densidad en la superficie (Fig. 61 C). Las densidades más altas se observaron en la superficie en las estaciones cercanas a la orilla, excepto en la estación D1 donde la densidad fue la menor del sondeo. El intervalo de densidad de este grupo fue de  $1 \times 10^3$  a  $1.9 \times 10^5$  cél/l.

#### Diatomeas

La densidad de las diatomeas en el fondo no mostró variaciones relevantes (Fig. 60 D). En la superficie se observó un pico máximo en la estación A2 y uno mínimo en la estación D1, puntos donde se observó estratificación, en el resto de las estaciones no hubo diferencias importantes de densidad entre ambas capas. El intervalo de densidad de las diatomeas fue de  $2 \times 10^2$  a  $2.68 \times 10^5$  cél/l.

Figura 61 Variación espacial de la abundancia del grupo de los fitoflagelados (A), cianofitas (B), dinoflagelados (C) y diatomeas (D), a 0.5 (—○—) y 10 (---□---) m de profundidad. Sondeo del emisario del verano (16 de agosto de 1996).



## **Grupos Secundarios**

### **Ciliado fotosintético *Mesodinium rubrum***

La densidad de este ciliado mostró gran variación entre estaciones y entre las dos capas analizadas (Fig. 62 B). Las menores densidades se presentaron en las estaciones D1 y F1 en la superficie y en la estación E2 y F2 en el fondo donde este grupo estuvo ausente. Las mayores en el fondo en la estación B2 y en la superficie en D2 y E2. El límite superior del intervalo de densidad de *M. rubrum* en este sondeo fue de  $7.35 \times 10^3$  cél/l.

### **Silicoflagelados**

La abundancia de este grupo fue muy variable, se encontró ausente en todas las estaciones en una o en ambas profundidades, excepto en A1, A2, E1 y F2, estaciones donde se observaron densidades relativamente altas en ambas capas (Fig. 62 C). La estratificación fue importante en la estación B2, C2, D1, D2, E2 y F1, con diferencias de  $1 \times 10^2$  a  $1 \times 10^3$  cél/l.

El límite superior del intervalo de densidad de los silicoflagelados en este sondeo fue de  $7.35 \times 10^3$  cél/l.

### **Euglenoides**

La presencia de los euglenoides se redujo a  $2.8 \times 10^3$  cél/l en la estación D2 y de  $2 \times 10^2$  cél/l en la estación E1 en la superficie (Fig. 62 D).

### **Riqueza específica**

El número de especies se caracterizó por no mostrar variaciones relevantes, solo se presentaron dos picos, uno mínimo en la superficie en la estación D1 y otro máximo en la estación D2 (Fig. 63 A). La mayor riqueza de especies se observó en la superficie y la menor en el fondo, excepto en las estaciones D1 y D2 donde se encontró estratificación con una diferencia de especies de 21 y 23 especies, respectivamente. El intervalo del número de especies en este sondeo fue de 7 a 60 especies.

### **Diversidad**

Los menores índices de diversidad se presentaron en la estación C1 en el fondo y en la D1 en la superficie (Fig. 63 B). El mayor índice fue obtenido de la estación D2 en la superficie. Se observaron menores variaciones en el índice de diversidad tanto en la superficie como a 10 m de profundidad, en las estaciones localizadas en el lado sureste del cerro del Crestón, estaciones A2, B1, B1, C1 y C2, que en el resto de las estaciones donde este índice fue muy variable. El intervalo para el índice de diversidad fue de 1.8 a 4.

Figura 62 Variación espacial de las células no identificadas (A), ciliado fotosintético *Mesodinium rubrum* (B), silicoflagelados (C) y euglenoides (D), a 0.5 (—) y 10 (---) m de profundidad.  
 Sondeo del emisor del verano (16 de agosto de 1996).

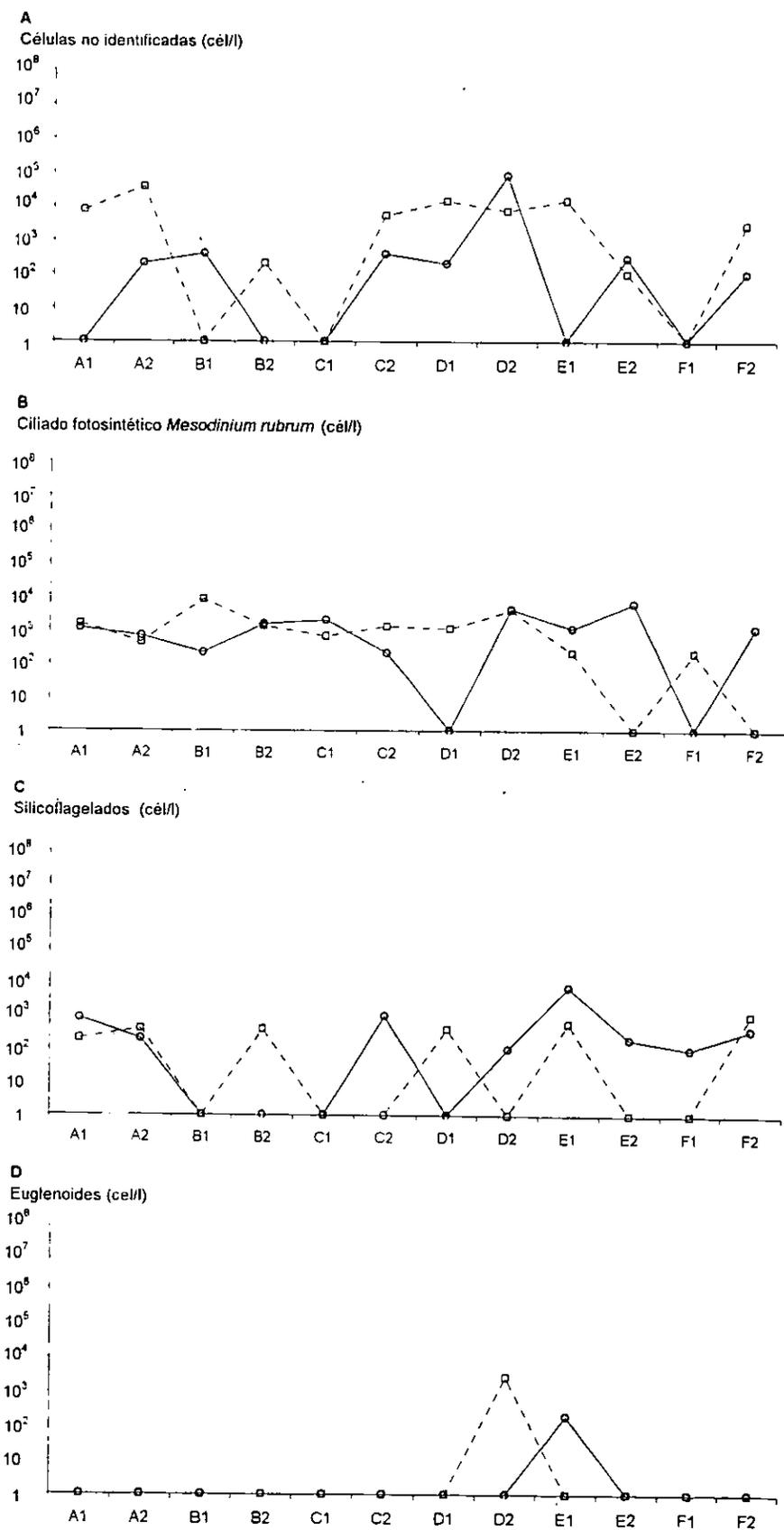
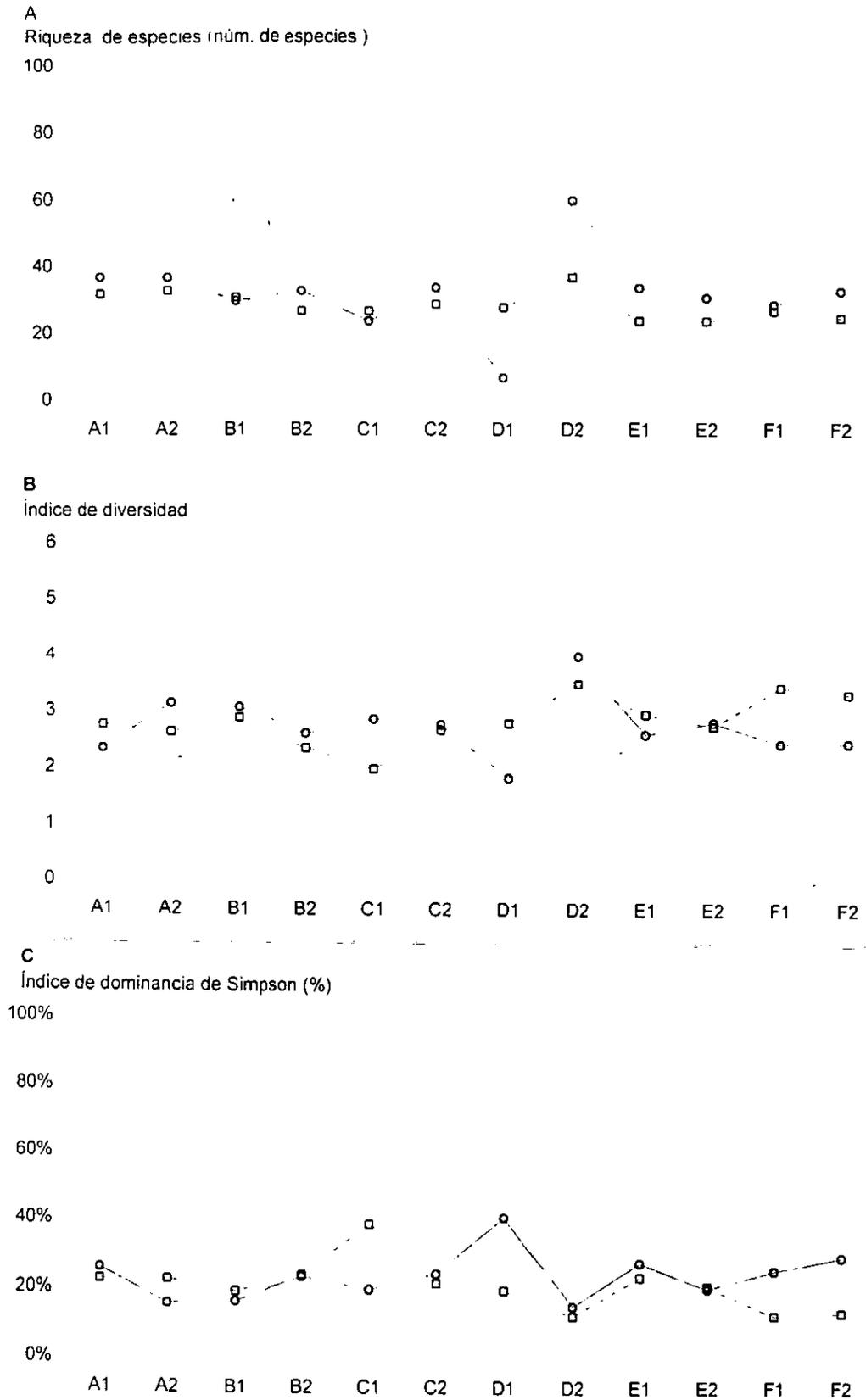


Figura 63 Riqueza de especies (A), índice de diversidad de Shannon-Weiner (B) e índice de dominancia de Simpson (C), a 0.5 (—○—) y 10 (---□---) m de profundidad. Sondeo del emisor del verano (16 de agosto de 1996).



## **Dominancia**

La dominancia, como expresión de la diversidad, mostró menores valores en la superficie en las estaciones del lado sureste del Crestón y en el fondo en el lado noroeste del mismo (Fig. 63 C). Se observaron dos picos máximos de dominancia, en la estación C1 del 38% en el fondo y en la D1 del 41% en la superficie, dos picos menores en la F1 y F2, igualmente en la superficie. El intervalo del índice de dominancia para este sondeo fue de 12 al 41%.

## **Composición de la comunidad fitoplanctónica por especie**

Las especies que estuvieron presentes en todas las estaciones, ya sea en la superficie o a 10 metros de profundidad, se consideraron como especies permanentes en este sondeo de verano y se expusieron en la tabla 49. Las especies encontradas en más del 20% de las estaciones, se consideraron especies frecuentes y se expusieron en la tabla 50. Por otra parte, las especies presentes en menos del 20% de las estaciones del sondeo se expusieron en la tabla 51.

## **Análisis comparativo entre las estaciones en función de la presencia de especies**

Las estaciones con mayor similitud fueron las estaciones B2S, C1S, C2F, C2S E2F, D2F y F2S con porcentajes de similitud entre 79 y 85% (Fig. 64 A). Las estaciones A1S, D1F y E2S resultaron parecidas a las anteriores, por otro lado se formó un clúster con las estaciones A1F, A2F y C1F las cuales guardan similitud con el primer grupo de estaciones. Las estaciones más alejadas fueron la A2S y la B1S por un lado y por el otro lado, se formó un grupo de estaciones con menor similitud y además variable de 77.5 a 69.4% donde se encontraron las estaciones F1F, F2F, E1S, E1F, F1S, D1S y D2S.

## **Análisis comparativo de las estaciones de colecta en función de la abundancia de especies**

En su mayoría, las estaciones mostraron similitud mayor al 92% en función de la abundancia de las especies (Fig. 64 B). Las estaciones con menor porcentaje de similitud entre 56 y 71% fueron las estaciones F2F, E1F y D1S.

## **Asociación entre especies**

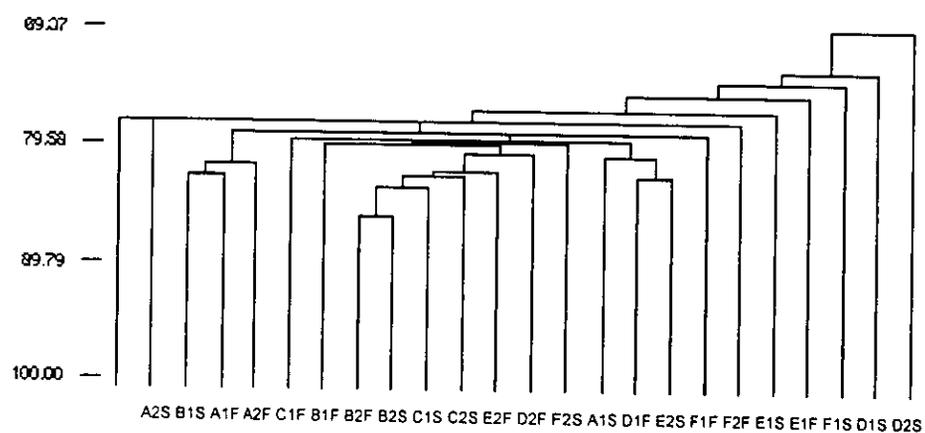
El análisis de asociación entre las especies dominantes de este sondeo (Tabla 52), según el índice general promedio de Picard (1965), se realizó mediante tablas de contingencia 2x2, los resultados se exponen en la tabla 53. Las asociaciones significativas al 95% de confianza, fueron las siguientes:

La cianofita *Chroococcus* sp. mostró asociación negativa con *Chroococcus* spp. y positiva con el grupo de fitoflagelados n. i..

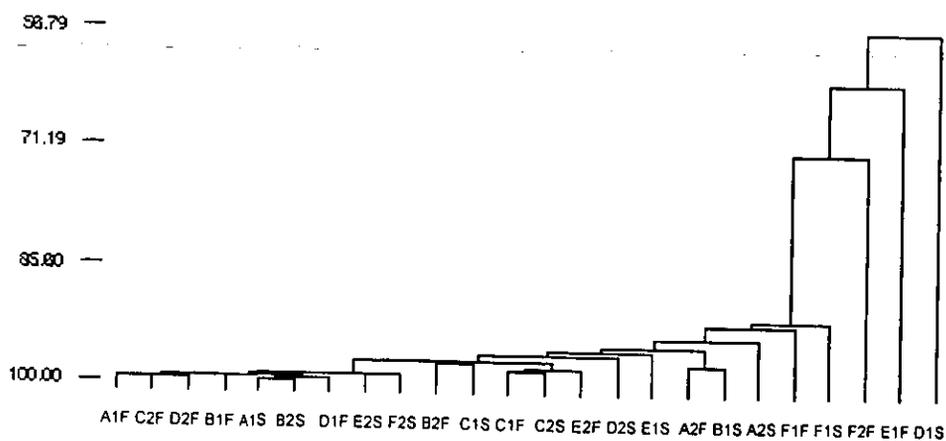
La diatomea *Cyclotella* sp. estuvo asociada a *Hemiaulus hauckii* y *Nitzschia closterium*.

Figura 64 Comparación de estaciones de colecta en función de la presencia (A) y de la abundancia (B) de las especies, a 0.5 (S) y 10 (F) m de profundidad.  
 Sondeo del emisor del verano (16 de agosto de 1996).

**A**  
 En función de la presencia



**B**  
 En función de la abundancia



Por su parte *Hemiaulus hauckii* se asoció a *Nitzschia closterium*.

La presencia del dinoflagelado desnudo *Amphidinium* sp. y *Gyrodinium* sp. se asoció al grupo de fitoflagelados n. i..

### Relaciones fitoplancton-hidrología

La búsqueda de relaciones entre la abundancia de las especies dominantes (Tabla 52) y las variables de calidad de agua elegidas, se realizó mediante un análisis de componentes principales. El primer factor explicó el 22% de la varianza total, el segundo factor el 13% y el tercero el 11%, la distribución del resto de la varianza requirió de 18 factores (Tabla 54).

En el factor 1 se relacionaron negativamente el fosfato, el nitrógeno inorgánico total, los sólidos suspendidos, positivamente el oxígeno y el porcentaje de saturación con el aumento de la abundancia de *Chroococcus* sp., *Gymnodinium* sp. y *Nitzschia closterium* sp.

En el factor 2 se relacionaron negativamente la salinidad, sigma-t y los silicatos explicando la disminución de la abundancia del grupo de fitoflagelados n. i. y el aumento de *Prorocentrum triestinum*.

En el factor 3 se asoció negativamente la temperatura con la disminución de la abundancia de *Gyrodinium* sp., *Hemiaulus hauckii*, *Cyclotella* sp., *Anabaena* sp. y *Protopteridinium* sp. También explicó el aumento de la abundancia de las células no identificadas, *Chroococcus* spp. y *Amphidinium* sp.

La figura 65 A muestra un grupo de las variables relacionadas en el factor 2, otro grupo lo formaron especies relacionadas en el factor 1 y 2 junto con las variables relacionadas positivamente en el factor 2. Otro grupo de especies asociadas en el factor 3, por último, las variables asociadas negativamente en el factor 1.

En la figura 65 B se observó una formación de puntos rodeando al centro, en él, solo una especie explicada con bajo coeficiente de correlación con el factor 3 y otra especie explicada con el factor 2. Algunos grupos que se formaron fueron: el de las variables y especies relacionadas en el factor 1, otro de la variable y especies asociadas negativamente con el factor 3, así como las explicadas positivamente con el mismo.

En la figura 65 C, se formaron pequeños grupos de variables y especies explicadas con los factores 2 y 3, un grupo mayor formado por las variables y especies explicadas con el factor 1.

### Especies dominantes

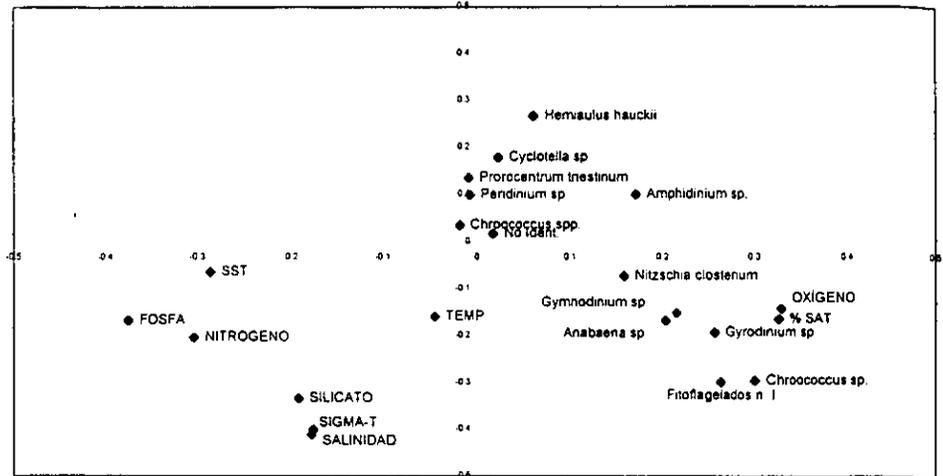
Las especies dominantes se determinaron a partir del promedio de las densidades en las dos capas de la columna de agua analizadas, se mencionan las cinco especies con mayor abundancia relativa para cada estación.

En la estación A1, la especie dominante fue el grupo de fitoflagelados n. i. con el 59%, la cianofita *Chroococcus* sp. con el 30% y con menos del 2% estuvo presente *Gyrodinium* sp., *Gymnodinium* sp. y *Navicula* sp.

Figura 65 Análisis de componentes principales (PCA) de la abundancia de las especies dominantes y las variables de calidad de agua en el sondeo del emisor del verano (16 de agosto de 1996).

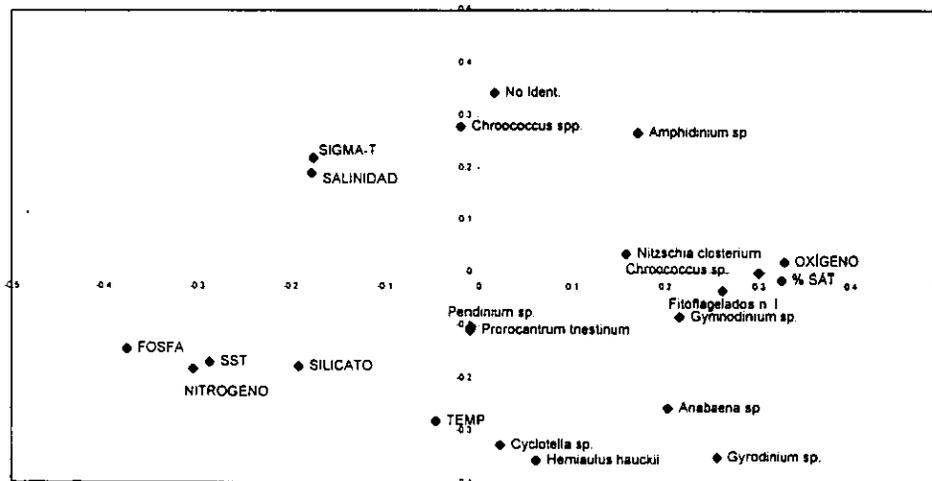
A

Factor 1 vs. factor 2



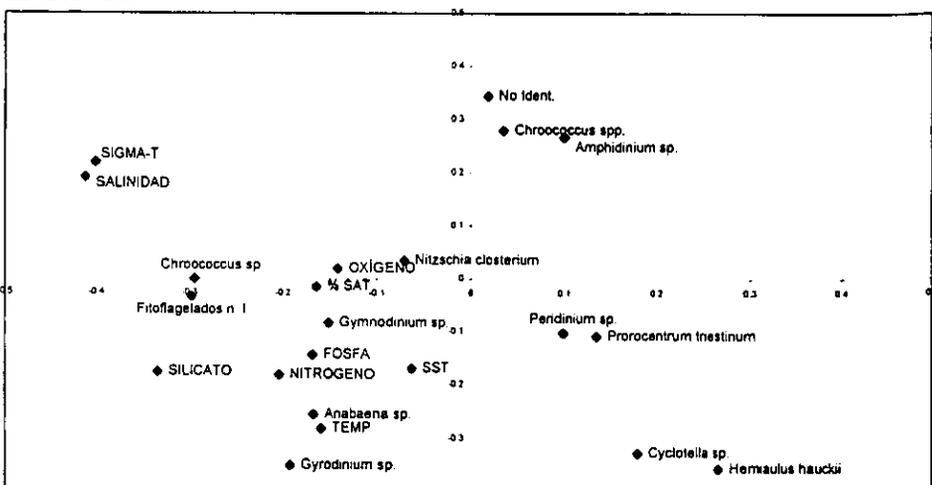
B

Factor 1 vs. factor 3



C

Factor 2 vs. factor 3



En la estación A2, la especie dominante fue el grupo de los fitoflagelados n. i. con el 48%, *Chroococcus* sp. con el 16%, *Hemiaulus hauckii* con el 13%, *Cyclotella* sp. con el 7%.

En la estación B1 dominó con el 57% el grupo de los fitoflagelados n. i., con el 11% *Chroococcus* sp., y con menos del 7% *Chroococcus* sp., *Amphidinium* sp. y *Gymnodinium* sp.

En la estación B2 dominó el grupo de fitoflagelados n. i. con el 51%, *Chroococcus* sp. con el 34%, estuvo presente *Nitzschia closterium* con el 8% y con menos del 2% *Nitzschia* spp. y *Hemiaulus* sp.

En la estación C1 la especie dominante fue *Chroococcus* sp. con el 47%, el grupo de fitoflagelados n. i. con el 35%, con menos del 5% estuvo presente *Phaeocystis* sp, *Gymnodinium* sp. y *Amphidinium* sp.

En la estación C2 las especies que dominaron fueron el grupo de fitoflagelados n. i. con el 44% y *Chroococcus* sp. con el 34%, se encontró presente con menos del 6% la cianofita *Anabaena* sp., *Gyrodinium* y *Gymnodinium* sp.

En la estación D1, la especie dominante fue el fitoflagelado n. i. con el 51%, *Chroococcus* sp. con el 30%, con menos del 6% se presentó *Nitzschia* sp., células no identificadas y *Thalassiosira* sp.

En la estación D2, las especies dominantes fueron el grupo de fitoflagelados n. i. con el 40% y *Chroococcus* sp. con el 28%, con menos del 10% estuvieron presentes células no identificadas, *Amphidinium* sp. y *Hemiaulus hauckii*.

En la estación E1 la especie dominante fue el grupo de los fitoflagelados n. i. con el 48%, *Protoperidinium* sp. con el 18% y con menos del 9% estuvieron presente *Protoperidinium bipes*, *Protoperidinium* sp. y *Chroococcus* sp.

En la estación E2 la especie dominante fue el grupo de fitoflagelados n. i. con el 56% y con el 21% *Chroococcus* sp.,. Con menor porcentaje del 4% se presentaron las diatomeas *Nitzschia* sp. y *Thalassionema nitzschioides* y la cianofita *Anabaena* sp.

En la estación F1 las especies dominantes fueron el grupo de fitoflagelados n. i. con el 58%, *Prorocentrum* sp. y *Protoperidinium* sp. Con menos del 10% estuvieron presentes la cianofita *Chroococcus* sp. y el dinoflagelados desnudo *Amphidinium* sp.

En la estación F2, la especie dominante fue nuevamente el grupo de fitoflagelados n. i. con el 59%, con menos del 8% se presentó *Prorocentrum triestinum*, *Gymnodinium* sp., *Cyclotella* sp. y *Nitzschia* spp

#### III.4.1 ESPECIES FORMADORAS DE MAREAS ROJAS

Para analizar las variaciones de las especies formadoras de mareas rojas durante el período de estudio, se tomaron los datos que resultaron de las estaciones 1 y 2 en muestras mensuales y durante períodos de mareas rojas, en la superficie, a 5 y a 10 metros de profundidad del 9 de febrero de 1995 al 12 agosto de 1996.

Las especies formadoras de mareas rojas en la bahía de Mazatlán, según Cortés-Altamirano (1998b), se presentan en la tabla 55.

### III.4.1.1 ABUNDANCIA

#### *Mesodinium rubrum*

Esta especie se consideró como especie permanente ya que estuvo presente al menos en una muestra, en todas las fechas analizadas (Tabla 56). También se consideró como especie dominante, ya que su dominancia fue mayor al 1%, según el índice de dominancia general promedio de Picard (1965) con el 2.8% (Tabla 59). La abundancia de *M. rubrum* fue muy variable con respecto a la columna de agua, en las dos estaciones y además hubo diferencias interanuales importantes (Fig. 66 A).

Tanto los mínimos como los máximos, se observaron en todas las estaciones del año. Se mostraron diferencias interanuales en la abundancia en la estación 1, de 1996 con respecto a 1995, ya que solo estuvo ausente en marzo de 1995, mientras que fue más frecuente encontrar ausencias de esta especie principalmente en primavera-verano de 1996, mostrando por lo tanto, mayor variabilidad sobre todo en la estación 1. Los límites superiores del intervalo de la abundancia para la estación 1 fue de  $8.6 \times 10^4$  cél/l y para la estación 2 de  $9.5 \times 10^4$  cél/l.

#### *Gymnodinium catenatum*

Considerada en este estudio como una especie frecuente (Tabla 57) al encontrarse al menos en una muestra de más del 20% de las fechas de colecta. También se consideró como especie dominante según el índice general promedio con 1.8% (Tabla 59).

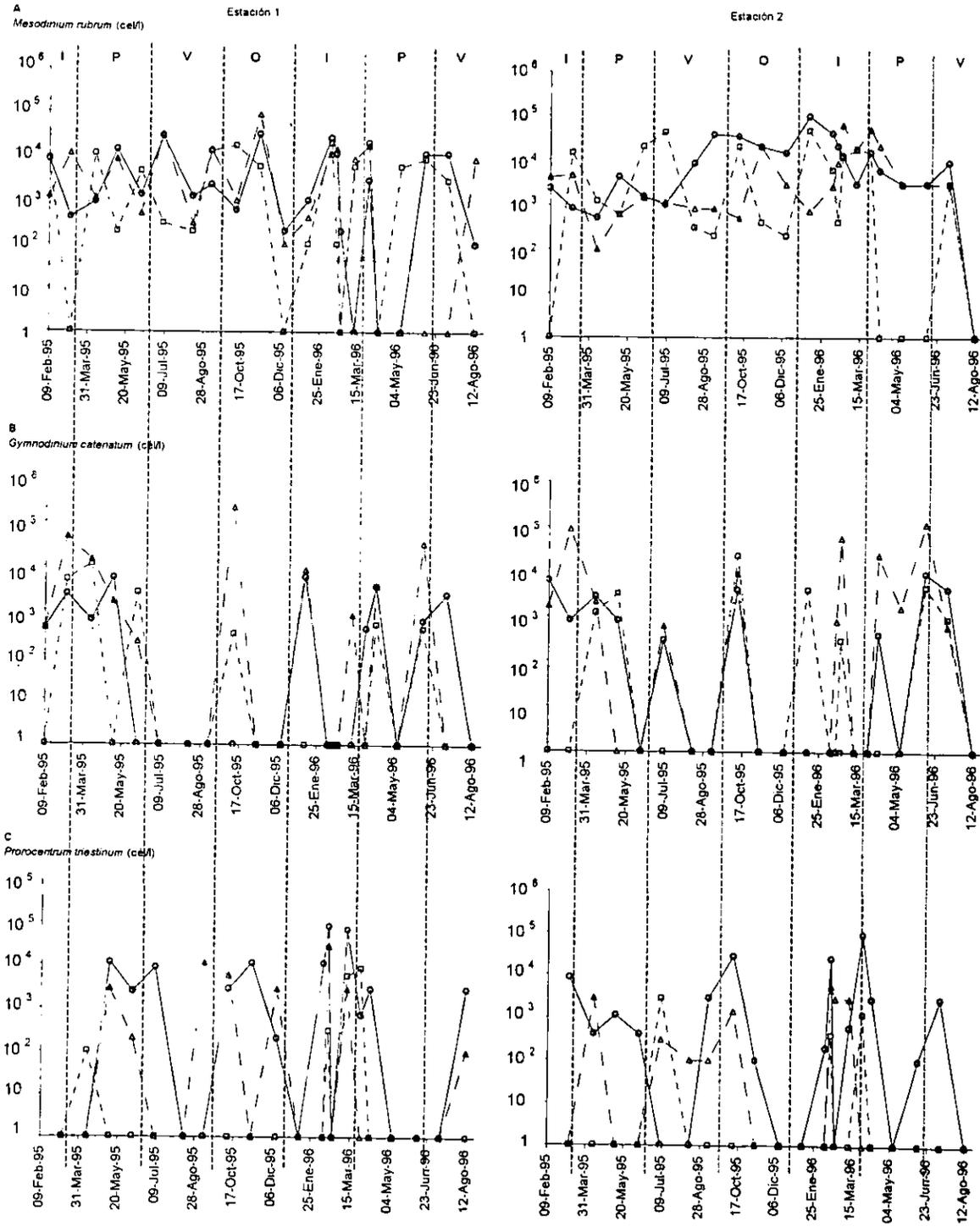
Este dinoflagelado desnudo mostró variaciones estacionales en su abundancia, con mínimos al final del invierno, verano y otoño (Fig. 66 B). Los picos máximos se presentaron en invierno-primavera-verano, y a mediados de otoño. La distribución vertical fue muy variable, se presentó en todas las fechas, excepto en octubre en la estación 2. Las diferencias más importantes entre las dos estaciones fueron las altas densidades de esta especie en el verano en la estación 2. El límite superior de la abundancia de *G. catenatum* en la estación 1 fue de  $2.2 \times 10^5$  cél/l y para la estación 2 de  $1.2 \times 10^5$  cél/l.

#### *Prorocentrum triestinum*

Esta especie se consideró como una especie frecuente ya que estuvo presente en más del 20% de las fechas de colecta (Tabla 57). Además mostró un índice de dominancia general promedio de 1.1%, por lo tanto se consideró especie dominante en el presente estudio (Tabla 59).

Este dinoflagelado tecado se distribuyó con cierta tendencia estacional con diferencias interanuales en su abundancia (Fig. 66 C). En 1995 los máximos se presentaron en primavera-verano y otoño, en 1996 en invierno-primavera y verano en ambas estaciones. Las máximas densidades se presentaron en invierno-primavera de 1996. La estratificación se observó en todas las fechas, encontrándose las máximas densidades en la superficie y las mínimas en el fondo. El límite superior del intervalo de densidad de *P. triestinum* fue de  $8.4 \times 10^4$  cél/l para la estación 1 y de  $9.5 \times 10^4$  cél/l para la 2.

Figura 66 Variación de la abundancia de las especies formadoras de mareas rojas: *Mesodinium rubrum* (A), *Gymnodinium catenatum* (B) y *Prorocentrum triestinum* (C) en las estaciones 1 y 2 a 0.5, 5, 10 y 100 m de profundidad. Período de estudio, febrero 1995 a agosto 1996



### ***Scrippsiella trochoidea***

Esta especie se consideró en este estudio como una especie frecuente ya que estuvo presente en más del 20% de las fechas de colecta (Tabla 57). Las máximas densidades se observaron en la superficie, las mínimas en media agua y el fondo (Fig. 67 A). La abundancia de este dinoflagelado tecado mostró importancia solo hasta octubre de 1995 en la estación 1, el resto del periodo de estudio, estuvo ausente.

Hubo diferencias interanuales en la estación 1, esta especie se presentó desde el inicio del estudio hasta febrero de 1996. En la estación 2, se observó durante el principio del periodo de estudio y hasta enero de 1996, además de un pico máximo solitario el 12 de agosto de 1996, fecha muy próxima a la marea roja del 19 de agosto de 1996, la cual fue dominada por esta especie (ver apartado III.2.3). El límite superior de la densidad de *S. trochoidea* para la estación 1 fue de  $7 \times 10^4$  cél/l y para la estación 2 de  $3.9 \times 10^4$  cél/l.

### ***Prorocentrum dentatum***

Considerada como una especie frecuente en este estudio ya que estuvo presente en más del 20% de las fechas de colecta (Tabla 57).

Este dinoflagelado tecado mostró abundancias mínimas en el fondo en el invierno y máximas en la superficie y media agua en la primavera, picos menores de abundancia se presentaron en el otoño (Fig. 67 B). Las diferencias interanuales más importantes fueron la mayor abundancia de *P. dentatum* en el verano en 1996 que en 1995 en la estación 1 y la mayor presencia de esta especie en primavera-verano de 1996 que en 1995 en la estación 2.

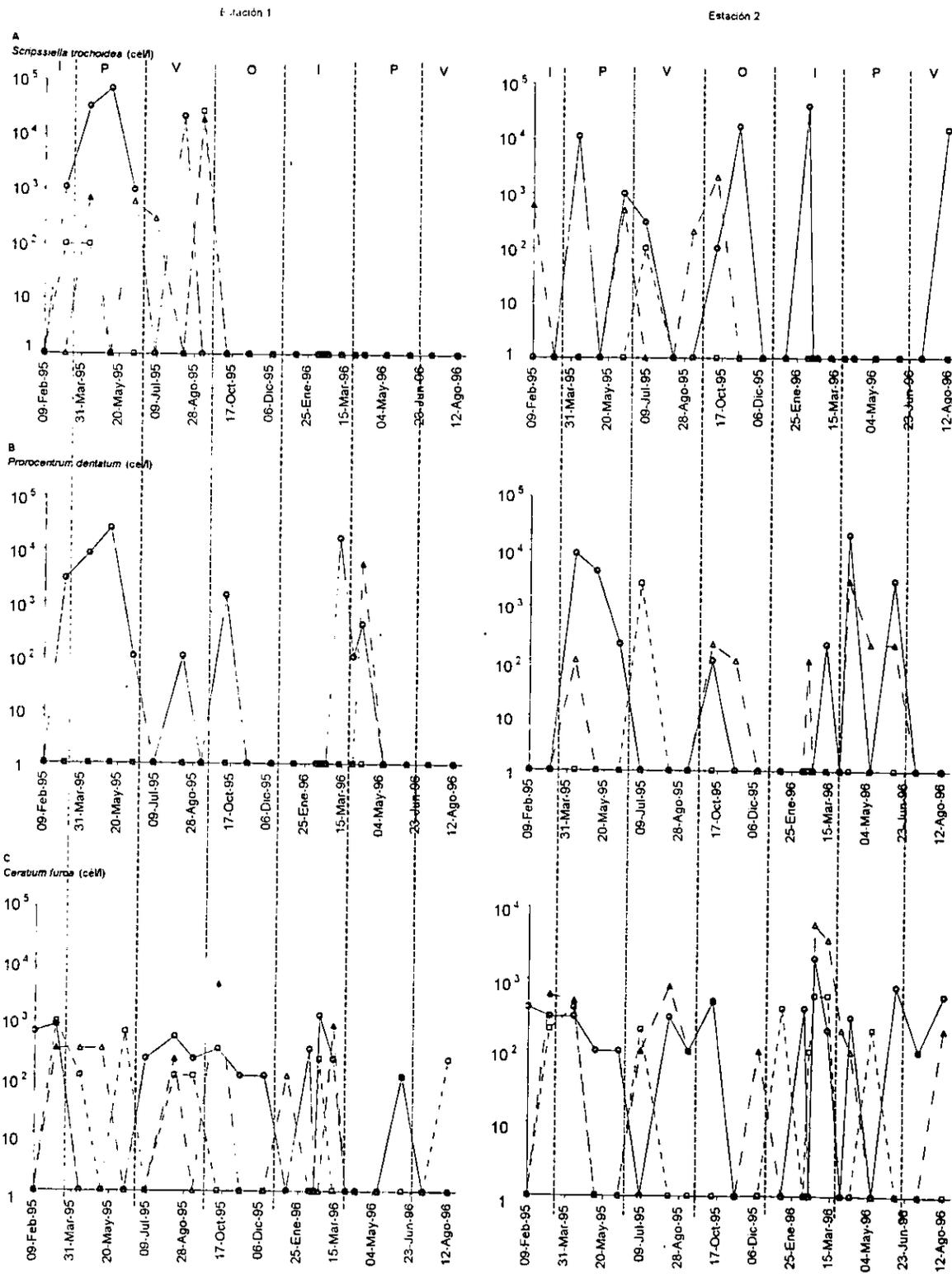
Las diferencias que se observaron entre las dos estaciones fue la mayor abundancia en la superficie en la estación 1, mientras en la estación 2, la mayor se encontró en la superficie y media agua. La estratificación, por consiguiente, fue más importante en la estación 1 que en la 2. El intervalo de densidad de *P. dentatum* en la estación 1 fue de  $2.5 \times 10^4$  cél/l y en la estación 2 de  $1.96 \times 10^4$  cél/l.

### ***Ceratium furca***

Esta especie fue una especie permanente, se presentó en todas las fechas, al menos en una muestra (Tabla 56).

Este dinoflagelado mostró abundancia muy variable, su presencia se observó durante todo el periodo de estudio, excepto en marzo y abril de 1996 en la estación 1 (Fig. 67 C). La abundancia mínima se presentó en las diferentes profundidades en todas las fechas y las máximas en octubre y en las fechas de marea roja del 22 de febrero y 11 de marzo de 1996 (Ver apartado III.2.2 Mareas rojas invierno-primavera de 1996). Las diferencias interanuales y entre estaciones fue una menor presencia de esta especie en la estación 1 en la temporada primavera-verano de 1996 que en la misma temporada en 1995. Además de la mayor abundancia en la estación 2 que en la 1. Se observó estratificación en la densidad de células en todo el ciclo. El límite superior de la abundancia de *C. furca* en la estación 1 fue de  $4.3 \times 10^3$  cél/l y en la estación 2 de  $5.9 \times 10^3$  cél/l.

Figura 87 Variación de la abundancia de las especies formadoras de mareas rojas: *Scrypsella trochoidea* (A), *Prorocentrum dentatum* (B) y *Ceratium furca* (C) en las estaciones 1 y 2 a 0.5, 1, 5 (—○—) y 10 (---□---) m de profundidad. Periodo de estudio, febrero 1995 a agosto 1996.



### ***Ceratium dens***

Esta especie fue considerada como rara al encontrarse en menos del 20% de las fechas de colecta (Tabla 58)

Su presencia fue muy irregular, en la estación 1 se observó en el fondo en abril de 1995 y en la estación 2 en marzo de 1995 y enero de 1996 en media agua y en el fondo en marzo de 1996 (Fig. 68 A). El límite superior de la densidad de *C. dens* en las dos estaciones fue de  $2 \times 10^2$  cél/l.

### ***Gymnodinium sanguineum***

Se consideró especie rara al presentarse en menos del 20% de las fechas de colecta (Tabla 58).

Se observó en la estación 1 el 8 de septiembre de 1995 en la superficie y media agua y en la estación 2 el 9 de febrero de 1995 en la superficie y media agua y el 11 de noviembre de 1996 en las tres profundidades (Fig. 68 B). El límite superior del intervalo de densidad para la estación 1 fue de  $1 \times 10^2$  cél/l y para la estación 2 de  $2.8 \times 10^3$  cél/l.

### ***Noctiluca scintillans***

Otra especie formadora de mareas rojas considerada como especie frecuente en este estudio, ya que estuvo presente en más del 20% de las fechas de colecta (Tabla 57).

Esta especie tuvo mayor presencia que *C. dens* y *G. sanguineum*. *N. scintillans* se observó en la temporada invierno-primavera y en el otoño, ausente en el verano (Fig. 68 C). La diferencia interanual y entre estaciones fue: que en la estación 1, se encontró mayor presencia en el invierno de 1996 que de 1995 y con respecto a la estación 2. El límite superior para la densidad de *N. scintillans* en la estación 1 fue de  $2.8 \times 10^3$  y en la estación 2 de  $2 \times 10^2$  cél/l.

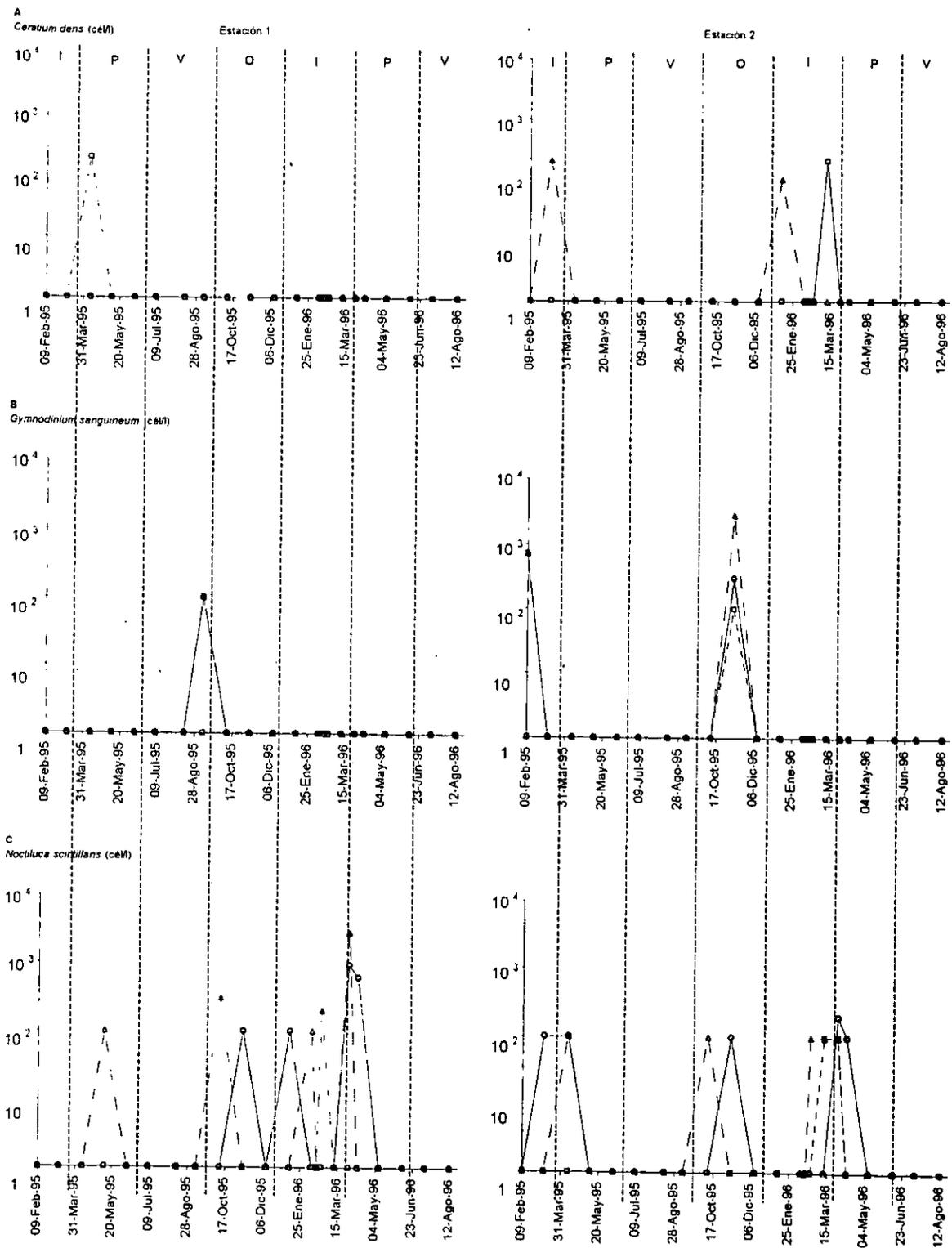
## **III.4.1.2 RELACIONES DE ESPECIES FORMADORAS DE MAREAS ROJAS-CALIDAD DEL AGUA**

Para la búsqueda de relaciones entre la abundancia de estas especies formadoras de mareas rojas (Tabla 55) y las variables de calidad de agua consideradas en este estudio, se realizó un análisis de componentes principales (PCA) con tres factores, el primero explicó el 21%, el segundo el 10% y el tercer factor el 9% de la varianza total (Tabla 60).

En el factor 1 se relacionaron positivamente el porcentaje de saturación, oxígeno disuelto y temperatura, negativamente sigma-t, fosfato, salinidad, sólidos suspendidos totales y nitrógeno inorgánico total con la abundancia de *Gymnodinium sanguineum* con bajo coeficiente de correlación.

En el segundo factor se relacionó positivamente sigma-t, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación, negativamente el silicato con el aumento de la abundancia de los dinoflagelados te-

Figura 68 Variación de la abundancia de las especies formadoras de mareas rojas: *Ceratium dens* (A), *Gymnodinium sanguineum* (B) y *Noctiluca scintillans* (C) en las estaciones 1 y 2 a 0.5 (○), 5 (□) y 10 (---) m de profundidad. Período de estudio, febrero 1995 a agosto 1996



cados *Prorocentrum dentatum*, *Scrippsiella trochoidea* y *Prorocentrum triestinum*, además con bajo coeficiente de correlación la abundancia de *Noctiluca scintillans*.

En el tercer factor no se encontró una clara relación con las variables abióticas sin embargo la temperatura y la disminución de la concentración del fosfato con la disminución de abundancia *Ceratium furca* y *Gymnodinium catenatum*, también con la disminución de la abundancia de *Ceratium dens* y *Prorocentrum dentatum* pero con menor coeficiente de correlación.

La figura 69 A mostró puntos dispersos, solo se agruparon las variables relacionadas positiva y negativamente en el factor 1, así como las especies explicadas con el factor 2, el resto de las especies se agruparon al centro.

En la figura 69 B se observó la agrupación de *G. catenatum* y *C. furca*, explicadas negativamente con el factor 3. Otras agrupaciones fueron las variables relacionadas positiva y negativamente en el factor 1, el resto de las especies se encontraron dispersas al centro.

En la figura 69 C se observó el mismo grupo de dos especies cuya disminución se explicó con el factor 3, *Gymnodinium catenatum* y *Ceratium furca* y otro grupo con dos especies explicadas con el factor 2 relacionado negativamente con el silicato y positivamente con la temperatura, *Scrippsiella trochoidea* y *Prorocentrum dentatum*, el resto de las especies y variables de calidad de agua se encontraron dispersas en el centro.

### III.5 ESTADO TRÓFICO DE LA BAHÍA DE MAZATLÁN.

Comprende los datos de concentración de nutrientes obtenidos de los muestreos mensuales en las estaciones 1 y 2 a 0.5, 5 y 10 m de profundidad, durante el ciclo de estudio (del 9 de febrero de 1995 al 16 de agosto de 1996), los datos de la estación 3 de mareas rojas, obtenidos a 0.5, 2.5 y 5 m de profundidad y por último los obtenidos en el sondeo del emisor en el invierno y en el verano a 0.5 y 10 m de profundidad (Tablas 1, 2 y 3).

#### III.5.1 APLICACIÓN DE UNA ESCALA DE NUTRIENTES

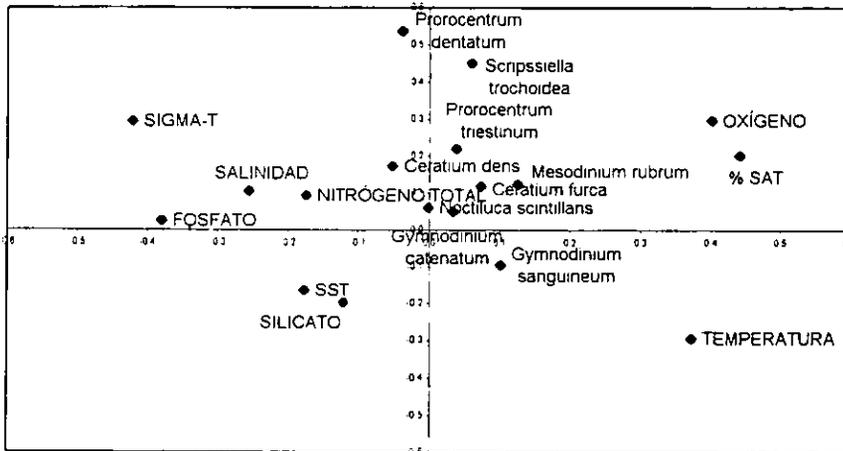
Para conocer el estado trófico de las aguas superficiales de la zona sur de la bahía de Mazatlán, se utilizó una escala de concentraciones propuesta por Ignatiades *et al.* (1992) con validez universal para identificación y clasificación de masas de agua enriquecidas por diferentes concentraciones de nutrientes (Tabla 61).

Las concentraciones medias de los nutrientes en el presente estudio, expresados en  $\mu\text{g-at l}^{-1}$ , se compararon con la escala de nutrientes propuesta por Ignatiades *et al.* (1992), basada en intervalos al 90, 95 y 99% de confianza para la media. Se comparó con el intervalo al 95% de confianza, resultando que los cinco grupos de estaciones corresponden al tipo de agua con problemas de eutroficación para el fosfato, nitrato y amonio (Tabla 62). En el caso del nitrito, la concentración media en las estaciones 1 y 2 correspondió al intervalo de aguas mesotróficas, la estación de mareas rojas a aguas oligotróficas, el sondeo del emisor del invierno correspondió al intervalo de aguas eutróficas y por último, el sondeo del verano a aguas oligotróficas.

Figura 69 Coeficientes de correlación para el análisis de componentes principales (PCA) para las especies formadoras de mareas rojas y las variables hidrológicas y nutrientes Estaciones 1 y 2 . período de estudio del 9 de febrero de 1995 al 12 de agosto de 1996

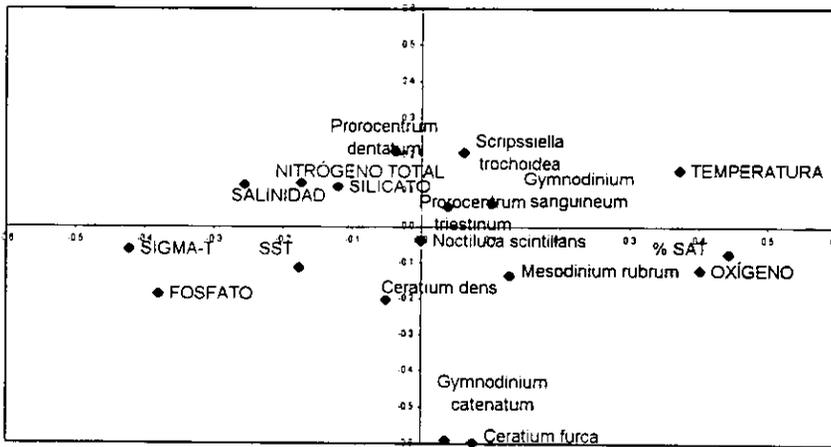
A

Factor 1 vs factor 2



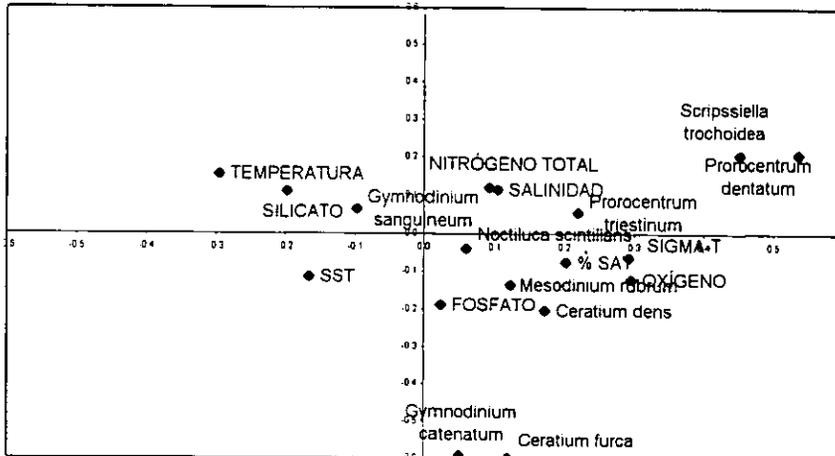
B

Factor 1 vs. factor 3



C

Factor 2 vs. factor 3



### III.5.2 BALANCE ESTEQUIOMÉTRICO DE NUTRIENTES

Se realizó un balance de nutrientes en referencia a la proporción de Redfield (Redfield *et al.*, 1963), como un criterio de balance estequiométrico según Justic *et al.* (1995).

El análisis se realizó con las estaciones por separado las estaciones 1, 2, las mareas rojas del 22 de febrero, del 5 de marzo y del 19 de agosto de 1996, el sondeo del emisor de invierno, el sondeo del emisor de verano (Tabla 63).

Los resultados indican que las proporciones medias que guardan los nutrientes, en ningún caso se acercan a la proporción de Redfield Si:N:P de 16:16:1, la mayor proporción media se observó en la marea roja del 19 de agosto de 1996 y la menor en la marea roja del 5 de febrero y en el emisor del invierno.

En relación a la proporción que guardaron los nutrientes basándose en 16 átomos de silicio, tanto el nitrógeno como el fósforo se encontraron en baja proporción.

Si se considera un átomo de fósforo, entonces, las proporciones de silicio y nitrógeno muestran ser bajas, excepto en la marea roja del 19 de agosto donde la concentración de silicato y nitrógeno es superior a lo indicado por Redfield, mientras que en el sondeo del verano solo el silicato fue ligeramente superior a éste.

Por medio de un diagrama de dispersión se puede observar la distancia entre la razón de Redfield y las proporciones de nutrientes obtenidas en este estudio, en la figura 70, se ilustra que ninguno de los puntos que corresponde a las estaciones, se acercó a la proporción de Redfield, la mayoría de los puntos mantienen una menor proporción Si:N, N:P y Si:P en esta zona de la bahía, las desviaciones de la proporción de Redfield, pueden definir condiciones de eutroficación al ser un factor limitante para las diatomeas y para otros grupos del fitoplancton y provocando el florecimiento de fitoplancton nocivo (Ryther y Dunstan, 1971; Officer y Ryther, 1980; Smayda, 1990; Justic *et al.*, 1995)

### III.5.3 ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD

El índice de diversidad de Shannon-Weiner, se trató según Margalef (1980), utilizando la frecuencia de los valores del índice de Shannon-Weiner (Pielou, 1975).

En la figura 71 se observó que el mayor porcentaje de frecuencia para la estación 1 que fue del 32% correspondió a un índice de entre 3.3 y 3.9. El 26% le correspondió a un índice entre 3.9 y 4.5 y el 21% entre 2.7 y 3.3.

En la estación 2, el mayor porcentaje de frecuencia fue del 34% para un intervalo del índice entre 3.3 y 3.9, el 29% fue para el intervalo de 2.7 a 3.3 y el 18% entre 3.9 y 4.5.

En la estación de mareas rojas le correspondió el 44% a un índice entre 0 y 0.3, el 33% entre 0.9-1.5, el 11% estuvo entre 0.3 y 0.9 y otro 11% 2.1 y 2.7.

El mayor porcentaje de frecuencia en el emisor del invierno fue del 33% entre 2.1 y 2.7, el 25% entre 2.7 y 3.3, el resto se encontró distribuido a índices menores de entre 0.3 y 2.1

En el sondeo del verano, el 42% de los datos de diversidad mostró un índice entre 2.7 y 3.3, el 33% entre 2.1 y 2.7, el 12% entre 3.3 y 3.9.

Figura 70 Proporciones atómicas de nitrógeno inorgánico total (N) fósforo inorgánico (P) y silicato reactivo (Si) para los diferentes grupos de estaciones.

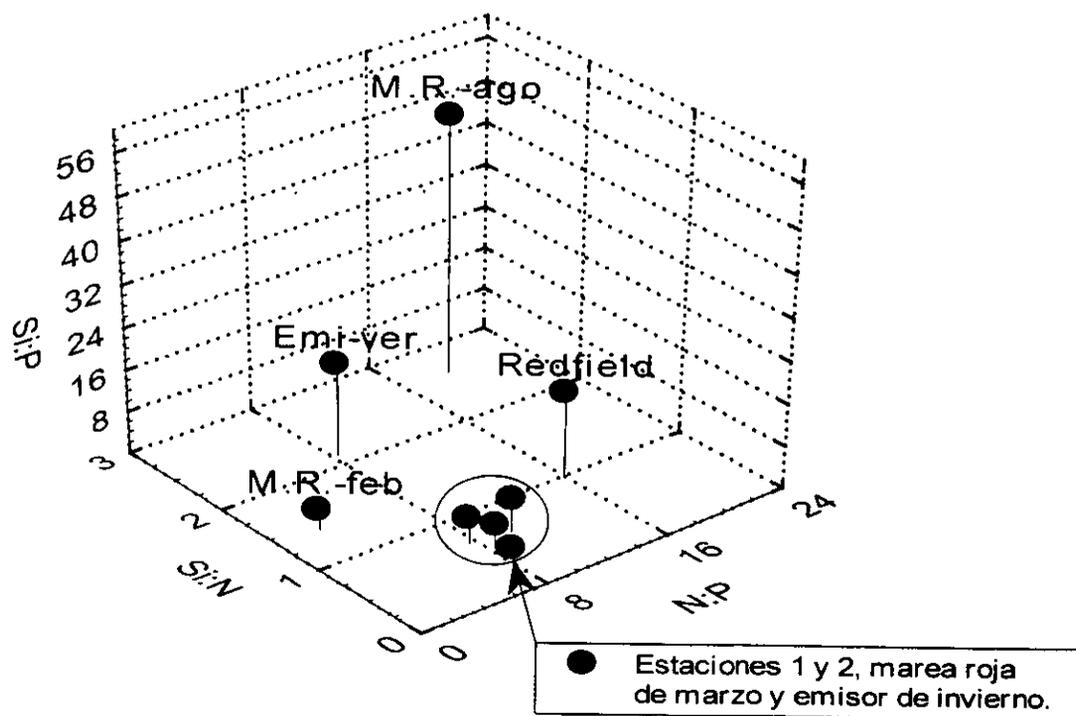
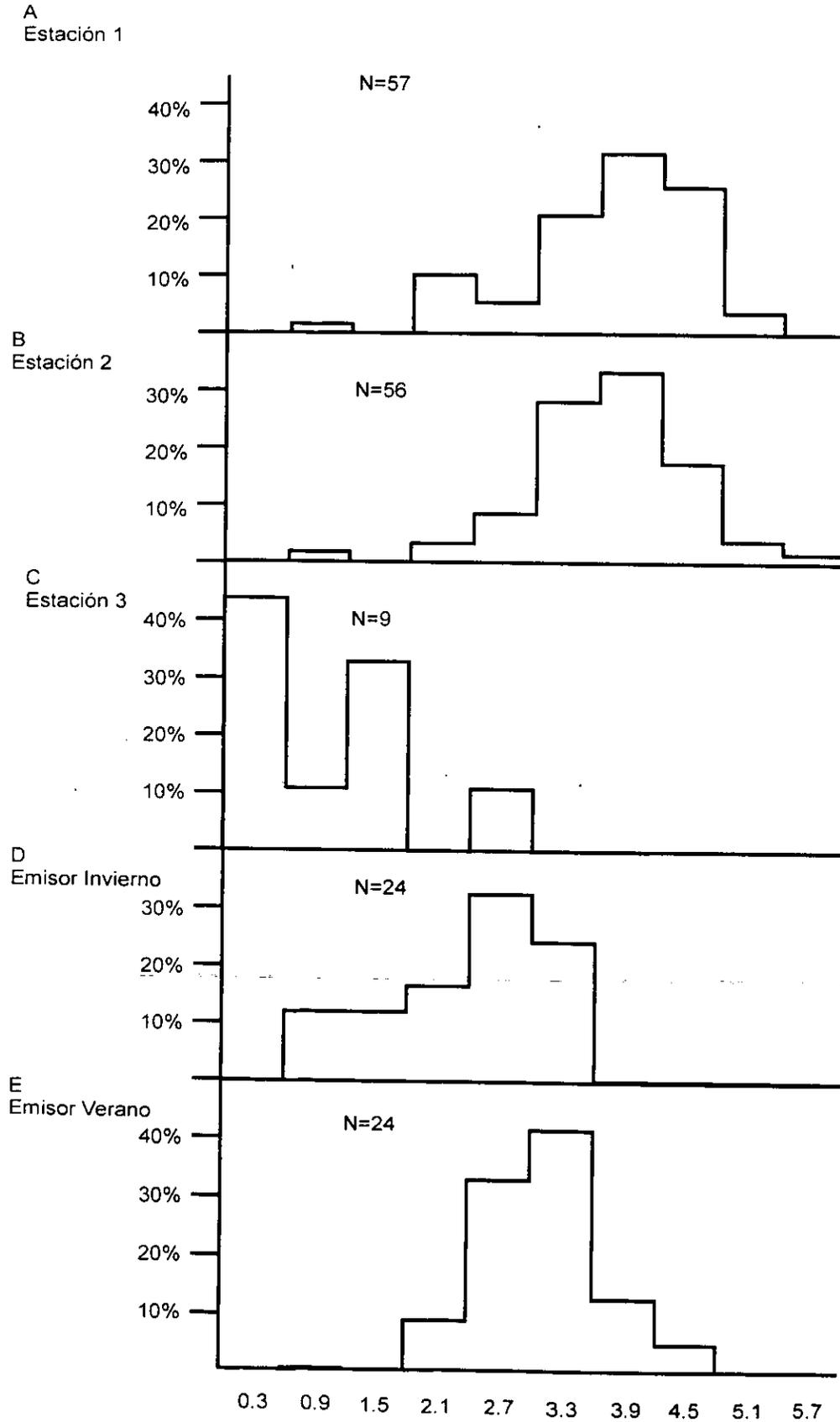


Figura 71. Frecuencia del índice de diversidad de Shannon-Weiner en los diferentes grupos de estaciones.



Este índice aplicado por su amplio uso, nos permite comparar los valores obtenidos por otros autores, Margalef (1980), señala valores comparativos de frecuencias del índice de diversidad de tres colecciones de datos de fitoplancton, dos de agua marina y uno de agua dulce, el histograma que más se asemeja al encontrado en el presente estudio es el que corresponde a aguas del Atlántico, al NO de África, con frecuencias más distribuidas, con porcentajes máximos del 20% para intervalos de 0.6

### III.5.4 ÍNDICE DE NUTRIENTES

Para analizar la influencia de las descargas de aguas municipales sobre la calidad de agua en la zona circundante al emisor submarino, se utilizó el índice de nutrientes o índice trófico según Karydis *et al.* (1993), diseñado para aplicarse en áreas con descargas de nutrientes y amplios gradientes ambientales, el cual es específico para cada nutriente y sensible a presión por eutroficación.

El índice trófico *I* contiene una escala, índices >5 corresponde a un ambiente eutrófico, entre 3 y 5 es mesotrófico y menor a 3 es oligotrófico Karydis *et al.* (1983).

En su aplicación en las estaciones 1 y 2, en el período comprendido en el estudio, el estado eutrófico estuvo presente para el amonio y nitrógeno total para ambas estaciones y para el nitrato y silicato en la estación 1, con respecto al resto de los nutrientes, ambas estaciones resultaron mesotróficas (Tabla 64).

Así mismo, se aplicó este índice en las estaciones 1, 2 y 3, así como los dos sondeos del sor en conjunto para identificar las estaciones que mostraran estados tróficos que pudieron considerarse problema (Tabla 65).

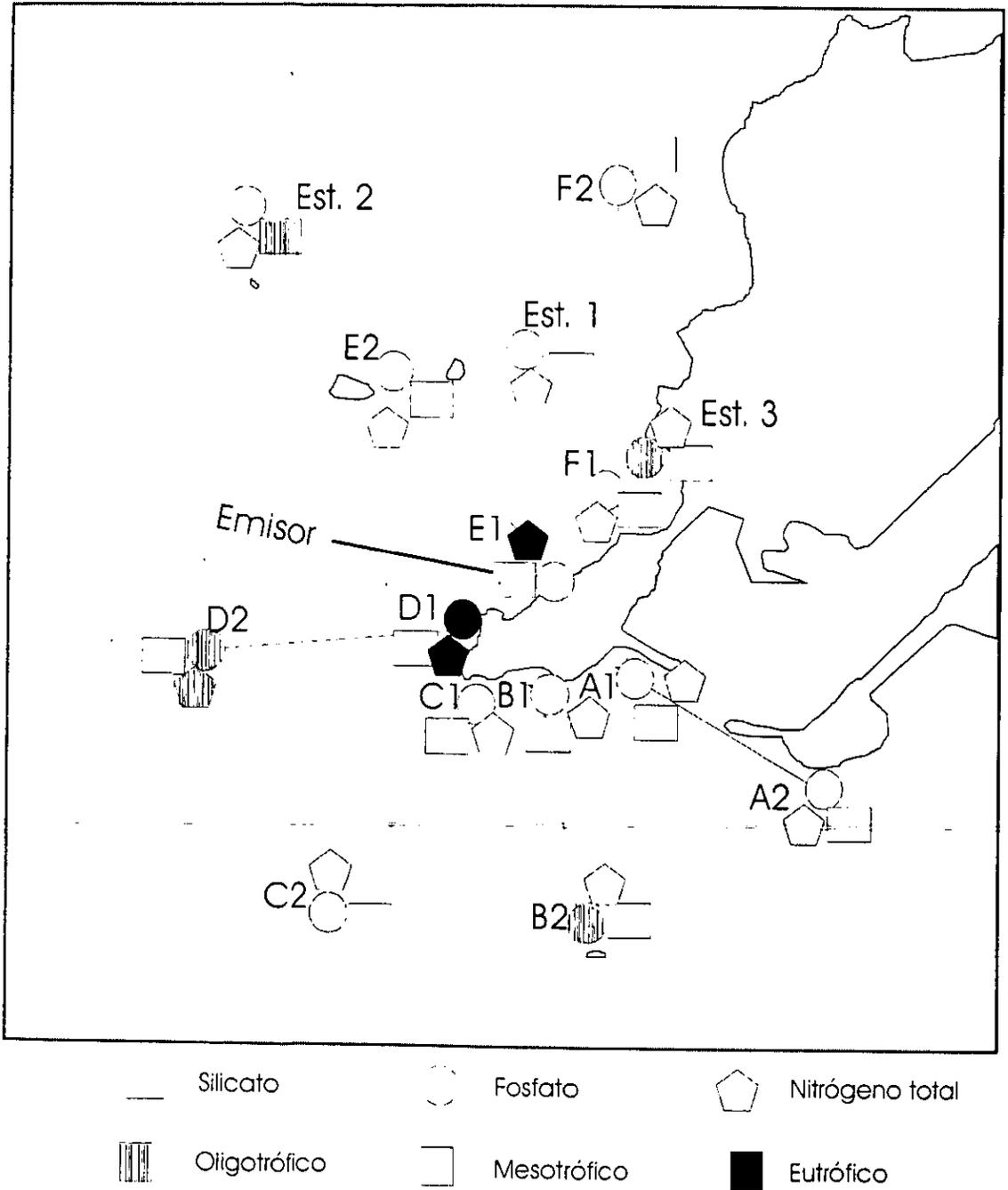
De este análisis resaltó un estado eutrófico con respecto al amonio en la estación D1 y E1; con respecto al nitrógeno total en las mismas estaciones y con respecto al fosfato en la estación D1. Mesotrófico con respecto al silicato en todas las estaciones excepto en la estación 2 que fue oligotrófico con respecto a este nutriente. Oligotrófico con respecto al nitrito en caso total excepto en las que resguardan la escollera, en la boca del estero de Urías, y en la estación 2 que fue mesotrófico, estos resultados se aprecian de manera gráfica en la figura 72.

### III.5.5 DESCARGA DE NUTRIENTES

Según el Anuario Estadístico del Estado de Sinaloa, 1996, el volumen de agua extraído de las diferentes fuentes de abastecimiento en Mazatlán es de 1,706 l/s (=litros por segundo), mientras la principal planta de tratamiento de aguas negras de la ciudad que carece de alguna de oxidación, reactor enzimático y solo cuenta con tratamiento primario mecanizado, tiene una capacidad instalada de 650 l/s por lo tanto, el volumen tratado al año con esta capacidad es de 20,948,000 m<sup>3</sup>. Si la capacidad instalada de la planta de tratamiento es de 650 l/s y llega un promedio de 717 l/s (Méndez *et al.* 1995) y se está tratando un volumen por año de 22,611,312 m<sup>3</sup> por lo tanto, hay un excedente de agua de 630,720 m<sup>3</sup> por año. Si la población en 1995 en el municipio de Mazatlán era de 357,229 habitantes (INEGI, 1995) y se considera la descarga promedio de 717 l/s, entonces, la descarga por habitante por año es de 63 m<sup>3</sup> y si la concentración del nitrógeno total en el agua de descarga es de 16 mg/l y de amonio de 5 mg/l (Méndez *et al.* 1995), se tiene una descarga a esta zona de 2.8gNtotal/día-habitante y de 0.86 gN-NH<sub>4</sub>día-

habitante, 46% menor a la descarga promedio de nitrógeno inorgánico de varias fuentes antropogénicas convertido a su equivalente por habitante en Sinaloa que son de 6gNinorgánico/día y de 1.4gP/día. (Páez-Osuna *et al.*, 1998).

Figura 72 Mapa del estado trófico de la zona circundante al emisor en las estaciones del sondeo del invierno y del verano (11 de marzo y 16 de agosto de 1996), estaciones 1, 2 y 3 (11 de marzo, 12 y 19 de agosto de 1996).



## IV CONCLUSIONES

- No se encontraron diferencias significativas entre las estaciones 1 y 2 con respecto a las variables hidrológicas e hidroquímicas consideradas en el estudio de acuerdo a la prueba no paramétrica Mann-Whitney (Zar, 1984), pero fue posible señalar algunas diferencias en su variación temporal y espacial.
- La variación de los nutrientes en tiempo y espacio resultaron ser irregulares, excepto en el caso del nitrato y nitrito, la cual fue estacional y en coincidencia con la época de surgencias.
- La abundancia fitoplanctónica anual mostró variación semejante a la de los mares templados con picos máximos en la primavera y en el otoño y con un pico menor en el verano, observado en otros estudios en la bahía. Las diatomeas fueron las más abundantes en el ciclo, seguidas de los dinoflagelados. Hubo diferencias interanuales cuando el pico de primavera de 1995 fue menor que el de 1996. Los intervalos de la riqueza específica fueron de 13 a 95 especies, menor a los señalados por otros autores en la misma zona. El índice de Shannon-Weiner (Krebs, 1989), mostró un amplio intervalo, de 0.81 a 5.27, éste último cercano al límite empírico de 5, provocado por turbulencia. El mayor índice de dominancia de Simpson (Franco *et al.* 1996) se observó cuando ocurrió un florecimiento diatomeico en abril de 1996.
- Las mareas rojas de 1995 y 1996 se presentaron en la temporada invierno-primavera coincidiendo con lo observado con Cortés (1998). Otras estuvieron fuera de este patrón, se presentaron en el verano provocadas por vientos originados por tormentas y ciclones que afectan el área en ésta temporada.
- Las especies formadoras de mareas rojas se pueden considerar según su frecuencia como permanentes, frecuentes y raras en el estudio. *Mesodinium rubrum*, *Gymnodinium catenatum* y *Prorocentrum triestinum* fueron dominantes, según el índice de dominancia promedio, el resto solo muestran dominancia cuando ocurre la marea roja.
- La irregularidad en la distribución temporal del resto de los nutrientes (nitrógeno total, amonio, silicato reactivo y fosfato inorgánico), indica la existencia de una fuente que actúa de manera desordenada como lo puede ser el drenaje proveniente de la planta de tratamiento, aunado a procesos de reciclamiento y utilización de nutrientes por el fitoplancton en el cual existe un defasamiento de tiempo entre estos procesos. Las

mareas rojas en esta zona se relacionaron en los tres períodos analizados, con la dirección y velocidad del viento dominante diario ya que de 4 a 9 días antes de observarse una marea roja, en todos los casos, vientos que soplaron al menos un día, con velocidad mayor a 7 nudos, principalmente de direcciones NNW, NW, WNW, contribuyeron a la disponibilidad de quistes, nutrientes que en condiciones adecuadas de luz y otros factores intrínsecos a la reproducción de estas especies, hicieron posible la presencia de manchas de marea roja, independientemente de la fuente de nutrientes ya que las mareas de agosto de 1996 no se encuentran bajo condiciones de surgencias, coinciden con la época de tormentas lo cual está relacionado con el disparo de las mareas rojas además con una fuente de nutrientes necesaria para su mantenimiento, que en el presente caso la más inmediata es la planta de tratamiento. La hipótesis del mantenimiento de los fenómenos de mareas rojas con una permanencia de una o dos semanas debido a la disponibilidad de nutrientes provenientes del drenaje de aguas municipales no fue posible sostenerla debido a que las mareas rojas que se presentaron en 1995 el 50% fue de 2 días y en 1996, el 56% de los eventos mostró una duración de 3 a 6 días mientras la disponibilidad de nutrientes no mostró variaciones entre esos dos períodos. Este aumento en la presencia de las mareas rojas ha sido observado en otros años y por períodos más largos e indica que existen otros factores que la favorecen

- El índice de diversidad de Shannon-Weiner disminuyó en las estaciones cercanas a la planta de tratamiento en el invierno y aumentó en el verano. En el invierno dominaron las cianofitas, dinoflagelados y diatomeas. El dominio de las cianofitas en la zona del emisor se explica porque éstas tienen la capacidad de vivir en ambientes que contienen concentraciones elevadas de materia orgánica disuelta, concentraciones bajas del oxígeno disuelto, incluso en condiciones anaeróbicas las cuales se encuentran en condiciones eutróficas.
- La evaluación del estado trófico de la zona de estudio, obtenida mediante una escala de concentraciones de nutrientes (Ignatiades *et al.*, 1992), un balance estequiométrico de nutrientes (Justic *et al.*, 1995), el análisis del índice de diversidad (Margalef, 1980) y un índice de nutrientes (Karydis *et al.*, 1993) basados en el análisis de todas las muestras, arrojó resultados similares de manera tal que la bahía puede considerarse entre mesotrófica y eutrófica.

Las proporciones de las concentraciones medias de nutrientes se encontraron alejadas de la razón de Redfield *et al.* (1963), N:P menor en 55% y Si:P menor en el 35% por lo tanto, justifica condiciones de eutrofia siendo como factor limitante para el crecimiento de las diatomeas y para otros grupos del fitoplancton, estimulando el florecimiento del fitoplancton nocivo (Ryther y Dunstan, 1971; Officer y Rhyther, 1980; Smayda, 1990; Justic *et al.*, 1995). Del análisis del índice de diversidad de Shannon-Weiner resaltan los índices más altos, obtenidos durante el ciclo de estudio, los cuales se aproximan al límite superior empírico de 5, debido probablemente, a situaciones de turbulencia del agua. En el resto de los grupos de estaciones, las mayores frecuencias les correspondieron a menores índices de diversidad, le siguen en importancia: el emisor en el verano, emisor en el invierno y al final en las mareas rojas donde se concentraron en valores cercanos a 0 ya que los valores más bajos corresponden a los sistemas más forzados o de dinamismo más intenso como lo son las mareas rojas o ambientes con alto grado de eutrofización.

La aplicación del índice de nutrientes (Karydis *et al.*, 1993) mostró que la zona de estudio es eutrófica para el amonio y el nitrógeno total en las dos estaciones y para el nitrato y silicato en la estación 1, para el resto de los nutrientes la zona es mesotrófica. Del análisis del emisor y de las estaciones 1, 2 y 3, resultó una situación de eutrofismo en las estaciones E1 y D1 con respecto al amonio y nitrógeno total, así como para el fosfato en la estación D1, de mesotrofia con respecto al silicato con excepción de la 2 que es la más "marina". Con respecto al nitrito resultó oligotrofia excepto para las estaciones que resguardan la boca del estero de Urías, en las cuales resultó mesotrofia.

La descarga de nitrógeno por habitante en esta zona de la bahía estimada en este estudio, fue menor a la descarga calculada en general para el estado de Sinaloa (Páez-Osuna *et al.*, 1998), lo cual indica que las aportaciones urbanas en Mazatlán, son inferiores en importancia a las debidas a otras actividades productivas en el centro y norte del estado.

## REFERENCIAS

- ALONSO C. G. y S. H. BARRADAS, 1996. Informe de trabajo 1995. Gobierno del Estado de Guerrero. Servicios estatales de salud. Programa Estatal de Moluscos Bivalvos. Chilpancingo, Guerrero. 28 pp.
- ALVAREZ- BORREGO, S. y J. R. LARA-LARA, 1991. The Physical Environment and Primary Productivity of the Gulf of California. *In: The Gulf and Peninsular Province of the Californias* Dauphin J. P: y Simoneit B. R. T. (Eds.) *American Association of Petroleum Geologists*: 555-567.
- ÁLVAREZ-BORREGO S., RIVERA J. A., GAXIOLA C. M. J., ACOSTA R. y R. A. SCHWARTZLOSE, 1978. *Ciencias Marinas* 5(2): 53-71.
- ALVAREZ-BORREGO, S. y R. A. SCHWARTZLOSE, 1979. Masas de agua del golfo de California. *Ciencias Marinas (Mex.)*, 6 (1y2): 43-63.
- ANDERSON, M. D., 1994. Red tides. Many experts believe these of toxic algae have recently become more prevalent, posing a greater threat to human and marine health. *Scientific American*. August 1994: 52-58.
- ANÓNIMO, 1974. Estudio Geográfico de la Región de Mazatlán, Sin. *Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marino*. Secretaría de Marina, México, D.F.: 349 pp.
- ANÓNIMO, 1980. Monografía del Puerto de Mazatlán, Sin. Serie Tecnológica No. 22: 71 pp.
- ANÓNIMO, 1985. Síntesis Monográfica del Municipio de Mazatlán. Dirección de Estadística y Estudios Económicos de la Secretaría de Hacienda Pública y Tesorería del Gobierno del Estado de Sinaloa. 92 pp.
- ANÓNIMO, 1990. Mazatlán Monografía. Dirección de Estadística y estudios económicos de la Subsecretaría de Ingresos de la Secretaría de Hacienda Pública y Tesorería del Gobierno del Estado de Sinaloa, 197 pp.
- ANÓNIMO, 1996. Anuario Estadístico del Estado de Sinaloa. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Gobierno del Estado de Sinaloa. 326 pp.
- BALDRIDGE, D. H., 1975. Temperature patterns in the long-range prediction of red tide in Florida waters. In Proc 1<sup>st</sup> Internat Conf on toxic Dinoflagellate Blooms (ed.) V. R. LoCicero. Mass Sci. Tech. Found., Wakefield, Mass. p. 69-79.
- BALECH, E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico sudoccidental. Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid, 310 pp.
- BELIN C. y J.P BERTHOME,, 1986. Evaluation of phytoplanktonic perturbations on the French coasts in 1986. *IFREMER, Cent. de, DRV; Nantes, (France)*, 87 pp.
- BONEY, A. D., 1975. Phytoplankton. Edward Arnold (Publisers) Limited, London. 116 pp.

- BRAARUD, T., 1962. Species distribution in marine plankton. *L. Oceanogr. Soc. Jap. 20 Ann*, 628-649.
- BRULAND, W. K., KANUER A. G. y MARTIN H. J., 1978. Cadmium northeast Pacific Waters. *Limnol. Oceanogr.*, 23(4): 618-625.
- CABALLASI-FLORES, P., 1985. Comparación fitoplanctónica de la Bahía de Mazatlán y Estero de Urías, Sinaloa, México. 1981. Tesis Profesional. ENEP Iztacala. UNAM.
- CABRERA, D. H., 1988. Modelación hidrodinámica numérica del puerto de Mazatlán y sus proximidades. Tesis Profesional Escuela Superior de Ciencias Marinas. Universidad de Colima. 26 pp.
- CANNON, J. A., 1990. Development and dispersal of red tides in the Port River South Australia. *Toxic marine phytoplankton*, Graneli E., B. Sundstroem, L. Edler, D. M. Anderson (eds.) Elsevier, New York. p. 110-115.
- CARRITT, D. E. y J. H. CARPENTER, 1966. Comparison and evaluation of currently employed modifications of the Winkler method for determining dissolved oxygen in the sea water. *J. Mar. Res.*, 24: 286-318.
- COLLIER, A., 1957. Some biochemical aspects of red tides and related oceanographic problems. *Symposium on Marine Biochemistry, 131st Meeting of the American Chemical Society, Miami, Florida.*
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R. y S. ROJAS-TREJO, 1981. Variación estacional de las comunidades fitoplanctónicas de la bahía de Mazatlán, Sin. México *VII Simposio Latinoamericano sobre Oceanografía Biológica, 15-19 noviembre de 1981 Acapulco, Guerrero, México*, 219-239.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R., 1984. Abundancia de *Oscillatoria erythraea* (cianobacteria planctónica marina) en el litoral de Mazatlán, Sin., México. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 30 (2): 169-179.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R. y A. NÚÑEZ-PASTÉN, 1992. Doce años (1979-1990) de registros de mareas rojas en la bahía de Mazatlán, Sinaloa México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limn. Univ. Nat. Autón. México*, 19:1-121.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, A. R., L. MUÑOZ-CABRERA y O. SOTOMAYOR-NAVARRO, 1993. Envenenamiento paralítico por mariscos (PSP), causado por el dinoflagelado *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* en la costa suroeste de México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limn. Univ. Nat. Autón. México*, 29: 43-54.

- CORTÉS-ALTAMIRANO, R., F.A. MANRIQUE y R. LUNA-SORIA, 1995a. Presencia de mareas rojas en la costa este del golfo de California, *Rev. Lat-Amer. Microbiol*, 37: 337-342.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R., D. U. HERNÁNDEZ-BECERRIL y R. LUNA-SORIA, 1995b. Mareas rojas en México: una revisión. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 37 (4): 343-352.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R., F. PÁEZ-OSUNA, S. R. GUERRERO-GALVÁN Y H. ESPARZA-LEAL, 1995c. Variación diurna del fitoplancton y los factores abióticos en un estanque camaronícola salobre en el sur de Sinaloa, México. *Hidrobiológica* 5(1-2):45-55.
- CORTÉS -ALTAMIRANO, R. (y colab.), 1998a. Las Mareas rojas. AGT Editor. 161 pp.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R., 1998b. Informe regional sobre mareas rojas en México. Primera sesión del Grupo de trabajo sobre algas nocivas en el Caribe y áreas adyacentes (IOCARIBE-ANCA) La Habana, Cuba, 29 de junio al 1 de julio de 1998 (en prensa)
- CRUZ, M. A., 1995. Productividad Primaria acuática en la bahía de Mazatlán. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 81 pp.
- CUPP, E. E., 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. *Bull. Scripps. Inst. Ocean. Univ. Calif.* , 5(1): 1-237.
- CHAPMAN V. J. Y CHAPMAN, 1973. *The algae* 2<sup>nd</sup> Ed. Mc. Millan Press, London. 497 pp.
- CHEW, F., 1956. A tentative method for the prediction of the Florida red tide outbreaks. *Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean*, 6(4): 292-304.
- DE LA LANZA E. (Comp.), 1991. Oceanografía de mares mexicanos. AGT Editor. 569 pp.
- DE LUCA A., WAGENER, A., BOUCH, C., MELGUES DE FIGUEIREDO, L. H., CARREIRA, R. y K. WAGENER, 1992. Environmental impact on coastal waters off rio de janeiro due to sewage discharge via submarine outfall. *Chemistry and Ecology*, 6: 19-39.
- DELGADO, M. y J. M. FORTUÑO, 1991. Atlas de fitoplancton del Mar Mediterráneo. *Sci. Mar.* 55 (SUPL: 1):1-133.
- DEVASSY, V. P. y S. R. BHAT, 1991. The killer tides. *Sci. Rep. New Delhi*, 28 (5): 16-19.
- FRANCO, L. J., G. A. DE LA CRUZ, R.A. ROCHA, S. N. NAVARRETE, M. G. FLORES, M. E. KATO, C. S. SÁNCHEZ, A. L. G. ABARCA y S. M. C., BEDIA, 1996. Manual de ecología. Editorial Trillas, México, 266 pp.

- FRILIGOS, N., 1981. An index of marine pollution in the Saronikos Gulf. *Marine Pollution Bulletin* 12(3): 96-100.
- GARCÍA, A. E., 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climático de Köppen. *Offset Larios*, México. 71 pp.
- GILMARTIN, M. y N. REVELANTE, 1978. *The phytoplankton characteristics of the barrier island lagoons of the Gulf of California*. *Estuarine and Coastal Marine Science* (1978) 7:29-47.
- GONZÁLEZ-FARIAS, F., G. M. HERNÁNDEZ y F. FLORES-VERDUGO, 1986. Variación estacional de detritus en diversos ecosistemas del golfo de California. Memorias del 1er Intercambio académico sobre Investigadores del Mar de Cortés. Hermosillo, Sonora. CICTUS-CONACyT. (abril de 1986), Hermosillo, Sonora. 133-148 pag.
- GONZÁLEZ-LÓPEZ, I., 1994. Microalgas planctónicas como indicadores biológicas de "El Niño" en el Golfo de California. *Serie Científica, U.A.B.C.S, N° Especial 2* (1): 1-15.
- GRASSHOFF, K., M. EHRHARDT y K. KREMLING, 1983. *Methods of Seawater Analysis*. Grasshoff, K., M. Ehrhardt y K. Kremling (Eds.). *Verlag Chemie* 2ª. Ed. 419 pp.
- GRINDLEY, R. J. y F. J. R. TAYLOR, 1969. Factors affecting plankton blooms in False Bay. *Transactions of the Royal Society of South Africa*, 38. 201-210.
- HALLEGRAEFF, G. M., 1993. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia*, 32: 79-99.
- HARTWELL, D. A., 1975. Hydrographic factors affecting the distribution and movement of toxic dinoflagellates in the western gulf of Maine. In: Proc. 1<sup>st</sup> Internat. Conf. on toxic Dinoflagellate Blooms (ed.) V. R. LoCicero. Mass. Sci. Tech. Found., Wakefield, Mass. p. 47-67.
- HASLE, G.R., 1978. Using the inverted microscope. In Sournia, A. (Ed.) *Phytoplankton manual*. UNESCO, París, 191-196.
- HERNÁNDEZ- BECERRIL, D. U., 1985. Estructura del fitoplancton del Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 11 (2): 23-28.
- HERNÁNDEZ- BECERRIL, D. U., 1987a. Especies de fitoplancton tropical del Pacífico Mexicano. I. Diatomeas y Silicoflagelados. *Rev. Lat-amer. Microbiol*, 29: 413-426.
- HERNÁNDEZ- BECERRIL, D. U., 1988a. Especies del fitoplancton tropical del Pacífico Mexicano. II. Dinoflagelados y cianobacterias. *Rev. Lat-amer. Microbiol*, 30:187-196.
- HERNÁNDEZ- BECERRIL, D. U., 1988b. Planktonic dinoflagellates (except *Ceratium* and *Protoperdinium*) from the Gulf of California and coast of Baja California. *Botánica Marina*, 31: 423-435.

- HERNÁNDEZ- BECERRIL, D. U., 1988c. Observaciones de algunos dinoflagelados (Dinophyceae) del Pacífico Mexicano con microscopios fotónico y electrónico de barrido. *Inv. Pesq*, 52 (4): 517-531.
- HERNÁNDEZ- BECERRIL, D. U., 1989. Species of the dinoflagellate genus *Ceratium* Schrank (Dinophyceae) in the Gulf of California and coast off Baja California, México. *Nova Hedwigia*, 48 (1-2): 33-54.
- HODGKISS I. J. y K. C. HO, 1997. Are changes N:P ratios in coastal waters the key to increased red tide blooms? *Hidrobiologia* 352:141-147
- IGNIATIADES, L., M. KARYDIS y P. VOUNATSOU, 1992. A possible method for evaluating oligotrophy and eutrophication based on nutrient concentration scales. *Marine Pollution Bulletin* 24: 238-243.
- JOYCE, A. E. y B. S. ROBERTS, 1975. Florida Department of Natural Resources Red Tide Research Program. Contribution N° 247, Florida Departmen of Natural Marine Research Laboratory.
- JUSTIC, D., RABALAIS, N. y E. TURNER. 1995. Stoichiometric nutrient balance and origin of coastal eutrophication, *Marine Pollution Bulletin*, 30(1): 41-46.
- KARYDIS, M., IGNIATIADES L. y N. MOSCHOPOULOU, 1983. An index associated with nutrient eutrophication in the marine environment. *Estuarine, Costal and Shelf Science* 16: 339-344.
- KIRKWOOD, D. S., 1992. Stability of solutions of nutrient salts during storage. *Marine Chemistry* 38: 151-164.
- KREBS, CH. J., 1989. Ecological Methodology. Harper y Row (Ed), New York. 653 pp.
- LEE, K. W., 1991. Nutrients loadings of Chinnae Bay. Recent approaches of red tides hold, november 9-10 1990, at National Fisheries Research and Development Agency Republic. Korea. Park, J. S. y J. S. Kim, Eds. 1991: 145-149.
- LICEA, S., J. L. MORENO, H. SANTOYO y G. FIGUEROA, 1995. Dinoflageladas del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur, SEP-FOMES PROMARCO. México, 155 pp.
- MARASOVIC, I.; M. GACIC, V. KOVACEVIC, N. KRSTULOVIC, G. KUSPILIC, T. PUCHER- PETKOVIC, N. ODZAK, y M. SLOLIC, 1991. Development of the red tide in the Katela Bay (Adriatic Sea). Physical, chemical and biological processes in stratified estuaries. Zutic,-V.-Ed. 1991. 32(2-4): 375-385.
- MARGALEF, R, 1980. La biosfera, entre la termodinámica y el juego. Ed. Omega. 236 pp.

- MARGALEF, R. 1956. Estructura y dinámica de la "purga de mar" en la ría de Vigo. *Inv. Pesq*, 5:113-134.
- MARGALEF, R., 1989. "Condiciones de aparición de la purga de mar y presiones de selección sobre sus componentes". *Cuadernos del Área de Ciencias Marinas, Seminario de Estudios Galegos*, 4: 13-20.
- MARMOLEJO R. C. y F. PÁEZ-OSUNA, 1990. Trace metals in tropicla coastal lagoon bivalves, *Mitella strigata*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 45: 545-551.
- MEE, L. D.(Resp.), 1980. Primer Informe Parcial del Proyecto PCMANAL 790001 "Estudio Integral de la Bahía de Mazatlán, Sinaloa" Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Estación de Investigaciones Marinas, Universidad Nacional Autónoma de México, Mazatlán, Sinaloa, México, p. 5.
- MEE, L. D., M. ESPINOSA y G. DÍAZ, 1986. Paralytic Shellfish Poisoning with a *Gymnodinium catenatum*. Red tide on the Pacific coast of Mexico. *Marine Environmental Research*, 19:77-92.
- MEE, L. D., R. CORTÉS-ALTAMIRANO y L. M. GARCÍA-DE LA PARRA, 1984. Di-nitrogen fixation in eutrophic tropical bay. *Est. Coast. and Shelf Sci.*, 19: 477-483.
- MILLERO F. J. 1992. Chemical oceanography CRC Press. 531 pp.
- MORENO, J. L., S. LICEA, y H. SANTOYO, 1996. Diatomeas. Universidad autónoma de Baja California Sur, SEP-FOMES PROMARCO. México, 272 pp.
- MOREY-GAINES, 1982. *Gymnodinium catenatum* Graham (Dinophyceae): morphology and afinities with armoured forms. *Phycologia*, 21 (2): 154-163.
- NIETO G. E., GARCÍA P. J. y C. A. TRASUIÑA, 1993. Características hidrográficas de la entrada del golfo de California en mayo de 1992. V Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar, UABCS, 27 de septiembre al 1 de octubre de 1993. La Paz, B. C. S. México.
- NIXON, S. W., 1985. Coastal marine eutrophication: a definition, social causes and future concerns. *Ophelia* 41:199-220.
- OFFICER, C. B. Y J. R. RYTHER, 1980. The posible importance of silicon in marine eutropication. *Marine Ecology Progress Series*. 3: 83-91.
- ORELLANA, C. E. y L. A. MORALES, 1994. Impacto de la eutroficación sobre el fitoplancton marino. *Serie Científica U.A.B.C.S*, N° Especial 2: 17-34.
- OSUNA-LÓPEZ, I., F. PÁEZ-OSUNA, C. MARMOLEJO-RIVAS, y P. ORTEGA-ROMERO, 1989. Metales pesados disueltos y particulados en el puerto de Mazatlán. *An. Inst. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón.*, México, 16(2): 307-320.

- PÁEZ, O. F., G. S. R GUERRERO, F. A. C. RUIZ y A. R. ESPINOZA 1997. Fluxes and Mass Balances of Nutrients in a semi-intensive shrimp farm in north-western Mexico. *Marine Pollution Bulletin*. 34(5): 290-297.
- PARKER, H. R., 1964. Zoogeography and ecology of macro-invertebrates of Gulf of California and continental slope of western Mexico. In: Van Andel, T. H. & G. G. Shor (Eds.) *Marine Geology of the Gulf of California a Symposium*. Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem 3: 331-376.
- PICARD, J., 1965 Recherches qualitatives sur les biocénoses marines des substrats meubles dragables de la région marseillaise. *Rec.Trav. Stn. Mar. Endoum Fac. Sci. Mars*. 36 (52): 1-60.
- PIELOU, E. C., 1975. *Ecological Diversity*. Wiley, New York.
- PRIEGO, M. B. C., 1985. Contribución al conocimiento de la composición fitoplanctónica del Estero de Urías y la Bahía de Mazatlán, Sinaloa. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Guadalajara, 62 pp.
- REDFIELD, A. C., KETCHUM, B. H. y RICHARDS, F. A., 1963. The influence of organisms on the composition of sea water. In: *The Sea. Ideas and observations on progress in the study of the seas*. 2: 36-77.
- RILEY, J. P. y R. CHESTER, 1989. "Introducción a la Química Marina. AGT Editor, México. 459 pp.
- RODEN, G. L., 1958. Oceanographic and meteorologic aspects of Gulf of California. *Pacific Science*, 12: 21-45.
- ROJAS, T. S. P., 1984. Ciclo anual del fitoplancton de la Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México (1980). Escuela de Biología. Tesis Profesional. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- ROSALES H. M., 1980. Manual de laboratorio de Oceanografía Química. Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México 170 pp.
- ROUNDSEFELL, A. G. y A. DRAGOVICH, 1966. Correlation between oceanographic factors and abundance of the Florida red tide (*Gymnodinium breve* Davis), 1954-61. *Bull. Mar. Sci.*, 16 (3): 404-422.
- RYLEY J. P. y G. SKIRROW, 1975. *Chemical oceanography* 2<sup>nd</sup> Ed. Academic Press. London. 564 pp.
- RYTHER, J. H. y W. M. DUSTAN, 1971. Nitrogen, phosphorus and eutrophication in the coastal marine environment. *Science* 171: 1008-1013.

- RYTHER, J. H., 1955. Ecology of autotrophic marine dinoflagellates with reference to red water conditions. In: Johnson, Frank H., Ed., *The luminiscence of biological systems. Amer. Ass. Advance Sci., Washington, D. C.*, 387-414.
- SHILO, M. 1980. Factores implicados en la dinámica de las proliferaciones de algas en la naturaleza. pag 160-171. *In: Conceptos unificadores en ecología.* W. H. Van Dobben y R. H. Lowe-McConnell (Eds.). Editorial Blume, España. 396 pp.
- SHUMWAY, E. S. 1995. Phycotoxin-related. Shellfish poisoning: bivalve. Molluscs are not the only vectors. *Reviews in Fisheries Science* 3(1): 1-31.
- SHUMWAY, E. S., 1990. A review of the effects of algal blooms on shellfish and aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, 21 (2): 65-104.
- SILVA, M. W. R. N., T. E. CHUA y L. M. CHOU, 1987. Pollution. The coastal environmental profile of Brunei Darussalam resource assessment and management issues. Sadorra, M. S. M. Eds., 18: 143-148.
- SIN, Y. S. y K. W. CHAU, 1992. Eutrophication studies on Tolo Harbor, Hong Kong. *Water Quality International'92.* Washington, D. C. 1992. Susuki M. *et al.* Eds. 26 (1-12): 2551-2554, Part. 5.
- SMALL, L. y D. W. MENZIES, 1981. Patterns of primary productivity and biomass in a coastal upwelling region. *Deep-Sea Res.*, 28-A: 123-149.
- SMAYDA, T. J. 1990. Novel and nuisance phytoplankton blooms in the sea: evidence for global epidemic. Pag. 29-40 *In: Graneli E., D. M. Anderson, L. Edler and B. Sundstrom (Ed.) Toxic marine phytoplankton.* Elsevier, Nueva York.
- SOURNIA, A., 1995. Red tide and toxic marine phytoplankton of the world ocean: an inquiry into biodiversity, p 103-112. *in: Harmful Marine Algal Blooms.* Lassus P., Arzul G., Erard E., Gentien P. y C. Marcaillou (Eds). Technique et Documentation. Lavoisier, Intercept Ltd. 1995.
- STEIDINGER A. K., 1983. A re-evaluation of toxic dinoflagellate biology and ecology. *Progress in Phycological Research. Elseviers Science Publishers*, Vol. 2, B. V.:147-188.
- STEIDINGER, A. y K. HADDAD, 1981. Biologic and hydrographic aspects of red tides. *BioScience*, 31 (11): 814-819.
- STRICKLAND, J. D. H. y T. R. PARSONS, 1972. A practical handbook of seawater analysis. *2nd. ed. Fisheries Research Board of Canada. Bull.*, 167. pp. 311.
- SVERDRUP, H. U., M. W JOHNSON y R. H. FLEMING, 1942. The oceans. Their physics, chemistry and general biology. Prentice Hall, 1087 pp.

- TILSTONE, G. H., F. G. FIGUEIRAS, F. FRAGA, 1994. Upwelling sequences in the generation of red tide in a coastal upwelling system. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 112: 241-253.
- TOMAS, R. C. (Ed.), 1993. Marine Phytoplankton. Academic Press, Inc. 263 p.
- TRUJILLO, M. O. 1997. Análisis de la distribución de los parámetros fisicoquímicos en el pacífico central mexicano. Universidad Nacional Autónoma de México. Fac. de Ciencias. Tesis para obtener el título de biólogo. 81 pp.
- UTERMÖHL, 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodick. *Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 9:1-38.
- VARGO, G. A.; K. L. CARDER, W. GREGG, E. SHANLEY, C. HEIL, K. A. STEIDINGER y K. D. HADDAD, 1987. The potential contribution of primary production by red tides to the West Florida shelf ecosystem *Limnol. Oceanography*, 32: 762-767.
- VOLLENWEIDER, R. A., R. MARCHETTI Y R. VIVIANI, 1992. Marine Coastal Eutrophication. Elsevier Science Publishers B. V. 1304 pp.
- WALTON, F. G. S., 1949. Probable fundamental causes of red tide off the west coast of Florida. *Quart. Journ. Flor. Acad. Sci.*, 2: 1-6.
- WHITTAKER, R. H., 1975. Communities and ecosystems. 2ª Ed. Mac. Millan Publ. New York. 385 pp.
- WU, Y., J. ZENG, X. LOU y Z. ZONG; 1990 Fertility of domestic sewage and eutrophication in estuarine harbor. *Acta Oceanol Sin. Haiyang Xuebao*, 9 (2): 277-282.
- ZAOUALI, J., 1993. Little benthic communities, Gulf of Gabes, Tunisia. Results of survey campaign of July 1990. Preliminary study, biocenosis and recent thanatocenosis. *Mar. Life*, 3(1-2): 47-60.
- ZAR J. H., 1984. Biostatistical analysis. 2ª Ed. Prentice Hall, New Jersey. 718 pp.

# **ANEXOS**

Tabla 1 Relación de muestras mensuales colectadas en las estaciones 1 y 2, la profundidad en metros.

ESTACIÓN	Estación 1			Estación 2		
	1-S	1-M	1-F	2-S	2-M	2-F
09-Feb-95	0.5	5	10	0.5	5	
09-Mar-95	0.5	5	10	0.5	5	10
08-Abr-95	0.5	5	10	0.5	5	10
09-May-95	0.5	5	10	0.5	5	10
09-Jun-95	0.5	5	10	0.5	5	10
09-Jul-95	0.5	5	10	0.5	5	10
14-Ago-95	0.5	5	10	0.5	5	10
08-Sep-95	0.5	5	10	0.5	5	10
09-Oct-95	0.5	5	10	0.5	5	10
13-Nov-95	0.5	5	10	0.5	5	10
11-Dic-95	0.5	5	10	0.5	5	10
09-Ene-96	0.5	5	10	0.5	5	10
09-Feb-96	0.5	5	10	0.5	5	10
11-Mar-96	0.5	5	10	0.5	5	10
10-Abr-96	0.5	5	10	0.5	5	10
09-May-96	0.5	5	10	0.5	5	10
11-Jun-96	0.5	5	10	0.5	5	10
09-Jul-96	0.5	5	10	0.5	5	10
12-Ago-96	0.5	5	10	0.5	5	10

Tabla 2 Calendario de colecta de muestras de mareas rojas, estaciones 1, 2 y 3, profundidad en metro

ESTACIÓN	Estación 1			Estación 2			Estación 3		
	φ 23° 11' y λ 106° 26'			φ 23° 11' y λ 106° 27'			φ 23° 11' y λ 106° 25'		
LOCALIZACIÓN	1-S	1-M	1-F	2-S	2-M	2-F	3-S	3-M	3-F
09-Feb-96	0.5	5	10	0.5	5	10			
16-Feb-96	0.5	5	10	0.5	5	10			
22-Feb-96	0.5	5	10	0.5	5	10	0.5	2.5	5
05-Mar-96							0.5	2.5	5
11-Mar-96	0.5	5	10	0.5	5	10			
29-Mar-96	0.5	5	10	0.5	5	10			
10-Abr-96	0.5	5	10	0.5	5	10			
12-Ago-96	0.5	5	10	0.5	5	10			
19-Ago-96							0.5	2.5	5

Tabla 3 Datos de colecta de muestras en el sondeo del emisor en el invierno y en el verano.

ESTACIÓN	INVIERNO (11 de marzo de 1996)				VERANO (16 de agosto de 1996)			
	LOCALIZACIÓN		HORA	PROF	LOCALIZACIÓN		HORA	PROF.
	φ	λ		(m)	φ	λ		(m)
A1S	23° 10' 42"	106° 25' 24"	15:00	0.5	23° 10' 42"	106° 25' 24"	10:25	0.5
A1F	23° 10' 42"	106° 25' 24"	15:10	8	23° 10' 42"	106° 25' 24"	10:35	8
A2S	23° 10' 36"	106° 24' 54"	13:30	0.5	23° 10' 36"	106° 24' 54"	10:00	0.5
A2F	23° 10' 36"	106° 24' 54"	13:40	10	23° 10' 36"	106° 24' 54"	10:10	10
B1S	23° 10' 36"	106° 25' 24"	13:26	0.5	23° 10' 36"	106° 25' 24"	11:00	0.5
B1F	23° 10' 36"	106° 25' 24"	13:36	10	23° 10' 36"	106° 25' 24"	11:10	7
B2S	23° 10' 24"	106° 25' 54"	13:10	0.5	23° 10' 24"	106° 25' 54"	10:20	0.5
B2F	23° 10' 24"	106° 25' 54"	13:20	10	23° 10' 24"	106° 25' 54"	10:30	10
C1S	23° 10' 30"	106° 25' 36"	14:45	0.5	23° 10' 30"	106° 25' 36"	11:10	0.5
C1F	23° 10' 30"	106° 25' 36"	14:55	10	23° 10' 30"	106° 25' 36"	11:20	10
C2S	23° 10' 06"	106° 25' 18"	12:50	0.5	23° 10' 06"	106° 25' 18"	11:29	0.5
C2F	23° 10' 06"	106° 25' 18"	13:00	10	23° 10' 06"	106° 25' 18"	11:39	10
D1S	23° 10' 12"	106° 25' 48"	14:25	0.5	23° 10' 12"	106° 25' 48"	13:13	0.5
D1F	23° 10' 12"	106° 25' 48"	14:35	9	23° 10' 12"	106° 25' 48"	13:23	10
D2S	23° 10' 30"	106° 26' 12"	12:30	0.5	23° 10' 30"	106° 26' 12"	11:43	0.5
D2F	23° 10' 30"	106° 26' 12"	12:40	10	23° 10' 30"	106° 26' 12"	12:20	10
E1S	23° 10' 48"	106° 25' 45"	14:05	0.5	23° 10' 48"	106° 25' 45"	12:53	0.5
E1F	23° 10' 48"	106° 25' 45"	14:15	10	23° 10' 48"	106° 25' 45"	13:03	10
E2S	23° 11' 6"	106° 26' 12"	12:10	0.5	23° 11' 6"	106° 26' 12"	12:03	0.5
E2F	23° 11' 6"	106° 26' 12"	12:20	10	23° 11' 6"	106° 26' 12"	12:13	10
F1S	23° 10' 54"	106° 25' 48"	11:10	0.5	23° 10' 54"	106° 25' 48"	12:33	0.5
F1F	23° 10' 54"	106° 25' 48"	11:20	10	23° 10' 54"	106° 25' 48"	12:43	10
F2S	23° 11' 18"	106° 25' 48"	11:45	0.5	23° 11' 18"	106° 25' 48"	12:16	0.5
F2F	23° 11' 18"	106° 25' 48"	11:55	8	23° 11' 18"	106° 25' 48"	12:26	10

Tabla 4 Intervalos y valores medios de hidrología y nutrientes en cuerpos de agua costeros del Pacífico Mexicano.

(\* ) en estos casos no se consideró al amonio para el cálculo de las proporciones de las concentraciones medias de los nutrientes :

Autor	Temp °C	Salinidad psu	Oxígeno (ml l <sup>-1</sup> )	SST (mg l <sup>-1</sup> )	NH <sub>3</sub> (µM)	NO <sub>3</sub> (µM)	NO <sub>2</sub> (µM)	SiO <sub>4</sub> (µM)	PO <sub>4</sub> (µM)	N:P	Si:P	Si:N
Gilmartin <i>et al.</i> (1978)												
Laguna de la Cruz media			3.81-4.70 4.33						0.24-0.53 0.37			
Bahía de Guaymas media	30.1-32.3 31.4	35.5-36.3 35.7	3.48-4.78 4.21			0.50-1.31 0.92			0.15-0.65 0.41			
Estero de Lobos media	29.3-31.6 30.5	33.4-8.36.7 35.5	3.26-4.79 3.92			0.21-1.59 0.65			0.54-0.84 0.84			
Estero de Huiquilay media	27.1-30.1 28.6	31.3-34.6 33.2	3.27-4 3.78			0.24-1.56 0.78			0.82-1.37 1.04			
Bahía de Yavaros media	26.2-29.4 27.8	30.1-35.1 32.6				0.48-1.23 0.85			0.35-0.74 0.54			
Estero de Agiabampo media	31.3-32.4 31.7	32.6-36.1 34.4	3.44-5.72 4.75			0.14-1.05 0.64			0.23-0.79 1.37			
Estero de Lechuguita media	29.5-30.5 30.1	28.7-34.3 30.1	3.94-4.58 4.42			0.50-1.23 0.9			0.71-2.18 1.47			
Bahía de Churra media	27.6-30.4 29.1	25.4-35.9 31.2	3.40-5.11 4.10			0.80-3.62 1.85			0.87-1.31 1.24			
Canal de Saliaca media		34.4-38.1 36.5	3.97-5.61 4.71			0.40-1.52 0.92			0.28-1.43 1.56			
Bahía de Santa María media	30.0-32.1 31.4	33.6-38.6 36.2	3.06-4.80 4.12			0.16-1.33 0.69			0.11-1.31 0.44			
Estero de Quevedo media	31.4-32.6 31.7	34.6-46.2 39	3.52-4.65 4.36			0.53-1.18 0.83			1.42-0.64 0.51			
Estero de Urias media	28.5-31.8 30.7	30.6-33.9 32.5	2.56-5.62 4.39			0.58-1.83 0.93			0.57-1.44 0.93			
Bruland <i>et al.</i> (1978)												
Surgencia 30 m prof. E-49 y 50						5.90-15.8			1.22-2.08			
Alvarez <i>et al.</i> (1978)												
Crucero abril-mayo 1974												
Entrada del Golfo						0.60	0.00	1.00	0.60	*1.00	1.67	*1.67
Bajo Golfo						1.90	0.09	0.00-5.00	1.00	*1.99		
Canal de Ballenas						13.00	0.31	29.00	1.70-2.0			*2.18
Alto Golfo						0.20-4.00	0.02-0.20	11.00-18.0	0.80-1.0			
Crucero octubre de 1974												
Entrada del Golfo						0.10	0.010	2.40	0.40	*0.28	6.00	*21.82
Bajo Golfo						0.30	0.010	2.90	0.50	*0.62	5.80	*9.35
Canal de Ballenas						1.00-7.50	0.13-0.45	6.60-19.60	0.90-1.50			
Alto Golfo						0.00-0.20	0.00-0.09	6.10-10.20	0.70-1.00			
Nieto <i>et al.</i> (1993)												
Entrada del Golfo de California					0.026-18.612	0.002-1.071	0.05-7.42		1.35-2.13			
Trujillo (1997)												
Prof. 5 m E-1	29.7	34.7			0.01	0.41	0.09		0.11	4.89/ *4.8		
Prof. 10 m E-1	28.1	34.7			0.01	0.59	0.19		0.11	7.47/ *7.4		
Prof. 5 m E-13	29.2	34.4			0.00	0.92	0.01		0.11	8.81/ *8.8		
Prof. 10 m E-13	28.8	34.4			0.02	1.69	0.09		0.11	17.11/ *17		
Pacífico Central Mexicano media					0.01-0.57 0.031	0.03-30.18 7.50	0.08-3.69		0.10-0.85 0.17	44.40/ *44.2		
González-Farías <i>et al.</i> (1986)												
Bahía de Mazatlán sup	19.3-33.2	30.0-37.0	0.4-6.8	3.3-166								
Cortés 2 invierno 1983	12.9-24.0	34.1-35.2	0.2-7.1	2.9-16								
Cortés 3 verano 1983	14.3-31.0	31.7-36.8	0.8-5.6	2.0-28								
Mee <i>et al.</i> (1984) <sup>9</sup>												
Invierno-superficie media						0.10-0.80 0.30	0.05-0.48 0.16		0.19-1.25 0.83			*0.60
Invierno-10 m media						0.3-3.00 2.00	0.03-1.23 0.51		0.37-2.20 1.36			*1.80
Verano-superficie media						<0.05-0.90 0.40	0.09-0.15 0.15		0.61-1.45 0.74			*0.80
Verano-10 m media						0.30-1.21 0.80	0.18-0.89 0.42		0.47-1.67 0.81			*1.50
media anual					3.20	0.70	0.20		0.87	4.71/ *1		
Este estudio												
Estación 1												
Invierno-superficie media	21.9-24.5 22.94	32.64-35.61 33.85	4.18-6.96 5.60	0.8-6 3.29	0.5-9.85 3.91	0.3-13.42 3.27	0.05-1.06 0.18	0.5-11.95 2.93	0.19-1.48 0.76	1.08-43.47 9.62/ *4.50	0.63-8.07 3.82	0.06-0.99 0.39/ *0.84
Invierno-10 m media	18-24.9 21.78	33-35.75 34.11	1.43-5.67 3.35	2.93-50.06 9.61	0.5-15.2 3.78	0.3-35.73 8.80	0.05-0.86 0.33	0.5-19.41 6.17	0.57-2.34 1.31	0.86-31.33 9.84/ *6.96	0.42-8.29 4.7	0.23-1.23 0.47/ *0.67
Verano-superficie media	25-31.5 28.68	31.77-35.92 33.70	3.47-6.74 5.21	1.5-5.77 3.39	0.5-18.71 5.73	0.3-4.39 1.31	0.05-0.26 0.11	0.5-12.75 4.79	0.14-1.38 0.72	0.74-136.14 9.95/ *1.97	0.59-51.79 6.66	0.03-8.40 0.66/ *3.37
Verano-10 m media	25.6-30.8 28.64	32.54-35.17 33.68	3.18-6.96 4.97	2.85-17.86 5.70	0.5-17.64 6.48	0.3-1.29 0.54	0.05-0.36 0.15	0.5-12.48 6.85	0.14-1.47 0.70	1.27-128.50 10.19/ *0.98	0.68-28.22 9.73	0.14-14.26 0.95/ *9.98
Estación 2												
Invierno-superficie media	21.3-24.9 22.99	32.64-35.39 34.01	4.04-6.20 5.21	0.5-4.6 2.84	0.5-20.78 5.77	0.3-29.51 4.54	0.05-0.7 0.17	0.5-9.4 3.22	0.23-1.25 0.91	1.89-93.30 11.49/ *5.18	0.48-7.52 3.53	0.05-1.14 0.30/ *0.68
Invierno-10 m media	18.3-24 21.66	32.81-35.55 34.04	1.98-5.83 3.96	1.4-8.08 3.25	0.5-15.71 2.87	0.3-20.53 5.50	0.05-0.76 0.29	0.5-18.09 4.99	0.34-2.94 1.50	0.48-21.81 5.78/ *3.86	0.19-10.24 3.37	0.04-2.09 0.57/ *0.86
Verano-superficie media	26.5-31.5 29.28	32.88-35 33.86	3.47-7.21 5.26	1.44-6.6 3.30	0.5-19.33 5.40	0.3-1.23 0.48	0.046-0.12 0.06	1.16-12.72 5.38	0.09-1.06 0.64	0.83-145.11 9.20/ *0.83	1.90-83.33 8.34	0.17-6.48 0.90/ *10.04
Verano-10 m media	25.2-30.8 28.13	32.33-34.84 33.85	3.82-7.60 4.99	1.94-7.27 3.99	0.5-18.87 6.17	0.3-1.15 0.53	0.05-1.58 0.27	0.5-18.5 5.68	0.27-0.92 0.61	1.36-40.69 11.33/ *1.29	1.09-25.00 9.52	0.03-18.44 0.81/ *7.15
media Estación 1	25.36	33.87	4.40	5.15	4.52	3.06	0.19	5.02	0.89	8.76/ *3.67	5.65	0.65/ *1.53
media Estación 2	25.48	33.94	4.48	3.42	5.09	2.36	0.18	4.67	0.87	8.77/ *2.91	5.38	0.61/ *2.91
media anual E-1 y E-2	25.42	33.90	4.44	4.29	4.80	2.72	0.19	4.84	0.88	8.78/ *3.30	5.51	0.62/ *3.30

Tabla 5 Tabla de especies presentes al menos una vez en todas las fechas analizadas en las estaciones 1 y 2 a 0.5, 5 y 10 m de profundidad, muestras mensuales.

ESPECIES PERMANENTES	
GRUPO	ESPECIE
Ciliado fotosintético	<i>Mesodinium rubrum</i>
Diatomea	<i>Coscinodiscus</i> sp.
Diatomea	<i>Chaetoceros</i> sp.
Diatomea	<i>Navicula</i> sp.
Diatomea	<i>Navicula wawrikan</i>
Diatomea	<i>Nitzschia</i> sp.
Diatomea	<i>Pleurosigma</i> sp.
Diatomea	<i>Rhizosolenia stolterfohtii</i>
Diatomea	<i>Thalassiothrix</i> sp.
Dinoflagelado	<i>Ceratium furca</i>
Dinoflagelado	<i>Protoperdinium</i> sp.



Tabla 6 ...continuación.

ESPECIES FRECUENTES		1995												1996							
GRUPO	NOMBRE/MES	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Dinoflagelado	<i>Alexandrium catenella</i>	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Amphidinium</i> sp.		1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Ceratium fusus</i>		1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Ceratium lineatum</i>		1	1				1		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Ceratium</i> sp.	1	1	1	1	1	1				1		1	1	1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Ceratium tripos</i>	1				1			1				1	1	1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Dinophysis caudata</i>		1	1	1	1		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Dinophysis</i> sp.					1	1	1	1	1			1		1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Gonyaulax</i> sp.	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Gymnodinium catenatum</i>	1	1	1	1	1	1			1			1	1	1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Gymnodinium</i> sp.	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Gyrodinium</i> sp.	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Gyrodinium spirale</i>		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	N.I.	1					1					1				1	1	1	1		
Dinoflagelado	<i>Noctiluca scintillans</i>		1	1	1					1	1		1	1	1	1					
Dinoflagelado	<i>Oxyphysis oxytoides</i>	1		1		1	1			1	1		1	1	1	1					
Dinoflagelado	<i>Oxyphysis</i> sp.			1		1	1				1						1	1			
Dinoflagelado	<i>Oxytoxum</i> sp.				1	1	1			1	1		1					1	1		
Dinoflagelado	<i>Peridinium</i> sp.	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Podolampas</i> sp.	1								1			1	1	1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Polykrikos</i> sp.		1	1	1	1	1		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum dentatum</i>		1	1	1	1	1	1		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum gracile</i>		1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum micans</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum minimum</i>		1							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum</i> sp.	1	1				1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum triestinum</i>		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium conicum</i>			1	1					1				1	1	1	1		1	1	
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium tuba</i>		1		1	1		1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis hamulus</i>		1	1	1					1	1				1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Scrippsiella</i> sp.		1			1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Torodinium</i> sp.							1	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	
Euglenoide	<i>Euglena</i> sp.					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Euglenoide	N.I.	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Fitoflagelado	<i>Chatonella</i> sp.		1	1	1		1				1			1	1	1	1	1	1	1	
N. I.	N. I.		1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Silicoflagelado	<i>Dictyocha fibula</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Silicoflagelado	<i>Dictyocha octonaria</i>			1							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Silicoflagelado	<i>Dictyocha</i> sp.		1			1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Silicoflagelado	<i>Ebria tripartita</i>		1	1							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	



Tabla 7 ... continuación. Especies presentes en menos del 20 % de las muestras analizadas de las estaciones 1 y 2 a 0.5, 5 y 10 m de profundidad, colecta mensual.

GRUPO	NOMBRE/MES	1995												1996							
		II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Dinoflagelado	<i>Alexandrium acantanelle</i>																				
Dinoflagelado	<i>Alexandrium monilatum</i>																				
Dinoflagelado	<i>Alexandrium</i> sp.																				
Dinoflagelado	<i>Ceratium bergonii</i>	1																			
Dinoflagelado	<i>Ceratium contrarium</i>																				
Dinoflagelado	<i>Ceratium deflexum</i>																				
Dinoflagelado	<i>Ceratium falcatum</i>			1		1													1	1	
Dinoflagelado	<i>Ceratium kofoidi</i>	1																			
Dinoflagelado	<i>Ceratium longirostrum</i>			1												1					
Dinoflagelado	<i>Ceratium massense</i>			1															1	1	
Dinoflagelado	<i>Ceratium symmetricum</i>			1		1															
Dinoflagelado	<i>Ceratium trichoceros</i>			1		1															
Dinoflagelado	<i>Cochlodinium</i> sp.																				
Dinoflagelado	<i>Corythodinium</i> sp.				1													1			
Dinoflagelado	<i>Dinophysis acuminata</i>						1														
Dinoflagelado	<i>Dinophysis argus</i>				1			1													
Dinoflagelado	<i>Dinophysis diegensis</i>		1																		
Dinoflagelado	<i>Dinophysis furca</i>				1																
Dinoflagelado	<i>Dinophysis ovum</i>				1																
Dinoflagelado	<i>Goniadoma polyedricum</i>			1																	
Dinoflagelado	<i>Gonyaulax polygramma</i>					1	1	1													
Dinoflagelado	<i>Gonyaulax tinacanta</i>						1														
Dinoflagelado	<i>Gymnodinium mikimotoi</i>										1										
Dinoflagelado	<i>Gymnodinium sanguineum</i>							1	1		1										
Dinoflagelado	<i>Heterocapsa</i> sp.																				
Dinoflagelado	<i>Heterocapsa triquetra</i>			1										1							
Dinoflagelado	<i>Kolodinium</i> sp.																				
Dinoflagelado	<i>Ornithocarcus magnificus</i>													1							
Dinoflagelado	<i>Oxytoxum gigas</i>			1	1														1	1	
Dinoflagelado	<i>Oxytoxum latecaps</i>								1												
Dinoflagelado	<i>Oxytoxum scolopax</i>	1																			
Dinoflagelado	<i>Oxytoxum variable</i>																				
Dinoflagelado	<i>Peridinium cerasus</i>			1															1		
Dinoflagelado	<i>Polyrinos schwartzi</i>																				
Dinoflagelado	<i>Pronoctiluca</i> sp.		1					1								1			1		
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum arcuatum</i>							1													
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum dactylus</i>												1								
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum rostratum</i>	1										1									
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium bipes</i>				1			1		1											
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium broctii</i>									1											
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium cerasus</i>			1																	
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium claudicans</i>				1																
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium corniculum</i>								1												
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium depressum</i>				1																
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium divergens</i>			1			1														
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium latispinum</i>					1			1												
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium obtusum</i>			1						1											
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium pellucidum</i>																				
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium pentagonum</i>																		1	1	
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium venustum</i>			1																	
Dinoflagelado	<i>Pseudonociluca</i> sp.		1																		
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis fusiformis</i>										1										
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis lunula</i>			1	1										1						
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis noctiluca</i>															1					
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis pseudonociluca</i>																				
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis robusta</i>		1	1							1										
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis</i> sp.		1																		
Euglenoide	<i>Euglena acusiformis</i>													1							
Fitoflagelado	<i>Phaeocystis</i> sp.																				
Fitoflagelado	<i>Pyrammonas</i> sp.						1												1		

Tabla 8 Especies dominantes\* Índice General Promedio  $Dm \geq 1\%$ , según Picard (1965).

Nombre	Índice Gral. Promedio
<b>Diatomea</b> <i>Nitzschia</i> sp.	40.90%
<b>Fitoflagelado</b> N.I.	10.78%
<b>Diatomea</b> <i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	6.41%
<b>Diatomea</b> <i>Rhizosolenia</i> sp.	3.84%
<b>Diatomea</b> <i>Chaetoceros</i> sp.	3.24%
<b>Ciliado fotosintético</b> <i>Mesodinium rubrum</i>	2.51%
<b>Fitoflagelado</b> <i>Phaeocystis</i> sp.	1.84%
<b>Dinoflagelado</b> <i>Gymnodinium catenatum</i>	1.80%
<b>Diatomea</b> <i>Coscinodiscus</i> sp.	1.78%
<b>Diatomea</b> <i>Skeletonema costatum</i>	1.62%
<b>Diatomea</b> <i>Leptocylindrus danicus</i>	1.56%
<b>Dinoflagelado</b> <i>Gyrodinium</i> sp.	1.43%
<b>Dinoflagelado</b> <i>Peridinium</i> sp.	1.34%
<b>Diatomea</b> <i>Rhizosolenia setigera</i>	1.18%

\* Estas especies fueron utilizadas para el análisis de asociación de especies y para el de componentes principales.

Tabla 9 Matriz del coeficiente de asociación (diagonal superior) y valores chi-cuadrada ( diagonal inferior), significativo al 95 % de confianza de las asociaciones entre especies dominantes, estaciones 1 y 2. Período febrero de 1995 a agosto de 1996.

v= 1 α= 0.05 C=3.841 n= 113	<i>Mesodinium rubrum</i>	<i>Coscinodiscus</i> sp.	<i>Chaetoceros</i> sp.	<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Nitzschia</i> sp.	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	<i>Rhizosolenia setigera</i>	<i>Rhizosolenia</i> sp.	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Gymnodinium catenatum</i>	<i>Gyrodinium</i> sp.	<i>Peridinium</i> sp.	Fitoflagelado N.I.	<i>Phaeocystis</i> sp.
<i>Mesodinium rubrum</i>				-31.5%										
<i>Coscinodiscus</i> sp.								27.6%			23.0%		28.1%	
<i>Chaetoceros</i> sp.					34.7%	30.2%		29.8%	28.5%					
<i>Leptocylindrus danicus</i>	11.21						23.2%							
<i>Nitzschia</i> sp.		3.85	13.57			19.5%	29.7%	25.6%						
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>			10.33		4.28			30.0%	34.0%				22.2%	
<i>Rhizosolenia setigera</i>				6.09	9.94									
<i>Rhizosolenia</i> sp.		8.58	10.02		7.40	10.18			22.0%	-25.1%			27.6%	
<i>Skeletonema costatum</i>		4.05	9.16			13.09		5.47					23.3%	21.5%
<i>Gymnodinium catenatum</i>								7.13					-31.8%	
<i>Gyrodinium</i> sp.		5.95			3.85								43.5%	
<i>Peridinium</i> sp.											3.96			
Fitoflagelado N.I.		8.92			3.85	5.57		8.58	6.16	11.45	21.38			
<i>Phaeocystis</i> sp.									5.21					

Tabla 10. Análisis de componentes principales (PCA) para la estación 1.

Valor propio	4.9336	2.6355	2.3450	1.8064	1.6455	1.2587
Proporción	0.215	0.115	0.102	0.079	0.072	0.055
Proporción acumulativa	0.215	0.329	0.431	0.510	0.581	0.636
Valor propio	1.2452	1.0904	1.0713	0.9144	0.8021	0.6752
Proporción	0.054	0.047	0.047	0.040	0.035	0.029
Proporción acumulativa	0.690	0.737	0.784	0.824	0.859	0.888
Valor propio	0.6063	0.5146	0.3731	0.3560	0.2451	0.2296
Proporción	0.026	0.022	0.016	0.015	0.011	0.010
Proporción acumulativa	0.914	0.937	0.953	0.968	0.979	0.989
Valor propio	0.1378	0.0630	0.0503	0.0008	0.0000	
Proporción	0.006	0.003	0.002	0.000	0.000	
Proporción acumulativa	0.995	0.998	1.000	1.000	1.000	

#### Variables Abióticas

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Temperatura	-0.333	-0.150	-0.144
Salinidad	0.200	-0.150	0.352
Sigma-t	0.343	0.033	0.294
Oxígeno disuelto	-0.363	-0.013	0.059
SST	0.200	-0.027	-0.138
% saturación	-0.393	-0.039	0.019
Nitrógeno inorgánico total	0.174	-0.287	-0.076
Silicato reactivo	0.125	-0.307	-0.383
Fosfato inorgánico	0.365	-0.004	-0.046

#### Variables Bióticas

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0.232	0.298	-0.290
<i>Chaetoceros</i> sp.	-0.127	0.286	0.085
Fitoflagelados	-0.187	0.289	-0.140
<i>Gymnodinium catenatum</i>	-0.048	0.012	-0.320
<i>Gyrodinium</i> sp.	0.015	0.447	0.105
<i>Leptocylindrus</i> sp.	0.177	0.222	-0.125
<i>Mesodinium rubrum</i>	-0.136	0.204	0.039
<i>Nitzschia</i> sp.	0.097	0.194	0.065
<i>Peridinium</i> sp.	0.027	0.107	-0.415
<i>Phaeocystis</i> sp.	0.018	-0.032	0.039
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	0.206	0.196	-0.314
<i>Rhizosolenia setigera</i>	-0.024	0.342	0.090
<i>Rhizosolenia</i> sp.	0.014	0.157	0.171
<i>Skeletonema costatum</i>	-0.124	0.022	-0.190

Tabla 11. Análisis de componentes principales (PCA) para la estación 2.

Valor propio	4.2222	3.2206	2.7966	2.1254	1.8219	1.5251
Proporción	0.184	0.140	0.122	0.092	0.079	0.066
Proporción acumulativa	0.184	0.324	0.445	0.538	0.617	0.683
Valor propio	1.2996	1.1140	0.8402	0.7242	0.7080	0.5878
Proporción	0.057	0.048	0.037	0.031	0.031	0.026
Proporción acumulativa	0.740	0.788	0.825	0.856	0.887	0.912
Valor propio	0.3941	0.3404	0.3102	0.2532	0.2137	0.1906
Proporción	0.017	0.015	0.013	0.011	0.009	0.008
Proporción acumulativa	0.930	0.944	0.958	0.969	0.978	0.986
Valor propio	0.1565	0.1322	0.0223	0.0012	0.0001	
Proporción	0.007	0.006	0.001	0.000	0.000	
Proporción acumulativa	0.993	0.999	1.000	1.000	1.000	

#### Variables Abióticas

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Temperatura	-0.328	0.138	0.210
Salinidad	0.326	0.204	-0.036
Sigma-t	0.405	-0.009	-0.177
Oxígeno disuelto	-0.357	0.004	-0.179
SST	0.080	-0.163	0.256
% saturación	-0.401	0.043	-0.111
Nitrógeno inorgánico total	0.122	0.057	0.037
Silicato reactivo	-0.033	-0.015	0.114
Fosfato inorgánico	0.263	0.040	-0.164

#### Variables Bióticas

<i>Coscinodiscus</i> sp.	0.059	-0.439	-0.275
<i>Chaetoceros</i> sp.	-0.072	-0.130	0.214
Fitoflagelados	-0.220	-0.338	-0.022
<i>Gymnodinium catenatum</i>	0.072	-0.097	0.160
<i>Gyrodinium</i> sp.	0.021	-0.264	0.301
<i>Leptocylindrus</i> sp.	-0.009	-0.337	-0.399
<i>Mesodinium rubrum</i>	-0.132	-0.128	-0.067
<i>Nitzschia</i> sp.	0.173	-0.281	0.251
<i>Peridinium</i> sp.	-0.165	-0.174	0.270
<i>Phaeocystis</i> sp.	-0.008	-0.313	-0.375
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	-0.218	-0.155	0.027
<i>Rhizosolenia setigera</i>	0.205	-0.282	0.193
<i>Rhizosolenia</i> sp.	0.069	-0.017	0.036
<i>Skeletonema costatum</i>	0.105	-0.250	0.233

Tabla 12. Análisis de componentes principales (PCA) para la estación 1 y 2.

Valor propio	4.3199	2.6591	2.1914	2.0471	1.6461	1.4048
Proporción	0.188	0.116	0.095	0.089	0.072	0.061
Proporción acumulativa	0.188	0.303	0.399	0.488	0.559	0.620
Valor propio	1.2635	1.0979	1.0083	0.9151	0.8114	0.6351
Proporción	0.055	0.048	0.044	0.040	0.035	0.028
Proporción acumulativa	0.675	0.723	0.767	0.807	0.842	0.870
Valor propio	0.6026	0.5505	0.4634	0.3619	0.2886	
Proporción	0.026	0.024	0.020	0.016	0.013	0.012
Proporción acumulativa	0.896	0.920	0.940	0.956	0.968	0.980
Valor propio	0.2112	0.1669	0.0880	0.0013	0.0001	
Proporción	0.009	0.007	0.004	0.000	0.000	
Proporción acumulativa	0.989	0.996	1.000	1.000	1.000	

#### Variables Abióticas

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Temperatura	0.359	-0.119	0.063
Salinidad	-0.258	-0.227	0.094
Sigma-t	-0.394	-0.050	0.002
Oxígeno disuelto	0.374	-0.001	-0.117
SST	-0.177	0.058	0.102
% saturación	0.415	-0.028	-0.091
Nitrógeno inorgánico total	-0.161	-0.137	-0.049
Silicato reactivo	-0.077	-0.045	-0.103
Fosfato inorgánico	-0.347	-0.023	-0.152

#### Variables Bióticas

<i>Coscinodiscus</i> sp.	-0.190	0.418	-0.198
<i>Chaetoceros</i> sp.	0.096	0.145	0.157
Fitoflagelados	0.179	0.373	-0.043
<i>Gymnodinium catenatum</i>	0.028	0.085	0.141
<i>Gyrodinium</i> sp.	-0.022	0.292	0.269
<i>Leptocylindrus</i> sp.	-0.052	0.326	-0.368
<i>Mesodinium rubrum</i>	0.130	0.181	-0.053
<i>Nitzschia</i> sp.	-0.121	0.228	0.402
<i>Peridinium</i> sp.	0.079	0.373	0.167
<i>Phaeocystis</i> sp.	-0.025	0.286	-0.338
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	-0.149	0.243	-0.177
<i>Rhizosolenia setigera</i>	-0.082	0.229	0.391
<i>Rhizosolenia</i> sp.	-0.030	0.012	0.210
<i>Skeletonema costatum</i>	0.058	0.151	0.300

Tabla 13 Hidrología del periodo de mareas rojas invierno-primavera de 1995.

Variable	Fecha					
	Estación	prof.( m)	9-Feb-95	9-Mar-95	8-Abr-95	9-May-95
Temperatura °	1-S	0.5	25	22.6	23.2	22.2
	1-M	5	24.9	22.4	22.5	20.8
	1-F	10	24.9	21.9	21.5	18.7
	2-S	0.5	24.9	22.5	23	22.2
	2-M	5	24.9	22.3	22	18.9
	2-F	10		21.4	21.4	18.3
	3-S	0.5	24.9			
Salinidad	1-S	0.5	35.92	35.53	35.61	34.28
	1-M	5	35.37	35.49	36.39	34.41
	1-F	10	35.75	35.37	35.54	34.53
	2-S	0.5	35.39	35.39	35.28	34.56
	2-M	5	35.96	35.07	35.59	34.59
	2-F	10		35.19	35.56	34.46
	3-S	0.5	35.71			
Sigma- t	1-S	0.5	23.82	24.23	24.12	23.40
	1-M	5	23.44	24.25	24.91	23.89
	1-F	10	23.72	24.31	24.55	24.53
	2-S	0.5	23.45	24.16	23.93	23.62
	2-M	5	23.88	23.97	24.45	24.52
	2-F	10		24.31	24.59	24.58
	3-S	0.5	23.69			
Oxígeno disu ml/l	1-S	0.5	5.30	5.17	6.42	5.07
	1-M	5	5.43	5.17	5.88	2.45
	1-F	10	5.23	3.30	4.57	1.56
	2-S	0.5	5.01	5.12	5.72	4.27
	2-M	5	5.13	5.36	4.97	2.75
	2-F	10		3.47	3.99	1.99
	3-S	0.5	5.13			
Saturación %	1-S	0.5	113	105	132	102
	1-M	5	115	105	120	48
	1-F	10	111	66	91	29
	2-S	0.5	106	104	117	86
	2-M	5	109	108	100	52
	2-F	10		69	80	37
	3-S	0.5	109			
SST mg/l	1-S	0.5	2.84	1.06	4.48	3.20
	1-M	5	2.06	2.64	5.60	3.06
	1-F	10	4.25	2.93	5.82	3.86
	2-S	0.5	2.21	1.83	3.04	1.93
	2-M	5	1.77	3.04	4.80	1.83
	2-F	10		2.33	2.48	1.40
	3-S	0.5	5.82			

Tabla 13... continuación.

Variable	Fecha					
	Estación	prof. ( m)	9-Feb-95	9-Mar-95	8-Abr-95	9-May-95
Amonio $\mu\text{M}$ LD=0.50	1-S	0.5	12.59	0.50	3.36	2.11
	1-M	5	0.50	0.50	3.84	1.76
	1-F	10	0.50	0.50	3.08	1.76
	2-S	0.5	0.50	0.50	4.88	1.76
	2-M	5	0.50	0.50	11.68	2.11
	2-F	10		0.50	0.50	1.49
	3-S	0.5	1.70			
Nitratos $\mu\text{M}$ LD=0.30	1-S	0.5	3.22	0.30	13.43	8.91
	1-M	5	0.55	0.30	2.67	7.99
	1-F	10	0.72	0.45	35.74	27.78
	2-S	0.5	1.93	3.74	29.52	5.76
	2-M	5	1.49	1.00	0.63	9.75
	2-F	10		12.15	3.18	20.53
	3-S	0.5	2.42			
Nitritos $\mu\text{M}$ LD=0.05	1-S	0.5	0.25	0.05	0.05	1.06
	1-M	5	0.09	0.05	0.07	1.76
	1-F	10	0.15	0.09	0.35	0.62
	2-S	0.5	0.11	0.25	0.05	0.70
	2-M	5	0.46	0.05	0.15	1.10
	2-F	10		0.49	0.41	0.41
	3-S	0.5	0.40			
Nitrógeno tota $\mu\text{M}$	1-S	0.5	16.06	0.85	16.84	12.08
	1-M	5	1.14	0.85	6.58	11.51
	1-F	10	1.37	1.03	39.17	30.17
	2-S	0.5	2.54	4.49	34.45	8.22
	2-M	5	2.45	1.55	12.46	12.96
	2-F	10		13.14	4.09	22.43
	3-S	0.5	4.52			
Silicato $\mu\text{M}$ LD=0.50	1-S	0.5	0.50	0.50	4.40	11.95
	1-M	5	0.50	0.50	5.81	14.31
	1-F	10	0.50	0.50	9.12	19.41
	2-S	0.5	0.50	0.50	3.82	9.40
	2-M	5	0.50	0.50	6.19	12.61
	2-F	10		0.50	8.27	18.09
	3-S	0.5	11.78			
Fosfato $\mu\text{M}$ LD=0.07	1-S	0.5	0.85	0.79	0.88	1.48
	1-M	5	1.40	1.02	1.06	1.84
	1-F	10	0.57	1.20	1.25	2.34
	2-S	0.5	1.08	0.79	1.02	1.25
	2-M	5	1.03	0.84	1.16	1.70
	2-F	10		1.47	2.94	2.39
	3-S	0.5	1.03			
Fitoplancton total cél/l	1-S	0.5	145528	208138	84223	370016
	1-M	5	165940	458521	84091	64784
	1-F	10	169199	290461	55918	25159
	2-S	0.5	194526	269181	252622	94937
	2-M	5	136976	455228	309847	36266
	2-F	10		140128	181253	21673
	3-S	0.5				

Tabla 14. Especies que se presentaron en las cuatro fechas de mareas rojas analizadas (9-febrero, 9-marzo, 10-abril y 9-mayo de 1995) en las estaciones 1 y 2 a 0.5, 5 y 10 m de profundidad.

ESPECIES PERMANENTES	
GRUPO	NOMBRE/MES
Ciliado fotosintético	<i>Mesodinium rubrum</i>
Diatomea	<i>Coscinodiscus</i> sp.
Diatomea	<i>Chaetoceros</i> sp.
Diatomea	<i>Diploneis</i> sp.
Diatomea	<i>Hemiaulus</i> sp.
Diatomea	<i>Navicula</i> sp.
Diatomea	<i>Navicula wawrikan</i>
Diatomea	<i>Nitzschia longissima</i>
Diatomea	<i>Nitzschia</i> sp.
Diatomea	<i>Pleurosigma</i> sp.
Diatomea	<i>Rhizosolenia setigera</i>
Diatomea	<i>Thalassiothrix</i> sp.
Dinoflagelado	<i>Ceratium furca</i>
Dinoflagelado	<i>Ceratium</i> sp.
Dinoflagelado	<i>Gonyaulax</i> sp.
Dinoflagelado	<i>Gymnodinium catenatum</i>
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum micans</i>
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium</i> sp.
Dinoflagelado	<i>Scrippsiella trochoidea</i>
Fitoflagelado	N.I.
Silicoflagelado	<i>Dictyocha fibula</i>

Tabla 15 Especies que aparecieron en dos o tres de las cuatro fechas analizadas, estaciones 1 y 2 a 0.5, 5 y 10 m de profundidad. Período de invierno-primavera de 1995.

ESPECIES FRECUENTES		Período de mareas rojas invierno-primavera 1995			
GRUPO	NOMBRE/MES	9-Feb-95	9-Mar-95	10-Abr-95	9-May-95
Cianofita	N.I.	1			1
Cianofita	<i>Oscillatoria erythraea</i>	1			1
Diatomea	<i>Amphora</i> sp.	1		1	
Diatomea	<i>Bacteriastrium delicatulum</i>	1			1
Diatomea	<i>Bacteriastrium</i> sp.	1	1		
Diatomea	<i>Biddulphia longicruris</i>	1		1	1
Diatomea	<i>Cyclotella</i> sp.	1		1	1
Diatomea	<i>Ditylum brightwellii</i>	1	1		
Diatomea	<i>Ditylum</i> sp.		1		1
Diatomea	<i>Entomoneis alata</i>		1		1
Diatomea	<i>Guinardia flaccida</i>	1	1		
Diatomea	<i>Leptocylindrus danicus</i>	1		1	1
Diatomea	<i>Lithodesmium</i> sp.	1			1
Diatomea	<i>Navicula membranacea</i>	1	1		
Diatomea	<i>Nitzschia closterium</i>	1	1		1
Diatomea	<i>Planktoniella</i> sp.			1	1
Diatomea	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>		1	1	1

Tabla 15 continuación.

ESPECIES FRECUENTES		Período de mareas rojas invierno-primavera 1995			
GRUPO	NOMBRE/MES	9-Feb-95	9-Mar-95	10-Abr-95	9-May-95
Diatomea	<i>Rhizosolenia formosa</i>	1			1
Diatomea	<i>Rhizosolenia imbricata</i>	1			1
Diatomea	<i>Rhizosolenia</i> sp.		1	1	1
Diatomea	<i>Surirella fastuosa</i>		1	1	1
Diatomea	<i>Thalassionema nitzschioides</i>		1	1	1
Diatomea	<i>Thalassiosira</i> sp.		1	1	1
Dinoflagelado	<i>Alexandrium catenella</i>	1		1	1
Dinoflagelado	<i>Ceratium dens</i>		1	1	
Dinoflagelado	<i>Ceratium fusus</i>		1	1	1
Dinoflagelado	<i>Ceratium lineatum</i>		1	1	
Dinoflagelado	<i>Dinophysis caudata</i>		1	1	1
Dinoflagelado	<i>Gymnodinium</i> sp.	1	1		1
Dinoflagelado	<i>Gyrodinium</i> sp.	1	1		
Dinoflagelado	<i>Gyrodinium spirale</i>		1	1	1
Dinoflagelado	<i>Noctiluca scintillans</i>		1	1	1
Dinoflagelado	<i>Oxyphysis oxytoides</i>	1		1	
Dinoflagelado	<i>Oxytoxum gigas</i>			1	1
Dinoflagelado	<i>Peridinium</i> sp.	1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Polykrikos</i> sp.		1	1	1
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum dentatum</i>		1	1	1
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum gracile</i>		1	1	1
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum maximum</i>	1	1		
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum</i> sp.	1	1		
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum triestinum</i>		1	1	1
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium conicum</i>			1	1
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium tuba</i>		1		1
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis hamulus</i>		1	1	1
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis lunula</i>			1	1
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis robusta</i>		1	1	
Euglenoide	N.I.	1			1
Fitoflagelado	<i>Chatonella</i> sp.		1	1	1
Silicoflagelado	<i>Ebria tripartita</i>		1	1	

Tabla 16 Especies que aparecieron en una de las cuatro fechas analizadas en las estaciones 1 y 2 a 0.5, 5 y 10 m de profundidad.

ESPECIES RARAS		Periodo de mareas rojas invierno-primavera 199			
GRUPO	NOMBRE/MES	9-Feb-95	9-Mar-95	10-Abr-95	9-May-95
Cianofita	<i>Anabaena</i> sp.				1
Diatomea	<i>Actinopterychus</i> sp.				1
Diatomea	<i>Asterionella japonica</i>				1
Diatomea	<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	1			
Diatomea	<i>Coscinodiscus excentricus</i>	1			
Diatomea	<i>Coscinodiscus lineatus</i>	1			
Diatomea	<i>Cyclotella striata</i>	1			
Diatomea	<i>Chaetoceros gracilis</i>	1			
Diatomea	<i>Chaetoceros peruvianus</i>	1			
Diatomea	<i>Chaetoceros</i> spp.				1
Diatomea	<i>Diploneis borealis</i>	1			
Diatomea	<i>Eucampia zodiacus</i>		1		
Diatomea	<i>Fragilaria</i> sp.		1		
Diatomea	<i>Grammatophora marina</i>				1
Diatomea	<i>Grammatophora oceanica</i>				1
Diatomea	<i>Gyrosigma</i> sp.	1			
Diatomea	<i>Hemidiscus</i> sp.		1		
Diatomea	<i>Leptocylindrus</i> sp.		1		
Diatomea	<i>Lithodesmium undulatum</i>			1	
Diatomea	<i>Melosira sulcata</i>		1		
Diatomea	<i>Nitzschia sigma</i>		1		
Diatomea	<i>Nitzschia sigmaformis</i>	1			
Diatomea	<i>Nitzschia vitrea</i>		1		
Diatomea	<i>Odontella</i> sp.	1			
Diatomea	<i>Rhizosolenia debyana</i>				1
Diatomea	<i>Rhizosolenia proboscia</i>	1			
Diatomea	<i>Skeletonema costatum</i>				1
Diatomea	<i>Synedra</i> sp.			1	
Diatomea	<i>Thalassionema</i> sp.				1
Diatomea	<i>Thalassiothrix delicatula</i>				1
Diatomea	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>				1
Dinoflagelado	<i>Amphidinium</i> sp.		1		
Dinoflagelado	<i>Ceratium bergonii</i>	1			
Dinoflagelado	<i>Ceratium deflexum</i>			1	
Dinoflagelado	<i>Ceratium falcatum</i>			1	
Dinoflagelado	<i>Ceratium kofoidii</i>	1			
Dinoflagelado	<i>Ceratium longirostrum</i>			1	
Dinoflagelado	<i>Ceratium massiliense</i>			1	
Dinoflagelado	<i>Ceratium symmetricum</i>			1	
Dinoflagelado	<i>Ceratium trichoceros</i>			1	
Dinoflagelado	<i>Ceratium tripos</i>	1			
Dinoflagelado	<i>Corythodinium</i> sp.				1
Dinoflagelado	<i>Dinophysis argus</i>				1
Dinoflagelado	<i>Dinophysis diegensis</i>		1		
Dinoflagelado	<i>Dinophysis furca</i>				1
Dinoflagelado	<i>Dinophysis ovum</i>				1
Dinoflagelado	<i>Goniodoma polyedricum</i>			1	
Dinoflagelado	<i>Heterocapsa inquetra</i>			1	
Dinoflagelado	N.I.	1			
Dinoflagelado	<i>Oxyphysis</i> sp.			1	
Dinoflagelado	<i>Oxytoxum scolopax</i>	1			
Dinoflagelado	<i>Oxytoxum</i> sp.				1
Dinoflagelado	<i>Pendinium cerasus</i>			1	
Dinoflagelado	<i>Podolampas</i> sp.	1			
Dinoflagelado	<i>Pronoctiluca</i> sp.		1		
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum minimum</i>		1		
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum rostratum</i>	1			
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium bipes</i>				1
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium cerasus</i>			1	
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium claudicans</i>				1
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium depressum</i>				1
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium divergens</i>			1	
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium obtusum</i>			1	
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium venustum</i>			1	
Dinoflagelado	<i>Pseudonoclituca</i> sp.		1		
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis</i> sp.		1		
Dinoflagelado	<i>Scrippsiella</i> sp.		1		
N. I.	N.I.		1		
Silicoflagelado	<i>Dictyocha octonana</i>			1	
Silicoflagelado	<i>Dictyocha</i> sp.		1		

Tabla 17. Especies dominantes\* Índice General Promedio  $Dm \geq 1\%$   
período de mareas rojas invierno-primavera 1995.

Grupo	Especie	Índice Graf. Prom.
Diatomea	<i>Rhizosolenia</i> sp.	16.02%
Diatomea	<i>Nitzschia</i> sp.	13.12%
Fitoflagelado	N.I.	7.10%
Diatomea	<i>Chaetoceros</i> sp.	5.20%
Dinoflagelado	<i>Gymnodinium catenatum</i>	4.68%
Diatomea	<i>Nitzschia closterium</i>	4.46%
Dinoflagelado	<i>Gymnodinium</i> sp.	3.72%
Dinoflagelado	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	2.81%
Dinoflagelado	<i>Protoperdinium</i> sp.	2.52%
Diatomea	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	2.40%
Diatomea	<i>Rhizosolenia setigera</i>	2.39%
Ciliado fotosintético	<i>Mesodinium rubrum</i>	2.34%
Diatomea	<i>Navicula</i> sp.	2.28%
Diatomea	<i>Nitzschia longissima</i>	1.74%
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis hamulus</i>	1.74%
Dinoflagelado	<i>Gyrodinium</i> sp.	1.71%
Dinoflagelado	<i>Gonyaulax</i> sp.	1.69%
Diatomea	<i>Coscinodiscus</i> sp.	1.37%
Diatomea	<i>Thalassiosira</i> sp.	1.30%
Diatomea	<i>Hemiaulus</i> sp.	1.29%
Diatomea	<i>Leptocylindrus danicus</i>	1.27%
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum dentatum</i>	1.19%

\* Estas especies fueron utilizadas para el análisis de asociación de especies

Tabla 18 Coeficientes de asociación de especies en el período de mareas rojas invierno-primavera de 1995. Porcentaje de asociación en el extremo superior y valores de chi-cuadrada en extremo inferior. Solo se presentan los resultados de las asociaciones entre especies que fueron significativas al 95 %.

Especies	$\alpha=0.05$ $v= 1$ $C=3.841$ $n= 23$																						
	<i>Mesodinium rubrum</i>	<i>Coscinodiscus</i> sp.	<i>Chaetoceros</i> sp.	<i>Hemiaulus</i> sp.	<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Navicula</i> sp.	<i>Nitzschia closterium</i>	<i>Nitzschia longissima</i>	<i>Nitzschia</i> sp.	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	<i>Rhizosolenia setigera</i>	<i>Rhizosolenia</i> sp.	<i>Thalassiosira</i> sp.	<i>Gonyaulax</i> sp.	<i>Gymnodinium catenatum</i>	<i>Gymnodinium</i> sp.	<i>Gyrodinium</i> sp.	<i>Prorocentrum dentatum</i>	<i>Protopendinium</i> sp.	<i>Pyrocystis hamulus</i>	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	Fitoflagelado N. I.	
<i>Mesodinium rubrum</i>																							
<i>Coscinodiscus</i> sp.						53%			53%	52%		54%											46%
<i>Chaetoceros</i> sp.						59%	53%		59%	44%													
<i>Hemiaulus</i> sp.																59%	57%	-42%					56%
<i>Leptocylindrus danicus</i>																							
<i>Navicula</i> sp.		6.47	7.89						100%		73%	48%										-53%	44%
<i>Nitzschia closterium</i>			6.47								42%	-45%					48%						
<i>Nitzschia longissima</i>																		47%					
<i>Nitzschia</i> sp.		6.47	7.89			23.00					73%	48%										-53%	44%
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>		6.13	4.54									59%											
<i>Rhizosolenia setigera</i>						12.42	4.11		12.42					42%			50%					-50%	
<i>Rhizosolenia</i> sp.		6.63				5.37	4.71		5.37	7.99													
<i>Thalassiosira</i> sp.																							64%
<i>Gonyaulax</i> sp.											4.11												
<i>Gymnodinium catenatum</i>																							
<i>Gymnodinium</i> sp.				7.99																			
<i>Gyrodinium</i> sp.				7.43			5.32				5.86					9.99						-44%	
<i>Prorocentrum dentatum</i>				4.10				5.03															
<i>Protopendinium</i> sp.																							
<i>Pyrocystis hamulus</i>																							
<i>Scrippsiella trochoidea</i>						6.47			6.47		5.76						4.54						
Fitoflagelado N. I.		4.96		7.34		4.49			4.49				9.44										

Tabla 19. Análisis de componentes principales (PCA) para la estación 1. Período de mareas rojas invierno-primavera 1995.

Valor propio	7.6556	6.8165	4.5661	3.2935	2.5102	2.2128
Proporción	0.247	0.220	0.147	0.106	0.081	0.071
Proporción acumulativa	0.247	0.467	0.614	0.720	0.801	0.873
Valor propio	1.6423	0.9530	0.6281	0.4096	0.3123	0.0000
Proporción	0.053	0.031	0.020	0.013	0.010	0.000
Proporción acumulativa	0.926	0.956	0.977	0.990	1.000	1.000

### Variables Abióticas

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Temperatura	-0.088	-0.218	0.340
Salinidad	-0.254	-0.036	0.261
Sigma-t	-0.165	0.205	-0.111
Oxígeno disuelto	-0.066	-0.200	0.334
SST	0.033	0.223	0.148
% saturación	-0.071	-0.202	0.345
Nitrógeno inorgánico total	0.116	0.267	-0.001
Silicato reactivo	0.214	0.254	-0.161
Fosfato inorgánico	0.160	0.221	-0.244

### Variables Bióticas

<i>Coscinodiscus</i> sp.	0.319	-0.154	-0.017
<i>Chaetoceros</i> sp.	-0.027	-0.078	0.188
Fitoflagelados	-0.037	-0.218	-0.176
<i>Gonyaulax</i> sp.	-0.061	-0.069	-0.142
<i>Gymnodinium catenatum</i>	-0.120	-0.135	-0.197
<i>Gymnodinium</i> sp.	-0.144	-0.185	-0.234
<i>Gyrodinium</i> sp.	-0.175	-0.227	-0.163
<i>Hemiaulus</i> sp.	-0.165	-0.204	-0.089
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0.022	0.023	0.040
<i>Mesodinium rubrum</i>	0.156	-0.122	-0.026
<i>Navicula</i> sp.	0.288	-0.180	-0.056
<i>Nitzschia closterium</i>	0.160	-0.175	0.184
<i>Nitzschia longissima</i>	0.279	-0.200	0.019
<i>Nitzschia</i> sp.	-0.144	-0.257	-0.136
<i>Prorocentrum dentatum</i>	0.305	-0.146	0.038
<i>Protoperdinium</i> sp.	0.325	-0.129	0.016
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	-0.022	-0.209	-0.231
<i>Pyrocystis hamulus</i>	-0.068	0.108	0.150
<i>Rhizosolenia setigera</i>	-0.152	-0.169	-0.114
<i>Rhizosolenia</i> sp.	-0.121	-0.145	-0.280
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	0.299	-0.123	0.063
<i>Thalassiosira</i> sp.	0.204	-0.152	-0.140

Tabla 20. Análisis de componentes principales (PCA) para la estación 2. Período de mareas rojas invierno-primavera 1995.

Valor propio	7.3596	4.8580	3.9188	3.1702	2.8215	5.2238
Proporción	0.237	0.169	0.157	0.126	0.102	0.091
Proporción acumulativa	0.237	0.406	0.563	0.689	0.791	0.882
Valor propio	1.5543	1.1455	0.8651	0.0832	0.0000	0.0000
Proporción	0.050	0.037	0.028	0.003	0.000	0.000
Proporción acumulativa	0.932	0.969	0.997	1.000	1.000	1.000

#### Variabes Abióticas

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Temperatura	0.315	0.066	-0.098
Salinidad	0.201	0.208	0.002
Sigma-t	-0.270	0.103	0.148
Oxígeno disuelto	0.344	0.132	0.000
SST	0.114	0.318	0.182
% saturación	0.348	0.123	-0.011
Nitrógeno inorgánico total	-0.007	-0.204	0.351
Silicato reactivo	-0.284	-0.069	0.178
Fosfato inorgánico	-0.293	0.008	0.095

#### Variabes Bióticas

<i>Coscinodiscus</i> sp.	0.017	0.302	0.224
<i>Chaetoceros</i> sp.	0.182	-0.221	0.202
Fitoflagelados	-0.048	0.401	0.093
<i>Gonyaulax</i> sp.	0.003	0.340	0.198
<i>Gymnodinium catenatum</i>	0.085	0.115	-0.243
<i>Gymnodinium</i> sp.	0.109	0.114	-0.277
<i>Gyrodinium</i> sp.	-0.050	-0.084	-0.122
<i>Hemiaulus</i> sp.	-0.069	-0.095	-0.101
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0.037	0.161	0.020
<i>Mesodinium rubrum</i>	-0.021	-0.078	-0.210
<i>Navicula</i> sp.	0.162	-0.066	-0.094
<i>Nitzschia closterium</i>	0.143	-0.042	-0.159
<i>Nitzschia longissima</i>	0.211	-0.131	0.307
<i>Nitzschia</i> sp.	0.303	-0.079	0.151
<i>Prorocentrum dentatum</i>	0.172	-0.185	0.278
<i>Protoperdinium</i> sp.	-0.018	0.036	0.149
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	0.015	0.128	-0.148
<i>Pyrocystis hamulus</i>	-0.102	0.137	0.084
<i>Rhizosolenia setigera</i>	0.002	0.311	0.168
<i>Rhizosolenia</i> sp.	0.143	0.070	-0.173
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	0.198	-0.174	0.291
<i>Thalassiosira</i> sp.	-0.145	0.198	0.068

Tabla 21. Análisis de componentes principales (PCA) para las estaciones 1 y 2 en conjunto. Período de mareas rojas invierno-primavera 1995.

Valor propio	5.933	5.239	3.515	3.175	2.411	2.050
Proporción	0.191	0.169	0.113	0.102	0.078	0.066
Proporción acumulativa	0.191	0.360	0.474	0.576	0.654	0.720
Valor propio	1.696	1.451	1.239	0.963	0.886	0.724
Proporción	0.055	0.047	0.040	0.031	0.029	0.023
Proporción acumulativa	0.775	0.822	0.862	0.893	0.921	0.945
Valor propio	0.564	0.331	0.288	0.186	0.128	0.097
Proporción	0.018	0.011	0.009	0.006	0.004	0.003
Proporción acumulativa	0.963	0.973	0.983	0.989	0.993	0.996
Valor propio	0.066	0.037	0.013	0.007	0.000	0.000
Proporción	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Proporción acumulativa	0.998	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000

### Variables Abióticas

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Temperatura	0.371	0.054	-0.031
Salinidad	0.210	0.245	0.133
Sigma-t	-0.261	0.176	0.182
Oxígeno disuelto	0.359	0.039	0.093
SST	-0.015	-0.013	0.244
% saturación	0.365	0.043	0.078
Nitrógeno inorgánico total	-0.193	-0.124	-0.017
Silicato reactivo	-0.342	-0.192	0.015
Fosfato inorgánico	-0.319	-0.092	0.003

### Variables Bióticas

<i>Coccinodiscus</i> sp.	0.050	-0.243	0.396
<i>Chaetoceros</i> sp.	0.140	0.007	-0.146
Fitoflagelados	0.018	0.053	0.423
<i>Gonyaulax</i> sp.	-0.001	0.012	0.480
<i>Gymnodinium catenatum</i>	0.080	0.132	0.023
<i>Gymnodinium</i> sp.	0.089	0.133	-0.019
<i>Gyrodinium</i> sp.	0.119	0.145	-0.100
<i>Hemiaulus</i> sp.	-0.015	0.048	-0.086
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0.021	0.036	0.176
<i>Mesodinium rubrum</i>	0.075	-0.132	-0.095
<i>Navicula</i> sp.	0.161	-0.246	-0.067
<i>Nitzschia closterium</i>	0.196	-0.105	-0.127
<i>Nitzschia longissima</i>	0.148	-0.327	0.032
<i>Nitzschia</i> sp.	0.209	0.060	-0.010
<i>Proocentrum dentatum</i>	0.112	-0.386	0.015
<i>Protoperdinium</i> sp.	0.072	-0.385	0.011
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	0.039	0.065	0.045
<i>Pyrocystis hamulus</i>	-0.056	0.078	0.143
<i>Rhizosolenia setigera</i>	0.036	0.043	0.406
<i>Rhizosolenia</i> sp.	0.097	0.136	0.012
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	0.102	-0.372	0.028
<i>Thalassiosira</i> sp.	0.011	-0.231	0.127

Tabla 22 Eventos de mareas rojas, duración, especies dominantes y sitios de observación de 1995 y 1996 (letra normal de 1995 y negritas de 1996)

Mes	M. R.	Duración (días)	Núm. m. r	Especies dominantes	Sitio de observación
Enero	<b>2-3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b><i>Gymnodinium catenatum</i></b> <b>y <i>Mesodinium rubrum</i></b>	<b>Estación ICMyL</b>
Febrero	<b>19-23</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b><i>Mesodinium rubrum</i></b>	<b>Estación ICMyL</b>
Marzo	(2,10-13,22-29)	(1-4-8)	(3)	<i>Mesodinium rubrum</i> <i>Scrippsiella trochoidea</i> <i>Gymnodinium catenatum</i>	Playa Norte, Islas Dos Hermanos, Crestón a Cerro del Vigía.
	<b>1-5, 21</b>	<b>4-1</b>	<b>2</b>	<b><i>Scrippsiella trochoidea</i></b> <b>y Fitoflagelados N.I., Diatomeas</b>	<b>ICMyL, Crestón y Bahía</b>
Abril	(21)	1	1	N.D.	Cerro del Crestón
Agosto	<b>5-8,17-22</b>	<b>3-6</b>	<b>2</b>	<b><i>Scrippsiella trochoidea</i></b> <b>y <i>Pyramimonas</i> sp.</b>	<b>Estación ICMyL</b>
Septiembre	<b>29-30</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b><i>Mesodinium rubrum</i></b>	<b>ICMyL</b>
Diciembre	<b>4,26-30</b>	<b>1-5</b>	<b>2</b>	<b><i>Mesodinium rubrum</i>,</b> <b><i>Prorocentrum triestinum</i></b>	<b>Playa Norte</b>

Tabla 23. Permanencia (en días) de las mareas rojas observadas en 1995 y 1996

Días	N° de marea roja									×1995		•1996		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	f	%	f	%	
1-2	x•			x•			•	•		2	50	4	45	
3-6		x•	•		•	•			•	1	25	5	55	
7-14			x							1	25	0	0	
										total	4	100	9	100

Tabla 24. Meses en que se presentaron los eventos de mareas rojas de 1995 y 1996.

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1995	%	1996•	%	
E	•									x				
F		•								0	0	1	11	
M	x	x	x•	•						3	0	2	22	
A				x						1	75	0	0	
M										0	25	0	0	
J										0	0	0	0	
J										0	0	0	0	
A					•	•				0	0	2	22	
S							•			0	0	1	11	
O										0	0	0	0	
N										0	0	0	0	
D								•	•	0	0	2	22	
										total	4	100	9	99

Tabla 25 mareas rojas invierno- primavera 1996

Variable	Estación	Prof. (m)	Fecha						
			9/2/96	16/2/96	22/2/96	5/3/96	11/3/96	29/3/96	10/4/96
Temperatura	1-S	0.5	24.5	22.0	23.2		21.9	24.2	23.1
	1-M	5	24.5	21.0	22.8		20.5	23.7	22.0
	1-F	10	24.2	18.0	22.3		19.3	23.3	20.4
	2-S	0.5	24.5	21.3	23.0		21.9	24.2	22.8
	2-M	5	24.3	21.0	22.8		21.4	23.0	21.1
	2-F	10	24.0	20.0	23.0		21.2	22.9	20.4
	3-S	0.5			23.4	22.3			
	3-M	2.5			23.0	22.4			
	3-F	5			22.3	22.1			
Salinidad	1-S	0.5	32.64	32.77	32.99		33.03	34.61	33.98
	1-M	5	33.45	33.07	33.12		32.98	34.41	33.93
	1-F	10	33.13	33.00	33.04		33.04	33.16	34.71
	2-S	0.5	33.10	32.93	32.64		33.22	33.88	34.71
	2-M	5	33.49	33.07	33.01		33.14	34.29	33.13
	2-F	10	33.50	33.22	32.81		33.22	34.00	34.82
	3-S	0.5			31.81	32.99			
	3-M	2.5			32.01	33.08			
	3-F	5			32.93	32.84			
Sigma- t	1-S	0.5	21.52	22.33	22.16		22.55	23.08	22.92
	1-M	5	22.13	22.83	22.37		22.89	23.07	23.20
	1-F	10	21.97	23.55	22.45		23.25	22.26	24.22
	2-S	0.5	21.86	22.64	21.95		22.69	22.53	23.56
	2-M	5	22.21	22.83	22.29		22.77	23.19	22.84
	2-F	10	22.30	23.20	22.08		22.88	23.00	24.30
	3-S	0.5			21.22	22.41			
	3-M	2.5			21.48	22.45			
	3-F	5			22.37	22.35			
Oxígeno disuelto ml/l	1-S	0.5	5.27	4.67	5.75		5.58	4.32	3.86
	1-M	5	5.24	4.36	5.18		3.51	4.19	2.88
	1-F	10	4.51	1.32	4.28		1.40	3.07	1.57
	2-S	0.5	5.18	3.77	5.46		5.62	4.12	3.73
	2-M	5	5.44	3.88	5.29		5.33	3.34	2.62
	2-F	10	5.38	3.72	4.73		5.07	3.27	1.83
	3-S	0.5			8.17	6.48			
	3-M	2.5			5.91	6.20			
	3-F	5			4.19	6.03			
Saturación %	1-S	0.5	109	93	117		111	90	79
	1-M	5	109	85	104		68	86	57
	1-F	10	93	24	85		26	62	31
	2-S	0.5	107	74	110		111	85	76
	2-M	5	113	76	106		105	68	51
	2-F	10	111	71	95		99	66	36
	3-S	0.5			165	129			
	3-M	2.5			119	124			
	3-F	5			84	120			
SST	1-S	0.5	1.90	2.93	0.80		4.90	3.70	6.00
	1-M	5	3.40	2.88	3.30		4.60	4.00	6.30
	1-F	10	3.00	3.66	4.80		9.60	4.30	50.60
	2-S	0.5	1.50	1.76	2.80		4.20	3.30	4.60
	2-M	5	3.00	1.92	4.50		5.50	2.80	5.10
	2-F	10	1.90	2.48	4.30		2.20	2.00	4.60
	3-S	0.5			32.40	9.68			
	3-M	2.5			3.20	6.72			
	3-F	5			20.60	6.94			

Tabla 25...cont.

Nutrientes y fitoplancton total para el período de mareas rojas invierno- primavera 1996

Variable	Estación	Prof. m	Fecha						
			09-Feb-96	16-Feb-96	22-Feb-96	05-Mar-96	11-Mar-96	29-Mar-96	10-Abr-96
Amonio μM LD=0.5	1-S	0.5	0.50	0.50	7.84		4.12	6.33	3.98
	1-M	5	0.50	0.50	0.96		4.52	5.21	3.27
	1-F	10	0.50	0.50	3.83		5.32	7.45	9.29
	2-S	0.5	0.50	0.50	13.71		2.66	4.20	20.78
	2-M	5	0.50	0.50	6.12		2.92	6.59	4.41
	2-F	10	0.50	0.50	0.53		3.06	3.77	3.80
	3-S	0.5			7.84	7.31			
	3-M	2.5			0.50	4.52			
	3-F	5			0.50	4.65			
Nitratos μM LD=0.30	1-S	0.5	1.39	4.44	0.47		0.30	1.88	1.21
	1-M	5	0.58	4.33	0.50		2.02	1.97	3.55
	1-F	10	2.15	17.11	1.07		11.11	0.30	10.11
	2-S	0.5	0.49	5.93	0.52		0.30	0.83	0.63
	2-M	5	0.76	6.01	0.67		0.30	2.38	5.40
	2-F	10	0.71	6.04	0.87		0.30	0.30	12.45
	3-S	0.5			3.16	0.30			
	3-M	2.5			0.57	0.30			
	3-F	5			0.79	0.30			
Nitritos μM LD= 0.05	1-S	0.5	0.06	0.22	0.05		0.06	0.05	0.05
	1-M	5	0.05	0.28	0.06		0.33	0.05	0.05
	1-F	10	0.21	0.39	0.10		0.86	0.05	0.29
	2-S	0.5	0.05	0.27	0.06		0.10	0.05	0.05
	2-M	5	0.05	0.24	0.06		0.08	0.05	0.05
	2-F	10	0.05	0.30	0.08		0.08	0.17	0.31
	3-S	0.5			0.13	0.08			
	3-M	2.5			0.07	0.12			
	3-F	5			0.13	0.14			
Nitrógeno total μM	1-S	0.5	1.95	5.16	8.36		4.48	8.26	5.24
	1-M	5	1.13	5.11	1.52		6.87	7.23	6.87
	1-F	10	2.86	18.00	5.00		17.29	7.80	19.69
	2-S	0.5	1.04	6.70	14.29		3.06	5.08	21.46
	2-M	5	1.31	6.75	6.85		3.30	9.02	9.86
	2-F	10	1.26	6.84	1.48		3.44	4.24	16.56
	3-S	0.5			11.13	7.69			
	3-M	2.5			1.14	4.94			
	3-F	5			1.42	5.09			
Silicatos μM LD= 0.5	1-S	0.5	0.50	4.06	4.20		0.50	0.53	0.50
	1-M	5	0.50	4.26	4.02		4.10	1.76	3.48
	1-F	10	0.96	11.80	6.14		9.25	2.84	7.17
	2-S	0.5	0.50	5.03	5.50		2.43	0.53	1.01
	2-M	5	0.50	4.45	3.65		2.59	1.92	1.82
	2-F	10	0.50	4.06	3.10		2.66	3.48	6.16
	3-S	0.5			8.17	3.61			
	3-M	2.5			5.21	4.62			
	3-F	5			5.86	3.99			
Fosfatos μM LD= 0.07	1-S	0.5	0.74	1.02	0.79		0.60	0.19	0.41
	1-M	5	0.60	1.02	0.97		1.16	0.19	0.61
	1-F	10	0.78	2.17	0.97		2.13	0.58	1.26
	2-S	0.5	0.55	1.20	1.25		1.25	0.25	0.23
	2-M	5	0.55	1.20	0.97		0.88	0.34	0.57
	2-F	10	2.63	1.25	0.97		1.02	0.34	1.05
	3-S	0.5			3.58	0.74			
	3-M	2.5			0.74	0.88			
	3-F	5			0.92	0.88			
Fitoplancton cél/l	1-S	0.5	310,052	304,266	240,612		1,058,393	188,492	2,435,688
	1-M	5	198,258	172,785	36,359		763,209	298,761	2,557,804
	1-F	10	71,357	52,691	65,484		429,441	424,421	880,539
	2-S	0.5	166,906	345,370	395,252		1,579,580	525,030	3,370,674
	2-M	5	120,614	239,942	456,941		552,176	172,892	2,974,467
	2-F	10	58,464	319,045	162,214		1,412,045	103,382	54,698
	3-S	0.5			17,387,302	1,050,000			
	3-M	2.5			37,000	260,000			
	3-F	5			142,000.00	1,380,000.00			

Tabla 26. Especies que aparecieron en las seis fechas analizadas, en las estaciones 1 y 2, a 0.5, 5 y 10 m., durante el período de mareas rojas invierno-primavera 1995.

ESPECIES PERMANENTES	
GRUPO	NOMBRE
Ciliado fotosintético	<i>Mesodinium rubrum</i>
Diatomea	<i>Coscinodiscus</i> sp.
Diatomea	<i>Chaetoceros</i> sp.
Diatomea	<i>Hemiaulus</i> sp.
Diatomea	N.I.
Diatomea	<i>Navicula</i> sp.
Diatomea	<i>Navicula wawrikan</i>
Diatomea	<i>Nitzschia</i> sp.
Diatomea	<i>Pleurosigma</i> sp.
Diatomea	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>
Diatomea	<i>Rhizosolenia</i> sp.
Diatomea	<i>Thalassionema nitzschioides</i>
Diatomea	<i>Thalassiothrix</i> sp.
Dinoflagelado	<i>Amphidinium</i> sp.
Dinoflagelado	<i>Ceratium furca</i>
Dinoflagelado	<i>Gymnodinium</i> sp.
Dinoflagelado	<i>Gyrodinium</i> sp.
Dinoflagelado	<i>Gyrodinium spirale</i>
Dinoflagelado	<i>Peridinium</i> sp.
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum gracile</i>
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum micans</i>
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum</i> sp.
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum triestinum</i>
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium conicum</i>
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium</i> sp.
Dinoflagelado	<i>Torodinium</i> sp.
Fitoflagelado N.I.	Fitoflagelado N.I.
N. I.	N. I.
Silicoflagelado	<i>Dictyocha fibula</i>

Tabla 27 Especies que aparecieron en más del 20 % de las fechas analizadas, en las estaciones 1 y 2, a 0.5, 5 y 10 m.

ESPECIES FRECUENTES		Período de mareas rojas invierno-primavera 1996.					
GRUPO	ESPECIE/Fecha	9/2/96	16/2/96	22/2/96	11/3/96	29/3/96	10/4/96
Diatomea	<i>Biddulphia longicuris</i>	1	1		1		
Diatomea	<i>Cyclotella</i> sp.			1	1		1
Diatomea	<i>Diploneis</i> sp.	1	1		1	1	1
Diatomea	<i>Ditylum</i> sp.	1		1	1		
Diatomea	<i>Eucampia zodiacus</i>			1	1		1
Diatomea	<i>Fragilaria</i> sp.		1		1	1	1
Diatomea	<i>Guinardia flaccida</i>	1		1	1		1
Diatomea	<i>Leptocylindrus danicus</i>			1	1	1	1
Diatomea	<i>Leptocylindrus</i> sp.	1		1	1		
Diatomea	<i>Licmophora</i> sp.		1	1	1		
Diatomea	<i>Lithodesmium</i> sp.		1	1		1	
Diatomea	<i>Lithodesmium undulatum</i>			1	1		1
Diatomea	<i>Navicula membranacea</i>		1		1	1	1
Diatomea	<i>Nitzschia closterium</i>	1	1		1		1
Diatomea	<i>Nitzschia longissima</i>		1		1	1	1
Diatomea	<i>Nitzschia sigma</i>	1	1				1
Diatomea	<i>Nitzschia sigmoidea</i>	1	1		1		
Diatomea	<i>Odontella</i> sp.		1	1		1	1
Diatomea	<i>Rhizosolenia setigera</i>	1	1	1	1		1
Diatomea	<i>Roperia tessellata</i>	1		1	1		1
Diatomea	<i>Skeletonema costatum</i>	1		1	1		1
Diatomea	<i>Surirella fastuosa</i>	1	1	1	1		1
Diatomea	<i>Synedra</i> sp.		1			1	1
Diatomea	<i>Thalassiosira</i> sp.	1	1	1	1		1
Dinoflagelado	<i>Alexandrium acantanella</i>				1	1	1
Dinoflagelado	<i>Alexandrium catenella</i>		1	1	1		1
Dinoflagelado	<i>Ceratium fusus</i>		1	1	1	1	1
Dinoflagelado	<i>Ceratium lineatum</i>			1	1	1	1
Dinoflagelado	<i>Ceratium</i> sp.	1		1	1		1
Dinoflagelado	<i>Dinophysis caudata</i>			1	1	1	1
Dinoflagelado	<i>Gonyaulax</i> sp.	1		1	1	1	1
Dinoflagelado	<i>Gymnodinium catenatum</i>		1	1	1	1	1
Dinoflagelado	<i>Noctiluca scintillans</i>	1		1	1	1	1
Dinoflagelado	<i>Polykrikos</i> sp.	1			1	1	1
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum dentatum</i>		1		1	1	1
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum minimum</i>			1	1	1	1
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium tuba</i>			1	1	1	1
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis hamulus</i>			1	1	1	
Dinoflagelado	<i>Scrippsiella</i> sp.	1	1		1	1	1
Euglenoide	N.I.	1	1	1	1	1	
Fitoflagelado	<i>Phaeocystis</i> sp.			1	1	1	
Silicoflagelado	<i>Dictyocha octonaria</i>	1	1	1	1		1
Silicoflagelado	<i>Dictyocha</i> sp.	1		1	1		

Tabla 28 Especies que aparecieron en menos del 20 % de las fechas analizadas, en las estaciones 1 y 2, a 0.5, 5 y 10 m.

ESPECIES RARAS		Periodo de mareas rojas invierno-primavera 1996.					
GRUPO	ESPECIE/FECHA	9/2/96	16/2/96	22/2/96	11/3/96	29/3/96	10/4/96
Cianofita	<i>Anabaena</i> sp.	1					
Diatomea	<i>Actinoptychus</i> sp.	1					
Diatomea	<i>Achnantes longipes</i>				1		
Diatomea	<i>Amphora arenaria</i>				1		
Diatomea	<i>Amphora</i> sp.	1			1		
Diatomea	<i>Cerataulina bergonii</i>				1		
Diatomea	<i>Cerataulina</i> sp.		1				
Diatomea	<i>Corethron hystrix</i>	1					
Diatomea	<i>Corethron</i> sp.			1	1		
Diatomea	<i>Coscinodiscus granii</i>			1			
Diatomea	<i>Dactylosolen</i> sp.						1
Diatomea	<i>Hemidiscus cuneiformis</i>			1			
Diatomea	<i>Lauderia annulata</i>		1	1			
Diatomea	<i>Navicula distans</i>						1
Diatomea	<i>Odontella aurita</i>				1		1
Diatomea	<i>Perissonoë</i> sp.		1				
Diatomea	<i>Proboscia alata</i>						1
Diatomea	<i>Pseudoeunotia doliolis</i>		1				
Diatomea	<i>Skeletonema</i> sp.						1
Diatomea	<i>Stephanopyxis</i> sp.						1
Diatomea	<i>Striatella unipunctata</i>			1			
Diatomea	<i>Synedra ulna</i>	1					
Diatomea	<i>Thalassionema</i> sp.		1				
Diatomea	<i>Thalassiosira subtilis</i>						1
Dinoflagelado	<i>Alexandrium monilatum</i>			1			
Dinoflagelado	<i>Alexandrium</i> sp.			1			1
Dinoflagelado	<i>Ceratium contrarium</i>				1		
Dinoflagelado	<i>Ceratium dens</i>				1		
Dinoflagelado	<i>Dinophysis acuminata</i>				1		
Dinoflagelado	<i>Dinophysis</i> sp.		1				1
Dinoflagelado	<i>Kofoidinium lebourae</i>	1					
Dinoflagelado	N.I.						1
Dinoflagelado	<i>Oxyphysis</i> sp.					1	
Dinoflagelado	<i>Oxytoxum</i> sp.						1
Dinoflagelado	<i>Podolampas</i> sp.						1
Dinoflagelado	<i>Polykrikos schwartzi</i>						1
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum maximum</i>		1				
Dinoflagelado	<i>Protoperdinium quinquecorne</i>		1				
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis fusiformis</i>	1					
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis lunula</i>	1		1			
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis noctiluca</i>				1		
Dinoflagelado	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	1					
Euglenoide	<i>Euglena acusiformis</i>						1
Euglenoide	<i>Euglena</i> sp.						1
Fitoflagelado	<i>Chatonella</i> sp.				1		
Fitoflagelado	<i>Hillea</i> sp.		1				
Silicoflagelado	<i>Ebria tripartita</i>	1					
Silicoflagelado	<i>Hermesium adriaticum</i>		1	1			

Tabla 29. Especies dominantes\* Índice General Promedio Dm  $\geq$  1%, según Picard (1965).  
Período de mareas rojas invierno-primavera 1996.

Nombre	Dm
<i>Diatomea Nitzschia</i> sp.	52.00%
Fitoflagelado N.I.	10.47%
<i>Diatomea Pseudo-nitzschia seriata</i>	7.45%
Fitoflagelado <i>Phaeocystis</i> sp.	2.97%
<i>Diatomea Coscinodiscus</i> sp.	2.20%
Ciliado fotosintético <i>Mesodinium rubrum</i>	1.83%
<i>Diatomea Chaetoceros</i> sp.	1.63%
Dinoflagelado <i>Prorocentrum triestinum</i>	1.49%
Dinoflagelado <i>Gyrodinium</i> sp.	1.40%
Dinoflagelado <i>Protoberidinium</i> sp.	1.29%
<i>Diatomea Leptocylindrus danicus</i>	1.18%
<i>Diatomea Rhizosolenia</i> sp.	1.04%

Tabla 30. Coeficientes de asociación (diagonal superior) y valores chi-cuadrado (diagonal inferior), significativo al 95 % de confianza de las asociaciones entre las especies dominantes en las estaciones 1 y 2. Período de mareas rojas invierno-primavera de 1996. Comprende el período febrero-abril de 1996.

Especie	$v=1$ $\alpha=0.05$ $C=3.841$ $n=36$											
	Mesodinium rubrum	Coscinodiscus sp.	Chaetoceros sp.	Leptocylindrus danicus	Nitzschia sp.	Pseudo-nitzschia seriata	Rhizosolenia sp.	Gyrodinium sp.	Peridinium sp.	Prorocentrum triestinum	Fitoflagelado N.I.	Phaeocystis sp.
<i>Mesodinium rubrum</i>				-33%							61%	
<i>Coscinodiscus</i> sp.												
<i>Chaetoceros</i> sp.					46%							
<i>Leptocylindrus danicus</i>	3.87											
<i>Nitzschia</i> sp.						37%				34%		
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>		7.72										
<i>Rhizosolenia</i> sp.				4.81								
<i>Gyrodinium</i> sp.									40%	62%		
<i>Peridinium</i> sp.									43%	34%		
<i>Prorocentrum triestinum</i>				4.09			5.63	6.76			45%	
Fitoflagelado N.I.	13.59						14.05	4.13	7.26			
<i>Phaeocystis</i> sp.												

Tabla 31. Análisis de componentes principales (PCA) para las especies dominantes de la estación 1. Período de mareas rojas invierno-primavera 1995.

Valor propio	7.1107	3.757	2.587	1.986	1.517	1.265
Proporción	0.339	0.179	0.123	0.095	0.072	0.060
Proporción acumulativa	0.339	0.518	0.641	0.735	0.807	0.868
Valor propio	0.945	0.620	0.492	0.300	0.164	0.138
Proporción	0.045	0.030	0.023	0.014	0.008	0.007
Proporción acumulativa	0.913	0.942	0.966	0.980	0.988	0.994
Valor propio	0.073	0.021	0.013	0.012	0.000	0.000
Proporción	0.003	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
Proporción acumulativa	0.998	0.999	0.999	1.000	1.000	1.000

#### Variables Abióticas

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Temperatura	0.319	-0.171	-0.038
Salinidad	-0.1	-0.4	-0.069
Sigma-t	-0.325	-0.168	-0.021
Oxígeno disuelto	0.347	0.005	-0.139
SST	-0.223	-0.172	-0.036
% saturación	0.35	-0.007	-0.143
Nitrógeno inorgánico total	-0.337	0.028	-0.116
Silicato reactivo	-0.309	0.212	-0.087
Fosfato inorgánico	-0.272	0.321	-0.01

#### Variables Bióticas

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
<i>Mesodinium rubrum</i>	0.186	0.145	0.296
<i>Coscinodiscus</i> sp.	-0.189	0.143	0.132
<i>Chaetoceros</i> sp.	0.101	-0.045	-0.461
<i>Leptocylindrus danicus</i>	-0.12	-0.372	0.065
<i>Nitzschia</i> sp.	-0.082	-0.384	0.102
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	-0.187	0.231	0.031
<i>Rhizosolenia</i> sp.	-0.112	-0.4	0.148
<i>Gyrodinium</i> sp.	0.08	-0.097	0.435
<i>Peridinium</i> sp.	-0.01	-0.184	-0.176
<i>Prorocentrum triestinum</i>	0.093	0.13	0.182
Fitoflagelados N. I.	0.199	0.021	0.265
<i>Phaeocystis</i> sp.	0.062	0.01	-0.503

Tabla 32. Análisis de componentes principales (PCA) para las especies dominantes de la estación 2. Periodo de mareas rojas invierno-primavera 1995.

Valor propio	5.163	3.606	2.572	2.026	1.516	1.396
Proporción	0.246	0.172	0.122	0.096	0.072	0.066
Proporción acumulativa	0.246	0.418	0.540	0.637	0.709	0.775
Valor propio	1.210	0.887	0.830	0.627	0.464	0.355
Proporción	0.058	0.042	0.040	0.030	0.022	0.017
Proporción acumulativa	0.833	0.875	0.915	0.944	0.967	0.983
Valor propio	0.163	0.107	0.053	0.019	0.006	0.000
Proporción	0.008	0.005	0.003	0.001	0.000	0.000
Proporción acumulativa	0.991	0.996	0.999	1.000	1.000	1.000

#### Variables Abióticas

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Temperatura	-0.139	0.406	-0.137
Salinidad	0.311	-0.006	-0.188
Sigma-t	0.335	-0.266	-0.057
Oxígeno disuelto	-0.389	0.134	0.112
SST	0.188	0.019	0.358
% saturación	-0.384	0.162	0.088
Nitrógeno inorgánico total	0.314	-0.127	-0.009
Silicato reactivo	0.049	-0.362	-0.062
Fosfato inorgánico	-0.227	-0.220	-0.074

#### Variables Bióticas

<i>Mesodinium rubrum</i>	-0.019	0.194	0.259
<i>Coscinodiscus</i> sp.	-0.053	-0.128	0.450
<i>Chaetoceros</i> sp.	0.065	0.268	0.128
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0.270	0.174	0.204
<i>Nitzschia</i> sp.	0.266	0.052	0.226
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	-0.133	-0.085	0.278
<i>Rhizosolenia</i> sp.	0.111	0.106	0.472
<i>Gyrodinium</i> sp.	0.201	0.330	-0.054
<i>Peridinium</i> sp.	0.128	0.313	-0.114
<i>Prorocentrum triestinum</i>	0.078	0.334	-0.151
Fitoflagelados N. I.	-0.173	-0.068	-0.070
<i>Phaeocystis</i> sp.	-0.109	-0.153	0.249

Tabla 33. Análisis de componentes principales (PCA) para las especies dominantes de las estaciones 1 y 2 en conjunto. Período de mareas rojas invierno-primavera 1995.

Valor propio	5.725	3.441	1.928	1.673	1.366	1.316
Proporción	0.273	0.164	0.092	0.080	0.065	0.063
Proporción acumulativa	0.273	0.436	0.528	0.608	0.673	0.736
Valor propio	1.150	0.848	0.770	0.688	0.428	0.390
Proporción	0.055	0.040	0.037	0.033	0.020	0.019
Proporción acumulativa	0.790	0.831	0.867	0.900	0.921	0.939
Valor propio	0.328	0.295	0.247	0.183	0.153	0.048
Proporción	0.016	0.014	0.012	0.009	0.007	0.002
Proporción acumulativa	0.955	0.969	0.981	0.989	0.997	0.999

#### Variabes Abióticas

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Temperatura	0.326	-0.208	0.135
Salinidad	-0.158	-0.343	0.359
Sigma-t	-0.357	-0.115	0.176
Oxígeno disuelto	0.382	0.070	0.018
SST	-0.232	-0.091	0.138
% saturación	0.386	0.052	0.038
Nitrógeno inorgánico total	-0.341	-0.063	0.101
Silicato reactivo	-0.302	0.273	0.019
Fosfato inorgánico	-0.148	0.401	-0.035

#### Variabes Bióticas

<i>Mesodinium rubrum</i>	0.132	-0.080	-0.246
<i>Coscinodiscus</i> sp.	-0.175	0.163	-0.426
<i>Chaetoceros</i> sp.	0.085	-0.131	-0.030
<i>Leptocylindrus danicus</i>	-0.121	-0.365	-0.329
<i>Nitzschia</i> sp.	-0.129	-0.333	-0.142
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	-0.185	0.213	-0.280
<i>Rhizosolenia</i> sp.	-0.081	-0.268	-0.350
<i>Gyrodinium</i> sp.	0.024	-0.290	0.310
<i>Peridinium</i> sp.	-0.019	-0.234	0.181
<i>Prorocentrum triestinum</i>	0.080	-0.064	-0.231
Fitoflagelados N. I.	0.168	0.066	-0.149
<i>Phaeocystis</i> sp.	0.021	0.110	-0.112

Tabla 34 Hidrología, nutrientes y fitoplancton de mareas rojas del verano, agosto de 1996

Fecha	Estación	Profundidad m	Temperatura °C	Salinidad	Sigma-t	Oxígeno ml/l	Saturación %	SST mg/l	Amonio µM LD=0.5	Nitratos µM LD=0.3	Nitritos µM LD=0.05	Nitratos µM LD=0.30	Nitrógeno total µM	Silicatos µM LD=0.5	Fosfatos µM LD=0.0	Fitoplancton cél/l
12-Ago-96	1-S	0.5	31.0	34.70	21.01	3.66	85	3.76	0.75	0.72	0.05	0.72	1.52	12.75	0.67	146,560
	1-M	5.0	30.9	34.63	20.99	3.60	84	2.07	4.82	0.73	0.05	0.73	5.60	8.73	0.67	131,676
	1-F	10.0	30.4	35.17	21.56	3.34	77	4.32	7.54	0.61	0.05	0.61	8.20	9.83	0.74	56,339
	2-S	0.5	31.1	34.82	21.06	3.79	89	3.53	7.15	0.30	0.05	0.30	7.50	3.41	0.61	50,212
	2-M	5.0	31.0	35.00	21.23	3.66	85	1.93	0.50	0.30	0.05	0.30	0.85	7.12	0.52	43,739
16-Ago-96	2-F	10.0	30.5	34.85	21.28	3.53	82	5.44	5.73	0.51	0.17	0.51	6.41	8.83	0.70	94,271
	A1S	0.5	30.8	33.44	20.14	3.79	87	4.80	4.00	0.40	0.05	0.40	4.45	19.30	0.40	1,489,867
	A1F	8	30.5	33.04	19.94	3.86	88	7.30	10.90	0.40	0.05	0.40	11.35	14.30	0.60	234,054
	A2S	0.5	30.8	31.89	18.99	3.66	84	5.90	1.10	0.50	0.05	0.50	1.65	10.40	0.50	630,598
	A2F	10	30.5	33.75	20.47	3.60	83	9.10	0.50	1.20	0.05	1.20	1.75	10.30	0.60	571,487
	B1S	0.5	30.9	32.83	19.65	3.92	90	4.80	0.50	0.30	0.05	0.30	0.85	9.40	0.40	457,568
	B1F	7	30.7	33.38	20.13	3.73	86	6.90	0.50	0.60	0.05	0.60	1.15	10.10	0.50	340,828
	B2S	0.5	30.8	33.00	19.81	4.05	93	2.00	0.50	0.30	0.05	0.30	0.85	11.70	0.50	801,528
	B2F	10	30.6	32.72	19.67	3.92	90	3.70	0.50	0.30	0.05	0.30	0.85	10.80	0.20	949,905
	C1S	0.5	30.9	32.51	19.42	3.79	87	1.70	0.50	0.30	0.05	0.30	0.85	7.20	0.40	893,301
	C1F	10	30.7	32.96	19.81	3.79	87	3.30	1.60	0.30	0.05	0.30	1.95	9.70	0.40	890,082
	C2S	0.5	30.8	32.71	19.59	4.12	95	1.70	0.50	0.30	0.05	0.30	0.85	9.80	0.20	1,129,155
	C2F	10	30.8	32.85	19.70	4.05	93	3.70	0.50	0.30	0.05	0.30	0.85	8.20	0.50	732,451
	D1S	0.5	31.0	33.69	20.25	3.60	83	44.80	57.40	3.80	0.10	3.80	61.30	20.20	2.50	3,600
	D1F	10	30.8	34.49	20.92	3.53	82	5.00	0.50	0.80	0.05	0.80	1.35	12.90	0.90	586,046
	D2S	0.5	30.8	33.01	19.82	4.05	93	3.30	0.50	0.30	0.05	0.30	0.85	9.60	0.40	517,790
	D2F	10	30.8	32.56	19.49	3.73	86	2.80	0.50	0.30	0.05	0.30	0.85	13.20	0.30	386,385
	E1S	0.5	30.9	34.37	20.79	3.27	76	4.40	5.80	1.60	0.05	1.60	7.45	13.50	0.90	491,848
	E1F	10	30.7	32.33	19.35	3.47	79	4.00	7.20	0.90	0.05	0.90	8.15	12.80	0.60	33,185
	E2S	0.5	30.8	33.21	19.97	3.47	80	4.30	6.70	0.80	0.05	0.80	7.55	13.30	1.00	272,371
E2F	10	30.7	32.53	19.50	3.34	77	5.90	7.70	0.80	0.05	0.80	8.55	13.10	0.80	137,319	
F1S	0.5	30.9	32.54	19.44	3.79	87	5.00	0.50	0.70	0.05	0.70	1.25	9.50	0.40	410,588	
F1F	10	30.7	32.43	19.42	3.47	79	9.90	0.50	1.00	0.10	1.00	1.60	0.50	0.80	95,976	
F2S	0.5	30.9	33.37	20.05	3.86	89	24.10	0.50	0.50	0.05	0.50	1.05	13.30	1.10	395,992	
F2F	10	30.6	32.12	19.22	3.53	81	34.10	0.50	1.20	0.20	1.20	1.90	10.40	0.60	77,737	
19-Ago-96	3-S	0.5	31.7	33.36	19.78	5.17	121	10.60	0.91	0.83	0.05	0.83	1.79	11.84	0.21	4,231,642
	3-M	2.5	31.8	32.80	19.33	4.25	99	8.00	0.81	0.32	0.05	0.32	1.18	11.34	0.13	2,118,458
	3-F	5.0	31.8	33.09	19.54	4.51	105	5.80	8.79	0.30	0.05	0.30	9.14	8.43	0.30	2,516,117

Tabla 35 Especies que aparecieron en todas las estaciones de colecta en el periodo de marea roja de agosto de 1996.

ESPECIES PERMANENTES	
GRUPO	NOMBRE
Cianofita	<i>Anabaena</i> sp.
Fitoflagelado	N.I.

Tabla 36 Especies que aparecieron en más del 20 % de las estaciones de colecta en el periodo de marea roja de agosto de 1996.

ESPECIES FRECUENTES		Período de mareas rojas de agosto de 1996														
GRUPO	NOMBRE/ESTACIÓN	1	2	3	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	E1	E2	F1	F2
Cianofita	<i>Chroococcus</i> sp.				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ciliado fotosintético	<i>Mesodinium rubrum</i>	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Diatomea	<i>Achnantes</i> sp.							1	1	1		1	1			
Diatomea	<i>Coscinodiscus</i> sp.	1	1		1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1
Diatomea	<i>Cyclotella</i> sp.	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Diatomea	<i>Chaetoceros diversus</i>		1								1	1	1	1		
Diatomea	<i>Chaetoceros</i> sp.	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1			
Diatomea	<i>Diploneis</i> sp.	1	1		1	1									1	1
Diatomea	<i>Guinardia flaccida</i>	1	1		1	1	1	1						1	1	1
Diatomea	<i>Hemiaulus hauckii</i>				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Diatomea	<i>Hemiaulus</i> sp.	1	1					1				1			1	1
Diatomea	<i>Leptocylindrus danicus</i>	1	1			1		1	1	1			1		1	1
Diatomea	<i>Licmophora</i> sp.			1		1		1								
Diatomea	<i>Navicula</i> sp.	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Diatomea	<i>Navicula wawriake</i>	1	1		1		1	1		1		1	1	1		1
Diatomea	<i>Nitzschia closterium</i>	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Diatomea	<i>Nitzschia</i> sp.	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1
Diatomea	<i>Nitzschia</i> spp.					1	1	1	1				1	1	1	1
Diatomea	<i>Pleurosigma</i> sp.	1	1		1	1							1	1	1	1
Diatomea	<i>Rhizosolenia setigera</i>	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Diatomea	<i>Rhizosolenia</i> sp.	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Diatomea	<i>Skeletonema costatum</i>	1	1							1				1	1	1
Diatomea	<i>Surirella fastuosa</i>	1	1		1	1		1			1		1	1	1	1
Diatomea	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1
Diatomea	<i>Thalassiosira</i> sp.				1		1			1	1			1	1	1
Dinoflagelado	<i>Amphidinium</i> sp.	1	1		1	1	1	1	1	1		1		1	1	1
Dinoflagelado	<i>Ceratium furca</i>	1	1	1	1	1		1			1	1	1	1	1	1
Dinoflagelado	<i>Ceratium fusus</i>	1	1					1					1	1		
Dinoflagelado	<i>Dinophysis caudata</i>	1			1	1	1		1		1				1	1
Dinoflagelado	<i>Dinophysis</i> sp.	1	1		1	1										
Dinoflagelado	<i>Gonyaulax</i> sp.	1			1	1		1	1		1	1	1	1		1
Dinoflagelado	<i>Gymnodinium catenatum</i>				1	1					1	1				
Dinoflagelado	<i>Gymnodinium</i> sp.	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dinoflagelado	<i>Gyrodinium</i> sp.	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
Dinoflagelado	<i>Gyrodinium spirale</i>				1			1		1	1	1	1	1	1	1
Dinoflagelado	<i>Peridinium</i> sp.	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum gracile</i>	1	1	1		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum micans</i>	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum</i> sp.	1	1			1						1	1			
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum triestinum</i>	1		1			1	1				1	1	1	1	1
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium</i> sp.	1	1									1	1			
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis noctiluca</i>						1		1	1		1		1	1	
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis</i> sp.					1			1					1	1	
Dinoflagelado	<i>Scrippsiella</i> sp.	1	1		1				1					1	1	
Fitoflagelado	<i>Phaeocystis</i> sp.							1	1	1		1	1			
N. I.	N.I.	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
Silicoflagelado	<i>Dictyocha fibula</i>	1	1		1	1		1			1	1	1	1	1	1

Tabla 37 Especies que aparecieron en menos del 20 % de las estaciones de colecta en el periodo de marea roja de agosto de 1996.

ESPECIES RARAS		Periodo de mareas rojas de agosto de 1996															
GRUPO	NOMBRE/ESTACION	1	2	3	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	E1	E2	F1	F2	
Cianofita	<i>Chroococcus</i> spp.						1	1									
Cianofita	<i>Oscillatoria erythraea</i>		1							1						1	
Diatomea	<i>Asteronella</i> sp.															1	
Diatomea	<i>Asteromphalus</i> sp.					1			1								
Diatomea	<i>Bacteriastrum</i> sp.		1					1									
Diatomea	<i>Biddulphia longicruris</i>		1														
Diatomea	<i>Climacodium</i> sp.															1	
Diatomea	<i>Corethron criophyllum</i>							1									
Diatomea	<i>Corethron</i> sp.	1						1									
Diatomea	<i>Chaetoceros affinis</i>		1														
Diatomea	<i>Chaetoceros discipiens</i>					1											
Diatomea	<i>Dactylosolen</i> sp.						1										
Diatomea	<i>Dactylosolen</i> sp.		1														
Diatomea	<i>Ditylum brightwellii</i>	1															
Diatomea	<i>Ditylum</i> sp.												1	1	1		
Diatomea	<i>Fragilaria</i> sp.	1															
Diatomea	<i>Grammatophora marina</i>	1															
Diatomea	<i>Guinardia</i> sp.												1				
Diatomea	<i>Gyrosigma</i> sp.														1		
Diatomea	<i>Hemiaulus membranaceus</i>		1				1									1	
Diatomea	<i>Isthmia</i> sp.	1															
Diatomea	<i>Leptocylindrus</i> sp.	1	1														
Diatomea	<i>Lithodesmium</i> sp.			1													
Diatomea	<i>Lithodesmium undulatum</i>													1			
Diatomea	<i>Melosira</i> sp.															1	
Diatomea	<i>Melosira sulcata</i>								1								
Diatomea	N.I.	1	1	1													
Diatomea	<i>Navicula membranacea</i>	1				1	1										
Diatomea	<i>Nitzschia longa</i>		1														
Diatomea	<i>Nitzschia pandunformis</i>						1										
Diatomea	<i>Nitzschia sigmaidea</i>	1															
Diatomea	<i>Odontella aunita</i>					1	1	1									
Diatomea	<i>Odontella</i> sp.	1														1	
Diatomea	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	1	1														
Diatomea	<i>Stephanopyxis</i> sp.		1										1				
Diatomea	<i>Stephanopyxis turris</i>		1														
Diatomea	<i>Thalassionema</i> sp.					1		1									
Diatomea	<i>Thalassiothrix</i> sp.	1															
Dinoflagelado	<i>Alexandrium catenella</i>		1													1	
Dinoflagelado	<i>Ceratium deflexum</i>	1															
Dinoflagelado	<i>Ceratium dens</i>			1									1				
Dinoflagelado	<i>Ceratium falcatum</i>					1	1										
Dinoflagelado	<i>Ceratium lineatum</i>		1												1		
Dinoflagelado	<i>Ceratium</i> sp.		1														
Dinoflagelado	<i>Ceratium trichoceros</i>								1	1	1						
Dinoflagelado	<i>Ceratium tripos</i>		1														
Dinoflagelado	<i>Dinophysis acutoidea</i>						1		1								
Dinoflagelado	<i>Dinophysis mitra</i>															1	
Dinoflagelado	<i>Dinophysis paulsenii</i>		1														
Dinoflagelado	<i>Dinophysis rapa</i>													1			
Dinoflagelado	<i>Gonyaulax polygramma</i>		1														
Dinoflagelado	<i>Kofoidinium lebourae</i>		1														
Dinoflagelado	N.I.											1					
Dinoflagelado	<i>Noctiluca scintillans</i>						1						1				
Dinoflagelado	<i>Ornithocercus magnificus</i>													1			
Dinoflagelado	<i>Oxyphysis elegans</i>												1				
Dinoflagelado	<i>Oxytoxum</i> sp.		1														
Dinoflagelado	<i>Phyrophacus horologium</i>														1		
Dinoflagelado	<i>Pronoctiluca</i> sp.															1	
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum conicum</i>						1										
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum dentatum</i>			1										1			
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum maximum</i>					1								1			
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum rostratum</i>	1															
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium bipes</i>													1	1		
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium conicum</i>	1	1			1											
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium tuba</i>	1	1														
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis robusta</i>															1	
Dinoflagelado	<i>Pyrodinium</i> sp.															1	
Dinoflagelado	<i>Pyrophacus</i> sp.						1										
Dinoflagelado	<i>Scrippsiella trochoidea</i>		1	1						1							
Euglenoide	<i>Euglena acusiformis</i>		1														
Euglenoide	<i>Euglena</i> sp.												1	1			
Euglenoide	N.I.	1	1														
Fitoflagelado	<i>Hillea</i> sp.			1													
Fitoflagelado	<i>Pyramimonas</i> sp.			1													
Silicoflagelado	<i>Ebria tripartita</i>									1				1			
Silicoflagelado	<i>Hermesium adriaticum</i>	1	1										1				

Tabla 38 Especies dominantes\* según índice general promedio  $\geq 1\%$  Picard (1965)  
Mareas rojas de agosto de 1996.

Nombre	Dm
Fitoflagelado N.I. N.I.	27.81%
Dinoflagelado <i>Scrippsiella trochoidea</i>	23.48%
Fitoflagelado <i>Pyramimonas</i> sp.	16.31%
Cianofita <i>Chroococcus</i> sp.	14.77%
Cianofita <i>Chroococcus</i> spp.	1.31%
Diatomea <i>Nitzschia closterium</i>	1.16%
Diatomea <i>Hemiaulus hauckii</i>	1.13%
Dinoflagelado <i>Amphidinium</i> sp.	1.11%
Dinoflagelado <i>Gymnodinium</i> sp.	1.09%
Dinoflagelado <i>Peridinium</i> sp.	1.06%
Dinoflagelado <i>Gyrodinium</i> sp.	1.02%

\* especies utilizadas en los análisis de asociación de especies y de componentes principales

Tabla 39. Coeficientes de asociación (diagonal superior) y valores chi-cuadrado (diagonal inferior), significativo al 95 % de confianza de las asociaciones entre las especies dominantes en las estaciones 1 y 2. Marea roja de agosto de 1996.

Especie	<i>Chroococcus</i> sp.	<i>Chroococcus</i> spp.	<i>Hemiaulus hauckii</i>	<i>Nitzschia closterium</i>	<i>Amphidinium</i> sp.	<i>Gymnodinium</i> sp.	<i>Gyrodinium</i> sp.	<i>Peridinium</i> sp.	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	Fitoflagelado N.I.	<i>Pyramimonas</i> sp.
	v=1 $\alpha \approx 0.05$ C=3.841 n=33										
<i>Chroococcus</i> sp.			69%				57%	43%			-37%
<i>Chroococcus</i> spp.											
<i>Hemiaulus hauckii</i>	15.88			45%	39%		52%	53%	-42%		-45%
<i>Nitzschia closterium</i>			6.82						-42%		-45%
<i>Amphidinium</i> sp.			4.95							46%	-35%
<i>Gymnodinium</i> sp.							40%	61%			-52%
<i>Gyrodinium</i> sp.	10.76		8.80			5.21		41%		46%	-35%
<i>Peridinium</i> sp.	6.18		9.10			12.14	5.46		-62%	36%	-85%
<i>Scrippsiella trochoidea</i>			5.78	5.78				12.68			75%
Fitoflagelado N.I.					7.07		7.07	4.30			-45%
<i>Pyramimonas</i> sp.	4.48		6.60	6.60	3.96	8.80	3.96	23.93	18.48	6.81	

Tabla 40. Análisis de componentes principales (PCA) para las especies dominantes en estaciones 1, 2 y 3 y estaciones del emisor. Período de mareas rojas agosto de 1996.

Valor propio	4.730	3.993	2.413	1.772	1.376	1.139
Proporción	0.237	0.200	0.121	0.089	0.069	0.057
Proporción acumulativa	0.237	0.436	0.557	0.645	0.714	0.771
Valor propio	0.979	0.917	0.685	0.556	0.404	0.308
Proporción	0.049	0.046	0.034	0.028	0.020	0.015
Proporción acumulativa	0.820	0.866	0.900	0.928	0.948	0.964
Valor propio	0.228	0.157	0.156	0.119	0.047	0.020
Proporción	0.011	0.008	0.008	0.006	0.002	0.001
Proporción acumulativa	0.975	0.983	0.991	0.997	0.999	1.000
Valor propio	0.000	0.000				
Proporción	0.000	0.000				
Proporción acumulativa	1.000	1.000				

#### Variables Abióticas

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Temperatura	0.361	-0.193	-0.034
Salinidad	-0.142	-0.246	0.309
Sigma-t	-0.197	-0.211	0.310
Oxígeno disuelto	0.431	-0.003	-0.059
SST	-0.076	-0.232	-0.453
% de saturación	0.431	-0.027	-0.044
Nitrógeno inorgánico total	-0.136	-0.277	-0.412
Silicato	-0.069	-0.067	-0.417
Fosfato	-0.264	-0.273	-0.326

#### Variables Bióticas

<i>Amphidinium</i> sp.	0.024	0.219	0.051
<i>Chroococcus</i> sp	0.033	0.370	-0.128
<i>Chroococcus</i> spp.	-0.042	0.030	0.095
Fitoflagelados	-0.011	0.380	-0.154
<i>Gymnodinium</i> sp.	0.017	0.307	-0.152
<i>Gyrodinium</i> sp.	0.032	0.303	-0.166
<i>Hemiaulus hauckii</i>	0.001	0.126	-0.117
<i>Nitzschia closterium</i>	0.016	0.205	-0.048
<i>Peridinium</i> sp.	-0.069	0.012	0.164
<i>Pyramimonas</i> sp.	0.405	-0.191	-0.022
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	0.408	-0.191	-0.022

Tabla 41 Hidrología, nutrientes y fitoplancton total del sondeo del emisor del invierno (11 de marzo de 1996).

Estación	Profundidad m	Temperatura °C	Salinidad PSU	Sigma- t	Oxígeno disuelto ml/l	SST mg/l	Saturación %	Amonio $\mu\text{M}$	Nitrato $\mu\text{M}$	Nitrito $\mu\text{M}$	Nitrógeno total $\mu\text{M}$	Silicato $\mu\text{M}$	Fosfato $\mu\text{M}$	Fitoplancton total cél/l
A1S	0.5	21	34.59	23.97	4.4	26.80	87	0.5	7.57	0.67	8.74	5.56	1.48	7,461,403
A1F	8	20.5	34.19	23.80	3.74	3.10	73	0.5	5.84	0.61	6.95	4.24	1.34	9,713,093
A2S	0.5	21	34.35	23.79	4.31	3.30	85	0.5	4.84	0.59	5.93	4.43	1.25	3,908,871
A2F	10	19.5	34.33	24.17	1.86	4.40	36	0.5	11.32	0.94	12.76	8.36	1.9	6,454,288
B1S	0.5	21	34.26	23.72	4.5	4.60	88	0.5	5.71	0.55	6.76	3.81	1.43	2,885,065
B1F	10	18.7	34.45	24.47	1.14	6.60	21	0.5	7.29	0.61	8.4	6.02	1.57	1,646,700
B2S	0.5	22	33.54	22.90	5.6	6.10	111	0.5	0.3	0.08	0.88	0.96	0.78	13,655,883
B2F	10	20.2	34.49	24.11	3.17	2.90	61	0.5	5.55	0.57	6.62	4.03	1.25	5,435,212
C1S	0.5	22	34.49	23.62	5.54	2.90	111	5.58	1.43	0.14	7.15	2.2	1.3	5,226,673
C1F	10	19	34.81	24.66	1.61	5.70	31	0.5	0.3	0.06	0.86	1.7	0.74	17,338,069
C2S	0.5	21.9	33.24	22.70	5.56	4.20	110	0.5	11.86	0.71	13.07	5.6	1.94	2,857,599
C2F	10	20.5	34.47	24.01	3.97	1.50	77	0.5	3.31	0.31	4.12	4.32	1.11	2,055,532
D1S	0.5	23	33.66	22.71	5.39	18.40	109	119.84	3.96	0.47	124.27	7.98	10.97	5,403,174
D1F	9	20.1	35.46	24.86	5.62	3.70	109	0.5	7.51	0.63	8.64	16.62	1.62	7,395,094
D2S	0.5	21.7	36.09	24.90	2.37	5.40	48	0.5	0.47	0.08	1.05	2.23	0.78	6,693,974
D2F	10	20.9	34.06	23.60	4.78	12.40	94	0.5	0.3	0.08	0.88	2.76	0.88	2,858,842
E1S	0.5	22.5	34.01	23.12	5.5	10.30	111	69.73	2.24	0.27	72.24	9.67	5.83	4,568,036
E1F	10	21.2	33.94	23.42	2.26	9.00	44	0.5	8.2	0.35	9.05	8.04	1.66	4,577,945
E2S	0.5	21.7	34.59	23.77	5.83	5.70	116	0.5	0.3	0.06	0.86	0.64	0.74	3,651,662
E2F	10	19.6	34.20	24.05	2.58	4.30	49	0.5	7.18	0.51	8.19	6.87	1.57	1,886,486
F1S	0.5	21.8	34.38	23.59	5.52	5.00	110	0.5	0.3	0.05	0.85	0.5	0.74	6,633,240
F1F	10	19.5	34.40	24.22	1.73	4.20	33	38.59	8.2	0.81	47.6	7.41	1.94	2,215,672
F2S	0.5	21.9	34.34	23.53	5.62	5.20	112	0.5	0.3	0.08	0.88	0.5	0.69	4,710,021
F2F	8	19.8	34.19	23.99	2.03	29.80	39	0.5	5.68	0.71	6.89	5.19	1.66	4,143,804

Tabla 42 Especies presentes en todas las estaciones del sondeo del emisor de invierno (11 de marzo de 1996).  
**ESPECIES PERMANENTES**

GRUPO	ESPECIE/ESTACION
Cianofita	<i>Chroococcus</i> sp.
Diatomea	<i>Coscinodiscus</i> sp.
Diatomea	<i>Chaetoceros</i> sp.
Diatomea	<i>Leptocylindrus danicus</i>
Diatomea	<i>Navicula</i> sp.
Diatomea	<i>Nitzschia</i> spp.
Fitoflagelado	N.I.
Silicoflagelado	<i>Dictyocha fibula</i>

Tabla 43. Especies presentes en más del 20% de las estaciones del emisor de invierno (11 de marzo de 1996).  
**ESPECIES FRECUENTES**

GRUPO	ESPECIE/ESTACION	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	E1	E2	F1	F2
Ciliado fotosintético	<i>Mesodinium rubrum</i>	1		1	1	1		1		1	1	1	
Diatomea	<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	1	1						1				
Diatomea	<i>Coscinodiscus</i> spp.	1	1					1					
Diatomea	<i>Cyclotella</i> sp.		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1
Diatomea	<i>Cyclotella striata</i>	1	1	1		1	1	1		1			
Diatomea	<i>Chaetoceros gracilis</i>							1		1		1	
Diatomea	<i>Eucampia zodiacus</i>	1			1		1						
Diatomea	<i>Guinardia flaccida</i>	1		1		1	1			1	1	1	
Diatomea	<i>Hemiaulus membranaceus</i>			1		1			1			1	1
Diatomea	<i>Hemiaulus</i> sp.							1		1		1	1
Diatomea	<i>Navicula membranacea</i>			1		1	1	1		1		1	1
Diatomea	<i>Navicula wawrikan</i>	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Diatomea	<i>Nitzschia closterium</i>	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
Diatomea	<i>Nitzschia</i> sp.	1	1		1		1		1				
Diatomea	<i>Odontella aurita</i>			1	1				1			1	1
Diatomea	<i>Rhizosolenia setigera</i>				1	1							1
Diatomea	<i>Rhizosolenia</i> sp.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Diatomea	<i>Rhizosolenia</i> spp.	1		1									1
Diatomea	<i>Roperia tessellata</i>	1	1				1			1			
Diatomea	<i>Skeletonema costatum</i>							1	1				1
Diatomea	<i>Surirella fastuosa</i>			1					1	1		1	
Diatomea	<i>Thalassionema nitzschioides</i>			1							1		1
Diatomea	<i>Thalassiosira</i> sp.	1	1				1		1		1	1	1
Dinoflagelado	<i>Gymnodinium catenatum</i>	1	1							1			
Dinoflagelado	<i>Gymnodinium</i> sp.	1		1			1	1			1	1	1
Dinoflagelado	<i>Gyrodinium</i> sp.	1		1			1			1			
Dinoflagelado	<i>Peridinium</i> sp.	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum micans</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum minimum</i>			1	1	1		1					
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum triestinum</i>			1	1		1	1		1	1	1	1
Dinoflagelado	<i>Protoperdinium conicum</i>	1	1	1	1	1		1					1
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis hamulus</i>	1		1						1		1	
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis</i> sp.	1	1		1	1		1		1		1	1
N. I.	N. I.	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1
Silicoflagelado	<i>Dictyocha octonaria</i>	1	1		1							1	1

Tabla 44. Especies presentes en menos del 20 % de las estaciones del emisor de invierno (11 de marzo de 1996)  
**ESPECIES RARAS**

GRUPO	ESPECIE/ESTACION	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	E1	E2	F1	F2
Cianofita	<i>Anabaena</i> sp.			1				1					
Diatomea	<i>Cymbella</i> sp.								1				1
Diatomea	<i>Chaetoceros</i> spp.	1											
Diatomea	<i>Diploneis</i> sp.					1							
Diatomea	<i>Ditylum</i> sp.									1			
Diatomea	<i>Gomphonema</i> sp.										1		
Diatomea	<i>Gyrosigma</i> sp.				1								
Diatomea	<i>Hemiaulus hauckii</i>	1	1										
Diatomea	<i>Hemiaulus sinensis</i>	1			1								
Diatomea	<i>Leptocylindrus</i> sp.			1									
Diatomea	<i>Lithodesmium annulata</i>	1											
Diatomea	N.I.	1								1			
Diatomea	<i>Nitzschia bilobata</i>					1							
Diatomea	<i>Nitzschia sigmoidea</i>					1							
Diatomea	<i>Odontella sinensis</i>					1							
Diatomea	<i>Pleurosigma</i> sp.			1		1							
Diatomea	<i>Proboscia alata</i>									1			
Diatomea	<i>Rhizosolenia bergonii</i>					1							
Diatomea	<i>Rhizosolenia formosa</i>	1											
Diatomea	<i>Thalassiothrix</i> sp.										1		
Diatomea	<i>Tropidoneis</i> sp.												1
Dinoflagelado	<i>Ceratium falcatum</i>									1			1
Dinoflagelado	<i>Ceratium furca</i>												1
Dinoflagelado	<i>Gonyaulax</i> sp.										1		
Dinoflagelado	<i>Gymnodinium sanguineum</i>				1								
Dinoflagelado	<i>Gyrodinium espirale</i>		1										
Dinoflagelado	<i>Gyrodinium spirale</i>	1						1					
Dinoflagelado	N.I.			1									
Dinoflagelado	<i>Peridinium diabolium</i>									1			
Dinoflagelado	<i>Peridinium</i> spp.							1					
Dinoflagelado	<i>Polykrikos schwartzi</i>	1											
Dinoflagelado	<i>Polykrikos</i> sp.												1
Dinoflagelado	<i>Pronoctiluca</i> sp.					1		1					
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum dentatum</i>				1	1							
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum gracile</i>			1				1					
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum maximum</i>				1								
Dinoflagelado	<i>Protoperdinium cerasus</i>	1											
Dinoflagelado	<i>Protoperdinium diabolus</i>												1
Dinoflagelado	<i>Protoperdinium</i> sp.			1									
Dinoflagelado	<i>Protoperdinium tuba</i>									1			
Dinoflagelado	<i>Pyrophacus</i> sp.					1		1					
Dinoflagelado	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	1											
Euglenoide	N.I.	1											
Fitoflagelado	<i>Pseudopedinella</i> sp.									1			
Silicoflagelado	<i>Dictyocha mirror</i>										1		
Silicoflagelado	<i>Dictyocha</i> sp.												1

Tabla 45 Especies dominantes\* Índice General Promedio  $Dm \geq 1\%$ , según Picard (1965). Sondeo del emisor de invierno (11 de marzo de 1996).

Nombre	Índice Gral. Promedi
Cianofita <i>Chroococcus</i> sp.	48.75%
Fitoflagelado N.I.	21.95%
Diatomea <i>Nitzschia</i> spp.	8.06%
Diatomea <i>Nitzschia</i> sp.	5.62%
Diatomea <i>Chaetoceros</i> sp.	4.74%
Células no identificadas	1.50%
Diatomea <i>Leptocylindrus danicus</i>	1.37%
Fitoflagelado <i>Pseudopedinella</i> sp.	1.10%

\* Especies utilizadas en los análisis de asociación de especies y relaciones fitoplancton-hidrología y nutrientes.

Tabla 46. Coeficientes de asociación (diagonal superior) y valores chi-cuadrado (diagonal inferior), significativo al 95 % de confianza de las asociaciones entre las especies dominantes del sondeo del emisor de invierno (11 de marzo de 1996).

Especie	<i>Chaetoceros</i> sp.	<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Nitzschia</i> sp.	<i>Nitzschia</i> spp.	Fitoflagelado N.I.	<i>Pseudopedinella</i> sp.	Células no identificadas
	<i>Chaetoceros</i> sp.						
<i>Leptocylindrus danicus</i>							
<i>Nitzschia</i> sp.				-89%			45%
<i>Nitzschia</i> spp.			18.94				
Fitoflagelado N.I.							
<i>Pseudopedinella</i> sp.							
Células no identificadas			4.80				

Tabla 47. Análisis de componentes principales (PCA) para las especies dominantes y las variables de calidad de agua en el emisor de invierno (11 de marzo de 1996).

Valor propio	5.203	3.271	2.505	1.296	1.099	1.001
Proporción	0.306	0.192	0.147	0.076	0.064	0.059
Proporción acumulativa	0.306	0.498	0.646	0.722	0.786	0.845
Valor propio	0.863	0.616	0.405	0.3151	0.202	0.152
Proporción	0.051	0.036	0.024	0.019	0.012	0.009
Proporción acumulativa	0.896	0.932	0.956	0.974	0.986	0.995
Valor propio	0.044	0.022	0.015	0.000	0.000	
Proporción	0.003	0.001	0.001	0.000	0.000	
Proporción acumulativa	0.998	0.999	1.000	1.000	1.000	

### Variables Abióticas

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Temperatura	-0.361	-0.001	0.165
Salinidad	0.265	-0.069	0.166
Sigma-t	0.380	-0.048	0.035
Oxígeno disuelto	-0.336	0.059	0.348
SST	-0.085	-0.098	-0.240
% de saturación	-0.340	0.055	0.342
Nitrógeno inorgánico total	-0.255	-0.362	-0.226
Silicato reactivo	-0.007	-0.315	-0.093
Fosfato inorgánico	-0.270	-0.358	0.221

### Variables Bióticas

Células no identificadas	-0.349	-0.151	-0.184
<i>Chaetoceros</i> sp.	-0.184	0.416	-0.137
<i>Chroococcus</i> sp.	0.186	-0.020	-0.174
Fitoflagelados no identificados	-0.052	-0.105	0.466
<i>Leptocylindrus danicus</i>	-0.157	0.406	-0.126
<i>Nitzschia</i> sp.	-0.178	0.418	-0.138
<i>Nitzschia</i> spp.	0.002	-0.176	0.441
<i>Pseudopedinella</i> sp.	-0.176	-0.202	-0.105

Tabla 48: Hidrología del sondeo del emisor de verano (16 de agosto de 1996).

Estación	Profundidad m	Temperatura °C	Salinidad PSU	Sigma- t	Oxígeno disuelto ml/l	SST mg/l	Saturación %	Amonio $\mu\text{M}$	Nitrato $\mu\text{M}$	Nitrito $\mu\text{M}$	Nitrógeno total $\mu\text{M}$	Silicato $\mu\text{M}$	Fosfato $\mu\text{M}$	Fitoplancton total cé/l
A1S	0.5	30.8	33.44	20.14	3.79	4.80	87	4	0.4	0.05	4.45	19.3	0.4	1,489,867
A1F	8	30.5	33.04	19.94	3.86	7.30	88	10.9	0.4	0.05	11.35	14.3	0.6	234,054
A2S	0.5	30.8	31.89	18.99	3.66	5.90	84	1.1	0.5	0.05	1.65	10.4	0.5	630,598
A2F	10	30.5	33.75	20.47	3.6	9.10	83	0.5	1.2	0.05	1.75	10.3	0.6	571,487
B1S	0.5	30.9	32.83	19.65	3.92	4.80	90	0.5	0.3	0.05	0.85	9.4	0.4	457,568
B1F	7	30.7	33.38	20.13	3.73	6.90	86	0.5	0.6	0.05	1.15	10.1	0.5	340,828
B2S	0.5	30.8	33.00	19.81	4.05	2.00	93	0.5	0.3	0.05	0.85	11.7	0.5	801,528
B2F	10	30.6	32.72	19.67	3.92	3.70	90	0.5	0.3	0.05	0.85	10.8	0.2	949,905
C1S	0.5	30.9	32.51	19.42	3.79	1.70	87	0.5	0.3	0.05	0.85	7.2	0.4	893,301
C1F	10	30.7	32.96	19.81	3.79	3.30	87	1.6	0.3	0.05	1.95	9.7	0.4	890,082
C2S	0.5	30.8	32.71	19.59	4.12	1.70	95	0.5	0.3	0.05	0.85	9.8	0.2	1,129,155
C2F	10	30.8	32.85	19.70	4.05	3.70	93	0.5	0.3	0.05	0.85	8.2	0.5	732,451
D1S	0.5	31	33.69	20.25	3.6	44.80	83	57.4	3.8	0.1	61.3	20.2	2.5	3,600
D1F	10	30.8	34.49	20.92	3.53	5.00	82	0.5	0.8	0.05	1.35	12.9	0.9	586,046
D2S	0.5	30.8	33.01	19.82	4.05	3.30	93	0.5	0.3	0.05	0.85	9.6	0.4	517,790
D2F	10	30.8	32.56	19.49	3.73	2.80	86	0.5	0.3	0.05	0.85	13.2	0.3	386,385
E1S	0.5	30.9	34.37	20.79	3.27	4.40	76	5.8	1.6	0.05	7.45	13.5	0.9	491,848
E1F	10	30.7	32.33	19.35	3.47	4.00	79	7.2	0.9	0.05	8.15	12.8	0.6	33,185
E2S	0.5	30.8	33.21	19.97	3.47	4.30	80	6.7	0.8	0.05	7.55	13.3	1	272,371
E2F	10	30.7	32.53	19.50	3.34	5.90	77	7.7	0.8	0.05	8.55	13.1	0.8	137,319
F1S	0.5	30.9	32.54	19.44	3.79	5.00	87	0.5	0.7	0.05	1.25	9.5	0.4	410,588
F1F	10	30.7	32.43	19.42	3.47	9.90	79	0.5	1	0.1	1.6	0.5	0.8	95,976
F2S	0.5	30.9	33.37	20.05	3.86	24.10	89	0.5	0.5	0.05	1.05	13.3	1.1	395,992
F2F	10	30.6	32.12	19.22	3.53	34.10	81	0.5	1.2	0.2	1.9	10.4	0.6	77,737

Tabla 49 Especies presentes en todas las estaciones de colecta, en cualquier profundidad.  
Sondeo del emisor del verano (16 de agosto de 1996).

ESPECIES PERMANENTES	
GRUPO	ESPECIE/ESTACIÓN
Cianofita	<i>Anabaena</i> sp.
Cianofita	<i>Chroococcus</i> sp.
Ciliado fotosint	<i>Mesodinium rubrum</i>
Diatomea	<i>Cyclotella</i> sp.
Diatomea	<i>Hemiaulus hauckii</i>
Diatomea	<i>Navicula</i> sp.
Diatomea	<i>Nitzschia closterium</i>
Diatomea	<i>Rhizosolenia</i> sp.
Dinoflagelado	<i>Gymnodinium</i> sp.
Dinoflagelado	<i>Peridinium</i> sp.
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum micans</i>
Fitoflagelado	N.I.

Tabla 50 Especies presentes en más del 20 % de las estaciones de colecta, en cualquier profundidad.  
Sondeo del emisor del verano (16 de agosto de 1996).

ESPECIES FRECUENTES		A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	E1	E2	F1	F2
GRUPO	ESPECIE/ESTACIÓN												
Diatomea	<i>Achnantes</i> sp.				1	1	1		1	1			1
Diatomea	<i>Coscinodiscus</i> sp.	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1
Diatomea	<i>Chaetoceros diversus</i>							1	1	1	1		1
Diatomea	<i>Chaetoceros</i> sp.	1	1	1	1	1	1		1	1			1
Diatomea	<i>Diploneis</i> sp.	1	1									1	1
Diatomea	<i>Ditylum</i> sp.									1	1	1	
Diatomea	<i>Guinardia flaccida</i>	1	1	1	1						1	1	1
Diatomea	<i>Hemiaulus</i> sp.				1				1			1	
Diatomea	<i>Leptocylindrus danicus</i>		1		1	1	1			1		1	1
Diatomea	<i>Licmophora</i> sp.		1		1							1	
Diatomea	<i>Navicula wawriake</i>	1		1	1		1		1	1	1		1
Diatomea	<i>Nitzschia</i> sp.	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1
Diatomea	<i>Nitzschia</i> spp.		1	1	1	1				1	1	1	1
Diatomea	<i>Odontella aurita</i>	1	1	1									
Diatomea	<i>Rhizosolenia setigera</i>						1		1			1	1
Diatomea	<i>Skeletonema costatum</i>						1				1	1	1
Diatomea	<i>Surirella fastuosa</i>	1	1		1			1		1	1	1	1
Diatomea	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1
Diatomea	<i>Thalassiosira</i> sp.	1		1			1	1		1	1	1	1
Dinoflagelado	<i>Amphidinium</i> sp.	1	1	1	1	1	1		1		1	1	1
Dinoflagelado	<i>Ceratium furca</i>	1	1		1			1	1	1	1	1	1
Dinoflagelado	<i>Ceratium fusus</i>				1					1	1		
Dinoflagelado	<i>Ceratium trichoceros</i>					1	1	1					
Dinoflagelado	<i>Dinophysis caudata</i>	1	1	1		1		1			1	1	
Dinoflagelado	<i>Gonyaulax</i> sp.	1	1		1	1		1	1	1	1		1
Dinoflagelado	<i>Gymnodinium catenatum</i>	1	1					1	1				
Dinoflagelado	<i>Gyrodinium</i> sp.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
Dinoflagelado	<i>Gyrodinium spirale</i>	1			1		1	1	1	1	1	1	1
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum gracile</i>		1	1			1	1	1			1	1
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum</i> sp.		1						1	1			
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum triestinum</i>			1	1				1	1	1	1	1
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis noctiluca</i>			1		1	1		1		1	1	
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis</i> sp.		1			1					1	1	
Fitoflagelado	<i>Phaeocystis</i> sp.				1	1	1		1	1			
N. I.	N. I.	1	1	1	1		1	1	1	1	1		1
Silicoflagelado	<i>Dictyocha fibula</i>	1	1		1			1	1	1	1	1	1

Tabla 51 Especies presentes en menos del 20 % de las estaciones de colecta, en cualquier profundidad. Sondeo del emisor del verano (16 de agosto de 1996).

ESPECIES RARAS		A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	E1	E2	F1	F2
GRUPO	ESPECIE/ESTACIÓN												
Cianofita	<i>Chroococcus</i> spp.		1	1									
Cianofita	<i>Oscillatoria erythraea</i>						1					1	1
Diatomea	<i>Asterionella</i> sp.											1	
Diatomea	<i>Asteromphalus</i> sp.	1				1							
Diatomea	<i>Bacteriastrium</i> sp.				1								
Diatomea	<i>Climacodium</i> sp.											1	
Diatomea	<i>Corethron criophyllum</i>				1								
Diatomea	<i>Corethron</i> sp.			1									
Diatomea	<i>Chaetoceros discipiens</i>		1										
Diatomea	<i>Dactylosolen</i> N.I.			1									
Diatomea	<i>Guinardia</i> sp.								1				
Diatomea	<i>Gyrosigma</i> sp.										1		
Diatomea	<i>Hemiaulus membranaceus</i>			1									1
Diatomea	<i>Lithodesmium undulatum</i>									1			
Diatomea	<i>Melosira</i> sp.											1	
Diatomea	<i>Melosira sulcata</i>					1							
Diatomea	<i>Navicula membranacea</i>	1	1										
Diatomea	<i>Nitzschia panduriformis</i>			1									
Diatomea	<i>Odontella</i> sp.												1
Diatomea	<i>Pleurosigma</i> sp.	1	1										
Diatomea	<i>Stephanopyxis</i> sp.								1				
Diatomea	<i>Thalassionema</i> sp.	1			1								
Dinoflagelado	<i>Alexandrium catenella</i>												1
Dinoflagelado	<i>Ceratium dens</i>								1				
Dinoflagelado	<i>Ceratium falcatum</i>		1	1									
Dinoflagelado	<i>Ceratium lineatum</i>									1			
Dinoflagelado	<i>Dinophysis acutoides</i>			1		1							
Dinoflagelado	<i>Dinophysis mitra</i>										1		
Dinoflagelado	<i>Dinophysis rapa</i>									1			
Dinoflagelado	<i>Dinophysis</i> sp.	1	1										
Dinoflagelado	N.I.							1					
Dinoflagelado	<i>Noctiluca scintillans</i>		1						1				
Dinoflagelado	<i>Ornithocercus magnificus</i>									1			
Dinoflagelado	<i>Oxyphysis elegans</i>								1				
Dinoflagelado	<i>Phyrophacus horologium</i>									1			
Dinoflagelado	<i>Pronoctiluca</i> sp.											1	
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum conicum</i>			1									
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum dentatum</i>								1				
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum maximum</i>	1							1				
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium bipes</i>									1	1		
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium conicum</i>		1										
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium</i> sp.								1	1			
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis robusta</i>											1	
Dinoflagelado	<i>Pyrodinium</i> sp.												1
Dinoflagelado	<i>Pyrophacus</i> sp.			1									
Dinoflagelado	<i>Scrippsiella</i> sp.	1							1				
Dinoflagelado	<i>Scrippsiella trochoidea</i>						1						
Euglenoide	<i>Euglena</i> sp.								1	1			
Silicoflagelado	<i>Ebria tripartita</i>						1			1			
Silicoflagelado	<i>Hermesium adriaticum</i>								1				

Tabla 52 Especies dominantes\* Índice General Promedio  $D_m \geq 1\%$ , según Picard (1965).  
 Sondeo del emisor de verano (16 de agosto de 1996).

Nombre	Índice Gral. Promedio
Fitoflagelado N.I. N.I.	47.96%
Cianofita <i>Chroococcus</i> sp.	25.83%
Cianofita <i>Chroococcus</i> spp.	2.29%
Diatomea <i>Hemiaulus hauckii</i>	1.98%
Diatomea <i>Nitzschia closterium</i>	1.95%
Dinoflagelado <i>Gymnodinium</i> sp.	1.89%
Dinoflagelado <i>Amphidinium</i> sp.	1.88%
Dinoflagelado <i>Gyrodinium</i> sp.	1.78%
Células no identificadas	1.39%
Dinoflagelado <i>Peridinium</i> sp.	1.38%
Diatomea <i>Cyclotella</i> sp.	1.31%
Dinoflagelado <i>Prorocentrum triestinum</i>	1.22%
Cianofita <i>Anabaena</i> sp.	1.06%

\* Especies utilizadas en los análisis de asociación de especies y relaciones fitoplancton-hidrología y nutrientes.

Tabla 53 Coeficientes de asociación (diagonal superior) y valores chi-cuadrado (diagonal inferior), significativo al 95 % de confianza de las asociaciones entre las especies dominantes del sondeo del emisor de verano (16 de agosto de 1996).

Especie	<i>Chroococcus</i> sp.	<i>Chroococcus</i> spp.	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Hemiaulus hauckii</i>	<i>Nitzschia closterium</i>	<i>Amphidinium</i> sp.	<i>Gymnodinium</i> sp.	<i>Gyrodinium</i> sp.	<i>Prorocentrum triestinum</i>	Fitoflagelado N.I.	Células no identificadas
	<i>Chroococcus</i> sp.		-59%								
<i>Chroococcus</i> spp.	8.29									43%	
<i>Cyclotella</i> sp.				59%	41%						
<i>Hemiaulus hauckii</i>			8.29		52%						
<i>Nitzschia closterium</i>			4.13	6.55							
<i>Amphidinium</i> sp.										53%	
<i>Gymnodinium</i> sp.											
<i>Gyrodinium</i> sp.										59%	
<i>Prorocentrum triestinum</i>											
Fitoflagelado N.I.	4.37					6.86		8.33			
Células no identificadas											

Tabla 54. Análisis de componentes principales (PCA) para las especies del emisor de verano (16 de agosto de 1996).

Valor propio	5.002	3.002	2.461	2.159	1.823	1.665
Proporción	0.227	0.136	0.112	0.098	0.083	0.076
Proporción acumulada	0.227	0.364	0.476	0.574	0.657	0.732
Valor propio	1.233	1.183	0.884	0.690	0.495	0.458
Proporción	0.056	0.054	0.040	0.031	0.023	0.021
Proporción acumulada	0.788	0.842	0.882	0.914	0.936	0.957
Valor propio	0.306	0.175	0.155	0.137	0.094	0.061
Proporción	0.014	0.008	0.007	0.006	0.004	0.003
Proporción acumulada	0.971	0.979	0.986	0.992	0.996	0.999
Valor propio	0.015	0.003	0.000	0.000		
Proporción	0.001	0.000	0.000	0.000		
Proporción acumulada	1.000	1.000	1.000	1.000		

#### Variables Abióticas

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Temperatura	-0.046	-0.159	-0.282
Salinidad	-0.177	-0.412	0.190
Sigma-t	-0.175	-0.401	0.219
Oxígeno	0.328	-0.141	0.019
Sólidos suspendidos totales	-0.286	-0.064	-0.170
% saturación	0.325	-0.164	-0.015
Nitrógeno inorgánico total	-0.304	-0.204	-0.183
Silicato	-0.191	-0.334	-0.178
Fosfato	-0.375	-0.168	-0.145

#### Variables Bióticas

<i>Amphidinium</i> sp.	0.171	0.100	0.267
<i>Anabaena</i> sp.	0.203	-0.167	-0.256
Células no identificadas	0.017	0.018	0.343
<i>Cyclotella</i> sp.	0.023	0.179	-0.327
<i>Chroococcus</i> sp.	0.300	-0.295	-0.001
<i>Chroococcus</i> spp.	-0.019	0.035	0.279
Fitoflagelados	0.262	-0.298	-0.035
<i>Gymnodinium</i> sp.	0.215	-0.151	-0.084
<i>Gyrodinium</i> dp.	0.256	-0.192	-0.350
<i>Hemiaulus hauckii</i>	0.061	0.267	-0.356
<i>Nitzschia closterium</i>	0.158	-0.072	0.035
<i>Peridinium</i> sp.	-0.008	0.099	-0.103
<i>Prorocentrum triestinum</i>	-0.009	0.135	-0.109

Tabla 55. Especies formadoras de mareas rojas y su frecuencia en la bahía de Mazatlán.

ESPECIE/ANO	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
<i>Alexandrium triacanta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium dens</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Ceratium furca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gymnodinium catenatum</i>	1	0	0	0	0	0	1	1	0	2
<i>Gymnodinium sanguineum</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Mesodinium rubrum</i>	0	6	4	5	0	2	2	2	3	2
<i>Noctiluca scintillans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prorocentrum dentatum</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Prorocentrum triestinum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
TOTAL	1	6	4	5	0	2	7	3	3	4

ESPECIE/ANO	89	90	91	92	93	94	95	96	97	1979-1997	
										f	%
<i>Alexandrium triacanta</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1.3
<i>Ceratium dens</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3.8
<i>Ceratium furca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.3
<i>Gymnodinium catenatum</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	2	8	10.3
<i>Gymnodinium sanguineum</i>	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2	2.6
<i>Mesodinium rubrum</i>	3	3	5	0	0	2	3	6	2	48	61.5
<i>Noctiluca scintillans</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1.3
<i>Prorocentrum dentatum</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	3.8
<i>Prorocentrum triestinum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.3
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	1	2	1	0	0	1	1	2	0	9	11.5
TOTAL	5	6	7	0	0	6	4	9	6	78	100

Tabla 56. Especies presentes en el ciclo de estudio, incluyendo muestras de períodos de mareas rojas (9 de febrero de 1995 al 12 de agosto de 1996).

GRUPO	ESPECIE/FECHA
Ciliado fotosintético	<i>Mesodinium rubrum</i>
Diatomea	<i>Coscinodiscus</i> sp.
Diatomea	<i>Chaetoceros</i> sp.
Diatomea	<i>Navicula</i> sp.
Diatomea	<i>Navicula wawrikan</i>
Diatomea	<i>Nitzschia</i> sp.
Diatomea	<i>Pleurosigma</i> sp.
Diatomea	<i>Thalassiothrix</i> sp.
Dinoflagelado	<i>Ceratium furca</i>
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium</i> sp.
Fitoflagelado	no identificado

Tabla 57. Especies presentes en más del 20 % de las fechas del ciclo de estudio, incluyendo el periodo de mareas rojas (9 de febrero de 1995 al 12 de agosto de 1996)

GRUPO	ESPECIE/FECHA	9/2/95	9/2/95	10/4/95	9/5/95	9/6/95	7/7/95	14/8/95	8/9/95	10/10/95	9/11/95	11/12/95	10/1/96	9/2/96	16/2/96	22/2/96	11/3/96	29/3/96	10/4/96	9/5/96	10/6/96	9/7/96	12/8/96	
Cianofita	<i>Anabaena</i> sp																							
Cianofita	N.I.	1																						
Cianofita	<i>Oscillatoria erythraea</i>	1																						
Diatomea	<i>Amphora</i> sp	1	1																					
Diatomea	<i>Bacillaria delicatulum</i>	1																						
Diatomea	<i>Bacillaria</i> sp	1	1																					
Diatomea	<i>Biddulphia longicruris</i>	1	1																					
Diatomea	<i>Climacodium</i> sp																							
Diatomea	<i>Corethron</i> sp																							
Diatomea	<i>Cyclotella</i> sp	1	1																					
Diatomea	<i>Diploneis</i> sp	1	1																					
Diatomea	<i>Dityum</i> sp.	1	1																					
Diatomea	<i>Eucampia zodiacus</i>	1	1																					
Diatomea	<i>Fragilaria</i> sp																							
Diatomea	<i>Guinardia flaccida</i>	1	1																					
Diatomea	<i>Hemiaulus</i> sp	1	1																					
Diatomea	<i>Leptocylindrus danicus</i>	1	1																					
Diatomea	<i>Leptocylindrus</i> sp.																							
Diatomea	<i>Licmophora</i> sp																							
Diatomea	<i>Lithodesmium</i> sp.	1																						
Diatomea	<i>Lithodesmium undulatum</i>																							
Diatomea	N.I.																							
Diatomea	<i>Navicula membranacea</i>	1	1																					
Diatomea	<i>Nitzschia clostenum</i>	1	1																					
Diatomea	<i>Nitzschia longissima</i>	1	1																					
Diatomea	<i>Nitzschia sigma</i>	1	1																					
Diatomea	<i>Nitzschia sigmaidea</i>																							
Diatomea	<i>Odontella</i> sp	1																						
Diatomea	<i>Planktoniella</i> sp																							
Diatomea	<i>Pseudo-nitzschia senata</i>	1	1																					
Diatomea	<i>Rhizosolenia setigera</i>	1	1																					
Diatomea	<i>Rhizosolenia</i> sp.																							
Diatomea	<i>Ropena tessellata</i>	1	1																					
Diatomea	<i>Skeletonema costatum</i>																							
Diatomea	<i>Sunrella fastuosa</i>	1	1																					
Diatomea	<i>Synedra</i> sp																							
Diatomea	<i>Thalassionema nitzschoides</i>	1	1																					
Diatomea	<i>Thalassionema</i> sp																							
Diatomea	<i>Thalassiosira</i> sp	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Alexandrium catenella</i>	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Amphidinium</i> sp	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Ceratium fusus</i>	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Ceratium lineatum</i>	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Ceratium</i> sp	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Ceratium inopos</i>	1																						
Dinoflagelado	<i>Dinophysis caudata</i>	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Dinophysis</i> sp																							
Dinoflagelado	<i>Gonyaulax</i> sp	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Gymnodinium catenatum</i>	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Gymnodinium</i> sp	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Gyrodinium</i> sp	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Gyrodinium spirale</i>	1	1																					
Dinoflagelado	N.I.	1																						
Dinoflagelado	<i>Noctiluca scintillans</i>	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Oxyphysis oxyoides</i>	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Oxyphysis</i> sp																							
Dinoflagelado	<i>Oxytoxum</i> sp																							
Dinoflagelado	<i>Pendinium</i> sp	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Podolampas</i> sp	1																						
Dinoflagelado	<i>Polykikos</i> sp	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum dentatum</i>	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum gracile</i>	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum maximum</i>	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum micans</i>	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum minimum</i>	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum</i> sp	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum tnestinum</i>	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium conicum</i>	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium tuba</i>	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis hamulus</i>	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Scnppsella</i> sp	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Scnppsella trochoidea</i>	1	1																					
Dinoflagelado	<i>Torodinium</i> sp																							
Euglenoide	<i>Euglena</i> sp																							
Euglenoide	N.I.	1																						
Fitoflagelado	<i>Chatonella</i> sp	1	1																					
N. I.	N. I.	1	1																					
Silicoflagelado	<i>Dictyocha fibula</i>	1	1																					
Silicoflagelado	<i>Dictyocha octonana</i>																							
Silicoflagelado	<i>Dictyocha</i> sp	1	1																					
Silicoflagelado	<i>Ebna inpartita</i>	1	1																					
Silicoflagelado	<i>Hermesium adnaticum</i>																							

Tabla 58

Especies presentes en menos del 20 % de las fechas analizadas en el ciclo de estudio, incluyendo el periodo de mareas rojas (9 de febrero de 1995 al 12 de agosto de 1996).

GRUPO	ESPECIE	9/2/95	9/3/95	10/4/95	9/5/95	9/6/95	7/7/95	14/8/95	8/9/95	10/10/95	9/11/95	11/12/95	10/1/96	9/2/96	16/2/96	22/2/96	11/3/96	29/3/96	10/4/96	9/5/96	10/6/96	9/7/96	12/8/96
Cianofita	<i>Chroococcus</i> sp.						1																
Diatomea	<i>Actinopterychus</i> sp.				1								1										
Diatomea	<i>Achnantes longipes</i>																1						
Diatomea	<i>Achnantes</i> sp.						1																
Diatomea	<i>Amphora arenaria</i>																1						
Diatomea	<i>Asterionella japonica</i>				1																		
Diatomea	<i>Asterionella</i> sp.					1				1													
Diatomea	<i>Asteromphalus flavelatus</i>																				1		
Diatomea	<i>Bacillaria paxillifer</i>																				1		
Diatomea	<i>Bacterastrum hyalinum</i>	1				1																	
Diatomea	<i>Cerataulina bergonii</i>																1						
Diatomea	<i>Cerataulina</i> sp.														1								
Diatomea	<i>Corethron hystrix</i>													1									
Diatomea	<i>Coscinodiscus excentricus</i>	1																					
Diatomea	<i>Coscinodiscus granii</i>									1						1							
Diatomea	<i>Coscinodiscus lineatus</i>	1																					
Diatomea	<i>Cyclotella striata</i>	1																					
Diatomea	<i>Chaetoceros affinis</i>																						1
Diatomea	<i>Chaetoceros diversus</i>																						1
Diatomea	<i>Chaetoceros gracilis</i>	1																			1		
Diatomea	<i>Chaetoceros peruvians</i>	1									1												
Diatomea	<i>Chaetoceros</i> spp.				1																		
Diatomea	<i>Chaetoceros tortissimus</i>										1												
Diatomea	<i>Dactylosolen</i> sp.																		1				1
Diatomea	<i>Dictyocha</i> sp.																					1	
Diatomea	<i>Diploneis borealis</i>	1																				1	
Diatomea	<i>Ditylum brightwellii</i>	1	1																				1
Diatomea	<i>Entomoneis alata</i>		1		1		1																1
Diatomea	<i>Grammatophora marina</i>				1																		1
Diatomea	<i>Grammatophora oceanica</i>				1					1													1
Diatomea	<i>Grammatophora</i> sp.										1		1										
Diatomea	<i>Guinardia</i> sp.																				1		
Diatomea	<i>Gyrosigma</i> sp.	1					1			1													
Diatomea	<i>Hemiaulus membranaceus</i>																					1	1
Diatomea	<i>Hemidiscus cuneiformis</i>									1	1					1					1		
Diatomea	<i>Hemidiscus</i> sp.		1																				
Diatomea	<i>Isthmia</i> sp.																						1
Diatomea	<i>Lauderia annulata</i>									1		1			1	1							
Diatomea	<i>Melosira sulcata</i>		1					1		1													
Diatomea	<i>Navicula distans</i>																		1			1	
Diatomea	<i>Nitzschia longa</i>																						1
Diatomea	<i>Nitzschia sigmaformis</i>	1																					
Diatomea	<i>Nitzschia vitrea</i>		1																				
Diatomea	<i>Odontella aurita</i>																1		1	1	1		
Diatomea	<i>Opephora pacifica</i>																		1		1		
Diatomea	<i>Perissonoe</i> sp.														1								
Diatomea	<i>Planktoniella sol</i>															1				1	1		
Diatomea	<i>Proboscia alata</i>																		1				
Diatomea	<i>Pseudoeunotia doliolis</i>														1								
Diatomea	<i>Pseudoeunotia</i> sp.								1														
Diatomea	<i>Rhizosolenia debyana</i>				1																		
Diatomea	<i>Rhizosolenia formosa</i>	1			1						1												
Diatomea	<i>Rhizosolenia imbricata</i>	1			1																		
Diatomea	<i>Rhizosolenia proboscia</i>	1																					
Diatomea	<i>Skeletonema</i> sp.																					1	
Diatomea	<i>Stephanopyxis</i> sp.										1								1				
Diatomea	<i>Stephanopyxis turnis</i>									1									1				1
Diatomea	<i>Striatella unipunctata</i>															1							1
Diatomea	<i>Synedra ulna</i>													1									
Diatomea	<i>Thalassiosira subtilis</i>									1									1	1	1		
Diatomea	<i>Thalassiothrix delicatula</i>				1																		
Diatomea	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>				1		1																

Tabla 58 continuación

GRUPO	ESPECIE	9/2/95	9/3/95	10/4/95	9/5/95	9/6/95	7/7/95	14/8/95	8/9/95	10/10/95	9/11/95	11/12/95	10/1/96	9/2/96	16/2/96	22/2/96	11/3/96	29/3/96	10/4/96	9/5/96	10/6/96	9/7/96	12/8/96	
Dinoflagelado	<i>Alexandrium acantanella</i>									1	1					1	1							
Dinoflagelado	<i>Alexandrium monilatum</i>																							
Dinoflagelado	<i>Alexandrium</i> sp.																							
Dinoflagelado	<i>Ceratium bergonii</i>	1																						
Dinoflagelado	<i>Ceratium contrarium</i>																1							
Dinoflagelado	<i>Ceratium deflexum</i>			1																				
Dinoflagelado	<i>Ceratium dens</i>		1	1									1									1	1	
Dinoflagelado	<i>Ceratium falcatum</i>			1									1											
Dinoflagelado	<i>Ceratium kofoidii</i>	1																						
Dinoflagelado	<i>Ceratium longirostrum</i>			1																				
Dinoflagelado	<i>Ceratium massiliense</i>			1																		1		
Dinoflagelado	<i>Ceratium symetricum</i>			1		1																		
Dinoflagelado	<i>Ceratium trichoceros</i>			1		1																		
Dinoflagelado	<i>Cochlodinium</i> sp.																							
Dinoflagelado	<i>Corythodinium</i> sp.				1																	1		
Dinoflagelado	<i>Dinophysis acuminata</i>						1																	
Dinoflagelado	<i>Dinophysis argus</i>				1													1						
Dinoflagelado	<i>Dinophysis diegensis</i>		1					1																
Dinoflagelado	<i>Dinophysis furca</i>				1																			
Dinoflagelado	<i>Dinophysis ovum</i>				1																			
Dinoflagelado	<i>Dinophysis paulsenii</i>																							
Dinoflagelado	<i>Goniodoma polyedricum</i>			1																				1
Dinoflagelado	<i>Gonyaulax polygramma</i>					1	1	1																1
Dinoflagelado	<i>Gonyaulax triacantha</i>						1																	1
Dinoflagelado	<i>Gymnodinium mikimotoi</i>										1													
Dinoflagelado	<i>Gymnodinium sanguineum</i>							1	1		1													
Dinoflagelado	<i>Heterocapsa</i> sp.									1														
Dinoflagelado	<i>Heterocapsa triquetra</i>			1									1											
Dinoflagelado	<i>Kofoidinium lebourae</i>													1										1
Dinoflagelado	<i>Ornithocercus magnificus</i>																							
Dinoflagelado	<i>Oxytoxum gigas</i>			1	1																		1	
Dinoflagelado	<i>Oxytoxum laticeps</i>																							
Dinoflagelado	<i>Oxytoxum scolopax</i>	1							1															
Dinoflagelado	<i>Oxytoxum variabile</i>																							
Dinoflagelado	<i>Peridinium cerasus</i>			1																		1		
Dinoflagelado	<i>Polyknkos schwartzi</i>																		1					
Dinoflagelado	<i>Pronoctiluca</i> sp.		1					1														1		
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum arcuatum</i>							1																
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum dactylus</i>											1												
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum rostratum</i>	1										1												
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium bipes</i>				1			1	1															1
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium brochi</i>								1															
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium cerasus</i>			1																				
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium claudicans</i>				1																			
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium corniculum</i>					1																		
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium depressum</i>				1	1																		
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium divergens</i>			1		1	1																	
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium latispinum</i>					1			1															
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium obtusum</i>			1																				
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium pellucidum</i>																							
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium pentagonum</i>																						1	
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium quinquecome</i>																					1		
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium venustum</i>										1													
Dinoflagelado	<i>Pseudonoclituca</i> sp.		1																					
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis fusiformis</i>													1										
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis lunula</i>			1	1									1										
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis noctiluca</i>														1									
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis robusta</i>									1														
Dinoflagelado	<i>Pyrocystis</i> sp.	1	1																					
Euglenoide	<i>Euglena acusiformis</i>									1														
Fitoflagelado	<i>Hillea</i> sp.																							1
Fitoflagelado	<i>Phaeocystis</i> sp.														1									
Fitoflagelado	<i>Pyramimonas</i> sp.						1	1								1								

Tabla 59 Especies dominantes\* Índice General Promedio  $Dm \geq 1$ , según Picard (1965).  
Ciclo de estudio, incluyendo el período de mareas rojas  
(9 de febrero de 1995 al 12 de agosto de 1996)

Nombre	Índice Gral. Promedio
<b>Diatomea</b> <i>Nitzschia</i> sp.	38.1%
<b>Fitoflagelado</b> N.I.	12.5%
<b>Diatomea</b> <i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	5.9%
<b>Diatomea</b> <i>Rhizosolenia</i> sp.	3.6%
<b>Diatomea</b> <i>Chaetoceros</i> sp.	3.5%
<b>Ciliado fotosintético</b> <i>Mesodinium rubrum</i>	2.8%
<b>Dinoflagelado</b> <i>Gymnodinium catenatum</i>	1.8%
<b>Diatomea</b> <i>Coscinodiscus</i> sp.	1.7%
<b>Dinoflagelado</b> <i>Gyrodinium</i> sp.	1.7%
<b>Dinoflagelado</b> <i>Peridinium</i> sp.	1.7%
<b>Fitoflagelado</b> <i>Phaeocystis</i> sp.	1.6%
<b>Diatomea</b> <i>Leptocylindrus danicus</i>	1.6%
<b>Diatomea</b> <i>Skeletonema costatum</i>	1.5%
<b>Diatomea</b> <i>Rhizosolenia setigera</i>	1.1%
<b>Dinoflagelado</b> <i>Prorocentrum triestinum</i>	1.1%
<b>Diatomea</b> <i>Nitzschia closterium</i>	1.0%
<b>Dinoflagelado</b> <i>Amphidinium</i> sp.	1.0%

Tabla 60. Análisis de componentes principales (PCA) para las especies formadoras de mareas rojas en las estaciones 1 y 2 , durante el periodo de estudio 9 de febrero de 1995 al 12 de agosto de 1996.

Valor propio	3.820	1.788	1.744	1.542	1.285	1.141
Proporción	0.212	0.099	0.097	0.086	0.071	0.063
Proporción acumulativa	0.212	0.312	0.408	0.494	0.565	0.629
Valor propio	1.064	0.981	0.948	0.839	0.650	0.634
Proporción	0.059	0.055	0.053	0.047	0.036	0.035
Proporción acumulativa	0.688	0.742	0.795	0.842	0.878	0.913
Valor propio	0.562	0.3969	0.3798	0.2254	0.0015	0.000
Proporción	0.031	0.022	0.021	0.013	0.000	0.000
Proporción acumulativa	0.944	0.966	0.987	1.000	1.000	1.000

### Variables Abióticas

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Temperatura	0.372	-0.295	0.155
Salinidad	-0.256	0.104	0.115
Sigma-t	-0.422	0.292	-0.064
Oxígeno disuelto	0.401	0.296	-0.122
Sólidos suspendidos totales	-0.177	-0.166	-0.115
% de saturación	0.442	0.202	-0.076
Nitrógeno inorgánico total	-0.174	0.092	0.120
Silicato reativo	-0.121	-0.198	0.110
Fosfato	-0.380	0.023	-0.189

### Variables Bióticas

<i>Ceratium dens</i>	-0.051	0.172	-0.204
<i>Ceratium furca</i>	0.073	0.118	-0.599
<i>Gymnodinium catenatum</i>	0.034	0.049	-0.591
<i>Gymnodinium sanguineum</i>	0.101	-0.097	0.063
<i>Mesodinium rubrum</i>	0.126	0.123	-0.136
<i>Noctilica scintillans</i>	-0.001	0.059	-0.040
<i>Prorocentrum dentatum</i>	-0.037	0.536	0.208
<i>Prorocentrum triestinum</i>	0.038	0.219	0.054
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	0.060	0.451	0.205

Tabla 61 Escala de nutrientes propuesta por Igniatides, *et al.* (1992).

P-PO<sub>4</sub> (μg at. P l<sup>-1</sup>), N-NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> y N (μg at. N l<sup>-1</sup>), S-SiO<sub>4</sub> (μg at. Si l<sup>-1</sup>)

Nutriente	Intervalo de concentración			Tipo de agua (Igniatides, <i>et al.</i> 1992)
	(μ a μ+σ)	(μ+σ a μ+2σ)	(μ+2σ a μ+3σ)	
P-PO <sub>4</sub>	0.34-0.62	0.62-0.90	0.90-1.18	Eutrófica (Aguas interiores del Mar Egeo)
N-NO <sub>3</sub>	0.25-0.57	0.57-0.79	0.79-1.01	
N-NO <sub>2</sub>	0.18-0.34	0.34-0.50	0.50-0.66	
N-NH <sub>3</sub>	1.15-2.05	2.05-2.95	2.95-3.85	
P-PO <sub>4</sub>	0.09-0.14	0.14-0.19	0.19-0.24	Mesotrófica (Aguas del golfo Saronicos)
N-NO <sub>3</sub>	0.26-0.43	0.43-0.60	0.60-0.77	
N-NO <sub>2</sub>	0.07-0.13	0.13-0.19	0.19-0.25	
N-NH <sub>3</sub>	0.84-1.31	1.31-1.78	1.78-2.25	
P-PO <sub>4</sub>	0.03-0.06	0.06-0.09	0.09-0.12	Oligotrófica (Aguas litorales de la Isla de Rhodes)
N-NO <sub>3</sub>	0.23-0.44	0.44-0.65	0.65-0.86	
N-NO <sub>2</sub>	0.09-0.13	0.13-0.17	0.17-0.21	
N-NH <sub>3</sub>	0.38-0.61	0.61-0.84	0.84-1.07	
P-PO <sub>4</sub>	0.02-0.03	0.03-0.04	0.04-0.05	Oligotrófica (Aguas pelágicas de la Isla de Rhodes)
N-NO <sub>3</sub>	0.21-0.32	0.32-0.43	0.43-0.54	
N-NO <sub>2</sub>	0.02-0.04	0.04-0.06	0.06-0.08	
N-NH <sub>3</sub>	0.36-0.56	0.56-0.76	0.76-0.96	

Tabla 62 Media de la concentración de nutrientes en este estudio y comparación con el intervalo al 95 % de confianza (μ a μ+2σ) de la escala de nutrientes (Tabla 63).

P-PO<sub>4</sub> (μg at. P l<sup>-1</sup>), N-NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> y N (μg at. N l<sup>-1</sup>), S-SiO<sub>4</sub> (μg at. Si l<sup>-1</sup>)

Estación	Nutriente	(μ)	Tipo de agua en este estudio
Estación 1 (9 de febrero de 1995 al 12 de agosto de 1996)	P-PO <sub>4</sub>	0.88	Eutrófica
	N-NO <sub>3</sub>	2.99	
	N-NO <sub>2</sub>	0.20	
	N-NH <sub>3</sub>	4.64	
	N (N-NH <sub>3</sub> +N-NO <sub>3</sub> +N-NO <sub>2</sub> )	7.84	
	S-SiO <sub>4</sub>	5.11	
Estación 2 (9 de febrero de 1995 al 12 de agosto de 1996)	P-PO <sub>4</sub>	0.86	Eutrófica
	N-NO <sub>3</sub>	2.32	
	N-NO <sub>2</sub>	0.18	
	N-NH <sub>3</sub>	5.25	
	N (N-NH <sub>3</sub> +N-NO <sub>3</sub> +N-NO <sub>2</sub> )	7.76	
	S-SiO <sub>4</sub>	4.84	
Estación 3 Mareas Rojas (22 febrero, 5 de marzo y 19 de agosto de 1996)	P-PO <sub>4</sub>	0.92	Eutrófica
	N-NO <sub>3</sub>	0.76	
	N-NO <sub>2</sub>	0.09	
	N-NH <sub>3</sub>	3.97	
	N (N-NH <sub>3</sub> +N-NO <sub>3</sub> +N-NO <sub>2</sub> )	4.83	
	S-SiO <sub>4</sub>	7.00	
Sondeo Emisor Invierno (11 de marzo de 1996)	P-PO <sub>4</sub>	1.86	Eutrófica
	N-NO <sub>3</sub>	4.58	
	N-NO <sub>2</sub>	0.41	
	N-NH <sub>3</sub>	10.13	
	N (N-NH <sub>3</sub> +N-NO <sub>3</sub> +N-NO <sub>2</sub> )	15.14	
	S-SiO <sub>4</sub>	4.97	
Sondeo Emisor Verano (16 de agosto de 1996)	P-PO <sub>4</sub>	0.64	Eutrófica
	N-NO <sub>3</sub>	0.75	
	N-NO <sub>2</sub>	0.06	
	N-NH <sub>3</sub>	4.57	
	N (N-NH <sub>3</sub> +N-NO <sub>3</sub> +N-NO <sub>2</sub> )	5.39	
	S-SiO <sub>4</sub>	11.38	

Tabla 63 Balance estequiométrico de nutrientes para los diferentes grupos de estaciones, según Justic, *et al.*, 1995  
Concentración del nutriente en  $\mu\text{M}$ .

Nutriente	Estadísticos	Estación 1	Estación 2	Marea Roja			Emisores	
				22-Feb-96	05-Mar-96	19-Ago-96	Invierno	Verano
N	n	57	56	3	3	3	24	24
$\mu\text{M}$	$\bar{x}$	7.84	7.76	4.56	5.91	4.04	15.15	5.39
	S	7.86	7.94	3.28	0.89	2.56	5.77	2.51

P	n	57	56	3	3	3	24	24
$\mu\text{M}$	$\bar{x}$	0.89	0.87	1.75	0.83	0.21	1.88	0.65
	S	0.49	0.56	0.92	0.05	0.05	0.45	0.09

Si	n	57	56	3	3	3	24	24
$\mu\text{M}$	$\bar{x}$	5.11	4.85	6.41	4.07	10.54	4.99	11.40
	S	4.58	4.52	0.90	0.29	1.06	0.75	0.78

Proporción	Redfield	Proporción atómica promedio						
Si:N	1	1	1	1	1	3	0	2
N:P	16	9	9	3	7	19	8	8
Si:P	16	6	6	4	5	49	3	18

Nutriente	Redfield	Número de átomos del nutriente en base a 16 átomos de silicio:						
Si	16	16	16	16	16	16	16	16
N	16	2	2	1	1	0	3	0
P	1	0	0	0	0	0	0	0

Nutriente	Redfield	Número de átomos del nutriente en base a 1 átomo de fósforo						
Si	16	6	6	4	5	49	3	18
N	16	9	9	3	7	19	8	8
P	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 64 Índice de nutrientes para el ciclo de estudio, estaciones 1 y 2.  
(del 9 de febrero de 1995 al 12 de agosto de 1996)

 oligotrófico   
  mesotrófico   
  eutrófico

estación	amonio	nitrate	nitrito	nitrógeno total	silicato	fosfato
1						
2						

Tabla 65 Índice de nutrientes para los sondeos del emisor del invierno y verano juntos,  
(11 marzo y 16 de agosto de 1996) y estaciones 1, 2, 3 (11 de marzo, 12 y 19 de agosto, respectivamente)

 oligotrófico   
  mesotrófico   
  eutrófico

Índice de eutroficación / para el sondeo del emisor en el invierno y en el verano						
estación	amonio	nitrate	nitrito	nitrógeno total	silicato	fosfato
A1						
A2						
B1						
B2						
C1						
C2						
D1						
D2						
E1						
E2						
F1						
F2						
1						
2						
3						