



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL



CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

DEPARTAMENTO DE PLANCTON Y ECOLOGÍA MARINA

**VARIABILIDAD DEL MATERIAL PARTICULADO Y SU FLUJO DE
SEDIMENTACIÓN, EN RELACIÓN A LOS CAMBIOS
HIDROGRÁFICOS DE LA COLUMNA DE AGUA EN BAHÍA
CONCEPCIÓN, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO.**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

CON ESPECIALIDAD EN

MANEJO DE RECURSOS MARINOS

P R E S E N T A

JOSÉ REYES HERNÁNDEZ ALFONSO

LA PAZ, B.C.S., MÉXICO

MARZO DEL 2004



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION
ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:30 horas del día 30 del mes de Marzo del 2004 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

"VARIABILIDAD DEL MATERIAL PARTICULADO Y SU FLUJO DE SEDIMENTACIÓN, EN RELACIÓN A
LOS CAMBIOS HIDROGRÁFICOS DE LA COLUMNA DE AGUA EN BAHÍA CONCEPCIÓN,
BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO"

Presentada por el alumno:

HERNÁNDEZ
Apellido paterno

ALFONSO
materno

JOSÉ REYES
nombre(s)

Con registro:

B	9	4	0	6	3	1
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

DR. CARLOS H. LECHUGA DEVEZE

PRESIDENTE

DR. NORMAN SILVERBERG
Co-Director

SECRETARIO

DR. ANGEL RAFAEL JIMÉNEZ ILLESCAS

SEGUNDO VOCAL

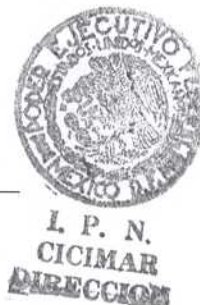
DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE

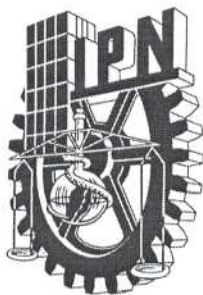
TERCER VOCAL

DR. EVGUENI CHOUMILINE N.

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. FRANCISCO ARREGUÍN SÁNCHEZ





INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 2 del mes Abril del año 2004, el (la) que suscribe JOSÉ REYES HERNÁNDEZ ALFONSO alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro B940631 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. CARLOS H. LECHUGA DEVEZE y cede los derechos del trabajo titulado: "VARIABILIDAD DEL MATERIAL PARTICULADO Y SU FLUJO DE SEDIMENTACIÓN, EN RELACIÓN A LOS CAMBIOS HIDROGRÁFICOS DE LA COLUMNA DE AGUA EN BAHÍA CONCEPCIÓN, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO" al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: jrhernan@ipn.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

JOSÉ REYES HERNÁNDEZ ALFONSO

nombre y firma

" E S F U E R Z O "

Creo firmemente que la hora más sublime de cualquier hombre,
es aquel momento cuando ha puesto su corazón en una
buena causa y yace exhausto en el campo de batalla,
"VICTORIOSO".

†Vince Lombardi 1913 -1970
(entrenador en jefe empacadores de Green Bay)

A mí esposa:

Juanita Ríos Olachea

*por su amor, cariño y comprensión
pero sobretodo por el apoyo
incondicional en la culminación
de esta tesis*

A mis hijos:

José David Hernández Ríos

y

Lia Mariana Hernández Ríos

*por el tiempo que tuve que invertir
desarrollando este ensayo de
investigación y que no
pudimos estar juntos
jugando y riendo*

A mí Padre:

Gabino Reyes Hernández García

*quien es un ejemplo a seguir y
que siempre ha estado presente en
los buenos y malos momentos
de mí vida*

AGRADECIMIENTOS

Realmente muchas personas son las que colaboraron y participaron en el desarrollo y termino de este ensayo de investigación. Diversos fueron los problemas académicos, administrativos y de investigación a los que le tuve que hacer frente, los cuales no hubiera superado sin la ayuda de mí comité de tesis, autoridades de este Centro de trabajo, colegas y compañeros de trabajo.

De manera especial quiero agradecer al Dr. Carlos H. Lechuga Devéze, director de esta tesis, por su apoyo incondicional. De igual forma, quiero agradecer al Dr. Norman Silverberg, co-director del trabajo de tesis, y al Dr. Rafael Cervantes, asesor de tesis, por sus críticas y comentarios. Así mismo, agradezco al Dr. Angel R. Jiménez Illescas y al Dr. Evgueni Choumiline N., que junto con mí comité de tesis conformaron la Comisión Revisora.

Quiero agradecer a las autoridades del CICIMAR, particularmente al Dr. Francisco Arreguín Sánchez (Director) y al Dr. Sergio Hernández Trujillo (Subdirector Académico y de Investigación) por su apoyo en la resolución de los problemas administrativos y académicos. La participación y apoyo incondicional del MC José L. Ortiz Galindo (Subdirector de Extensión y Apoyo Académico) fue muy importante para la gestión y obtención de un permiso laboral ante la Dirección de Desarrollo Docente del IPN, lo cual me permitió dedicarme de tiempo completo a terminar este trabajo. El Colegio de Profesores tuvo mucho que ver en la culminación de ésta tesis con su apoyo en mí caso, ya no tendrán más "dolores de cabeza" ni discusiones acaloradas con mis solicitudes diversas y de revocación de baja.

La generación de gráficas de todos datos mediante el paquete computacional Surfer fue hecha con la ayuda del Biol. Andrés Levy Pérez y del Dr. Cuauhtémoc Thompson, compañeros de trabajo e investigadores del Departamento de Plancton y Ecología Marina y del Departamento de Oceanología del CICIMAR, respectivamente. La compilación final y edición de la tesis en formato PDF fue hecha por el Dr. Alfonso Álvarez González, compañero de trabajo del Departamento de Desarrollo de Tecnologías del CICIMAR, quien me ahorro tiempo y "dolores de cabeza".

De manera personal, le expreso mi agradecimiento al Dr. Evgueni Choumiline N., quien con sus comentarios y compromiso, hizo que retomara este trabajo de tesis y me acompañó hasta llegar a las últimas consecuencias, obtener el grado académico. De igual forma, a mis compañeros de trabajo José R. Palomares García (que por omisión no fungió como sinodal suplente) y Soledad Cota Meza quienes me persuadieron para retomar este trabajo de tesis, el cual se encontraba en mí archivo muerto. Mucho ayudaron los consejos y comentarios del Dr. Alfonso Maeda Martínez para continuar y mantenerme firme, "aguantando la presión", hasta llegar al final del camino. De la

misma manera quiero agradecer al Padre Hugo Chavira de la Parroquia de San Juan Bautista por sus atinados consejos y oraciones.

Mí mayor agradecimiento es para Dios, que me dio la oportunidad, constancia y tolerancia para afrontar todos los problemas que se presentaron durante esta "aventura" (odisea) que inicié años antes y que gracias a Él he terminado. Es por eso que te doy "GRACIAS" Señor, pues eres bueno, tú bondad perdura para siempre (del Salmo 117).

INDICE GENERAL

	Pág.
Lista de figuras	i
Lista de tablas y anexos	iv
Glosario	v
Resumen	vii
Abstract	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	3
1.2. Justificación	6
1.3. Hipótesis de trabajo	7
1.4. Objetivos	8
1.5. Descripción del área de estudio	9
2. MATERIALES Y MÉTODOS	16
2.1. Observaciones y mediciones en el campo	16
2.1.1. Estructura hidrográfica	16
2.1.2. Cuantificación del MSP de la columna de agua	16
2.1.3. Registro del flujo de sedimentación del material particulado en hundimiento en la estación fija de Las Huertitas	18
2.1.4. Muestreo de los sedimentos superficiales en Bahía Concepción	20
2.2. Análisis de muestras en el laboratorio	22
2.2.1. Cuantificación del oxígeno disuelto	22
2.2.2. Determinación de la concentración del MSP por el método gravimétrico	23
2.2.3. Determinación del carbono total particulado mediante la técnica del analizador elemental	23
2.2.4. Determinación de la concentración de los pigmentos fotosintéticos y feopigmentos del MSP	24
2.2.5. Cuantificación y determinación de la composición específica del fitoplancton	24
2.2.6. Determinación de los flujos verticales del material particulado en hundimiento por medio de la trampa de sedimentación	25
2.2.7. Determinación del carbono orgánico (CO) en el sedimento superficial por el método de oxidación húmeda	26
2.3. Obtención de resultados mediante cálculos matemáticos de las diferentes variables muestreadas y complementarias	26

Continuación

	Pág.
2.3.1. Obtención de la densidad del agua de mar (σ_t)	27
2.3.2. Obtención del porcentaje de saturación del oxígeno	27
2.3.3. Determinación de la contribución fotosintética (CF) del fitoplancton al MSP de la columna de agua	27
2.3.4. Determinación del flujo vertical de clorofila <i>a</i>	27
3. RESULTADOS	29
3.1. Descripción de las condiciones físicas, químicas y biológicas de la columna de agua durante el período de estudio en Bahía Concepción	29
3.1.1. Registros de campo el 21 de octubre de 1995	29
3.1.2. Registros de campo el 22 de noviembre de 1995	29
3.1.3. Registros de campo el 13 de diciembre de 1995	31
3.1.4. Registros de campo el 10 de enero de 1996	31
3.1.5. Registros de campo el 1 de febrero de 1996	33
3.1.6. Registros de campo el 13 de febrero de 1996	35
3.1.7. Registros de campo el 19 de marzo de 1996	37
3.1.8. Registros de campo el 12 de abril de 1996	39
3.1.9. Registros de campo el 24 de mayo de 1996	39
3.2. Condiciones hidrográficas de la columna de agua durante el registro de los flujos verticales del material particulado en hundimiento	41
3.2.1. Variables físicas y químicas	41
3.2.1.1. Temperatura	41
3.2.1.2. Salinidad	41
3.2.1.3. Densidad	43
3.2.1.4. Porcentaje de saturación del oxígeno	43
3.2.2. Variables biológicas	43
3.2.2.1. Clorofila <i>a</i>	43
3.2.2.2. Fitoplancton	45
3.3. Caracterización temporal de la columna de agua de Bahía Concepción	45
3.3.1. Variables físicas y químicas	45
3.3.1.1. Temperatura	45

Continuación

	Pág.
3.3.1.2. Salinidad	45
3.3.1.3. Densidad	45
3.3.1.4. Oxígeno disuelto	47
3.3.2. Variables biológicas y abióticas	47
3.3.2.1. Material suspendido particulado	47
3.3.2.2. Porcentaje de la fracción combustible del MSP	47
3.3.2.3. Clorofila a	47
3.3.2.4. Fitoplancton	49
3.3.3. Principales grupos del fitoplancton	49
3.3.3.1. Diatomeas	49
3.3.3.2. Dinoflagelados	51
3.3.3.3. Silicoflagelados	51
3.3.3.4. Nanofitoplancton	51
3.3.3.5. Cianobacterias	51
3.4. Variación temporal del MSP de la columna de agua durante los muestreos a Bahía Concepción	53
3.4.1. Material suspendido particulado	53
3.4.1.1. Estrato superficial (0-15 m)	53
3.4.1.2. Estrato profundo (> 15m)	54
3.4.2. Porcentajes promedio mensuales de los componentes (fracciones) del MSP	55
3.4.2.1. Estrato superficial (0-15 m)	55
3.4.2.2. Estrato profundo (> 15m)	56
3.5. Caracterización de los cambios temporales de la composición del fitoplancton	57
3.5.1. Especies con mayor abundancia relativa	57
3.5.1.1. Estrato superficial (5 m)	57
3.5.1.2. Estrato profundo (25m)	57
3.5.2. Transparencia del agua de mar en la columna de agua de Bahía Concepción durante el período de estudio	59
3.6. Contribución del fitoplancton a la composición del MSP de la columna de agua	59
3.6.1. Estrato superficial (0-15 m)	59
3.6.2. Estrato profundo (> 15m)	60

Continuación

	Pág.
3.7. Flujos verticales del material particulado en hundimiento en la estación fija de Las Huertitas durante los experimentos con la trampa de sedimentos	60
3.7.1. Flujo de masas y clorofila a	61
3.7.1.1. Flujo de masa total	61
3.7.1.2. Flujo de carbono total particulado	61
3.7.1.3. Flujo de clorofila a	61
3.7.1.4. Flujo de carbono fitoplanctónico	61
3.7.2. Flujo de organismos autótrofos, grupos fitoplanctónicos y heterótrofos	63
3.7.2.1 Flujo de fitoplancton	63
3.7.2.2. Flujo de diatomeas	63
3.7.2.3. Flujo de dinoflagelados	63
3.7.2.4. Flujo de silicoflagelados	63
3.7.2.5. Flujo de organismos heterótrofos	63
3.8. Caracterización del sedimento superficial de Bahía Concepción	65
3.8.1. Distribución espacial del contenido de carbono orgánico en los sedimentos superficiales	65
3.8.2. Distribución espacial del contenido de calcio en los sedimentos superficiales	66
4. DISCUSIÓN	67
4.1. Consideraciones generales	67
4.2. Condición no estratificada de la columna de agua	67
4.3. Condición estratificada de la columna de agua	70
4.4. Capacidad del sistema de Bahía Concepción para oxidar la materia orgánica	75
4.4.1. Evaluación para las condiciones de la columna de agua	76
4.4.1.1. Registros del oxígeno disuelto	76
4.4.1.2. Registros del carbono total particulado	76
4.4.2. Evaluación para las condiciones en el sedimento	79
5. CONCLUSIONES	81
6. SUGERENCIAS	83
7. LITERATURA CITADA	85
8. ANEXOS	93

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Programas GLOBEC, JGOFS y LOICZ, encargados del estudio de los ecosistemas marinos	6
Figura 2. Localización del área de estudio	10
Figura 3. Batimetría de Bahía Concepción y estaciones de muestreo	12
Figura 4. Cuencas de drenaje que rodean a Bahía Concepción	13
Figura 5. Velocidades modeladas de las corrientes de marea durante el flujo y reflujo en Bahía Concepción	14
Figura 6. Distribución del tipo de partícula en el sedimento superficial de Bahía Concepción	15
Figura 7. Diseño de los períodos de muestreo, tiempo de muestreo y descripción de los materiales y métodos utilizados para el registro de la estructura hidrográfica y la cuantificación de la materia suspendida particulada para las salidas de campo a Bahía Concepción	17
Figura 8. Dimensiones de la trampa de sedimentación utilizada para la determinación de los flujos verticales del material particulado en hundimiento en la estación fija de Las Huertitas durante la condición estratificada de la columna de agua	19
Figura 9. Secuencia de tratamiento y fraccionamiento de una muestra colectada en la trampa de sedimentos durante la condición estratificada de la columna de agua en Bahía Concepción	21
Figura 10. Ubicación de las estaciones de muestreo para los sedimentos superficiales en Bahía Concepción	22
Figura 11. Distribución espacial de las variables físicas, químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 21 de octubre de 1995 en Bahía Concepción	30
Figura 12. Distribución espacial de las variables físicas, químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 22 de noviembre de 1995 en Bahía Concepción	32
Figura 13. Distribución espacial de las variables físicas, químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 13 de diciembre de 1995 en Bahía Concepción	34

	Pág.
Figura 14. Distribución espacial de las variables físicas, químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 10 de enero de 1996 en Bahía Concepción	36
Figura 15. Distribución espacial de las variables físicas, químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 1 de febrero de 1996 en Bahía Concepción	38
Figura 16. Distribución espacial de las variables físicas, químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 13 de febrero de 1996 en Bahía Concepción	40
Figura 17. Distribución espacial de las variables físicas, químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 19 de marzo de 1996 en Bahía Concepción	42
Figura 18. Distribución espacial de las variables físicas, químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 12 de abril de 1996 en Bahía Concepción	44
Figura 19. Distribución espacial de las variables físicas, químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 24 de mayo de 1996 en Bahía Concepción	46
Figura 20. Variables físicas de la columna de agua durante los experimentos con la trampa de sedimentación para la determinación de los flujos verticales del material en hundimiento en la estación de Las Huertitas	48
Figura 21. Variables biológicas de la columna de agua durante los experimentos con la trampa de sedimentación para la determinación de los flujos verticales del material particulado en hundimiento en la estación de Las Huertitas	49
Figura 22. Promedios mensuales por estrato de las variables físicas y químicas muestreadas durante las misiones de campo a Bahía Concepción	50
Figura 23. Promedios mensuales por estrato de las variables biológicas muestreadas durante las misiones de campo a Bahía Concepción	52
Figura 24. Promedios por estrato para los grupos del microfitoplancton durante las misiones de campo a Bahía Concepción	53
Figura 25. Promedios por estrato para el nanofitoplancton y las cianobacterias durante las misiones de campo a Bahía Concepción	54

	Pág.
Figura 26. Concentraciones promedio de la variación MSP durante las misiones de campo a Bahía Concepción	55
Figura 27. Porcentajes promedio de la contribución de la fracción inorgánica y fracción combustible del MSP durante las misiones de campo a Bahía Concepción	56
Figura 28. Promedios mensuales de las especies de fitoplancton mas abundantes durante las misiones de campo a Bahía Concepción	58
Figura 29. Promedios de la transparencia del agua de mar medida por medio del disco de Secchi en las cuatro estaciones de muestreo durante las salidas de campo a Bahía Concepción	59
Figura 30. Porcentajes promedio de la contribución fotosintética (CF) y no fotosintética (CNF) en relación al carbono total particulado del MSP durante los muestreos a Bahía Concepción	60
Figura 31. Flujos verticales del material particulado en hundimiento registrados con la trampa de sedimentos en la estación de Las Huertitas	62
Figura 32. Flujos verticales de los grupos principales del fitoplancton y organismos autótrofos registrados con la trampa de sedimentos en la estación de Las Huertitas	64
Figura 33. Distribución espacial de contenido de carbono orgánico (%) en el sedimento superficial de Bahía Concepción	65
Figura 34. Distribución espacial del contenido de calcio (%) en el sedimento superficial de Bahía Concepción	66
Figura 35. Modelo conceptual de la oxidación de la materia orgánica en la zona profunda de la columna de agua en la cuenca central de Bahía Concepción el 12 de abril de 1996 (a), que corresponde al período de transición hacia la condición estratificada, y el 24 de mayo de 1996 (b) una vez establecida la condición estratificada	77

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Número de registros y duración de los muestreos con la trampa de sedimentos en la estación fija de Las Huertitas en Bahía Concepción	20

ANEXOS

Anexo 1. Método de corrección de los flujos de sedimentación de la materia particulada en hundimiento por la presencia de nadadores	93
Anexo 2. Distribución espacial de las variables químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo durante el período de estudio en Bahía Concepción	96
Anexo 3. Lista sistemática de especies del fitoplancton presentes durante las misiones de campo a Bahía Concepción	106
Anexo 4. Registros de las variables físicas, químicas, biológicas y abióticas de la columna de agua en los diferentes muestreos de campo a Bahía Concepción	114
Anexo 5. Flujos de sedimentación del material particulado en hundimiento en la estación fija de la Huertitas en Bahía concepción	124
Anexo 6. Geolocalización de las estaciones de muestreo para el sedimento superficial y contenidos de carbono orgánico y calcio en los sedimentos superficiales de Bahía Concepción	126

GLOSARIO

Anoxia: ausencia de oxígeno que se da principalmente en áreas donde la descomposición de la materia orgánica y el detritus es el proceso dominante. La baja circulación del cuerpo costero y el aislamiento del sistema contribuye a que se presente esta condición. Otra causa que provoca condiciones de anoxia es la eutroficación

Autótrofo (Gr. *autos* mismo y *trophis* nutrir): organismo que utiliza la energía proveniente de la luz, que tiene la capacidad de nutrirse por sí mismo; elaborando elementos nutritivos orgánicos a partir de materias primas inorgánicas.

Biomasa: estimación cuantitativa de la masa total de una población, o parte de ella, o cualquier otra unidad específica dentro de un área en un tiempo dado. Se mide como volumen, masa (peso vivo, muerto, seco o libre de cenizas) o energía (calorías).

Clorofila (pigmento fotosintético) (Gr. *chloros* verde y *phyllon* hoja): pigmentos a los que se debe el color verde de las plantas; son de importancia primordial en la captación y transferencia de energía radiante durante el proceso de fotosíntesis.

Cuenca: depresión del fondo del mar mas o menos simétrica y de extensión variable.

Degradación: descomposición en partes menores o mas simples; reducción de complejidad.

Diatomea: miembro de la clase Bacillariophyceae de organismos microscópicos que integran el fitoplancton. Poseen una pared celular con dos valvas de sílice que se sobreponen. Son uno de los grupos más dominantes en el mar y constituyen el alimento primario de la gran mayoría de los organismos marinos más importantes.

Dinoflagelado: miembro de la clase Dinophyceae de organismos unicelulares microscópicos. Poseen características tanto vegetales (clorofila y celulosa) como animales (ingestión de alimento). Algunas formas marinas son luminiscentes. Las concentraciones muy densas pueden formar una coloración rojiza (marea roja) y causar mortandad masiva de la vida marina. Las coloraciones debidas a estos organismos pueden ser amarillas, verde o marrón.

Estratificación: Para este estudio es un parámetro físico que se caracteriza por la organización continua de estratos horizontalmente; estructuración vertical de una comunidad o hábitat en capas horizontales sobrepuestas; agrupamientos de individuos en clases de alturas.

Fitoplancton (Gr *phyton* planta y *planktos* emigrante): plantas microscópicas flotantes la mayor parte de las cuales son algas distribuidas en océanos y lagos. Vida vegetal planctónica.

Flujo vertical partículas: material que es atrapado en el colector de la trampa de sedimentación que puede ser biogénico (vivo o muerto) o litogénico (de origen terrestre). Sus unidades son: cantidad/superficie/tiempo.

Flujo de sedimentación: cantidad y tipo de material que desciende pasivamente en una profundidad determinada en un intervalo de tiempo dado.

Heterótrofos: (Gr *heteros* otro y *trophos* alimentador) - utilizan la energía de los compuestos de carbono orgánico. Organismos que no pueden sintetizar su propio alimento y por lo tanto deben vivir a expensas de los autótrofos y/o de materia en descomposición.

Laguna costera: cuerpo de agua somero semiaislado del mar por barreras arenosas.

Marea roja: discoloración debida a un crecimiento excesivo de micro-organismos autótrofos principalmente dinoflagelados, aunque también la pueden provocar diatomeas, cianofitas, ciliados, entre otros.

Nadadores (swimmers): incluyen al zooplancton y necton, en especial a algunos crustáceos, pterópodos y peces entre otros que entran activamente (nado propio) a la trampa de sedimentos. La solución a los nadadores es quitarlos manualmente o poner pantallas en la boca de la trampa para evitar su entrada.

Nanoplancton: organismos planctónicos diminutos que poseen un diámetro de 1 a 20 μm .

Plancton: organismos que no pueden nadar suficientemente para evitar el movimiento del agua o las corrientes.

Remineralización: proceso de transformación de materiales orgánicos a inorgánicos por acción principalmente de bacterias heterotróficas, mediante la utilización del oxígeno (Lalli y Parsons, 1993).

Sedimento: partículas de materia que han sido transportadas por el viento, agua o hielo y posteriormente depositadas o precipitadas por el agua hasta el fondo; sedimentación.

Termoclina: gradiente vertical del agua de mar entre dos capas de agua en donde la temperatura cambia bruscamente con la profundidad.

Trampa de sedimentos: herramienta oceanográfica para coleccionar directamente partículas en sedimentación y estimar sus flujos. Por lo general son conos o cilindros de una gran variedad de diseños que se fijan al fondo o flotan libremente. Su desarrollo se ha enfocado a aspectos hidrodinámicos y algunos problemas biológicos como la forma de preservar el material y la presencia del zooplancton que entra activamente, que son llamados nadadores (swimmers).

RESUMEN

Se evalúan los cambios en la concentración y distribución del material suspendido particulado (MSP) de la columna de agua en Bahía Concepción de octubre de 1995 a mayo de 1996 (invierno-primavera) llevando a cabo 9 muestreos de campo. A su vez, se registraron los flujos verticales del material particulado en hundimiento una vez que se establece el gradiente térmico para determinar la cantidad de materia orgánica que se exporta al estrato profundo (> 15 m). Adicionalmente, se determinó el carbono orgánico en el sedimento superficial, el cual mostró los porcentajes más altos ($> 2\%$) a lo largo de la cuenca central de la Bahía, con una distribución semejante a los sedimentos finos. Los registros de temperatura y densidad además de mostrar dos condiciones hidrográficas de la columna de agua, una homogénea y otra estatificada con un período de transición entre el cambio de una condición a otra, indicaron un intercambio periódico de agua del Golfo de California a la Bahía. No obstante la condición homogénea de la columna de agua desde el punto de vista físico (hidrográfico), particularmente la concentración de oxígeno disuelto disminuyó de 4.6 ml/l a 3.5 ml/l durante el mes de febrero de 1996 en la capa profunda (> 15 m). Esta disminución puede explicarse por un debilitamiento en los vientos dominantes del norte y noroeste y/o una incorporación de material particulado proveniente de la producción interna de la Bahía (autóctona) o del Golfo de California (alóctona). De igual forma, el MSP, su fracción combustible, la clorofila *a* y en menor magnitud el fitoplancton mostraron variaciones en la capa profunda durante la condición homogénea de la columna de agua. El componente inorgánico del MSP fue el dominante durante todo el período de estudio con porcentajes mayores al 70% . A su vez, la contribución del fitoplancton al carbono total particulado del MSP fue menor al 30% a lo largo de todo el período de estudio, siendo el componente principal de la contribución no fotosintética ($> 70\%$) organismos heterótrofos, bacterias y principalmente detritus. Durante la condición estatificada, los flujos verticales máximos del material particulado en hundimiento se presentaron del 5 al 7 de julio de 1996, los cuales disminuyeron del 18 al 20 de junio de 1996; mostrando dos períodos diferentes de sedimentación de partículas. Una evaluación gruesa de la capacidad del sistema para oxidar la materia orgánica en la columna de agua, en mes de abril de 1996 antes del establecimiento de la condición estatificada, muestra que la disponibilidad de oxígeno disuelto (3.9 ml/l) en la capa profunda de la columna de agua ($> 15\text{ m}$) es suficiente para oxidar la cantidad materia orgánica presente (867 ton). A su vez, para el mes de mayo de 1996 dicha evaluación muestra que el oxígeno disuelto (1.9 ml/l) disponible no es suficiente para oxidar la materia orgánica por lo que es probable que se formen condiciones de hipoxia y quizá de anoxia. En el caso del sedimento, la evaluación da como resultado que la concentración del

oxígeno disuelto (5.4 ml/l) durante el registro de campo del 12 de abril de 1996, tomando en cuenta una columna de agua de 30 m, es suficiente para oxidar la cantidad de material particulado que se puede acumular en el sedimento durante un año que es de 2.26 g/m².

ABSTRACT

Nine cruises were made from October 1995 to May 1996 in Concepción Bay to evaluate the changes in the concentration and distribution of the suspended particulate matter (SPM) in the water column. Vertical fluxes of sinking material were measured using a sediment trap after the thermocline developed to determine the transference of the particulate matter to the deep layer of the water column (> 15 m). The distribution of the organic carbon in the surface sediment showed higher percentages (> 2 %) along the central basin of the Bay which was similar to the distribution of fine-grained sediment. The patterns of temperature and density show two characteristic hydrographic conditions: well mixed and stratified, both preceded by a transitional period. The patterns also indicated water exchange with the Gulf of California. Although, the water column was well-mixed, the concentration of dissolved oxygen decrease from 4.6 ml/l to 3.5 ml/l during February 1996 in the deep layer (> 15 m). The decrease may have been due to a change in the patterns of local winds and/or a natural production of particulate matter from the Bay or import from the Gulf of California. The SPM, combustible fraction (ash free), chlorophyll a and phytoplankton also showed variations during this condition (well-mixed water column). The inorganic fraction of the SPM was dominant during all of the cruises accounting for more than 70 %. The contributions of the phytoplankton to the total particulate carbon of the SPM was less than 30 %, with the non photosynthetic contribution dominated by heterotrophic organisms, bacteria and detritus. During the stratified condition, the maximum vertical fluxes of the sinking particulate matter were recorded from 5 to 7 July, 1996 with a important decrease from 18 to 20 July, 1996; indicating variability in particle sedimentation. The availability of dissolved oxygen (3.9 ml/l) in the deep layer (> 15 m) of the water column in April 1996, before the stratified condition, was enough to mineralize the suspended carbon (867 ton). During the stratification period in May 1996, the availability of dissolved oxygen (1.9 ml/l) in the same layer, was too low to completely degradade the suspended organic matter (2186 ton); leading to the formation of hypoxic conditons. In the sediment, the concentration of dissolved oxygen (5.4 ml/l) during the field sampling of April, 1996 in a water column of 30 m, is enough to mineralize the particulate material accumulated on the sediment in one year (2.26 g/m^2).

1. INTRODUCCION

En el océano la mayor parte de la materia orgánica particulada (MOP) se remineraliza en la columna de agua, mientras que en las zonas costeras es mucho mayor la acumulación y degradación en los sedimentos. La topografía, batimetría, orientación geográfica y la dimensión son particulares para cada cuerpo de agua costero, los cuales modifican los procesos del sistema. Tal es el caso de los procesos físicos como la circulación, surgencias y mareas, que afectan a su vez, la distribución y concentración del material suspendido particulado (MSP) de la columna de agua (Ahumada, 1989; Contreras-Espinoza, 1993).

El conocimiento del destino final del carbono orgánico particulado (COP) permite entender las variaciones del ecosistema (Michaels *et al.*, 1994; Clavier *et al.*, 1995; Colombo *et al.*, 1996). Una parte interviene en el flujo de energía a otros niveles de la cadena trófica denominándosele enlace microbiano (Azam *et al.*, 1983). Otra es consumida y reciclada en las capas superiores de la columna de agua. La que no es utilizada se exporta a los fondos y, en su paso hacia los sedimentos. Alrededor de las tres cuartas partes del COP que se sedimenta es descompuesto y reciclado en la capa superficial del sedimento (Sarmiento, 1992). La sedimentación de partículas en los sistemas boreales y árticos presenta valores del 30 al 96% anualmente del COP que no es utilizado. En el norte de Europa estos valores son del 14 al 39%, y oscilan entre el 1% y el 10% en zonas tropicales y subtropicales (Ambrose y Renaud, 1995).

La oxidación del MOP ocurre tanto en la columna de agua como en los sedimentos (Jorgensen, 1980), requiriendo de oxígeno para su degradación, provocando en muchos casos condiciones de hipoxia o anoxia (Ahumada, 1989; Llanso, 1992; Malone *et al.*, 1986). Estas condiciones se presentan frecuentemente en algunas lagunas costeras y bahías someras de Baja California (Gilmartin y Revelante, 1978). Caso particular es el de Bahía Concepción, un sistema semicerrado con una boca de entrada orientada hacia el noroeste, la cual tiene un intercambio constante con el Golfo de California (Dressler, 1981, Martínez-López y Gárate-Lizárraga, 1994).

Presenta un ciclo anual de la columna de agua que pasa de una condición de mezcla (homogenización de primavera) a una condición estratificada en el verano (Reyes-Salinas, 1994; Lechuga-Devéze *et al.*, 2001) que está en estrecha relación con los factores meteorológicos de la zona. Durante el período estratificado la capa profunda (> 15 m), se aísla provocando condiciones de hipoxia y anoxia que ya han sido reportadas con anterioridad por Gilmartin y Revelante (1978), Reyes-Salinas (1994) y Lechuga-Devéze *et al.* (2001) debido a la degradación de la materia orgánica y la falta de renovación del oxígeno disuelto. Además del ciclo de producción y mineralización de la materia orgánica, la composición general del MSP indica variaciones en la

contribución de la materia de origen terrígeno, en el detritus orgánico de origen fotosintético y en la composición específica del fitoplancton. De ésta forma, el presente estudio pretende aportar información sobre la variabilidad del MSP de la columna de agua de octubre de 1995 a julio de 1996, su posible destino y la capacidad del sistema de Bahía Concepción para efectuar su oxidación.

1.1 ANTECEDENTES

Los estudios realizados en Bahía Concepción se enmarcaban en comparaciones con otros sistemas del Golfo de California. Tal es el caso del estudio realizado por Zeitzschel (1970) quien estimó la cantidad, composición y distribución del material suspendido particulado (MSP) en nueve estaciones dentro del Golfo de California durante los meses de noviembre y diciembre (finales de otoño) de 1968, incluyendo una estación cercana a la boca de entrada de Bahía Concepción. Las concentraciones registradas del MSP fueron de entre 1 y 1.4 mg/l, para la clorofila *a* fueron de 0.63 a 0.84 mg/m³, para el carbono particulado de 0.29 a 0.40 mg/l y las abundancias celulares del fitoplancton oscilaron entre 1.36×10^6 y 2.82×10^6 cel/l. A su vez, propuso un valor de 37.8 ± 16.1 para la relación carbono/clorofila *a* obtenido de sus registros de campo, mencionando que la alta variación es debida a las diferentes condiciones ambientales de intensidad luminosa y concentración de nutrientes.

Gilmartin y Revelante (1978) llevaron a cabo un estudio comparativo en 15 lagunas costeras del Golfo de California hacia el final de la temporada de lluvias en julio y agosto de 1972. Tomaron en cuenta las características físicas, químicas y biológicas de los sistemas lagunares, teniendo una estación en la parte central de Bahía Concepción. Estimaron el área de la Bahía en 282×10^6 m² y un volumen de 4553×10^6 m³, con salinidades y temperaturas que variaron de 35.1 a 36.0 ‰ y de 21.4 a 32.6 °C. Reportaron concentraciones máximas de oxígeno disuelto de 5.11 ml/l y condiciones de anoxia (0 ml/l) hacia el interior de la Bahía. Las concentraciones de los nitratos oscilaron entre 0.05 a 5.79 µg-at/l y para los fosfatos de 0.30 y 5.77 µg-at/l. La caracterización del fitoplancton reportó concentraciones de clorofila *a* de 0.2 a 0.6 mg/m³ con una dominancia del nanoplancton (60 %) y una productividad primaria de 3 a 6 mg C/h/m³.

La explotación comercial de la almeja catarina (*Argopecten circularis*) en Baja California Sur es uno de los recursos marinos comercialmente más importantes, teniendo una producción anual promedio hasta 1985 de 3,247 toneladas de peso fresco, que se incrementó a 5,247 toneladas en el año de 1986. Dentro de esta zona, Bahía Concepción es una de las áreas donde se explota mas este recurso, existiendo nueve zonas (bancos) de distribución desde San Pedro hasta El Remate. Es en esta última donde se presenta la mayor biomasa explotable con el 62.9 % del total que equivale a 145.5 toneladas, con un rendimiento de 133.5 callos/kg (León-Carballo et al., 1991).

En el año de 1991 se presentó una mortandad masiva de moluscos bivalvos en Bahía Concepción afectando los bancos de la almeja chocolata (*Megapitaria squalida*), callo de hacha (*Atrina tuberculosa*) pero principalmente a la almeja catarina (*Argopecten circularis*) en un área aproximada de 10, 000 m². A partir de este fenómeno se intensificaron los estudios en diferentes

ramas de las ciencias marinas en Bahía Concepción con la premisa de conocer el origen de la mortandad masiva de las especies comerciales.

Por su parte, Martínez-López y Gárate-Lizárraga (1994) describieron la variación espacial de la materia orgánica particulada (MOP) para conocer la cantidad y calidad del alimento potencialmente disponible para la almeja catarina (*A. circularis*) durante la época del desove. Encontraron dos zonas de alta concentración de partículas orgánicas: una en el primer tercio de la Bahía y la otra en la cabecera. Además registraron concentraciones promedio de clorofila *a* de 0.98 a 2.46 mg/m³, con una participación importante del nanoplacton. Estos autores concluyen que el alimento disponible para los organismos filtradores tiene una alta calidad (Martínez-López y Gárate-Lizárraga, 1994).

Con respecto a la estructura hidrográfica de la columna de agua de la Bahía, se han determinado dos condiciones hidrológicas características (Reyes-Salinas, 1994). Una condición de mezcla (homogenización) que presenta temperaturas de entre 18 y 22 °C, altas abundancias de zooplancton y larvas de peces, enriquecimiento de materia orgánica en la columna de agua (Lechuga-Devéze *et al.*, 2000) y frecuentes mareas rojas producidas por el dinoflagelado *Noctiluca scintillans* (Gárate-Lizárraga, 1991; 1995); que abarca de mediados de otoño hasta la primavera. Otra estratificada, con temperaturas de 28 a 30 °C en superficie y de 19 a 26 °C en el estrato profundo, dominancia de la comunidad de los dinoflagelados en el inicio de la condición, y oxidación de materia orgánica en la capa profunda debido al desarrollo de una termoclina (10-20 m) que "aisla" este estrato; generando condiciones de hipoxia (< 1.5 ml/l de O₂) y anoxia (abatimiento del oxígeno) (Gilmartin y Revelante, 1978; Reyes-Salinas, 1994) por procesos de oxidación (20 g C/m²/año) de la materia orgánica en la capa profunda (Lechuga-Devéze *et al.*, 2000).

Las condiciones de hipoxia y anoxia fueron descritas por Lechuga-Devéze *et al.* (2001) mencionando que estas son originadas por un aumento de materia orgánica (18 g C/m²/a), que requiere de una mayor cantidad de oxígeno disuelto que el disponible para su oxidación. Esta incorporación origina una reducción en la concentración de oxígeno disuelto y un aumento en la concentración de sulfuro de hidrógeno (H₂S) que va de 0 a 0.14 mg/l por abajo de los 23 m (Bustillos-Guzmán *et al.*, 2000), provocando condiciones adversas para la infauna en los fondos de la Bahía Concepción.

Los cambios en la estructura hidrográfica están en estrecha relación con las condiciones meteorológicas (Frenette *et al.*, 1994; Lund-Hansen *et al.*, 1996). El calentamiento de la atmósfera

y de la superficie terrestre provoca cambios en la presión atmosférica, dando origen al viento que interactúa en el ciclo hidrográfico (estratificación-homogenización) de la columna de agua (Ahumada, 1989, Casas *et al.*, 1997; Delgadillo-Hinojosa *et al.*, 1997). La variación en el patrón de vientos en la región del Pacífico norte y Golfo de California, donde se encuentra Bahía Concepción, está dada por los movimientos de las celdas anticiclónicas del Pacífico y Bermudas Azores (Robles-Gil, 1998).

En invierno la celda anticiclónica del Pacífico se desplaza hacia el sur provocando vientos dominantes del norte y noroeste con velocidades de 2 a 3 m/s (Lutgens, 1998; citado por Robles-Gil, 1998). Estas condiciones favorecen la entrada de agua del Golfo de California a la Bahía (Dressler, 1981), y junto con los ciclos de marea provocan una importación y exportación de partículas orgánicas (Martínez-López y Gárate-Lizárraga, 1997).

En primavera los vientos dominantes son del noroeste con velocidades de 2 a 3 m/s posteriormente cambian a vientos del sur (> 3 m/s) por influencia de la celda anticiclónica Bermudas Azores. En verano la celda del anticiclón del Pacífico se desplaza hacia el noroeste provocando que los vientos del noroeste y norte disminuyan en intensidad (< 2 m/s). Es en esta época cuando la componente sur, con velocidades de 2 a 3 m/s (Robles-Gil, 1998), permite el desarrollo de la termoclina al no presentarse suficiente mezcla en la columna de agua y estableciéndose la condición estratificada de la columna de agua.

De esta forma, los movimientos de las celdas anticiclónicas de Pacífico y Bermudas Azores, son uno de los principales factores que provocan cambios en las condiciones hidrográficas de los cuerpos costeros de la Península de Baja California y en particular en Bahía Concepción.

1.2. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad se ha tratado de conocer como los cambios climáticos influyen en los océanos y zonas costeras. Existen programas que abordan el estudio de estos ambientes desde un punto de vista físico y biológico (Fig. 1). El programa GLOBEC (Global Ocean Ecosystem Dynamics) se encarga de entender los efectos del cambio climático sobre los niveles tróficos superiores (estructura del ecosistema), provocados por los cambios en la circulación y mezcla a diferentes escalas. El programa JGOFS (Joint Global Ocean Flux Study) está relacionado con los movimientos e interacciones del carbono (flujos y tasas de sedimentación) y la importancia de la materia biogénica en el océano.

En las zonas costeras, el programa LOICZ (Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone) se encarga de entender el funcionamiento de estas áreas mediante el uso de modelos basándose en sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Es de gran interés el conocimiento de la relación entre la biogeoquímica, los flujos de materiales y las variaciones del ambiente (IGBP Report 40).

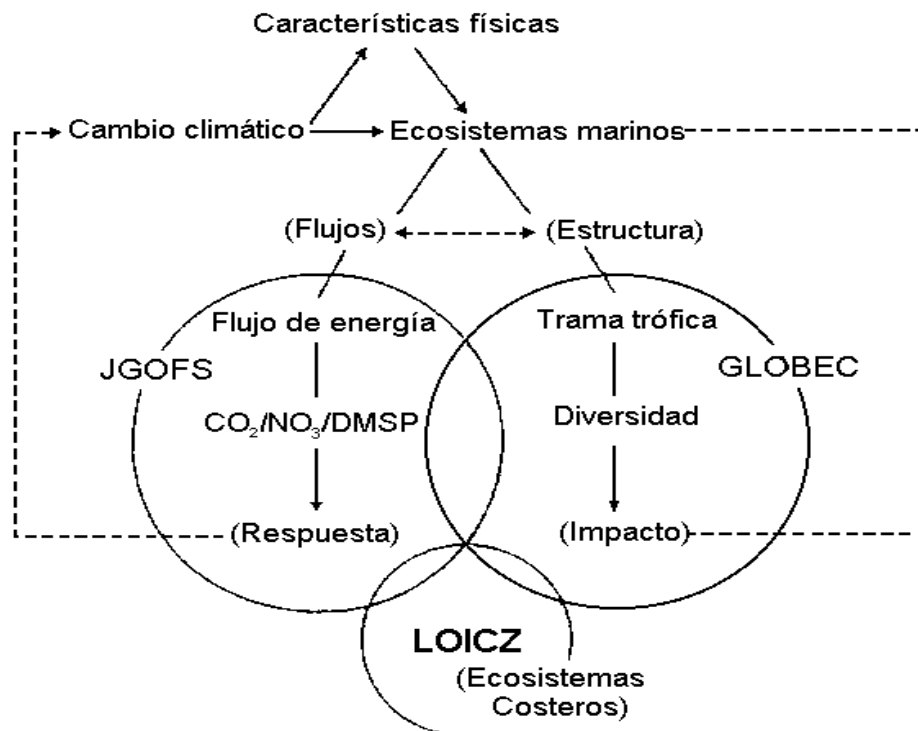


Figura 1. Programas JGOFS, GLOBEC y LOICZ, encargados del estudio de los ecosistemas marinos (tomado de IGBP Report 40, 1997).

Bahía Concepción es un sistema costero que se encuentra en una zona subtropical en donde el clima es predominantemente árido (García, 1981), el cual ha sido poco estudiado. Se caracteriza por presentar un ciclo estacional de la columna de agua (homogenización-estratificación), que provoca cambios importantes en la estructura del ecosistema. En la zona se presentan importantes pesquerías de moluscos bivalvos entre los que destacan la almeja chocolata (*Megapitaria squalida*), el callo de hacha (*Atrina tuberculosa*) y la almeja catarina (*Argopecten circularis*), siendo esta última la de mayor explotación y consumo. Durante el invierno la actividad del ecoturismo se incrementa siendo principalmente las playas de Santispac y el Requesón las más visitadas, en donde existen campamentos permanentes durante esta temporada. Son estas razones las que hacen a Bahía Concepción un lugar con características particulares y diferentes a otros sitios costeros de los litorales de la Península de Baja California.

1.3. HIPOTESIS DE TRABAJO

Existe variación en la concentración, distribución espacial y temporal del material particulado de la columna de agua que está en estrecha relación con los cambios en la estructura hidrogáfica de la columna de agua de Bahía Concepción, esto es, durante la condición de mezcla (homogenización) y la condición de estratificación reportadas con anterioridad (Reyes-Salinas, 1994).

1.4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Conocer la variación y distribución, tanto espacial como temporal, del material particulado de la columna de agua y los factores hidrográficos que controlan su destino y flujo vertical en Bahía Concepción, B.C.S.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Medir las variaciones de los parámetros físicos (temperatura y salinidad) y químicos (oxígeno disuelto) de la columna de agua de Bahía Concepción.
2. Cuantificar la concentración del material suspendido particulado de la columna de agua en Bahía Concepción.
3. Estimar la contribución del fitoplancton al carbono total particulado del material suspendido particulado de la columna de agua de Bahía Concepción.
4. Evaluar los flujos verticales del material en hundimiento de la columna de agua hacia los sedimentos.
5. Comprobar la capacidad del sistema para oxidar la materia orgánica.
6. Determinar la distribución espacial del carbono orgánico en los sedimentos superficiales de Bahía Concepción.

1.5. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

Bahía Concepción se encuentra localizada en la costa oriental de la Península de Baja California (Fig. 2). Es uno de los cuerpos costeros mas extensos con una longitud aproximada de 45 km (Ramírez Guillén, 1983) y de 8 a 17 km de ancho en su parte más amplia (Ledesma-Vázquez y Johnson, 2003), un área de $282 \text{ m}^2 \times 10^6$ y volumen total de $455 \text{ m}^3 \times 10^7$ (Gilmartin y Revelante, 1978).

Desde el punto de vista estructural, es considerada como un cuerpo de agua semicerrado ya que hacia el norte frente a Punta Chivato tiene comunicación restringida con el Golfo de California y hacia el sur no presenta ningún tipo de comunicación con algún otro cuerpo de agua (Ledesma-Vázquez y Johnson, 2001).

De acuerdo a su batimetría, es un cuerpo de agua somero con una profundidad promedio de 22 m y una zona profunda asociada a un canal principal de 30 m de profundidad, que se extiende desde la zona de Santispac hasta Las Huertitas (Fig. 3). Hacia la zona de la boca existe un umbral de 10 m de profundidad (Baqueiro *et al.*, 1983).

El clima en la zona es de tipo desértico con una temperatura media anual de 22 °C y una variación anual de 16°C (García, 1981). La temperatura promedio del ambiente en el mes de enero (invierno) es de 16°C y en el mes de agosto (verano) es de 30 °C, con una diferencia promedio de 14 °C (García y Mosiño, 1968).

La lluvias son casi nulas, presentándose principalmente en el verano, con una precipitación media anual de 115 mm (García, 1981). A lo largo de la línea de costa existen 97 cuencas secas (51 del lado este y 46 del lado oeste) y un río (Fig. 4) que anualmente pueden llegar a drenar un volumen de sedimento de $14 \times 10^3 \text{ m}^3$, siendo las cuencas de Mulegé y de Cadejé las que mas aportan anualmente con 7,289 m^3 y 1,457 m^3 respectivamente (Pérez Soto, 1995).

Durante verano los vientos soplan principalmente del sureste mientras que en otoño e invierno los vientos son del norte y noroeste con velocidades promedio de 3 m/s y un rango de 2 a 4 m/s (Baqueiro *et al.*, 1983).

En la costa occidental de la bahía, en las localidades conocidas como Santispac y el Coyote, a 14 km al sur de Mulegé, se ubican manantiales termales asociados a manglares con temperaturas que oscilan entre los 38 y 51 °C (Cruz-Orozco *et al.*, 1991), salinidades de 24 y 28 ‰ y pH de 6.9 y 7.1. En dichos manantiales se presentan las condiciones favorables para el desarrollo de tapetes microbianos formados por comunidades de cianobacterias y bacterias.



Figura 2. Localización del área de estudio (tomado de Pérez-Soto, 1998).

anoxigénicas fotótrofas de los géneros *Chloroflexus*, *Thiocystis* y otros no identificados (López-Cortes, 1998).

El tipo de marea es de régimen mixto semidiurno (en referencia al nivel medio del mar) con un rango de 59 cm a 75 cm en la secuencia pleamar superior-bajamar-inferior para el mes de abril en la localidad de Punta El Gallito y El Remate, respectivamente (Obeso-Nieblas *et al.*, 1996). Cada mes hay mareas vivas y muertas, sin embargo, de noviembre a febrero el rango de las mareas vivas es mayor (Mateo-Cid *et al.*, 1993).

Las corrientes inducidas por las mareas registradas en diferentes épocas del año (febrero y diciembre) alcanzan una velocidad máxima de 33 cm/s con una dirección noroeste-sureste, que coincide con la máxima pendiente de la curva de la marea. El patrón de circulación hace que la bahía pueda ser dividida en tres partes: el área de la boca, la parte intermedia y la cabecera de la bahía. En las dos primeras zonas las velocidades por marea son altas (30 y 33 cm/s, respectivamente) en el refluo y el flujo (Fig. 5), mientras que en el área restante son casi nulas (Obeso-Nieblas *et al.*, 1996), excepto por la circulación inducida por el viento.

La temperatura media mínima del agua de mar se presenta en el mes de enero (17.3°C) y la media máxima en septiembre (32.1 °C) con una media superficial anual de 24.9°C. La salinidad mínima es de 34.6 ‰ y la máxima de 37 ‰. Las concentraciones de oxígeno disuelto superficial son de 5.95 ml/l en invierno y de 5.4 ml/l para primavera (Félix-Pico y Sánchez, 1976), aunque condiciones de anoxia en el fondo han sido reportadas por Gilmartin y Revelante entre julio y agosto (1978) y condiciones muy cercanas a la hipoxia han sido registradas en octubre por Reyes-Salinas (1994) cuando se encontraba estratificado el sistema.

La columna de agua se caracteriza por presentar un ciclo bien definido de homogenización-estratificación, que puede variar de un año a otro y que está controlado principalmente por los vientos dominantes y por el intercambio de agua con el Golfo de California (Reyes-Salinas, 1994; Lechuga-Devéze, 1995; Peguero-Icaza, 2000; Lechuga-Devéze *et al.*, 2001). Durante la condición homogénea la temperatura del agua de mar oscila entre los 18 y 23 °C. En la condición estratificada la temperatura varía de 28 a 30 °C en el estrato superficial y de 19 a 26 °C en el estrato profundo (Lechuga-Devéze *et al.*, 2000).

El rango de concentraciones de los nutrientes oscila entre los 0.5 y 5.78 µg-at N/l para el caso de los nitratos (NO_3^-) y de < 0.1 a 1.65 µg-at N/l para los nitritos (NO_2^-). A su vez, los fosfatos (PO_4^{3-}) se han registrado en concentraciones de 0.5 a 2.15 µg-at P/l. Para los tres

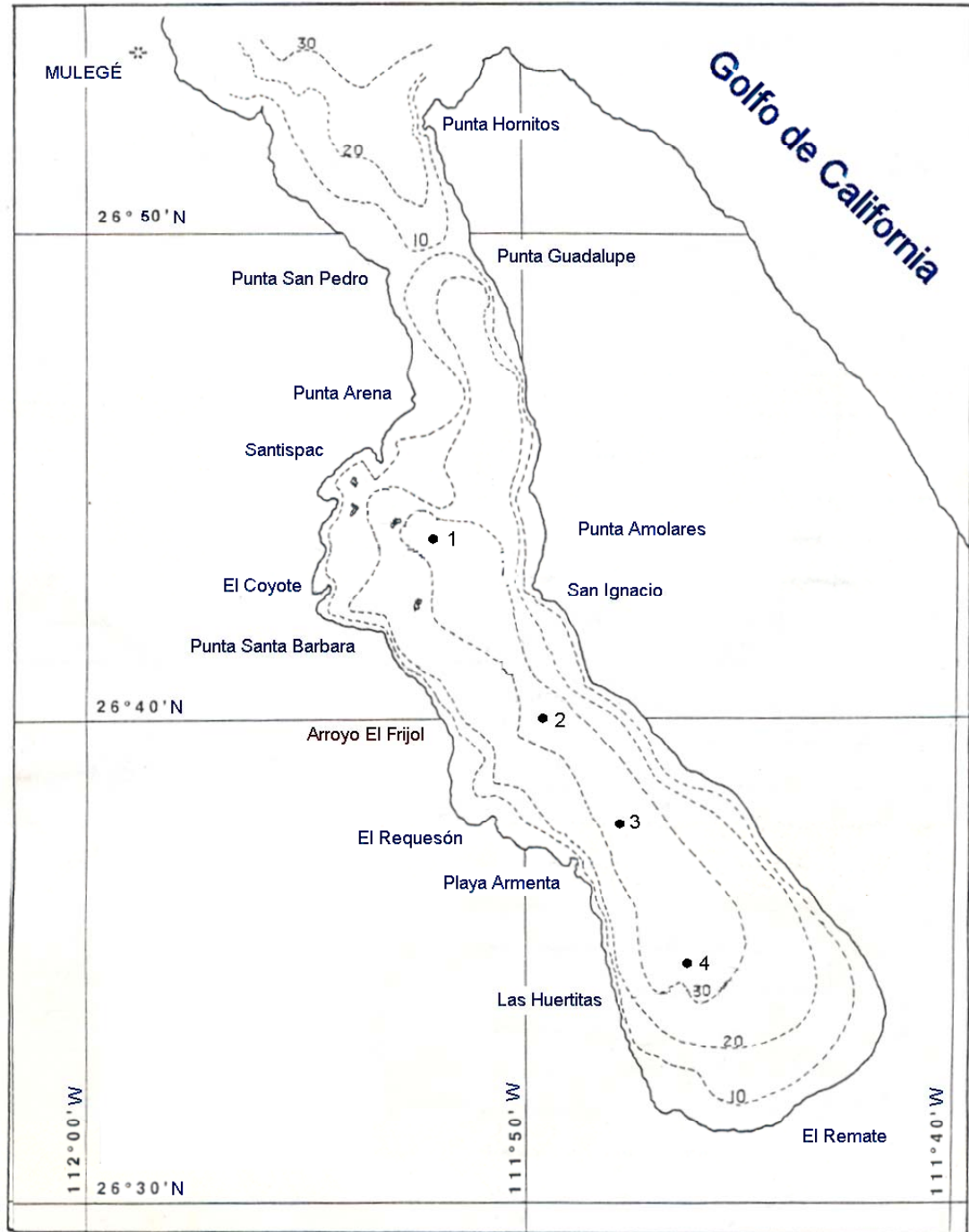


Figura 3. Batimetría de Bahía Concepción (tomada de Lechuga-Devéze *et al.*, 1998) y estaciones de muestreo.

compuestos nutritivos, se mostraron una tendencia a incrementarse hacia el estrato profundo (> 15 m) con las mayores concentraciones en los meses de junio y octubre y concentraciones constantes durante todo el año en el estrato de 0 a 15 m (Morquecho-Escamilla, 1996; Reyes-Salinas, 1994).

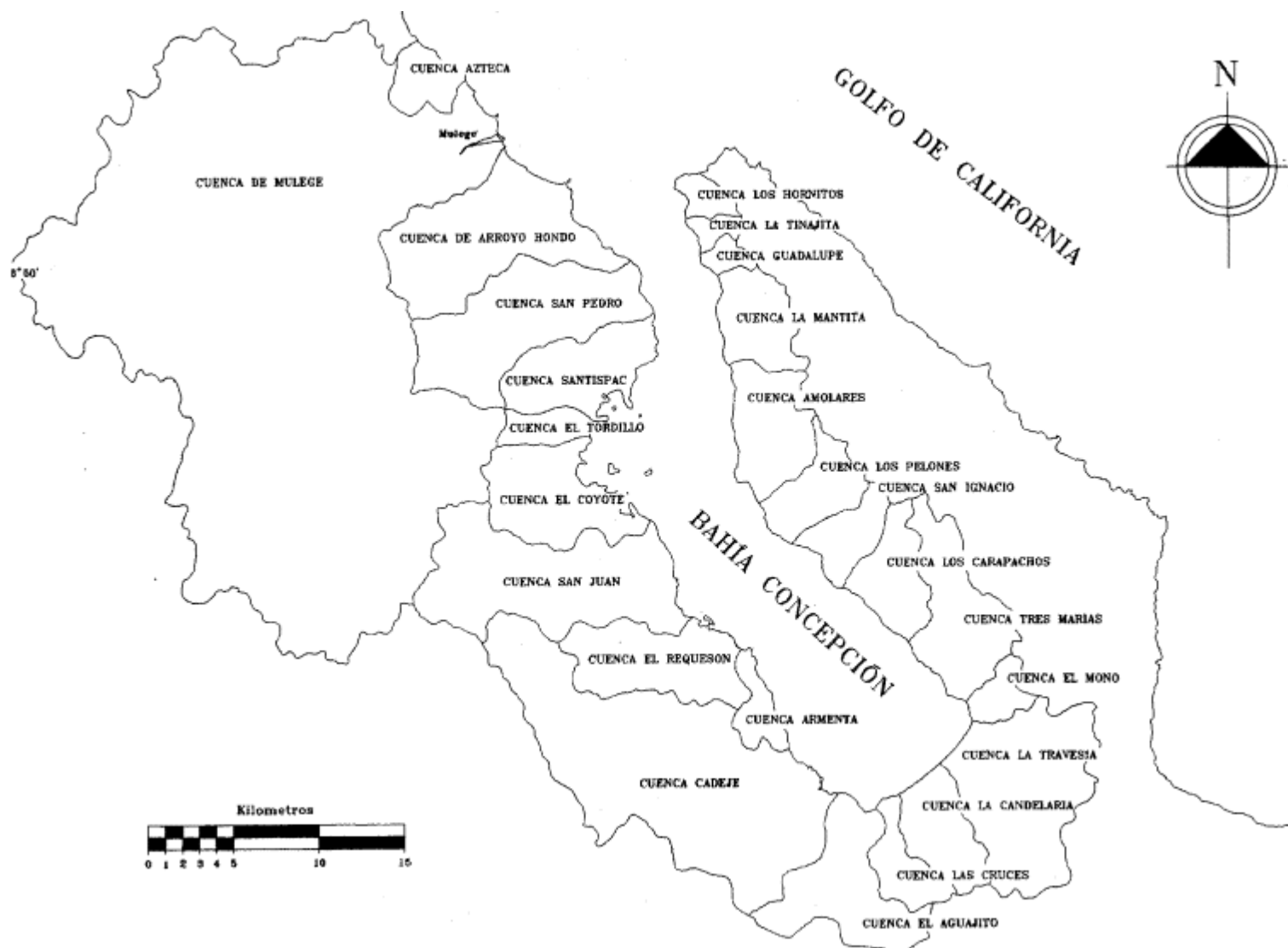


Figura 4. Cuencas de drenaje que rodean a Bahía Concepción (tomado de Pérez-Soto, 1995)

La distribución superficial de los nitritos (NO_2^-) mostró concentraciones máximas cercanas a la boca de entrada de la bahía y en el área de Santispac de 0.02 a 0.11 $\mu\text{g-at N/l}$ con una media de 0.06 $\mu\text{g-at N/l}$. Por su parte, los nitratos tuvieron un intervalo de 0.12 a 1.03 $\mu\text{g-at N/l}$ y una media de 0.3 $\mu\text{g-at N/l}$ con concentraciones máximas en la boca y en la cabecera de la bahía (Peguero-Icaza, 2000).

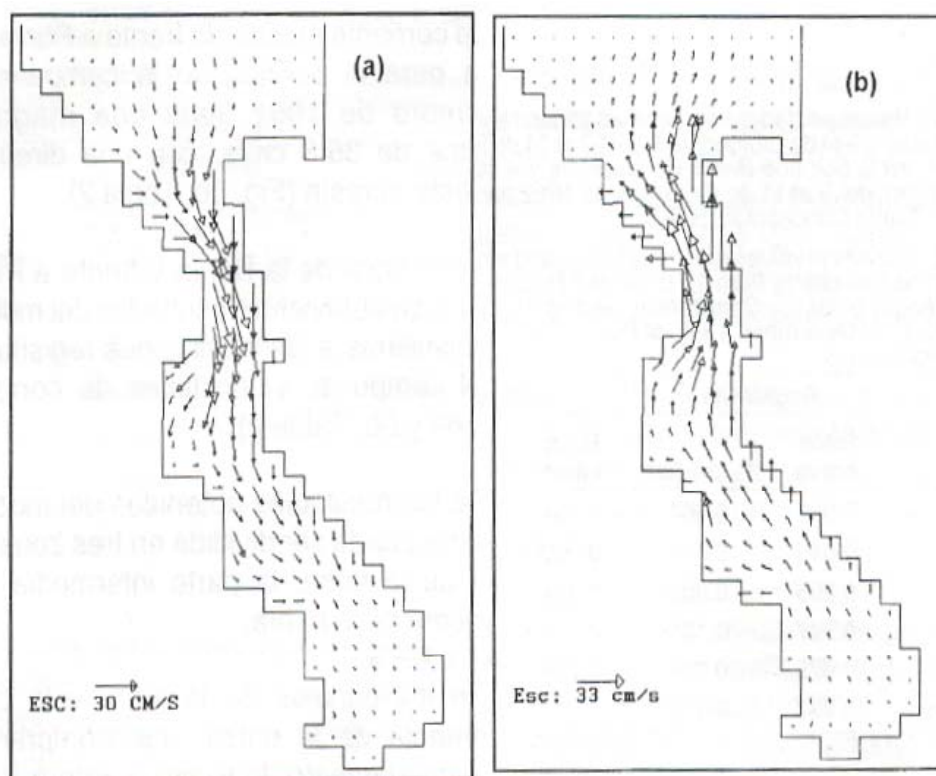


Figura 5. Velocidades modeladas de las corrientes de mareas durante el flujo (a) y el reflujó (b) en Bahía Concepción (tomado de Obeso-Nieblas, 1996).

Debido a la disponibilidad de los nutrientes principalmente para los organismos autótrofos (fitoplancton), a Bahía Concepción se le ha sido considerado como un cuerpo costero muy productivo, con una productividad primaria que varía de 0.34 a 1.08 $\text{g C/m}^3/\text{d}$ con un promedio estimado en 0.74 $\text{g C/m}^3/\text{d}$ para los meses de julio y agosto, con respecto a la Ensenada de La Paz y Bahía de Los Angeles (Gilmartin y Revelante, 1978); propicio para el desarrollo de diferentes pesquerías comerciales y acuacultura tales como la almeja chocolate (*Megapitaria squalida*), el ostión (*Cassostrea corteziensis*) y principalmente de la almeja catarina (*Argopecten circularis*) (Villalejo-Fuerte y Ochoa- Báez, 1993).

La distribución del tipo de partícula en el sedimento superficial se caracteriza por la presencia de sedimentos finos como limos (lodos) a lo largo de la cuenca central con dos zonas

aisladas hacia la boca de entrada (Fig. 6). Rodeando el área de los lodos se distribuye arena ligeramente gravosa en la mayor parte de la Bahía. Hacia la costa oriental, se tuvieron dos zonas con la presencia de arena gravosa y en la zona de Santispac se distribuyó arena gravosa.

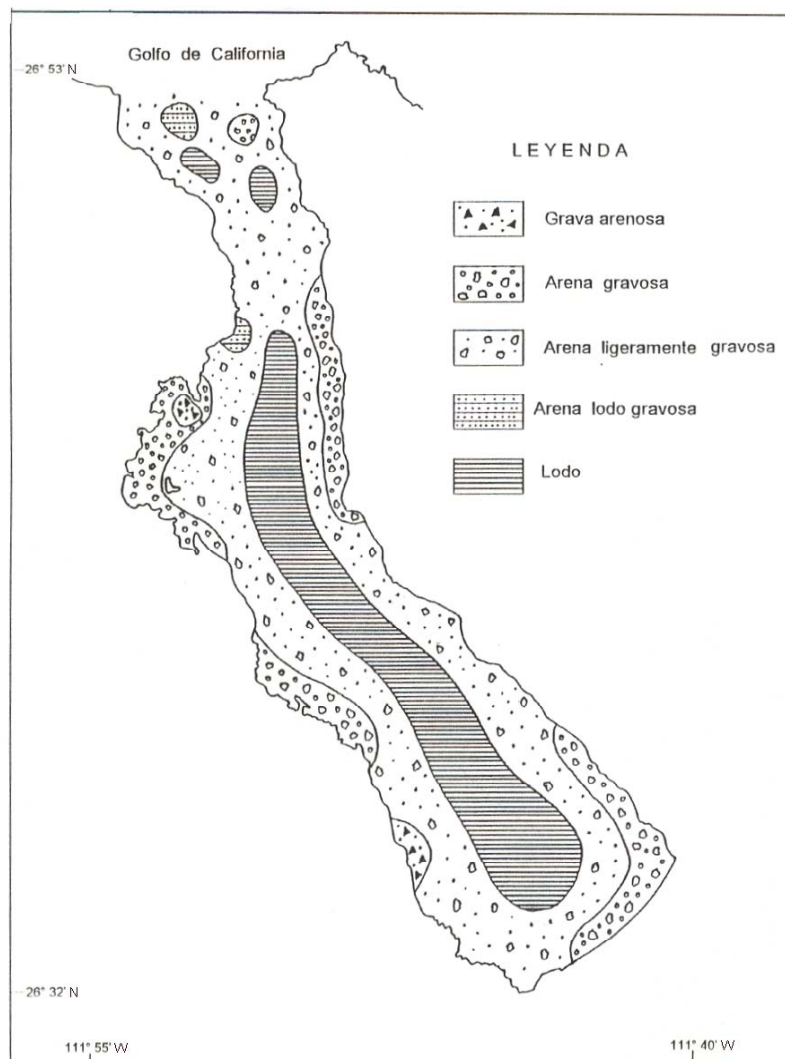


Figura 6. Distribución del tipo de partícula en el sedimento superficial de Bahía Concepción según Folk (1974) (tomado de Solís-Núñez, en desarrollo).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Observaciones y mediciones de campo

Se realizaron 11 campañas de muestreo de octubre de 1995 a julio de 1996 en cuatro estaciones ubicadas en la cuenca central de Bahía Concepción, desde la zona de Santispac (Isla Blanca) hasta Las Huertitas (Fig. 3). Durante las primeras cuatro campañas (octubre de 1995 a enero de 1996) los muestreos fueron mensuales (Fig. 7) y, particularmente al inicio de febrero de 1996 se llevó a cabo un muestreo quincenal debido al cambio esperado en la estructura hidrográfica de la columna de agua. Esto es, el desarrollo e instalación de la termoclina según lo reportado por Reyes-Salinas (1994) en un estudio previo. Sin embargo, este cambio no se presentó por lo que se continuó con muestreos mensuales y una vez establecida la termoclina en el mes de mayo, los muestreos fueron quincenales.

2.1.1. Estructura hidrográfica

La caracterización de la estructura hidrográfica de la columna se llevó a cabo directamente (*in situ*) a diferentes niveles desde 0 hasta 30 m con intervalos de 5 m, en base a la temperatura y la salinidad las cuales se registraron mediante el uso de un sensor de campo marca Kahlsico modelo 140. En el caso del oxígeno disuelto, de cada nivel de muestreo mediante el uso de una botella Van Dorn, se colectaron 300 ml de agua de mar en botellas DBO previamente lavadas con agua de mar. Una vez tomada la muestra, se fijó agregando 1 ml de la solución de sulfato manganoso 3 M (MnSO_4) y 1 ml de la solución de yoduro de potasio alcalino 3 M (KI en KOH), aplicando las precauciones necesarias para evitar la sobre-estimación ó sub-estimación del oxígeno disuelto según las recomendaciones de Strickland *et al.* (1972), hasta su análisis en el laboratorio.

2.1.2. Cuantificación del MSP de la columna de agua

En cada una de las estaciones se colectaron muestras de agua de mar mediante el uso de una botella Van Dorn de 5 l de capacidad a intervalos de 5 m en toda la columna de agua de 0 a 30 m de profundidad. En el caso particular del fitoplancton se tomaron muestras a 5 y 25 m, esto es, niveles conocidos por arriba y debajo de la termoclina. En el segundo muestreo de febrero, marzo (cambio esperado de la condición homogénea a la estratificada) y mayo de 1996 (establecimiento de la estratificación) los muestreos fueron intensivos incrementándose los niveles de muestreo. En los muestreos de enero y febrero de 1996, hacia la profundidad máxima (25 m ó más) la botella oceanográfica tocó el fondo, provocando resuspensión, por lo que estos

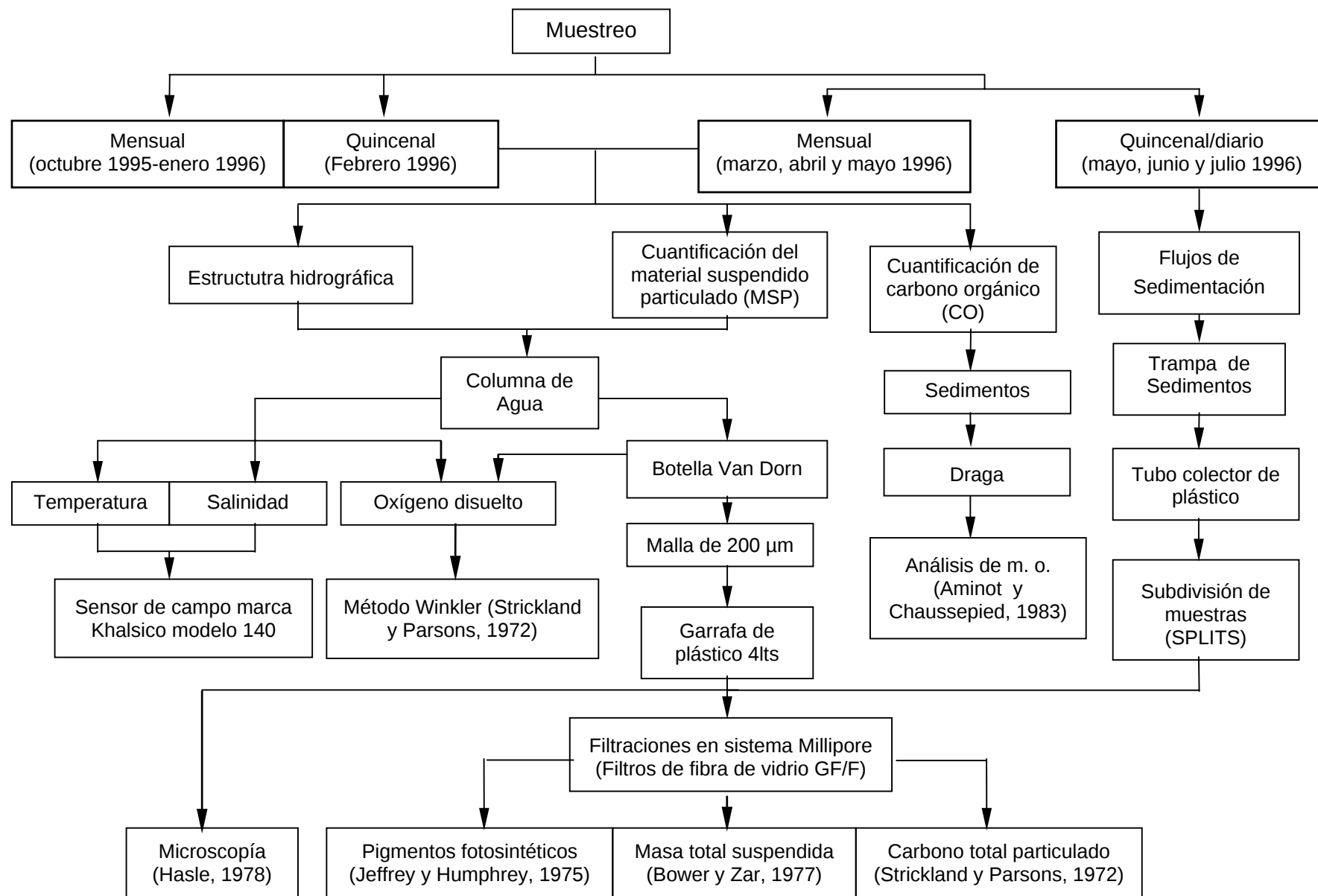


Figura 7. Diseño de los períodos de muestreo, tiempo de muestreo y descripción de los materiales y métodos utilizados para el registro de la estructura hidrográfica y la cuantificación de la materia suspendida particulada para las salidas de campo a Bahía Concepción.

puntos de muestreo no son tomados en cuenta en la presentación e interpretación de los resultados. El volumen de agua de mar obtenido fué tamizado a través de una malla de 200 μm para llevar a cabo las estimaciones sólo en la fracción del microfitoplancton (Gilmartin y Revelante, 1978) y, posteriormente pasado a garrafas de plástico flexibles de 4 l, las cuales se mantuvieron en frío y oscuridad hasta realizar las filtraciones en el campo. Adicionalmente se tomaron 250 ml en frascos de plástico que se fijaron inmediatamente con lugol al 1 % y 24 horas después se les agregaron 10 ml de formol para tener una concentración final de 4 % para la cuantificación del fitoplancton.

Se filtró 1 l de agua de mar para pigmentos fotosintéticos, 1.5 l para determinaciones de la masa total suspendida y carbono particulado por medio del autoanalizador elemental del MSP en un sistema de filtración tipo Millipore utilizando filtros de fibra de vidrio Watman GF/F de 0.7 μm de apertura de poro, que para el caso de la masa total suspendida y el carbono particulado estaban pre-pesados. Una vez terminada la filtración, los filtros fueron guardados en viales de plástico que se congelaron en nitrógeno líquido hasta su posterior análisis en el laboratorio.

Para eliminar sales de cada una de las muestras de la masa seca y el carbono total particulado, fue utilizada una solución de sulfato de sodio (0.3 M) (Na_2SO_4) (Parsons *et al.*, 1984) en las primeras 6 campañas de muestreo y en las restantes una solución isotónica de formato de amonio (HCOONH_4) (Zhu y Lee, 1977). La interferencia por carbonatos para las muestras del carbono particulado fue parcialmente eliminada pasando cada filtro algunos segundos por los vapores de ácido clorhídrico concentrado (HCl) según la técnica de Strickland *et al.* (1972).

2.1.3. Registro del flujo de sedimentación del material particulado en hundimiento en la estación fija de Las Huertitas

A finales de mayo de 1996 y hasta julio de 1996, se colocó una trampa de sedimentos en la zona de Las Huertitas (estación 4) para la estimación de los flujos verticales del material particulado en hundimiento. La boca de la trampa se encontraba a una profundidad de 18 m (parte inferior de la termoclina). Se sujetó al fondo a un muerto de 300 kg y se estabilizó en superficie con 2 boyas de tipo atunero de 60 cm de diámetro. Para su localización se tomó su ubicación geográfica con un GPS marca Magellan, siendo sus coordenadas: 26° 35' 28'' N y 111° 45' 48'' W.

Las dimensiones de la trampa de sedimentos utilizada fueron: 40 cm de diámetro en la boca por 120 cm de longitud del cilindro (relación 3:1), rematado con un cono de 55 cm de largo y un orificio de salida de una pulgada (2.5 cm) (Fig. 8). La muestra se colectaba en un tubo de plástico

transparente intercambiable de aproximadamente 110 ml de capacidad, el cual se reemplazaba aproximadamente cada 18 y 24 horas (tabla 1) mediante buceo SCUBA.

Los períodos de muestreo del material particulado en hundimiento de la trampa fueron de 4 a 5

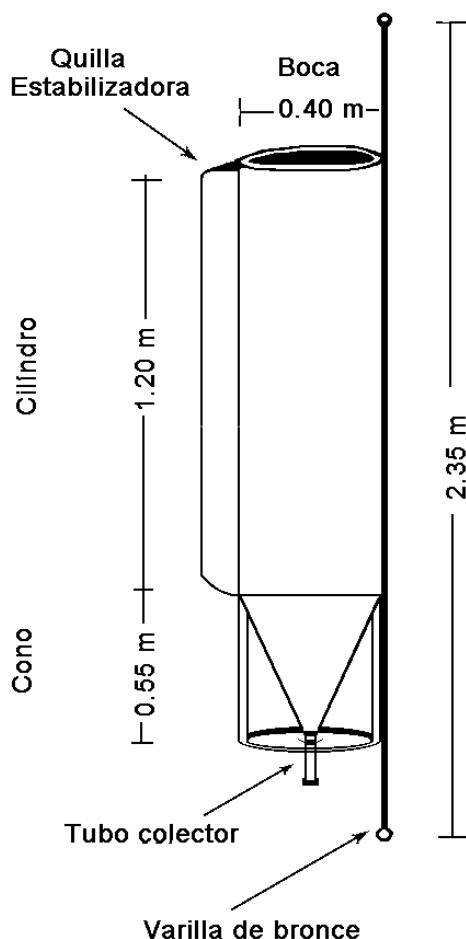


Figura 8. Dimensiones de la trampa de sedimentación utilizada para la determinación de los flujos verticales del material particulado en hundimiento en la estación fija de Las Huertitas durante la condición estratificada de la columna de agua.

días (diarios) con intervalos de diez y quince días, como se muestra en la tabla 1. En el tiempo en que no se realizaban los muestreos diarios (10 ó 15 días) el tubo colector contenía formaldehído al 4% preparado con agua de mar filtrada (0.5 μ m) a una salinidad de 38 ‰. Al término de ese tiempo iniciaban los muestreos diarios sin ningún tipo de preservador. Las muestras diarias fueron homogenizadas y fraccionadas en un vaso de precipitados de 250 ml usando una pipeta volumétrica de 5 ml (Fig. 9). Antes de subdividir cada una de las muestras fue medido su volumen con una probeta graduada de 100 ml. Tres submuestras de 25 ml se tomaron para la cuantificación de los pigmentos fotosintéticos, la masa total suspendida y el carbono total particulado; al igual

Tabla 1. Número de registros y duración de los muestreos con la trampa de sedimentos en la estación fija de Las Huertitas en Bahía Concepción.

Registro	Inicio del muestreo (hr)	Fin del muestreo (hr)	Duración del muestreo (días)
1	23 de mayo de 1996 (13:00)	24 de mayo de 1996 (12:28)	0.98
2	24 de mayo de 1996 (12:30)	4 de junio de 1996 (17:28)	10.26
3	4 de junio de 1996 (17:30)	5 de junio de 1996 (12:50)	0.81
4	5 de junio de 1996 (12:52)	6 de junio de 1996 (13:38)	1.03
5	6 de junio de 1996 (13:40)	7 de junio de 1996 (11:58)	0.93
6	7 de junio de 1996 (12:00)	17 de junio de 1996 (18:35)	10.28
7	17 de junio de 1996 (18:37)	18 de junio de 1996 (13:38)	0.79
8	18 de junio de 1996 (13:40)	19 de junio de 1996 (13:23)	0.97
9	19 de junio de 1996 (13:25)	20 de junio de 1996 (09:23)	0.83
10	20 de junio de 1996 (09:25)	21 de junio de 1996 (11:58)	1.14
11	21 de junio de 1996 (12:00)	7 de julio de 1996 (10:10)	15.92

que para las muestras obtenidas de la columna de agua (Fig. 7). A su vez, una submuestra de 25 ml fue tomada para el análisis de la composición específica y la cuantificación del fitoplancton. El volumen restante (20 ml aproximadamente) se conservó como muestra testigo. Estas dos últimas submuestras (splits) fueron utilizadas para corregir los flujos de sedimentación por la presencia de nadadores (swimmers).

2.1.4. Muestreo de los sedimentos superficiales en Bahía Concepción

Las estaciones de muestreo para el sedimento superficial se ubicaron a lo largo de la cuenca central y de las dos costas, tratando de cubrir toda la extensión de la Bahía Concepción (Fig. 10). Los muestreos fueron realizados por el personal del Departamento de Oceanología del CICIMAR en el año de 1989. El sedimento fue colectado mediante el uso de una draga de Van Veen, la cual

muestrea un área de 0.1 m² con una penetración en el sedimento de 0.18 m. Una vez teniendo la draga en la cubierta del barco se tomaban los primeros 5 cm aproximadamente de sedimento y se guardaban en bolsas de plástico, manteniéndolos en frío hasta congelarlo en el laboratorio (1 ó 2 días) para su posterior análisis.

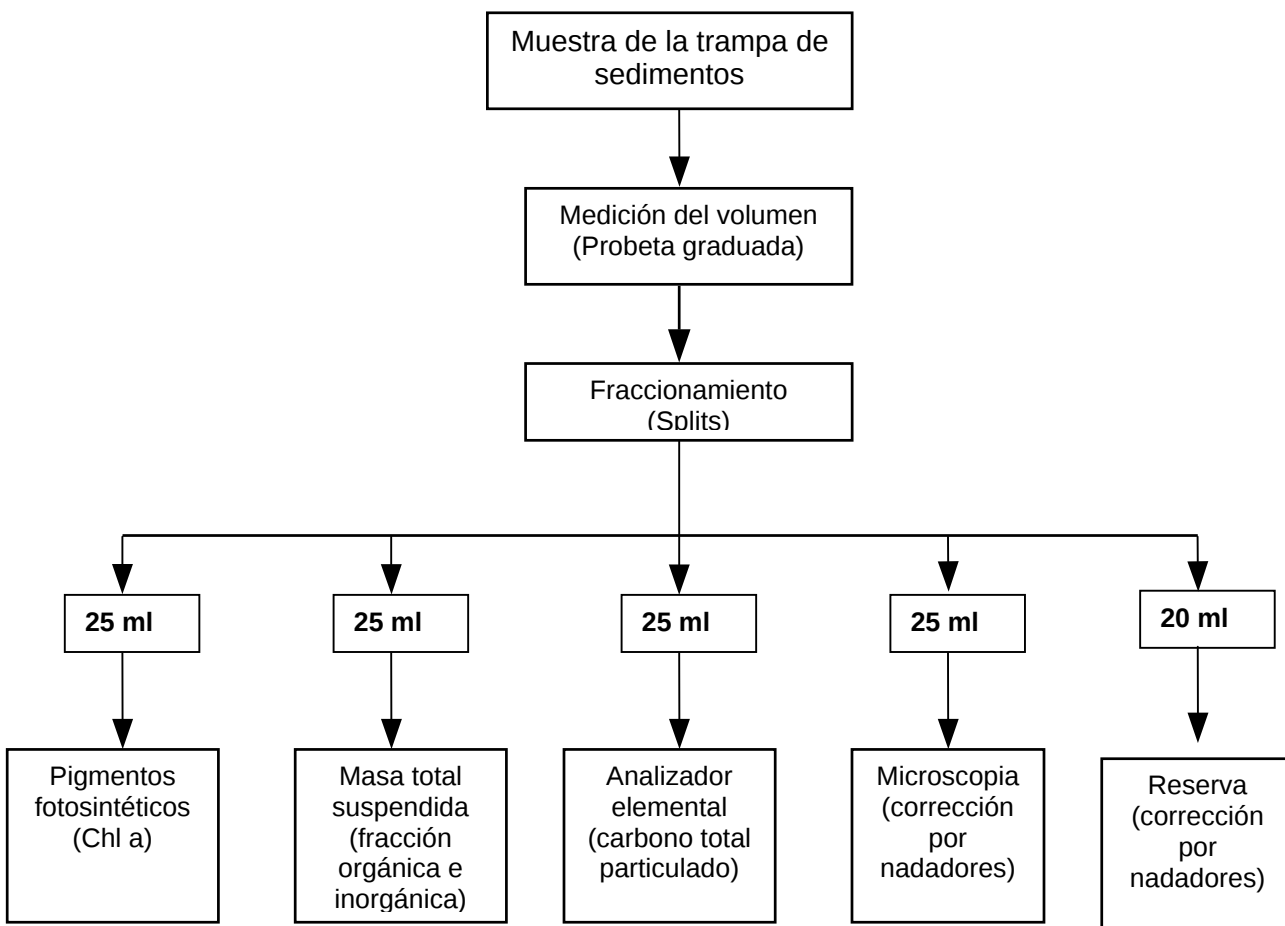


Figura 9. Secuencia de tratamiento y fraccionamiento de una muestra colectada en la trampa de sedimentos durante la condición estratificada de la columna de agua en Bahía Concepción.

2.2. Análisis de muestras en el laboratorio

El análisis de las muestras colectadas para las diferentes variables se llevó a cabo por los siguientes métodos:

2.2.1. Cuantificación del oxígeno disuelto

El método se llevó a cabo por la técnica de Strickland y Parsons (1972), sólo para las muestras de la columna de agua, que se basa en el método clásico de Winkler, con una serie de reacciones químicas donde el oxígeno disuelto presente es convertido a equivalentes de yodo. La titulación se

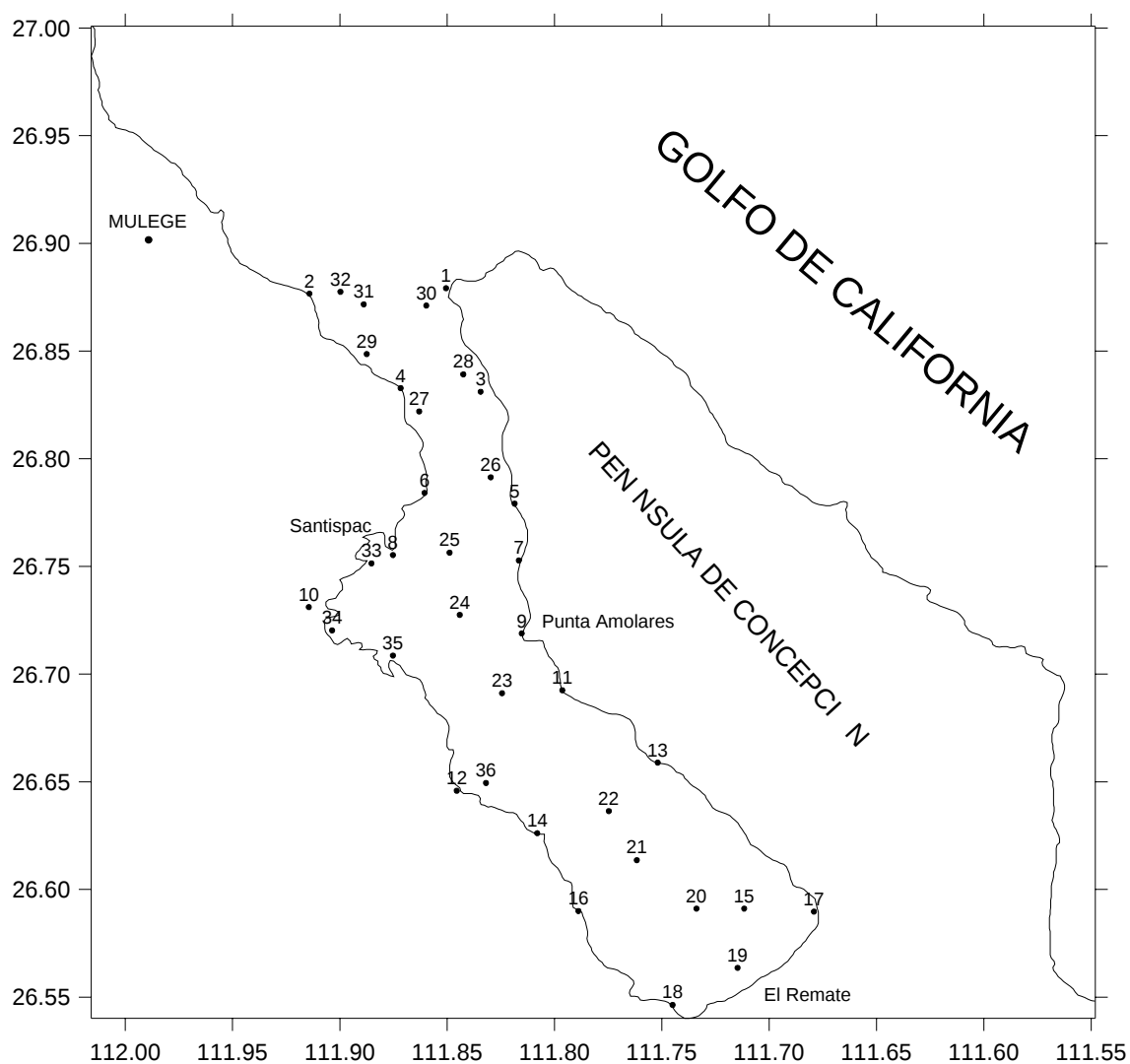


Figura 10. Ubicación de las estaciones de muestreo para los sedimentos superficiales en Bahía Concepción

hace con una solución estandarizada de tiosulfato de sodio para conocer la cantidad de yodo presente. Se utiliza almidón como indicador. La precisión de la técnica es de ± 0.003 mg-at/l.

2.2.2. Determinación de la concentración del MSP por el método gravimétrico

El análisis se llevó a cabo siguiendo la técnica descrita por Brower y Zar (1977) tanto para las muestras de la columna de agua como para las muestras de la trampa de sedimentos. El análisis consiste en secar los filtros conteniendo el MSP a 60°C durante 16 hrs. Posteriormente, se pesaron en una balanza analítica para obtener su masa total. La fracción inorgánica (cenizas) se cuantificó incinerando los filtros en una mufla a una temperatura de 500°C durante 1.5 hrs y volviéndolos a pesar. La fracción combustible, que se define de esta forma a la fracción orgánica del MSP ya que al llevar a cabo la incineración además de los componentes orgánicos también hay pérdida de componentes de la fracción inorgánica en forma de agua, fue obtenida restando del total la fracción inorgánica. La precisión de la técnica es de ± 0.01 mg.

Los filtros ya analizados y conteniendo sólo la parte inorgánica de los 7 primeros muestreos de campo donde fue utilizada una solución 0.3 M de sulfato de sodio (Na_2SO_4), se observaron al microscopio para comprobar la posible presencia de sales. Una vez corroborada su presencia, fueron lavados con 10 ml de agua destilada, secados y pesados. Se calculó un valor de sales para cada filtro, el cual se restó a la muestra correspondiente.

Adicionalmente se realizó un experimento con tres soluciones para probar qué sustancia es la más adecuada en la eliminación de sales. Se usó sulfato de sodio (0.3 M), ácido fórmico (65%) y agua destilada. Fueron pasados 500 ml de agua de mar filtrada ($0.5\ \mu\text{m}$) a una serie de filtros blancos previamente secados y pesados (fibra de vidrio Watman GF/F de $0.7\ \mu\text{m}$ de apertura de poro). Posteriormente se les agregó desde 1 ml y hasta 5 ml de cada solución. A una serie (testigos) no se les agregó ninguna solución. Un análisis de medias (t-Student) con un 95% de confianza se llevó a cabo para corroborar qué solución es la más adecuada para eliminar sales en este tipo de análisis; determinando que el agua destilada y el ácido fórmico son los de mejor eficiencia.

2.2.3. Determinación del carbono total particulado mediante la técnica del analizador elemental

Las muestras se mantuvieron en congelación a -20°C en el Laboratorio de Fitoplancton del CICIMAR hasta ser enviadas a la Universidad de Guadalajara para su análisis. Antes de ser enviadas, fueron secadas a 60°C durante 16 hrs y pesadas en una balanza analítica. Una vez en el Laboratorio de Madera, Celulosa y Papel de la Universidad de Guadalajara, cada filtro se

maceró en un molino tipo Wiley tomando una alícuota (3 mg aproximadamente), la cual fue pesada en una microbalanza y analizada por duplicado para los componentes elementales del MSP (carbono total particulado y nitrógeno total particulado). No obstante, los resultados de los análisis del nitrógeno total particulado no fueron utilizados en este trabajo ya que muy posiblemente existió una contaminación que hizo que los valores fueran muy altos.

El análisis se llevo a cabo en un equipo Fisons modelo EA 1108 usando sulfanilamida como estándar. La muestra es colocada en una cámara de combustión de alta temperatura (1000 °C) donde se lleva a cabo una catálisis oxidativa con óxido de cobalto. El carbono orgánico se oxida a bióxido de carbono. El bióxido de carbono es transportado por una corriente de gas inerte que pasa por un analizador infrarrojo no dispersivo donde se mide su concentración. De igual forma que las variables anteriores, el análisis se realizó tanto para las muestras de la columna de agua como para las muestras de la trampa de sedimentos.

2.2.4. Determinación de la concentración de los pigmentos fotosintéticos y feopigmentos del MSP

Los pigmentos fueron cuantificados por el método de Jeffrey y Humphrey (1975) tanto para las muestras de la columna de agua como para las muestras de la trampa de sedimentos. La extracción se hace en acetona al 90% durante 24 horas en frío y en oscuridad. La densidad óptica fue leída a 750, 665, 645 y 630 nm en un espectrofotómetro Baucsh and Lomb. Posteriormente se adiciona a la muestra dos gotas de ácido clorhídrico al 0.1 N, se agita y se vuelve a leer la densidad óptica a 750 y 665 nm para cuantificar la concentración de los feopigmentos. La precisión para el análisis es de $\pm 0.21 \mu\text{g}$.

2.2.5. Cuantificación y determinación de la composición específica del fitoplancton

El análisis se llevó a cabo para las muestras de la columna de agua. El método utilizado fue el propuesto por Uthermol (Hasle, 1978), que consiste en dejar sedimentar una submuestra de la muestra por un período de 24 horas aproximadamente en una cámara de sedimentación de volumen conocido. La cuantificación de los organismos se realizó llevando a cabo un barrido de toda la muestra contando sólo los organismos completos. Las células fueron identificadas hasta especie cuando fue posible pero en algunos casos sólo se les pudo asignar el género o el grupo al que pertenecían. Para hacer la identificación fueron consultadas y utilizadas las claves de Cupp (1943), Schiller (1933), Taylor (1976), Balech (1988), Sournia (1986) y Carmelo (1997). Una vez obtenidos los resultados, se construyeron las matrices de datos, las cuales se ordenaron en base

a su abundancia relativa con el objeto de seleccionar a las especies con mayor variación durante el período de muestreo sólo en los niveles de 5 y 25 m. La variación de la técnica puede ser de hasta un 40 % según lo menciona Duarte et al. (1990).

2.2.6. Determinación de los flujos verticales del material particulado en hundimiento por medio de la trampa de sedimentación

El análisis se realizó para el material particulado en hundimiento colectado con la trampa de sedimentos en los diferentes experimentos en la estación fija de Las Huertitas. El flujo vertical se calcula por unidad de superficie, que es referido a la boca de la trampa por el tiempo de muestreo en relación a la masa de la muestra. La expresión siguiente sirve para calcular el flujo vertical del material particulado en hundimiento:

$$F_v = (w \cdot V_{TC} / V_f) / a \cdot t$$

donde

F_v - flujo vertical del material particulado en hundimiento ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{día}$);

w - peso seco del material particulado en hundimiento en miligramos (mg);

V_{TC} - volumen del tubo colector en mililitros (ml);

V_f - volumen filtrado en mililitros (ml);

a - área de la boca de la trampa de sedimentos en metros cuadrados (m^2);

t - tiempo de muestreo en días (d).

Una vez obtenidos los flujos verticales del material particulado en hundimiento fueron corregidos por la presencia de nadadores. La cuantificación de los nadadores, en este caso zooplancton (principalmente copépodos) y poliquetos errantes, se realizó para las muestras de microscopia y de reserva (Fig. 9). Antes de manipular las muestras fue medido su volumen en una probeta graduada de 100 ml y posteriormente se fraccionaron con tamices de 500 y 1,000 μm . De los pesos secos de ambas fracciones fueron obtenidos los porcentajes de nadadores y el promedio fue restado a las fracciones complementarias para tener así un flujo total libre de nadadores (ver anexo 1). Cabe puntualizar que al obtener la fracción del valor obtenido del análisis de CHN para calcular el flujo de carbono del día 21 de julio de 1996 este fue negativo, debido a la gran variabilidad que presentó el porcentaje de los nadadores en la submuestra de fitoplancton que fue del 1.5 % mientras que en la submuestra de reserva fue de 65 %.

2.2.7. Determinación del carbono orgánico (CO) en el sedimento superficial por el método de oxidación húmeda

La determinación del carbono orgánico en los sedimentos se hizo por el método de oxidación húmeda de Aminot y Chaussepied (1983), que consiste en hacer una mezcla oxidante de

dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$)/ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4). Para eliminar los carbonatos se utiliza ácido fosfórico, dejando la muestra en baño maría 30 minutos a 100 °C. Posteriormente se agrega ácido sulfúrico concentrado y se vuelve a dejar en baño maría de 30 a 60 minutos a la misma temperatura. La titulación de la muestra ya conteniendo sólo el carbono orgánico se hace con una solución de sulfato ferroso ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) teniendo como indicador una solución de ferroína. La precisión de la técnica es de $\pm 120 \mu g$ de carbono orgánico.

2.3. Obtención de resultados mediante cálculos matemáticos de variables muestreadas y complementarias

2.3.1. Obtención de la densidad del agua de mar (sigma-t)

Para el cálculo de la densidad del agua de mar fue utilizada la ecuación internacional de agua de mar (UNESCO, 1980) que toma en cuenta la temperatura y salinidad a un mismo nivel de profundidad.

2.3.2. Obtención del porcentaje de saturación del oxígeno

La ecuación utilizada para calcular el porcentaje de saturación del oxígeno fue la propuesta por Weiss (1970) en la cual se usan los valores de temperatura (convertidos a grados Kelvin) y la salinidad obtenidos en el campo, además de introducir en la fórmula constantes para obtener así el porcentaje de saturación del oxígeno en ml/l.

$$\ln C = A_1 + A_2 (100/T) + A_3 \ln (T/100) + A_4 (T/100) + S [B_1 + B_2 (T/100) + B_3 (T/100)^2]$$

donde

C - solubilidad del oxígeno disuelto calculado (ml/l);

T - temperatura registrada en el campo expresado en grados Kelvin (°K);

S - salinidad medida en partes por mil (‰);

$$A_1 = -173.9894;$$

$$B_1 = -0.033096;$$

$$A_2 = 249.6339;$$

$$B_2 = 0.014259;$$

$$A_3 = 143.3483;$$

$$B_3 = -0.0017000.$$

$$A_4 = (-21.8492);$$

Posteriormente la concentración de oxígeno disuelto (ml/l) registrado en el campo es dividida entre la solubilidad del oxígeno disuelto calculada (ml/l) y, el resultado que se obtiene es multiplicando por 100 para conocer el porcentaje de saturación del oxígeno.

2.3.3. Determinación de la contribución fotosintética (CF) del fitoplancton al MSP de la columna de agua

A partir de los datos de la concentración de clorofila *a* obtenidos en este estudio y, mediante la razón carbono/clorofila *a* propuesta por Zeitzschel (1970) para el Golfo de California que es de 37.8, se transformaron las concentraciones de clorofila *a* - carbono fitoplanctónico. Posteriormente de la concentración del carbono total particulado del material en suspensión de columna de agua se obtuvo el porcentaje de la contribución fotosintética (CF) del fitoplancton. Al 100% se le restó la CF para obtener la Contribución No Fotosintética (CNF) que está conformada por organismos heterótrofos como el zooplancton, bacterias y detritus principalmente (Lancelot Van Beverent, 1980).

2.3.4. Determinación del flujo vertical de clorofila *a*

El flujo de clorofila *a* del material particulado en hundimiento se obtuvo a partir de la cantidad de clorofila *a* registrada en la lectura de las densidades ópticas (sección 2.2.4.), que es extrapolada al volumen total del extracto acetónico (10 ml) y, posteriormente referido al volumen total del tubo colector de la trampa. El valor obtenido se estandariza al volumen filtrado para la submuestra (split) de clorofila *a* (Fig. 9). El resultado es incorporado a la fórmula para calcular los flujos verticales del material particulado en hundimiento de la sección 2.2.6. para así conocer el valor del flujo.

$$\text{Chl } a_{tb} (\mu\text{g}) = \text{Chl } a \cdot V_{\text{ext}} \cdot (V_{\text{tc}} / V_f)$$

donde

Chl *a*_{tb} - cantidad de clorofila *a* en el tubo colector de la trampa en microgramos (μg);

Chl *a* - concentración de clorofila *a* de las lecturas de la densidad óptica en celda de cuarzo de 3 ml de capacidad en microgramos por mililitros (μg/ml);

V_{ext} - volumen del extracto acetónico en mililitros (ml);

V_{tc} - volumen del tubo colector en mililitros (ml);

V_f - volumen filtrado de la muestra en mililitros (ml).

El flujo de carbono de la fracción fitoplanctónica fue calculado usando la relación C:Chl *a*= 37.8 (Zeitzschel, 1970), convirtiendo el flujo de clorofila *a* a valores provenientes de organismos fotosintéticos (fitoplancton), teniendo:

$$F_{ff} = F_{\text{Chl } a} \cdot 37.8$$

donde

F_{ff} - flujo fracción fitoplanctónica en miligramos por metro cuadrado por día (mg/m²/día);

F_{Chl *a*} - flujo de clorofila *a* en miligramos por metro cuadrado por día (mg/m²/día);

37.8 - valor de la relación carbono/clorofila *a*.

Una vez obtenidos los datos de los análisis se hicieron las matrices de datos de donde se construyeron los gráficos y tablas de la sección de resultados, mediante el uso de los paquetes computacionales Excel y Surfer. Los análisis estadísticos se ponderaron con ayuda del paquete computacional Statistica.

3. RESULTADOS

3.1. Descripción de las condiciones físicas, químicas y biológicas de la columna de agua durante el período de estudio en Bahía Concepción

3.1.1. Registros de campo el 21 de octubre de 1995

La mayor parte de la columna de agua presentó una temperatura de entre 28 y 28.5 °C desde Isla Blanca (IB) hasta Playa Armenta (PA) (Fig. 11). Remanentes de la estratificación de verano se observaron hacia la zona profunda de Las Huertitas (> 25 m) con temperaturas de 24 a 27°C hacia el fondo y, en superficie temperaturas cercanas a 30°C. La concentración del Material suspendido particulado (MSP) osciló entre los 15 y 29 mg/l, con las isolíneas de 15 mg/l distribuyéndose horizontalmente a lo largo de las estaciones de muestreo a partir de los 5 y 10 m de profundidad. El porcentaje de la fracción combustible (orgánica) del MSP, se mantuvo en 25 % en casi la totalidad de la columna de agua. La distribución de la clorofila a fue homogénea en la zona central de las estaciones de muestreo con concentraciones menores a 3 mg/m³, con un gradiente horizontal de 3 a 7 mg/m³ en la zona profunda de Arroyo el Frijol (AEF) a Las Huertitas (LH). La abundancia del microfitoplancton presentó un gradiente horizontal con concentraciones de 1 x 10⁴ a 3 x 10⁴ cel/l, las cuales son menores a 2 x 10⁴ cel/l en la zona central del área de muestreo.

3.1.2. Registros de campo el 22 de noviembre de 1995

La temperatura se estabilizó entre 25.5 y 26.0 °C mientras que la salinidad tuvo una variación de 0.4 ‰ de 35.2 a 35.6 ‰ (Fig. 12). En el caso particular de la sigma-t (densidad), existió una situación inestable, esto es agua de una mayor densidad (sigma-t= 23.6) sobre agua menos densa (23.3) provocada por una posible intrusión de agua del Golfo que penetra a la Bahía. Situación la cual no es posible permanezca por mucho tiempo. Para las tres variables físicas se observa un gradiente horizontal que recorre toda el área de estudio, lo que indica una débil estratificación en la columna de agua. La concentración del MSP se mantuvo en el mismo intervalo que el muestreo anterior (15 y 20 mg/l), con un valor de 47.2 mg/l en la zona profunda (25 m) de IB. Los porcentajes de la fracción combustible del MSP presentaron un intervalo de 20 a 30 % con la mayor parte de la columna homogénea con un porcentaje menor a 25%. Este intervalo fue mayor que el del muestreo anterior con un máximo de 40% hacia la superficie de AEF. La concentración de oxígeno mantuvo un nivel de saturación en la mayor parte de la columna de agua. La concentración de clorofila a varió de 2 a 4 mg/m³, intervalo menor al del muestreo anterior, con un valor máximo de 24.8 mg/m³ en la superficie de IB. Su distribución en la columna

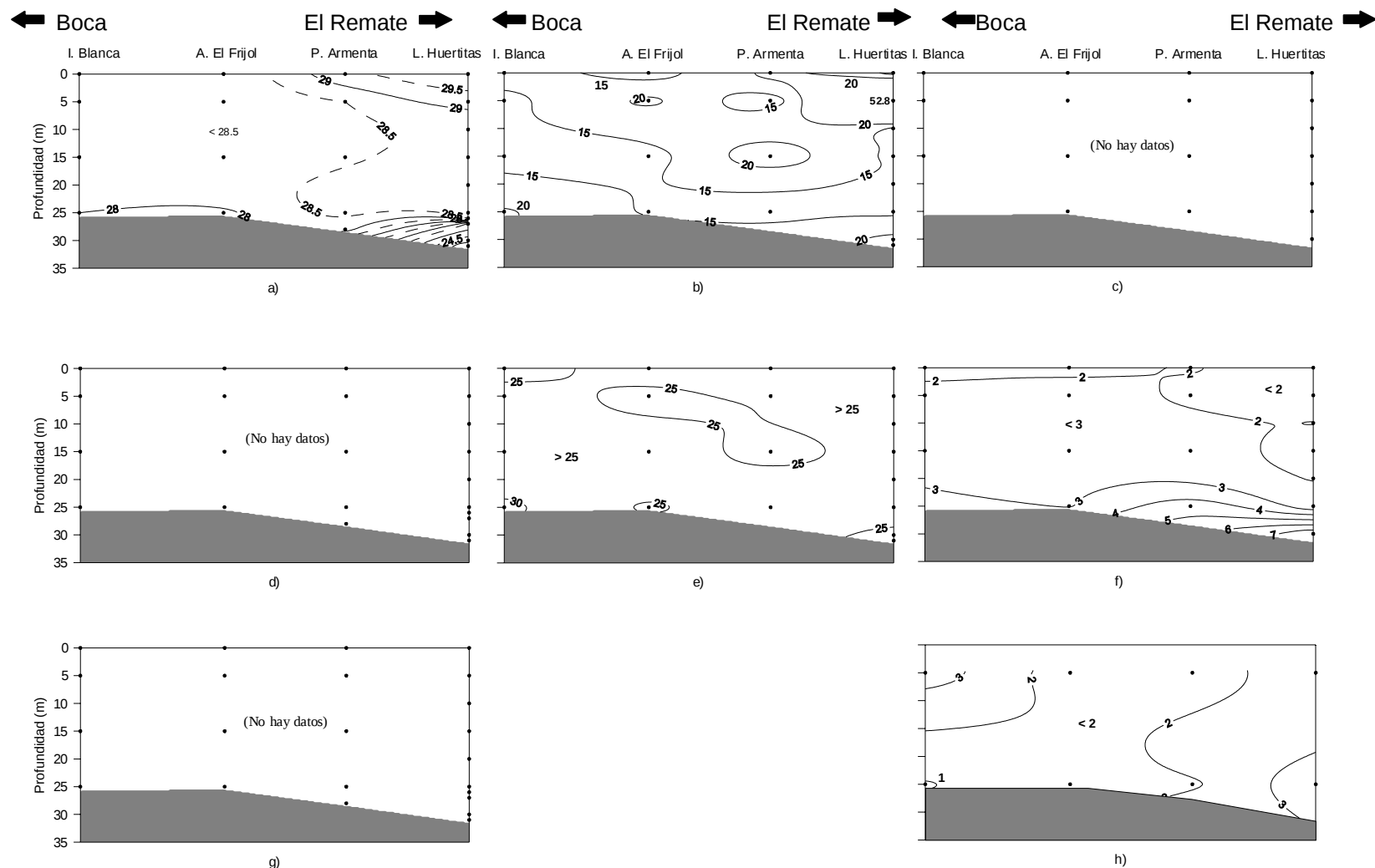


Figura 11. Distribución espacial de las variables físicas, químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 21 de octubre de 1995 en Bahía Concepción: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) MSP total (mg/l), c) saturación oxígeno (%), d) salinidad (‰), e) MSP fracción combustible (%), f) clorofila a (mg/m^3), g) sigma-t y h) microfitoplancton ($\text{cel/l} \times 10^4$).

de agua fue en un gradiente relativamente horizontal con las máximas concentraciones por debajo de los 10 m en la zona de AEF y hacia la superficie desde IB hasta AEF. El intervalo de abundancia del microfitoplancton fue de 1×10^4 cel/l a 5×10^4 cel/l, aumentando en el límite superior de 3×10^4 cel/l a 5×10^4 cel/l con respecto al muestreo anterior. La tendencia de distribución del microfitoplancton en la columna de agua fue a disminuir la abundancia con la profundidad de 5×10^4 hasta 2×10^4 cel/l en la zona de IB y AEF. En la zona de PA y LH se mantuvo una abundancia de 2×10^4 cel/l desde los 5 m hasta los 25 m con la menor abundancia (1×10^4 cel/l) en el estrato profundo de LH.

3.1.3. Registros de campo el 13 de diciembre de 1995

Para este mes la temperatura en toda la columna de agua tuvo un descenso de aproximadamente 2.5°C , de 26.0°C como máximo a 23.5°C (Fig. 13). La salinidad y la sigma-t aumentaron a valores de 36.0‰ y 24.8 respectivamente, en comparación con el mes anterior. Para las tres variables físicas su distribución fue relativamente homogénea en la columna de agua, presentándose agua menos densa en la zona cercana a la boca. El MSP disminuyó ligeramente su concentración por debajo de los 15 mg/l con respecto al muestreo anterior, a excepción de una concentración de 39.5 mg/l en la zona más profunda de PA. Los porcentajes de la fracción combustible del MSP aumentaron su intervalo en su límite inferior de 15 a 40% mientras que para el muestreo previo fue de 20 a 40% . Su distribución fue homogénea en la mayor parte de la columna de agua con los máximos hacia la superficie de PA, lo que provoca un núcleo que se extiende de la superficie a los 15 m de profundidad desde AEF hasta LH. La saturación de oxígeno estuvo por debajo del 100% , con dos estratos en la columna de agua ($0 - 15\text{ m}$ y $>15\text{ m}$), los cuales son limitados por la isolínea del 90% . La concentración de clorofila *a* fue en general menor que en el mes anterior siendo más localizada la distribución de la isolínea de los 4 mg/m^3 a un punto en la zona profunda de PA. La tendencia de su distribución en la columna de agua fue a aumentar con la profundidad, teniendo como limitante a la isolínea de 2 mg/m^3 hacia los estratos superiores. Caso particular es el de la abundancia del microfitoplancton, la cual disminuyó de valores máximos de 5×10^4 cel/l en el mes anterior a valores de alrededor de 1×10^4 cel/l, los cuales se distribuyeron homogéneamente en la columna de agua.

3.1.4. Registros de campo el 10 de enero de 1996

Hay un descenso importante en la temperatura de 23.0 a 19.5°C , con una ampliación en el rango de la salinidad de 35.4 a 36.2‰ y un aumento en la densidad a valores máximos de 26.0 (Fig. 14). La densidad del agua de mar se modifica principalmente por el descenso de la

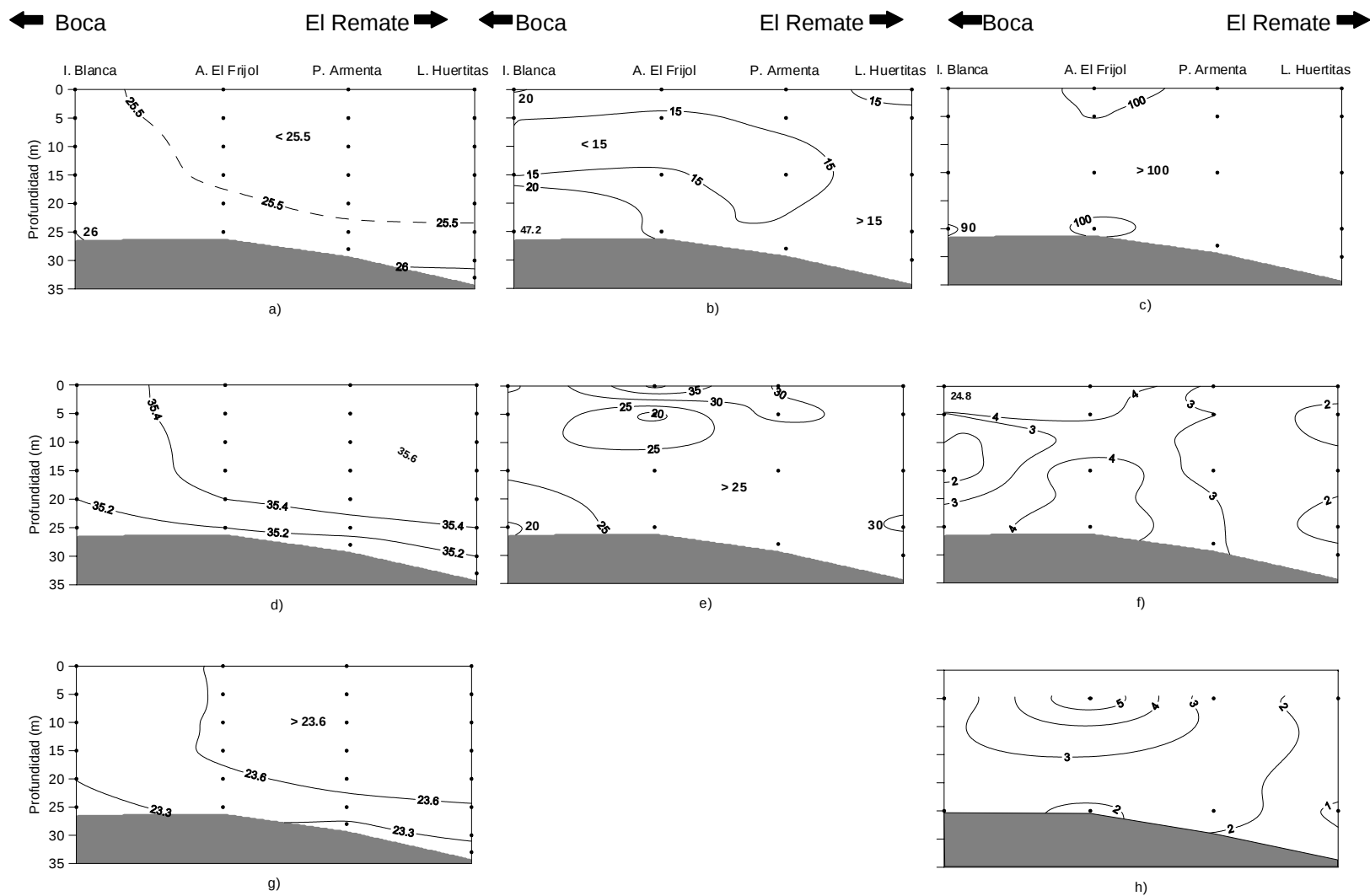


Figura 12. Distribución espacial de las variables físicas, químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 22 de noviembre de 1995 en Bahía Concepción: a) temperatura (°C), b) MSP total (mg/l), c) saturación oxígeno (%), d) salinidad (‰), e) MSP fracción combustible (%), f) clorofila a (mg/m³), g) sigma-t y h) microfitoplancton (cel/l x 10⁴).

temperatura, lo que hace que aumente de 24.8 a 26.0. La distribución para las tres variables físicas en la columna de agua es de un gradiente horizontal que separó la zona de la boca y la zona interior, la cual es menos densa. El rango de concentración del MSP aumentó de 10 a 25 mg/l, su distribución en la columna de agua fue homogénea en la mayor parte siendo la isolínea de 10 mg/l la que diferencia dos zonas. Hacia el fondo de PA se presentó la máxima concentración con 25 mg/l de MSP, lo que provoca un núcleo que se extiende desde AEF hasta LH por debajo de los 20 m. La fracción combustible del MSP disminuyó sus porcentajes a un rango de 15 a 30 %. Su distribución en la columna de agua fue en una zona homogénea desde la superficie a 20 m de IB a PA con porcentajes de menores a 30. En el caso particular de la zona de LH los porcentajes de la fracción combustible aumentaron con la profundidad de 15 a 25 %. Al igual que el mes anterior, la distribución de la saturación del oxígeno presentó dos estratos bien definidos. No obstante los porcentajes son de mas del 100 % por arriba de los 15 m y disminuyen por debajo de esta profundidad a porcentajes menores al 90 %. El rango de concentración de la clorofila a se redujo hasta 1-2 mg/m³ con la mayor parte de la columna de agua homogénea con concentraciones menores a 2 mg/m³. Caso contrario sucede con la abundancia del microfitoplancton cuyo rango aumenta de 1 x 10⁴ a 3 x 10⁴ cel/l, siendo su distrubución igualmente homogénea en la columna de agua.

3.1.5. Registros de campo el 1 de febrero de 1996

La temperatura se mantiene con los mismos valores que en el muestreo anterior, distribuyendose homogéneamente en la mayor parte de la columna de agua de LH hasta la zona intermedia de AEF e IB con temperaturas menores a 20.4 °C (Fig. 15). En zonas localizadas hacia el fondo de IB y PA se registraron temperaturas de 19.5 °C. Las salinidades mayores a 36 ‰ no presentaron, manteniendose cercanas a 35.6 ‰ con las salinidades más altas en la zona de AEF. La sigma-t disminuyó de valores máximos de 26.0 en el muestreo anterior a valores de 25.1 y 25.4. La columna de agua se mantuvo poco estratificada con valores de sigma-t menores a 24.5 y, a partir de los 20 m estos aumentaron a más de 24.5. Se observa un núcleo con valores de sigma-t de 25.1 que se extiende desde la superficie hasta más de 10 m de profundidad entre la estación de PA y LH. La concentración del MSP se mantiene con valores muy cercanos de 15 mg/l, presentando una distribución muy homogénea, diferencia del mes anterior en donde el rango de concentración oscilaba entre 10 y 40 mg/l. El rango en los porcentajes de la fracción combustible del MSP no cambió con respecto al muestreo previo, por lo que se mantuvo entre 15 y 30 %. No obstante, mas de la mitad de la zona interna de la Bahía mostró concentraciones más altas. A partir de la estación de AEF los porcentajes de la fracción combustible del MSP varían, teniendo

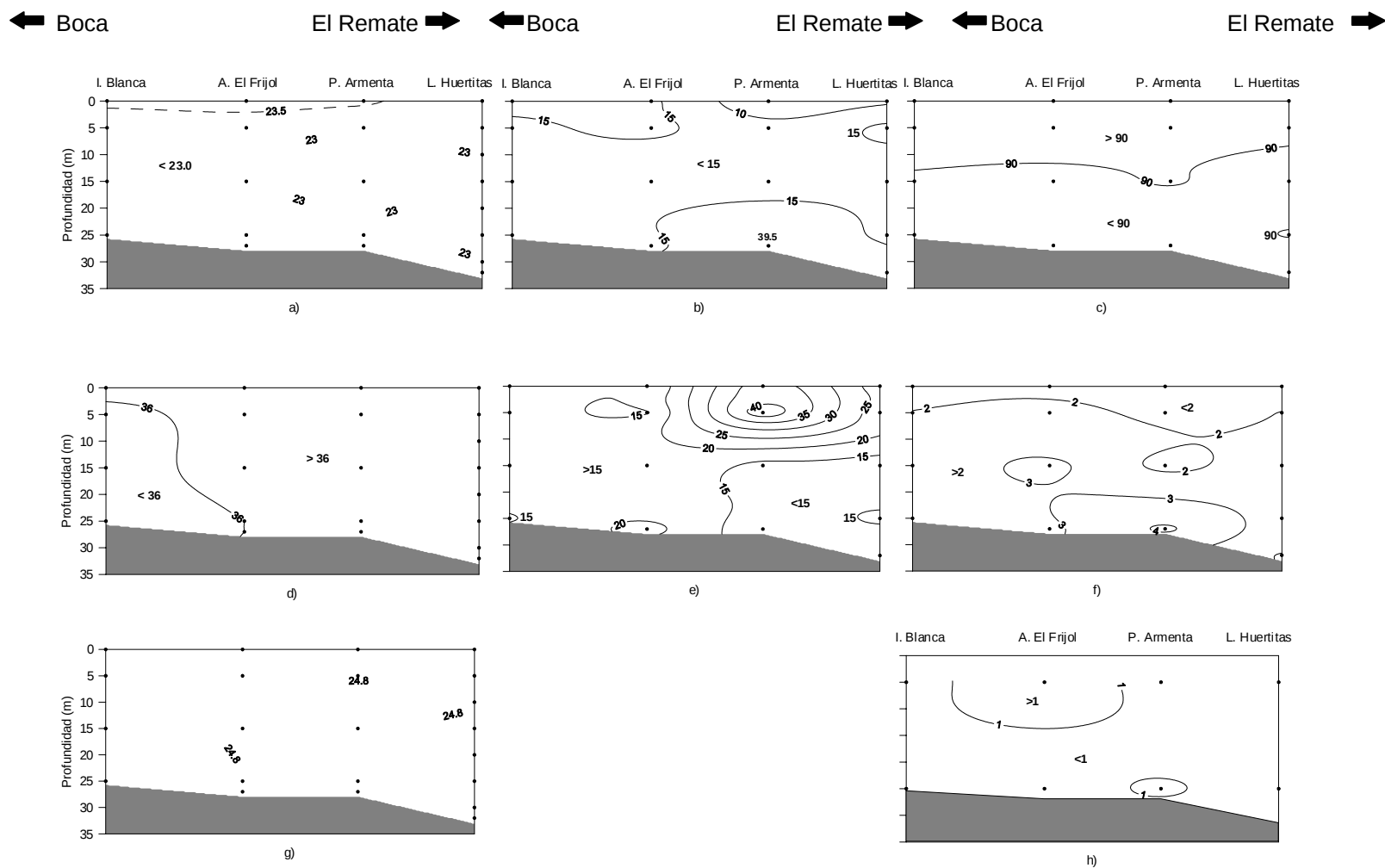


Figura 13. Distribución espacial de las variables físicas, químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 13 de diciembre de 1995 en Bahía Concepción: a) temperatura (°C), b) MSP total (mg/l), c) saturación oxígeno (%), d) salinidad (‰), e) MSP fracción combustible (%), f) clorofila a (mg/m³), g) sigma-t y h) microfitoplancton (cel/l x 10⁴).

un núcleo hacia los 10 m de la columna de agua de PA con los mayores porcentajes. Hacia la zona de LH se mantienen entre 20 y 25 % mientras que en la zona de IB lo hacen entre 15 y 20 %. La saturación del oxígeno presentó un rango de porcentajes de entre 40 y más del 100 %, mucho más amplio que el mes anterior. Por arriba de los 15 m se observaron los mayores porcentajes que sobre pasaron el 100 % y, por debajo de este estrato se observaron gradientes que van desde AEF a IB con porcentajes menores al 90 % y hasta 40 % y otra zona desde casi PA hasta LH con porcentajes del 90 % al 60 %. El rango de concentración de la clorofila *a* se mantuvo entre 1 y 2 mg/m³ con un punto mayor a 3 mg/m³. De igual forma, la abundancia del microfitoplancton se mantuvo con las mismas concentraciones que el mes anterior disminuyendo en 1×10^4 cel/l con un rango de 1×10^4 a 2×10^4 cel/l, distribuyéndose homogéneamente en toda la columna de agua con abundancias cercanas a los 2×10^4 cel/l.

3.1.6. Registros de campo el 13 de febrero de 1996

Para este mes se registraron las temperaturas mas bajas durante todo el período de muestreo (Fig. 16). El rango de temperaturas, al igual que en los dos meses anteriores, se mantuvo cercano a los 19.5 y 20.5 °C. Sin embargo, se observa una marcada diferencia a partir de los 15 m de profundidad de la columna de agua, en donde por debajo de esta profundidad las temperaturas son menores a 19.5 °C. El rango de la salinidad se hace más amplio desde 35.0 ‰ hasta 35.8 ‰, presentando un gradiente desde la superficie de IB hasta la zona de LH, con área homogénea por debajo de los 10 m desde AEF hasta LH. De igual manera el rango de la densidad del agua de mar (σ_t) se extiende de 24.8 a 25.7 con un gradiente vertical desde la superficie de IB hasta la zona profunda de AEF a LH. Tanto para la salinidad como para la densidad se observa una ligera estratificación por la presencia de agua poco densa a la entrada de la Bahía y hacia la superficie, la cual proviene del Golfo de California. Las concentraciones del MSP estuvieron muy cercanas a 10 mg/l, a diferencia del muestreo anterior cuando estas se mantuvieron cercanas a 15 mg/l. Los porcentajes de la fracción combustible del MSP se mantuvieron casi en el mismo rango que el muestreo previo, disminuyendo en su límite inferior de 15 a 10 %. La saturación del oxígeno se mantuvo en el mismo rango que el muestreo anterior que fue de 70 % a más del 100 %. Presentó un gradiente horizontal en su distribución con porcentajes superiores al 100 % por arriba de los 15 m, que disminuyen a partir de esta profundidad a 70 % en la zona más profunda de LH. La concentración de clorofila *a* osciló de 1 a 4 mg/m³, casi en el mismo rango que el mes previo, con una distribución homogénea en el centro de la columna de agua con concentraciones de alrededor de 2 mg/m³. La concentración más elevada de clorofila *a* se presentó a 10 m en la columna de agua de IB y por arriba de los 5 m a lo largo de todas las

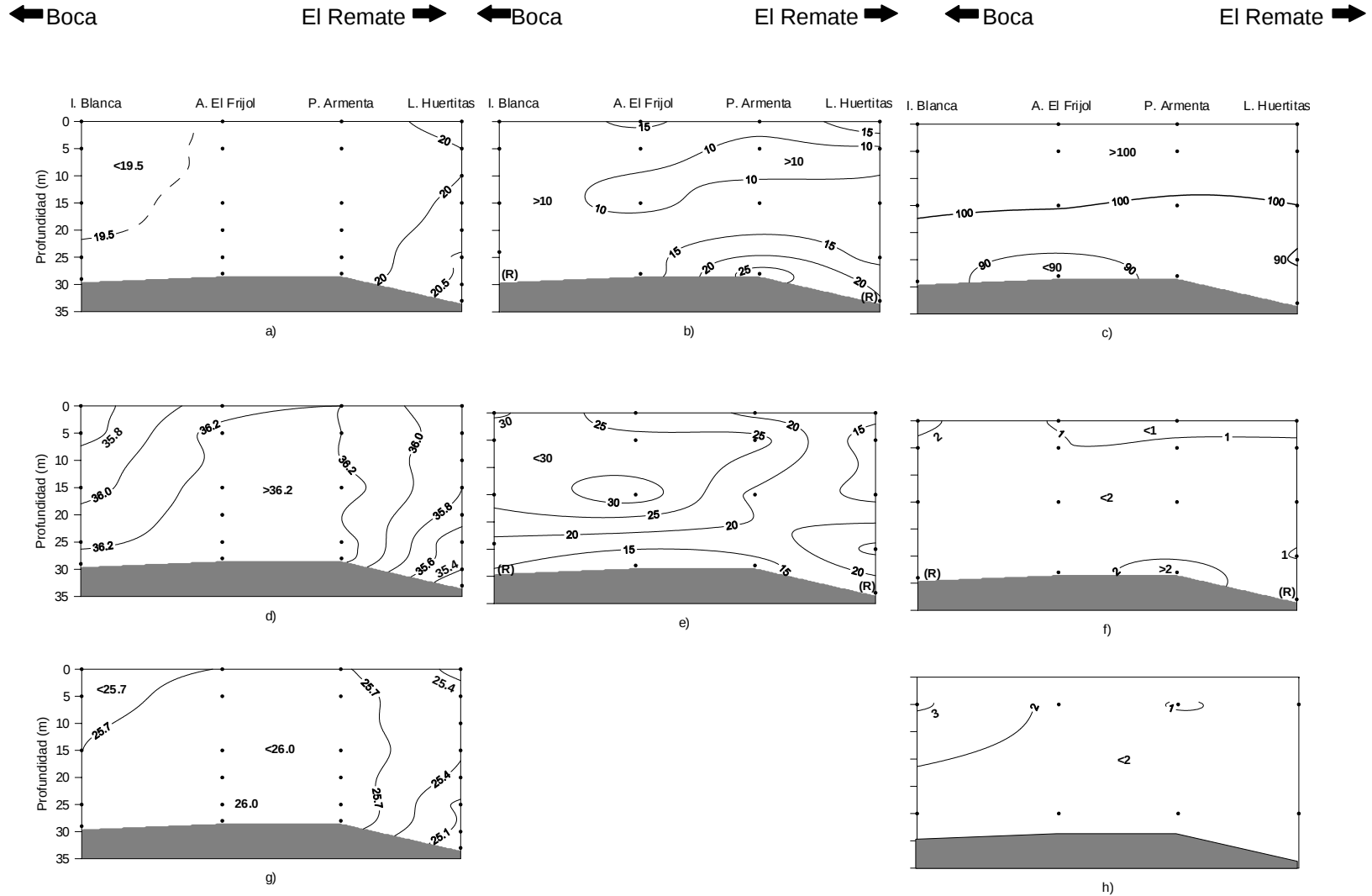


Figura 14. Distribución espacial de las variables físicas, químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 10 de enero de 1996 en Bahía Concepción: a) temperatura (°C), b) MSP total (mg/l), c) saturación oxígeno (%), d) salinidad (‰), e) MSP fracción combustible (%), f) clorofila a (mg/m³), g) sigma-t y h) microfitoplancton (cel/l x 10⁴).

estaciones, las concentraciones fueron menores a 1 mg/m^3 . La abundancia del microfitoplancton aumentó su rango de 1×10^4 a $4 \times 10^4 \text{ cel/l}$, con una tendencia en las abundancias a aumentar con la profundidad de 3×10^4 a $4 \times 10^4 \text{ cel/l}$ desde IB hasta PA. La situación inversa se tiene en la columna de agua de LH en donde las abundancias disminuyen con la profundidad de valores menores de 3×10^4 a $1 \times 10^4 \text{ cel/l}$.

3.1.7. Registros de campo el 19 de marzo de 1996

La temperatura presentó un incremento de 19°C en el mes de febrero a 21°C en el mes de marzo, con una distribución homogénea en la mayor parte de la columna de agua con valores de alrededor de 20.5°C y, temperaturas por arriba de los 21°C hacia la zona profunda ($> 25 \text{ m}$) de AEF y PA (Fig. 17). El rango de salinidad varió 0.8‰ , estando entre 34.8 y 35.6‰ y mostrando variaciones horizontales y verticales. A partir de la estación de AEF hasta la estación de LH, por debajo de los 25 m , se observa una estratificación horizontal con salinidades de 34.8 a 35.6‰ . La sigma-t tuvo una disminución de aproximadamente 0.7 en su límite superior de 25.7 a 25.1 , quedando el rango entre 24.5 y 25.1 . Al igual que en el mes de enero, una situación inestable se presentó para este mes, en donde agua más densa (sigma-t= 24.8 y 25.1) se encuentra sobre agua menos densa (sigma-t= 24.5), indicando cambios de agua incompletos. La concentración del MSP disminuyó su rango 5 mg/l , quedando en 10 y 15 mg/l con un punto aislado de 41.3 mg/l a 25 m de profundidad en IB. Se observa un gradiente horizontal que se distribuye a lo largo de toda el área de estudio con concentraciones de MSP menores a 10 mg/l por arriba de los 10 m y por debajo de 20 m . En la zona intermedia las concentraciones de MSP son ligeramente mayores a 10 mg/l . Los porcentajes de la fracción combustible del MSP oscilaron entre el 20 y 40% . Dos núcleos de porcentajes muy similares (5 y 30%) convergen hacia la estación de AEF por debajo de los 10 m . En la capa superficial existe un gradiente que se incrementa desde la estación de LH a AEF con porcentajes de entre 20 y 40% . La saturación del oxígeno se mantuvo cercana al 100% . El rango de concentración de clorofila a se mantuvo muy similar al muestreo pasado con valores de entre 1 y 3 mg/m^3 con un punto aislado en la zona profunda de IB de 7.6 mg/m^3 . La tendencia en la distribución de la clorofila a es a incrementarse con la profundidad desde la capa superficial de IB hasta la zona profunda ($> 20 \text{ m}$) de PA y LH con concentraciones de 1 y 2 mg/m^3 . Se observó una disminución de $3 \times 10^4 \text{ cel/l}$ en el rango de abundancias del microfitoplancton, estando los valores alrededor de $1 \times 10^4 \text{ cel/l}$. Abundancias mayores a $1 \times 10^4 \text{ cel/l}$ se observaron en el resto del columna de agua.

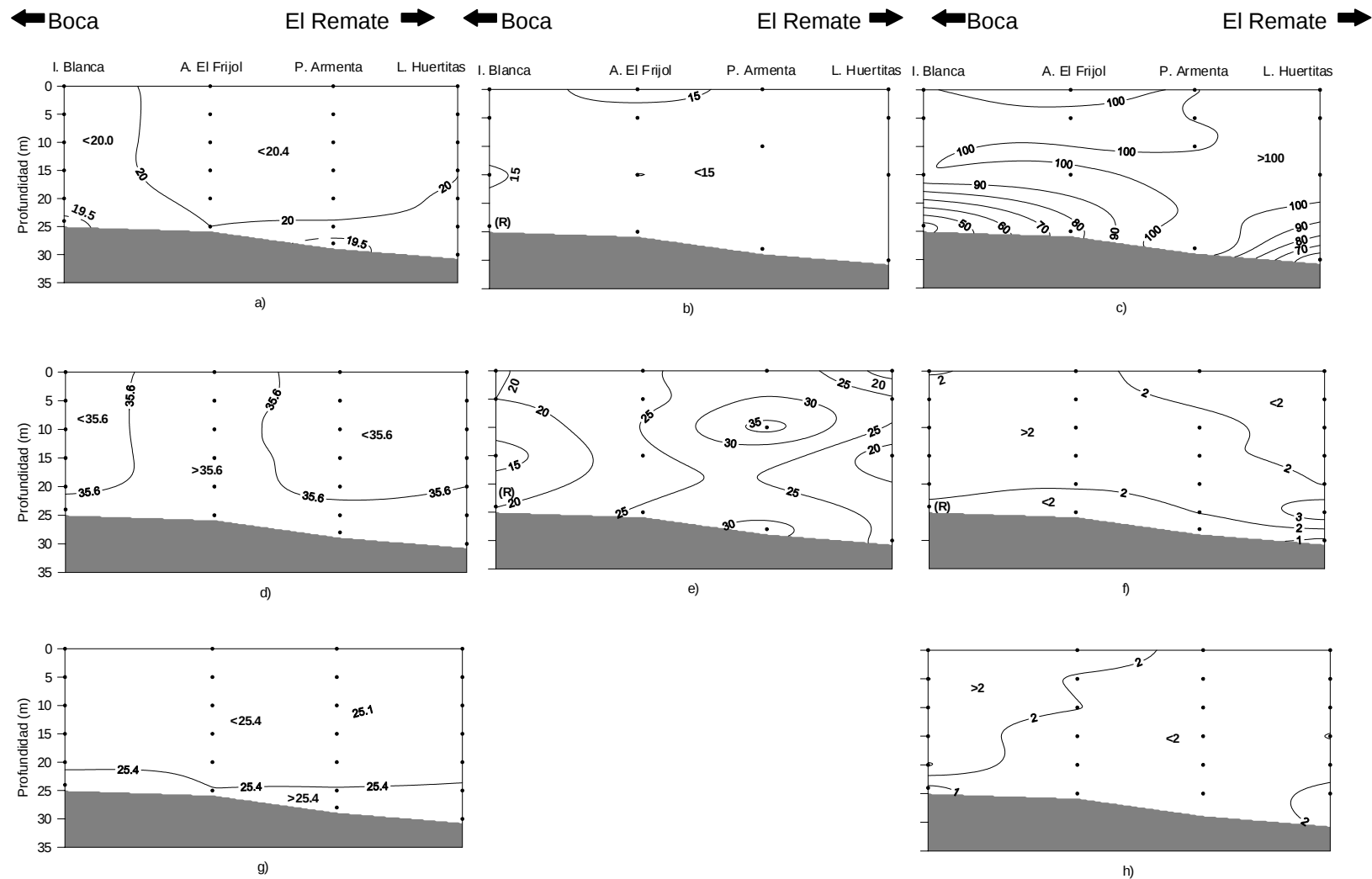


Figura 15. Distribución espacial de las variables físicas, químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 1 de febrero de 1996 en Bahía Concepción: a) temperatura (°C), b) MSP total (mg/l), c) saturación oxígeno (%), d) salinidad (‰), e) MSP fracción combustible (%), f) clorofila a (mg/m³), g) sigma-t y h) microfitoplancton (cel/l x 10⁴).

3.1.8. Registros de campo el 12 de abril de 1996

Existió un aumento de aproximadamente 2 °C de temperatura en toda la columna de agua con una disminución de la temperatura con la profundidad de 23.5 a 21 °C. La salinidad presentó un rango más estrecho, oscilando entre 35.4 y 35.6 ‰. Su distribución en la columna de agua fue en un gradiente horizontal que tiende a incrementar la salinidad desde la parte profunda de IB (35.4 ‰) hacia la superficie de LH (35.6 ‰) (Fig. 18). Los valores de sigma-t se mantuvieron entre 24.2 y 24.8, rango más corto que el muestreo anterior. Su distribución en la columna de agua fue a aumentar con la profundidad de 24.2 a 24.8, observándose una ligera tendencia a la estratificación. Para el caso particular del MSP, la concentración se mantuvo casi homogénea cercana a 10 mg/l, muy similar al mes anterior. Los porcentajes de la fracción combustible del MSP oscilaron entre 15 y 20 %, con núcleos aislados en superficie, fondo y el estrato intermedio. La saturación del oxígeno fluctuó entre 40 y más del 100 %, rango mucho más amplio que el muestreo anterior. Claramente se observa un gradiente vertical a partir de los 15 m con porcentajes que disminuyen con la profundidad del 100 % al 40 %. El rango de concentraciones de la clorofila a se mantuvo igual que en el muestreo previo (1 a 3 mg/m³), presentando un gradiente en la columna de agua en el cual aumenta la concentración con la profundidad. Por su parte, el rango de abundancia del microfitoplancton se incrementó en 5 x 10⁴ cel/l, esto es, de 1 x 10⁴ a 6 x 10⁴ cel/l. Su distribución fue homogénea en una buena parte de la columna de agua de PA y LH con abundancias de 1 x 10⁴ a 2 x 10⁴ cel/l y, un gradiente superficial de IB a AEF que tiende a disminuir con la profundidad de 6 x 10⁴ a 2 x 10⁴ cel/l.

3.1.9. Registros de campo el 24 de mayo de 1996

La estratificación de la columna de agua se alcanzó en el mes de mayo con una marcada termoclina entre los 10 y 25 m de profundidad con temperaturas que van de 27 a 20.5 °C (Fig. 19). Un gradiente horizontal se observa en la capa superficial (0 a 10 m) desde IB hasta LH con temperaturas de menos de 27.5 °C a más de 28.0 °C. Las temperaturas más bajas se tienen en el estrato profundo (> 25 m) con valores de menos de 19.5 °C, temperaturas que fueron registradas durante los meses más fríos del invierno (enero y febrero). De la misma forma que para la temperatura, la salinidad se presenta un gradiente vertical (haloclina) en el mismo estrato (10 - 25 m). El rango de salinidades fue entre 36.4 y 34.8 ‰, teniendo las salinidades más altas hacia los estratos superficiales y disminuyendo con la profundidad. No obstante, la temperatura baja se compensa y la columna de agua se estratifica, pero existe una inestabilidad cercana del fondo hacia la boca de la Bahía (Isla Blanca), en donde se puede observar un gradiente de densidad. En el estrato superficial (0 - 10 m) se tienen densidades (sigma-t) de 23.3 a más de 23.6, con una

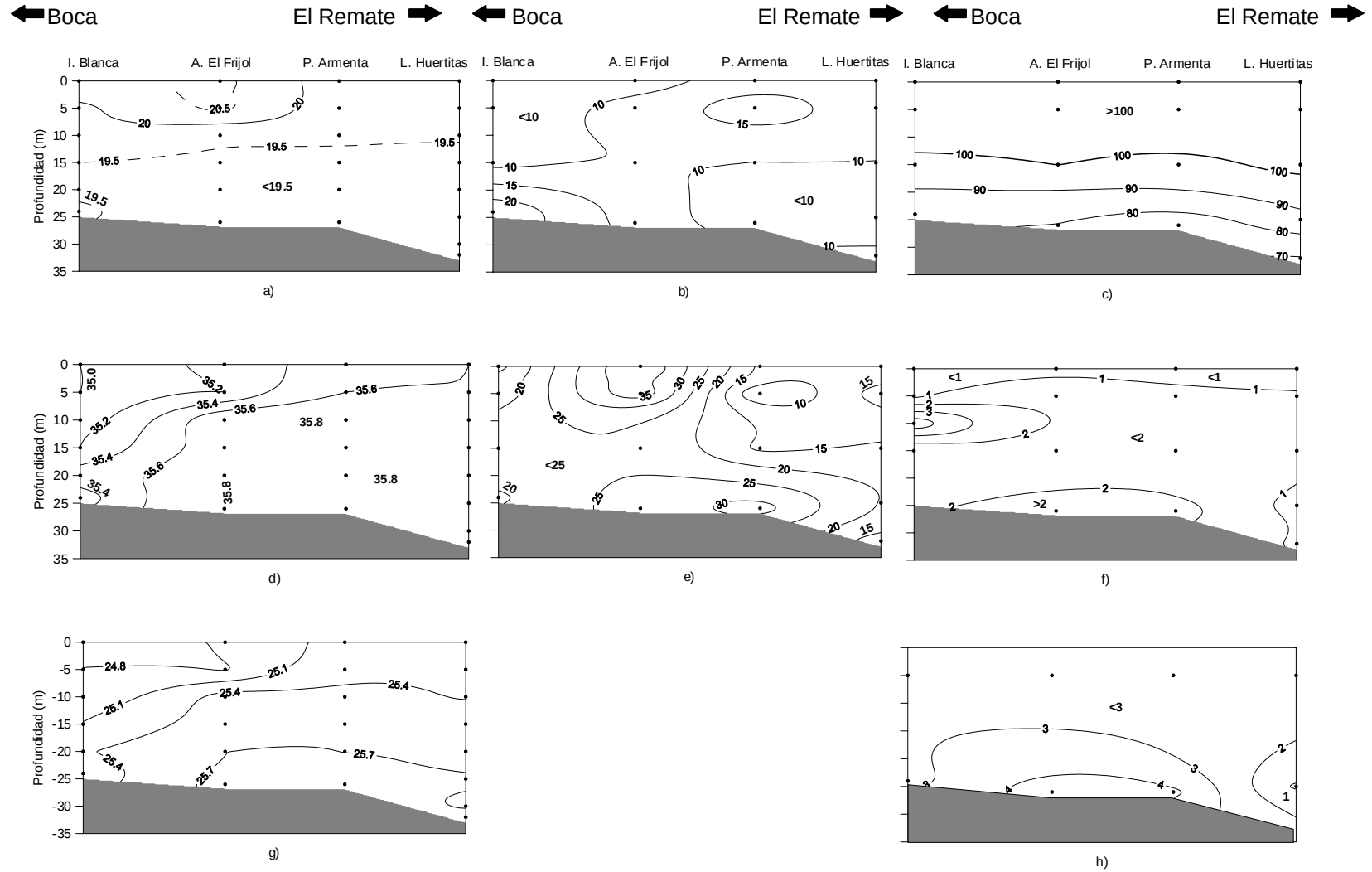


Figura 16. Distribución espacial de las variables físicas, químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 13 de febrero de 1996 en Bahía Concepción: a) temperatura (°C), b) MSP total (mg/l), c) saturación oxígeno (%), d) salinidad (‰), e) MSP fracción combustible (%), f) clorofila a (mg/m³), g) sigma-t y h) microfitoplancton (cel/l x 10⁴).

convergencia hacia la zona de AEF. El MSP presentó concentraciones cercanas a 10 mg/l aumentando como en los meses anteriores. Su distribución es muy homogénea en la columna de agua, siendo la isolínea de 10 mg/l la que diferencia dos capas que dividen la columna de agua. Núcleos aislados se tienen en toda la columna de agua de AEF. Los porcentajes de la fracción combustible del MSP presentaron un rango mucho mayor (15 a 40 %) que el muestreo previo, con variaciones horizontales y verticales. La saturación del oxígeno presentó un rango de 20 al 100 %, con un gradiente vertical muy marcado entre los 15 y 20 m de profundidad. El rango de concentraciones de la clorofila a se amplió de 1 a 6 mg/m³, 3 mg/m³ mas que el muestreo previo con las máximas concentraciones distribuidas en dos núcleos hacia la superficie (0 - 7 m) de AEF y en estrato intermedio (12 - 18 m) de PA. Las mínimas concentraciones (1 y > 1 mg/m³) se ubican en núcleos aislados por debajo de los 25 m tanto en PA como en LH. En el caso de la abundancia del microfitoplancton, el rango de concentraciones disminuyó en 1 x 10⁴ cel/l en su límite superior, es decir de 1 x 10⁴ a 5 x 10⁴ cel/l. Al igual que en el mes pasado, su distribución en la columna de agua fue en dos zonas bien diferenciadas: una homogénea, cercana a la boca de la Bahía, de IB a AEF con abundancias de menos de 1 x 10⁴ a 2 x 10⁴ cel/l y otra que presenta un núcleo de 8 a 23 m de profundidad con abundancias que fluctúan entre 2 x 10⁴ y 5 x 10⁴ cel/l.

3.2. Condiciones hidrográficas de la columna de agua durante el registro de los flujos verticales del material particulado en hundimiento

3.2.1. Variables físicas y químicas

3.2.1.1. Temperatura

Durante todo el período de muestreo de mayo a julio de 1996, claramente se observa una termoclina bien establecida entre los 10 y 20 m de profundidad (Fig 20a), que se mantuvo con un rango de temperaturas de 22 a 28 °C. En la capa superficial (0 a 10 m) se presentó un calentamiento del agua de mar los días 17 a 21 de junio de 1996 con temperaturas mayores a 30 °C, que provocan que la termoclina tenga un ascenso en la columna de agua. Las temperaturas mas bajas (menos de 20 y 21 °C) se observaron por debajo de los 20 m de profundidad.

3.2.1.2. Salinidad

De igual forma que la temperatura, la salinidad mostró una haloclina entre los 11 y los 23 m de profundidad con un rango de salinidad de 35.4 a 36.0 ‰ y ascenso en la columna de agua el mismo período de tiempo (Fig. 20b). Dos zonas homogéneas se observaron, una de superficie a los 12 m desde el 24 de mayo al 7 de junio de 1996 con salinidades mayores a 36.2 ‰ y otra de

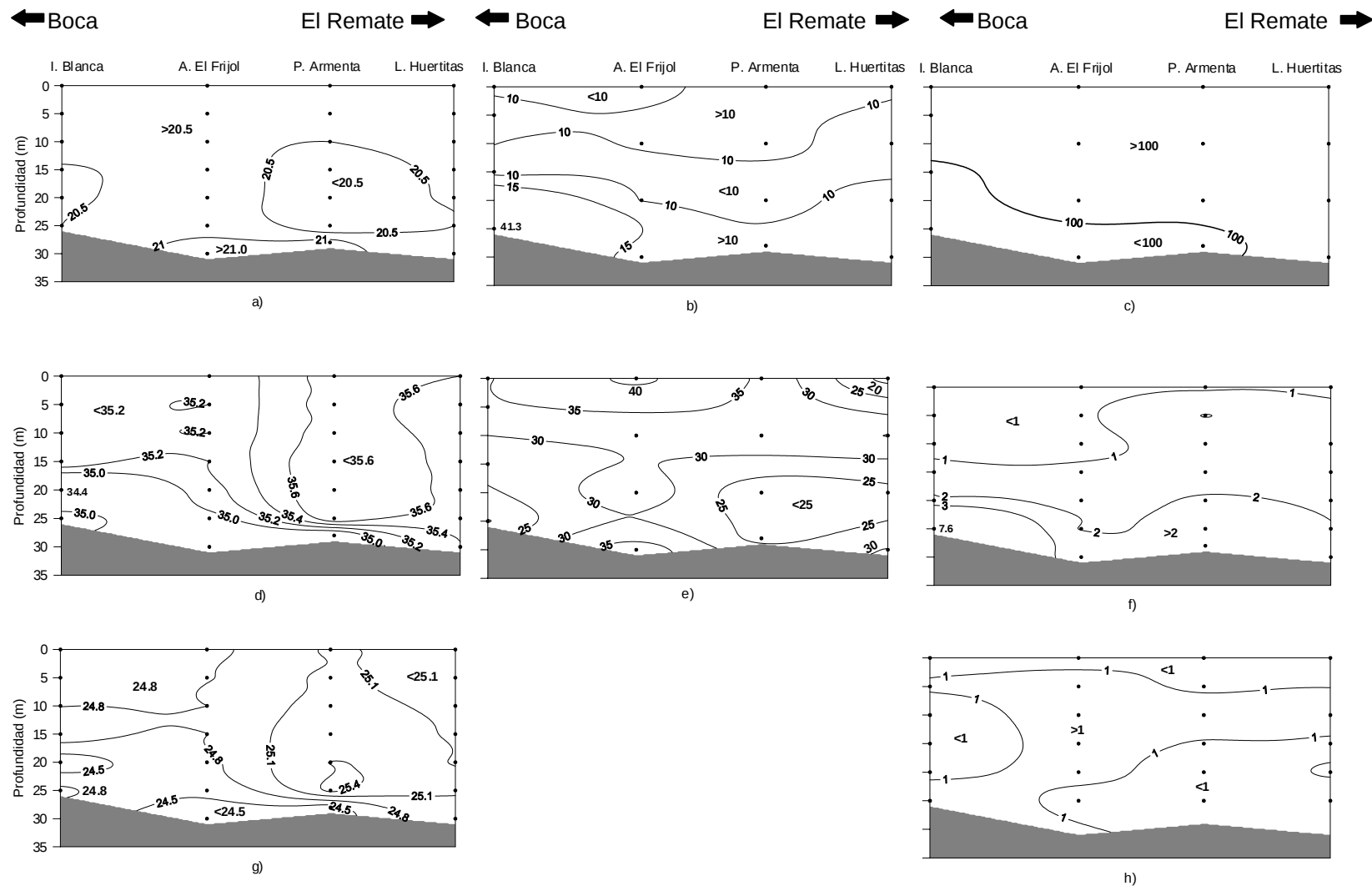


Figura 17. Distribución espacial de las variables físicas, químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 19 de marzo de 1996 en Bahía Concepción: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) MSP total (mg/l), c) saturación oxígeno (%), d) salinidad (‰), e) MSP fracción combustible (%), f) clorofila a (mg/m^3), g) sigma-t y h) microfitoplancton ($\text{cel/l} \times 10^4$).

los 20 m al fondo los días 17, 18 y 21 de junio de 1996 y anteriores con salinidades menores a 35.2 ‰. El gradiente horizontal de la distribución de la salinidad se hace más marcado en toda la columna de agua hacia el final del último muestreo (6 de julio de 1996) con salinidades que oscilan entre 34.5 y 36.4 ‰.

3.2.1.3. Densidad

Se observa una pycnoclina bien definida entre los 8 y 17 m de profundidad con valores de σ_t que se incrementan con la profundidad de 23.3 a 24.5 (Fig. 20c). Agua menos densa ($\sigma_t = 22.7$ a 23.0) se distribuyó en la capa superficial (0 a 10 m) y en el estrato profundo (> 20 m) agua más densa se distribuyó en esta zona con valores de σ_t de 24.5 y 24.8. De la misma forma que las dos variables físicas anteriores, se observó un ligero ascenso de la pycnoclina.

3.2.1.4. Porcentaje de saturación del oxígeno

La distribución temporal del porcentaje de saturación del oxígeno mostró el desarrollo de un gradiente horizontal entre los 10 y 25 m de profundidad con porcentajes que fluctuaron entre 10 y 100 %, haciéndose más amplio a partir del muestreo del 4 de junio de 1996 (Fig. 20d). En la capa superficial se observa la zona homogénea a lo largo de todas las estaciones de muestreo con porcentajes mayores al 100 %. Por debajo de los 25 m de profundidad, los porcentajes son menores al 10 %, desde el 4 de junio hasta el 6 de julio de 1996.

3.2.2. Variables biológicas

3.2.2.1. Clorofila a

La distribución temporal de la clorofila a mostró una zona homogénea del 4 de julio al 6 de julio de 1996 desde los 10 m hasta aproximadamente los 15 m de profundidad con concentraciones menores a 1 mg/m³ (Fig, 21a). Hacia los 20 m se observó un núcleo de concentraciones de 8 mg/m³ de clorofila a, muy cercano a la boca de la trampa (18 m) que estuvo presente después del 24 de mayo de 1996 y hasta antes del 18 de junio de 1996. A su vez en la zona profunda (> 25 m) y en el mismo período de tiempo se registraron concentraciones de 1 y 2 mg/m³ de clorofila a. Particularmente, en el último día de muestreo en 30 m de profundidad se observó una concentración de mas de 13 mg/m³ de clorofila a que posiblemente origina un gradiente horizontal a partir de los 18 m, permaneciendo del 18 de junio al 6 de julio de 1996.

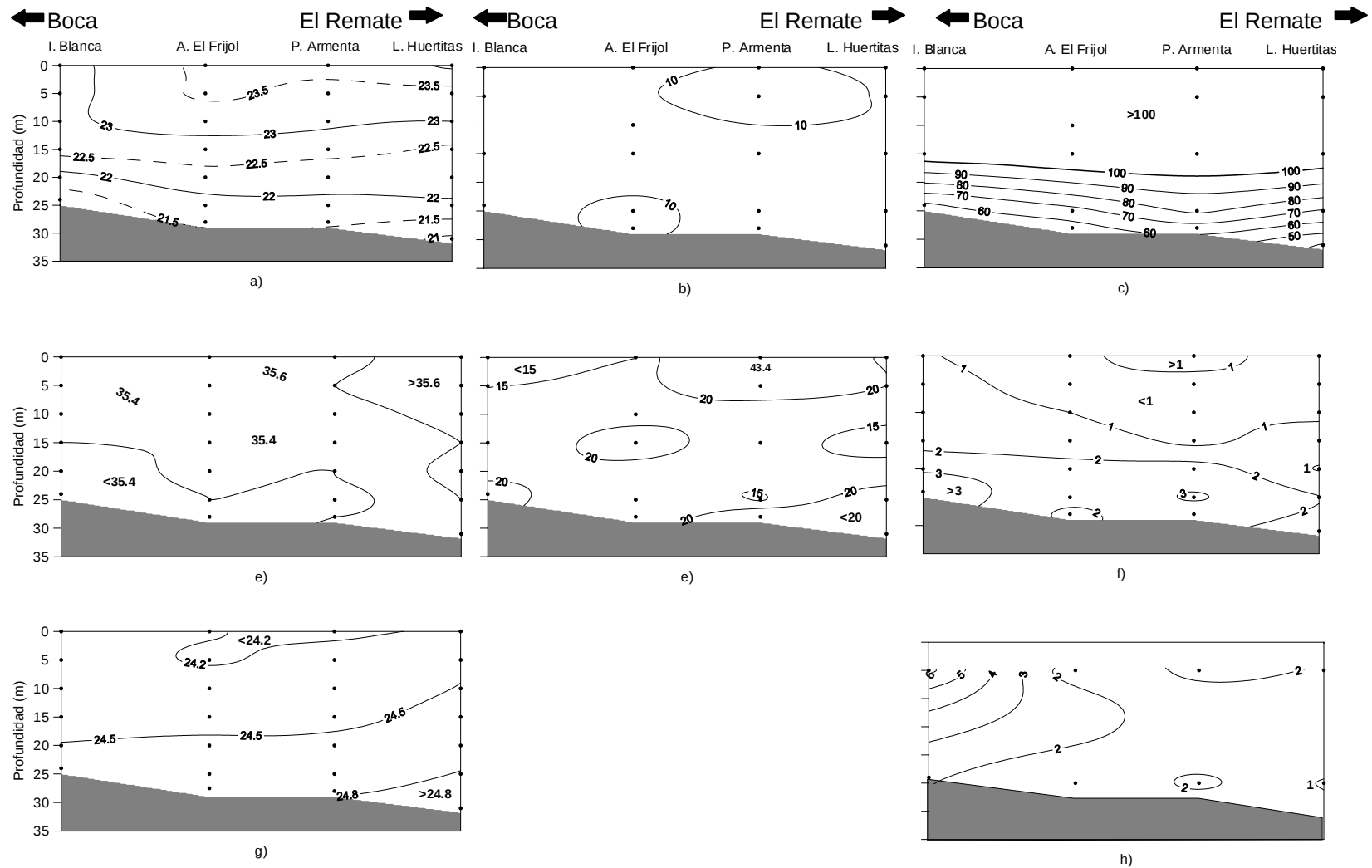


Figura 18. Distribución espacial de las variables físicas, químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 12 de abril de 1996 en Bahía Concepción: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) MSP total (mg/l), c) saturación oxígeno (%), d) salinidad (‰), e) MSP fracción combustible (%), f) clorofila *a* (mg/m^3), g) sigma- t y h) microfitoplancton ($\text{cel/l} \times 10^4$).

3.2.2.2. Fitoplancton

Aunque no se obtuvo una serie de tiempo muy completa durante los muestreos de la columna de agua para el fitoplancton al realizar los experimentos con la trampa de sedimentación, su distribución temporal mostró el estrato superficial (0 - 10 m) con una abundancia de 1×10^4 a 2×10^4 cel/l (Fig. 21b). Por debajo de este estrato se cuantificó a 20 m la mayor abundancia con 13×10^4 cel/l, lo que al parecer propicia un núcleo que se mantuvo a lo largo del período muestreado con la mayor abundancia el día 4 de junio de 1996.

3.3. Caracterización temporal de la columna de agua de Bahía Concepción

3.3.1. Variables físicas y químicas

3.3.1.1. Temperatura

La variación temporal de la temperatura en ambos estratos presentó una disminución en los primeros meses de muestreo de 28.5 °C a 19.5 °C (Fig. 22a), a excepción de los últimos tres muestreos (marzo, abril y mayo de 1996) en el estrato profundo (> 15 m) en donde la tendencia es a disminuir y en el estrato superficial (0 a 15 m) continua aumentando.

3.3.1.2. Salinidad

Durante los primeros tres muestreos (octubre a diciembre de 1995) en los dos estratos la tendencia de la variación temporal de la salinidad es muy similar con salinidades que aumentan de 35.3 a 36.1 ‰ (Fig. 22b) y, posteriormente, en los siguientes muestreos las tendencias son diferentes. En el estrato superficial la salinidad disminuye a 35.7 ‰ en el primer muestreo del mes de febrero de 1996 y aumenta a 36.1 ‰ para el mes de mayo de 1996. En el estrato profundo, la salinidad tiende a disminuir a partir de enero de 1996 con las menores salinidades (< 35.1 ‰) en el mes de mayo de 1996.

3.3.1.3. Densidad

La distribución temporal de la densidad (σ_t), al igual que la salinidad, tiende a aumentar en los primeros tres muestreos (octubre a diciembre de 1995) de 23.4 a 25.6 (Fig. 22c). A partir del mes de diciembre de 1995 se observa una tendencia diferente en cada estrato. En el estrato superficial la densidad continua disminuyendo hasta 23.6 en el mes de mayo de 1996 y en el estrato profundo se observa un ligero aumento en la segunda quincena del mes de febrero de 1996, lo que muy probablemente indique una tendencia hacia la estratificación en este estrato desde el mes de enero hasta febrero de 1996. Para los siguientes muestreos, σ_t disminuye hasta mantenerse alrededor de los 24.6 y 24.8 en los últimos meses.

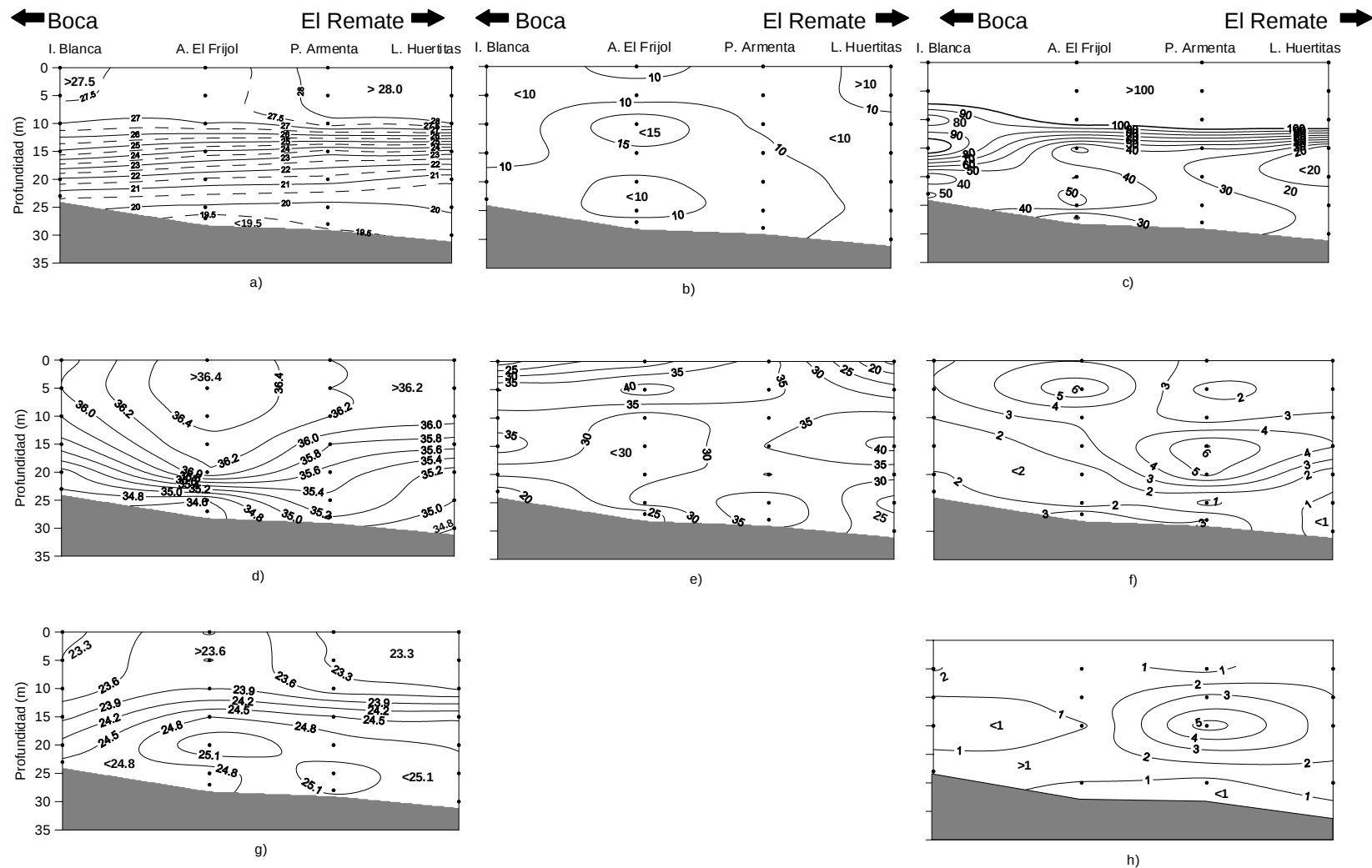


Figura 19. Distribución espacial de las variables físicas, químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 24 de mayo de 1996 en Bahía Concepción: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) MSP total (mg/l), c) saturación oxígeno (%), d) salinidad (‰), e) MSP fracción combustible (%), f) clorofila a (mg/m^3), g) sigma- t y h) microfitoplancton ($\text{cel/l} \times 10^4$).

3.3.1.4. Oxígeno disuelto

De la misma forma que las dos variables anteriores (salinidad y densidad), en los tres primeros muestreos (octubre de 1995 a diciembre de 1995) presenta la misma concentración de oxígeno disuelto en el agua (Fig. 22d). En el estrato superficial aumenta a 5.4 ml/l y se mantiene con muy poca oscilación hasta el mes de abril de 1996 y para el mes de mayo de 1996, observándose una marcada disminución. En el estrato profundo hay una disminución de esta característica del agua de enero a marzo de 1996 lo que puede estar en relación a una ligera estratificación y oxidación de materia orgánica. En el mes de marzo de 1996 la concentración del oxígeno disuelto aumenta al homogenizarse la columna de agua y en el mes de mayo, cuando se establece la termoclina, hay un decremento considerable debido a una posible oxidación de materia orgánica durante este período.

3.3.2. Variables biológicas y abióticas

3.3.2.1. Material suspendido particulado

La tendencia del MSP en el estrato superficial es a disminuir su concentración con el tiempo de 19.5 mg/l en octubre de 1995 a 10 mg/l en mayo de 1996 (Fig. 23a). En el estrato profundo existe mayor cantidad de MSP que en el estrato superficial de noviembre de 1995 a mayo de 1996 con excepción de los meses de octubre de 1995 y febrero de 1996 con dos picos máximos en noviembre de 1995 y marzo 1996 (23 y 15.2 mg/l).

3.3.2.2. Porcentaje de la fracción combustible del MSP

La distribución temporal de la fracción combustible del MSP en el estrato superficial mantuvo porcentajes entre los 19 y 28 % de octubre de 1995 a la segunda quincena de febrero de 1996 (Fig. 23b). En los meses subsecuentes se presentaron las mayores variaciones con oscilaciones de 12 % aproximadamente de febrero a mayo de 1996. En el estrato profundo los menores porcentajes se observaron en el mes de diciembre de 1995 (15 %) y los máximos en el mes de mayo de 1996 (28.8 %). No obstante, en el primer muestreo del mes de febrero de 1996 la concentración fue de 27.4, mucho mayor que en el estrato superficial.

3.3.2.3. Clorofila *a*

Para el caso particular de la clorofila *a*, durante casi todos los muestreos existió una mayor concentración en el estrato profundo con valores máximos muy cercanos a 4 mg/m³ en el mes de octubre de 1995 (Fig. 23c). En el mes de noviembre de 1995 e inicio de febrero de 1996, las concentraciones son similares en los dos estratos con valores de 3 y 2 mg/m³, respectivamente. El

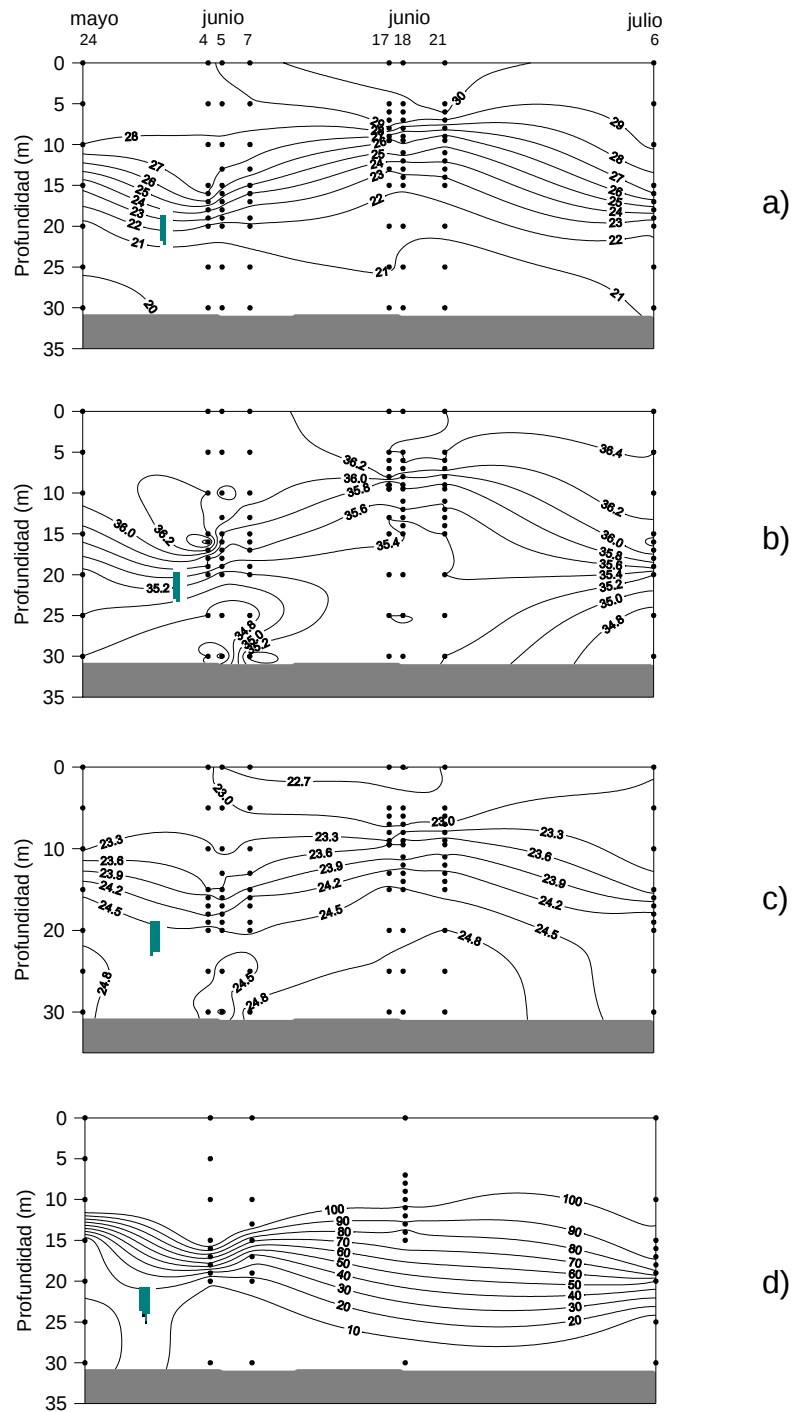


Figura 20. Variables físicas de la columna de agua durante los experimentos con la trampa de sedimentación para la determinación de los flujos verticales del material en hundimiento en la estación de Las Huertitas: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$); b) salinidad (‰); c) densidad y d) saturación del oxígeno (%).

único muestreo en donde existió una mayor concentración en el estrato superficial fue en el mes de mayo de 1996 con 3.2 mg/m^3 .

3.3.2.4. Fitoplancton

La variación temporal de la abundancia fitoplanctónica durante los primeros muestreos (octubre y noviembre de 1995) y los últimos últimos (abril y mayo de 1996) fue a presentar una mayor concentración de organismos en el estrato superficial con las mayores abundancias cercanas a $10\,500 \text{ cel/l}$ mientras que en el estrato profundo se mantuvieron entre 6500 y 7000 cel/l

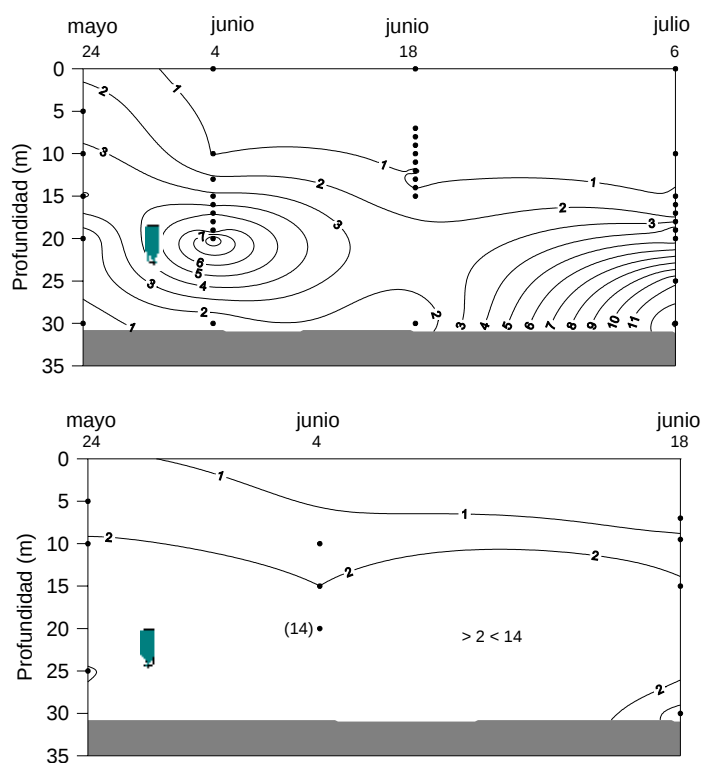


Figura 21. Variables biológicas de la columna de agua durante los experimentos con la trampa de sedimentación para la determinación de los flujos verticales del material particulado en hundimiento en la estación de Las Huertitas: a) clorofila a (mg/m^3) y b) fitoplancton ($\times 10^4 \text{ cel/l}$).

(Fig. 23d). De diciembre de 1995 a marzo de 1996 en ambos estratos presentaron la misma tendencia con una abundancia máxima de $10\,800$ y $10\,700 \text{ cel/l}$ al inicio del mes de febrero.

3.3.3. Principales grupos del fitoplancton

3.3.3.1. Diatomeas

La distribución temporal de las diatomeas presentó la máxima abundancia en el segundo muestreo del mes de febrero de 1996 con $55 \times 10^3 \text{ cel/l}$ en el estrato superficial (Fig. 24a). Esta

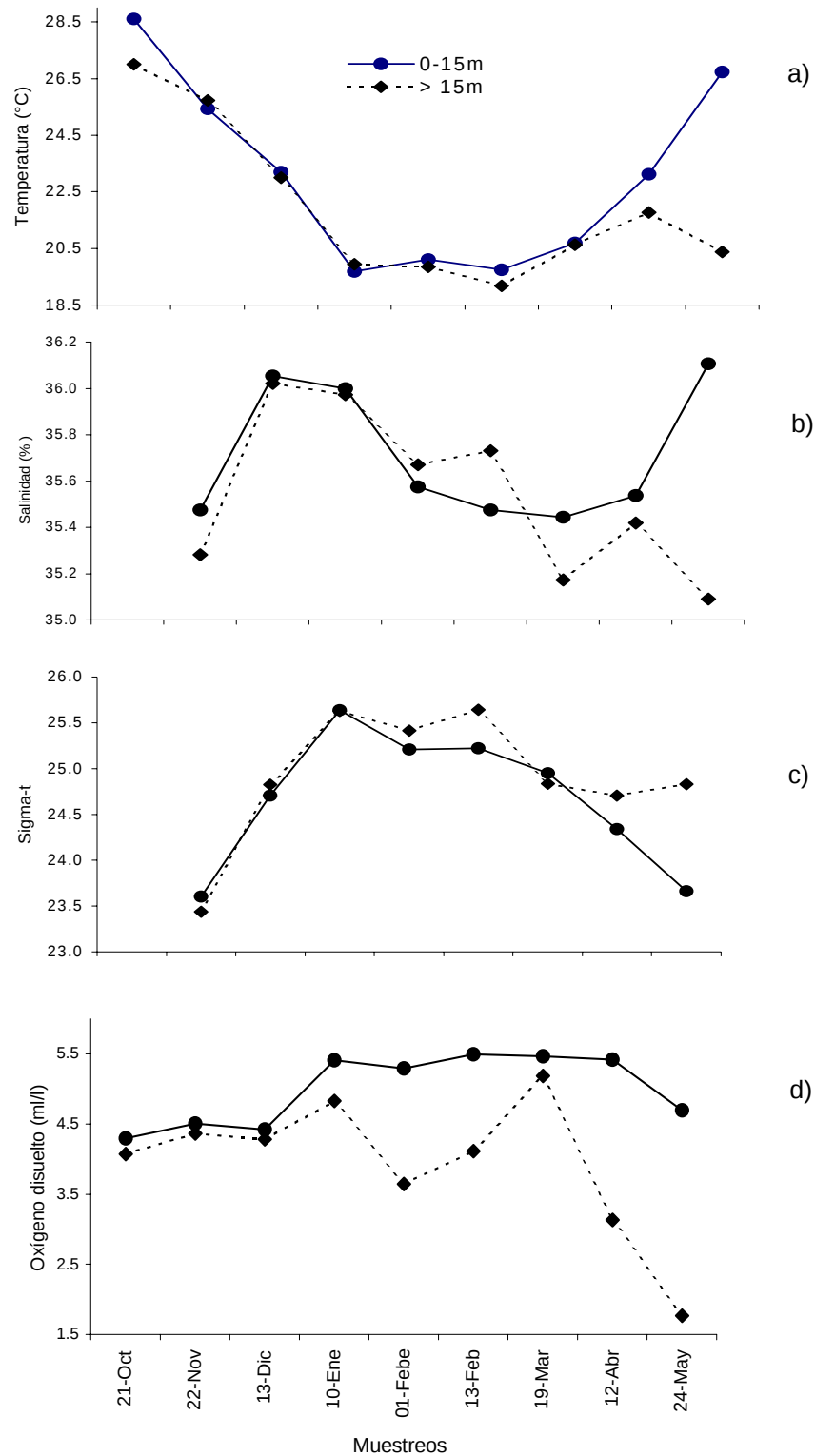


Figura 22. Promedios mensuales por estrato de las variables físicas y químicas muestreadas durante las misiones de campo a Bahía Concepción: a) temperatura; b) salinidad; c) densidad y d) oxígeno disuelto.

dominancia se mantuvo hasta el mes de mayo con respecto al estrato profundo. Las abundancias mas bajas se hicieron presentes en el mes de diciembre de 1995 para los dos estratos con valores de 5×10^3 cel/l.

3.3.3.2. Dinoflagelados

La tendencia en la variación temporal de la abundancia de los dinoflagelados es muy similar en ambos estratos, pero con una mayor abundancia en el estrato superficial (Fig 24b), y un abrupto aumento en el estrato superficial al final de los muestreos (mayo de 1996) con abundancias máximas de más de 40×10^3 cel/l mientras que en el estrato profundo se mantienen la abundancia alrededor de 2 500 cel/l.

3.3.3.3. Silicoflagelados

La tendencia en la variación temporal de la abundancia de los silicoflagelados fue muy similar en los dos estratos (Fig. 24c), las cuales se incrementan para el inicio del mes de febrero de 1996 con un máximo de 3700 cel/l en el estrato superficial de 1 600 cel/l en el estrato profundo. Posteriormente en los dos estratos se observa un decremento con abundancias de silicoflagelados muy cercanas a cero cel/l.

3.3.3.4. Nanofitoplancton

En el caso particular del nanofitoplancton, este no se encuentra presente hasta los muestreos del mes de febrero de 1996 en ambos estratos, a excepción del mes de diciembre de 1995 en donde se observa una abundancia de aproximadamente 500 cel/l (Fig. 25a). En los subsecuentes muestreos el nanofitoplancton se mantiene presente en los dos estratos con una dominancia en el estrato superficial muy cercana a las 3 000 cel/l.

3.3.3.5. Cianobacterias

Las abundancias temporales de las cianobacterias durante el primer mes de muestreo fueron altas, principalmente en el estrato profundo con 840 cel/l (Fig. 25b), lo que pudiera ser debido a una alta concentración de nutrientes (particularmente el nitrógeno que es utilizado y fijado por estos organismos) provenientes de los remanentes de la degradación de la materia organica en la columna de agua y el sedimento. La misma situación pudiera estarse observando en el estrato superficial en donde se tiene aproximadamente una abundancia de 250 cel/l. A partir de este muestreo las abundancias son muy bajas (< 200 cel/l) y en algunos meses las cianobacterias no se presentan como es el caso del mes de diciembre de 1995 y primer muestreo de febrero de 1996.

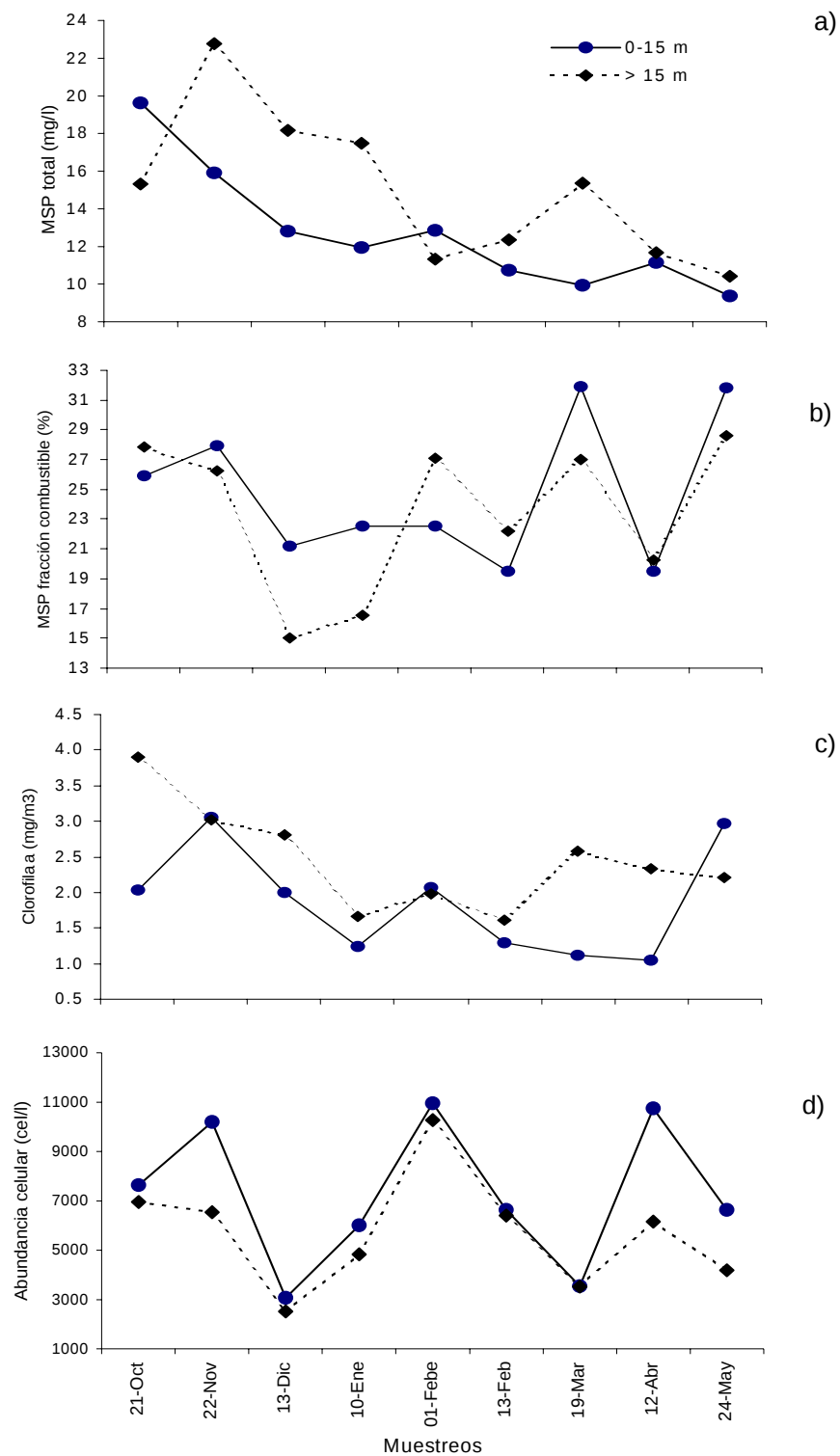


Figura 23. Promedios mensuales por estrato de las variables biológicas muestreadas durante las misiones de campo a Bahía Concepción: a) MSP total; b) MSP-fracción combustible; c) clorofila a y d) fitoplancton.

3.4. Variación temporal del MSP de la columna de agua durante los muestreos a Bahía Concepción

3.4.1. Material suspendido particulado

3.4.1.1. Estrato superficial (0-15 m)

La variación temporal de la concentración del MSP presentó una tendencia a disminuir con el tiempo de 20 mg/l en el mes de octubre de 1995 a 12 mg/l para el mes de mayo de 1996 (Fig.

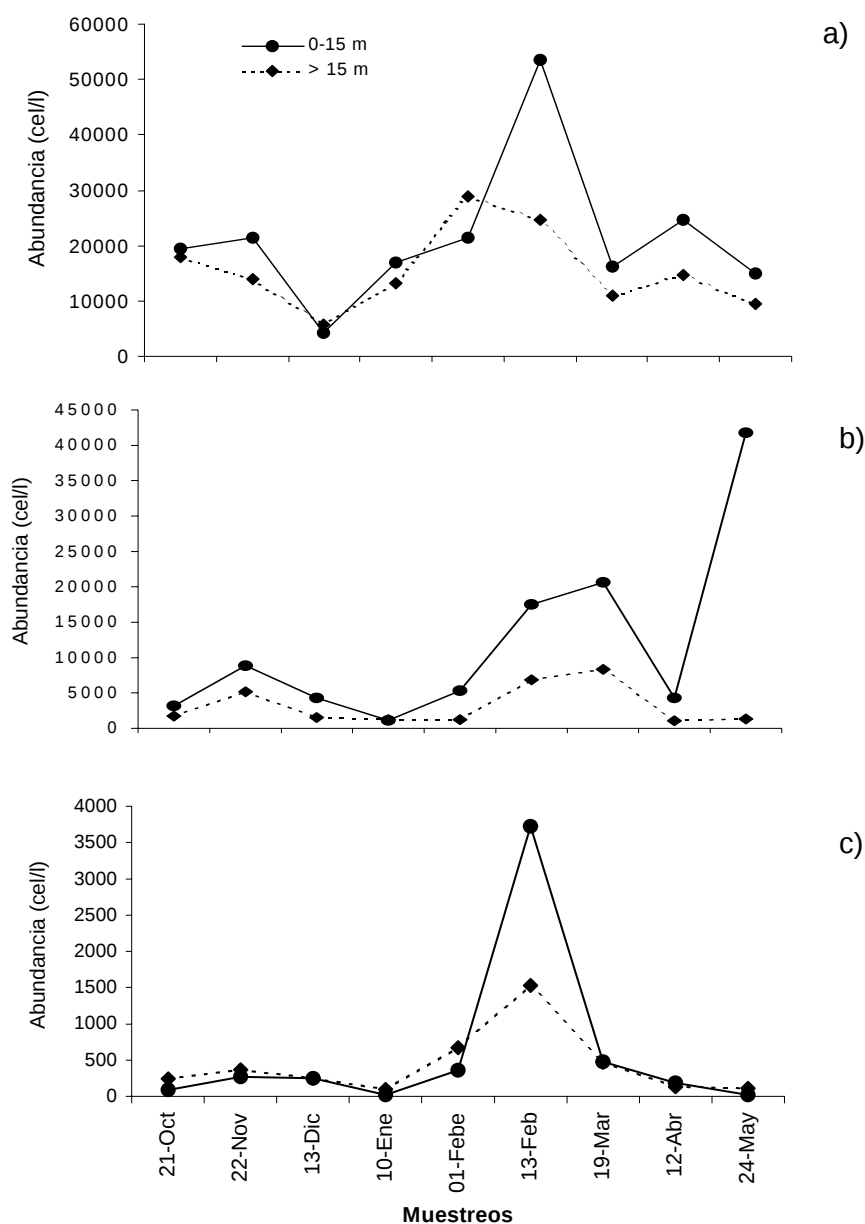


Figura 24. Promedios por estrato para los grupos del microfitoplancton durante las misiones de campo a Bahía Concepción: a) diatomeas b) dinoflagelados y c) silicoflagelados.

26a). De igual forma, la fracción inorgánica bajó sus concentraciones de menos de 15 mg/l para octubre de 1995 a 7 mg/l en mayo de 1996 con ligero incremento (9 mg/l) en el mes de abril de 1996. La fracción orgánica se mantuvo con concentraciones promedio menores a 5 mg/l a largo de todo el período de estudio con los máximos en el mes de octubre de 1995 (5 mg/l) y las menores en el segundo muestreo del mes de febrero de 1996 (2.5 mg/l).

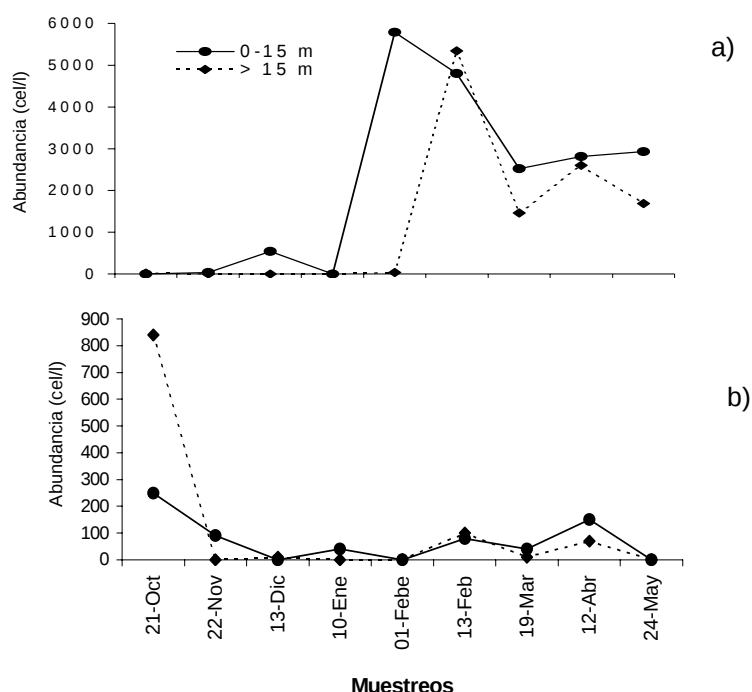


Figura 25. Promedios por estrato para el nanofitoplancton (a) y las cianobacterias (b) durante las misiones de campo a Bahía Concepción.

3.4.1.2. Estrato profundo (> 15 m)

La concentración promedio del MSP en el estrato profundo osciló entre 13 mg/l (primer muestreo de febrero de 1996) y 23 mg/l (noviembre de 1995) (Fig. 26b). La misma tendencia presentó la fracción inorgánica con concentraciones que fluctuaron entre 8 y 17 mg/l, en los mismos meses. La fracción orgánica se mantuvo por debajo de los 5 mg/l, al igual que en el estrato superficial; a excepción del mes de noviembre de 1995 cuando se registró una concentración promedio por arriba de los 5 mg/l.

3.4.2. Porcentajes promedio de los componentes (fracciones) del MSP

3.4.2.1. Estrato superficial (0-15 m)

Los porcentajes promedio de la fracción inorgánica del MSP en el estrato superficial estuvieron por arriba del 68 % y hasta máximos cercanos al 82 % (Fig. 27a). Los meses con porcentajes menores al 70 % fueron marzo de 1996 (68.2 %) y mayo de 1996 (69.6 %) mientras que los meses con porcentajes por arriba del 80 % fueron diciembre de 1995 (80.2 %), febrero de 1996 (81.9 %) y abril de 1996 (81.1 %). Los porcentajes de la fracción combustible del MSP oscilaron entre el 18 y 32 % con respecto al total. De manera inversa a la fracción inorgánica, los mayores porcentajes se registraron en los meses de marzo de 1996 (31.8 %) y mayo de 1996

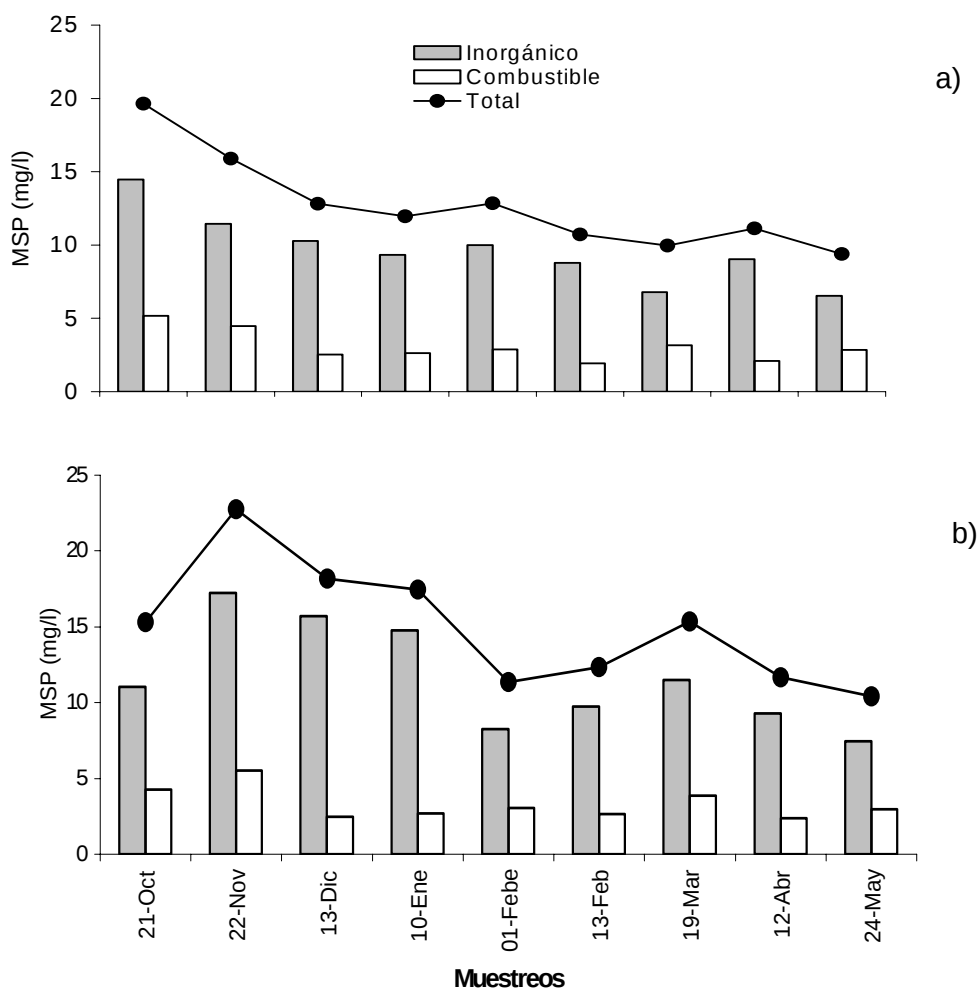


Figura 26. Concentraciones promedio de la variación de la concentración del MSP durante las misiones de campo a Bahía Concepción: a) estrato superficial (0 - 15 m) y b) estrato profundo (> 15 m).

(30.4 %). A su vez, los menores porcentajes de la fracción combustible del MSP se observaron en los meses de diciembre de 1995 (19.8 %), febrero de 1996 (18.1 %) y abril de 1996 (19.8 %).

3.4.2.2. Estrato profundo (> 15 m)

Los porcentajes promedio de la fracción inorgánica del MSP en el estrato profundo estuvieron por arriba del 70 % en todos los muestreos, con los máximos en los meses de diciembre de 1995 (86.4 %) y enero de 1996 (84.5 %) (Fig. 27b). En su caso, los porcentajes promedio de la fracción combustible del MSP tuvieron una variación de entre el 13.6 % y el 28.3 %. Los porcentajes máximos de la fracción combustible se presentaron en los meses de octubre de 1995 (28 %), primer muestreo de febrero de 1996 (27.1 %) y mayo de 1996 (28.3 %).

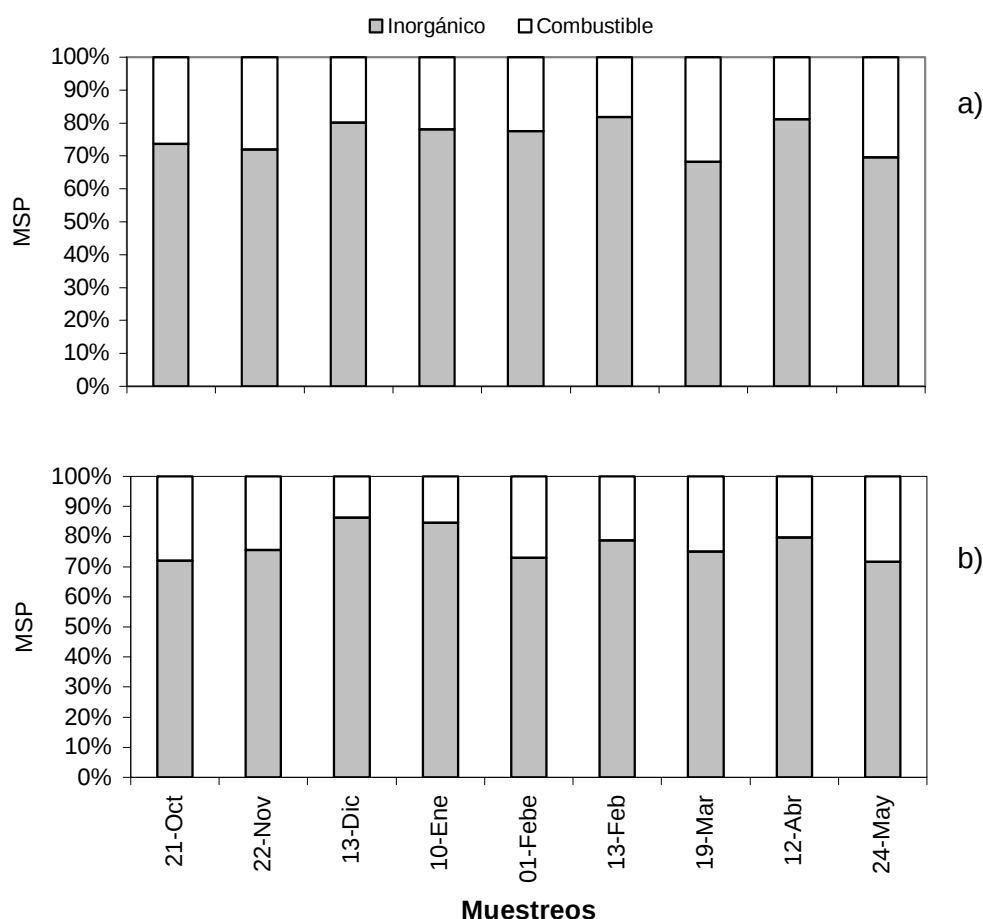


Figura 27. Porcentajes promedio de la contribución de la fracción inorgánica y fracción combustible del MSP durante las misiones de campo a Bahía Concepción: a) estrato superficial (0 - 15 m) y b) estrato profundo (> 15 m).

3.5. Caracterización de los cambios temporales de la composición del fitoplancton

3.5.1. Especies con mayor abundancia relativa

Una vez agrupadas las especies del fitoplancton, tanto diatomeas como dinoflagelados, según sus abundancias relativas, se seleccionaron las más representativas en relación a los cambios encontrados en la estructura hidrográfica de la columna de agua. Esto es, condición de mezcla (homogenización), estratificación y sus transiciones, siendo estas las que a continuación se describen. Cabe señalar que para las especies *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschoides*, *Scripsiella trochoidea* y *Guinardia flaccida* las abundancias registradas son menores que para los géneros *Chaetoceros sp.* y *Pseudonitzschia sp.* por lo que son utilizadas escalas diferentes para representar sus cambios temporales.

3.5.1.1. Estrato superficial (5 m)

El género *Chaetoceros sp.* presentó las máximas abundancias en los meses de octubre de 1995 y noviembre de 1995 (condición de transición e inicio de la homogenización) con más de 12000 cel/l, mostrando una tendencia a disminuir hasta abundancias de 1500 cel/l en el mes de abril de 1996 y, posteriormente no se presentó en los siguientes muestreos (Fig. 28). Por su parte, organismos del género *Pseudonitzschia sp.* se mantuvieron con abundancias menores a 2600 cel/l hasta en el mes de marzo de 1996 para tener un incremento importante en el mes de abril de 1996 (transición hacia la estratificación) con abundancias de 15000 cel/l. La diatomea *Skeletonema costatum* tuvo abundancias de menos de 900 cel/l de octubre de 1995 a marzo de 1996, al igual que la diatomea *Thalassionema nitzschoides* que mantuvo sus abundancias por abajo de 620 cel/l. En el caso del dinoflagelado *Scripsiella trochoidea* su máxima abundancia (1800 cel/l) se registró en el mes de mayo de 1996 (estratificación). La diatomea *Guinardia flaccida* registró sus máximas abundancias en el mes de diciembre de 1995 con 1490 cel/l para disminuir y desaparecer a partir del mes de marzo de 1996.

3.5.1.2. Estrato profundo (25 m)

El género *Chaetoceros sp.* mostró sus máximas abundancias (17 600 cel/l) en el primer muestreo del mes de febrero de 1996 que corresponde a la condición de mezcla de la columna de agua (Fig. 28). A su vez, el género *Pseudonitzschia sp.* mostró abundancias de más de 2600 cel/l en los meses de enero y abril de 1996 y hasta abundancias de 3100 cel/l en el mes de junio de 1996. En el caso de la diatomea *Skeletonema costatum*, se registró su abundancia máxima (3250 cel/l) en el mes de mayo de 1996 (estratificación). La diatomea *Thalassionema nitzschoides* mostró su máxima abundancia (880 cel/l) durante el segundo período de transición hacia la estratificación. En el caso del dinoflagelado *Scripsiella trochoidea*, su abundancia fue mucho más alta en el

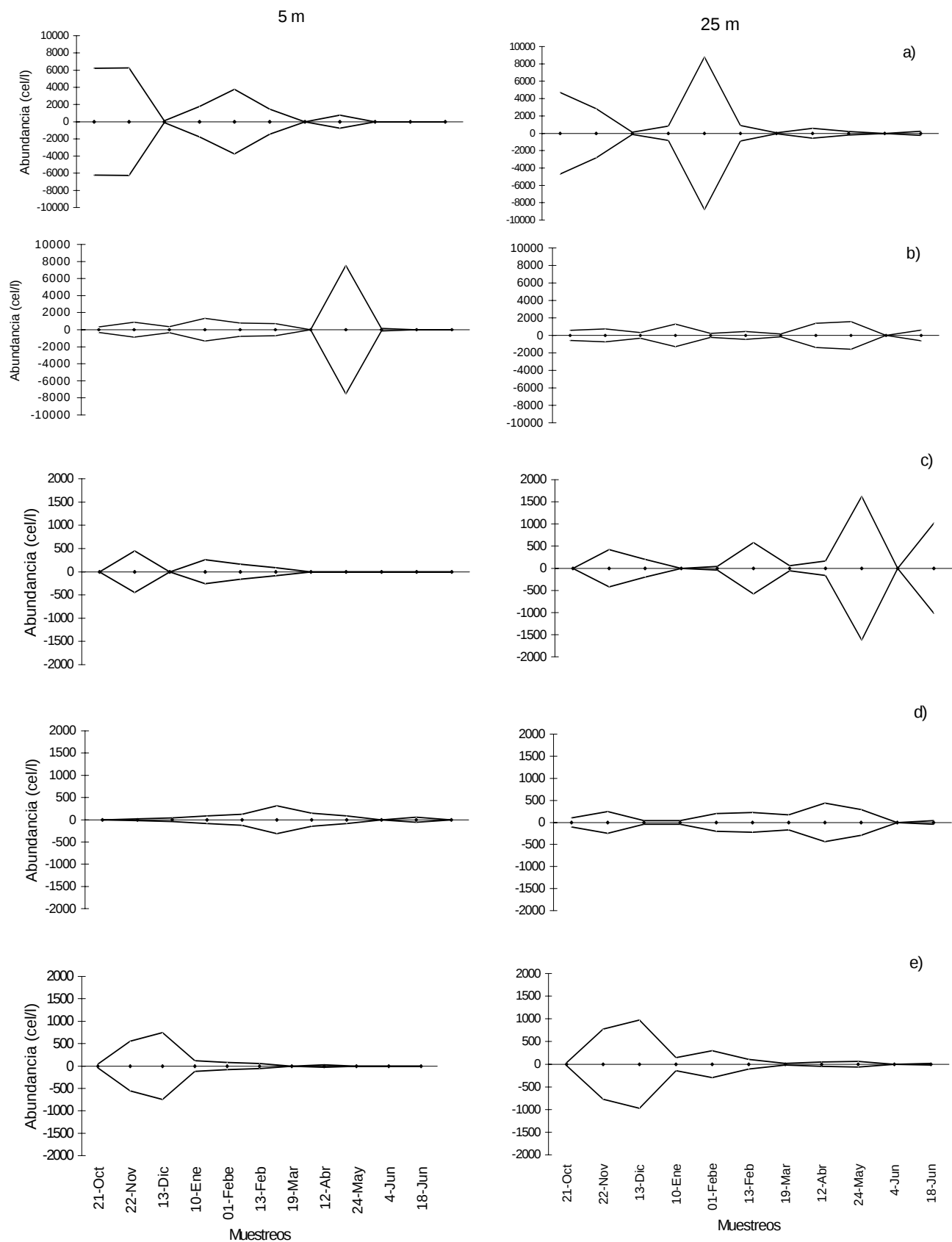


Figura 28. Promedios mensuales de las especies de fitoplancton mas abundantes durante las misiones de campo a Bahía Concepción: a) *Chaetoceros sp.*, b) *Pseudonitzschia sp.*, c) *Skeletonema costatum*, d) *Thalassionema nitzschoides* y e) *Guinardia flaccida*

estrato superficial que en el profundo ya que presentó abundancias máximas de 280 cel/l en el mes de marzo de 1996. Para el caso de la diatomea *Guinardia flaccida*, la tendencia de su abundancia fue muy parecida que en el estrato superficial, presentándose durante el primer período de transición y homogenización de la columna de agua con su mayor abundancia en el mes de diciembre de 1996 con 1940 cel/l.

3.5.2. Transparencia del agua de mar en la columna de agua de Bahía Concepción durante el período de estudio

Los valores promedio de transparencia del agua de mar registrada *in situ* mediante el uso del disco de Secchi oscilaron entre los 8.3 y 11.3 m con las menores profundidades de penetración de la luz en los meses de febrero de 1996 (mitad de la homogenización) con 8.6 m y mayo de 1996 (estratificación) con 8.3 m (Fig. 29). La máxima penetración de la luz se observó para los meses de marzo y abril de 1996 con 11.0 y 11.3 m, respectivamente que corresponde al final de la condición de homogenización (marzo) y transición hacia la estratificación (abril). La transparencia se mantuvo entre los 9.7 y 10.5 m de octubre de 1995 a enero de 1996 con la menor variación en el mes de noviembre de 1995.

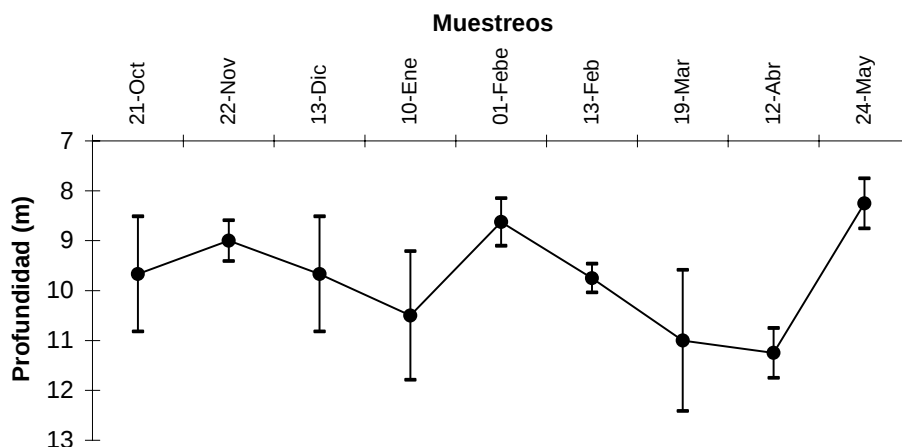


Figura 29. Promedios de la transparencia del agua de mar medida por medio del disco de Secchi en las cuatro estaciones de muestreo durante las salidas de campo a Bahía Concepción.

3.6. Contribución del fitoplancton a la composición del MSP de la columna de agua

3.6.1. Estrato superficial (0-15 m)

La tendencia de los porcentajes promedio de la contribución fotosintética (CF) en el estrato superficial fue a disminuir con el tiempo, esto es, de aproximadamente 18 % en el mes de octubre

de 1995 a menos del 5 % en el mes de mayo de 1996 con una clara dominancia de la contribución no fotosintética (Fig. 30a).

3.6.2. Estrato profundo (> 15 m)

La contribución fotosintética en el estrato profundo disminuyó del mes de octubre de 1995 al mes de enero de 1996 del 28 % al 7 %, respectivamente. A partir de febrero de 1996, presentó un ligero aumento del 7 % al 16 % en el mes de abril de 1996. No obstante en el mes de mayo de 1996 disminuyó a menos del 4 % al igual que en el estrato superficial (Fig. 30b).

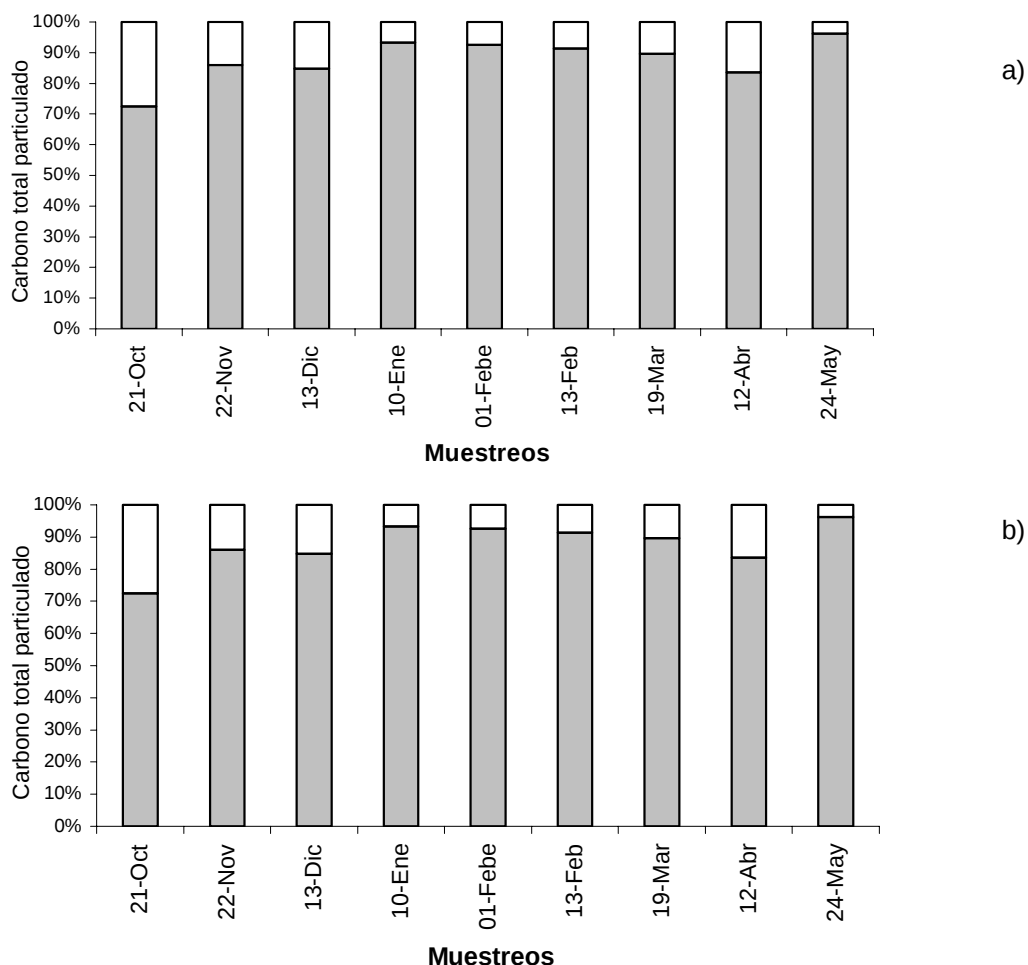


Figura 30. Porcentajes promedio de la contribución fotosintética (CF) y no fotosintética en relación al carbono total del material suspendido particulado durante los muestreos a Bahía Concepción: a) estrato de 0 a 15 m y b) estrato mayor a 15 m.

De manera general, la contribución no fotosintética fue la fracción dominante del MSP de la columna de agua durante todos los muestreos en Bahía Concepción en ambos estratos. El mayor porcentaje de la contribución fotosintética se presentó en el mes de octubre de 1995 en el estrato profundo con un 27 %.

3.7. Flujos verticales del material particulado en hundimiento en la estación fija de Las Huertitas durante los experimentos con la trampa de sedimentos

3.7.1. Flujo de masas y clorofila a

3.7.1.1. Flujo de masa total

Los flujos de masa total oscilaron entre 55 y 1950 mg/m²/d con los valores máximos del 5 al 7 de junio de 1996 (Fig 31a). Del 18 al 20 de junio de 1996 los flujos de la masa total se mantuvieron relativamente constantes entre 720 y 730 mg/m²/d. El resto de los días presentaron valores por debajo de 320 mg/m²/d.

3.7.1.2. Flujo de carbono total particulado

Una tendencia muy similar a los flujos de masa total presentaron los flujos del carbono total particulado, con los máximos flujos (280 a 300 mg/m²/d) del 5 al 7 de junio de 1996 (Fig. 31b). De igual forma que los flujos de masa total, durante los días 18 al 20 de junio de 1996 se observaron flujos que se mantuvieron entre 100 y 150 mg/m²/d. En los días restantes los flujos se mantuvieron por debajo de 50 mg/m²/d, a excepción del día 21 de junio de 1996 cuando se obtuvo un flujo negativo dado por la corrección hecha por la presencia de nadadores al obtener una variación alta en el porcentaje que fue de 1 a 50 %.

3.7.1.3. Flujo de clorofila a

Notablemente se observa un incremento en el flujo de clorofila a mucho más marcado que en el flujo de carbono total particulado durante los días 5 al 7 de junio de 1996, con un aumento de 0.40 a 2.30 mg/m²/d de clorofila a (Fig. 31c). Los días 18 al 20 de junio de 1996 el flujo de clorofila a se mantuvo entre 1.0 y 1.3 mg/m²/d de clorofila a con una variación muy uniforme. El día 21 de junio de 1996 se tuvo el flujo de clorofila a más bajo con 0.2 mg/m²/d de clorofila a. Los días faltantes no se tuvieron muestras para clorofila a, es por ello que no se muestran valores para esta variable ni para el flujo de carbono fitoplanctónico.

3.7.1.4. Flujo de carbono fitoplanctónico

La misma tendencia a aumentar gradualmente presentó el flujo de carbono fitoplanctónico los 5 al 7 de julio de 1996 con valores de 10 a 68 mg/m²/d, respectivamente (Fig. 31d). En los días

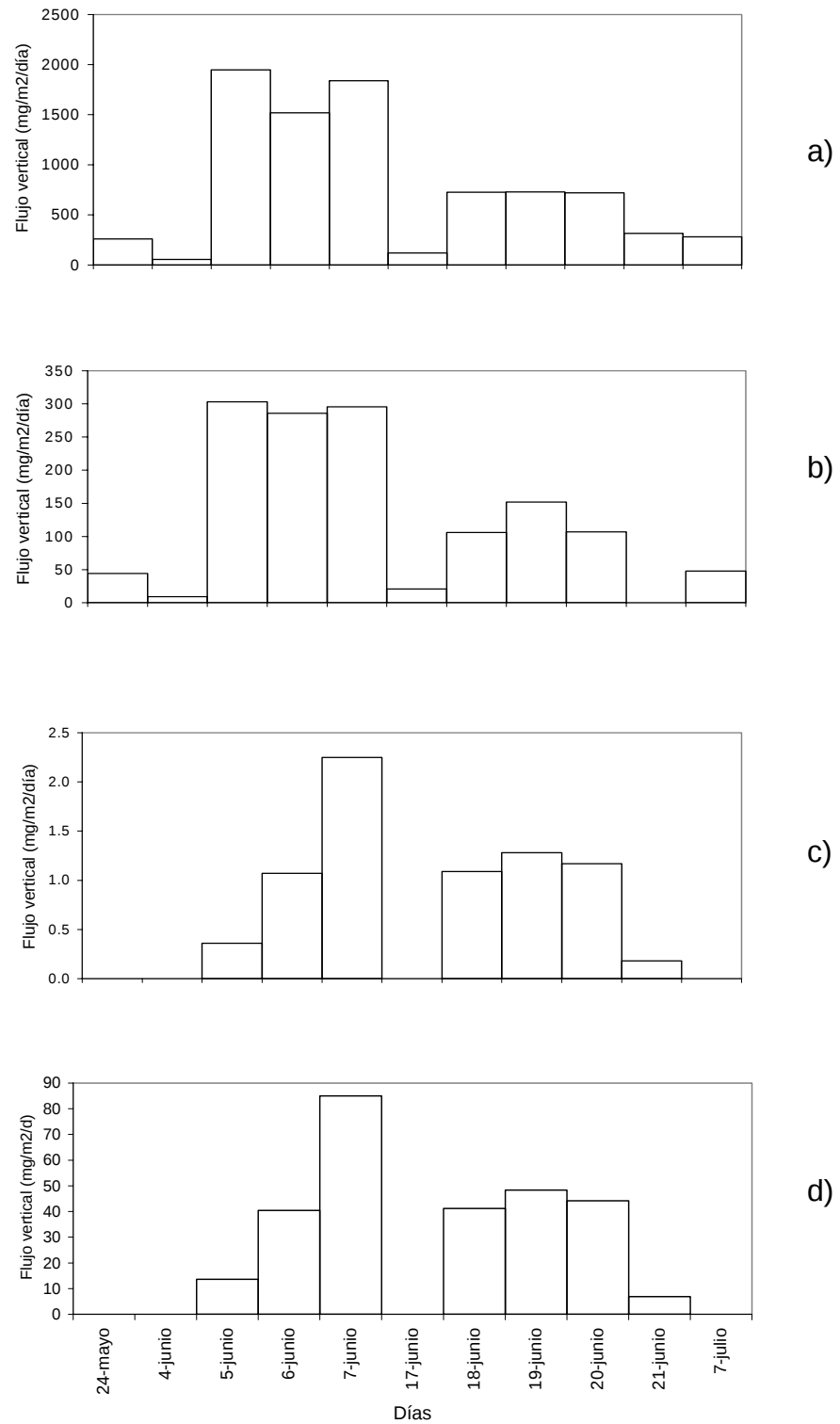


Figura 31. Flujos verticales del material particulado en hundimiento registrados con la trampa de sedimentos en la estación de Las Huertitas: a) masa total; b) carbono total particulado; c) clorofila a y d) carbono fitoplanctónico.

siguientes (18 al 20 de junio de 1996) los flujos se mantuvieron entre 30 y 35 mg/m²/d para disminuir a valores cercanos a 5 mg/m²/d el día 21 de junio de 1996. Este decremento quizá también puede ser explicado por la corrección de los nadadores.

3.7.2. Flujo de organismos autótrofos, grupos fitoplanctónicos y heterótrofos

3.7.2.1. Flujo de fitoplancton

Los flujos de los organismos autótrofos (fitoplancton) mostraron dos períodos de hundimiento de partículas, uno del 5 al 7 de junio de 1996 en donde la tendencia fue a aumentar gradualmente de 90×10^5 a 360×10^5 cel/m²/d y otro del 18 al 20 de junio de 1996 con flujos máximos de 160×10^5 cel/m²/d (Fig. 32a). El resto de los días los flujos se mantuvieron por debajo de 30×10^5 cel/m²/d.

3.7.2.2. Flujo de diatomeas

Una variación similar al flujo de autótrofos presentó el grupo de las diatomeas en donde los días 5 al 7 de junio de 1996 los flujos aumentaron gradualmente de 70×10^5 a 190×10^5 cel/m²/d y en los días 18 al 20 de junio de 1996. El máximo flujo de partículas se presentó el día 19 de junio de 1996 con 120×10^5 cel/m²/d (Fig. 32b). Los flujos del grupo de las diatomeas el resto de los días de las observaciones, estuvieron por debajo de 30×10^5 cel/m²/d.

3.7.2.2. Flujo de dinoflagelados

El grupo de los dinoflagelados registró su flujo máximo el día 7 de julio de 1996 con valores mayores a 50×10^4 cel/m²/d (Fig. 32c). Durante los días 5 a 7 de junio de 1996 el flujo de dinoflagelados se caracterizó por un incremento gradual en el flujo de organismos con 28×10^4 cel/m²/d, de la misma forma que para el flujo de los autótrofos y del grupo de las diatomeas cuyo incremento fue gradual en este mismo período de tiempo pero de un orden de magnitud mayor.

3.7.2.3. Flujo de silicoflagelados

Para el grupo de los silicoflagelados, el mayor flujo se presentó el día 19 de junio de 1996 con valores de 66×10^4 cel/m²/d (Fig. 32d), que coincide con los flujos máximos de los autótrofos y de las diatomeas, estimándose que los grupos dominantes en estos máximos son las diatomeas y silicofleglados. Una situación parecida sucede el día 7 de junio de 1996 donde los flujos mostraron la misma tendencia entre diatomeas, dinoflagelados y en general para los organismos autótrofos, teniendo un flujo el grupo de los silicoflagelados de 28×10^4 cel/m²/d.

3.7.2.4. Flujo de organismos heterótrofos

El grupo de los heterótrofos tuvo la misma tendencia que los grupos anteriores los días 5 a 7 de junio de 1996 con un flujo máximo de 175×10^5 cel/m²/d (mismo orden de magnitud que el grupo de las diatomeas) (Fig. 32e). El resto de la serie de tiempo los flujos estuvieron por debajo de las 40×10^5 cel/m²/d, con una ligera similitud con los otros grupo del 19 al 20 de junio de 1996.

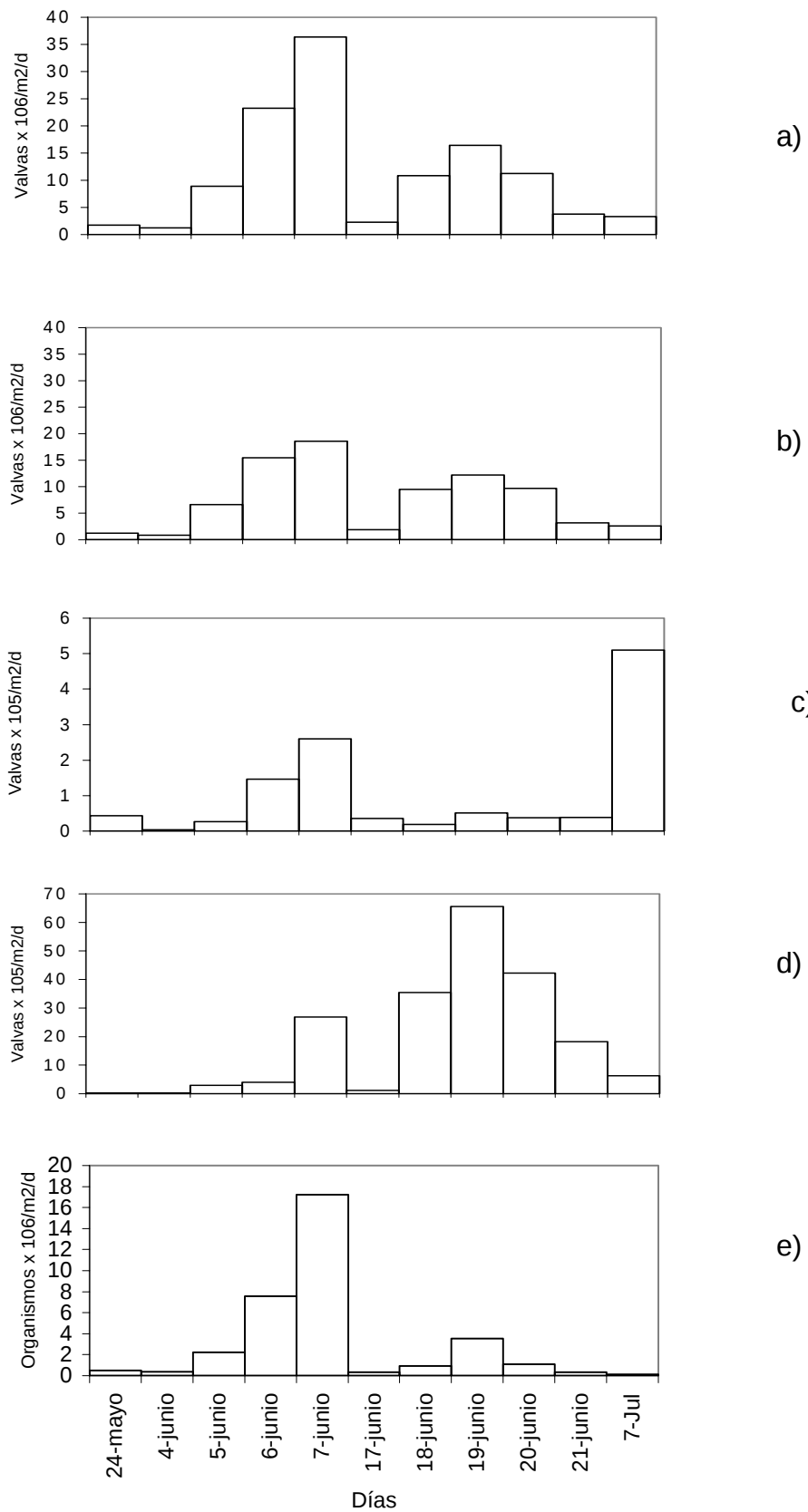


Figura 32. Flujos verticales de los grupos principales del fitoplancton y de organismos autótrofos registrados con la trampa de sedimentos en la estación de Las Huertitas: a) flujo de fitoplancton; b) flujo de diatomeas; c) flujo de dinoflagelados; d) flujo de silicoflagelados y e) flujo de organismos heterótrofos.

En resumen, durante los experimentos con la trampa de sedimentos en la zona de Las Huertitas existieron dos períodos bien definidos de contribución de los diferentes grupos del fitoplancton y organismos heterótrofos al total del flujo vertical de partículas hacia el estrato profundo de la columna de agua (> 18 m). Uno del 5 al 7 de junio de 1996 con una dominancia del grupo de las diatomeas y del grupos de los heterótrofos principalmente y, en menor magnitud, los dinoflagelados y los silicoflagelados. Otro período del 18 al 20 de junio de 1996 con una dominancia del grupo de las diatomeas y del grupo de los silicoflagelados.

3.8. Caracterización del sedimento superficial de Bahía Concepción

3.8.1. Distribución espacial del contenido de carbono orgánico en los sedimentos superficiales

Los contenidos de carbono orgánico en el sedimento mostraron una distribución espacial de tipo concéntrico a lo largo de la cuenca central de la Bahía, presentando un incremento desde las costas hasta la zona central de la cuenca con porcentajes que van de 0.5 a 2 %. (Fig. 33).

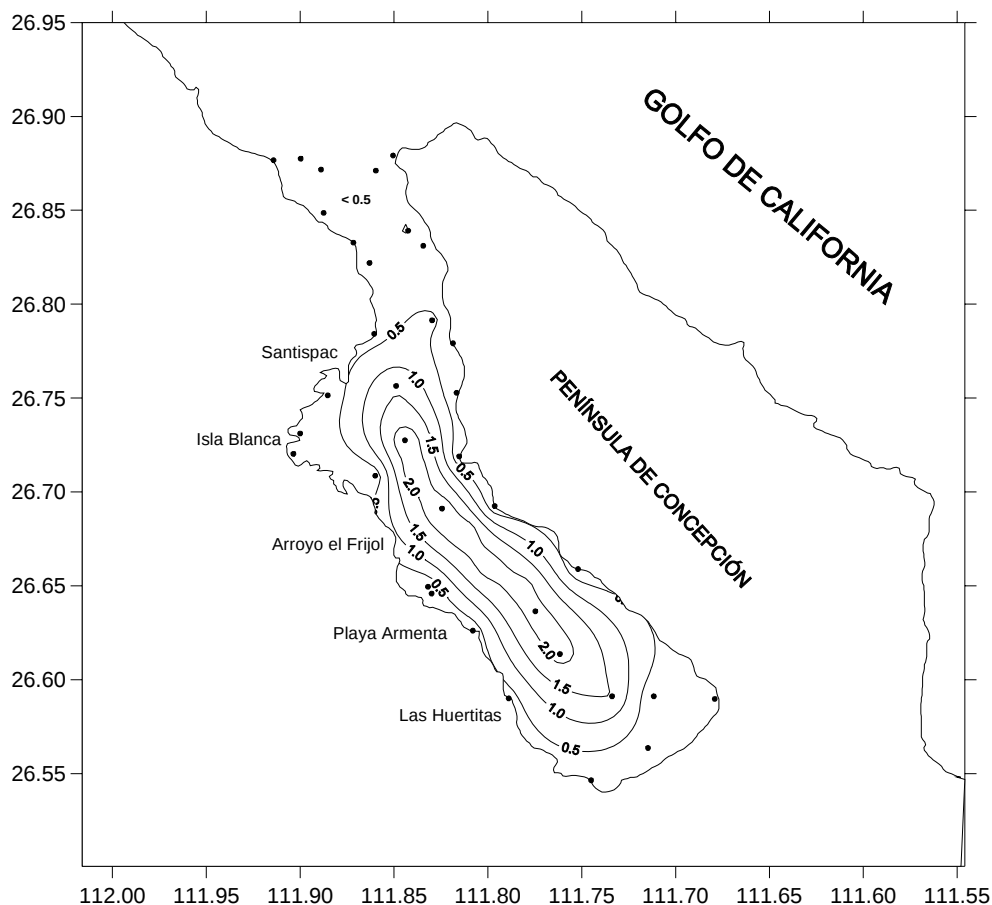


Figura 33. Distribución espacial de contenido de carbono orgánico (%) en el sedimento superficial de Bahía Concepción

3.8.2. Distribución espacial del contenido de calcio en los sedimentos superficiales

Los porcentajes del calcio mostraron tres zonas principales de altos contenidos de este elemento en los sedimentos superficiales: una en la boca de entrada con valores de 15 a 25 % y dos más a lo largo de la cuenca central (Fig. 34). En esta última zona la isolínea de 10 % es la que divide el área desde Santispac hasta el Remate. Hacia la costa oriental de la Bahía se observan los menores porcentajes (< 10 %) y en la costa occidental los porcentajes son mayores al 10 %, siendo la zona de Santispac e Isla Blanca la que presentaron los mayores porcentajes con el 35 %. A su vez, se observa una zona aislada hacia El Remate con porcentajes del 10 al 20 %.

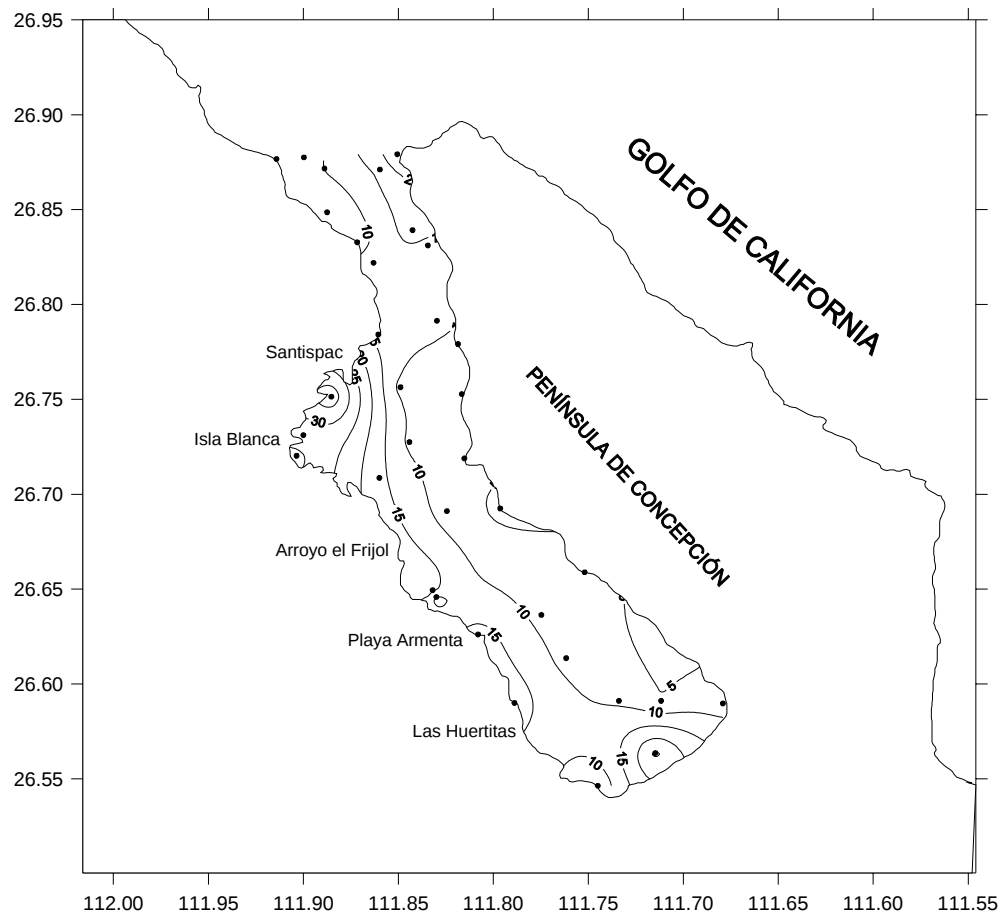


Figura 34. Distribución espacial del contenido de calcio (%) en el sedimento superficial de Bahía Concepción

4. DISCUSIÓN

4.1. Consideraciones generales

La distribución del contenido de carbono orgánico en los sedimentos superficiales de Bahía Concepción (Fig. 33) mostró mayores porcentajes ($> 2.0\%$) en la zona profunda de la cuenca central. Esta distribución se relaciona con la tendencia de sedimentación de partículas finas en aguas con poca turbulencia, y a su vez, con la tasa de hundimiento de la materia orgánica con densidad más baja. Otros factores incluyen la asociación de la materia orgánica que se adhiere sobre las partículas marinas, así como la permeabilidad de los sedimentos gruesos que permite una oxidación más completa de la materia orgánica presente en estos depósitos. Entonces, la distribución del carbono orgánico en los sedimentos superficiales de Bahía Concepción está en estrecha relación con la granulometría del material sedimentario acumulado en el fondo (Cruz-Orozco, 1991; Solis-Ñuñez, en desarrollo).

Además, tomando en consideración la profundidad de la picnoclina en la condición estratificada de la columna de agua que es aproximadamente a los 15 m, las zonas someras de la Bahía se encontrarían todavía bien mezcladas; por lo que este estudio se limita a la zona de la cuenca central donde se presentan fenómenos más interesantes.

Algunos estudios previos han mostrado la alternancia de las condiciones de estratificación y homogenización de la columna de agua en Bahía Concepción (Lechuga-Devéze *et al.*, 2000). Los muestreos mensuales llevados a cabo durante el desarrollo de este estudio permiten observar la evolución de las propiedades de la columna de agua a través del tiempo y a continuación se presentan dos casos identificados:

4.2. Condición no estratificada de la columna de agua

Entre el mes de octubre de 1995 y el mes de marzo de 1996, el índice de estratificación (Delmas *et al.*, 1992) en la Bahía fue menor a 0.07, indicando que la columna de agua estuvo bien mezclada por viento (homogenización) en lo que respecta a las propiedades físicas (temperatura y salinidad) y a las propiedades químicas (oxígeno disuelto) del agua. No obstante, las variaciones de un mes a otro muestran una situación dinámica con frecuentes intercambios de agua entre la Bahía y el Golfo de California (Dressler, 1991; Martínez-López y Gárate-Lizárraga, 1997). Esta situación no corresponde a los registros de Obeso-Nieblas *et al.* (1996), quienes mencionan que el agua al interior de la Bahía, particularmente en la zona profunda, presenta una circulación muy lenta ($< 5\text{ cm/s}$). Esto parece indicar que el intercambio es mucho mayor en la capa superficial, lo cual es característico de un intercambio por corrientes costeras impulsadas por el viento. Lechuga-Devéze (1997) llevó a cabo una de las primeras estimaciones sobre el tiempo de residencia del

agua en la Bahía usando el modelo biogeoquímico propuesto por el programa LOICZ, calculándolo en 500 días. Con este tiempo de residencia el recambio total del agua de toda la Bahía tomaría un tiempo aproximado de año y medio, por lo que el ciclo producción-oxidación de los materiales orgánicos autóctonos (producción interna) y alóctonos (producción externa), tendería a formar y mantener de manera constante las concentraciones bajas de oxígeno (hipoxia). Sin embargo, Murillo-Murillo (en desarrollo) usando el mismo modelo pero tomando en consideración el ciclo hidrográfico de la columna de agua, estimó el tiempo de residencia en 10.5 días para la condición de mezcla y 25.6 días para la condición estratificada; con lo que se modificaría sustancialmente la dinámica interna del sistema. Bahía Concepción morfológicamente se caracteriza por presentar una zona somera (< 10 m) hacia la boca de entrada (Fig. 3), lo cual debe reducir de manera importante el intercambio de agua con el único sistema con el que tiene alguna interacción: el Golfo de California. Recientemente Pérez-Soto (1998) reportó que existe un canal de aproximadamente 30 m de profundidad hacia la costa este (oriental) de la Bahía que corre paralelo a la costa desde casi la boca hasta Punta Amolares, lo que pudiera darle otra dinámica al intercambio de agua con el Golfo de California y modificar de manera importante las características físicas, químicas y biológicas de la Bahía.

Otros parámetros de la columna de agua de Bahía Concepción mostraron gradientes verticales y longitudinales a pesar de la homogenización térmica y de la densidad. Tal es el caso de la fracción inorgánica del MSP cuya concentración y distribución están en función de la resuspensión provocada por los vientos (Castro-Longoria y Grijalba, 1991) y a las fuentes locales de la Bahía; dominando sobre la fracción combustible del MSP en la mayoría de los cuerpos costeros (Smaal y Haas, 1997) como lo muestran los resultados de este estudio. La fracción inorgánica del MSP puede ser aportada por la erosión costera y resuspensión del sedimento (Zeitzschel, 1970). Otra fuente importante son los aportes continentales ya sea por la desembocadura de arroyos o por escurrimientos pluviales ocasionales (Lee y Wakeham, 1988), situaciones existentes en el área de estudio por la presencia del Río Mulegé y las ocasionales lluvias de verano, que a la fecha no han sido cuantificadas para el área del estudio. Una parte de la fracción inorgánica del MSP deriva de los esqueletos de las valvas de las diatomeas y silicoflagelados (silice) y otra de los carbonatos del plancton. En su caso, la fracción combustible del MSP por lo general se origina de manera natural mediante la producción primaria de los autótrofos, excreción y predación (Wakeham y Lee, 1993).

Por su parte, la clorofila *a* y el fitoplancton responden a los cambios de la intensidad luminosa y a la penetración de la luz en la columna de agua. Durante la condición no estratificada, la clorofila *a* presentó concentraciones de 1 a 4 mg/m³ que fueron encontradas principalmente en el estrato profundo de la columna de agua (Fig. 23c). Han sido reportados rangos de concentraciones de clorofila *a* que oscilan entre los 7 y 45 mg/m³ y de 10 a 99 mg/m³ para la clorofila *b* en los fondos de la Bahía que son asociados con organismos del género *Prochloron* que debido a su abundancia pudiera jugar un papel importante en la cadena alimenticia del sistema como productor primario (Lechuga-Devéze, 1994).

Los resultados obtenidos en este estudio para las diferentes variables biológicas se encuentran en el rango de concentraciones, o muy cercanas a éstas, de las reportadas por otros autores en estudios realizados en la zona, como es el caso de Reyes-Salinas (1994), Martínez-López y Gárate-Lizárraga (1994;1997), Lechuga-Devéze (1994; 1997; 2000; 2001), Palomares-García *et al.* (2002). Es importante hacer notar que el tipo de muestreo llevado a cabo en este estudio permite conocer los cambios mensuales. Sin embargo, a pesar de la homogenización de la columna de agua se observaron variaciones en la concentración y distribución espacial del MSP (Figs. 12-17b y Figs. 12-17e). Es por ello que se hace necesario llevar a cabo registros a más corto plazo (diarios y/o quincenales) para conocer y entender la dinámica del ecosistema de Bahía Concepción (Martínez-López y Gárate-Lizárraga, 1997).

La mayoría de los estudios realizados en Bahía Concepción hacen referencia a las condiciones hidrográficas de la columna de agua (estratificación-mezcla-transición) que se sabe ocurren periódicamente (Reyes-Salinas, 1994; Martínez-López y Gárate-Lizárraga, 1994; Morquecho-Escamilla, 1996; Lechuga-Devéze *et al.*, 2000; Peguero-Icaza, 2000). Se basan en ellas para el análisis, interpretación de resultados y propuestas de futuros estudios. No obstante, en cada una de las condiciones hidrológicas de la columna de agua es posible encontrar cambios químicos y biológicos sin importar el régimen hidrográfico. Así en este estudio, analizando la columna de agua por capas (0 - 15 m y > 15 m) se encontró para el oxígeno disuelto que su concentración disminuyó en la capa profunda a partir del muestreo del 10 de enero de 1996 hasta el muestreo del 19 de marzo de 1996 a concentraciones cercanas a 4 ml/l (Fig. 22d). Este decremento está relacionado muy posiblemente con la disminución de los vientos que hacen que la columna de agua tienda a formar una estructura estratificada, como sucede cuando netamente se da cambio del régimen homogéneo al régimen estratificado por la disminución de viento del noroeste y dominancia de los vientos del sur y sureste (Roblez-Gil, 1998). Además de los vientos está una posible incorporación de material particulado de manera natural por crecimiento del

fitoplancton que se conoce es una de las principales fuentes de biomasa orgánica en los sistemas marinos (Wakeham y Lee, 1993). Además, se observó la intrusión de agua del Golfo (Fig. 15g) ya reportada con anterioridad por Dressler (1981), particularmente en para el inicio del muestreo del mes de febrero de 1996, que coincide con la disminución en la concentración del oxígeno disuelto (Fig. 22d).

En el intercambio puede estarse incorporando al sistema de Bahía Concepción material particulado de origen alóctono del Golfo de California (Martínez-López y Gárate-Lizárraga, 1997) tanto vivo como muerto (detritus) que incrementaría la oxidación de la materia orgánica en la capa profunda de la columna de agua. Aunque las mareas rojas producidas por el dinoflagelado *Noctiluca scintillans* se presentan en los meses fríos (Gárate-Lizárraga, 1991; 1995), recientemente se han empezado a estudiar en la zona los florecimientos algales de otras especies de dinoflagelados como *Alexandrium catenella* que se producen en diferente época a los florecimientos de *N. scintillans*, con otras condiciones ambientales y de manera subsuperficial, que al llegar a su fase senescente podrían ser otra fuente de materia orgánica al sistema (Band-Smith *com. per.*); causando la baja en el oxígeno disuelto en la capa profunda de la columna de agua (> 15 m). La disminución en la concentración del oxígeno disuelto observada durante el desarrollo de este estudio para el mes de febrero de 1996, puede deberse a esta incorporación de material orgánico particulado al sistema de Bahía Concepción; aún cuando las variables físicas (temperatura y densidad) mostraron una columna de agua homogénea.

De igual forma, se observaron cambios en la concentración del MSP, la cual no se mantuvo constante aunque la condición de la columna de agua era de homogenización; por lo que se presumen cambios a más corto plazo que no pueden ser registrados con la frecuencia de muestreo con la que se realizó este estudio. No obstante, López-Cortés *et al.* (2003a,b) han llevado a cabo estudios posteriores en Bahía Concepción con una frecuencia de muestreo de 3 a 5 días y quincenalmente para analizar las condiciones físicas, químicas, la biomasa del fitoplancton y el estado trófico de la Bahía. Sus resultados reportan cambios lineales en la temperatura mostrando oscilaciones importantes de un mes a otro. De esta forma, es recomendable llevar a cabo, en estudios futuros, un seguimiento más continuo de los cambios en las variables biológicas que con la frecuencia y diseño de muestreo realizados en este estudio no es posible hacer.

4.3. Condición estratificada de la columna de agua

Del mes de mayo al mes de julio de 1996, tiempo en el cual registró la condición estratificada de la columna de agua para este estudio, el índice de estratificación (Delmas *et al.*, 1992) en la Bahía fue mayor a 0.30. La columna de agua presentó gradientes verticales tanto en

sus características físicas, al observarse el desarrollo de una termoclina, haloclina y pycnoclina, como químicas, caracterizadas por la presencia de una oxiclina. A pesar de la condición estable de estratificación, es posible observar un intercambio de agua entre el Golfo y la Bahía, al igual que en la condición no estratificada de la columna, con lo que se corrobora la situación dinámica entre los dos cuerpos de agua. Murillo-Murillo (en desarrollo) estimó el tiempo de residencia del agua para la condición estratificada en 25.6 días, entonces el volumen total del agua de la Bahía puede ser renovado en aproximadamente un mes. Esto es diferente con la condición homogénea, cuando la renovación del agua se hace de manera más rápida (10.5 días) provocando cambios importantes a más corto plazo. La condición estratificada se mantiene a pesar de la intrusión de agua del Golfo, que observa en la parte profunda (> 25 m) de IB al tener agua con una σ_t menor en esta área, debido a que penetra por la parte profunda de la cuenca (Fig. 19g) provocando condiciones inestables que tienden a modificarse rápidamente manteniendo la condición estratificada. Para romper con el gradiente vertical de la columna de agua es necesaria una mayor energía (Lund-Hansen *et al.*, 1996) que puede ser aportada por los vientos (Dressler, 1981; Reyes-Salinas, 1994) y corrientes de marea.

La estructura estratificada de la columna de agua de Bahía Concepción, no se modifica por la intrusión de agua del Golfo de California pero si puede presentar movimientos horizontales generados por la radiación solar que acentuada durante el verano (Gowen *et al.*, 1995). En el segundo muestreo de junio de 1996, la termoclina, haloclina y pycnoclina mostraron movimientos ascendentes y descendentes en la columna de agua (Figs. 20a,c).; en respuesta a los cambios de la temperatura en el estero superficial (0 - 5 m). La temperatura se incremento a más de 30 °C los días 17, 18 y 21 de junio de 1996 debido a una mayor radiación solar y, posteriormente disminuyó a menos de 30 °C provocando los movimientos horizontales de las isotermas, isohalinas e isopycnas.

Para el mes de mayo de 1996, la concentración del MSP se mantuvo relativamente baja (< 15 mg/l), distribuyéndose homogéneamente en la mayor parte de la columna de agua (Fig. 19b). Cuando prevalecen gradientes horizontales (estratificación), la tendencia es formar agregaciones (parches) en el gradiente mas marcado de cambio que puede corresponder a la termoclina y/o pycnoclina. Para el caso de la clorofila *a* y el fitoplancton se encontró este tipo de distribución (parches), observandose máximos superficiales y subsuperficiales (Fig. 19f y h), cuya amplitud y distribución en la columna de agua pueden estar relacionadas con la concentración y disponibilidad de los nutrientes, la densidad del agua de mar pero principalmente con la cantidad de luz (Abdel-Moati, 1990). Por lo tanto la presencia, ausencia o movimientos a lo largo de la

columna de agua de estos máximos están en relación directa con la cantidad de luz que incida sobre ellos, mostrando así una fotoadaptación que contribuirá a cambiar la concentración interna de biomasa pigmentaria de los organismos autótrofos (Felip y Catalan, 2000). Sin embargo, la posición de los máximos subsuperficiales de clorofila *a* y de fitoplancton fue por abajo de la picnoclina en donde se han observado y reportado concentraciones relativamente bajas de oxígeno disuelto.

Entonces es importante conocer qué organismos son los que pueden aclimatarse y adaptarse a condiciones extremas para llevar a cabo los procesos fotosintéticos en esa zona de la columna de agua y son capaces de generar una producción basada en la fotosíntesis autotrofica. Para el área de estudio Bustillos-Guzmán *et al.* (2000) han reportado una alta concentración de zeaxantina y un incremento en los valores de clorofila *a*, peridina y fucoxantina por debajo de la capa de mezcla (> 15 m), justo donde la concentración del oxígeno disuelto disminuye considerablemente de 6 ml/l a 0 ml/l y la concentración del sulfuro de hidrógeno aumenta de 0 mg/l a 0.16 mg/l. El aumento en la concentración de la clorofila *a* lo atribuyen a la presencia de las diatomeas, dinoflagelados y cianobacterias mientras que el incremento en los otros pigmentos los asocian a la presencia de bacterias anoxigénicas fototróficas.

Los porcentajes de la contribución fotosintética (CF) y no fotosintética (CNF) mostraron una dominancia de los organismos heterótrofos, bacteria y detritus (Lancelot Van Beverent, 1980) sobre los organismos fotosintéticos (autótrofos). Existen varias fuentes potenciales de detritus en la Bahía que no han sido evaluadas y que pueden ser el origen de esta dominancia. Estudios anteriores en la Bahía han reconocido la presencia de la CNF como el realizado por Reyes-Salinas (1994) quien reportó para el inicio de la primavera (marzo) y finales de otoño (noviembre), la dominancia de organismos heterotróficos (76-90%), representados principalmente por el nanoplancton (2- 20 μ m). De igual forma, Martínez-López y Gárate-Lizárraga (1994) mencionan que el detritus en el mes de mayo (verano) presentaron altas contribuciones (62-92%), siendo las principales fuentes las partículas detríticas provenientes de las macroalgas (*Sargassum spp.*), que al cambiar la temperatura durante la condición de homogenización, se desprenden incorporándose al sistema (Núñez-López, 1993; Núñez-López y Casas-Valdéz, 1996). Se ha calculado para el área de estudio una biomasa promedio de 14 kg/m² (Casas-Valdéz *et al.*, 1996).

La pradera del pasto marino *Zostera marina* constituye otra fuente de materia orgánica. Cuando la temperatura alcanza valores mayores a 22°C (otoño), se desprenden los limbos foliares dando como resultado una mortalidad masiva (Santamaría-Gallegos, 1996). La defoliación de los manglares es también importante como fuente de materia orgánica (Aguñiga *com. pers.*). A la

fecha no se ha llevado a cabo ningún tipo de estudio en relación a la distribución, cobertura y abundancia de estos organismos en el margen de la Bahía Concepción pero se sabe de la existencia de las especies *Avicenia germinans* y *Rhizophora mangle* (Felix Pico com. pers.) en la zona de Santispac principalmente y Las Huertitas.

Las frecuentes mareas rojas producidas por el dinoflagelado *Noctiluca scintillans* durante los meses fríos (invierno), son un evento biológico conocido por su frecuencia y periodicidad (Alvarez y Felix-Pico, 1986; Gárate-Lizárraga, 1991; 1995), los cuales constituyen otra fuente de materia orgánica al sistema. Se han registrado concentraciones de entre 125×10^3 y 887×10^3 cel/l (Gárate-Lizárraga, 1991; 1995) de 1988 a 1995. En años posteriores las concentraciones encontradas han alcanzado valores de 54×10^3 hasta 7×10^6 cel/l (Hernández-Alfonso, datos no publicados). Además de estas fuentes potenciales de materia orgánica que pueden estar presentes en la Bahía, que muy posiblemente mantienen la dominancia de la CNF sobre la CF, existe la participación del fito y zooplancton, así como, el detritus producido por predación y heces fecales.

A su vez, el material detrítico ha sido considerado como un alimento potencial para organismos filtradores (larvas y adultos), como es el caso de la almeja catarina (*Argopecten circularis*), que se encuentra presente en el área de estudio y se explota comercialmente (Palomares-García, 1997). Además, los organismos filtradores son favorecidos por la alta calidad bioquímica que presentan los materiales no fotosintéticos (detritus) (Martínez-López y Gárate-Lizárraga, 1994). Así se hace evidente su importancia dentro de la Bahía durante una buena parte del año.

El aporte constante de materia orgánica en forma de detritus al sistema de Bahía Concepción puede generar el consumo del oxígeno disuelto por la oxidación, tanto en la columna de agua como en el sedimento y flujos de sedimentación con variaciones estacionales (que aún no han sido registradas) durante la condición de mezcla (homogenización).

En resumen, las condiciones físicas (temperatura y densidad principalmente) de la columna de agua mostraron una distribución homogénea de noviembre de 1995 a marzo de 1996 con remanentes de la estratificación de verano en el mes de octubre de 1995, que puede ser considerado como de transición hacia la homogenización de la columna de agua; en donde existieron intercambios de agua con el Golfo de California que se hacen evidentes por las zonas de inestabilidad en el primer muestreo del mes de febrero de 1996 y los cambios de salinidad. Para abril de 1996 se observa una tendencia hacia la estratificación según el gradiente horizontal de la temperatura y la densidad, considerando a este mes como un segundo período de transición

de la condición homogénea a la estratificada de la columna de agua. Netamente la estratificación se establece en el mes de mayo en donde se observan en todas las variables físicas una estructura mas compleja con una termoclina, halocilina y una picnoclina entre los 10 y 20 m de profundidad.

En relación a los flujos verticales del material particulado en hundimiento, se han llevado a cabo registros en la parte central del Golfo de California por Sancetta (1995) y Thunell *et al.* (1994) específicamente en la cuenca del Carmén y en la cuenca de Guaymas. Ambos autores mencionan que las condiciones hidrográficas y ambientales que ocurren en el Golfo de California afectan de manera importante a los flujos verticales, lo cual pudiera suceder en el área de estudio. Cabe mencionar que los flujos registrados en el desarrollo de este estudio son la primera aproximación para conocer la dinámica de Bahía Concepción desde el punto de vista biogeoquímico.

La productividad primaria en los ambientes pelágicos y costeros es la principal fuente del flujo de partículas pudiendo llegar a presentar cambios regionales y estacionales. El aumento o disminución en los flujos verticales es el reflejo de los cambios en las capas superficiales de la columna de agua. En las áreas con una alta productividad primaria, como es el caso de la cuenca de Panamá, se han registrados flujos mayores a $274 \text{ mg/m}^2/\text{d}$ de carbono orgánico particulado (Berger y Wefer, 1992), valor que se encuentra por debajo del flujo máximo de carbono total particulado registrado en Bahía Concepción que es de $303 \text{ mg/m}^2/\text{d}$. No obstante, el flujo de carbono total en los ambientes productivos pudiera ser mucho mayor que el registrado en Bahía Concepción ya que sólo se está tomando en cuenta la contribución del carbono orgánico.

En la mayor parte de los ambientes oceánicos el flujo de masa total fluctúa entre 20 a $123 \text{ mg/m}^2/\text{d}$ con la excepción de los áreas de surgencias y las regiones polares (Berger y Wefer, 1992). El valor mínimo del flujo de masa total registrado para Bahía Concepción es de $55 \text{ mg/m}^2/\text{d}$, el cual se encuentra dentro del rango reportado por estos autores. No obstante, el flujo máximo que es de $1946 \text{ mg/m}^2/\text{d}$ es un orden de magnitud mas elevado que el reportado para los ambientes oceánicos, siendo muy probable que se encuentre entre los flujos de las surgencias, otras regiones con alta productividad o aquellos registrados durante florecimientos del fitoplancton.

Kiorboe *et al.* (1994) llevaron a cabo un estudio para evaluar la sedimentación del fitoplancton durante un florecimiento cerca de la isla Orcas al oeste de la costa de Washington, E.U. El área de estudio es un cuerpo semicerrado con una boca de entrada orientada hacia el sureste, muy parecido a Bahía Concepción, cuyas dimensiones son: 10 km de largo por 2 km de ancho con una profundidad de entre 28 a 30 m y un bajo que alcanza los 8 m de profundidad cercano a la boca. Se colocó una trampa de sedimentos al interior del cuerpo costero a 21 m de

profundidad, la cual se retiraba aproximadamente entre 12 y 24 horas. La columna de agua mostró una estratificación tanto en temperatura como en salinidad, con una pycnoclina a 5 m de profundidad. El flujo registrado para los pigmentos (clorofila + feopigmentos) osciló entre 6 y 10 $\text{mg/m}^2/\text{d}$ y para el carbono fitoplanctónico entre 10 y 200 $\text{mg/m}^2/\text{d}$. El flujo de clorofila a registrado para Bahía Concepción fue de 0.18 a 2.25 $\text{mg/m}^2/\text{d}$, muy inferior al reportado para esta zona. Sin embargo, no se incluye el flujo de feopigmentos el cual pudiera incrementar el flujo total de pigmentos y estar quizá muy cerca del límite inferior (6 $\text{mg/m}^2/\text{d}$). En su caso, el flujo máximo del carbono fitoplanctónico (67.5 $\text{mg/m}^2/\text{d}$) registrado para Bahía Concepción en este estudio no llega al valor medio para el área reportado por Kiorboe *et al.*, (1994) que correspondería a 105 $\text{mg/m}^2/\text{d}$ de carbono fitoplanctónico. De esta forma, aunque Bahía Concepción se menciona que es un sistema costero muy productivo, no es comparable con una zona con características geomorfológicas muy parecidas al menos cuando se desarrollan florecimientos de fitoplancton, que muy posiblemente también se presenten en Bahía Concepción.

Los flujos verticales pueden presentar variaciones regionales y estacionales dependientes de las características ambientales y oceanográficas de los sistemas (Berger y Wefer, 1992). Particularmente en los sistemas costeros las variaciones en los flujos verticales están influenciadas por el tipo y cantidad de materiales, así como, por la profundidad de la columna de agua (Romero *et al.*, 2000; Silverberg *et al.*, 2000). En el desarrollo de este estudio el flujo de masa total del 5 al 7 de junio de 1996 presentó un valor promedio de 1768 $\text{mg/m}^2/\text{d}$ mientras que para el período comprendido entre el 18 y 20 de junio de 1996 el valor promedio disminuyó a 725 $\text{mg/m}^2/\text{d}$. El mismo patrón se observó para el flujo de carbono total, clorofila a y el flujo de carbono fitoplanctónico. Estas variaciones muestran probablemente la variabilidad del sistema y las limitaciones de la metodología utilizada, incluyendo la profundidad de la trampa de sedimentos en relación a la estructura variable en la columna de agua.

4.4. Capacidad del sistema de Bahía Concepción para oxidar la materia orgánica

La descomposición (oxidación) de la materia orgánica en los ambientes marinos es uno de los principales procesos que controlan la composición química del agua de mar y de los sedimentos. De esta forma, la concentración de los principales nutrientes (nitrógeno y fósforo) se eleva conforme la materia orgánica es oxidada. Este proceso usualmente ocurre principalmente por dos vías: en condiciones de oxigenación donde la oxidación se lleva a cabo a partir del oxígeno y en condiciones de anoxia en donde se usa el sulfato para realizar la oxidación de la materia orgánica. La primera domina en la mayoría de los ambientes marinos y la segunda prevalece en lugares donde la sedimentación de la materia orgánica es considerable (Lee, 1992).

A continuación se hace una primera evaluación de las condiciones tanto de la columna de agua como del sedimento de Bahía Concepción para conocer la capacidad del sistema en la oxidación de la materia orgánica.

4.4.1. Evaluación para las condiciones de la columna de agua

4.4.1.1. Registros del oxígeno disuelto

Para el área de estudio han sido reportadas con anterioridad concentraciones bajas (hipoxia - < 1 ml/l) y/o ausencia total (anoxia - 0 ml/l) de oxígeno disuelto en varios estudios llevados a cabo por otros investigadores (Gilmartin y Revelante, 1978; Reyes-Salinas, 1993; Lechuga-Devéze, 2000; Bustillos-Guzmán, 2001). En este estudio, la evaluación se llevó a cabo en relación a la concentración de oxígeno disuelto registrada en la zona de la cuenca central de la Bahía en el estrato profundo de la columna de agua (> 15 m) en las cuatro estaciones de muestreo (Fig. 35). Este estrato fue determinado considerando el límite inferior de la pycnoclina (Fig. 20c) y la saturación del oxígeno disuelto, en relación a la profundidad (15 m) de donde la estructura estratificada se hace más profunda y se amplía en la columna de agua (Fig. 20d). De esta forma, se determinó que la concentración promedio de oxígeno disuelto en el mes de abril de 1996 (período de transición), justo antes de la formación de la termoclina, fue de 3.92 ml/l y para el mes de mayo de 1996 (inicio de la estratificación, tiempo en el cual se establece el gradiente vertical de densidad en la columna de agua) fue de 1.92 ml/l. Haciendo uso del factor de conversión propuesto por Aminot y Chaussepied (1983) que es de 1 ml de O_2 equivale a 1.43 mg de O_2 , se obtiene una concentración de 5.6 mg/l y 2.7 mg/l de oxígeno disuelto, respectivamente. Los valores calculados son referidos al volumen del estrato profundo de la cuenca central (> 15 m) que es de 159×10^7 m³, para obtener así la cantidad de 8.87×10^{12} mg de O_2 y de 4.36×10^{12} mg de O_2 para cada uno de los meses antes indicados. Conociendo que 1 mg de O_2 puede oxidar 0.375 mg de C (Aminot y Chaussepied, 1983), se estimaron 3325 toneladas de carbono total particulado para el mes de abril de 1996 y 1637 toneladas de carbono total particulado en el mes de mayo de 1996 (Fig. 35). La diferencia es equivalente al carbono fue potencialmente oxidado entre la transición hacia la estratificación y el establecimiento de la condición estratificada de la columna de agua, siendo una primera aproximación.

4.4.1.2. Registros del carbono total particulado

Tomando las mismas consideraciones que para el oxígeno disuelto, la concentración promedio de carbono total particulado registrada en el estrato profundo de la cuenca central para el mes de abril de 1996 fue de 0.545 mg/l y para el mes de mayo de 1996 de 1.375 mg/l.

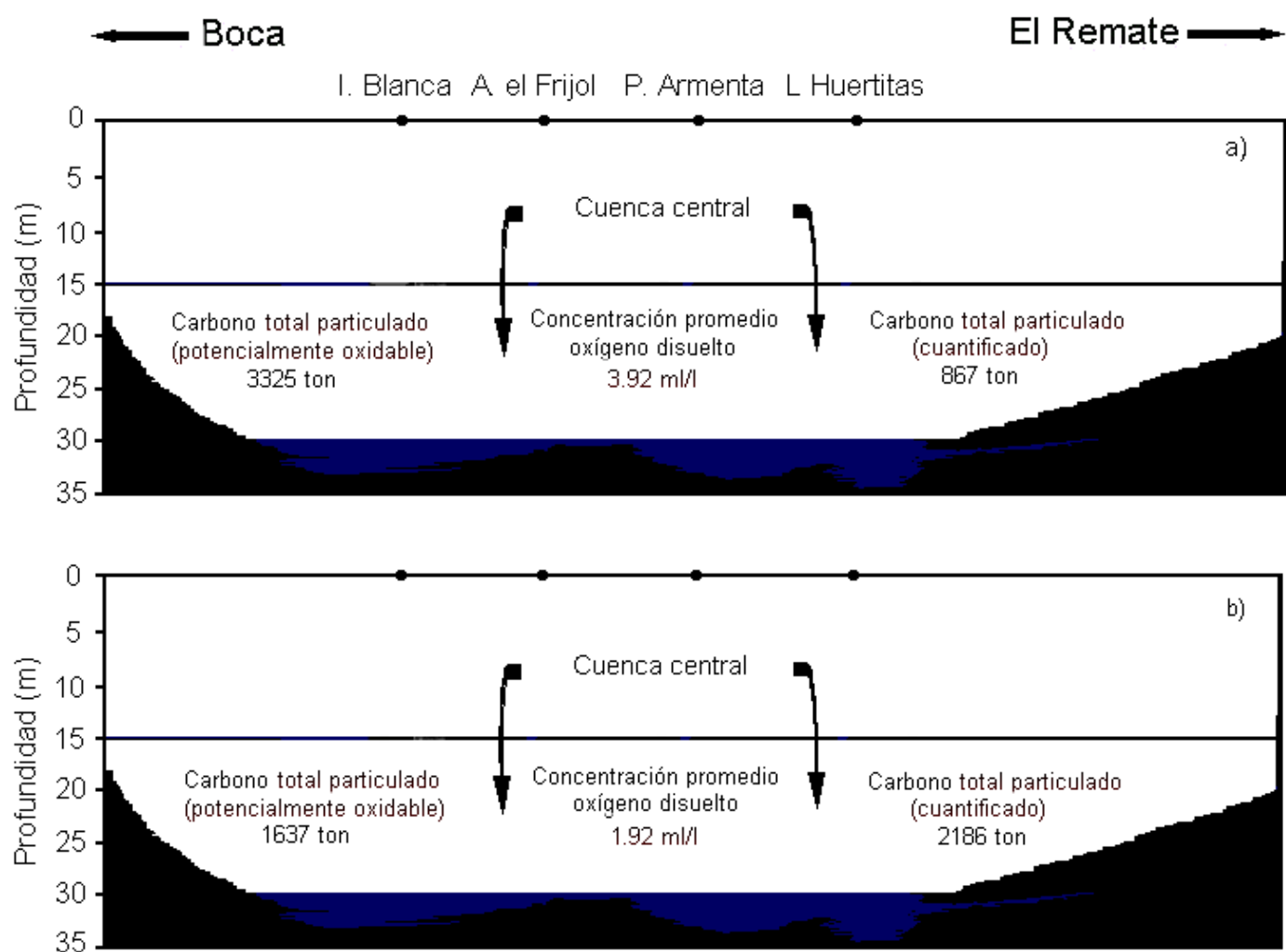


Figura 35. Modelo conceptual de la oxidación de la materia orgánica en la zona profunda de la columna de agua en la cuenca central de Bahía Concepción el 12 de abril de 1996 (a), que corresponde al período de transición hacia la condición estratificada, y el 24 de mayo de 1996 (b) una vez establecida la condición estratificada.

Para el volumen de la cuenca central que es de $159 \times 10^7 \text{ m}^3$, se estiman 867 toneladas de carbono total particulado en el mes de abril de 1996 y 2186 toneladas de carbono total particulado en el mes de mayo de 1996 (Fig. 35) para el estrato profundo ($> 15 \text{ m}$) de las aguas de Bahía Concepción.

Por lo tanto, la comparación del valor calculado a partir del oxígeno disuelto (3325 toneladas C) y el cuantificado de carbono total particulado (867 toneladas de C) sugiere que en el mes de abril de 1996 existe una alta disponibilidad de oxígeno disuelto para oxidar la materia orgánica de la columna de agua con un excedente de 2458 ton que son susceptibles de oxidarse en la condición de transición, antes de la estratificación de la columna de agua. En el mes de mayo de 1996, la cantidad calculada de carbono total particulado a partir de la concentración promedio del oxígeno disuelto en el estrato profundo ($> 15 \text{ m}$) es de 1637 toneladas y el cuantificado fue de 2186 toneladas, lo que supone que la cantidad de oxígeno disuelto presente en el estrato profundo de la cuenca central no es suficiente para oxidar la materia orgánica. Por lo tanto, la idea de que durante la condición estratificada de la columna agua en Bahía Concepción existe una degradación importante de materiales que propician la formación de condiciones tanto de hipoxia como de anoxia y, posteriormente al agotarse el oxígeno disuelto, la formación de sulfuro de hidrógeno en la zona profunda de la cuenca central durante la condición estratificada se corrobora.

No obstante, es importante hacer mención que algunos datos de carbono total particulado del muestreo del mes de mayo de 1996, utilizados para obtener la cantidad para llevar a cabo los cálculos, presentaban un error de un orden de magnitud en la posición del punto decimal. De esta forma la concentración promedio de carbono total particulado en el estrato profundo era de 4.7 mg/l que generaban 7425 ton, por lo que se concluía que se presentarían condiciones de hipoxia y anoxia.

En el estudio realizado por Lechuga-Devéze *et al.* (2000) en la misma zona durante la condición estratificada de la columna de agua, se calcula una carga total de alrededor de 2000 toneladas de C. La diferencia entre la biomasa de la materia orgánica (carbono) de éste estudio (1325 ton C) y el realizado por estos autores es del 31%, debido quizá a que existan fluctuaciones interanuales y a diferentes fuentes de materia orgánica que se incluyen al sistema de Bahía Concepción. Aún así, el oxígeno disuelto disponible en la capa profunda ($> 20 \text{ m}$) de la columna de agua, está limitado por la barrera física impuesta por la termoclina, por lo que es insuficiente para oxidar esa materia orgánica bajo esas condiciones y esto explica la ocurrencia de los eventos

estacionales de hipoxia y anoxia en Bahía Concepción.

4.4.2. Evaluación para las condiciones en el sedimento

Son varios los registros que mencionan la presencia de condiciones de hipoxia o anoxia en el estrato profundo (> 15 m) de la columna de agua cuando el sistema de Bahía Concepción se encuentra estratificado durante el verano (Gilmartin y Revelante, 1978; Reyes-Salinas, 1993; Lechuga-Devéze, 2000; Bustillos-Guzmán, 2001). Sin embargo, poca atención se le ha dado a la oxidación del carbono orgánico en el sedimento que pudiera contribuir con las concentraciones bajas o ausencia total de oxígeno. Esta es una de las primeras aproximaciones para estimar la contribución de los sedimentos en los procesos de degradación del material particulado en relación con los flujos de sedimentación del material particulado en hundimiento y el contenido de carbono orgánico en el sedimento registrados a lo largo de este estudio en Bahía Concepción.

Los contenidos de carbono orgánico en el sedimento que serán tomados para llevar a cabo la estimación son de las estaciones 20 y 21 que corresponden a 1.51 y 2.21 % (ver anexo 6) respectivamente cuyo promedio es de 1.86 %, encontrándose situadas en la zona de Las Huertitas (Fig. 10) donde se colocó la trampa de sedimentos. La densidad del sedimento de Bahía Concepción, conociendo que el 80 % es agua (1.028) y el 20 % restante material sólido (2.6) es de 1.44 g/cm^3 . La masa de cada fracción es de 824 mg para la parte acuosa y 520 mg para la parte sólida en una columna del sedimento de 1 cm de espesor debajo de 1 cm^2 del área de superficie.

El promedio ponderado del flujo de masa total de todos los registros hechos en el período de estudio es de $333 \text{ mg/m}^2/\text{d}$. De igual forma, el promedio ponderado de la fracción del contenido de carbono total particulado en el flujo de masa total es de 0.17 ó $57 \text{ mg C/m}^2/\text{d}$. Para calcular el tiempo que tomaría la sedimentación de las partículas a partir del promedio del flujo ponderado de masa total, se refiere a la parte sólida (520 mg/cm^3) del sedimento de Bahía, estimando que tomaría 42.8 años para que sedimentara por completo. Evaluando la tasa anual el promedio del flujo ponderado del carbono total particulado ($57 \text{ mg/m}^2/\text{d}$) sería de $20.81 \text{ g/m}^2/\text{a}$.

Para obtener la cantidad del carbono orgánico en la parte sólida (520 mg/cm^3) del sedimento de Bahía Concepción, tomando como referencia 1 m^2 con una profundidad de 1 cm , se tendrían 5200 g de sólido/ m^2 en 42.8 años. Esa cantidad contiene en promedio 1.86 % de carbono orgánico que representan 96.7 g/m^2 . La tasa de acumulación del carbono orgánico en la parte sólida de los sedimentos de Bahía Concepción es de $2.26 \text{ g/m}^2/\text{a}$. Entonces el flujo de carbono total particulado calculado es de $20.81 \text{ g/m}^2/\text{a}$ y la acumulación del carbono orgánico calculada

para el sedimento es de $2.26 \text{ g/m}^2/\text{a}$, por lo que la diferencia ($18.55 \text{ g/m}^2/\text{a}$) sería el carbono total particulado que es oxidado en el sedimento o en la interfase agua-sedimento en el fondo de Bahía Concepción.

Por otra parte, tomando en cuenta una columna de agua de 1 m^2 con una profundidad de 30 m durante la condición no estratificada en Bahía Concepción y una concentración promedio de oxígeno disuelto de 5.4 ml/l , que es expresada en mg/l y convertida a sus equivalentes en carbono usando los factores de conversión de Aminot y Chaussepied (1983), se tiene que 87 g/m^2 de carbono pueden ser oxidados. Para la condición estratificada con las mismas consideraciones pero con una columna de agua de 15 m, el valor de oxidación se reduce a la mitad 43.5 g/m^2 . Por lo tanto, la concentración de oxígeno que hay en un día (5.4 ml/l) excede la concentración de carbono (18.55 g/m^2) que es oxidado en el sedimento en un año. Estos cálculos, son aproximaciones a groso modo que indican que la mayor parte de la oxidación del carbono orgánico particulado ocurre en el agua y no en el sedimento.

De manera general, durante el mes de abril (condición de transición hacia la estratificación) antes de establecerse la condición estratificada, existe una alta disponibilidad de oxígeno para llevar a cabo la oxidación de la materia orgánica en la columna de agua. De igual forma, en el sedimento puede llevarse a cabo la oxidación de la materia orgánica debido a una buena disponibilidad de oxígeno en la columna de agua. Sin embargo, una vez que se establece la condición estratificada de la columna de agua, en el estrato profundo ($> 15 \text{ m}$) no existe la suficiente disponibilidad de oxígeno para llevar a cabo la oxidación de la materia orgánica, por lo que las condiciones hidrográficas de la columna de agua juegan un papel importante en la dinámica del sistema de Bahía Concepción.

5. CONCLUSIONES

1. Se corroboraron las dos estructuras hidrográficas de la columna de agua anteriormente reportadas para Bahía Concepción: una estructura homogénea que abarcó desde noviembre de 1995 hasta marzo de 1996 y otra estructura estratificada que se estableció en el mes de mayo de 1996 cuya duración no pudo ser determinada al no continuar con los muestreos, la cual se caracteriza por la presencia de un gradiente de densidad (picnoclina) que aísla el estrato profundo (> 15 m) .

2. Adicionalmente, se encontraron dos períodos de transición: uno que corresponde al mes de octubre de 1995 que es el cambio de la condición estratificada a la homogénea y otro que se presentó en el mes de abril de 1996 y, que corresponde al paso de la condición homogénea a la estratificada.

3. A pesar de la homogenización física de la columna de agua, existen otras variables químicas y biológicas que no muestran esta misma condición, por lo que no es posible considerar a las diferentes condiciones de la columna de agua como características de una época.

4. En el caso del oxígeno disuelto, presentó una disminución en su concentración durante la condición no estratificada de la columna de agua (febrero de 1996), lo que muestra la importancia de procesos meteorológicos como el viento que afectan a la estructura hidrográfica de Bahía Concepción.

5. La variación en la concentración del MSP puede verse modificada por la exportación de materiales a Bahía Concepción provenientes del Golfo de California por el constante intercambio de cambio de agua como lo muestra la intrusión de agua del Golfo durante los meses de marzo y abril de 1996.

6. Los porcentajes de la contribución fotosintética del fitoplancton se mantuvieron bajos (< 30 %), dominando la contribución no fotosintética (> 70 %) durante todo el período de estudio, sin estar en estrecha relación con los cambios hidrográficos de la columna de agua.

7. La trampa de sedimentos utilizada para llevar a cabo los registros del flujo vertical del material particulado en hundimiento en la zona profunda de la cuenca central de Bahía Concepción, proporcionó las primeras aproximaciones sobre los flujos de sedimentación, dando la pauta para el entendimiento sobre el destino de los materiales en el sistema y generando nuevas formas de llevar a cabo investigaciones en Bahía Concepción.

8. En la columna de agua, la evaluación de la capacidad del sistema para oxidar la materia orgánica mostró que durante el segundo período de transición (abril de 1996), antes de la condición estratificada el sistema tiene la capacidad de oxidar la materia orgánica debido a una

buena disponibilidad de oxígeno disuelto para hacerlo. No obstante, la capacidad del sistema para oxidar la materia orgánica durante la condición estratificada de la columna de agua (mayo de 1996) es superada por la cantidad de materia orgánica, pudiendo generar condiciones de hipoxia.

9. En el sedimento, la evaluación de la capacidad para oxidar la materia orgánica mostró que la concentración de oxígeno disuelto disponible en un día en toda la columna de agua durante la condición no estratificada y en la capa profunda durante la condición estratificada es suficiente para oxidar la cantidad de material acumulado en un año.

6. SUGERENCIAS

La información obtenida a través de los muestreos llevados a cabo en este estudio en Bahía Concepción, muestra una variación en la concentración de la fracción combustible del MSP y la clorofila *a*, a pesar del régimen de mezcla (homogenización) de la columna de agua; lo que tendería a mantener las concentraciones de todas las variables iguales con la profundidad. Sin embargo esta tendencia no fue observada, por lo que se recomienda realizar estudios a más corto plazo (quincenales, semanales y/o diarios) para tratar de entender la dinámica de cambio del sistema. Tal es el caso de los estudios recientes llevados a cabo por López-Cortés, *et al.* (2003a,b), quienes además de registrar una tendencia interanual, estacional y mensual, observan que los cambios se dan a más corto tiempo (semanal y/o diario). El monitoreo constante de Bahía Concepción puede llevarse a cabo mediante el uso de trampas de sedimento que permitirían obtener este tipo de información.

Aunque se sabe del constante intercambio de agua entre la Bahía y el Golfo de California (Dressler, 1981; Beso-Nieblas, *et al.*, 1996; Martínez-López y Gárate-Lizárraga, 1997; Lechuga-Devéze, 1997; Murillo-Murillo, 1997) no se han estimado los volúmenes netos de entrada y de salida de agua que pudieran modificar la dinámica de circulación del sistema al interior de la Bahía. A su vez, se desconoce la masa neta del material en suspensión que se intercambia entre estas dos áreas y que va implícita en el volumen de agua que se intercambia, situación que muy posiblemente modifica la dinámica del sistema. Para ello se recomienda llevar a cabo un estudio sobre la variación del MSP ubicando estaciones de muestreo cercanas a la boca de entrada de la Bahía.

Por otra parte, con el conocimiento de la existencia de una canal de 30 m de profundidad en la costa oriental de la Bahía en la zona del bajo (< 10 m) (Pérez-Soto, 1998), es conveniente realizar estudios de velocidad de la corriente y cantidad de MSP que puede estarse incorporándose a la Bahía, ya que su dinámica se vería modificada de manera importante, afectando quizá directamente la zona de Arroyo el Frijol y la cuenca central.

Entre los aportes continentales más importantes de partículas en suspensión a la columna de agua a los sistemas costeros se encuentran los arroyos, cuya contribución se ha estimado entre 1 y 3 mg/l de MSP (Lee y Wakeham, 1988). En la parte norte del Golfo de California (Alto Golfo) Ballesteros y Larroque (1973) registraron concentraciones de 3 y hasta 132 mg/l de MSP en las zonas cercanas a la desembocadura del río Colorado. En Bahía Concepción (área de estudio) Zeitzschel (1970) registró concentraciones de entre 1.2 y 1.4 mg/l de MSP durante el invierno alrededor de la boca de entrada. En el origen de este material pudiera estar participando el río

Mulegé, que se encuentra muy cerca de la boca de entrada de la Bahía. A la fecha no ha sido llevado a cabo ningún tipo de estudio desde el punto de vista ecológico para determinar su posible influencia en la masa del material particulado que pudiera incorporarse al sistema de la Bahía por su cercanía y por el conocimiento de los aportes en áreas cercanas. Quizá sería conveniente llevar a cabo estudios sobre la cuantificación del MSP que el río y el estero de Mulegé pudieran estar aportando situando una o mas estaciones cercanas a estas áreas para efectuar muestreos de campo.

7. LITERATURA CITADA

- Abdel-Moati, A.R., 1990. Particulate organic matter in the subsurface chlorophyll maximum layer of the Southeastern Mediterranean. *Oceanologica Acta*. 13(3): 307-315.
- Ahumada, R., 1989. Producción y destino de la biomasa fitoplanctónica en un sistema de bahías en Chile central: una hipótesis. *Biología Pesquera*. 18: 53-66.
- Alvarez, A.F.M. y E.F. Felix-Pico, 1986. Ecología del bentos en Bahía Concepción. Tercer informe preliminar, CICIMAR. La Paz, B.C.S. 34 pág.
- Ambrose Jr., W. G. and P. E. Renaud, 1995. Benthic response to water column productivity patterns: Evidence for benthic-pelagic coupling in the North East Water Polynya. *J. Geophys. Res.* 100: 4411-4421.
- Aminot, A. et M. Chaussepied, 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans. Univ. des Brest, CNEXO, France, 395 p.
- Azam, F., Fenchel, T., Field, J.G., Meyer-Reil, L.A., and F. Thingstad, 1983. The ecological role of water-column microbes in the sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 10: 257-263.
- Balech, E., 1988. Los dinoflagelados del Atlántico sudoccidental. *Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr.* (1): 1-310.
- Baqueiro, C.E., Masso, J.A. y A. Vélez, 1983. Crecimiento y reproducción de una población de caracol chino, *Hexaplex emristomus* (Swainson, 1831) de Bahía Concepción, B.C.S. *Ciencia Pesquera, Inst. Nal. de la Pesca, Sría de Pesca. México*. (4): 19-31.
- Berger, W. H. and G. Wefer, 1992. Flux of biogenous materials to the seafloor: open questions. In: Hsü, K. J. and J. Thiede (Eds), John Wiley and Sons Ltd., U.S.A., 285 - 303.
- Brower, J.E. and J.H. Zar, 1977. Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Company Publishers. 194 pp.
- Bustillos-Guzmán, J.J., López-Cortes, D.J. and F.E. Hernández-Sandoval, 2000. Pigments signatures associated with an anoxic coastal zone: Bahía Concepción, Gulf of California. *J. Experiment Marine Biol. Ecol.*, 249: 77-88.
- Carmelo, R. T., 1997. Identifying marine phytoplankton. Academic Press. San Diego California, U.S.A. 858 p.
- Casas, B., Varela, M., Canle, M., González, N. and A. Bode, 1997. Seasonal variations of nutrients, seston and phytoplankton, and upwelling intensity off La Coruña (NW Spain). *Estuar. Coast. Shelf. Sci.*, 44: 767-778.

- Casas-Váldez, Ma.- M., Sánchez-Rodríguez, I. y G. Hernández-Carmona, 1996. Evaluación de *Sargassum spp.* en la costa occidental de Bahía Concepción, B.C.S., México. Inv. Mar. CICIMAR, I.P.N., 8: 61-69.
- Castro-Longoria, R. y J.M. Grijalva Chon, 1991. Variabilidad espacio-temporal de nutrientes y seston en la Laguna costera La Cruz, Sonora. Cienc. Mar., 17: 83-97.
- Clavier, J. Chardy, P. and C. Chevallon, 1995. Sedimentation of particulate organic matter in the south-west lagoon of New Caledonia: spatial and temporal changes. Estuar. Coast. Shelf Sci., 40: 281-294.
- Colombo, J., Silverberg, N. and J.N. Gearing, 1996. Biogeochemistry of organic matter in the Laurentian Trough, II. Bulk composition of the sediments and relative reactivity of major components during early diagenesis. Mar. Chem., 51: 295-314.
- Comisión Nacional del Agua, 1995-96. Observaciones climatológicas del estación de Mulegé, B.C.S. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Subdirección de Hidrología. Departamento de Hidrometría, La Paz, B.C.S.
- Contreras-Espinosa, F., 1993. Ecosistemas costeros mexicanos. Univ. Autónoma Metropolitana. México, 415 pp.
- Cruz-Orozco, R., Godínez, O.L., Nava, S.E.H. y S.L.N. Solis, 1991. Algunos aspectos geológicos de Bahía Concepción, B.C.S. Oceanotas. U.A.B.C.S. (2), 1 p.
- Cupp, E.E., 1943. Marine plankton diatoms of the West Coast of North-America. Bull. Scripps Inst. Oceanogr., 5: 1-238.
- Delgadillo-Hinojosa, F., Glaxiola-Castro, G., Segovia-Zavala, J. A., Muñoz-Barbosa, A. and M. V. Orosco-Borbon, 1997. The effect of vertical mixing on primary production in a Bay of the Gulf of California. Estuar. Coast. Shelf. Sci. 45(1): 135-148.
- Delmas, D., Herbland, A. and y S. Y. Maestrini, 1992. Environmental conditions which lead to increase in cell density of the toxic dinoflagellates *Dinophysis spp* in nutrient-rich and nutrient-poor waters of the French Atlantic coast. Mar. Ecol. Progr. Ser., 89: 53-61.
- Dressler, R., 1981. Preliminary knowledge of hydro-static summer conditions within Bahía Concepción, Baja California. Work Report, CICESE, Ensenada, B.C., México, 13 p.
- Duarte, C.M., Marrasé, C., Vaqué, D. and M. Estrada, 1990. Counting error and the quantitative analysis of phytoplankton communities. J. Plankton Res. 12(2): 295-304.
- Felip, M. and J. Catalan, 2000. The relationship between phytoplankton biovolume and chlorophyll in a deep oligotrophic lake: decoupling in their spatial and temporal maxima. J. Plankton Res. 22(1): 91-105.

- Felix-Pico, E. F. y R. S. Sánchez, 1976. Tercer informe final del programa de orientación técnica para el aprovechamiento de los recursos naturales existentes y prácticas de maricultura en Bahía Concepción y Ensenada de La Paz. Secretaría de Recursos Hidraulicos. 20 pp.
- Frenette, J.-J., Demers, S., Legendre, L., Boule, M. y J. Dodson, 1994. Mixing, stratification and the fate of the primary production in an oligotrophic multibasin lake system (Québec, Canada). J. Plankton Res. 16(9): 1095 - 1115.
- García, E., 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (Adaptada para la República Mexicana). Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F. 243 pp.
- García, E. y P. Mosiño, 1968. Los climas de la Baja California. Decenio hidrológico internacional. Memoria 1966-1967. Inst. Geofísica, UNAM, México, D.F., 54 p.
- Gárate-Lizárraga, I., 1991. Analysis of a red tide caused by *Noctiluca scintillans* (Macartney) Ehr. at Concepcion Bay, B.C.S. in February 1989. Rev. Invest. Cient., U.A.B.C.S., Ser. Cienc. Mar., 2: 35-43.
- Gárate-Lizárraga, I., 1995. Mareas rojas en Bahía Concepción, B.C.S., México. CICIMAR, I.P.N. Boletín No. 40. 1 p.
- García, E., 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (Adaptada para la República Mexicana). Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F., 243 pp.
- Gilmartin, M. and N. Revelante, 1978. The phytoplankton characteristics of the barrier island lagoons of the Gulf of California. Estuar. Coast. Shelf. Sci., 7: 29-47.
- Gorozieta-Monjaraz, M., 2001. Dinámica de la estructura trófica del ecosistema de Bahía Concepción, B.C.S., México. Tesis de Maestria. CICIMAR-I.P.N., La Paz, B.C.S., México, 75 pág.
- Gowen, R.J., Stewart, B.M., Mills, D.K. and P. Elliot, 1995. Regional differences in stratification and its effect on phytoplankton production and biomass in the northwestern Irish Sea. J. Plankton Res., 17(4): 753-769.
- Hasle, G.R., 1978. Using the inverted microscope. In: Sournia A. (Ed.) Phytoplankton Manual. UNESCO, Paris. 191-196.
- IGBP. The International Geosphere-Biosphere Programme, 1997. Linkages with others programs. IGBP REPORT 40, 82 pp.
- Jeffrey, S.W. and G.F. Humphrey, 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c in higher plants algae and natural phytoplankton. Biochem. Physiol., 4: 167-191.

- Jorgensen, B.B., 1980. Seasonal oxygen depletion in the bottom waters of a Danish fjord and its effect on the benthic community. *Oikos*, 34: 68-76.
- Kiorboe, T., Hansen, J.L.S., Alldredge, A.L., Jackson, G.A., Passow, U., Dam, H.G., Drapeau, D.T., Waite, A. and C.M. García, 1996. Sedimentation of phytoplankton during a diatom bloom: Rates and mechanisms. *J. Plankton. Res.*, 54: 1123-1148.
- Lancelot Van Beveren, C., 1980. A statistical method to estimate the biochemical composition of phytoplankton in the southern bight of the North Sea. *Estuar. Coast. Shelf. Sci.*, 10: 467-478.
- Lange, C.B., Treppke, U.F., and G. Fisher, 1994. Seasonal diatom fluxes in the Guinea Basin and their relationship to trade winds, hydrography and upwelling events. *Deep-Sea Res I*, 41(5/6): 859-878.
- Lange, C.B. y D. Boltovskoy, 1995. Trampas de sedimentos. Manual de métodos ficológicos. (Eds.) Alvela, K., Ferrairo, M.E., Oliveira, E.C. y E. Sar. Universidad de Concepción, Chile, 93-118.
- Lechuga-Devéze, C.H., 1994. Shift of acetone pigments due to unknown natural phytoplankton populations from Conception Bay, Gulf of California. *Bull. Mar. Sci.* 55: 248-255.
- Lechuga-Devéze, C.H., 1995. Contribution a l'étude de divers ecosystèmes marins en Basse Californie (Mexique). Biomasse, distribution et fonction de la matière organique particulaire. Synthèse des travaux. Habilitation a diriger des recherches. Université Pierre et Marie Curie Paris VI. 55 pp.
- Lechuga-Devéze, C.H., 1997. Bahía Concepción, Baja California Sur. In: Smith, S. V., Ibarra-Obando, S., Bordeau, P. R. and V. F. Camacho-Ibar (Eds.) Comparision of carbon, nitrogen and phosphorus fluxes in mexican coastal lagoons. LOICZ Reports and studies No. 10. LOICZ, Texel, The Netherlands, 84 pp.
- Lechuga-Devéze, C.H., Morquecho-Escamilla, Ma.-L., Reyes-Salinas, A. y J.R. Hernández-Alfonso, 2000. Environmental natural disturbances at Bahía Concepción, Gulf of California. In: Manuwar, M., Laurence, S.G., Manuwar, F.I. and D.F. Malley (eds.) Aquatic Ecosystem of México: Status and scope. Ecovisión World Monograph Series. Backhuys Publishers, Leiden, 245-255.
- Lechuga-Devéze, C.H., Reyes-Salinas, A and Ma.-L. Morquecho-Escamilla, 2001. Anoxia in a coastal bay: case study of a seasonal event. *Rev. Biol. Trop.* 49: 525 - 534.

- Ledesma-Vázquez, J. and M.E. Johnson, 2001. Miocene-Pleistocene tectono-sedimentary evolution of Bahía Concepción region, Baja California Sur (Mexico). *Sedimentary Geology*, 144: 83-96.
- Lee, C., 1992. Controls on organic carbon preservation: the use of stratified water bodies to compare intrinsic rates of decomposition in oxic and anoxic systems. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 56: 3323-3335.
- Lee, C. and S. T. Wakeham, 1988. Organic matter in sea water: biogeochemical processes. *Chem. Oceanogr.*, 9: 1-51.
- León-Carballo, G., Reinecke-Reyes, M.A. y N. Ceseña-Espinoza, 1991. Abundancia y estructura poblacional de los bancos de almeja catarina *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835) durante abril de 1988, en Bahía Concepción, .B.C.S. Ciencia Pesquera, Inst. Nal. de la Pesca. Sría de Pesca. México. (8): 35-40.
- Llanos, J.R., 1992. Effects of hypoxia on estuarine benthos: the lower Rappahannock river (Chesapeake Bay), a case study. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 35: 491-51.
- López-Cortés, A., 1998. Ecología y biotecnología de las comunidades microbianas. *Ciencia y Desarrollo*, 24(138): 11-17.
- López-Cortés, D.J, Bustillos-Guzmán, J.J., Gárate-Lizárraga, I., Hernández-Sandoval, F.E. e I. Murillo-Murillo, 2003a. Phytoplankton biomasses and hydrographic conditions during El Niño 1997-1998 in Bahía Concepción, Gulf of California, México. *Geofísica Internacional*, 42(3): 495-504.
- López-Cortés, D.J, Gárate-Lizárraga, I., Bustillos-Guzmán, J.J., Alonso-Rodríguez, R. e I. Murillo-Murillo, 2003b. Variabilidad del estado trófico y la biomasa del fitoplancton de Bahía Concepción, Golfo de California (1997-1999). *Hidrobiológica*. 13(3): 195-206.
- Lund-Hansen, L. C., Skyum, P. and C. Christiansen, 1996. Modes of stratification in a semi-enclosed bay at the North Sea-Baltic Sea transition. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 42: 45-54.
- Malone, T.C., Kemp, W.M., Ducklow, H.W., Boyton, W.R., Tuttle, J.H. and R.B. Jonas, 1986. Lateral variation in the production and fate of phytoplankton in a partially stratified estuary. *Mar. Ecol. Progs. Ser.*, 32: 149-160.
- Martínez-López, A. y E.I. Gárate-Lizárraga, 1994. Cantidad y calidad de la materia orgánica particulada en Bahía Concepción, en la temporada de reproducción de la almeja catarina *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835). *Ciencias Marinas*, 20(3): 301-320

- Martínez-López, A. y E.I. Gárate-Lizárraga, 1997. Variación diurna de la materia orgánica particulada en una laguna costera del Golfo de California. *Rev. Biol. Trop.* 45: 1421 - 1428.
- Mateo-Cid, L.E., Sánchez-Rodríguez, I., Rodríguez-Montesinos, E. y M.M. Casa-Valdéz, 1993. Estudio florístico de las algas bentónicas de Bahía Concepción, B.C.S., México. *Ciencias Marinas* 19: 41-60.
- Michaels, A. F., Bates, N. R., Buesseler, K. O., Carison, C.A. and A. H. Knap, 1994. Carbon-cycle imbalances in the Sargasso Sea. *Nature*, 372: 537-540.
- Morquecho-Escamilla, Ma.-L., 1996. Fitoplancton tóxico y actividad de ficotoxinas en la almeja catarina *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835) en Bahía Concepción, Golfo de California. Tesis de Maestría. CICIMAR-I.P.N., La Paz, B.C.S., 74 p.
- Murillo-Murillo, I., (en desarrollo). Interacción dinámica entre los procesos físicos, químicos y biológicos que regulan el metabolismo neto en Bahía Concepción. Tesis de Maestría. CICIMAR - I.P.N., La Paz, B.C.S., México.
- Núñez-López, A.R., 1993. Biomasa estacional específica de *Sargassum* (Sargassaceae, phaeophyta) en tres zonas de Bahía Concepción, B.C.S. Tesis profesional Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México, D.F., 80 p.
- Núñez-López, R.A. y Ma.- M. Casas-Valdéz, 1996. Fenología de las especies de *Sargassum* (Fucales: Sargassaceae) en tres zonas de Bahía Concepción, B.C.S., México. *Rev. Biol. Trop.* 44: 455-464.
- Obeso-Nieblas, M., Alatorre-Mendieta, M.A. y A.R. Jiménez-Illezcas, 1996. Modelación de la marea en Bahía Concepción, B.C.S. *Océanides*. 11: 1-8.
- Palomares-García, R., Martínez-López, A. and I. Gárate-Lizárraga, 2002. Plankton community changes in Bahía Concepción, Mexico. *Océanides*, 17(2): 113-128.
- Parsons, T.R., Maita, Y. and C.H. Lalli, 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press. Oxford, U.K., 173 p.
- Pegeuro-Icaza, M., 2000. Asociaciones de larvas de peces en Bahía Concepción y su relación con la variabilidad hidrográfica (junio y noviembre de 1997). Tesis de maestría, CICIMAR - I.P.N., La Paz, B.C.S., México. 70 p.
- Pérez-Soto, J.L., 1995. Volumen de sedimento drenado a Bahía Concepción, Baja California Sur, México. Tesis profesional UABC, Ensenada, B.C., México. 37p.
- Ramírez-Guillen, P.A., 1993. Sistemática, ecología y biogeografía de los crustáceos anomuros de Bahía Concepción, B.C.S. Tesis profesional U.A.N.L., Nuevo León, México, 78 p.

- Reyes-Salinas, A., 1994. Relación entre la estructura hidrográfica y la abundancia, distribución y origen de diferentes expresiones de biomasa del seston orgánico en Bahía Concepción, Golfo de California. Tesis de Licenciatura. U.N.A.M. Campus Ixtacala, México, D.F., 53 p.
- Roblez-Gil, S.R., 1998. El clima de la Cd. de La Paz, Baja California Sur. Tesis de Maestría. Secretaría de Agricultura y Recursos Humanos. La Paz, B.C.S., 108 p.
- Romero, N., Silverberg, N., Roy, S. and C. Lovejoy. 2000. Sediment trap observations from the Gulf of St. Lawrence and the continental margin of eastern Canada. *Deep-Sea Res.* II, 47: 545-583.
- Sancetta, C., 1995. Diatoms in the Gulf of California: seasonal flux patterns and the sediment record for the last 15,000 years. *Paleoceanography*, 10(1): 67-84.
- Santamaría-Gallegos, N. A., 1996. Ciclo de crecimiento y fenología de la fanerogama *Zoostera marina* en Punta Arena, Bahía Concepción, B.C.S., México. Tesis de Maestría. CICIMAR-I.P.N., La Paz, B.C.S. 97 p.
- Sarmiento, J. L., 1992. New production and global carbon cycle. In: primary productivity and biogeochemical cycles in the sea. Falkowski P. G. y A. D. Woodhead (Eds.) Premium Press, New York., USA, 149 p.
- Schiller, J., 1993. Dinoflagellates (Peridineae) in monographie Behandlung teil 2. In: Rabenhorsts Kryptogamen-Flora. Leipzig. 10: 1-598.
- Silverberg, N., Sundby, B., Mucci, A., Zhong, S., Arakaki, T., Hall, P., Landen, A., and A. Tengberg, 2000. Remineralization of organic carbon in eastern Canadian continental margin sediments. *Deep-Sea Research II*. 47: 699-731.
- Smaal, A.C. and H.A. Hass, 1997. Seston dynamics and food availability on mussels and cocle beds. *Estuar. Coast. Shelf. Sci.*, 45: 247-259.
- Sournia, A., 1986. Atlas du phytoplancton marin. Centre National de la Recherche Scientifique (1): 1-219.
- Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons, 1972. A practical handbook of seawater analysis. Bull. Fish. Res. Board Can. 167: 21-26.
- Taylor, F.V.R., 1976. Dinoflagellates from the International Indian Ocean Expedition. A report of material collected by the RV F. "Anton Bruun" 1963-1964. *Bib. Bot.* 132: 1-134.
- Thunell, R.C., Pride, C.J., and E. Tappa, 1994. Biogenic silica fluxes and accumulation rates in the Gulf of California. *Geology*, 22: 303-306.

- Villalejo-Fuerte, M. y R. Ochoa-Baez, R.I., 1993. El ciclo reproductivo de la almeja catarina *Agropecten circularis* (Sowerby, 1835) en relación con la temperatura y fotoperíodo en Bahía Concepción, B.C.S., México. Cien. Mar., 19: 181-202.
- Wakeham, S.T. and C. Lee, 1993. Production, transport, and alteration of particulate organic matter in the water column. Organism Chemistry (Ed.) Michael H. Engel and Stephen A. Macko. Plenum Press. New York, USA, 185p.
- Walkey, H. and J. Black, 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci., 37: 29-38.
- Weiss, R.F., 1970. Dissolved oxygen solubility. Deep Sea Res., 17: 721.
- Zeitzschel, B., 1970. The quantity, composition and distribution of suspended particulate matter in the Gulf of California. Mar. Biol., 7: 305-318.
- Zhu, C.J. and K. Lee, 1997. Determination of biomass dry weight of marine microalgae. J. Appl. Phycol., 9: 189-194.

ANEXO 1

Método de corrección de los flujos de sedimentación de la materia particulada en hundimiento por la presencia de nadadores

1.1. Determinación del flujo total libre de nadadores (swimmers)

Un promedio del porcentaje de nadadores presentes en las muestras de fitoplancton y reserva fueron obtenidos de los tamices de 500 y 1000 μm , los cuales se restaron al peso de las fracciones complementarias de los splits (Fig. 9) para eliminar la presencia de nadadores en el peso de cada una.

Es importante mencionar que, debido a grandes diferencias entre los pesos de los nadadores de las fracciones de fitoplancton y reserva, y a su vez, con los pesos de las demás fracciones (por una deficiente homogenización al llevar a cabo los splits), se decidió tomar el peso promedio de las fracciones disponibles para obtener un solo flujo total. El peso promedio obtenido es utilizado para obtener el flujo de sedimentación de la materia orgánica particulada, sin la presencia de nadadores, como se menciona en la sección 2.2.6.

1.2. Determinación del flujo de carbono libre de nadadores

La biomasa de los nadadores en relación al carbono, fue calculada a partir del peso del carbono total particulado. Los mismos porcentajes de nadadores fueron utilizados para obtener el carbono libre de nadadores. Por lo tanto tenemos que, la biomasa de los nadadores incluida en los análisis del total de la muestra de carbono es:

$$M_{\text{nad}} (\text{mg}) = (M_{\text{ce}} * \% N_{\text{ad}})/100$$

donde

M_{nad} - biomasa de nadadores en miligramos (mg);

M_{ce} - biomasa del análisis de carbono total particulado en miligramos (mg);

N_{ad} - nadadores expresados en porcentaje (%).

Para conocer el valor de carbono que aportan estos organismos (nadadores), se utilizó un valor de carbono (0.42) propuesto por Parsons *et al.* (1984) para el zooplancton, considerando que en la muestra hay diferentes tipos de nadadores. Este valor es referido a la biomasa de los nadadores:

$$C_{\text{nad}} (\text{mg}) = M_{\text{nad}} * 0.42$$

donde

C_{nad} - carbono de nadadores en miligramos (mg);

M_{nad} - biomasa de nadadores en miligramos (mg).

0.42 - masa de carbono orgánico/masa total (Parsons *et al.*, 1984).

Del valor del análisis de carbono total particulado se resta el valor calculado de la masa del carbono para los nadadores, para así obtener la masa del carbono sin nadadores.

$$C_{s/nad} = C_{tp} - C_{nad}$$

donde

$C_{s/nad}$ - masa del carbono sin nadadores en miligramos (mg);

C_{tp} - masa del carbono total particulado en miligramos (mg);

C_{nad} - masa del carbono de nadadores en miligramos (mg).

La fracción de carbono libre de nadadores que pertenece a la masa del carbono total particulado se calcula:

$$Fr_c = C_{s/nad} / (Mt_{ac} - M_{s/nad})$$

donde

Fr_c - fracción de carbono libre de nadadores;

$C_{s/nad}$ - carbono sin nadadores en miligramos (mg);

Mt_{ac} - masa total del carbono en miligramos (mg);

$M_{s/nad}$ - masa sin nadadores en miligramos (mg).

Finalmente el flujo de carbono del materia en hundimiento sin la presencia de nadadores se calcula tomando en cuenta el flujo total.

$$F_c = F_t * Fr_c$$

donde

F_c - flujo de carbono de la materia orgánica (mg/m²/día);

F_t - flujo total de la materia orgánica (mg/m²/día);

Fr_c - fracción de carbono libre de nadadores.

Cabe señalar que los cálculos realizados son particulares para obtener los flujos de sedimentación de este estudio tomando en cuenta sólo material efectivamente sedimentable y eliminando aquel que, siendo libre nadador, pudiera haber quedado atrapado en la trampa de sedimentos.

ANEXO 2

Distribución espacial de las variables químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo durante el período de estudio en Bahía Concepción

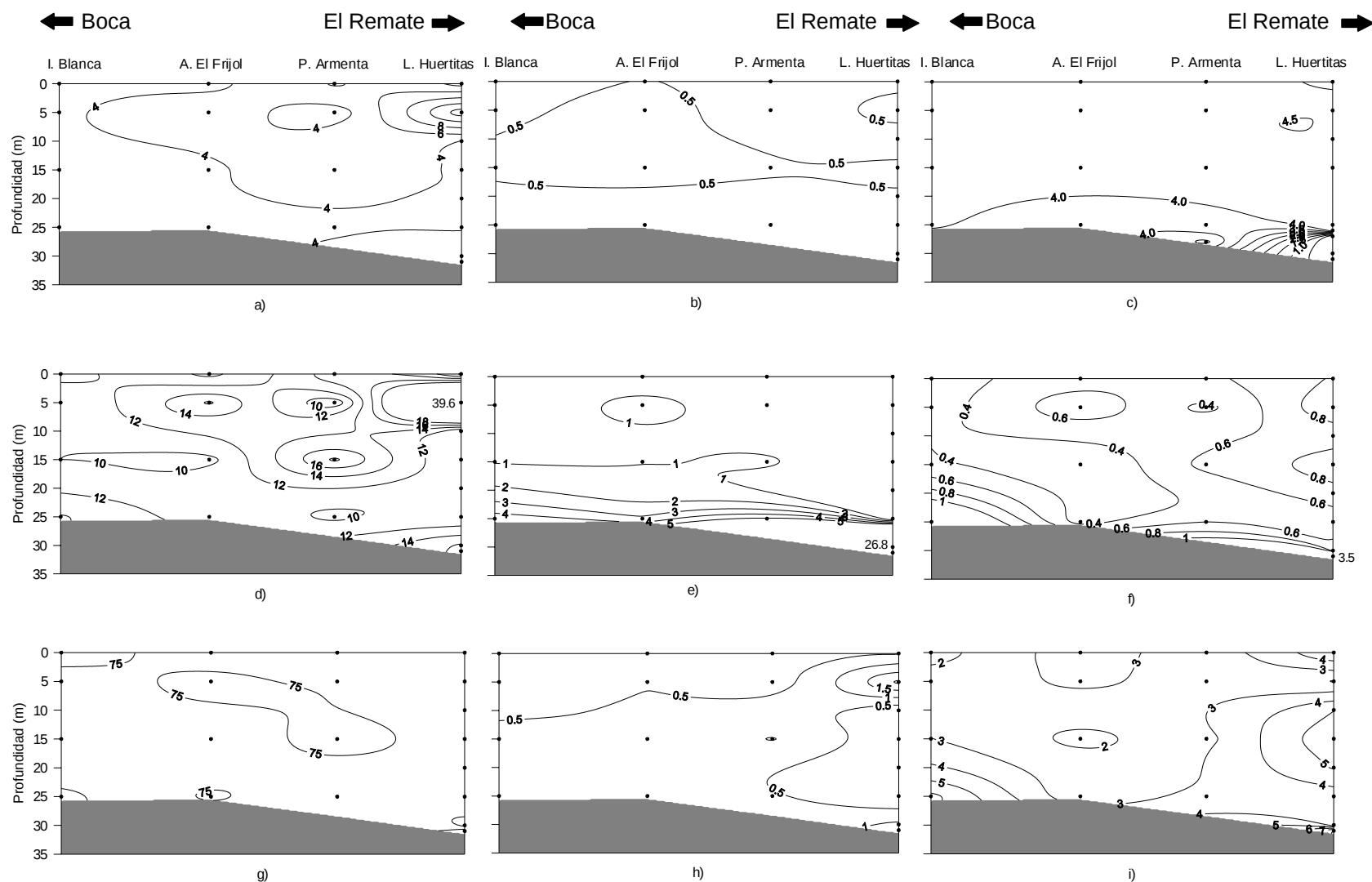


Figura 1. Distribución espacial de las variables químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 21 de octubre de 1995 en Bahía Concepción: a) MSP fracción combustible (mg/l), b) feopigmentos (mg/m^3), c) oxígeno disuelto (ml/l), d) MSP fracción inorgánica (mg/l), e) clorofila *b* (mg/m^3), f) carbono total particulado (mg/l), g) MSP fracción inorgánica (%), h) clorofila *c* (mg/m^3) e i) carbono total particulado (%).

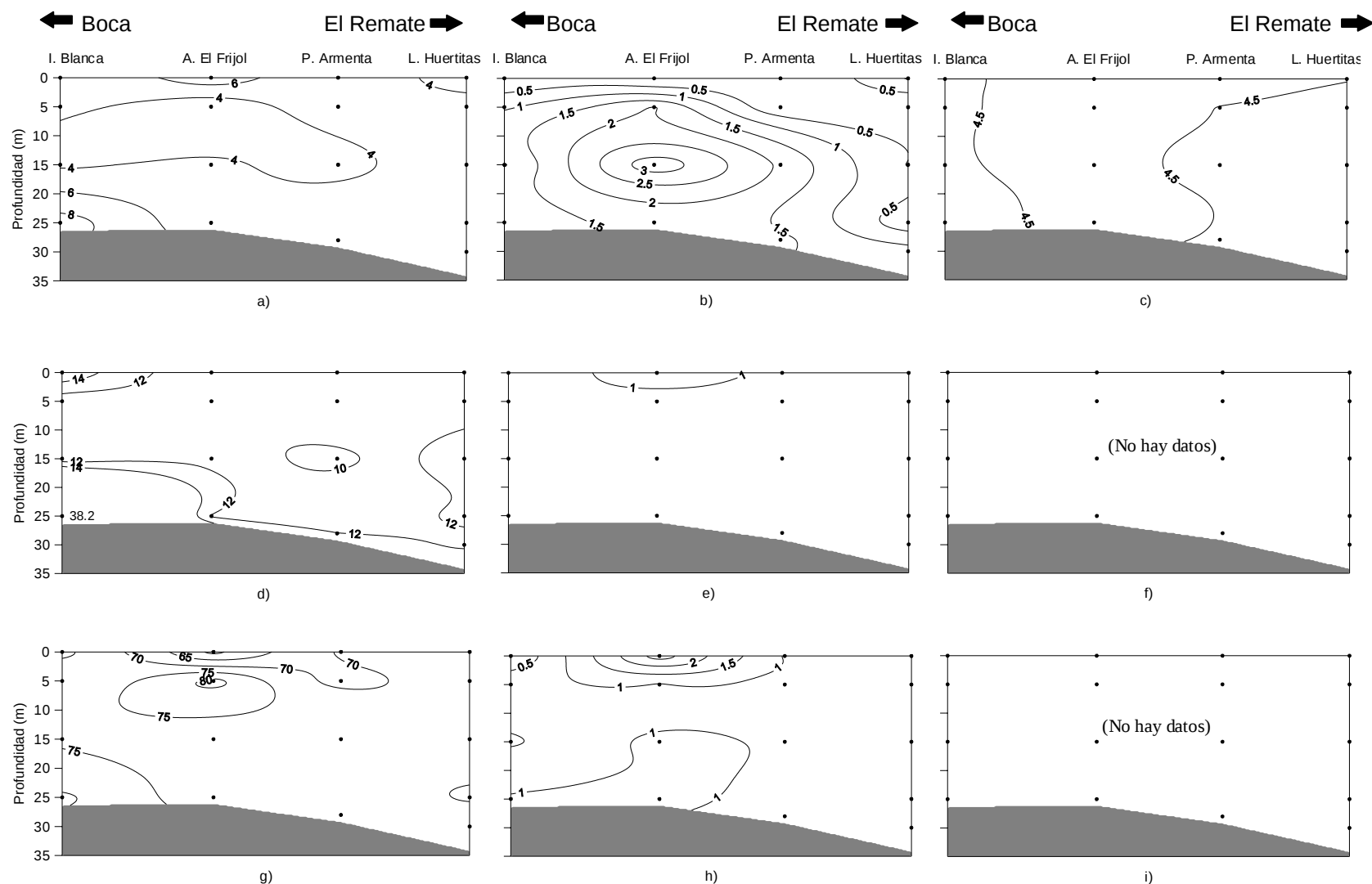


Figura 2. Distribución espacial de las variables químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 22 de noviembre de 1995 en Bahía Concepción. a) MSP fracción combustible (mg/l), b) feopigmentos (mg/m³), c) oxígeno disuelto (ml/l), d) MSP fracción inorgánica (mg/l), e) clorofila *b* (mg/m³), f) carbono total particulado (mg/l), g) MSP fracción inorgánica (%), h) clorofila *c* (mg/m³) e i) carbono total particulado (%).

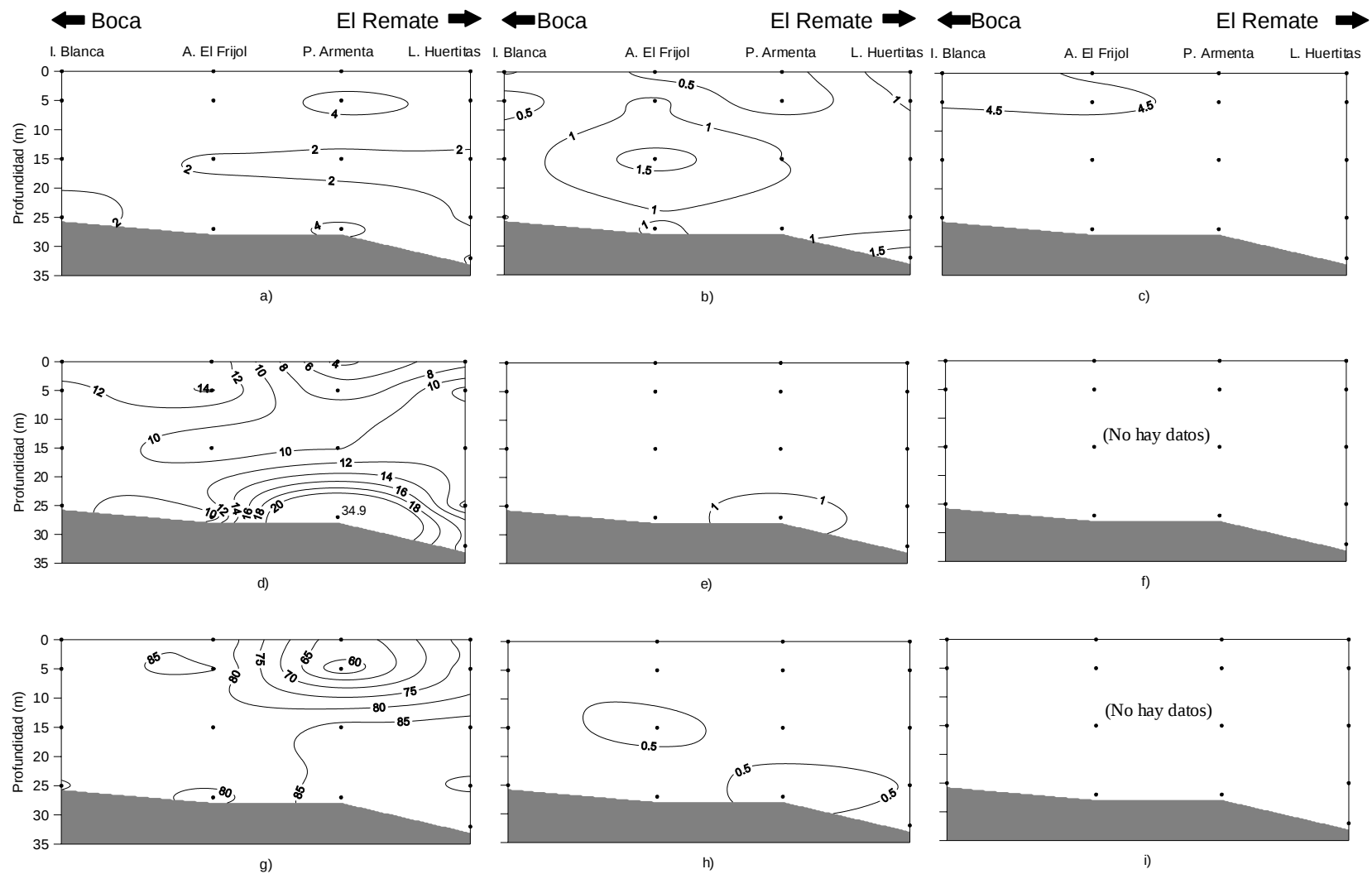


Figura 3. Distribución espacial de las variables químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 13 de diciembre de 1995 en Bahía Concepción: a) MSP fracción combustible (mg/l), b) feopigmentos (mg/m³), c) oxígeno disuelto (ml/l), d) MSP fracción inorgánica (mg/l), e) clorofila *b* (mg/m³), f) carbono total particulado (mg/l), g) MSP fracción inorgánica (%), h) clorofila *c* (mg/m³) e i) carbono total particulado (%).

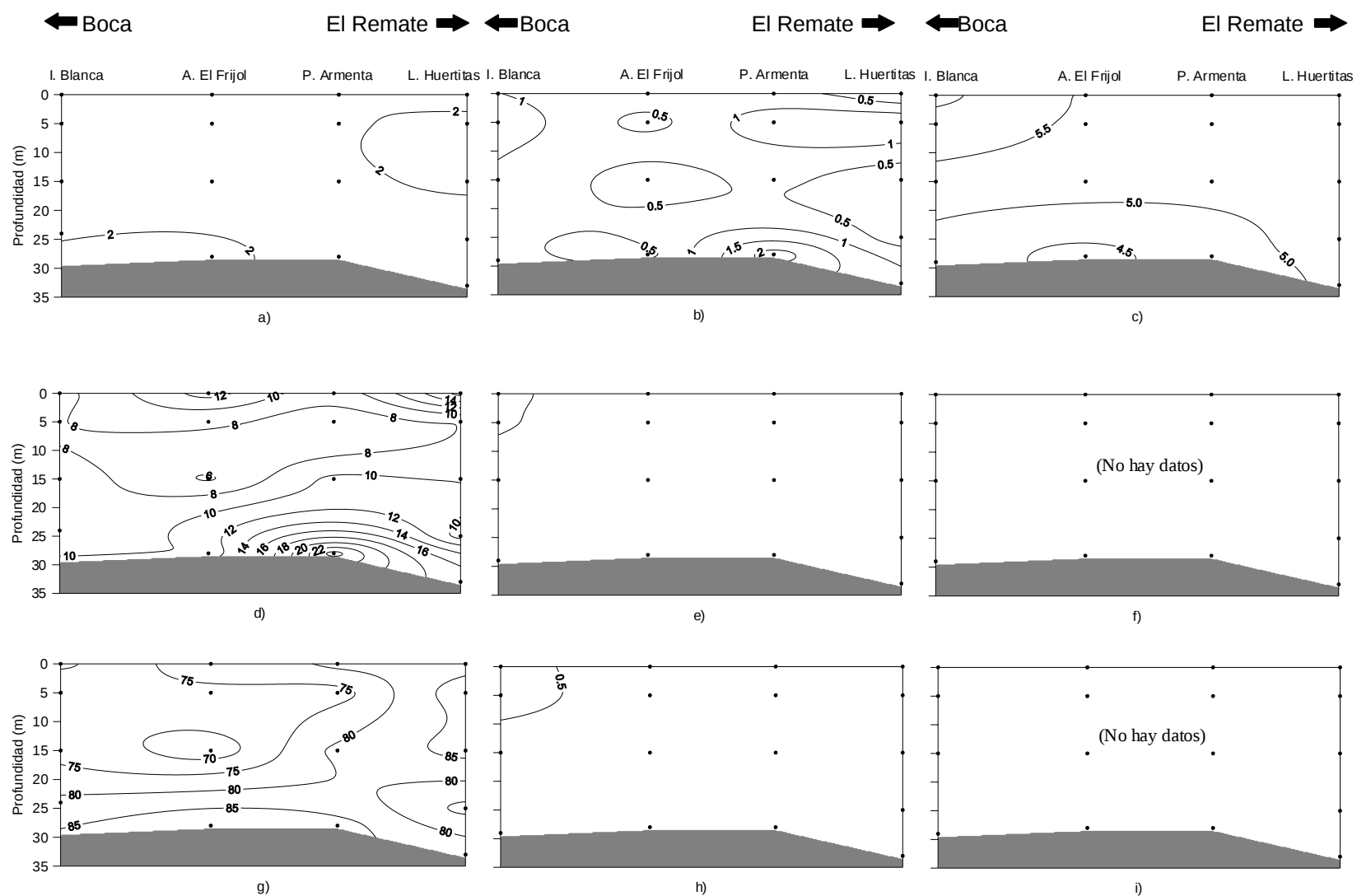


Figura 4. Distribución espacial de las variables químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 10 de enero de 1996 en Bahía Concepción: a) MSP fracción combustible (mg/l), b) feopigmentos (mg/m^3), c) oxígeno disuelto (ml/l), d) MSP fracción inorgánica (mg/l), e) clorofila *b* (mg/m^3), f) carbono total particulado (mg/l), g) MSP fracción inorgánica (%), h) clorofila *c* (mg/m^3) e i) carbono total particulado (%).

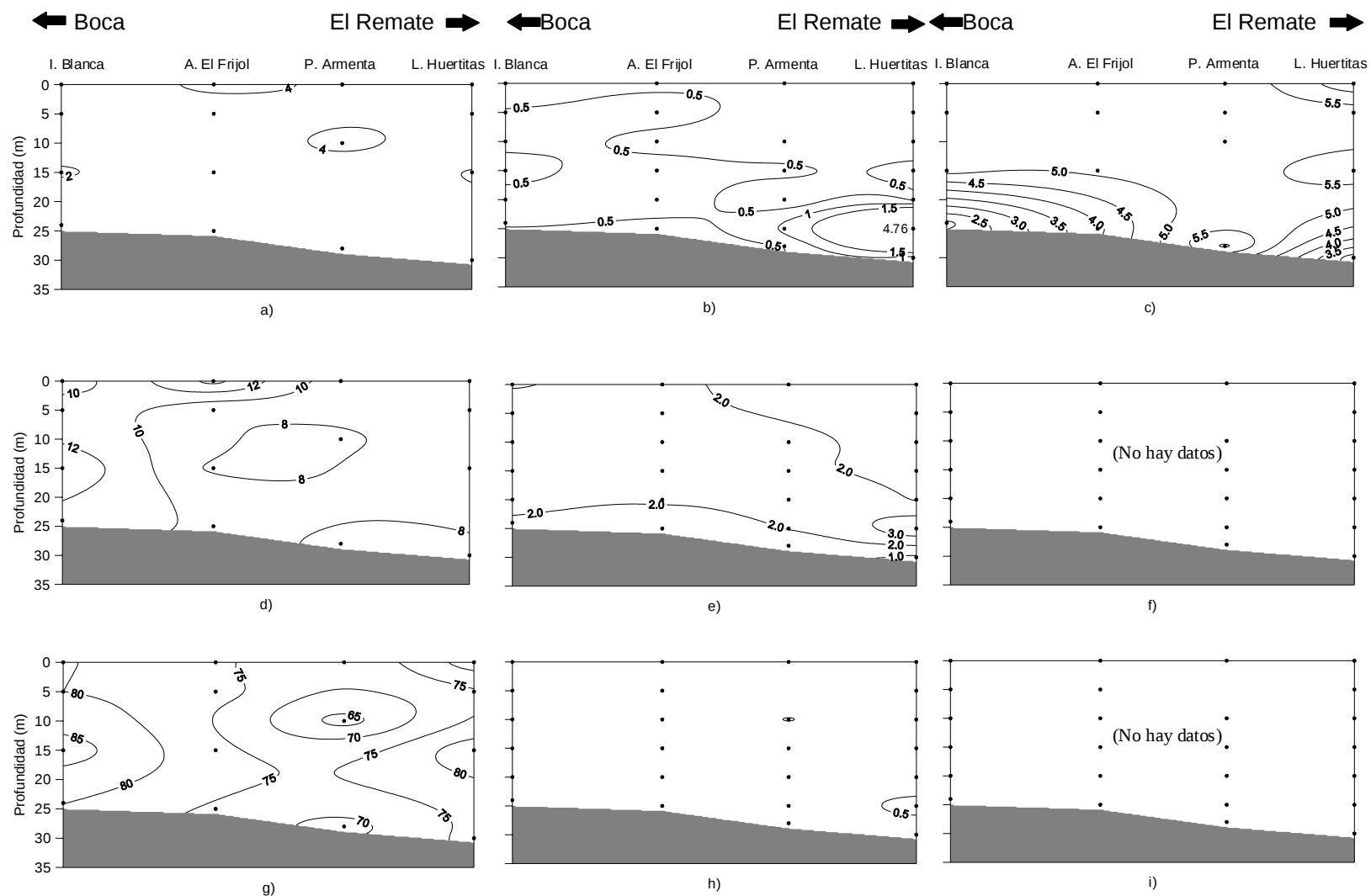


Figura 5. Distribución espacial de las variables químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 1 de febrero de 1996 en Bahía Concepción: a) MSP fracción combustible (mg/l), b) feopigmentos (mg/m³), c) oxígeno disuelto (ml/l), d) MSP fracción inorgánica (mg/l), e) clorofila *b* (mg/m³), f) carbono total particulado (mg/l), g) MSP fracción inorgánica (%), h) clorofila *c* (mg/m³) e i) carbono total particulado (%).

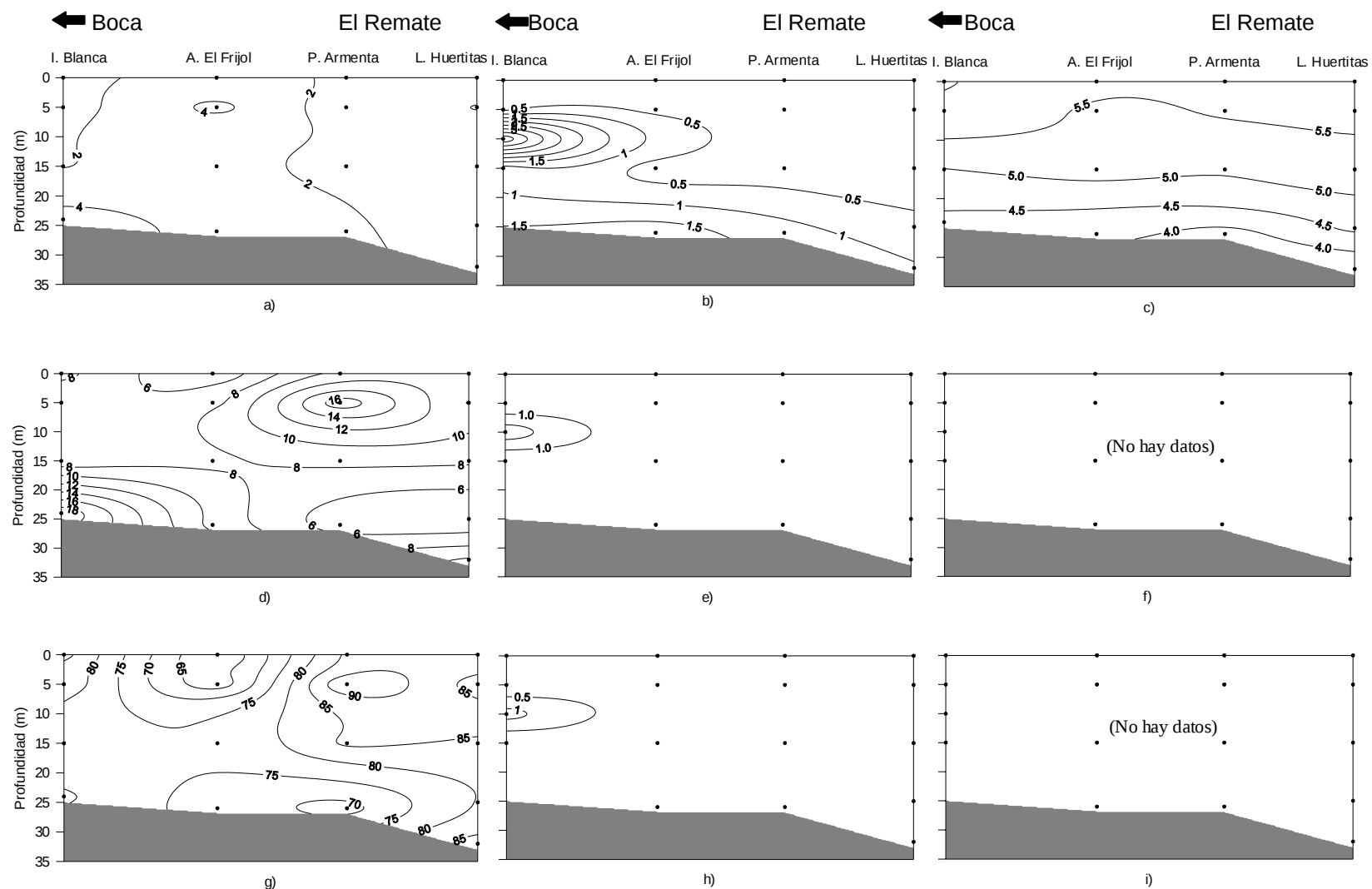


Figura 6. Distribución espacial de las variables químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 13 de febrero de 1996 en Bahía Concepción: a) MSP fracción combustible (mg/l), b) feopigmentos (mg/m³), c) oxígeno disuelto (ml/l), d) MSP fracción inorgánica (mg/l), e) clorofila *b* (mg/m³), f) carbono total particulado (mg/l), g) MSP fracción inorgánica (%), h) clorofila *c* (mg/m³) e i) carbono total particulado (%).

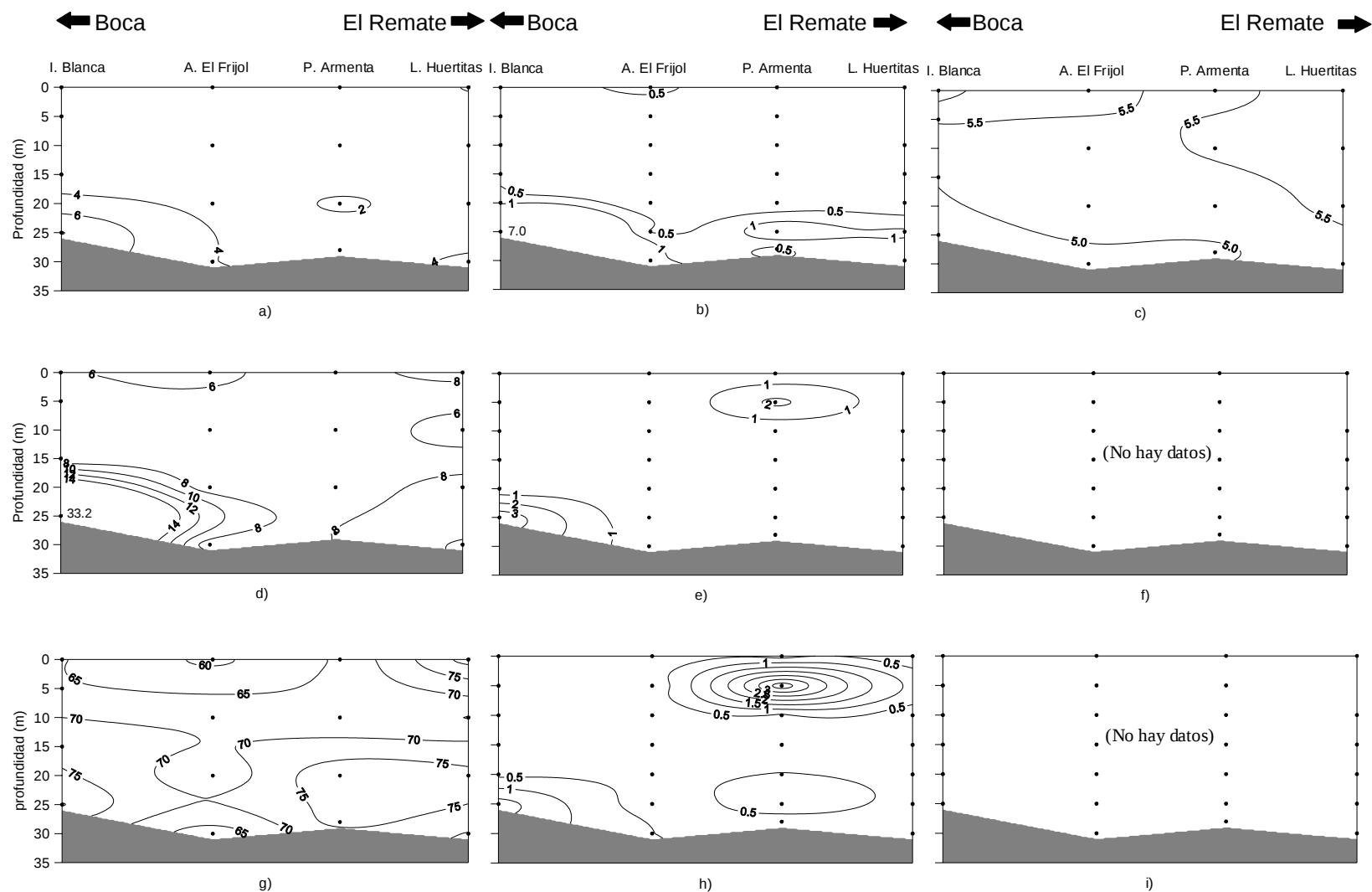


Figura 7. Distribución espacial de las variables químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 19 de marzo de 1996 en Bahía Concepción: a) MSP fracción combustible (mg/l), b) feopigmentos (mg/m³), c) oxígeno disuelto (ml/l), d) MSP fracción inorgánica (mg/l), e) clorofila *b* (mg/m³), f) carbono total particulado (mg/l), g) MSP fracción inorgánica (%), h) clorofila *c* (mg/m³) e i) carbono total particulado (%).

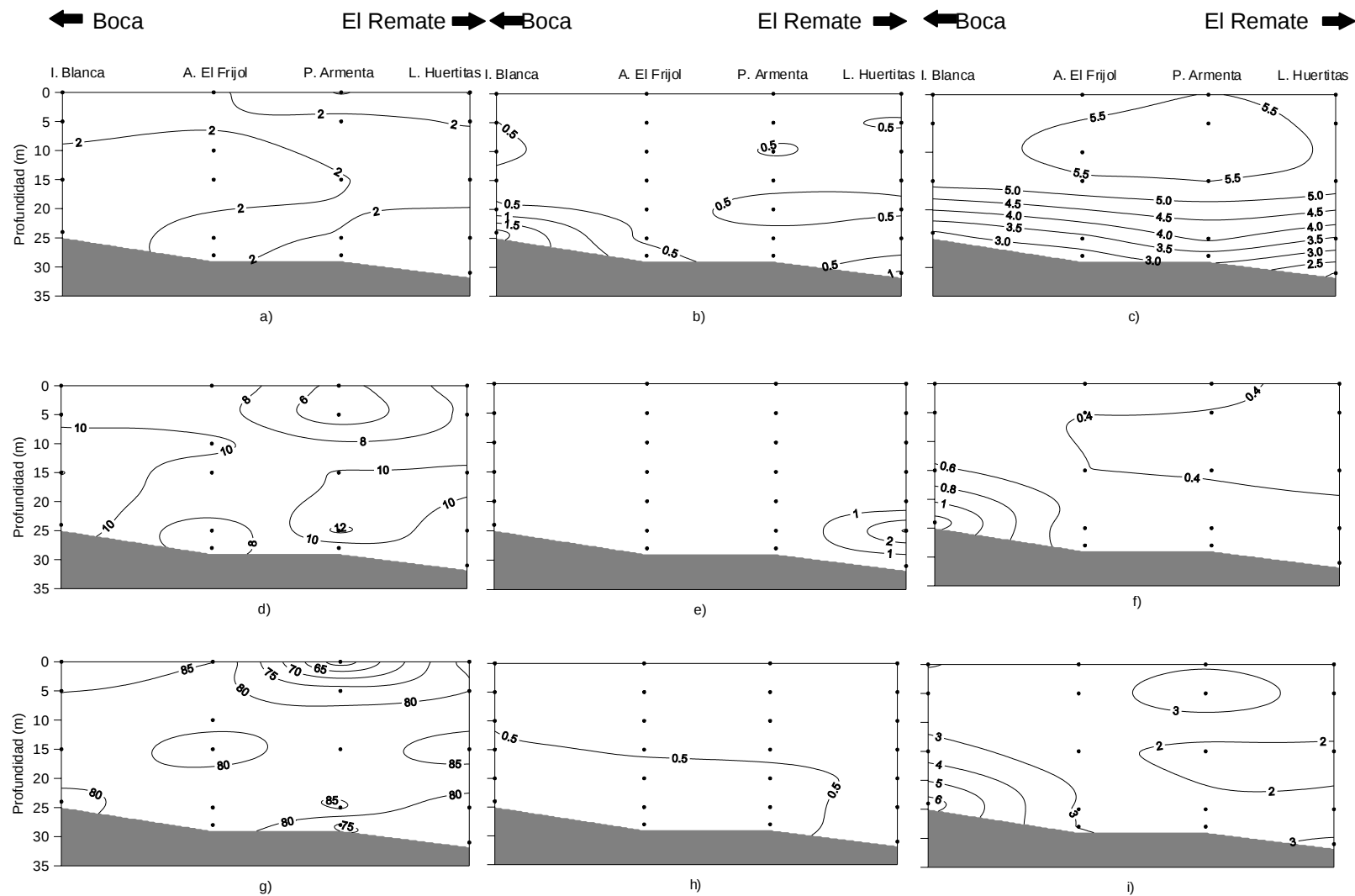


Figura 8. Distribución espacial de las variables químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 12 de abril de 1996 en Bahía Concepción: a) MSP fracción combustible (mg/l), b) feopigmentos (mg/m³), c) oxígeno disuelto (ml/l), d) MSP fracción inorgánica (mg/l), e) clorofila *b* (mg/m³), f) carbono total particulado (mg/l), g) MSP fracción inorgánica (%), h) clorofila *c* (mg/m³) e i) carbono total particulado (%).

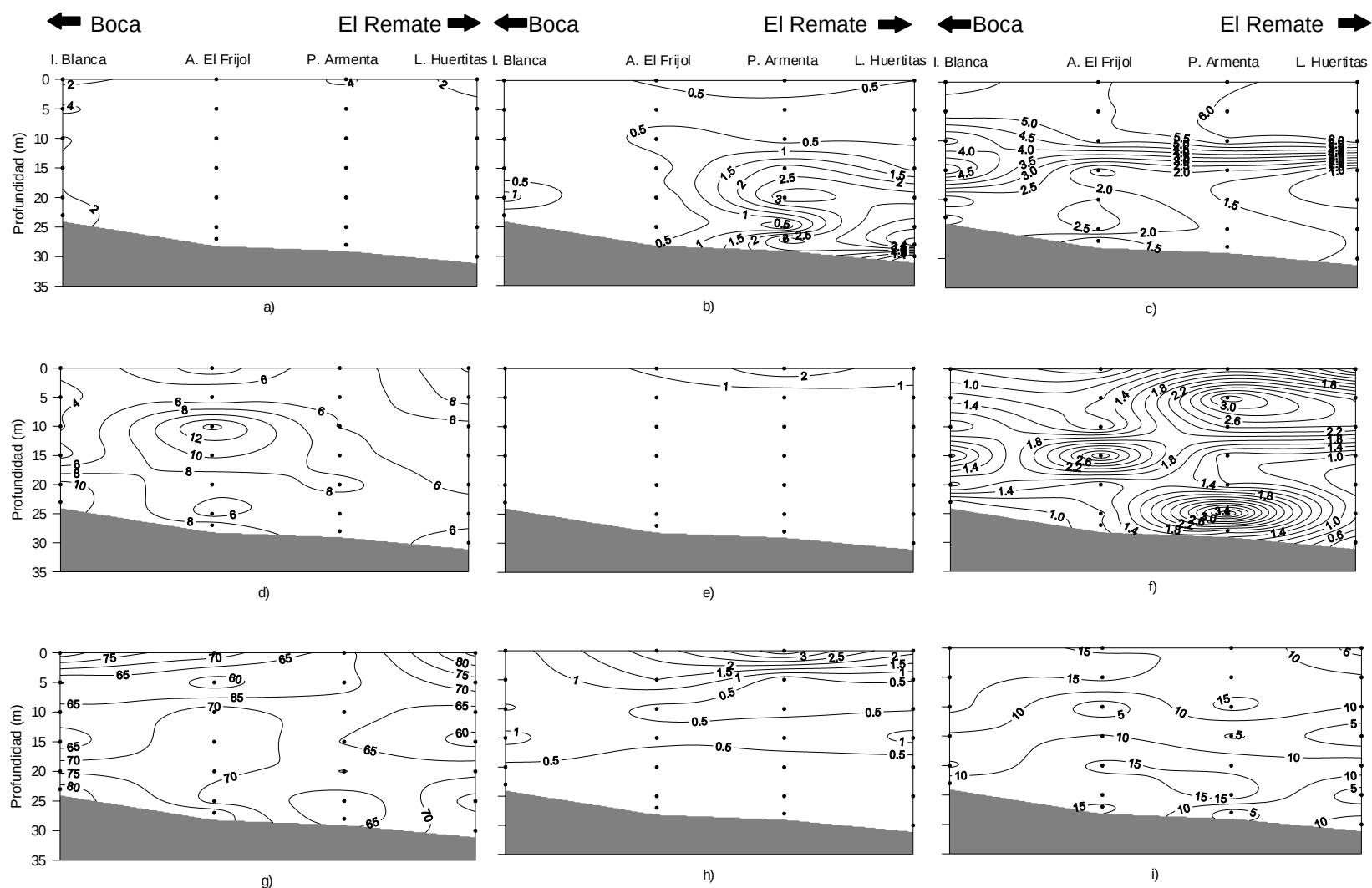


Figura 9. Distribución espacial de las variables químicas y biológicas en las cuatro estaciones de muestreo el 24 de mayo de 1996 en Bahía Concepción: a) MSP fracción combustible (mg/l), b) feopigmentos (mg/m³), c) oxígeno disuelto (ml/l), d) MSP fracción inorgánica (mg/l), e) clorofila *b* (mg/m³), f) carbono total particulado (mg/l), g) MSP fracción inorgánica (%), h) clorofila *c* (mg/m³) e i) carbono total particulado (%).

ANEXO 3

Lista sistemática de especies del fitoplancton presentes durante las misiones de campo a Bahía
Concepción

Tabla 1 . Lista de especies registradas para el grupo de las diatomeas durante el período de estudio en Bahía Concepción

DIATOMEAS	21 de octubre de 1995	22 de noviembre de 1995	13 de diciembre de 95	10 de enero de 1996	1 de febrero de 1996	13 de febrero de 1996	19 de marzo de 1996	12 de abril de 1996	24 de mayo de 1996	18 de junio de 1996	5 de junio de 1996
<i>Actinoptychus undulatus</i>				X	X		X				
<i>Amphora sp</i>					X	X	X	X	X	X	
<i>Asteromphalus flabellatus</i>						X					
<i>Asterionellopsis glacialis</i>				X	X	X					X
<i>Asteroniella sp</i>				X							
<i>Asteromphalus heptactis</i>	X			X	X	X	X	X			
<i>Asteromphalus sp</i>			X			X					
<i>Bacteriastrum elongatum</i>	X										
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	X	X			X	X		X			
<i>Bacteriastrum spp</i>	X	X	X	X	X	X					
<i>Bacteriastrum varians</i>						X					
<i>Biddulphia optusa</i>							X				
<i>Cerataulina pelagica</i>								X	X	X	X
<i>Cerataulina spp</i>						X	X				
<i>Chaetoceros atlanticus</i>				X		X		X			X
<i>Chaetoceros brevis</i>	X										
<i>Chaetoceros compressus</i>		X				X					
<i>Chaetoceros concavicornis</i>				X							
<i>Chaetoceros dydimus</i>	X			X		X		X		X	X
<i>Chaetoceros eibenii</i>				X							
<i>Chaetoceros laevis</i>	X										
<i>Chaetoceros messanensis</i>		X									
<i>Chaetoceros simplex</i>								X			
<i>Chaetoceros spp</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Climacodium frauenfeldianum</i>	X				X	X					
<i>Coscinodiscus concinnus</i>		X									
<i>Coscinodiscus gigas</i>		X	X	X		X	X				
<i>Coscinodiscus radiatus</i>		X	X								
<i>Coscinodiscus spp</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	X	X	X	X	X	X					
<i>Diploneis sp</i>	X						X				
<i>Ditylum brightwellii</i>		X		X							
<i>Eucampia cornuta</i>						X	X	X	X		
<i>Eucampia zodiacus</i>		X			X	X	X	X	X		
<i>Fragilaria oceanica</i>			X						X		
<i>Fragilaria sp</i>			X		X	X	X	X	X		
<i>Guinardia delicatula</i>	X		X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Guinardia flaccida</i>	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
<i>Guinardia striata</i>	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
<i>Gyrosigma spp</i>	X			X	X	X				X	X
<i>Hemiaulus hauckii</i>	X	X			X	X	X		X	X	X

Continuación de la tabla 1

DIATOMEAS	21 de octubre de 1995	22 de noviembre de 1995	13 de diciembre de 1995	10 de enero de 1996	1 de febrero de 1996	13 de febrero de 1996	19 de marzo de 1996	12 de abril de 1996	24 de mayo de 1996	18 de junio de 1996	5 de junio de 1996
<i>Hemiaulus indicus</i>				X	X						
<i>Hemiaulus membranaceus</i>	X										
<i>Hemiaulus sinensis</i>	X	X		X		X	X	X	X	X	X
<i>Hemiaulus sp</i>		X		X		X		X	X	X	X
<i>Lauderia borealis</i>				X	X	X	X	X	X		
<i>Leptocylindrus danicus</i>						X					
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>					X		X				
<i>Lithodesmium sp</i>						X	X				
<i>Meuniera membranacea</i>						X	X				
<i>Navicula distans</i>		X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Navicula spp</i>	X	X	X	X	X	X		X			
<i>Nitzschia longa</i>						X	X				
<i>Nitzschia longissima</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia sigma</i>	X					X		X			
<i>Nitzschia sigmaidea</i>	X	X	X	X	X	X	X				
<i>Nitzschia spp</i>	X			X	X	X	X	X	X		X
<i>Paralia sulcata</i>		X	X	X	X	X	X	X			
<i>Planktoniella sol</i>		X		X		X	X		X	X	X
<i>Pleurosigma clevei</i>							X				
<i>Pleurosigma naviculaccum</i>							X	X			
<i>Pleurosigma spp</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Proboscia alata</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>		X		X	X						
<i>Pseudo-nitzschia spp</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>		X									
<i>Rhizosolenia bergoni</i>	X					X		X			
<i>Rhizosolenia clevei</i>	X										
<i>Rhizosolenia delicatissima</i>						X		X	X		
<i>Rhizosolenia hyalina</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Rhizosolenia imbricata</i>		X	X	X		X		X			
<i>Rhizosolenia sp</i>	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Rhizosolenia spinifera</i>	X	X		X							
<i>Rhizosolenia styliformis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X			
<i>Skeletonema costatum</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>		X	X	X							
<i>Surirella sp</i>		X	X		X	X	X	X	X		
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Thalassiosira condensata</i>					X						
<i>Thalassiosira leptopus</i>			X								
<i>Thalassiosira rotula</i>				X	X	X	X	X			

Continuación de la tabla 1

DIATOMEAS	21 de octubre de 1995	22 de noviembre de 1995	13 de diciembre de 1995	10 de enero de 1996	1 de febrero de 1996	13 de febrero de 1996	19 de marzo de 1996	12 de abril de 1996	24 de mayo de 1996	18 de junio de 1996	5 de junio de 1996
<i>Thalassiosira sp</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Triceratium sp</i>				X							

Tabla 2. Lista de especies presentes del grupo de las dinoflagelados durante el período de estudio en Bahía Concepción

DINOFLAGELADOS	21 de octubre de 1995	22 de noviembre de 1995	13 de diciembre de 1995	10 de enero de 1996	1 de febrero de 1996	13 de febrero de 1996	19 de marzo de 1996	12 de abril de 1996	24 de mayo de 1996	18 de junio de 1996	5 de junio de 1996
<i>Alexandrium catenella</i>		X	X			X	X	X	X	X	
<i>Alexandrium sp</i>	X	X			X	X	X		X		
<i>Brachydidinium sp</i>				X	X	X		X	X		
<i>Ceratium candelabrum</i>		X	X			X					
<i>Ceratium carriense</i>				X							
<i>Ceratium contortum</i>			X								
<i>Ceratium deflexum</i>				X		X					
<i>Ceratium dens</i>						X	X		X	X	
<i>Ceratium falcatifforme</i>	X	X	X	X	X	X					
<i>Ceratium furca</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Ceratium fusus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Ceratium horridum</i>			X		X	X					
<i>Ceratium inflatum</i>									X		
<i>Ceratium lineatum</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Ceratium longirostrum</i>					X						
<i>Ceratium longissimum</i>			X	X	X						
<i>Ceratium macroceros</i>		X	X	X	X	X	X				
<i>Ceratium massiliense</i>	X	X					X	X			
<i>Ceratium sp</i>		X		X	X	X	X				
<i>Ceratium symmetricum</i>								X	X	X	
<i>Ceratium teres</i>								X			
<i>Ceratium tripos</i>						X		X			
<i>Ceratocorys spp</i>							X				
<i>Dinophysis acuminata</i>					X	X	X	X			
<i>Dinophysis c.f. rotundata</i>					X	X	X				X
<i>Dinophysis caudata</i>	X	X	X		X	X	X	X		X	
<i>Dissodinium sp</i>							X	X			
<i>Gonodioma polyedricus</i>									X	X	
<i>Gonyaulax diacantha</i>	X								X		
<i>Gonyaulax polyedra</i>									X	X	X
<i>Gonyaulax sp</i>			X				X		X		
<i>Gonyaulax spinifera</i>	X									X	
<i>Gymnodinium catenatum</i>					X	X	X		X		
<i>Gymnodinium sanguineum</i>									X		X
<i>Gymnodinium sp</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Continuación de la tabla 2

DINOFLAGELADOS	21 de octubre de 1995	22 de noviembre de 1995	13 de diciembre de 1995	10 de enero de 1996	1 de febrero de 1996	13 de febrero de 1996	19 de marzo de 1996	12 de abril de 1996	24 de mayo de 1996	18 de junio de 1996	5 de junio de 1996
<i>Gyrodinium herbaceum</i>									X		
<i>Gyrodinium spirale</i>	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
<i>Gyrodinium spp</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Kofoadinium pavillardii</i>		X			X	X	X	X	X		
<i>Noctiluca scintillans</i>		X	X	X		X	X	X			
<i>Ornithocercus sp</i>						X					
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
<i>Oxytoxum scolopax</i>						X	X	X	X		X
<i>Oxytoxum spp</i>	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
<i>Oxytoxum tessellatum</i>						X					
<i>Phalacroma sp</i>				X		X	X	X			
<i>Podolampas bipes</i>									X		
<i>Podolampas palmipes</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Polykrikos kofoidii</i>					X	X			X	X	
<i>Pronoctiluca sp.</i>							X	X			
<i>Prorocentrum compressum</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Prorocentrum gracile</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Prorocentrum mexicanum</i>		X	X	X		X	X	X			
<i>Prorocentrum micans</i>	X	X	X	X	X	X	X				
<i>Prorocentrum minimum</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Prorocentrum triestinum</i>	X	X		X		X	X		X		
<i>Protoperidinium acutipes</i>		X	X				X				
<i>Protoperidinium bidentatum</i>		X									
<i>Protoperidinium bipes</i>						X	X		X	X	X
<i>Protoperidinium cf solitarium</i>									X		
<i>Protoperidinium conicum</i>	X		X		X	X	X	X		X	
<i>Protoperidinium depressum</i>				X					X	X	
<i>Protoperidinium inflatum</i>		X					X		X		
<i>Protoperidinium joergenseni</i>									X	X	
<i>Protoperidinium latispinum</i>					X	X					
<i>Protoperidinium oblongum</i>		X	X			X	X				
<i>Protoperidinium oceanicum</i>				X			X	X	X	X	X
<i>Protoperidinium pellucidum</i>									X	X	
<i>Protoperidinium pentagonum</i>						X	X				
<i>Protoperidinium spp</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pyrocystis sp</i>				X	X	X	X	X	X		

Continuación de la tabla 2

DINOFLAGELADOS	21 de octubre de 1995	22 de noviembre de 1995	13 de diciembre de 1995	10 de enero de 1996	1 de febrero de 1996	13 de febrero de 1996	19 de marzo de 1996	12 de abril de 1996	24 de mayo de 1996	18 de junio de 1996	5 de junio de 1996
<i>Pyrophacus horologium</i>									X		X
<i>Pyrophacus sp</i>									X		
<i>Pyrophacus steinii</i>		X	X				X	X	X	X	X
<i>Quistes</i>									X	X	X
<i>Scrippsiella sp</i>								X			
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 3. Lista de especies presentes de grupos faltantes del fitoplancton, ciliados y microflagelados durante el período de estudio en Bahía Concepción

	21 de octubre de 1995	22 de noviembre de 1995	13 de diciembre de 95	10 de enero de 1996	1 de febrero de 1996	13 de febrero de 1996	19 de marzo de 1996	12 de abril de 1996	24 de mayo de 1996	18 de junio de 1996	5 de junio de 1996
SILICOFLAGELADOS											
<i>Dictyocha fibula</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Dictyocha speculum</i>	X										
<i>Octactis pulchra</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CIANOBACTERIAS											
<i>Oscillatoria erythraea</i>	X	X	X	X		X	X	X	X		
CILIADOS											
<i>Mesodinium rubrum</i>	X	X	X		X	X	X				
MICROFLAGELADOS											
<i>Chatonella sp</i>							X				
NANOPLANCTON											
No determinados					X	X	X	X	X		X

ANEXO 4

Registros de las variables físicas, químicas, biológicas y abióticas de la columna en los diferentes muestreos de campo a Bahía Concepción

Tabla 1. Valores de las variables físicas, biológicas y abióticas el 21 de octubre de 1995 en Bahía Concepción

Estación	Longitud Latitud	Hora	Nivel (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)	Sigma-t	Oxígeno disuelto (ml/l)	Saturación del oxígeno (%)	Clorofila a (mg/m ³)	MSP				Fitoplancton (cel/l)	Secchi (m)	Prof. (m)
										Total (mg/l)	Inorg. (mg/l)	Comb. (mg/l)	Ctp (mg/l)			
Isla Blanca	111° 51' 0221'' W 26° 43' 2674'' N	10:02	0	28.4			4.2		1.60	16.4	12.7	3.7	0.281		9.0	25
			5	28.1			4.2		2.39	13.9	10.1	3.9	0.327	36000		
			15	28.4			4.2		2.77	13.4	10.0	3.4	0.435			
			25	28.0			4.0		12.71	20.6	14.2	6.4	1.623	9240		
Arroyo el Frijol	111° 49' 2790'' W 26° 40' 4473'' N	11:45	0	28.1			4.3		1.68	13.0	9.4	3.6	0.532		9.0	25
			5	28.1			4.3		2.62	21.3	16.3	5.0	0.763	14440		
			15	28.0			4.2		2.31	13.1	9.4	3.7	0.226			
			25	27.9			3.7		2.94	14.5	11.0	3.5	0.310	18960		
Playa Armenta	111° 47' 3653'' W 26° 38' 0740'' N	13:20	0	29.4			4.5		2.07	21.5	15.3	6.2	0.569		----	28
			5	28.5			4.5		1.80	11.3	8.4	2.9	0.348	14720		
			15	28.4			4.2		2.68	23.9	18.4	5.5	0.664			
			25	28.6			3.5		4.62	13.5	9.6	3.9	0.600	18560		
			28	28.2												
Las Huertitas	111° 45' 5723'' W 26° 36' 1286'' N	15:01	0	30.0			4.6		1.55	12.9	9.7	3.3	0.815		11.0	31
			5	29.2			3.8		1.53	52.8	39.6	13.2	0.967	26400		
			10	28.6			4.5		2.02	14.2	10.3	3.9	0.691			
			15	28.7			4.5		1.49	14.3	10.5	3.9	0.929			
			20				4.4		1.95	13.9	10.1	3.7	0.729			
			25	28.6			4.4		2.29	14.1	10.2	3.9	0.489	36680		
			26	28.6			4.4									
			27	25.4												
			30	24.2					7.73	21.4	16.3	5.1	0.701			
			31	23.6					23.64	31.0	20.8	10.2	3.501			

Inorg. = MSP fracción inorgánica; Comb.= MSP fracción combustible; Ctp. = carbono total particulado.

Tabla 2. Valores de las variables físicas, biológicas y abióticas el 22 de noviembre de 1995 en Bahía Concepción

Estación	Longitud Latitud	Hora	Nivel (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)	Sigma-t	Oxígeno disuelto (ml/l)	Saturación del oxígeno (%)	Clorofila a (mg/m ³)	MSP				Fitoplancton (cel/l)	Secchi (m)	Prof. (m)
										Total (mg/l)	Inorg. (mg/l)	Comb. (mg/l)	Ctp (mg/l)			
Isla Blanca	111° 51' 0221'' W 26° 43' 2674'' N	9:12	0	25.6	35.3	23.4	4.4	93.7	24.77	20.5	15.6	4.9	0.806		8.5	27
			5	25.6	35.3	23.4	4.4	94.4	2.45	15.1	10.8	4.4	0.516	20480		
			10	25.7	35.2	23.3										
			15	25.8	35.2	23.3	4.4	95.2	1.10	14.6	10.8	3.8	0.537			
			20	25.9	35.2	23.3										
Arroyo el Frijol	111° 49' 2790'' W 26° 40' 4473'' N	10:50	25	26.0	35.1	23.2	4.2	89.1	3.36	47.2	38.2	9.0	1.755	26080		
			0	25.3	35.5	23.6	4.8	101.5	5.42	17.3	10.1	7.2			9.5	25
			5	25.4	35.5	23.6	4.7	100.2	4.52	14.2	11.6	2.6		61040		
			10	25.4	35.5	23.6										
			15	25.4	35.5	23.7	4.6	98.8	5.30	15.9	11.5	4.4				
Playa Armenta	111° 47' 3653'' W 26° 38' 0740'' N	12:23	20	25.6	35.4	23.5										
			25	25.7	35.2	23.4	4.8	102.0	4.85	16.4	11.8	4.6		17200		
			0	25.4	35.6	23.7	4.6	98.9	2.67	16.0	11.3	4.7			9.0	30
			5	25.3	35.6	23.7	4.5	95.6	3.04	15.8	10.8	5.0		23600		
			10	25.3	35.5	23.7										
Las Huertitas	111° 45' 5723'' W 26° 36' 1286'' N	13:58	15	25.3	35.5	23.7	4.4	92.6	2.23	12.7	9.3	3.4				
			20	25.4	35.5	23.7										
			25	25.6	35.3	23.5								28000		
			28	25.9	35.1	23.3	4.4	95.3	3.13	16.3	12.0	4.2				
Las Huertitas	111° 45' 5723'' W 26° 36' 1286'' N	13:58	0	25.4	35.6	23.7	4.5	96.2	2.79	13.9	10.4	3.5	0.426		9.0	34
			5	25.3	35.6	23.7	4.4	93.6	1.65	15.9	11.4	4.4	0.549	17320		
			10	25.3	35.6	23.7										
			15	25.3	35.6	23.8	4.4	92.7	2.46	19.1	13.7	5.4	0.460			
			20	25.3	35.6	23.8										
Las Huertitas	111° 45' 5723'' W 26° 36' 1286'' N	13:58	25	25.6	35.4	23.6	4.2	90.2	1.43	17.9	12.4	5.5	0.482	7080		
			30	25.9	35.2	23.3	4.2	91.0	2.36	16.1	11.7	4.4	0.377			
			33	26.1	35.1	23.2								8720		

Inorg. = MSP fracción inorgánica; Comb.= MSP fracción combustible; Ctp. = carbono total particulado.

Tabla 3. Valores de las variables físicas, biológicas y abióticas el 13 de diciembre de 1995 en Bahía Concepción

Estación	Longitud Latitud	Hora	Nivel (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)	Sigma-t	Oxígeno disuelto (ml/l)	Saturación del oxígeno (%)	Clorofila a (mg/m ³)	MSP				Fitoplancton (cel/l)	Secchi (m)	Prof. (m)
										Total (mg/l)	Inorg. (mg/l)	Comb. (mg/l)	Ctp (mg/l)			
Isla Blanca	111° 51' 0221'' W 26° 43' 2674'' N	8:50	0	23.6	36.1	24.6	4.55	94.3	1.46	16.7	13.4	3.3	0.524		9.0	25
			5	23.2	35.9	24.6	4.5	92.8	2.04	13.3	11.0	2.3	0.546	5800		
			15	23.1	35.9	24.7	4.4	89.4	2.38	13.5	11.3	2.3	0.630			
			25	23.1	35.9	24.7	4.3	88.0	2.48	12.3	10.5	1.8	0.657	7920		
Arroyo el Frijol	111° 49' 2790'' W 26° 40' 4473'' N	10:35	0	23.8	36.1	24.5	4.5	93.2	1.58	15.8	13.4	2.4			9.0	27
			5	23.1	36.1	24.8	4.5	93.4	2.58	16.6	14.2	2.4		18320		
			15	23.0	36.1	24.8	4.3	87.9	3.26	10.6	8.7	1.9				
			25	23.0	36.0	24.8								5880		
Playa Armenta	111° 47' 3653'' W 26° 38' 0740'' N	12:09	0	23.6	36.1	24.6	4.4	91.4	1.02	5.4	3.3	2.1			-----	27
			5	23.0	36.1	24.8	4.5	91.9	1.70	11.3	6.3	4.9		5600		
			15	23.0	36.1	24.8	4.4	90.5	1.68	11.4	9.9	1.5				
			25	23.0	36.1	24.9								11400		
Las Huertitas	111° 45' 5723'' W 26° 36' 1286'' N	13:45	0	23.1	36.0	24.7	4.4	90.6	1.70	9.3	7.3	2.1	0.545		11.0	33
			5	23.1	36.1	24.8	4.4	91.3	2.02	16.4	12.8	3.6	1.508	7080		
			10	23.0	36.1	24.8										
			15	23.0	36.0	24.8	4.2	86.5	2.48	13.3	11.7	1.7	0.462			
			20	23.0	36.0	24.8										
			25	23.0	36.0	24.8	4.4	90.4	2.60	10.9	9.1	1.7	0.535	5000		
			30	23.0	36.0	24.8										
			32	22.9	36.1	24.9	4.2	85.5	1.92	17.2	15.3	1.9	0.552			

Inorg. = MSP fracción inorgánica; Comb.= MSP fracción combustible; Ctp. = carbono total particulado.

Tabla 4. Valores de las variables físicas, biológicas y abióticas el 10 de enero de 1996 en Bahía Concepción

MSP																
Estación	Longitud Latitud	Hora	Nivel (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)	Sigma-t	Oxígeno disuelto (ml/l)	Saturación del oxígeno (%)	Clorofila a (mg/m ³)	Total (mg/l)	Inorg. (mg/l)	Comb. (mg/l)	Ctp (mg/l)	Fitoplancton (cel/l)	Secchi (m)	Prof. (m)
Isla Blanca	111° 51' 0221'' W 26° 43' 2674'' N	8:45	0	19.1	35.7	25.5	6.1	116.8	2.23	10.7	7.3	3.3	0.544		9.0	29
			5	19.2	35.7	25.5	5.9	111.8	1.89	10.6	8.0	2.7	0.411	31640		
			15	19.3	35.9	25.7	5.3	102.0	1.11	12.5	9.2	3.3	0.311			
			25	19.6	36.1	25.8								14720		
			29	19.9	36.4	26.0	4.9	94.3	14.81	116.4	96.8	19.6	4.275			
Arroyo el Frijol	111° 49' 2790'' W 26° 40' 4473'' N	10:22	0	19.6	36.1	25.7	5.4	105.1	0.90	16.5	12.9	3.5			10.0	28
			5	19.6	36.3	25.9	5.4	104.4	1.02	11.7	8.6	3.1		17760		
			15	19.7	36.3	25.9	5.2	100.6	1.26	8.6	5.7	2.9				
			20	19.6	36.3	25.9										
			25	19.6	36.3	26.0								12440		
Playa Armenta	111° 47' 3653'' W 26° 38' 0740'' N	12:09	0	19.8	36.2	25.7	5.3	103.6	0.88	10.6	8.6	2.0			11.0	28
			5	19.6	36.2	25.8	5.2	101.0	1.11	8.5	6.2	2.3		9120		
			15	19.7	36.3	25.9	5.1	99.3	1.45	12.9	10.5	2.4				
			20	19.7												
			25	19.6	36.3	26.0								13120		
Las Huertitas	111° 45' 5723'' W 26° 36' 1286'' N	13:52	0	20.2	35.8	25.3	5.4	104.6	0.81	20.2	16.8	3.4	0.469		12.0	33
			5	20.0	35.9	25.5	5.3	103.1	1.12	9.2	8.1	1.1	1.159	13440		
			10	20.0	35.8	25.4										
			15	20.1	35.8	25.4	5.1	100.0	1.14	11.5	9.9	1.5	0.308			
			20	20.2	35.7	25.3										
			25	20.6	35.4	25.0	5.1	100.4	0.92	12.5	9.1	3.3	0.520	17640		
			30	20.6	35.4	25.0										
			33	20.7	35.2	24.9	5.1	99.0	32.35	250.4	216.4	34.0	8.273			

R - Resuspensión

Inorg. = MSP fracción inorgánica; Comb.= MSP fracción combustible; Ctp. = carbono total particulado.

Tabla 5. Valores de las variables físicas, biológicas y abióticas el 1 de febrero de 1996 en Bahía Concepción

MSP																	
Estación	Longitud						Oxígeno	Saturación									
	Latitud	Hora	Nivel	Temperatura	Salinidad	Sigma-t	disuelto	del oxígeno	Clorofila a	Total	Inorg.	Comb.	Ctp	Fitoplancton	Secchi	Prof.	
			(m)	(°C)	(‰)		(ml/l)	(%)	(mg/m³)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(cel/l)	(m)	(m)	
Isla Blanca	111° 51´ 0221´´ W 26° 43´ 2674´´ N	8:09	0	19.9	35.5	25.2	5.2	99.6	1.95	10.9	8.7	2.1	0.468	22400	8.5	24	
			5	19.9	35.5	25.2	5.0	97.0	2.29	14.0	11.2	2.8	0.578	31400			
			10	19.9	35.5	25.2			2.60					24520			
			15	19.9	35.5	25.2	5.2	99.6	2.61	15.7	13.8	1.9	0.586	25560			
			20	19.8	35.5	25.3			2.41					30840			
			24	19.4	35.8	25.6	1.9	35.9	30.31	206.7	174.5	32.1	9.515	7920			
Arroyo el Frijol	111° 49´ 2790´´ W 26° 40´ 4473´´ N	10:18	0	20.1	35.7	25.3	5.3	102.8	2.19	19.3	14.7	4.7		25560	9.0	25	
			5	20.1	35.7	25.3	5.1	98.8	2.17	10.7	8.3	2.4		8080			
			10	20.1	35.7	25.3			2.39					21760			
			15	20.1	35.7	25.3	5.1	98.8	2.16	9.9	7.6	2.3		17160			
			20	20.1	35.7	25.4			2.14					14200			
			25	20.0	35.7	25.4	3.9	75.2	1.05	12.9	9.6	3.3		18760			
Playa Armenta	111° 47´ 3653´´ W 26° 38´ 0740´´ N	12:20	0	20.4	35.5	25.0	5.1	99.2	1.61	12.6	8.9	3.7		17280	8.0	28	
			5	20.2	35.5	25.1	5.2	100.2						16840			
			10	20.3	35.4	25.0	5.1	99.0	2.24	12.2	7.7	4.5		11520			
			15	20.4	35.6	25.2			2.05					11800			
			20	20.3	35.5	25.2			2.51					14920			
			25	19.9	35.7	25.4			2.05					19400			
	28	19.3	35.8	25.7	6.1	116.6	1.17	10.9	7.4	3.5		11880					
Las Huertitas	111° 45´ 5723´´ W 26° 36´ 1286´´ N	14:01	0	20.1	35.6	25.2	6.4	123.5	1.73	11.7	9.7	2.0	0.444	16960	9.0	30	
			5	20.1	35.6	25.2	5.2	101.4	1.51	12.7	9.5	3.3	0.534	14600			
			10	20.1	35.6	25.2			1.73					19920			
			15	20.0	35.6	25.3	5.8	111.7	1.83	11.7	9.8	1.9	0.598	22480			
			20	19.9	35.6	25.3			1.95					19800			
			25	19.9	35.7	25.4			3.81					27840			
	30	19.9	35.7	25.5	2.7	49.4	0.81	10.2	7.8	2.4	0.413	16760					

R - Resuspensión

Inorg. = MSP fracción inorgánica; Comb.= MSP fracción combustible; Ctp. = carbono total particulado.

Tabla 6. Valores de las variables físicas, biológicas y abióticas el 13 de febrero de 1996 en Bahía Concepción

Estación	Longitud Latitud	Hora	Nivel (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)	Sigma-t	Oxígeno disuelto (ml/l)	Saturación del oxígeno (%)	Clorofila a (mg/m³)	MSP				Fitoplancton (cel/l)	Secchi (m)	Prof. (m)
										Total (mg/l)	Inorg. (mg/l)	Comb. (mg/l)	Ctp (mg/l)			
Isla Blanca	111° 51' 0221'' W 26° 43' 2674'' N	9:49	0	20.2	35.0	24.7	6.0	117.0	0.47	10.0	8.7	1.3	0.300		9.5	24
			5	19.9	35.0	24.8	6.0	115.0	0.81	7.7	6.4	1.3	0.338	29800		
			10	19.9	35.1	24.9			4.68							
			15	19.5	35.2	25.1	5.0	95.5	1.03	8.6	6.7	1.9	0.250			
			20	19.4	35.5	25.4										
			24	19.6	35.3	25.2	4.4	83.6		24.4	19.7	4.7	0.907	27040		
Arroyo el Frijol	111° 49' 2790'' W 26° 40' 4473'' N	11:18	0	20.6	35.3	24.8	5.6	108.8	0.80	6.8	4.1	2.7			10.0	26
			5	20.6	35.2	24.8	5.4	105.8	1.60	11.8	7.3	4.5		23840		
			10	19.6	35.8	25.5										
			15	19.4	35.7	25.5	5.2	100.1	1.27	10.2	7.7	2.5				
			20	19.1	35.8	25.7										
			26	19.1	35.9	25.8	4.2	79.7	2.48	13.0	9.4	3.6		45600		
Playa Armenta	111° 47' 3653'' W 26° 38' 0740'' N	12:55	0	19.7	35.5	25.2	5.6	108.4	0.59	12.3	10.5	1.7			9.5	26
			5	19.7	35.6	25.3	5.5	106.7	1.26	18.2	17.3	0.9		27840		
			10	19.7	35.8	25.5										
			15	19.2	35.8	25.6	5.1	96.6	1.60	9.9	8.5	1.4				
			20	19.1	35.8	25.7										
			26	19.1	35.9	25.8	3.8	72.6	2.38	7.2	4.9	2.3		42080		
Las Huertitas	111° 45' 5723'' W 26° 36' 1286'' N	14:47	0	19.6	35.6	25.3	5.6	107.0	0.47	11.5	10.1	1.5	0.348		10.0	32
			5	19.6	35.6	25.3	5.6	107.2	1.12	11.9	9.9	2.1	0.433	26880		
			10	19.6	35.6	25.4										
			15	19.2	35.8	25.6	5.4	103.3	1.14	9.9	8.3	1.5	0.318			
			20	19.1	35.7	25.6										
			25	19.1	35.8	25.7	4.6	88.0	0.70	5.4	4.3	1.1	0.267	8440		
			30	19.1	35.7	25.7										
			32	19.0	35.9	25.9	3.6	69.4	0.90	11.7	10.3	1.5	0.470			

Inorg. = MSP fracción inorgánica; Comb.= MSP fracción combustible; Ctp. = carbono total particulado.

Tabla 7. Valores de las variables físicas, biológicas y abióticas el 19 de marzo de 1996 en Bahía Concepción

MSP																
Estación	Longitud Latitud	Hora	Nivel (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)	Sigma-t	Oxígeno disuelto (ml/l)	Saturación del oxígeno (%)	Clorofila a (mg/m ³)	Total (mg/l)	Inorg. (mg/l)	Comb. (mg/l)	Ctp (mg/l)	Fitoplancton (cel/l)	Secchi (m)	Prof. (m)
Isla Blanca	111° 51' 0221'' W 26° 43' 2674'' N	9:10	0	21.0	35.4	24.8	5.5	107.8	1.00	9.4	6.1	3.3	0.403	7680	13.0	25
			5	20.9	35.3	24.8	5.5	108.9	0.88	11.3	7.4	3.9	0.449	10880		
			10	20.9	35.3	24.8			0.36					5480		
			15	20.4	35.4	25.0	5.0	97.7	1.58	8.5	6.3	2.2	0.525	5280		
			20	20.4	34.4	24.3			2.14					7200		
			25	20.5	35.2	24.9	4.7	92.4	7.56	41.3	33.2	8.1	2.288	17800		
Arroyo el Frijol	111° 49' 2790'' W 26° 40' 4473'' N	10:55	0	20.8	35.2	24.7	5.6	109.3		9.1	5.3	3.7		8480	10.0	30
			5	20.6	35.2	24.8								12480		
			10	20.6	35.2	24.8	5.4	105.0	0.68	10.4	7.2	3.2		13680		
			15	20.7	35.2	24.8			1.24					12240		
			20	20.8	35.1	24.7	5.4	105.9	1.46	9.8	6.5	3.3		12680		
			25	20.9	34.9	24.6			1.92					7480		
Playa Armenta	111° 47' 3653'' W 26° 38' 0740'' N	13:05	0	20.6	35.7	25.1	5.4	105.9	0.68	11.7	7.7	4.0		10560	11.0	28
			5	20.6	35.7	25.2			1.24					8440		
			10	20.5	35.7	25.2	5.5	108.4	1.46	11.6	7.8	3.8		16600		
			15	20.3	35.8	25.4			1.92					9520		
			20	20.2	35.8	25.4	5.2	101.5	2.36	8.6	6.9	1.7		7760		
			25	20.0	35.8	25.5			2.58					10160		
Las Huertitas	111° 45' 5723'' W 26° 36' 1286'' N	15:15	0	21.0	35.6	25.0	5.7	112.0	0.78	10.4	8.5	1.9	0.628	10080	10.0	30
			5	20.9	35.4	24.8										
			10	20.7	35.5	25.0	5.6	110.0	1.26	7.2	4.7	2.5	0.565	12040		
			15	20.6	35.5	25.0			1.48					10960		
			20	20.6	35.5	25.1	5.6	110.4	1.82	12.0	9.1	2.9	0.739	12400		
			25	20.5	35.5	25.1			2.02					7280		
			30	20.6	35.4	25.0	5.5	107.1	2.04	14.7	10.3	4.5	0.806	12760		

Inorg. = MSP fracción inorgánica; Comb.= MSP fracción combustible; Ctp. = carbono total particulado.

Tabla 8. Valores de las variables físicas, biológicas y abióticas el 12 de abril de 1996 en Bahía Concepción

MSP																
Estación	Longitud Latitud	Hora	Nivel (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)	Sigma-t	Oxígeno disuelto (ml/l)	Saturación del oxígeno (%)	Clorofila a (mg/m ³)	Total (mg/l)	Inorg. (mg/l)	Comb. (mg/l)	Ctp (mg/l)	Fitoplancton (cel/l)	Secchi (m)	Prof. (m)
Isla Blanca	111° 51' 0221'' W 26° 43' 2674'' N	8:48	0	22.8	35.4	24.3	5.4	109.3	1.02	11.2	9.8	1.5	0.480		11.0	24
			5	22.8	35.4	24.3	5.4	109.1	1.14	10.9	9.3	1.6	0.432	62560		
			10	22.9	35.4	24.3			1.24							
			15	22.7	35.4	24.4	5.2	106.1	1.56	14.4	12.1	2.3	0.634			
			20	21.8	35.2	24.5			2.82							
			24	21.2	35.2	24.7	2.9	58.0	4.03	14.9	11.8	3.2	1.308	21320		
Arroyo el Frijol	111° 49' 2790'' W 26° 40' 4473'' N	9:33	0	23.6	35.6	24.2	5.4	110.8	0.90	11.7	10.0	1.7	0.514		12.0	28
			5	23.6	35.5	24.2			0.90					13000		
			10	23.3	35.6	24.3	5.5	113.9	1.00	13.2	10.7	2.5	0.402			
			15	22.7	35.4	24.4	5.4	110.5	1.34	10.9	8.4	2.5	0.405			
			20	22.4	35.5	24.6			2.36							
			25	21.8	35.4	24.7	3.3	66.6	2.14	7.7	6.4	1.3	0.430	10400		
Playa Armenta	111° 47' 3653'' W 26° 38' 0740'' N	11:05	0	23.6	35.5	24.1	5.5	113.7	1.36	9.7	5.5	4.2	0.421		11.0	28
			5	23.3	35.6	24.3	5.6	115.3	0.78	5.8	4.5	1.3	0.397	7300		
			10	23.1	35.5	24.3			0.92							
			15	22.7	35.4	24.4	5.5	111.9	0.69	12.2	10.1	2.0	0.392			
			20	22.1	35.4	24.6			2.48							
			25	21.9	35.3	24.6	4.1	82.2	3.17	14.6	12.5	2.1	0.515	22440		
Las Huertitas	111° 45' 5723'' W 26° 36' 1286'' N	13:20	0	24.1	35.8	24.2	5.4	112.3	0.56	11.2	9.2	2.0	0.370		11.0	31
			5	23.3	35.8	24.5	5.4	111.5	0.88	10.5	8.4	2.1	0.397	19600		
			10	23.0	35.7	24.5			0.78							
			15	22.4	35.6	24.6	5.3	108.0	1.60	11.9	10.3	1.5	0.361			
			20	22.3	35.7	24.8			0.90							
			25	21.9	35.6	24.8	3.4	69.0	2.04	11.0	8.4	2.6	0.454	9160		
			31	20.9	35.5	25.0	2.0	39.1	1.48	12.3	9.5	2.8	0.544			

Inorg. = MSP fracción inorgánica; Comb.= MSP fracción combustible; Ctp. = carbono total particulado.

Tabla 9. Valores de las variables físicas, biológicas y abióticas el 24 de mayo de 1996 en Bahía Concepción

MSP																
Estación	Longitud Latitud	Hora	Nivel (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)	Sigma-t	Oxígeno disuelto (ml/l)	Saturación del oxígeno (%)	Clorofila a (mg/m³)	Total (mg/l)	Inorg. (mg/l)	Comb. (mg/l)	Ctp (mg/l)	Fitoplancton (cel/l)	Secchi (m)	Prof. (m)
Isla Blanca	111° 51' 0221'' W 26° 43' 2674'' N	16:15	0	27.7	35.9	23.2	4.6	102.5	2.72	5.2	4.3	0.9	0.799		8.0	23
			5	27.6	36.0	23.3	5.4	120.6	2.95	5.7	3.4	2.3	1.303	20800		
			10	27	35.8	23.4	3.3	71.5	2.04	5.7	3.8	1.9	1.969	9640		
			15	24.9	35.5	23.8	5.5	116.2	1.06	5.3	3.3	2.0	0.717	11640		
			20	21.9	34.9	24.3	1.6	31.2	2.14	14.5	10.8	3.7	1.881			
			23	20.6	34.8	24.6	2.7	51.7	2.26	13.3	10.9	2.4	0.901	4260		
Arroyo el Frijol	111° 49' 2790'' W 26° 40' 4473'' N	14:25	0	27	36.6	23.9	5.4	119.8	6.01	12.9	9.5	3.5	0.475		8.0	27
			5	27.1	36.6	23.9	5.4	118.5	3.19	7.5	4.3	3.2	1.163	13000		
			10	27	36.5	23.9	5.2	115.1	2.72	20.1	14.8	5.3	0.991	8000		
			15	23.9	36.4	24.8	1.3	26.9	1.14	14.1	10.4	3.7	3.191	5680		
			20	21.4	36.2	25.4	2.5	50.1	1.24	8.7	6.2	2.5	1.231			
			25	19.9	34.6	24.6	2.7	51.5	3.70	7.5	5.1	2.4	1.136	10440		
			27	19.3	34.5	24.7	1.0	19.4		11.6	9.1	2.5	1.172			
Playa Armenta	111° 47' 3653'' W 26° 38' 0740'' N	13:15	0	28.3	36.2	23.2	5.9	132.7	2.71	7.0	4.4	2.6	1.471		8.0	28
			5	28.2	36.2	23.3	6.1	135.6	1.58	7.2	4.6	2.6	3.338	7240		
			10	27.8	36.2	23.4	5.9	131.6	2.38	8.7	5.9	2.8	2.422	32840		
			15	23.3	35.8	24.5	2.0	40.6	6.07	10.5	6.8	3.7	1.056	56080		
			20	21.3	35.5	24.9	1.5	28.8	5.24	12.5	8.8	3.7	1.211			
			25	19.8	35.4	25.2	2.0	38.0	0.68	10.9	6.7	4.3	3.888	7360		
			28	19.6	35.2	25.1	1.9	36.5	3.03	12.1	7.5	4.7	1.688			
Las Huertitas	111° 45' 5723'' W 26° 36' 1286'' N	11:20	0	28.3	36.1	23.1	6.1	135.7		11.9	10.3	1.6	0.556		9.0	31
			5	28.3	36.1	23.1	6.3	141.8	2.69	12.4	9.1	3.3	2.347	16880		
			10	28	36.1	23.3	6.3	139.5	3.17	8.7	5.5	3.2	2.386	21120		
			15	23.3	35.7	24.4	0.5	11.1	4.07	7.2	4.2	3.0	0.958			
			20	20.6	35.1	24.8	0.8	15.8	1.15	7.6	5.2	2.4	0.597			
			25	20.1	35.0	24.8	1.4	27.7		9.4	7.3	2.1	0.805	16520		
			30	19.7	34.8	24.8	1.4	27.4	0.47	6.4	4.7	1.7	0.194			

Inorg. = MSP fracción inorgánica; Comb.= MSP fracción combustible; Ctp. = carbono total particulado.

ANEXO 5

Flujos de sedimentación del material particulado en hundimiento en la estación fija de la Huertitas en
Bahía Concepción

Tabla 1. Componentes de los flujos verticales del material particulado en hundimiento registrados durante los experimentos con la trampa de sedimentos del 24 mayo al 7 de julio de 1996 durante los muestreos a Bahía Concepción en la estación fija de Las Huertitas

Día	masa total (mg/m ² /d)	carbono total particulado (mg/m ² /d)	clorofila a (mg/m ² /d)	carbono fitoplanctónico (mg/m ² /d)	fitoplancton (valvas x 10 ⁶ /m ² /d)	grupos del fitoplancton			organismos heterótrofos (individuos x 10 ⁶ /m ² /d)
						diatomeas (valvas x 10 ⁶ /m ² /d)	dinoflagelados (valvas x 10 ⁵ /m ² /d)	silicoflagelados (valvas x 10 ⁵ /m ² /d)	
24 de mayo de 1996	261	44	—	—	1.8	1.2	0.4	0.2	0.5
4 de junio de 1996	55	9	—	—	1.2	0.8	0.04	0.2	0.4
5 de junio de 1996	1946	303	0.36	10.8	8.9	6.6	0.3	2.9	2.2
6 de junio de 1996	1519	286	1.07	32.1	23.2	15.5	1.5	3.9	7.6
7 de junio de 1996	1839	296	2.25	67.5	36.3	18.6	2.6	26.8	17.2
17 de junio de 1996	121	21	—	—	2.2	1.9	0.4	1.1	0.3
18 de junio de 1996	726	106	1.09	32.7	10.8	9.5	0.2	35.5	0.9
19 de junio de 1996	730	152	1.28	38.4	16.4	12.2	0.5	65.6	3.5
20 de junio de 1996	719	107	1.17	35.1	11.2	9.7	0.4	42.2	1.1
21 de junio de 1996	315	-59	0.18	5.4	3.8	3.2	0.4	18.2	0.4
7 de julio de 1996	281	48			3.3	2.6	5.1	6.3	0.1

ANEXO 6

Geolocalización de las estaciones de muestreo para el sedimento superficial y contenidos de carbono orgánico y calcio en los sedimentos superficiales de Bahía Concepción

Tabla 1 Geolocalización de las estaciones de muestreo para el sedimento superficial, así como, su contenido de carbono orgánico (CO) y calcio (Ca) en Bahía Concepción.

Estación	Latitud (N)	Longitud (W)	CO (%)	Ca (%)
1	26° 52' 45''	111° 51' 02''	0.13	24.40
2	26° 52' 36''	111° 54' 51''	0.06	5.75
3	26° 49' 52''	111° 50' 04''	0.06	13.70
4	26° 49' 58''	111° 52' 18''	0.10	7.38
5	26° 46' 45''	111° 49' 07''	0.09	6.92
6	26° 47' 03''	111° 51' 38''	0.30	13.50
7	26° 45' 10''	111° 49' 00''	0.08	6.83
9	26° 43' 08''	111° 48' 55''	0.12	8.15
10	26° 43' 52''	111° 54' 52''	0.16	25.60
11	26° 41' 33''	111° 47' 47''	0.08	3.89
12	26° 38' 45''	111° 50' 44''	0.15	8.13
13	26° 39' 32''	111° 45' 07''	0.07	6.31
14	26° 37' 34''	111° 48' 29''	0.16	17.10
15	26° 35' 28''	111° 42' 42''	0.09	5.26
16	26° 35' 24''	111° 47' 20''	0.24	17.60
17	26° 35' 23''	111° 40' 45''	0.10	7.85
18	26° 32' 47''	111° 44' 42''	0.11	6.10
19	26° 33' 49''	111° 42' 53''	0.16	26.10
20	26° 35' 28''	111° 44' 02''	1.51	9.32
21	26° 36' 49''	111° 45' 42''	2.21	8.28
22	26° 38' 11''	111° 46' 29''	2.13	8.43
23	26° 41' 28''	111° 49' 28''	2.35	7.67
24	26° 43' 39''	111° 50' 39''	2.43	8.98
25	26° 45' 23''	111° 50' 56''	1.46	8.54
26	26° 47' 29''	111° 49' 47''	0.60	13.50
27	26° 49' 19''	111° 51' 47''	0.18	13.10
28	26° 50' 21''	111° 50' 33''	0.56	17.10
29	26° 50' 55''	111° 53' 15''	0.28	6.16
30	26° 52' 16''	111° 51' 35''	0.13	16.20
31	26° 52' 18''	111° 53' 20''	0.37	10.30
32	26° 52' 39''	111° 53' 59''	0.11	6.22
33	26° 45' 05''	111° 53' 07''	0.16	38.70
34	26° 43' 13''	111° 54' 13''	0.17	31.80
35	26° 42' 31''	111° 52' 31''	0.14	16.4
36	26° 38' 58''	111° 49' 55''	0.09	18.5