



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS**

**CARACTERIZACIÓN DE LOS PERFILES
VERTICALES DE CLOROFILA “a” EN UNA
BAHÍA SUBTROPICAL DEL PACIFICO
MEXICANO.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS**

EN

MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA:

JOSÉ ÁNGEL HINOJOSA LARIOS

LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO.

ABRIL 2007.



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 13:00 horas del día 13 del mes de Febrero del 2007 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:

**"CARACTERIZACIÓN DE LOS PERFILES VERTICALES DE CLOROFILA "a"
EN UNA BAHÍA SUBTROPICAL DEL PACÍFICO MEXICANO"**

Presentada por el alumno:

HINOJOSA
Apellido paterno

LARIOS
materno

JOSÉ ÁNGEL
nombre(s)

Con registro:

B	0	1	1	2	9	2
---	---	---	---	---	---	---

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. JOSÉ EDUARDO VALDEZ HOLGUÍN

PRESIDENTE

DR. SERGIO AGUINIGA GARCÍA

SECRETARIO

DR. ROGELIO GONZÁLEZ ARMAS

SEGUNDO VOCAL

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE
DIRECTOR INTERNO

TERCER VOCAL

DR. OLEG ZAITSEV VIKTOROVICH

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



I. P. N.
CICIMAR
DIRECCION



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 29 del mes Marzo del año 2007, el (la) que suscribe JOSÉ ÁNGEL HINOJOSA LARIOS alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro B011292 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. JOSÉ EDUARDO VALDEZ HOLGUIN y cede los derechos del trabajo titulado: "CARACTERIZACIÓN DE LOS PERFILES VERTICALES DE CLOROFILA "a" EN UNA BAHÍA SUBTROPICAL DEL PACÍFICO MEXICANO" 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: jlarios@costera.melaque.udg.mx rcervan@ipn.mx
Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


JOSÉ ÁNGEL HINOJOSA LARIOS
nombre y firma

AGRADECIMIENTOS.

A la Universidad de de Guadalajara, al Centro Universitario de la Costa Sur y al Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras. Por las facilidades brindadas para realizar los estudios.

Al Programa de Mejoramiento a los Profesores (PROMEP).

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN) por el apoyo otorgado durante la formación académica y realización del trabajo de tesis a través del Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI) y la Beca de Postgrado.

Al Dr. José Eduardo Valdez Holguín, mi Director de tesis, por su disposición y apoyo incondicional durante todo el proceso de este trabajo.

Al Dr. Rafael Cervantes Duarte, Consejero y co-director de tesis, por su disposición y apoyo incondicional durante todo el proceso de este trabajo.

A los miembros del comité de tesis formado por los Doctores Sergio Aguíñiga García, Rogelio González Armas, Rafael Cervantes Duarte, José Eduardo Valdez Holguín, Oleg Zaytsev y Evgueni Shumilin por su ayuda, comentarios y críticas hacia este trabajo.

Al M en C. Fernando Aguirre Bahena, por su apoyo incondicional, y a su novia

Al M en C. Eduardo González, por su amistad y apoyo con el programa de MatLab.

A todos los maestros del CICIMAR, por dedicar su tiempo en nuestra formación.

Al C. Humberto Ceseña Amador, por su amistad y apoyo en las cuestiones administrativas.

A las familias del Dr. Cervantes, Dr. Valdez, Tere Barriga, Dr. Magallanes,

A todos los miembros del Laboratorio de Química Marina por su amistad y apoyo para la realización de este trabajo.

A todos los compañeros de mi generación, que no los menciono por evitar omitir alguno, pero sabemos quienes somos.

Y a todas aquellas personas que me brindaron su amistad y apoyo e hicieron más placentera nuestra estancia en la Paz, evito mencionarla a cada una de ellas para evitar omitir alguna.

DEDICATORIA.

A mis padres:

Sr. Javier Hinojosa Coronel (f), que aun que no esta entre nosotros, estará siempre conmigo.

Sra. Ramona Larios Rangel, por sus enseñanzas y su apoyo en todo momento.

A mi familia,

Con un gran cariño y amor a ti IRENE por su amor, su comprensión y gran apoyo incondicional.

A mis hijos

Cynthia Viridiana y José Ángel, que llegaron a llenar de luz y fuerza mi vida y son todo para mi.

A mis hermanos y familias:

Francisco Javier, Mayerin Graciela, Minerva Afrodita Y Héctor Manuel

A mis Suegros:

Ambrosio Medina Padilla y Ramona Cárdenas, por haberme dado la oportunidad de convivir con su familia.

A mis cuñadas y familias:

Petra, Mary, Chayo y Martha.

LISTA DE FIGURAS.

PAGINA.

Fig. 1 Localización del área de estudio, Bahía de la Paz, Baja California Sur, México.....	6
Fig. 2 Posición de las estaciones de muestreo para cada crucero, a) enero, b) abril, c) Julio y d) noviembre.	8
Fig. 3 Velocidad y dirección de los vientos en la estación meteorológica del CIBNOR, para la Bahía de La Paz, de enero a diciembre de 2002.	14
Fig. 4 Comportamiento del parámetro de estratificación (♦) y la temperatura superficial durante los cruceros (▲).....	15
Fig. 5 Distribución espacial de la temperatura del agua superficial de la Bahía de la Paz, para enero de 2002.	17
Fig. 6 Distribución espacial de temperatura en las aguas superficial, en la Bahía de la Paz, durante abril de 2002.	18
Fig. 7 Distribución espacial de la temperatura del agua superficial de la Bahía de la Paz, en julio de 2002.	19
Fig. 8 Distribución espacial de la temperatura del agua superficial de la Bahía de la Paz, en noviembre de 2002.....	20
Fig. 9 Distribución espacial de salinidad del agua superficial de la Bahía de la Paz, para el mes de enero de 2002.	21
Fig. 10 Distribución espacial de salinidad del agua superficial de la Bahía de la Paz, para el mes de abril de 2002.....	22
Fig. 11 Distribución espacial de salinidad del agua superficial de la Bahía de la Paz, en julio de 2002.....	23
Fig. 12 Distribución espacial de salinidad del agua superficial de la Bahía de la Paz, en noviembre de 2002.	24
Fig. 13 Distribución vertical de la temperatura y la salinidad en la columna de agua en la Bahía de la Paz, en enero de 2002.	25
Fig. 14 Distribución vertical de la temperatura y salinidad en la capa una capa de 100 metros, de la columna de agua, de la Bahía de la Paz, en enero de 2002.	26
Fig. 15 Distribución vertical de temperatura y la salinidad en la columna de agua, en la Bahía de la Paz, en abril de 2002.	27
Fig. 16 Distribución vertical de la temperatura y salinidad en la capa de 100 metros, de la columna de agua, de la Bahía de la Paz, en abril de 2002. ...	28
Fig. 17 Distribución vertical de la temperatura y la salinidad en la columna de agua en la Bahía de la Paz, en julio de 2002.....	29
Fig. 18 Distribución vertical de la temperatura y salinidad en la capa una capa de 100 metros, de la columna de agua, de la Bahía de la Paz, en julio de 2002.	30

Fig. 19 Distribución vertical de temperatura y la salinidad de la columna de agua en la Bahía de la Paz, en noviembre de 2002.	31
Fig. 20 Distribución vertical de la temperatura y salinidad en la capa una capa de 100 metros, de la columna de agua, de la Bahía de la Paz, en noviembre de 2002.	32
Fig. 21 Distribución espacial de la concentración de los nitritos mas nitratos, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, para el mes de enero de 2002.	33
Fig. 22 Distribución espacial de la suma de los nitratos mas nitratos, en la capa superficial de las aguas de Bahía de La Paz, en abril de 2002.	34
Fig. 23 Distribución espacial de la concentración de los nitritos mas nitratos, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, en julio de 2002.	35
Fig. 24 Distribución espacial de la concentración de los nitritos mas nitratos, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, en noviembre 2002.	36
Fig. 25 Distribución vertical de las concentraciones de los nitritos mas nitratos, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en el mes de enero de 2002.	37
Fig. 26 Distribución vertical de las concentraciones de la suma de los nitritos mas nitratos, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en abril de 2002.	38
Fig. 27 Distribución vertical de las concentraciones de los nitritos mas nitratos en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en julio de 2002.	39
Fig. 28 Distribución vertical de las concentraciones de los nitritos mas nitratos, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en noviembre de 2002.	40
Fig. 29 Distribución espacial de la concentración de los fosfatos, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, para el mes de enero de 2002.	41
Fig. 30 Distribución espacial de la concentración de los fosfatos, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, en abril de 2002.	42
Fig. 31 Distribución espacial de la concentración de los fosfatos, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, en julio de 2002.	43
Fig. 32 Distribución espacial de la concentración de los fosfatos, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, en noviembre de 2002.	44
Fig. 33 Distribución vertical de las concentraciones de los fosfatos, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en enero de 2002.	45
Fig. 34 Distribución vertical de las concentraciones de los fosfatos, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en abril de 2002.	46
Fig. 35 Distribución vertical de las concentraciones de los fosfatos, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en julio de 2002.	47
Fig. 36 Distribución vertical de las concentraciones de los fosfatos, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en noviembre de enero de 2002.	48

Fig. 37 Distribución espacial de la concentración de los silicatos, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, para el mes de enero de 2002.	49
Fig. 38 Distribución espacial de la concentración de los silicatos, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, en abril de 2002.	50
Fig. 39 Distribución espacial de la concentración de los silicatos, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, en julio de 2002.	51
Fig. 40 Distribución espacial de la concentración de los silicatos, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, en noviembre de 2002.	52
Fig. 41 Distribución vertical de las concentraciones de los silicatos, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en enero de 2002.	53
Fig. 42 Distribución vertical de las concentraciones de los silicatos, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en abril de 2002.	54
Fig. 43 Distribución vertical de las concentraciones de los silicatos, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en julio de 2002.	55
Fig. 44 Distribución vertical de las concentraciones de los silicatos, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en noviembre de 2002.	56
Fig. 45 Distribución espacial de las concentraciones de clorofila “a”, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, para el mes de enero de 2002.	57
Fig. 46 Distribución espacial de las concentraciones de clorofila “a”, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, en abril de 2002.	58
Fig. 47 Distribución espacial de las concentraciones de clorofila “a”, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, en julio de 2002.	59
Fig. 48 Distribución espacial de las concentraciones de clorofila “a”, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, en noviembre de 2002.	60
Fig. 49 Distribución vertical de las concentraciones de clorofila “a”, en la columna de agua, en cada estación de la Bahía de La Paz, en enero de 2002.	61
Fig. 50 Distribución vertical de las concentraciones de clorofila “a”, en la columna de agua, en cada estación de la Bahía de La Paz, en abril de 2002.	62
Fig. 51 Distribución vertical de las concentraciones de clorofila “a”, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en julio de 2002.	63
Fig. 52 Distribución vertical de las concentraciones de clorofila “a”, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en noviembre de 2002.	64
Fig. 53 Distribución espacial de las concentraciones de clorofila “a” integrada en la columna de agua Bahía de La Paz, en enero de 2002.	65
Fig. 54 Distribución espacial de las concentraciones de clorofila “a” integrada en la columna de agua Bahía de La Paz, en abril de 2002.	66
Fig. 55 Distribución espacial de las concentraciones de clorofila “a” integrada en la columna de agua Bahía de La Paz, en julio de 2002.	67
Fig. 56 Distribución espacial de las concentraciones de clorofila “a” integrada en la columna de agua Bahía de La Paz, en noviembre de 2002.	68
Fig. 57 Perfil estimado y ajustado para los valores del perfilador (PNF), en la Bahía de la Paz, durante el crucero de enero de 2002.	69

Fig. 58 Perfil estimado y ajustado para los valores del perfilador (PNF), en la Bahía de la Paz, en abril de 2002	71
Fig. 59 Perfil estimado y ajustado para los valores del perfilador (PNF), en la Bahía de la Paz, en julio de 2002.....	72
Fig. 60 Perfil estimado y ajustado para los valores del perfilador (PNF), en la Bahía de la Paz, durante el crucero de noviembre de 2002.	74

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Intensidad de los viento datos de la estación meteorológica del CIBNOR.	13
Tabla 2. Valores de los parámetros del modelo gaussiano obtenidos para los valores registrados por el perfilador de fluorescencia natural (PNF 300), en enero de 2002.	70
Tabla 3 Valores de los parámetros del modelo gaussiano obtenidos para los valores registrados por el perfilador de fluorescencia natural (PNF 300), en abril de 2002.	71
Tabla 4. Valores de los parámetros del modelo gaussiano obtenidos para los valores registrados por el perfilador de fluorescencia natural (PNF 300), en julio de 2002	73
Tabla 5. Valores de los parámetros del modelo gaussiano obtenidos para los valores registrados por el perfilador de fluorescencia natural (PNF 300), en noviembre de 2002.	74

LISTA DE ANEXOS

Anexo I. Tabla de los datos utilizados para el cálculo de clorofila a partir de la fluorescencia y la gráfica de los estadísticos utilizados, en enero de 2002. 92	92
Anexo II. Tabla de los datos utilizados para el cálculo de clorofila a partir de la fluorescencia y la gráfica de los estadísticos utilizados, en abril de 2002. ... 93	93
Anexo III. Tabla de los datos utilizados para el cálculo de clorofila a partir de la fluorescencia y la gráfica de los estadísticos utilizados, en julio de 2002. ... 94	94
Anexo IV. Tabla de los datos utilizados para el cálculo de clorofila a partir de la fluorescencia y la gráfica de los estadísticos utilizados, en noviembre de 2002. 95	95
Anexo V. Velocidad y dirección de los vientos durante los días de crucero en el mes de enero de 2002. 96	96
Anexo VI. Velocidad y dirección de los vientos durante los días de crucero en el mes de abril de 2002. 97	97
Anexo VII. Velocidad y dirección de los vientos durante los días de crucero de julio de 2002. 98	98
Anexo VIII. Velocidad y dirección de los vientos durante los días de crucero de noviembre de 2002. 99	99
Anexo IX. Diagrama T-S, donde se presentaron las diferentes masas de agua en la Bahía de la Paz, durante el 2002. 100	100
Anexo X . Tabla de comparaciones de los parámetros obtenidos de la aplicación del modelo Gaussiano para los datos obtenidos del perfilador de fluorescencia natural (PNF-300), durante el 2002. 101	101
Anexo XI. Tabla de comparaciones de los parámetros obtenidos de la aplicación del modelo Gaussiano para los datos de los perfiles de clorofila "a" discretos en la columna de agua, durante el 2002. 101	101
Anexo XII. Red de Estaciones para el crucero de enero de 2002. 102	102
Anexo XIII. Red de Estaciones para el crucero de abril de 2002. 103	103
Anexo XIV. Red de Estaciones para el crucero de julio de 2002. 103	103
Anexo XV. Red de Estaciones para el crucero de noviembre de 2002. 104	104

RESUMEN

Con el propósito de determinar las características oceanográficas que influyen en la formación de la estructura vertical de clorofila “a” (Cla) y su variabilidad en la Bahía de La Paz, se realizaron cruceros en los meses de enero, abril, julio y noviembre durante el año 2002. Para caracterizar los perfiles de Cla se efectuaron sondeos verticales de fluorescencia natural (PNF-300 Biospherical Instr.) los cuales fueron calibrados con muestras discretas de Cla extraídas con acetona al 90%. Asimismo se obtuvieron perfiles de temperatura, salinidad y densidad con un CTD y se tomaron muestras discretas en la columna de agua a 0, 2.3 y 4.6 profundidades ópticas, e intermedias, para determinar Cla y nutrientes (NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} y SiO_4^{4-}). La Bahía de la Paz presentó una distribución superficial de temperatura en un rango de 20.0 °C en enero a 29.8°C en julio, con condiciones intermedias en abril y noviembre. La distribución vertical de la temperatura en la bahía nos muestra claramente la influencia de los cambios estacionales durante el año. De acuerdo con los diagramas T-S las masas de agua presentes en la bahía son: Agua del Golfo de California (AGC) y Agua Superficial Subtropical (ASsSt), durante los cuatro cruceros, notándose ligera presencia del Agua Superficial Ecuatorial (ASE) durante los cruceros de julio y noviembre. Las concentraciones de Cla superficial para enero fueron 0.67 mg m⁻³ a 2.17 mg m⁻³, para abril de 0.59 mg m⁻³ a 1.33 mg m⁻³, para el julio de 0.13 mg m⁻³ a 0.45 mg m⁻³ para el noviembre presentó valores que oscilan entre 0.30 mg m⁻³ y 0.67 mg m⁻³. Los perfiles del modelo Gaussiano presentaron máximos sub-superficiales para los meses de enero y abril, notándose cambios en los máximos más profundos para los meses de julio y noviembre. La profundidad promedio del máximo de clorofila estimada por el modelo y clorofila integrada de 0-70m fueron de 12 m y 52 mg m⁻² para el mes enero, 14 m y 63 mg m⁻² en abril, 25 m y 43 mg m⁻² en julio y 36 m y 39 mg m⁻² para el mes de noviembre. La formación del máximo sub-superficial de clorofila fue una característica común de las aguas de la Bahía de La Paz durante el 2002, sin embargo quedan por investigar los procesos que determinan su forma y magnitud.

ABSTRACT

In order to determine the oceanographic characteristics that influence the formation of the vertical chlorophyll a structure a (Cla) and the variability of the primary production in the Bay of La Paz, cruises were made in the months of January, April, July and November during year 2002. In order to characterize the profiles of Cla vertical soundings of natural fluorescence were determined (PNF-300 Biospherical Instr.) which was calibrated with extracted discrete samples of Cla with acetone to 90%. Also profiles of temperature, salinity were obtained and density with a CTD and discrete samples in the column were taken from water to 0, 2.3 and 4.6 depths optical, and intermediate, to determine Cla and nutrients (NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} and SiO_4^{4-}). The Bay of La Paz showed a superficial distribution of temperature in a 20.0°C rank in January to 29.8°C in July, with intermediate conditions in April and November. The vertical distribution of the temperature in the bay shows clearly the influence to us of the season's changes during the year. In agreement with diagrams T-S the present masses of water in the bay: Water of the Gulf of California (GCW) and Subtropical Superficial Water (StSW), during the four cruises, noticing slight presence of the Equatorial Superficial Water (ESW) during the July cruises and November. The superficial Cla concentrations for winter 0,67 mg m⁻³ to 2,17 mg m⁻³, for spring of 0,59 mg m⁻³ to 1,33 mg m⁻³, for the summer of 0,13 mg m⁻³ to 0,45 mg m⁻³ and for the autumn registered values that oscillate between 0,30 mg m⁻³ and 0,67 mg m⁻³. The profiles of the Gaussian model showed sub-superficial maximums for the months of January and April, noticing a change in maximum but deep for the months of July and the November. The depth average of the maximum of chlorophyll considered by the model and the chlorophyll integrated values were 12 m and 52 mg m⁻² for January, 14 m and 63 mg m⁻² in April; 25 m and 43 mg m⁻² in July and 36 m and 39 mg m⁻² for November. The subsurface maximum of chlorophyll formation is a distinctive characteristic of Bay of La Paz waters during 2002, however still for determining processes that give shape and magnitude to the profile.

ÍNDICE

	Página
Lista de figuras.....	ii
Lista de tablas.....	vi
Lista de anexos.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
1. INTRODUCCION.	
1.1. Marco teórico.....	1
1.2. Antecedentes.....	3
2. HIPÓTESIS.....	4
3. OBJETIVOS.....	4
3.1. Metas.....	4
4. ÁREA DE ESTUDIO.	5
5. MATERIAL Y METODOS	
5.1. Trabajo de campo.....	7
5.2. Trabajo de laboratorio.....	9
5.3. Trabajo de gabinete.....	10
6. RESULTADOS	
6.1. Vientos.....	13
6.2. Índice de estratificación.....	15
6.3. Temperatura y Salinidad.	
6.3.1. Distribución espacio-temporal de la temperatura.....	16
6.3.2. Distribución espacio-temporal de la salinidad.....	20
6.3.3. Distribución vertical de la temperatura y salinidad.....	24
6.4. Nutrientes.	
6.4.1. Distribución espacio-temporal de nitritos mas nitratos..	32
6.4.2. Distribución vertical de nitritos mas nitratos.....	36
6.4.3. Distribución espacio-temporal de los fosfatos.....	40
6.4.4. Distribución vertical de los fosfatos.....	44
6.4.5 Distribución espacio-temporal de los silicatos.....	48
6.4.6 Distribución vertical de los silicatos.....	52

6.5. Clorofila "a".	
6.5.1 Distribución espacio-temporal de la clorofila "a".....	56
6.5.2 Distribución vertical de la clorofila "a".....	60
6.5.3 Distribución de la clorofila integrada.....	64
6.6. Aplicación del modelo Gaussiano.....	68
7. DISCUSION.....	73
8. CONCLUSIONES.....	83
9. LITERATURA CITADA.....	84
ANEXOS.....	89

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. MARCO TEÓRICO.

Las plantas microscópicas que flotan a la deriva en el océano son llamadas fitoplancton, y son distribuidas por las corrientes oceánicas (Millero, 1996). Como todos los organismos vegetales fotosintéticos, el fitoplancton contiene clorofila *a*, por lo que la estimación de este pigmento es utilizado como un indicador de la biomasa fitoplanctónica. La generación de esta biomasa está determinada por los procesos fisiológicos del fitoplancton, la tasa fotosintética o productividad primaria (Wei huapt, 1984), y por las condiciones ambientales.

Se ha establecido a través de varios estudios, que la variabilidad espacio-temporal de la productividad primaria en los océanos (tanto horizontal como vertical en la columna de agua) depende de las condiciones ambientales a las cuales están sujetas las poblaciones fitoplanctónicas. Los factores de primer orden que determinan la productividad primaria del fitoplancton son la irradiancia (luz) y la clorofila; y los factores de segundo orden la temperatura y la concentración de nutrientes (Platt *et al.*, 1991). Cullen (1990) concluyó que los nutrientes afectan la productividad primaria a través de una influencia directa sobre la concentración de clorofila *a*. Estas variables ambientales son modificadas por procesos de estratificación, mezcla, turbidez, mareas, vientos, entre otros, generando una gran variabilidad en la biomasa y productividad del fitoplancton sobre todo en regiones costeras (Coté y Platt, 1983; Gaxiola-Castro y Álvarez-Borrego, 1984; Riley y Chester, 1989; Lara-Lara *et al.*, 1993; Millán-Núñez *et al.*, 1997; Bustillos-Guzmán, 1995; Falkowski y Raven, 1997). En la zona eufótica, debido a los movimientos verticales de la columna de agua, el fitoplancton es transportado hacia zonas profundas donde la irradiancia disminuye y los nutrientes aumentan. El papel que juegan estos movimientos turbulentos son de gran importancia en la dinámica del fitoplancton, en sus escalas espaciales y temporales cortas (Marra, 1978). Más aún, la respuesta misma del fitoplancton a un ambiente tan variable no está completamente entendido, sobre todo, si se pretende determinar el papel del fitoplancton en la distribución de los recursos pesqueros, en los grandes ciclos biogeoquímicos y en el cambio climático global.

El océano, además de su capacidad para almacenar y distribuir calor, desempeña un papel importante como regulador del clima global. Debido a la

actividad fotosintética de los productores primarios representa un gran captador de dióxido de carbono atmosférico. El limitante más fuerte para hacer las estimaciones de productividad global es la disponibilidad de información. El desarrollo de tecnología de percepción remota ha permitido a la comunidad científica realizar estimaciones de producción primaria a partir de la observación sinóptica de la superficie del océano (Lluch-Cota, *et al*, 2000). Este tipo de herramientas permite caracterizar grandes áreas con una alta resolución espacial. La información proporcionada por los sensores remotos (concentración de clorofila, entre otras) corresponde en promedio a una pequeña parte de la superficie del océano, una profundidad óptica. Si consideramos que la zona eufótica tiene 4.6 profundidades ópticas entonces sólo estamos haciendo un muestreo del 22% de esa zona productiva (Kirk, 1983), permaneciendo sin considerar el resto de la columna de agua. El conocer y caracterizar la forma típica del perfil de clorofila en la zona eufótica en cada región oceánica y por época del año, es un elemento necesario para estimar su contribución total. Suponer una columna de agua con una distribución vertical homogénea de clorofila, implica que podemos subestimar la biomasa si existe un máximo profundo, y sobrestimar si existe un máximo superficial. Estos máximos de clorofila dependen de las características de la columna de agua que está en función de la dinámica de cada región en particular (Cullen y Eppley, 1981; Hayward *et al.*, 1995; Varela, *et al.*, 1992) y de la fisiología del fitoplancton.

Para estimar la productividad primaria en la columna de agua, mediante la información derivada de sensores remotos, es necesario determinar el campo de luz, el perfil de biomasa fitoplanctónica en la columna de agua (perfil de clorofila) y los parámetros fotosintéticos en que se basará el modelo a utilizar. Existen modelos muy refinados para estimar el campo de luz bajo el agua, en función de la latitud y fecha. Sin embargo, las formas típicas del perfil de clorofila y los parámetros fotosintéticos están pobremente documentados. Un enfoque para describir el perfil de clorofila está basado en una curva Gaussiana con una base uniforme de concentración de clorofila (Platt *et al.* 1988). Los parámetros que definen la curva pueden ser relacionados con variables fácilmente estimadas (temperatura) para establecer sus valores límites. Millán-Núñez *et al* (1997) proponen una serie de ecuaciones para estimar los parámetros de la curva Gaussiana propuesta por Platt *et al.*, 1988, para describir la forma del perfil de

clorofila en el Pacífico Mexicano. Hidalgo-González y Álvarez-Borrego (2000) proponen las formas típicas de estos perfiles para el Golfo de California. En este trabajo la mayor parte de la información está referida a la región central y norte, con escasos datos en la región sur. Cervantes-Duarte *et al* (1993) proponen un perfil promedio de clorofila para el golfo, durante invierno y Valdez-Holguín *et al* (1995) lo estiman para condiciones de primavera. Estos perfiles promedios están basados en el modelo de Morel y Berthon (1989).

Para la Bahía de La Paz, sólo existen algunas estimaciones de la concentración de clorofila con el fin de describir su variabilidad, (Martínez López *et al*, 2001; Reyes Salinas *et al*, 2003, Cervantes-Duarte *et al.*, 2003; 2004; Verdugo-Díaz, 2004). En este trabajo se pretende establecer la variabilidad estacional de la clorofila en la zona eufórica de la bahía, determinar las características oceanográficas que influyen en la formación de la estructura vertical de clorofila, con la finalidad de entender los procesos productivos que dan lugar a los flujos de material particulado en este ecosistema.

1.2. ANTECEDENTES

Aunque se ha reconocido que La Bahía de La Paz es un área muy productiva, por la gran diversidad de organismos y sus actividades pesqueras, no hay suficiente información que permita establecer la magnitud y variabilidad de los productores primarios. Los estudios hasta ahora desarrollados no han establecido en su totalidad la variabilidad de la producción primaria del fitoplancton en la columna de agua y la cobertura espacio-temporal (Verdugo-Díaz., 2004; Cervantes-Duarte *et al.*, 2005).

Luch-Cota y Arias-Aréchiga (2000) hacen una regionalización del Golfo de California y sitúan a la Bahía de La Paz dentro de la región sur del golfo. Esta región está influenciada por los procesos oceanográficos que prevalecen en el Pacífico Oriental Tropical. Los valores de clorofila estimados por sensores remotos para esta región sur alcanzan su máximo (0.56 mg m^{-3}) en invierno, y el valor mínimo es inferior a 0.2 mg m^{-3} durante verano, con un fuerte cambio entre estas épocas (Arias-Aréchiga, 1998). Para la Bahía de la Paz, los valores superficiales de clorofila y su variabilidad son similares a los reportados por Martínez-López *et al.* (2001). En ambos lugares el patrón de variación parece estar asociado a los procesos de mezcla (invierno) y estratificación (verano) de la

columna de agua, sin embargo, estos valores son superficiales y se desconoce la variabilidad en los perfiles de la clorofila "a".

Con el fin de aportar información necesaria para estimar la productividad primaria del fitoplancton en la Bahía de La Paz, mediante imágenes de satélite, en este estudio se busca describir la forma típica de los perfiles de clorofila "a" y establecer su variabilidad en la Bahía de La Paz, mediante muestreos estacionales.

2. HIPÓTESIS:

En verano la fuerte estratificación, provocada por la irradiación solar, promueve la formación de un máximo profundo de clorofila. En invierno, los procesos de mezcla por convección y/o vientos, mezclan la columna de agua y dan como resultado la formación de un máximo de clorofila superficial o sub-superficial.

3. OBJETIVO:

Con base en la información oceanográfica generada se describe y discute el patrón de variación estacional de la clorofila "a" y la forma de los perfiles en la zona eufótica de la Bahía de La Paz.

3.1. METAS:

1. Conocer la variabilidad estacional de la clorofila "a" en la columna de agua de la Bahía de la Paz.
2. Determinar las masas de agua en la bahía durante los muestreos del año 2002.
3. Conocer la disponibilidad de nutrientes.
4. Estimar la estratificación de la columna de agua y su efecto en la distribución de clorofila "a" en la Bahía de la Paz

4. ÁREA DE ESTUDIO:

La Bahía de La Paz es un cuerpo de agua protegido ubicado en el litoral occidental del Golfo de California, entre los 24° 06' y 24° 47' de latitud norte y 110° 18' y 110° 45' longitud oeste (**Fig. 1**). Cubre aproximadamente 2,635 km² y está limitada al norte por la isla San José, al sur por la Ensenada de la Paz y la barra de arena conocida como El Mogote y al oriente por las islas Espíritu Santo y La Partida. Tiene una forma ovalada, su eje mayor orientado NO-SE mide aproximadamente 81 km y su eje menor aproximadamente 33 Km. La profundidad máxima es de 400 m localizada en la depresión Alfonso. La zona norte de la bahía es la más profunda, llega hasta 400 m, en la parte media la profundidad varía entre 180 y 270 m y la parte sur es menor a 90 m (Cruz-Orozco *et al*, 1989; Cruz-Orozco *et al*, 1996; García-Pámanes, 1981).

La masa continental que delimita la Bahía de La Paz presenta un clima BW(h')hw(x') que corresponden a climas muy secos y semicálidos, con un promedio anual de lluvias de 187 mm, con una evaporación promedio anual de 215 mm y la humedad relativa anual varía entre el 62% y 70% (INEGI, 1994 citado en Cruz-Ayala, 1996). Durante el invierno los vientos son predominantes del noroeste, con velocidades medias de 2 a 3 m s⁻¹, con rachas de 10 m s⁻¹ denominadas "Collas". En verano, los vientos tienen un componente sur, con intensidades medias 2 a 3 m s⁻¹ (Robles-Gil Mestre, 1998). La bahía presenta un régimen de mareas de tipo mixto semidiurno. Las velocidades de marea máximas son: 70 cm/s para la laguna "Ensenada de La Paz", 25 cm/s para el canal San Lorenzo y 30 cm/s en la parte norte de Isla Partida (Obeso-Nieblas y Jiménez Illescas 1989; Obeso-Nieblas *et al.*, 1993). La temperatura mínima superficial en la bahía es de 20° C en invierno-primavera y máxima de 31° C en verano (Espinoza y Rodríguez, 1987). El intercambio de agua entre la bahía y el Golfo de California se lleva a cabo a través de la boca principal, el canal de San José y el Canal de San Lorenzo. Se ha reportado advección de Agua Superficial Ecuatorial durante verano (Signoret y Santoyo, 1980) y la presencia de giros ciclónicos en invierno y primavera (Jiménez-Illescas, 1996).

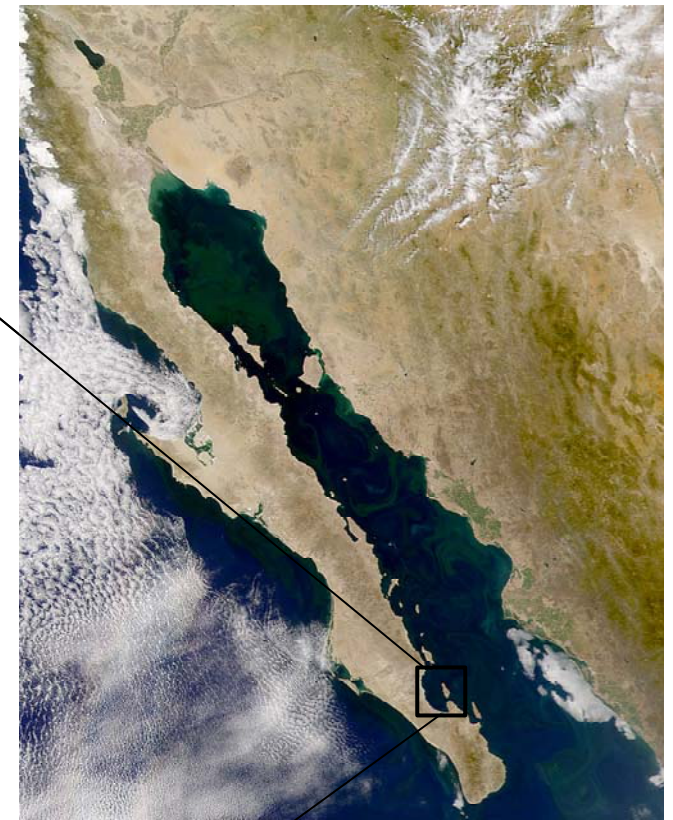
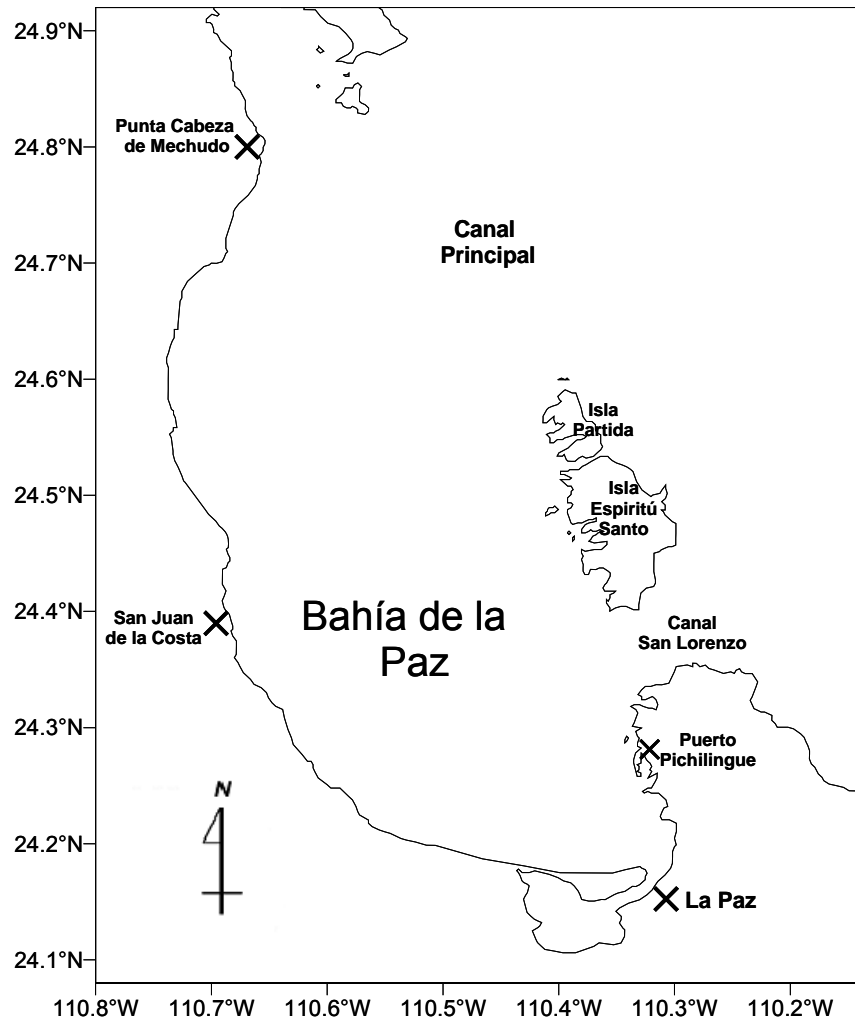


Fig. 1 Localización del área de estudio, Bahía de la Paz, Baja California Sur, México.

5. MATERIAL Y METODOS:

5.1. Trabajo de campo:

Se realizaron cuatro cruceros en la Bahía de La Paz, a bordo de la embarcación BIP II del CIB-NOR, en los meses de enero (17 al 19), abril (16 al 18), julio (28 al 30) y noviembre (4 al 5) de 2002. Se estableció una red de muestreo para el mes de enero de 25 estaciones, en abril y julio de 20 estaciones y para el mes de noviembre de 16 estaciones (**Fig. 2, Anexo XII al XV**).

De acuerdo al plan del crucero, se realizaron las siguientes actividades a bordo de la embarcación:

- Ubicación geográfica de las estaciones mediante el GPS del sistema de navegación del barco BIP II.
- Perfil de temperatura, salinidad y densidad con un CTD Inter Ocean S4
- Estimación de la profundidad del disco de Secchi.
- Durante el día solar, de las 9:00 a las 16:00 hrs, se realizaron perfiles verticales de fluorescencia natural con un perfilador de fluorescencia natural (PNF 300, Biospherical Instruments).
- En cada una de las estaciones se tomaron muestras en la columna de agua mediante una hidrocala de seis botellas Niskin de 5 litros, tomando tres muestras discretas en las profundidades ópticas de 100, 10, y 1% de la luz incidente en la superficie y tres profundidades por abajo de la zona eufótica. Para la determinación de: pigmentos se filtraron a bordo alrededor de un litro de muestra en filtros GF/F de 25 mm de diámetro y del agua filtrada se tomaron muestras para la determinación de nutrientes inorgánicos (NO_3^- , NO_2^- , SiO_4^{-4} y PO_4^{-3}).
- Los filtros para pigmentos se preservaron en nitrógeno líquido y las muestras de nutrientes en congelación a -4°C , hasta su análisis.

Los registros de los datos del viento para la Bahía de La Paz, se obtuvieron de la estación meteorológica del CIBNOR, los cuales se procesaron con el programa de Matlab, calculando un promedio diario.

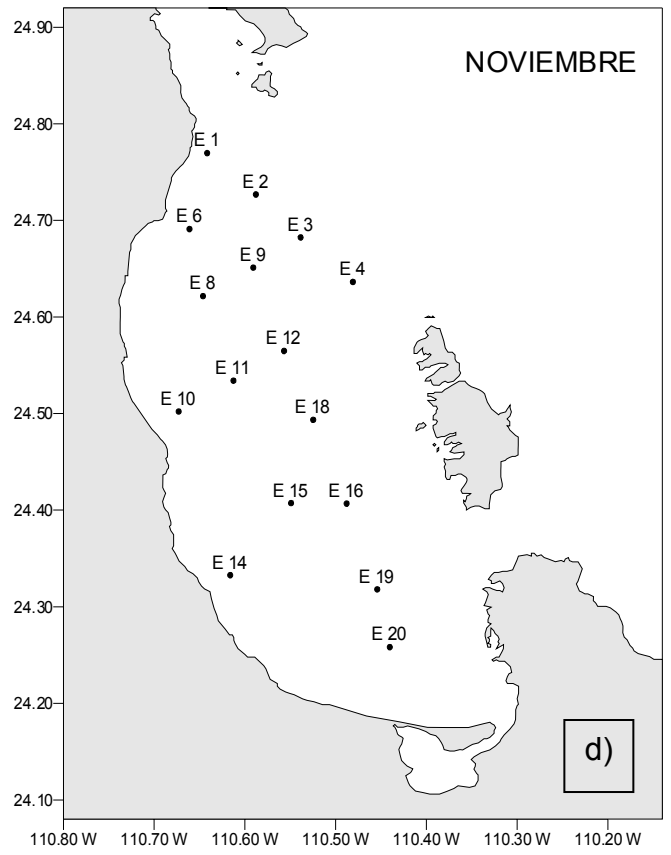
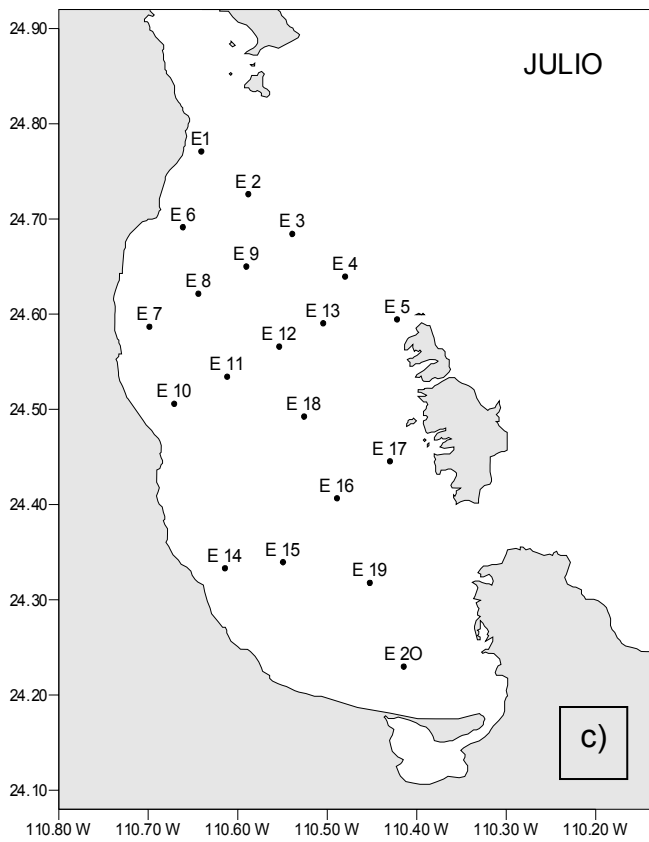
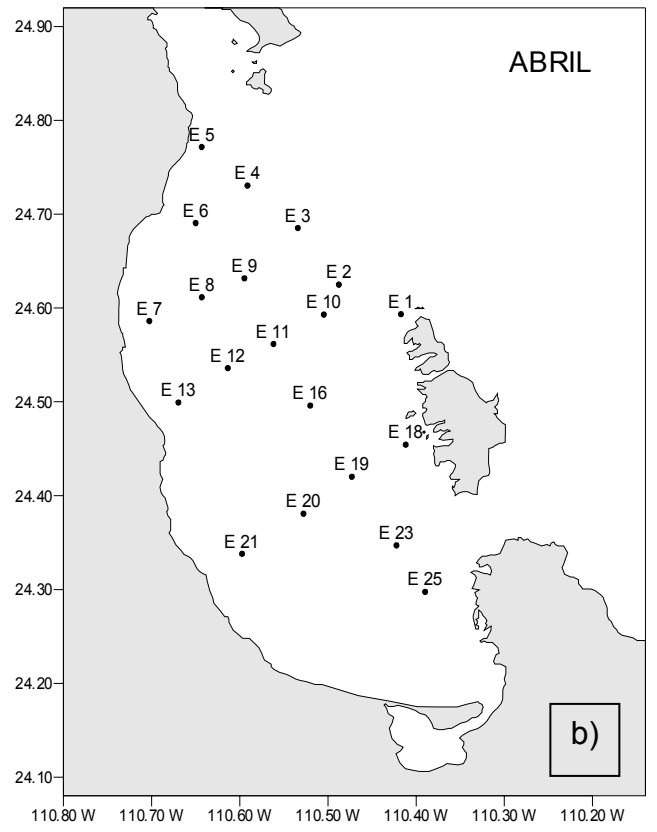
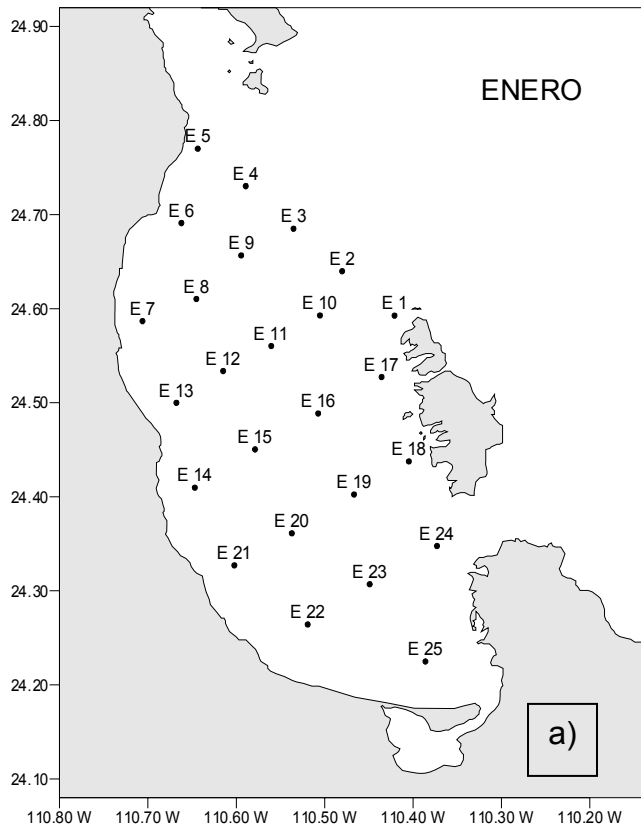


Fig. 2 Posición de las estaciones de muestreo para cada crucero, a) enero, b) abril, c) Julio y d) noviembre.

5.2. Trabajo de Laboratorio:

En el laboratorio, los pigmentos se extrajeron con acetona al 90% por 24 horas y se determinó su absorbancia del extracto obtenido, en un espectrofotómetro Milton Roy Spectronic 1201, en las siguientes longitudes de onda 730, 665, 645 y 630 nm, empleando celdas de 5 cm. Para los cálculos de la concentración del pigmento se aplicó la siguiente ecuación (1):

$$\text{mg del pigmento m}^{-3} = C * v/l * V \quad (1)$$

donde:

v Volumen del extracto en mililitros;

l Longitud de la celda en centímetros;

V Volumen de muestra filtrado en litros;

C = Valor obtenido a partir de la ecuación (2), de Jeffrey y Humphrey (1975), después de corregir por el testigo y la turbidez.

$$C (\text{Chl } a) = 11.85 A_{664} - 1.54 A_{647} - 0.08 A_{630} \quad (2)$$

Con una precisión de ± 0.01 mg.

La determinación de nitratos se realizó por el método de Morris & Riley (1963), con una precisión de ± 0.5 μM . Los nitritos se determinaron por el método de Bendschneider & Robinson (1952), con una precisión de ± 0.02 μM . Los fosfatos fueron analizados por el método de Murphy & Riley (1962), con una precisión de ± 0.3 μM . Los silicatos fueron determinados por el método de Mullin & Riley (1955), con una precisión de ± 0.25 μM . Estos métodos están descritos en el Manual de prácticas de agua de mar (Strickland & Parsons 1972). Las densidades ópticas fueron medidas en un espectrofotómetro Milton Roy Spectronic 1201, utilizando celdas de cuarzo de un centímetro para nitratos y silicatos, y de diez centímetros para nitritos y fosfatos.

5.3. Trabajo de gabinete.

La información obtenida del CTD fue procesada con el software suministrado por la compañía fabricante. Obteniendo datos a cada metro de profundidad de temperatura, salinidad y densidad.

La información obtenida por el PNF fue procesada con el software suministrado por la compañía. Obteniendo datos cada metro de profundidad de la fluorescencia.

A partir de los datos del CTD se determinó la estructura vertical de la temperatura y salinidad hasta una profundidad de 100 metros. Se estimó el índice de estratificación propuesto por Simpson y Hunter (1974) ecuación (3), el cual se define como la cantidad de energía mecánica que se requiere para mezclar totalmente la columna de agua. Los valores asignados en este índice son cero o cercano a cero cuando la columna esta bien mezclada y se va incrementándose con el aumento de la estratificación.

El índice se define como:

$$\phi = \frac{g}{h} \int_{Z_h}^0 (\bar{\rho} - \rho) z dz \quad (3)$$

donde:

ϕ es la Cantidad de energía mecánica requerida para mezclar la columna de agua ($J m^{-3}$).

ρ Densidad del agua ($kg m^{-3}$).

$\bar{\rho}$ Promedio de la densidad en la columna de agua ($kg m^{-3}$).

z Coordenada vertical (metros).

Z_h Profundidad de la columna de agua (metros),

g Aceleración debida a la gravedad (m/s^2).

Para estimar la clorofila mediante fluorescencia natural se utilizaron las ecuaciones (4 y 5) propuestas por Kiefer *et al.* (1989) y Chamberlain *et al.* (1990).

$$F_c = \frac{K_{cf} F_f \left(\frac{\phi_c}{\phi_f} \right)_{max}}{K_{cf} + E_0} \quad (4)$$

Donde:

- F_c productividad primaria ($\text{nmol C m}^{-3} \text{ s}^{-1}$);
 - K_{cf} es el valor de la irradiancia en el cual la razón entre las eficiencias cuánticas es igual a la mitad del máximo ($\mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$);
 - F_f es la tasa de fluorescencia natural ($\text{moles cuanta m}^{-3} \text{ s}^{-1}$);
- y se define como:

$$F_f = 4\pi(K + a_{Ff})Lu \quad (5)$$

Donde:

- 4π es una constante geométrica, utilizada para transformar la radiancia a volumen de emisión (str^{-1});
- K es el coeficiente de atenuación de luz difusa para E_0 (m^{-1});
- a_{Ff} es el coeficiente de absorción en la banda espectral de emisión de la fluorescencia (m^{-1});
- Lu es la radiancia ascendente ($\text{moles cuanta m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ str}^{-1}$);
- $(\phi_c/\phi_f)_{max}$ esta definido como el valor máximo de la razón entre las eficiencias cuánticas (átomos de carbono por fotón);
- E_0 es la irradiancia escalar fotosintéticamente disponible (PAR; 400-700nm) ($\text{moles cuanta m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Para calcular la clorofila “a” partir de la fluorescencia, se realizaron las regresiones lineales para cada crucero, para obtener los datos de la ecuación de

la recta para la transformar la fluorescencia obtenida por el PNF a concentraciones de clorofila, utilizando las concentraciones de la clorofila discreta y los valores estimados de la fluorescencia. (Ver **Anexo I, II, III y IV**).

Los perfiles de fluorescencia se utilizaron para comparar los parámetros que caracterizan el perfil por zonas y estaciones del año, utilizando el modelo de Platt *et al.* (1988).

Utilizando el programa Matlab, se realizó la programación de varias rutinas para obtener los valores de los parámetros de la curva, al mismo tiempo se le aplicó un cálculo no lineal para obtener el ajuste de los datos en la curva y para graficar los perfiles obtenidos de su aplicación para los valores discretos en la columna de agua y los valores calculados a partir del PNF.

Descripción del modelo:

$$B(z) = B_0 + \frac{h}{\sigma\sqrt{2\pi}} * \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(Z - Z_m)^2}{\sigma^2}\right]$$

donde:

$B(z)$ = concentración del máximo de clorofila a la profundidad z (mg m^{-3});

B_0 = concentración de pigmento en la línea base (mg m^{-3});

h = total de pigmento sobre la línea base en mg m^{-2} ,

σ = grosor de la profundidad del máximo de clorofila

Z_m = profundidad del máximo en metros.

Los parámetros obtenidos de cada crucero se arreglaron en matrices y a cada una de las variables se les calculan algunos estadísticos como media, desviación estándar, valores límite, correlaciones simples y el coeficiente de determinación.

6. RESULTADOS.

6.1. Vientos:

Durante el mes de enero, los vientos predominantes fueron del Noroeste con intensidad de 2.50 m/s, presentando rachas de 5 m/s, con intensidades mínimas registradas de 1.60 m/s, como se observa en la figura 3, para el mes de abril los vientos predominantes fueron del sureste, con intensidades de 1.86 m/s, con rachas de 3.30 m/s, y la mínima registrada de 1.70 m/s, para el mes de julio se puede observar como los vientos predominantes son del sur-sureste con una intensidad de 2.88 m/s, con rachas registradas de 4.35 m/s y la intensidad mínima registrada de 1.97 m/s, y para el mes de noviembre los registros de los vientos predominantes fueron del noroeste, presentando una intensidad de 2.14 m/s, presentando intensidades máximas de 2.97 m/s, con una mínima intensidad registrada de 1.27 m/s (**Fig. 3, Tabla 1**).

Tabla 1. Intensidad de los viento datos de la estación meteorológica del CIBNOR.

Meses del año 2002	Velocidad Promedio m/s	Velocidad máxima m/s	Velocidad mínima m/s
Enero	2.45	5.22	1.66
Abril	1.86	3.30	1.70
Julio	2.88	4.35	1.97
Noviembre	2.14	2.97	1.27

En los meses de muestreo de enero y noviembre los vientos dominantes fueron del noreste, mientras que para los meses abril y julio los vientos presentan una dirección del sur suroeste y del sur (**Fig. 3**).

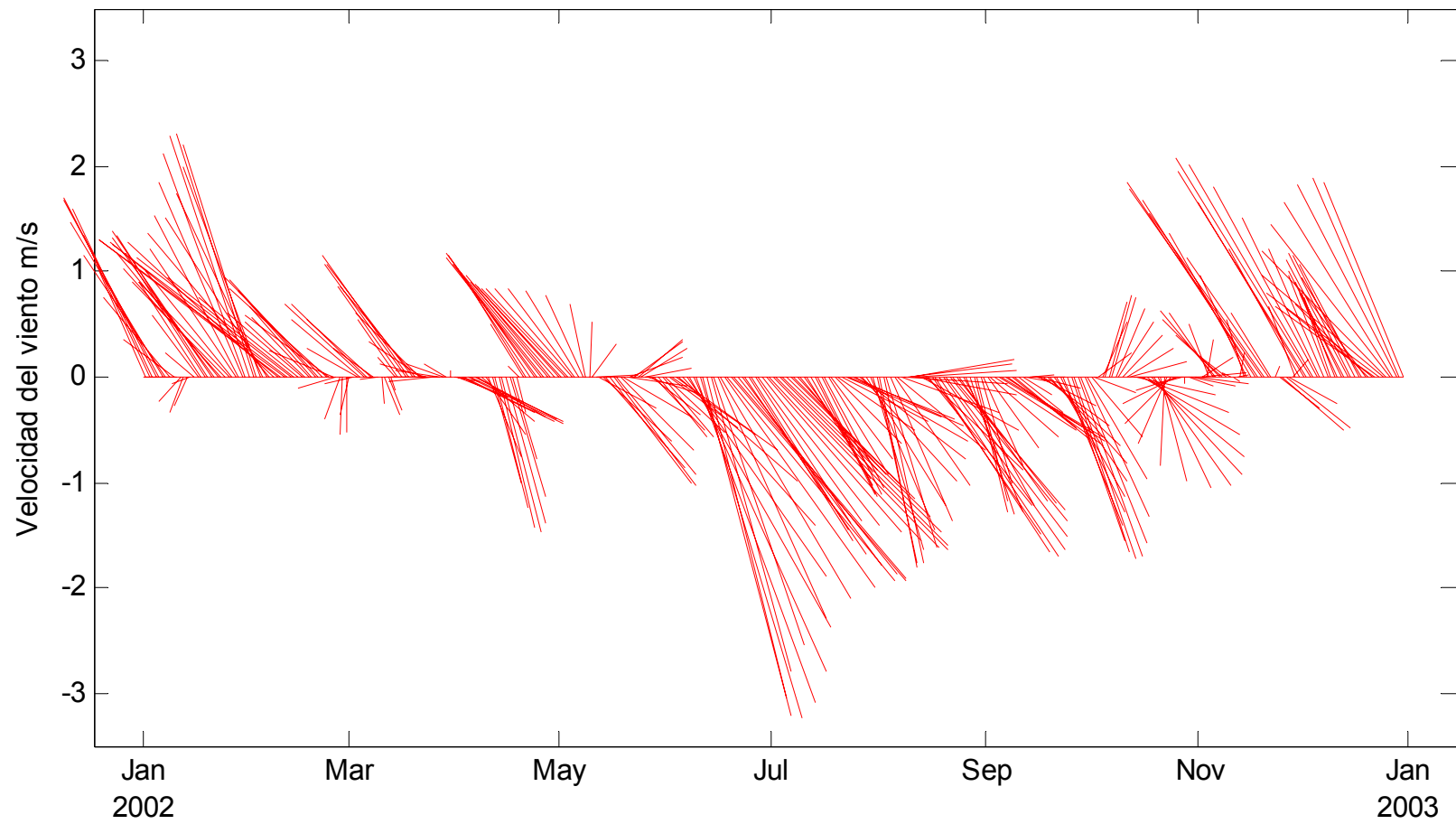


Fig. 3 Velocidad y dirección de los vientos en la estación meteorológica del CIBNOR, para la Bahía de La Paz, de enero a diciembre de 2002.

6.2. Índice de estratificación.

El parámetro de estratificación presenta valores bajos para los muestreos de los meses de enero y abril, estos valores indican que la columna de agua en los primeros 100 metros se encuentra mezclada. Para el mes de julio la columna de agua presenta una mayor estratificación y para el mes de noviembre presenta valores altos. En la figura 4 se observa como la temperatura superficial se incrementa entre 6 y 7 grados centígrados del mes de enero a noviembre y observando nuevamente un decremento para el mes de febrero del siguiente año. Los valores del parámetro están relacionados directamente con el flujo estacional de calor a las capas superficiales de la Bahía de la Paz.

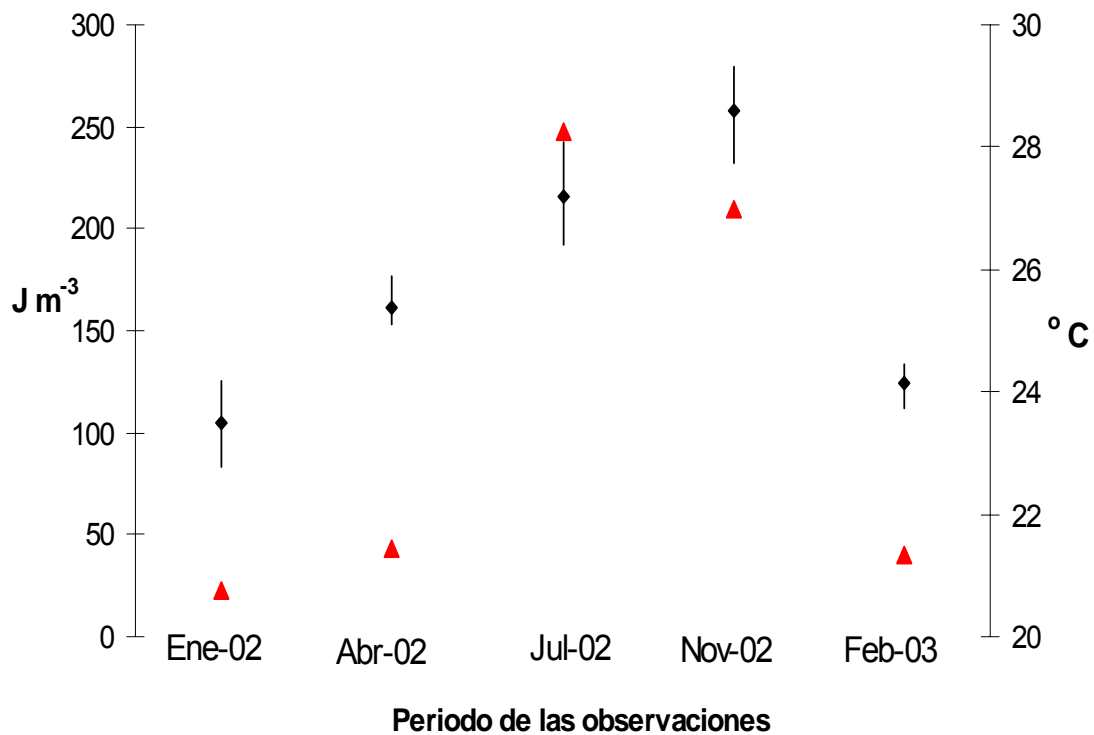


Fig. 4 Comportamiento del parámetro de estratificación (♦) y la temperatura superficial durante los cruces (▲).

6.3. Temperatura y salinidad.

6.3.1 Distribución espacio- temporal de la temperatura.

Los registros de la temperatura del agua superficial en la Bahía de La Paz durante el crucero del mes de enero de 2002 (condiciones de invierno), presentaron una temperatura promedio superficial de 21° C con un valor máximo de 21.4° C en la zona de San Juan de la Costa y un mínimo de 20° C en la parte central del Canal Principal (

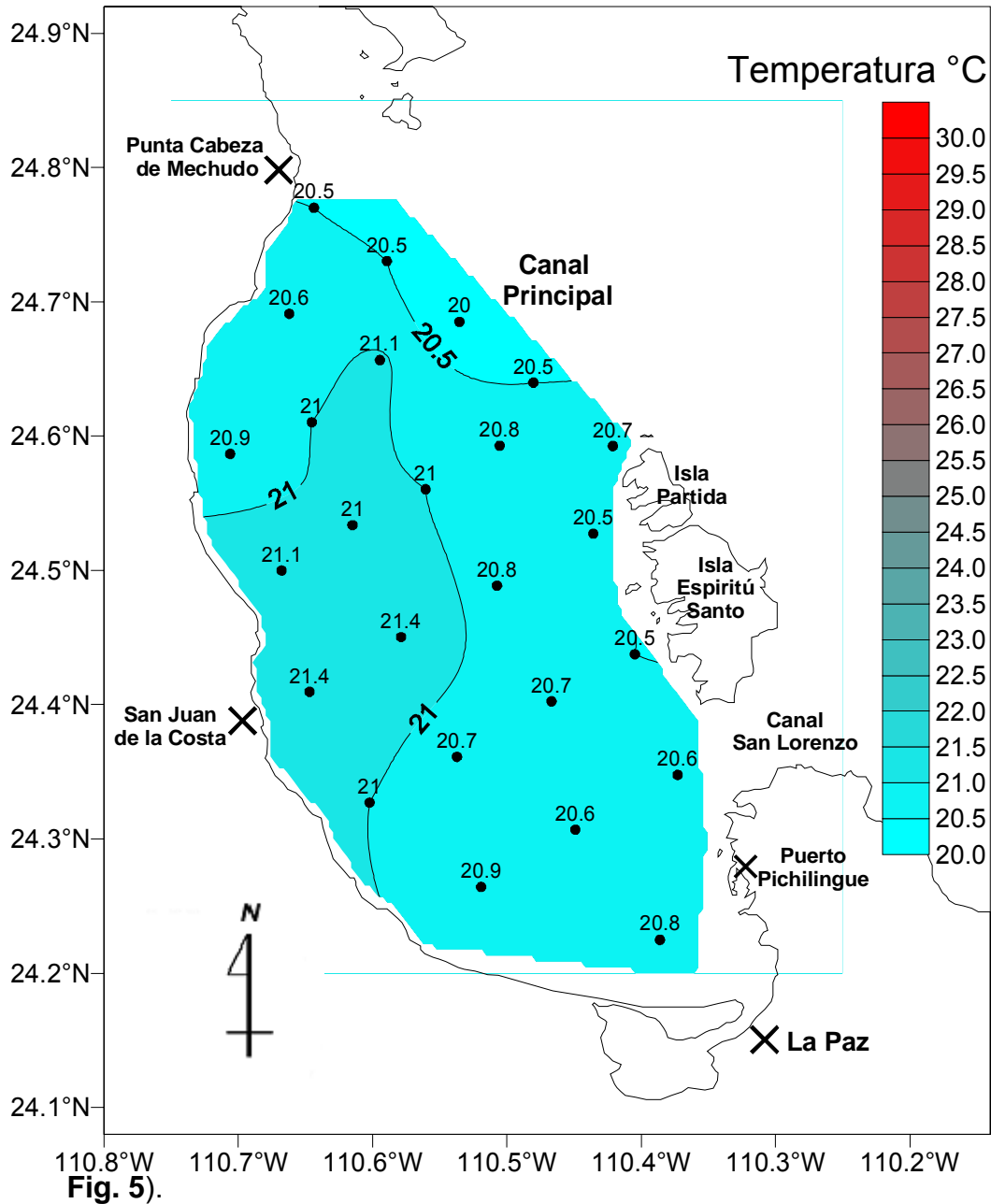


Fig. 5 Distribución espacial de la temperatura del agua superficial de la Bahía de la Paz, para enero de 2002.

Los registros de la temperatura del agua superficial en la Bahía de La Paz durante las observaciones de abril de 2002 (condiciones de primavera), presentaron una temperatura promedio de 21.35° C con un valor máximo de 22.00° C en la zona de la Cuenca Alfonso y un mínimo de 20.06° C, en la zona de San Juan de la Costa (**Fig. 6**).

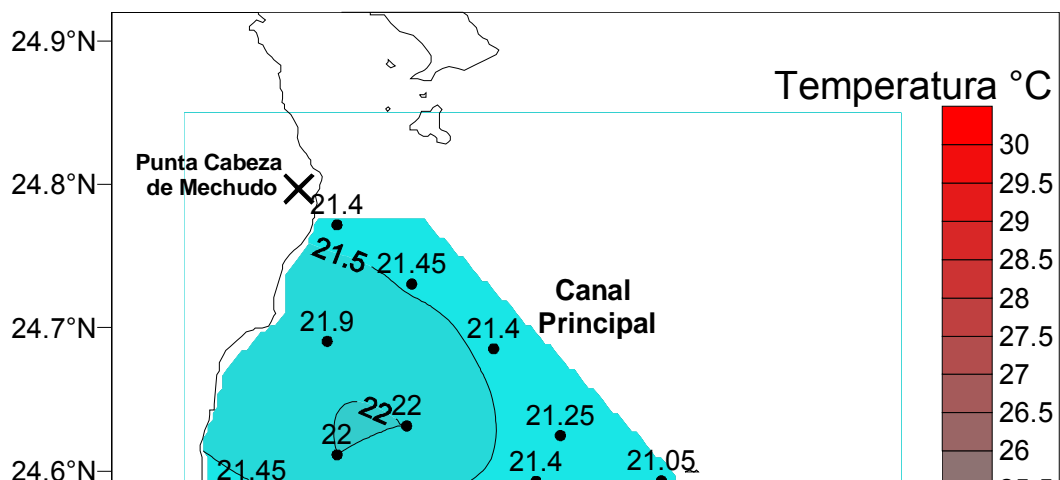


Fig. 6 Distribución espacial de temperatura en las aguas superficial, en la Bahía de la Paz, durante abril de 2002.

La distribución espacial de temperatura de las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, en julio de 2002, (condiciones de verano), presentó una temperatura promedio de 28.0° C con un registro máximo de 29.80° C en la parte central de la Bahía y un mínimo de 27.23° C, en la zona de San Juan de la Costa (Fig. 7).

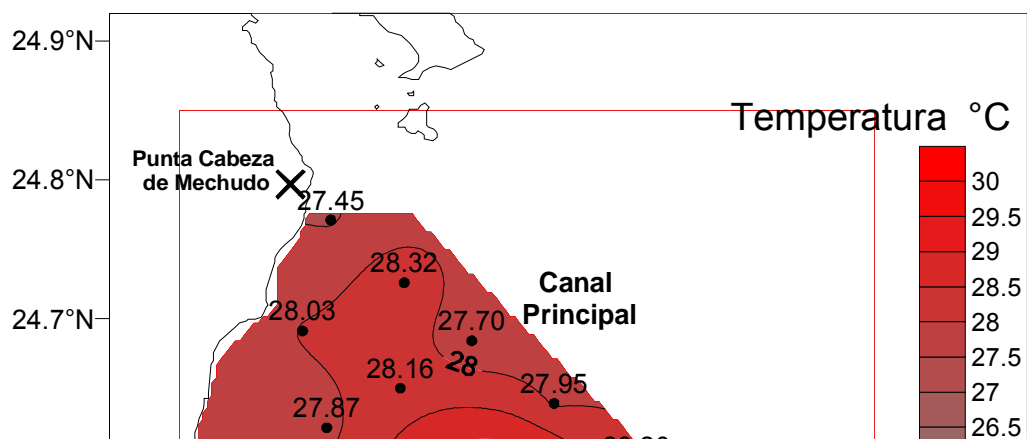


Fig. 7 Distribución espacial de la temperatura del agua superficial de la Bahía de la Paz, en julio de 2002.

Los registros de la temperatura superficial en la Bahía de La Paz en noviembre de 2002 (condiciones de otoño), presentaron una distribución espacial, con una temperatura promedio de 27.08°C , con un registro máximo de 27.54°C en la zona central de la bahía y un mínimo de 26.73°C , en la zona del Canal Principal (**Fig. 8**).

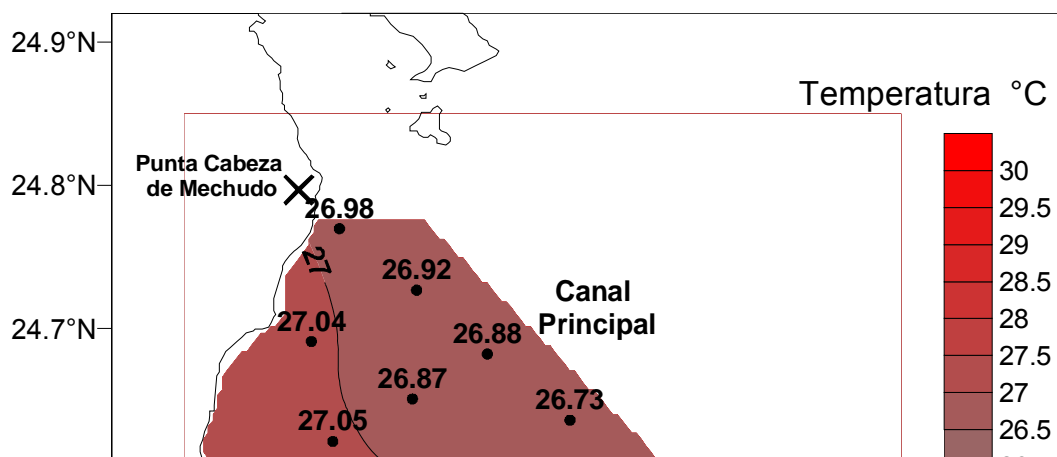


Fig. 8 Distribución espacial de la temperatura del agua superficial de la Bahía de la Paz, en noviembre de 2002.

6.3.2. Distribución espacio-temporal de la salinidad.

La salinidad del agua superficial de la Bahía de la Paz, de enero del 2002, presentó un valor promedio de 35.36 ups, registrándose una máxima de 35.42 y una mínima de 35.20 ups, durante este crucero la salinidad presenta un cambio de 0.22 ups en la Bahía (**Fig. 9**).

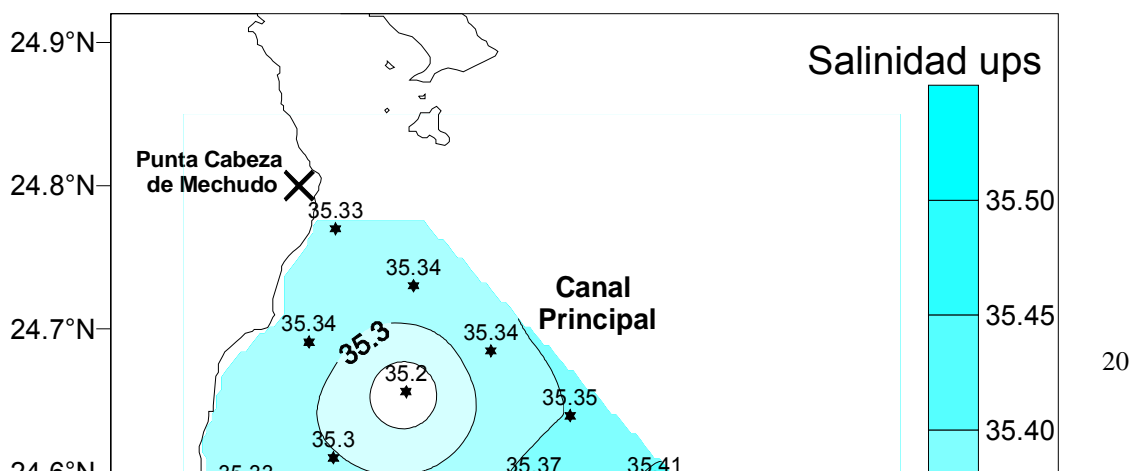


Fig. 9 Distribución espacial de salinidad del agua superficial de la Bahía de la Paz, para el mes de enero de 2002.

La distribución espacial de la salinidad en las aguas superficiales de la Bahía de la Paz, durante las observaciones del mes de abril de 2002, presentó un valor promedio de 35.34 ups, registrándose un valor máximo de 35.39 ups en la parte central de la Bahía (E 10) y una mínima de 35.22 ups hacia la zona de la Lobera (E 02), durante este cruce la salinidad presenta una variación superficial de 0.17 ups en la bahía (**Fig. 10**).

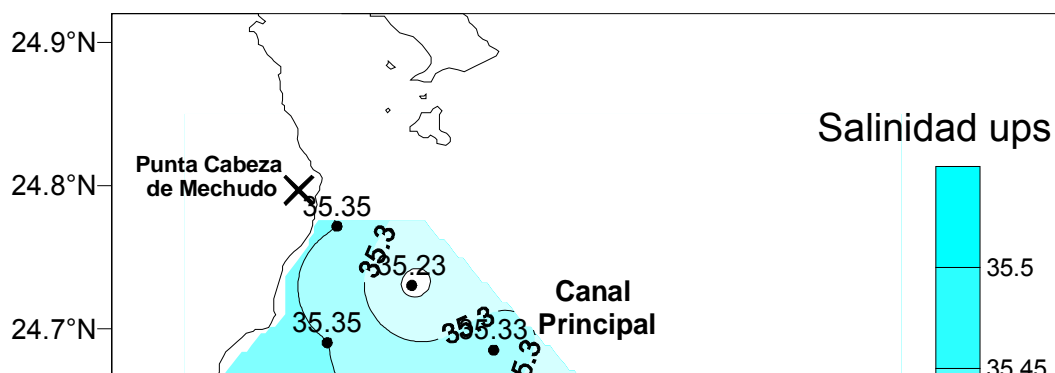


Fig. 10 Distribución espacial de salinidad del agua superficial de la Bahía de la Paz, para el mes de abril de 2002.

La distribución espacial de la salinidad en las aguas superficiales de la bahía, en julio de 2002, presentó un valor promedio de 35.31 ups, registrándose una máxima de 35.42 y una mínima de 35.24 ups, durante este cruceo la salinidad presenta variaciones superficiales de 0.18 ups en la Bahía (**Fig. 11**).

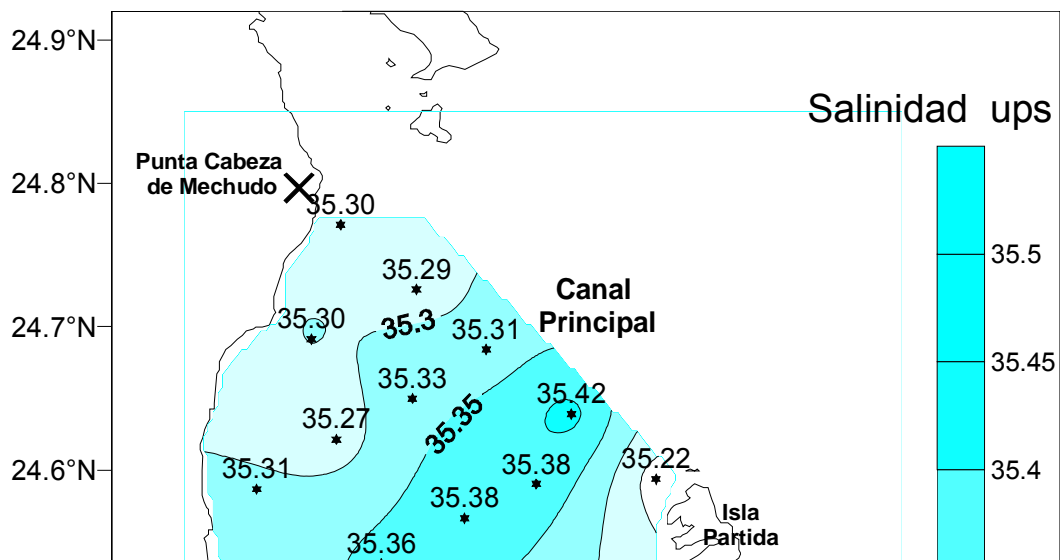


Fig. 11 Distribución espacial de salinidad del agua superficial de la Bahía de la Paz, en julio de 2002.

La distribución espacial de la salinidad en las aguas superficiales de la bahía, durante el crucero de este mes presentaron un valor promedio de 35.18 ups, registrándose una máxima salinidad de 35.40 ups, en la zona de San Juan de la Costa y una mínima de 35.22 ups, en la zona sur de la bahía, durante este crucero la salinidad presenta una variación superficial de 0.22 ups en la bahía (Fig. 12).

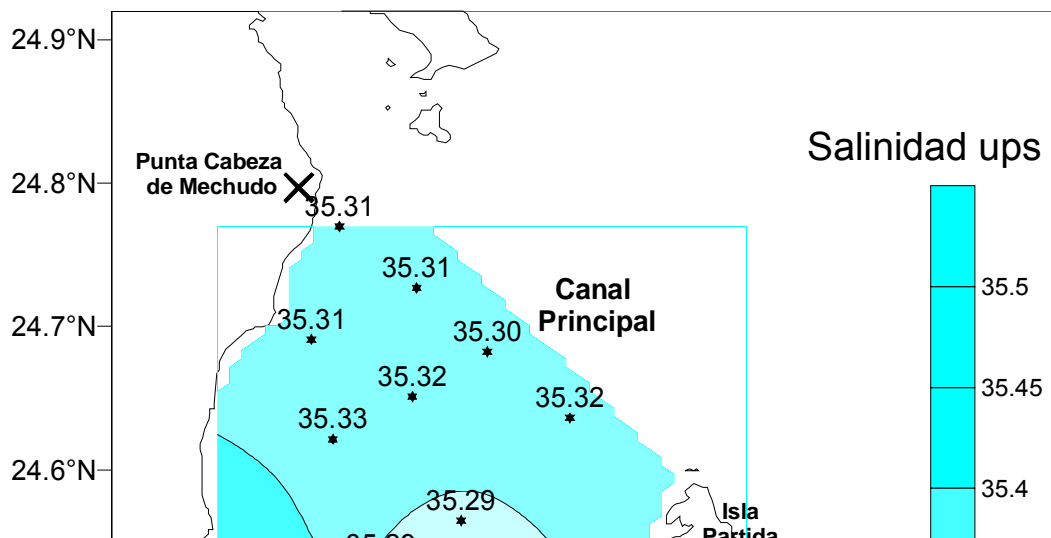


Fig. 12 Distribución espacial de salinidad del agua superficial de la Bahía de la Paz, en noviembre de 2002.

6.3.3. Distribución vertical de la temperatura y salinidad.

Los perfiles verticales de la temperatura del agua, en enero de 2002, se observó una capa de mezcla alrededor de los 70 metros, donde se presentó una variación de aproximadamente de 2.83°C (**Fig. 14**). La salinidad presenta una variación vertical de 0.70 ups, registrando valores de 35.42 en la superficie y de 34.75 ups en el fondo, los perfiles de la salinidad presentaron un variación en la columna de agua (**Fig. 13**).

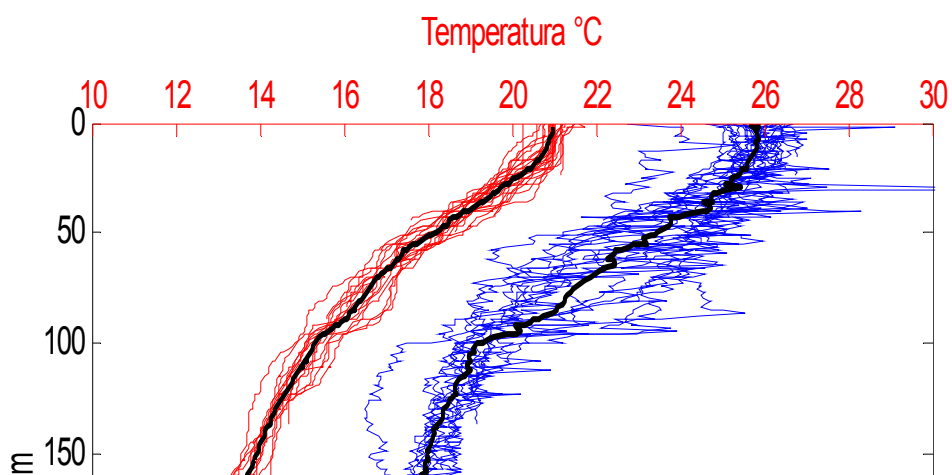


Fig. 13 Distribución vertical de la temperatura y la salinidad en la columna de agua en la Bahía de la Paz, en enero de 2002.

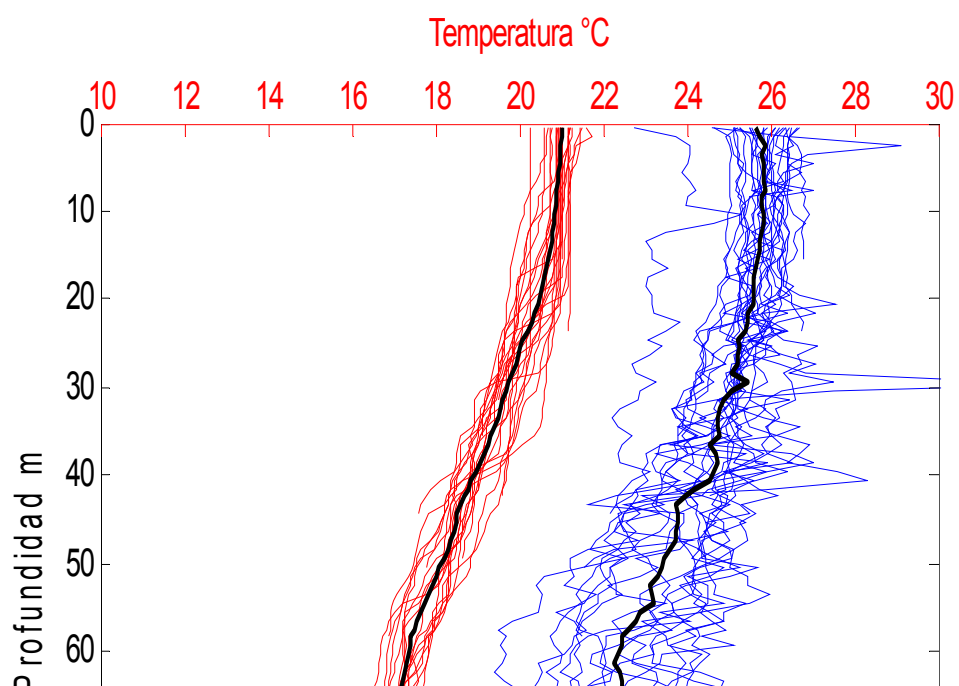


Fig. 14 Distribución vertical de la temperatura y salinidad en la capa una capa de 100 metros, de la columna de agua, de la Bahía de la Paz, en enero de 2002.

La distribución vertical de la temperatura en la columna de agua para abril de 2002, presenta una termoclina aproximadamente a los 20 metros con una variación de 1.6°C, presentando un ligero decremento en su capa de mezcla con respecto a la que se presentó en el mes de enero, presentando registros de temperatura de 9.83°C a los 370 metros de profundidad (**Fig. 16**). La variación vertical la salinidad fue de 0.70 ups. Presento valores de salinidad de 35.35 ups en la superficie y de 34.65 por debajo de los 300 metros (**Fig. 15**).

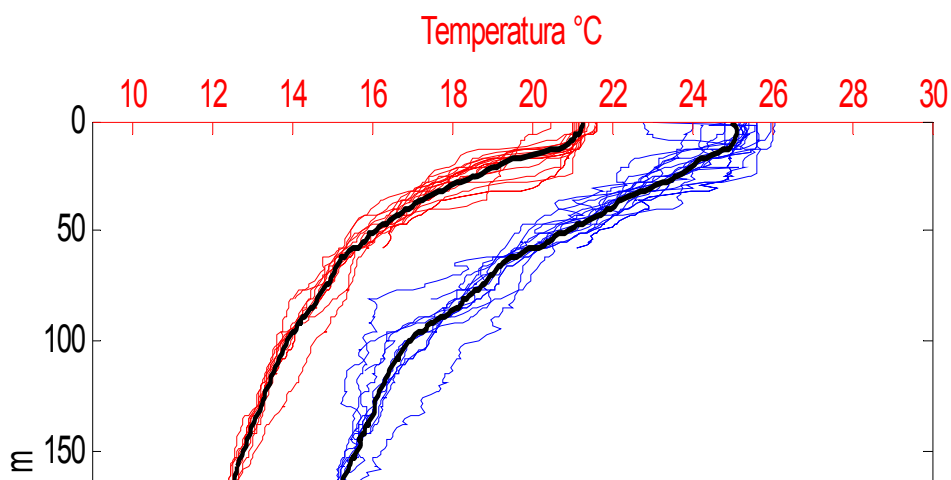


Fig. 15 Distribución vertical de temperatura y la salinidad en la columna de agua, en la Bahía de la Paz, en abril de 2002.

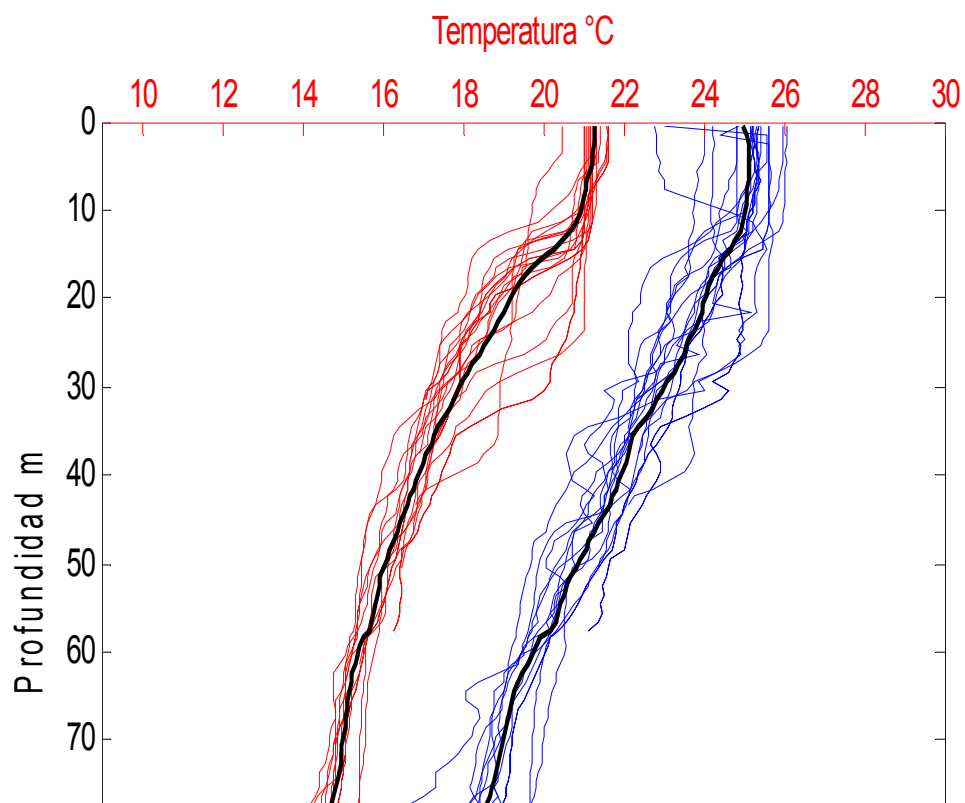


Fig. 16 Distribución vertical de la temperatura y salinidad en la capa de 100 metros, de la columna de agua, de la Bahía de la Paz, en abril de 2002.

La distribución vertical de la temperatura en la columna de agua, en la Bahía de La Paz, no evidenció una termoclina definida, presentando una estratificación desde la capa superficial, con temperaturas registradas en la capa superficial de 28°C y temperaturas de 10.6°C a aguas profundas alrededor de los 350 metros (**Fig. 18**). Los registros de la salinidad en la columna de agua, presentaron perfiles verticales, con una variación de 0.70 ups, registrando valores de 35.42 ups en la superficie y de 34.73 ups en el fondo (Fig. 17).

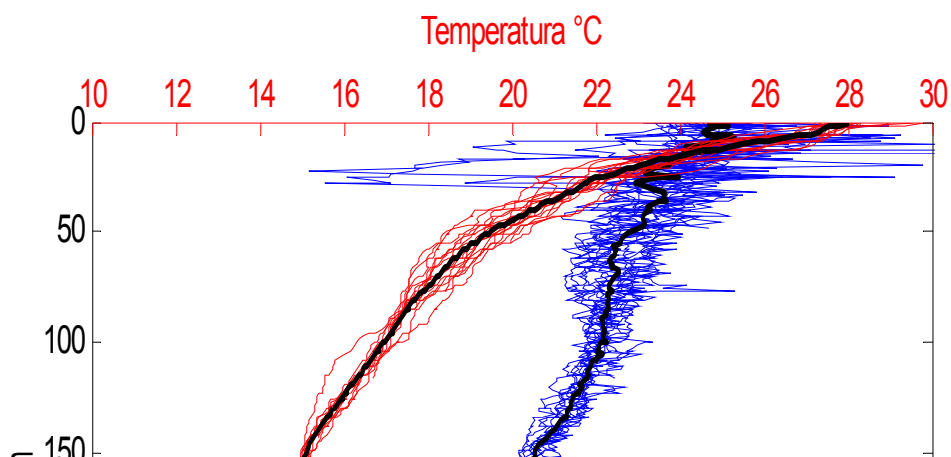


Fig. 17 Distribución vertical de la temperatura y la salinidad en la columna de agua en la Bahía de la Paz, en julio de 2002.

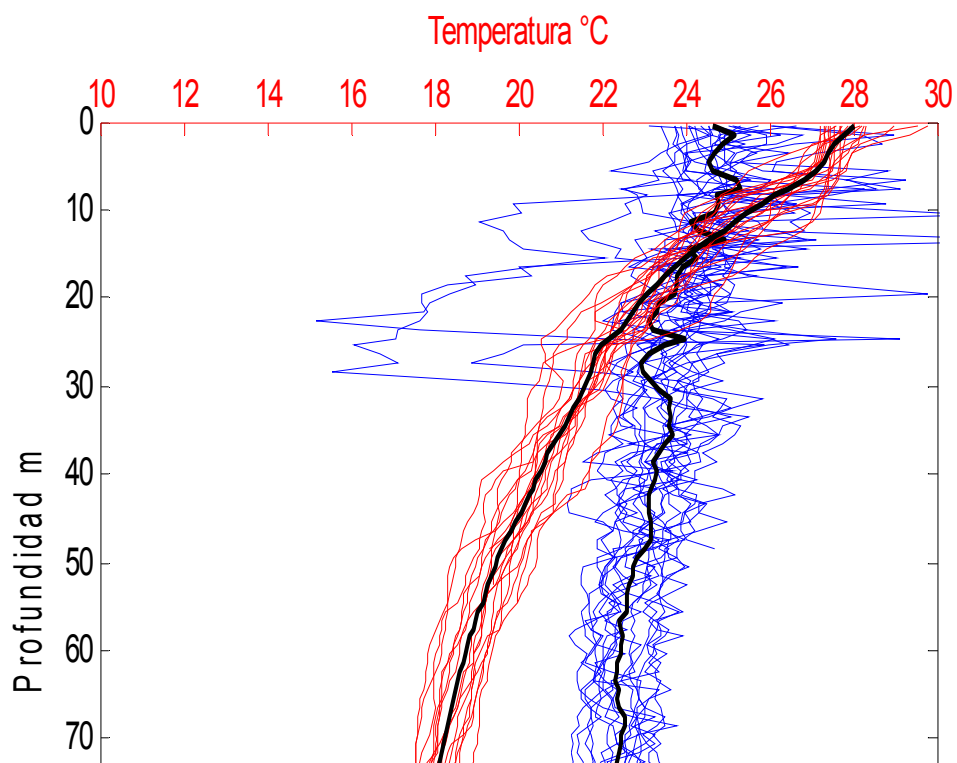


Fig. 18 Distribución vertical de la temperatura y salinidad en la capa una capa de 100 metros, de la columna de agua, de la Bahía de la Paz, en julio de 2002.

La variación vertical de la temperatura presenta una temoclina bien marcada alrededor de los 50 metros, presentando una capa de mezcla con una variación de 1°C, registrando valores mínimos de temperatura de 10.2 °C por debajo de los 350 metros (

Fig. 19, Fig. 20). El comportamiento vertical de la salinidad presentó una variación de 0.30 ups, con valores registrados de 35.40 ups en la superficie y de 34.70 ups por debajo de los 300 metros (Fig. 20).

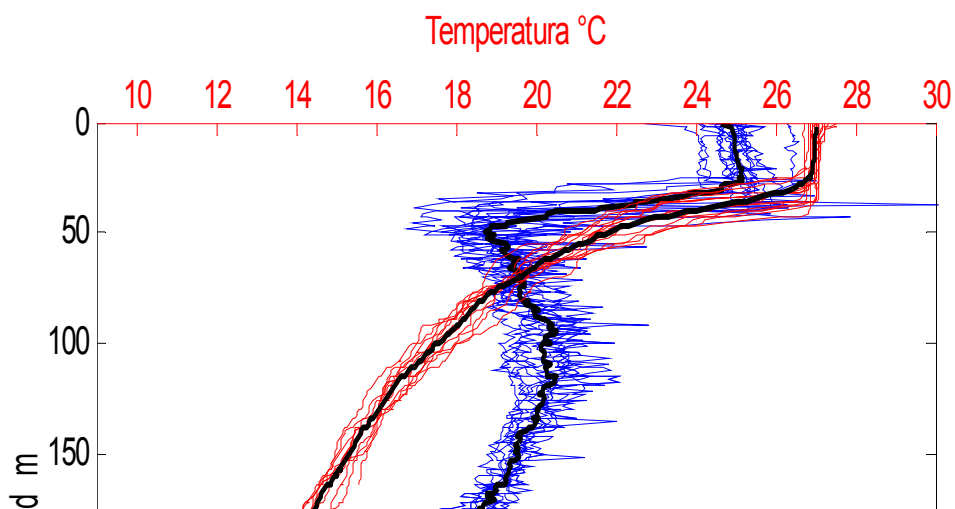


Fig. 19 Distribución vertical de temperatura y la salinidad de la columna de agua en la Bahía de la Paz, en noviembre de 2002.

Presentó una capa de mezcla en los primeros 50 metros, con una termoclina bien marcada, presentando una capa mas estratificada en los siguientes 50 metros, con una disminución gradual en la temperatura (Fig. 20).

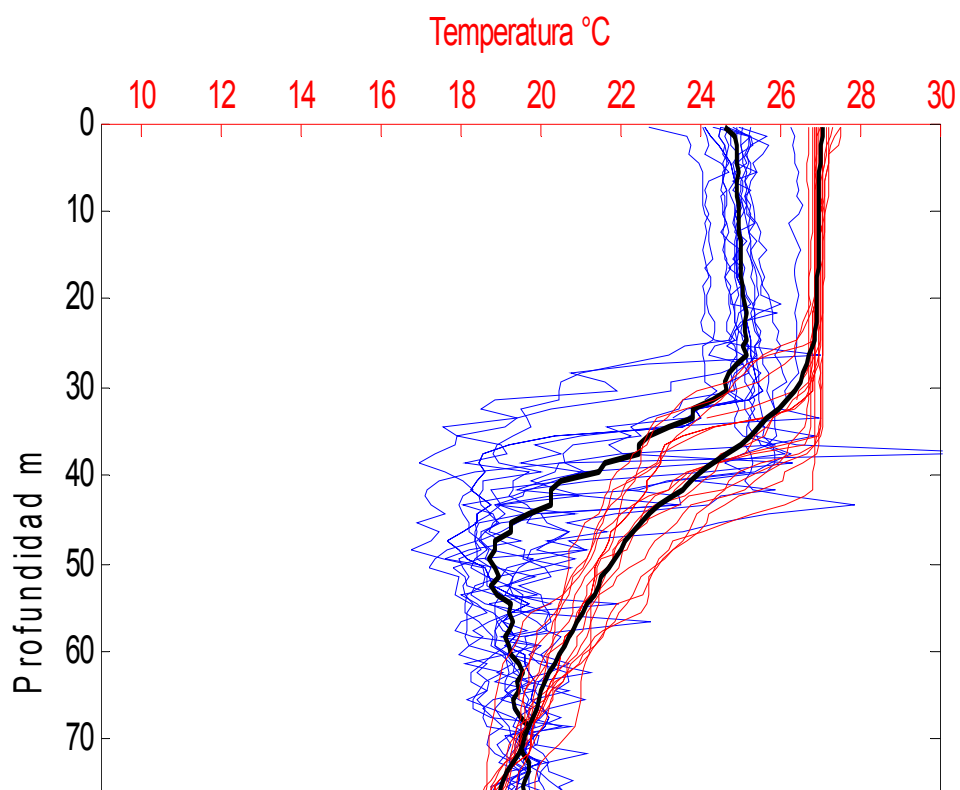


Fig. 20 Distribución vertical de la temperatura y salinidad en la capa una capa de 100 metros, de la columna de agua, de la Bahía de la Paz, en noviembre de 2002.

6.4. Nutrientes:

6.4.1. Distribución espacio temporal de los nitritos más nitratos.

La distribución espacial que presentaron los principales nutrientes, como los nitritos más nitratos en aguas superficiales en la Bahía de La Paz, en enero de 2002, registran concentraciones de $0.22 \mu\text{M}$ en la estación 25 que esta corresponde a la zona mas somera, y se incrementan hacia la parte norte de la bahía, con una concentración de $2.87 \mu\text{M}$ en la estación 9 que corresponde a la Cuenca Alfonso (**Fig. 21**).

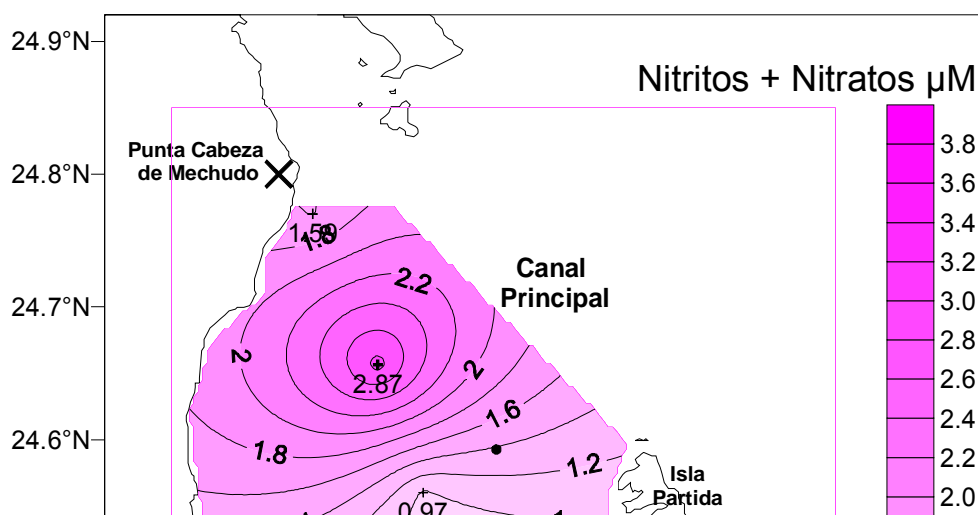


Fig. 21 Distribución espacial de la concentración de los nitritos más nitratos, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, para el mes de enero de 2002.

La distribución espacial que presentaron los principales nutrientes, como los nitritos más nitratos en las aguas de la capa superficial, en la Bahía de La Paz, en abril de 2002, va de concentraciones de 0.32 μM en la estación 7 ubicada en la zona más somera pegada hacia la costa norte de la bahía, y se incrementan hacia la parte de San Juan de la Costa con una concentración de 3.45 μM en la estación 13 (**Fig. 22**).

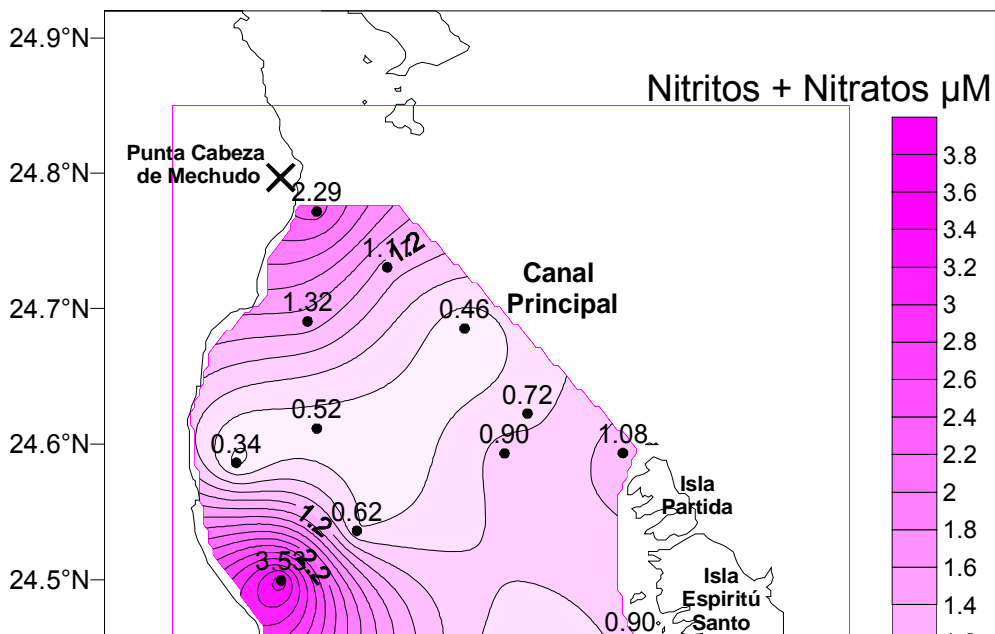


Fig. 22 Distribución espacial de la suma de los nitritos más nitratos, en la capa superficial de las aguas de Bahía de La Paz, en abril de 2002.

Los compuestos nitrogenados determinados como los nitritos más nitratos presentaron una distribución espacial de sus concentraciones, en las aguas superficiales, en la Bahía de La Paz de 0.24 μM en la estación 12 que corresponde a la zona central de la bahía y se incrementan hacia la estación 9 que corresponde a la zona la Cuenca Alfonso con una concentración de 0.94 μM (Fig. 23).

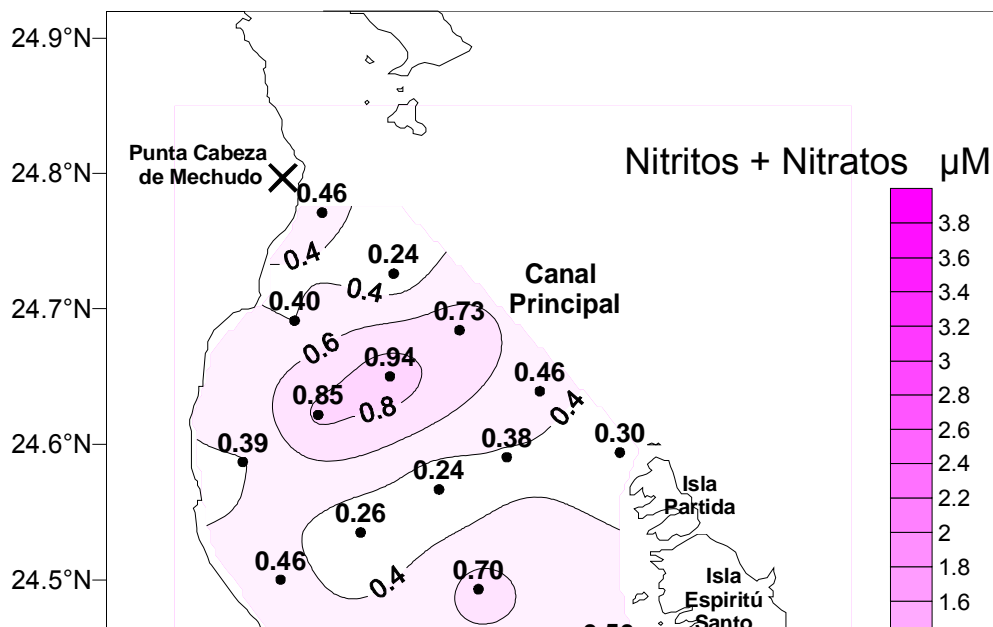


Fig. 23 Distribución espacial de la concentración de los nitritos más nitratos, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, en julio de 2002.

Los distribución espacial que presentó, los nitritos más nitratos en la Bahía de la Paz, en noviembre de 2002, va de concentraciones de 0.39 μM en la estación 3 que corresponde a la zona del Canal Principal de la bahía, y se incrementan hacia la parte de San Juan de la costa, y una concentración máxima superficial de 3.74 μM en la estación 1 en la Punta Cabeza de Mechudo (**Fig. 24**).

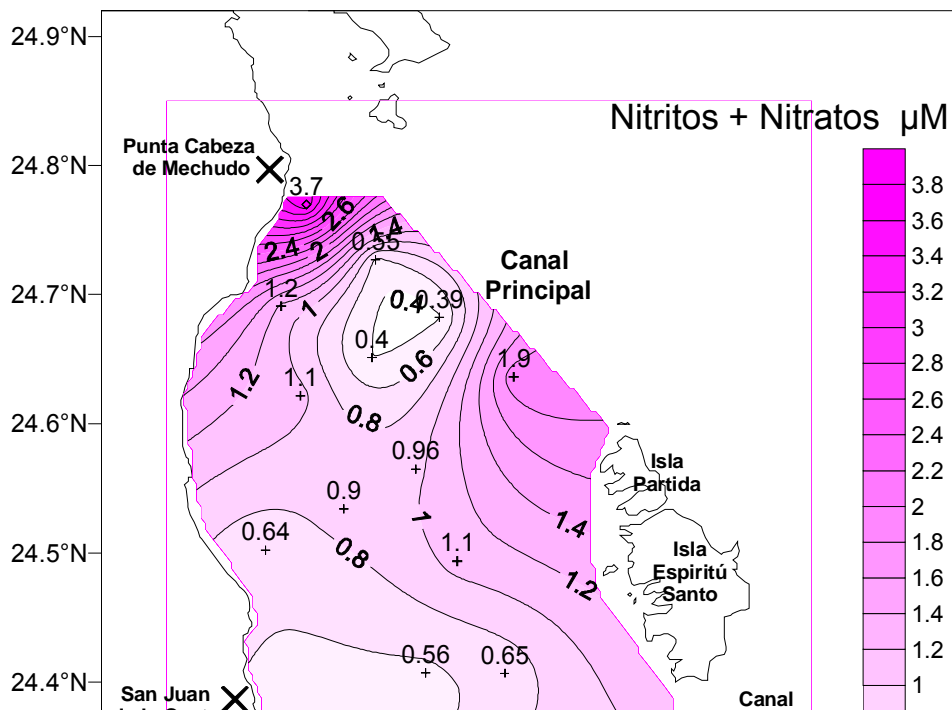


Fig. 24 Distribución espacial de la concentración de los nitritos más nitratos, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, en noviembre 2002.

6.4.2. Distribución vertical de los Nitritos más nitratos.

Los nutrientes presentaron un comportamiento típico en sus perfiles encontrándose valores bajos, en la zona eufótica y se incrementan con la profundidad. Estos compuestos nitrogenados determinados, presentaron en enero de 2002, en su perfil concentraciones de $0.22 \mu\text{M}$ en la capa superficial, incrementándose con la profundidad, con un valor máximo de $23.14 \mu\text{M}$ por debajo de los 100 metros (**Fig. 25**).

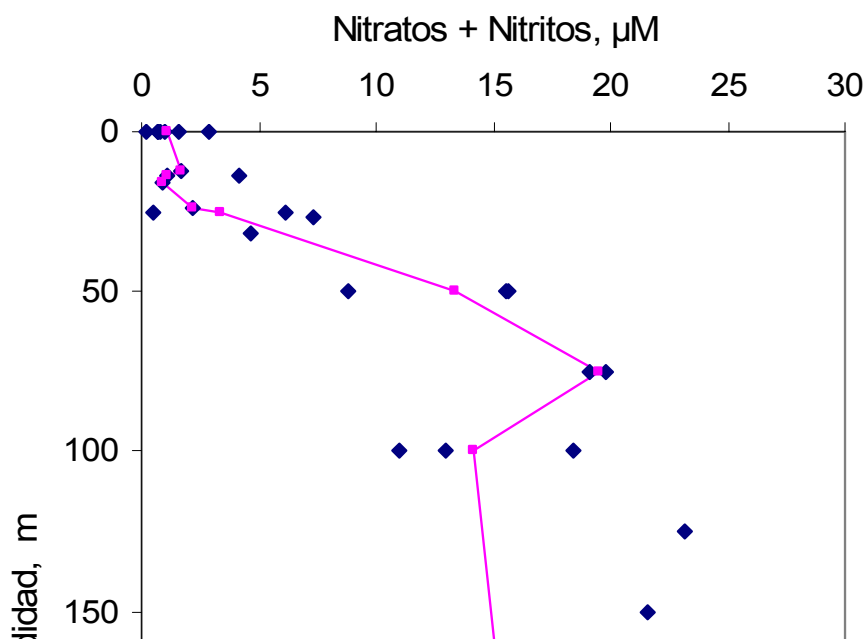


Fig. 25 Distribución vertical de las concentraciones de los nitritos más nitratos, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en el mes de enero de 2002.

Los compuestos nitrogenados, para el mes de abril de 2002, presentaron perfiles con las concentraciones bajas que van de 0.26 μM en la capa superficial y las cuales se va incrementando con la profundidad hasta alcanzar sus valores máximo de 35.34 μM por debajo de los 100 metros (**Fig. 26**).

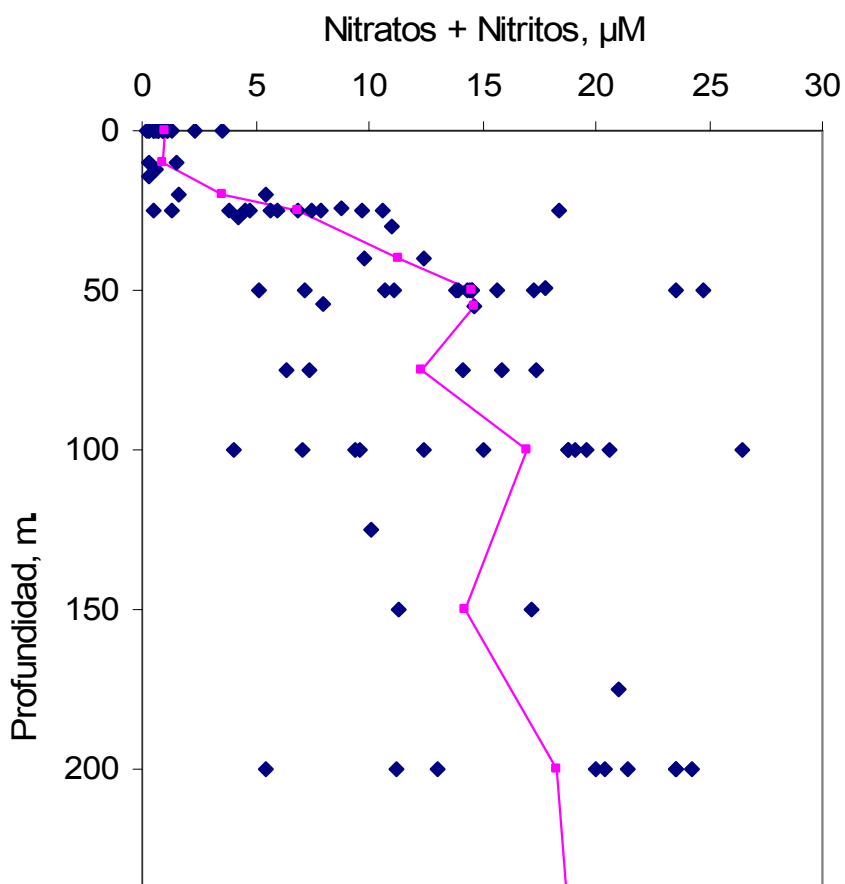


Fig. 26 Distribución vertical de las concentraciones de la suma de los nitritos más nitratos, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en abril de 2002.

Para el mes de julio de 2002, la distribución vertical de estos nutrientes en la capa superficial son concentraciones bajas y se van incrementando con la profundidad, registrando un valor máximo de 27.19 μM por debajo de los 100 metros (**Fig. 27**).

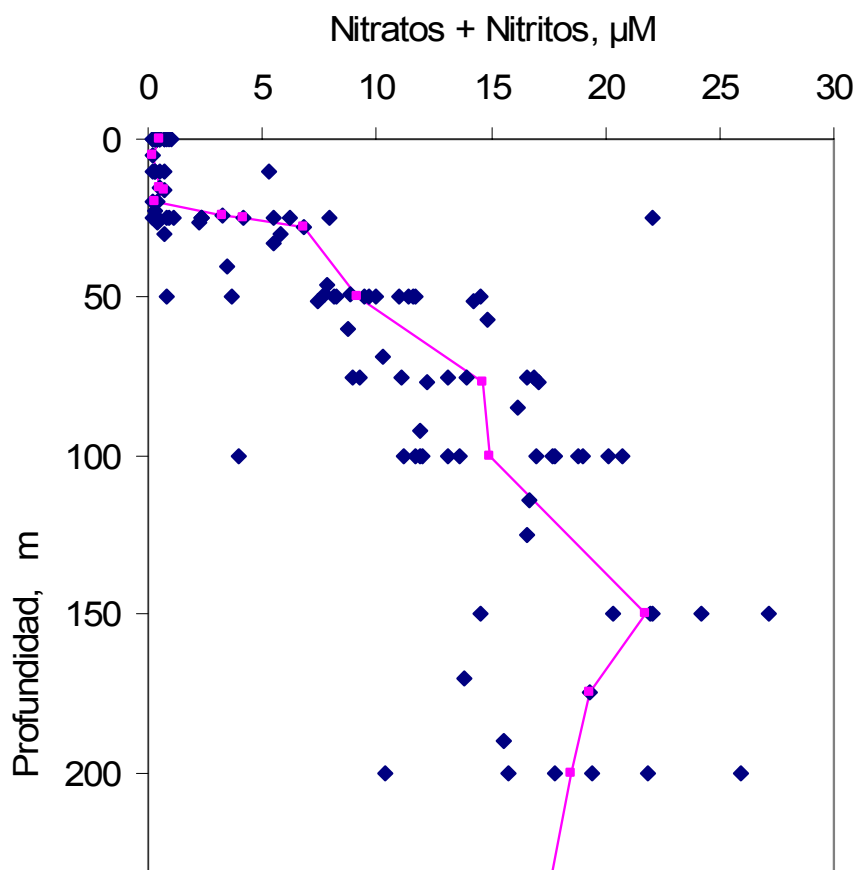


Fig. 27 Distribución vertical de las concentraciones de los nitritos más nitratos en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en julio de 2002.

Para el mes de noviembre de 2002, estos compuestos nitrogenados presentaron una variación vertical que va de concentraciones bajas de $0.39 \mu\text{M}$ en la superficie hasta concentraciones máximas registradas de $28.56 \mu\text{M}$ por debajo de los 200 metros (**Fig. 28**).

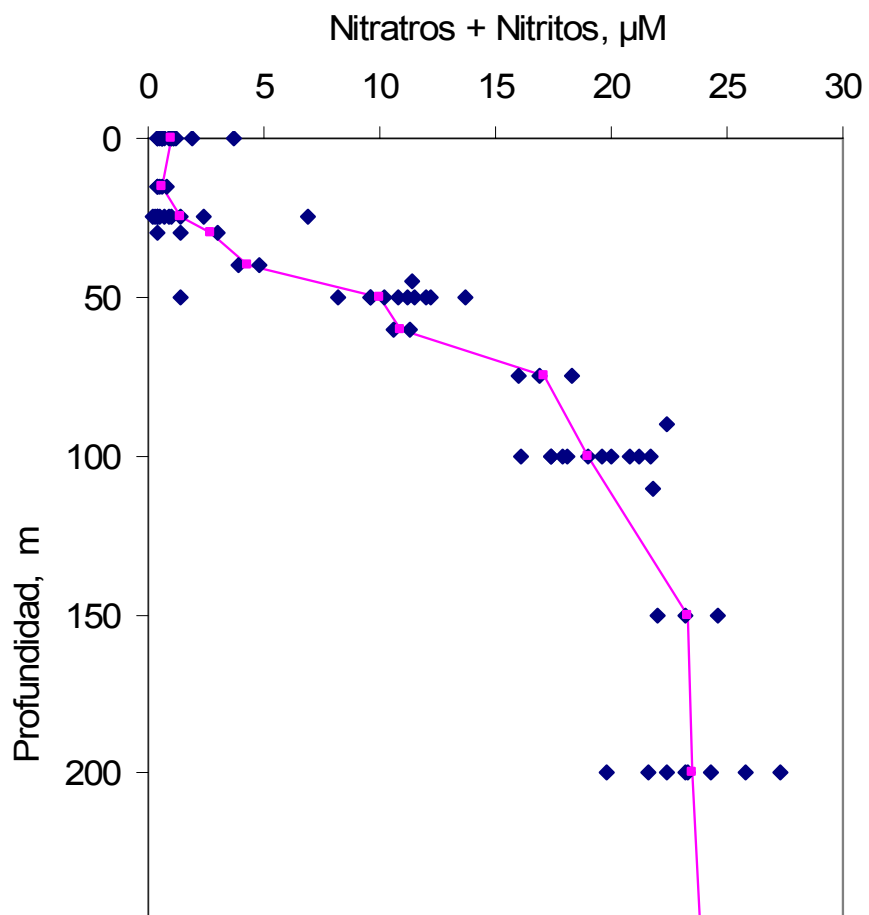


Fig. 28 Distribución vertical de las concentraciones de los nitritos más nitratos, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en noviembre de 2002.

6.4.3. Distribución espacio temporal de los fosfatos

Los fosfatos para enero de 2002, presentaron una distribución espacial en las aguas superficiales, con concentraciones de 0.68 μM para la zona sur de la Bahía (estación 25), presentándose una disminución en la concentración en la parte central de la Bahía de 0.41 μM y se incrementa hacia la Cuenca Alfonso con un valor de 0.95 μM y en el Canal Principal registra su máxima concentración de 1.58 μM (Fig. 29).

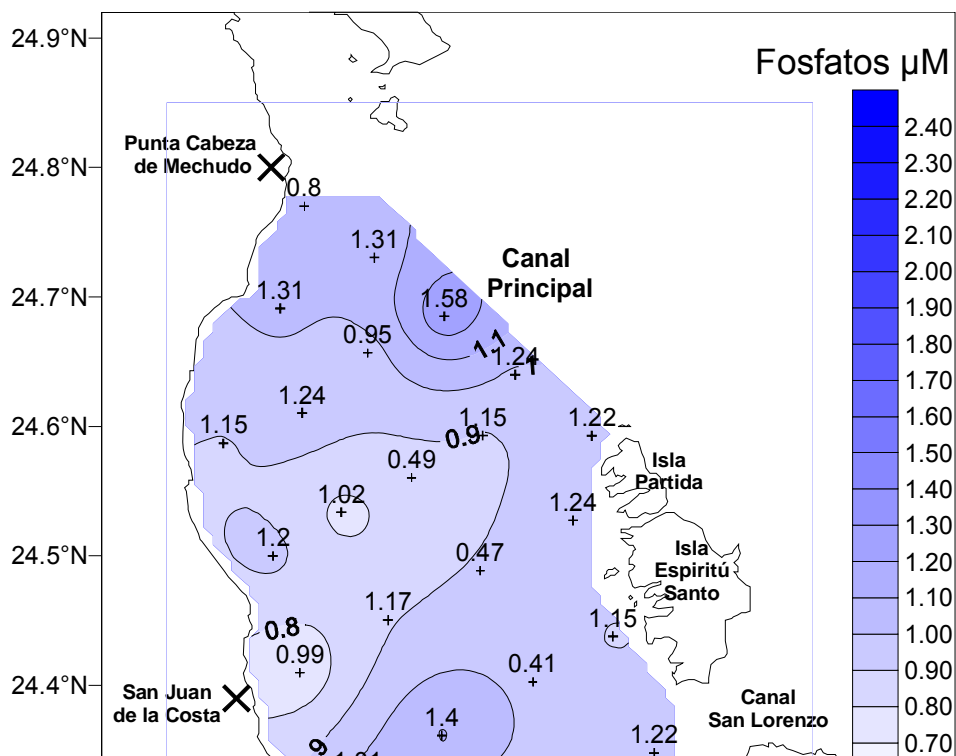


Fig. 29 Distribución espacial de la concentración de los fosfatos, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, para el mes de enero de 2002.

Para abril de 2002, los fosfatos presentaron una distribución espacial heterogénea en las aguas superficiales de la Bahía con valores de concentraciones mínima de 0.08 μM en el Canal Principal y concentraciones máximas de 2.42 μM en la zona entre San Juan de la Costa y Punta Cabeza de Mechudo, y en la parte sur de la bahía, presentando concentraciones altas al centro de la Bahía (**Fig. 30**).

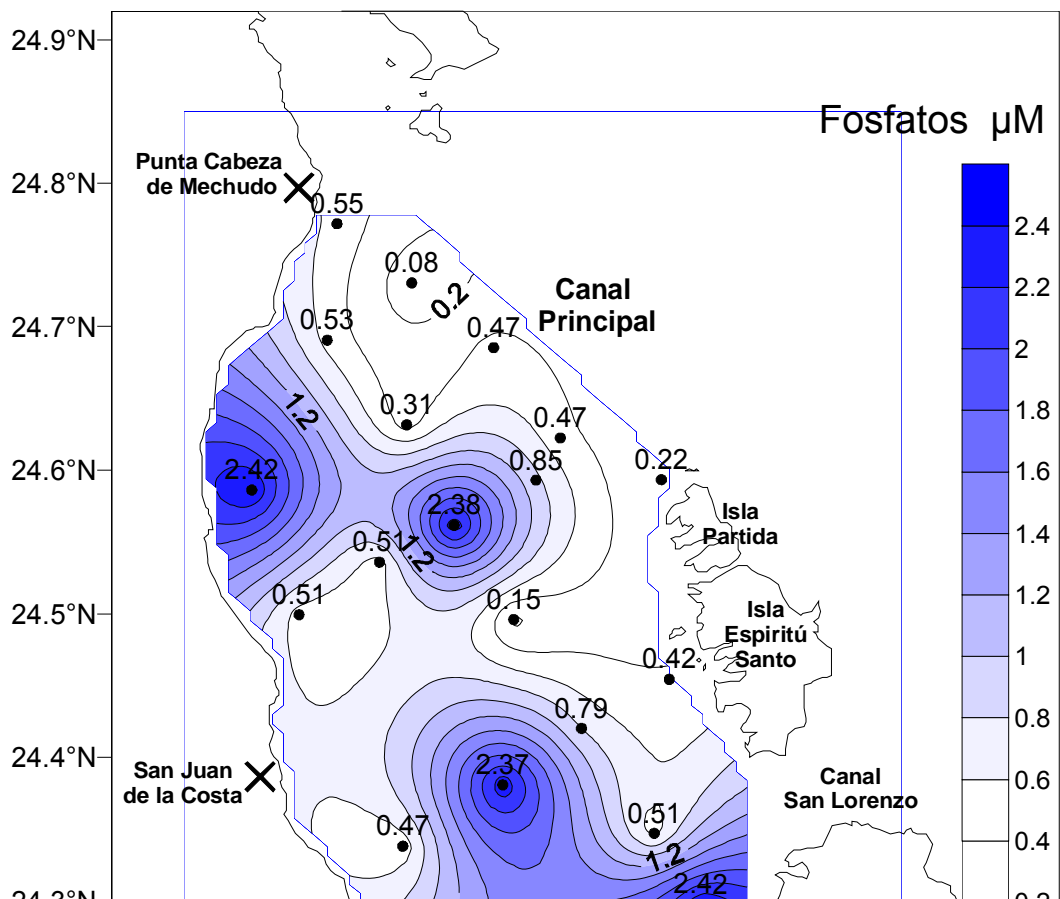


Fig. 30 Distribución espacial de la concentración de los fosfatos, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, en abril de 2002.

Los fosfatos para julio de 2002, presentaron una distribución espacial en sus aguas superficiales homogénea con valores de concentraciones que va de 0.71 μM en la zona del Canal Principal y de 0.95 μM en la zona central de la Bahía entre San Juan de la Costa y la Isla Espíritu Santo, presentando una variación de 0.24 μM en la bahía (**Fig. 31**).

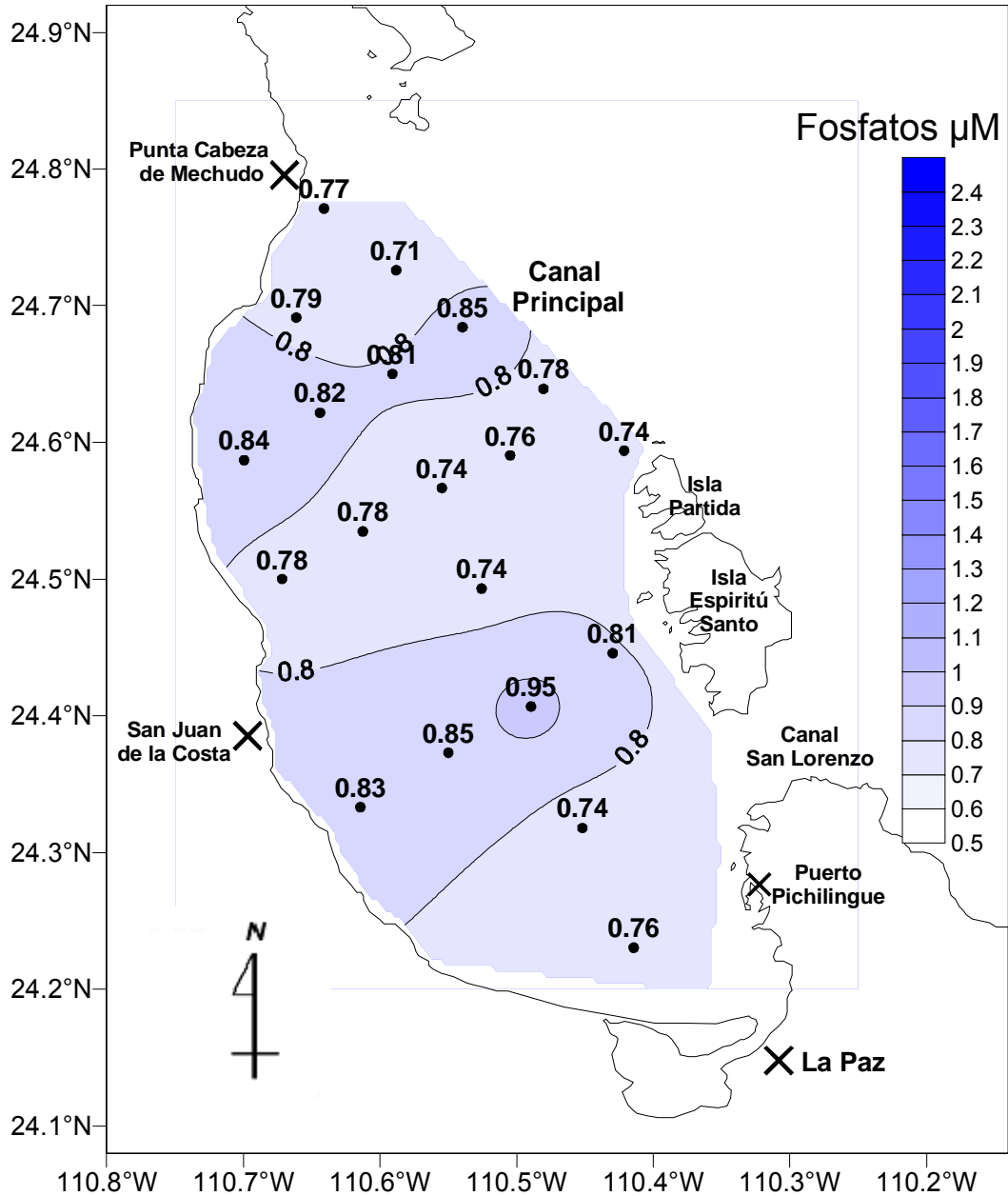


Fig. 31 Distribución espacial de la concentración de los fosfatos, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, en julio de 2002.

Los fosfatos para noviembre de 2002, presentaron una distribución espacial de las aguas superficiales homogénea con valor en su concentraciones que van en un intervalo de 0.57 μM a 0.82 μM en la bahía, presentando sus mayores concentraciones entre Punta Cabeza de Mechudo y la Isla Partida (**Fig. 32**).

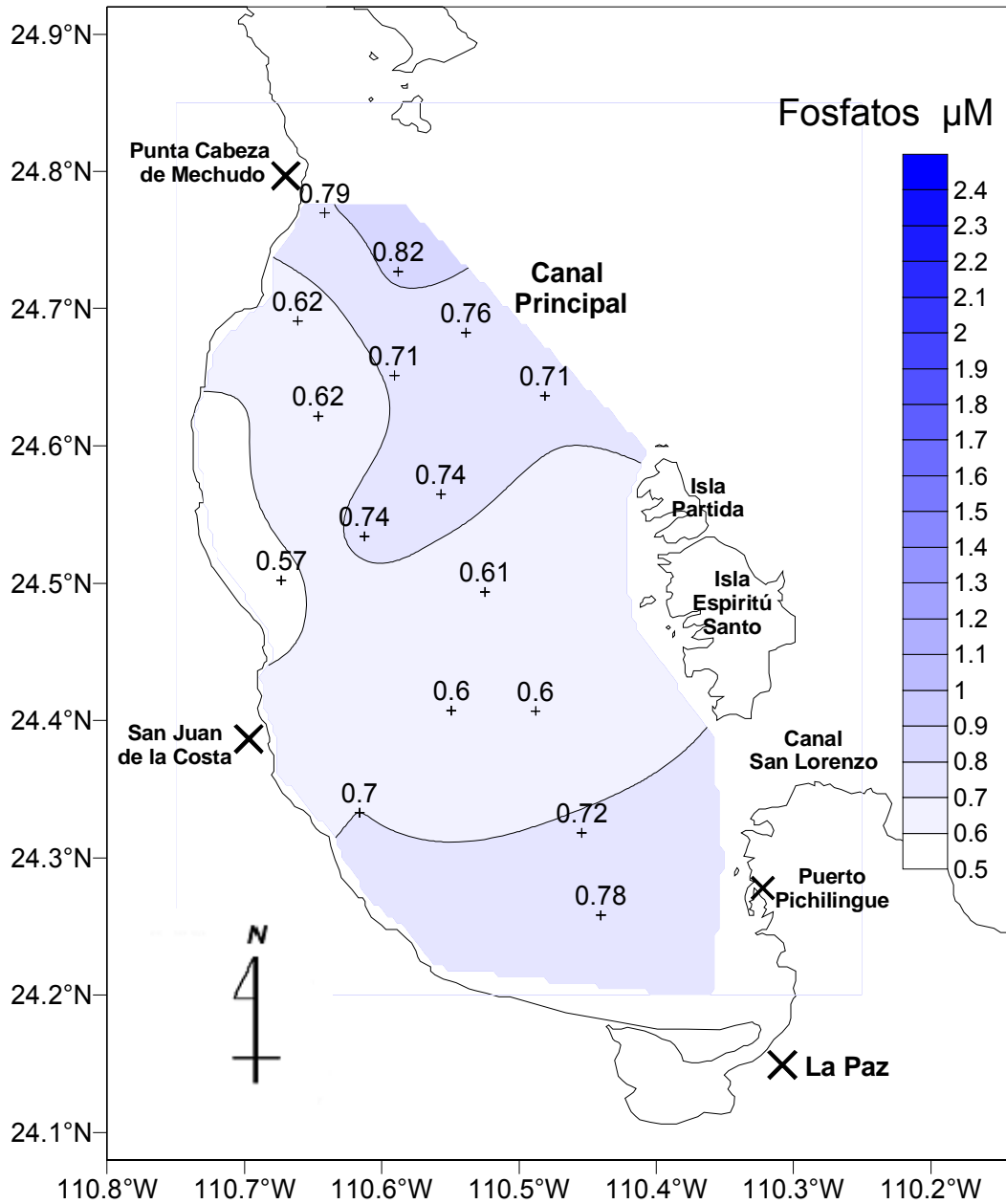


Fig. 32 Distribución espacial de la concentración de los fosfatos, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, en noviembre de 2002.

6.4.4. Distribución vertical de los fosfatos.

Para enero de 2002, los fosfatos presentaron una distribución vertical en la columna de agua, registrando concentraciones mínimas en la superficie con un valor promedio de $1.39 \mu\text{M}$ en la superficie y las cuales se van incrementando con la profundidad alcanzando su máxima concentración de $3.54 \mu\text{M}$ después de los 200 metros (**Fig. 33**).

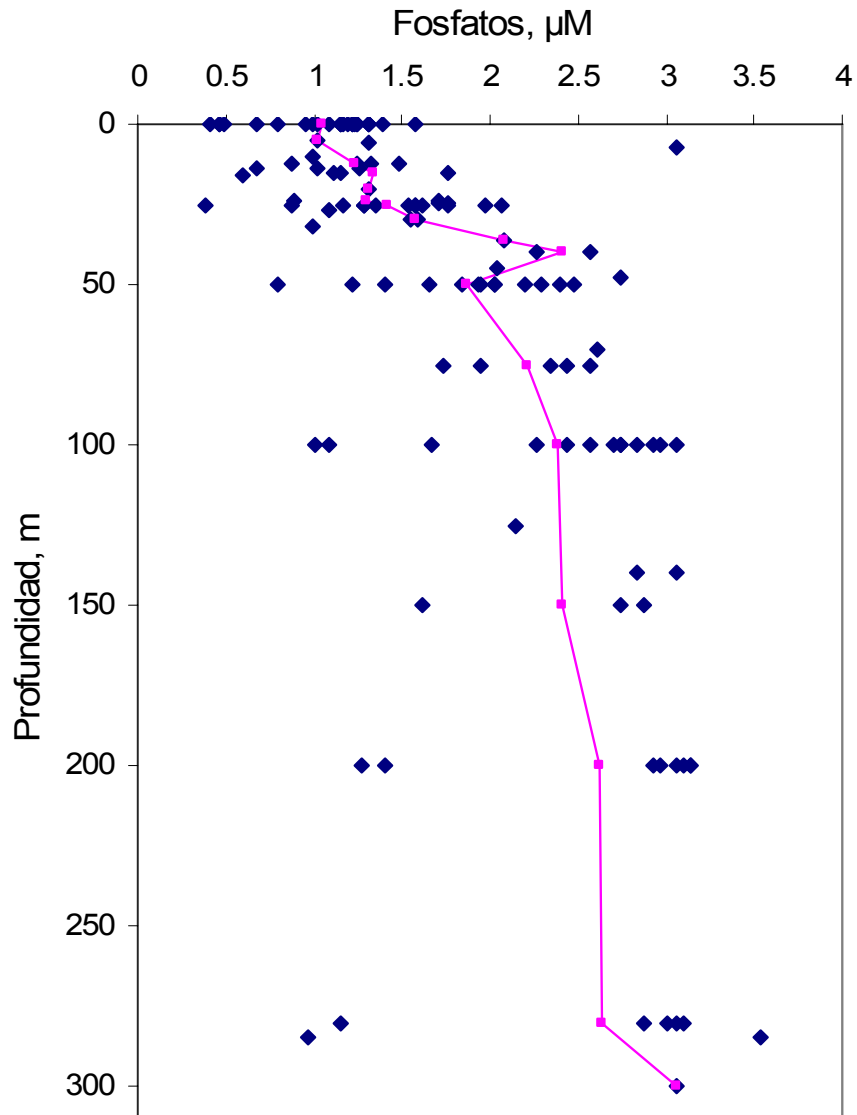


Fig. 33 Distribución vertical de las concentraciones de los fosfatos, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en enero de 2002.

Para abril de 2002, la distribución vertical de los fosfatos no presenta en sus perfiles un comportamiento típico de los nutrientes, ya que presenta valores altos en la superficie y valores bajos en la capa profunda, registrando un valor promedio superficial de 0.80 μM y su máxima concentración de 3.28 μM después de los 200 metros (**Fig. 34**).

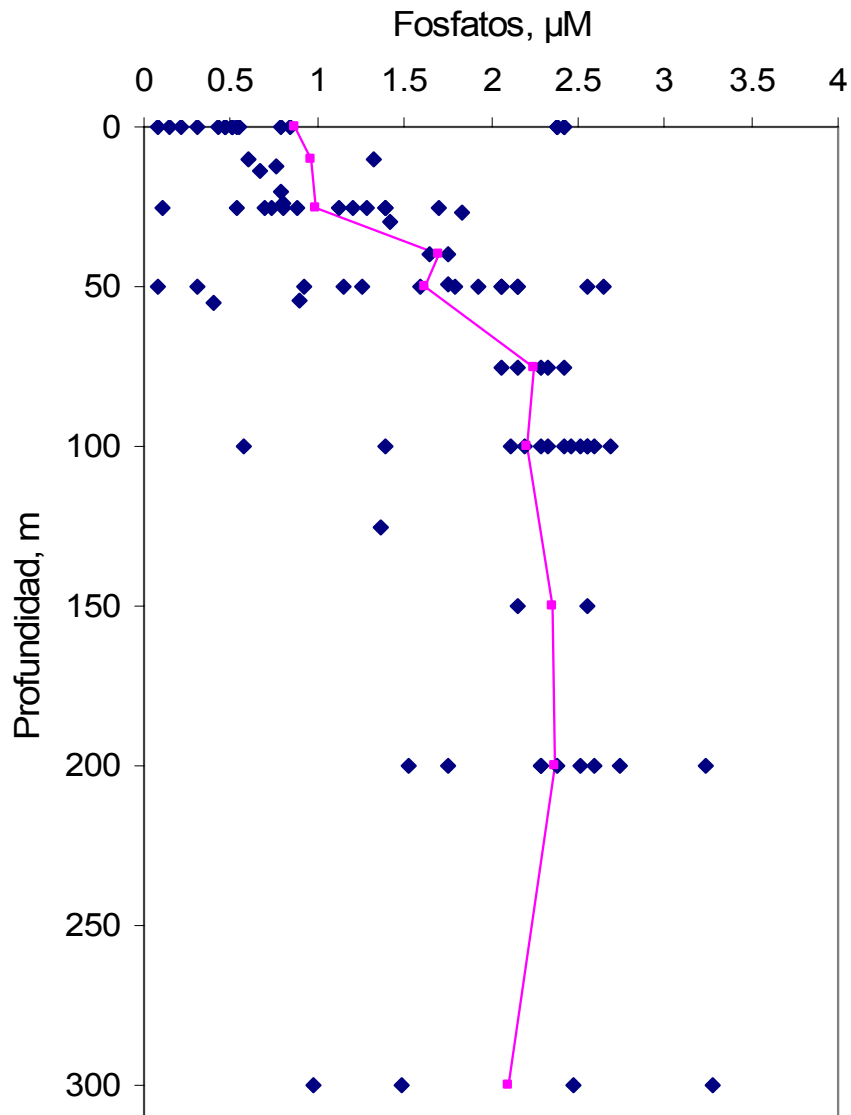


Fig. 34 Distribución vertical de las concentraciones de los fosfatos, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en abril de 2002.

Mientras que para julio de 2002, el comportamiento en su distribución vertical presentó valores de concentración bajos en la superficie e incrementando con la profundidad para alcanzar su valores máximos de 2.94 μM en profundidades de los 200 metros (**Fig. 35**).

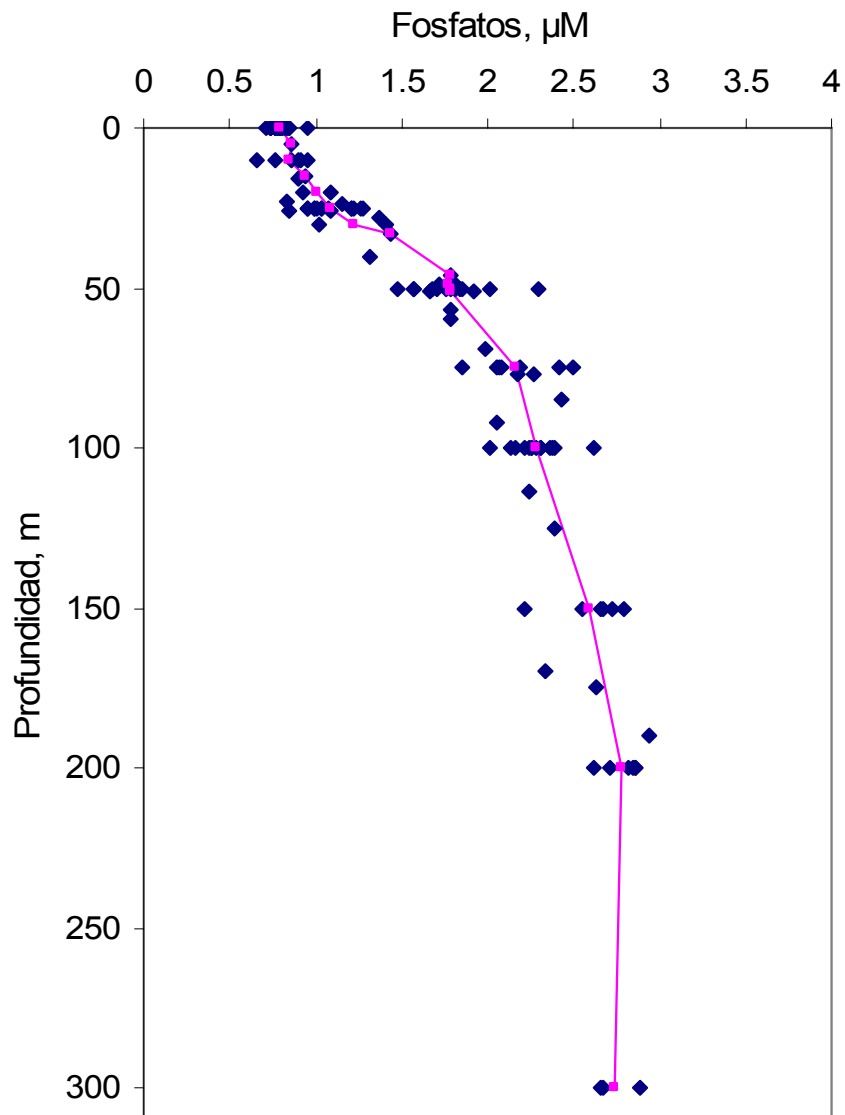


Fig. 35 Distribución vertical de las concentraciones de los fosfatos, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en julio de 2002.

Para noviembre de 2002, los fosfatos presentaron una variación vertical de concentraciones bajas que van de 0.56 μM en la superficie y se van incrementando con la profundidad alcanzando el máximo de 3.10 μM después de los 300 metros (**Fig. 36**).

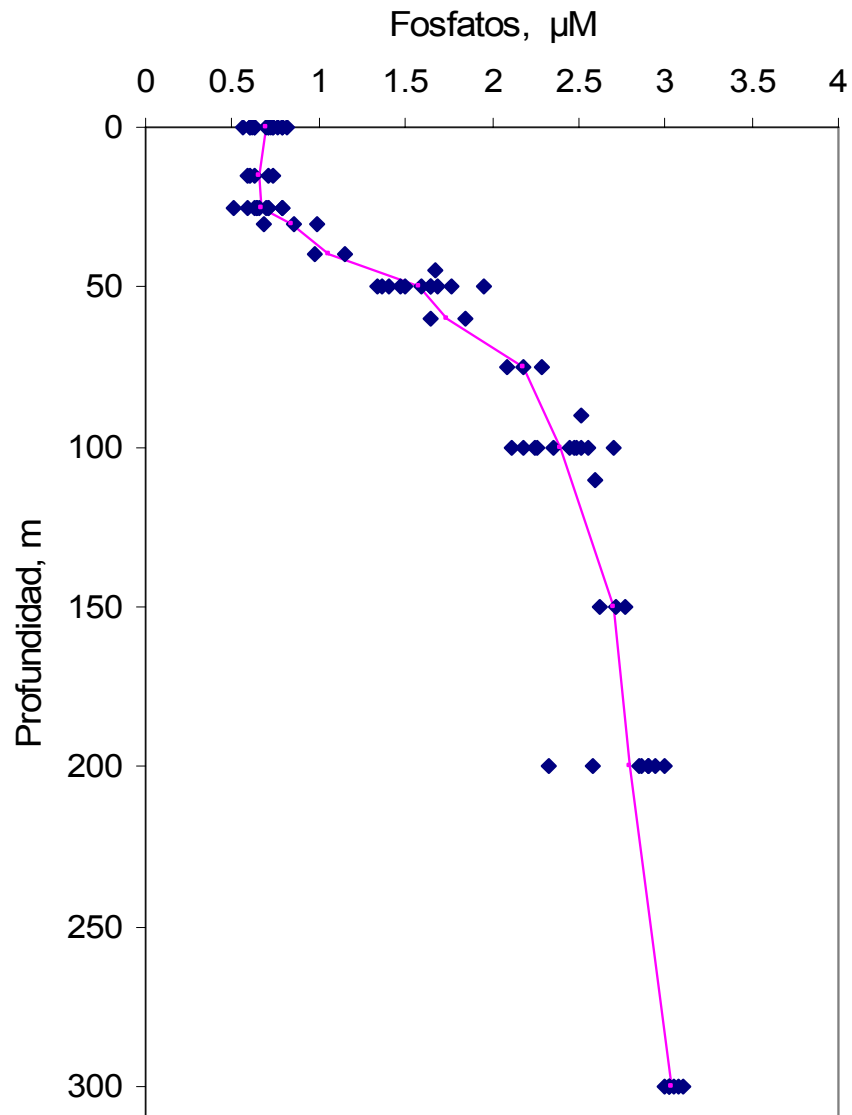


Fig. 36 Distribución vertical de las concentraciones de los fosfatos, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en noviembre de enero de 2002.

6.4.5. Distribución espacio temporal de los silicatos.

Para enero de 2002, la concentración de los silicatos presentaron una distribución espacial, en sus aguas superficiales, que va de 4.01 μM a 6.40 μM en la bahía, a excepción de las estaciones 14, la cual presentó una concentración mínima de 3.25 μM y la estación 10 presentó una concentración máxima de 11.54 μM (Fig. 37).

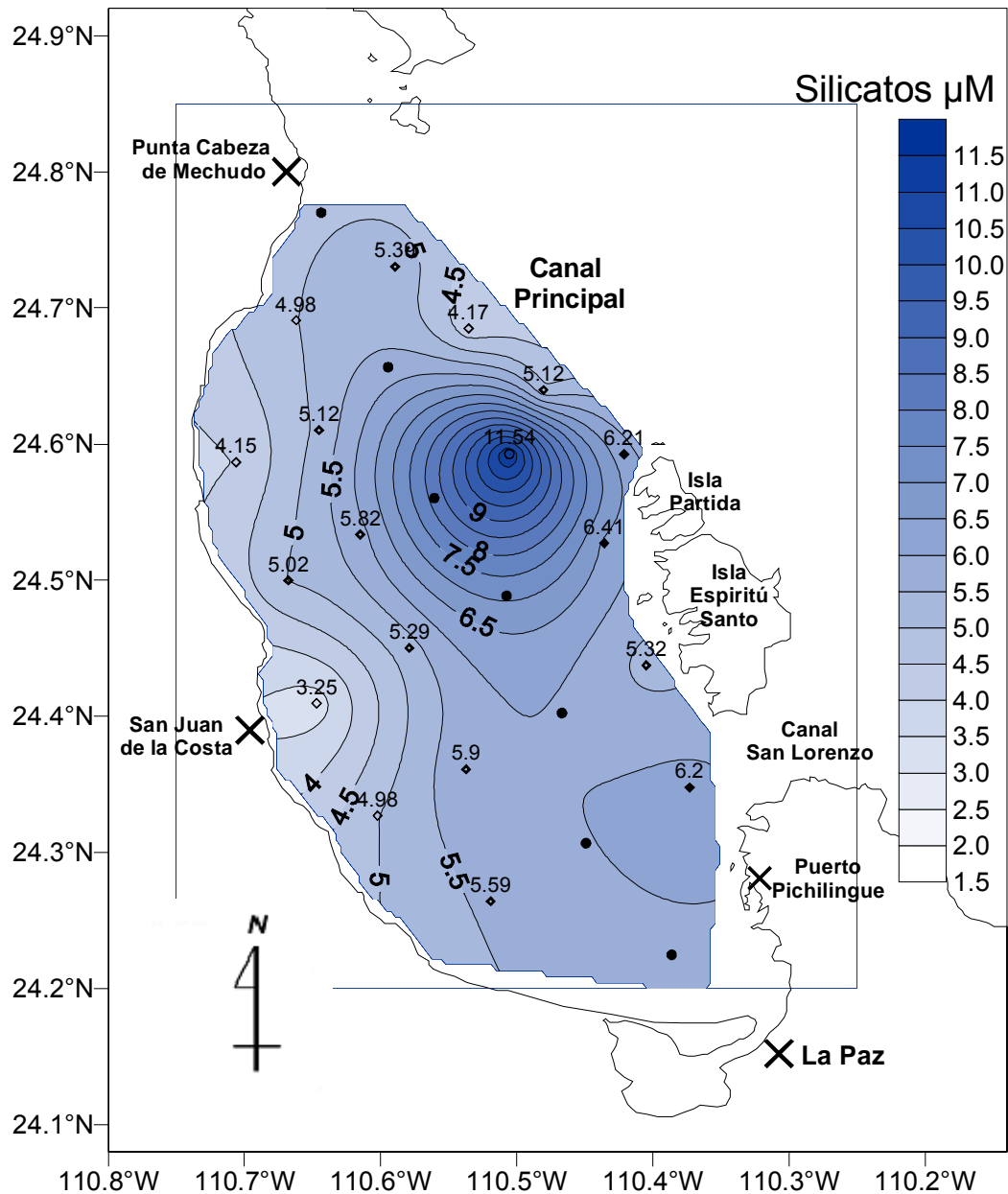


Fig. 37 Distribución espacial de la concentración de los silicatos, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, para el mes de enero de 2002.

Para abril de 2002, los silicatos presentaron una distribución espacial muy heterogénea en sus concentraciones, con valores entre los 1.59 μM hasta una concentración de 9.40 μM en la bahía, las estaciones que presenta una mayor concentración se localizan en el Canal Principal en las estaciones 4 y 10, y en la parte central la estación 11 y la estación 13 en la zona costera de San Juan de la Costa y Punta Cabeza de Mechudo (**Fig. 38**).

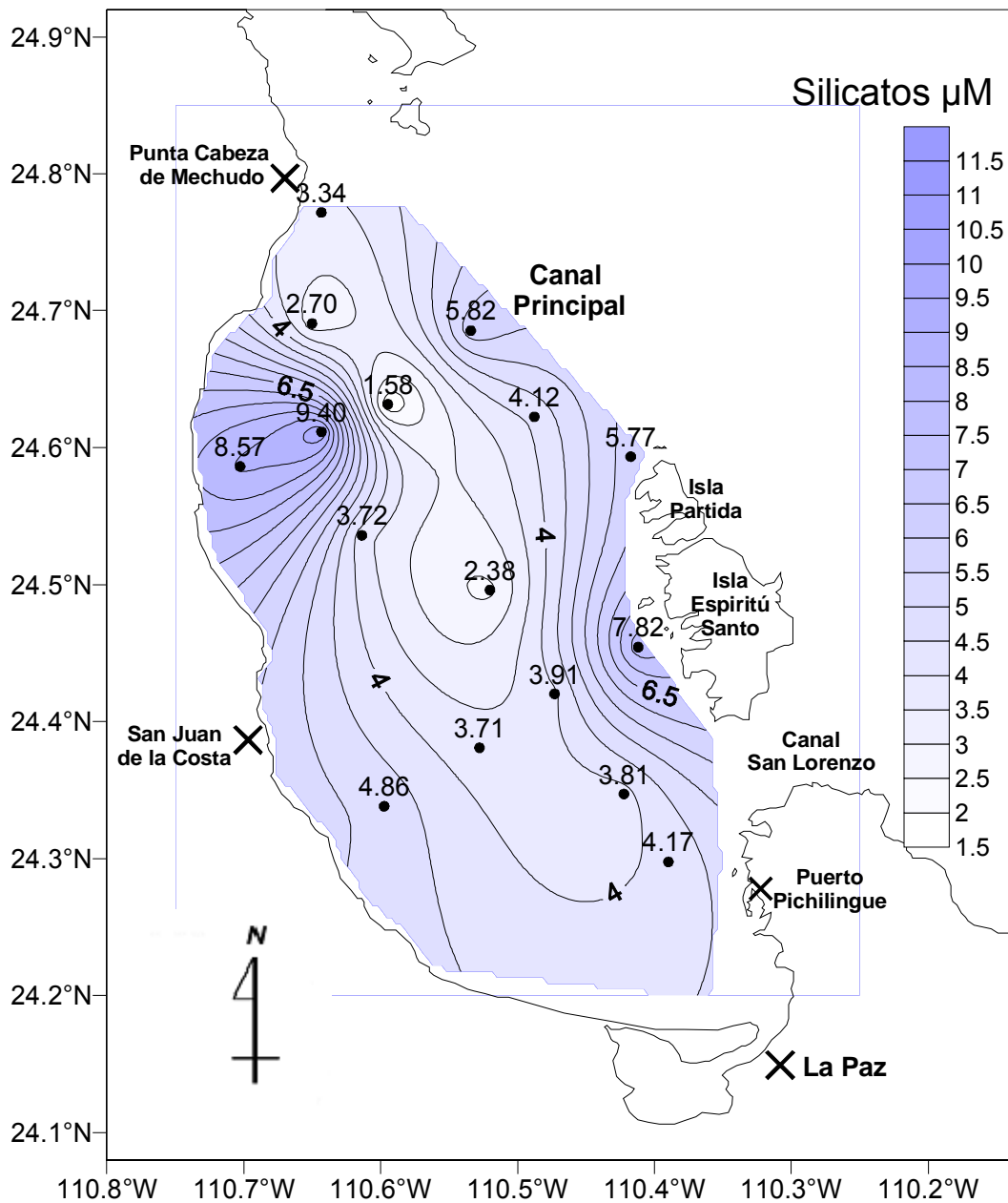


Fig. 38 Distribución espacial de la concentración de los silicatos, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, en abril de 2002.

Para julio de 2002, los silicatos presentaron una distribución espacial en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, concentraciones muy heterogénea con valores que oscilan entre los 1.87 μM hasta una concentración de 4.01 μM . Las concentraciones bajas se localizan en la parte sur de la bahía, es la zona más somera y se incrementan hacia la parte norte, presentando las mayores concentraciones en la zona de la Cuenca Alfonso, en la zona de San Juan de la Costa y Punta Cabeza de Mechudo (**Fig. 39**).

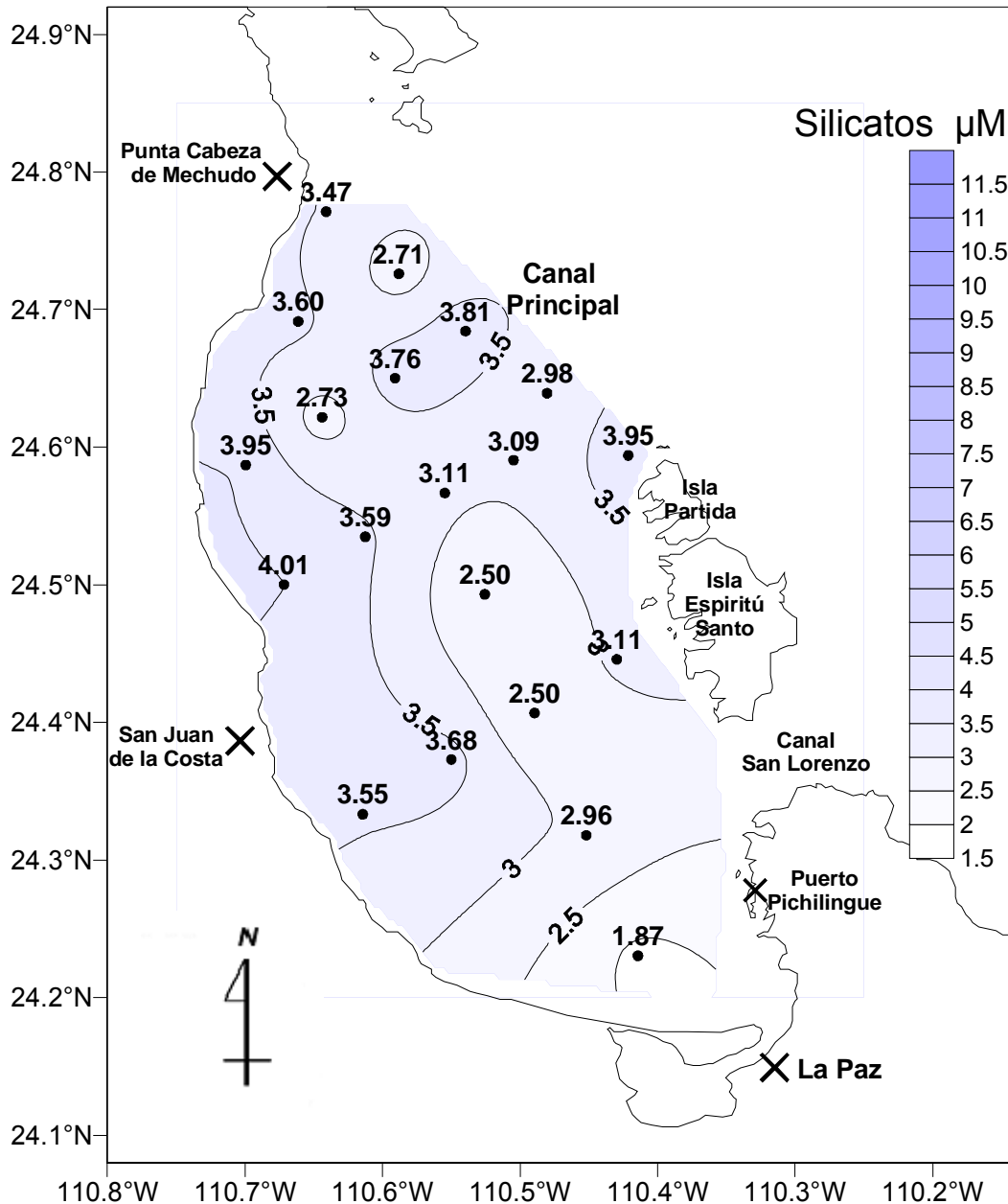


Fig. 39 Distribución espacial de la concentración de los silicatos, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, en julio de 2002.

Mientras que en noviembre de 2002, los silicatos presentaron una distribución espacial de las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, registrando una concentración mínima de 2.27 μM en la estación 9 en la zona de la Cuenca Alfonso, hasta su máxima concentración de 6.80 μM en la estación 3 que esta en el Canal Principal de la bahía (Fig. 40).

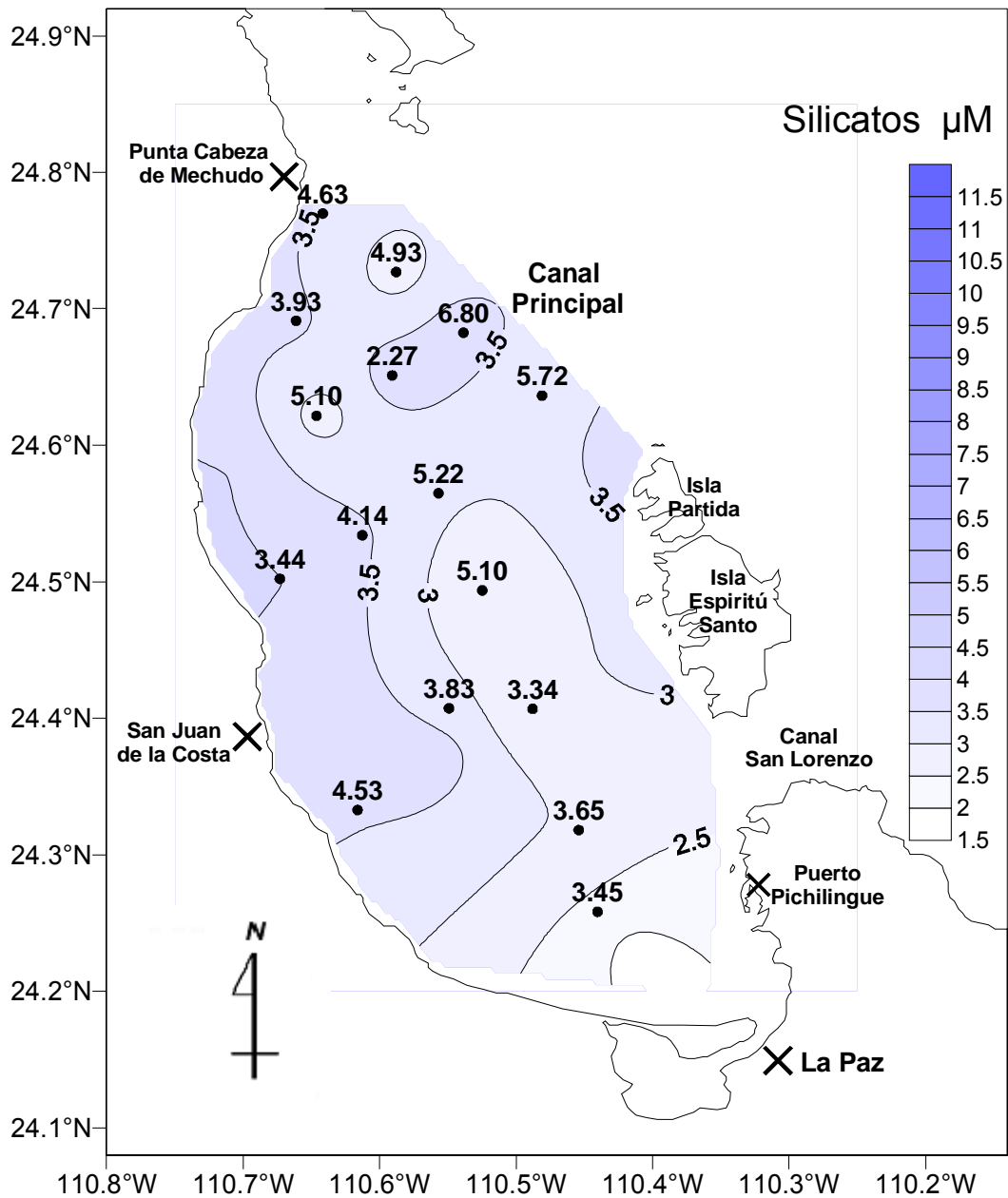


Fig. 40 Distribución espacial de la concentración de los silicatos, en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, en noviembre de 2002.

6.4.6. Distribución vertical de los silicatos.

Los silicatos presentaron un comportamiento típico en sus perfiles encontrándose valores bajos, en la zona eufótica y se incrementan con la profundidad. Para enero de 2002, los silicatos prestaron una distribución vertical con registros de sus concentraciones superficiales de $3.05 \mu\text{M}$, la cual se va incrementando con la profundidad para alcanzar sus concentraciones máximas por debajo de los 200 metros de profundidad, con valores de $45.27 \mu\text{M}$ (

Fig. 41).

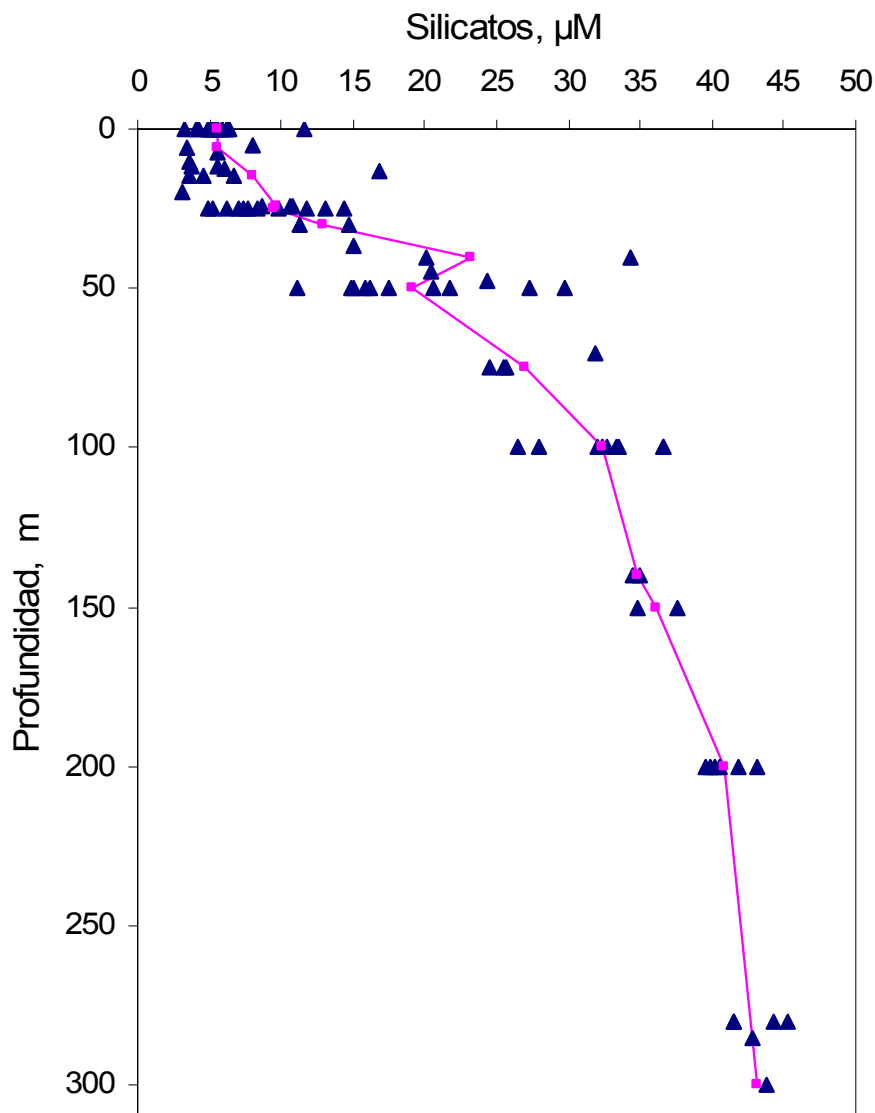


Fig. 41 Distribución vertical de las concentraciones de los silicatos, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en enero de 2002.

Para abril de 2002, los silicatos presentaron una distribución vertical en la columna de agua de la bahía, con una concentración mínima superficial de 1.58 μM aumentando con la profundidad para alcanzar sus máximas concentraciones de 53.80 μM , después de los 100 metros (**Fig. 42**).

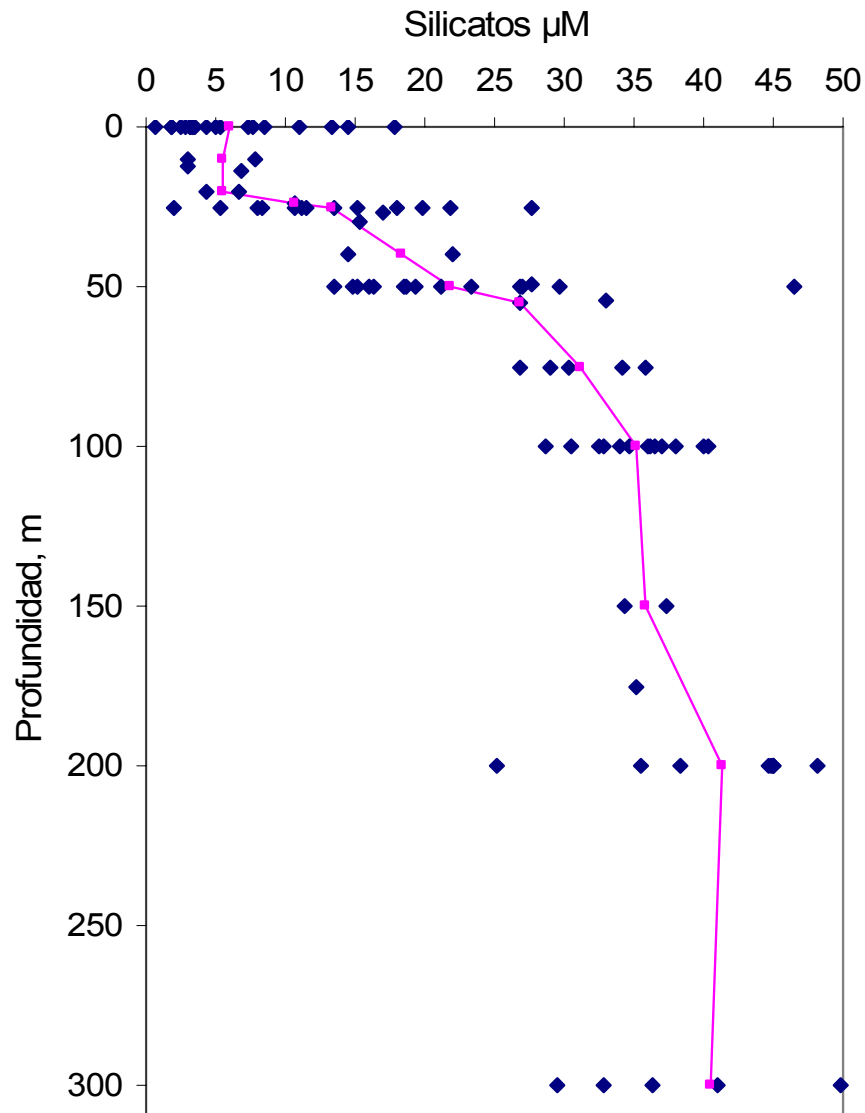


Fig. 42 Distribución vertical de las concentraciones de los silicatos, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en abril de 2002.

Para julio de 2002, la distribución vertical presenta un comportamiento típico del perfil de nutrientes con concentraciones bajas en la superficie e incrementándose con la profundidad, para alcanzar su valor máximo valor en concentración de 45.77 μM por debajo de los 200 metros (**Fig. 43**).

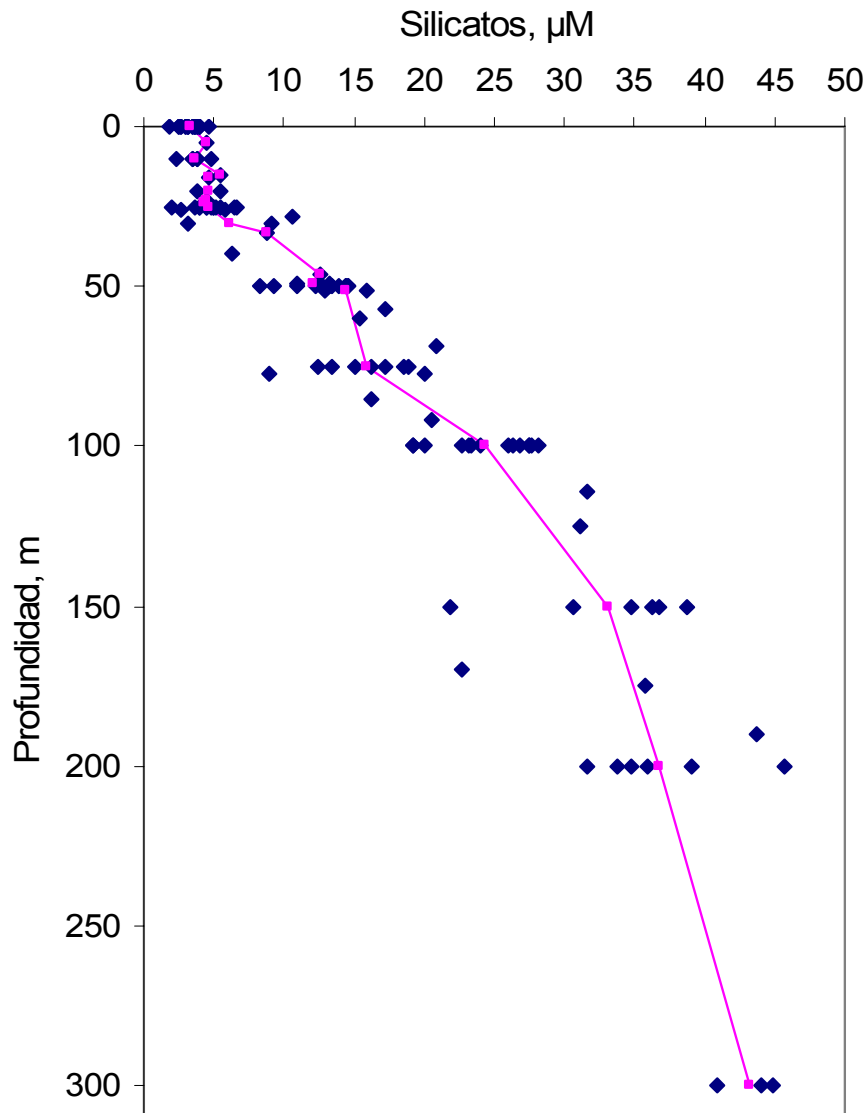


Fig. 43 Distribución vertical de las concentraciones de los silicatos, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en julio de 2002.

La concentración de silicatos, para noviembre de 2002, presentaron un comportamiento vertical con concentración superficial de 2.27 μM y va incrementándose con la profundidad para alcanzar concentraciones máximas de 50.62 μM , por abajo de los 300 metros (**Fig. 44**).

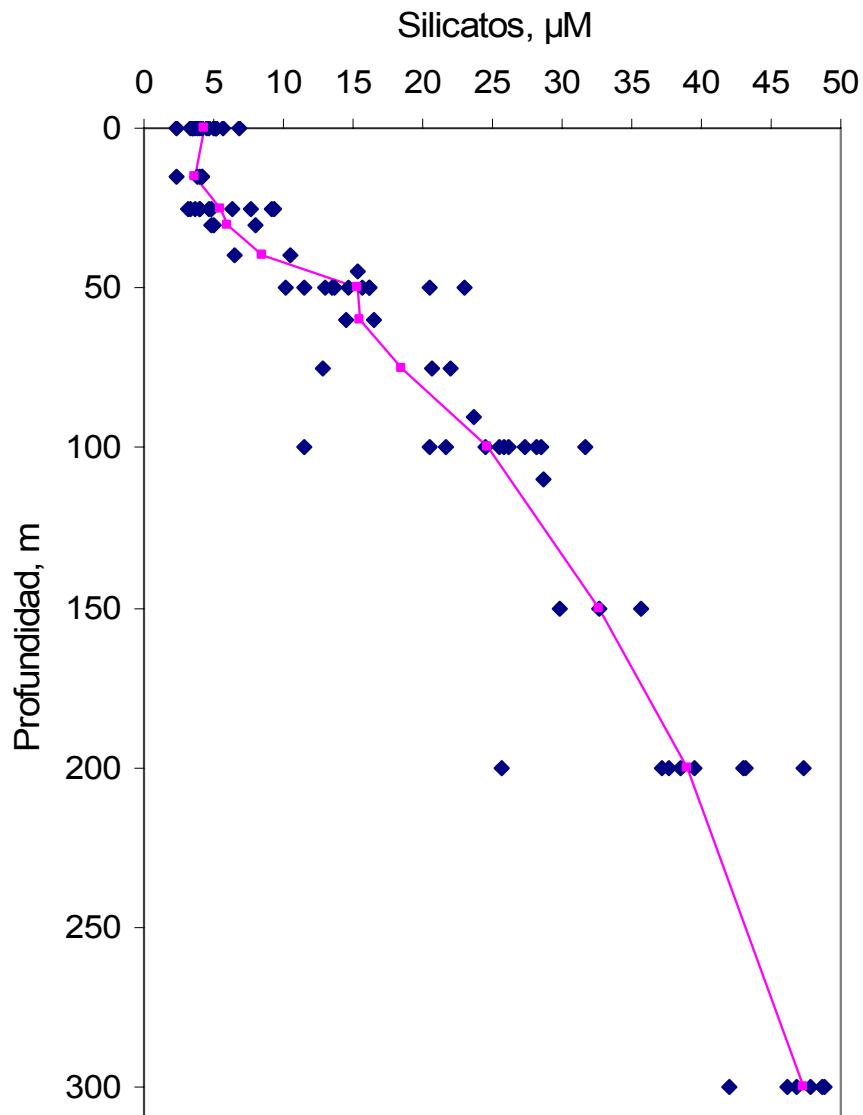


Fig. 44 Distribución vertical de las concentraciones de los silicatos, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en noviembre de 2002.

6.5. Clorofila.

6.5.1. Distribución espacio-temporal de clorofila "a".

La distribución espacial de las concentraciones de clorofila "a" en las aguas superficiales de la bahía en enero de 2002, presentaron una concentración promedio de $1.64 \text{ mg Cla m}^{-3}$, con una máxima concentración de $2.17 \text{ mg Cla m}^{-3}$ y su mínima concentración de $0.67 \text{ mg Cla m}^{-3}$ (Fig. 45).

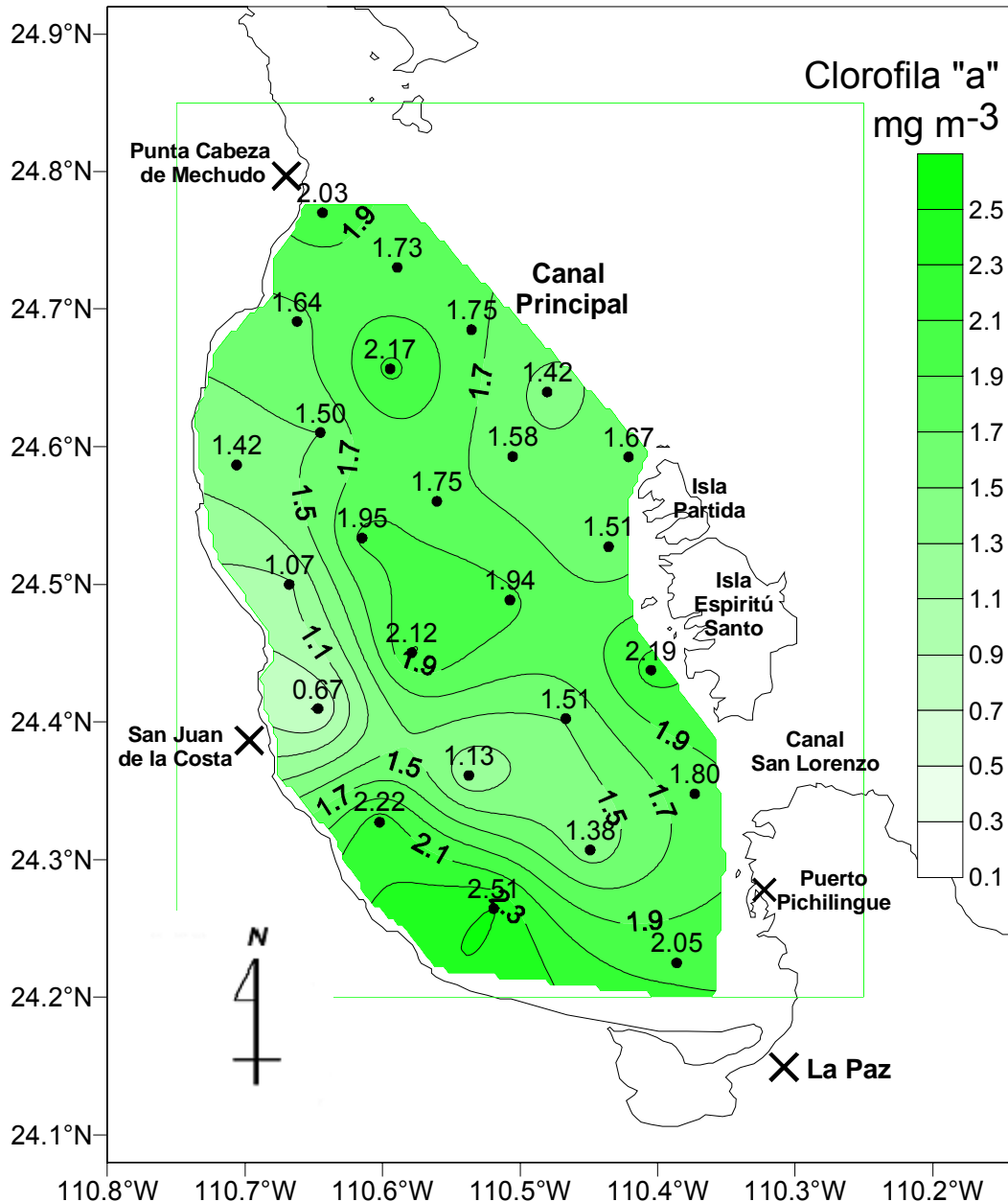


Fig. 45 Distribución espacial de las concentraciones de clorofila "a", en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, para el mes de enero de 2002.

Las concentraciones de clorofila "a" espacial de la superficial de la bahía, en abril de 2002, registro una concentración promedio de 0.88 mg Cla m⁻³, con una máxima concentración de 1.33 mg Cla m⁻³ en la parte sur de la Bahía y una concentración mínima de 0.59 mg Cla m⁻³ en la parte norte de la Bahía en el Canal Principal. Se registran valores altos de 1.10 mg Cla m⁻³ en la parte costera entre Punta Mechudo y San Juan de la Costa y en la zona de la Isla Partida (Fig. 46).

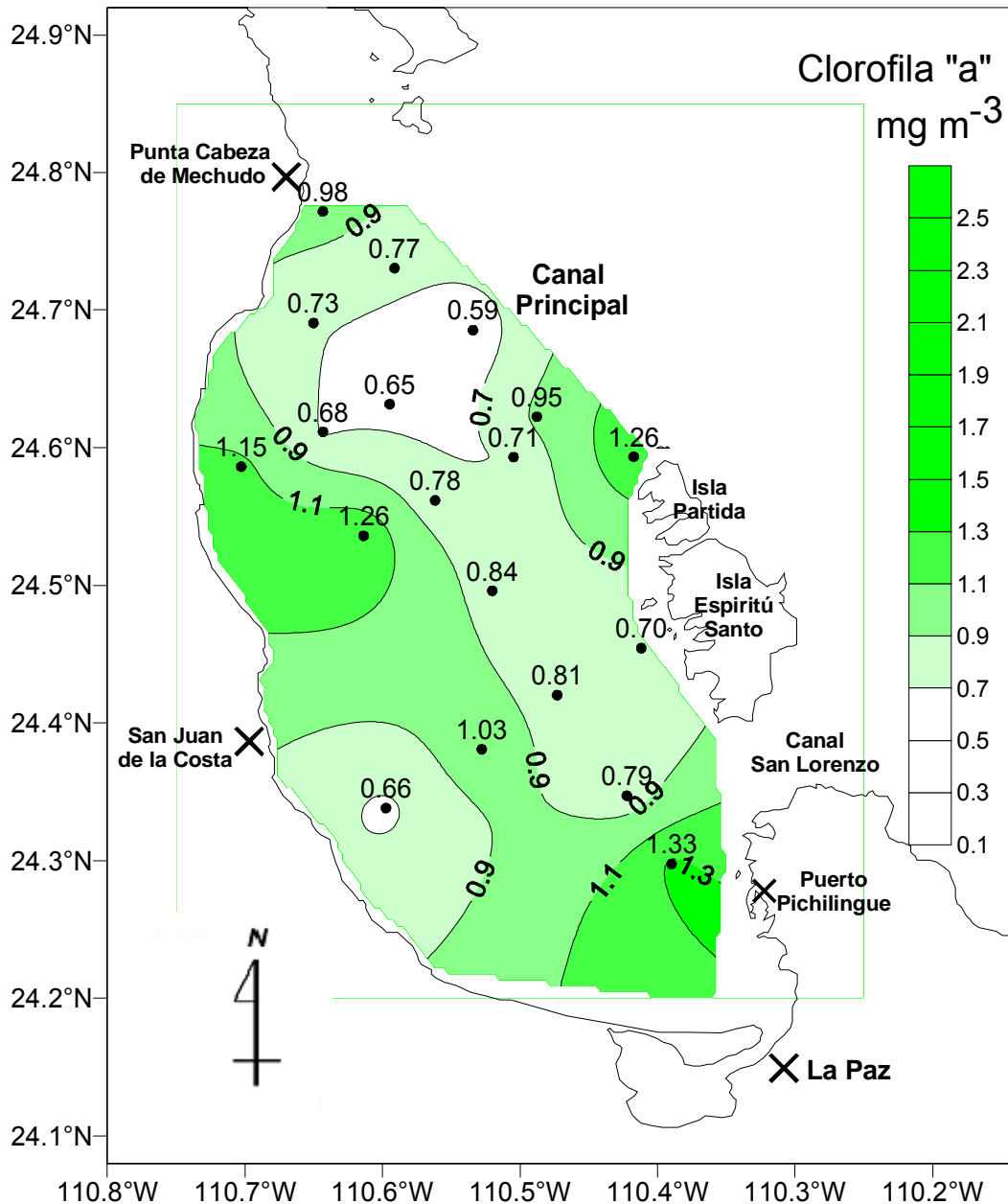


Fig. 46 Distribución espacial de las concentraciones de clorofila "a", en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, en abril de 2002.

La distribución espacial de la clorofila "a" en las aguas superficial de la bahía, en el mes de julio de 2002, presentaron una concentración promedio de 0.24 mg m^{-3} , con una concentración máxima de 0.45 mg m^{-3} en la zona de la Isla Partida y una concentración mínima de 0.13 mg m^{-3} , en la zona de la Cuenca Alfonso (**Fig. 47**).

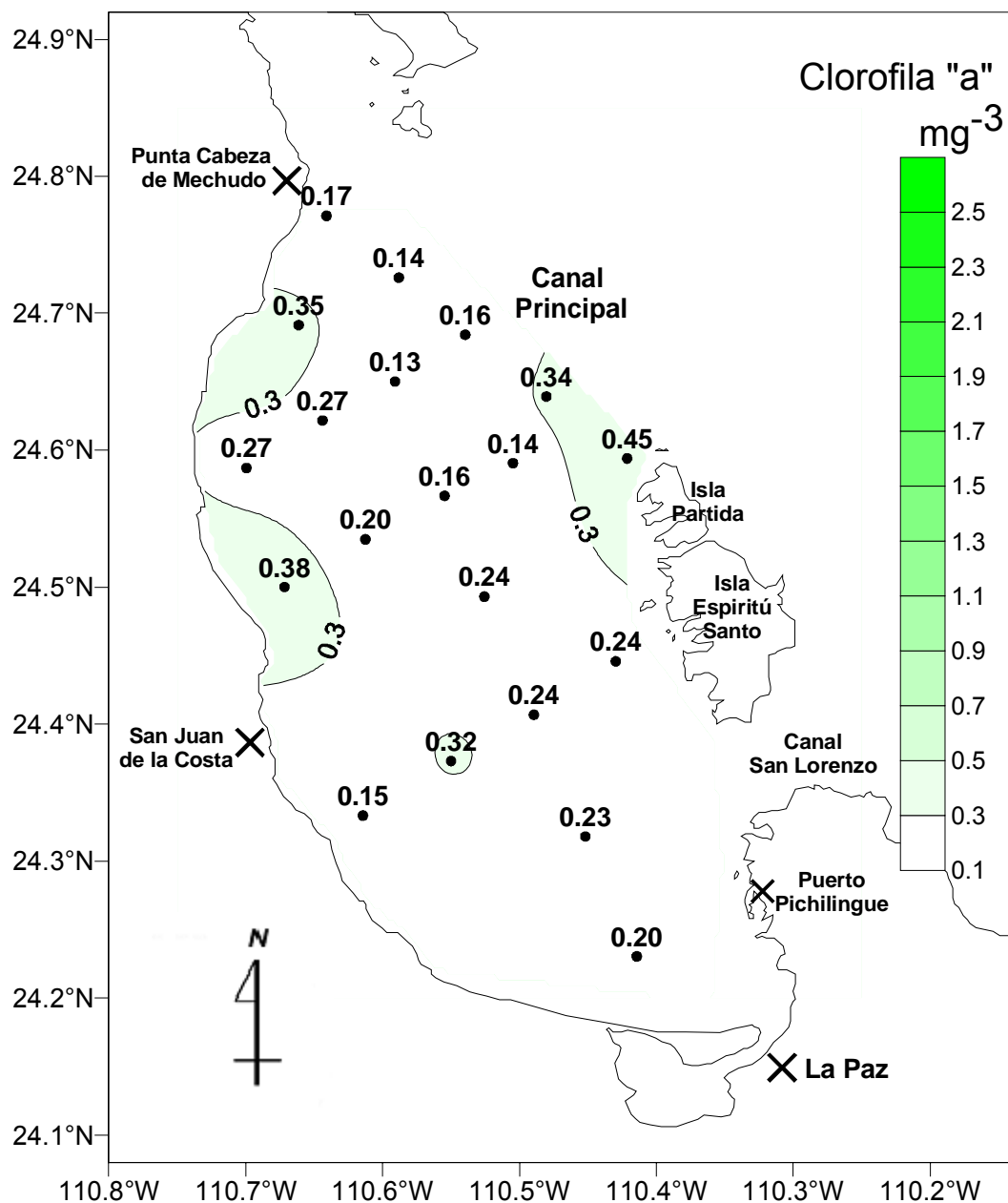


Fig. 47 Distribución espacial de las concentraciones de clorofila "a", en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, en julio de 2002.

La distribución espacial de la clorofila "a" en aguas superficiales de la Bahía de La Paz, en noviembre de 2002, presentaron una concentración promedio de 0.46 mg m^{-3} , con un máximo de 0.67 mg m^{-3} que se presenta en el Canal Principal y la cuenca Alfonso y un valor mínimo de 0.30 mg m^{-3} registrado en la zona de San Juan de la Costa (Fig. 48).

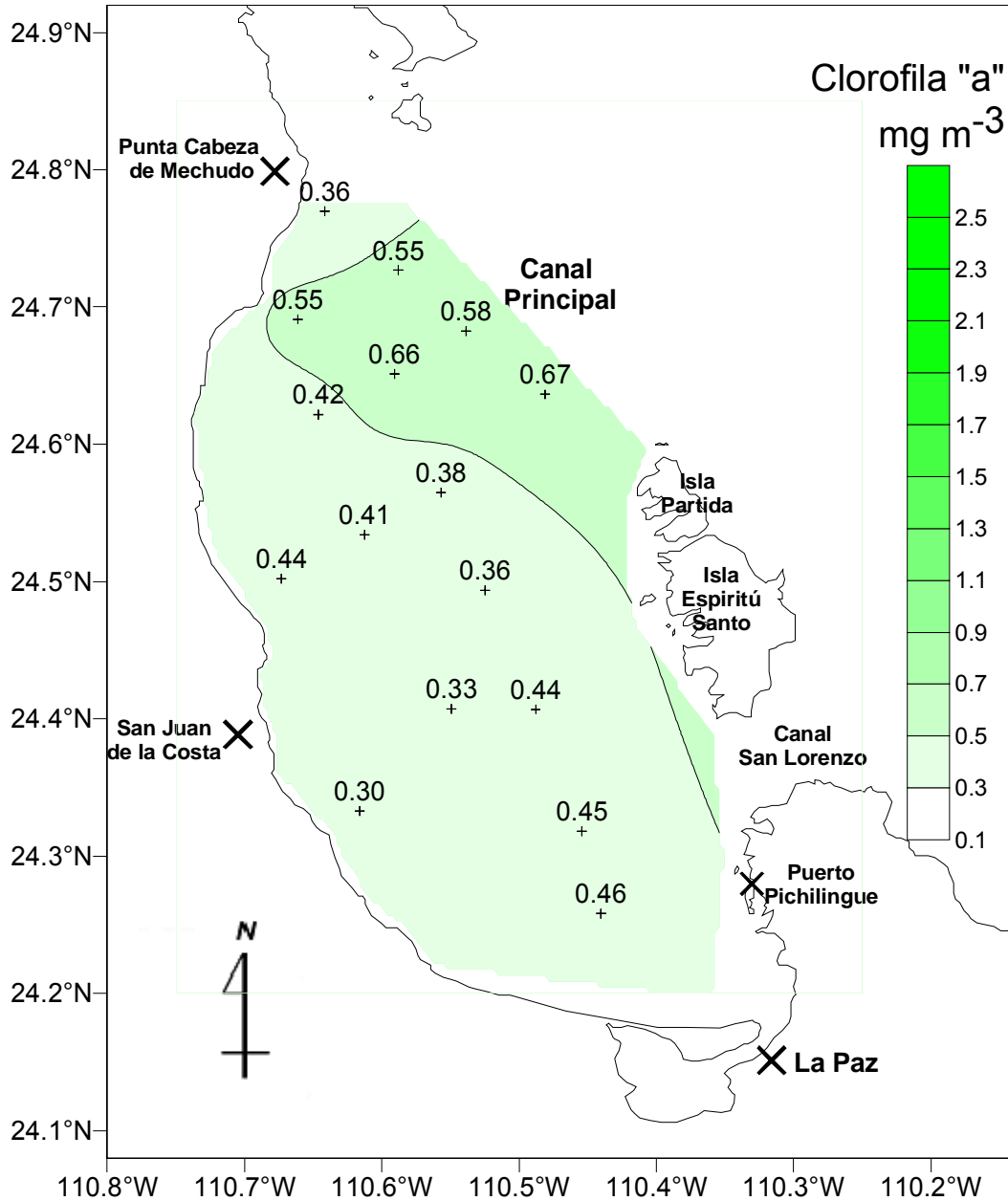


Fig. 48 Distribución espacial de las concentraciones de clorofila "a", en las aguas superficiales de la Bahía de La Paz, en noviembre de 2002.

6. 5.2. Distribución vertical de la clorofila “a”

Para enero de 2002, las concentraciones de las clorofilas “a” discretas en la columna de agua presentaron valores de 0.67 a 2.22 mg Cl a m⁻³ en la superficie, registrando sus máximas concentraciones entre las profundidades de 10 a 20 metros, con concentraciones de 1.08 a 2.85 mg Cl a m⁻³, y disminuyendo hacia el fondo donde presentaron sus valores de concentración más bajos (Fig. 49).

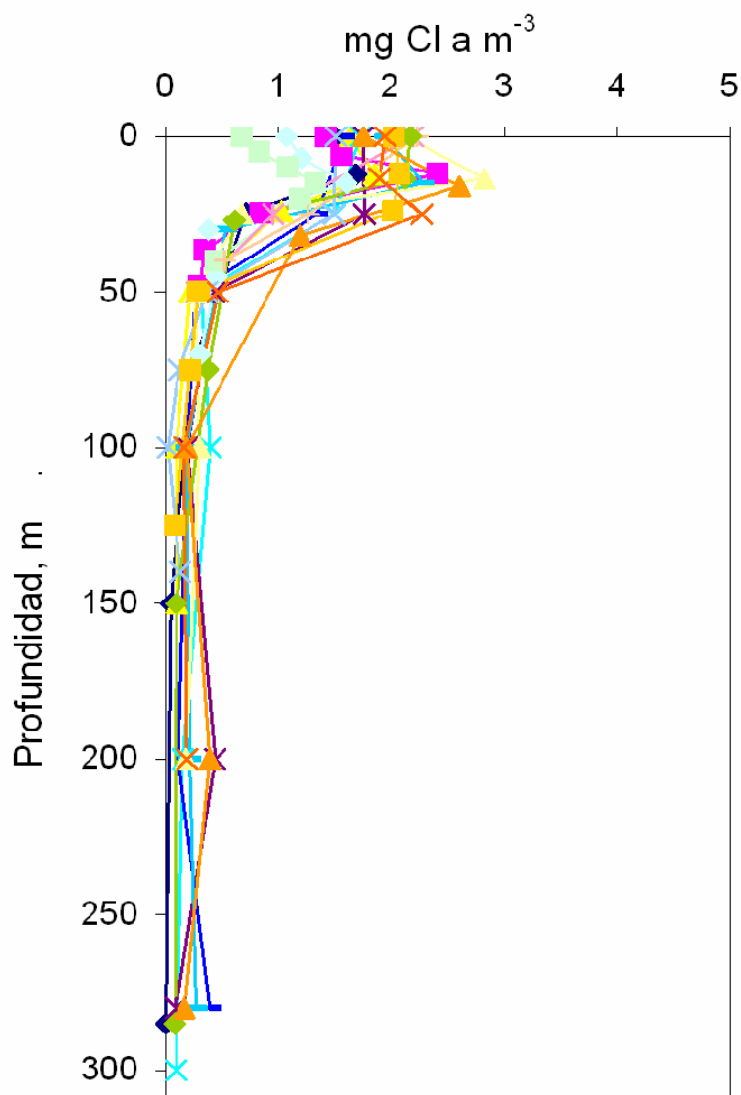


Fig. 49 Distribución vertical de las concentraciones de clorofila “a”, en la columna de agua, en cada estación de la Bahía de La Paz, en enero de 2002.

Para abril de 2002, las concentraciones de las clorofilas “a” discretas en la columna de agua presentaron valores de 0.80 mg Cl a/m³ en la superficie, presentaron sus máximas concentraciones en la profundidad de los 15 a 25 metros, con concentraciones de 1.10 a 4.65 mg Cl a/m³, y disminuyendo con la profundidad donde presentaron sus valores de concentración más bajos (Fig. 50).

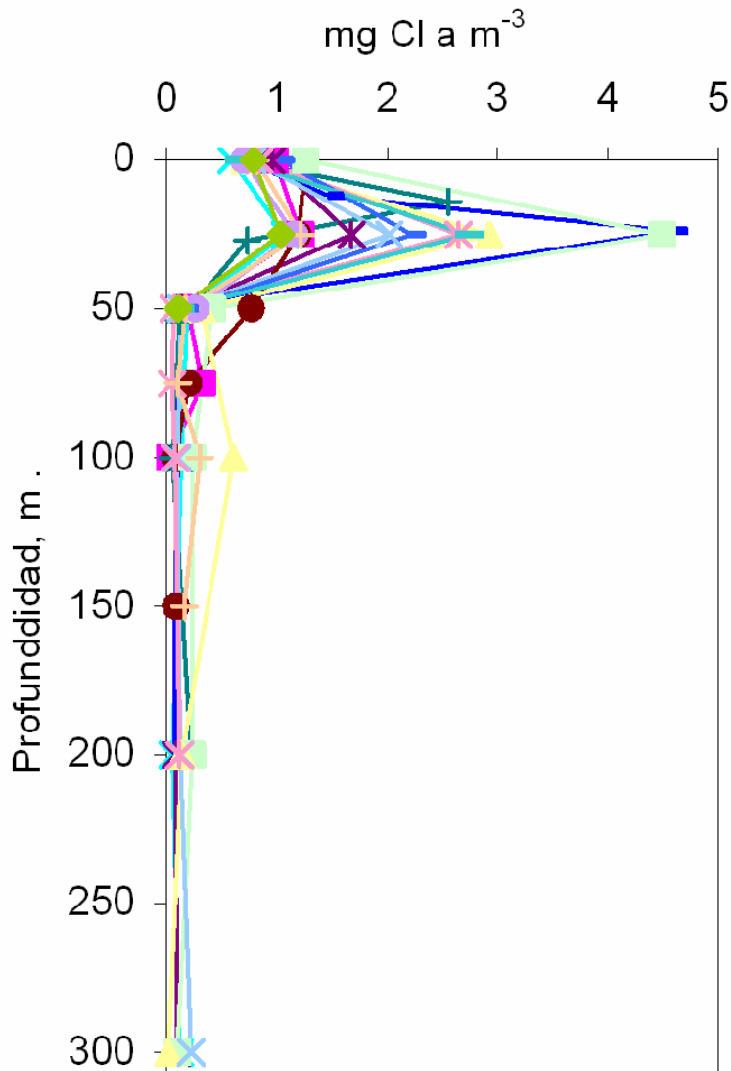


Fig. 50 Distribución vertical de las concentraciones de clorofila “a”, en la columna de agua, en cada estación de la Bahía de La Paz, en abril 2002.

Las concentraciones de clorofilas “a” en la columna de agua, para julio de 2002, presentaron valores de 0.12 mg m^{-3} en la superficie, presentando sus máximas concentraciones entre las profundidades de los 20 a 30 metros, con concentraciones que van de 1.17 mg m^{-3} a 4.56 mg m^{-3} , y disminuyendo hacia el fondo donde presentaron sus valores de concentración más bajos (**Fig. 51**).

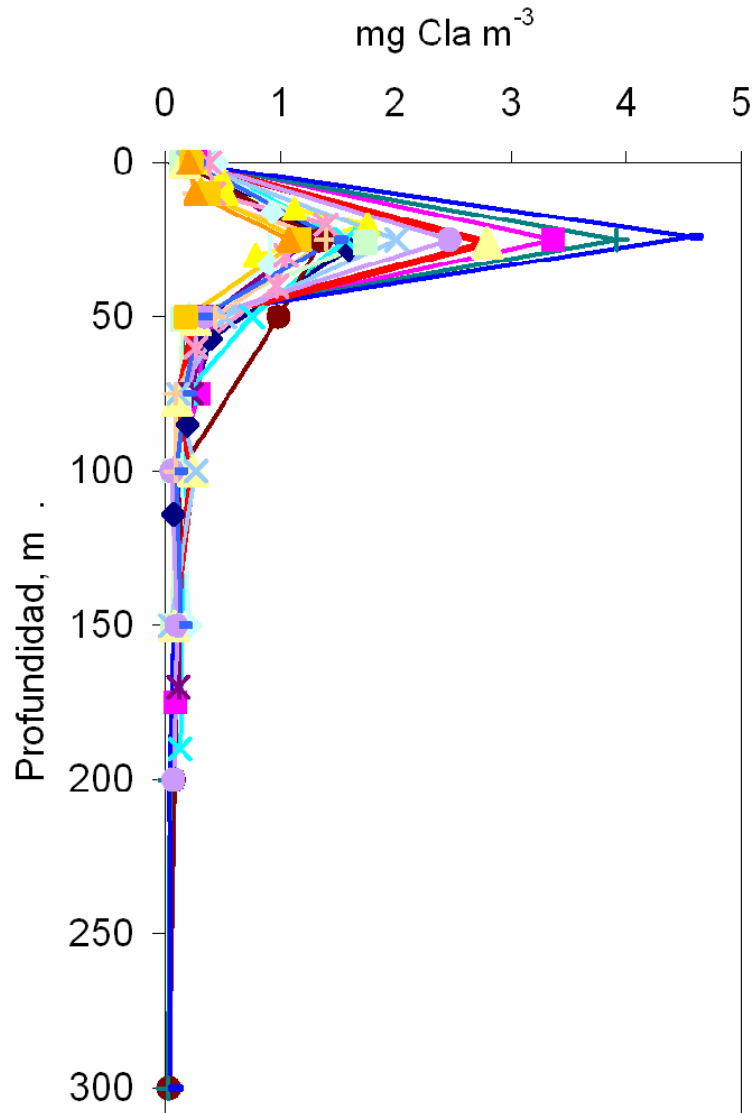


Fig. 51 Distribución vertical de las concentraciones de clorofila “a”, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en julio de 2002.

El comportamiento de la clorofila “a” en las muestras discretas de la columna de agua, para noviembre de 2002, presentaron valores de 0.12 mg m^{-3} en la superficie, presentando sus máximas concentraciones en la profundidad de los 30 a 45 metros, con concentraciones de 0.55 mg m^{-3} a 1.96 mg m^{-3} , y disminuyendo hacia el fondo donde presentaron sus valores de concentración más bajos (**Fig. 52**).

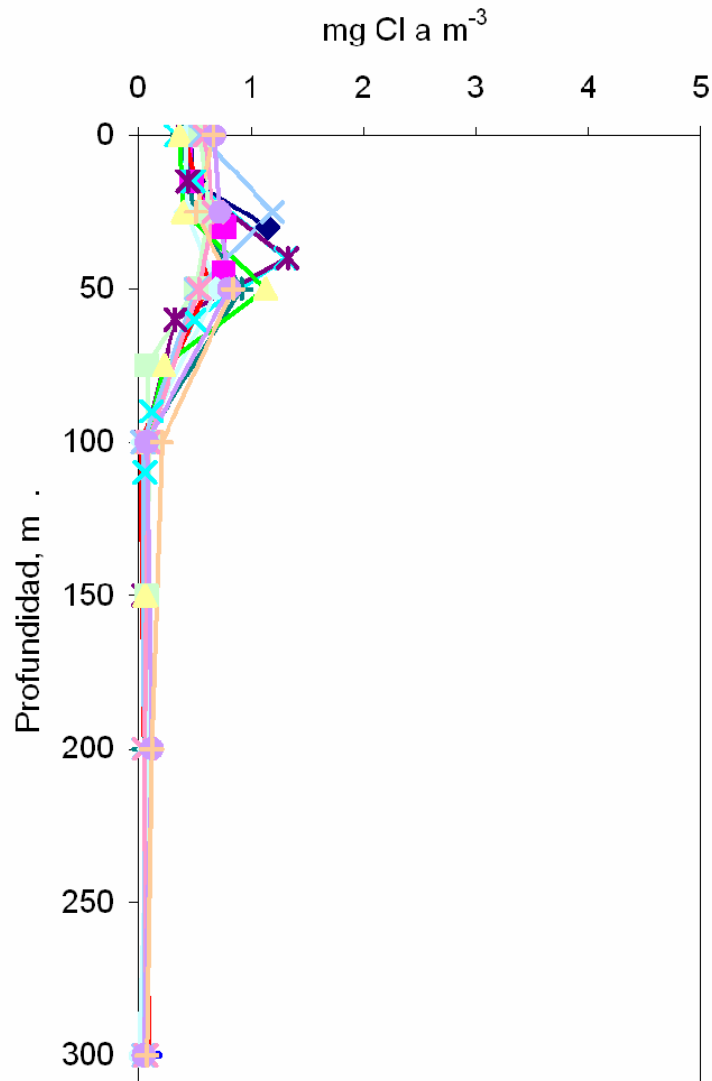


Fig. 52 Distribución vertical de las concentraciones de clorofila “a”, en la columna de agua, en las estaciones de la Bahía de La Paz, en noviembre de 2002.

6.5.3. Distribución de la clorofila integrada.

La concentración de clorofila "a" integrada, para enero de 2002, presentó un valor promedio de 68.51 mg m^{-2} , con un valor máximo de 125.64 mg m^{-2} en la estación 11, y un valor mínimo de 23.74 mg m^{-2} en la estación 23, hacia la parte norte de la bahía presenta los valores altos de clorofila integrada y los valores bajos en la parte somera de la bahía en las estaciones 23 y 24 (Fig. 53).

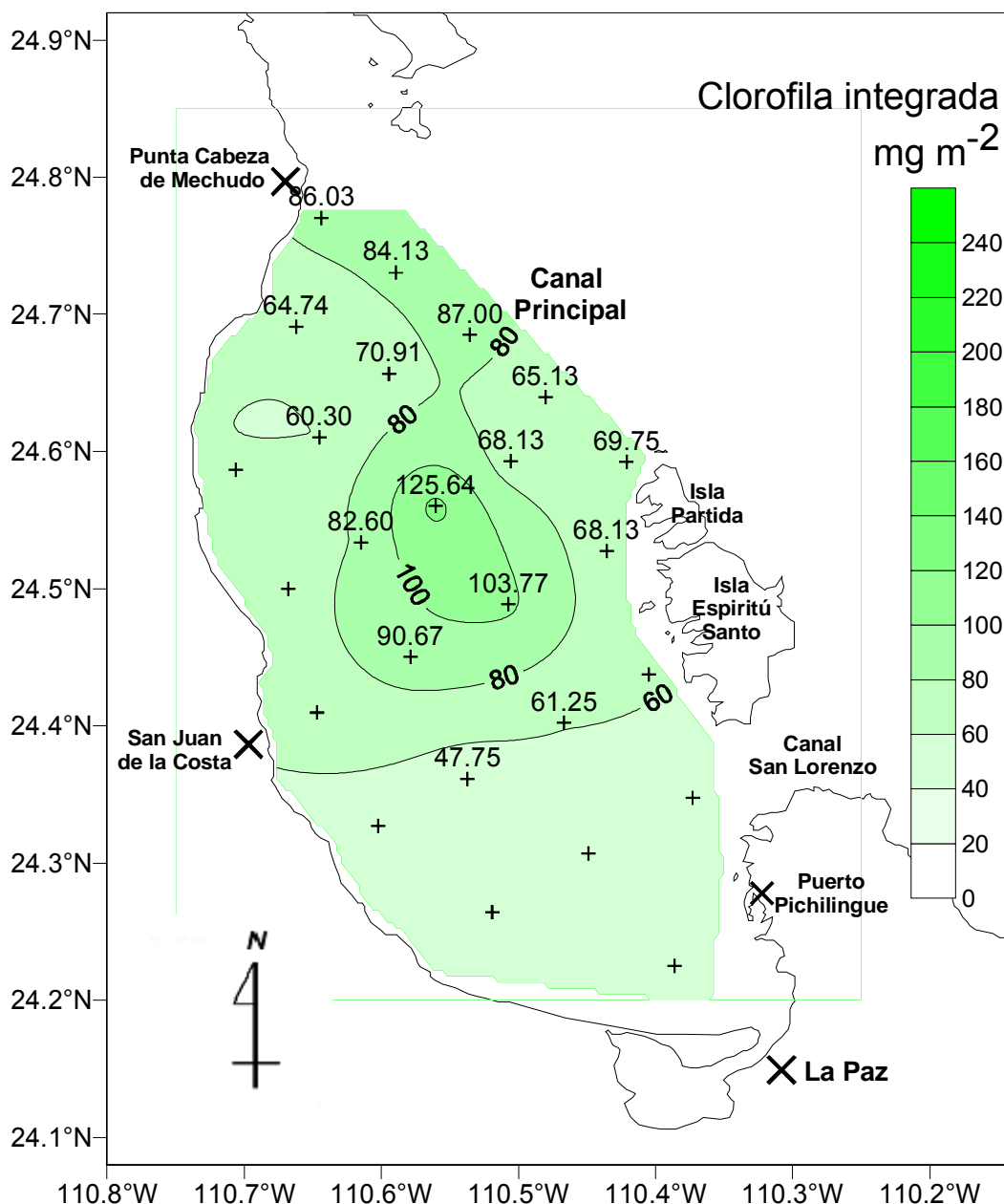


Fig. 53 Distribución espacial de las concentraciones de clorofila "a" integrada en la columna de agua Bahía de La Paz, en enero de 2002.

Para abril de 2002, las concentraciones de clorofila “a” integrada en la columna de agua presentó un valor promedio de 111.45 mg m^{-2} , con un valor máximo de 247.00 mg m^{-2} en la estación 6 y un valor mínimo de 22.61 mg m^{-2} en la estación 4. Los valores altos se registraron en la parte norte de la bahía en la zona de Punta Mechudo y en la parte central de la bahía y los valores bajos en la zona del canal principal o boca grande de la bahía (Fig. 54).

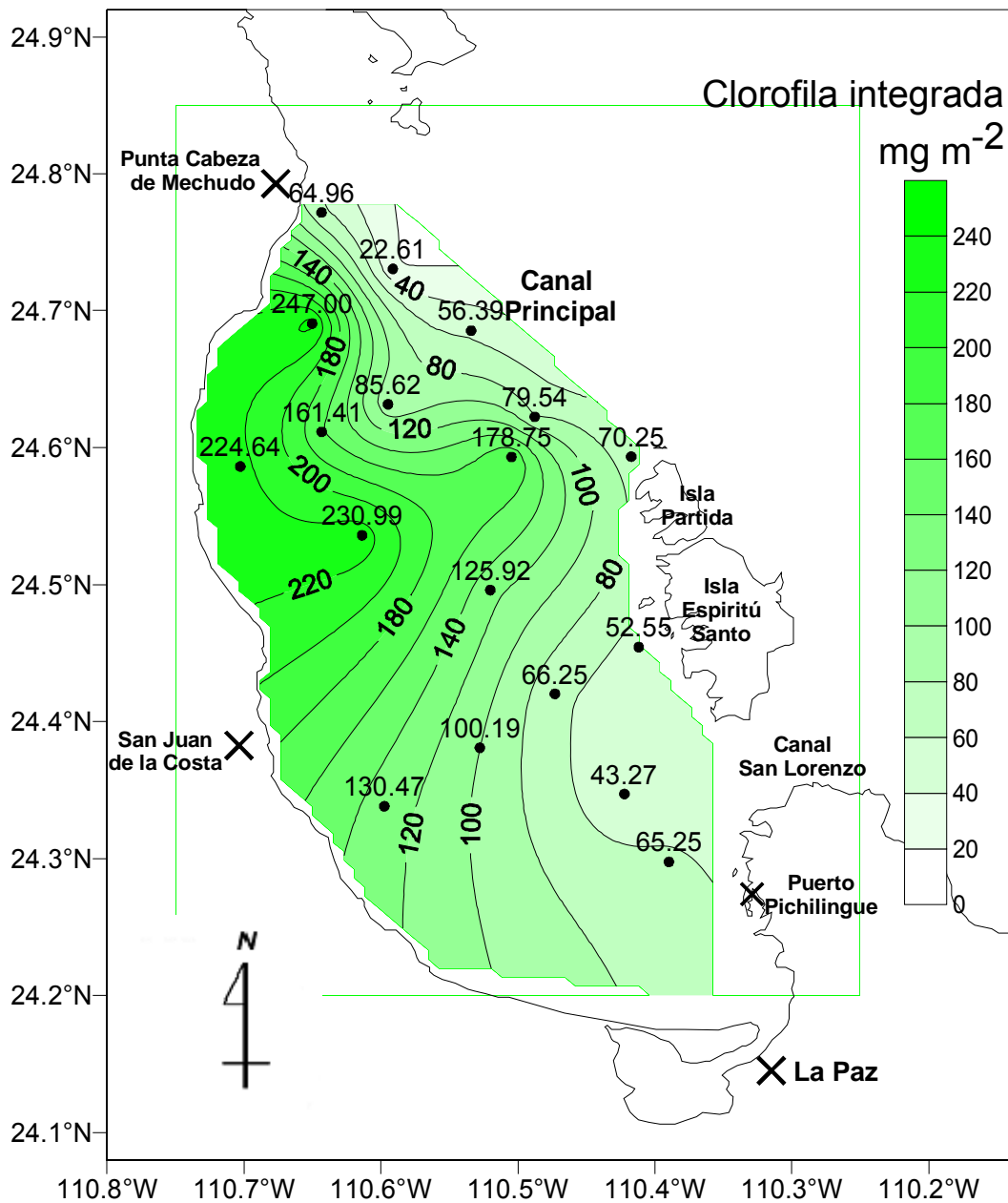


Fig. 54 Distribución espacial de las concentraciones de clorofila “a” integrada en la columna de agua Bahía de La Paz, en abril de 2002.

Para julio de 2002, las concentraciones de clorofila “a” integrada en toda la columna de agua, presenta un valor promedio de 91.64 mg m⁻², con un valor máximo de 232.60 mg m⁻² en la estación 9, está presente el valor más bajo de clorofila “a” superficial pero en la integrada presenta el máximo y un valor mínimo de 24.87 mg m⁻² en la zona somera hacia el sur de la bahía (**Fig. 55**).

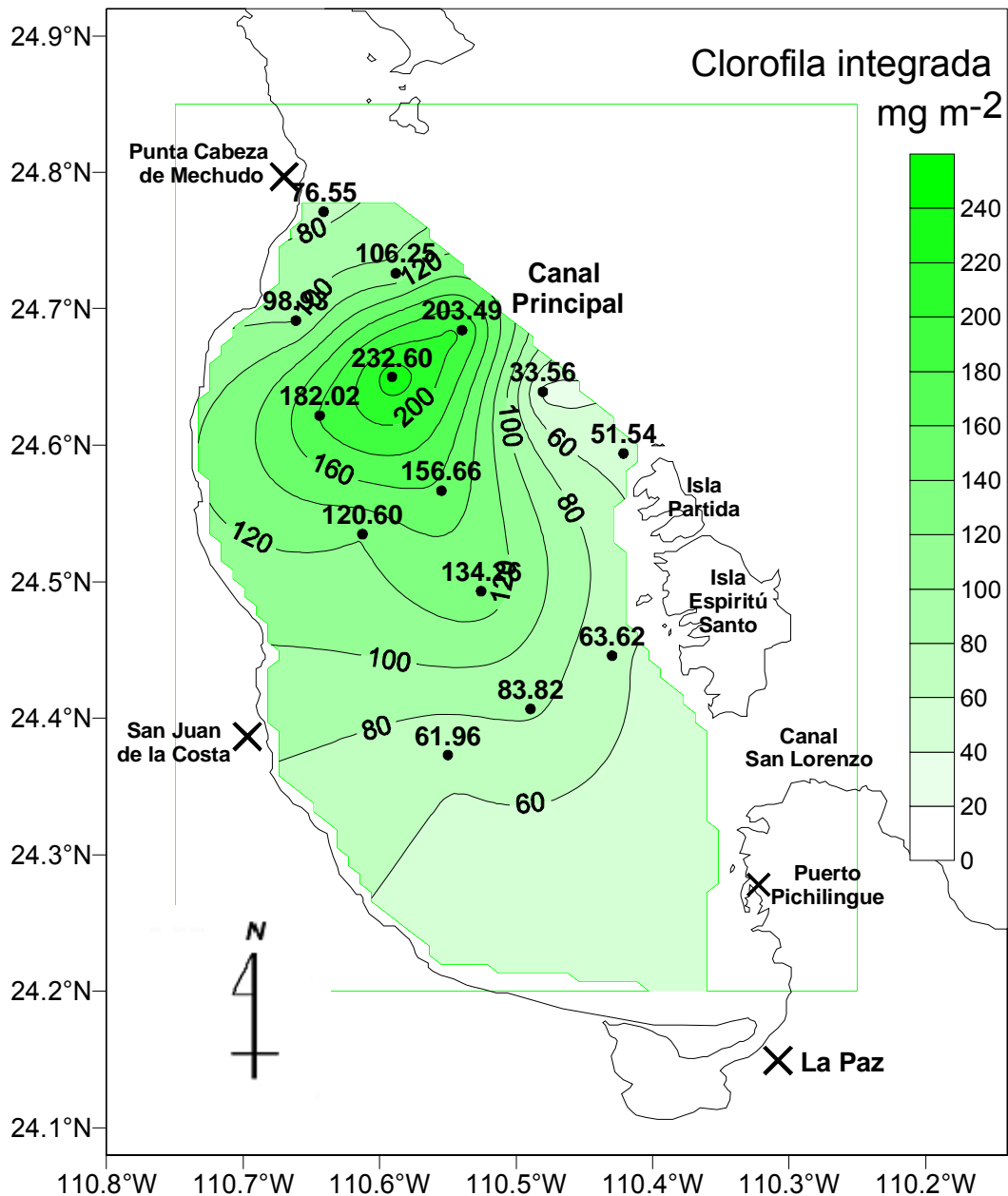


Fig. 55 Distribución espacial de las concentraciones de clorofila “a” integrada en la columna de agua Bahía de La Paz, en julio de 2002.

Las concentraciones de clorofila “a” integrada en la columna de agua, para noviembre de 2002, presentaron un valor promedio de 53.03 mg m⁻², con un valor máximo de 80.01 en la estación 15, y un mínimo valor de 35.49 mg m⁻² en la estación 20, hacia la parte norte de la bahía presenta los valores altos de clorofila integrada y los valores bajos en la parte somera de la bahía. (**Fig. 56**).

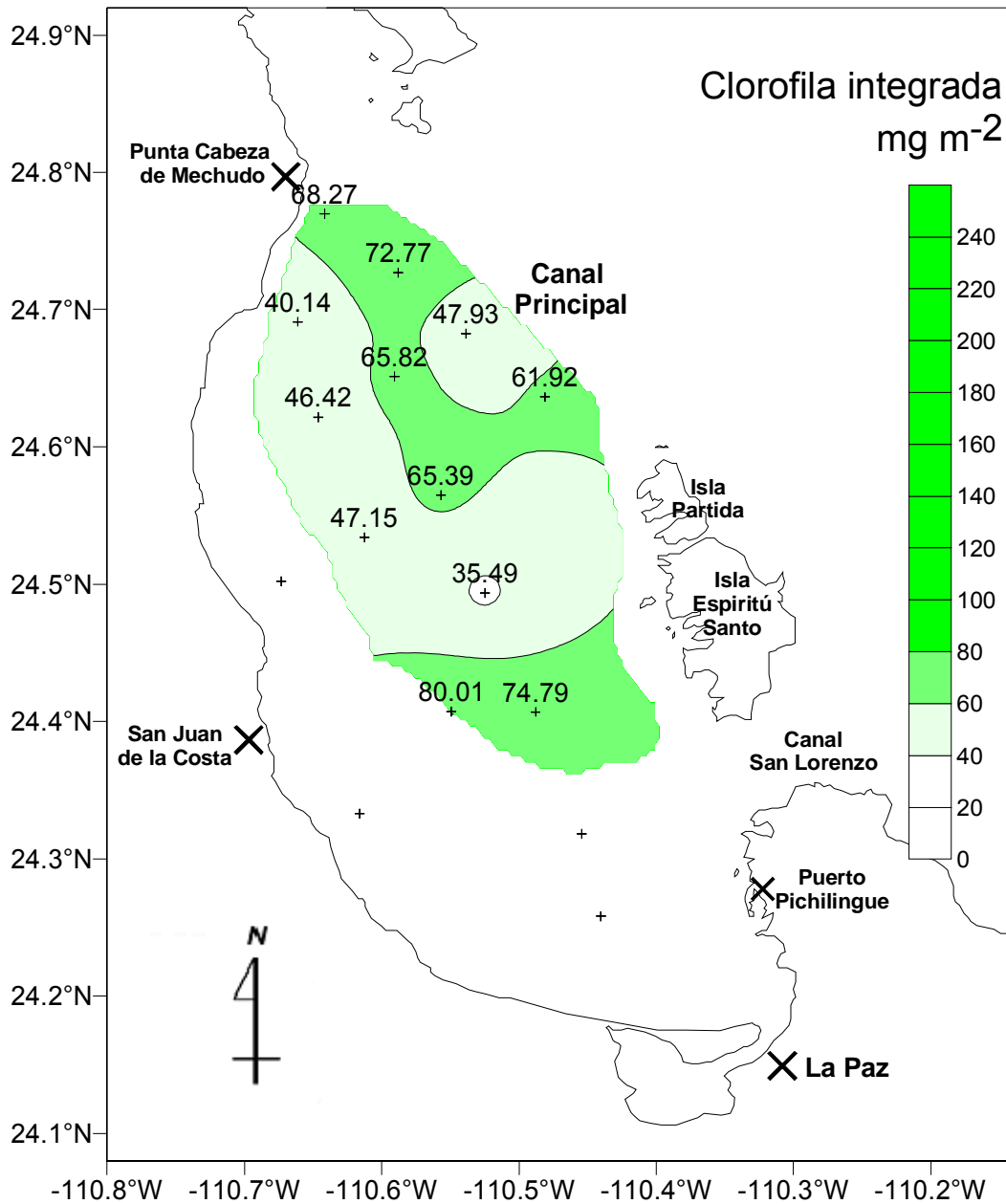


Fig. 56 Distribución espacial de las concentraciones de clorofila “a” integrada en la columna de agua Bahía de La Paz, en noviembre de 2002.

6.6. Aplicación del modelo Gaussiano.

Los resultados de la aplicación del modelo Gaussiano de Platt *et al*, 1972, para enero de 2002, se obtuvieron los siguientes resultados de los parámetros utilizando los datos del perfilador de fluorescencia natural (PNF 300): La concentración del pigmento en la línea base (B_0) presentó un valor promedio de $0.10 \text{ mg Cla m}^{-3}$, con un máximo de 0.47 y un mínimo de $0.005 \text{ mg Cla m}^{-3}$. La concentración de clorofila estimada a la profundidad z ($B(z)$), presentó una concentración promedio de 2.12 mg m^{-3} , registrando valores de concentración máxima de 3.69 mg m^{-3} , y una concentración mínima de 1.39 mg m^{-3} . (**Tabla 2, Fig. 57**). La profundidad del máximo de clorofila (Z m) se registro un valor promedio de 12 metros, con una profundidad máxima de 27 metros y la mínima en los 5 metros. La concentración del pigmento integrado en el área bajo la curva (h) presentó un valor promedio de 52.01 mg m^{-2} , con una concentración máxima de 64.57 mg m^{-2} y una mínima de 35.10 mg m^{-2} (**Tabla 2, Fig. 57**).

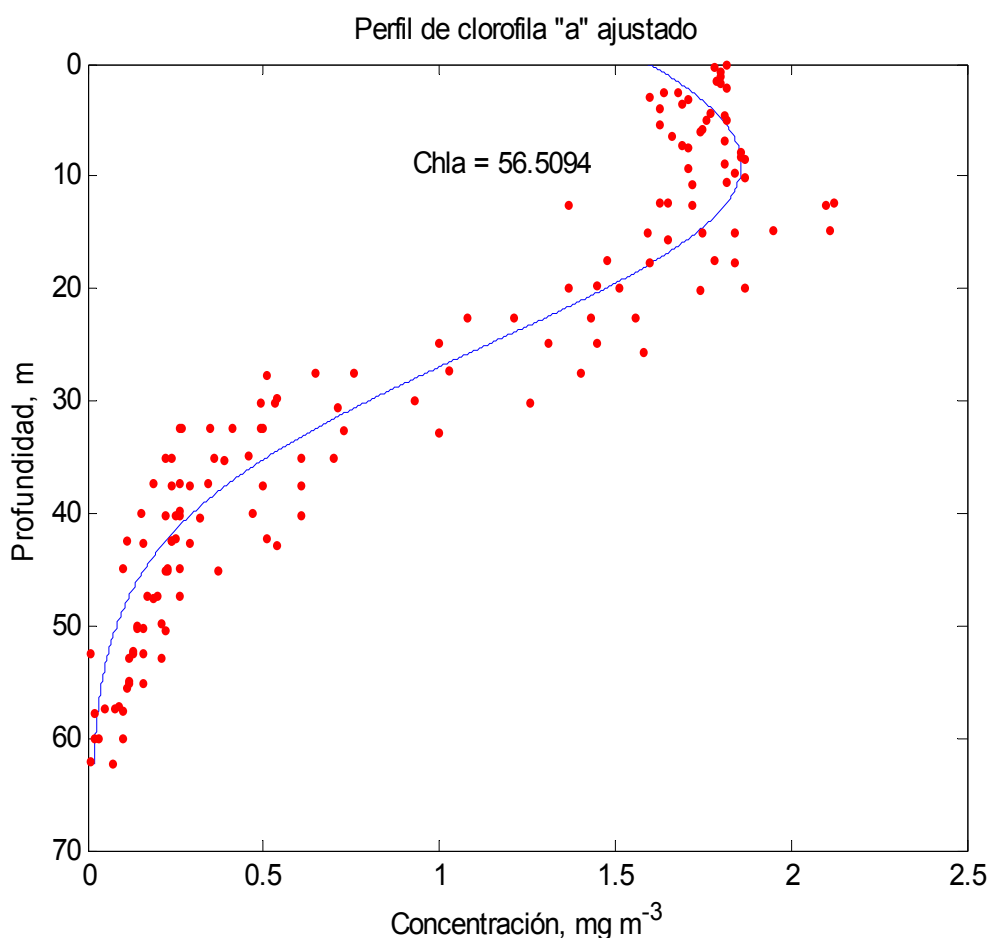


Fig. 57 Perfil estimado y ajustado para los valores del perfilador (PNF), en la Bahía de la Paz, durante el crucero de enero de 2002.

Los valores del sigma, es el grosor de la curva donde esta la profundidad del máximo de la clorofila (σ) presenta un valor promedio de 15.28, registrando un valor máximo de 24.81 y su mínimo valor registrado de 9.72 (**Tabla 2, Fig. 57**).

Tabla 2. Valores de los parámetros del modelo Gaussiano obtenidos para los valores registrados por el perfilador de fluorescencia natural (PNF 300), en enero de 2002.

Parámetros	Valor promedio	Valor máximo	Valor mínimo
Concentración de pigmento en la línea base mg m^{-3} (B_0)	0.10	0.47	0.01
Concentración del máximo de clorofila a la profundidad z mg m^{-3} ($B(z)$)	2.12	3.69	1.39
Profundidad del máximo, en metros. (Z_m)	12.01	27.22	5.41
Grosor de la profundidad del máximo de clorofila (σ)	15.28	24.81	9.72
Total de pigmento sobre la línea base en mg m^{-2} (h)	52.01	64.57	35.10

Los resultados de la aplicación del modelo Gaussiano de Platt *et al*, 1972, para abril de 2002, se obtuvieron los siguientes resultados de los parámetros utilizando los datos del perfilador de fluorescencia natural (PNF 300):

La concentración del pigmento en la línea base (B_0) presentó un valor promedio de $0.57 \text{ mg Cla m}^{-3}$, con un máximo de 0.63 y un mínimo de $0.053 \text{ mg Cla m}^{-3}$ (**Tabla 3, Fig. 58**). La concentración de clorofila estimada a la profundidad z ($B(z)$), presentó una concentración promedio de 2.16 mg m^{-3} , registrando valores de concentración máxima de 2.70 mg m^{-3} , y una concentración mínima de 1.79 mg m^{-3} (**Tabla 3, Fig. 58**). La profundidad del máximo de clorofila (Z_m) se registro un valor promedio de 14.01 metros, con una profundidad máxima de 17.71 metros y la mínima en los 9.62 metros (**Tabla 3, Fig. 58**).

La concentración del pigmento integrado en el área bajo la curva (h) presentó un valor promedio de 63.98 mg m^{-2} , con una concentración máxima de 68.76 mg m^{-2} y una mínima de 60.87 mg m^{-2} (**Tabla 3, Fig. 58**).

Los valores del sigma, es el grosor de la curva donde esta la profundidad del máximo de la clorofila (σ) presenta un valor promedio de 6.02, registrando un valor máximo de 6.32 y su mínimo valor registrado de 5.70 (**Tabla 3, Fig. 58**).

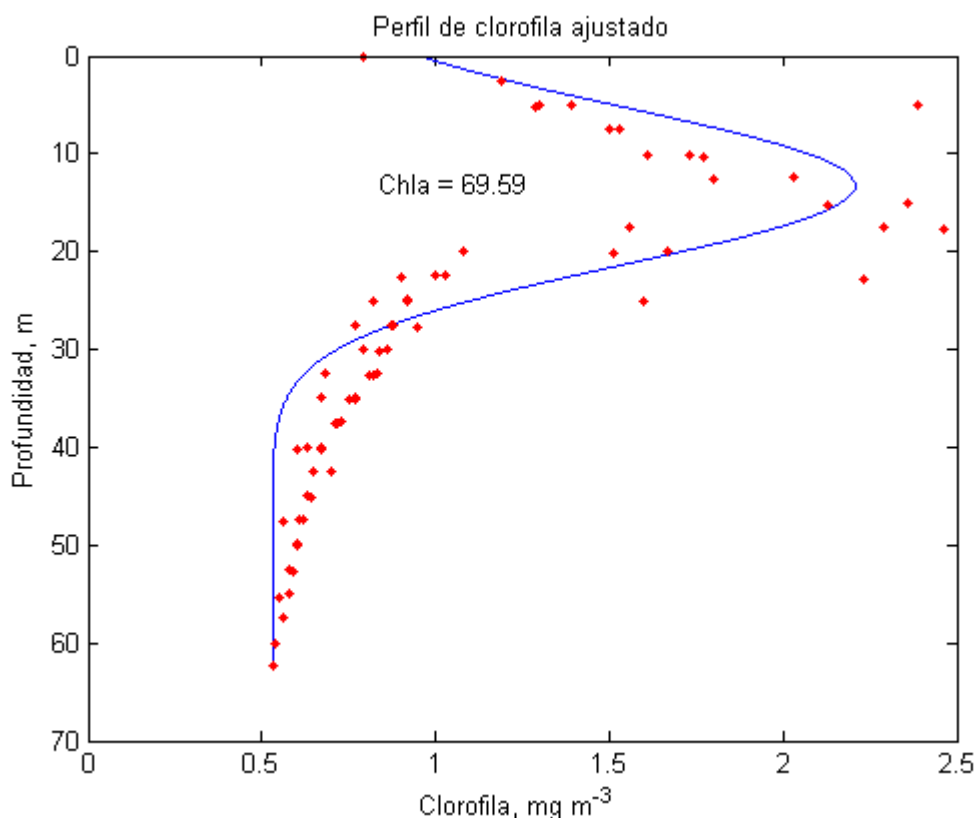


Fig. 58 Perfil estimado y ajustado para los valores del perfilador (PNF), en la Bahía de la Paz, en abril de 2002

Tabla 3 Valores de los parámetros del modelo gaussiano obtenidos para los valores registrados por el perfilador de fluorescencia natural (PNF 300), en abril de 2002.

Parámetros	Valor promedio	Valor máximo	Valor mínimo
Concentración de pigmento en la línea base mg m^{-3} (B_0)	0.57	0.63	0.53
Concentración del máximo de clorofila a la profundidad z mg m^{-3} ($B(z)$)	2.16	2.70	1.79
Profundidad del máximo, en metros. (Z_m)	14.01	17.71	9.62
Grosor de la profundidad del máximo de clorofila (σ)	6.02	6.32	5.70
Total de pigmento sobre la línea base en mg m^{-2} (h)	63.98	68.76	60.87

Los resultados de la aplicación del modelo Gaussiano de Platt *et al*, 1972, para julio de 2002, se obtuvieron los siguientes resultados de los parámetros utilizando los datos del perfilador de fluorescencia natural (PNF 300):

La concentración del pigmento en la línea base (B_0) presentó un valor promedio de $0.12 \text{ mg Cla m}^{-3}$, con un máximo de $0.14 \text{ mg Cla m}^{-3}$ y un mínimo de $0.08 \text{ mg Cla m}^{-3}$. Los resultados de este parámetro están muy homogéneos en comparación con los del mes de enero (**Tabla 4, Fig. 59**). La concentración de clorofila estimada a la profundidad z ($B(z)$), presentó una concentración promedio de 1.83 mg m^{-3} , registrando valores de concentración máxima de 2.52 mg m^{-3} , y una concentración mínima de 0.95 mg m^{-3} (**Tabla 4, Fig. 59**). Para la profundidad del máximo de clorofila (Z_m) se obtuvo un valor promedio de 25.54 metros con una máxima de 29.08 metros y la mínima de 21.90 metros (**Tabla 4, Fig. 59**).

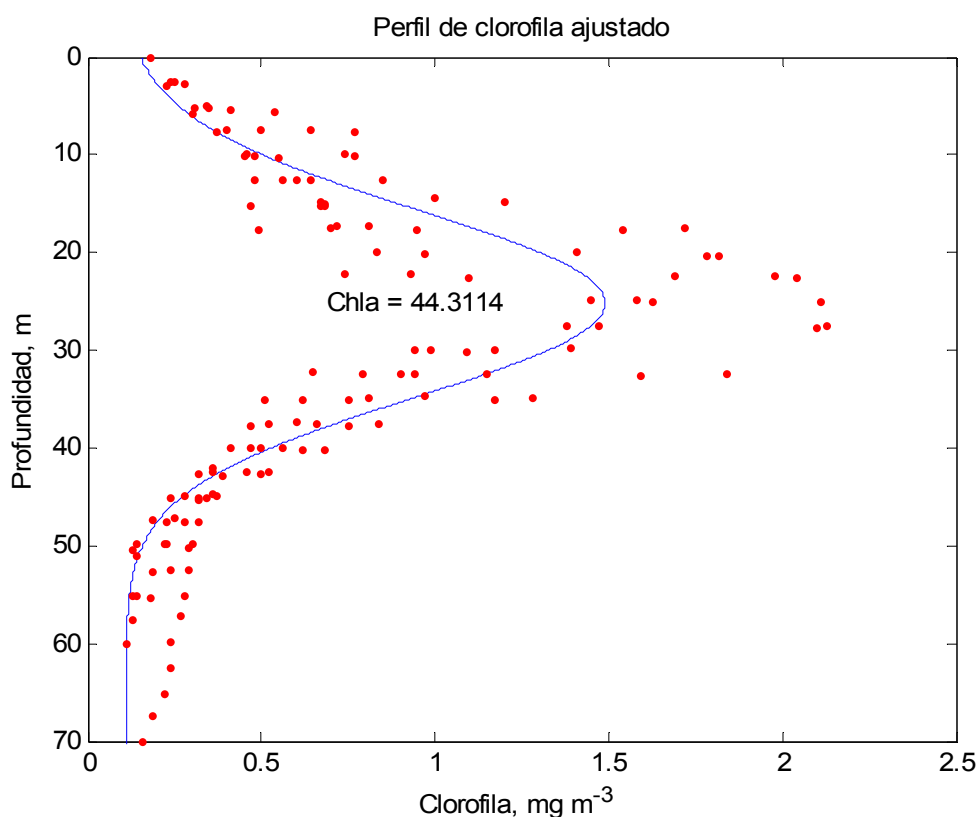


Fig. 59 Perfil estimado y ajustado para los valores del perfilador (PNF), en la Bahía de la Paz, en julio de 2002.

La concentración del pigmento integrado en el área bajo la curva (h) presentó un valor promedio de 43.32 mg m^{-2} , con una concentración máxima de 48.80 mg m^{-2} y una mínima de 34.32 mg m^{-2} . Los valores del sigma, es el grosor

de la curva donde esta la profundidad del máximo de la clorofila (σ) presenta un valor promedio de 7.63, registrando un valor máximo de 9.54 y su mínimo valor registrado de 5.01 (Tabla 4, Fig. 59).

Tabla 4. Valores de los parámetros del modelo gaussiano obtenidos para los valores registrados por el perfilador de fluorescencia natural (PNF 300), en julio de 2002.

Parámetros	Valor promedio	Valor máximo	Valor mínimo
Concentración de pigmento en la línea base mg m^{-3} (B_0)	0.12	0.14	0.08
Concentración del máximo de clorofila a la profundidad z mg m^{-3} ($B(z)$)	1.83	2.517	0.95
Profundidad del máximo, en metros. (Z_m)	25.54	29.08	21.90
Grosor de la profundidad del máximo de clorofila (σ)	7.63	9.54	5.01
Total de pigmento sobre la línea base en mg m^{-2} (h)	43.32	48.81	34.32

Los resultados de la aplicación del modelo Gaussiano de Platt *et al*, 1972, para noviembre de 2002, se obtuvieron los siguientes resultados de los parámetros utilizando los datos del perfilador de fluorescencia natural (PNF 300):

La concentración del pigmento en la línea base (B_0) presentó un valor promedio de $0.24 \text{ mg Cla m}^{-3}$, con un máximo de 0.46 y un mínimo de $0.05 \text{ mg Cla m}^{-3}$. La concentración de clorofila estimada a la profundidad z ($B(z)$), presentó una concentración promedio de 1.76 mg m^{-3} , registrando valores de concentración máxima de 7.22 mg m^{-3} , y una concentración mínima de 0.37 mg m^{-3} (Tabla 5, Fig. 60). Para la profundidad del máximo de clorofila (Z_m) se obtuvo un valor promedio de 36.65 metros con una máxima de 43.70 metros y la mínima de 31.41 metros (Tabla 5, Fig. 60).

Para la concentración del pigmento en la línea base (h) presentó un valor promedio de $39.32 \text{ mg Cla m}^{-2}$, con una concentración máxima de $47.16 \text{ mg Cla m}^{-2}$ y una mínima de $33.67 \text{ mg Cla m}^{-2}$. Para el grosor de la profundidad del máximo de la clorofila (σ) presenta un valor promedio de 13.16, presentando una valor máximo de 19.54 y mínimo de 4.73 (Tabla 5, Fig. 60).

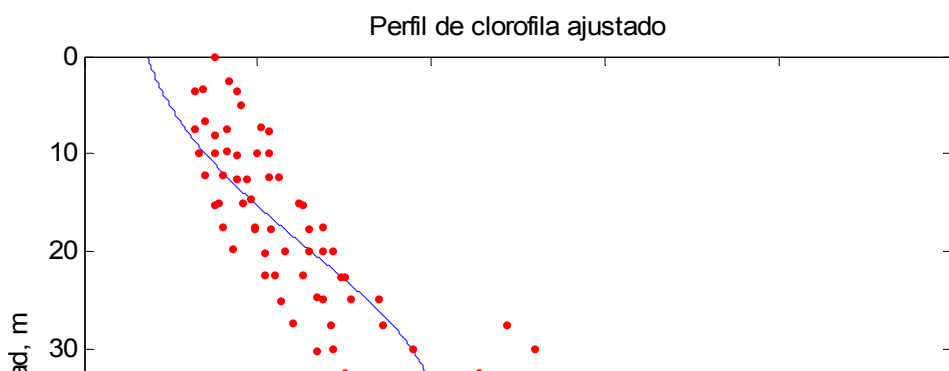


Fig. 60 Perfil estimado y ajustado para los valores del perfilador (PNF), en la Bahía de la Paz, durante el crucero de noviembre de 2002.

Tabla 5. Valores de los parámetros del modelo gaussiano obtenidos para los valores registrados por el perfilador de fluorescencia natural (PNF 300), en noviembre de 2002.

Parámetros	Valor promedio	Valor máximo	Valor mínimo
Concentración de pigmento en la línea base mg m^{-3} (B_0)	0.21	0.30	0.05
Concentración del máximo de clorofila a la profundidad z mg m^{-3} ($B(z)$)	0.98	1.749	0.37
Profundidad del máximo, en metros. (Z_m)	36.63	43.69	31.40
Grosor de la profundidad del máximo de clorofila (σ)	13.16	19.53	4.73
Total de pigmento sobre la línea base en mg m^{-2} (h)	39.33	47.16	33.67

7. DISCUSION

CONDICIONES HIDROLÓGICAS:

VIENTOS:

El análisis de los vientos promedios diarios durante el año de muestreo se observaron cambios de dirección e intensidad. Para los meses de noviembre a marzo los vientos son del noreste, con valores aproximados de 2.54 m/s. En marzo y abril la intensidad disminuye, cambiando su dirección, mientras que de junio a octubre los vientos predominantes provienen del suroeste, con valores de 3.15 m/s. Los resultados muestran cierta concordancia con lo descrito por Robles Gil (1998), observándose dominancia de la componente sur durante el periodo cálido y durante el periodo frío dominan los vientos del noreste. Sin embargo la dirección y velocidad del viento durante los días de los cruceros, la persistencia y rapidez del viento variaron durante los ciclos diurnos, antes y durante los cruceros, y estos eventos pueden estar influyendo en la mezcla de la columna de agua (Terriault, *et al.*, 1981). Durante este año no se presentaron fenómenos hidro-meteorológicos, por lo que podemos concluir que la Bahía fue afectada únicamente por los cambios estacionales anuales (Ver Anexos, V al VIII).

INDICE DE ESTRATIFICACIÓN.

Los valores del parámetro de estratificación de Simpson para los meses de enero (invierno) y abril (primavera) registraron los valores más bajos de 125.70 J m^{-3} y 176.36 J m^{-3} , coinciden con los valores máximos en octubre y mínimos en enero reportados por Reyes-Salinas *et al.* (2003). Dichos valores están relacionados con el flujo de calor en las capas superficiales de la columna de agua y son afectados por el calentamiento, mezcla por mareas y por los vientos de acuerdo con lo descrito por Simpson *et al.*, (1990 y 1996). En la bahía el parámetro de estratificación (Φ) puede relacionarse con el flujo de calor (pérdida o ganancia) de la capa superficial, en invierno los procesos convectivos asumen un papel importante en la mezcla de la columna de agua, mientras que para el verano encontramos una fuerte estratificación con condiciones de calma en la rapidez de viento, que presenta intensidades muy heterogéneas.

TEMPERATURA Y SALINIDAD

Las masas de agua presentes dentro del Golfo de California han sido identificadas con detalle a partir del trabajo de Sverdrup (1941). Torres Orozco (1993) señala

que las tres principales masas de agua que ocupan la capa superficial en el golfo de California son: Agua del Golfo de California (AGC), Agua Superficial Ecuatorial (ASE) y Agua Sub-superficial Subtropical (ASsST). La variabilidad de la región sur del golfo determina en gran parte la variabilidad de mesoescala en la Bahía de La Paz, especialmente en la parte profunda (Jiménez Illescas *et al.*, 1997). Lavin *et al* (1997) y Reyes Salinas (1999) reportaron la presencia de las mismas masas de agua superficiales reportadas por Torres Orozco (1993) para esta región del Golfo. En el presente estudio fue posible identificar en la Bahía de La Paz: el Agua del Golfo de California (AGC) ($S > 35.0$, $T \geq 12^\circ \text{C}$) y Agua Superficial Subtropical (ASsSt) ($34.5 < S < 35.0$, $9^\circ \text{C} < T < 18^\circ \text{C}$), durante los cuatro cruceros, notándose la presencia del Agua Superficial Ecuatorial (ASE) ($S < 35.0$, $T \geq 18^\circ \text{C}$), durante los cruceros de julio y noviembre (Ver Anexo IX). Obeso-Nieblas (2003) reportó la presencia en mayor proporción del ASsSt, AGC y del arribo del ASE en julio de 1997, coincidiendo con lo reportado por Reyes-Salinas (1999) y Monreal-Gómez *et al.* (2001).

La bahía de La Paz presenta una distribución superficial de temperatura en un intervalo de 20.0°C en enero a 29.8°C en julio, con condiciones intermedias en abril y noviembre. Este patrón coincide con el patrón reportado anteriormente, con mínimos de temperatura de enero a marzo y máximos de agosto a octubre. La climatología de la bahía es tal que se enfría de octubre a febrero y se calienta de marzo a septiembre (Bernal *et al.*, 2001). La distribución vertical de la temperatura en la bahía nos muestra claramente la influencia de los cambios estacionales durante el año. Un indicador de lo anterior se puede seguir a partir de la evolución de la profundidad de la termoclina. Durante enero el espesor de la termoclina presentó una profundidad de 40 m, aunque en algunas estaciones fue inexistente. Esto puede ser explicado con la heterogeneidad de condiciones de viento en la zona. Durante el mes de abril la termoclina tiende hacerse más somera, y en algunas estaciones llega hasta 30 m, sin embargo, también fueron observadas estaciones con una termoclina más somera. En el mes de julio las condiciones fueron de estratificación, con la presencia de una termoclina continua desde la superficie hasta una profundidad de los 70 metros, lo cual coincide con el más alto índice de estratificación, Salinas *et al.*, (2003), reporta para el mes de agosto de 1999, una estructura termica similar. Finalmente en noviembre se vuelve a re-establecer una termoclina bien pronunciada a una profundidad de 40m. los

perfiles verticales presentaron alta homogeneidad en su estructura térmica. Si bien con los resultados se puede inferir, en términos generales que la variabilidad espacial de la bahía es muy poca en las épocas de verano-otoño (excepto con la influencia de fenómenos meteorológicos). Para enero, la disminución de temperatura por menor radiación solar, produce enfriamiento e inestabilidad que promueven movimientos convectivos que hacen que la capa de mezcla se haga más profunda, por lo que el índice de estratificación presentó los valores más bajos. Estas condiciones se ven favorecidas por la persistencia y magnitud de los vientos del NW. Generando para los meses de enero y abril bajas temperaturas, entre 20 y 22° C, una capa de mezcla mayor, mientras que en julio y noviembre prevalecen temperaturas mayores a 26° C y una fuerte estratificación. Por lo que podemos considerar desde el punto de vista oceanográfico, dos condiciones distintas durante este estudio, condiciones cálidas en junio noviembre, y frías de enero a abril. Verdugo-Díaz (2004) reporta para el mes noviembre del 2000 una capa de mezcla de 60 m con temperaturas superficiales de 24°C, para el mes de enero del 2001, reporta temperaturas de 20°C y la capa de mezcla alcanzó los 70 m de profundidad, para el mes de abril reporta la capa de mezcla a los 20 m y temperatura de 22°C. Con la presencia de agua del Golfo de California durante invierno se registraron las temperaturas más bajas (20° C) y salinidades mayores (>35 ups).

La bahía de la Paz presentó una distribución superficial de la salinidad muy homogénea ya que registro valores dentro del rango de 35.14 ups y 35.42 ups, la bahía no presentó claramente la influencia de los cambios estacionales durante el año. Ya que para el mes de enero la salinidad máxima registrada fue 35.42 ups y la mínima de 35.20, mientras que el mes de abril nos presenta una rango de variación que va de 35.22 ups a 35.34 ups, el mes de julio presentó un rango de variación entre 35.22 ups a 35.42 ups y durante el mes de noviembre el rango fue de 35.14 ups a 35.40 ups. Debido a que esta masa de agua (AGC), ocupa en mayor proporción la parte superficial del golfo. Presento poca variación en su salinidad, pero debido al calentamiento solar, las temperaturas son mayores para el verano y otoño por lo que la evaporación tiende a incrementar los valores de salinidad.

Los resultados de la variación espacial de la temperatura, salinidad y densidad reflejan que la boca norte o Canal Principal de la Bahía, además de facilitar por su

anchura la entrada de agua proveniente del Golfo de California, la profundidad de la zona contribuye a originar un ambiente más oceánico con condiciones estables de temperatura, salinidad y densidad. Mientras que el canal San Lorenzo, al sur y sureste de la bahía, genera mayor variabilidad estacional de los parámetros anteriormente descritos, probablemente debido a que es más somera y la mezcla producida por los vientos y corrientes de marea es más intensa alcanzando velocidades de hasta 25 cm/s (Obeso-Nieblas y Jiménez-Illescas, 1989; Obeso-Nieblas *et al.*, 1993).

NUTRIENTES

El fitoplancton marino requiere de ciertos elementos traza para su crecimiento, los cuales pueden ser limitantes e inhibir su crecimiento (Riley y Chester, 1989; Libes, 1992). Estos micro-organismos tienen un gran impacto sobre los ciclos biogeoquímicos marino de los elementos bio-limitantes, como el nitrógeno, fósforo y silicio. La distribución de estos elementos en la bahía está influenciada por factores físicos y biológicos, como el movimiento de agua y la actividad de los organismos. Como resultado de las interacciones de estos procesos físicos y biológicos, las concentraciones en las aguas superficiales son menores que en aguas profundas. Gilmartin y Revelante (1978) registraron valores de nitratos para la Ensenada de la Paz (agosto) en una concentración promedio de 0.69 μM , e intervalos de 0.27 μM a 1.75 μM . Reyes-Salinas (1999) registró concentraciones desde concentraciones no detectables (ND) a 1.58 μM , durante el periodo de muestreo (octubre de 1996 a septiembre de 1997), En el presente trabajo, se registraron concentraciones superficiales en un intervalo de 0.22 μM a 2.87 μM para enero, donde presentó un gradiente de norte a sur, registrando las concentraciones mayores en la Cuenca Alfonso, de 0.32 μM a 3.45 μM para abril, no se presenta un patrón definido, sus mayores concentraciones se localizaron en dos zonas, en Punta Cabeza de Mechudo y San Juan de la Costa, para julio fue de 0.24 μM a 0.94 μM , presentó los valores más bajos de los cuatro cruceros, posiblemente se debe a la estratificación de la columna de agua, en la Cuenca Alfonso presentó la mayor concentración y para noviembre el intervalo fue de 0.39 μM a 3,74 μM , en la parte de Punta Cabeza de Mechudo presentó las concentraciones más altas y en la parte central del Canal Principal registro su mínima concentración y pueden estar asociados a su consumo. En enero, abril y

julio la nitratoquina se presentó alrededor de los 30 metros, y en noviembre que se presentó a los 40 metros, donde sus concentraciones se incrementan claramente. En enero la concentración de fosfato presentó valores de concentración que van de 0.41 μM a 1.58 μM , no se presenta un gradiente definido en su distribución, en la zona del Canal Principal registró su máxima concentración, de 0.40 μM a 0.94 μM en abril, presentó una distribución en parches donde las mayores concentraciones se localizaron en la parte costera entre Punta Cabeza de Mechudo y San Juan de la Costa, en la parte central de la bahía y la zona somera, de 0.71 μM a 0.95 μM para julio, presentó una distribución homogénea en toda la bahía y concentraciones de 0.56 μM a 0.82 μM para noviembre, presentó una distribución homogénea en la bahía. Nieto-García y García – Pámanes (1991) encontraron en la bahía de La Paz concentraciones máximas de 0.44 μM y una concentración mínima de 0.12 μM (junio). Reyes-Salinas (1999) con el propósito de conocer los factores que controlan la productividad primaria en la Bahía de la Paz encontró una marcada temporalidad en las concentraciones promedio de fosfatos de 0.92 μM a finales de invierno, 0.74 μM en primavera y de 0.38 μM verano. Registrando valores de la concentración en un intervalo de 0.23 μM a 1.35 μM . Contrastando los valores obtenidos en el presente trabajo se mantienen muy similares a los obtenidos por Reyes-Salinas (1999) y más altos por los registrados por Nieto-García y García –Pámames (1991). Romero-Bañuelos (2003) registró valores superficiales en la bahía de La Paz en un rango de 0.68 μM a 1.13 μM para el mes de enero, de 0.59 μM a 0.93 μM para mayo y para septiembre de 0.36 μM a 0.64 μM , dichas concentraciones son comparables con los valores superficiales obtenidos en este trabajo. Reyes-Salinas (1999) y Cervantes-Duarte *et al* (2001) consideran que los fosfatos no son el nutriente limitante para los procesos fotosintéticos en la bahía de La Paz. Lo anterior puede ser posible con el argumento que una concentración por arriba de 0.3 μM de fosfatos promueven la división celular y por debajo de esta concentración es inhibida (Millero, 1996). La distribución vertical de los fosfatos por lo general, presentó concentraciones bajas e incrementándose con la profundidad, la fosfatoclina se registró alrededor de los 30 metros, para enero y abril registraron un rango de variación en sus concentraciones de la capa superficial.

En la bahía de la Paz la concentración de los silicatos (SiO_4^{-4}) en el presente trabajo se registraron concentraciones en un intervalo de 3.25 μM a 11.54 μM para enero, presento su máxima concentración hacia la parte norte de la bahía en el Canal principal cerca de la Isla Partida, 1.59 μM a 9.40 μM para abril presentó las concentraciones mayores en la zona costera entre Punta Cabeza de Mechudo y San Juan de la Costa, registrándose la mínima en la Cuenca Alfonso, de 1.87 μM a 4.60 μM para julio, se observo un gradiente de norte a sur registrándose las concentraciones mayores en la parte norte y concentraciones de 2.27 μM a 6,80 μM para noviembre presentando un patrón similar al de julio. En su distribución vertical aumenta drásticamente después de la zona eufótica alcanzando concentraciones 45.27 μM . Reyes-Salinas (1999) reporta concentraciones promedio de 13.11 μM , para las aguas superficiales de la bahía de La Paz, a finales de invierno, de 6.22 μM en primavera y 1.89 μM para verano y concentraciones en aguas profundas de 49.85 μM . De acuerdo con Riley y Chester (1989) el resultado de la asimilación del silicatos por algunos grupos fitoplanctónicos es la disminución de la concentración en la capa superficial y por debajo de la zona eufótica la rápida disolución de las testas silíceas después de su muerte, causan un incremento en la concentración de los silicatos en aguas profundas (Hans y Sachuette, 1981).

CLOROFILAS:

Aunque se ha reconocido que la Bahía de La Paz es un área muy productiva, por la gran diversidad de organismos y sus actividades pesqueras, los estudios son escasos y no hay suficiente información que permita establecer la magnitud y variabilidad de los productores primarios. Los estudios hasta ahora han permitido establecer algunos patrones estacionales de la producción primaria del fitoplancton en la columna de agua y la cobertura espacio-temporal. Luch-Cota y Arias-Aréchiga (2000) hacen una regionalización del Golfo de California y sitúan a la Bahía de La Paz dentro de la región sur del golfo. Esta región esta influenciada por los procesos oceanográficos que prevalecen en el Pacífico Oriental Tropical. Los valores de clorofila "a" estimados por sensores remotos para esta región sur alcanzan su máximo (0.56 mg m^{-3}) en invierno, y el valor mínimo es inferior a 0.2 mg m^{-3} durante verano, con un fuerte cambio entre estas épocas (Arias-Aréchiga, 1998). Para la bahía, los valores superficiales de clorofila registrados en este

trabajo y su comportamiento similares a los reportados por Martínez-López *et al*, (2001). Reyes-Salinas (1999) considera a este cuerpo de agua como una zona de elevada productividad, cuya variabilidad esta en función de un efecto combinado de los principales factores involucrados (baja productividad durante condiciones de un cielo despejado, vientos débiles, alta transparencia, concentraciones bajas de nutrientes y densidades bajas de fitoplancton).

Los valores reportados por Reyes Salinas (1999) fueron de 0.89 y 0.41 mg m⁻³, para invierno y verano respectivamente. Romero-Bañuelos (2003) obtuvo valores de 0.71 mg m⁻³ en primavera, y en verano de 0.51 mg m⁻³. Avilés-Agúndez (2004) reportó valores de 1.09 mg m⁻³ para febrero y de 0.44 mg m⁻³ para noviembre. En el presente trabajo se registraron concentraciones de clorofila “a” superficial, para invierno de 1.64 mg m⁻³, para primavera de 0.88 mg m⁻³, para el verano de 0.24 mg m⁻³, para el otoño 0.46 mg m⁻³.

Como se puede apreciar en el comportamiento de las condiciones de mezcla de la columna de agua, la disponibilidad de nutrientes y la concentración de clorofila “a” pueden ser mayores en la superficie cuando esta mezclada; mientras que cuando esta estratificada es menor, los resultados obtenidos en el presente trabajo coinciden máximos superficiales cuando la capa de mezcla es mayor y presenta máximos más profundos cuando presenta estratificación la columna de agua. Delgadillo-Hinojosa *et al.*, (1997) reportan para la Bahía de los Ángeles, los valores de productividad primaria son mayores cuando la columna de agua está mezclada y presenta valores menores cuando se encuentra estratificada; siendo los factores limitantes de la productividad primaria la luz y los nutrientes. Reyes-Salinas (1999) menciona que los valores de nutrientes, clorofila “a” y la productividad primaria son menores en verano y mayores en primavera, concordando con la expuesto por Martínez- López *et al* (2001) quienes mencionan que en la época cálida los valores de clorofila “a” son menores y en la época fría aumenta, coincidiendo con los valores superficiales reportados en este trabajo. Reyes-Salinas *et al.* (2003) mencionan que la alta estratificación de la columna de agua inhibe la fertilización de la capa superficial, mientras que una columna de agua bien mezclada facilita este proceso. Los procesos físicos son de vital importancia al considerar que el aporte externo de compuestos nitrogenados depende básicamente de su aporte desde aguas profundas (King, 1986). También es importante considerar que el efecto individual de estos factores no se puede

correlacionar en gran medida con la productividad primaria; porque quien regula los cambios de este proceso fisiológico es la interacción en conjunto de las variables físico-químicas (Falkowski et al., 1992).

MODELO GAUSSIANO.

Los perfiles verticales de clorofila "a" obtenidos a partir del modelo Gaussiano presentaron máximos sub-superficiales para los meses de enero y abril, notándose un cambio en los máximos más profundos para los meses de julio y noviembre. La profundidad promedio del máximo de clorofila "a" estimada por el modelo se obtuvo (Z_m) registro 12 m para enero, 14 m para abril, 25 m para julio y 36 m para noviembre. Presentó valores de clorofila integrada en la columna de agua (0-70 m), de 52 mg m^{-2} en enero, de 63 mg m^{-2} en abril, de 43 mg m^{-2} en julio y de 39 mg m^{-2} para noviembre. Las concentraciones del máximo de clorofila fueron de 2.12 mg m^{-3} para enero, 2.16 mg m^{-3} en abril, de 1.83 mg m^{-3} en julio y de 0.98 mg m^{-3} en noviembre. Estas diferencias en las concentraciones es posible que esten asociadas a la profundidad de la zona eufótica (penetración de 1% de luz), para enero la zona se determino alrededor de los 29 metros, para abril se determino alrededor de los 24 metros, mientras que para julio y noviembre se determino alrededor de los 46 metros y 54 metros respectivamente (Anexo X).

Millán-Núñez *et al.*, (1996) con los datos de los cruceros de CALCOFI, encontraron cambios estacionales cerca y fuera de las costas de Baja California. Estos cambios están relacionados con la dinámica de los ecosistemas marinos, es decir los cambios de sucesión fitoplanctonica que se dan en espacio y tiempo, como consecuencia de los cambios ambientales y de los procesos biológicos y físicos.

Un análisis detallado de los modelos físico-biológicos de Varela *et al.* (1992) demuestran la influencia de varios factores físicos y biológicos en la profundidad y la magnitud del máximo profundo de la clorofila (DCM). Haciendo hincapié en la importancia de un cuidadoso análisis en la presencia de la termoclina para una valoración correcta de la profundidad y de la magnitud del máximo de clorofila profundo (DCM por sus siglas en inglés). La fuente atmosférica del nitrato influencia la distribución vertical del fitoplancton en la capa superficial superior, pero sin efecto en el DCM. Entre los factores biológicos considerados se encuentra, el zooplancton, que se alimenta de fitoplancton grande y los

heterótrofos, que ingieren fitoplancton pequeño que afectan la magnitud de DCM pero no su profundidad.

7. CONCLUSIONES

1. Las temperaturas más bajas en la zona eufótica se registraron en la época de invierno-primavera, coincidiendo con el periodo frío reportado por otros

autores. Cuando se presentan las temperaturas bajas la densidad aumenta y los máximos de clorofila se forman sub-superficiales. Para las épocas de verano –otoño, se registra como el periodo calido, con un aumento en la temperatura el cual hace que la densidad del agua disminuya y los máximos de clorofila se presentan más profundos.

2. Los nutrientes por lo general presentaron concentraciones bajas en la capa superficial (en algunas estaciones para enero y abril los nitratos más nitritos no se detectaron) e incrementandose con la profundidad. La nutriclina se presentó en julio alrededor de los 30 metros y en noviembre alrededor de los 40 metros, donde coinciden con los máximos de clorofila, sin embargo para enero y abril la nutriclina se presentó alrededor de los 30 metros. por debajo de los máximos de clorofila, estos se registraron entre los 12 y 14 metros.
3. Los perfiles de clorofila, presentaron sus máximos sub –superficiales en enero y abril cuando la zona eufótica presenta sus menores profundidades y para julio y noviembre los máximos de clorofila se determinaron entre los 25 y 36 metros, en tanto que la zona eufórica estuvo alrededor de los 50 metros para estos cruceros,.
4. Los cambios en las concentraciones y la distribución de la clorofila, tanto espacial como temporalmente están afectados por las condiciones ambientales prevalecientes. En enero y abril cuando la irradiación es menor, y la influencia de los vientos del noroeste inciden sobre la región, la temperatura tiende a disminuir, el efecto de mezclado produce menor penetración de luz y por lo tanto a reducir la profundidad de la zona eufórica, por lo que los máximos de clorofila se presentan sub-superficiales. De manera contraria en julio y noviembre la mayor radiación solar y su ángulo de incidencia incrementan la profundidad de la zona eufótica, el calentamiento de la superficie del agua provoca una fuerte estratificación en la columna de agua lo cual limita el flujo de nutrientes a la zona eufótica y por lo tanto la profundidad del máximo de clorofila se incrementa.

9. BIBLIOGRAFÍA:

Arias-Arechiga, J. P. 1998. Regionalización del Golfo de California: una propuesta a partir de concentración de pigmentos fotosintéticos. Tesis de Licenciatura.

Departamento de Biología Marina. Universidad Autónoma Baja California Sur. 148p.

Avilés-Agúndez, G. 2004. Productividad primaria estimada por fluorescencia natural durante otoño-invierno en la Bahía de La Paz, B. C. S., México Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 69 p.

Bendschneider and Robinson (1952). En Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons, (1972). (Ed) A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries research board of Canada. Ottawa. 310 p.

Bustillos-Guzman, J. 1995. Specific phytoplankton signatures and their relationship to hydrographic conditions in the coastal north-western Mediterranean Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 124:247-258.

Cervantes Duarte, R., A. Reyes-Salinas, G. Verdugo-Díaz y J. E. Valdez-Holguín. 2003. Efecto de la concentración de la clorofila a y seston superficial sobre la transparencia del agua de mar en una región costera del Golfo de California México. *Oceánides*, 181(1):1-11.

Cervantes-Duarte, R., G. Gaxiola-Castro y J. E. Valdez-Holguín. 1993. Relación entre la clorofila superficial y la clorofila de la zona eufótica del golfo de California: Posible aplicación para estimar la producción primaria con datos obtenidos por sensores remotos. *Ciencias Marinas*. 19(4): 473-490.

Cervantes Duarte, R., G. Verdugo-Díaz y J. E. Valdez-Holguín. 2005. Modelo estacional de producción primaria estimada mediante fluorescencia natural en una región costera del Golfo de California. *Hidrobiológica*, 15 (1): 79-89.

Cervantes Duarte, R., J. E. Valdez-Holguín y A. Reyes-Salinas. 2004. Comparación de reflectancia in situ 443/555 y 490/555 con Clorofila a y Materia Suspendida Total en Bahía de La Paz, B.C.S., México. 14 (1): 11-17.

Chamberlain, W. S., C. R. Booth, D. A. Kiefer, J. H. Morrow, and R. C. Murphy, 1990. Evidence for a simple relationship between natural fluorescence, photosynthesis and chlorophyll in the sea. *Deep-Sea Research*, 37:951-973.

Coté, B. and T. Platt. 1983. Day to day variations in the spring-summer photosynthetic parameter of coastal marine phytoplankton. *Limnology and Oceanography*. 28 (2): 320-344

Cullen, J. J. 1990. On models of growth and photosynthesis in phytoplankton. *Deep-Sea Research*, 17(4):667-683.

Cullen, J. J. and R. W. Eppley. 1981. Chlorophyll maximum layer of the Southern California Bight and possible mechanisms of their formation and maintenance. *Oceanol. Acta*. 4, 23-32.

Cruz-Orozco, R., C. Martínez-Noriega y A. Mendoza-Maravillas. 1996. Batimetría y sedimento de la bahía de la Paz, B. C. S., *Oceánides*. 11(1): 21-27.

Cruz-Orozco, R., P. Rojo, L. Godinez y E. Nava. 1989. Topografía, hidrología y sedimentación de la laguna de la Paz, B.C.S., Rev. Inv. Cient. 8(1): 3-15. U.A.B.C.S.

Delgadillo-Hinojosa, F., G. Gaxiola-Castro, J. A. Segovia-Zavala, A. Muñoz-Barbosa y M. V. Orozco-Borbón. 1997. The effect of vertical mixing on primary production in a bay of the Gulf of California. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 45:135-148

Espinoza, J. y H. Rodríguez. 1987. Seasonal phenology and reciprocal transplantation of *Sargassum sinicola* Setchell et Gardner in the southern Gulf of California. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., Vol. 110:183-195.

Falkowski, G. P. and J. A. Raven. 1997. Aquatic photosynthesis. Blackwell Science. 375 pp.

García-Pámanes, J. 1981. El fitoplancton de la porción oriental de la Bahía de La Paz, B.C.S., durante primavera y verano. Resúmenes, VII Simposio Latinoamericano sobre Oceanografía Biológica. Acapulco, Gro. Méx. Nov.15-19. 38 pp.

Gaxiola-Castro, G. 1994. Efectos de algunos procesos físicos sobre la fisiología y productividad del fitoplancton marino. Tesis Doctoral. CICESE. 145 p.

Gaxiola-Castro, G. y S. Álvarez-Borrego. 1984. Relación fotosíntesis-irradiación en el fitoplancton de aguas costeras del noroeste de Baja California. Ciencias Marinas. 10(3):53-66.

Gaxiola-Castro, G. y S. Álvarez-Borrego. 1986. Productividad primaria del Pacífico Mexicano. Ciencias Marinas. 12(3):53-66.

Hayward, T. L., D. R. Cayan, P. J. S. Franks, R. J. Lynn, A. W. Mantla, J. A. McGowan, P. E. Smith, F. B. Schwing and E. L. Venrick. 1995. The state of the California Current in 1994-1995. Rep. 35 pp. 19-35. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. La Jolla.

Hans, J. S. and G. Satchell. 1981. marine Diatoms the sea. Vol 7. The oceanic lithosphere, Edited by C. Emiliani. 1179-1230.

Hidalgo-González, R. y S. Álvarez-Borrego. 2000. Chlorophyll profiles and the water column structure in the Gulf of California. *Oceanologica acta*. 24(1):19-28.

Jefrey, S. W. and Humphrey. 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in algal, phytoplankton and higher plants. Biochem. Physiol. Pfanz. B.P.P. 167:191-194,

Jiménez-Illescas, A. R., 1996. Análisis de procesos barotrópicos y baroclínicos en la Bahía de la Paz, B. C. S. Tesis Doctorado. UMAN. 193 pp.

Jiménez-Illescas, A. R., M. Obeso-Nieblas y D. A. Salas-De Leon. 1997. Oceanografía Física de la Bahía de La Paz, B.C.S. En: Urbán Ramírez, J. y M. Ramírez-Rodríguez (Ed) La Bahía de La Paz, Investigaciones y conservación. U.A.B.C.S. 345 pp.

Kiefer, D. A., W. S. Chamberlain and C. R. Booth. 1989. Natural Fluorescence of chlorophyll a; Relationship to photosynthesis and chlorophyll concentration in the western South Pacific gyre. *Limnology and Oceanography*. 34(5):868-881.

Kirk, J. J. O. 1983. Light and photosynthesis in aquatic ecosystems. Cambridge University. Press Cambridge.

Lara-Lara, J. R., R. Millán-Núñez, J. L. Lara-Osorio y C. Bazan-Guzmán. 1993. productividad y biomasa del fitoplancton por clases de tamaño, en la parte central del Golfo de California durante primavera, 1985. *Ciencias Marinas*. 19(2); 137-154.

Lavín, M. F., E. Beier y A. Badan. 1997. Estructura hidrográfica y circulación del golfo de California: Escalas estacional e interanual. En Lavín, M. F. (Ed) Contribuciones a la Oceanografía en México, Monografía No. 3., Unión Geofísica Mexicana. 141-171.

Libes, S. M., 1992. An Introduction to Marine Biogeochemistry. John Wiley and Sons Inc. New York. 734 p.

Lluch-Cota, S. E. and P. Arias-Arechiga. 2000. Sobre la importancia de considerar la existencia de centros de actividad biológica para la regionalización del océano: el caso del Golfo de California., 255 -263. En Lluch-Belda, D., J. *et al.*, (Ed). BAC, Centros de actividad biológica del Pacífico Mexicano. Editorial CIBNOR-CONACYT 357p.

Marra, J. 1978. Phytoplankton photosynthetic response to vertical movement in a mixed layer. *Mar. Biol.*, 46:203-208.

Martínez-López, A., R. Cervantes-Duarte, A. Reyes-Salinas y J. E. Valdez-Holguín. 2001. Cambio estacional de la clorofila *a* en la Bahía de La Paz, B.C.S. México. *Hidrobiología*. 11(1): 45-52.

Millán-Núñez, R., S. Álvarez-Borrego y C. C. Trees. 1997. Modeling the vertical distribution of chlorophyll in the California Current System. *Journal of Geophysical Research*, 102, (C4), 8587-8595.

Millán-Núñez, R., R. Cajal-Medrano, E. Santamaría-Del Ángel y E. Millán-Núñez. 1993. Productividad primaria y clorofila *a* en la parte central del golfo de California (otoño 1987). *Ciencias Marinas*. 19(1):29-40.

Millero, F. J. 1996. *Chemical Oceanography*. 2da. CRC Press. 469 pp.

Monreal-Gómez, M. A., A. Molina-Cruz, D. A. y Salas-De Leon. 2001. Water masses and cyclonic circulation in Bay of La Paz. Gulf of California, during June 1998. *Journal of Marine Systems*. 30(2001):305-315.

Morel A. and J. F. Berthon, (1989). Surface pigment, algal biomass profiles, and potential production of the euphotic layer; Relationships reinvestigated in view of remote-sensing applications. *Limnol. Oceanogr.*, 34: 1545-1562.

Morris and Riley (1963). En Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons, (1972). (Ed) *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Fisheries research board of Canada. Ottawa. 310 p.

Mullin and Riley. 1955. *Anal. Chim. Acta*. 12:162.

Murphy, J., and P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta*. 27:31.

Obeso-Nieblas, M. 2003. Variabilidad espacio-temporal de las condiciones oceanográficas de la Bahía de La Paz, B. C. S., México. Tesis de doctorado. CICIMAR-IPN. 337 p.

Obeso-Nieblas, M. y A. Jiménez-Illescas. (1989). Propagación de la constituyente M2 de la marea en la Bahía de La Paz, B, C.S., México, mediante un modelo bidimensional hidrodinámico numérico. *Investigaciones Marinas, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas*. 4 (2), pp. 241–256.

Obeso-Nieblas, M. y A. Jiménez-Illescas, (1993). Modelación de la marea en la Bahía de La Paz, B, C.S., México. *Investigaciones Marinas, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas* 8 (1), pp. 13–22.

Platt, T., and S. Sathyendranath. 1988. Oceanic primary production: Estimation by remote sensing at local and regional scales. *Science*. 241 1613-1619.

Platt, T., C. Caverhill and S. Sathyendranath. 1991. Basin-scale estimates of oceanic primary production by remote sensing: the North Atlantic. *Journal of Geophysical Research*, 96(C8):15147-15159.

Reyes-Salinas, A. 1999. Factores que controlan la productividad primaria en la Bahía de La Paz, B. C. S. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 122 pp.

Reyes-Salinas, A., R. Cervantes-Duarte, R. A. Morales-Pérez y J. E. Valdez-Holgín. 2003. Variabilidad estacional de la productividad primaria y su relación con la estratificación vertical en la Bahía de La Paz, B. C. S. *Hidrobiológica*. 13(2):103-110.

Riley, J. P. y R. Chester. 1989. *Introducción a la química marina*. AGT editor. 244pp.

Robles Gil-Metre, S. 1998. El clima de la ciudad de la Paz Baja California Sur. Tesis de Maestría. UNAM. 233pp.

Romero-Bañuelos. C. A. 2003. Hidrología y metales pesados en la materia particulada suspendida del agua superficial de la porción sur de la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 100 p.

Salinas-González, F., O. Zaytsev, and V. Makarov. 2003. Formation of the thermohaline structure of water in the Bahía de La Paz from summer to autumn. /Formación de la estructura termohalina del agua en la Bahía de La Paz de verano a otoño. *Ciencias Marinas*. 29(1):51-65 p.

Signoret, M. y H. Santoyo. 1980. Aspectos ecológicos del plancton de la Bahía de La Paz. Baja California Sur. *An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol. UNAM*. 7(2):217-248.

Simpson J. H., J. Brown, J. Matthews, and G. Allen, (1990): Tidal straining, density currents, and stirring in the control of estuarine stratification. *Estuaries*, 13, 125–132.

Simpson, J.H. and J. R. Hunter. 1974. Fronts in the Irish Sea. *Nature*. 250:404-406.

Simpson J. H., W. R. Crawford, T. P. Rippeth, A. R. Campbell, and J. V. S. Cheok, (1996). The vertical structure of turbulent dissipation in shelf seas. *J. Phys Oceanogr*, 26, 1579–1590

Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons, (1972). *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Fisheries research board of Canada. Ottawa. 310 p.

Therriault, J.C. and T. Platt. (1981). Environmental control of phytoplankton patchiness. *Canadian Journal of fisheries and Aquatic Sciences*. 38:638-641.

Torres-Orozco, E. 1993. Análisis volumétrico de las masas de agua del Golfo de California. Tesis de Maestría. CICESE. Ensenada, B. C. 80 pp.

Valdez-Holguín, J. E., G. Gaxiola-Castro y R. Cervantes-Duarte. 1995. Productividad primaria en el golfo de California calculada a partir de la relación entre irradiancia superficial y clorofila de la zona eufótica. *Ciencias Marinas*. 21(3):311-329.

Varela, R. A., A. Cruzado, J. Tintoré and E. García-Landona. 1992. Modeling the deep-chlorophyll maximum: A coupled physical-biological approach. *J. Mar. Res.*, 50, 441-463.

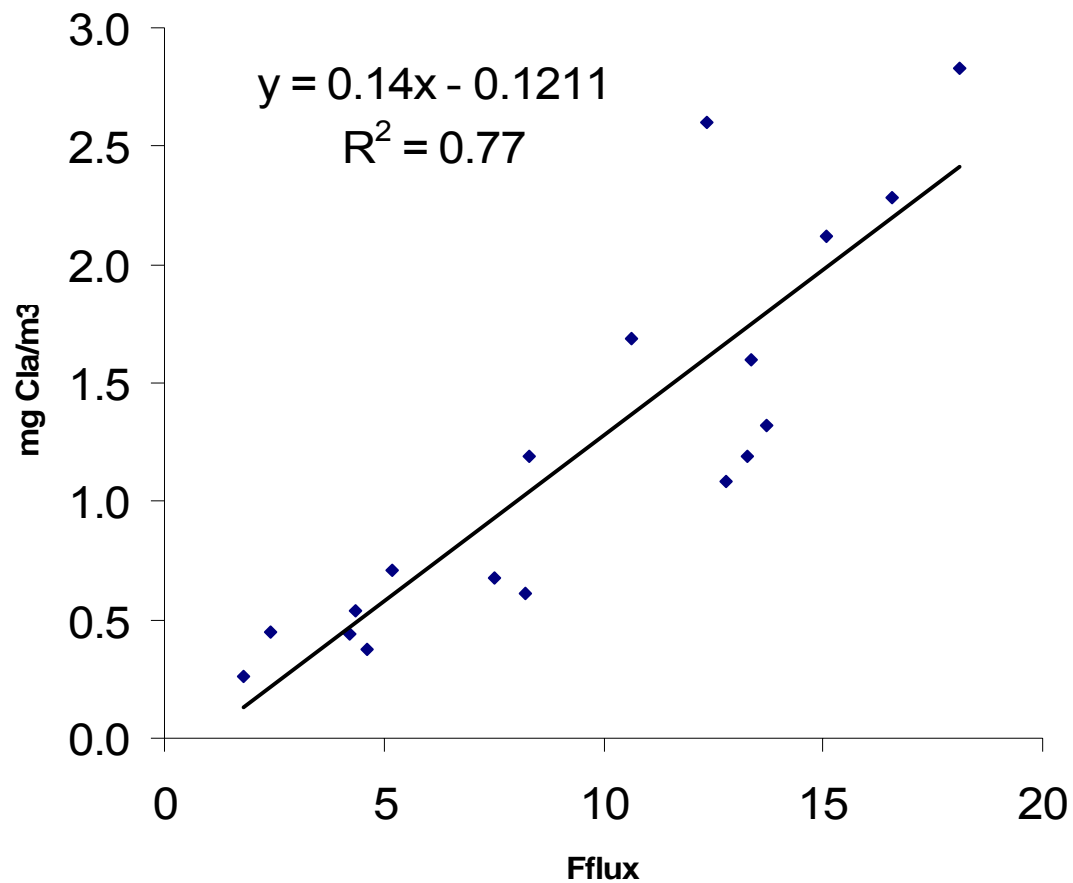
Verdugo-Díaz, G. 2004. Respuesta ecofisiológica del fitoplancton ante la variabilidad ambiental en una bahía subtropical de Baja California Sur, México. Tesis de doctorado. CICIMAR-IPN. 138 pp.

Weiaupt, G. J. 1984. Exploración de los Océanos: Introducción a la Oceanografía.
Ed. C.E.C.S.A. 640 pp.

Anexos.

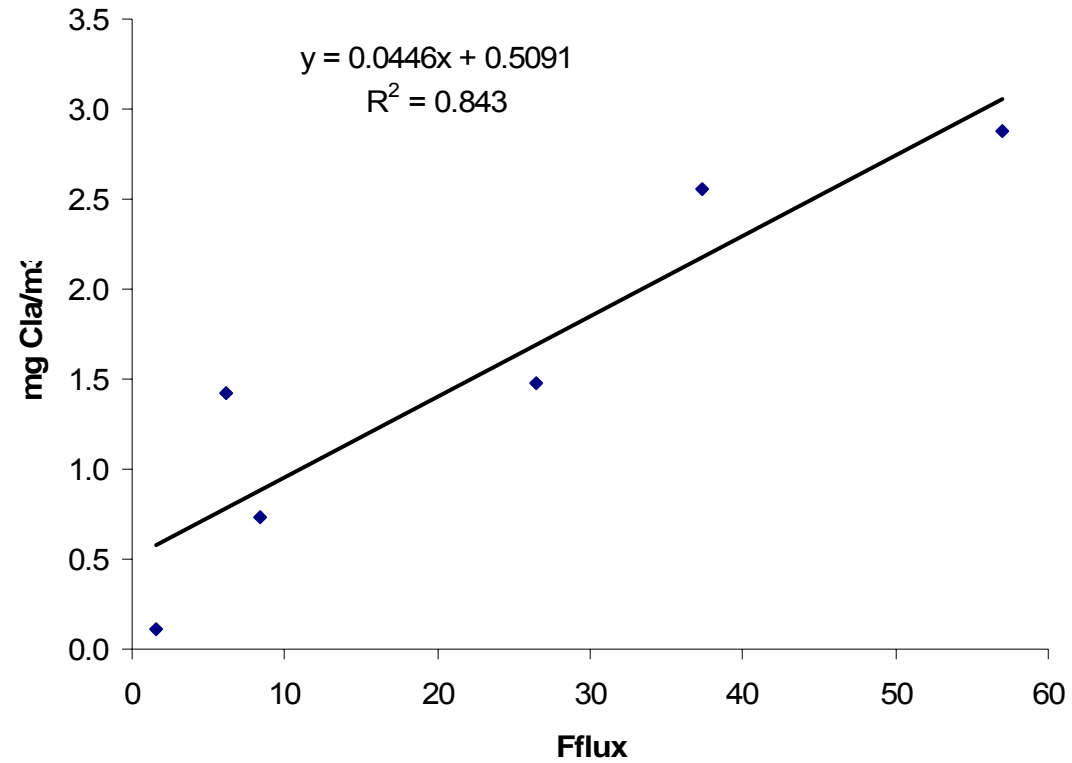
Anexo I. Tabla de los datos utilizados para el cálculo de clorofila a partir de la fluorescencia y la gráfica de los estadísticos utilizados, en enero de 2002.

Enero	Profundidad	mg Cla/m ³	Flux
Estación 8	12.25	1.69	10.64
	24.50	0.71	5.21
Estación 9	13.50	2.12	15.09
	27.00	0.61	8.20
Estación 11	16.00	2.60	12.34
	32.00	1.19	8.30
Estación 12	15.00	2.28	16.56
	30.00	0.53	4.34
Estación 13	15.00	1.60	13.36
	30.00	0.38	4.62
	45.00	0.45	2.42
Estación 14	10.00	1.08	12.77
	15.00	1.32	13.73
	20.00	1.19	13.27
	40.00	0.44	4.24
Estación 15	13.50	2.82	18.10
	25.00	0.68	7.51
	50.00	0.26	1.82



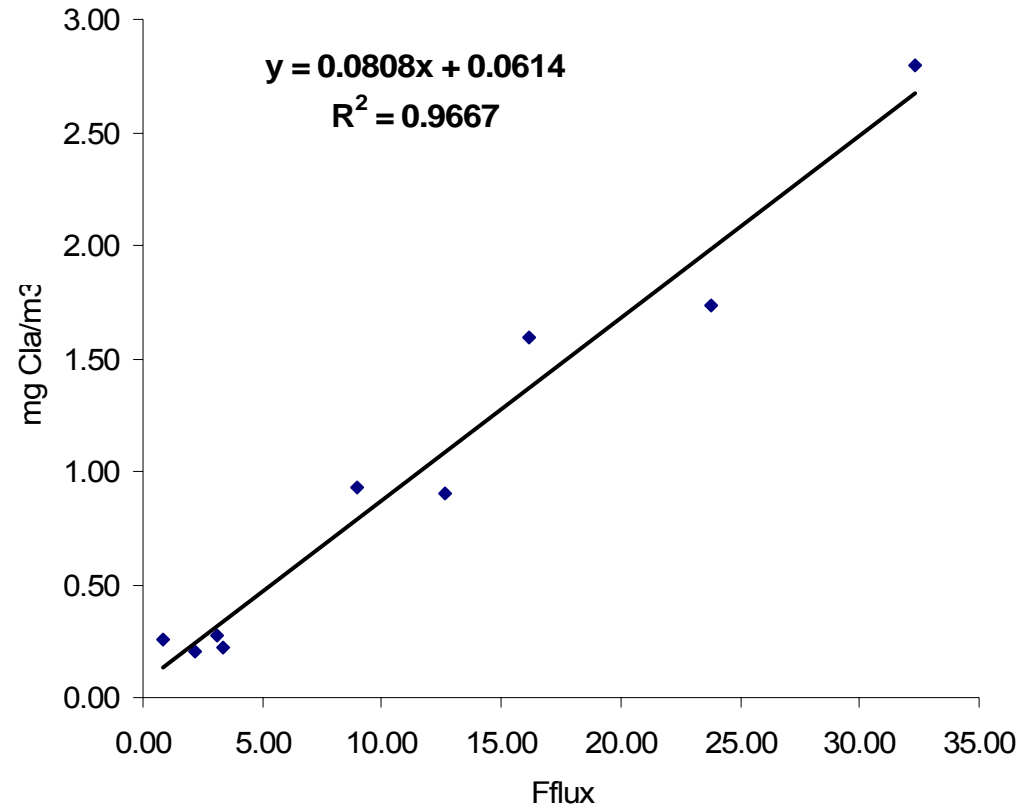
Anexo II. Tabla de los datos utilizados para el cálculo de clorofila a partir de la fluorescencia y la gráfica de los estadísticos utilizados, en abril de 2002.

ABRIL	Profundidad	mg Cla/m ³	Fflux
Estación 7	10.00	2.87	56.97
	40.00	1.42	6.16
Estación 8	12.00	1.48	26.49
Estación 9	14.00	2.55	37.40
	27.00	0.73	8.40
	54.00	0.11	1.57



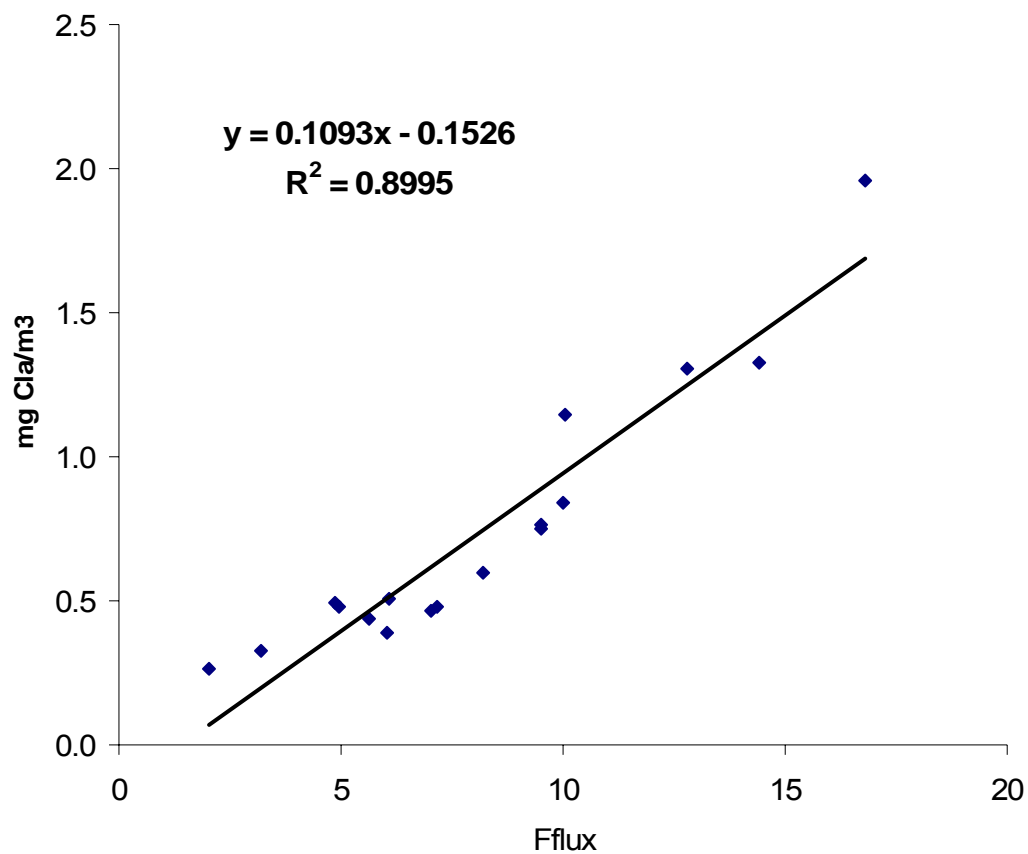
Anexo III. Tabla de los datos utilizados para el cálculo de clorofila a partir de la fluorescencia y la gráfica de los estadísticos utilizados, en julio de 2002.

Julio	Profundidad	mg Cla/m ³	Fflux
Estación 4	16.00	0.93	8.94
	46.00	0.22	3.33
Estación 5	28.00	1.59	16.13
	33.00	0.90	12.68
	49.00	0.21	2.19
Estación 9	26.00	2.79	32.30
	49.00	0.27	3.09
Estación 12	26.00	1.73	23.82
	51.00	0.26	0.86

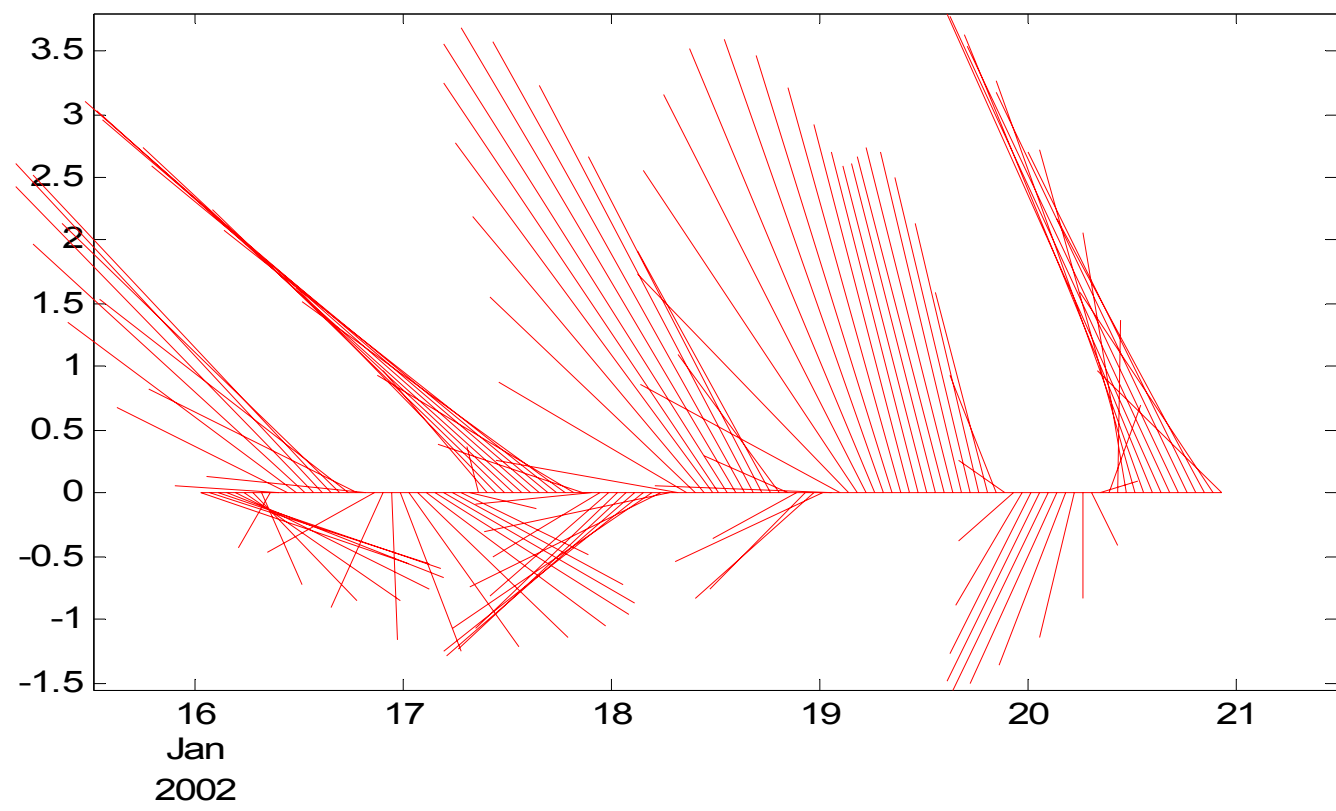


Anexo IV. Tabla de los datos utilizados para el cálculo de clorofila a partir de la fluorescencia y la gráfica de los estadísticos utilizados, en noviembre de 2002.

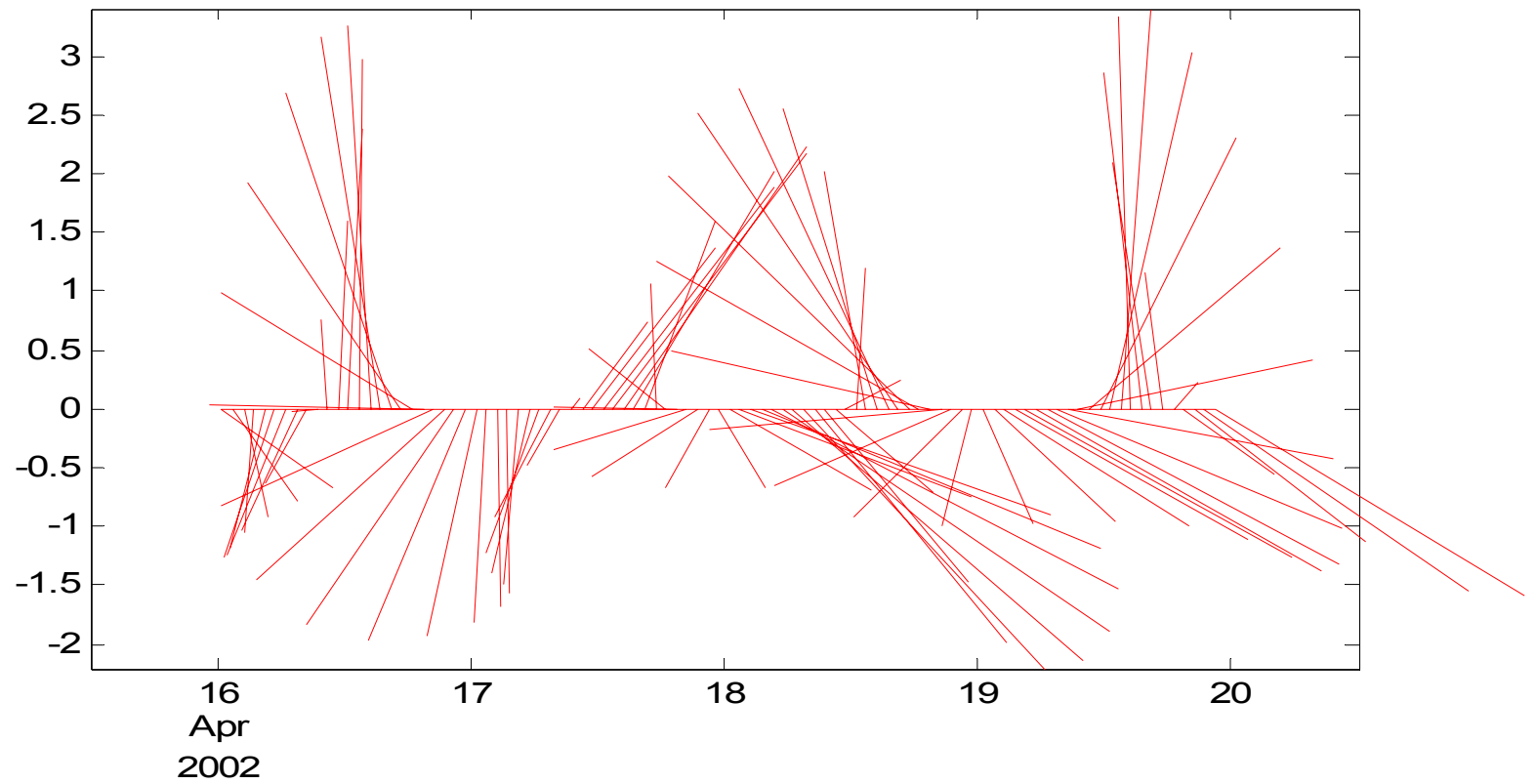
Noviembre	Profundidad	mg Cla/m3	Fflux
Estación 20	15.00	0.48	7.15
	30.00	1.15	10.06
Estación 19	15.00	0.47	7.05
	30.00	0.76	9.52
	45.00	0.75	9.49
Estación 18	25.00	0.59	8.21
	50.00	0.27	2.01
Estación 16	15.00	0.44	5.61
	40.00	1.32	14.41
	60.00	0.32	3.21
Estación 15	15.00	0.48	4.98
	40.00	1.30	12.81
	60.00	0.49	4.87
Estación 14	15.00	0.39	6.02
	30.00	1.96	16.82
Estación 9	25.00	0.51	6.08
	50.00	0.84	10.02



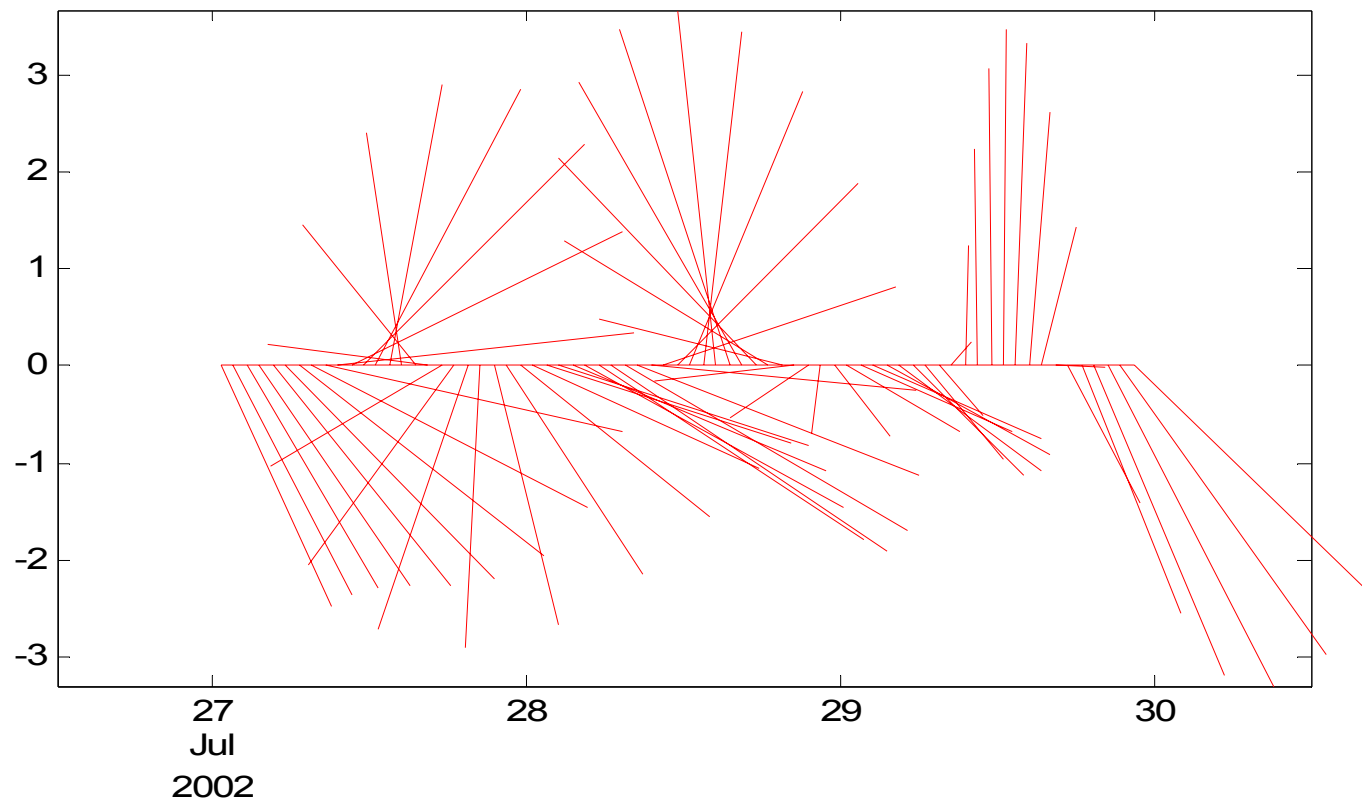
Anexo V. Velocidad y dirección de los vientos durante los días de cruce en el mes de enero de 2002.



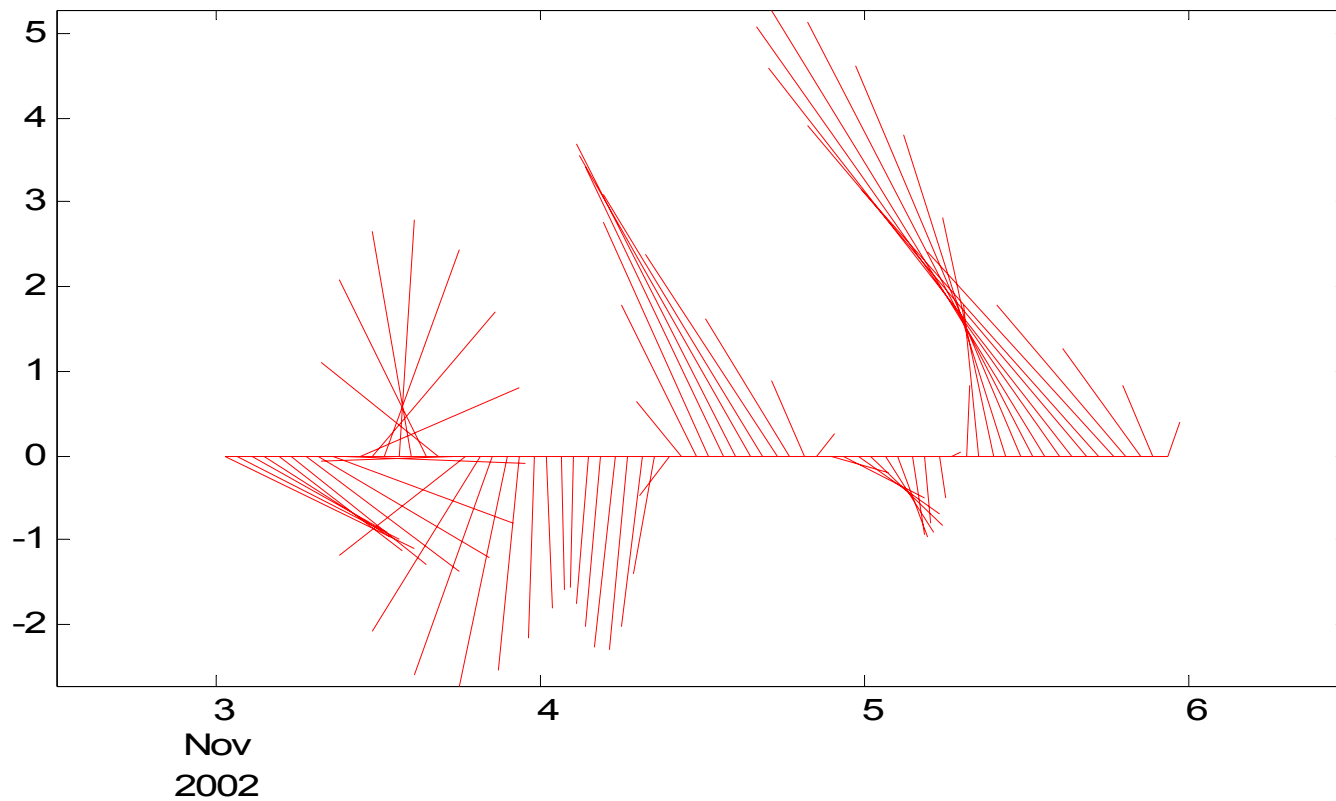
Anexo VI. Velocidad y dirección de los vientos durante los días de cruce en el mes de abril de 2002.



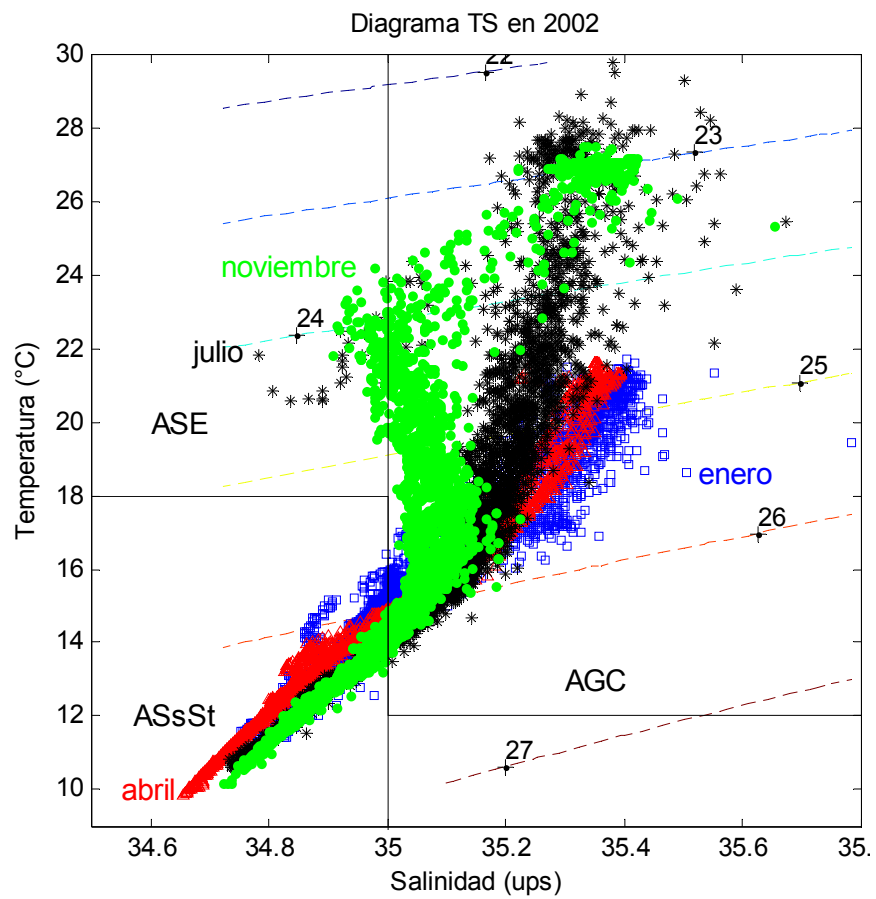
Anexo VII. Velocidad y dirección de los vientos durante los días de cruce de julio de 2002.



Anexo VIII. Velocidad y dirección de los vientos durante los días de cruce de noviembre de 2002.



Anexo IX. Diagrama T-S, donde se presentaron las diferentes masas de agua en la Bahía de la Paz, durante el 2002.



Anexo X . Tabla de comparaciones de los parámetros obtenidos de la aplicación del modelo Gaussiano para los datos obtenidos del perfilador de fluorescencia natural (PNF-300), durante el 2002.

Meses del año 2002	Bo (mg m ⁻³)	B(z) (mg m ⁻³)	Zm (metros)	sigma	h (mg m ⁻²)
Enero	0.10	2.12	12.01	15.28	52.02
Abril	0.57	2.12	14.01	6.02	63.98
Julio	0.12	1.83	25.55	7.63	43.32
Noviembre	0.22	0.98	36.64	13.16	39.32

Anexo XI. Tabla de comparaciones de los parámetros obtenidos de la aplicación del modelo Gaussiano para los datos de los perfiles de clorofila "a" discretos en la columna de agua, durante el 2002.

Meses del año 2002	Bo (mg m ⁻³)	B(z) (mg m ⁻³)	Zm (metros)	sigma	h (mg m ⁻²)
Enero	0.18	2.06	9.76	16.07	83.75
Abril	0.09	2.93	12.38	13.29	96.89
Julio	0.11	1.91	27.83	10.84	68.12
Noviembre	0.13	1.22	31.38	21.70	49.48

Anexo XII. Red de Estaciones para el crucero de enero de 2002.

Estación	Latitud	Longitud	Profundidades					
			0	25	50	75	100	140
E 1	24 35.556	110 25.265	0	25	50	75	100	140
E 2	24 38.386	110 28.821	0	25	50	100	200	280
E 3	24 41.097	110 32.120	0	25	50	100	200	280
E 4	24 43.816	110 35.357	0	25	50	100	200	300
E 5	24 46.200	110 38.616	0	12	24	50	75	125
E 6	24 41.459	110 39.729	0	12	24	50	100	150
E 7	24 35.203	110 42.364	0	6	12	24.5	36.5	48
E 8	24 36.615	110 38.711	0	12.25	24.5	75	150	285
E 9	24 39.39	110 35.670	0	13.5	27	75	150	285
E 10	24 35.568	110 30.322	0	25	50	100	200	280
E 11	24 33.618	110 33.633	0	16	32	100	200	280
E 12	24 32.019	110 36.893	0	15	30	100	200	280
E 13	24 29.992	110 40.071	0	7	15	30	45	70
E 14	24 24.578	110 38.813	0	5	10	15	20	40
E 15	24 27.021	110 34.730	0	13.5	25	50	100	200
E 16	24 29.311	110 30.445	0	13.5	25	50	100	200
E 17	24 31.636	110 26.143	0	25	50	75	100	140
E 18	24 26.256	110 24.287	0	25	50			
E 19	24 24.143	110 28.010	0	50	100			
E 20	24 21.668	110 32.232	0	50	100			
E 21	24 19.623	110 36.130	0	25	40			
E 22	24 15.853	110 31.150	0	25				
E 23	24 18.416	110 26.944	0	25				
E 24	24 20.858	110 22.382	0	25				
E 25	24 13.491	110 23.167	0					

Anexo XIII. Red de Estaciones para el crucero de abril de 2002.

Estación	Latitud	Longitud	Profundidades					
			0	25	50	75	100	150
E 1	24 35.605	110 25.036	0	25	50	75	100	150
E 2	24 37.350	110 29.262	0	25	50	100	200	300
E 3	24 41.120	110 32.051	0	25	50	100	200	300
E 4	24 43.830	110 35.480	0	25	50	100	200	300
E 5	24 46.30	110 38.596	0	25	50	75	100	125
E 6	24 41.4338	110 39.007	0	25	50	75	100	175
E 7	24 35.17	110 42.16	0	10	20	40	55	80
E 8	24 36.689	110 38.592	0	12	24	49	100	200
E 9	24 37.900	110 35.690	0	14	27	54	100	200
E 10	24 35.585	110 30.283	0	25	50	100	200	300
E 11	24 33.70	110 33.71	0	25	50	100	200	300
E 12	24 32.16	110 36.82	0	25	50	100	200	300
E 13	24 29.96	110 40.18	0	10	20	30	40	50
E 16	24 29.76	110 31.21	0	25	50	75	100	200
E 18	24 27.26	110 24.71	0	25	50			
E 19	24 25.21	110 28.38	0	25	50	75	100	150
E 20	24 22.85	110 31.67	0	25	50			
E 21	24 20.28	110 35.85	0	25	50			
E 23	24 20.82	110 25.34	0	25	50			
E 25	24 17.85	110 23.39	0	25	50			

Anexo XIV. Red de Estaciones para el crucero de julio de 2002.

Estación	Latitud	Longitud	Profundidades					
			0	25	50	75	100	170
E 1	24 46.254	110 38.442	0	25	50	75	100	170
E 2	24 43.563	110 35.295	0	25	50	100	200	300
E 3	24 41.056	110 32.348	0	25	50	100	200	300
E 4	24 38.364	110 28.801	0	23	46	69	92	200
E 5	24 35.670	110 25.318	0	16	33	49	100	150
E 6	24 41.481	110 39.679	0	25	50	75	100	190
E 7	24 35.205	110 41.922	0	5	10	15	20	30
E 8	24 37.287	110 38.640	0	25	50	75	100	175
E 9	24 39.001	110 35.425	0	28	57	85	114	200
E 9	24 38.731	110 35.362	0	24	49	100	200	300
E 10	24 30.35	110 40.256	0	10	20	30	40	60
E 11	24 32.057	110 36.705	0	25	50	75	100	150
E 12	24 33.955	110 33.221	0	26	51	77	100	150
E 13	24 35.425	110 30.274	0	26	51	77	100	150
E 14	24 19.984	110 36.856	0	10	25	50		
E 15	24 20.372	110 32.964	0	25	50	75	100	125
E 16	24 24.396	110 29.344	0	25	50	75	100	150
E 17	24 26.726	110 25.794	0	10	25	50	75	100
E 18	24 29.545	110 31.551	0	25	50	100	150	200
E 19	24 19.066	110 27.145	0	10	25	50		
E 20	24 13.786	110 24.869	0	10	25			

Anexo XV. Red de Estaciones para el crucero de noviembre de 2002.

Estación	Latitud	Longitud	Profundidades					
			0	25	50	75	100	150
E 1	24 46.185	110 38.494	0	25	50	75	100	150
E 2	24 43.613	110 35.273	0	25	50	100	200	300
E 3	24 40.946	110 32.313	0	25	50	100	200	300
E 4	24 38.182	110 28.860	0	25	50	100	200	300
E 6	24 41.466	110 39.666	0	25	50	75	100	150
E 8	24 37.296	110 38.771	0	25	50	100	200	300
E 9	24 39.068	110 35.449	0	25	50	100	200	300
E 10	24 30.128	110 40.378	0	25	50			
E 11	24 32.045	110 36.758	0	25	50	100	200	300
E 12	24 33.891	110 33.411	0	25	50	100	200	300
E 14	24 19.960	110 36.968	0	15	30			
E 15	24 24.436	110 32.947	0	15	40	60	90	110
E 16	24 24.410	110 29.273	0	15	40	60	100	150
E 18	24 29.617	110 31.484	0	25	50	75	100	200
E 19	24 19.080	110 27.249	0	15	30	45		
E 20	24 15.489	110 26.423	0	15	30			