



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOLOGÍA

**“Productividad primaria estimada por fluorescencia natural
durante otoño-invierno en la Bahía de La Paz, B. C. S., México”**

T E S I S

Que como requisito para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

Con especialidad en Manejo de Recursos Marinos

Presenta:

Ing. Bioq. Guadalupe Avilés Agúndez

La Paz, Baja California Sur, México.

Noviembre de 2004.



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

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 7 del mes de Septiembre del 2004 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

"PRODUCTIVIDAD PRIMARIA ESTIMADA POR FLUORESCENCIA NATURAL
DURANTE OTOÑO-INVIERNO EN LA BAHÍA DE LA PAZ, B.C.S., MÉXICO"

Presentada por el alumno:

AVILES

Apellido paterno

AGÚNDEZ

materno

GUADALUPE

nombre(s)

Con registro:

B	0	0	1	1	5	6
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRA 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. RAFAEL CERVANTES DUARTE

PRESIDENTE

DR. SERGIO AGUINIGA GARCIA

SECRETARIO

DR. ROGELIO GONZALEZ ARMAS

SEGUNDO VOCAL

DR. GERARDO VERDUGO DIAZ

TERCER VOCAL

MC. AMADA REYES SALINAS

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 7 del mes Septiembre del año 2004, el (la) que suscribe GUADALUPE AVILÉS AGÚNDEZ alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro B001156 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE y cede los derechos del trabajo titulado: "PRODUCTIVIDAD PRIMARIA ESTIMADA POR FLUORESCENCIA NATURAL DURANTE OTOÑO-INVIERNO EN LA BAHÍA DE LA PAZ, B.C.S., MÉXICO" al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

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

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

GUADALUPE AVILES AGÚNDEZ

nombre y firma

He allí el grande y anchuroso mar,
en donde se mueven seres innumerables,
seres pequeños y grandes.

Allí andan las naves;
allí este leviatán que hiciste para que jugase en él.

todos ellos esperan en ti,
para que les des su comida a su tiempo.

Todos ellos esperan en ti,
para que les des su comida a su tiempo.

Les das, recogen;
Abres tu mano, se sacian de bien,
Escondes tu rostro, se turban;
les quitas el hálito,
dejan de ser y vuelven al polvo.

Envías su espíritu, son creados,
y renuevas la faz de la tierra.
Sea la gloria de Dios para siempre;
Alégrese Dios en sus obras.

A Dios cantaré en mi vida;
A mi Dios cantaré salmos mientras viva..
Dulce será mi meditación en él;
Yo me regocijaré en Dios.

Salmo 104:25-34

AGRADECIMIENTOS.

A Dios, por el amor eterno con que me has amado y la misericordia que me prolongas y que es nueva cada día. Dios, te amo con todo mi corazón.

Al Dr. Rafael Cervantes Duarte, Consejero y 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 Aguñiga García, Gerardo Verdugo Díaz, Rogelio González Armas, Rafael Cervantes Duarte y la Maestra Amada Reyes Salinas por su ayuda, comentarios y críticas hacia este trabajo.

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 Posgrado.

A todos los miembros del equipo del Laboratorio de Química Marina por su amistad incondicional (Horalía, René y Judith, Francisco Javier, José Juan, Mario, Alida).

A Fernando y Guadalupe Durga.

A José Luís, por tu amor, tus detalles, diligencia y paciencia.

A papá y mamá, por estar siempre dispuestos, por estar conmigo.

A mis hermanos, por los tiempos tan inolvidables compartidos, por su inagotable apoyo.

A mis amigos que son todos tan especiales.

A Gerardo por su sencillez de corazón e infinita ayuda y correcciones.

A Amada y Carlos por su cariño, entrega, responsabilidad, perseverancia y dedicación incondicionales.

Al Arq. Ernesto Alonso y su esposa Ruth.

Al Ing. Alex del Rey y su esposa Nancy y apoyadores.

Al Arq. Valdir Corte y su esposa Martha y liderazgo.

A Juan Carlos y su esposa Anita, así como sus hijas.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo otorgado mediante la beca en el nivel de maestría.

SIMBOLOGIA UTILIZADA EN EL TEXTO.

Variable	Símbolo	Unidades
Viento		$m s^{-1}$
Estado del mar		adimensional
Nubosidad		(0/8-8/8)
Temperatura		$^{\circ}C$
Salinidad	S	ups
Sigma-T	σ_t	adimensional
Índice de estratificación	Φ	$J m^{-3}$
Nitratos	NO_3	μM
Nitritos	NO_2	μM
Clorofila <i>a</i>	<i>Cl_a</i>	$mg Cl_a m^{-3}$
Productividad primaria	pp (F_c)	$mg C m^{-3} h^{-1}$
Productividad primaria integrada	ppin	$mg C m^{-2} h^{-1}$
Eficiencia cuántica de fotosíntesis	Φ_c	moles C / moles cuanta absorbidos
Eficiencia cuántica de fluorescencia	Φ_f	moles cuanta emitidos / moles cuanta absorbidos
Tasa de absorción de las células	F_a	moles cuanta $m^{-3} s^{-1}$
Coefficiente de absorción del agua	a_w	m^{-1}
Coefficiente de absorción específica de la clorofila <i>a</i>	$*a_{Cl_a}$	$m^2 mg Cl_a m^{-1}$
Coefficiente de absorción en la banda espectral de emisión de la fluorescencia	a_{Ff}	m^{-1}
Coefficiente de absorción específico del fitoplancton y partículas	$*a_p$	m^{-1}
Radiancia ascendente	L_u	moles cuanta $m^{-2} s^{-1} str^{-1}$
Razón máxima entre las eficiencias cuánticas	$(\Phi_c/\Phi_f)_{max}$	moles cuanta C / moles cuanta de fluorescencia
Irradiancia cuando (Φ_c/Φ_f) es la mitad del máximo	K_{cf}	moles cuanta $m^{-2} s^{-1}$
Longitud de onda	λ	nm
Radiación fotosintéticamente disponible (400-700 nm)	PAR	moles cuanta $m^{-2} s^{-1}$
Irradiancia escalar PAR	E_o	moles cuanta $m^{-2} s^{-1}$
Irradiancia descendente	E_d	moles cuanta $m^{-2} s^{-1}$
Irradiancia ascendente	E_u	moles cuanta $m^{-2} s^{-1}$

ÍNDICE.

	Página
Acta de Revisión de Tesis Forma CGPI-014.	i
Dedicatoria.	ii
Agradecimientos.	iii
Simbología utilizada en el texto.	iv
Resumen.	vi
Abstract.	vii
Lista de figuras.	viii
Lista de tablas.	x
Anexos.	xi
I Introducción.	1
I.1 Antecedentes.	2
I.2 Justificación.	5
I.3 Objetivos.	6
I.4 Metas.	6
II Localización del área de estudio.	6
III Materiales y métodos.	9
III.1 Muestreo.	9
III.2 Trabajo de campo.	9
III.3 Trabajo de laboratorio.	12
III.4 Trabajo de gabinete.	13
IV Resultados.	16
IV.1 Características meteorológicas.	16
IV.1.1 Vientos.	16
IV.1.2 Estado del mar.	16
IV.1.3 Nubosidad.	17
IV.2 Distribución temporal, espacial y vertical de las variables medidas.	18
IV.2.1 Temperatura, salinidad y sigma-T.	18
IV.2.2 Masas de agua.	28
IV.2.3 Estratificación de la columna de agua.	29
IV.2.4 Nutrientes.	32
IV.2.5 Clorofila <i>a</i> .	39
IV.3 Distribución temporal, espacial y vertical de la productividad primaria.	43
IV 3.1 Productividad primaria superficial.	43
IV 3.2 Productividad primaria integrada.	47
V Discusión.	51
V.1 Variables meteorológicas.	51
V.2 Variables fisicoquímicas.	52
V.3 Productividad primaria superficial e integrada.	57
V.4 Relación de las variables meteorológicas y fisicoquímicas con la productividad primaria.	60
VI Conclusiones.	63
VII Literatura citada.	64

RESUMEN.

Se analizó el comportamiento de la productividad primaria estimada por la fluorescencia de la clorofila *a* en la época de otoño-invierno. Se realizaron cuatro muestreos: en noviembre de 1997, enero de 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001. Los resultados muestran que las masas de agua que estuvieron presentes en la bahía (0-100m) fueron Agua del Golfo de California en mayor proporción; en menor proporción Agua Superficial Ecuatorial y Agua Subsuperficial Subtropical (excepto en noviembre de 1997 y enero de 1998). En noviembre de 1997 se registró una temperatura superficial promedio máxima (~ 27.62 °C), salinidad (~ 35.01 ups) y sigma-T superficial mínima (~ 22.60); mientras que en febrero del 2001 se observaron bajos valores de temperatura superficial del mar (~ 19.16 °C) salinidad (~ 35.35 ups) y sigma-T (~ 25.28). El índice de estratificación de Simpson (Φ) indica que durante noviembre de 1997 (~ 286.64 J m⁻³) la columna de agua se encontró con mayor grado de estratificación que los otros muestreos, mientras que en noviembre de 1998 (~ 60.47 J m⁻³) y febrero del 2001 (~ 94.55 J m⁻³) la columna de agua se encontró mezclada. En noviembre de 1997 registraron bajos valores de nitratos (~ 1.52 μM), nitritos (~ 0.04 μM) y clorofila *a* (~ 0.44 mg Cla m⁻³) posiblemente por influencia de El Niño 1997-1998, mientras que en febrero del 2001 se observaron valores más altos de nitratos (~ 7.46 μM), nitritos (~ 0.76 μM) y clorofila *a* (~ 1.07 mg Cla m⁻³). La productividad primaria superficial (pp) presentó su promedio máximo en noviembre del 2000 (~ 5.09 mg C m⁻³ h⁻¹) y mínimo en noviembre de 1997 (~ 2.93 mg C m⁻³ h⁻¹). La productividad primaria integrada (ppin) mostró un promedio máximo en noviembre del 2000 (75.54 mg m⁻² h⁻¹) y un mínimo en noviembre de 1997 (~ 55.29 mg m⁻² h⁻¹) debido posiblemente a cambios en los procesos físicos en la columna de agua.

El índice de estratificación, fue la variable que presentó mayor relación con respecto a la productividad primaria (superficial e integrada). Se observó que la variación de la productividad primaria responde a la variabilidad combinada de las condiciones meteorológicas y fisicoquímicas que se presentan en las diferentes épocas del año. De manera que, se puede considerar a la bahía como un cuerpo de agua donde la productividad primaria es relativamente baja durante otoño-invierno.

ABSTRACT.

This work analyzed the primary productivity, via chlorophyll natural fluorescence in autumn-winter season. Four samplings were conducted in November of 1997, January of 1998, November of 2000 and February of 2001. Results show that the water masses present were mainly California Gulf Water and to a lesser extent Surface Equatorial Water and Subtropical Subsurface Water (but except for November of 1997 and January of 1998). In November of 1997, the maximum surface temperature which were measured (~ 27.62 °C), salinity (~ 35.01 ups), surface minima sigma-T (~ 22.60) whilst in February of 2001 low surface temperature values were measured (~ 19.16 °C), salinity (~ 35.35 ups), sigma-T (~ 25.28). Simpson stratification index (Φ) shows that during November of 1997 (~ 286.64 J m^{-3}) the water column showed higher stratification than the other months of sampling. A perfectly mixed water column was found for November of 1998 and February of 2001. November of 1997 showed low nitrates (~ 1.52 μM), nitrites (~ 0.04 μM) and chlorophyll *a* (~ 0.44 $mg\ m^{-3}$), probably due to the influence of ENSO 1997-1998, while in February of 2001 the values were highest nitrates (~ 7.46 μM), nitrites (~ 0.76 μM) and chlorophyll *a* (~ 1.07 $mg\ m^{-3}$). Surface primary productivity (pp) values were highest in November of 2000 (~ 5.09 $mg\ C\ m^{-3}\ h^{-1}$) and lowest in November of 1997 (~ 2.93 $mg\ C\ m^{-3}\ h^{-1}$). Integrated primary productivity (ppin) showed maximum values in November of 2000 (75.54 $mg\ m^{-2}\ h^{-1}$) and lower in November of 1997 (~ 55.29 $mg\ m^{-2}\ h^{-1}$), values due probably to physical changes in the water column.

The stratification index which showed the highest relation regarding primary productivity (surface and integrated). The variation of the primary productivity response to combined variability of meteorological and physicochemical conditions which occurred in different seasons thought the year. Then this bay shows a levels of primary productivity relatively low in autumn-winter.

LISTA DE FIGURAS.

	Página
Figura 1. Localización del área de estudio.	8
Figura 2. Localización de las estaciones de muestreo en la Bahía de La Paz.	10
Figura 3. Estado del mar (según la escala de Beaufort) durante el período de muestreo en la Bahía de La Paz.	17
Figura 4. Nubosidad durante el período de muestreo en la Bahía de La Paz.	18
Figura 5. Temperatura (°C), salinidad (ups) y sigma-T superficial promedio y desviación estándar durante el período de muestreo en la Bahía de La Paz.	19
Figura 6. Distribución espacial de temperatura superficial (°C) durante noviembre de 1997, enero de 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001 en la Bahía de La Paz.	21
Figura 7. Distribución espacial de salinidad superficial (ups) durante noviembre de 1997, enero 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001 en la Bahía de La Paz.	23
Figura 8. Distribución espacial de sigma-T superficial durante noviembre de 1997, enero 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001 en la Bahía de La Paz.	25
Figura 9. Perfiles verticales de temperatura (°C) durante el período de muestreo en la Bahía de La Paz.	26
Figura 10. Perfiles verticales de salinidad (ups) correspondientes a noviembre de 1997, enero de 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001.	27
Figura 11. Perfiles verticales de sigma-T correspondientes a noviembre de 1997, enero de 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001.	28
Figura 12. Diagrama T-S durante noviembre de 1997 (+), enero de 1998 (+), noviembre del 2000 (+) y febrero del 2001 (+).	29
Figura 13. Promedios mensuales y desviación estándar de Φ (J m^{-3}) durante el período de muestreo.	30
Figura 14. Distribución espacial de Φ (J m^{-3}) correspondiente al mes de noviembre de 1997, enero de 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001.	31
Figura 15. Promedio superficial y por niveles de nitratos durante el período de muestreo.	32
Figura 16. Distribución espacial de la concentración superficial de nitratos (μM) durante el mes de noviembre de 1997, enero de 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001.	34
Figura 17. Perfiles verticales de nitratos (μM) durante el período de muestreo en la Bahía de La Paz, B. C. S.	35
Figura 18. Promedio superficial y por niveles de nitritos durante el período de muestreo.	36

LISTA DE FIGURAS (continuación).

	Página
Figura 19. Distribución espacial de la concentración superficial de nitritos (μM) durante el mes de noviembre de 1997, enero de 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001.	38
Figura 20. Perfiles verticales de nitritos (μM) durante el período de muestreo.	39
Figura 21. Promedios mensuales de clorofila <i>a</i> (mg Cla m^{-3}) superficial y por niveles durante el período de muestreo.	40
Figura 22. Distribución espacial de clorofila <i>a</i> (mg Cla m^{-3}) superficial durante noviembre de 1997, enero de 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001.	42
Figura 23. Perfiles verticales de clorofila <i>a</i> (mg Cla m^{-3}) durante el período de muestreo.	43
Figura 24. Promedios y desviaciones estándar mensuales de productividad primaria superficial ($\text{mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) durante el período de muestreo.	44
Figura 25. Promedios y desviaciones estándar mensuales de productividad primaria superficial ($\text{mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) de tres estaciones con misma ubicación geográfica durante el período de muestreo.	45
Figura 26. Distribución espacial de productividad primaria superficial ($\text{mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) correspondiente a noviembre de 1997, enero de 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001.	46
Figura 27. Perfiles verticales de productividad primaria ($\text{mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) correspondientes a noviembre de 1997, enero de 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001.	47
Figura 28. Promedios y desviaciones estándar mensuales de productividad primaria integrada ($\text{mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) durante el período de muestreo.	48
Figura 29. Promedios y desviaciones estándar mensuales de productividad primaria integrada ($\text{mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) de tres estaciones con la misma ubicación geográfica durante el período de muestreo.	49
Figura 30. Distribución espacial de productividad primaria integrada ($\text{mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) correspondiente al mes de noviembre de 1997, enero de 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001.	50
Figura 31. Variación temporal de la productividad primaria superficial ($\text{mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) durante el período de muestreo en la Bahía de La Paz (Δ , \blacktriangle , \circ , \bullet). Se muestran además los valores reportados por Reyes-Salinas (1999) (\square).	58
Figura 32. Variación temporal de la productividad primaria integrada ($\text{mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) durante el período de muestreo en la Bahía de La Paz (Δ , \blacktriangle , \circ , \bullet). Se muestran además los valores reportados por Reyes-Salinas (1999) (\square).	59

LISTA DE TABLAS.

	Página
Tabla 1. Especificaciones técnicas del CTD (S4-InterOcean).	9
Tabla 2. Especificaciones técnicas del PNF-300 (biospherical Instrumenst Inc.).	11
Tabla 3. Valores promedio de la intensidad del viento (m s^{-1}) durante el período de muestreo.	16

ANEXOS.

	Página
Tabla I. Temperatura superficial (°C).	I
Tabla II. Salinidad superficial (ups).	I
Tabla III. Sigma-T superficial.	I
Figura 1. Diagrama T-S correspondiente al muestreo de noviembre de 1997 en la Bahía de la Paz.	II
Figura 2. Diagrama T-S correspondiente al muestreo de enero de 1998 en la Bahía de la Paz.	III
Figura 3. Diagrama T-S correspondiente al muestreo de noviembre del 2000 en la Bahía de la Paz.	IV
Figura 4. Diagrama T-S correspondiente al muestreo de febrero del 2001 en la Bahía de la Paz.	V
Tabla IV. Índice de estratificación ($J m^{-3}$).	VI
Tabla V. Nitratos por estratos (μM).	VI
Tabla VI. Nitritos por estratos (μM).	VII
Tabla VII. Clorofila <i>a</i> por estratos ($mg\ Cl a\ m^{-3}$).	VIII
Tabla VIII. Productividad primaria superficial ($mg\ C\ m^{-3}\ h^{-1}$).	IX
Tabla IX. Productividad primaria integrada ($mg\ C\ m^{-2}\ h^{-1}$).	IX
Tabla X. Relación de estaciones que registraron la misma posición geográfica para el análisis de productividad primaria superficial e integrada.	IX
Tabla XI. Productividad primaria superficial ($mg\ C\ m^{-3}\ h^{-1}$) de tres estaciones durante noviembre de 1997, enero de 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001.	X
Tabla XII. Productividad primaria integrada ($mg\ C\ m^{-2}\ h^{-1}$) de tres estaciones durante noviembre de 1997, enero de 1998, noviembre del 2000 e febrero del 2001.	X

I INTRODUCCIÓN.

El fitoplancton son algas microscópicas que flotan a la deriva en el océano y son distribuidas por las corrientes oceánicas (Millero, 1996), presentan su mayor importancia en aguas costeras en donde son los principales productores primarios. Además de su importancia como productores primarios, el efecto que tiene la comunidad fitoplanctónica en la biota, clima, y la geología es significativo; pues a través de la fotosíntesis, el fitoplancton utiliza dióxido de carbono atmosférico. Cuando muere, se sedimenta, dando lugar a la formación de rocas sedimentarias ricas en carbonatos (cocolitofóridos) o depósitos silíceos, transportando de igual manera el carbono atmosférico al fondo del océano. Por las razones expuestas, es de gran importancia generar el conocimiento de la capacidad productiva de una zona. Para este fin, se han empleado diversas técnicas y metodologías como las mediciones de fluorescencia natural, que son rápidas y pueden ser calculadas sin la perturbación de la biomasa fitoplanctónica; así mismo, las estimaciones de la tasa fotosintética con este método ofrecen ventajas sobre las mediciones de fotosíntesis *in vitro*, puesto que la medición es instantánea y puede ser calculada sin incubación de una muestra de agua de mar (Chamberlain *et al.*, 1990)

La fluorescencia natural en el mar es la emisión de la clorofila *a* por la luz solar en una banda próxima a 683 nm, misma que es utilizada para realizar estimaciones de productividad primaria mediante las ecuaciones propuestas por Kiefer *et al.* (1989) y Chamberlain *et al.* (1990). A pesar de que este método ha sido utilizado ampliamente (Aguirre-Gómez, 2002; García-Mendoza y Maske, 1996; Reyes-Salinas *et al.*, 2003 entre otros), presenta limitaciones como su deficiencia en los primeros metros de profundidad; dado que la radiación solar (infrarroja) puede contaminar las señales registradas. Por esta razón, es recomendable esta metodología a partir de aproximadamente 5 m de profundidad, donde la radiación ascendente correspondiente a las longitudes de onda roja provienen principalmente de la biomasa del fitoplancton (Chamberlain *et al.*, 1990). Ésta ha sido ampliamente estudiada como un método rápido de calcular las tasas de producción primaria.

La productividad primaria (pp) o tasa fotosintética es la síntesis de material orgánico a partir de compuestos inorgánicos (CO₂ y H₂O), utilizando la energía química derivada de la energía solar por unidad de tiempo sobre una base de área (mg C m⁻²h⁻¹) o de volumen (mg

$\text{C m}^{-3}\text{h}^{-1}$) (Parsons *et al.*, 1984). La mayor fuente de los compuestos orgánicos para el océano provienen de la productividad primaria de las microalgas y macroalgas. Esta producción primaria está basada en el proceso fotosintético y es el inicio de la cadena alimenticia marina. Los seres vivos en el océano dependen directa o indirectamente del fitoplancton para sobrevivir; ya que los organismos pequeños consumen fitoplancton, éstos a su vez son consumidos por organismos más grandes y así sucesivamente. La productividad primaria, al ser un proceso fisiológico se ve influenciada por las condiciones ambientales en las cuales se desarrolla la comunidad fitoplanctónica; de esta forma, los factores de primer orden que afectan la productividad primaria son la irradiancia y la biomasa, ya que la fotosíntesis depende del flujo de fotones y de la capacidad de los organismos fotosintetizadores (biomasa) para captarlos. Los factores de segundo orden son la temperatura y nutrientes (Platt y Sathyendranath, 1988). Tanto los factores de primer orden como los de segundo orden interactúan entre sí por lo cual es importante estudiarlos en su conjunto. Al respecto, es importante conocer la penetración de la luz y por consiguiente la profundidad de la zona eufótica, ya que su posición con relación a la termoclina puede ser un factor importante para el crecimiento de la comunidad fitoplanctónica. Una termoclina más profunda que la zona eufótica puede limitar el aporte de nutrientes de aguas profundas hacia aguas superficiales iluminadas. Por otra parte, cuando la termoclina es superficial y la zona eufótica es profunda, puede existir aporte de nutrientes hacia la zona mencionada (Sverdrup, 1953). Los procesos como vientos, mareas, corrientes y surgencias pueden ser factores que modifiquen estas condiciones (Gaxiola-Castro, 1994). Una manera recomendada de conocer la estratificación en la columna de agua es mediante el índice de Simpson, que es una medida que representa la cantidad de energía mecánica requerida para producir mezcla en la columna de agua (Simpson *et al.*, 1977).

I.1 ANTECEDENTES.

Los intentos para la estimación de productividad primaria en aguas mexicanas se han realizado de manera aislada e incluyen una variada forma en la aplicación de los métodos para su determinación, entre ellos se han utilizado comúnmente la producción de oxígeno (Gaardner y Gran, 1927), incorporación de carbono catorce (^{14}C) (Steemann, 1952), etc.

Paralelamente se han desarrollado métodos alternativos como las mediciones de fluorescencia de la clorofila (Kiefer *et al.*, 1989) y la utilización de sensores remotos.

En el Golfo de México se han realizado investigaciones para conocer la distribución horizontal y vertical de la clorofila *a* y productividad primaria estimada por fluorescencia natural (Aguirre-Gómez, 2002), registrando valores de 1.20 a 6.70 mg C m⁻³ h⁻¹ en regiones oceánicas, pero diferentes niveles en las zonas costeras o con presencia de sedimentos cuyos valores fueron de 34.00 a 120.00 mg C m⁻³ h⁻¹, estos valores fueron asociados a características topográficas de el área de estudio, donde los valores más altos fueron encontradas muy cerca de El Cañón Campeche; la productividad primaria integrada presentó variaciones, posiblemente asociadas a la hora del día en que las estaciones fueron muestreadas, consecuentemente a las variaciones de irradiancia *in situ*.

En el Pacífico mexicano se han realizado trabajos sobre los efectos de algunos procesos físicos sobre la fisiología y productividad del fitoplancton marino, enfatizando que es importante considerar la influencia que algunos factores físicos de escala diversa tienen sobre la variabilidad de la producción primaria en el océano y aunque algunos resultados se obtuvieron para procesos muy locales, es posible extender su aplicabilidad en cualquier área bajo condiciones similares (Gaxiola-Castro, 1994). Se han obtenido datos por fluorescencia natural y producción primaria con el método de carbono catorce ¹⁴C, a través de los cuales confirmaron que la razón de eficiencia cuántica de fluorescencia a producción primaria es una función de radiancia *in situ* y no de concentración de nutrientes y temperatura como se ha reportado en la literatura (García-Mendoza y Maske, 1996). De igual forma, se han realizado estudios como el de (Espinosa-Carreón, 1996); el cual relaciona productividad primaria con algunas variables bio-ópticas obteniéndose un coeficiente de determinación significativo entre la tasa de fotosíntesis (F_c) y la productividad primaria medida con carbono catorce (¹⁴C), así como para la relación entre la clorofila *a* y la fluorescencia inducida. Por otro lado, se ha investigado la variabilidad de los parámetros fotosintéticos del fitoplancton en función de la climatología de la zona eufótica, los resultados mostraron que dichos parámetros no fueron significativamente diferentes entre mareas vivas y muertas, pero sí significativamente diferentes entre los de día y los de noche (Valdéz-Holguín, 1998).

En el Golfo de California se han realizado trabajos sobre productividad primaria y los efectos del evento El Niño 1982-1983 (Valdéz-Holguín y Lara-Lara, 1987); la relación entre clorofila *a* superficial y clorofila *a* en la zona eufótica como posible aplicación para estimar la producción primaria con datos obtenidos por sensores remotos (Cervantes-Duarte *et al.*, 1993). También se establecieron regiones biogeográficas del Golfo de California basadas en imágenes CZCS (Coastal Zone Color Scanner) (Santamaría-del-Ángel *et al.*, 1994); Thunell *et al.* (1996) estudiaron la respuesta del plancton al forzamiento físico en esta área y mencionaron que los cambios producidos en la productividad planctónica en el comportamiento anual, se debe en mayor parte al efecto producidos por la dirección del viento y su efecto en las condiciones de la capa superficial del mar; así mismo, se analizó el efecto de la mezcla vertical en la producción primaria en Bahía de los Ángeles (Delgadillo-Hinojosa *et al.*, 1997) así como la caracterización estacional y espacial de los parámetros fotosintéticos del fitoplancton (Valdéz-Holguín *et al.*, 1999). Hidalgo-González y Álvarez-Borrego (2000), estudiaron los perfiles de clorofila *a* y su relación con la estructura de la columna de agua.

Los trabajos sobre productividad primaria en la Bahía de La Paz son escasos, Bustillos-Guzmán (1986) y Bustillos-Guzmán y Olivares-González (1986) utilizando el método de D. B. O. encontraron que el promedio de la productividad primaria neta en los ecosistemas de manglares de la Bahía de La Paz (Balandra, Zacatecas y Enfermería) es bajo (7.30 a $23.80 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) en comparación con otras áreas de manglar como de lagunas costeras del este del Golfo de California $31.16 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$. Reyes-Salinas (1999) utilizando el método de la fluorescencia natural encontró que el valor promedio de la productividad primaria durante primavera-verano es de $8.00 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$, registrándose el valor promedio máximo en marzo ($16.00 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) y el mínimo en septiembre ($2.17 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$). Reyes-Salinas *et al.* (2003) mencionaron que en primavera observaron valores altos de productividad primaria en primavera y bajos en verano, y dichos valores dependieron del grado de estratificación de la columna de agua. De igual manera, Verdugo-Díaz (2004) estudió la variabilidad de la comunidad fitoplanctónica y su relación con los cambios de los parámetros fotosintéticos y encontró que la distribución de la fluorescencia activa presentó sus máximos subsuperficiales durante el período cálido (comprendió los meses de junio, agosto y septiembre, octubre lo consideró como de transición); en el período frío (abarcó

los meses de febrero y marzo, mientras que consideró a abril como de transición) su distribución fue más homogénea en la zona eufótica. Con relación a los parámetros fotosintéticos, reportó valores máximos durante el período frío ($0.04 \text{ mg C mgCla h}^{-1}$) y mínimos durante el período cálido ($0.007 \text{ mg C mgCla h}^{-1}$).

En la laguna Ensenada de La Paz, Gilmartin y Revelante (1978) reportan valores de productividad promedio de $31.00 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$; Lechuga-Devéze (1982) aplicó el método de botellas claras y oscuras y encontró valores de $1190.00 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$; también, Lechuga-Devéze *et al.* (1986), reportaron valores de un promedio mensual máximo en octubre de $1510.00 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ y un valor promedio mensual mínimo en diciembre de $510.00 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$; Barreiro-Güemes *et al.* (1993) obtuvieron valores de productividad primaria bruta durante el verano de 1987 (de 10.00 a $347.00 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) y 1988 (de 75.00 a $325.00 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) y observaron que las variaciones de producción primaria fueron coincidentes con las variaciones de marea, cuyos valores mayores se relacionaron con los períodos de pleamar.

I.2 JUSTIFICACIÓN.

La Bahía de La Paz es considerada un área importante de la zona noroeste del litoral mexicano, ya que en ella se realizan actividades de pesca, acuicultura y turístico-deportivas. Estas han influido para que sea involucrada en diferentes áreas de investigación. Dichos trabajos se han enfocado al estudio de peces y moluscos, así como la biología de especies de importancia comercial; mientras que los estudios de ecología y productividad del fitoplancton recientemente han sido abordados de manera sistemática. Los trabajos de investigación referentes a la productividad primaria estimada vía fluorescencia natural han analizado el comportamiento de ésta durante primavera-verano y su interrelación con algunos factores que la controlan; por lo cual, el propósito de este trabajo ha sido profundizar en el conocimiento de ésta durante otoño-invierno con el fin de generar e integrar los datos existentes para mostrar la variabilidad temporal de la misma y determinar cuál de las variables analizadas ejerce mayor influencia sobre dicha productividad.

I.3 OBJETIVOS.

I.3.1 GENERAL.

* Estimar la productividad primaria en la Bahía de La Paz, por medio de la fluorescencia natural durante otoño-invierno.

I.3.2 ESPECÍFICOS.

*Describir el comportamiento de las variables meteorológicas (vientos, estado del mar y nubosidad), físico-químicas (temperatura, salinidad, sigma-T, índice de estratificación, nutrientes y clorofila *a*) durante otoño-invierno.

*Relacionar el comportamiento de las variables físico-químicas con la productividad primaria durante otoño-invierno.

I.4 METAS.

*Representar de manera gráfica y analizar el comportamiento de las variables meteorológicas (vientos, estado del mar, nubosidad), físicoquímicas (temperatura, salinidad, sigma-T, NO₃ y NO₂, clorofila *a*), de la productividad primaria e integrada.

*Identificar las masas de agua presentes en la bahía mediante diagramas T-S.

*Describir la distribución temporal, espacial y vertical de la productividad primaria e integrada.

II LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

La Bahía de La Paz se encuentra localizada en el litoral occidental del Golfo de California, entre los 24°06' y 24°47' latitud Norte y 108°18' y 110°45' longitud Oeste (Figura 1). Su eje mayor Noroeste-Sureste (NO-SE) mide 81 km y su eje menor Oeste-Este (O-E) 33 km.

El Golfo de California influye en las aguas de la bahía a través de la Boca Principal, el Canal San José y el Canal San Lorenzo, en la cual la mayor parte del año es posible detectar Agua del Golfo de California ($S > 35.00$ ups) con temperaturas mayores a los 18.00 °C, localizada desde la superficie hasta los 250 m de profundidad (Reyes-Salinas y Cervantes-Duarte, 1998). La zona norte es la más profunda (400 m), la zona sur es somera

(< 90 m) (Cruz-Orozco *et al.*, 1996). Por su parte, Verdugo-Díaz (2004) presenta valores de temperatura superficiales mínimos en invierno-primavera de 20.00 °C y valores máximos en verano de 31.00 °C.

En la Bahía de La Paz, durante invierno, los vientos son del norte y noroeste (2.00-3.00 m s⁻¹ y rachas hasta de 10.00 m s⁻¹); mientras que los de verano, éstos son del sur (2.00-3.00 m s⁻¹) (Robles Gil-Mestre, 1998; Reyes-Salinas *et al.*, 2003); Martínez-López *et al.*, 2001 y Obeso-Nieblas, 2003). Dichos vientos influyen en la circulación del agua superficial dentro de la bahía; en el caso de los vientos del norte y noroeste (característicos de invierno) generan una circulación ciclónica y en el caso de los vientos del sur y sureste (propios de verano) una circulación anticiclónica (Jiménez-Illescas *et al.*, 1997). Generalmente, en la bahía hay una baja nubosidad y largos períodos de insolación durante el año; es decir, cielos despejados y atmósfera seca. Durante los meses de mayo a noviembre, es afectada por tormentas tropicales (chubascos o ciclones tropicales), los cuales se forman y se desplazan a lo largo de la vertiente del Pacífico (García y Reyes, 1985). La menor cobertura de nubes (0 octavos) se observa en primavera (de marzo a junio), sobre todo en época de secas (intensa radiación solar); mientras que la mayor cobertura de media a alta (4-8 octavos), se presenta en los meses de verano e invierno en época de lluvias (con máxima precipitación entre junio y octubre).

El área continental que delimita a la bahía presenta clima seco-semicálido (Cruz-Ayala, 1996). La temperatura promedio ambiental mínima es de 8.00 °C en invierno, y la máxima de 37.00 °C en verano (Cruz-Ayala, 1996).

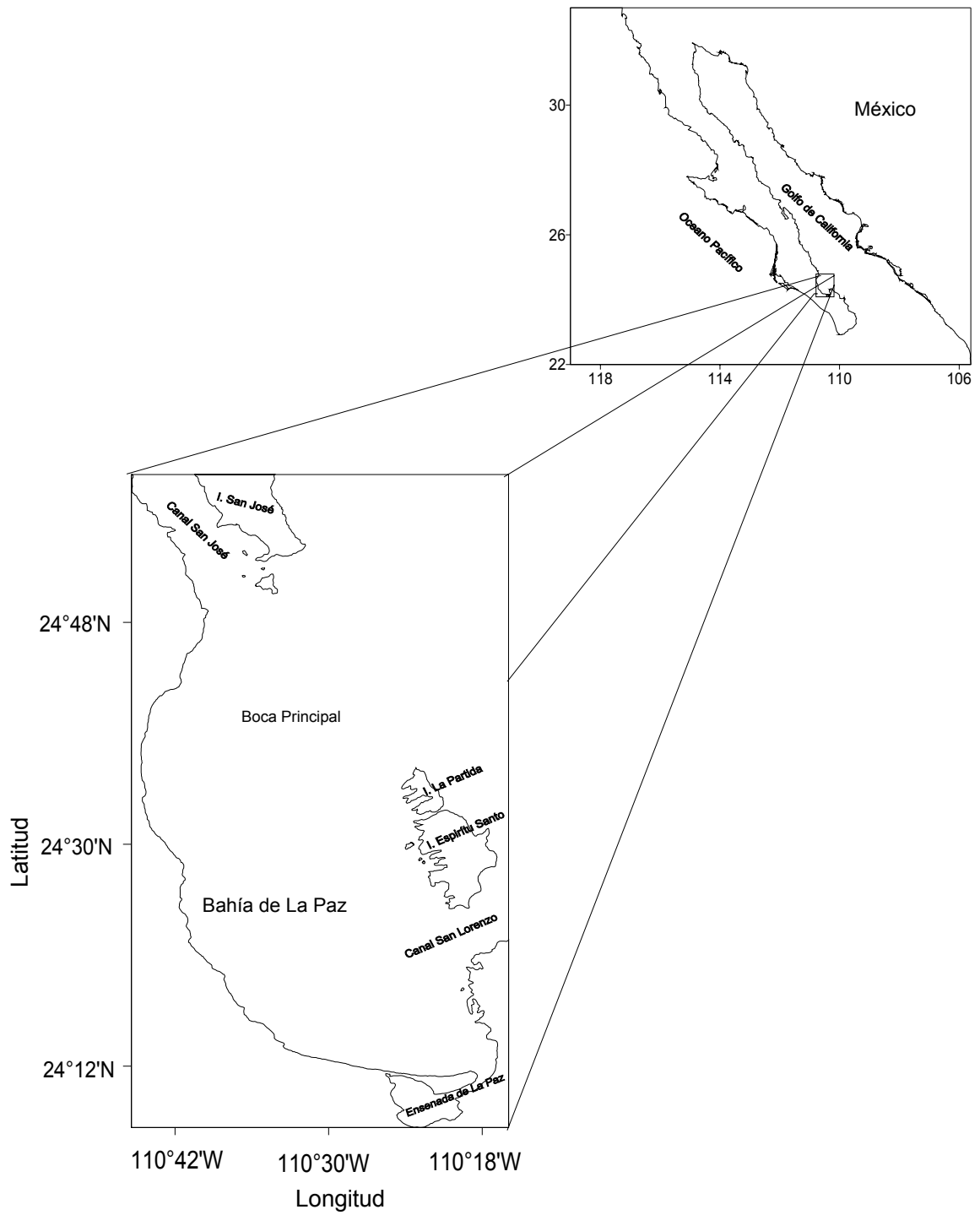


Figura 1. Localización del área de estudio.

III MATERIALES Y MÉTODOS.

III.1 MUESTREO.

Se realizaron cuatro muestreos correspondientes a los meses de noviembre de 1997 (NOV97), enero de 1998 (ENE98), noviembre del 2000 (NOV00) y febrero del 2001 (FEB01). Los muestreos cubrieron de veintiseis a treinta y nueve estaciones; los dos primeros muestreos incluyeron estaciones en áreas someras, mientras que en los otros dos fueron estaciones en área profunda debido al tipo de embarcación utilizada. La localización de las estaciones se representa en la Figura 2.

III.2 TRABAJO DE CAMPO.

En cada estación se realizaron las siguientes actividades:

III.2.1 Ubicación geográfica de cada estación con GPS (Global Positioning System), Magellan NAV DX-10.

III.2.3 Estimación de la cobertura de nubes en octavos (Herrera-Juárez, 1995).

III.2.4 Estado del mar en la escala de Beaufort (Weihaupt, 1984).

III.2.5 Mediciones de temperatura y salinidad *in situ* en la columna de agua mediante un CTD (S4-InterOcean).

SENSOR	INTERVALO	RESOLUCIÓN	PRECISIÓN
Conductividad	0-70 mScm ⁻¹	0.005 mScm ⁻¹	0.02 mScm-1
Temperatura	-5 a +45 °C	0.003 °C	±0.02 °C (0.06 s resp)
Presión	0-1000 db	1 db	±0.15% de la escala

Tabla 1. Especificaciones técnicas de CTD (S4-Interocean).

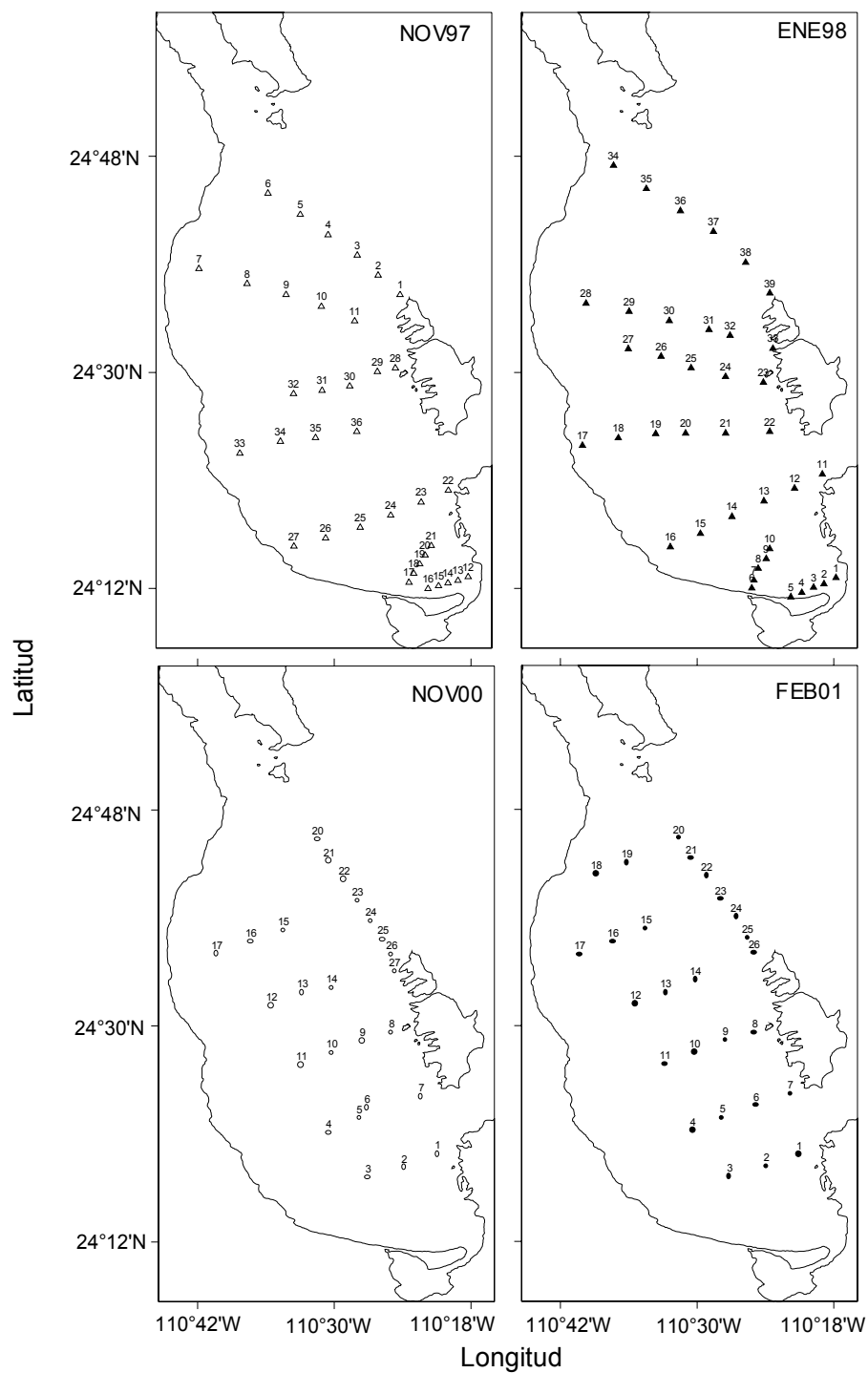


Figura 2. Localización de las estaciones de muestreo en la Bahía de La Paz.

III.2.6 Mediciones de fluorescencia natural en la columna de agua a través de un PNF300 (Biospherical Instruments).

SENSOR	INTERVALO		RESOLUCIÓN	PRECISIÓN
PROFUNDIDAD	0-200m		0.1m	±0.1% de la escala
TEMPERATURA	-5 A 35°C		0.03°C	±0.1°C
PAR	SATURACIÓN DE IRRADIANCIA	RANGO DINÁMICO	RMS-RUIDO	TIEMPO CONSTANTE
	0.5µE/(cm ² * sec)	106	<3*10 ⁻⁸ µE/(cm ² * sec)	Aprox.0.02 sec.
FLUORESCENCIA NATURAL	50nE/(m ² *sr*sec.)	106	Aprox. 1 sec.	Aprox. 1 sec

Tabla 2. Especificaciones técnicas del PNF-300 (Biospherical Instruments Inc.).

III.2.7 Toma de muestras de agua de mar:

En noviembre de 1997 y enero de 1998 se muestrearon tres profundidades con botellas Niskin (100%, 50% y 1% de irradiancia superficial). En noviembre del 2000 y febrero del 2001, seis profundidades (100%, 55%, 33%, 10%, 3% y 1% de irradiancia superficial) en seis y cinco estaciones respectivamente; y el resto de las estaciones a profundidades estándares (0 m, 10 m, 20 m, 30 m, 40 m, 50 m y 75 m).

III.2.7.1 Nutrientes inorgánicos. Las muestras se colectaron en frascos de plástico (lavados previamente con HCl al 5 %) a las profundidades antes mencionadas.

III.2.7.2 Pigmentos. Se filtró previamente el agua de mar de cada nivel con una malla de 200 µm (para eliminar organismos zooplanctónicos). Posteriormente se filtraron volúmenes de aproximadamente 1000 ml con filtros GF/F de 25 mm de diámetro a presión constante menor de 1/3 de atmósfera. Los filtros se guardaron en cápsulas de plástico (tipo Histoprep/Fisher Scientific) y mantuvieron congelados en nitrógeno líquido hasta su análisis.

III.3. TRABAJO DE LABORATORIO.

III.3.1 IONES NITRATO.

Para su determinación se utilizó el método propuesto por Morris y Rilley (1963) con las modificaciones sugeridas por Grasshoff *et al.* (1983). Esta técnica consiste en la reducción de nitratos a nitritos mediante una columna reductora de cadmio y se cuantifican los nitritos mediante reacciones coloridas (diazonización con sulfanilamida y naftiletilenodiamina). Posteriormente se lee la extinción de la muestra con un espectrofotómetro a 543 nm, con celda de 1 cm. (Parsons *et al.*, 1984).

III.3.2 IONES NITRITO.

El método utilizado para su determinación fue el descrito por Parsons *et al.* (1984). El nitrito presente en la muestra es cuantificado colorimétricamente haciendo reaccionar la muestra con dos compuestos aromáticos (sulfanilamida y naftiletilenodiamina clorhidrato) formando el compuesto colorido diazo rosa intenso, el cual es proporcional al nitrito contenido en la muestra). Posteriormente se lee la extinción en el espectrofotómetro a 543 nm, con celda de 10 cm (Parsons *et al.*, 1984).

III.3.3 PIGMENTOS.

Para la extracción de pigmentos se colocó cada filtro en un vial y se agregaron 10 ml de acetona al 90% manteniéndose a 4 °C en obscuridad durante 24 horas. El espectrofotómetro se calibró con acetona al 90% con cero en absorbancia a 730, 670, 664, 647, 630, 600, 560, 550, 540, 500, 420 nm. Se filtraron los extractos con acrodisk 13 C.R. PTFE/Gelman de 0.2 µm, y ya que estuvieron aclimatadas las muestras a la temperatura del laboratorio se procedió a su lectura espectrofotométrica a las longitudes de onda antes mencionadas.

III. 4 TRABAJO DE GABINETE.

III.4.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO:

Para la descripción de los resultados es necesario la utilización de gráficas, realización de perfiles verticales, mapas de isolíneas (las estaciones se representan por los puntos y lo que queda fuera de ellos es interpolado por el mismo programa) empleando los programas Sigma Plot para Windows, Surfer 32 y Microsoft Excel.

III.4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Se utilizaron los valores máximos y mínimos, la media aritmética, la mediana y la desviación estándar. El análisis se realizó mediante el programa Statistical Graphics System.

La comparación de medias se realizó aplicando el análisis de variancia con un coeficiente de regresión significativo al 95% de confianza.

La relación de las diferentes variables con la productividad primaria se hicieron mediante regresiones lineales y diagramas de dispersión mediante el programa Statistical Graphics System.

III.4.3 CÁLCULOS.

III.4.2.1 IONES NITRATO.

$$\mu\text{M NO}_3 = (\text{Extinción corregida de la muestra}) (F) - 0.95 [\text{NO}_2]$$

Donde:

F = Factor de corrección.

$$F = 20/E_s$$

E_s = Extinción del estándar, corregida por el blanco.

[NO₂] = Concentración de nitritos en $\mu\text{M NO}_2$.

III.4.2.2 IONES NITRITO.

$$\mu\text{M NO}_2 = (\text{Extinción corregida de la muestra}) (F)$$

Donde:

F = Factor de corrección.

$$F = 2/E_s$$

E_s = Extinción promedio de los tres estándares, corregida por el blanco.

Nota: La extinción del blanco no debe exceder a 0.03.

III.4.2.3 PIGMENTOS:

$$\text{mg Cl } a \text{ m}^{-3} = ([Cl \ a] * v) / (V * \text{long. de la celda})$$

$$[Cl \ a] = 11.6 (A_{665\text{nm}}) - 1.54(A_{647\text{nm}}) - 0.08(A_{630\text{nm}})$$

[Cl a] = Concentración de clorofila a.

v = Volumen de acetona en ml.

V = Volumen de muestra filtrada en litros.

III.4.2.4 ÍNDICE DE ESTRATIFICACIÓN.

$$\Phi = -\int_{-h}^0 (\bar{\rho} - \rho) g z dz$$

Donde:

ρ = La densidad del agua.

$\bar{\rho}$ = La densidad promedio de la columna de agua.

$$(\bar{\rho} = \frac{1}{h} \int_{-h}^0 \rho) dz$$

g = La aceleración debido a la gravedad (9.81 m/s²);

h = La profundidad (de 0-100m).

z = La coordenada vertical (ascendente positiva).

III.4.2.5 PRODUCTIVIDAD PRIMARIA.

$$F_c = \frac{K_{cf} F_f \left(\frac{\Phi_c}{\Phi_f} \right)_{\max}}{K_{cf} + E_o}$$

donde:

F_c ($\text{nmol C m}^{-3} \text{ s}^{-1}$) = Productividad primaria.

K_{cf} ($\mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) = El valor de la irradiancia en el cual la razón entre las eficiencias cuánticas es igual a la mitad del máximo, (tomado como 189, valor reportado para el Pacífico Mexicano por García-Mendoza y Maske, 1996)

F_f (moles cuanta $\text{m}^{-3} \text{ s}^{-1}$) = La tasa de fluorescencia natural y esta definida como:

$$F_f = 4\pi(k + a_{Ff})L_u$$

Donde:

4π = Una constante geométrica, utilizada para transformar la radiancia a volumen de emisión (str^{-1}).

k (m^{-1}) = El coeficiente de atenuación de luz difusa para E_o . El cual fue calculado de los perfiles verticales de la irradiancia escalar (PAR).

a_{Ff} (m^{-1}) = El coeficiente de absorción en la banda espectral de emisión de la fluorescencia (tomado como $a_{Ff} = 0.49 + 0.012Cl_a$, valores reportados para el Pacífico Mexicano por García-Mendoza y Maske, 1996).

L_u (moles cuanta $\text{m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ str}^{-1}$) = La radiancia ascendente.

$(\Phi_c/\Phi_f)_{\max}$ (átomos de carbono por fotón) = El valor máximo de la razón entre las eficiencias cuánticas (tomado como 1.9, valor reportado para el Pacífico Mexicano por García-Mendoza y Maske, 1996).

E_o (moles cuanta $\text{m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) = La irradiancia escalar fotosintéticamente disponible (PAR; 400-700 nm).

IV RESULTADOS.

IV. 1 CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS.

IV.1.1 VIENTOS.

Las intensidades y direcciones de los vientos fueron proporcionados por la Comisión Nacional del Agua. Durante noviembre de 1997 los vientos dominantes presentaron componente sur-sureste, suroeste y noroeste con intensidades de 2.70, 3.60 y 2.80 $m s^{-1}$ respectivamente; en enero de 1998 las componentes fueron de noroeste y norte con intensidades de 1.97 y 4.10 $m s^{-1}$. Durante noviembre del 2000 los vientos tuvieron componentes norte y noreste con intensidades de 2.90 y 1.80 $m s^{-1}$; en febrero del 2001 las componentes fueron de noroeste y noreste con intensidades de 1.40 y 2.10 $m s^{-1}$ (Tabla 3).

Componentes	Otoño-invierno 1997-1998		Otoño-invierno 2000-2001	
	NOV97	ENE98	NOV00	FEB01
Norte	0.00	4.10	2.90	0.00
Noreste	0.00	0.00	1.80	2.10
Noroeste	2.80	1.97	0.00	1.40
Suroeste	3.60	0.00	0.00	0.00
Sur-sureste	2.70	0.00	0.00	0.00

Tabla 3. Valores promedio de la intensidad del viento ($m s^{-1}$) durante el período de muestreo.

IV.1.2 ESTADO DEL MAR.

La fuerza del estado del mar se registró de acuerdo a la escala de Beaufort (Weihaupt, 1984). A continuación se dan los valores de mayor y menor frecuencia respectivamente. En noviembre de 1997 la fuerza de 0 y 3; enero de 1998, 0 y 2. En noviembre del 2000, la fuerza 3 y 1; asimismo, febrero del 2001 las fuerzas 1 y 0 (Figura 3).

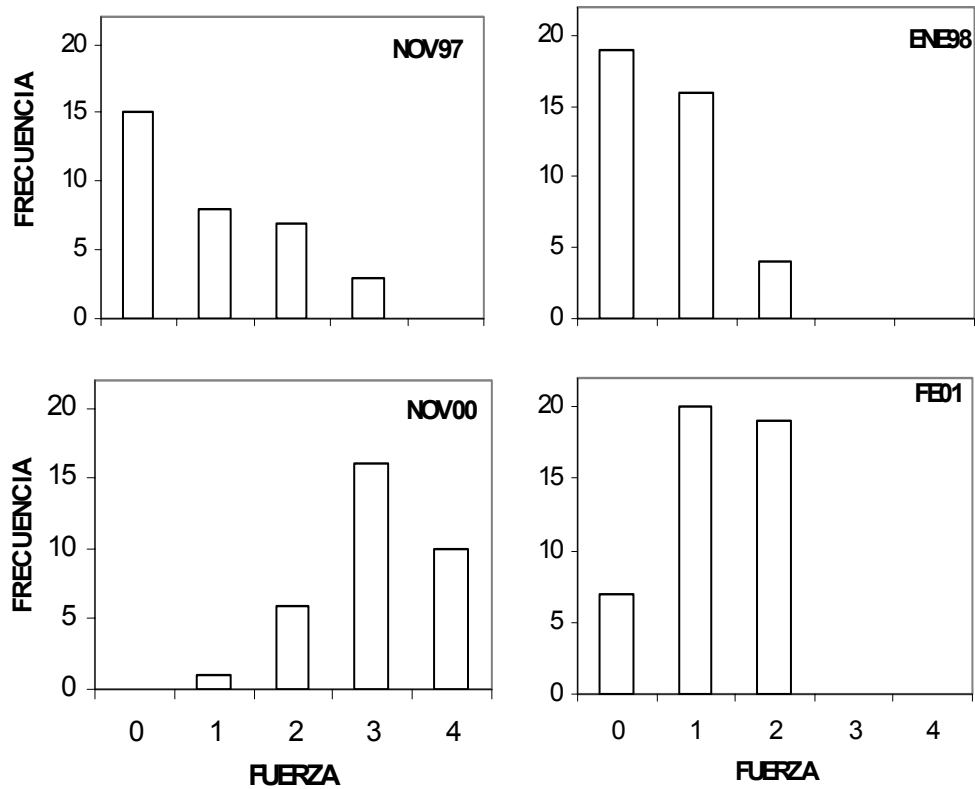


Figura 3. Estado del mar (según la escala de Beaufort) durante el período de muestreo en la Bahía de La Paz.

IV.13 NUBOSIDAD.

La nubosidad se midió en octavos de nubes de acuerdo a Herrera-Juárez (1995). Los datos que se obtuvieron se mencionan en orden de mayor y menor frecuencia respectivamente. En noviembre de 1997 se registraron nubosidades de 0/8 y 8/8. En enero de 1998 nubosidades de 0/8 y 4/8. En noviembre del 2000 se observó que 4/8 y 8/8. Finalmente en febrero del 2001 se registró el mismo comportamiento que noviembre del 2000 (Figura 4).

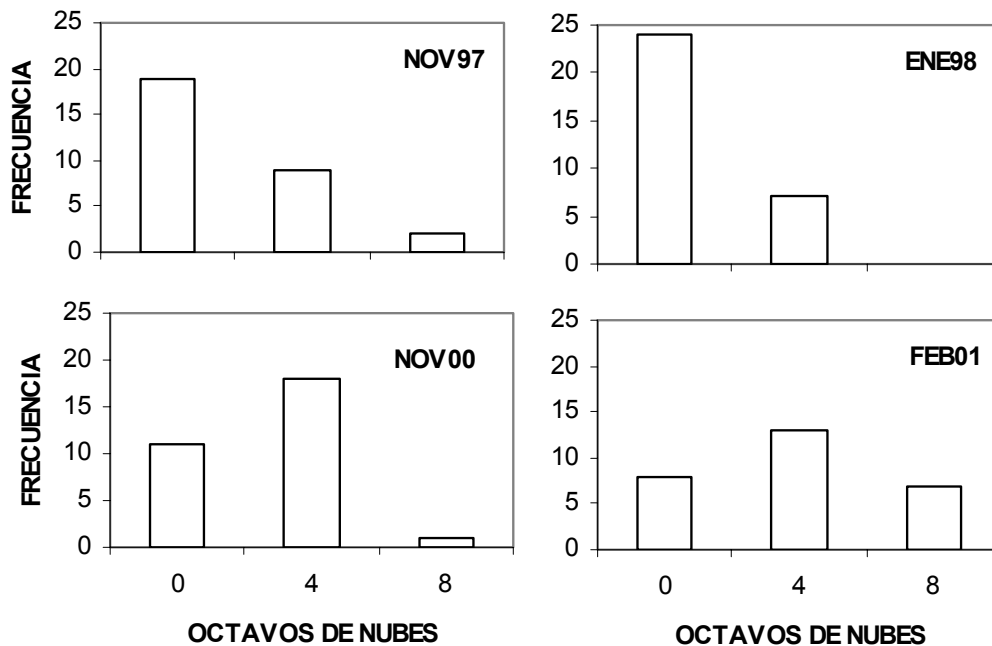


Figura 4. Nubosidad durante el período de muestreo en la Bahía de La Paz.

IV. 2 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL, ESPACIAL Y VERTICAL DE LAS VARIABLES MEDIDAS.

En el capítulo VIII, correspondiente a anexos, se muestran los valores máximos y mínimos, desviación estándar, media y mediana superficiales de cada muestreo de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (ups), sigma-T, índice de estratificación (J m^{-3}), nitratos (μM), nitritos (μM), clorofila *a* (mg Cla m^{-3}), productividad superficial ($\text{mg C m}^{-3} \text{h}^{-1}$) e integrada ($\text{mg C m}^{-3} \text{h}^{-1}$) para cada muestreo.

IV. 2. 1 TEMPERATURA, SALINIDAD Y SIGMA-T.

Distribución temporal.

Durante el período de muestreo la temperatura superficial promedio máxima fue de 27.62°C correspondiente al muestreo de noviembre de 1997 y la temperatura superficial promedio mínima registrada fue de 19.16°C en el muestreo de febrero del 2001. En cuanto

a la salinidad superficial promedio máxima fue de 35.35 ups en febrero del 2001 y la mínima fue de 34.90 ups correspondiente a enero de 1998. En lo que respecta a sigma-T superficial promedio, la máxima fue de 25.28 durante febrero del 2001 y la mínima registrada es de 22.60 durante noviembre de 1997. Se analizaron las medias aritméticas y se observó que hay diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las medias aritméticas de las de cada una de las variables antes mencionadas (Figura 5).

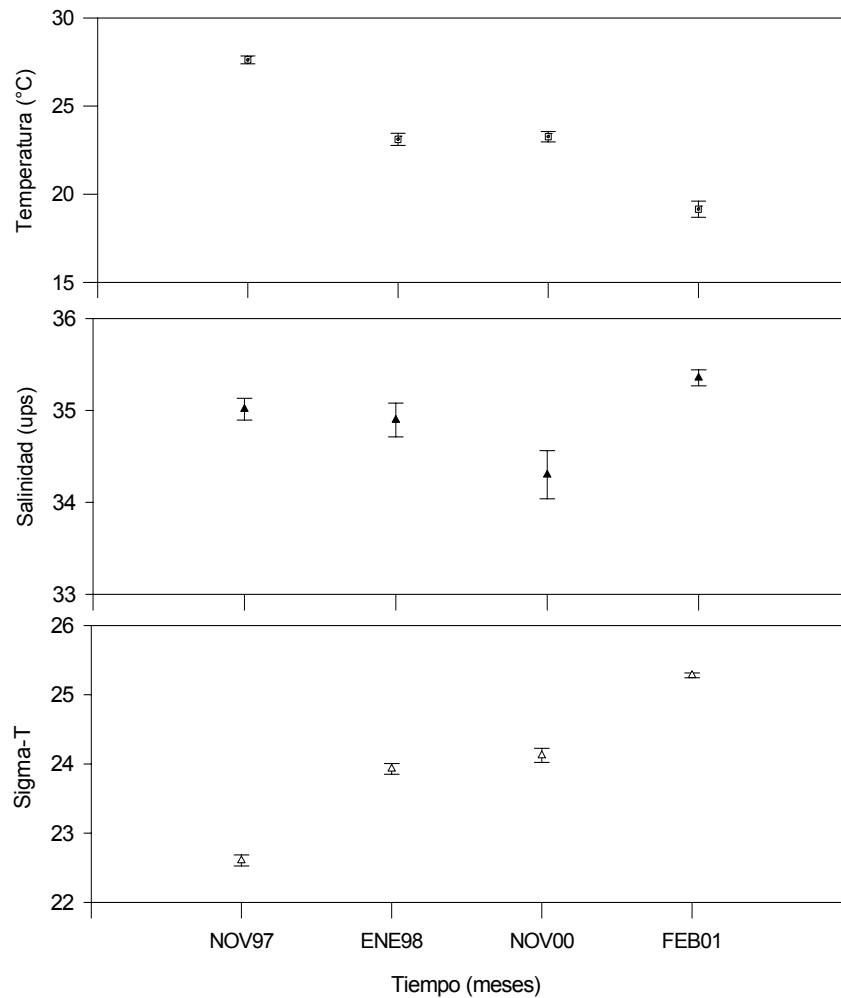


Figura 5. Temperatura (°C), salinidad (ups) y sigma-T superficial promedio y desviación estándar durante el período de muestreo en la Bahía de La Paz.

Distribución espacial superficial.

La temperatura superficial durante noviembre de 1997 presentó los valores máximos en la Boca Principal de la bahía y Canal San Lorenzo; disminuyeron hacia la parte central de la bahía frente a la Isla Espíritu Santo; presentó una variabilidad de temperatura de 0.99 °C. En enero de 1998, los valores menores se localizaron en la Boca Principal, Canal San Lorenzo y parte sur; evidenciando un incremento hacia la parte central de la bahía, frente a la Isla La Partida; tuvo un variabilidad de temperatura de 1.49 °C. En noviembre del 2000, los valores más altos estuvieron en la Boca Principal de la bahía, aumentando hacia la parte sur; el rango de temperatura fue de 0.94 °C. En febrero del 2001, los valores menores estuvieron en la Boca Principal y Canal San Lorenzo, incrementando hacia la parte central; el variabilidad de temperatura para este mes fue de 0.29 °C. (Figura 6).

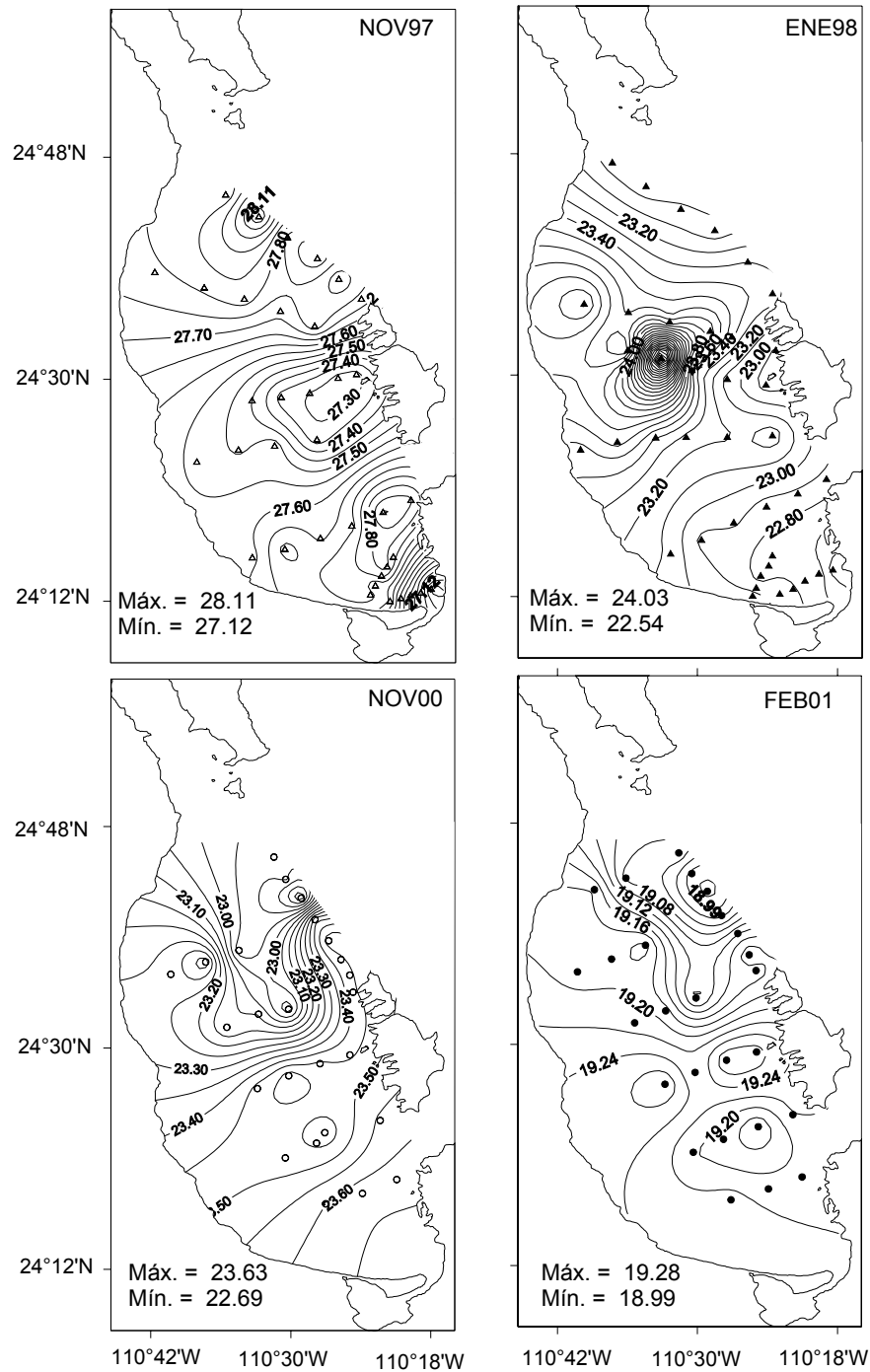


Figura 6. Distribución espacial de temperatura superficial (°C) durante noviembre de 1997, enero de 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001 en la Bahía de La Paz.

Con respecto a la distribución de la salinidad superficial durante noviembre de 1997 se localizaron en la Boca Principal y Canal San Lorenzo y los mayores se encontraron distribuidos de manera uniforme en la bahía; el rango de salinidad fue de 0.65 ups. En enero de 1998 los valores menores se localizaron en la Boca Principal, Canal San Lorenzo y parte oeste; los valores mayores se identificaron en la parte sur; se registró un rango de salinidad de 1.05 ups. En noviembre del 2000, los valores mayores estuvieron en la Boca Principal y Canal San Lorenzo, disminuyendo éstos hacia la parte central; el rango fue de 1.13 ups. En febrero del 2001 presentó el menor rango de salinidad (0.40 ups); los valores menores se encontraron en la Boca Principal, Canal San Lorenzo y parte central de la bahía (frente a la Isla Espíritu Santo) aumentando hacia la parte oeste, donde se registraron los valores mayores (Figura 7).

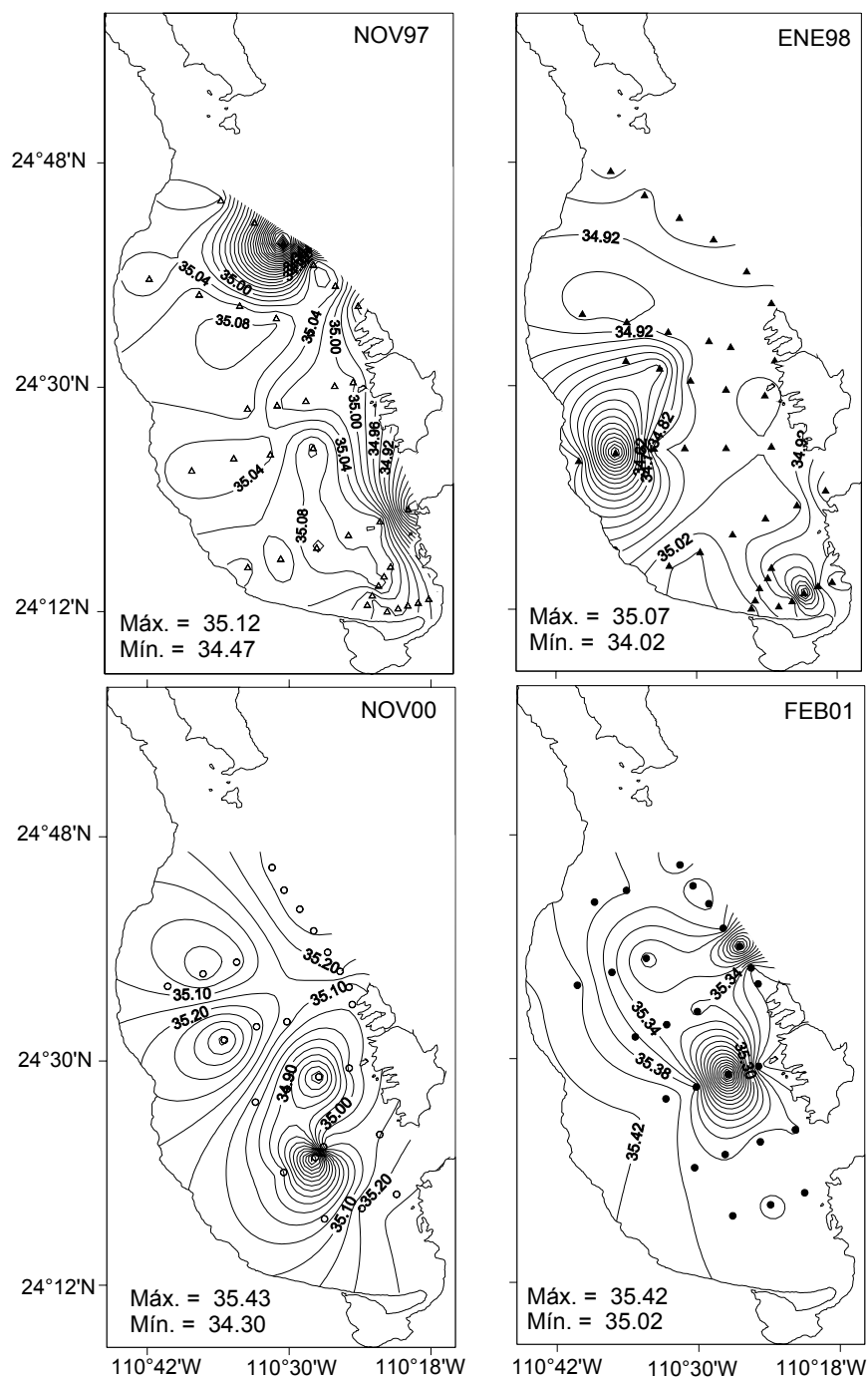


Figura 7. Distribución espacial de salinidad superficial (ups) durante noviembre de 1997, enero de 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001 en la Bahía de La Paz.

Los valores menores de sigma-T en noviembre de 1997, se localizaron en la Boca Principal y Canal San Lorenzo y fueron aumentando hacia la parte central; el rango de sigma-T fue de 0.28. Enero de 1998 tuvo un rango de 0.34; los valores altos se observaron en la Boca Principal y Canal San Lorenzo, disminuyendo hacia la parte oeste. En noviembre del 2000, los valores mayores se localizaron en la Boca Principal y Canal San Lorenzo, disminuyendo hacia la parte central; el rango fue de 0.40. En febrero del 2001, se observó el menor rango de sigma-T (0.16); los valores altos se observaron en la Boca Principal y Canal San Lorenzo, disminuyendo hacia la parte central de la bahía frente a la Isla Espíritu Santo (Figura 8).

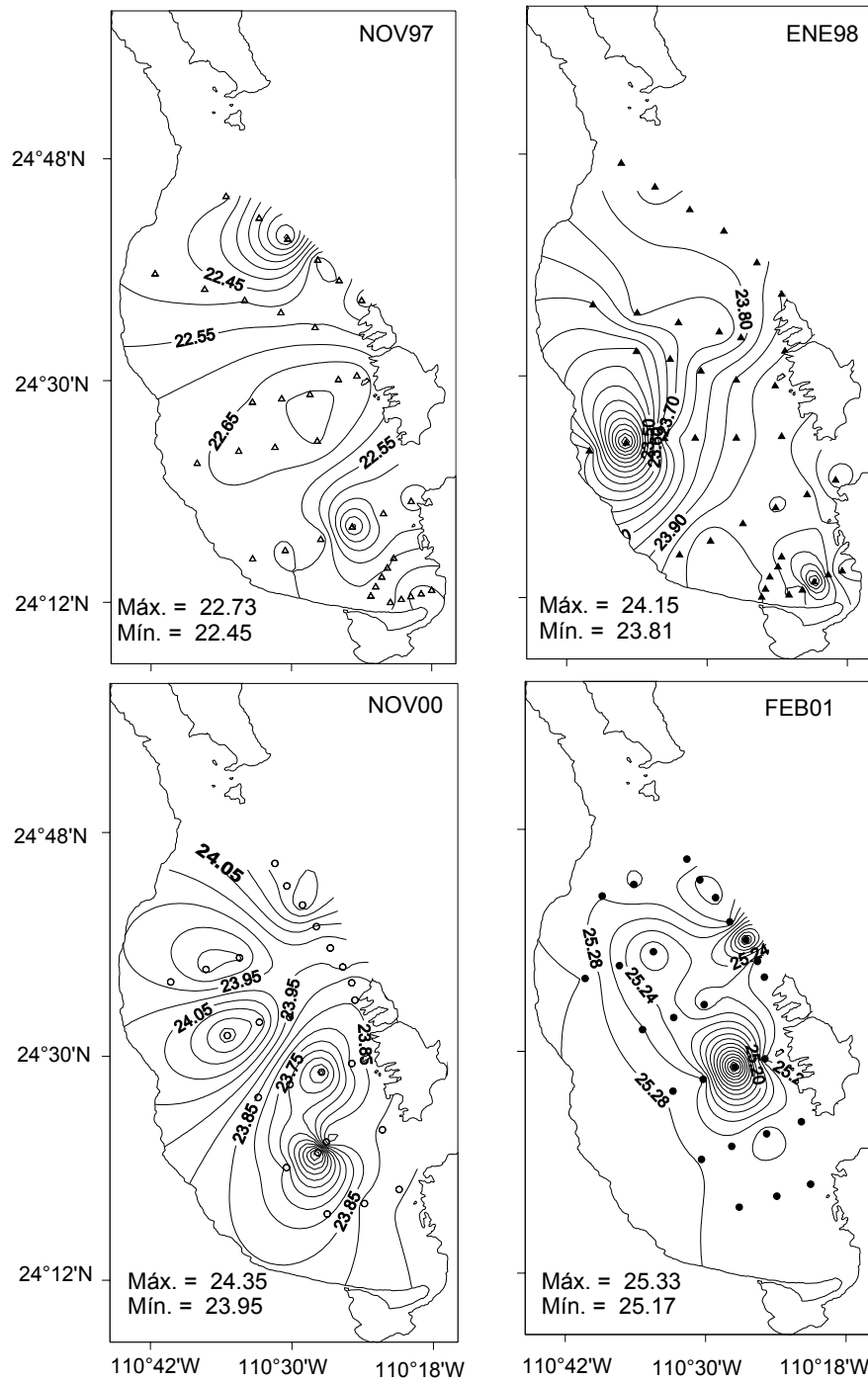


Figura 8. Distribución espacial de sigma-T superficial durante noviembre de 1997, enero de 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001 en la Bahía de La Paz.

Distribución vertical.

Los perfiles de temperatura muestran que noviembre de 1997 registró los valores más altos (temperatura superficial promedio de 27.62 °C); así como la termoclina más somera aproximadamente desde los 35 m extendiéndose a los 60 m. En enero de 1998 la termoclina se hace más profunda (70-100 m), con una temperatura superficial promedio de 23.11 °C. En noviembre del 2000 la termoclina se mantiene de los 60 a los 90 m; la temperatura superficial promedio fue de 23.31 °C. En febrero del 2001 sube de los 50 hasta los 80 m; en este mes la temperatura superficial promedio de 19.16 °C (Figura 9).

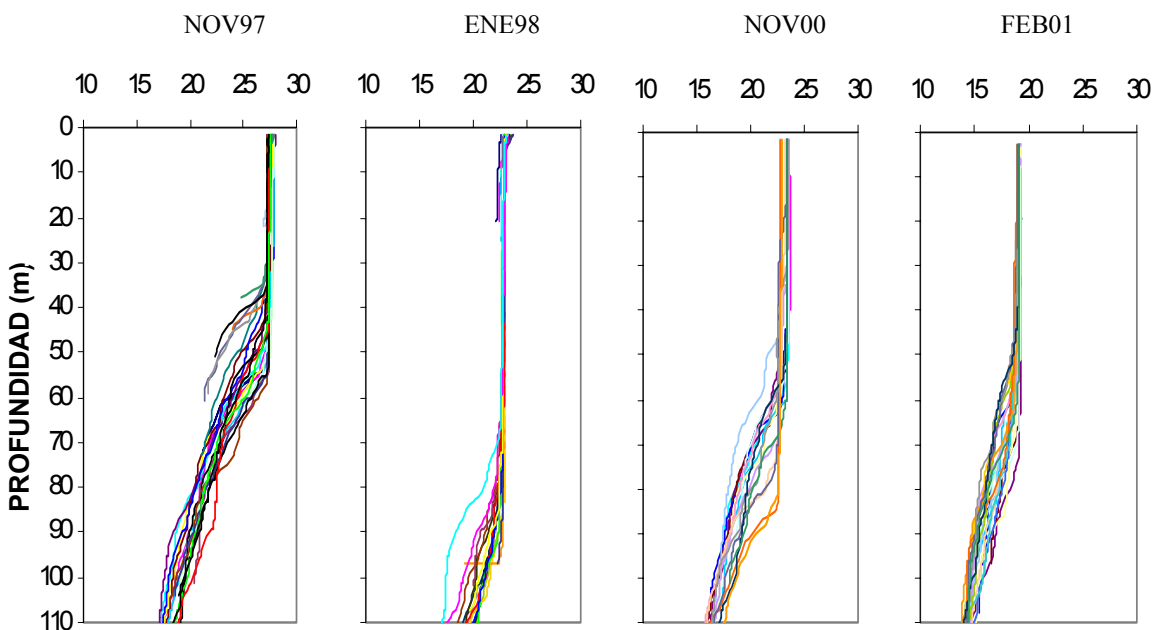


Figura 9. Perfiles verticales de temperatura (°C) durante el período de muestreo en la Bahía de La Paz.

Los perfiles de salinidad muestran que los valores máximos se registraron en febrero del 2001 con una salinidad superficial promedio de 35.35 ups y los valores mínimos en enero de 1998 con una salinidad superficial promedio de 34.90 ups. No se observó haloclina en el mes de noviembre de 1997 y la haloclina más somera se tuvo en febrero del 2001 (Figura 10).

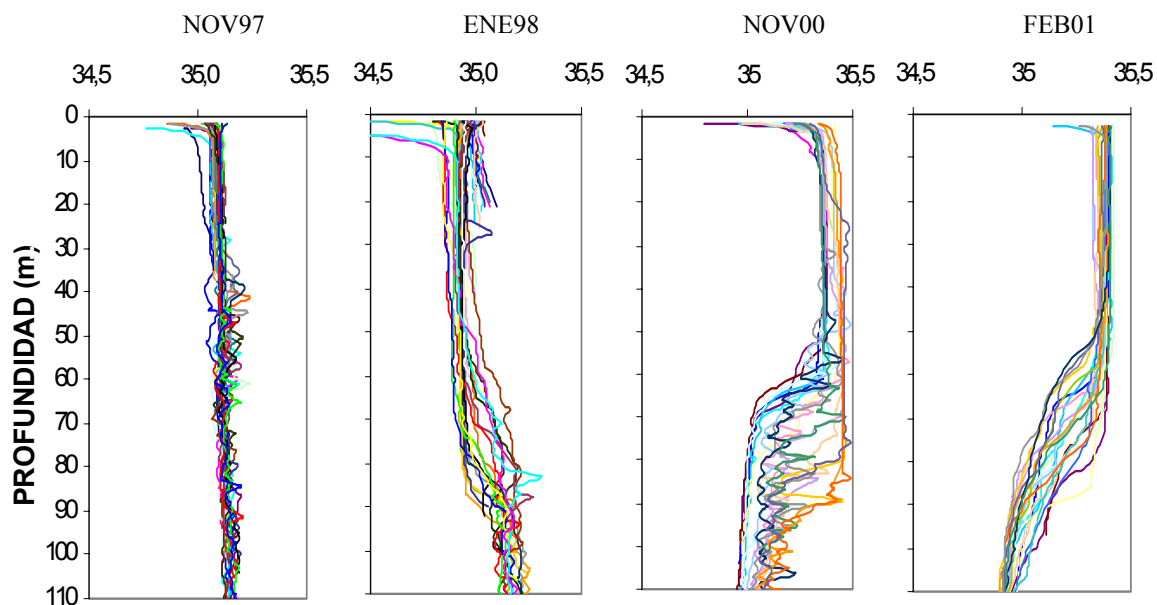


Figura 10. Perfiles verticales de salinidad (ups) correspondientes a noviembre de 1997, enero 1998, noviembre 2000 y febrero del 2001.

Los valores máximos de sigma-T se presentaron en febrero del 2001 con un promedio superficial de 25.28, en cambio noviembre de 1997 fue el mes en que se registraron los valores mínimos con una sigma-T superficial promedio de 22.60. La pycnoclina más somera en noviembre de 1997 (35-60m) y la más profunda se presentó en enero de 1998 (70-114m), (Figura 11).

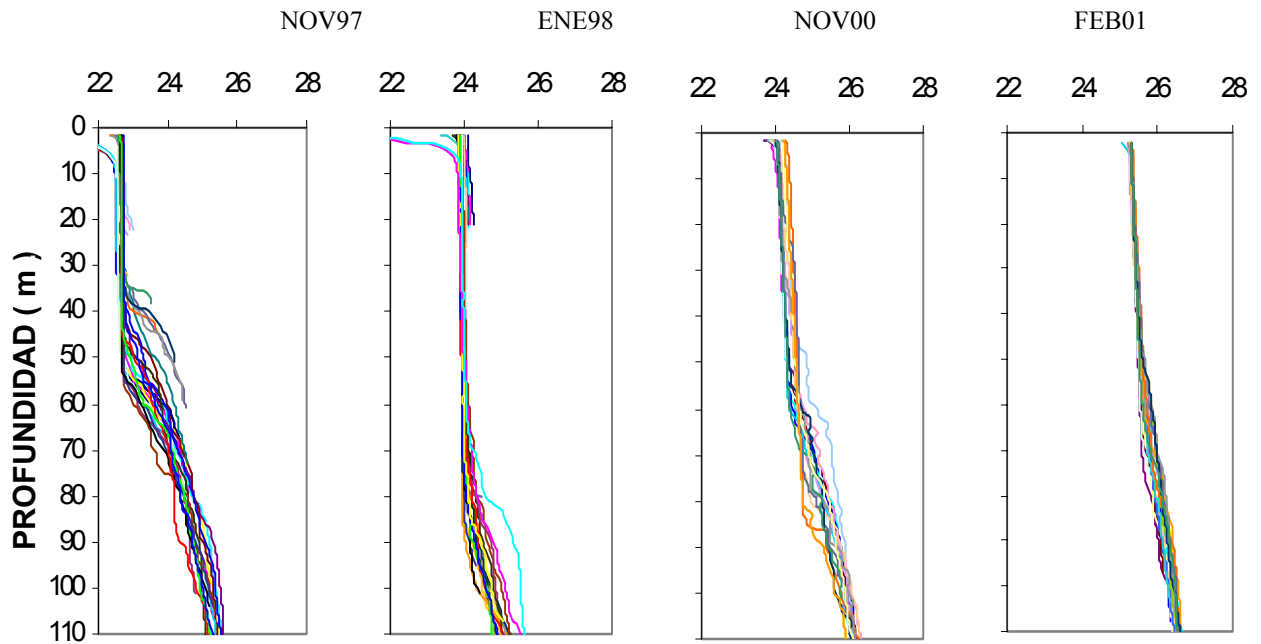


Figura 11. Perfiles verticales de sigma-T correspondientes a noviembre de 1997, enero 1998, noviembre 2000 y febrero del 2001.

IV 2.2 MASAS DE AGUA.

Las masas de agua que se identificaron de la superficie hasta 120 m durante los muestreos se presentan en la figura 12.

En noviembre de 1997 Agua del Golfo de California (AGC) la mayor parte de los valores registrados caen dentro de este tipo de masa de agua, y Agua Superficial Ecuatorial (ASE) en muy poca proporción; en enero de 1998 AGC en la mayor proporción y ASE; en noviembre del 2000 AGC, ASE en muy poca proporción y Agua Subsuperficial Subtropical (ASsSt); en Febrero del 2001 se registró AGC con mayor número de datos, ASE la cual casi fue imperceptible y ASsSt. Resumiendo lo anteriormente descrito, observamos que en noviembre de 1997 y enero de 1998, las masas de agua presentes fueron: AGC, ASE; mientras que en noviembre del 2000 y febrero del 2001 AGC, ASE y ASsSt.

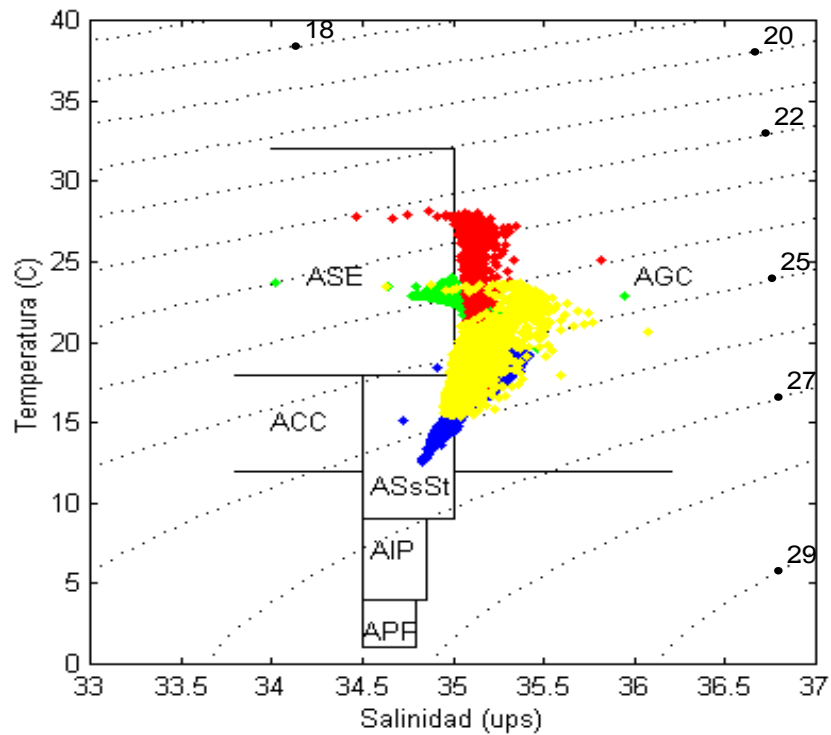


Figura 12. Diagrama T-S durante noviembre de 1997 (+), enero de 1998 (+), noviembre del 2000 (+) y febrero del 2001 (+).

IV.2.3 ESTRATIFICACION DE LA COLUMNA DE AGUA.

Distribución temporal.

El índice de estratificación (Φ) registró su valor promedio máximo en noviembre de 1997 (286.64 J m^{-3}), lo cual indica que la columna de agua presentó mayor grado de estratificación que los otros muestreos, mientras que el promedio mínimo se cuantificó en enero de 1998 (60.47 J m^{-3}). Se analizaron las medias aritméticas y se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre estos meses (Figura 13).

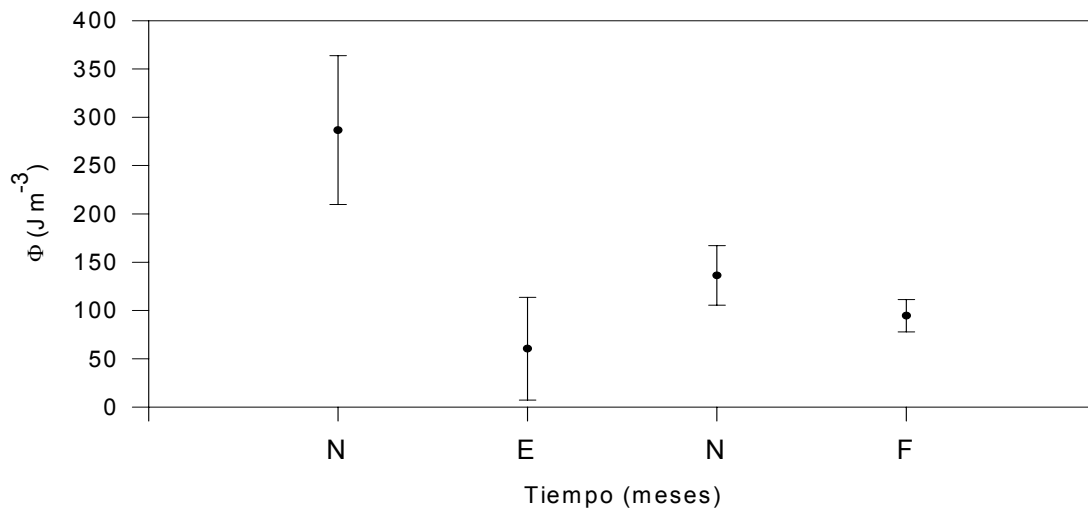


Figura 13. Promedios mensuales y desviación estándar de Φ ($J m^{-3}$) durante el período de muestreo.

Distribución espacial.

La distribución espacial del índice de estratificación (Φ) muestra que en noviembre de 1997 la columna de agua se encontró con mayor grado de estratificación que los otros meses, cuya variabilidad fue de $199.92 J m^{-3}$ donde la zona norte se encontró más estratificada. En enero de 1998 la columna de agua se encontró mezclada con los valores más bajos de todos los meses en la mayor parte de la bahía excepto al noroeste de la Isla Espíritu Santo; la variabilidad fue de $188.89 J m^{-3}$. Durante noviembre del 2000 los valores máximos se ubicaron en la parte central y frente a la Boca principal, mientras que los mínimos se ubicaron al sur de la bahía; la variabilidad fue de $84.32 J m^{-3}$. En febrero del 2001 los valores más altos se registraron en la parte central de la boca ancha de la bahía; la variabilidad fue de $95.71 J m^{-3}$ (Figura 14).

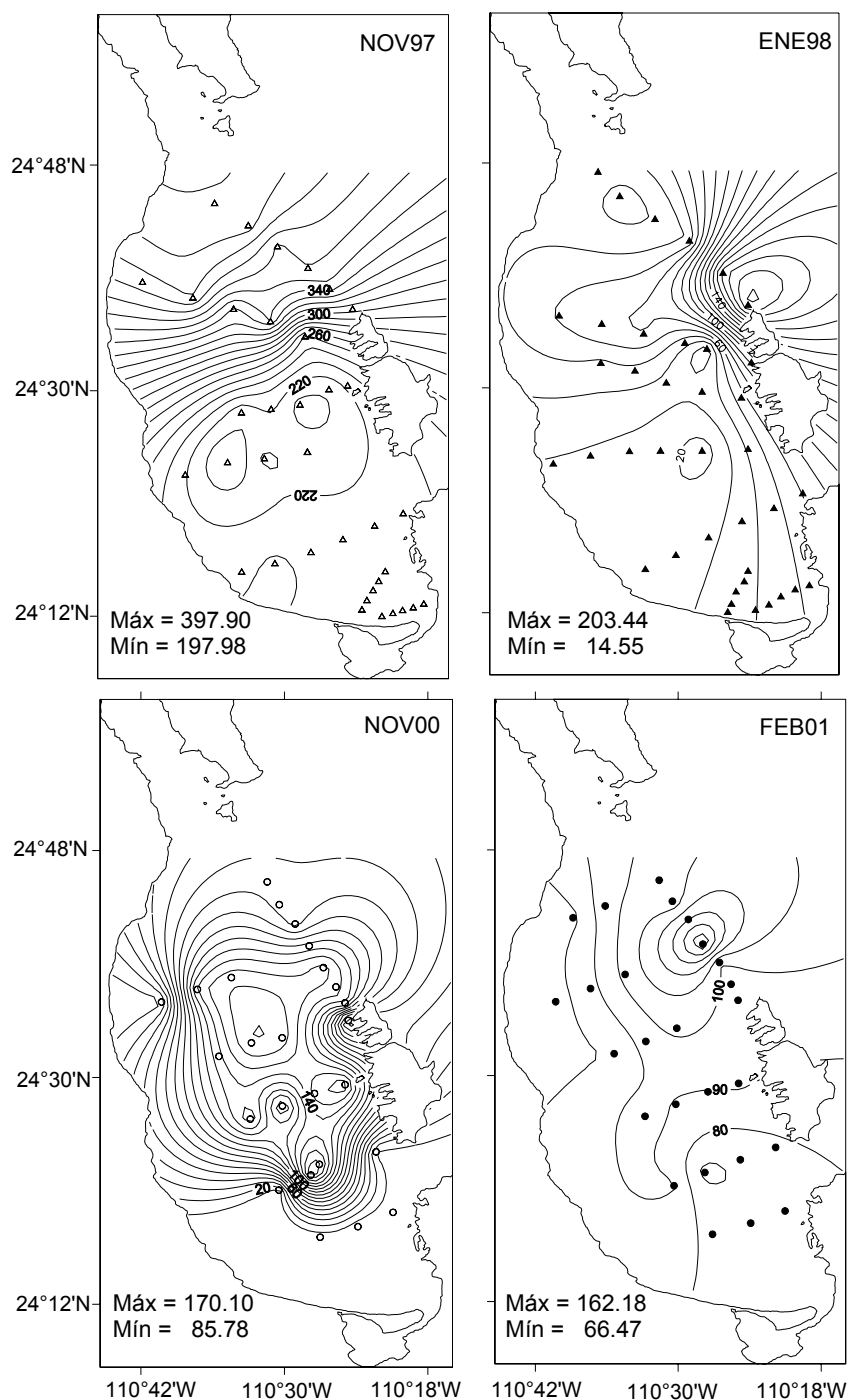


Figura 14. Distribución espacial de Φ ($J m^{-3}$) correspondiente al mes de noviembre 1997, enero de 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001.

IV 2.4 NUTRIENTES.

Distribución temporal de Nitratos.

Durante febrero del 2001 se registró el promedio superficial máximo (8.23 μM) y para noviembre de 1997 el promedio superficial mínimo el cual fue de 1.52 μM . Los valores obtenidos en cada uno de los niveles presentaron un comportamiento similar; además, que se detectaron altas concentraciones de este nutrientes (en todos los niveles de profundidad) febrero del 2001. Se analizaron las medias aritméticas de los meses muestreados y se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) (Figura 15).

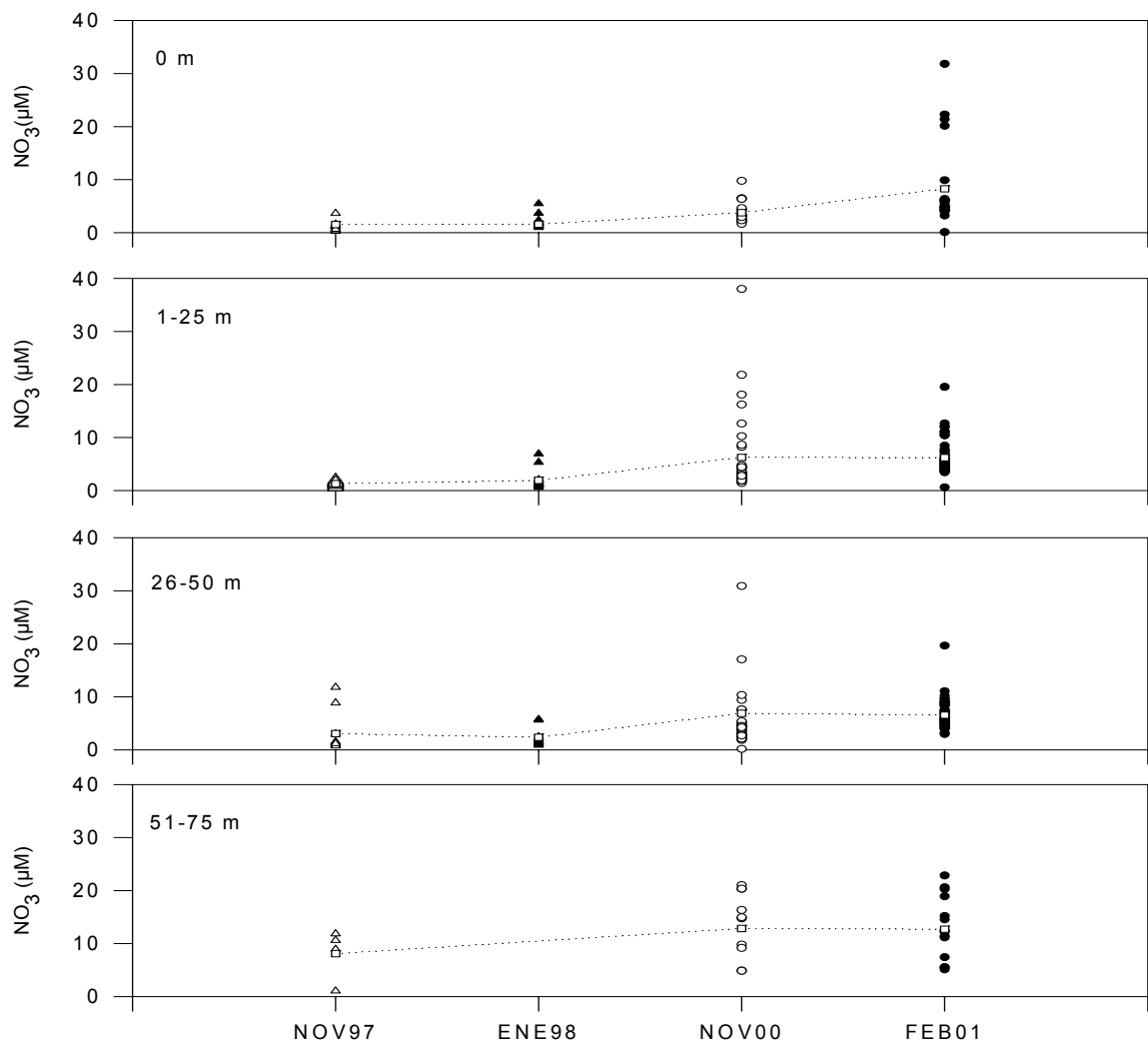


Figura 15. Promedio superficial y por niveles de nitratos durante el período de muestreo.

Distribución espacial de nitratos.

En noviembre de 1997, los nitratos superficiales desde 0.00-2.49 μM se encontraron distribuidos de manera homogénea en toda la bahía excepto una estación con un valor más alto en el área oeste. En enero de 1998, los valores de 0.00-2.49 μM se distribuyeron uniformemente, excepto en algunas estaciones de la parte oeste y central. Durante noviembre del 2000, los valores de 0.00-2.49 μM se distribuyeron en la parte sur, los valores de 2.50-5.49 μM de manera uniforme en la bahía, salvo algunas estaciones con valores mayores a 5.50 μM en la parte noroeste y norte. En febrero del 2001, los valores de 0.00-2.49 μM fueron puntuales, mientras que de 2.50-5.49 μM estuvieron distribuidos en la parte oeste, sur y alrededor de las islas, los valores mayores de 5.50 μM se localizaron de la noroeste hacia la parte central (Figura 16).

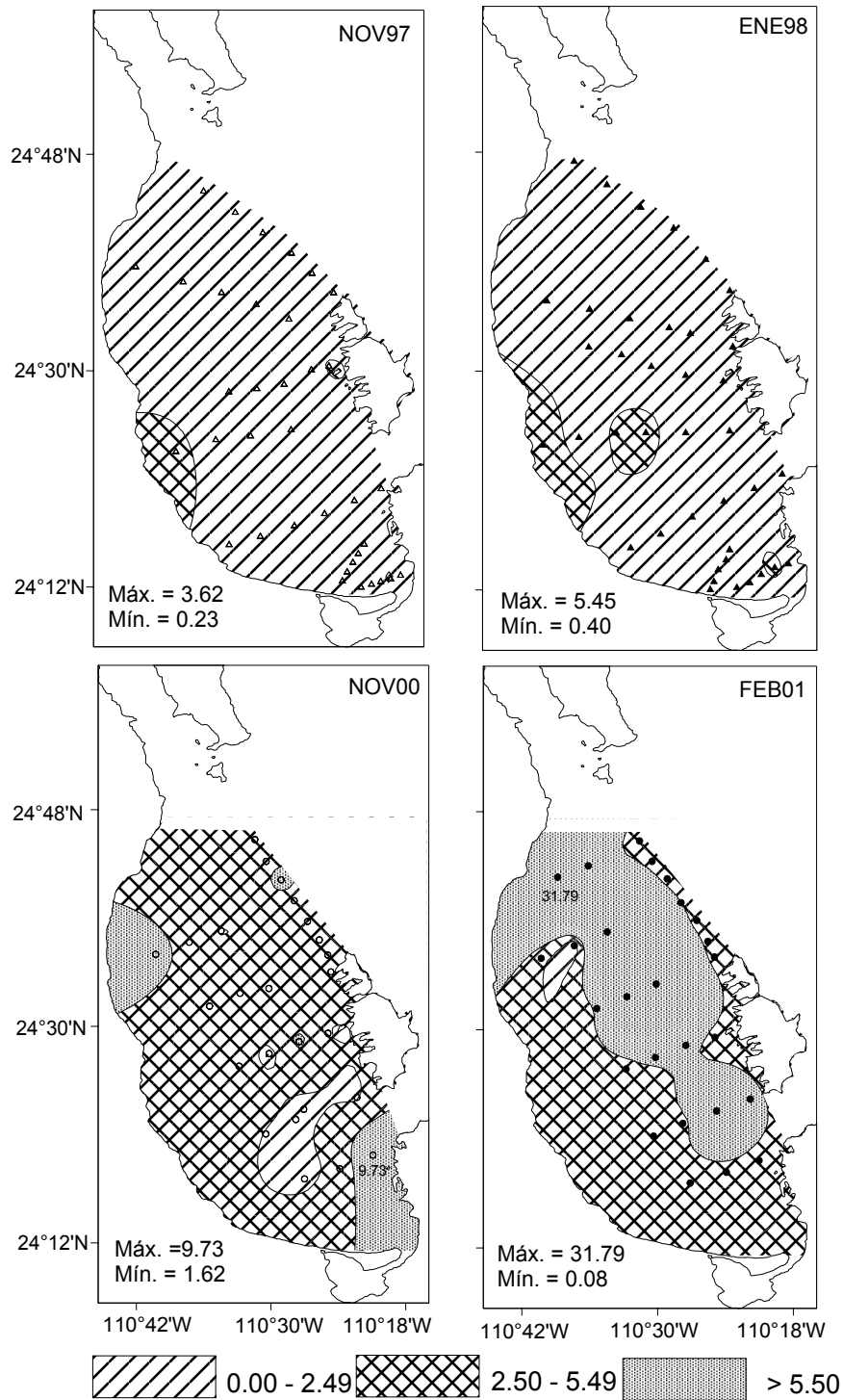


Figura 16. Distribución espacial de la concentración superficial de nitratos (μM) durante el mes de noviembre de 1997, enero de 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001.

Distribución vertical de Nitratos.

El valor máximo y mínimo obtenido en noviembre de 1997 fue de 11.82 y 0.23 μM respectivamente; en enero de 1998 fueron 6.93 y 0.40 μM ; mientras que en noviembre del 2000 fueron 37.99 y 0.16 μM y en febrero del 2001 de 31.79 y 0.08 μM (Figura 17).

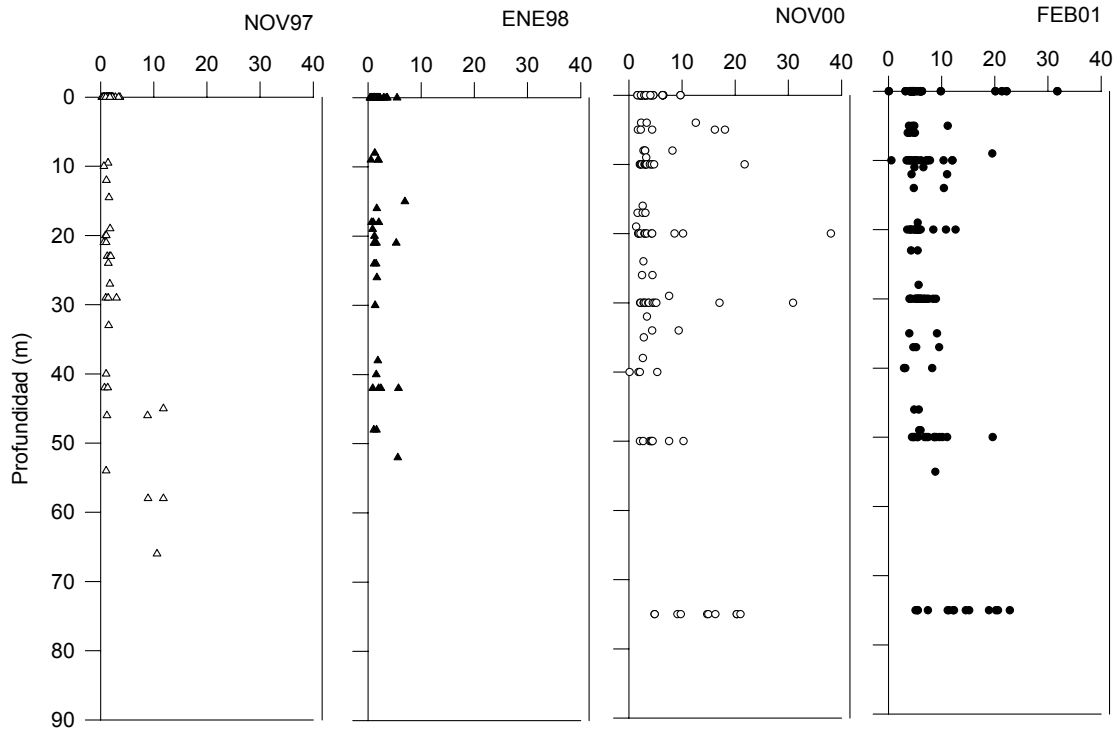


Figura 17. Perfiles verticales de nitratos (μM) durante el período de muestreo en la Bahía de La Paz, B. C. S.

Distribución temporal de nitritos.

El valor promedio máximo de nitritos superficiales se registró en febrero del 2001 de 0.76 μM y el mínimo (de 0.04 μM) en noviembre de 1997. Durante enero de 1998 y febrero del 2001; se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las medias aritméticas (Figura 18).

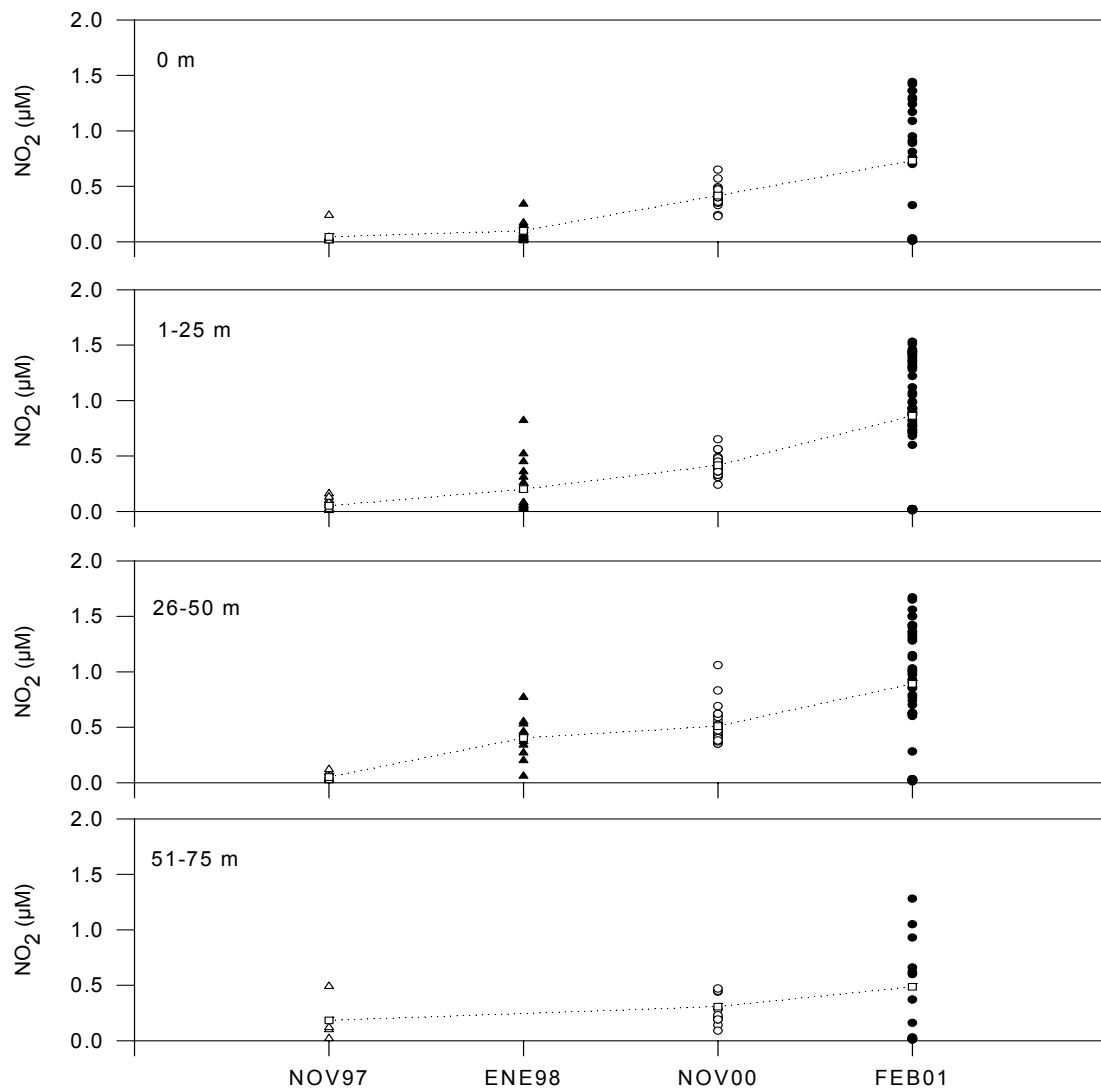


Figura 18. Promedio superficial y por niveles de nitritos durante el período de muestreo.

Distribución espacial de Nitritos.

En noviembre de 1997, los valores de 0.00-0.15 µM estuvieron distribuidos uniformemente en toda la bahía, excepto una estación frente a la Boca Principal, cuyo valor de 0.24 µM. En enero de 1998, los datos del intervalo 0.00-0.15 µM se distribuyeron uniformemente en la bahía, excepto los valores de 0.16-0.30 µM que se localizaron en la parte centro al sur de la bahía y frente a la Isla Espíritu Santo. En noviembre del 2000 los valores de 0.16-0.30 µM

Avilés-Agúndez, G. 2004. "Productividad primaria estimada por fluorescencia natural durante otoño-invierno en la Bahía de La Paz, B.C.S., México"

estuvieron en la parte Este; los valores mayores de $0.31 \mu\text{M}$ se encontraron al oeste. En febrero del 2001, los valores mayores de $0.31 \mu\text{M}$ se encontraron distribuidos de manera homogénea excepto en la parte noroeste de la misma (Figura 19).

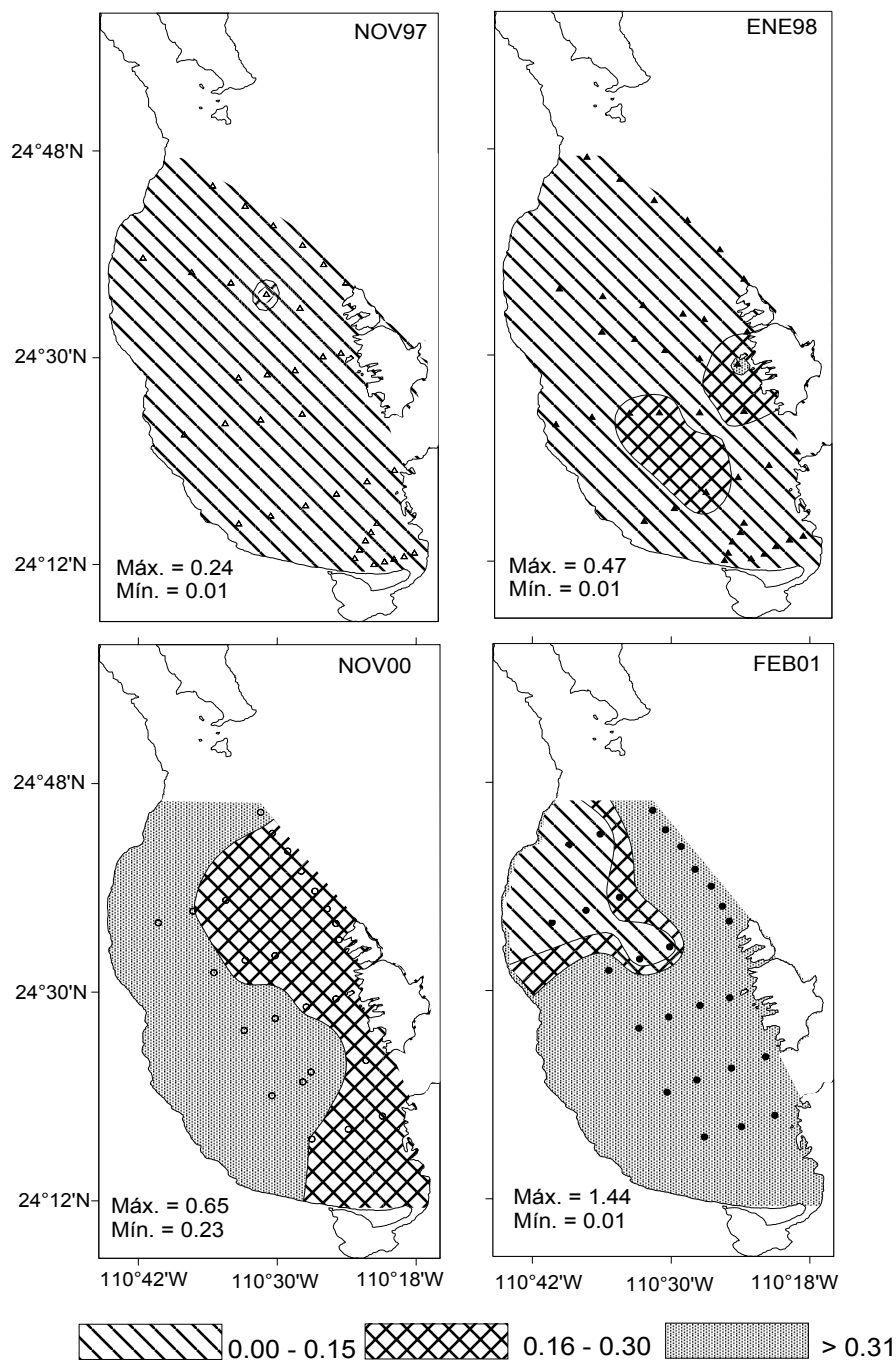


Figura 19. Distribución espacial de la concentración superficial de nitritos (μM) durante el mes de noviembre de 1997, enero de 1998, noviembre del 2000, febrero del 2001.

Distribución vertical de Nitritos.

En noviembre de 1997 el valor máximo y mínimo fue de 0.49 y 0.01 μM respectivamente; en enero de 1998 de 0.82 y 0.01 μM ; mientras que en noviembre del 2000 fueron 1.06 y 0.09 μM , y en febrero del 2001 de 1.67 y 0.01 μM (Figura 20).

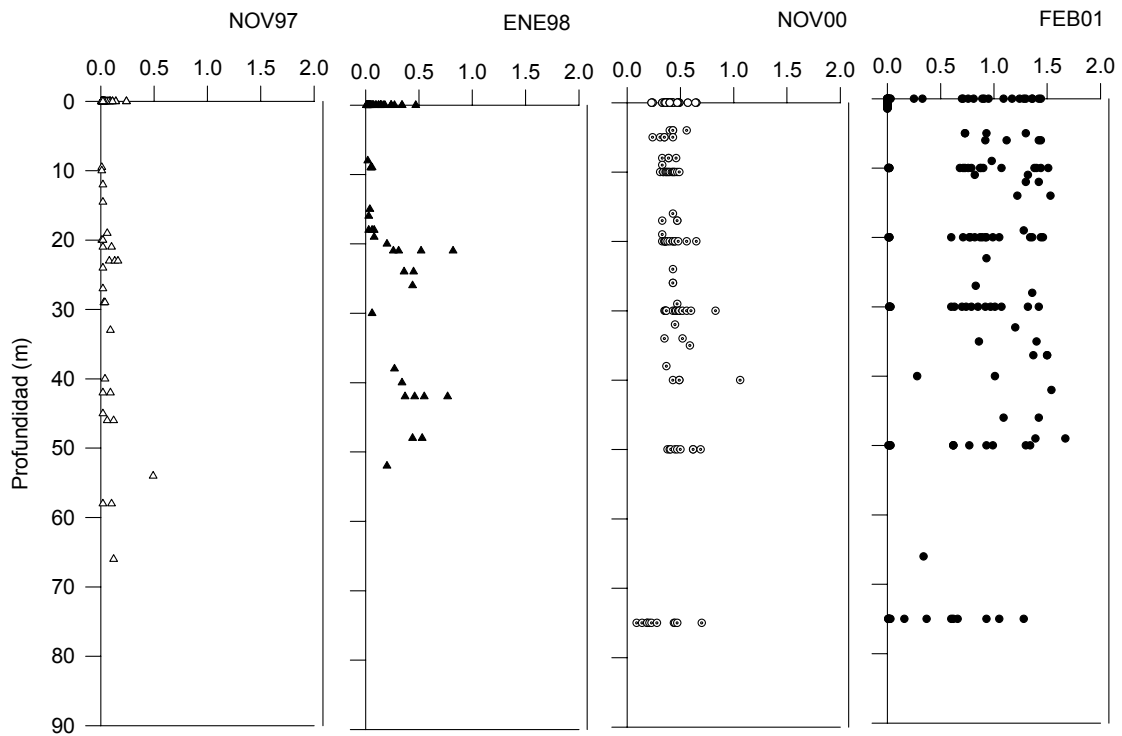


Figura 20. Perfiles verticales de nitritos (μM) durante el período de muestreo.

IV 2.5 CLOROFILA *a*.

Distribución temporal de *Cl_a*.

El valor promedio mayor de concentración superficial de *Cl_a* se observó durante febrero del 2001 ($1.09 \text{ mg } Cl_a \text{ m}^{-3}$), mientras que el menor se registró en noviembre de 1997 ($0.44 \text{ mg } Cl_a \text{ m}^{-3}$). Se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las medias aritméticas de los meses considerados (Figura 21).

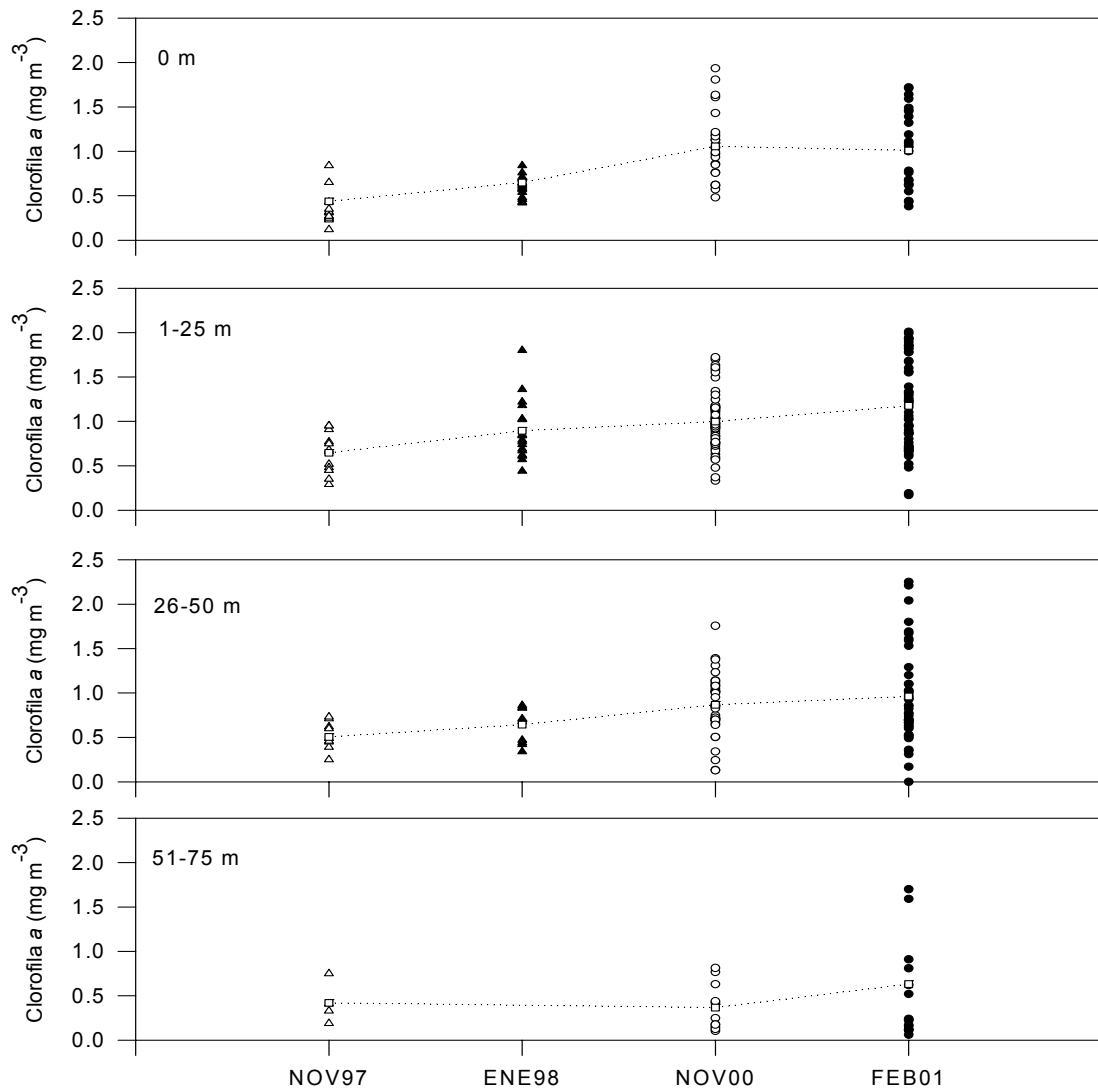


Figura 21. Promedios mensuales de clorofila *a* (mg Cla m⁻³) superficial y por niveles durante el período de muestreo.

Distribución espacial de Cla.

Noviembre de 1997 presentó valores de 0.00-0.50 mg Cla m⁻³ distribuidos uniformemente, excepto en algunas estaciones localizadas en la parte central de la bahía con concentraciones mayores que caen dentro del intervalo de 0.60-1.00 mg Cla m⁻³. En enero de 1998 se registraron mayores concentraciones que el mes anterior; de 0.60-1.00 mg Cla

m^{-3} que van de noreste hasta la Ensenada de La Paz; las que son mayores que $1.10 \text{ mg Clorofila a } \text{m}^{-3}$ se observaron en la parte oeste de la bahía y parte norte de la Isla La Partida. En noviembre del 2000 las mayores concentraciones se observaron en la parte sureste, frente a las islas La Partida y Espíritu Santo. En febrero 2001 las mayores concentraciones se registraron en la zona noroeste y sur excepto en la parte central y oeste de la bahía (Figura 22).

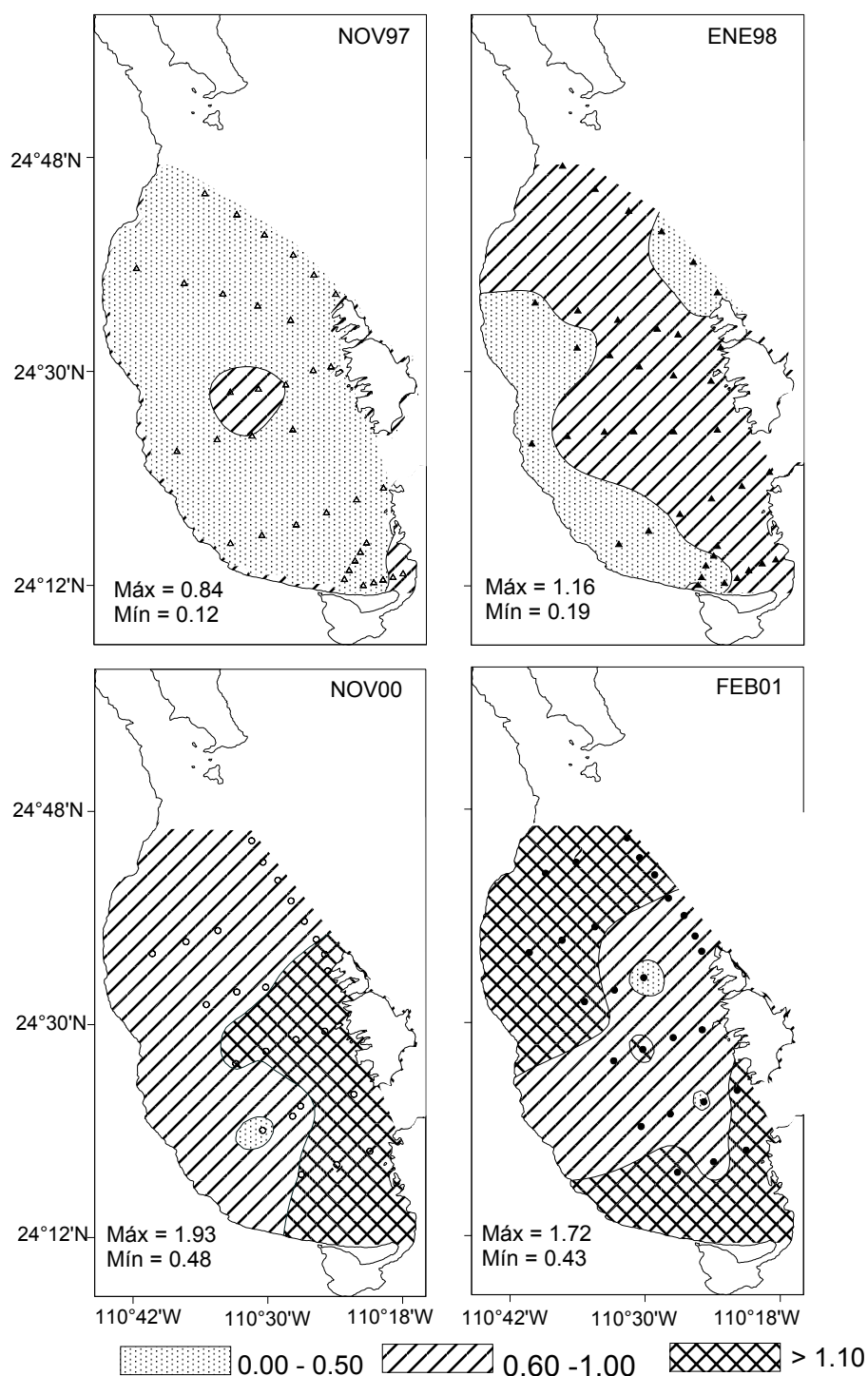


Figura 22. Distribución espacial de clorofila *a* (mg Cla m^{-3}) superficial durante noviembre de 1997, enero de 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001.

Distribución vertical de *Cla*.

En noviembre de 1997 el valor máximo y mínimo de *Cla* que se registró fue de 0.84 y 0.12 mg *Cla* m⁻³ respectivamente. En enero de 1998, 9.40 (el cual, por cuestiones de escala no es visible en el gráfico correspondiente) y 0.19 mg *Cla* m⁻³. En noviembre del 2000, 1.93 y 0.10 mg *Cla* m⁻³. En febrero del 2001, 2.72 y 0.00 mg *Cla* m⁻³. (Figura 23).

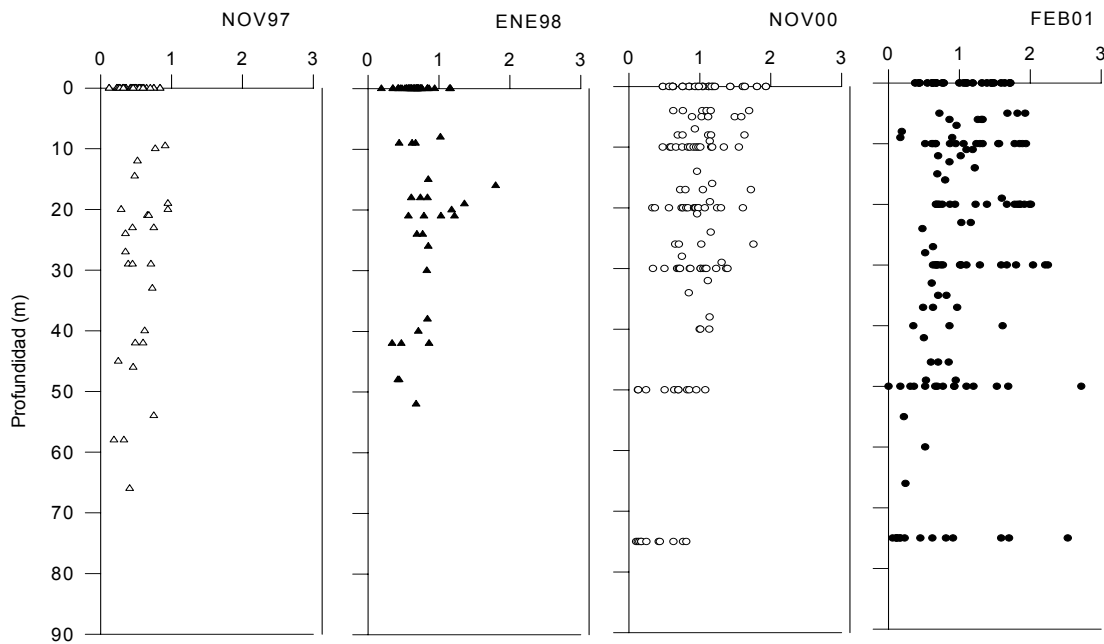


Figura 23. Perfiles verticales de clorofila *a* (mg *Cla* m⁻³) durante el período de muestreo.

IV. 3 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL ESPACIAL Y VERTICAL DE LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA.

IV. 3. 1 Productividad primaria superficial.

Distribución temporal.

El promedio máximo de productividad primaria superficial se registró en noviembre del 2000 con un valor de 5.09 mg C m⁻³ h⁻¹ con n = 5 estaciones y el mínimo en noviembre de 1997 con 2.93 mg C m⁻³ h⁻¹ con n = 34 estaciones. Se registraron valores de productividad primaria superficial en treinta y cuatro estaciones tanto en noviembre de 1997 como en

enero de 1998, pero en noviembre del 2000 y febrero del 2001 sólo cinco y seis estaciones respectivamente. El análisis entre las medias aritméticas ($P \leq 0.05$) se evidenciaron diferencias significativas (Figura 24).

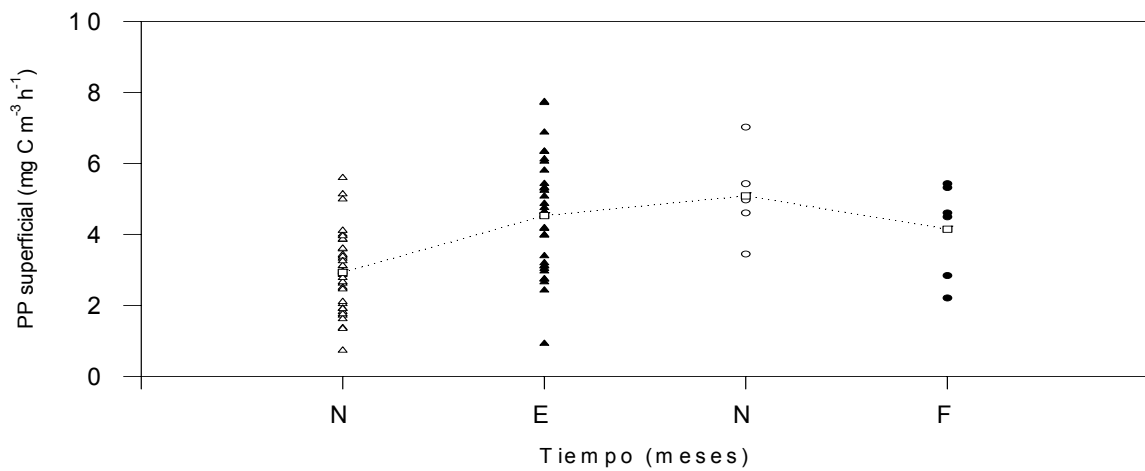


Figura 24. Promedios y desviaciones estándar mensuales de productividad primaria superficial ($\text{mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) durante el período de muestreo.

De igual manera se realizó un análisis de la productividad primaria integrada de las estaciones que coincidieron en la posición geográfica con $n = 3$ en cada mes bajo esta consideración. El valor promedio el máximo se registró durante noviembre del 2000 con $5.53 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ y el mínimo en noviembre de 1997 con $2.67 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$. Se compararon las medias aritméticas y se registraron diferencias significativas entre los meses considerados (Figura 25).

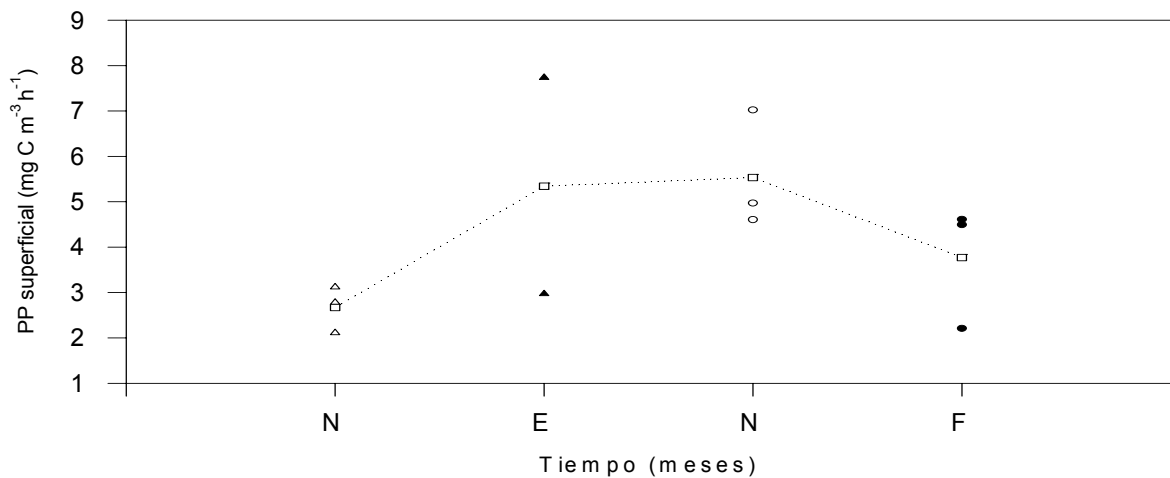


Figura 25. Promedios y desviaciones estándar mensuales de productividad primaria superficial ($\text{mg C m}^{-3} \text{h}^{-1}$) de tres estaciones con la misma ubicación geográfica durante el período de muestreo.

Distribución espacial.

En noviembre de 1997 los valores de $0.00\text{-}3.49 \text{ mg C m}^{-3} \text{h}^{-1}$ se distribuyeron uniformemente en la bahía salvo en la parte central y sur presentaron valores de $3.50\text{-}6.49 \text{ mg C m}^{-3} \text{h}^{-1}$. En enero de 1998, los valores de $3.50\text{-}6.49 \text{ mg C m}^{-3} \text{h}^{-1}$ se encontraron distribuidos uniformemente exceptuando los valores de $0.00\text{-}3.49 \text{ mg C m}^{-3} \text{h}^{-1}$, observados en la parte sur y frente a las islas La Partida y Espíritu Santo; se registraron tres estaciones con valores mayores de $6.50 \text{ mg C m}^{-3} \text{h}^{-1}$ en la región norte, central y sur frente a la entrada de la laguna Ensenada de La Paz. En noviembre del 2000, sólo se obtuvieron valores de productividad en cinco estaciones y seis en febrero del 2001 (Figura 26).

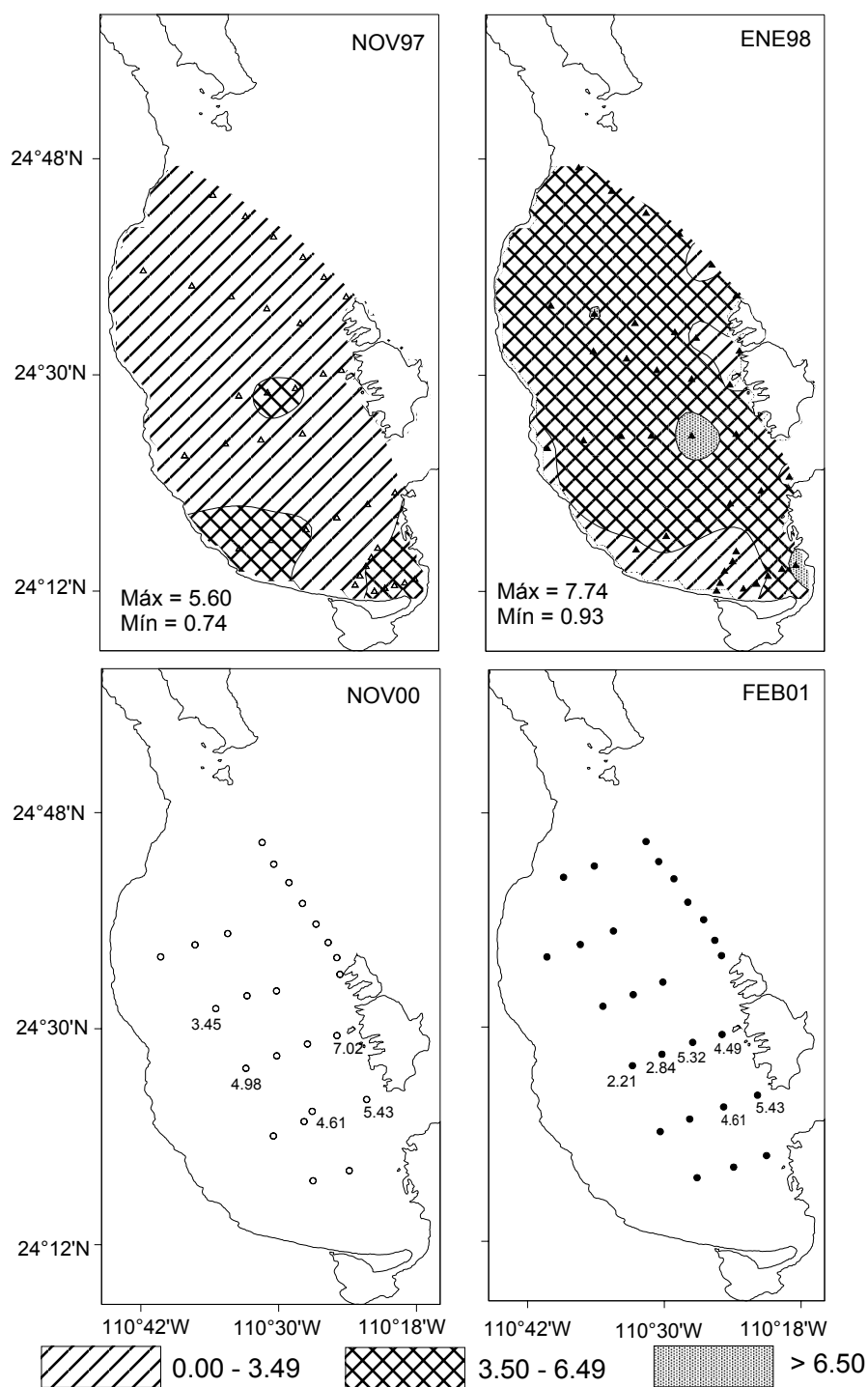


Figura 26. Distribución espacial de productividad primaria superficial ($\text{mg C m}^{-3} \text{h}^{-1}$) correspondiente al mes de noviembre de 1997, enero de 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001.

Distribución vertical.

Se observaron picos subsuperficiales máximos durante noviembre de 1998 de $8.70 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ a 8.82 m de profundidad; y picos subsuperficiales menores en noviembre de 1997 de $5.05 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ a 6.65m. Así mismo en noviembre del 2000 y febrero del 2001 dicho pico fue de $7.13 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$; se trató de una estación que presentó la misma ubicación en ambos muestreos, así mismo también el valor de productividad primaria superficial (Figura 27).

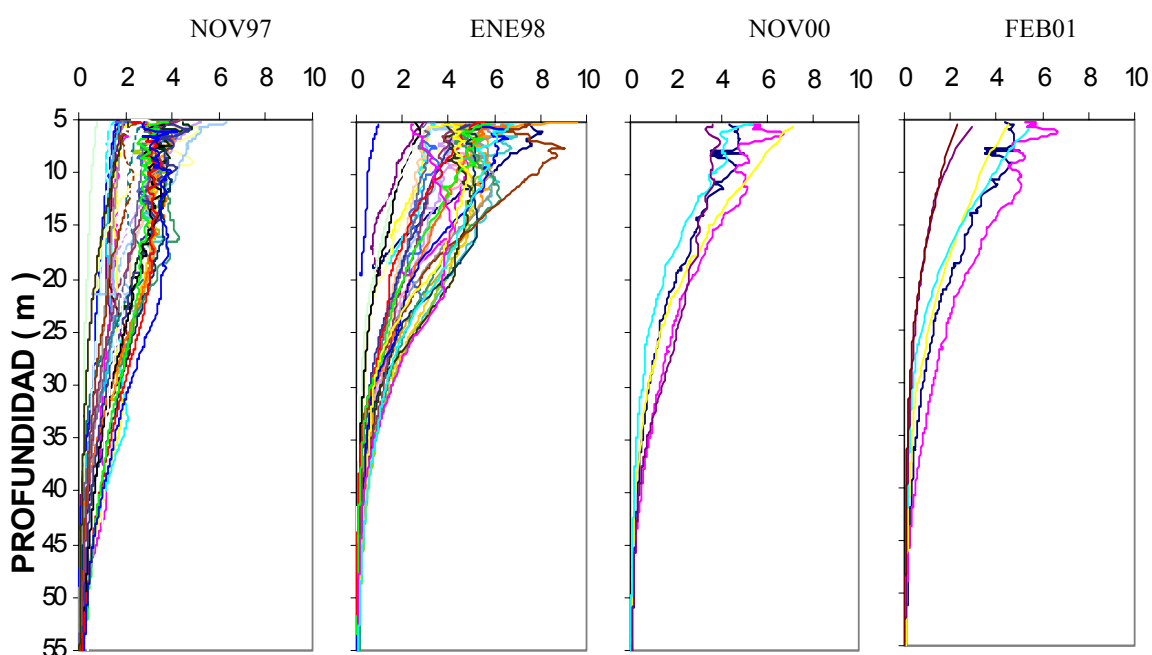


Figura 27. Perfiles verticales de productividad primaria ($\text{mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) correspondientes a noviembre de 1997, enero de 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001.

IV. 3. 2 Productividad primaria integrada.

Distribución temporal.

El promedio máximo de productividad primaria integrada se registró en noviembre del 2000 con un valor de $75.54 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ con $n = 5$ estaciones, y el mínimo en noviembre de 1997 de $55.29 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ con $n = 34$ estaciones. Se registraron valores de productividad primaria integrada en treinta y cuatro estaciones tanto en noviembre de 1997

como en enero de 1998, pero en noviembre del 2000 y febrero del 2001 sólo cinco y seis estaciones respectivamente. El análisis entre las medias aritméticas ($P \leq 0.05$) se realizó comparando noviembre de 1997 y enero de 1998 los cuales tienen mismo valor de n de pp in y así mismo se comparó las medias de noviembre del 2000 y febrero del 2001 y no se observaron diferencias significativas (Figura 28).

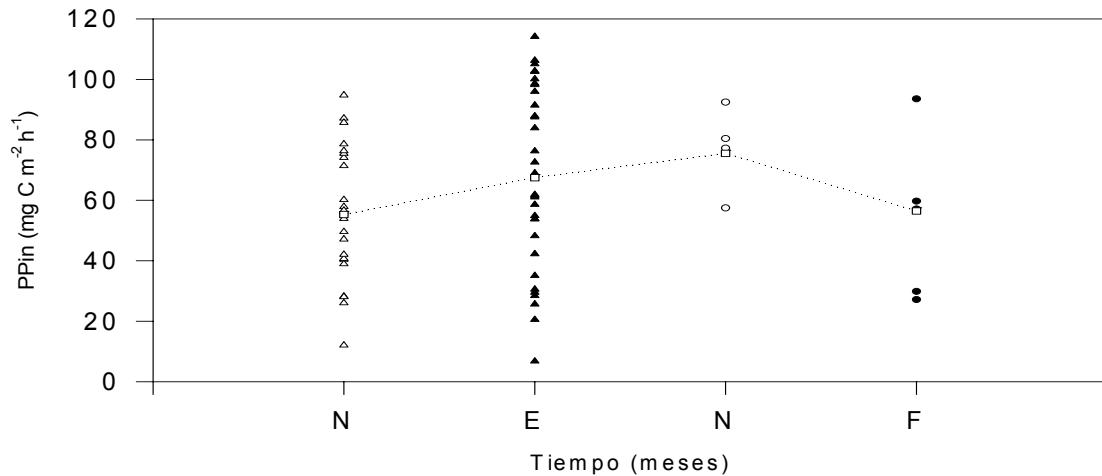


Figura 28. Promedios y desviaciones estándar mensuales de productividad primaria integrada ($\text{mg C m}^{-2} \text{h}^{-1}$) durante el período de muestreo.

Aunado a lo anterior se realizó un análisis de la productividad primaria integrada de las estaciones que coincidieron en la posición geográfica con $n = 3$ estaciones en cada mes. De esta forma, el valor promedio el máximo se presentó en enero de 1998 con $85.68 \text{ mg C m}^{-2} \text{h}^{-1}$ y el mínimo durante febrero del 2001 siendo de $52.77 \text{ mg C m}^{-2} \text{h}^{-1}$; así mismo el análisis de variancia encontró que no encontró diferencias significativas entre los meses de otoño-invierno (Figura 29).

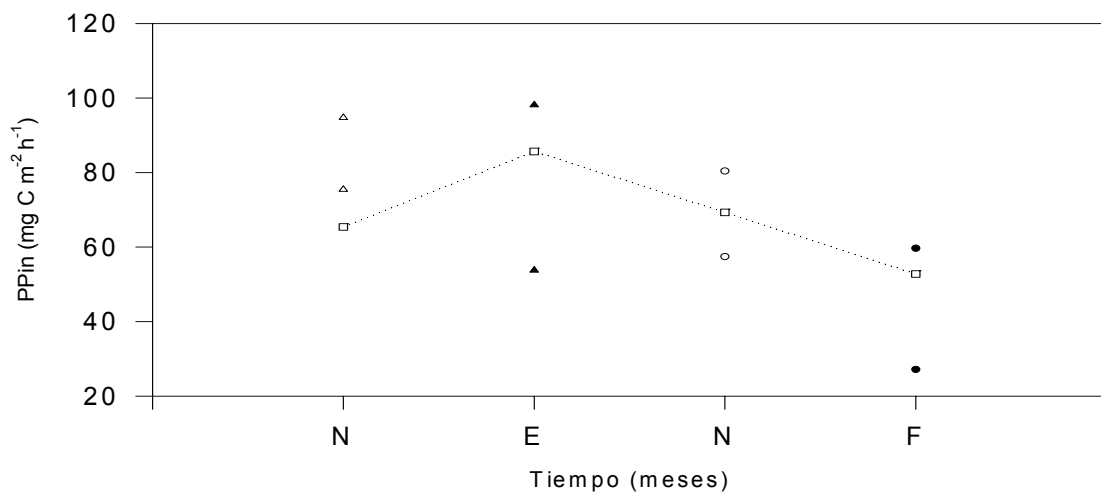


Figura 29. Promedios y desviaciones estándar mensuales de productividad primaria integrada ($\text{mg C m}^{-2} \text{h}^{-1}$) de tres estaciones con la misma ubicación geográfica durante el período de muestreo.

Distribución espacial.

Durante noviembre de 1997, los valores comprendidos de $0.00\text{-}34.99 \text{ mg C m}^{-2} \text{h}^{-1}$ se localizaron al noroeste de las islas La Partida y Espíritu Santo; los valores registrados entre $35.00\text{-}64.99 \text{ mg C m}^{-2} \text{h}^{-1}$ se ubicaron desde la parte norte hacia el área central, así mismo un núcleo con estos valores próximo al área sureste de la bahía; los valores mayores de $65.00 \text{ mg C m}^{-2} \text{h}^{-1}$ se presentaron desde la parte central hacia el sur. En enero de 1998, los valores $0.00\text{-}34.99 \text{ mg C m}^{-2} \text{h}^{-1}$ se distribuyeron al sur; los valores de $35.00\text{-}64.99 \text{ mg C m}^{-2} \text{h}^{-1}$ se localizaron en la parte sur y frente a las islas La Partida y Espíritu Santo; los valores mayores de $65.00 \text{ mg C m}^{-2} \text{h}^{-1}$ abarcaron desde la Boca Principal hacia la parte central casi sur. En noviembre del 2000 se registraron cinco estaciones donde el máximo valor fue de $92.46 \text{ mg C m}^{-2} \text{h}^{-1}$ y el mínimo de $57.44 \text{ mg C m}^{-2} \text{h}^{-1}$. Así mismo, en febrero del 2001 fueron seis estaciones analizadas, cuyo máximo valor fue de $93.53 \text{ mg C m}^{-2} \text{h}^{-1}$ y el mínimo de $27.14 \text{ mg C m}^{-2} \text{h}^{-1}$ (Figura 30).

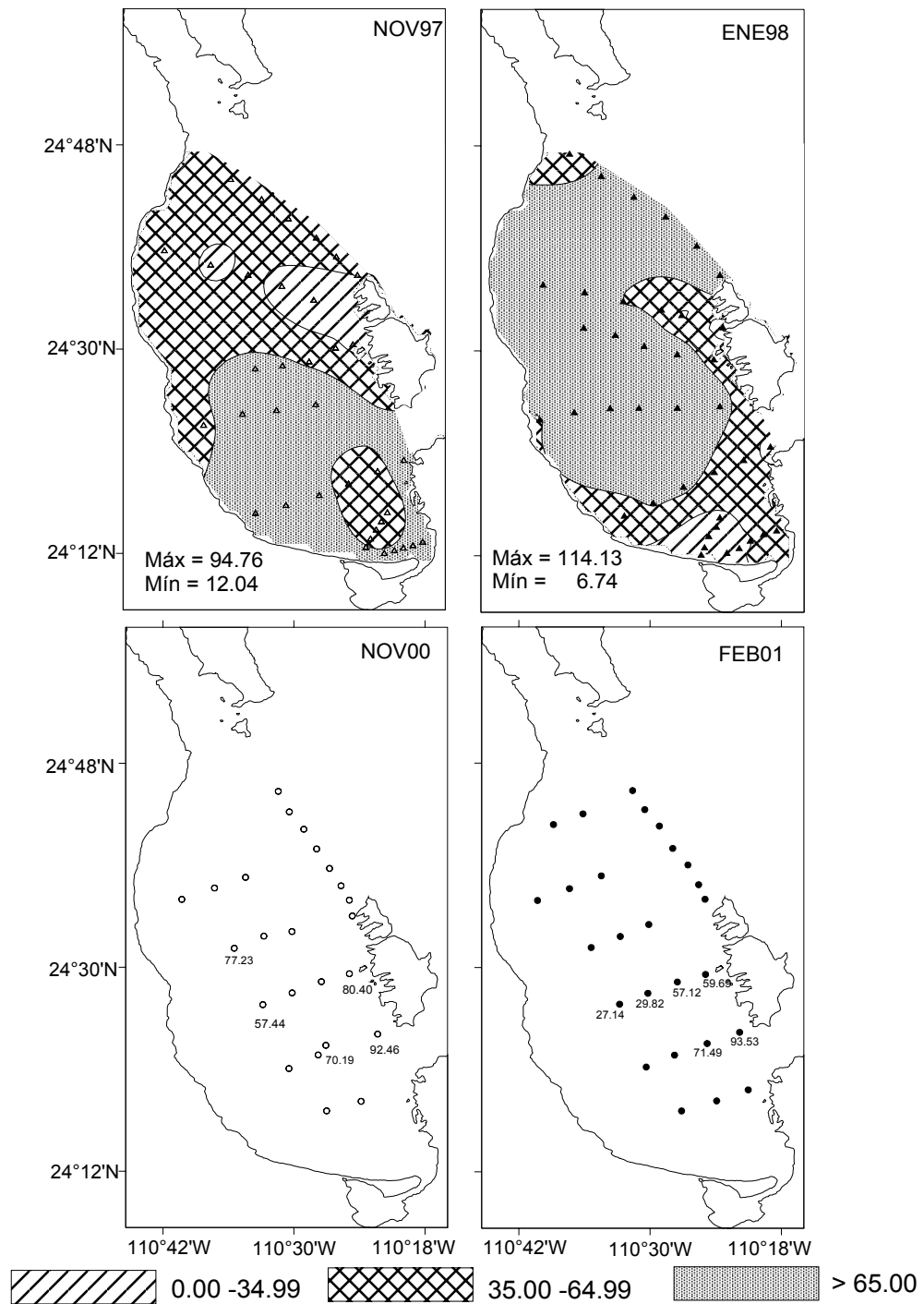


Figura 30. Distribución espacial de productividad primaria integrada ($\text{mg C m}^{-2} \text{h}^{-1}$) correspondiente al mes de noviembre de 1997, enero de 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001.

V DISCUSIÓN.

V.1 VARIABLES METEOROLÓGICAS.

Los vientos registrados en este trabajo en los diferentes meses fueron los típicos de otoño-invierno, excepto en noviembre de 1997 en el que los vientos dominantes fueron del suroeste, noroeste y sur-sureste teniendo una mayor intensidad el viento suroeste con 3.60 m s^{-1} ; debido probablemente a dos motivos, una es la posibilidad de la influencia de El Niño 1997-1998 (Obeso-Nieblas, 2003) y la otra es probablemente que el mes de noviembre es un mes de transición, el cual en ocasiones presenta condiciones cálidas o frías (Valdez-Holguín y Lara-Lara, 1987). En la Bahía de La Paz, durante invierno, los vientos son del norte y noroeste; mientras que en primavera y verano, éstos son del sur (Jiménez-Illescas *et al.*, 1997; Robles Gil-Mestre, 1998; Reyes-Salinas, 1999 y Obeso-Nieblas, 2003).

En las campañas de muestreo observamos que en noviembre de 1997 y enero de 1998 el mar estuvo calmo (con la mayor frecuencia en fuerza de 0); mientras que en noviembre del 2000 las fuerzas de 3 y 4 fueron las más frecuentes) y febrero del 2001 las fuerzas de 2 y 3 tuvieron, mayores frecuencias. Reyes-Salinas (1999) reporta una fuerza de 0 a 2 durante primavera-verano, siendo de mayor frecuencia la fuerza de 0. Con base a lo anteriormente expuesto, se puede inferir que el estado del mar sigue un comportamiento estacional, en el cual a pesar de ser una variable cualitativa se puede inferir sobre el grado de mezcla en que se encuentra la columna de agua. Al comparar los valores del índice de estratificación con respecto al estado del mar, se observó que de manera general existió una correspondencia entre estos, excepto en enero de 1998, debido probablemente a que el primero es de carácter estimativo y dependiendo completamente del observador y el segundo es cuantitativo, el cual está determinado por la temperatura y la densidad de la columna de agua.

La nubosidad presentó mayor cobertura en noviembre del 2000 y febrero del 2001 (hasta 4/8 y ocasionalmente 8/8), mientras que el cielo despejado se observó la mayor parte del tiempo en noviembre de 1997 y enero de 1998. De esta manera, cuando la radiación solar incidente es suficiente y la profundidad de la capa de mezcla permite acumulación de microalgas en la zona eufótica, éstas están sometidas a condiciones de luz apropiadas, las cuales al coincidir con fenómenos de mezcla o surgencia pueden promover el crecimiento

de células de mayor tamaño (Falkowski *et al.*, 1998) como las diatomeas con un consecuente incremento en la productividad primaria. Reyes-Salinas (1999) expone que durante primavera-verano el cielo se encuentra despejado en mayor ocurrencia, aunque ocasionalmente hay nubosidad parcial. La menor cobertura de nubes (0 octavos) la observó en primavera (de marzo a junio), sobre todo en época de secas (intensa radiación solar); mientras que la mayor cobertura de media a alta (4-8 octavos), se presenta en los meses de verano en época de lluvias. La ausencia de nubosidad registrada en noviembre de 1997, pudo producir mayor intensidad en la radiación solar, lo cual indujo a un incremento en la temperatura, así mismo, la circulación del viento propició la estratificación de la columna de agua. Mientras que en los meses en que se registró nubosidad parcial y/o total las condiciones de la columna de agua se observaron homogéneas.

V. 2 VARIABLES FISICOQUÍMICAS.

La distribución temporal de la temperatura mostró que el valor promedio máximo se registró en noviembre de 1997 con 27.62 °C; mientras que los valores mínimos se registraron en febrero del 2001 con un promedio de 19.16°C. Con base en la serie de temperatura que presenta De Silva-Dávila (1997) de 1989 a 1996, noviembre de 1997 y enero de 1998 presentaron 2.67 y 2.99 °C más respectivamente, debido probablemente al efecto de El Niño o bien, por ser un mes de transición (Valdéz-Holguín y Lara-Lara (1987). Con respecto a noviembre del 2000 y febrero del 2001 se analizó que estas diferencias disminuyeron a 0.81 y 1.56 °C debido a la influencia de los procesos que afectan esa propiedad (radiación, evaporación y precipitación). Las temperaturas máximas no parecieron afectar los valores de salinidad, más bien el incremento de esta variable pudo ser ocasionado por evaporación de la capa superficial provocada por acción del viento (sur-sureste).

La distribución espacial de estas variables permitió inferir que durante la época otoño-invierno la bahía se comportó como un sistema barotrópico, coincidiendo con lo reportado por Jiménez-Illescas *et al.* (1997) y Reyes-Salinas (1999).

En noviembre de 1997 probablemente hubo incursión de agua del golfo a través de la Boca Principal y del Canal San Lorenzo, ésta se caracterizó por mayor temperatura (28.11°C),

menor salinidad (34.47 ups) y sigma-T (22.50) que el agua de la bahía. Mientras que en los otros meses fue agua con menor temperatura.

En la distribución vertical de temperatura, noviembre de 1997 presentó una termoclina somera (35m aprox.) similar a las profundidades reportadas para el período cálido o de transición (Reyes-Salinas, 1999; Obeso-Nieblas, 2002), contrario a lo observado durante de noviembre del 2000, el cual no estuvo bajo condiciones del fenómeno El Niño y presentó una termoclina de mayor profundidad (60m típica del período frío), según lo reportado por Verdugo-Díaz (2004). Estas condiciones observadas durante 1997 pueden ser una evidencia de la extensión del período cálido como respuesta a los efectos oceanográficos del mencionado evento. Así mismo, en noviembre de 1997 no se observó haloclina, Obeso-Nieblas (2002) reportó la ausencia de haloclina, pero en marzo de 1998 (el cual lo refiere a la influencia de El Niño), debido probablemente a la falta de un gradiente importante entre la superficie, la capa de mezcla y la parte profunda. La picnoclina más somera se registró en noviembre de 1997 (35m aprox.), la más profunda se registró en enero de 1998 (70m aprox.), la picnoclina de febrero del 2001 muestra que la columna de agua estuvo perfectamente mezclada. Por otra parte Jiménez-Illescas *et al.* (1997) obtuvieron durante marzo de 1994 perfiles de salinidad y temperatura similares entre sí coincidiendo las profundidades de la haloclina con la termoclina, a su vez, el perfil de densidad fue similar a éstos.

Resumiendo lo anterior, durante los meses de enero de 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001, se presentó el hundimiento de la termoclina, mientras que en noviembre de 1997 donde se presentó un alto grado de estratificación de la columna de agua y la termoclina fue somera. Martínez-López *et al.* (2001) infirieron que en el caso de una estructura termohalina con condiciones de estratificación se presenta una termoclina superficial y una reducida capa de mezcla; mientras que en condiciones de mezcla, ocurre un hundimiento de la termoclina.

En noviembre de 1997 y enero de 1998, se registraron las masas de AGC y ASE (con menor número de registros de esta última en ambos meses); durante noviembre del 2000 y febrero del 2001 AGC, ASsSt y ASE. Así mismo, las masas de aguas registradas en la época de verano en la Bahía de La Paz, son: AGC, ASE y ASsSt (Reyes-Salinas, 1999; Monreal-Gómez *et al.*, 2001 y Jiménez-Illescas *et al.*, 1997).

Obeso-Nieblas (2002) reportó la presencia en mayor proporción del ASsSt, AGC y del arribo del ASE en julio de 1997 (representativo de la época primavera-verano) coincidiendo con lo reportado por Reyes-Salinas (1999) y Monreal-Gómez *et al.* (2001). Para marzo de 1998 (mes representativo de la época de otoño-invierno) reportó la presencia en su mayor parte ASsSt, AGC y en menor proporción ASE, atribuido al efecto de las condiciones de El Niño 1997-1998 que presentes en esta región. Los datos obtenidos por Obeso-Nieblas (2002) referentes a la masa de agua ASsSt difieren en nuestro estudio, ya que ésta no estuvo presente en noviembre de 1997 y enero de 1998 (durante El Niño); pero, si en noviembre del 2000 y febrero del 2001.

Por otro lado Jiménez-Illescas *et al.* (1997) no identificó el AGC en marzo de 1994, pero que sí en verano de 1992; sin embargo, en este trabajo, el AGC fue evidente en todos los meses.

Los meses típicos de otoño-invierno registrados en este trabajo presentaron condiciones de mezcla, concordando con lo reportado por Verdugo-Díaz (2004); excepto noviembre de 1997, en el que se observó un alto grado de estratificación (Φ de 286.64 J m^{-3}), por lo que éste presentó características afines al verano. Reyes-Salinas *et al.* (2002) mencionaron que en la Bahía de La Paz la variación del índice de estratificación es estacional, registrándose los valores máximos en octubre y los mínimos en enero, dichos valores están relacionados con el flujo de calor en las capas superficiales de la columna de agua y son afectados por calentamiento, mezcla por mareas y por efecto de vientos. En Bahía de Los Ángeles se estudió el efecto de la mezcla vertical en la productividad primaria y se reportó la diferencia que hay entre los valores de ésta cuando la columna estuvo estratificada y cuando estuvo mezclada; los valores de productividad primaria fueron más bajos cuando la columna de agua estuvo estratificada que cuando estuvo mezclada (Delgadillo-Hinojosa *et al.*, 1997). En este mismo sentido Gaxiola-Castro (1994) observó que la productividad primaria puede incrementar sus valores bajo turbulencia moderada en la columna de agua. En la distribución espacial del índice de estratificación, se observó que en todos los meses éste fue más alto hacia la Boca Principal, probablemente debido a la topografía de la bahía. Los valores promedio de nitratos y nitritos superficiales registraron concentraciones bajas en noviembre de 1997 ($1.52 \mu\text{M}$ y $0.04 \mu\text{M}$ respectivamente). Los registros de estas concentraciones menores de nutrientes no necesariamente son un factor limitante para el

crecimiento de la comunidad fitoplanctónica dado que se ha observado que existe una adaptación de estas células a condiciones semejantes e incluso de oligotrofia, sobretodo cuando el nanofitoplancton es la fracción dominante (Valiela, 1995). Al respecto, Valdéz-Holguín y Lara-Lara (1987) reportan un incremento en la productividad primaria debido a la proliferación de células de pequeño tamaño características de agua pobres en nutrientes. Es importante mencionar que la competencia interespecífica por un nutriente en particular es baja dado que las distintas microalgas tienen de igual manera requerimientos nutricionales diferenciales (Margalef, 1978). De igual manera, las microalgas presentan cierta flexibilidad fisiológica que les permiten el crecimiento siempre y cuando no se rebasen los límites de tolerancia (Grime, 1979). Con relación a las mayores concentraciones de nutrientes, éstas fueron observadas durante febrero del 2001 ($8.23 \mu\text{M}$ y $0.76 \mu\text{M}$), mismas que pudieron favorecer el incremento de la productividad primaria al haber una posible proliferación de la fracción microfitoplanctónica que requiere mayores concentraciones de nutrientes para su crecimiento (Reynolds, 1987). En comparación con los meses de primavera y verano reportados por Reyes-Salinas (1999), quien reportó valores promedio máximo en marzo de $3.71 \mu\text{M}$ para nitratos y de $0.19 \mu\text{M}$ para nitritos, el mes de noviembre de 1997 presentó características de verano (período cálido); en cambio, febrero del 2001, presentó valores más altos, de los cuales Verdugo-Díaz (2004) mencionó que se observó un aporte de nutrientes hacia la zona eufótica y un comportamiento estacional, donde los mínimos son en verano y los máximos en invierno coincidiendo éstos últimos con los registrados en este estudio. La distribución horizontal de los nitratos relativamente fue uniforme en la bahía, excepto en febrero del 2001; mientras que en los nitritos sólo fue homogénea en 1997. En cuanto a la distribución vertical, durante todos los meses se observó homogeneidad y no se registró evidencia de una nutriclina a través de la columna; a pesar de que en noviembre de 1997 se presentó una columna de agua estratificada. Reyes-Salinas (1999), mencionó que en la zona fótica probablemente hay un consumo fuerte de nutrientes, en primavera-verano; para este estudio no se reflejó este comportamiento; lo que se observó es que se registró un rango de valores diferente entre noviembre de 1997 y febrero del 2001, por las condiciones meteorológicas y fisicoquímicas que se observaron en esos meses. Cervantes-Duarte y Guerrero-Godínez (1988), mencionaron que existe la posibilidad de un intercambio de especies reducidas de nitrógeno

entre la bahía y la laguna Ensenada de La Paz, pero las especies oxidadas las aporta la bahía. Así mismo, Lechuga-Devéze (1997) mencionó que la laguna requiere del aporte de nitratos proporcionados por la bahía para la realización de los procesos oxidativos que proveen nutrientes inorgánicos para la productividad primaria. La variabilidad temporal y espacial que presentaron tanto los nitratos como los nitritos afectó en cierto grado a los valores de productividad primaria registrados, sin embargo consideramos que no llegaron a ser limitantes tal y como ha sido reportado en cuerpos de aguas con características similares. Recientemente se han realizado diversas investigaciones que conducen al conocimiento de variables que limitan en mayor manera la fotosíntesis encontrándose algunos elementos traza como el hierro son un recurso limitante en muchas ocasiones (Martín y Fitzwater, 1988), esto ha sido corroborado ya que al añadir este elemento en el medio marino incrementa notablemente el proceso fotosintético (Coale *et al.*, 1996).

Con respecto a la variabilidad de la clorofila *a*, se encontró que el valor promedio mínimo superficial se registró durante noviembre de 1997 siendo de $0.44 \text{ mg Cla m}^{-3}$, mientras que el máximo se registró en febrero del 2001 con $1.09 \text{ mg Cla m}^{-3}$. De acuerdo a estas observaciones, los datos registrados durante noviembre de 1997 se asocian con los de primavera-verano según lo reportado por Reyes-Salinas (1999) y Martínez-López *et al.* (2001). En la Bahía de La Paz, Reyes-Salinas (1999), reportó valores máximos superficiales de clorofila *a* en marzo; mientras que Martínez-López *et al.* (2001) los registraron durante abril de cada año (desde abril de 1993 a marzo de 1995). Estos valores describen el patrón general estacional de la clorofila *a*, cuyas máximas concentraciones son de febrero a abril, disminuyendo los valores de junio a noviembre aumentando ligeramente hasta que de nuevo se presentan los máximos de primavera. Los valores registrados en este estudio caen dentro de este comportamiento.

La distribución horizontal de la clorofila *a* en noviembre de 1997 mostró que ésta fue uniforme en toda la bahía, excepto en tres estaciones localizadas en la parte central que registraron valores ligeramente más altos; esto es debido a las condiciones de estratificación que mantuvo la columna en ese mes. En los otros meses la distribución fue irregular; lo que manifiesta características de mezcla en la estructura vertical. No se registraron picos subsuperficiales de clorofila *a*, sino que la estructura vertical fue homogénea en todos los meses desde la superficie hasta los 75m. Contrario a lo reportado por Verdugo-Díaz (2004)

que asocia la formación de una termoclina superficial con el pico subsuperficial de máxima clorofila *a*; en esta investigación no se evidenció la influencia de la termoclina sobre una acumulación de partículas fotosintéticas que pudieran provocar el incremento subsuperficial de clorofila *a* referido; esto puede estar asociado con la migración vertical que pueden presentar algunos fitoplanctontes a lo largo de la columna de agua (Smayda, 1980).

V. 3 PRODUCTIVIDAD PRIMARIA SUPERFICIAL E INTEGRADA.

La productividad primaria superficial presentó el valor promedio mínimo en noviembre de 1997 con $2.93 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$; y el máximo en noviembre del 2000 con $5.09 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$. La misma situación ocurrió para la productividad primaria integrada, la cual presentó el valor promedio mínimo en noviembre de 1997 con $55.29 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ y el máximo en noviembre del 2000 con $75.54 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Los valores mínimos de productividad primaria superficial e integrada registradas durante noviembre de 1997 coinciden con las concentraciones menores de nutrientes, de igual forma los valores mayores de productividad primaria se relacionan con valores altos de nutrientes registrados durante noviembre del 2000; esto ha sido reportado con anterioridad y se ha mencionado que los cambios en la concentración de nutrientes pueden ser el factor dominante en los mecanismos de variabilidad de los ecosistemas, mismos que pueden operar en las diferentes escalas de tiempo (Jassby, 1998). Borum (1996), mencionó que la variabilidad en la concentración de nutrientes durante un ciclo anual en zonas costeras puede ser el responsable del 36% de la variación en la productividad primaria.

Debido a que en noviembre del 2000 y febrero del 2001 se registraron cinco y seis perfiles respectivamente, se revisó la ubicación de las estaciones y sólo tres de estas coincidieron para ser analizadas en todos los meses. El comportamiento fue similar al considerar el número total de las estaciones muestreadas en cada mes. El mínimo promedio de productividad primaria superficial obtenido durante noviembre de 1997 cae dentro de los valores registrados en verano y específicamente en los meses de junio y septiembre por Reyes-Salinas (1999). De igual manera, si contrastamos el valor registrado durante 1997 con los reportes de la respuesta fisiológica de la comunidad fitoplactónica expresados por Verdugo-Díaz (2004) observamos que este valor presenta mayor semejanza con la respuesta de comunidades adaptadas a condiciones de meses cálidos, lo cual puede ser una

evidencia de la prolongación de las condiciones provocadas por el fenómeno El Niño 1997-1998. El promedio mínimo de la productividad primaria integrada registrado en noviembre de 1997 es aún menor que los valores registrados en verano por Reyes-Salinas (1999). De esta manera, tanto la productividad primaria superficial como la integrada parecen seguir un comportamiento estacional; en el cual, el valor máximo en el ciclo anual es en primavera, luego los valores van disminuyendo hasta alcanzar el mínimo a finales de verano (Reyes-Salinas, 1999 y Reyes-Salinas *et al.*, 2003), luego durante otoño e invierno los valores aumentan ligeramente, manteniéndose, sin observarse picos abruptos hasta que comienza de nuevo la época de primavera. Reyes-Salinas (1999) y Reyes-Salinas *et al.* (2003) reportan que los valores máximos de ésta fueron en marzo ($16.00 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$), y los mínimos en septiembre ($2.17 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$), y de nuevo se presenta un incremento ($5.39 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) para el mes de octubre (Figura 31).

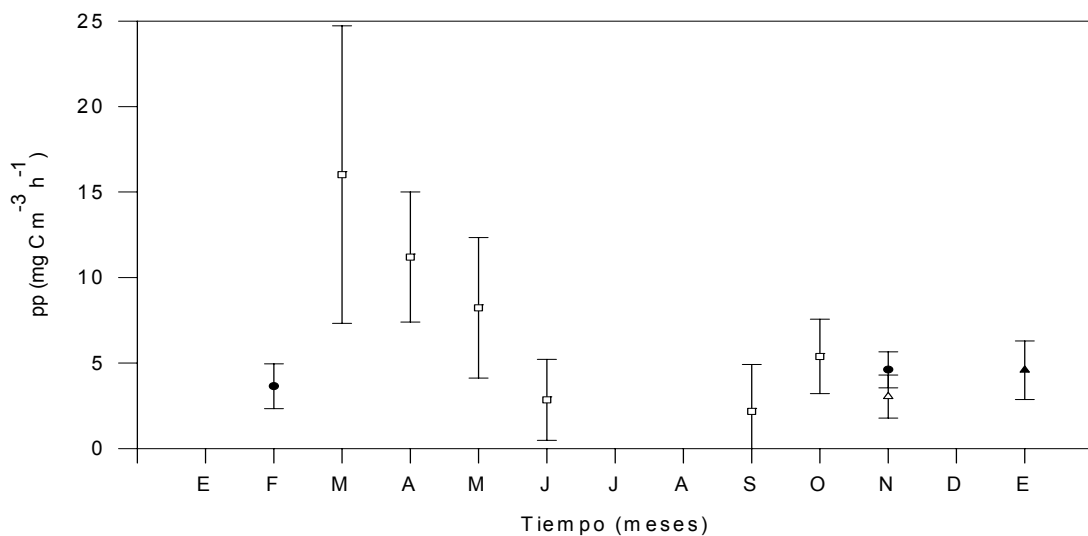


Figura 31. Variación temporal de la productividad primaria superficial ($\text{mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) durante el período de muestreo en la Bahía de La Paz (Δ , \blacktriangle , \circ , \bullet). Se muestran además los valores reportados por Reyes-Salinas (1999) (\square).

De acuerdo a los trabajos reportados que utilizan la fluorescencia natural para la estimación de la productividad primaria superficial en el Golfo de México en comparación con esta

área de estudio, se observó que caen dentro de los valores para las zonas oceánicas de aquella región los cuales son de 1.2 a 6.7 C m⁻³ h⁻¹. De igual manera, en el Pacífico mexicano Espinosa-Carreón (1996) los valores reportados son mayores (el máximo fue de 20 C m⁻³ h⁻¹) a los registrados para esta bahía. Así mismo en el Golfo de California, la zona norte registró valores mayores (>10 C m⁻³ h⁻¹); en la zona central García-Mendoza (1994) reportó valores que se observaron en este trabajo (< 5 mg C m⁻³ h⁻¹).

La productividad primaria integrada también presentó un comportamiento estacional, cuyos máximos son en el mes de abril (137.75 mg C m⁻² h⁻¹) y mínimos en noviembre (55.00 mg C m⁻² h⁻¹). En la distribución espacial de la productividad primaria superficial e integrada se observó de manera general que en noviembre de 1997 la ubicación de los valores altos en este mes fue influenciada por el viento y así mismo enero de 1998. En la distribución vertical de productividad primaria se registraron picos subsuperficiales menores en noviembre de 1997, por causas antes mencionadas, y mayores en enero de 1998 que son valores propios de otoño invierno asociados al cambio de las condiciones meteorológicas y físicoquímicas en la bahía; los de noviembre del 2000 y febrero del 2001, fueron similares entre sí, aunque caen dentro del rango de los de enero de 1998 (Figura 32).

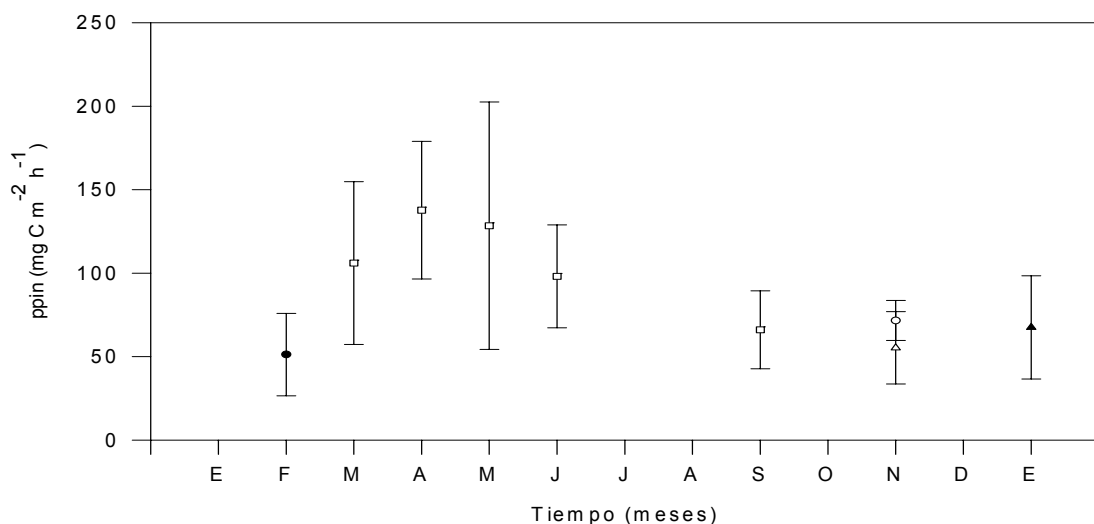


Figura 32. Variación temporal de la productividad primaria integrada (mg C m⁻² h⁻¹) durante el período de muestreo en la Bahía de La Paz (Δ, ▲, ○, ●). Se muestran además los valores reportados por Reyes-Salinas (1999) (□).

La comparación de los valores reportados de productividad primaria integrada ha sido complicada, debido a las diferentes metodologías para la estimación de ésta. El valor promedio máximo registrado para la bahía ($75.54 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) se aproximaron a los valores mínimos reportados por Espinosa-Carreón (1996) de 84 a $100 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ para la región del Pacífico Mexicano utilizando la técnica de fluorescencia natural. Mientras que para la laguna Ensenada de La Paz, Gilmartin y Revelante (1978) registró un valor promedio de $37 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ mediante la técnica del carbono 14; aplicando la técnica de oxígeno disuelto, Lechuga-Devéze *et al.* (1986) reportó valores hasta de $347 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ y Barreiro-Güemes *et al.* (1993) entre 45 y $125 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ considerando entonces que el valor estimado para la bahía está dentro de los valores estimados para la laguna adyacente.

V. 4 RELACIÓN DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS Y FÍSICOQUÍMICAS CON LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA.

Los datos que se obtienen de manera cuantitativa y cualitativa acerca de las características meteorológicas aportan información importante, la cual permite discutir sobre cambios en variables estrechamente vinculadas con éstas como las fisicoquímicas (García y Reyes, 1985); sin embargo, es importante considerar que la cuantificación del efecto de estas variables sobre la fisiología microalgal y por ende, de la productividad primaria es algo complicado de abordar, debido a las múltiples interacciones que se presentan, así como a la naturaleza misma de estos microorganismos (Harris, 1980). Se considera en este trabajo el viento como uno de los factores que influyen en la estructura de la columna de agua; ya que, al ser modificado éste en dirección e intensidad y en conjunto con la temperatura y sigma-T, promueven la mezcla o estratificación. La homogeneidad de la columna de agua puede generar que la capa de mezcla sea más profunda que la zona eufótica, formando una barrera de densidad que impide el aporte de nutrientes hacia el límite inferior de la zona eufótica (Sverdrup, 1953), situación que puede promover una disminución en la productividad primaria, ya que la tasa fotosintética está estrechamente relacionada con el aporte potencial de nutrientes de aguas profundas (Sverdrup, 1955). Sin embargo, esta barrera puede romperse mediante el fenómeno físico de surgencias (Valiela, 1995), que a pesar de no haber sido detectado en esta investigación es un evento que potencialmente pudo favorecer el incremento en la productividad primaria durante los

meses de enero de 1998 y noviembre del 2000. El estado del mar proporciona una estimación gruesa de la condición de la columna de agua y con la escala de Beaufort (Weihsaupt, 1984) podemos de una cierta manera unificar criterios al respecto; las características de éste no son independientes, sino que depende del efecto producido por la acción del viento, por el régimen de mareas y corrientes. La cobertura de nubes es opuesta al comportamiento de la irradiancia, ya que mientras mayor sea puede influenciar sobre una menor profundidad de la zona eufótica, con las repercusiones correspondientes sobre la comunidad microalgal.

Retomando el aspecto de las condiciones de mezcla de la columna de agua, podemos inferir que de acuerdo a como sean éstas, el comportamiento en cuanto a la disponibilidad nutrientes, clorofila *a* y productividad primaria puede ser mayor en la superficie cuando hay turbulencia; mientras que es probable que sea menor cuando hay estratificación. Al respecto, Delgadillo-Hinojosa *et al.* (1997) reporta que los valores de productividad primaria son mayores cuando la columna está mezclada, y menores cuando se encuentra estratificada; siendo los factores limitantes de la productividad primaria la luz y los nutrientes. De igual manera King (1986) menciona que existe una alta afinidad o correlación entre la columna de agua estratificada y una baja productividad primaria. 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 lo expuesto por Martínez-López *et al.* (2001), quien menciona que en época cálida los valores de clorofila *a* son menores y en la fría son mayores. Reyes-Salinas *et al.* (2003) mencionan que la alta estratificación inhibe la fertilización de la capa superficial, mientras que una columna de agua bien mezclada facilita este proceso. Estos procesos físicos son de suma importancia al considerar que el aporte externo de compuestos nitrogenados depende básicamente de su aporte desde aguas profundas (King, 1986). A pesar del conocimiento que se tiene sobre los factores que en un momento dado pueden ser limitantes para la productividad primaria, es importante considerar que el efecto individual de éstos puede muchas veces no correlacionarse en gran medida con la variabilidad en la productividad primaria; ya que, quien regula los cambios de este proceso fisiológico es la interacción en conjunto de todas las variables fisicoquímicas (Falkowski *et al.*, 1992).

Dependiendo de cómo sean las condiciones de turbulencia en la columna de agua, así como la profundidad de la capa fótica, se puede inferir cómo puede ser el comportamiento de la productividad primaria. Cuando se dan condiciones de estratificación hay una termoclina somera, pero la disponibilidad de nutrientes en superficie puede ser menor, debido a la imposibilidad de intercambio de nutrientes vía aguas profundas al existir una barrera física como lo es la termoclina; esto a su vez, puede provocar el menor crecimiento de fitoplancton con la consecuente disminución en la concentración de la clorofila *a*. Mientras que en condiciones de turbulencia la termoclina se hunde, la disponibilidad de nutrientes y clorofila *a* puede ser mayor; la profundidad de la capa fótica se encuentra dentro de la capa de mezcla, provocando que haya mayor productividad primaria, debido a que los nutrientes no son un factor limitante como en el caso de estratificación.

En este trabajo se analizó el efecto que tienen las diferentes variables sobre la productividad primaria. Por medio de los coeficientes de determinación derivados del análisis de correlación encontramos que los valores de productividad obtenidos dependieron de un efecto combinado de las diferentes variables en este caso el viento, las variables físicoquímicas, las condiciones de la columna de agua (Φ) y no de una variable específica concordando con lo expuesto con Falkowski *et al.*, (1992).

VI CONCLUSIONES.

1. Los valores reportados en este trabajo tanto de productividad primaria superficial como integrada son característicos de la temporada fría de la bahía con excepción de noviembre de 1997. Mediante el análisis de las variables fisicoquímicas se atribuyó que noviembre de 1997 presentó influencia de el fenómeno El Niño (mayores temperaturas y alto grado de estratificación, menores concentraciones de nutrientes, clorofila *a* y productividad primaria.
2. El valor promedio mínimo de productividad primaria superficial se registró durante noviembre de 1997 ($2.93 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$); mientras que el valor promedio máximo se registró durante noviembre del 2000 con $5.09 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$. La productividad primaria integrada presentó su valor promedio mínimo durante noviembre de 1997 con $55.29 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$; mientras que el valor promedio máximo se registró en noviembre del 2000 con $75.54 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. De manera que, se puede considerar a la bahía como un cuerpo de agua donde la productividad primaria es relativamente baja durante otoño-invierno.
3. Se observó que la variación de la productividad primaria responde a la variabilidad combinada de las condiciones meteorológicas y fisicoquímicas que se presentan en las diferentes épocas del año.

VII LITERATURA CITADA.

- AGUIRRE-GOMEZ, R., 2002. Primary production in the southern Gulf of México stimulated from solar-simulated natural fluorescence. *Hidrobiológica* 12(1): 21-28.
- ALVAREZ-BORREGO, S. y G. GAXIOLA-CASTRO. 1988. Photosynthetic parameters of northern Gulf of California phytoplankton. *Cont. Shelf Res.* 8: 37-47.
- BARREIRO-GÚEMES, M. T., C. H. LECHUGA-DEVÉZE y J. BUSTILLOS-GUZMAN. 1993. Variabilidad diurna de la producción primaria en la boca de la ensenada de La Paz, B. C. S. *Hidrobiológica*. 3(1-2):17-27.
- BORUM, J. 1996. Shallow waters and lands sea boundaries. In B. B. Jorgensen y Richarson (Eds.). Eutrophication in marine systems. American geophysical Union. 179-203 pp.
- BUSTILLOS-GUZMAN, J. 1986. Fitoplancton en tres ecosistemas de manglar en la bahía de La Paz, B. C. S. (México). I. Diatomeas. *An.Inst.Cienc.Mar. y Limnol.* UNAM. 13(3):301-306.
- BUSTILLOS-GUZMAN, J. y E. OLIVARES-GONZALEZ. 1986. Fitoplancton en tres ecosistemas del manglar de la bahía de La Paz, B. C. S. México II. Producción primaria bruta neta y respiración. *An.Inst.Cienc.Mar. y Limnol.* UNAM. 13(3):307-312.
- CERVANTES-DUARTE, R., G. GAXIOLA-CASTRO y J. E. VALDEZ-HOLGUIN. 1993. Relación entre clorofila superficial y clorofila en 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. y R., GUERRERO-GODINEZ. 1988. Variación espacio-temporal de nutrientes de la Ensenada de La Paz, B. C. S., México. *An. Inst. Cienc. Mar. y Limnol.* UNAM. 15(2):129-142.
- CHAMBERLAIN, W. S., C. R. BOOTH, D.A., KIEFER, J. H. MORROW y R. C., MURPHY. 1990. Evidence for a simple relationship between natural fluorescence, photosynthesis and chlorophyll in the sea. *Deep Sea Research*. 37(6):951-973.
- COALE, K. H., K. S. JOHNSON, S. E. FITZWATER y R. M. GORDON. 1996. A massive phytoplankton bloom induced by an ecosystem-scale iron fertilization experiment in the equatorial Pacific Ocean. *Nature*. 383: 495-501.
- CRUZ-AYALA, M. B. 1996. Variación espacio-temporal de la ficoflora y su abundancia relativa en la Bahía de La Paz, B. C. S. México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 100 pp.

Avilés-Agúndez, G. 2004. "Productividad primaria estimada por fluorescencia natural durante otoño-invierno en la Bahía de La Paz, B.C.S., México"

- CRUZ-OROZCO, R., C. MARTINEZ-NORIEGA y A. MENDOZA-MARAVILLAS. 1996. Batimetría y sedimentos de la bahía de La Paz, B. C. S., *Oceánides*. 11(1):21-27.
- DE SILVA-DÁVILA, R. 1997. Abundancia y distribución de los eufásidos y producción larvaria de *Nyctiphanes simplex* (Hasne), en la Bahía de La Paz, B. C. S., México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 112 pp.
- 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.
- ESPINOSA-CARREON, L. 1996. Productividad primaria y su relación con algunas variables Bio-ópticas en la bahía de Todos Santos, Baja California, México. Tesis de Maestría. CICESE. Ensenada, B. C. 157 pp.
- FALKOWSKI, P. G., R.M. GREENE y J. GEINDER. 1992. Physiological limitations on phytoplankton productivity in the ocean. *Oceanography*. 5(2):84-91.
- FALKOWSKI, P. G., R. T. BARBER y V. SMETASEK. 1998. Biogeochemical controls and feedbacks on ocean primary production. *Science*. 281:200-205.
- GAARDNER, T. y H. H. GRAN. 1927. Investigations of the production of plankton in the Oslo Fjord. *Rapp. Et Proc. Verb., Cons. Internat. Explor. Mer*. 42:1-48.
- GARCIA-MENDOZA, E. 1994. Fluorescencia natural y productividad primaria en el Pacífico Mexicano. Tesis de maestría. CICESE. Ensenada, B. C. 128 pp.
- GARCIA-MENDOZA, E. y R. H. MASKE. 1996. The relationship of solar-stimulated natural fluorescence and primary productivity in Mexican Pacific waters. *Limnol. Oceanogr.* 41(8):1697-1710.
- GARCIA, R. y S. REYES. 1985. Promedios mensuales del lugar y tiempo de las perturbaciones tropicales en el Océano Pacífico Oriental. Reporte Técnico No. 0C8501; CICESE. Ensenada, B. C. pp. 25.
- GAXIOLA-CASTRO, G. 1994. Efectos de algunos procesos físicos sobre la fisiología y productividad del fitoplancton marino. Tesis Doctoral. CICESE. Ensenada, B. C. 145 pp.
- GILMARTIN, M y N. REVELANTE. 1978. The phytoplankton characteristics of the Barrier Island Lagoons of the Gulf of California. *Estuarine and Coastal Marine Science*. 7(1):29-47.

Avilés-Agúndez, G. 2004. "Productividad primaria estimada por fluorescencia natural durante otoño-invierno en la Bahía de La Paz, B.C.S., México"

GRASSHOFF, K., M. EHRHARDT y K. KREMLING. 1983. *Methods of Seawater Analysis*. Editorial Verlag Chemie. 418 pp.

GRIME, J. P. 1979. Competition and the struggle for existence. In Anderson R. M., Turner, B. D. y Taylor L. R. (Ed.) *Population dynamics*. 20th Symposium of the British Ecological Society. Blackwell Scientific Publication, London. 123-139.

HARRIS, G. P. 1980. The measurement of photosynthesis in natural populations of phytoplankton. E. Morris, I. (Ed.). *The physiological ecology of phytoplankton*. Capítulo 4. University Press. 129-190 pp.

HIDALGO-GONZALEZ, R. y S. ALVAREZ-BORREGO. 2000. Chlorophyll profiles and the water column structure in the Gulf of California. *Oceanologica acta*. 24(1):19-28.

HERRERA-JUAREZ, R. 1995. *Manual de Meteorología y Fenómenos Meteorológicos*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). 361 pp.

JASSBY, A. D. 1998. Interannual variability an three inland water habitats: Implications for sentinel ecosystems. *Ecol. Appl.* 8:277-287.

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 (eds) *La Bahía de La Paz, Investigaciones y conservación*. U.A.B.C.S. 345 pp.

KIEFER, D. A., N. S. CHAMBERLIN y C. R. BOOTH. 1989. Natural fluorescence of chlorophyll *a*: Relationship to photosynthesis and chlorophyll concentration in the western south Pacific gyre. *Limnol Oceanogr.* 35(5):808-884.

KING, F. D. 1986. The dependence of primary production in the mixed layer of the eastern tropical Pacific on the vertical transport of nitrate. *Deep Sea Research*. 33(6):736-754.

LECHUGA-DEVEZE, C. H., 1982. Mediciones anómalas de oxígeno disuelto en experimentos con botellas claras y oscuras. *Inv. Pesq.* 41-50.

LECHUGA-DEVEZE, C. H., J. GARCIA-PAMANES y J. BUSTILLOS-GUZMAN. 1986. Condiciones ecológicas de una laguna costera de la costa oeste del Golfo de California, turbiedad y clorofila *a*. *Ciencias Marinas*. 12(1):19-31.

LECHUGA-DEVEZE, C. H. 1997. Budgets for mexican coastal lagoons. Ensenada de La Paz, B. C. S. En Smith, S. V., Ibarra-Obando, P. R. Boudreau and V. F. Camacho-Ibar. 1997. Comparison of carbon, nitrogen and phosphorus fluxes in Mexican coastal lagoons, LOICZ Reports and Studies No.10, ii+84pp. LOICZ. Texel, The Netherlands.

Avilés-Agúndez, G. 2004. "Productividad primaria estimada por fluorescencia natural durante otoño-invierno en la Bahía de La Paz, B.C.S., México"

MARGALEF, R. 1978. Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanol. Acta.*1:493-509.

MARTIN, J. H. y S. E. FITZWATER. 1988. Iron deficiency limits phytoplankton growth in the north-east Pacific subarctic. *Nature.* 331:341-343.

MARTINEZ-LOPEZ, A., R. CERVANTES-DUARTE, A. REYES-SALINAS y J. E. VALDEZ-HOLGUIN. 2001. Cambio estacional de clorofila *a* en la Bahía de La Paz, B. C. S., México. *Hidrobiológica.*11(1):45-52.

MILLERO, F. J. 1996. Chemical oceanography. 2nd edition Press. 469 pp.

MONREAL-GOMEZ, 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.

MORRIS and RILEY. 1963. *Anal. Chim. Acta.*29:272.

OBESO-NIEBLAS, M. 2002. Caracterización de las condiciones oceanográficas de la Bahía de La Paz, B. C. S., México. Examen predoctoral. CICIMAR-IPN. 94 pp.

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 pp.

PLATT, T. y S. SATHYENDRANATH. 1988. Oceanic primary production: Estimation by remote sensing at local and regional scales. *Science.* 241:1613-1620.

PARSONS, T. R., TAKAHASHI y B. HARGRAVE. 1984. Biological Oceanographic Processes. 3rd edition. Pergamon Press. 330 pp.

REYES-SALINAS, A. y R. CERVANTES-DUARTE, 1998. Masas de Agua en la Bahía de La Paz, B.C.S. Boletín No.66 CICIMAR-IPN.

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-PEREZ y J. E. VALDEZ-HOLGUIN.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.

REYNOLDS, C. S. 1987. The response of phytoplankton communities to changing light environments. *Schweizerische. Zeitschrift fur Hydrology.* 49:220-236.

Avilés-Agúndez, G. 2004. "Productividad primaria estimada por fluorescencia natural durante otoño-invierno en la Bahía de La Paz, B.C.S., México"

ROBLES GIL-MESTRE, S. 1998. El clima de la ciudad de La Paz, B. C. S. Tesis de Maestría. UNAM. 233 pp.

SANTAMARIA-DEL-ANGEL, E., S. ALVAREZ-BORREGO y F. E. MÜLLER-KARGER. 1994. Gulf of California biogeographic regions base on coastal zone color scanner imagery. *Journal of Geophysical Research*. 99(4):7411-7921.

SIMPSON, J. H., D., G. HUGHES y N. C. G. MORRIS. 1977. The relation of seasonal stratification to tidal mixing on the continental shelf. En Angel, M. (ed) A Voyage to Discovery. *Deep. Sea. Res.* (suppl) 327-340.

SMAYDA, T. J.. 1980. Phytoplankton species successions. The physiological Ecology of phytoplankton (Ed. I. Morris). *Stud. Ecol.* 7:493-570.

STEEMANN, N. 1952. The use of radioactive carbon (^{14}C) for measuring organic production in the sea. *J. Cons. per. int. Explor. Mer.* 18:117-140.

SVERDRUP, H. U. 1953. On conditions for the vernal blooming of phytoplankton. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 18:287-295.

SVERDRUP, H. U. 1955. The place physical oceanography in oceanographic research. *Journal of marine Research*. 14, 287-294.

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

THUNELL, R., C. PRIDE, P. ZIVERI, F. MULLER-KARGER, C. SANCETTA y D. MURRAY. 1996. Plankton response to physical forcing in the Gulf of California. *Journal of Plakton Research*. 18(11):2017-2026.

VALDEZ-HOLGUIN, J. E. y J. R. LARA-LARA. 1987. Productividad primaria en el golfo de California. Efectos del evento "El Niño" 1982-1983. *Ciencias Marinas*. 13(2):34-50.

VALDEZ-HOLGUIN, J. E. 1998. Variabilidad de los parámetros fotosintéticos del fitoplancton en función a la climatología de la zona eufótica. Tesis doctoral. CICESE. Ensenada, B. C.. 170 pp.

VALDEZ-HOLGUIN, J. E., S. ÁLVAREZ-BORREGO y C. C. Trees. 1999. Caracterización estacional y espacial de los parámetros fotosintéticos del fitoplancton del Golfo de California. *Ciencias Marinas*. 25(4):445-467.

VALIELA, I. 1995. Marine ecological proceses. Springer-Verlag. New York, U. S. A. 546 pp.

Avilés-Agúndez, G. 2004. "Productividad primaria estimada por fluorescencia natural durante otoño-invierno en la Bahía de La Paz, B.C.S., México"

VERDUGO-DIAZ, 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.

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

VIII ANEXOS.

	Máx.	Mín.	Media	Desv. est.	Mediana
NOV97	28,11	27,12	27,62	0,23	27,67
ENE98	24,03	22,54	23,11	0,35	22,99
NOV00	23,63	22,69	23,31	0,27	23,44
FEB01	19,28	18,99	19,16	0,08	19,19

Tabla I. Temperatura superficial (°C).

	Máx.	Mín.	Media	Desv. est.	Mediana
NOV97	35,12	34,47	35,01	0,12	35,04
ENE98	35,07	34,02	34,90	0,18	34,94
NOV00	35,43	34,30	35,10	0,26	35,21
FEB01	35,42	35,02	35,35	0,09	35,38

Tabla II. Salinidad superficial (ups).

	Máx.	Mín.	Media	Desv. est.	Mediana
NOV97	22,73	22,45	22,60	0,08	22,63
ENE98	24,15	23,81	23,93	0,08	23,94
NOV00	24,35	23,95	24,12	0,10	24,09
FEB01	25,33	25,17	25,28	0,03	25,28

Tabla III. Sigma-T superficial.

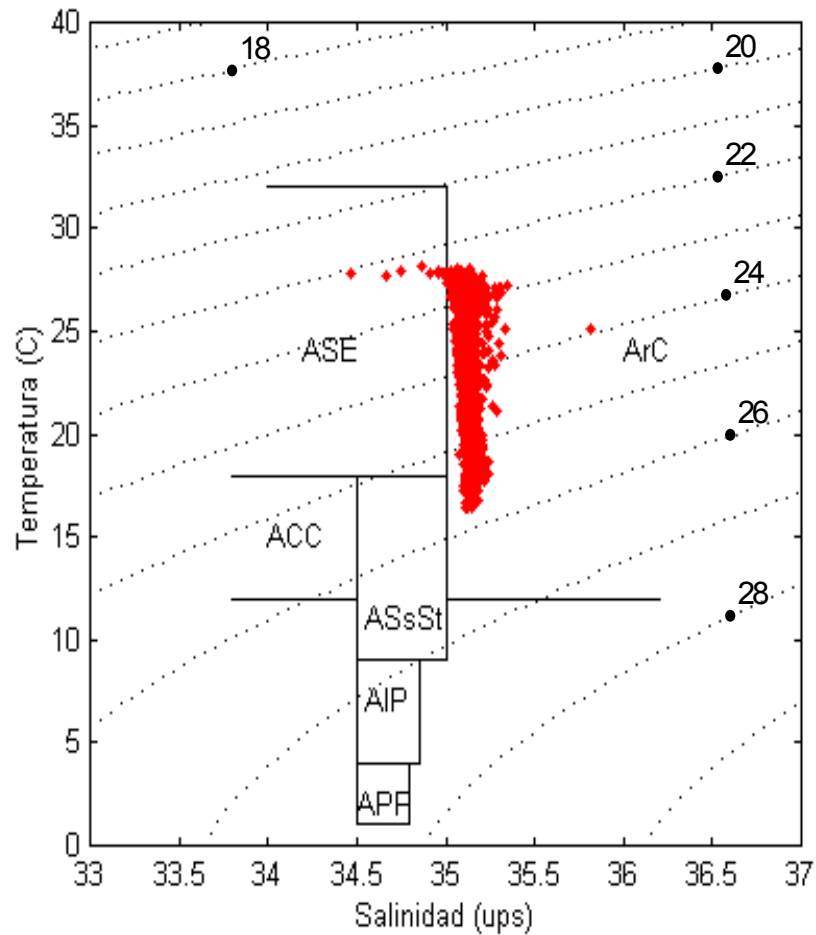


Figura 1. Diagrama T-S correspondiente al muestreo de noviembre de 1997 en la Bahía de La Paz. Agua Profunda del Pacífico (APP); Agua Intermedia del Pacífico (AIP); Agua Subsuperficial Subtropical (ASsSt); Agua de la Corriente de California (ACC); Agua Superficial Ecuatorial (ASE) y Agua del Golfo de California (AGC) referidas en Torres-Orozco (1993).

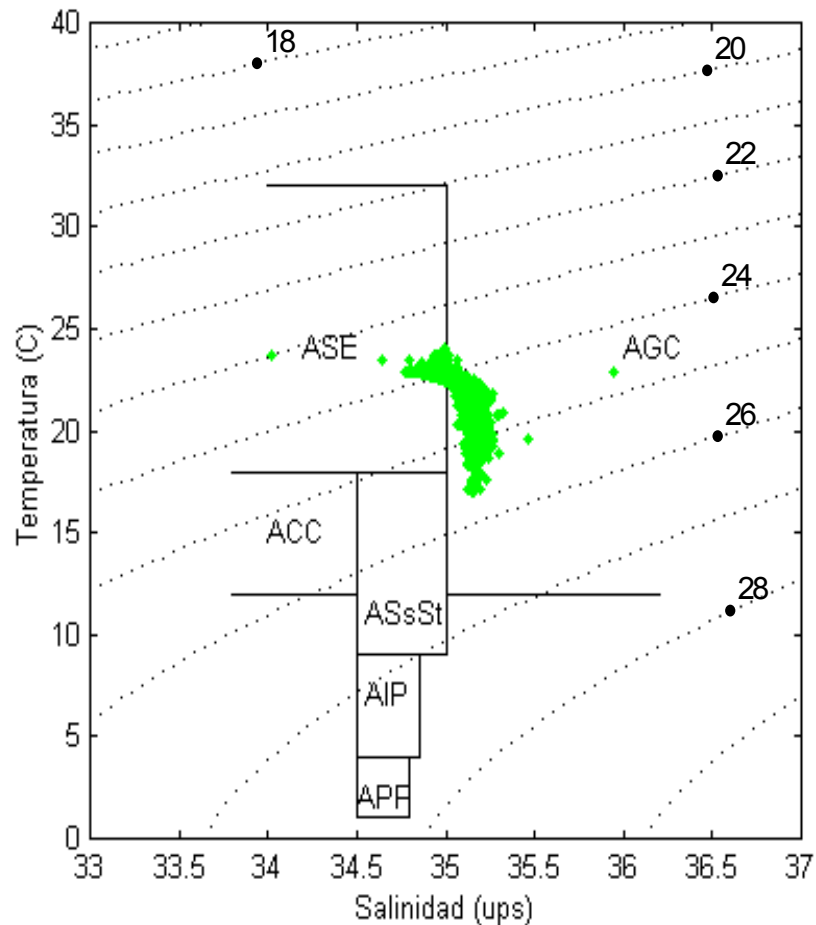


Figura 2. Diagrama T-S correspondiente al muestreo de enero de 1998 en la Bahía de La Paz. Agua Profunda del Pacífico (APP); Agua Intermedia del Pacífico (AIP); Agua Subsuperficial Subtropical (ASsSt); Agua de la Corriente de California (ACC); Agua Superficial Ecuatorial (ASE) y Agua del Golfo de California (AGC) referidas en Torres-Orozco (1993).

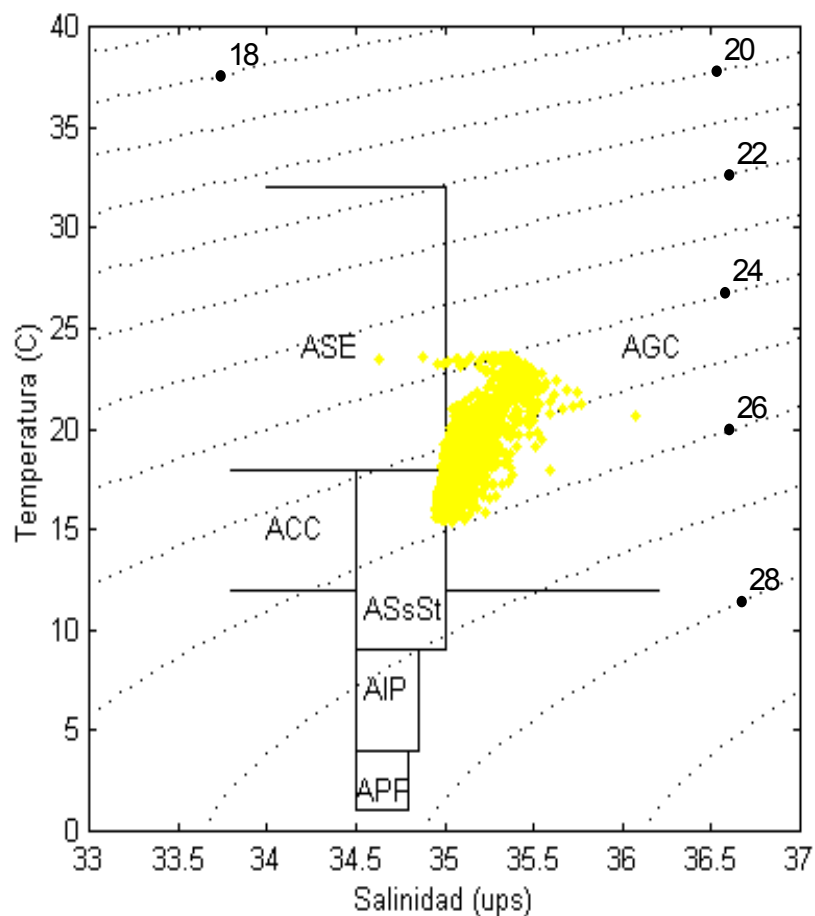


Figura 3. Diagrama T-S correspondiente al muestreo de noviembre del 2000 en la Bahía de La Paz. Agua Profunda del Pacífico (APP); Agua Intermedia del Pacífico (AIP); Agua Subsuperficial Subtropical (ASsSt); Agua de la Corriente de California (ACC); Agua Superficial Ecuatorial (ASE) y Agua del Golfo de California (AGC) referidas en Torres-Orozco (1993).

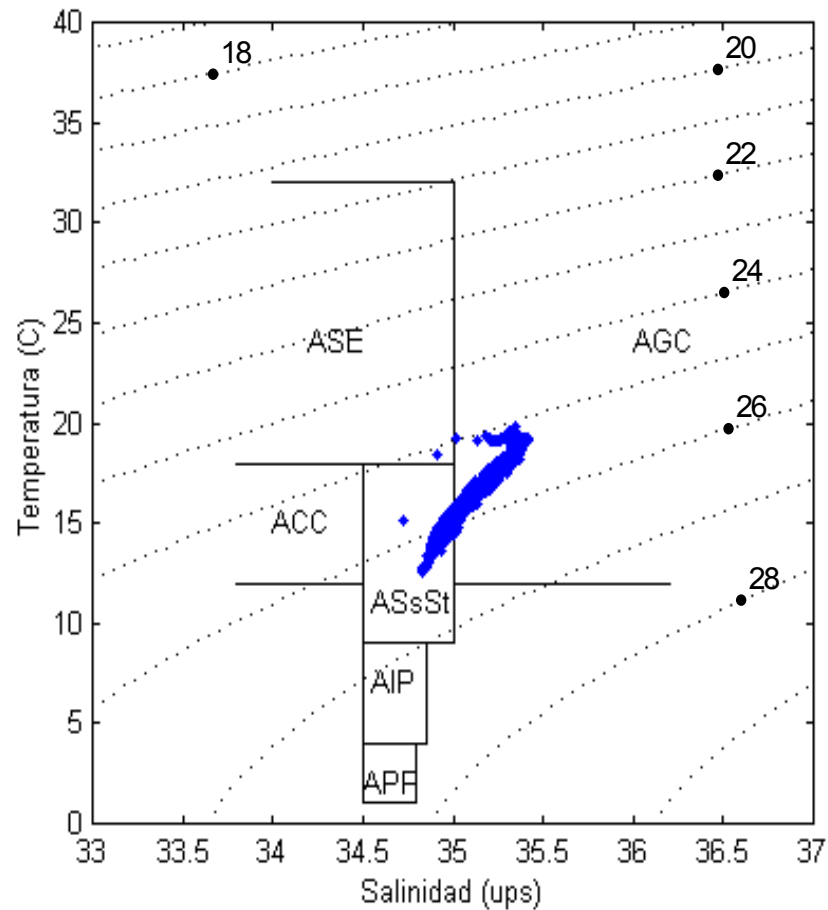


Figura 4. Diagrama T-S correspondiente al muestreo de febrero del 2001 en la Bahía de La Paz. Agua Profunda del Pacífico (APP); Agua Intermedia del Pacífico (AIP); Agua Subsuperficial Subtropical (ASsSt); Agua de la Corriente de California (ACC); Agua Superficial Ecuatorial (ASE) y Agua del Golfo de California (AGC) referidas en Torres-Orozco (1993).

	Prof.	Máx.	Mín.	Media	Desv. est.	Mediana
NOV97	0-100m	397,90	197,98	286,64	77,03	246,88
ENE98	0-100m	203,44	14,55	60,47	53,20	44,36
NOV00	0-100m	170,10	85,78	137,79	31,01	146,16
FEB01	0-100m	162,18	66,47	95,12	18,75	94,30

Tabla IV. Índice de estratificación ($J m^{-3}$).

	Prof.	Máx.	Mín.	Media	Desv.est.	Mediana
NOV97	0m	3,62	0,23	1,52	0,84	1,37
	01-25m	1,92	0,61	1,27	0,42	1,24
	26-50m	11,81	0,73	3,05	3,70	1,43
	51-75	11,82	1,05	8,10	4,85	9,76
ENE98	0m	5,45	0,40	1,57	1,16	1,26
	01-25m	6,93	0,57	1,89	1,67	1,29
	26-50m	5,74	0,89	2,35	1,70	1,68
	51-75m					
NOV00	0m	9,73	1,62	3,75	1,91	3,16
	01-25m	37,99	1,37	5,33	6,60	3,10
	26-50m	30,88	0,16	5,29	5,63	3,87
	51-75m	21,00	4,85	13,63	6,17	14,84
FEB01	0m	31,79	0,08	8,23	7,78	4,96
	01-25m	19,53	0,57	6,29	3,22	5,21
	26-50m	19,64	2,96	6,67	2,75	5,89
	51-75m	22,82	5,11	13,07	5,96	12,27

Tabla V. Nitratos por estratos (μM).

	Prof.	Máx.	Mín.	Media	Desv.est.	Mediana
NOV97	0m	0,24	0,01	0,04	0,06	0,02
	01-25m	0,16	0,01	0,05	0,05	0,02
	26-50m	0,12	0,02	0,05	0,03	0,04
	51-75	0,49	0,02	0,18	0,21	0,11
ENE98	0m	0,47	0,01	0,10	0,12	0,05
	01-25m	0,82	0,02	0,20	0,23	0,08
	26-50m	0,77	0,06	0,40	0,19	0,44
	51-75m					
NOV00	0m	0,65	0,23	0,42	0,10	0,40
	01-25m	0,65	0,24	0,41	0,07	0,40
	26-50m	1,06	0,35	0,50	0,14	0,47
	51-75m	0,47	0,09	0,27	0,14	0,22
FEB01	0m	1,44	0,01	0,76	0,55	0,81
	01-25m	1,53	0,01	0,88	0,47	0,91
	26-50m	1,67	0,01	0,89	0,50	0,98
	51-75m	1,28	0,01	0,49	0,42	0,60

Tabla VI. Nitritos por estratos (μM).

	Prof.	Máx.	Mín.	Media	Desv.est.	Mediana
NOV97	0m	0,84	0,12	0,44	0,18	0,43
	01-25m	0,95	0,29	0,65	0,23	0,67
	26-50m	0,73	0,25	0,51	0,16	0,48
	51-75	0,75	0,19	0,42	0,24	0,37
ENE98	0m	1,16	0,19	0,65	0,21	0,65
	01-25m	1,80	0,44	0,89	0,34	0,79
	26-50m	9,40	0,34	1,44	2,65	0,71
	51-75m					
NOV00	0m	1,93	0,48	1,06	0,40	1,01
	01-25m	1,72	0,33	0,99	0,32	0,98
	26-50m	1,76	0,13	0,88	0,35	0,86
	51-75m	0,81	0,10	0,34	0,26	0,21
FEB01	0m	1,72	0,43	1,09	0,44	1,11
	01-25m	2,01	0,17	1,26	0,49	1,24
	26-50m	2,72	0,00	1,04	0,59	0,93
	51-75m	2,53	0,06	0,70	0,79	0,23

Tabla VII. Clorofila *a* por estratos (mg Cla m⁻³).

		Máx.	Mín.	Media	Desv.est.	Mediana
NOV97	n=34	5,60	0,74	2,93	1,14	2,91
ENE98	n=34	7,74	0,93	4,53	1,58	4,60
NOV00	n=5	7,02	3,45	5,09	1,30	4,97
FEB01	n=6	5,43	2,21	4,15	1,33	4,55

Tabla VIII. Productividad Primaria Superficial ($\text{mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$).

		Máx.	Mín.	Media	Desv.est.	Mediana
NOV97	n=34	94,76	12,04	55,29	21,67	55,03
ENE98	n=34	114,13	6,74	67,50	29,08	65,33
NOV00	n=5	92,46	57,44	75,54	12,93	77,23
FEB01	n=6	93,53	27,14	56,47	25,22	58,41

Tabla IX. Productividad primaria integrada ($\text{mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$).

	Estaciones		
NOV97	36	28	32
ENE98	21	23	19
NOV00	6	8	11
FEB01	6	8	11

Tabla X. Relación de estaciones que registraron aproximadamente la misma posición geográfica para el análisis de productividad primaria superficial e integrada.

		Máx.	Mín.	Media	Desv.est.	Mediana
NOV97	n =3	3,12	2,11	2,67	0,51	2,78
ENE98	n=3	7,74	2,97	5,34	2,38	5,32
NOV00	n=3	7,02	4,61	5,53	1,30	4,97
FEB01	n=3	4,61	2,21	3,77	1,35	4,50

Tabla XI. Productividad primaria superficial ($\text{mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) de tres estaciones durante noviembre de 1997, enero de 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001.

		Máx.	Mín.	Media	Desv.est.	Mediana
NOV97	n=3	94,76	26,01	65,41	35,46	75,46
ENE98	n=3	105,10	53,80	85,68	27,82	98,15
NOV00	n=3	80,40	57,44	69,34	11,5	70,19
FEB01	n=3	71,49	27,14	52,77	22,97	59,69

Tabla XII. Productividad primaria integrada ($\text{mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) de tres estaciones durante noviembre de 1997, enero de 1998, noviembre del 2000 y febrero del 2001.