

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

Facultad de Ciencias Marinas

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA POR EL MÉTODO DEL CARBONO CATORCE Y OXÍGENO EN EL ESTERO DE PUNTA BANDA



TESIS

que para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN OCEANOGRAFÍA COSTERA**

presenta

RAMÓN SOSA ÁVALOS

Ensenada, Baja California, Diciembre de 1994

RESUMEN

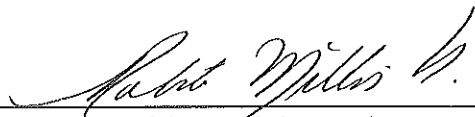
Se realizaron cuatro muestreos: dos en mareas vivas que correspondieron al 12 de noviembre de 1993 y 24 de mayo de 1994, y dos en mareas muertas el 3 y 16 de febrero de 1994. La temperatura, salinidad, concentración de nitratos y amonio, concentración de clorofila α , abundancia fitoplanctónica y abundancia bacteriana, presentaron tendencias a aumentar principalmente durante el reflujos de las mareas vivas y muertas, con cambios muy marcados durante el día. La abundancia del fitoplancton más alta fue de 2.5×10^6 cel l^{-1} la cuál fue dominada por el grupo del nanoplancton, mientras que la más alta abundancia de las bacterias fue 8.5×10^6 cel ml^{-1} , constituyendo el máximo valor registrado hasta este momento en el Estero de Punta Banda. La biomasa del fitoplancton en carbón fue dominante sobre la biomasa de las bacterias, siendo satisfechas las necesidades de carbón de las bacterias por la fotosíntesis del fitoplancton. Los valores de productividad primaria bruta estimados por el método de evolución de oxígeno en los diferentes períodos de incubación (4, 5, 6, 7 y 8 horas) fueron comparables a los valores de productividad orgánica primaria determinados por el método de asimilación de ^{14}C en los dos experimentos realizados.

ESTIMACION DE LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA POR EL
METODO DEL CARBONO CATORCE Y OXIGENO EN EL
ESTERO DE PUNTA BANDA.

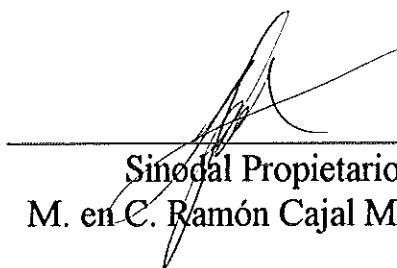
TESIS DE MAESTRIA
QUE PRESENTA:

RAMON SOSA AVALOS

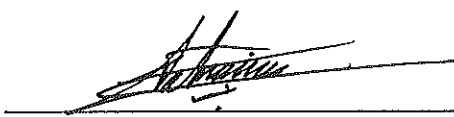
Aprobada por:



Presidente del Jurado
M. en C. Roberto Millán Nuñez



Sinodal Propietario
M. en C. Ramón Cajal Medrano



Sinodal Propietario
M. en C. Eduardo M. Santamaría del Angel

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por haber otorgado la beca para realizar los estudios de posgrado.

A mi director de tesis M. en C. Roberto Millán Nuñez, por haber creído en mí, por la amistad sincera, por toda la ayuda brindada y por los comentarios atinados para mejorar el trabajo.

A mi sinodal M. en C. Ramón Cajal Medrano, por el tiempo dedicado y preocupación mostrada por mejorar siempre este estudio con sus comentarios adecuados.

A mi sinodal M. en C. Eduardo M. Santamaría del Angel, por su ayuda incondicional en los muestreos, por su amistad sincera hacia mí, por su asesoramiento estadístico y correcciones atinadas del trabajo.

A la Ocean. Moramay Badillo Padilla, por toda su ayuda incondicional en los muestreos realizados.

Al M. en C. Antonio Trujillo Ortiz, por su tiempo dedicado al asesoramiento estadístico de los datos.

Al Sr. Antonio Perinsky por el apoyo y facilidades otorgadas para hacer uso de sus instalaciones en el "Campo Tony's".

Al Ocean. Roberto Pérez Higuera por facilitarme la imagen de satélite del Estero Punta Banda.

A todas aquéllas personas que de alguna u otra forma hicieron posible este estudio.

Al proyecto de investigación "Potencial Productivo de las Lagunas Costeras de baja california" de la Facultad de Ciencias Marinas, de la Universidad Autónoma de Baja California, con patrocinio otorgado por la Secretaría de Educación Pública con registro 0-88-01-0077.

DEDICATORIA

CON TODO MI AMOR:

Para LIDIA, por esos bellos momentos que hemos pasado juntos y el apoyo que siempre me ha brindado alentándome para seguir adelante.

A mis hijos: ISAY Y OTRO QUE ESTA POR NACER, quiénes son la razón de vivir y de mi esfuerzo.

A mis padres: RAMON Y ROSA, que siempre me han brindado su apoyo moral, por los sufrimientos pasados para darme el estudio, por lo que sin ellos no hubiera llegado hasta donde estoy.

A mis hermanos: ADRIANA, EMILIO, FLORA, ROSA, OMAR, GEMMA, ARMANDO, ENRIQUE Y PATRICIA.

A mis suegros: ALEJANDRO Y TERESA y a mis cuñados (as) y concuñios (as) por todo el apoyo moral que me han brindado.

INDICE

I.- INTRODUCCION	1
I.1.- Antecedentes	4
I.2.- Objetivos	6
II.- MATERIAL Y METODOS	8
II.1.- Descripción del área de estudio	8
II.2.- Metodología	8
II.2.1.- Trabajo de campo y de laboratorio	8
II.2.1.1.- Parámetros físico-químicos	10
II.2.1.2.- Parámetros biológicos	11
II.2.1.3.- Productividad orgánica primaria	12
II.2.2.- Procesamiento de datos	14
II.2.2.1.- Parámetros físico-químicos y biológicos	14
II.2.2.2.- Productividad primaria	17
III.- RESULTADOS	19
III.1.- Parámetros físico-químicos	19
III.1.1.- Temperatura	19
III.1.2.- Salinidad	21
III.1.3.- Irradiancia	21
III.1.4.- Nitratos	23
III.1.5.- Amonio	26
III.1.6.- Oxígeno disuelto	28
III.2.- Parámetros biológicos	31
III.2.1.- Clorofila <i>a</i>	31
III.2.2.- Abundancia fitoplanctónica	33
III.2.3.- Abundancia bacteriana	40
III.3.- Productividad orgánica primaria	48
IV.- DISCUSION	53
IV.1.- Parámetros físico-químicos	53
IV.1.1.- Temperatura	53
IV.1.2.- Salinidad	54
IV.1.3.- Nitratos	54
IV.1.4.- Amonio	55
IV.1.5.- Oxígeno disuelto	56
IV.2.- Parámetros biológicos	57
IV.2.1.- Clorofila <i>a</i>	57
IV.2.2.- Abundancia fitoplanctónica	58
IV.2.3.- Abundancia bacteriana	59
IV.3.- Productividad orgánica primaria	66
V.- CONCLUSIONES	68
VI.- BIBLIOGRAFIA	69

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.- Localización de la estación "Campo Tony's" en el Estero Punta Banda. 9
- Figura 2.- Variación de la temperatura del agua y de la altura de la marea durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. 20
- Figura 3.- Variación de la salinidad y de la altura de la marea durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. 22
- Figura 4.- Variación de la irradiancia y de la altura de la marea durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. 24
- Figura 5.- Variación de la concentración de nitratos y de la altura de la marea durante: (a) 03/02/94; (b) 16/02/94 y (c) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. 25
- Figura 6.- Variación de la concentración de amonio y de la altura de la marea durante: (a) 03/02/94; (b) 16/02/94 y (c) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. 27
- Figura 7.- Variación del oxígeno disuelto y del nivel de marea durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. 30
- Figura 8.- Variación del porcentaje de saturación de oxígeno y de la altura de la marea durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. 32
- Figura 9.- Variación de la concentración de clorofila *a* y de la altura de la marea durante los muestreos del : (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. 34
- Figura 10.- Variación de la abundancia del fitoplancton y de la altura de la marea durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. 36

Figura 11.- Relación de las abundancias bacteriana y fitoplanctónica a través del tiempo durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. 39

Figura 12.- Variación de la abundancia bacteriana y del nivel de la marea durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. 41

Figura 13.- Relación entre: (a) la clorofila *a* y la abundancia bacteriana y (b) carbón fitoplanctónico (CF) contra la razón carbón orgánico bacteriano carbón fitoplanctónico (COB/CF), en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. 43

Figura 14.- Cambios en el oxígeno disuelto de la fracción $< 1 \mu$ presente dentro de las botellas oscuras incubadas por diferentes períodos de tiempo, para estimar la respiración de las bacterias durante: (a) 03/02/94; (b) 16/02/94 y (c) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. 45

Figura 15.- Esquema teórico del presupuesto de carbón en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. 62

LISTA DE TABLAS

- Tabla I.- Pruebas a posteriori por el método de Tukey para comparar los valores de temperatura entre las mareas (* = mareas vivas y ** = mareas muertas), en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. (Diferencias Significativas = D. S.; Sin Diferencias Significativas = S. D. S.). 19
- Tabla II.- Pruebas a posteriori por el método de Tukey para comparar los valores de salinidad entre las mareas (* = mareas vivas y ** = mareas muertas), en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. (Diferencias Significativas = D. S.; Sin Diferencias Significativas = S. D. S.). 21
- Tabla III.- Pruebas a posteriori por el método de Tukey para comparar los valores de la concentración de nitratos entre las mareas (* = mareas vivas y ** = mareas muertas), en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. (Diferencias Significativas = D. S.; Sin Diferencias Significativas = S. D. S.). 26
- Tabla IV.- Pruebas a posteriori por el método de Tukey para comparar los valores de la concentración de amonio entre las mareas (* = mareas vivas y ** = mareas muertas), en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. (Diferencias Significativas = D. S.; Sin Diferencias Significativas = S. D. S.). 28
- Tabla V.- Razón μ molar de las concentraciones de amonio y nitratos en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. (No Detectado = ND). 29
- Tabla VI.- Pruebas a posteriori por el método de Tukey para comparar los valores del oxígeno disuelto entre las mareas (* = mareas vivas y ** = mareas muertas), en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. (Diferencias Significativas = D. S.; Sin Diferencias Significativas = S. D. S.). 31
- Tabla VII.- Pruebas a posteriori por el método de Tukey para comparar los valores de la concentración de clorofila α entre las mareas (* = mareas vivas y ** = mareas muertas), en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. (Diferencias Significativas = D. S.; Sin Diferencias Significativas = S. D. S.). 33
- Tabla VIII.- Pruebas a posteriori por el método de Tukey para comparar los valores de la abundancia fitoplanctónica entre las mareas (* = mareas vivas y ** = mareas muertas), en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. (Diferencias Significativas = D. S.; Sin Diferencias Significativas = S. D. S.). 35

- Tabla IX.- Abundancia fitoplanctónica por grupos registrados durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. 38
- Tabla X.- Pruebas a posteriori por el método de Tukey para comparar los valores de la abundancia bacteriana entre las marcas (* = marcas vivas y ** = marcas muertas), en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. (Diferencias Significativas = D. S.; Sin Diferencias Significativas = S. D. S.). 40
- Tabla XI.- Tasas de producción bruta, neta, respiración de la comunidad y respiración bacteriana expresada en mg O₂ l⁻¹ h⁻¹ durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. (No Detectado = ND). 44
- Tabla XII.- Coeficientes de correlación de los componentes principales contra las variables originales durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. 47
- Tabla XIII.- Resultados de productividad orgánica primaria estimada por los métodos de evolución de oxígeno y asimilación de ¹⁴C considerando el PQ durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. 49
- Tabla XIV.- Comparación por el método de suma de rangos de Mann-Whitney entre la productividad primaria bruta medida por el método de evolución de oxígeno y la productividad orgánica primaria estimada por el método de asimilación de ¹⁴C durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. (Sin Diferencias Significativas = S. D. S.). 51
- Tabla XV.- Razón de la abundancia bacterias/fitoplancton durante los cuatro muestreos, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. 63

I.- INTRODUCCION

Las lagunas costeras, esteros y estuarios son cuerpos de agua litoral semiprottegidos, de vital importancia para algunas especies marinas desde el punto de vista biológico, ya que estos presentan una trampa nutricia, fundamental en el desarrollo de especies de amplio espectro ecológico. El conocimiento de estas áreas altamente productivas implica el tratar de preservarlas, con la finalidad de introducir en estos cuerpos de agua, organismos que, localizados en los niveles tróficos iniciales, consuman esta alta productividad (Galindo-Bect y Flores-Baez, 1982).

La productividad potencial de las lagunas costeras no siempre ha sido apreciada por el hombre, quién en ocasiones las ha considerado como zonas desprovistas de valor, y en ellas ha vertido desechos o las ha utilizado como zonas de recreación (Odum, 1972). Las lagunas costeras presentan gran variabilidad biológica principalmente por la altura y amplitud de la marea, la cuál afecta la penetración de la luz, concentración de nutrientes, temperatura, salinidad y pH, los cuáles a su vez afectan la productividad primaria (Nixon y Pilson, 1983).

La productividad primaria es definida como la cantidad de materia orgánica y oxígeno producidos por el proceso de la fotosíntesis del fitoplancton por unidad de tiempo, a partir de moléculas inorgánicas como el CO₂, agua y la utilización de la energía solar.

El entendimiento y caracterización de la naturaleza de la actividad biológica en el océano y aguas costeras, requiere de estimaciones precisas de las tasas de producción fotosintética bruta, neta y respiración de la comunidad.

Platt *et al.* (1989) separaron a los métodos para medir la producción primaria en dos clases: métodos *in vitro*, donde una pequeña muestra es incubada en una botella cerrada; y métodos de propiedades de volumen, donde la producción es inferida de cambios en las propiedades químicas del agua. La primera clase se aplica a escalas de tiempo corto y profundidades discretas, la segunda a escalas de tiempo largo y a intervalos finitos de profundidad, siendo los métodos *in vitro* los más utilizados. Virtualmente todas las estimaciones de la producción primaria han sido generadas a partir del método de asimilación de ^{14}C (Williams *et al.*, 1983; Grande *et al.*, 1989).

Mejores determinaciones de la productividad primaria bruta, neta y la respiración han sido posibles gracias a las modificaciones realizadas al método Winkler para la determinación precisa de la concentración de oxígeno disuelto (Bryan *et al.*, 1976). De tal manera que se pueden obtener buenas estimaciones en la parte productiva de la columna de agua, y permite hacer correlaciones entre las dos técnicas de oxígeno disuelto y ^{14}C en ambientes oceánicos y costeros (Williams *et al.*, 1979; Williams *et al.*, 1983).

Ryther y Vaccaro (1954), encontraron buenas correlaciones entre los valores de productividad bruta con los de la productividad primaria obtenidos por los dos métodos, para poblaciones de fitoplancton natural y de cultivos. Comparaciones similares fueron observadas por Williams *et al.* (1979) en el Estuario Southampton; Williams *et al.* (1983)

en aguas oligotróficas del Pacífico; Bender *et al.* (1987) trabajaron en cultivos de laboratorio; Grande *et al.* (1989) en aguas oligotróficas del Pacífico Norte; Irwin (1991) en aguas de la cuenca de Bedford.

En virtud de que la productividad primaria estimada por el método de oxígeno requiere de estimaciones precisas que generen buenos resultados al compararla con la productividad estimada por el método de ^{14}C , es importante de esta manera considerar y calcular adecuadamente el cociente fotosintético, el cuál afecta directamente a los resultados de la productividad bruta y por consiguiente a las comparaciones que con ellos se hagan. El cociente fotosintético (PQ) se define como la razón molar de la tasa de producción de oxígeno entre la razón de dióxido de carbono consumido. La variabilidad del PQ afecta las comparaciones de los métodos de ^{14}C y oxígeno, reflejando principalmente el efecto del estado de oxidación de la fuente de nitrógeno (nitratos o amonio) utilizado en la fotosíntesis (Williams *et al.*, 1979; Peterson, 1980). Se reporta que se pueden esperar valores mayores de PQ si los organismos utilizan los nitratos como fuente de nitrógeno o si sintetizan material orgánico reducido tales como lípidos, mientras que los valores pequeños resultan si utilizan amonio como fuente o si la síntesis es de carbohidratos (Williams *et al.*, 1979; Peterson, 1980; Raine, 1983; Laws, 1990; Williams y Robertson, 1991; Cajal-Medrano *et al.*, 1992).

La fotorespiración también puede afectar los resultados de oxígeno y de $^{14}\text{C-CO}_2$ en botellas incubadas, de tal forma que se produzcan errores significativos en la determinación de la productividad y por ende en la comparación de las dos técnicas. Este

proceso se refiere a la oxidación del glicolato con consumo de oxígeno y liberación de CO₂ en la luz. El glicolato no excretado es fotorespirado y este fenómeno se incrementa bajo condiciones de altas irradiancias, concentraciones altas de oxígeno y concentraciones bajas de CO₂. En el método del oxígeno (botellas clara y oscura), el oxígeno producido en la botella clara es consumido siempre inmediatamente en la respiración, mientras que en la botella oscura la fotorespiración cesa normalmente dentro de pocos minutos. Si no ocurre reasimilación de CO₂, la técnica de ¹⁴C-CO₂ medirá la fotosíntesis bruta; si todo el CO₂ respirado es reasimilado, entonces se medirá la fotosíntesis neta (Peterson, 1980).

Los organismos microheterotróficos, particularmente las bacterias, juegan un papel importante no solo en los procesos de remineralización sino que también en el ciclo de la materia orgánica en la cadena alimenticia (Pomeroy 1974; Williams 1981; Azam *et al.*, 1983; Small *et al.*, 1989). Mucho de estas evidencias revelan que aproximadamente el 50 % de la producción de la materia orgánica en los océanos puede pasar directamente hacia las bacterias. Sin lugar a dudas que en la región oceánica la producción del fitoplancton es la principal fuente de carbón orgánico. Sin embargo, en la zona costera no siempre ocurre esto, debido a que están presentes las macrofitas y otras fuentes de producción de carbón (Newell, 1984; Painchaud y Therriault, 1989).

1.1.- Antecedentes.

La productividad primaria ha sido reportada en diversos trabajos, en variaciones semidiurnas, diurnas con duración de varios días y algunos hasta de semanas (Millán-

Núñez y Alvarez-Borrego, 1978; Millán-Núñez *et al.*, 1981; Morales-Zamorano *et al.*, 1991). Se han reportado valores de productividad primaria con muestreos estacionales, bajo condiciones específicas de esa época de muestreo. Los resultados obtenidos durante ese período permitieron extrapolarlos a otras estaciones del año (Alvarez-Borrego *et al.*, 1977). Otros más han realizado muestreos mensuales a lo largo de un año, reportando valores máximos de productividad en verano, durante mareas muertas (Muñoz-Anderson y Millán-Núñez, 1991).

Los máximos valores de productividad primaria en el Estero Punta Banda por medio del método de ^{14}C , han sido reportados en los meses de verano durante mareas muertas, disminuyendo los valores hacia los meses de otoño e invierno (Millán-Núñez *et al.*, 1981; Muñoz-Anderson y Millán-Núñez, 1991). Mientras que los valores más altos de clorofila *a* se presentaron en mareas altas y los mínimos en mareas bajas (Millán-Núñez y Alvarez-Borrego, 1978). Por otro lado Morales-Zamorano (1989), reportó valores de productividad primaria por el método de oxígeno disuelto de alrededor de $40 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$, siendo el único trabajo reportado por este método.

Generalmente existe alta relación entre la concentración de la clorofila *a* y la biomasa del fitoplancton, si conocemos cuando ocurre la máxima concentración de clorofila *a*, sabremos por lo tanto cuando se presenta la mayor abundancia del fitoplancton. Bajo estas características, es posible obtener valores de oxígeno disuelto suficientemente altos para ser detectados por el método de oxígeno y que puedan ser comparables con los experimentos de ^{14}C . Aunque se han encontrado relaciones entre las estimaciones de la

productividad orgánica primaria por ambos métodos, existen fuertes discrepancias entre ellos, especialmente bajo condiciones oligotróficas, de mucha luz ó bajas tasas de fotosíntesis/respiración (Williams *et al.*, 1979; Williams *et al.*, 1983; Grande *et al.*, 1989).

La mayoría de las comparaciones entre los dos métodos se han llevado a cabo en períodos largos de incubación por el método de evolución de oxígeno con períodos más cortos de tiempo en el método de asimilación de ^{14}C . Debido a esto, en este trabajo se realizaron incubaciones cortas de las muestras en diferentes períodos de tiempo (4, 5, 6, 7 y 8 horas de incubación) mediante el método de evolución de oxígeno, con el propósito de obtener mejores resultados y disminuir al máximo los errores de respiración del material fotosintetizado, mientras que por el método de asimilación de ^{14}C se hicieron dos experimentos por día: uno a las 09:00 y el otro a las 12:00 horas, los cuáles fueron de 1.5 horas de duración. Además, se estimó la abundancia fitoplanctónica, abundancia bacteriana, respiración de la comunidad y de las bacterias, así como la concentración de la fuente de nitrógeno.

I.2.- Objetivos.

a) Comparar la productividad primaria bruta medida con el método de evolución de oxígeno (botellas claras y oscuras) encontrada a diferentes períodos de incubación, con la productividad orgánica primaria determinada por método de asimilación ^{14}C con incubaciones cortas, en el Estero Punta Banda.

b) Comparar los valores de la abundancia del fitoplancton, abundancia bacteriana, concentración de la clorofila a , oxígeno disuelto, salinidad, concentración de nitratos y amonio, iniciales al experimento de productividad primaria con los cambios que ocurren en estas variables a lo largo del tiempo de incubación.

II. MATERIAL Y METODOS

II.1.- Descripción del área de estudio.

El Estero Punta Banda es una laguna costera localizada entre los 31° 42' a 31° 47' de latitud Norte y los 116° 37' a 116° 40' de longitud Oeste, en la costa del Océano Pacífico de Baja California, en el extremo Suroeste de la Bahía de Todos Santos y a 13 km al Sur de la ciudad de Ensenada, Baja California (Fig. 1).

Presenta forma de "L", con un extremo corto de aproximadamente 3 km, orientado en dirección Sureste, y un extremo largo de 7.5 km orientado en dirección Nornoreste, que constituye el canal principal del Estero (Pritchard *et al.*, 1978).


II.2.- Metodología.

II.2.1.- Trabajo de campo y de laboratorio.

Se localizó una estación aproximadamente a 1.5 km de la boca del Estero, conocida como "Campo Tony's" (Fig. 1). Se realizaron cuatro salidas de campo, dos en mareas vivas que correspondieron a los días 12 de noviembre de 1993 y 24 de mayo de 1994, y dos en mareas muertas correspondientes a los días 3 y 16 de febrero de 1994. La estación se fijó cerca de la parte central del canal principal por medio de una boya.

Las muestras de agua se colectaron a nivel superficial cada 30 minutos para determinar: la concentración de la clorofila *a*, temperatura del agua, concentración de nitratos, amonio y abundancia bacteriana. Se determinó cada hora la abundancia de la



Figura 1.- Localizacion de la estacion "campo Tony's"
en el Estero de Punta Banda 

comunidad fitoplanctónica, la salinidad y el oxígeno disuelto; y se midió cada 15 minutos la radiación solar. Se estimó además la productividad orgánica primaria por los métodos de evolución de oxígeno o de las botellas clara y oscura y el de asimilación de ^{14}C , respiración bacteriana.

II.2.1.1.- Parámetros físico-químicos.

a) La temperatura del agua se midió con un termómetro de cubeta con variación desde -10 a $50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

b) Las muestras de agua para determinar la salinidad fueron colectadas en botellas de citrato de magnesio para su análisis posterior en el laboratorio mediante un salinómetro de inducción marca Beckman modelo RS-10.

c) La irradiancia solar fue medida por medio de un fotómetro de celda plana marca Kalhsico.

d) Las muestras para nutrientes (nitratos y amonio) fueron colocadas en botellas de plástico de 250 ml de capacidad y congeladas para su posterior análisis. Se utilizó para el análisis de nitratos el método espectrofotométrico descrito por Parsons *et al.*, (1985). Mientras que el amonio se determinó siguiendo el método espectrofotométrico adaptado por Koroleff (1976) y modificado por Grasshoff (1983). Para hacer la curva de calibración se pasó agua desionizada por una resina de intercambio catiónico a una velocidad de 1 ml/10 minutos.

e) Se utilizaron botellas de borosilicato de 150 ml de volumen para determinar el oxígeno disuelto presente en el medio, el cuál fue fijado con solución de cloruro manganoso y solución alcalina de yodo (soluciones A y B), de acuerdo a un sistema de titulación Winkler de alta precisión (Cajal-Medrano *et al.*, 1991).

II.2.1.2.- Parámetros biológicos.

a) Se colectaron 500 ml de muestra en una botella de plástico oscura para proteger de los rayos del sol y no sufrieran alteraciones los pigmentos fotosintéticos, posteriormente fueron filtrados a través de filtros de nitrocelulosa de 0.45 μm de tamaño de poro y 47 mm de diámetro, utilizando una bomba de vacío manual. Los filtros usados fueron cubiertos con papel aluminio y congelados para su análisis en laboratorio, donde fueron colocados en tubos de plástico para centrifuga con 8 ml de acetona al 90 % como solvente, los tubos se cubrieron con papel aluminio y se colocaron en refrigeración por 12 horas. Después se aforaron hasta 10 ml de acetona y se centrifugaron por 8 minutos aproximadamente a 2500 rpm. Las muestras se leyeron a diferentes longitudes de onda (750, 665, 645 y 630 nm) en un espectrofotómetro marca Milton Roy Spectronic modelo 2000.

b) Para la abundancia del fitoplancton se colectaron 250 ml de muestra en botellas oscuras de polipropileno de alta densidad que fueron fijadas con 2.5 ml de lugol neutro con base de acetato de sodio. La cuantificación de los organismos se realizó por medio de un microscopio invertido marca Carl Zeiss, para lo cuál se sedimentaron las muestras entre

12 y 24 horas en cubetas de 10 y 50 ml, en la primera se analizaron las especies grandes y representativas de la muestra por barrido total de la cámara en 200x, posteriormente el nanoplancton se contabilizó en esta cámara en dos transectos perpendiculares entre sí a 400x, mientras que en la cámara de 50 ml únicamente se cuantificaron las especies raras que no aparecieron en la cubeta de 10 ml A 100x.

c) Para la estimación de bacterias se colocaron aproximadamente 15 ml de muestra en viales de vidrio de 20 ml, las cuáles fueron fijadas con 2 ml de formaldehído al 37 % filtrado por 0.2 μm de tamaño de poro y 47 mm de diámetro. Las muestras se filtraron al día siguiente del muestreo (Turley y Hughes, 1992), a través de filtros negros de policarbonato de 0.2 μm de tamaño de poro y 25 mm de diámetro. Se prepararon los filtros de acuerdo a la técnica descrita por Parsons *et al.* (1985), y se contabilizaron 20 campos por muestra con microscopía de epifluorescencia utilizando DAPI (4'6-diamidino-2-fenilindol) como colorante en los subsecuentes 30 días después del muestreo (Turley y Hughes, 1992).

II.2.1.3.- Productividad orgánica primaria.

a) Método de evolución de oxígeno disuelto.- La muestra de agua para llevar a cabo estos experimentos fue colectada en cubetas de plástico de 19 l, el agua fue sifoneada utilizando una manguera de silicón para llenar 33 botellas de borosilicato de 150 ml de volumen. Del total, 3 se tomaron como oxígeno disuelto inicial, las cuáles fueron fijadas inmediatamente con 1 ml de solución A y 1 ml de solución B. De las 30 restantes, 15 se consideraron

como botellas claras y 15 como botellas oscuras, siendo estas últimas cubiertas con papel aluminio. Las botellas claras se colocaron en tubos de acrílico transparente y las oscuras en tubos de acrílico forrados con malla de color neutro, manteniendo la temperatura constante mediante circulación continua de agua. El período de incubación varió entre 4, 5, 6 y 6.5 horas para el día 12 de noviembre de 1993; 4, 5, 6 y 7 horas el día 3 de febrero de 1994; 4, 5, 6, 7 y 8 horas de incubación durante los días 16 de febrero y 24 de mayo de 1994. Las incubaciones iniciaron a partir de las 09:00 horas local, excepto en el primer muestreo donde la incubación inició a las 10:00 horas. Al final de cada período de incubación las botellas fueron fijadas para su análisis posterior. Las determinaciones de la producción bruta por el método de evolución de oxígeno disuelto o de las botellas clara y oscura se realizaron por medio de un sistema de titulación Winkler de alta precisión (Cajal-Medrano *et al.*, 1991).

b) Método de asimilación de ^{14}C .- Para cada día se realizaron dos experimentos de asimilación de ^{14}C , con una duración de 1.5 horas, el primero fue de las 09:00 a las 10:30 y el segundo de las 12:00 a las 13:30 horas. En cada experimento se llenaron 6 botellas de borosilicato de 150 ml de volumen; 3 claras y 3 oscuras. Las botellas fueron inoculadas con $2\ \mu\text{Ci}$ de $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$, después se colocaron en los tubos de acrílico de manera similar a los experimentos con oxígeno disuelto. Al final de la incubación las muestras fueron filtradas a través de filtros de nitrocelulosa de $0.45\ \mu\text{m}$ de tamaño de poro y 25 mm de diámetro por medio de bombas de vacío manual, los filtros fueron expuestos a vapores de HCl concentrado para eliminar el carbón inorgánico no asimilado y después se colocaron

en viales de vidrio de 20 ml que contenían 12 ml de líquido de centelleo, posteriormente las muestras se acidificaron con ácido sulfúrico concentrado de acuerdo a Mague *et al.* (1980). La productividad orgánica primaria por el método de asimilación de ^{14}C se determinó siguiendo el método descrito por Parsons *et al.*, (1985).

c) Respiración de las bacterias.- Del agua que se colectó con la cubeta de 19 l, se pasó por filtros de membrana de policarbonato de 1 μm de tamaño de poro y 47 mm de diámetro (con el objeto de eliminar los organismos fito y zooplanctónicos de las muestras). Con el agua filtrada se llenaron 18 botellas de borosilicato de 150 ml de volumen nominal, de las cuáles 3 se fijaron inmediatamente con 1 ml de solución A y 1 ml de solución B para oxígeno inicial, las 15 restantes se cubrieron con papel aluminio y se colocaron en tubos de acrílico forrados con malla de color neutro. Las incubaciones fueron por triplicado a partir de las 11:00 horas para cada período de tiempo, siendo de: 4, 5, 5.5, 5.75 y 6; 4, 5, 5.5, 6 y 6.25; 4, 5, 5.5, 6 y 6.5 horas durante los días 3, 16 de febrero y 24 de mayo de 1994, respectivamente, en el primer muestreo no se realizaron estos experimentos. Después de cada incubación las botellas fueron fijadas para su posterior análisis en laboratorio.

II.2.2.- Procesamiento de los datos.

II.2.2.1.- Parámetros físico-químicos y biológicos.

a) La salinidad expresada en ‰ fue obtenida a partir de los datos de conductividad de las muestras.

- b) Las lecturas registradas con el irradiómetro de celda plana fueron transformados en $w m^{-2}$.
- c) Los valores de las absorbancias de nitratos y amonio obtenidos a 543 y 630 nm respectivamente, fueron calculados a partir de curvas de regresión en μM . Además se calcularon las razones de los nutrientes (amonio/nitratos) para saber cuando fueron más abundantes.
- d) Los valores de oxígeno disuelto fueron convertidos de $ml l^{-1}$ a $mg l^{-1}$; mientras que para calcular el porcentaje de saturación de este gas en el agua, se realizó a partir de los datos de temperatura, salinidad y oxígeno.
- e) Los datos de las absorbancias registrados de las muestras de clorofila *a* en diferentes longitudes de onda (750, 665, 645 y 630 nm), fueron utilizadas para calcular la concentración del pigmento mediante las ecuaciones espectrofotométricas tricromáticas descritas por Millán-Núñez y Alvarez Borrego (1978). La concentración de la clorofila *a* fue convertida en biomasa de carbón del fitoplancton, para lo cuál se consideró a un factor de 49 debido a las concentraciones de nitratos presentes en el estero, de acuerdo a Parsons *et al.* (1988, ver tabla 10), desgraciadamente en este trabajo no se determinaron los fosfatos, silicatos, lípidos, carbohidratos, entre otros, que nos pudieran haber dado un factor de conversión más preciso.
- f) Los organismos encontrados en cada cámara de sedimentación fueron extrapolados a organismos por litro.

g) Los números de bacterias registrados en los 20 campos analizados por muestra, fueron estimados en células por mililitro a partir de la siguiente expresión descrita por Parsons *et al.* (1985):

$$\text{Bact ml}^{-1} = (\# \text{ células promedio}) (\text{área del filtro/área del campo}) (1/\text{vol. filtrado})$$

La abundancia bacteriana fue multiplicada por un factor de 20×10^{-15} g C, para convertir los datos en biomasa bacteriana de acuerdo a lo descrito por Lee y Fuhrman (1987). Se calculó también la razón de la abundancia bacterias/fitoplancton para ver su dominancia.

Los resultados de todos los parámetros fueron graficados contra el tiempo y la marea, para ver más fácilmente sus tendencias y probables cambios durante el día, y sus posibles efectos por las mareas.

Las variables físico-químicas y biológicas antes mencionadas con excepción de la irradiancia, fueron trabajadas para probar estadísticamente la hipótesis nula de igualdad de los datos entre las mareas de los muestreos realizados (H_0 : primer muestreo= segundo= tercero=cuarto muestreo). Para llevar a cabo esto, se hicieron primero pruebas de normalidad y de homogeneidad de varianzas, posteriormente se aplicó el método de análisis de varianza de una vía por suma de rangos de Kruskal-Wallis, la cuál mostró que en todas las comparaciones entre los muestreos se rechazó la hipótesis nula, lo que significó que al menos un par de comparaciones fueron diferentes entre sí. Después se procedió a utilizar pruebas a posteriori por el método de Tukey para comparaciones múltiples no

paramétricas para probar la misma hipótesis formulada, los resultados son presentados en tablas. Todas las pruebas se hicieron a un nivel de significancia del 5 %.

Por otro lado a los datos de las variables se les aplicó un análisis de asociación multivariada, específicamente de componentes principales (ACP), para realizar lo anterior se trabajaron todas las variables con el mismo número de datos, considerándose como significativos los componentes cuyo eigenvector fuera mayor de 1. Los coeficientes de correlación obtenidos fueron tabulados con las variables originales, con el objeto de encontrar si existía alguna asociación entre las variables y su posible explicación.

II.2.2.2.- Productividad primaria.

Los valores de productividad por el método de oxígeno fueron convertidos a $\text{mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$, mientras que los datos registrados con ^{14}C se transformaron desde conteos por minuto (cpm) hasta $\text{mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$.

Se realizaron pruebas de normalidad y de homogeneidad de varianzas a los datos de productividad bruta estimados por el método de evolución de oxígeno y a los obtenidos por el método de asimilación de ^{14}C . En virtud de que alguna de las dos pruebas falló, se decidió a utilizar una prueba no paramétrica como la suma de rangos de Mann-Whitney, con el objeto de probar estadísticamente la hipótesis nula para ver la equiparabilidad de la productividad primaria determinada en cada uno de los diferentes períodos de incubación por el método de evolución de oxígeno, a la productividad registrada en los dos experimentos por el método de asimilación de ^{14}C (H_0 : productividad por el método de

oxígeno = productividad por el método de asimilación de ^{14}C). La comparación entre los valores de productividad primaria estimada por los dos métodos fue de la siguiente manera: los valores de la producción bruta de cada tiempo de incubación determinados por el método de evolución de oxígeno se compararon con los valores de producción orgánica primaria de cada experimento de asimilación de ^{14}C por muestreo.

La estimación precisa de la productividad por el método de oxígeno requiere del cálculo adecuado del cociente fotosintético ($PQ = \Delta\text{O}_2 / -\Delta\text{CO}_2$), el cuál consistió en convertir los datos de productividad bruta de oxígeno de cada período de incubación de $\text{mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ a $\mu\text{mol O}_2 \text{ l}^{-1} \text{ h}^{-1}$, mientras que los valores de productividad por ^{14}C de los dos experimentos fueron transformados de $\text{mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ en $\mu\text{mol }^{14}\text{C l}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

III.- RESULTADOS

III.1.- Parámetros físico-químicos.

III.1.1.- Temperatura.

La variación de la temperatura del agua para el muestreo del 12 de noviembre de 1993 (primer muestreo) fue de 1.3 °C (17.0-18.3 °C), para el muestreo del 3 de febrero de 1994 (segundo muestreo) fue de 2.7 °C (13.3-16.0 °C), en el muestreo del 16 de febrero de 1994 (tercer muestreo) fue de 0.2 °C (15.0-15.2 °C), mientras que el muestreo del 24 de mayo de 1994 fue de 1.5 °C (16.0-17.5 °C). Se observó que la temperatura presentó tendencias a aumentar principalmente durante el reflujó de las mareas, excepto en el segundo muestreo donde no se mostró este patrón, no se encontraron cambios significativos de esta variable en cada día muestreado (Fig. 2).

Los resultados de las comparaciones entre las mareas indicaron diferencias significativas al 5 % entre las temperaturas de las mareas vivas y muertas (Tabla I).

Tabla I.- Pruebas a posteriori por el método de Tukey para comparar los valores de temperatura entre las mareas (* = mareas vivas y ** = mareas muertas), en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. (Diferencias Significativas = D. S.; Sin Diferencias Significativas = S. D. S.).

COMPARACION DE LOS MUESTREOS	Q CALC.	DECISION CON $\alpha = 0.05$
* 12/11/93 vs 03/02/94 **	5.59	D. S.
* 12/11/93 vs 16/02/94 **	4.94	D. S.
* 12/11/93 vs 24/05/94 *	1.54	S. D. S.
** 03/02/94 vs 16/02/94 **	0.94	S. D. S.
** 03/02/94 vs 24/05/94 *	4.42	D. S.
** 16/02/94 vs 24/05/94 *	3.43	D. S.

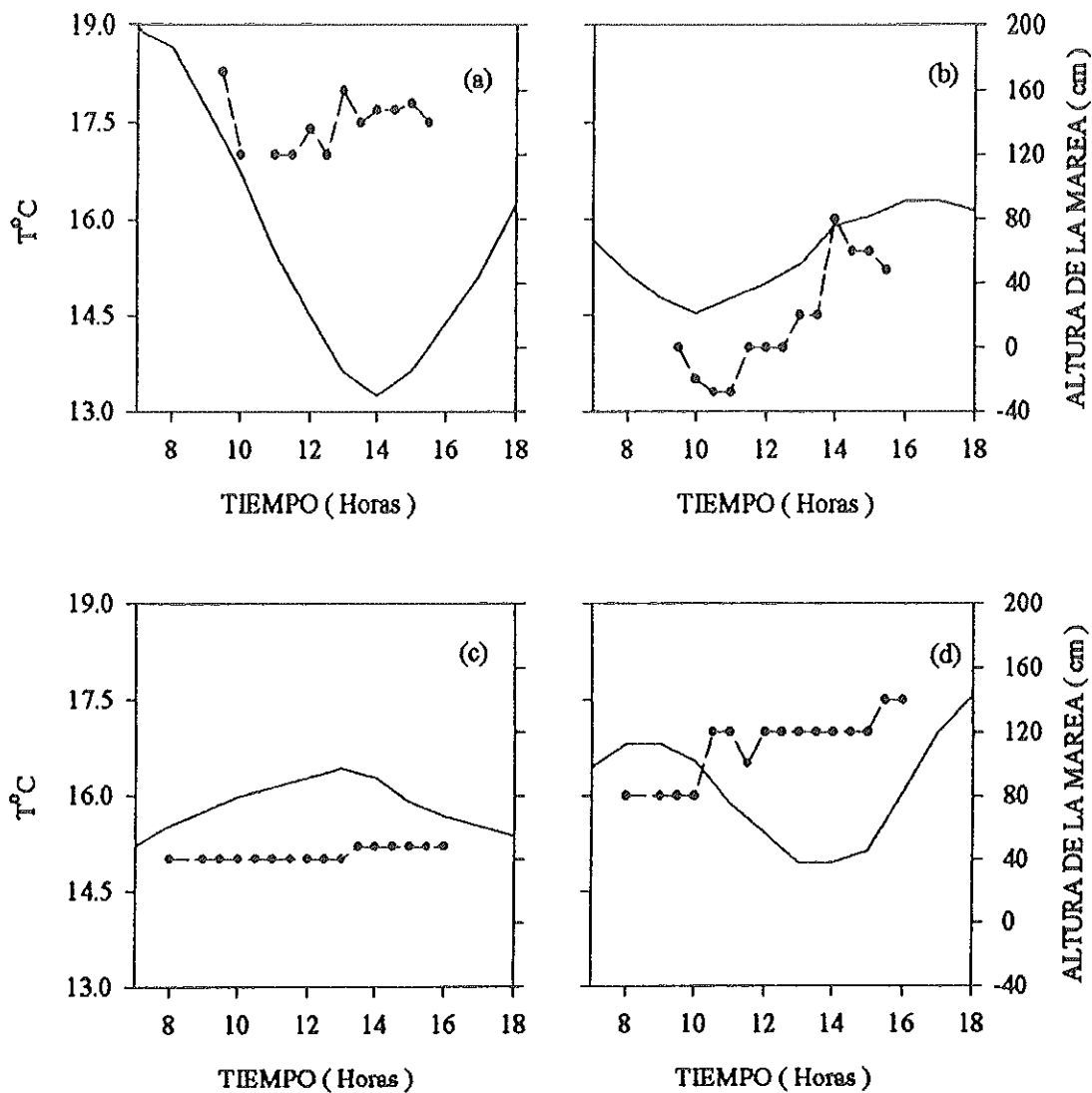


Figura 2. Variación de la temperatura del agua y de la altura de la marea durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC.

$T^{\circ}C = \text{---}\bullet\text{---}$ Marea = ---

III.1.2.- Salinidad.

La salinidad en este cuerpo de agua osciló en 0.26 ‰ (33.43-33.67 ‰) en el primer muestreo, en el segundo muestreo fue de 0.35 ‰ (32.63-32.98 ‰), en el tercer muestreo fue de 0.32 ‰ (33.32-33.00 ‰) y en el cuarto muestreo fue de 0.31 ‰ (33.81-33.50 ‰). La variación entre los muestreos fue de 1.18 ‰, se observó en general que la salinidad se incrementó en el reflujó de las mareas pero sin mostrar grandes cambios durante el día de cada muestreo (Fig. 3).

Se encontró que existieron diferencias estadísticamente significativas de los valores de salinidad entre las comparaciones del primer muestreo contra el segundo, del segundo y tercer muestreo contra el cuarto (Tabla II).

Tabla II.- Pruebas a posteriori por el método de Tukey para comparar los valores de salinidad entre las mareas (* = mareas vivas y ** = mareas muertas), en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. (Diferencias Significativas = D. S.; Sin Diferencias Significativas = S. D. S.).

COMPARACION DE LOS MUESTREOS	Q CALC.	DECISION CON $\alpha = 0.05$
* 12/11/93 vs 03/02/94 **	3.26	D. S.
* 12/11/93 vs 16/02/94 **	1.62	S. D. S.
* 12/11/93 vs 24/05/94 *	0.48	S. D. S.
** 03/02/94 vs 16/02/94 **	1.99	S. D. S.
** 03/02/94 vs 24/05/94 *	4.22	D. S.
** 16/02/94 vs 24/05/94 *	2.64	D. S.

III.1.3.- Irradiancia.

Las variaciones de la radiación solar fueron de 101.64 w m² (28.56-130.2 w m²); 224.9 w m² (10.3-235.2 w m²); 202.44 w m² (20.16-222.6 w m²); 184.38 w m² (25.62-

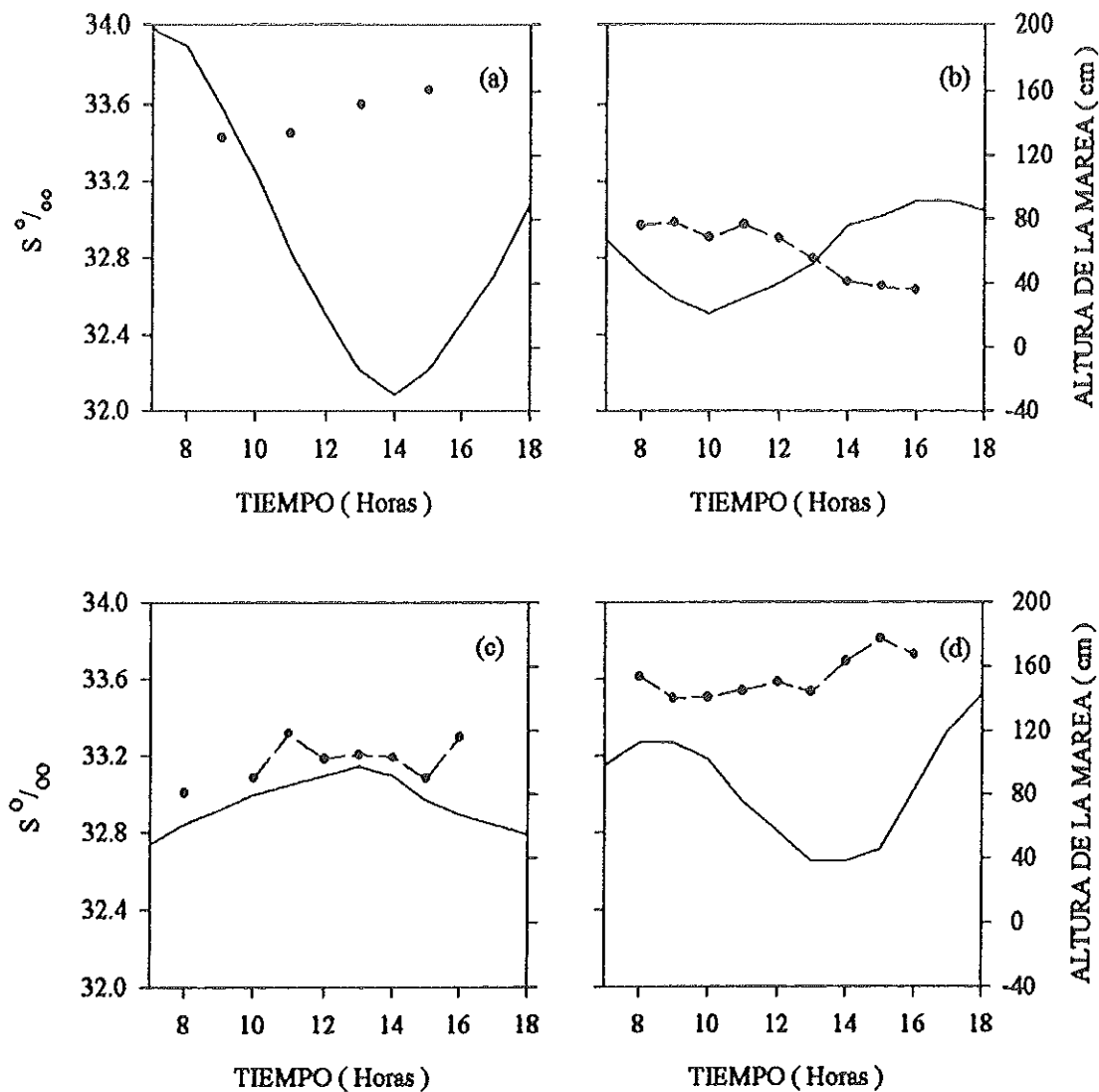


Figura 3. Variación de la salinidad y de la altura de la marea durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's", en el Estero Punta Banda, BC.
Salinidad = \diamond --- \diamond Marea = ———

210 w m⁻²), durante el primero, segundo, tercero y cuarto muestreos respectivamente. Es importante mencionar que en el primer muestreo estuvo lloviendo, en el segundo y tercer muestreo después de las 13:00 horas se mantuvo nublado y en el último las primeras horas del día estuvieron nubladas, los cambios bruscos en la irradiancia de estos muestreos se deben a la presencia de nubes (Fig. 4).

III.1.4.- Nitratos.

Los cambios ocurridos en la concentración de nitratos fue de 0.99 μM (valores no detectables hasta 0.99 μM) en el segundo muestreo, en el tercero fue de 0.20 μM (valores no detectables hasta 0.20 μM), mientras que en el último muestreo fue de 1.35 μM (valores no detectables hasta 1.35 μM). Se observó que la concentración de nitratos tiende a aumentar en el refluo de la marea, existiendo alta variabilidad durante los muestreos (Fig. 5). Se mostró que la concentración de nitratos varió a través del tiempo y de un muestreo a otro, con cambios del orden de más de 10 veces su concentración más baja a la más alta. No presentaron los datos del primer muestreo por problemas en el análisis.

Se encontró que existieron diferencias significativas en la concentración de nitratos entre las mareas del segundo y tercer muestreo, y entre el tercero y cuarto de los muestreos (Tabla III).

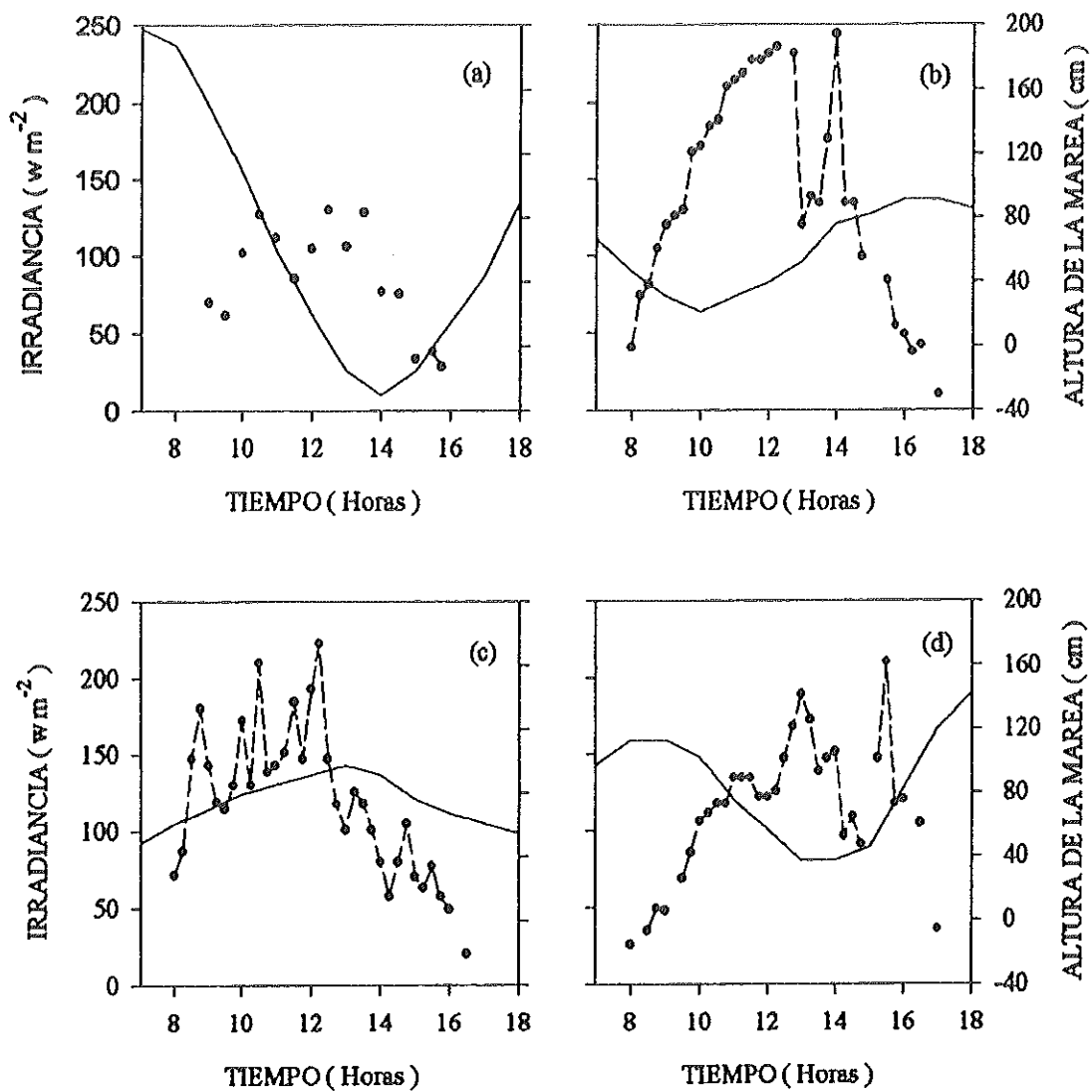


Figura 4. Variación de la irradiancia y de la altura de la marea durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's", del Estero Punta Banda, BC.

Irradiancia = $\circ \cdots \circ$ Marea = —

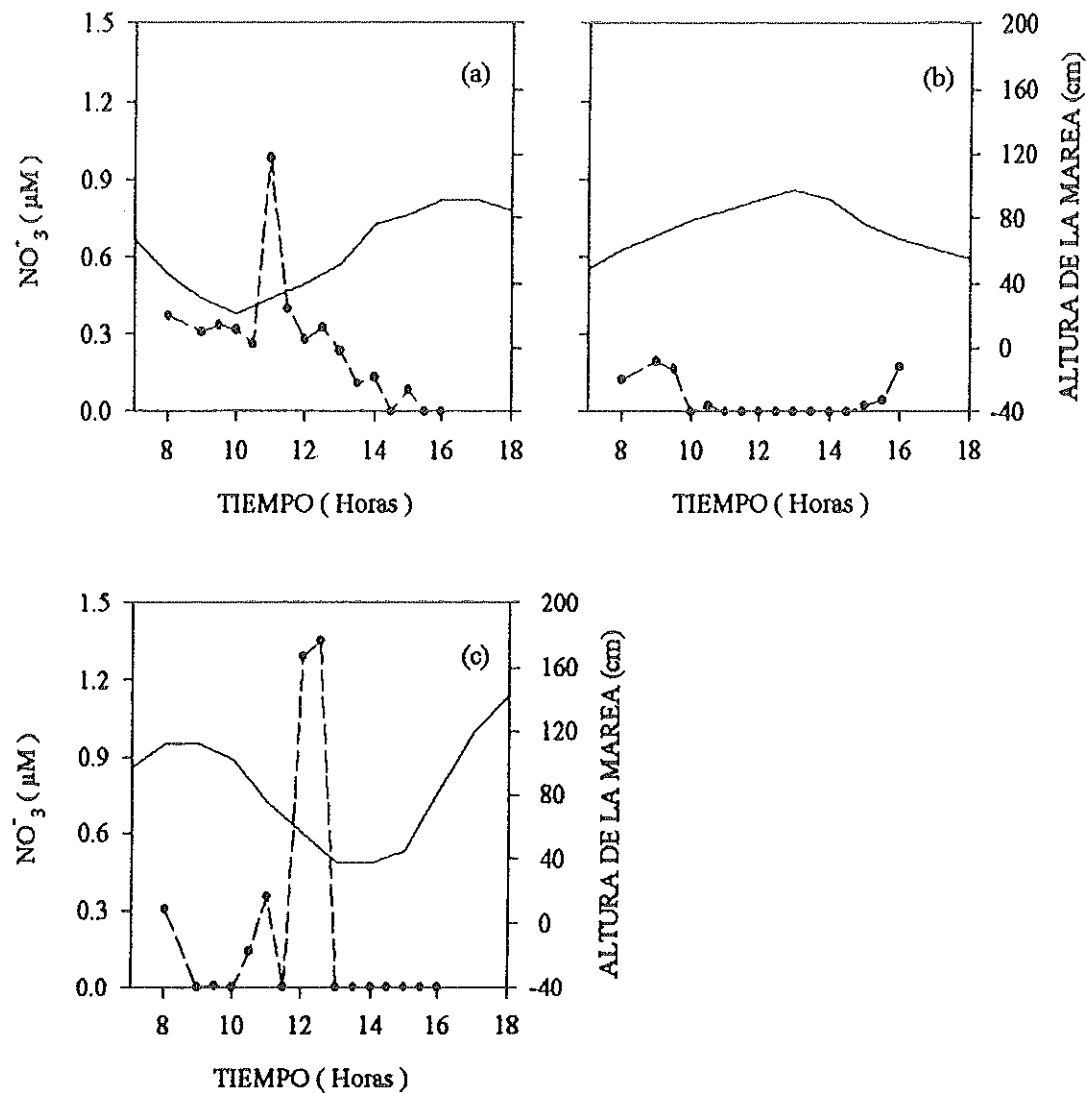


Figura 5. Variación de la concentración de nitratos y de la altura de la marea durante: (a) 03/02/94; (b) 16/02/94 y (c) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC.

Nitratos = \circ - - - \circ Marea = ———

Tabla III.- Pruebas a posteriori por el método de Tukey para comparar los valores de la concentración de nitratos entre las mareas (* = mareas vivas y ** = mareas muertas), en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. (Diferencias Significativas = D. S.; Sin Diferencias Significativas = S. D. S.).

COMPARACION DE LOS MUESTREOS	Q CALC.	DECISION CON $\alpha = 0.05$
** 03/02/94 vs 16/02/94 **	2.74	D. S.
** 03/02/94 vs 24/05/94 *	0.71	S. D. S.
** 16/02/94 vs 24/05/94 *	2.87	D. S.

III.1.5.- Amonio.

La concentración de amonio varió en 0.67 μM (desde valores no detectables hasta 0.67 μM) en el segundo muestreo, 1.35 μM (desde valores no detectables hasta 1.35 μM) en el tercer muestreo y de 1.44 μM (desde valores no detectables hasta 1.44 μM) durante el último muestreo. Su comportamiento con respecto a las mareas fue similar al encontrado en la concentración de nitratos, tendiendo a aumentar en el reflujó de la marea y a disminuir en el flujo de ésta, se observó claramente cambios significativos de los nitratos en los muestreos y entre estos, hasta en un órden de casi 15 veces su concentración más baja registrada (Fig. 6). No se presentaron los resultados del primer muestreo por problemas en el análisis.

Los resultados indicaron que la concentración de amonio registrada no fue significativa entre los muestreos (Tabla IV).

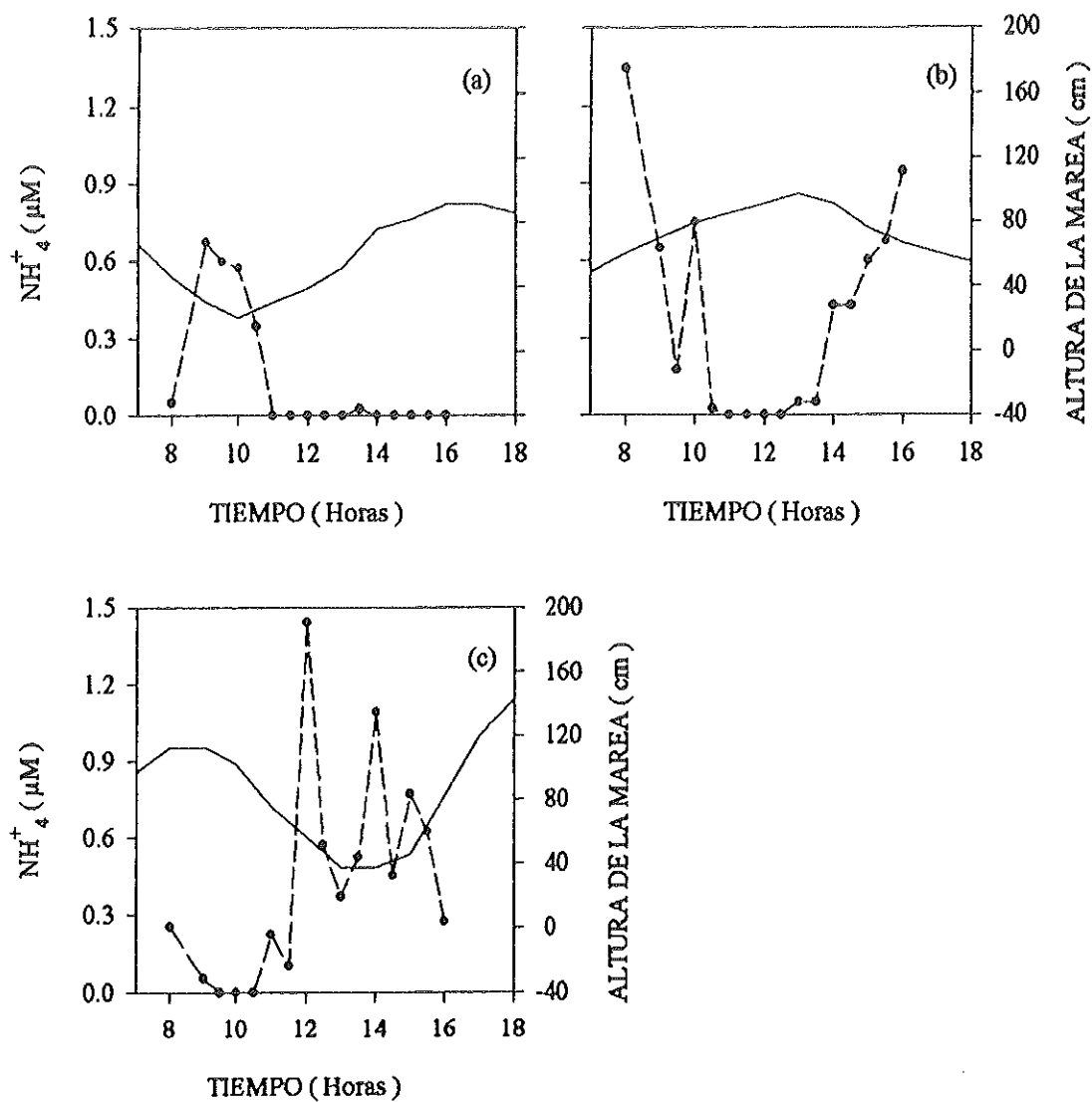


Figura 6. Variación de la concentración de amonio y de la altura de la marea durante: (a) 03/02/94; (b) 16/02/94 y (c) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC.

Amonio = $\text{---}\bullet\text{---}$

Marea = ---

Tabla IV.- Pruebas a posteriori por el método de Tukey para comparar los valores de la concentración de amonio entre las mareas (* = mareas vivas y ** = mareas muertas), en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. (Diferencias Significativas = D. S.; Sin Diferencias Significativas = S. D. S.).

COMPARACION DE LOS MUESTREOS	Q CALC.	DECISION CON $\alpha = 0.05$
** 03/02/94 vs 16/02/94 **	0.67	S. D. S.
** 03/02/94 vs 24/05/94 *	0.66	S. D. S.
** 16/02/94 vs 24/05/94 *	0.03	S. D. S.

Se observó en general que los nitratos estuvieron presentes en casi todo el segundo muestreo, mientras que durante el tercero y cuarto apareció en menores ocasiones durante el día. Con respecto al amonio, se encontró que apareció en el tercero y cuarto muestreos, en el segundo fueron muy pocas ocasiones en las que se detectó su concentración. La razón de nutrientes fue mayor durante la marea muerta del tercer muestreo, los valores que no aparecen en la tabla es porque alguno de los nutrientes no fue detectado por el método utilizado (Tabla V).

III.1.6.- Oxígeno disuelto.

La variación del oxígeno disuelto fue de 0.6 mg l⁻¹ (6.52-7.12 mg l⁻¹), 0.47 mg l⁻¹ (8.29-8.73 mg l⁻¹), 0.57 mg l⁻¹ (8.43-9.00 mg l⁻¹), 1.15 mg l⁻¹ (10.90-12.05 mg l⁻¹), durante el primero, segundo, tercero y cuarto muestreos respectivamente. Se observó en general que el oxígeno no presentó ninguna relación con las mareas durante los días muestreados, sin mostrar cambios significativos (Fig. 7).

Tabla V.- Razón μ molar de las concentraciones de amonio y nitratos en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. (No Detectado = ND).

TIEMPO (Horas)	03/02/94		RAZON $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	16/02/94		RAZON $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	24/05/94		RAZON $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$
	NO_3^-	NH_4^+		NO_3^-	NH_4^+		NO_3^-	NH_4^+	
8.0	0.37	0.05	0.14	0.13	1.35	10.38	0.30	0.25	0.83
9.0	0.31	0.67	2.16	0.20	0.65	3.25	ND	0.05	
9.5	0.34	0.60	1.76	0.17	0.17	1.0	ND	ND	
10.0	0.32	0.57	1.78	ND	0.75		ND	ND	
10.5	0.26	0.35	1.35	0.020	0.03	1.5	0.14	ND	
11.0	0.99	ND		ND	ND		0.35	0.22	0.63
11.5	0.40	ND		ND	ND		ND	0.10	
12.0	0.28	ND		ND	ND		1.29	1.44	1.12
12.5	0.33	ND		ND	ND		1.35	0.57	0.42
13.0	0.24	ND		ND	0.05		ND	0.37	
13.5	0.11	0.03	0.27	ND	0.05		ND	0.52	
14.0	0.14	ND		ND	0.42		ND	1.09	
14.5	ND	ND		ND	0.42		ND	0.45	
15.0	0.09	ND		0.02	0.60	30.0	ND	0.77	
15.5	ND	ND		0.05	0.67	13.4	ND	0.62	
16.0	ND	ND		0.18	0.95	5.28	ND	0.27	

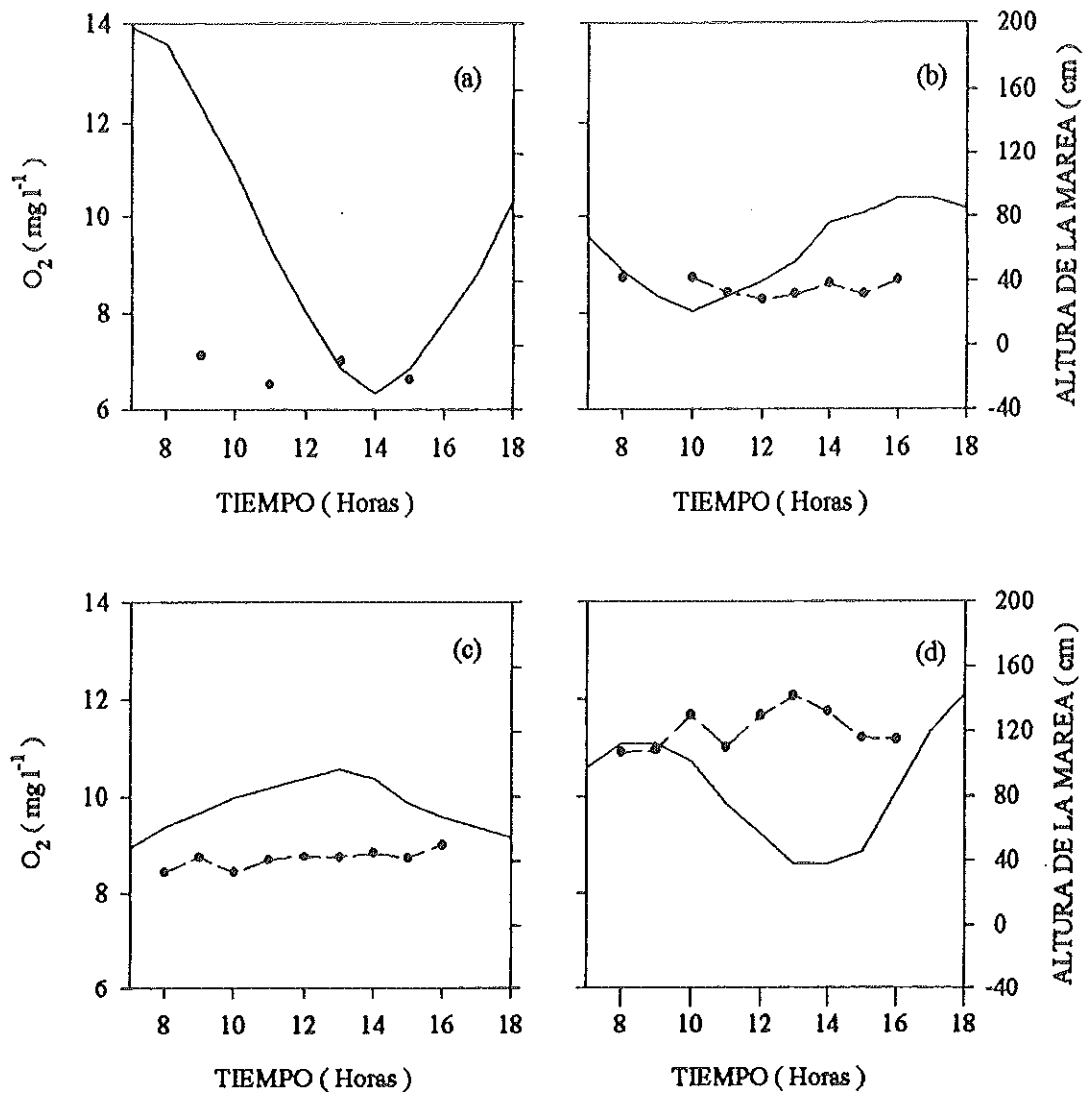


Figura 7. Variación del oxígeno disuelto y del nivel de marea durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC.
 Oxígeno = - - - - - Marea = ———

Los resultados mostraron que el oxígeno disuelto de la marea viva del primer muestreo fue estadísticamente diferente al oxígeno registrado en el tercero y cuarto muestreos, así como también se observaron diferencias entre el segundo y cuarto de los muestreos (Tabla VI).

Tabla VI.- Pruebas a posteriori por el método de Tukey para comparar los valores del oxígeno disuelto entre las mareas (* = mareas vivas y ** = mareas muertas), en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. (Diferencias Significativas = D. S.; Sin Diferencias Significativas = S. D. S.).

COMPARACION DE LOS MUESTREOS	Q CALC.	DECISION CON $\alpha = 0.05$
* 12/11/93 vs 03/02/94 **	1.36	S. D. S.
* 12/11/93 vs 16/02/94 **	2.52	D. S.
* 12/11/93 vs 24/05/94 *	4.44	D. S.
** 03/02/94 vs 16/02/94 **	1.41	S. D. S.
** 03/02/94 vs 24/05/94 **	3.78	D. S.
** 16/02/94 vs 24/05/94 *	2.17	S. D. S.

La saturación de oxígeno en el medio fue menor al 100 % en el primer muestreo, mientras que en los tres restantes se observó sobresaturación de oxígeno, siendo más notorio en el último muestreo (Fig. 8).

III.2.- Parámetros biológicos.

III.2.1.- Clorofila α .

Las variaciones de la concentración de clorofila α fueron de 3.11 mg m⁻³ (1.09-4.2 mg m⁻³) en el primer muestreo, en el segundo muestreo de 7.45 mg m⁻³ (2.58-10.03 mg m⁻³), en el tercer muestreo fue de 13.65 mg m⁻³ (0.55-14.2 mg m⁻³), mientras que en el cuarto

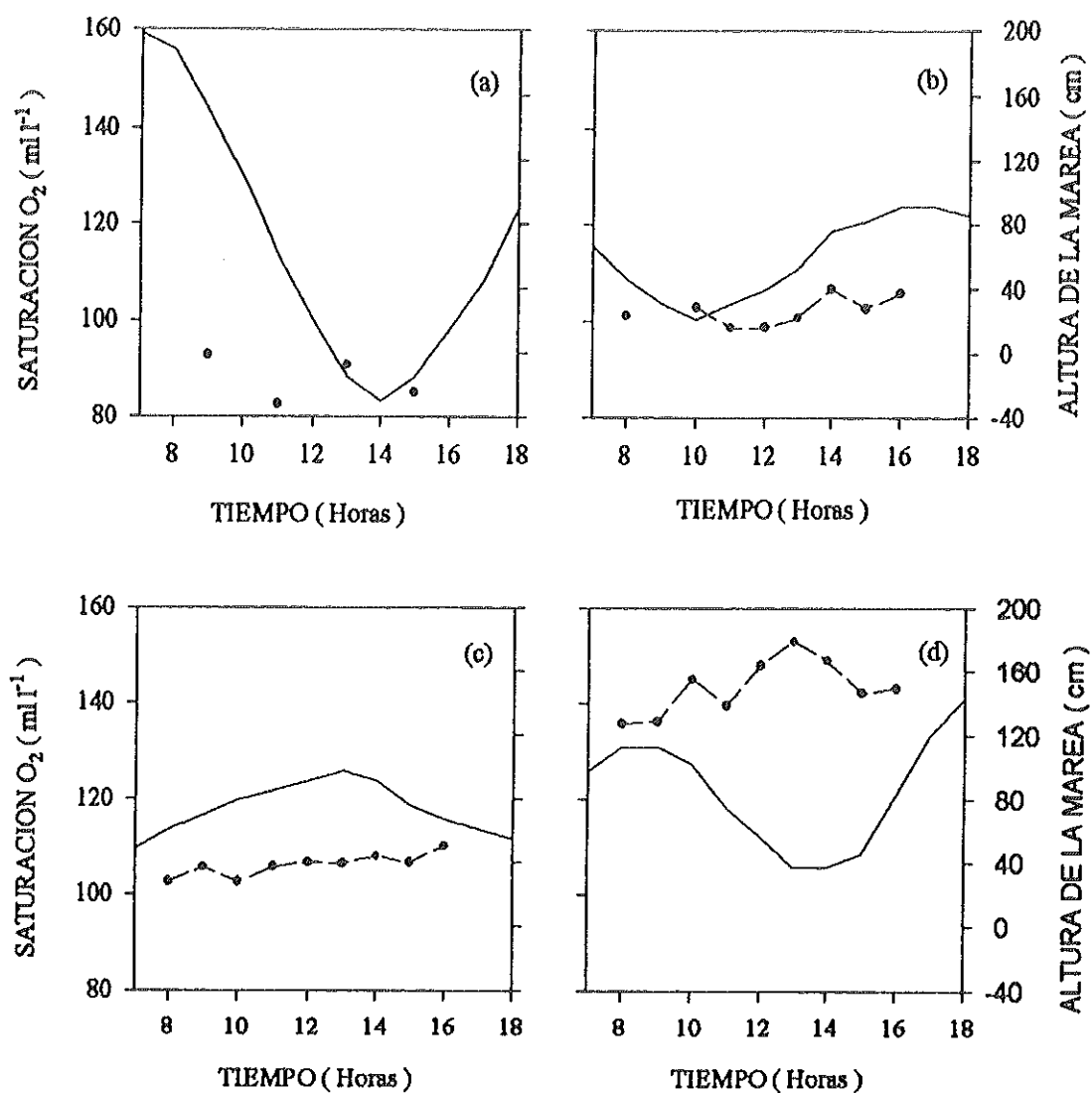


Figura 8.- Variación de la saturación de oxígeno y de la altura de la marea durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 02/16/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC.

Saturación O_2 = \bullet --- \bullet Marea = ———

muestreo fue de 15.38 mg m⁻³ (0.55-15.93 mg m⁻³), siendo en este muestreo donde se registraron las concentraciones más altas en un orden de alrededor de 30 veces su concentración más baja. Se observó que la concentración de la clorofila *a* varió bruscamente hasta en lapsos de 30 minutos, con tendencias a aumentar principalmente durante el reflujó de las mareas (Fig. 9).

De acuerdo a los resultados, se encontró diferencias significativas estadísticamente entre la concentración de la clorofila *a* de la marea viva del primer muestreo con la clorofila *a* de la marea muerta del segundo muestreo (Tabla VII).

Tabla VII.- Pruebas a posteriori por el método de Tukey para comparar los valores de la concentración de clorofila *a* entre las mareas (* = mareas vivas y ** = mareas muertas), en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. (Diferencias Significativas = D. S.; Sin Diferencias Significativas = S. D. S.).

COMPARACION DE LOS MUESTREOS	Q CALC.	DECISION CON $\alpha = 0.05$
* 12/11/93 vs 03/02/94 **	2.47	D. S.
* 12/11/93 vs 16/02/94 **	1.98	S. D. S.
* 12/11/93 vs 24/05/94 *	1.37	S. D. S.
** 03/02/94 vs 16/02/94 **	0.51	S. D. S.
** 03/02/94 vs 24/05/94 *	1.16	S. D. S.
** 16/02/94 vs 24/05/94 *	0.65	S. D. S.

III.2.2.- Abundancia fitoplanctónica.

La variación del fitoplancton fue de 1.87×10^5 cel l⁻¹ ($0.46-2.34 \times 10^5$ cel l⁻¹) el 12 de noviembre, 11.61×10^5 cel l⁻¹ ($1.99-13.6 \times 10^5$ cel l⁻¹) el 3 de febrero, 8.7×10^5 cel l⁻¹ ($1.69-10.39 \times 10^5$ cel l⁻¹) el 16 de febrero y 12.67×10^5 cel l⁻¹ ($13.16-25.83 \times 10^5$ cel l⁻¹) el 24 de mayo, siendo en este último muestreo donde se presentaron los mayores cambios en

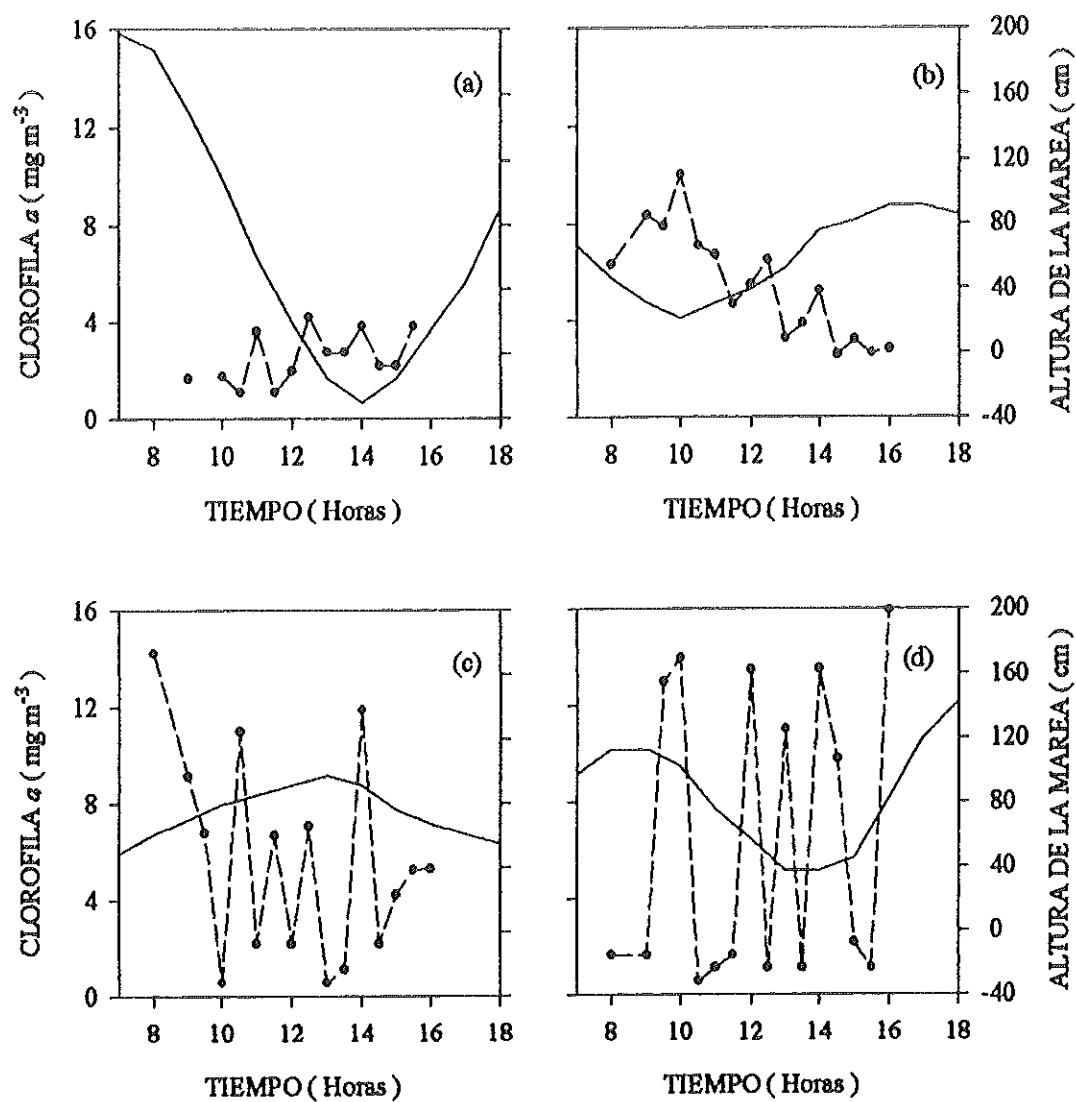


Figura 9. Variación de la concentración de clorofila α y de la altura de la marea durante los muestreos del: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC.

Clorofila α = $\text{---}\bullet\text{---}$ Marea = ---

la abundancia durante el día, sin embargo, fue en el segundo muestreo donde se presentó la máxima variación del orden de alrededor de 7 veces su abundancia más baja. Se observó de manera general una tendencia a aumentar la presencia del fitoplancton en la columna de agua fundamentalmente en el reflujó de las mareas vivas y muertas, con una gran variabilidad de su abundancia a través del tiempo (Fig. 10).

Se encontraron diferencias significativas al comparar los datos de la abundancia fitoplanctónica del primero, segundo y tercer muestreo contra la marea viva del cuarto muestreo (Tabla VIII).

Tabla VIII.- Pruebas a posteriori por el método de Tukey para comparar los valores de la abundancia fitoplanctónica entre las mareas (* = mareas vivas y ** = mareas muertas), en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. (Diferencias Significativas = D. S.; Sin Diferencias Significativas = S. D. S.).

COMPARACION DE LOS MUESTREOS	Q CALC.	DECISION CON $\alpha = 0.05$
* 12/11/93 vs 03/02/94 **	2.35	S. D. S.
* 12/11/93 vs 16/02/94 **	2.10	S. D. S.
* 12/11/93 vs 24/05/94 *	4.96	D. S.
** 03/02/94 vs 16/02/94 **	0.26	S. D. S.
** 03/02/94 vs 24/05/94 *	2.80	D. S.
** 16/02/94 vs 24/05/94 *	3.06	D. S.

La abundancia del fitoplancton por grupos osciló en 30.4×10^3 cel l⁻¹ ($5-35.4 \times 10^3$ cel l⁻¹) en diatomeas; de 15.5×10^3 cel l⁻¹ ($6.6-22.2 \times 10^3$ cel l⁻¹) en dinoflagelados y de 148.05×10^3 cel l⁻¹ ($28.9-176.98 \times 10^3$ cel l⁻¹) para el nanoplancton durante el primer muestreo. En el segundo muestreo se registraron cambios de 22.08×10^3 cel l⁻¹ ($5.48-27.56 \times 10^3$ cel l⁻¹) en las diatomeas; 15.06×10^3 cel l⁻¹ ($10.44-25.5 \times 10^3$ cel l⁻¹) en los dinoflagelados y

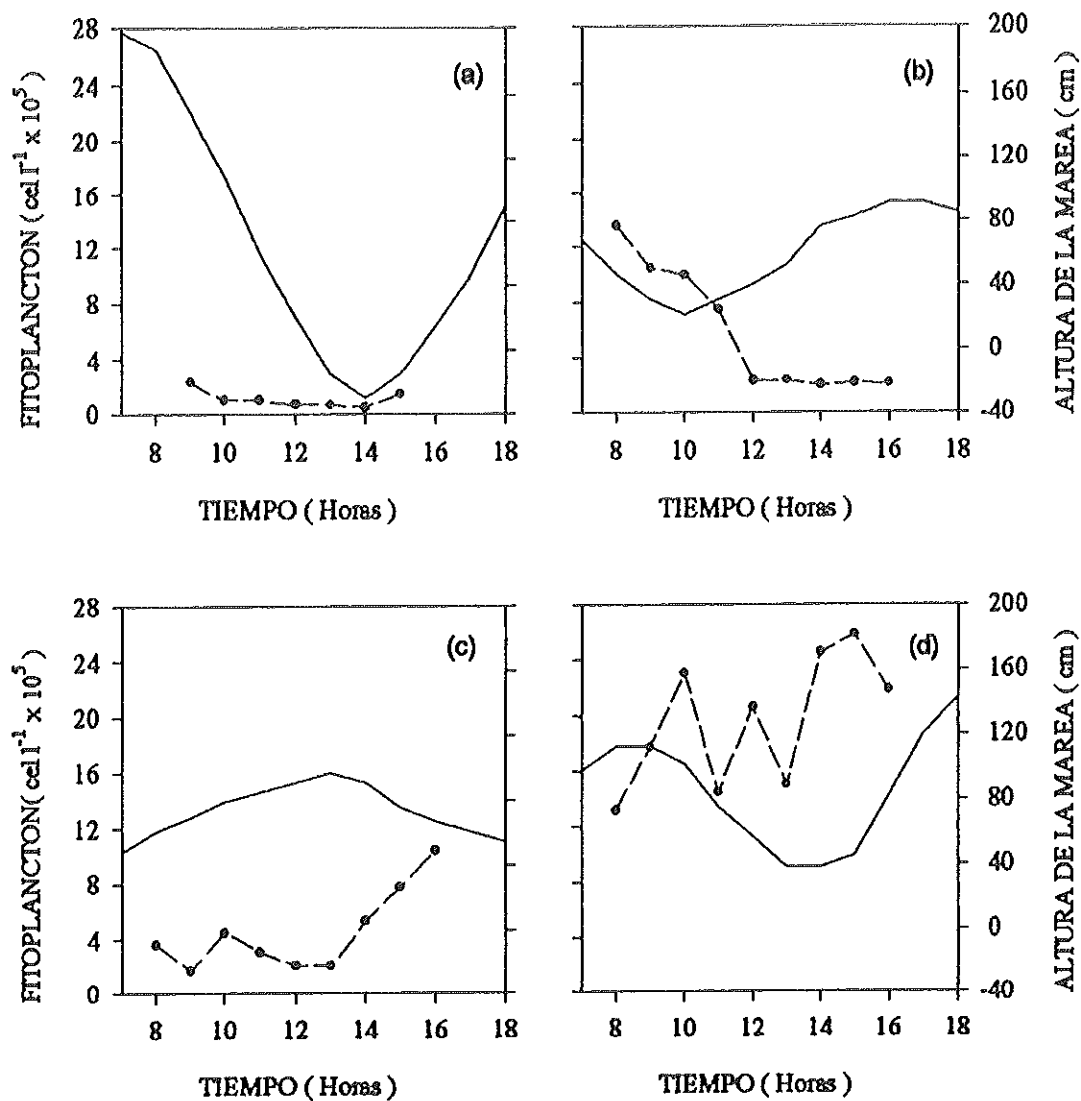


Figura 10. Variación de la abundancia del fitoplancton y de la altura de la marea durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC.

Fitoplancton = $\text{---}\circ\text{---}$

Marea = ---

$1148.14 \times 10^3 \text{ cel l}^{-1}$ ($167.06-1315.21 \times 10^3 \text{ cel l}^{-1}$) en el nanoplancton. Para el tercer muestreo fueron $18.74 \times 10^3 \text{ cel l}^{-1}$ ($8.2-26.9 \times 10^3 \text{ cel l}^{-1}$) en las diatomeas, $27.84 \times 10^3 \text{ cel l}^{-1}$ ($4.92-32.76 \times 10^3 \text{ cel l}^{-1}$) en los dinoflagelados y $855.42 \times 10^3 \text{ cel l}^{-1}$ ($156.1-1011.52 \times 10^3 \text{ cel l}^{-1}$) en el nanoplancton, mientras que en el último muestreo se presentaron variaciones de $27.18 \times 10^3 \text{ cel l}^{-1}$ ($19.66-46.84 \times 10^3 \text{ cel l}^{-1}$) en las diatomeas, $231.4 \times 10^3 \text{ cel l}^{-1}$ ($459-690.44 \times 10^3 \text{ cel l}^{-1}$) en los dinoflagelados y $1478.08 \times 10^3 \text{ cel l}^{-1}$ ($617.61-2095.7 \times 10^3 \text{ cel l}^{-1}$) en el nanoplancton, no se mencionan a los silicoflagelados porque fueron muy poco abundantes (máximo 600 cel l^{-1}), sin embargo, si se consideraron para la abundancia total. De manera general se encontró que las diatomeas dominaron al grupo de dinoflagelados en los dos primeros muestreos, mientras que en los dos restantes dominaron los dinoflagelados sobre las diatomeas. En todos los muestreos se observó que la abundancia del nanoplancton fue muy superior a los otros grupos, llegando a ser alrededor de 3 veces mayor la abundancia de estos sobre la abundancia de las diatomeas y dinoflagelados juntos, excepto en la muestra de las 08:00 del último muestreo donde los dinoflagelados fueron ligeramente superiores al nanoplancton (Tabla IX).

Se observó que el comportamiento en general de la abundancia fitoplanctónica y de la abundancia bacteriana era muy similar, ya que si aumentaba uno de ellos el otro también lo hacía y viceversa, excepto en el primer muestreo donde su comportamiento es diferente, también se encontró que las máximas abundancias de las dos variables se presentaron en el último muestreo (Fig. 11).

Tabla IX.- Abundancia fitoplanctónica por grupos registrados durante:(a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC.

TIEMPO (Horas)	DIATOMEAS ($\times 10^3$)	DINOFELAGELADOS ($\times 10^3$)	NANOPLANCTON ($\times 10^3$)
(a)			
08:00			
09:00	35.44	22.20	176.99
10:00	20.20	9.70	69.58
11:00	10.88	8.94	76.82
12:00	8.32	6.62	54.76
13:00	7.66	13.04	44.95
14:00	5.00	12.74	28.93
15:00	9.72	9.06	127.94
16:00			
(b)			
08:00	20.06	25.50	1315.21
09:00	12.84	11.12	1025.08
10:00	14.82	13.76	968.38
11:00	6.48	10.82	731.23
12:00	5.48	11.88	210.89
13:00	10.88	10.44	214.42
14:00	17.70	14.08	167.73
15:00	25.60	15.98	175.69
16:00	27.56	17.04	167.06
(c)			
08:00	11.00	9.72	342.72
09:00	8.20	4.92	156.11
10:00	26.94	8.42	414.82
11:00	15.78	8.74	281.90
12:00	15.44	31.40	158.67
13:00	13.64	32.76	159.63
14:00	18.72	19.04	495.32
15:00	10.34	17.02	744.98
16:00	13.64	14.74	1011.53
(d)			
08:00	44.54	653.98	617.61
09:00	19.66	546.14	1203.87
10:00	36.04	690.44	1576.69
11:00	31.84	550.40	864.75
12:00	30.94	634.76	1395.33
13:00	37.80	553.94	910.33
14:00	46.84	513.54	1896.29
15:00	28.88	459.04	2095.70
16:00	27.02	640.02	1515.13

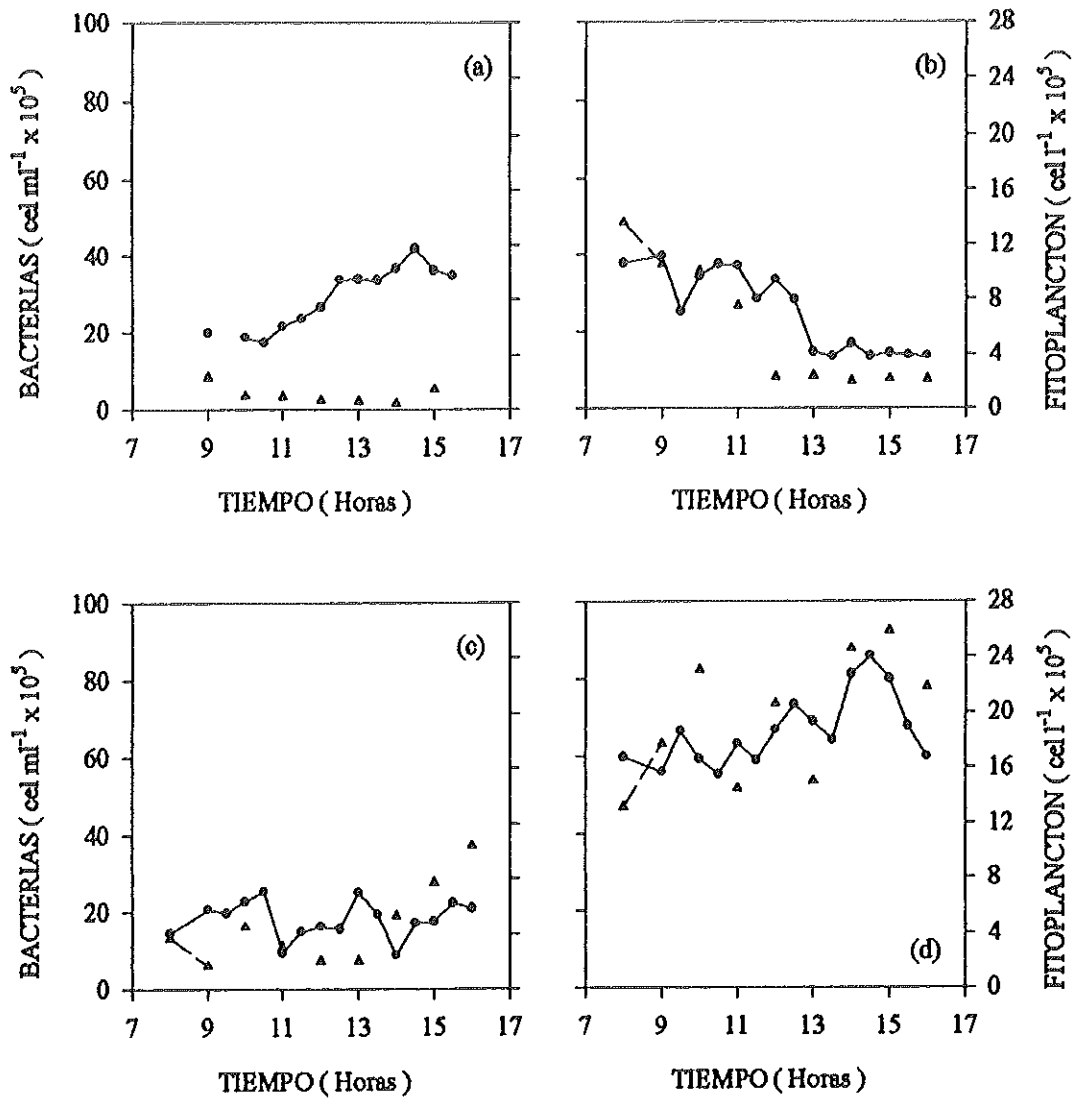


Figura 11.- Relación de las abundancias bacteriana y fitoplanctónica a través del tiempo durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC.
 Bacterias = \circ — \circ Fitoplancton = \triangle — \triangle

III.2.3.- Abundancia bacteriana.

Las bacterias mostraron variaciones de 2.44×10^6 cel ml⁻¹ ($1.75-4.19 \times 10^6$ cel ml⁻¹) en el primer muestreo, en el segundo de 2.61×10^6 cel ml⁻¹ ($1.36-3.97 \times 10^6$ cel ml⁻¹), en el tercero de 1.66×10^6 cel ml⁻¹ ($0.86-2.53 \times 10^6$ cel ml⁻¹) y de 3.07×10^6 cel ml⁻¹ ($5.52-8.59 \times 10^6$ cel ml⁻¹) en el último muestreo. La abundancia bacteriana mostró tendencias a aumentar principalmente en el refluo de las mareas vivas y muertas, excepto en el tercer muestreo donde se vio un comportamiento heterogéneo no definido durante el día, se encontró además que en el último muestreo fue donde se presentaron los valores más altos comparados a los demás días, mientras que la máxima variabilidad de la abundancia fue de casi 3 veces su abundancia más baja durante el tercer muestreo (Fig. 12).

Los resultados indicaron que existieron diferencias significativas en la abundancia bacteriana entre las mareas del primero, segundo y tercer muestreo contra el cuarto (Tabla X).

Tabla X.- Pruebas a posteriori por el método de Tukey para comparar los valores de la abundancia bacteriana entre las mareas (* = mareas vivas y ** = mareas muertas), en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. (Diferencias Significativas = D. S.; Sin Diferencias Significativas = S. D. S.).

COMPARACION DE LOS MUESTREOS	Q CALC.	DECISION CON $\alpha = 0.05$
* 12/11/93 vs 03/02/94 **	1.06	S. D. S.
* 12/11/93 vs 16/02/94 **	2.21	S. D. S.
* 12/11/93 vs 24/05/94 **	3.44	D. S.
** 03/02/94 vs 16/02/94 **	1.21	S. D. S.
** 03/02/94 vs 24/05/94 *	4.75	S. D. S.
** 16/02/94 vs 24/05/94 *	5.96	S. D. S.

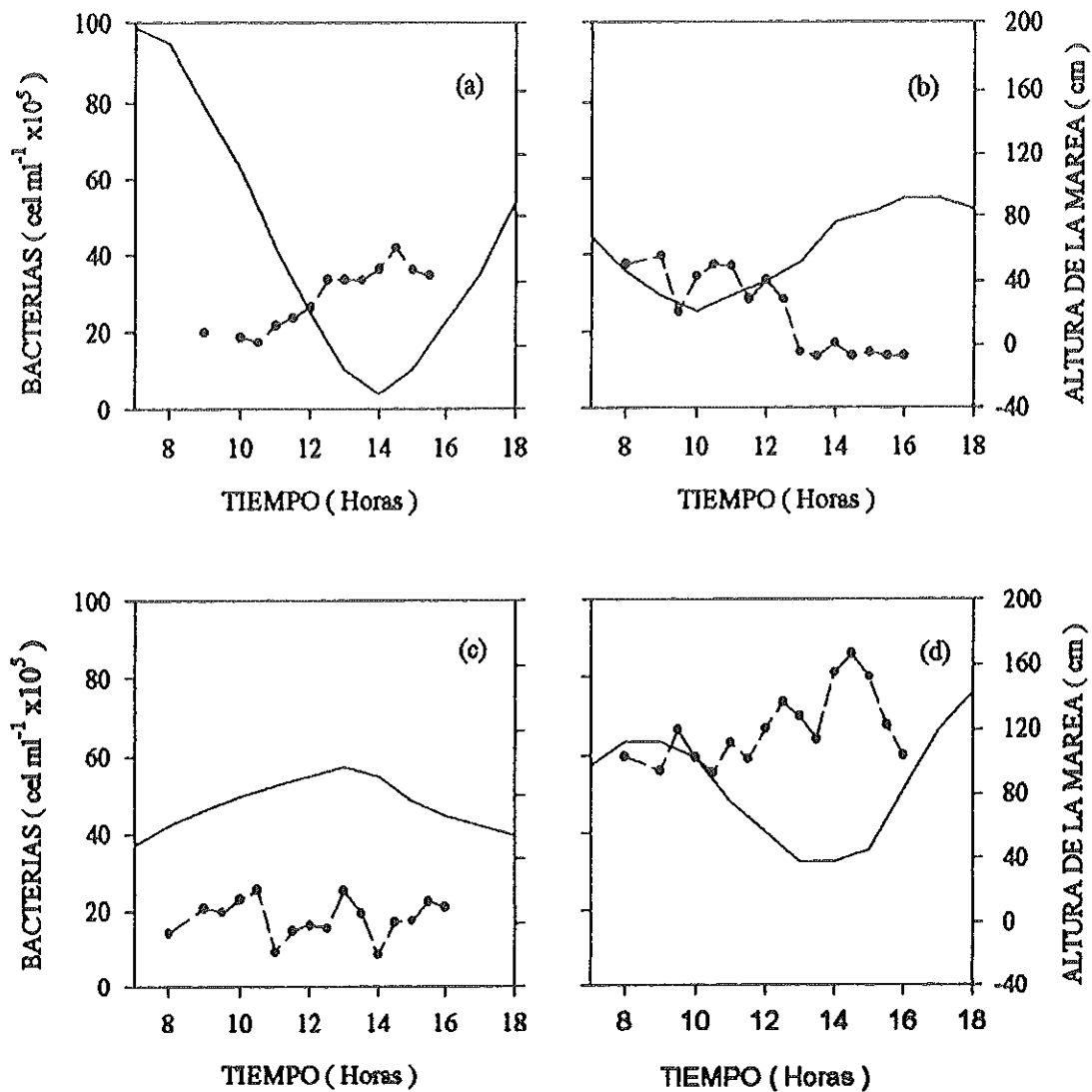


Figura 12. Variación de la abundancia bacteriana y del nivel de la marea durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC.

Bacterias = $\circ - - - \circ$ Marea = $—$

Se graficaron los datos de los cuatro muestreos de la abundancia bacteriana y de la concentración de la clorofila α , en donde se observó que la mayoría de los datos se inclinaron hacia una relación exponencial negativa. Por otro lado se encontró que en la relación de la razón carbón orgánico bacteriana o biomasa (COB) y carbón fitoplanctónico (CF) entre el CF, se mostró claramente este comportamiento descrito, lo cuál nos indica que cuando aumenta el CF disminuye el COB y viceversa, los valores más altos de la razón COB/CF se registraron durante el cuarto muestreo (Fig. 13).

La respiración bacteriana varió desde valores no detectables por el método hasta 0.2 mg O₂ l⁻¹ h⁻¹, durante el segundo muestreo (Tabla XI). Se observó que el oxígeno disuelto de la población menor a 1 μ m presente en las botellas oscuras incubadas para determinar la respiración de las bacterias, únicamente mostró cambios significativos durante el segundo muestreo (Fig. 14).

El análisis de componentes principales (ACP) indicó que la máxima variabilidad del componente principal (CP1) del primer muestreo se debió fundamentalmente por la abundancia bacteriana, salinidad, temperatura y la marea, las cuáles al contrastarlas mostraron que la marea cambiaba indirectamente con las demás variables mencionadas. La variación del CP2 ocurrió principalmente por la abundancia fitoplanctónica, concentración de la clorofila α , y la irradiancia, observándose que el fitoplancton cambió inversamente con las otras dos variables. El cambio mostrado en el CP3 fue por el oxígeno disuelto, cuyo contraste no indicó ninguna asociación con otras variables. En el

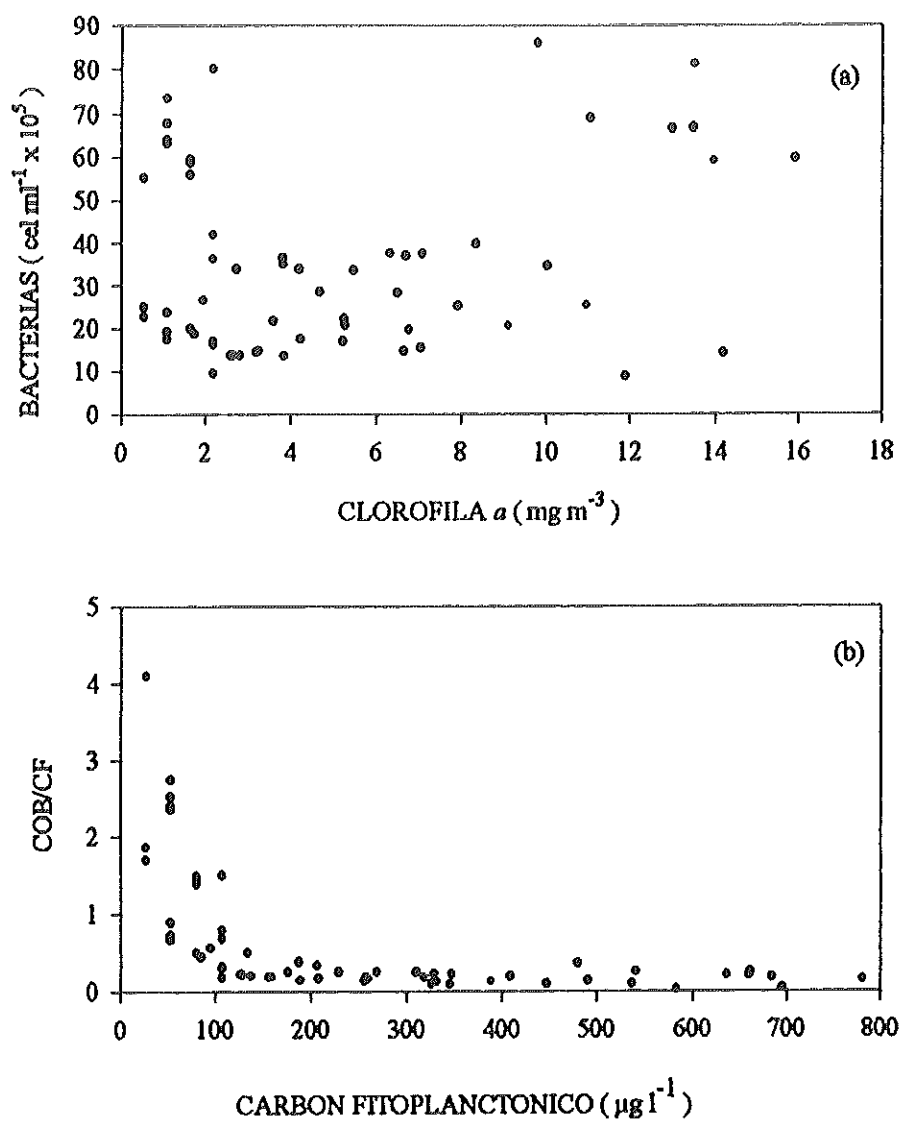


Figura 13.- Relación entre: (a) la clorofila *a* y la abundancia bacteriana y (b) la razón de carbón orgánico bacteriano (COB)/carbón fitoplanctónico (CF) contra el CF, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC.

Tabla XI.- Tasas de producción bruta, neta, respiración de la comunidad y respiración bacteriana expresada en mg O₂ l⁻¹ h⁻¹ durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. (No Detectado = N.D.).

PERIODO DE INCUBAC. (Horas)	PRODUCC. BRUTA DE O ₂	PRODUCC. NETA DE O ₂	RESPIRAC. COMUNID.	PERIODO DE INCUBAC. (Horas)	RESPIRAC. BACTERIAL
(a)					
4.0	0.03	N.D.	0.04		
5.0	0.05	0.03	0.02		
6.0	0.05	0.01	0.04		
6.5	0.05	0.01	0.04		
(b)					
4.0	0.05	N.D.	N.D.	4.0	N.D.
5.0	0.06	N.D.	N.D.	5.0	0.20
6.0	0.05	N.D.	N.D.	5.5	0.12
7.0	0.03	N.D.	N.D.	5.75	0.12
				6.0	0.13
(c)					
4.0	0.09	0.08	0.02	4.0	0.01
5.0	0.09	0.14	N.D.	5.0	N.D.
6.0	0.05	0.05	-N.D.	5.5	N.D.
7.0	0.04	0.06	N.D.	6.0	0.02
8.0	0.08	0.09	N.D.	6.25	N.D.
(d)					
4.0	0.33	0.3	0.03	4.0	0.07
5.0	0.27	0.19	0.08	5.0	0.08
6.0	0.28	0.26	0.02	5.5	0.02
7.0	0.30	0.25	0.05	6.0	0.07
8.0	0.28	0.23	0.05	6.5	0.06

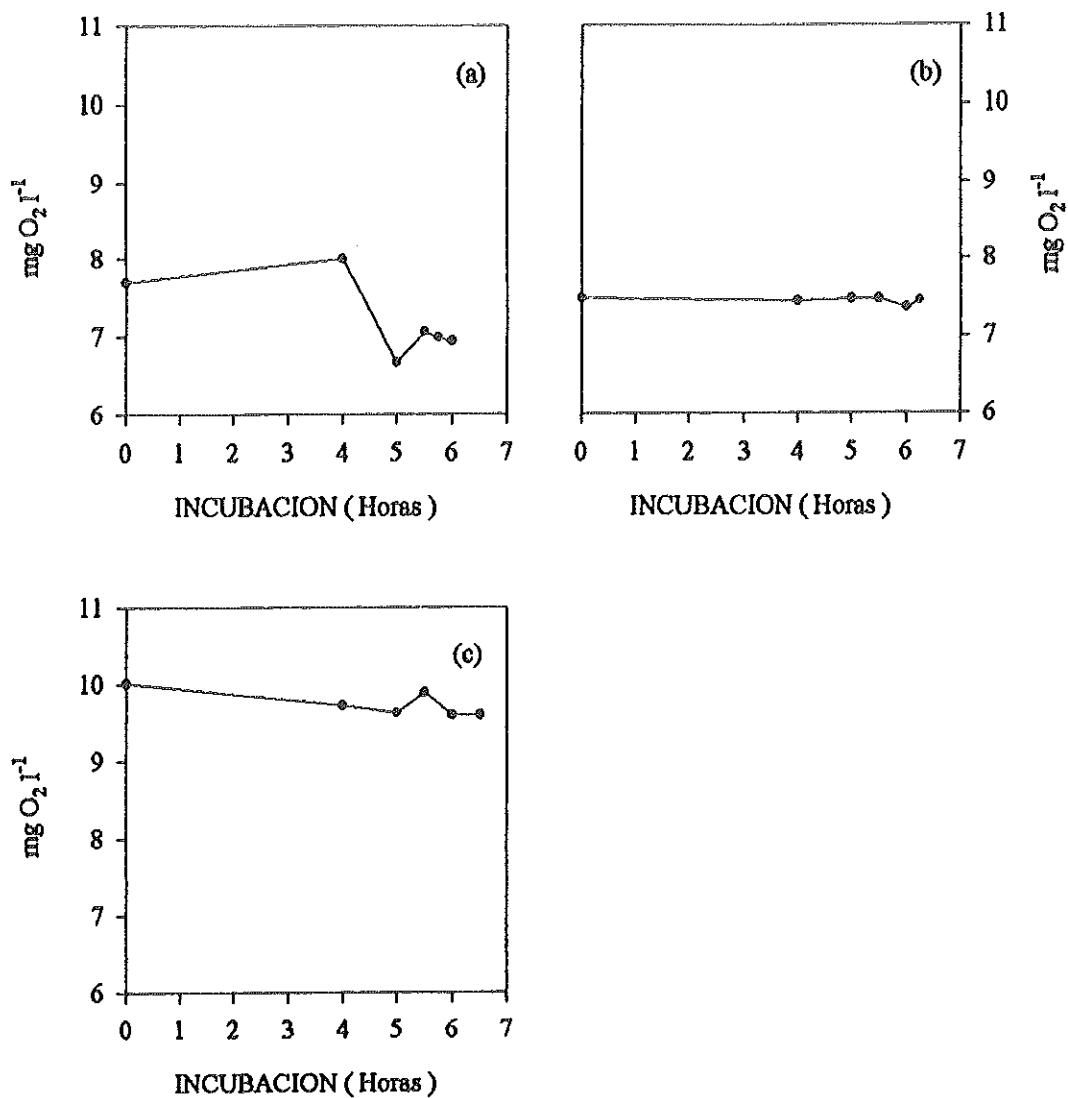


Figura 14.- Cambios en el oxígeno disuelto de la fracción $< 1 \mu$ presente dentro de las botellas oscuras incubadas por diferentes períodos de tiempo, para estimar la respiración de las bacterias durante: (a) 03/02/94; (b) 16/02/94 y (c) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC.

segundo muestreo se observó que la mayor variación del CP1 ocurrió sobre todo por la abundancia del fitoplancton, abundancia bacteriana, salinidad, temperatura y la marea, al contrastarlas se mostró que la temperatura y la marea se asociaron de manera indirecta con el fitoplancton, las bacterias y la salinidad. La variabilidad del CP2 fue principalmente por el oxígeno disuelto y la concentración de nitratos, los cuáles cambiaron indirectamente entre sí. Por otro lado se encontró que el cambio del CP3 se debió a la concentración de la clorofila α , irradiancia y la concentración de amonio, que mostraron asociaciones directas entre sí. Durante el tercer muestreo se observó que la variabilidad del CP1 fue ocasionada por la irradiancia, la marea y la concentración de nitratos y amonio, cambiando los nutrientes de forma inversa con la irradiancia y la marea. El CP2 varió por la presencia del fitoplancton, oxígeno disuelto, salinidad y temperatura, los cuáles mostraron contrastes de manera directa. Con respecto al CP3 se encontró que la variación ocurrió por la concentración de la clorofila α y la abundancia bacteriana que cambiaron inversamente entre sí. En el cuarto muestreo se presentó que la variabilidad del CP1 era explicada principalmente por la abundancia de bacterias, temperatura, irradiancia y la marea, en donde la marea tuvo un comportamiento inverso a las demás variables. En el CP2 la variación se debió al oxígeno disuelto y la salinidad que mostraron contrastes indirectos. El CP3 cambió por la concentración de nutrientes que presentaron contrastes de forma directa. Mientras que la variabilidad del CP4 fue ocasionada sobre todo por la abundancia fitoplanctónica y la concentración de la clorofila α , de tal forma que al contrastarlas se observó que cambiaron directamente proporcional entre sí (Tabla XII).

Tabla XII.- Coeficientes de correlación de los componentes principales contra las variables originales durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC.

VARIABLES	CP1	CP2	CP3		CP1	CP2	CP3
(a)					(b)		
Fitolpancton	-0.283	0.510	0.230		-0.349	0.263	0.258
Clorofila <i>a</i>	0.264	-0.408	0.182		-0.364	0.088	-0.373
Bacterias	0.457	0.170	-0.055		-0.385	-0.060	0.073
Oxígeno	-0.140	0.310	-0.798		-0.137	0.595	-0.136
Salinidad	0.450	0.214	0.027		-0.383	-0.129	0.182
Temperatura	0.428	0.178	-0.298		0.382	0.058	-0.252
Irradiancia	-0.133	-0.604	-0.429		-0.069	-0.497	-0.643
Mareas	-0.466	0.075	0.024		0.376	0.169	0.088
Nitratos					-0.262	-0.395	0.250
Amonio					-0.270	0.337	-0.436
Proporción	0.559	0.241	0.128		0.616	0.203	0.102
Acumulativa	0.559	0.800	0.928		0.616	0.819	0.920

VARIABLES	CP1	CP2	CP3		CP1	CP2	CP3	CP4
(c)					(d)			
Fitolpancton	-0.322	-0.362	0.183		-0.277	0.263	-0.135	0.611
Clorofila <i>a</i>	-0.353	0.130	-0.498		-0.242	-0.375	-0.255	0.526
Bacterias	0.006	0.131	0.781		-0.383	0.250	0.052	-0.157
Oxígeno	-0.057	-0.499	0.134		-0.295	-0.476	-0.286	0.025
Salinidad	0.169	-0.467	0.048		-0.256	0.574	0.111	0.169
Temperatura	-0.268	-0.445	-0.078		-0.347	0.067	0.057	-0.210
Irradiancia	0.381	0.248	0.064		-0.382	-0.127	-0.254	-0.344
Mareas	0.426	-0.216	-0.116		0.425	0.029	-0.012	0.322
Nitratos	-0.374	0.122	0.247		-0.051	-0.380	0.707	0.097
Amonio	-0.449	0.217	0.057		-0.340	-0.080	0.503	0.144
Proporción	0.392	0.284	0.140		0.487	0.167	0.141	0.103
Acumulativa	0.392	0.676	0.816		0.487	0.654	0.795	0.898

III.3.- Productividad orgánica primaria.

La tasa de la producción bruta estimada por el método de evolución de oxígeno disuelto o de las botellas clara y oscura varió $0.021 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ($0.029\text{-}0.05 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1} \text{ h}^{-1}$) durante el primer muestreo, $0.027 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ($0.028\text{-}0.055 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1} \text{ h}^{-1}$) en el segundo, en el tercer muestreo fue de $0.057 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ($0.037\text{-}0.094 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1} \text{ h}^{-1}$) mientras que en el cuarto muestreo cambió $0.057 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ($0.268\text{-}0.325 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1} \text{ h}^{-1}$). La tasa de la producción neta osciló en $0.027 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (desde valores no detectables hasta $0.027 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1} \text{ h}^{-1}$); $0.106 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ($0.192\text{-}0.298 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1} \text{ h}^{-1}$) durante el primero y cuarto muestreos respectivamente, no se presentaron los resultados del segundo y tercer muestreo porque resultaron mayores que la misma producción bruta. Por otro lado la tasa de respiración de la comunidad mostró variaciones de $0.017 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ($0.02\text{-}0.037 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1} \text{ h}^{-1}$) en el primer muestreo, en el segundo no se detectaron los cambios en el oxígeno disuelto y lo mismo ocurrió en el tercero, mientras que el cuarto muestreo varió en $0.061 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ($0.015\text{-}0.076 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1} \text{ h}^{-1}$) (Tabla XI).

El cálculo preciso del cociente fotosintético (PQ) para poder estimar adecuadamente la producción bruta en términos de carbón por el método de evolución de oxígeno se muestra en la tabla XIII. Es importante mencionar que el valor del PQ de 1.25 del último muestreo se tomó de la literatura, considerando además la concentración de nitratos y amonio reportados para este muestreo.

Se calcularon los valores de la productividad primaria bruta estimada por el método de las botellas clara y oscura para cada tiempo de incubación utilizando un valor promedio

Tabla XIII.- Resultados de productividad orgánica primaria estimada por los métodos de evolución de oxígeno y asimilación de ^{14}C considerando el PQ durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94; (c) 16/02/94 y (d) 24/05/94, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC.

PERIODO DE INCUBACION (Horas)	PRODUCTIVIDAD BRUTA POR O_2 ($\text{mg Cm}^{-3}\text{h}^{-1}$)	PRODUCTIVIDAD PRIMARIA POR ^{14}C ($\text{mg Cm}^{-3}\text{h}^{-1}$)		PQ ($\Delta\text{O}_2/\Delta\text{CO}_2$)	
		Exp-1	Exp-2	$\mu\text{mol O}_2 \text{ l}^{-1} \text{ h}^{-1}$	$\mu\text{mol } ^{14}\text{C l}^{-1} \text{ h}^{-1}$
(a)					
4.0	6.66			0.91	0.83
5.0	10.98	11.81	14.28	1.48	
6.0	10.61			1.41	
6.5	11.75			1.57	
PQ = 1.62					
(b)					
4.0	14.75			1.50	1.10
5.0	16.40	6.60	20.26	1.70	
6.0	13.45			1.40	
7.0	8.42			0.88	
PQ = 1.25					
(c)					
4.0	40.23			2.93	2.48
5.0	35.78			2.73	
6.0	19.63	34.37	25.12	1.41	
7.0	20.01			1.17	
8.0	33.94			2.48	
PQ = 0.86					
(d)					
4.0	97.5				
5.0	80.4				
6.0	82.5				PQ = 1.25
7.0	89.57				
8.0	83.63				

del PQ por muestreo, además se obtuvieron los valores de la productividad orgánica primaria determinada por el método de asimilación de ^{14}C (Tabla XIII).

La variación de la productividad bruta en el primer muestreo fue de $5.1 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ ($6.65\text{-}11.75 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$), $7.98 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ ($8.42\text{-}16.4 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) en el segundo muestreo, en el tercero fue de $20.6 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ ($19.63\text{-}40.23 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) y en el cuarto muestreo fue de $17.1 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ ($80.4\text{-}97.5 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$).

La productividad encontrada por el método de asimilación de ^{14}C en los dos experimentos realizados en cada muestreo cambió $2.48 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ ($11.8\text{-}14.28 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) en el primer muestreo, $13.67 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ ($6.59\text{-}20.26 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) en el segundo muestreo y $9.24 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ ($25.12\text{-}34.36 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) en el tercer muestreo. Se observó de manera general valores más altos de productividad primaria durante las mareas muertas. No se presentan datos del último muestreo porque la ampoyeta que contenía la solución de $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$ no tenía la concentración necesaria para estudios de productividad primaria.

Los resultados de las pruebas estadísticas demostraron que los valores de productividad bruta encontrados en los diferentes períodos de incubación, estimados por el método de oxígeno disuelto, fueron similares los valores registrados de productividad primaria por los dos experimentos de asimilación de ^{14}C (Tabla XIV). Se calcularon los valores promedio de productividad para cada método y por muestreo, observándose que los valores son muy similares: por el método de oxígeno se registraron 9.67 , 13.26 y $29.92 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$; por el

Tabla XIV.- Comparación por el método de Suma de Rangos de Mann-Whitney entre la productividad primaria bruta medida por el método de evolución de oxígeno y la productividad orgánica primaria estimada por el método de asimilación de ^{14}C , durante: (a) 12/11/93; (b) 03/02/94 y (c) 16/02/94 en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC. (Sin Diferencias Significativas = S. D. S.).

PERIODO DE INCUBACION (Horas)	PRODUCTIVIDAD PRIMARIA ($\text{mg C m}^{-3} \text{h}^{-1}$)			DECISION CON $p > 0.1$	
	O_2	^{14}C (exp-1)	^{14}C (exp-2)	Ho: $\text{O}_2 = ^{14}\text{C}$ (E-1)	Ho: $\text{O}_2 = ^{14}\text{C}$ (E-2)
(a)					
4.0	6.655	11.807	14.283	S. D. S.	S. D. S.
6.0	10.610	11.807	14.283	S. D. S.	S. D. S.
6.5	11.750	11.807	14.283	S. D. S.	S. D. S.
	9.67 \pm 2.67		13.05 \pm 1.75		
(b)					
4.0	14.75	6.595	20.260	S. D. S.	S. D. S.
5.0	16.400	6.595	20.260	S. D. S.	S. D. S.
6.0	13.447	6.595	20.260	S. D. S.	S. D. S.
7.0	8.423	6.595	20.260	S. D. S.	S. D. S.
	13.26 \pm 3.44		13.43 \pm 9.66		
(c)					
4.0	40.230	34.367	25.123	S. D. S.	S. D. S.
5.0	35.775	34.367	25.123	S. D. S.	S. D. S.
6.0	19.633	34.367	25.123	S. D. S.	S. D. S.
7.0	20.01	34.367	25.123	S. D. S.	S. D. S.
8.0	33.94	34.367	25.123	S. D. S.	S. D. S.
	29.92 \pm 9.50		29.75 \pm 6.54		

método de ^{14}C , 13.05, 13.42 y 29.75 mg C m⁻³ h⁻¹, para el primero, segundo y tercer muestreo, respectivamente.

IV.- DISCUSION

IV.1.- Parámetros físico-químicos.

IV.1.1.- Temperatura.

En general la temperatura del agua fue mayor durante las mareas vivas y menor en las mareas muertas, con tendencias a aumentar en el reflujó de estos eventos, lo anterior puede ser corroborado por las tendencias mostradas en la gráfica (Fig. 2) y por el análisis de componentes principales (ACP) (Tabla XII). Se observó una variación de temperatura de 5 °C entre los muestreos, sin presentarse cambios bruscos en un mismo día. Esto es debido principalmente a que el Estero es somero y se calienta el agua más rápido que el agua de mar adyacente, por lo tanto es más notorio el cambio de temperatura durante el reflujó.

El comportamiento mostrado por la temperatura es muy similar a los descritos por Pritchard *et al.* (1978); Millán-Nuñez *et al.* (1981); Galindo-Bect y Flores-Baez (1982); Muñoz-Anderson y Millán Nuñez (1991).

Acosta-Ruiz y Alvarez-Borrego (1974); Alvarez-Borrego *et al.* (1977); Zertuche-González y Alvarez-Borrego (1978), encontraron que la temperatura en el Estero aumentaba de la boca hacia el interior de este, sin embargo, no observaron valores mayores durante el reflujó de la marea. Ellos lo atribuyeron a que existen diversos factores que pueden causar variaciones irregulares, como calentamiento no uniforme en el interior de estos cuerpos de agua, debido a una batimetría no homogénea con canales y bajos.

IV.1.2.- Salinidad.

La salinidad se comportó de manera similar durante las mareas vivas y muertas, con ligeros cambios hacia arriba durante el reflujó de estas, aunque en todos los muestreos se observó esta tendencia (Fig. 3), en el ACP únicamente se encontró que los dos primeros muestreos (12 de noviembre de 1993 y 3 de febrero de 1994) mostraron cambios por efecto de las mareas (Tabla XII). Lo anterior se debió al calentamiento y evaporación del agua, lo que ocasionó un aumento en la salinidad. Comportamientos similares a la temperatura y salinidad han sido reportados por otros autores (Zertuche-González y Alvarez-Borrego, 1978; Millán-Nuñez *et al.*, 1981; Martínez-Inostros, 1994).

IV.1.3.- Nitratos.

La concentración de nitratos presentó cambios más marcados a lo largo del día, principalmente durante el segundo y cuarto muestreos, observandose claramente las tendencias a aumentar en el reflujó de las mareas (Fig. 5). Considerando que el Estero es un cuerpo de agua que presenta gran cantidad de marismas, es posible entonces que existan altas tasas de oxidación y degradación del material orgánico, así como remineralización de este material. Sin embargo, en el ACP no se observó ninguna relación entre los nitratos y la abundancia bacteriana (Tabla XII).

Los nitratos son incorporados a la columna de agua por diversos procesos tales como: remoción de material de fondo por mareas, por mezcla debido a la velocidad del viento y por difusión a través de un gradiente de concentración, si esto es cierto, entonces

esperaríamos altas concentraciones en el reflujó de la marea. Aún cuando no se encontraron valores muy altos de nitratos, no significa que no haya, sino que posiblemente el fitoplancton y las bacterias consuman este nutriente, además de que puede ser que la remineralización no sea tan alta como se supone. Estos valores se podrían considerar alrededor de 10 veces más bajos de los reportados con anterioridad.

El aumento en la concentración de nitratos durante el reflujó de la marea también ha sido observado por otros investigadores (Abraján-Villaseñor y Alvarez-Borrego, 1987; Morales-Zamorano *et al.*, 1991; Muñoz-Anderson y Millán-Nuñez, 1991; Martínez-Inostros, 1994).

IV.1.4.- Amonio.

El amonio presentó un comportamiento similar al descrito para los nitratos, con cambios bruscos y tendiendo a aumentar en el reflujó de la marea (Fig. 6). Esto se debe principalmente a la remoción de material del fondo por mareas y viento que al ser remineralizados por las bacterias son llevados hacia la columna de agua. Se observó que los nitratos estuvieron presentes en el flujo y reflujó de la marea el segundo muestreo, mientras que el amonio se manifestó por pulsaciones en el reflujó de la marea desapareciendo por completo (no detectado) en el flujo de la misma. En el tercer muestreo los valores no detectados ocurrieron en el flujo y reflujó de la marea para los dos nutrientes, estando presente el amonio en más ocasiones que los nitratos. Durante el cuarto muestreo los nitratos presentaron valores no detectables en las dos fases de la

marea, mientras que el amonio fue más constante al paso de la marea (Tabla V). Probablemente en el reciclamiento de la materia orgánica se produce más amonio que nitratos, y sea por esto que el amonio fue el más abundante aún después de ser la fuente de nitrógeno que utiliza primero el fitoplancton, esto es observado en el tercer muestreo, el cuál presentó la razón de nutrientes amonio/nitratos (μM) más elevada, de tal forma que en este muestreo es donde se observa asociaciones inversas con la marea, lo que significa que los nutrientes son removidos del fondo y llevados hacia la superficie del agua.

IV.1.5.- Oxígeno.

El oxígeno disuelto mostró poca variabilidad durante cada muestreo, permaneciendo casi constante. Sin embargo, presenta ligeras tendencias a aumentar en el reflujó de la marea, sin tener un claro patrón definido (Fig. 7). Por consiguiente, se puede decir que aparentemente el oxígeno no se ve afectado por los efectos de las mareas vivas y muertas. Es posible entonces que la pequeña variabilidad del oxígeno durante el día, este asociada más a fenómenos tales como velocidad del viento imperante en ese momento, a procesos metabólicos de respiración y producción de oxígeno por la comunidad y a procesos químicos, en los cuáles el oxígeno puede ser utilizado para oxidar la materia orgánica y remineralizar las fuentes de nitrógeno en las formas de nitritos y nitratos. Probablemente la subsaturación y el consumo de oxígeno en el primer muestreo estén indicando un sistema heterotrófico en el cuál se están llevando a cabo los procesos antes mencionados, mientras que la sobresaturación de oxígeno registrada en el segundo, tercero y cuarto muestreos

está más asociada a los procesos de producción primaria por parte del fitoplancton. Quizás la supersaturación de oxígeno observada en el último muestreo se debe más bien al efecto causado por el viento que a un sistema autotrófico generado por la fotosíntesis del fitoplancton (Fig. 8). Sin embargo, de acuerdo al ACP no se observó alguna relación entre el oxígeno y las bacterias en los cuatro muestreos, solamente se presentó asociación con la concentración de nitratos en el segundo muestreo (Tabla XII). Este mismo comportamiento ha sido reportado por Zertuche-González y Alvarez-Borrego (1978); Morales-Zamorano *et al.* (1991); Martínez-Inostros (1994).

IV.2.- Parámetros biológicos.

IV.2.1.- Clorofila *a*.

De acuerdo a los resultados presentados (Fig. 9), se puede inferir que la distribución de la comunidad fitoplanctónica fue irregular a manera de parches, lo que ocasionó que se encontraran cambios drásticos en su concentración a través del tiempo, de tal forma que los valores altos de concentración correspondan a la presencia de estos parches. Este comportamiento coincide con los encontrados por otros autores para el mismo cuerpo de agua, pero en ninguno se reportan valores tan altos como los encontrados aquí (Millán-Núñez y Alvarez-Borrego, 1978; Millán-Núñez *et al.*, 1981; Muñoz-Anderson y Millán -Núñez, 1991).

IV.2.3.- Bacterias.

Los valores promedio de la abundancia bacteriana fueron 2.9×10^6 , 2.5×10^6 , 1.8×10^6 y 6.6×10^6 cel ml⁻¹ durante el primero, segundo, tercero y cuarto muestreos respectivamente. El promedio de la abundancia de bacterias fue de 4.7×10^6 cel ml⁻¹ en mareas vivas y 2.1×10^6 cel ml⁻¹ en mareas muertas, siendo mayor la presencia de las bacterias en mareas vivas por un factor de 2 a la de las mareas muertas. Por otro lado se registró que los valores más altos se presentaron durante la marea viva del último muestreo sobre todo en el reflujó de la marea. De esta manera se espera que también la biomasa sea mayor en mareas vivas que en mareas muertas, puesto que la biomasa depende directamente de la abundancia de las bacterias. Estos valores se encuentran por arriba de los reportados por Morales-Zamorano *et al.* (1991), debido principalmente a la forma de preservar la muestra y al colorante usado por estos autores.

Lo anterior quizás se deba a que en las lagunas costeras como el Estero Punta Banda existe aporte de material orgánico e inorgánico a través de escurrimientos de zonas agrícolas aledañas, por marismas o simplemente por descargas antropogénicas, de tal forma que facilite la proliferación de las bacterias. Aunado a esto, es probable que cuando la marea invade la zona de marismas exista aporte de bacterias, de tal suerte que degraden la materia orgánica y remineralicen el material en forma de nutrientes, los cuales junto con las bacterias lleguen hacia la superficie por procesos de remoción y mezcla.

Cho y Azam (1990), encontraron para aguas oligotróficas una relación casi lineal de las bacterias y la concentración de la clorofila α cuando es mayor de 0.5 mg m^{-3} , siguiendo

un patrón similar al reportado por Bird y Kalff (1984). Observaron también una relación exponencial negativa entre la razón COB (biomasa bacteriana)/CF (biomasa fitoplanctónica) contra la concentración de la clorofila a , en la cuál mencionan que el 95 % de los casos el COB excedió al CF cuando la clorofila a mostró una concentración menor a 0.2 mg m^{-3} .

Al analizar la figura 13, observamos que en la relación de la abundancia bacteriana contra la concentración de la clorofila a tiende más bien a ser del tipo exponencial negativo, debido a que la mayoría de los datos estas agrupados en esa forma. Por otro lado observamos que la razón del COB/CF contra el CF, también es exponencial negativo, lo que nos indica que cuando el CF disminuye aumenta exponencialmente el COB y viceversa.

En este estudio se encontró que más del 70 % de los casos se presentaban en valores mayores a $2 \text{ mg Clorofila } a \text{ m}^{-3}$. Esto significa entonces que la biomasa del fitoplancton (CF) es dominante sobre la biomasa bacteriana (COB), contrario a lo descrito por Bird y Kalff (1984); Painchaud y Therriault (1989); Cho y Azam (1990); y para el mismo lugar que este trabajo Morales-Zamorano *et al.* (1991). Sin embargo, de acuerdo a los resultados se muestra que cuando disminuye el suministro de carbón por parte del fitoplancton las bacterias siguen creciendo, lo cuál quiere decir que en cuerpos de agua costeros existen otras fuentes importantes de carbón adicionales al carbón proveniente del fitoplancton tales como plantas vasculares, macroalgas bentónicas, marismas, ríos y el hombre (Painchaud y Therriault, 1989; Morales-Zamorano *et al.*, 1991) que están siendo

aprovechadas por las bacterias. En la figura 15 se muestra claramente que la demanda de carbón orgánico disuelto por parte de las bacterias (suponiendo una eficiencia de conversión de carbón del 30 %) es satisfecha por el proceso de fotosíntesis del fitoplancton, corroborando lo descrito.

La razón de las abundancias de bacterias y fitoplancton oscilaron de $8.53-78.33 \times 10^3$ cel l⁻¹, $2.77-14.66 \times 10^3$ cel l⁻¹, $1.63-12.19 \times 10^3$ cel l⁻¹ y $2.57-4.59 \times 10^3$ cel l⁻¹ durante el primero, segundo, tercero y cuarto muestreos respectivamente (Tabla XV). Esto demuestra claramente la dominancia de la biomasa en carbón del fitoplancton sobre la biomasa bacteriana en los tres últimos muestreos, mientras que en el primero dominaron más las bacterias sobre el fitoplancton, lo cuál puede ser debido a los procesos de remoción por el reflujó de la marea. Las razones en la abundancia de estas dos variables encontradas en este trabajo, son menores en un órden de magnitud a las reportadas por Morales-Zamorano *et al.* (1991), pero ligeramente mayores a las registradas por Azam y Ammerman (1984).

Un decremento lineal en el oxígeno disuelto dentro de las botellas oscuras implica un estado estable de la comunidad, en las cuáles los números y tasas respiratorias de bacterias heterótrofas y fotoautótrofos no cambia (Pomeroy *et al.*, 1994). Sin embargo, estos autores reportaron para aguas tropicales y subtropicales que el patrón de disminución del oxígeno disuelto no siempre ocurre, este comportamiento también fue observado en el Estero Punta Banda (Fig. 14).

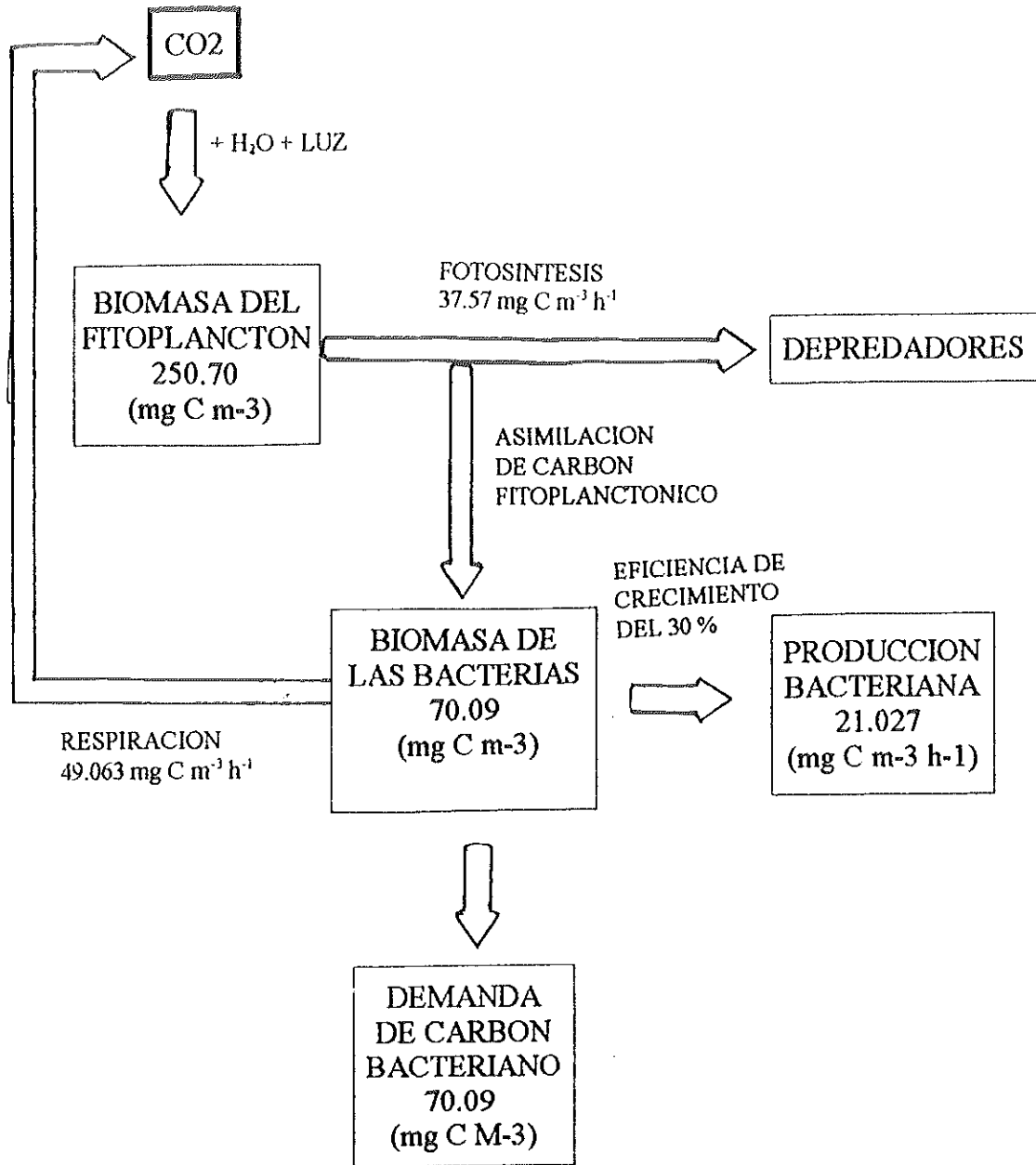


Figura 15.- Esquema teórico del presupuesto de carbón en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC.

Tabla XV.- Razón de la abundancia Bacterias/Fitoplancton durante los cuatro muestreos, en la estación "Campo Tony's" del Estero Punta Banda, BC.

TIEMPO (Horas)	12/11/93 (x 10 ³)	03/02/94 (x 10 ³)	16/02/94 (x 10 ³)	24/05/94 (x 10 ³)
08:00		2.77	3.95	4.53
09:00	8.53	3.78	12.19	3.16
10:00	18.81	3.46	5.06	2.57
11:00	22.49	4.95	3.07	4.36
12:00	38.21	14.66	7.89	3.24
13:00	51.51	6.25	12.16	4.59
14:00	78.33	8.48	1.63	3.30
15:00	24.63	6.68	2.26	3.10
16:00		6.46	2.00	2.74

Se encontró además que la tasa de respiración de las bacterias fue mayor que incluso la de toda la comunidad (Tabla XI). Esto puede ser debido a varios factores: (1) rompimiento de las células por filtración originando adición de sustrato al medio; (2) al filtrar se separaron los depredadores de la muestra disminuyendo la presión de pastoreo sobre las bacterias y (3) ocurrieron cambios en la estructura trófica de las comunidades cuando se separaron a las bacterias de su fuente principal de carbón (fitoplancton).

De acuerdo al comportamiento presentado por algunas variables tales como nitratos, amonio, clorofila α , abundancia del fitoplancton y de bacterias, se observó que cambiaban marcadamente durante el día en períodos muy cortos de tiempo (hasta en lapsos de 30 minutos). Indudablemente que estos cambios afectarán la adecuada estimación de las variables en un cuerpo de agua muy dinámico, ya que al tomar una sola muestra durante el día se incurrirá en serios errores de estimación de las variables a analizar. Por lo tanto es importante considerar en estudios similares al presente, el tomar varias muestras en diferentes períodos de tiempo para que los resultados puedan ser extrapolados a todo el día y evitar al máximo la subestimación o sobrestimación de los datos.

Se observó claramente en las figuras las marcadas tendencias de los nutrientes, clorofila α , abundancia del fitoplancton y de bacterias a aumentar principalmente durante el refluo de las mareas. El ACP mostró que la abundancia bacteriana se asoció sobre todo con las mareas vivas (primero y cuarto muestreos) y con la marea muerta del segundo muestreo. Esto significa que la presencia de las bacterias en la columna de agua se debe a la resuspensión de sedimentos por las mareas, ocasionando el transporte de bacterias

bentónicas hacia la superficie, sin depender aparentemente de la presencia del fitoplancton, lo cual fue encontrado también por Painchaud y Therriault (1989). Sin embargo, en la marea muerta del tercer muestreo no se observó asociación de las bacterias con la marea, solamente con la clorofila *a*. Si consideramos que la clorofila se relaciona directamente con la biomasa fitoplanctónica, esto significa que en este muestreo las bacterias están supeditadas indirectamente por el fitoplancton, lo cual es contrario a lo descrito anteriormente (Tabla XII).

Aunque en las gráficas se observó que la concentración de nutrientes aumentó durante el reflujó de la marea, este comportamiento únicamente se presentó en base al ACP en el tercer muestreo, mientras que en el segundo y cuarto muestreos no se registró ninguna relación con las mareas como se esperaba sucediera.

Con respecto a la concentración de la clorofila *a* y a la abundancia del fitoplancton se observó que en el ACP únicamente se encontró asociación del fitoplancton con el reflujó de la marea muerta del segundo muestreo. No se observaron otras relaciones de estas variables con las demás mareas, lo cual no coincide con lo mostrado en las figuras 9 y 10. Se presentó una relación inversa entre la clorofila y el fitoplancton en el primer muestreo, esto posiblemente se deba a la poca abundancia de fitoplancton que se registró y quizás a que las células fueran fisiológicamente más viejas, de tal forma que tuvieran más feopigmentos que clorofila *a*. Mientras que en el cuarto muestreo se encontró una relación directa entre las dos variables, debido a que durante el mes de mayo se registraron las

abundancias fitoplanctónicas más altas que probablemente contengan altas concentraciones de clorofila y generen las altas productividades encontradas en este mes.

IV.3.- Productividad orgánica primaria.

La comparación del promedio de la productividad primaria por el método de oxígeno con el de ^{14}C muestra claramente que los valores son muy parecidos, de tal forma que los datos de productividad por ^{14}C en incubaciones cortas se asemeja más a la productividad bruta que a la neta (Williams *et al.*, 1983; Grande *et al.*, 1989). Lo anterior es corroborado por el análisis estadístico realizado para comparar los datos de productividad por ambos métodos, el cuál demostró que son similares (Tabla XIV). Esto significa entonces que los datos de productividad primaria estimados por el método de oxígeno son equiparables a los producidos por el método de ^{14}C cuando se realizan períodos de incubación de entre 4 y 8 horas, en cuerpos de agua costeros con características parecidas al Estero Punta Banda. La estimación precisa de los valores de producción por el método de oxígeno, dependen en gran medida de los adecuados cálculos del PQ, de tal forma que se puedan obtener buenas correlaciones al comparar los dos métodos.

Con respecto a la comparación de los dos métodos, Ryther y Vaccaro (1954) encontraron que en experimentos de 6-24 horas de duración las tasas fotosintéticas por los dos métodos proporcionaban valores comparables. Por otro lado se han encontrado comparaciones similares en aguas oceánicas oligotróficas, eutróficas, costeras y de agua

dulce, con buenas correlaciones entre los dos métodos (Williams *et al.*, 1979; Williams *et al.*, 1983; Bender *et al.*, 1987; Grande *et al.*, 1989; Irwin, 1991).

Se debe tomar muy en cuenta para estimar la productividad primaria por el método de asimilación de ^{14}C el considerar la exudación de los productos fotosintéticos, debido a que pueden subestimar la productividad, probablemente los datos de ^{14}C estén subestimados por no tomar en cuenta el carbón orgánico disuelto extracelular, el cuál no se pudo determinar por errores sistemáticos en la técnica utilizada.

Los valores de productividad primaria por el método de ^{14}C coinciden con los reportados por otros autores para el mismo cuerpo de agua (Millán-Núñez *et al.*, 1981; Abraján-Villaseñor y Álvarez-Borrego 1987; Muñoz-Anderson y Millán-Núñez 1991), mientras que los resultados de productividad por el método de oxígeno se encuentran dentro de los registrados por Morales-Zamorano *et al.*, (1991), excepto los datos del último muestreo que fueron mayores por un factor de 2 aproximadamente, esto se debe fundamentalmente a que durante el verano es cuando se ha reportado la mayor producción en el estero, como ocurrió en este trabajo.

Los valores del cociente fotosintético (PQ) fueron 1.62, 1.25 y 0.87 para el primero, segundo y tercer muestreo respectivamente. La adecuada estimación del PQ nos permite tener valores más reales de productividad por el método de oxígeno que puedan ser comparados con los obtenidos por el ^{14}C , de ahí la importancia del PQ.

Los valores del PQ no indican claramente que las poblaciones fitoplanctónicas estén creciendo bajo la influencia específica de los nitratos o del amonio.

V.- CONCLUSIONES

- 1.- Los valores de productividad bruta estimada por el método de evolución de oxígeno en períodos de 4 a 8 horas de incubación son comparables a la productividad primaria por el método de ^{14}C , cuando se considera el efecto del PQ e incubaciones cortas de 1.5 h con ^{14}C .
- 2.- La abundancia del fitoplancton, las bacterias, la clorofila a y los nutrientes, mostraron tendencias a aumentar durante el reflujos de las mareas, variando drásticamente durante el día.
- 3.- La biomasa en carbón del fitoplancton en el Estero de Punta Banda fue mayor a la biomasa de las bacterias producto de las altas concentraciones de clorofila a , de tal forma que el flujo de carbón hacia las bacterias es suficiente para cubrir sus necesidades de crecimiento a partir de la fotosíntesis del fitoplancton.
- 4.- De acuerdo a la razón de nutrientes en la laguna, se observó que la población fitoplanctónica en general es más sostenida por el amonio que está presente en pulsos considerables en cuanto a concentración, existiendo también momentos en que la concentración de nitratos es mayor que la de amonio. Sin embargo, hay episodios donde los dos nutrientes no son detectados lo que implica alto consumo de nutrientes.

VI.-BIBLIOGRAFIA

- Abraján-Villaseñor, I. y S. Alvarez-Borrego, 1987. Relación fotosíntesis-irradiación de fracciones de tamaño del fitoplancton de verano de una laguna costera del noroeste de Baja California. *Ciencias Marinas*. 13(3): 49-62.
- Acosta-Ruíz, M. de J. y S. Alvarez-Borrego, 1974. Distribución superficial de algunos parámetros hidrológicos físicos y químicos en el Estero Punta Banda, B.C., en otoño e invierno. *Ciencias Marinas*. 1(1): 16-45.
- Alvarez-Borrego, S., M. J. Acosta-Ruíz y J. R. Lara-Lara, 1977. Hidrología comparativa de las dos bocas de dos antiestuarios de Baja California. *Ciencias Marinas*. 4(1): 1-12.
- Alvarez-Borrego, S. y S. Nájera de Muñoz, 1979. Series de tiempo de fitoplancton en dos lagunas costeras de Baja California. *Ciencias Marinas*. 6(1 y 2): 75-88.
- Azam, F., T. Fenchel, J. G. Field, J. S. Gray, L. A. Meyer-Reil y F. Thingstad, 1983. The ecological role of water-column microbes in the sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 10: 257-263.
- Azam, F. y J. W. Ammerman, 1984. Cycling of organic matter by bacterioplankton in pelagic marine ecosystems: microenvironmental considerations. In Fasham, M. J. R. (ed). *Flow of energy and materials in marine ecosystems. Theory and Practice*. Plenum Press, New York, p 345-360.
- Bender, M., K. Grande, K. Johnson, J. Marra, P. J. leB. Williams, J. Sieburth, M. Pilson, C. Langdon, G. Hitchcock, J. Orchardo, C. Hunt, P. Donaghay y K. Heinemann, 1987. A comparison of four methods for determining planktonic community production. *Limnol. Oceanogr.* 32(5): 1085-1098.
- Bird, D. F. y F. Kalff, 1984. Empirical relationships between bacterial abundance and chlorophyll concentration in fresh and marine waters. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41: 1015-1023.

- Bryan, J. R., J. P. Riley y P. J. leB. Williams, 1976. A winkler procedure for making precise measurements of oxygen concentration for productivity and related studies. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 21: 191-197.
- Cajal-Medrano, R., E. Mitrani-Abenchuchan y M. Castro-Delgado, 1991. Sistema fotoelectrónico para titulaciones de oxígeno disuelto con alta precisión y su aplicación en Oceanografía Biológica. *Hidrobiológica*. 1(2): 11-20.
- Cajal-Medrano, R., R. Millán-Núñez y E. Santamaría-del-Angel, 1992. Cocientes fotosintéticos en el Golfo de California durante otoño de 1987 en la región central y primavera de 1989 en Puerto Don Juan. *Ciencias Marinas*. 18(3): 1-16.
- Cho, B. C. y F. Azam, 1990. Biogeochemical significance of bacterial biomass in the ocean's euphotic zone. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 63: 253-259.
- Galindo-Bect, S. y B. P. Flores-Baez, 1982. Hidrología comparativa en la boca de dos sistemas antiestuarinos de Baja California durante otoño e invierno. *Ciencias Marinas*. 8(1): 97-108.
- Grande, K. D., P. J. leB. Williams, J. Marra, D. A. Purdie, K. Heinemann, R. W. Eppley y M. L. Bender, 1989. Primary production in the North Pacific gyre: a comparison of rates determined by the ^{14}C , O_2 concentration and ^{18}O methods. *Deep Sea Research*. 36(11): 1621-1634.
- Irwin, B., 1991. Coulometric measurement of primary production, with comparison against dissolved oxygen and ^{14}C methods in a seasonal study. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 71: 97-102.
- Koroleff, F., 1976. Determination of ammonia. In: Grasshoff K., G. Ehrhardt y K. Kremling, 1983. (eds). *Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie, Weinheim. Second edition. p. 419.
- Laws, A. E., 1990. Photosynthetic quotients, new production and net community production in the open ocean. *Deep Sea Research*. 38(1): 143-167.

- Lee, S. H. y J. A. Fuhrman, 1987. Relationships between biovolume and biomass of naturally derived marine bacterioplankton. *Appl. Environ. Microbiol.* 53: 1298-1303.
- Mague, T. H., E. Friberg, D. J. Hughes y I. Morris, 1980. Extracellular release of carbon by marine phytoplankton; a physiological approach. *Limnol. Oceanogr.* 25(2): 262-279.
- Martínez-Inostros, M., 1994. Caracterización de: oxígeno, salinidad, temperatura y nutrientes antes y después de una temporada de lluvia (septiembre de 1992 y marzo de 1993) en el Estero Punta Banda, B.C. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. UABC.
- Millán-Nuñez, R., S. Alvarez-Borrego, 1978a. Ecuaciones espectrofotométricas tricromáticas para la determinación de clorofilas *a*, *b* y *c* y sus feofitinas. *Ciencias Marinas.* 5(1): 47-55.
- _____, 1978b. Series de tiempo de clorofilas *a*, *b* y *c* y sus feofitinas en las bocas de dos lagunas costeras. *Ciencias Marinas.* 5(2): 41-52.
- Millán-Nuñez, E., F. Ortiz-Cortéz, y S. Alvarez-Borrego, 1981. Variabilidad temporal espacial de nutrientes y fitoplancton en una laguna costera, a finales de verano. *Ciencias Marinas.* 7(1): 103-128.
- Morales-Zamorano, L. A., 1989. Papel trófico de microheterótrofos marinos durante un período de marea muerta-viva en el Estero de Punta Banda, B.C., México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas. UABC.
- Morales-Zamorano, L. A., R. Cajal-Medrano, E. Orellana-Cepeda y L. C. Jiménez-Pérez, 1991. Effect of tidal dynamics on a planktonic community in a coastal lagoon of Baja California, México. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 78: 229-239.
- Muñoz-Anderson, M. A. y R. Millán-Nuñez, 1991. Variación anual de la productividad del fitoplancton en el estero Punta Banda, B. C. *Ciencias Marinas.* 17(2): 57-70.

- Newell, R. C., 1984. The biological role of detritus in the marine environment. In: Fasham, M. J. R. (ed). Flow of energy and materials in marine ecosystems. Theory and Practice. Plenum Press, New York, p. 317-343.
- Nixon, S. W. y M. Q. Pilson, 1983. Nitrogen in estuarine and coastal and marine ecosystems. In: Carpenter, E. J. y D. G. Capone (eds). Nitrogen in the marine environment. Academic Press, New York, p. 565-648.
- Odum, E. D., 1972. Ecología. Tercera ed. Interamericana, México.
- Painchaud, J. y J. C. Therriault, 1989. Relationships between bacteria, phytoplankton and particulate organic carbon in the upper St. Lawrence Estuary. Mar. Ecol. Prog. Ser. 56: 301-311.
- Parsons, T. R., Y. Maita, C. M. Lalli, 1985. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press.
- Parsons, T. R., M. Takahashi y B. Hargrave, 1988. Biological oceanographic processes, tercera edición. Pergamon Press.
- Peterson, B. J., 1980. Aquatic primary productivity and the ^{14}C - CO_2 method: A history of the productivity problem. Ann. Rev. Ecol. Syst. 11: 359-385.
- Platt, T., W. G. Harrison, M. R. Lewis, W. K. W. Li, S. Sathyendranath, R. E. Smith, A. F. Vézina, 1989. Biological production of the oceans: The case for a consensus. Mar. Ecol. Prog. Ser. 52: 77-88.
- Pomeroy, L. R., 1974. The ocean's food web, a changing paradigm. Bioscience. 24: 499.
- Pomeroy, L. R., J. E. Sheldon y W. M. Sheldon, Jr., 1994. Changes in bacterial numbers and leucine assimilation during estimations of microbial respiratory rates in seawater by precision winkler method. Appl. Environ. Microbiol. 60(1): 328-332.
- Pritchard, D. W., R. de la Paz-Vela, H. Cabrera-Muro, S. Farreras-Sanz y E. Morales, 1978. Hidrografía física del Estero de Punta Banda. Parte I: Análisis de datos. Ciencias Marinas. 5(2): 1-23.

- Raine, R. C. T., 1983. The effect of nitrogen supply on the photosynthetic quotient of natural phytoplankton assemblages. *Botanica Marina*. XXVI: 417-423.
- Ryther, J. H. y R. F. Vaccaro, 1954. A comparison of the oxygen and ^{14}C methods of measuring marine photosynthesis. *Journ. Cons. Int. Expl. Mer.* 20: 25-37.
- Small, L. F., M. R. Laundry, R. W. Eppley, F. Azam, A. F. Carlucci, 1989. Role of plankton in the carbon and nitrogen budgets of Santa Monica Basin California. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 56: 57-74.
- Turley, C. M. y D. J. Hughes, 1992. Effects of storage on direct estimates of bacterial numbers of preserved seawater samples. *Deep Sea Research*. 39(3/4): 375-394.
- Williams, P. J. LeB., R. C. T. Raine y J. R. Bryan, 1979. Agreement between the ^{14}C and oxygen methods of measuring phytoplankton production: Reassessment of the photosynthetic quotient. *Oceanologica Acta*. 2(4): 411-416.
- Williams, P. J. leB., 1981. Incorporation of microheterotrophic processes into the classical paradigm of the planktonic food web. *Kieler Meeresforsch.* 5: 1-28.
- Williams, P. J. leB., K. R. Heinemann, J. Marra y D. A. Purdie, 1983. Comparison of ^{14}C and O_2 measurements of phytoplankton production in oligotrophic waters. *Nature*. 305: 49-50.
- Williams, P. J. leB. y J. E. Robertson, 1991. Overall planktonic oxygen and carbon dioxide metabolism: the problem of reconciling observations and calculations of photosynthetic quotients. *J. Plankton Res.* 13: 153-169.
- Zertuche-González, J. A. y S. Alvarez-Borrego, 1978. Series de tiempo de variables físicoquímicas en las bocas de dos antiestuarios de Baja California. *Ciencias Marinas*. 5(1):91-103.