

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

"VARIACION ESTACIONAL DE LA PRODUCCION PRIMARIA
CLOROFILA Y SESTON EN BAHIA WILLARD, COSTA
OESTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA".

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
O C E A N O L O G O
PRESENTA
I. MARTHA BERTRIO PARDES

ENSENADA, B.C., NOVIEMBRE DE 1987.


RESUMEN

Las características generales y variación espacio-temporal de la producción primaria, clorofila *a* y feofitina *a*, seston total y orgánico de Bahía Willard, costa oeste del Golfo de California, se establecieron a partir de cuatro variaciones diurnas y experimentos de productividad en dos puntos de la Bahía (boca e interior) en superficie y fondo de mayo de 1985 a febrero de 1986, bajo condiciones de mareas vivas y muertas. La concentración de clorofila y feofitina mostraron un rango estacional de 0.3 mgm^{-3} a 16.78 mgm^{-3} (clorofila) y entre 0 y 3.38 mgm^{-3} (feofitina). La variación espacial y temporal del fotopigmento probablemente estuvo modulada principalmente por la intensidad de energía luminosa, temperatura, concentración de nutrientes y el ciclo de marea. El contenido de feofitina presentó tendencias a una variación diurna y estacional, las cuales es posible fueron regidas primordialmente por el pastoreo y la irradiación solar. La distribución de las concentraciones de seston total y orgánico exhibieron variación temporal; posiblemente determinadas por procesos físicos de transporte, biológicos y descargas de desechos orgánicos. La materia total en suspensión presentó concentraciones de 800 mgm^{-3} a 13800 mgm^{-3} , y la materia orgánica entre 100 mgm^{-3} y 12000 mgm^{-3} . Ambos parámetros mostraron el máximo contenido en verano. La productividad primaria se estimó por el método de oxígeno botellas clara y oscura, presentando variaciones estacionales diferentes en la superficie y el fondo; la máxima productividad superficial se registró en invierno y la mínima en verano. Por el contrario el fondo exhibió la mayor producción de carbono en verano y la menor ocurrió en diferente época en la boca (invierno) e interior (otoño). Es factible que tales variaciones fueron determinadas por la intensidad de luz en interrelación con el contenido de nutrientes y temperatura.

"VARIACION ESTACIONAL DE LA PRODUCCION PRIMARIA, CLOROFILA
Y SESTON EN BAHIA WILLARD, COSTA OESTE DEL
GOLFO DE CALIFORNIA".

T E S I S
QUE PRESENTA:
INES MARTHA MERINO PAREDES

Aprobada por:



Presidente del Jurado
H.C. Gilberto Gaxiola Castro



Sinodal Propietario
Oc. Guadalupe G. de Ballesteros



Sinodal Propietario
Oc. J. Antonio Segovia S.

Fco. Delgado H.

Sinodal Suplente
Oc. Francisco Delgado H.



Sinodal Suplente
Oc. Alejandro Cabello P.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio se realizó gracias a la intervención y colaboración de diversas personas e instituciones, por lo cual quiero manifestar mi agradecimiento a:

Al Instituto de Investigaciones Oceanográficas, en especial al equipo de trabajo del proyecto NECHROS COSTEROSK, por otorgarme la oportunidad de participar en éste.

Al Centro de Investigación Científica y Estudios Superiores de Enseñanza por su valioso apoyo en la elaboración del texto.

A la Cc. Guadalupe García de Ballesteros por las facilidades brindadas en la tramitación de este trabajo.

Al Cc. J. Antonio Segovia Zavala, Cc. Francisco Delgadillo Rinojosa y Cc. Alejandro Cabello Pacini por sus aportaciones al escrito.

Y como los últimos son los primeros, al M.C. Gilberto Gaxiola Castro asesor del presente, por su acertada dirección, apoyo y amistad.

A Guadalupe con gratitud y admiración

A G. ISAMA CON TODO MI AMOR

A mi Pequeña A. MIAORI

A ti te arrullo, Pequeña, donde estes,
donde vayas. Caliente río trémulo, la
ternura moja mi voz que te nombra. Por
ti más lejos que los arboles lejanos,
y las montañas, y las estrellas lejanas,
por ti, más lejos miro, más lejos,

P. Neruda

INDICE

	Página
1 INTRODUCCION	1
1.1.- Antecedentes	3
1.2.- Objetivos	5
2 MATERIALES Y METODOS	6
2.1.- Descripción del área de estudio	6
2.2.- Trabajo de campo	10
2.3.- Trabajo de laboratorio	12
2.4.- Análisis estadístico	14
3 RESULTADOS	17
3.- Clorofila a y reofitina a	17
3.2.- Seston total y seston orgánico	28
3.3.- Producción orgánica primaria	36
4 DISCUSION	41
5 CONCLUSIONES	62
LITERATURA CITADA	64

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
I	Valores de intensidad de luz y coeficiente de atenuación registrados en verano, otoño e invierno en Bahía Willard.	19
II	Producción gruesa, producción neta y respiración estimadas en $\text{mgO m}^{-2} \text{h}^{-1}$ en la boca e interior de Bahía Willard.	37
III	Producción gruesa, producción neta y respiración estimadas en $\text{mgCm}^{-2} \text{h}^{-1}$ en la boca e interior de Bahía Willard.	37
IV	Valores promedio de demanda química de oxígeno (DQO) registrados en Bahía Willard en verano, otoño e invierno.	51

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Localización del área de estudio y estaciones de muestreo.	7
2	Batimetría de la Bahía Willard.	13
3	Estructura usnea en las incubaciones y en situ de las botellas clara y oscura en el experimento de producción primaria.	13
4	Variación del nivel de marea en Bahía Willard en primavera, verano, otoño e invierno.	18
5	Distribución de los valores de clorofila a y icopigmentos en la boca e interior de Bahía Willard en primavera, verano y otoño.	21
6	Distribución en invierno de los valores de clorofila a y icopigmentos en la boca e interior de Bahía Willard.	25
7	Intervalos de confianza de las concentraciones medias de clorofila a en superficie y fondo de la boca e interior de Bahía Willard en primavera, verano e invierno.	27
8	Intervalos de confianza de las concentraciones medias de icopigmento en superficie y fondo de la boca e interior de Bahía Willard en primavera, verano otoño e invierno.	27
9	Distribución en verano de los valores de seston total y orgánico en superficie y fondo de la boca de Bahía Willard.	29
10	Distribución en verano de los valores de seston total y orgánico en superficie y fondo del interior de Bahía Willard.	30
11	Distribución en otoño de los valores de seston total y orgánico en superficie y fondo de la boca e interior de Bahía Willard.	31
12	Distribución en invierno de los valores de seston total y orgánico en superficie y fondo de la boca e interior de Bahía Willard.	33
13	Intervalos de confianza de las concentraciones	35

medias de seston total en superficie y fondo
de la boca e interior de Bahía Willard en
verano, otoño e invierno.

- 14 Intervalos de confianza de las concentraciones 35
medias de seston orgánico en superficie y fondo
fondo de la boca e interior de Bahía Willard en
verano, otoño e invierno.

1 INTRODUCCIÓN.

La producción primaria en el medio acuático es en general "toda la materia orgánica producida por organismos autótrofos fotosintéticos y quimiosintéticos" (Boagis, 1976). En el océano la producción de materia orgánica por el fitoplancton, con el uso de energía química ganada de la conversión de energía luminosa capturada (fotosíntesis), es de suma importancia por depender de ésta la producción de una gran variedad de formas de vida del medio ambiente marino e influenciar de manera significativa en el ciclo biogeoquímico de diversos elementos y compuestos. Es por ello que, prevalece la importancia de estudios tendientes al discernimiento de la producción primaria y demás parámetros fisicoquímicos de un cuerpo de agua.

Las lagunas costeras ofrecen sistemas convenientes para el estudio de productividad primaria por: su tamaño relativamente pequeño, alta producción y heterogeneidad espacial (Subba Rao, 1978). Además, las variaciones espaciales y temporales de la producción del fitoplancton son características, debido a la baja profundidad de la zona eutrófica cuyas condiciones ambientales están fuertemente influenciadas por vientos y mareas (Subba Rao, 1978).

Por otra parte, estos ecosistemas aportan al mar

adyacente materia orgánica y nutrientes que no son consumidos dentro de ellos constituyendo de ésta manera áreas potenciales para la aplicación de técnicas de acuicultura, que pueden ser explotadas racionalmente si se tiene un conocimiento científico de los mecanismos de producción de materia orgánica, de los factores ambientales y de sus variaciones.

El área costera de Baja California cuenta con varias lagunas costeras no contaminadas, con condiciones naturales óptimas y habitadas por una gran diversidad de especies marinas (De Alba, 1979). Además en ésta zona se presentan eventos muy característicos de fertilidad como: surgencias estacionales y mezcla por mareas intensas (Roden, 1958; Roden y Groves, 1959).

Con base en éstas consideraciones, el Instituto de Investigaciones Oceanológicas de Universidad Autónoma de Baja California desarrolla a partir de 1985 un programa de investigación sobre la producción primaria, hidrología y bacteriología de ecosistemas lagunares de costa oeste del Golfo de California. La presente es resultado del mismo y reseña las características estacionales más importantes de producción orgánica primaria en Bahía Willard, Baja California, México.

1.1.- Antecedentes

Lankford (1977) define una laguna costera como una zona de depresión costera abajo del nivel medio de pleamar que tiene una comunicación permanente o erimera con el mar, pero protegida por algún tipo de barrera.

La producción de carbono por el fitoplancton en sistemas lagunares y estuarinos del Golfo de California, a la fecha, ha sido más investigada en el litoral este (Nichols, 1966; Arenas, 1970; Martinez, 1978; Flores-Verdugo et al., 1986 entre otros). Un estudio comparativo de productividad primaria del Golfo y lagunas representativas de sus costas, fue realizado por Gilmartin y Revelante (1978) en verano de 1972. Los autores establecieron y relacionaron las características de producción fitoplanctónica de las lagunas con los índices de flujo y parámetros físicoquímicos; las tasas de productividad primaria se incrementaron hacia la costa, con valores promedio en las lagunas orientales hasta 150 veces mayores que las tasas del Golfo y concentraciones promedio de clorofila a de 40 a 50 veces mayores que las observadas en este. Gilmartin y Revelante (1978) concluyen que la producción primaria, biomasa del fitoplancton y los niveles de nutrientes se relacionaron positivamente a los índices de flujo, sugiriendo alguna forma de reciclaje de nutrientes.

La correlación de los números de asimilación, índices de flujo y características físico-químicas indican la influencia positiva de las lagunas costeras en la producción primaria en la costa este del Golfo.

Para la Bahía Willard, costa oeste del Golfo, no se encontraron estudios reportados sobre productividad primaria. Sin embargo, en el presente trabajo se plantea la siguiente hipótesis: Existen variaciones espacio-temporales en la producción fitoplanctónica, clorofila *a* y fitofitina *a*, seston total y seston orgánico de Bahía Willard, relacionadas con los factores bióticos y abióticos del lugar.

1.2.- Objetivos

Determinar las características generales de producción primaria, clorofila a y ficocitina a, seston total y seston orgánico en dos puntos de Bahía Willard.

Establecer la variación diurna de clorofila a y ficocitina a, seston total y seston orgánico.

Conocer la variación espacial y estacional de la producción primaria, clorofila a y ficocitina a, seston total y seston orgánico.

2.- MATERIALES Y METODOS.

2.1.- Descripción del área de estudio

La Bahía Willard, conocida también como Ensenada de San Francisquito, se encuentra localizada sobre la costa oeste del Golfo de California (Latitud $29^{\circ}48'N$; Longitud $114^{\circ}48'W$) en el estado de Baja California, México (fig. 1). De acuerdo al criterio de clasificación de Lankford (1977), y con base en observaciones de mapas, fotografías aéreas y cartas geológicas, la Bahía puede considerarse del tipo IIB (comunicación con el Oc. Vicente Ferreira*); es decir con barras de arena en el margen de la plataforma continental orientadas en forma triangular, con el ápice hacia donde se retractan las olas y tomando como núcleos promontorios rocosos, reflejo de un intenso acarreo en la zona.

Las condiciones meteorológicas y oceanográficas de la Bahía son poco conocidas. Una característica de la zona es su clima y vegetación desértica, con temperaturas que oscilan entre $5^{\circ}C$ y $43^{\circ}C$ (comunicación personal con el encargado de la estación meteorológica de la SARH) y lluvias escasas en invierno que forman arroyuelos que se pierden entre las mesetas bajas y colinas pequeñas. La Isla San Luis Gonzaga junto con otras montañas ubicadas al oeste de

* CICESE

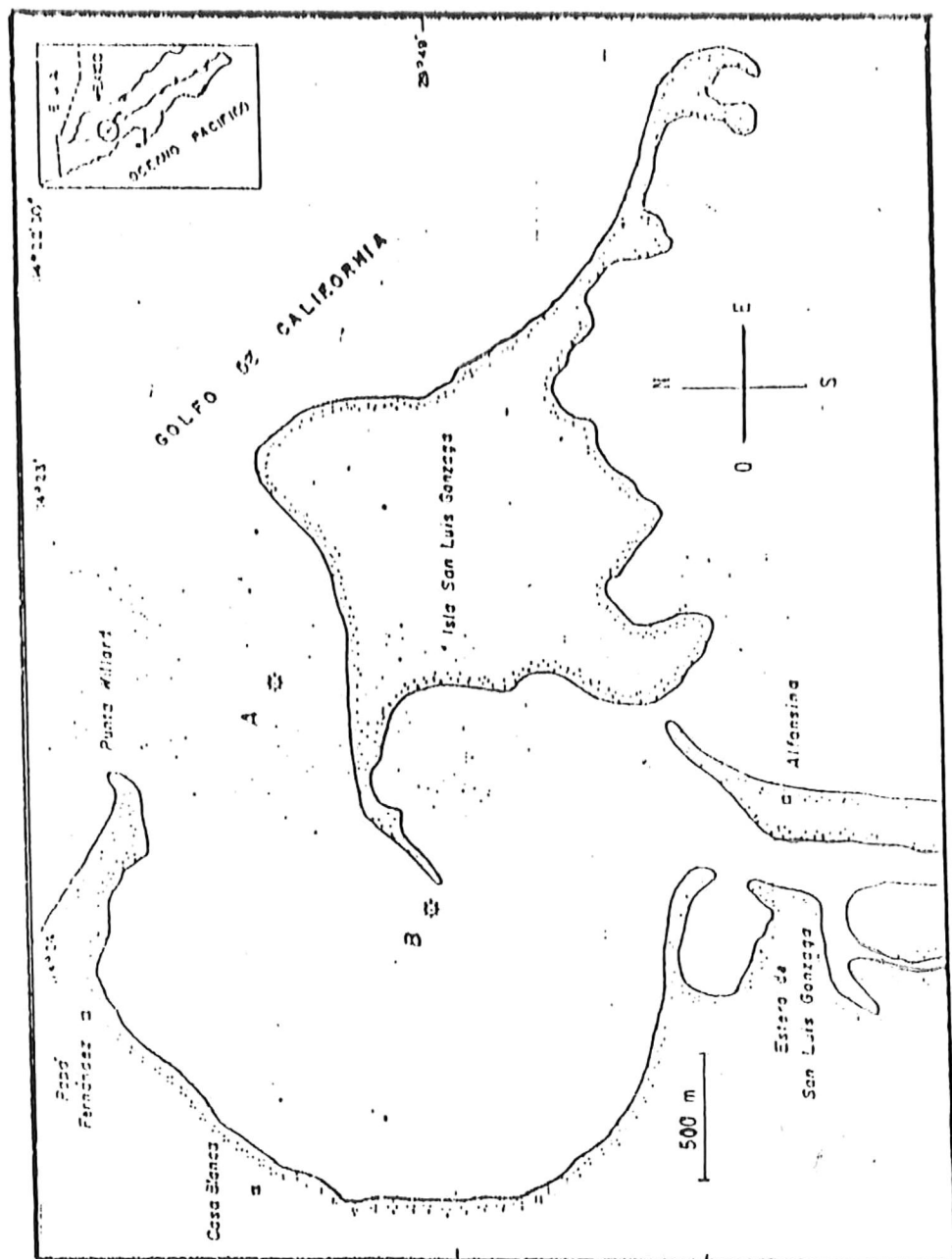


Figura 1.- Localización del área de estudio y estaciones de muestreo.

Bahía Willard, resguardan a ésta contra vientos (en invierno predominan del noroeste decayendo a principios de verano) y tormentas formadas en el Pacífico (Dushane y Sphon, 1968). Al sur de la Bahía, se encuentra el Estero San Luis Gonzaga que en mareas vivas es inundado por las aguas de Bahía Willard.

Con un área de aproximadamente 3 km^2 (Depto. de Geología del Instituto de Investigaciones Oceanológicas), Bahía Willard, se localiza inmediatamente al norte de Bahía San Luis Gonzaga; ambas se hallan separadas por una barra de arena que en bajamar se prolonga hasta Isla San Luis Gonzaga y en pleamar quedan unidas por una columna de agua de 4 m de profundidad. El fondo de Bahía Willard es cienoso-lodoso, a diferencia del piso arenoso de Bahía San Luis Gonzaga, y en marea baja queda expuesta una superficie extensa plana y tangosa. La batimetría de la Bahía (Depto. de Geología del I.I.O.) con referencia al nivel de bajamar interior tomado del calendario de mareas del Instituto de Geofísica de la UNAM para San Felipe, B.C., (Fig. 2) muestra un canal al sur de Punta Willard y hacia el norte de Isla San Luis Gonzaga, por el que navegan al interior de ésta embarcaciones mayores. En la estación de muestreo ubicada en la boca de la Bahía (A), se registró una profundidad de 7 m y de 3 m en la estación del interior (B).

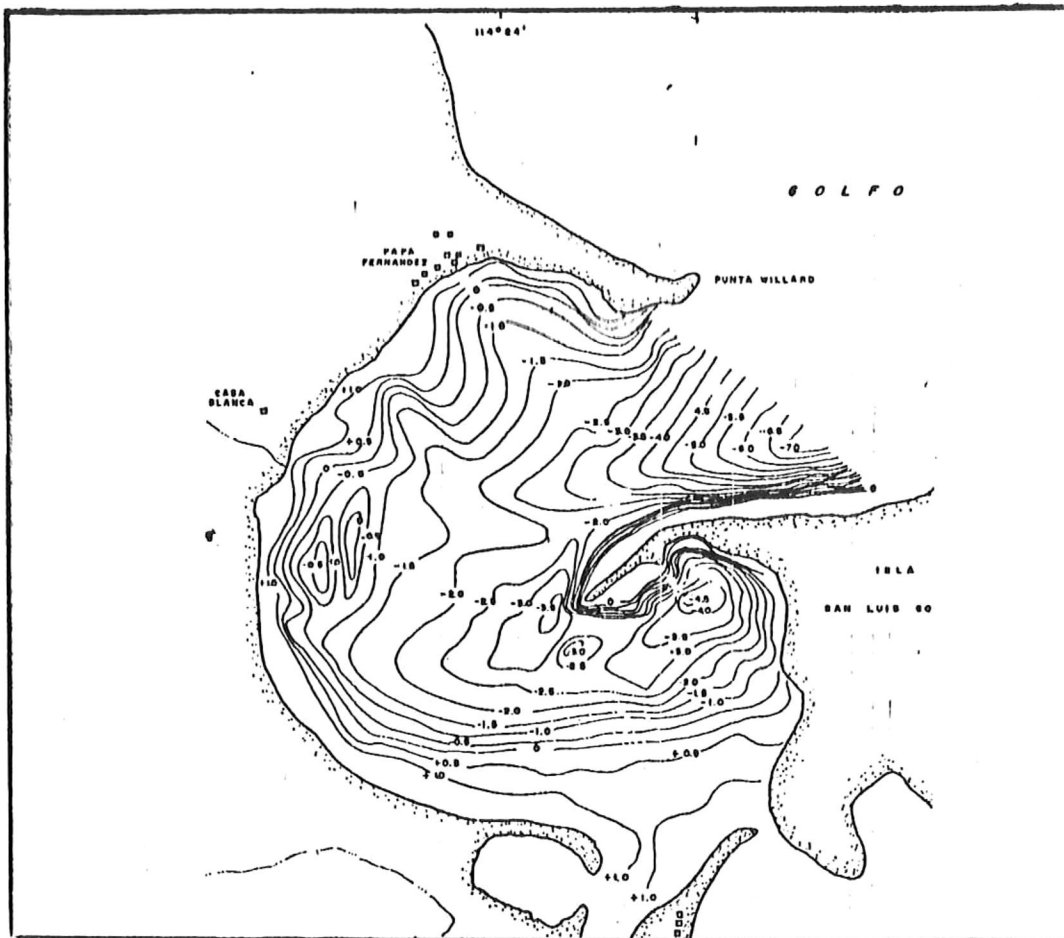


Figura 2.- Batimetria de Bahía Willard, B.C., México (I.I.O.)

2.2.- Trabajo de campo

Los muestreos para las determinaciones de clorofila a y teoritina a, seston total y orgánico, y experimentos de productividad se realizaron en primavera (3 de mayo), verano (24-25 de agosto), otoño (11-12 de noviembre) de 1985 e invierno de 1986 (17-18 de febrero); con el objeto de cubrir un ciclo anual y condiciones representativas de mareas vivas y mareas muertas. En primavera solo se estimó el contenido de clorofila a y teoritina a.

La ubicación y profundidad de las estaciones de muestreo se presenta en las figuras 1 y 2, respectivamente. Los muestreos se efectuaron en el transcurso de una variación diurna, a intervalos de dos horas y con una diferencia entre 10 y 15 minutos entre la toma de muestra de la estación A y B.

En cada estación se recolectó agua de mar superficial y de fondo utilizando botellas Van Dorn; y se trasladaron a tierra submuestras contenidas en botellas de plástico opacas, inmediatamente después de cada muestreo, para iniciar las determinaciones de clorofila a y teoritina, seston total y orgánico. En tierra, de cada submuestra de agua de mar se extrajeron por duplicado alícuotas de 250 ml para el análisis del contenido de clorofila y teoritina a.

Las alicuotas se filtraron a través de filtros GFC de 2.5 cm de diámetro, agregando previamente 0.5 ml de carbonato de magnesio al 1% (Elder, 1979). Las estimaciones del seston total y seston orgánico se hicieron a partir de alicuotas de 300 ml (por duplicado) extraídas de cada submuestra y pasadas a través de filtros Nucleopore de 0.4 micras de tamaño de poro y 47 mm de diámetro (tarados) de acuerdo con la metodología descrita por Bance et al. (1963) y Krey (1950 citado por Lara Lara et al., 1980). Todos los filtros, empacados por separado, se mantuvieron en frío por espacio de 4 a 5 días hasta su traslado al laboratorio del I.I.O., donde se preservaron congelados (-4°C) antes de proseguir con los análisis.

La producción primaria se determinó por el método de oxígeno botellas clara y oscura, siguiendo la metodología propuesta por Strickland y Parsons (1972). En verano los experimentos de productividad se iniciaron a las 7:45 hrs. y 8:30 hrs. respectivamente en la estación B y A; para otoño entre las 9:00 hrs. (B) y 9:40 hrs. (A) y en invierno dieron comienzo en la estación A a las 6:30 hrs. y 7:15 hrs. en la estación B.

De cada estación y nivel de muestreo se llenaron con agua de mar tres botellas DBO claras de 300 ml, que se fijaron para determinar el contenido de oxígeno inicial,

seis botellas claras y seis oscuras. Estas doce botellas se colocaron dentro de una estructura diseñada para la incubación de las muestras en la columna de agua y a las profundidades que correspondían (fig. 3). Los periodos de incubación fueron en promedio de 10.2 hrs. (verano), 8.1 hrs. (otoño) y 9.7 hrs. (invierno). Al término de la incubación, las botellas claras y oscuras se fijaron para proceder en tierra a la determinación del contenido de oxígeno disuelto. Los resultados se expresaron en $\text{mgO}_2\text{m}^{-3}\text{h}^{-1}$ y en $\text{mgCa}^{-3}\text{h}^{-1}$, de acuerdo a las formulas referidas por Strickland y Parsons (1972).

La intensidad luminosa en las profundidades de incubación se registraron, de 4 a 5 veces en el transcurso del experimento, con un fotómetro marca Kalhsico 268WA310 con celdas de cubierta y submarina. El coeficiente de atenuación de la intensidad de luz (k) se calculó con la ecuación:

$$k = 2.3 (\log I_0 - \log I_z) / z$$

donde I_z e I_0 son los valores de intensidad de luz inmediatamente por debajo de la superficie y a la profundidad z respectivamente, expresadas en Watt por metro cuadrado ($\text{Watt} \cdot \text{m}^2$) y z la profundidad en metros.

2.3.- Trabajo de laboratorio

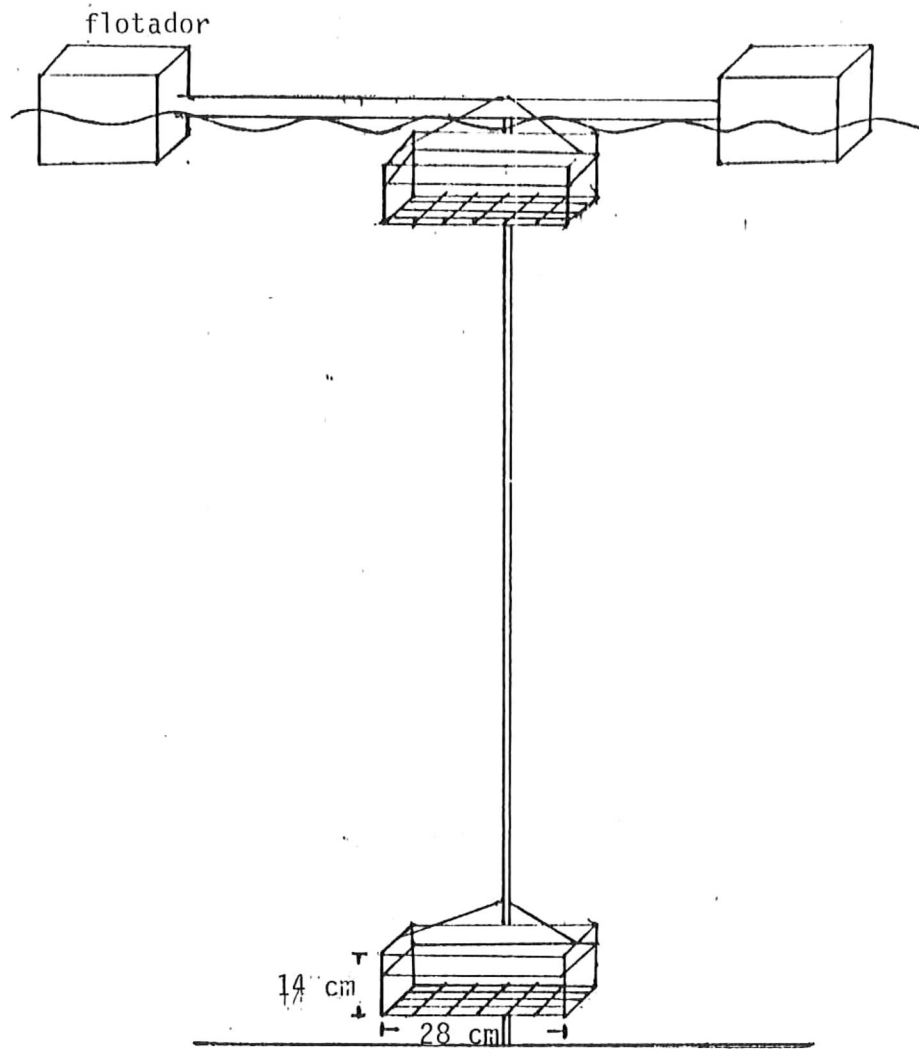


Figura 3.- Estructura usada en las incubaciones "in situ" de las botellas claras y oscuras en el experimento de producción primaria.

La cuantificación del contenido de clorofila *a* y feofitina *a*, se realizó de acuerdo a la técnica fluorométrica descrita por Elder (1979), con un límite de detección de clorofila *a* de aproximadamente 0.01 $\mu\text{g/l}$. Las lecturas de fluorescencia de las muestras de primavera y verano se efectuaron en un fluorómetro marca Turner 111, con precisión de 0.5% y en las muestra de otoño e invierno se usó un Turner 112, con precisión de 0.1%.

El peso seco del seston total y orgánico se estimó según el método gravimétrico descrito por Bance et al. (1963) y Krey (1950 citado por Lara Lara et al., 1980). La fracción orgánica del seston se cuantificó de acuerdo al método de Peterson (1977 citado por Lara Lara et al., 1980). En las mediciones del peso se usó una balanza analítica modelo Mettler AE160 con precisión de 0.1 mg.

2.4.- Análisis estadístico.

En consideración de los objetivos propuestos para cada parámetro, a excepción de la producción primaria, las hipótesis de trabajo son las siguientes: a) Las concentraciones medias entre las profundidades de muestreo (primer factor) son iguales en las diferentes épocas de estudio (segundo factor), para cada estación de muestreo. b) No existen diferencias entre las concentraciones medias

de la estación A y B (primer factor) en las épocas de muestreo (segundo factor) para cada profundidad.

Con el fin de determinar el tipo de estadística que debía aplicarse en la comprobación de estas hipótesis se probó que: la distribución de los datos fuese normal (Prueba de Kolmogorov-Smirnov) y las varianzas homogéneas (Prueba de Bartlett). De acuerdo a los resultados obtenidos en ambas pruebas se resolvió aplicar dos análisis de varianzas no paramétricos de dos vías (Prueba de Wilson) para la comparación de las distribuciones de las variables medias (todas las pruebas se trabajaron a un nivel de significancia de 0.05). Para observar objetivamente el comportamiento de los resultados en cada profundidad, estación y época de estudio se graficaron los intervalos de confianza de las concentraciones medias ($\bar{x} \pm t_{n-1}(s/n)$). Y con base en las apreciaciones de estas gráficas y los resultados de la prueba de Bartlett, en los casos convenientes, se realizaron comparaciones entre dos medias utilizando la prueba t para poblaciones con varianzas diferentes, a un nivel de significancia de 0.05.

La variación por el método, de las concentraciones de oxígeno en las botellas claras y oscuras de cada profundidad, estación y época de muestreo se determinó a partir del coeficiente de variación. De los registros de

irradiancia solo se calculó la intensidad de luz promedio en la superficie y fondo de las estaciones A y B, y el coeficiente de atenuación promedio en cada una de éstas.

3 RESULTADOS

Las alturas de marea para la Bahía Willard, en cada fecha de muestreo, se calcularon a partir de las alturas de marea de San Felipe y Bahía de Los Angeles, B.C., tomadas de los calendarios de marea del C. I. C. E. S. E.; considerando que Bahía Willard se encuentra localizada aproximadamente a la misma distancia de cada una de estas estaciones mareográficas. En la figura 4 se presentan las gráficas de marea obtenidas, observándose mareas vivas en primavera y otoño y muertas en verano e invierno.

Las intensidades de luz máxima, mínima y promedio detectadas en la superficie y fondo de las estaciones de muestreo, se resumen en la tabla I. La más alta irradiancia superficial promedio de ambas estaciones se registró en verano y la más baja en invierno. Para el fondo de A y B, la mínima intensidad de luz promedio se presentó en invierno y la máxima en otoño, aunque observó alta variabilidad. Los valores promedio del coeficiente de atenuación (k), se observan similares en verano y otoño para ambas estaciones de muestreo, y la media del coeficiente de atenuación en A y B para invierno es aproximadamente el doble de las calculadas en verano y otoño.

3.1.- Clorofila a y feoritina a

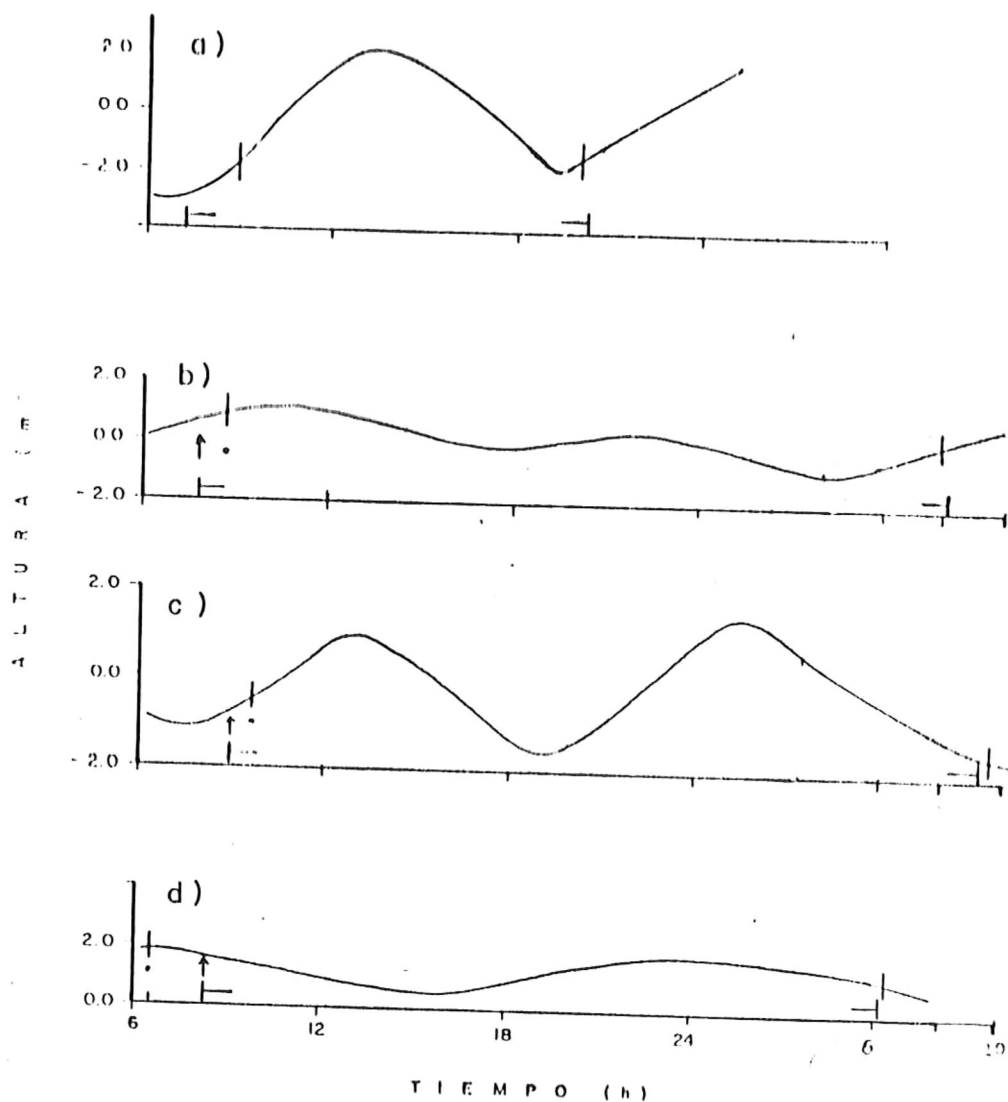


Figura 4.- Variación del nivel de marea en Bahía Willard en primavera, (a), verano (b), otoño (c) e invierno (d). Intervalo de muestreo en la estación A (| |) y B (┌ ┐). Hora de inicio del experimento de productividad en la estación A (•) y en B (↑).

TABLA 1.- Valores de intensidad de luz máxima (superficie I_0 max.; fondo I_z max.), intensidad de luz mínima (superficie I_0 min.; fondo I_z min.), intensidad de luz promedio (superficie I_0 prom.; fondo I_z prom.) y coeficiente de atenuación promedio (K prom.) registrados en verano, otoño e invierno en la Bahía Willara.

ESTACION	W. m	VERANO	OTOÑO	INVIERNO
A				
SUPERFICIE	I_0 max.	172.3	123.3	113.3
	I_0 min.	71.6	83.3	34.8
	I_0 prom.	128.5	98.8	40.0
A				
FONDO (13.8 m)	I_z max.	66.6	80.1	8.2
	I_z min.	41.6	5.0	3.0
	I_z prom.	56.2	43.2	6.1
	K prom.	0.06	0.06	0.14
B				
SUPERFICIE	I_0 max.	173.0	123.3	113.3
	I_0 min.	63.3	83.3	30.0
	I_0 prom.	105.6	91.8	40.0
B				
FONDO (10.8 m)	I_z max.	66.6	86.6	15.9
	I_z min.	38.6	13.3	1.2
	I_z prom.	55.4	52.2	9.3
	K prom.	0.06	0.05	0.13

En primavera las distribuciones del contenido de clorofila *a* en ambas profundidades de la estación A (fig. 5a) y el fondo de B (fig. 5b) exhiben máximos que coinciden aproximadamente con el flujo y reflujo, con un mínimo entre ellos registrado en bajamar. La superficie de B (fig. 5b) aparece con valores superficiales de clorofila muy variables, no observándose relación alguna con el ciclo de marea.

El contenido de reofitina en primavera para ambos puntos y profundidades de muestreo (fig. 5a y 5b), se mantiene bajo, con mayor variación en el fondo y máximos en el periodo de iluminación que coinciden aproximadamente con el flujo y reflujo de marea.

En los intervalos de confianza de las concentraciones medias de clorofila *a* de primavera (fig. 7) se aprecia que la mayor corresponde al fondo de A, traslapándose entre sí los intervalos de las profundidades y estaciones de muestreo. Con respecto a la reofitina *a* (fig. 8), se observa que el fondo de B presenta el mayor promedio, cubriéndose entre sí los diferentes intervalos. La clorofila *a* en esta época muestra un rango de concentración entre 0.64 mgm^{-3} y 2.05 mgm^{-3} , y la reofitina *a* de 0.2 mgm^{-3} a 1.04 mgm^{-3} .

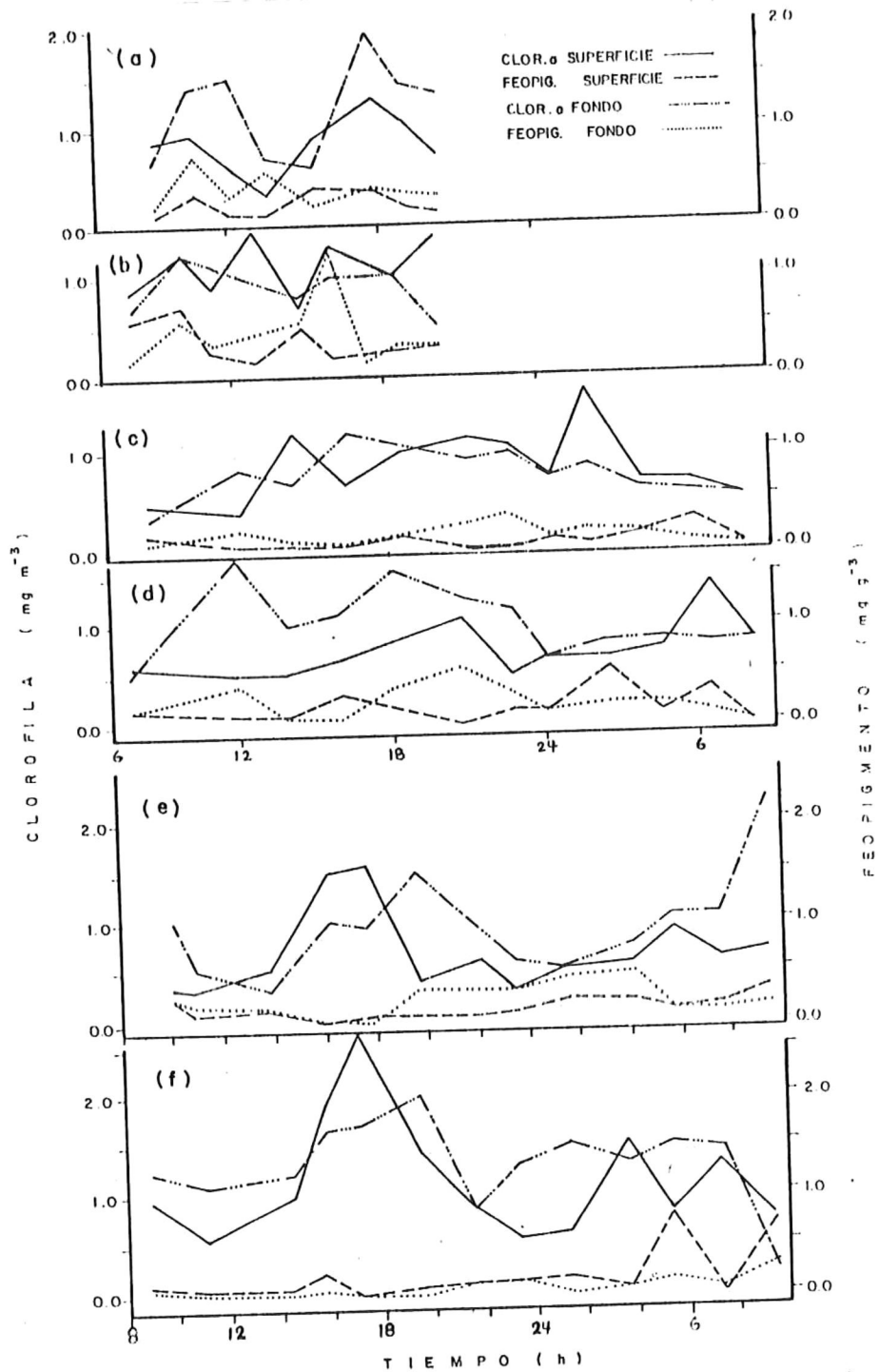


Figura 5.- Distribución de los valores de clorofila a (CLOR. a) y feopigmentos (FEOPIG.) en la boca en: (a) primavera, (c) verano, (e) otoño y en el interior en: (b) primavera, (d) verano, (f) otoño de la Bahía Willard.

En condiciones de verano la concentración superficial de clorofila en la estación A (fig. 5c), es variable y los más bajos valores (a excepción de uno) se presentan en las primeras doce horas del día ; tendiendo a incrementarse durante el periodo diurno, y las más altas concuerdan aproximadamente con el reflujo. En la estación B, las concentraciones superficiales (fig. 5d) describen los máximos que ocurren el inicio y término del periodo de iluminación, coincidiendo con el ascenso de la marea. En el fondo de ambas estaciones (fig. 5c y 5d respectivamente en A y B), la clorofila exhibe menor fluctuación y tiende a incrementarse en el transcurso del periodo diurno y a decrecer en el nocturno.

Las concentraciones de leolitina en la superficie y fondo de la estación A en verano (fig. 5c), se aprecian con valores bajos ($0 - 0.38 \text{ mgm}^{-3}$) y homogéneos. Para ambas profundidades de B (fig. 5d) se observan variables, pero propenden a mantenerse bajas y homogéneas durante la máxima irradiación en la superficie y en las primeras seis horas del día para el fondo.

El rango de concentraciones de clorofila a en verano es entre 0.30 mgm^{-3} y 1.72 mgm^{-3} , y de leolitina a de 0 a 0.55 mgm . Los intervalos de confianza de las concentraciones medias de clorofila a (fig. 7) son muy semejantes y para la

reofitina (fig. 8), presentan inclinación a ser mayores en la estación B, sin dejar de traslaparse entre si todos los intervalos de verano.

Durante el muestreo de otoño, las concentraciones superficiales de clorofila en A (fig. 5e) y B (fig. 5f) describen máximos registrados aproximadamente durante el reflujo y mínimos en el flujo de marea. El contenido de clorofila en el fondo de ambos puntos de muestreo (fig. 5e y 5f respectivamente A y B), tiende a incrementarse concordando aproximadamente con el descenso de la marea, y los menores valores en A se ajustan con el fin del flujo.

La reofitina superficial de la estación A (fig. 5e) y en ambas profundidades de B en otoño (fig. 5f), se aprecia con bajas concentraciones y poca fluctuación. En el fondo de A (fig. 5e) el contenido propende a aumentar en el periodo sin luz.

Los valores promedio de clorofila presentan intervalos de confianza (fig. 7) que se inclinan a ser mayores en la estación B, de manera que el intervalo del fondo no se traslapa con el obtenido en la superficie de A. Para las concentraciones medias de reofitina, se observan intervalos de confianza semejantes. En otoño la clorofila a exhiben un rango de 0.22 mgm^{-3} a 2.01 mgm^{-3} , y de reofitina a entre 0 y

0.45 mgm^{-3} .

En invierno la superficie de la estación A presenta concentraciones de clorofila (fig. 6a) muy homogéneas. Para el fondo (fig. 6a) los valores describen un máximo durante el periodo diurno, concordando con la bajamar. Las valores superficiales de clorofila de la estación B (fig. 6b) muestran alta fluctuación durante la variación diurna, de manera que no se aprecia relación alguna con la marea semidiurna y el rango de las concentraciones es semejante al de A. El contenido de clorofila en el fondo (fig. 6b), se incrementa de manera notoria con valores que van de 1.9 mgm^{-3} a 16.78 mgm^{-3} y las más altas concentraciones se registran al mediodía.

El contenido de feofitina en ambas profundidades de la estación A (fig. 6a) y superficie de B en invierno (fig. 6b), se mantiene con bajas concentraciones (0 - 0.93 mgm^{-3}) y poca variación. Para el fondo de B los valores (fig. 6b) se incrementan y muestran alta variabilidad, con un rango de 0 a 3.38 mgm^{-3} .

Los intervalos de confianza de las concentraciones medias de clorofila en la estación A y superficie de B (fig. 7), se aprecian traslapados a diferencia del fondo de B que es mayor y no se acopla con éstos. Así también, los

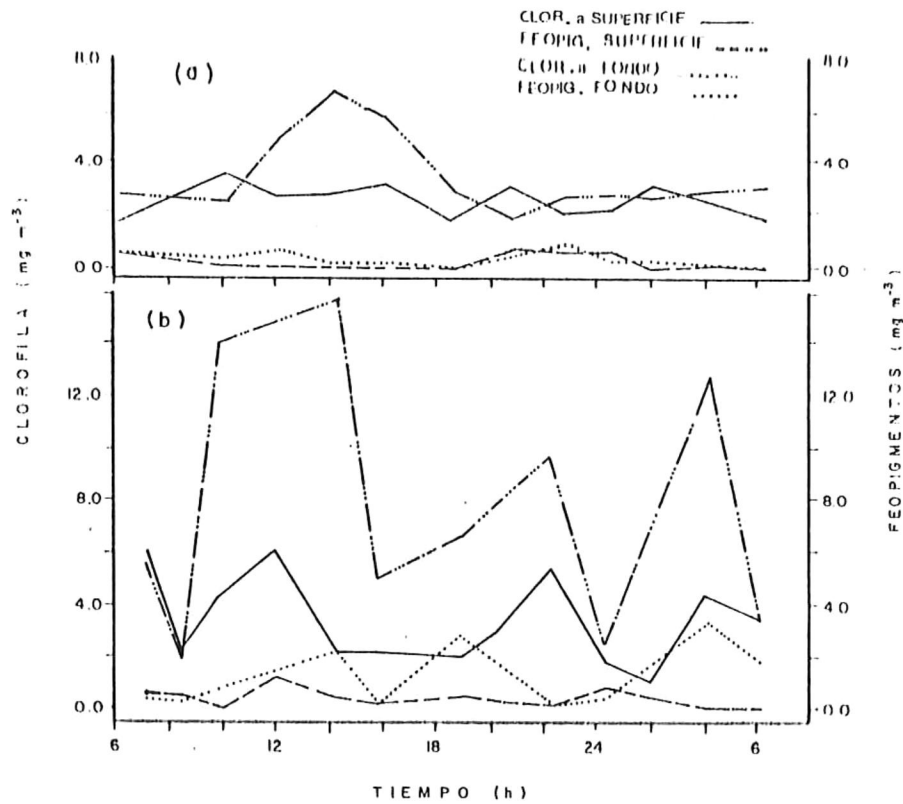


Figura 6.- Distribución en invierno de los valores de clorofila a (CLOROF. a) y feopigmentos (FEOPIG.) en la boca (a) e interior (b) de la Bahía Willard.

contenidos promedio de leoritina muestran intervalos de confianza similares en la estación A y superficie de B, y el fondo de ésta última presenta un intervalo muy amplio de manera que cubre a los demás.

Según el análisis estadístico practicado: para cada estación de muestreo las concentraciones medias de clorofila a son diferentes en superficie y fondo. En las dos profundidades, las estaciones presentaron contenidos promedio diferentes. La estación A y B (en ambas profundidades) mostraron concentraciones medias diferentes en las épocas. En la gráfica de intervalos de confianza (fig. 7) la estación A y B en otoño exhiben traslape en los intervalos de superficie y fondo. En verano e invierno el intervalo del fondo de B es mayor al superficial, sin cubrirse entre si. Observandose tendencias en general a un máximo en invierno y un mínimo en verano. La prueba t mostró que: en primavera y otoño las concentraciones medias de clorofila a son iguales en superficie y fondo. El fondo de B presenta mayor contenido que la superficie, tanto en verano como en invierno. De acuerdo a la prueba de Wilson, las concentraciones medias de leoritina fueron iguales entre las profundidades, estaciones y épocas de muestreo. Pero los intervalos de confianza de la superficie y fondo de A en primavera (fig. 8) no se traslapan con los obtenidos para la estación en verano, y se aprecia una inclinación a

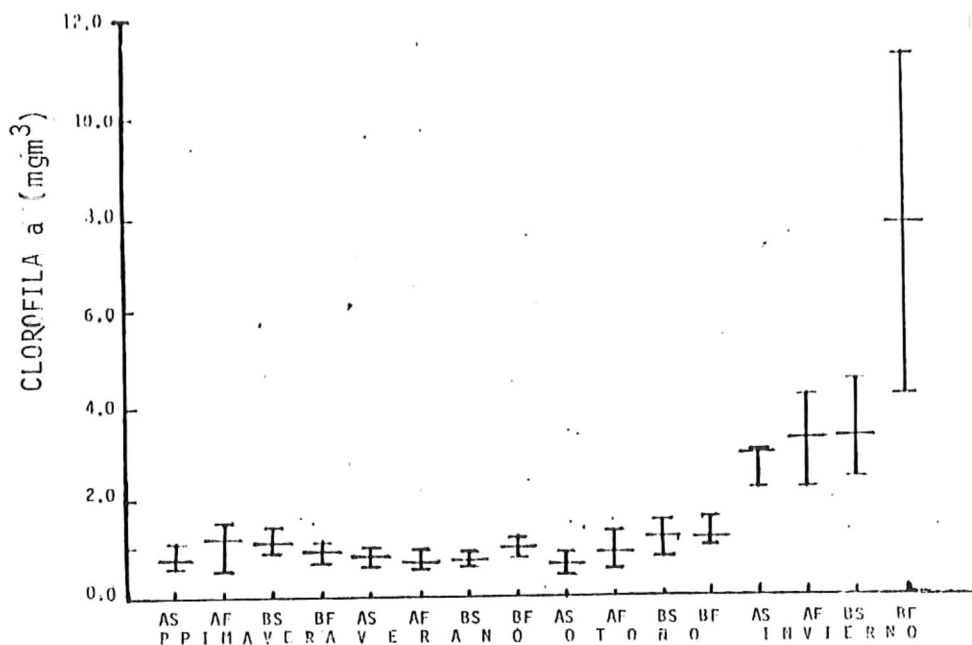


Figura 7.- Intervalos de confianza de las concentraciones medias de clorofila a en: superficie (S) y fondo (F) de la boca (A) e interior (B) de Bahía Willard en primavera, verano, otoño e invierno.

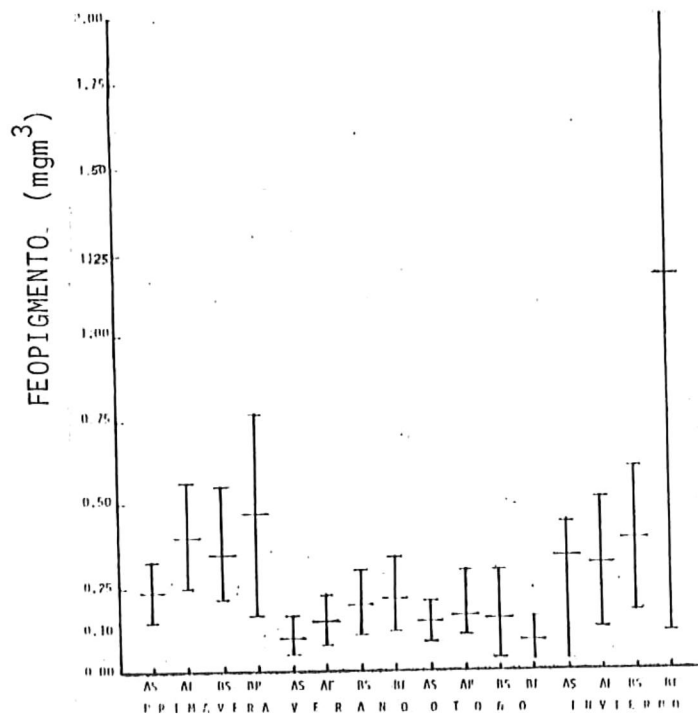


Figura 8.- Intervalos de confianza de las concentraciones medias de feopigmento en: superficie (S) y fondo (F) de la boca (A) e interior (B) de Bahía Willard en primavera, verano, otoño e invierno.

mayores intervalos en primavera e invierno. Mediante la comparación de medias se comprobó que en primavera las profundidades de muestreo en A exhiben mayor concentración de leoritina a que en verano.

3.2.- Seston total y orgánico

En condiciones de verano el contenido de seston total y orgánico en la superficie (fig. 9a) y fondo de la estación A (fig. 9b) y B (fig. 10a y 10b respectivamente en superficie y fondo) muestran amplia variación; los valores se distribuyen en forma de picos y los más altos se presentan durante el periodo diurno.

Las concentraciones medias de seston total y seston orgánico en verano, presentan intervalos de confianza (fig. 13 y 14 respectivamente) amplios y acoplados entre sí. La materia en suspensión exhibe un rango de 1200 mgm^{-3} a 13800 mgm^{-3} y la materia orgánica particulada entre 700 mgm^{-3} y 12000 mgm^{-3} .

En otoño los valores superficiales de seston total en la estación A (fig. 11a) forman máximos que concuerdan aproximadamente con el reflujo. En el fondo (fig. 11b), las concentraciones se comportan con alta variabilidad en el transcurso de la marea semidiurna. La superficie y fondo de

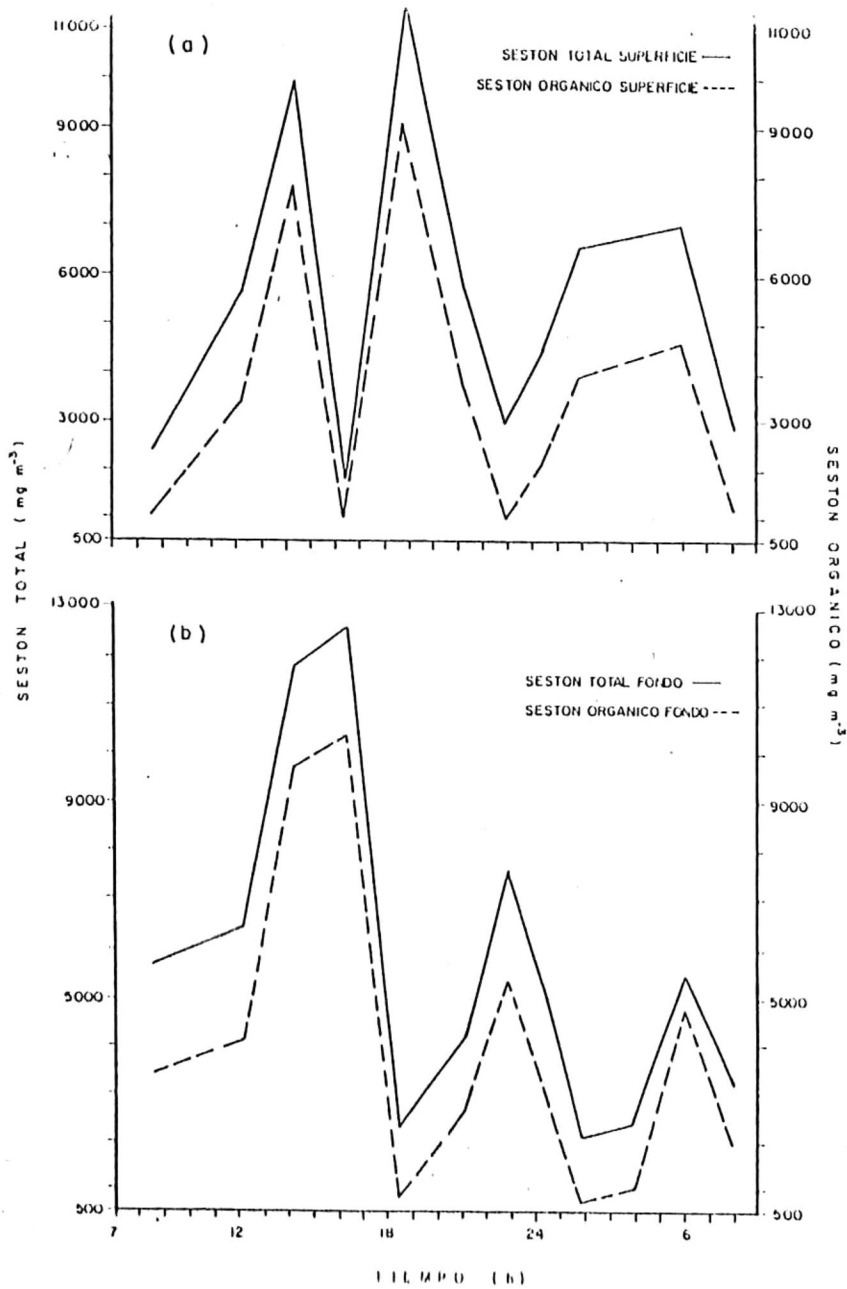


Figura 9.- Distribución en verano de los valores de seston total y seston orgánico en la superficie (a) y el fondo (b) de la boca de la Bahía Willard.

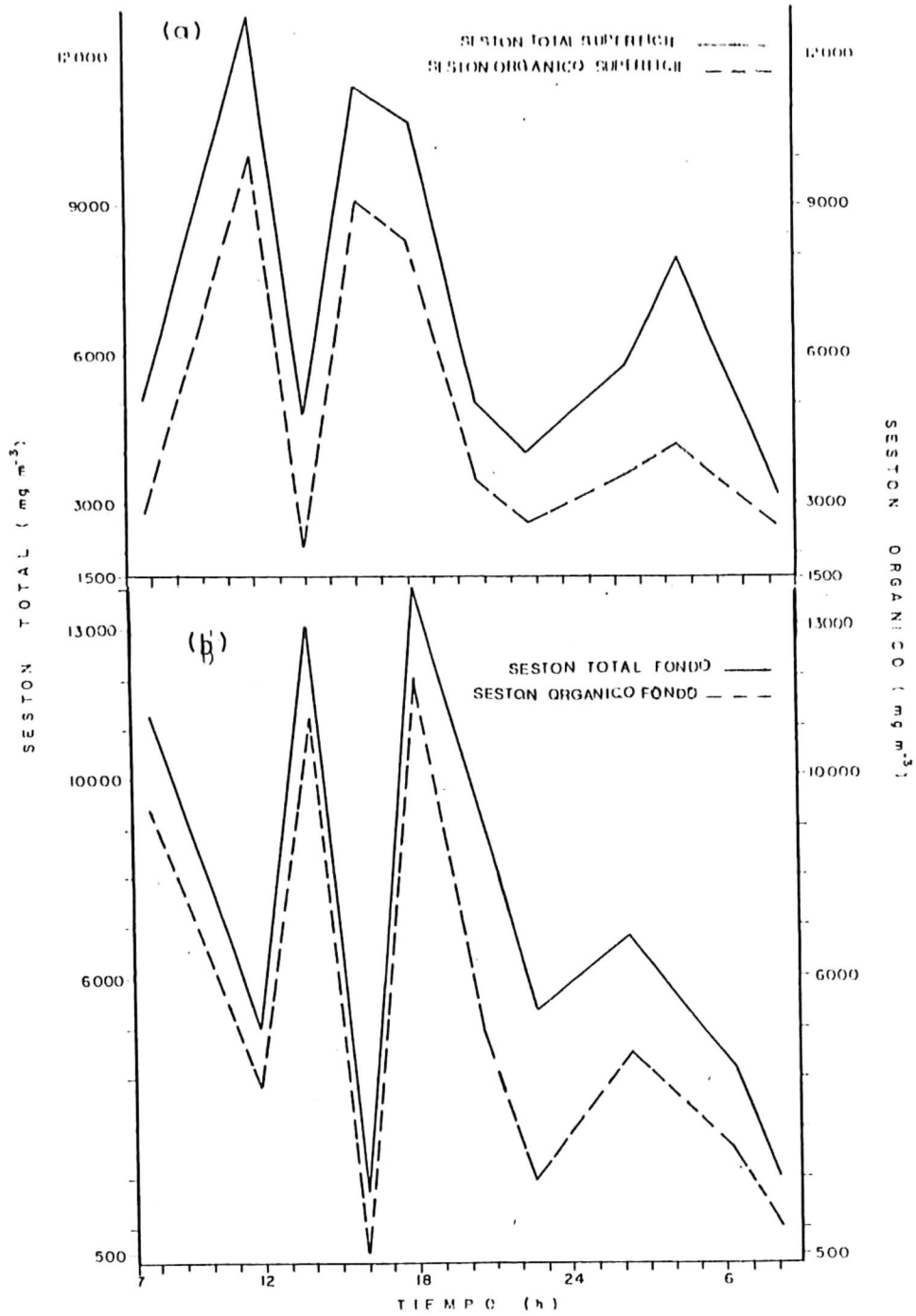


Figura 10.- Distribución en verano de los valores de seston total y orgánico en la superficie (a) y el fondo (b) del interior de la Bahía Willard.

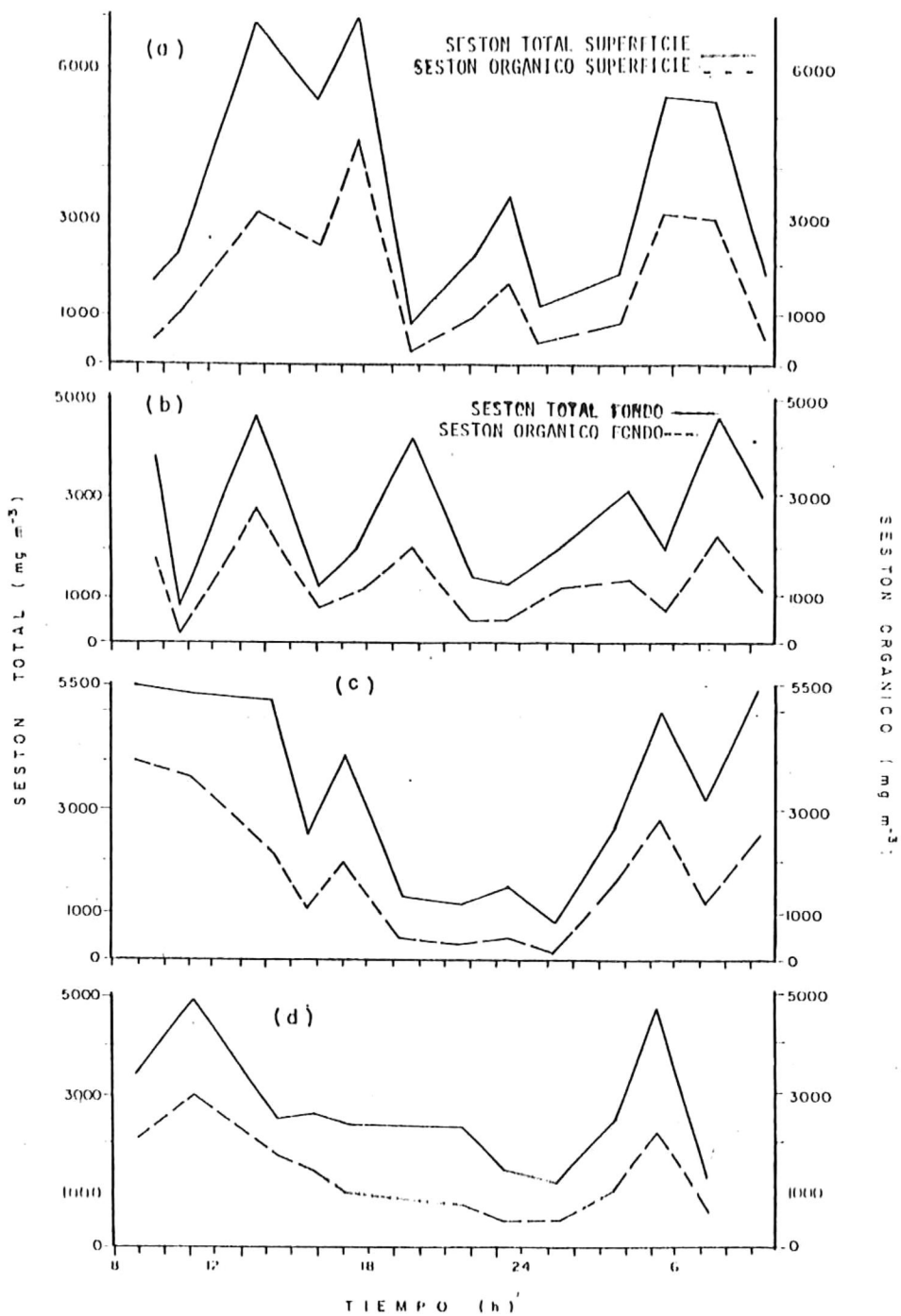


Figura 11.-Distribución en otoño de los valores de seston total y seston orgánico en: (a) superficie, (b) fondo de la boca y en (c) superficie, (d) fondo del interior de la Bahía Willard.

B (fig. 11c y 11d), muestran las más altas concentraciones de seston total durante las primeras horas del día y la mayor parte del periodo diurno, coincidiendo con el flujo y reflujo de marea.

El contenido de materia orgánica particulada en la superficie de la estación A en otoño (fig. 11a) y en ambas profundidades de B (fig. 11c y 11d) es muy heterogeneo en el curso de la variación diurna y los mayores valores se registraron aproximadamente en el reflujo y flujo. Para el fondo de la estación A (fig. 11b) la variabilidad de las concentraciones se incrementa y no se aprecia un comportamiento en relación con el ciclo semidiurno de marea.

Los intervalos de confianza de las concentraciones de seston total (fig. 13) y orgánico (fig. 14), en las profundidades y estaciones de muestreo presentan traslapación. El material en suspensión en otoño tiene un rango de 800 mgm^{-3} a 7000 mgm^{-3} , y la materia orgánica particulada entre 100 mgm^{-3} y 4500 mgm^{-3} .

La materia total en suspensión y tracción orgánica en invierno en superficie y fondo de la estación A (fig. 12a y 12b en ese orden), registran las más altas concentraciones y variabilidad en el periodo diurno, tendiendo a mantenerse menos heterogeneas en el transcurso del nocturno.

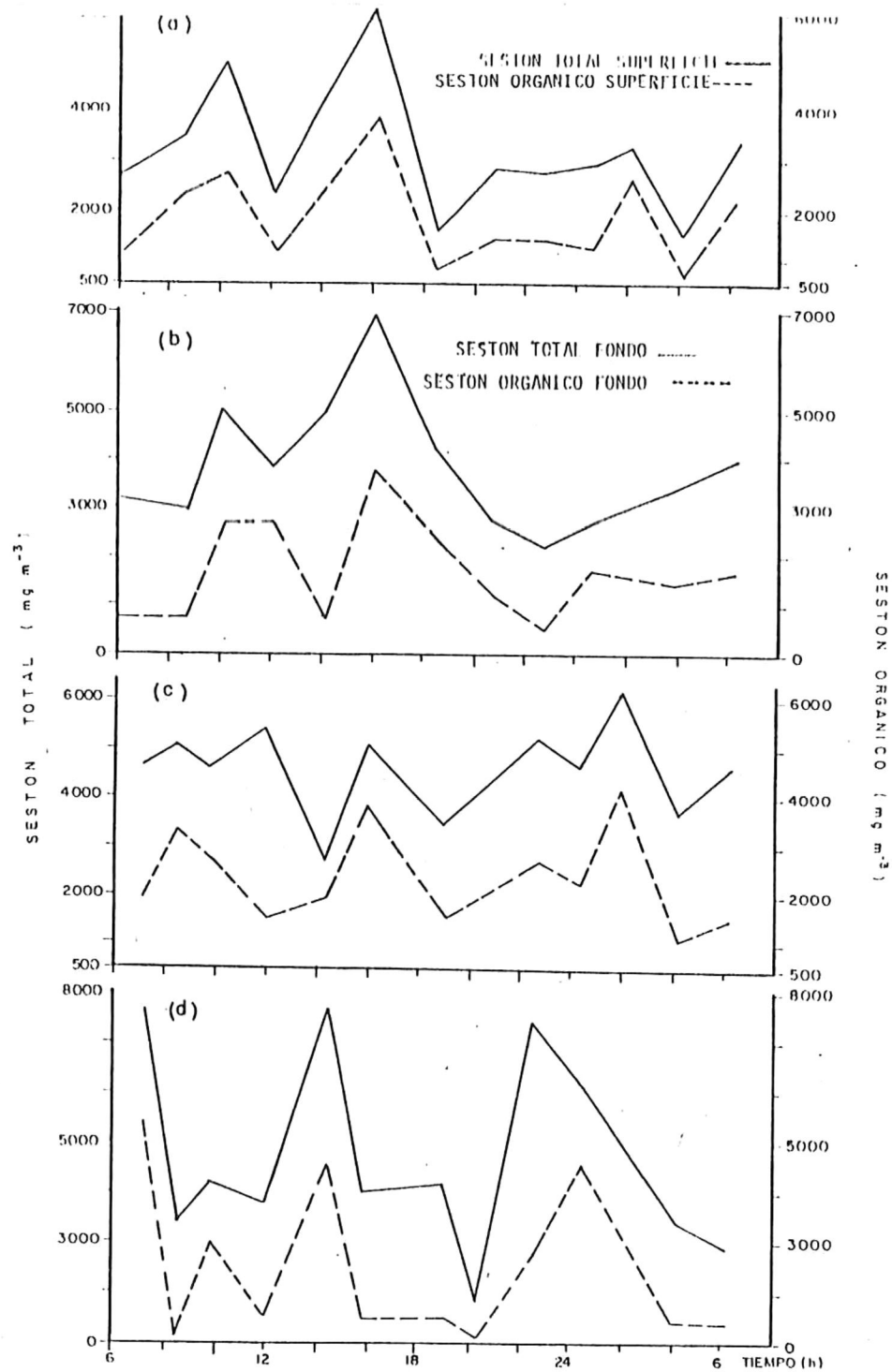


Figura 12.-Distribución en invierno de los valores de seston total y seston orgánico en: (a) superficie, (b) fondo de la boca y en (c) superficie, (d) fondo del interior de la Bahía Willard.

En la estación B el seston total y orgánico en ambas profundidades (fig. 12c y 12a respectivamente superficie y fondo), muestran alta variación y máximos durante todo el ciclo semidiurno de marea.

En invierno los intervalos de confianza de las concentraciones medias de seston total (fig. 13) y seston orgánico (fig. 14) se observan menores en el fondo de ambas estaciones de muestreo, pero sin dejar de traslaparse con los intervalos superficiales. El rango de concentración de seston total en esta época va de 1500 mgm^{-3} a 7700 mgm^{-3} y el del seston orgánico entre 500 mgm^{-3} y 5400 mgm^{-3} .

Los resultados del análisis de varianza indicaron que: las profundidades y estaciones de muestreo presentan concentraciones medias de seston total iguales. La superficie y el fondo de ambas estaciones no exhiben valores promedio diferentes en las épocas de estudio. En la gráfica de intervalos de confianza (fig. 13), se aprecia que los correspondientes al fondo de A en verano y otoño no se cubren entre sí, y los intervalos de B (superficie y fondo) en verano tampoco se traslapan con los obtenidos en otoño e invierno. Observándose la tendencia a un máximo en verano y un mínimo en otoño. La prueba t mostró que la superficie de B y el fondo de A y B presentan mayores concentraciones medias de seston total en verano que las estimadas en otoño

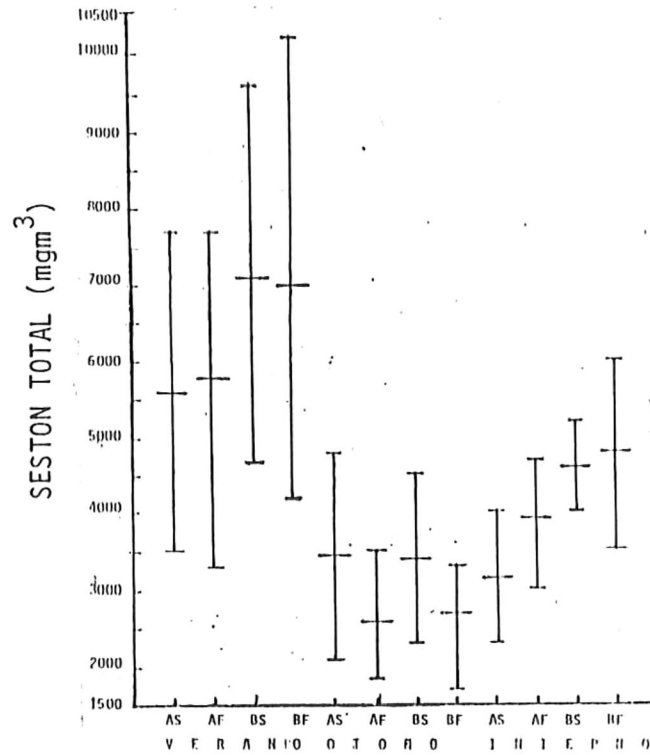


Figura 13.- Intervalos de confianza de las concentraciones medias de seston total en: superficie (S) y fondo (F) de la boca (a) e interior de Bahía Willard en verano, otoño e invierno.

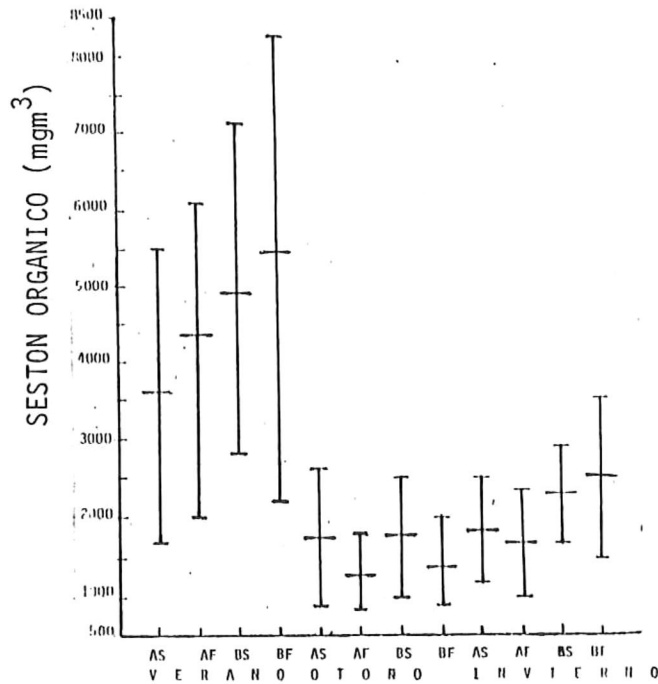


Figura 14.- Intervalos de confianza de las concentraciones medias de seston orgánico en: superficie (S) y fondo (F) de la boca (A) e interior de Bahía Willard en verano, otoño e invierno.

e invierno para esas estaciones.

Las concentraciones medias de seston orgánico no exhibieron evidencias de ser diferentes entre las profundidades, estaciones y épocas de muestreo. El intervalo de confianza de la concentración media del fondo de A en verano (fig. 14) no exhibe traslape con el estimado en otoño. Así también, los correspondientes al fondo y superficie de B en verano no se cubren con los calculados para otoño. Según la prueba t las concentraciones medias de seston orgánico de la estación B (en las dos profundidades) y el fondo de A en verano son mayores que las registradas en otoño.

3.3.- Producción orgánica primaria

La tabla II resume los valores de producción gruesa, producción neta y respiración en la superficie y fondo de las estaciones de muestreo expresadas en $\text{mgO}_2 \text{m}^{-3} \text{h}^{-1}$. Para fines de comparación los resultados se transformaron a $\text{mgCm}^{-3} \text{h}^{-1}$ (tabla III).

En verano la superficie de la estación A y B presentaron mayor consumo de carbono por procesos de respiración que producción gruesa, de manera que la producción neta es negativa. Para el fondo de ambos puntos

TABLA II.- Producción gruesa (Pg), producción neta (Pn) y respiración (R) en la boca (A) e interior (B) de la Bahía Willara, expresadas en $\text{mgO}_2 \text{m}^{-3} \text{h}^{-1}$.

ESTACION		VERANO	OTOÑO	INVIERNO
A		$(\text{mgO}_2 \text{m}^{-3} \text{h}^{-1})$	$(\text{mgO}_2 \text{m}^{-3} \text{h}^{-1})$	$(\text{mgO}_2 \text{m}^{-3} \text{h}^{-1})$
SUPERFICIE	Pg	63.8	102.3	119.2
	Pn	----	21.1	69.5
	R	98.9	81.1	49.6
A FONDO				
	Pg	138.2	119.2	59.6
	Pn	38.9	23.8	39.7
	R	99.3	95.3	19.6
B				
SUPERFICIE	Pg	40.6	66.8	158.9
	Pn	----	49.8	99.3
	R	76.8	16.9	59.6
B FONDO				
	Pg	129.6	50.5	89.4
	Pn	25.9	20.1	29.8
	R	103.6	30.3	59.6

TABLA III.- Producción gruesa (Pg), producción neta (Pn) y respiración (R) en la boca (A) e interior (B) de la Bahía Willara, expresadas en $\text{mgChl}^{-3} \text{h}^{-1}$.

ESTACION		VERANO	OTOÑO	INVIERNO
A		$(\text{mgChl}^{-3} \text{h}^{-1})$	$(\text{mgChl}^{-3} \text{h}^{-1})$	$(\text{mgChl}^{-3} \text{h}^{-1})$
SUPERFICIE	Pg	23.8	38.3	44.7
	Pn	----	7.2	26.0
	R	36.8	30.4	18.6
A FONDO				
	Pg	48.6	44.7	22.4
	Pn	9.7	6.9	14.9
	R	38.9	35.7	7.4
B				
SUPERFICIE	Pg	15.2	25.0	59.6
	Pn	----	18.7	37.2
	R	28.8	6.4	22.4
B FONDO				
	Pg	51.8	18.9	33.5
	Pn	14.6	7.5	11.2
	R	37.2	11.4	22.4

la producción gruesa se incrementó considerablemente, aunque el consumo de carbono por respiración también aumentó y la producción neta es baja. Las concentraciones de oxígeno cuantificadas en las botellas claras incubadas presentaron un menor porcentaje de variación en la superficie de A (1 %) y el mayor en la superficie de B (5.1%). El consumo de oxígeno en las botellas oscuras fue más variable en la superficie de la estación A (4.4%) y menos en el fondo de B (2.4%). El contenido inicial de oxígeno presentó un coeficiente de variación mayor en el fondo de la estación A (2.1%).

La producción gruesa y respiración en ambas profundidades de la estación A en otoño son mayores que en B, y la producción neta superficial es menor. En concatenación con verano: la producción gruesa y neta superficial en A se incrementaron y para el fondo son muy semejantes a las estimadas en dicha época. La producción gruesa superficial en B aumentó y la respiración fue mucho menor de manera que la producción neta es mayor. En el fondo la producción gruesa y respiración disminuyeron notoriamente y la producción neta decreció. El coeficiente de variación en las concentraciones de oxígeno de las botellas claras es máximo en la superficie de la estación B (5.9%) y mínimo en la superficie de A (2.6%). El contenido de oxígeno en las botellas oscuras mostraron mayor

porcentaje de variación en el fondo de A (7%) y el menor en la superficie de ésta (1.5%). El oxígeno inicial presentó más alta variación en la superficie de A (2.8%) y la más baja en la superficie de B (1%).

La estación A en invierno exhibió en la superficie una producción gruesa y neta menores que las obtenidas en B, y en ambas son las máximas con respecto a épocas anteriores. En el fondo también la producción gruesa de A es menor que para B, pero la neta es mayor. El consumo de carbono por respiración en A, en ambas profundidades, es menor que en B.

La producción gruesa, neta y respiración en los puntos de muestreo presentaron comportamientos estacionales diferentes en superficie y fondo: la máxima producción gruesa y neta superficial se registraron en invierno y la mínima en verano, por el contrario la mayor respiración se estimó en verano y la menor en invierno. En el fondo la más alta producción gruesa ocurrió en invierno y la más baja en A durante invierno, mientras que para B en otoño. La máxima respiración correspondió a verano y la mínima a diferente época en A (invierno) y B (otoño).

La variación relativa en las concentraciones de oxígeno en las botellas claras incubadas es más alta en la superficie de la estación B y el fondo de A (11.3% y 11.2%

respectivamente), y la más baja corresponde al fondo de B (7.8%). Con respecto al coeficiente de variación de las botellas oscuras, el máximo se registró en el fondo de A (13.2%) y el mínimo en el fondo de B (4.7%). El contenido inicial de oxígeno presentó mayor coeficiente de variación en el fondo de la estación A (6.6%) y el menor se observó en la superficie de ésta (4%).

4 DISCUSION

La Bahía Willard en primarea y mareas vivas presentó en la superficie de la boca y fondo de ambas estaciones de muestreo concentraciones mayores de clorofila a en flujo y reflujo, registradas solo para el fondo del interior en el periodo de iluminación. Es posible que las corrientes de marea en esta época modularan la variación diurna del pigmento, al provocar la resuspensión del fitoplancton asentado sobre el fondo. Riaux y Douville (1980) reportaron que existe una correlación del flujo y reflujo de marea con los más altos contenidos de materia en suspensión.

En otoño las concentraciones del fitopigmento más bajas, en superficie y fondo, coincidieron con el flujo y las más altas con el reflujo. El ciclo de marea pudo causar esta variación, debido a la entrada de aguas del Golfo de California con menor concentración de clorofila a y que al retornar provocaron la resuspensión de células algales. Acosta Ruiz y Lara Lara (1978) encontraron que la variación diurna de la clorofila a superficial se correlacionó con el ciclo de marea, con valores máximos en reflujo y mínimos en flujo.

En verano los más altos contenidos de clorofila a en la superficie de ambas puntos de muestreo, tendieron a

presentarse en las horas con menor intensidad de luz, coincidiendo también con el reflujo (boca) e inicio del flujo (interior). Y en el fondo de las estaciones, los mayores contenidos del fitopigmento se detectaron durante el día. La máxima irradiancia registrada correspondió a esta época y en condiciones de mareas muertas, es factible la variación diurna del pigmento fuese más regida por la energía luminosa (Raymont, 1980). Lara Lara et al. (1980) reportaron que en Bahía San Quintín el ciclo de marea junto con la alternancia de surgencias y el ciclo de luz causaron la variabilidad de la clorofila a.

La superficie de la boca e interior de Bahía Willara en invierno y bajo condiciones de mareas muertas, no exhibieron una relación entre el comportamiento diurno de la clorofila y los factores abióticos (luz, ciclo de marea); probablemente debido a la predominancia de factores bióticos. El fondo de ambas estaciones presentaron las concentraciones de clorofila más altas durante el día. Posiblemente la baja irradiancia detectada en esta parte de la columna de agua causó el incremento del fitopigmento en las células algales durante el periodo diurno, como una respuesta de acondicionamiento de los organismos para optimizar su eficiencia fotosintética, (Stemann Nielsen et al., 1962). La distribución de la biomasa del fitoplancton, expresada por el contenido de clorofila a, en Bahía Willara

no varió entre la superficie y el fondo en las épocas con mareas vivas. En primavera y otoño las columnas de agua de la boca e interior de la Bahía se observaron mezcladas verticalmente (Gonzalez Salazar, tesis en proceso) y pudo ser que este proceso provocara la homogenización de las células algales en la columna. En verano e invierno el fondo del interior mostró mayor concentración del pigmento; probablemente relacionada con una abundancia de fitoplancton inducida por la existencia de un contenido mayor de nutrientes en esta parte (Steele y Yentsch, 1960; Steele y Baird, 1965). Ya que no fue determinada la concentración de nutrientes en el fondo, puede suponerse un incremento del nivel de éstos hacia el fondo en ambas épocas; en verano el reciclamiento de nutrientes a partir de la actividad bacteriana sobre la materia orgánica asentada pudo ser considerable, y en invierno el máximo contenido de amonio superficial ocurrió en el interior de la Bahía (Gonzalez Salazar, tesis en proceso). Lekan y Wilson (1978) estudiaron la variación espacial de la biomasa del fitoplancton en Long Island, y concluyeron que la relación observada entre la clorofila *a* y el amonio sugiere que la estructura espacial de las poblaciones fitoplanctónicas pudo desarrollarse en respuesta a el incremento de este nutriente.

En verano con la máxima irradiancia registrada y el

mínimo de nutrientes (Gonzalez Salazar, tesis en proceso) ocurren las concentraciones más bajas de clorofila *a*; es posible que ambos factores ambientales estén relacionados con el descenso del fitopigmento en esta época (Steele y Baird, 1965). El máximo contenido de clorofila *a* en invierno pudo deberse a las condiciones de irradiación, temperatura y nivel de nutrientes a que estuvieron expuestas las poblaciones de fitoplancton. Ya que en esta época se presentó la mínima energía luminosa y temperatura (16°C - 19°C), y es posible indujeran en las células algales un aumento del pigmento como una respuesta del acondicionamiento para incrementar su eficiencia fotosintética (Stemann Nielsen et al., 1962; Stemann Nielsen y Jorgensen, 1968).

El intervalo anual de valores de clorofila *a* en Bahía Willard fue de 0.30 mgm^{-3} a 16.78 mgm^{-3} y es mayor que los reportados para la Ensenada de La Paz, de 0.2 mgm^{-3} a 8.2 mgm^{-3} (Lechuga Devez, 1977); la Bahía San Quintín, entre 0 y 8 mgm^{-3} (Lara Lara y Alvarez-Borrego, 1975) y el estero de Punta Banda, con valores de clorofila *a* de 0.8 mgm^{-3} y 5.3 mgm^{-3} (Alvarez-Borrego et al., 1977, Parra Valdez, 1977). En comparación con el Golfo de California, las concentraciones reportadas para la parte norte (entre 28°N y 31°N) en verano (0.53 mgm^{-3}) e invierno (2.92 mgm^{-3}) por Alvarez-Borrego y Gaxiola Castro (1987), son menores que el

intervalo de valores para estas estaciones del año en Bahía Willara. En comparación con ecosistemas estuarinos del Golfo, el rango estacional del contenido de clorofila *a* en la Bahía es mayor que los intervalos reportados para la Ensenada del Remate (1 mgm^{-3} - 2 mgm^{-3}) y la boca de la Bahía Yavaros (0.50 mgm^{-3}), pero es menor que el encontrado para el Estero Morocarit con concentraciones mayores de 20 mgm^{-3} y equiparable a el rango de valores registrado en el Estero Guaitopari (5 mgm^{-3} - 10 mgm^{-3}), todos ellos localizados sobre el litoral oriental (Arenas, 1970). Gilmartin y Revelante (1978) reportan también valores de clorofila *a* en lagunas costeras del este y oeste del Golfo, en verano. En relación con la Bahía Willara, ésta presenta menor contenido del rotopigmento en verano que los sistemas lagunares orientales (4.4 mgm^{-3} - 8.8 mgm^{-3}), pero mayor que los registrados en las lagunas profundas occidentales como Bahía de Los Angeles (0.3 mgm^{-3}) y Bahía Concepción (0.4 mgm^{-3}).

La Bahía Willara en primavera, mostró las mayores concentraciones de reofitina *a* tanto en flujo como reflujo, probablemente esta variación sea originada por las corrientes de marea al inducir la resuspensión de partículas ricas en reofitina. En verano las concentraciones superficiales de reofitina en ambas estaciones tienden a ser homogéneas durante las horas con máxima irradiación, y en el fondo presentaron mínima variabilidad en el transcurso de la

noche. Es posible que en esta época la intensidad de luz sea más determinante en la variación del teopigmento que el ciclo de marea, y en irradiancias altas la clorofila superficial presentó mayor estabilidad (menor descomposición), de manera que la fluctuación del contenido de feofitina se redujo (Yentsch, 1965; 1974). En el fondo de las estaciones la energía luminosa fue baja y el comportamiento homogéneo del teopigmento pudo ser condicionado por otros factores como el pastoreo.

Las concentraciones de feofitina a en otoño fueron bajas y poco variables; solo en el fondo mostraron inclinación a incrementarse durante el período diurno. El contenido bajo y homogéneo probablemente sea indicio de un descenso en las poblaciones de zooplácton y la propensión que observa el teopigmento a aumentar pudiera ser reflejo de tasas de pastoreo mayores como respuesta a bajas biomásas de fitoplácton (Martin, 1970).

En invierno la feofitina presentó poca variabilidad, a excepción del fondo del interior de la Bahía donde las concentraciones aumentaron en magnitud y fluctuación. Las características físicas (intensidad de luz, estratificación) en las columnas de agua de la boca e interior fueron muy semejantes, y puede suponerse que la causa probable del comportamiento exhibido por el teopigmento dentro de la

Bañía sea la mayor abundancia de zooplancton o la presencia de una biomasa fitoplanctónica más alta.

En relación a la variación espacial de la leocitina a en Bañía Willard se tiene que: no existen diferencias entre las concentraciones medias de las profundidades (superficie y fondo) y estaciones de muestreo (boca e interior). Es posible que por las características de los resultados estadísticamente no se comprobara una distribución espacial de la leocitina.

De la comparación de las concentraciones medias del leopigmento entre las épocas, solo se observaron tendencias a mayores valores en primavera e invierno. Lo cual pudo deberse a una máxima abundancia de fitoplancton y procesos de resuspensión. El descenso en la biomasa fitoplanctónica y de zooplancton en verano y otoño posiblemente originaron un menor contenido de leocitina.

La Bañía Willard en verano presentó concentraciones de seston total y seston orgánico altas y heterogéneas en el transcurso de la variación diurna, principalmente en el día, sin apreciarse una relación con el ciclo de marea. Durante el muestreo de esta época se observó que en las aguas de la Bañía eran vertidas cantidades considerables de desechos orgánicos por embarcaciones pesqueras, y con mayor

frecuencia durante las horas con luz. La fluctuación registrada en el material en suspensión pudo ser originada primordialmente por esta alteración antropogénica del medio.

En otoño la boca de la Bahía exhibió contenidos superficiales de seston total y orgánico máximos en el reflujo de marea; mientras que en el interior se registraron en flujo y reflujo. Es posible que en esta estación del año las corrientes de marea induzcan resuspensión y ésta module la distribución de la materia total en suspensión (Haven y Morales-Alamos, 1968; Shubel, 1968 citados por D'Anglejan e Ingram, 1976). Lara Lara et al. (1980) generaron una serie de tiempo en Bahía San Quintín, y encontraron que la variabilidad del seston fue producto de la turbulencia provocada por corrientes de marea y vientos.

En condiciones de mareas muertas, en invierno, el contenido de seston total y orgánico en la boca de la Bahía exhibió mayor heterogeneidad y magnitud durante el día con respecto a la noche. Este comportamiento se apreció en todo el curso de la variación diurna en el interior de la Bahía; sin observarse en general una relación entre las máximas concentraciones y la altura de marea. Los procesos físicos provocados por las corrientes de marea en invierno, posiblemente fueron de menor proporción que los biológicos,

y sean éstos quienes determinen la distribución registrada por el material en suspensión. Además, debe considerarse que el número de observaciones en cada muestreo no fue suficiente para analizar estadísticamente la correlación entre la distribución del seston y el ciclo semidiurno de marea.

El seston total y orgánico en Bahía Willard, de acuerdo al análisis estadístico, no exhibieron variación espacial; tanto entre profundidades como en la boca e interior. Es factible que por las características del muestreo no haya sido posible demostrar la variación espacial del material en suspensión. Por otra parte puede sugerirse que para otoño tal variación sea muy baja o no exista; ya que la columna de agua en ambas estaciones de muestreo presentaron mezcla vertical (Gonzalez Salazar, tesis en proceso), la cual pudo inducir la homogenización del seston.

Losintzin (1962 citado por Zeitzschel, 1970) determinó a partir de un gran número de datos que no existen cambios estacionales significativos en el contenido de seston en el océano, especialmente en los trópicos; sin embargo, en las aguas costeras el panorama es completamente diferente.

La Bahía Willard en verano presentó mayor contenido de materia en suspensión con respecto a otoño e invierno. En

zonas costeras es común que el agua contenga fragmentos algales y otros organismos litorales, y puede llegar a presentar altas cantidades de desechos orgánicos e industriales (Parson 1963 citado por Riley y Skirrow, 1975). La Bahía Willard cuenta con muy poca actividad humana; no obstante, el aporte de desechos orgánicos por embarcaciones de pesca comercial que entran a la Bahía en verano es considerable. Los valores registrado de demanda química de oxígeno en esta época (tabla IV) son comparables a los reportados para la zona central y sur de Bahía Todos Santos en los meses de máxima producción pesquera (Arce Duarte, 1984). Además, en esta estación del año, el lugar soporta la presencia de diversas especies de aves que llegan a reproducirse (comunicación personal con el encargado de la estación meteorológica de la SARH) y su contribución de materia orgánica a las aguas de la Bahía es importante (Sandoval Sandoval, 1986). Puede suponerse que el máximo de seston en verano primordialmente fué producto de la contaminación antropogénica y en menor grado del aporte de guano.

TABLA IV.- Valores promedio de la demanda química de oxígeno (DQO) en la boca (A) e interior (B) de Bahía Willard.

ESTACION	VERANO (mg.l ⁻¹)	OTOÑO (mg.l ⁻¹)	INVIERNO (mg.l ⁻¹)
A SUPERFICIE	4.65	1.07	0.50
A FONDO	5.50	1.79	0.84
B SUPERFICIE	6.64	1.07	0.62
B FONDO	7.99	1.84	0.60

En otoño la materia en suspensión en Bahía Willard decrece de manera notoria, posiblemente a causa de la interrupción del aporte de desechos orgánicos. Las partículas biogénicas y minerogénicas que constituyen el seston pueden ser formadas "in situ" o transportadas de fuentes terrígenas y iluviales por diversos mecanismos. En Bahía Willard los vientos en otoño son de mediana intensidad y es factible lleven material terrígeno hacia las aguas de la Bahía, pero dadas las características del lugar (vegetación y clima desérticos) éste no constituya una fuente importante de material biogénico. En condiciones de mareas vivas, las aguas de la Bahía inundan el Estero de San Luis Gonzaga (fig. 1) y puede ser que al retroceder arrastren consigo materia particulada rica en detritus; además las corrientes por mareas posiblemente causen la resuspensión de partículas asentadas en el fondo de la Bahía. Así, la regeneración y distribución del seston total y orgánico en otoño pudo deberse principalmente a transporte

por corrientes de mareas y vientos.

En invierno los intervalos de conchianza de las concentraciones medias de seston total exhibieron una ligera tendencia a incrementarse, y la concentración media en el fondo del interior fué mayor que en otoño. Durante esta época se presentaron lluvias en la zona de estudio, y aunque no se dispuso de un registro de la precipitación pluvial puede suponerse que los escurrimientos continentales tuvieron cierta importancia en la distribución del material en suspensión. Por otra parte, en condiciones de marea muerta y sin vientos fuertes es probable que el abastecimiento de materia particulada por corrientes no constituya la principal causa del incremento del seston en invierno; sino procesos de formación "in situ", por ejemplo, un florecimiento fitoplanctónico. Las máximas concentraciones de clorofila a, ficofitina a y nutrientes (Gonzalez Salazar, tesis en proceso) detectadas en esta época, sugiere la presencia de altas biomásas planctónicas. Sin embargo estadísticamente no se apreció un incremento del material orgánico en suspensión con respecto a otoño.

En verano es probable que el seston orgánico en Bahía Willard esté constituido sustancialmente por detritus. La Bahía presentó una abundancia máxima de bacterias durante esta época (Sandoval Sandoval, 1986), y es posible exista un

alto contenido de detritus que indujo una proliferación mayor de bacterias (Riley y Skirrow, 1975). La materia orgánica en suspensión mostró una variación estacional con máximas concentraciones en verano y mínimas en otoño e invierno que pudo deberse principalmente al aporte de desechos, mareas y al florecimiento de fitoplancton. Gonzalez-Farias et al. (1986) analizaron la variación estacional de seston orgánico en tres ecosistemas diferentes de la costa este del Golfo de California: Estero El Verde, Laguna de Agua de Agua Brava y Estero Urias. Los autores reportaron que en el Estero El Verde existió una variación anual amplia en las concentraciones de materia orgánica en suspensión originada básicamente por tres fenómenos: las lluvias, la afluencia de ríos y la apertura de la boca. En Laguna de Agua Brava, la variación estacional estuvo relacionada con las mareas y la época de lluvias, y en Bahía Mazatlan se debió a las descargas de los esteros y florecimiento del fitoplancton.

En comparación con el Golfo de California, las concentraciones de seston orgánico reportadas por Zeitzschel (1970), con rango entre 400 mgm^{-3} y 1400 mgm^{-3} , y los gradientes de concentración de la zona nerítica y pelágica (100 mgm^{-3} - 2100 mgm^{-3}) en verano e invierno estimadas por Gonzalez-Farias et al. (1986) son menores que el intervalo de valores de seston orgánico registrado en Bahía Willard

para esas épocas. En relación con sistemas costeros del Golfo, la Bahía tiene menor rango de concentración que el Estero El Verde (200 mgm^{-3} - 22500 mgm^{-3}), pero es equiparable con los intervalos de valores de materia orgánica particulada reportados para Laguna de Agua Brava (1600 mgm^{-3} - 12000 mgm^{-3}) y la Bahía Mazatlan (100 mgm^{-3} - 11600 mgm^{-3}). En concatenación con sistemas lagunares de la costa oeste de Baja California, Bahía San Quintín bajo condiciones de surgencia, muestra en la boca un rango de valores de sestón total de 400 mgm^{-3} a 14800 mgm^{-3} y de sestón orgánico entre 200 mgm^{-3} y 7600 mgm^{-3} (Lara Lara et al. 1980), semejantes a los registrados en Bahía Willard.

La Bahía Willard presentó en verano el mínimo contenido promedio de oxígeno y porcentaje de saturación (Gonzalez Salazar, tesis en proceso), coincidiendo con la máxima concentración de materia orgánica registrada. El más alto contenido de oxígeno en invierno y el máximo porcentaje de saturación (80%-110%) en otoño se ajustan con el mínimo de sestón orgánico.

En verano la superficie de ambas estaciones de muestreo presentaron valores negativos de producción neta, es decir la respiración fue mayor que la producción gruesa. La sobrestimación de la respiración (subestimación de la

producción neta) por el método utilizado es posible causara el valor negativo en la producción neta; ya que el agua de mar contenida en botellas desarrolla rápidamente bacterias consumidoras de oxígeno (Bougis, 1976). Además existe la complicación de que la respiración bacteriana pueda ser diferente en las botellas clara y oscura (Stemann Nielsen 1955, 1958 citado por Falkowski, 1980). En verano se registró en Bahía Willard la máxima abundancia de bacterias (Sandoval Sandoval, 1976) y es posible que la presencia de éstas en el agua muestreada haya sido considerable desde el inicio del experimento. Por otra parte en esta estación del año la intensidad de luz fue muy alta y cabe la posibilidad de que el principal factor que determinó la baja producción de carbono fuese el proceso de fotoinhibición, al causar un decrecimiento en las tasas de fotosíntesis (Valiela, 1984). Además, en el fitoplancton tiene lugar el proceso de fotorespiración el cual pudo incrementarse en esta época con irradiación solar alta, y causar el descenso de la producción neta (Falkowski, 1980). Así, es factible que en verano la actividad fotosintética del fitoplancton en la superficie fuese afectada de manera negativa por la intensidad de luz.

En el fondo de la boca e interior, en verano, la producción gruesa se incrementó. Aunque debe aclararse que por las características de la información no es posible

hacer ninguna afirmación con base en un análisis estadístico. No obstante es probable que el fondo de ambas columnas de agua presente una mayor producción primaria ya que la atenuación que experimenta la irradiancia pudo proporcionar al fitoplancton la cantidad suficiente de luz para su actividad fotosintética. De acuerdo con Gonzalez Salazar (tesis en proceso) los nutrientes en la superficie de la boca e interior de Bahía Willard no se encontraron en concentraciones limitantes para la producción primaria en ninguna de las épocas estudiadas. En verano, con estratificación en la columna de agua (Gonzalez Salazar, tesis en proceso), es posible que la concentración de nutrientes fuese mayor en el fondo. Debido a los máximos de temperatura (Gonzalez Salazar, tesis en proceso), abundancia de bacterias (Sandoval Sandoval, 1986) y contenido de seston total registrados en esta época, que pudieron permitir un reciclamiento alto de nutrientes a partir de la actividad bacteriana sobre la materia orgánica asentada (Williams, 1973; Findenegg, 1974). La mayor disponibilidad de nutrientes pudo provocar un aumento de las tasas de fotosíntesis (Raymont, 1980), además el efecto de las temperaturas altas (29.5° C-34.5° C) sobre estas posiblemente fue de suma importancia en el incremento de la producción primaria (Valiela, 1984).

La respiración en el fondo de las estaciones de

muestreo en verano se incrementó con respecto a la superficie, aunque existe una sobrestimación por el método. Es posible que el consumo de oxígeno por respiración del fitoplancton sea mayor aquí, debido a una mayor abundancia o requerimiento del fitoplancton para mantener tasas de fotosíntesis más altas.

En otoño la superficie y fondo de la boca exhibió valores de producción gruesa mayores que dentro de la Bahía. La intensidad de luz fue muy semejante en las columnas de agua de las estaciones de muestreo, y el contenido superficial de amonio y nitratos fue mayor en la boca (Gonzalez Salazar, tesis en proceso); posiblemente la concentración elevada de nitrógeno en esta parte causó el incremento de las tasas de producción primaria al proliferar especies, antes raras, adaptadas a niveles elevados de nutrientes (Williams, 1973). Los valores de respiración en la boca de la Bahía en otoño, son semejantes a los apreciados en verano; aunque es posible que la sobrestimación de la respiración por el método sea menor que en verano, de acuerdo con el descenso en la abundancia de bacterias registrado en otoño (Sandoval Sandoval, 1986). En el interior de la Bahía el consumo de carbono por respiración decrece con respecto a la boca y presenta valores bajos; lo cual pudo reflejar una menor abundancia de fitoplancton en esta parte con respecto a la boca.

La producción gruesa superficial en invierno fue la máxima detectada y al parecer la intensidad de luz no limitó la producción, a pesar de que fue la mínima registrada. Además es factible que el máximo contenido de nutrientes determinado para esta época (Gonzalez Salazar, tesis en proceso) causara el incremento de las tasas de producción (Williams, 1973). El fondo de las estaciones de muestreo, exhibieron menor producción gruesa; posiblemente debido a un descenso en las tasas de fotosíntesis del fitoplancton por encontrarse expuesto a irradiancias bajas, ya que los coeficientes de atenuación de luz en invierno son aproximadamente el doble de los estimados en verano y otoño (Valiela, 1984). En la Bahía Willard Millan Núñez et al. (1982) en Bahía San Quintín encontraron que las tasas de producción primaria en el interior de la Bahía disminuyeron con respecto a la boca, debido a la turbidez que limitó la intensidad de luz.

En la Bahía Willard la variación estacional de la producción primaria presenta diferencias en la superficie y fondo. La máxima producción gruesa superficial en la boca e interior de la Bahía se registró en invierno y la mínima en verano. En verano el fondo presentó el más alto valor de producción gruesa y el más bajo, en la boca, en invierno; mientras que en el interior ocurrió en otoño. Posiblemente tal comportamiento se debió al factor luz interrelacionado

con la concentración de nutrientes y temperatura: en verano las máximas irradiancias pudieron causar efectos negativos sobre la actividad fotosintética del fitoplancton en la superficie y en invierno, a pesar del descenso en la irradiancia, es posible que el alto contenido de nutrientes fuese determinante en el aumento de las tasas de producción primaria. En el fondo la máxima producción gruesa en verano, posiblemente se debió a un nivel elevado de nutrientes junto con el efecto de temperaturas altas e intensidad de luz suficiente (Williams, 1973; Findenegg, 1974; Valiela, 1984). El menor contenido de nutrientes dentro de la Bahía en otoño y el descenso de la irradiancia en invierno pudieron causar la disminución de la producción primaria en el fondo. Aleem y Samaan (1969 citados por Subba Rao, 1978) encontraron que en Bahía Mariut (31.15°N) la variación estacional de la producción primaria siguió un patrón paralelo a la variación de temperatura y al nivel de incidencia de la radiación solar.

Para fines de comparar los valores de productividad estimados en Bahía Willard, con otros obtenidos a partir del método de oxígeno botellas clara y oscura, se consideró la producción neta. En relación con sistemas lagunares y estuarinos localizados sobre el litoral oriental del Golfo de California, la Bahía presentó un rango de productividad primaria ($7.2 \text{ mgCm}^{-3}\text{h}^{-1}$ - $32.7 \text{ mgCm}^{-3}\text{h}^{-1}$) comparable con el

estimado en Laguna de Agua Brava ($\bar{X} = 23.3 \text{ mgCm}^{-3}\text{h}^{-1}$); pero menor que los registrados en los esteros El Verde ($\bar{X} = 75\text{mgCm}^{-3}\text{h}^{-1}$) y Urias ($\bar{X} = 97.5 \text{ mgCm}^{-3}\text{h}^{-1}$) (Flores-Verdugo et al., 1986) y en el sistema lagunar Huizache-Caimanero ($52 \text{ mgCm}^{-3}\text{h}^{-1} - 79.6 \text{ mgCm}^{-3}\text{h}^{-1}$) reportado por Arenas (1979 citado por Flores-Verdugo et al., 1986).

La relación entre la producción primaria y la biomasa del fitoplancton usualmente es determinada mediante la normalización de la tasa de fotosíntesis y la clorofila *a* (P^B) (Falkowski, 1981). Cuando la tasa de carbono fijado es normalizada a saturación de luz el cociente es llamado número de asimilación. El número máximo teórico de asimilación (P_m^B) calculado por Falkowski (1981) es de $25 \text{ mgC} \cdot \text{mgCl}^{-1}\text{h}^{-1}$ y equivale a $66.5 \text{ mgO}_2 \cdot \text{mgCl}^{-1}\text{h}^{-1}$ ($1 \text{ mgC} = 2.66 \text{ mgO}_2$). A partir del valor de producción gruesa y el contenido de clorofila *a* en las submuestras de agua de mar de la hora en que se inició el experimento de productividad, la tasa de producción específica (P^B) se calculó para cada profundidad y estación de muestreo. La superficie de la Bahía Willard mostró en otoño la más alta tasa de producción específica y en invierno la más baja; mientras que en el litoral la mayor producción de carbono por unidad de clorofila ocurrió en verano y la menor en invierno. Lo cual indica que la máxima producción primaria no corresponde con el máximo de biomasa. La relación entre la producción primaria

y la biomasa, es variable y depende de las tasas de crecimiento y reproducción de los organismos más importantes en la población de fitoplancton. Los organismos más pequeños tienden a ser poco abundantes pero son altamente productivos y por el contrario los de mayor tamaño son poco productivos (Findenegg, 1974; Gilmarín y Revelante, 1978).

5 CONCLUSIONES

En Bahía Willara la variación diurna del contenido de clorofila a y su leofitina parece estar relacionada con el ciclo de marea y la intensidad de luz.

En primavera y otoño el pigmento tendió a homogenizarse en la columna de agua, inducido por mezcla vertical, y en verano e invierno la distribución espacial estuvo más determinada por procesos biológicos.

La clorofila a exhibió variación temporal, con un máximo en invierno y tendencias a un mínimo en verano asociada al parecer a el nivel de nutrientes, incidencia de energía luminosa y temperatura.

El seston total y orgánico presentaron alta variabilidad diurna y cierta inclinación a mostrar una relación con el ciclo semidiurno de marea.

El máximo contenido de materia total y orgánica en suspensión se registró en verano, producto primordialmente de la contaminación antropogénica de que es objeto la Bahía.

La variación temporal del seston parece estar regida por el aporte de desechos orgánicos, florecimiento de

litoplancton y procesos físicos de transporte originados por corrientes de mareas y vientos.

La producción orgánica primaria en Bahía Villaro, exhibió variaciones estacionales diferentes en la superficie y fondo.

La mayor producción gruesa superficial se registró en invierno y la menor en verano; mientras que el fondo mostró la máxima producción en verano y la mínima se registró en diferente época en la boca (invierno) y el interior (otoño).

LITERATURA CITADA

- Acosta Ruiz M.J. y J.R. Lara Lara, 1978. Resultados fisicoquímicos en un estudio de variación diaria en el área central de Bahía Magdalena, B.C.S., México. *Ciencias Marinas* 5, 37-46.
- Alvarez-Borrego, S. and G. Gaxiola-Castro, 1987. Photosynthetic parameters of northern Gulf of California phytoplankton. *Continental Shelf Research* (en prensa).
- Alvarez-Borrego, S., J.R. Lara Lara y Acosta Ruiz, M.J., 1977. Parámetros relacionados con la productividad orgánica primaria en los antiestuarios de Baja California. *Ciencias Marinas* 4, 12-21.
- Arenas, S., 1979. Informe final sobre la productividad primaria en los Planes Piloto Escuinapa-Yavaros. En: Informe final de los trabajos contratados en los Planes Piloto Escuinapa-Yavaros. UNAM-SARH. 234-267.
- Arce Duarte, F.A., 1984. Efectos de contaminación orgánica en la zona costera de la Bahía de Todos Santos. B.C. Tesis de licenciatura. E.S.C.M. UABC (México) 75 pp.
- Bance, K., C.P. Falls and L.A. Hobson, 1963. A gravimetric method for determining in suspended matter in sea water using Millipore filters. *Deep-sea Research* 10(5): 635-642.
- Bougis, P., 1976. Primary production. *Marine Plankton Ecology*. American Elsevier Pub. Co. N.Y. 210-234.
- Contreras, F., 1985. Las lagunas costeras mexicanas. *Las Lagunas Costeras Mexicanas*. Centro de Ecodesarrollo, SEPESCA 34-41.
- De Alba, C.R., 1975. Mariculture potential for Baja California coastal lagoon. *Second United States-Mexico Marine Ecology Symposium* 196-201.
- D'Anglejan, B.F. and I.G. Ingram, 1976. Time-depth variations in tidal flux of suspended matter in St. Lawrence Estuary. *Estuarine and Coastal Mar. Sci.* 4, 401-416.
- Dushane, H. and G.G. Spron, 1968. A checklist of intertidal mollusks for Bahía San Luis Gonzaga States of Baja California, Mexico. *The Veliger* 10(1):

233-237.

- Elder, L., 1979. Recommendation for marine biological studies in the Baltic Sea. The Baltic Marine Biologist. Publication No. 5, 38 pp.
- Falkowski, P.G., 1980. Primary Productivity in the sea. Plenum Press. N.Y. 531 pp.
- Falkowski, P.G., 1981. Light-shade adaptation and assimilation numbers. Journal of Plankton Research 3, 203-216.
- Findenegg, I., 1974. Relationship between standing crop and productivity. En: Primary Productivity in Aquatic Environment. Goldman, C.R. (Ed) University of California Press. 272-289.
- Flores-Verdugo, F.J., F. Gonzalez-Farias, R. Briseño Dueñas, M. Ramirez Flores y E.G. Robles Jarero, 1986. Productividad primaria de sistemas lagunares del noroeste de México. Intercambio Académico sobre las Investigaciones en el Mar de Cortes. En: Memorias CICTUS-CONACYT 83-114.
- Gilmartin, H. and N. Revelante, 1978. The phytoplankton characteristic of the barrier island lagoon of the Gulf of California. Estuarine and Coastal Marine Science 7, 23-47.
- Gonzalez-Farias, F., M. Hernandez-Garza y F. Flores-Verdugo, 1986. Variación estacional del detritus en diversos ecosistemas del Golfo de California. Intercambio Académico sobre las Investigaciones en el Mar de Cortes. En: Memorias CICTUS-CONACYT 133-148.
- Gonzalez Salazar, G., (en proceso). Tesis licenciatura. F.C.M. UABC (México).
- Informe Técnico, 1985. Predicciones de marea 1986. Estaciones mareográficas del CICESE. División de Oceanología CICESE, México.
- Lankford, R.R., 1977. Coastal lagoon of Mexico. The origin and classification. En: Weley, M. (Ed) Estuarine Processes Vol. II. Academic Press. N.Y. 182-215.
- Lara Lara, J.R. y S. Alvarez-Borrego, 1975. Ciclo anual de clorofilas y productividad orgánica primaria en Bahía San Quintín, B.C. Ciencias Marinas 2, 77-97.

- Lara Lara, J.R., S. Alvarez-Borrego and L.F. Small, 1980. Variability and tidal exchange in a coastal lagoon. *Estuarine and Coastal Marine Science* 11, 613-637.
- Lechuga Deveze, C., 1977. Coeficiente de similitud fotosintética en la Ensenada de la Paz, B.C.S. Tesis de licenciatura. E.S.C.M. UABC (México) 42 pp.
- Lekan, J.F. and R.E. Wilson, 1978. Spatial variability of phytoplankton biomass in the surface water of Long Island. *Est. and Coastal Mar. Sci.* 10, 85-92.
- MacDonald, A.G. and J.G. Priede, 1983. *Experimental Biology at Sea*. Academic Press. 414 pp.
- Martin, J.H., 1970. Phytoplankton-zooplankton relationship in Managansett Bay. IV The seasonal importance of grazing. *Estuarine and Coastal Mar. Sci.* 15, 413-418. The chlorophyll maximum. *Limnol. Oceanogr.* 10, 482-483.
- Martínez, L.R., 1978. Variación estacional de la producción primaria bruta en el Estero "La Cruz", Sonora, México y su influencia en el crecimiento del camarón azul *Penaeus stylirostris* en cautiverio. VI Congreso Nat. de Oceanografía. Ensenada, B.C., México 202-204.
- Millan Ntnez, R., S. Alvarez-Borrego and D.H. Nelson, 1982. Effects of physical phenomena on the distribution of nutrients and productivity in a coastal lagoon. *Est. Coastal Shelf Sci.* 15, 317-335.
- Parra Valdez, E., 1977. Variación diaria de clorofila *a* y estimación de la producción orgánica primaria en dos antiestuarios de Baja California en otoño e invierno. Tesis de licenciatura. E.S.C.M. UABC (México) 63 pp.
- Raymont, J.E.G., 1980. *Plankton and Productivity in the Ocean*. Pergamon Press. 489 pp.
- Riley, S.P. and G. Skirrow, 1975. *Chemical Oceanography*. Academic Press. London N.Y. 589 pp.
- Roden, G.J., 1958. Oceanographic and meteorological aspects of the Gulf of California. *Pacific Sci.* 12, 21-46.
- Roden, G.J. and G.W. Groves, 1959. Recent oceanographic the Gulf of California. *J. Mar. Res.* 18, 10-35.
- Riaux, C. and L.J. Douville, 1980. Short-time variation

- in phytoplankton biomass in a tidal estuary in northern Brittany. Est. and Coastal Mar. Sci. 10, 85-92.
- Sandoval Sandoval, R., 1986. Evaluación de la calidad bacteriológica del agua de mar en la Bahía Willard, Baja California, México. Tesis de licenciatura. F.C.H. UABC (México) 58 pp.
- Steele, J.H. and C.S. Yentsch, 1960. The vertical distribution of chlorophyll. J. mar. Biol. Ass. U.K. 39, 217-226.
- Steele, J.H. and I.E. Baird, 1965. The chlorophyll a coastal or particulate matter in the northern North Sea. Limnol. Oceanogr. 10, 261-267.
- Steemann Nielsen, E., V.Kr. Hansen and E.G. Jørgensen, 1962. The adaptation to different light intensities in Chlorella vulgaris and the time dependence on transfer to a new light intensity. Physiol. Plant. 15, 505-507
- Steemann Nielsen, E., E.G. Jørgensen. 1968. The adaptation of algae. I. General part. Physiol. Plant. 21, 401-413.
- Strickland, J.D. and T.R. Parsons, 1972. A Practical Handbook of Sea Water Analysis. 2nd. ed. Bull. Fish. Res. Bd. Canada 167 pp.
- Subba Rao, D.V., 1978. Spatial and temporal variation of phytoplankton production in lagoons. Coastal Lagoon Research Present and Future. Unesco Technical paper in marine science 133, 173-189.
- Williams, R.B., 1973. Nutrient levels and phytoplankton productivity in the estuary. En: Coastal Marsh and Estuary management. Louisiana State University U.S.A. 59-73.
- Yentsch, C.S., 1965. Distribution of chlorophyll and phaeophytin in the open ocean. Deep-Sea Research. 12, 653-666.
- Yentsch, C.S., 1974. The relationship between chlorophyll and photosynthetic carbon production with reference to the measurement of decomposition products of chloroplastic pigment. En: Primary productivity in Aquatic Environment. Goldman, C.R. (Ed) University of California Press. 323-346.

Zeitzschel, B., 1969. Primary productivity in the Gulf of California. Mar. Biol. 3, 201-207.

Zeitzschel, B., 1970. The quantity, composition and distribution of suspended particulate matter in the Gulf of California. Mar. Biol. 7, 305-318.