



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

VARIABILIDAD DE PRODUCTIVIDAD PRIMARIA, SESTON Y CLOROFILA EN
BAHIA DE LOS ANGELES B.C., VERANO, 1986.

TESIS

QUE PARA OBTENER
EL TITULO DE:

OCEANOLOGO

PRESENTA

SERGIO RAUL CANINO HERRERA



ENSENADA, B.C.,

FEBRERO, 1989.

RESUMEN.

Durante el verano de 1986, se realizó un muestreo puntual en la Bahía de los Angeles B.C., durante 9 días, con el objeto de determinar el principal factor que afecta la productividad primaria en la zona. El muestreo abarcó un período de mareas muertas, uno de transición y otro de mareas vivas (abarcando tres días cada período, aprox.). Este consistió en tomar muestras para clorofila "a" (cada 2 h) y seston (cada 6 h), ambos a dos niveles 0 y 10 m. Así mismo, se hicieron mediciones de productividad utilizando los métodos del carbono catorce y del oxígeno (botellas claras y obscuras), empleando un titulador automático de alta precisión. Las determinaciones de productividad primaria se hicieron bajo tres condiciones: durante el día (superficiales), en los períodos de mareas muertas (0 y 5 m) y en la columna de agua (100, 50, 25, 10 y 1 % de I_0). La temperatura mostró dos procesos en la columna de agua: uno de estratificación, durante el período de mareas muertas y otro de mezcla, durante las mareas vivas, con un aumento de temperatura en éste último en ambos niveles (0 y 10 m). La clorofila mostró un comportamiento similar con un rango de concentración de 0.3 a 8.3 $mg \cdot m^{-3}$. El seston total y orgánico presentaron una variación irregular durante el período de muestreo, siendo el valor medio de sus concentraciones de 1.8 $g \cdot m^{-3}$ y 0.79 $g \cdot m^{-3}$, respectivamente. Los valores de productividad evaluados con el método del carbono catorce oscilaron entre 0.4 y 16.9 $mgC \cdot m^{-3} \cdot h^{-1}$ con un valor promedio de 8.01 $mgC \cdot m^{-3} \cdot h^{-1}$. En la productividad orgánica primaria se observaron tres comportamientos: variaciones diarias, determinadas por una estratificación de las capas de agua durante el período de mareas muertas y por una mezcla de las capas de agua, con valores más altos en los 5 m que en superficie; variaciones diurnas influenciadas por la onda de marea, biomasa fitoplanctónica y viento; finalmente, a través de la columna de agua la productividad tiende a disminuir con la profundidad presentándose los valores máximos al 60 % de I_0 . La tendencia de la productividad medida con ambos métodos fué similar, pero con valores aproximadamente tres veces mayores con el método del oxígeno. Estos resultados muestran que las variaciones de clorofila "a", seston total y productividad primaria fueron grandemente influenciadas por el efecto conjunto de las corrientes de marea y el viento.

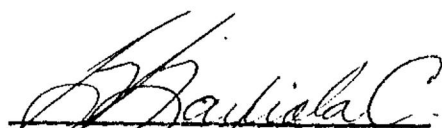
VARIABILIDAD DE PRODUCTIVIDAD PRIMARIA, SESTON
Y CLOROFILA EN BAHIA DE LOS ANGELES B.C., VERANO,
1986

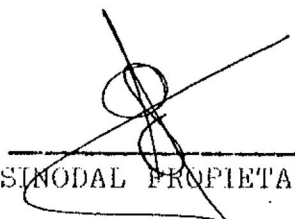
TESIS

QUE PRESENTA:

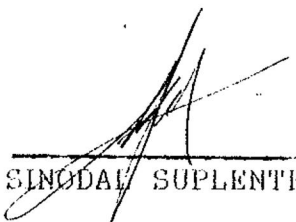
SERGIO RAUL CANINO HERRERA

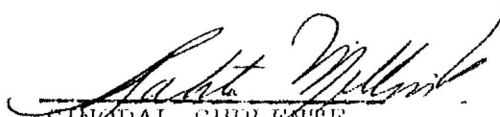
APROBADA POR:


PRESIDENTE DEL JURADO
M.C. GILBERTO GAXIOLA CASTRO


SINODAL PROPIETARIO
O. J. ANTONIO SEGOVIA Z.


SINODAL PROPIETARIO
O. FRANCISCO DELGADILLO H.


SINODAL SUPLENTE
M.C. RAMON CAJAL M.


SINODAL SUPLENTE
M.C. ROBERTO MILLAN N.

DEDICATORIA

A mi Padre Eterno

Por su misericordia, bondad, amor, sabiduría y bendiciones. A quien debo todo lo que soy y quien merece toda la honra y la gloria.

Con todo el amor y respeto:

Amis padres: Raúl y Patty

Por su amor, sacrificios y apoyo.

A mi compañera insustituible: Laura

Por su amor, comprensión y apoyo.

"Y si tuviese profecía, y entendiese todos los misterios y toda ciencia, y si tuviese toda la fe, de tal manera que trasladase los montes, y no tengo amor, nada soy"

(1 Corintios, 13.2)

AGRADECIMIENTOS.

A mi director de tesis M.C. Gilberto Gaxiola Castro y a mis sinodales Oc. J. Antonio Segovia Zavala, Oc. Francisco Delgadillo Hinojosa, M.C. Ramón Cajal Medrano y M.C. Roberto Millán Nuñez por sus brillantes sugerencias, que mejoraron sustancialmente éste trabajo. Por su amistad desinteresada, confianza y apoyo.

A la Universidad Autónoma de Baja California, por haberme brindado su hospitalidad y apoyo a lo largo de toda la carrera, y especialmente al Instituto de Investigaciones Oceanológicas por haber facilitado sus instalaciones y material necesario para la realización de ésta investigación y por su apoyo mediante el otorgamiento de una beca que hizo posible la realización de éste trabajo.

A mis compañeros de la XXIII generación de oceanólogos por su amistad y compañerismo.

Y a todas aquellas personas que de alguna u otra manera participaron en la realización de éste trabajo: gracias y que Dios les bendiga.

INDICE GENERAL

	PAGINA
PORTADA.....	I
RESUMEN.....	II
PAGINA DE APROBACION.....	III
INDICE GENERAL.....	IV
LISTA DE FIGURAS.....	VI
1 INTRODUCCION.....	1
2 MATERIALES Y METODOS.....	4
2.1 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	4
2.2 METODOLOGIA.....	4
2.2.1 VARIABLES FISICAS.....	6
2.2.1.1 MAREAS.....	6
2.2.1.2 VIENTO Y TEMPERATURA.....	7
2.2.1.3 IRRADIANCIA.....	7
2.2.2 CLOROFILAS.....	7
2.2.3 SESTON.....	8
2.2.4 PRODUCTIVIDAD PRIMARIA POR EL METODO DEL CARBONO CATORCE.....	9
2.2.5 PRODUCTIVIDAD PRIMARIA POR EL METODO DEL OXIGENO (BOTELLAS CLARAS Y OSCURAS).....	(13)
3 PROCESAMIENTO DE DATOS.....	17
3.1 IRRADIANCIA.....	17
3.2 PRODUCTIVIDAD ORGANICA PRIMARIA POR EL METODO DEL CARBONO CATORCE.....	18
3.3 OXIGENO DISUELTO (BOTELLAS CLARAS Y OSCURAS).....	20
3.4 MANIPULACION ESTADISTICA DE LOS DATOS.....	22
4 RESULTADOS.....	24
4.1 VARIACIONES DIARIAS.....	24
4.1.1 MAREAS.....	24
4.1.2 VIENTOS.....	24
4.1.3 TEMPERATURA.....	26
4.1.4 IRRADIANCIA.....	26
4.1.5 CLOROFILAS.....	28
4.1.6 SESTON.....	28
4.1.7 PRODUCTIVIDAD PRIMARIA.....	30
4.1.7.1 METODO DEL CARBONO CATORCE.....	30
4.1.7.2 METODO DELOXIGENO (BOTELLAS CLARAS Y OSCURAS).....	32
4.2 VARIACIONES DIURNAS.....	33
4.2.1 IRRADIANCIA.....	33
4.2.2 PRODUCTIVIDAD PRIMARIA.....	33
4.2.2.1 METODO DEL CARBONO CATORCE.....	33
4.2.2.2 METODO DEL OXIGENO (BOTELLAS CLARAS Y OSCURAS).....	36

4.3 VARIACIONES EN LA VERTICAL.....	38 -
4.3.1 IRRADIANCIA.....	38
4.3.2 PRODUCTIVIDAD PRIMARIA CON EL METODO DEL CARBONO CATORCE.....	38
4.3.3 COMPARACION DE RESULTADOS DE PRODUCTIVIDAD PRIMARIA ENTRE LOS METODOS DEL CARBONO CATORCE Y OXIGENO.....	40
5 DISCUSIONES.....	44
6 CONCLUSIONES.....	50
7 LITERATURA CITADA.....	51

TABLA DE FIGURAS.

FIGURA

PAGINA

1.- Localización del área de estudio.....	5
2.- Canastas para incubación.....	12
3.- Detector fotoelectrónico de alta precisión para me- diciones de oxígeno disuelto.....	15
4.- Variaciones diarias durante el período de mues- treo.....	25
a) marea b) dirección y velocidad del viento	
5.- Series de tiempo durante el período de muestreo....	27
a) temperatura b) irradiancia c) clorofila "a"	
6.- Series de tiempo de seston total y orgánico.....	29
a) superficie b) 10 m	
7.- Variaciones diarias durante el período de mues- treo.....	31
a) productividad (C") b) clorofila "a" de las muestras incubadas c) razón de asimilación	
8.- Variaciones diarias de la productividad medida con el método del oxígeno (botellas claras y obscu- ras).....	34
9.- Variaciones diurnas durante dos días (27 agosto y 2 septiembre).....	35
a) irradiancia b) marea c) productividad (C")	

10.- Variaciones diurnas durante dos días (27 agosto y 2 septiembre).....	37
a) clorofila "a" de las muestras incubadas b) razón de asimilación	
11.- Variaciones durante dos días (31 agosto y 1 septiembre).....	39
a) irradiancia en la vertical b) coeficiente de atenuación en la vertical c) marea	
12.- Variaciones en la vertical durante dos días (31 agosto y 1 septiembre).....	41
a) productividad (c") b) clorofila "a" de las muestras incubadas	
c) razón de asimilación	
13.- Regresión lineal entre la producción orgánica pri- maria estimada con los métodos del carbono catorce y del oxígeno.....	43

INTRODUCCION.

La productividad primaria en el mar es de extrema importancia ya que es el eslabón inicial en la compleja red alimenticia marina.

Los valores de productividad en una zona, indican su riqueza potencial desde un punto de vista económico y natural. Así mismo, ésta junto con otras variables fisicoquímicas tales como luz, temperatura, fertilidad (nutrientes) y salinidad, son variables útiles para la estimación del grado en que se pueden explotar una zona por actividades de maricultivo.

Con éste fin se han llevado a cabo varios trabajos en dichas zonas. Zeitzschel (1969) encontró valores altos de productividad para el Golfo de California (promedio de $0.382 \text{ gC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$) en comparación a otras zonas del Oceano Pacífico de latitudes similares. Gilmartin y Revelante (1978) reportaron valores de $5 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ (rango $1-8 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) para Bahía de los Angeles B. C. durante el verano de 1976. Estos mismos autores hacen una clasificación de las lagunas costeras del Golfo de California en base a los valores de productividad encontrados: lagunas profundas del oeste, (Bahía de los Angeles y Bahía Concepción), con un promedio de $4-5 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$; lagunas poco profundas del oeste (La Paz), $31 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$; lagunas poco profundas del este, con rango de $53-136 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$.

El material orgánico particulado suspendido, tambien es de gran interés pues parte de él sirve como alimento a los

diferentes organismos marinos. Entre los trabajos realizados sobre seston total en el Golfo de California, cabe destacar el de Zeitzschel (1970) donde reporta un valor promedio de $0.565 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ para ésta zona.

La determinación de clorofila reviste gran importancia pues es una estimación gruesa de la biomasa de fitoplancton presente en un tiempo y lugar determinado (Riley y Chester, 1971).

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto, resalta la importancia de conocer no sólo la cantidad de material orgánico, seston total clorofila y productividad. Sino que tambien es importante determinar el comportamiento de éstas variables, así como los principales factores que las afectan. En base a lo anterior y debido a que no hay un estudio en Bahía de Los Angeles reportado hasta la fecha, que incluya datos de productividad, clorofila y seston total y orgánico así como las variación con respecto al tiempo de éstas variables, se realizó el presente trabajo que tiene la finalidad de determinar la cantidad de material orgánico e inorgánico presente en la bahía durante el verano. De la parte orgánica estimar la cantidad que es producida por el fitoplancton. Y finalmente conocer la variación de la productividad, seston total y orgánico bajo condiciones de verano. Este estudio forma parte de una serie de trabajos interdisciplinarios (nutrientes, bacteriología, temperatura y oxígeno), enfocados a generar la infraestructura

básica para el aprovechamiento de cuerpos costeros del Golfo de California.

Los objetivos particulares son:

Evaluar las variaciones de la productividad orgánica primaria, seston total y organico y clorofila, que presentan "in situ" bajo ciertas condiciones de luz, profundidad y dinámica de agua (efecto de mareas vivas y muertas) a través de una serie de tiempo de nueve dias durante el verano de 1986, en Bahía de Los Angeles B.C.

Comparación del método del oxígeno (botellas claras y oscuras) y del método del carbono catorce usados para medir la productividad primaria.

2.1 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.

Bahía de los Angeles se encuentra entre las coordenadas $28^{\circ} 56' 14''$ N y $113^{\circ} 33' 22''$ O (fig.1). Se encuentra ubicada en la porción oeste central del Golfo de Baja California y abarca una extensión de 6400 hectáreas. Colinda al oeste con el poblado de Punta Prieta y al este sobre el Golfo de California con la Isla Angel de la Guarda y otras islas de menor extensión.

La ensenada norte de Punta la Gringa, se caracteriza por tener un suelo arenoso, con montañas circundantes, condiciones extremas de temperatura, poca precipitación pluvial y vientos muy variables (Antonio Resendis, comunicación personal). A lo largo de ésta playa, el tamaño de grano disminuye hacia el norte desde cantos rodados hasta arenas muy finas. En la parte media de ésta barra existe un pequeño canal con entrada estrecha, que se conecta a una marisma que se inunda durante las mareas altas (Ibarra Sañudo, 1988).

2.2 METODOLOGIA

Este estudio abarcó un período de nueve días de muestreo (25 de agosto al 2 de septiembre de 1986), el cuál consistió en la medición de seston, clorofilas, productividad e

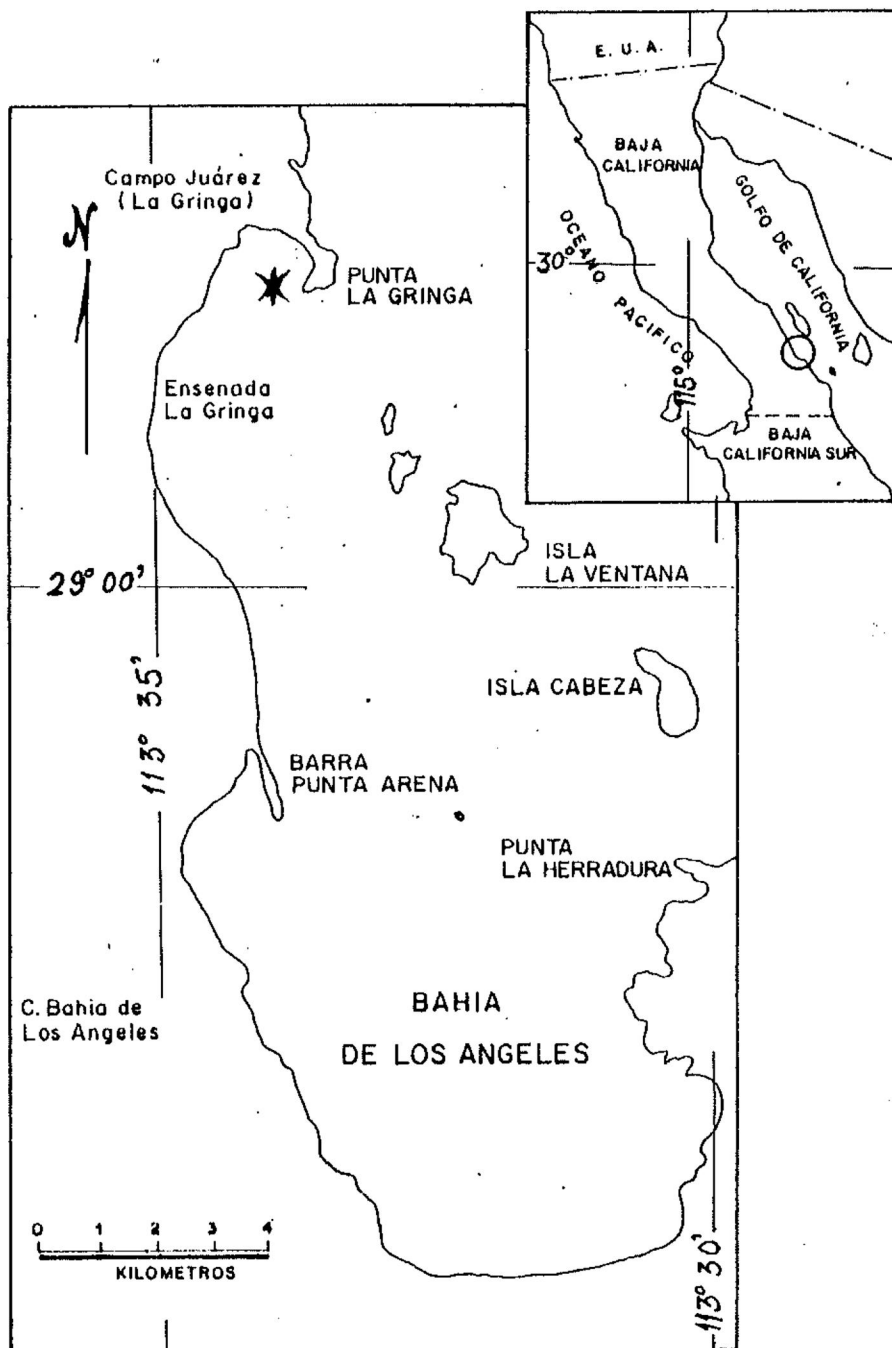


Fig. 1.- Localización del área de estudio. * Estación de muestreo.

intensidad de luz. En una estación localizada en la ensenada norte de Bahía de los Angeles durante el verano de 1986 (Fig. 1). Así mismo se recopilaron datos de velocidad y dirección del viento y temperatura del agua publicados en el trabajo de Ibarra Sañudo (1988), para complementar éste trabajo.

En general, se hicieron incubaciones *in situ* de fitoplancton para determinar su productividad por los métodos de C^{14} y del oxígeno, empleando botellas claras y oscuras en éste último. Simultáneamente se realizaron incubaciones de clorofila para determinar los cambios durante el período incubación. Para la toma de muestras se utilizó una botella Van-Dorn con una malla de 150 μm de luz, en el orificio de salida, para eliminar el macrozooplancton en las incubaciones.

Además se tomaron muestras para seston (cada 6 h) y clorofilas (cada 2 h), a dos niveles (superficie y 10 m), durante un período de 9 días.

Para una mejor explicación de la metodología usada se detalla por separado las técnicas empleadas para la medición de las variables anteriormente mencionadas.

2.2.1 VARIABLES FISICAS.

2.2.1.1 MAREAS.

La altura de marea se obtuvo de un mareograma

generado por el grupo de mareografía del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (C.I.C.E.S.E.). Esta es referida al nivel medio de bajamar inferior (NBMI).

2.2.1.2 VIENTOS Y TEMPERATURA.

Los datos de dirección y velocidad del viento así como de la temperatura del agua fueron obtenidos del trabajo realizado por Ibarra Sañudo (1988).

2.2.1.3 IRRADIANCIA.

Las mediciones se hicieron durante las incubaciones de productividad primaria empleando un irradiómetro submarino modelo Kalhsico 258WA210.

2.2.2 CLOROFILAS.

La toma de muestras se realizó cada 2 h usando una botella Van-Dorn a dos niveles (superficie y 10 m) y se colectaban en frascos de plástico oscuros, de aproximadamente 250 ml. Inmediatamente después se transportaban a tierra donde se filtraban al vacío ($1/3$ de atm) a través de filtros GF/C de 2.5 cm de diámetro. Estos últimos se almacenaban en papel aluminio y se congelaban inmediatamente. Posteriormente se analizaron en el laboratorio por el método fluorométrico descrito por Holm-Hansen *et al*

(1965), empleándose un fluorímetro turner 112. Las muestras fueron analizadas por duplicado y se corrió un blanco de acetona por cada análisis.

Para complementar los estudios de productividad, se hicieron incubaciones *in situ* de clorofila. Estas se realizaron por duplicado durante las incubaciones de productividad. El tiempo de incubación fué de 2 h, y se analizaron en la forma anteriormente descrita. Con la diferencia de que, para la filtración de las muestras, se emplearon filtros de membrana (policarbonatos) de 0.45 μm de poro y 47 mm de diámetro.

Las concentraciones de clorofila "a" se calcularon por medio de la fórmula descrita por Strickland y Parsons (1972).

2.2.3 SESTON.

Las muestras se tomaban a dos niveles (superficie y 10 m) cada 6 h, empleando una botella Van-Dorn. Se colectaban en botellas de plástico de aproximadamente 500 ml.

Este volumen se filtraba al vacío a través de filtros de membrana de 0.45 μm de poro y 47 mm de diámetro, previamente pesados y etiquetados en laboratorio. Estos filtros se almacenaron en cajas petri de plástico de 5 cm de diámetro. Estas se congelaban inmediatamente y

posteriormente se analizaron por el método descrito por Banse *et al* (1963), empleando una balanza analítica mettler modelo AE160 (± 0.01 mg de precisión). Así mismo se determinaron las fracciones orgánica e inorgánica del seston con la técnica de oxidación con H_2O_2 , descrita por Peterson (1977). Los cálculos de éstos valores se hicieron en base al volumen de muestra filtrado y a las diferencias de peso del filtro, antes y después de oxidación. Se corrieron blancos para detectar cualquier efecto del H_2O_2 sobre los filtros utilizados. Durante las determinaciones de seston total se obtuvo un porcentaje del coeficiente de variación promedio de 0.32 %, y para la determinación de seston orgánico, éste fué de 0.37 % .

2.2.4 PRODUCTIVIDAD PRIMARIA POR EL METODO DEL CARBONO CATORCE.

La productividad primaria por éste método se determinó en tres tipos de experimentos:

a).- Incubaciones *in situ* diarias durante el medio día.- Comprendió ocho incubaciones de fitoplancton hechas a dos niveles (superficie y 5 m), cada incubación abarcó un período de 2 h. Una incubación diaria para cada nivel, durante 7 días que abarcaron ambos períodos de marea.

b).- Incubaciones *in situ* durante el día.- Consistió en seis incubaciones continuas a lo largo del día, a un solo

nivel (superficie). Cada incubación tuvo una duración de 2 h. Este experimento solo se hizo durante dos días (27 de agosto y 2 de septiembre de 1986). Un experimento para cada período de mareas.

c).- Incubaciones a diferentes intensidades de luz.- Aquí se hicieron incubaciones a diferentes niveles de irradiancia (100, 50, 25, 10 y 1 % de I_0) al medio día (11 h aprox.) durante dos días (31 de agosto y 1 de septiembre de 1986). Cada incubación tuvo una duración de 2 h. Ambos correspondientes al período de mareas vivas.

La rutina que se siguió para cada incubación, a bordo de la lancha, fue la siguiente: Anterior a la toma de muestras las botellas (125 ml) se cubrieron con bolsas de franela negra, para evitar que el fitoplancton sufriera un "shock" luminoso. Se tomaba la muestra a la profundidad en que se iban a incubar con una botella Van-Dorn. Esta profundidad fue determinada en base a los datos de irradiancia obtenidos con un fotómetro submarino y se midió con el cable del mismo aparato el cual presentaba divisiones cada metro. Se drenaba y llenaban las botellas de 125 ml ya preparadas. Se inyectaban 150 μ l de una solución comercial de $NaHC^{14}O_3$ (3 μ Ci) y se colocaban en las canastas (tres réplicas por nivel). Una vez sumergidas se quitaban las bolsas de franela. Las canastas eran de forma cuadrada y construidas con alambre rígido. Medían

aproximadamente de 30 *cm* por lado y 15 *cm* de ancho. Para evitar la pérdida de las botellas, se tejieron las canastas con hilo para red, de ésta manera las canastas eran seguras y permitían el paso de una cantidad suficiente de luz a las botellas. Las canastas estaban sujetas a un sistema de flotación (Fig. 2) y éste a su vez a una boya (estación) que presentaba un sistema de anclaje. A éste último se encontraba sujeta la lancha zodiac donde se realizaron los métodos de obtención y pretratamiento de las muestras.

Después del período de incubación (2 *h*) se filtraban las muestras con una bomba manual a través de filtros de membrana de .45 μ m y 47 *mm* de diámetro. Los filtros se almacenaron en frascos sin ningún tratamiento, para centelleo de 20 *ml* etiquetados y se mantuvieron en una hielera hasta llegar a tierra.

En tierra se congelaron, manteniéndose así hasta su tratamiento en el laboratorio (dos meses aprox.). Este consistió en agregar 10 *ml* de beta-phase (líquido para centelleo) a cada frasco. Al mismo tiempo fue necesario hacer testigos y estándares, para detectar cualquier alteración producida por los filtros empleados y además corroborar la concentración de la solución comercial de $\text{NaHC}^{14}\text{O}_3$.

Para la preparación de los testigos y estándares se

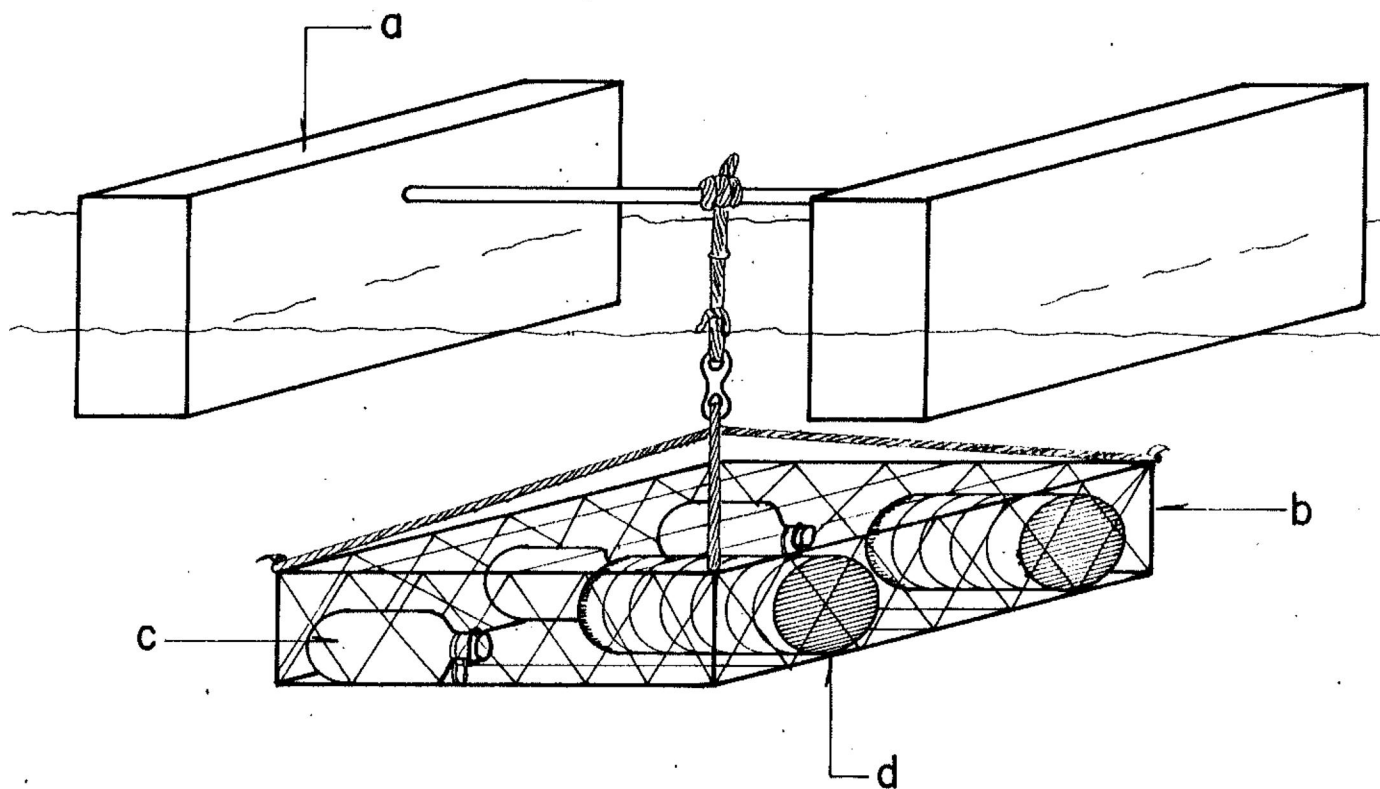


Fig. 2.- Canastas de incubación para mediciones de productividad. a=sistema de flotación, b=canastas c=botellas claras y d=botellas oscuras.

siguió la técnica descrita por Strickland y Parsons (1972). Para asegurarse que no hubiera pérdidas de C^{14} en forma de CO_2 , se agregó 1 ml de etanolamina a cada estándar.

Una vez hecho esto, las muestras fueron enviadas al Instituto Oceanográfico de Scripps, para la determinación de su radio-actividad por centelleo-líquido. Para los conteos de radiaciones β se empleó un contador Beckman LS-100.

2.2.5 PRODUCTIVIDAD PRIMARIA POR EL METODO DEL OXIGENO (BOTELLAS CLARAS Y OSCURAS).

Aquí solo se hicieron dos tipos de experimentos. Similares a los experimentos "a" y "b" realizados con el método del C^{14} . El período de incubación fué de 3 h.

La toma de las muestras y la forma en que se llenaban las botellas de oxígeno disuelto fué similar al método descrito para el carbono catorce.

Se llenaban siete botellas. De éstas, tres se fijaban, para determinar el oxígeno disuelto inicial. Dos se colocaban en la canasta (botellas claras) y dos se colocaban en el interior de frascos de boca ancha y 1 l de capacidad, llenos de agua. Y se colocaban en la canasta. Los frascos estaban cubiertos con cinta aislante de polivinilo color negro, sobre el cuál se colocó papel aluminio, y sobre éste cinta adhesiva, para evitar la

corrosión del aluminio. De ésta manera se garantizó el mínimo paso de luz hacia el interior del frasco. Se llenaban con agua de mar para mantener la temperatura de la muestra durante la incubación.

El objeto de utilizar éstos frascos era evitar el cubrir o pintar las botellas de oxígeno disuelto, ya que para la determinación de éste se empleó el método colorimétrico descrito por Bryan *et al* (1976) y modificado por Cajal Medrano *et al* (1987). Este emplea un detector fotoelectrónico (Fig. 3), el cuál mide la intensidad de luz a una longitud de onda de 355 nm que pasa a través de la botella, por lo que las botellas para oxígeno disuelto deben estar limpias de grasa, antes de su titulación. La precisión lograda con éste aparato durante la titulación de estándares está en el rango de 0.04 - 0.09 %, mientras que durante la titulación de muestras es del orden de 0.1 - 0.3 % (Cajal Medrano, trabajo no publicado).

Al término del período de incubación, se fijó el oxígeno y las botellas se almacenaron en una hielera a baja temperatura. En tierra se determinaba el oxígeno disuelto empleándose un detector fotoelectrónico (fig. 3) y una microbureta de 2500 μ l de capacidad.

Para cada muestra se corría un blanco de reactivos y se valoraba el $Na_2S_2O_3$ empleado, debido a que las condiciones climáticas favorecían la evaporación de agua.

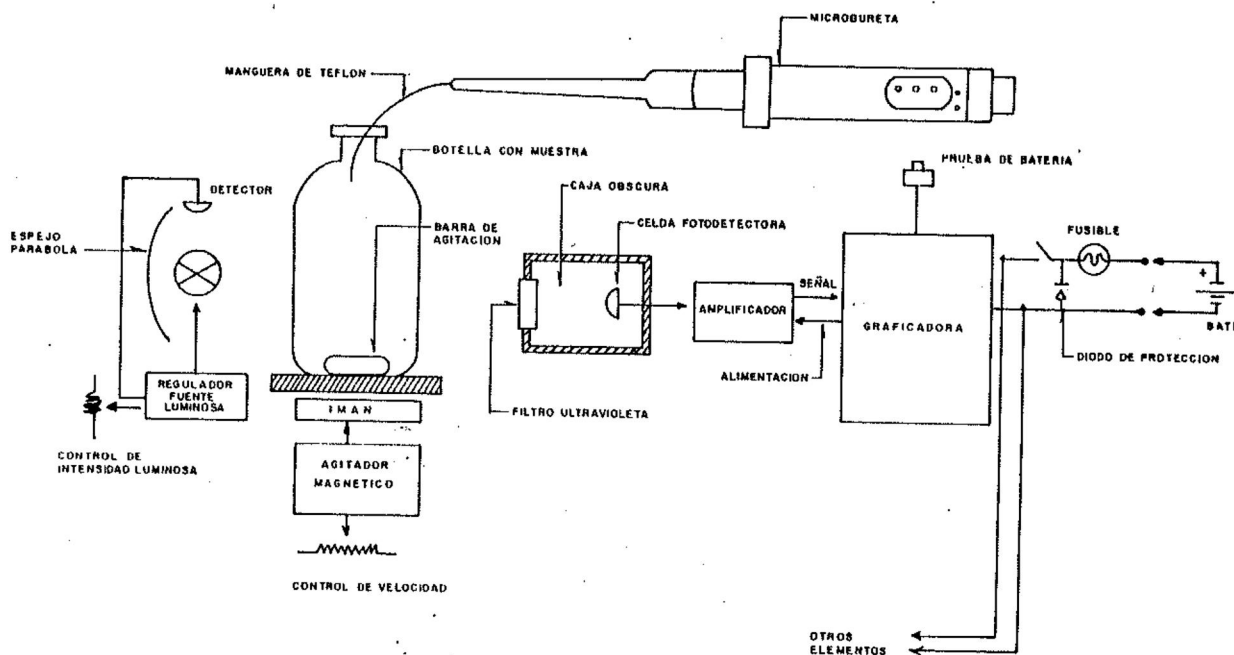


Fig. 3.- Detector fotoelectrónico de alta precisión para mediciones de oxígeno disuelto. (Tomado de Cajal Medrano et al, 1987).

Para los cálculos de oxígeno disuelto fué necesario determinar el volúmen de cada botella BOD empleada. Este se obtuvo por diferencia de peso, entre la botella llena de agua destilada y vacía. Se medía la temperatura del agua y con ella se obtenía la densidad. Con éstos datos se puede obtener el volúmen de la botella en forma indirecta. Las determinaciones se hicieron por triplicado.

3.1 IRRADIANCIA.

Para los cálculos de irradiancia se empleó la siguiente fórmula:

$$I(W \cdot m^{-2}) = L \cdot F \cdot 2.4$$

Donde : I = irradiancia en watts por metro cuadrado.

L = lectura del irradiómetro.

F = factor del irradiómetro.

Así mismo, para los días que se realizó el experimento para determinar la variación de la productividad orgánica primaria a través de la columna, se calcularon los coeficientes de atenuación de la luz, mediante la fórmula:

$$K_z = \frac{(\ln(I_0/I_z))}{Z}$$

Donde : K_z = Coeficiente de atenuación de la luz a la profundidad z .

I_0 = Irradiancia en superficie en Wm^{-2}

I_z = Irradiancia a la profundidad z en Wm^{-2}

z = Profundidad en m

3.2 PRODUCTIVIDAD ORGANICA PRIMARIA POR EL METODO DEL CARBONO CATORCE.

Los conteos por minuto (cpm) obtenidos por el contador de radiación beta fueron convertidos a decaimientos por minuto (dpm) mediante la fórmula

$$dpm = \frac{(cpm - 50.54)}{E}$$

Donde : E = eficiencia del aparato de medición
50.54 = Es el valor promedio obtenido
en los testigos en conteos
por minuto.

La eficiencia para éstos conteos se obtuvo a partir del polinomio :

$$E = 0.40815 + 0.242436 x - 0.0409967 x^2 + 0.0024956 x^3$$

Donde : x = número de corrección que proporciona
el aparato para cada medición.

En promedio la eficiencia fué de .8675 con un c.v. = 1.78 %.

Una vez obtenido el dpm de cada muestra se obtiene la

concentración de carbono mediante la fórmula:

$$mgC m^{-3} h^{-1} = (dpm_m) \cdot (c_t) \cdot \frac{(1.06)}{(dpm_a)} \cdot (h)$$

donde: dpm_m = dpm de la muestra corregida por
testigo
 dpm_a = dpm agregados a la muestra problema
($6.6 \times 10^6 dpm$)
 h = intervalo de incubación en horas.
 c_t = carbono total en $mg \cdot m^{-3}$
1.06 = factor de asimilación C^{14}/C^{12}

El carbono total se obtuvo a partir de la fórmula descrita por Strickland y Parsons (1972). Como en éste caso la salinidad es un factor importante en la cantidad de bióxido de carbono disuelto en el agua de mar se tomaron las salinidades que se acercaban más a la hora y profundidad de incubación para cada muestra, proporcionadas por Ibarra Sañudo (1988). De ésta manera se obtuvo una media de la concentración de carbono total de $26700 \text{ } mg \cdot m^{-3}$.

Para corroborar la concentración de C^{14} indicada en las ampollitas de $NaHC^{14}O_3$, se hizo una serie de siete estándares por triplicado (coeficiente de variación de 0.29 a 1.68 %). Se compararon los dpm de éstos con los dpm esperados de acuerdo al volumen de solución de $NaHC^{14}O_3$ agregada a cada

estándar. Para ello se correlacionaron ambos valores, con lo cual se obtuvo una recta cuya ecuación fué:

$$y = 0.961938226x + 1045.14$$

Donde: y = dpm medidos por centelleo-líquido.

x = dpm teórico calculado.

La recta así obtenida presentó un coeficiente de determinación (r^2) de 0.998. Por lo que se consideró que la concentración de las ampollas era correcta ($150 \mu l = 3 \mu Cl = 6.6 \times 10^6 dpm$).

La productividad primaria y las clorofilas integradas para las curvas del séptimo y octavo día se obtuvieron determinando el área bajo la curva, por conteo de cuadros en una hoja milimétrica.

3.3 OXIGENO DISUELTO (BOTELLAS CLARAS Y OBSCURAS).

Las concentraciones de oxígeno disuelto para cada muestra, se obtuvieron estequiométricamente, considerando que 2 moles de $Na_2S_2O_8$ equivalen a medio mol de O_2 , se obtuvo la siguiente fórmula:

$$mg de O_2 / l = \frac{(8 \cdot N \cdot V)}{(B - R)}$$

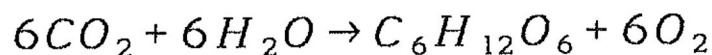
Donde :

- N= normalidad del tiosulfato de sodio.
- V= volumen gastado de tiosulfato durante la titulación en μl
- B= volumen de la botella BOD en ml
- R= volumen de reactivos agregados en ml
- 8= equivalentes de oxígeno.

La normalidad del $Na_2S_2O_3$ fué determinada para cada análisis, por lo que el valor de éste varía para cada paquete de muestras. El coeficiente de variación durante su valoración fué de 1.20 a 1.13 %, siendo la media de todas las normalidades de 0.58206 .

El coeficiente de variación durante la determinación del volumen de las botellas BOD osciló entre el 0.0018-0.023 % .

A partir de las medias de las concentraciones de oxígeno disuelto (C.V.= 0.02-10.93 %), se calculó estequiométricamente, la concentración de carbono asimilado (fotosíntesis bruta) a partir de la ecuación de fotosíntesis:



Teniendo como fórmula final la siguiente:

$$Fotosintesis(mgCm^{-3}h^{-1}) = \frac{(A \cdot 12 \cdot 1000)}{(PQ \cdot 32 \cdot H)}$$

Donde :

A = Diferencia de concentraciones de oxígeno disuelto (mgO_2/l), entre la media de las botellas claras y la media de las botellas iniciales, cuando se calcula la fotosíntesis bruta.

12 = peso molecular del carbono

32 = peso molecular del oxígeno

1000 = factor de conversión de litros a metros cúbicos

H = tiempo de incubación en horas

PQ = 1.2 .Relación molar $4O_2/-4CO_2$ (cociente fotosintético)

De acuerdo a Raine (1983), el valor del cociente fotosintético depende de la relación con las concentraciones de nitratos y amonio presentes en el agua de mar y al mismo valor de las concentraciones. Basado en ésta observación, el valor de PQ empleado (1.2) para los cálculos de productividad se determinó considerando las concentraciones de amonio y nitratos reportados en el estudio paralelo hecho por Castro Montoya (1988).

3.4 MANIPULACION ESTADISTICA DE LOS DATOS.

Para todos los datos obtenidos se obtuvieron las medias de las réplicas obteniendo el porciento del

coeficiente de variación (desviación estándar x 100/ media)
para cada paquete de réplicas. Estos valores se calcularon
con el objeto de indicar la variación debida a la técnica y
manipulación de muestras.

RESULTADOS.

De acuerdo a los experimentos realizados en éste trabajo, las fluctuaciones de los resultados pueden dividirse en tres tipos: variaciones diarias, variaciones diurnas y variaciones a diferentes intensidades de luz. Por tanto, el dividir los resultados en éstos tres tipos de variación permitirá una mejor interpretación de los datos obtenidos

4.1

VARIACIONES DIARIAS

4.1.1

MAREAS.

El período de mareas fué mixto, con predominancia semidiurna (fig. 4a). Destacandose tres fases a lo largo de los días de muestreo : mareas muertas, que incluyó del primero al tercer día de muestreo (con una variación máxima de 90 cm); de transición, del cuarto al sexto día (con variación máxima de 135 cm) y; vivas, del séptimo al noveno día (variación máxima de 210 cm), (Fig. 4a).

4.1.2

VIENTOS.

Estos fueron predominantemente del sureste (frecuencia relativa de 0.42), con una magnitud promedio de 5.27 m/s, en un rango de 2-11.2 m/s. Manifestándose los vientos máximos, con dirección sureste en el período de mareas vivas (séptimo y octavo día) (Fig. 4b).

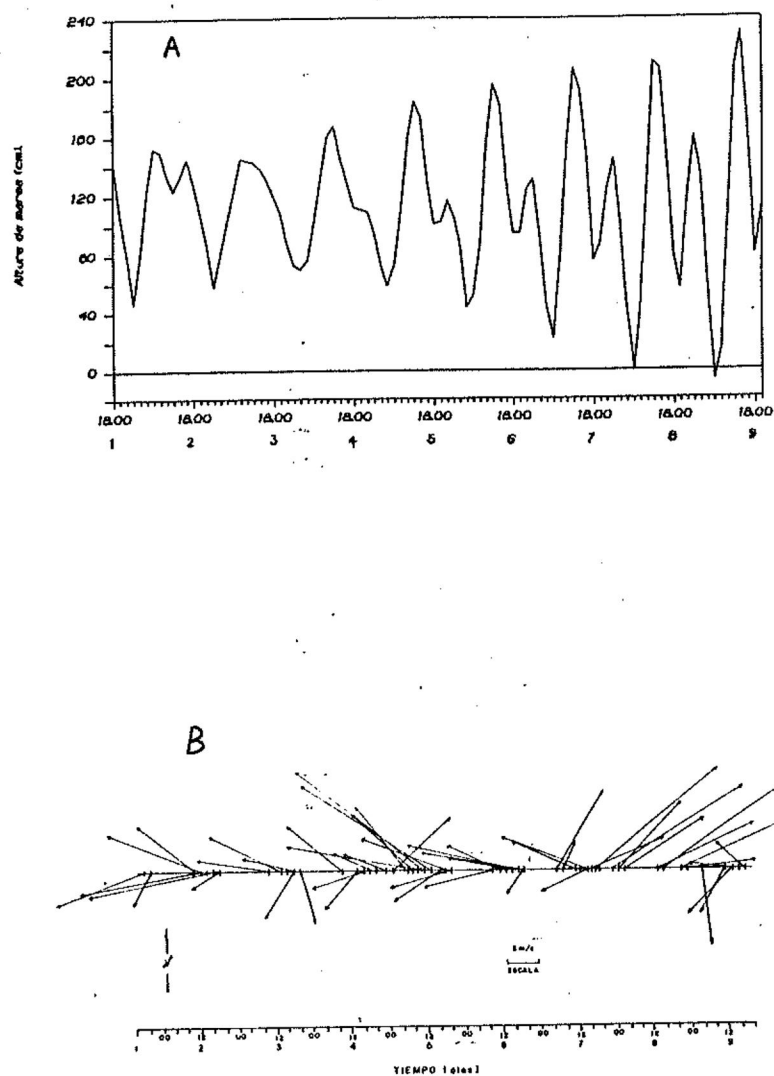


Fig. 4.- Variaciones diarias durante el período de muestreo. a).- marea, b).-dirección y velocidad del viento((b).-Tomado de Ibarra Sañudo, 1988).

En la gráfica correspondiente (Fig. 4b) se muestran ciertos espacios vacíos debido al mal tiempo y que no fué posible medir la dirección ni la intensidad del viento en el punto de muestreo.

4.1.3 TEMPERATURA.

La temperatura muestra una estratificación en la columna de agua durante el período de mareas muertas, con una diferencia máxima, entre los 0 y 10 m de profundidad de 2.77°C, (Fig. 5a). La temperatura de los 10 m muestra un incremento brusco (2°C) durante el período de transición. Posteriormente se observa un decremento (1°C aprox.), que coincide con los días en que hubo un cambio en el período de mareas y en la intensidad y dirección del viento.

4.1.4 IRRADIANCIA.

Durante los días de muestreo la irradiancia fué medida en intervalos irregulares de tiempo. En la figura 5b se muestran los valores máximos de irradiancia cercanos al medio día y que coinciden con las horas de incubación para productividad. Presentando un promedio de 155 $W \cdot m^{-2}$ para la superficie y de 38 $W \cdot m^{-2}$ para 5 m de profundidad.

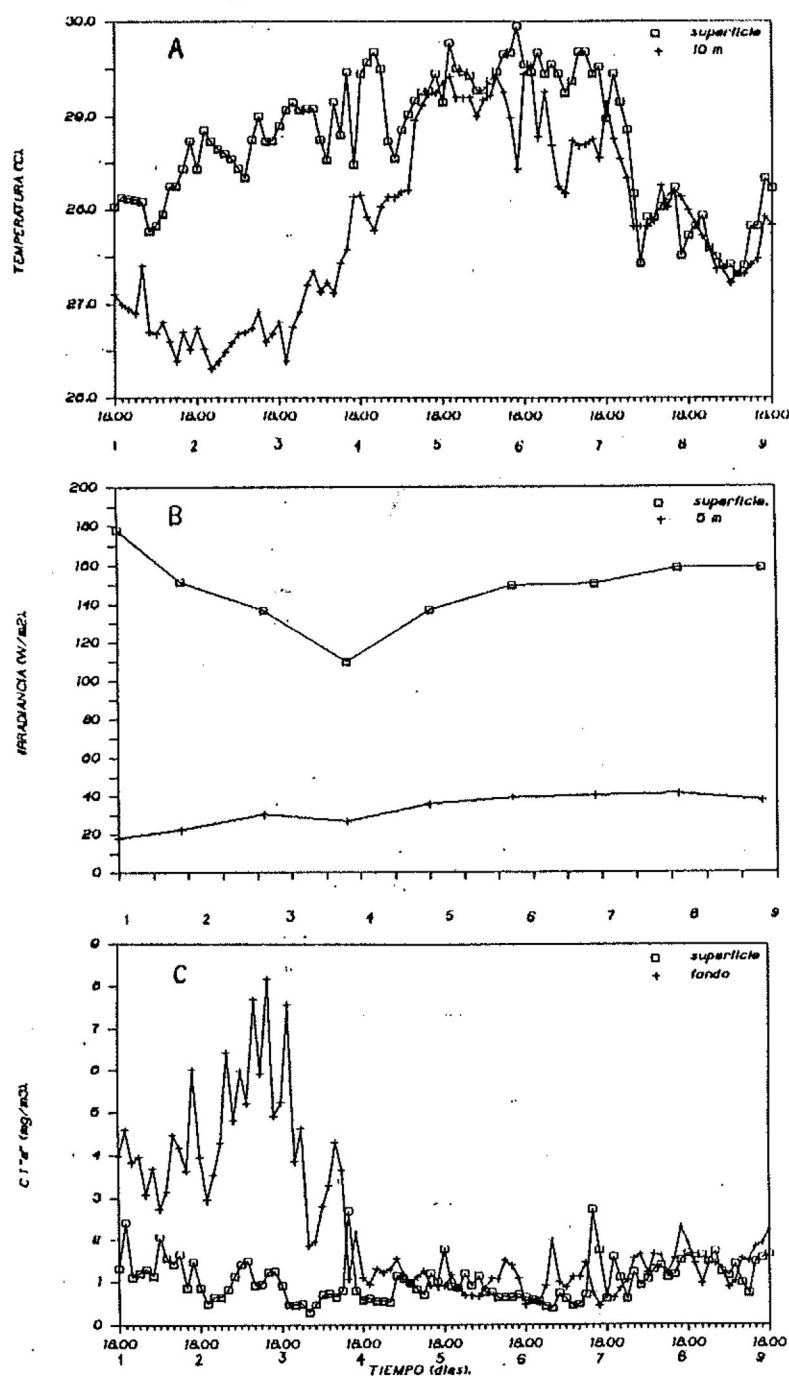


Fig. 5.- Series de tiempo durante el período de muestreo. a).- temperatura, b).- irradiancia y c).- clorofila "a". ((a).-Tomado de Ibarra Sañudo, 1988).

4.1.5 CLOROFILAS.

Los valores promedio de clorofila "a" fueron : 2.359 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ para 10 m (rango 0.45-8.3 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$) y de 1.03 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ para superficie (rango de 0.3-2.8 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$).

La concentración de clorofila "a" muestra una estratificación en la columna de agua durante el periodo de mareas muertas, presentandose la mayor concentración a los 10 m (aproximadamente tres veces mayores que en la superficie) (fig. 5c).

Durante el periodo de transición se observa una disminución brusca de la concentración de clorofilas a 10 m sin un cambio aparente en la superficie. Finalmente durante el periodo de mareas vivas, se observa una homogenización completa, sin aumentar notablemente la concentración de clorofila en ambos niveles.

Los valores promedio de clorofila "a" fueron : 2.359 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ para 10 m (rango 0.45-8.3 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$) y de 1.03 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ para superficie (rango de 0.3-2.8 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$).

4.1.6 SESTON.

Los datos de seston total y organicos presentan una variación irregular durante los períodos de marea, encontrándose dos picos máximos a 0 m y uno a 10 m durante el período de transición y vivas (Fig. 6a y 6b). Estos presentan cierto desfaseamiento con los días en que

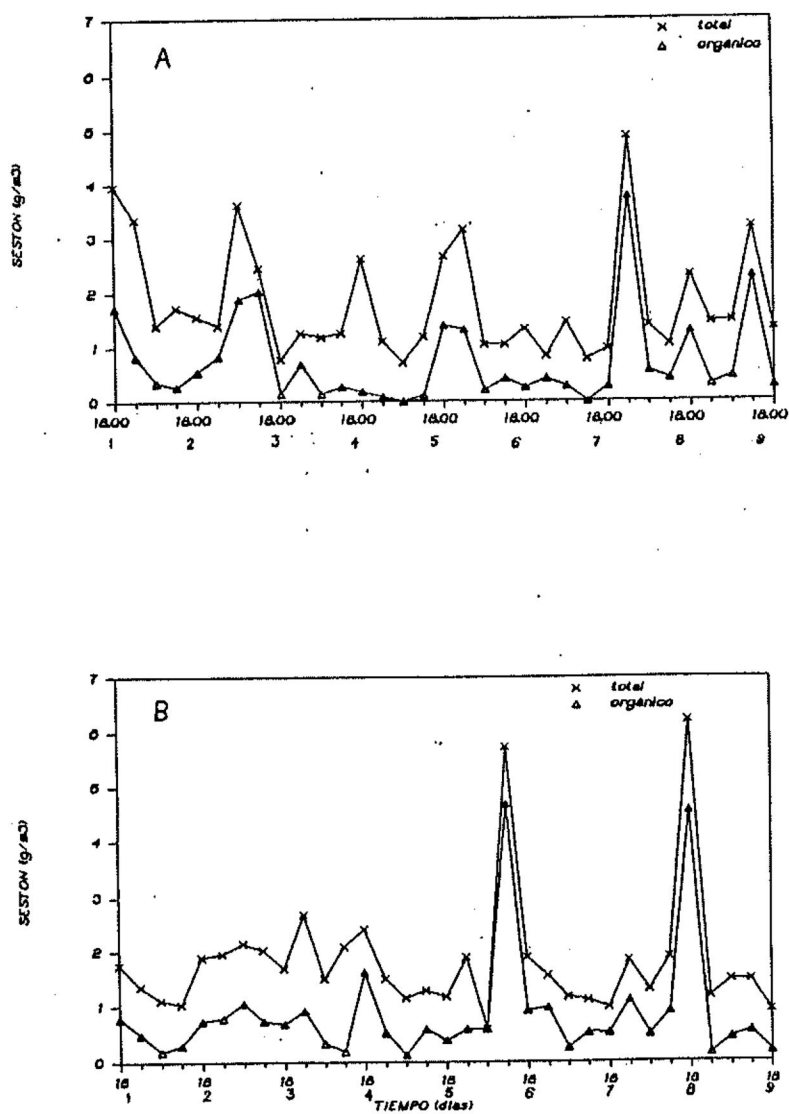


Fig. 6.- Series de tiempo de seston total y orgánico. a).- superficie, b).- 10 m.

hubo viento fuerte (10-11 m/s). Cuando existen los picos máximos de seston, también hay valores máximos de material orgánico particulado, esto ocurre en ambas profundidades. Así mismo, en la superficie existe un menor porcentaje de material orgánico particulado durante el período de mareas de transición mientras que a 10 m ocurre lo contrario (Fig. 6a y 6b).

De la cantidad total de material particulado, un promedio del 37.85 % corresponde a materia orgánica particulada (rango de 0.00 a 77.27 %).

En promedio el seston total presenta valores de 1.82 $g \cdot m^{-3}$ (0.59-6.2 $g \cdot m^{-3}$).

4.1.7 PRODUCTIVIDAD PRIMARIA.

4.1.7.1 METODO DEL CARBONO CATORCE.

Durante el periodo de mareas muertas la productividad orgánica primaria muestra una estratificación en la columna de agua, siendo más altos a 5 m que en superficie (fig. 7a). En el periodo transicional de mareas los valores de productividad a 5 m tienden a disminuir mientras que en la superficie ocurre lo contrario. Finalmente, durante el período de mareas vivas se observa una homogenización en ambos niveles. Los valores promedio para productividad fueron de 6.03

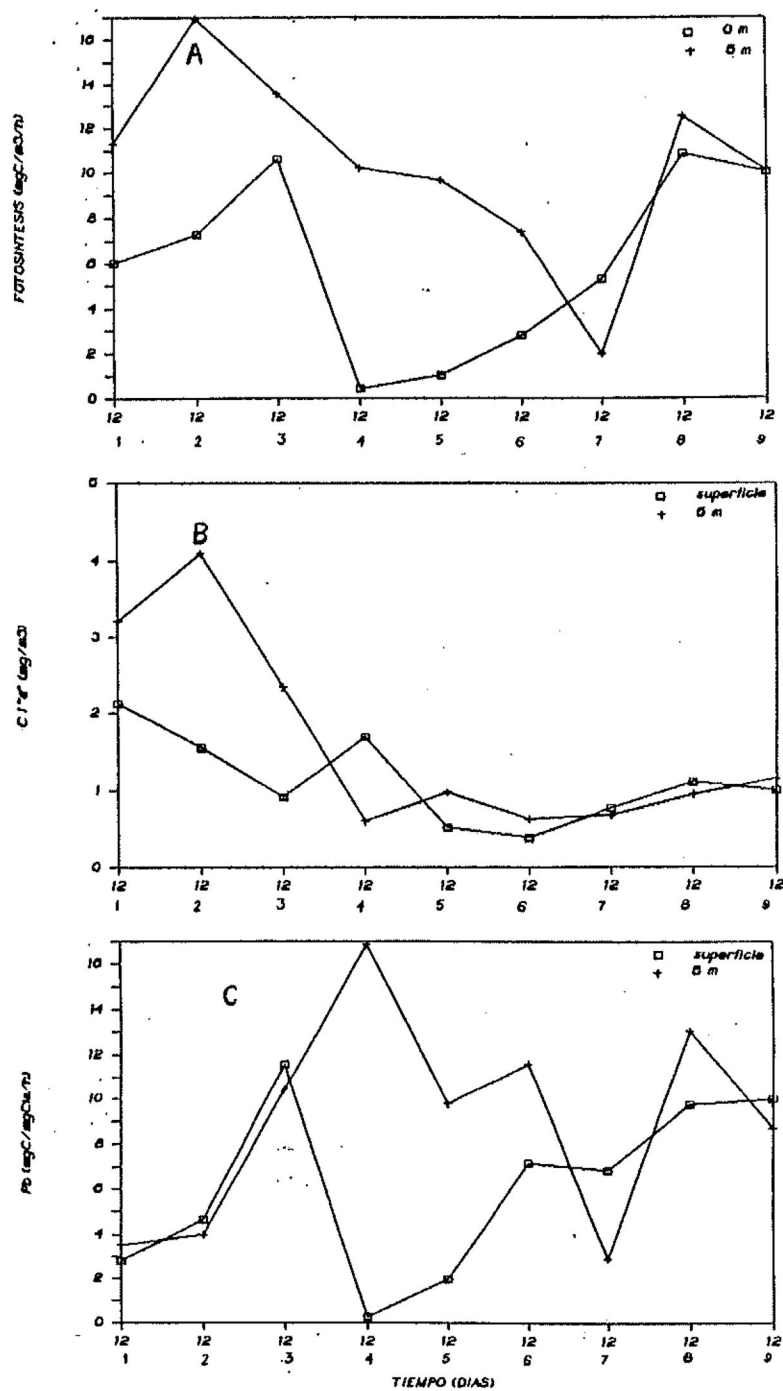


Fig. 7.- Variaciones diarias durante el período de muestreo. a).- productividad (μC), b).- "clorofila "a" de las muestras incubadas y c).- razón de asimilación.

$\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ en la superficie (0.4 a 10.9 $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ y de 10.03 $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ a 5 m (2 - 16.9 $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$).

En la figura 7b se muestra el comportamiento de la clorofila de las muestras de incubación.

Aquí se puede observar que la concentración de clorofila es mayor a 5 m que en la superficie durante el periodo de mareas muertas, posteriormente, durante el período de mareas transicionales hay una disminución en los valores de la clorofila en los 5 m de profundidad, no observandose un cambio notable en la superficie. Finalmente, durante el período de mareas vivas se observa una homogenización completa, sin aumentar notablemente la concentración de clorofila "a" en ambos niveles.

Las razones de asimilación tienden a ser menores durante el periodo de mareas muertas en ambos niveles (Fig. 7c), mientras que durante los periodos de mareas transicionales y vivas los valores de las razones de asimilación tienden a aumentar siendo los más altos en 5 m que en la superficie. El valor máximo se presentó en el periodo transicional y fué de 16.79 $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$, (Fig. 7c).

4.1.7.2 METODO DEL OXIGENO (BOTELLAS CLARAS Y OBSCURAS).

El comportamiento de la fotosíntesis medido con el

método del oxígeno es similar al observado con el método del carbono catorce (Fig. 8), aunque los valores de fotosíntesis estimados con el método del oxígeno son aproximadamente tres veces mayores.

4.2 VARIACIONES DIURNAS.

4.2.1 IRRADIANCIA.

La variación diurna de la irradiancia se muestra en la figura 9a. Esta gráfica fue construida con los valores obtenidos el 2 de septiembre de 1986 (noveno día) para el ambiente y 1 m de profundidad. Presentándose los valores máximos de irradiancia al medio día (367.2 W/m^2 y 147.6 W/m^2 para 1 m). Los valores máximos de irradiancia para el ambiente son aproximadamente dos veces mayores que los medidos a 1 m de profundidad.

4.2.2 PRODUCTIVIDAD PRIMARIA.

4.2.2.1 METODO DEL CARBONO CATORCE.

La variación diurna de la productividad fue irregular durante el período de mareas muertas (Fig. 9c), presentándose el valor máximo al medio día ($10.62 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$). Por el contrario, durante el día correspondiente a mareas vivas, la productividad ascendió durante

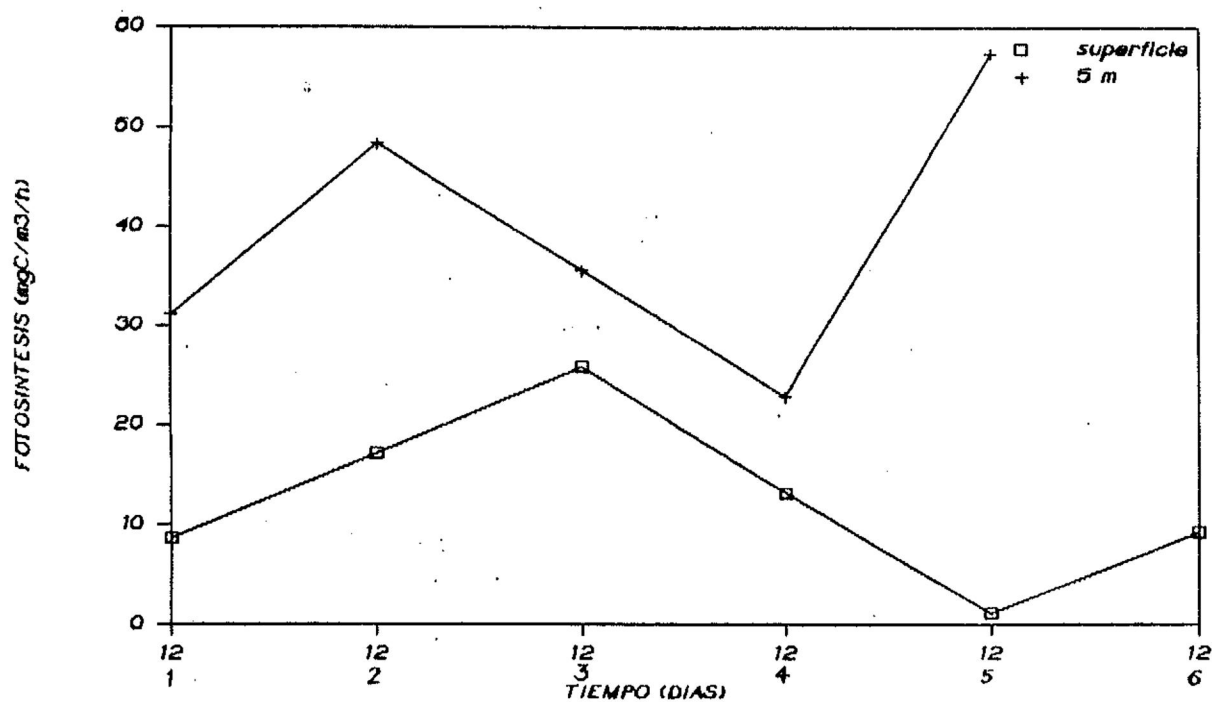


Fig. 8.- Variaciones diarias de la productividad medida con el método del oxígeno (botellas claras y oscuras)

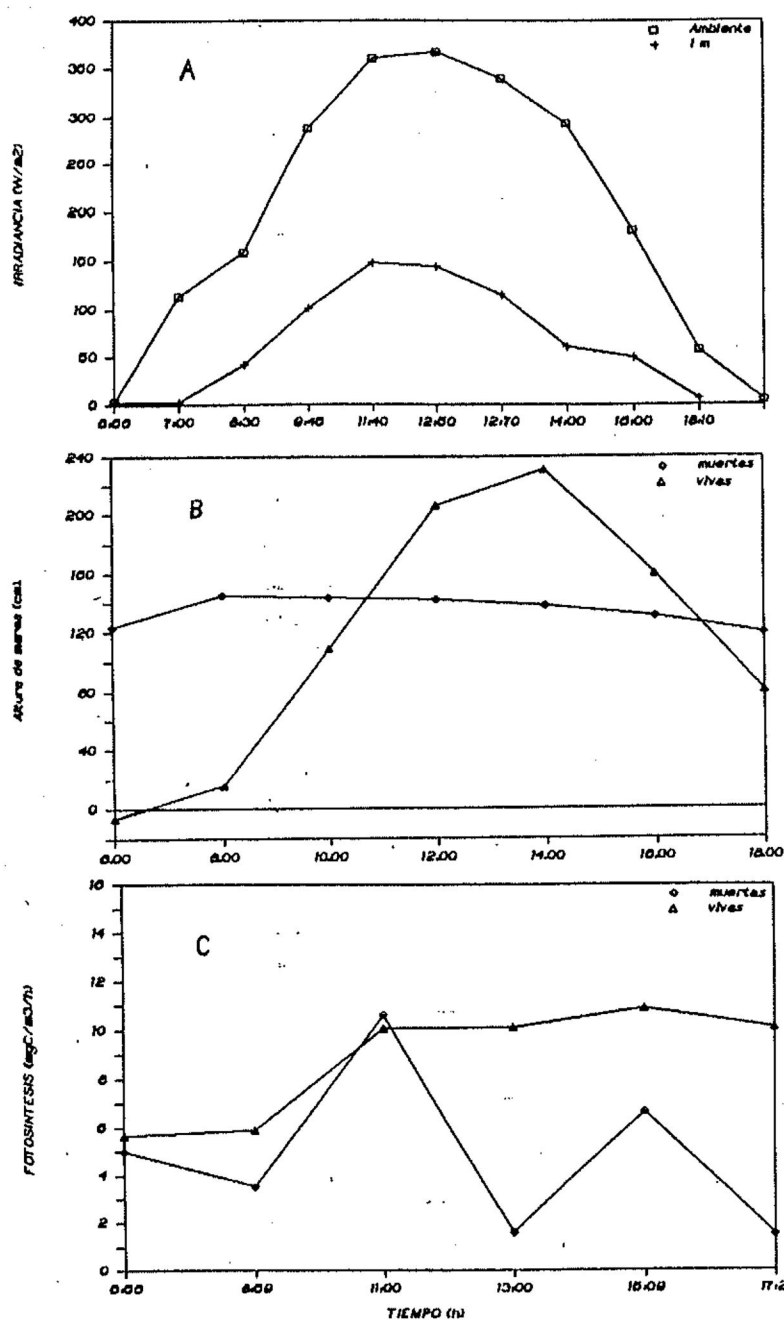


Fig. 9.- Variaciones diurnas durante dos días (27 agosto y 2 septiembre). a).- irradiancia, b).- marea y c).- productividad (C''). El día 27 de agosto correspondió al período de mareas muertas mientras que el 2 de septiembre al de mareas vivas.

las primeras horas del día, mostrando valores constantes a partir del medio día (con un valor máximo de $10.86 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$).

La clorofila de las muestras incubadas no mostró una variación significativa durante el día, sin embargo, tuvo la tendencia a incrementar su valor conforme transcurría el día mostrando los valores máximos durante la tarde (Fig. 10a). Este comportamiento se presentó para ambos períodos de mareas, observándose los valores más altos durante el día correspondiente al período de mareas vivas.

El comportamiento de las razones de asimilación durante el día fue muy similar al de la productividad primaria (Fig. 10b). Presentándose el valor máximo ($11.54 \text{ mgC} \cdot \text{mgclor}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) durante el período de mareas muertas, mostrando una disminución brusca al atardecer. Durante el día correspondiente, al período de mareas vivas, las razones de asimilación tendieron a aumentar durante las primeras horas del día, mostrando valores constantes (máximo de $9.36 \text{ mgC} \cdot \text{mgclor}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) hasta el atardecer donde disminuyó bruscamente.

4.2.2.2 METODO DEL OXIGENO (BOTELLAS CLARAS Y OBSCURAS)

Este método solo se utilizó para el período de

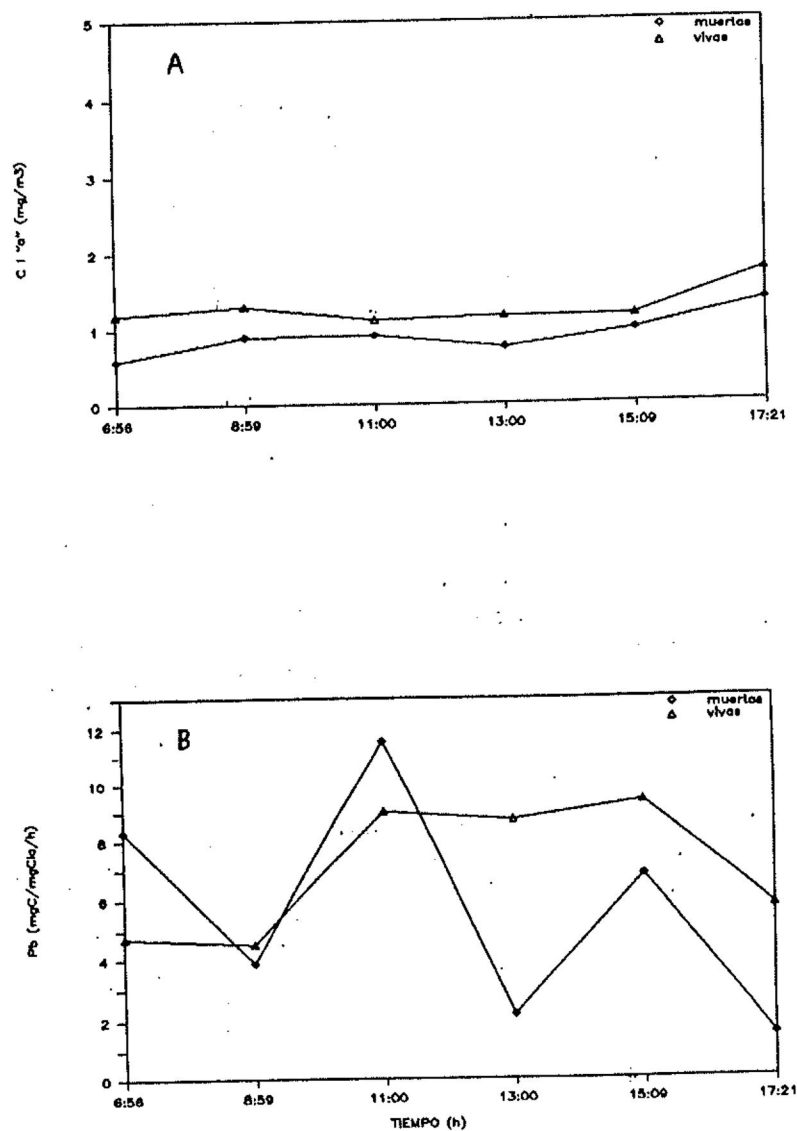


Fig. 10.- Variaciones diurnas durante dos días (27 agosto y 2 septiembre). a).- clorofila "a" de las muestras incubadas, b).- razón de asimilación. El día 27 de agosto correspondió al período de mareas muertas mientras que el 2 de septiembre al de mareas vivas.

mareas muertas. Durante el día se realizaron cuatro incubaciones, de éstas solo se obtuvieron dos datos de productividad positivos (3.46 y 25.73 $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$). El valor máximo se presentó al medio día.

4.3 VARIACIONES EN LA VERTICAL.

4.3.1 IRRADIANCIA.

Al medio día de los días 31 de agosto y 1 de septiembre se midió la irradiancia a diferentes profundidades. Estos correspondieron al período de mareas vivas. La tendencia de la irradiancia fue la de disminuir en forma exponencial conforme aumentaba la profundidad (Fig.11a). Los valores de irradiancia fueron menores para el 31 de agosto.

El coeficiente de atenuación de la luz (K_z) fué calculado a partir de las irradiancias medidas a diferentes profundidades. Los valores de K_z aumentan conforme aumenta la profundidad (Fig. 11b). En el día 1 de septiembre se observa una disminución de éstos valores a los 7 m de profundidad con el posterior incremento en los mismos a los 10 m.

4.3.2 PRODUCTIVIDAD PRIMARIA CON EL METODO DEL CARBONO CATORCE.

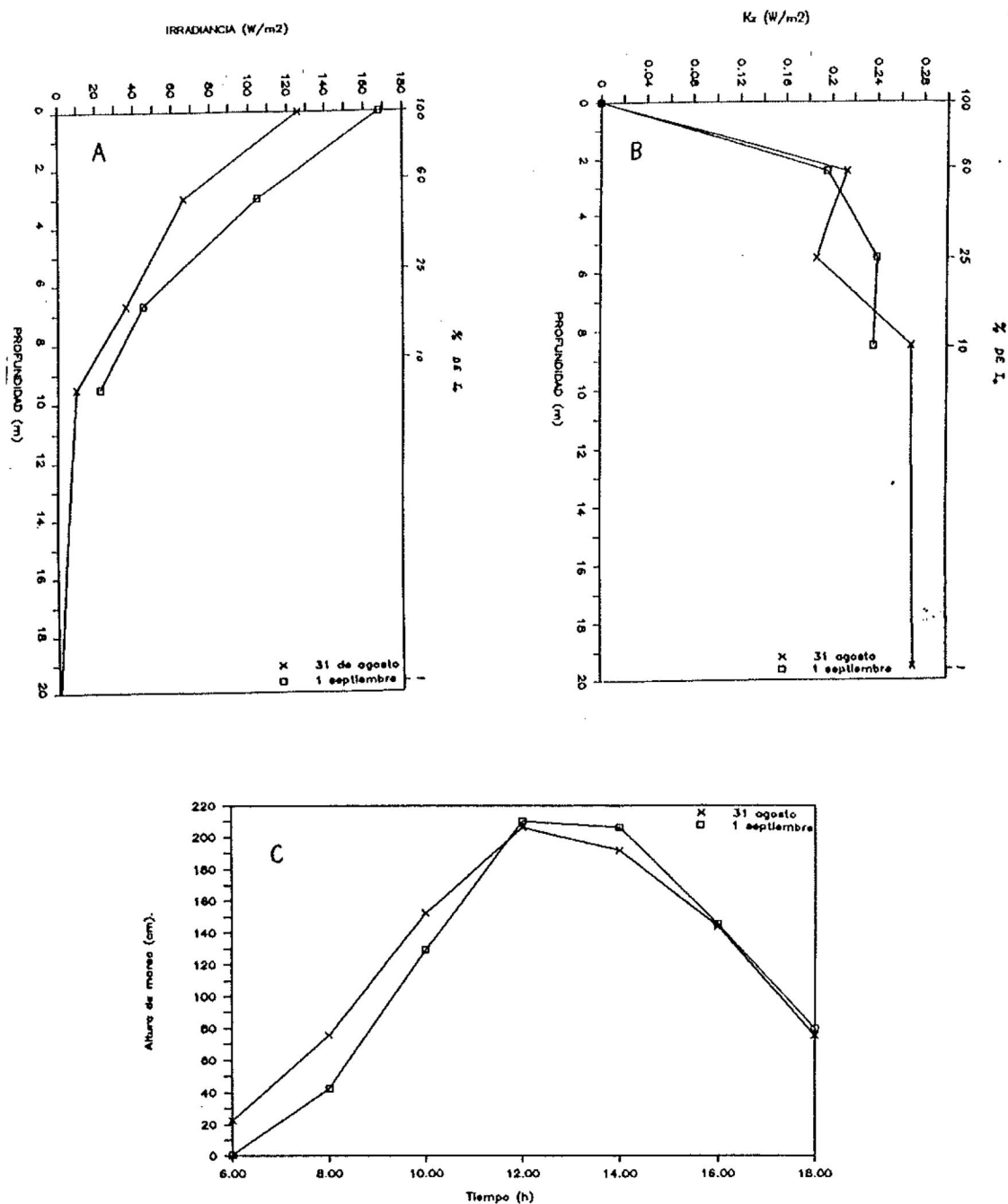


Fig. 11.- Variación durante dos días (31 agosto y 1 septiembre). a).- irradiancia en la vertical, b).- coeficiente de atenuación en la vertical y c).- marea. Ambos días correspondieron al período de mareas vivas.

Este experimento se realizó durante los días 31 de agosto y 1 de septiembre al medio día. Ambos días corresponden al período de mareas vivas. Los valores máximos de productividad en ambos días se encontraron al 60 % de I_0 (Fig. 12a). Estos fueron de $6.37 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ para el 31 de agosto y de $13.32 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ para el 1 de septiembre. Los valores de productividad para el 1 de septiembre son aproximadamente el doble que para el 31 de agosto. La productividad integrada correspondiente al 31 de agosto y 1 de septiembre fueron de $44.85 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ y $165.83 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$, respectivamente.

Las clorofilas de las muestras incubadas tienden a aumentar con la profundidad (Fig. 12b). Encontrándose los máximos al 9.8 y 1.7 % de I_0 los días 31 de agosto y 1 de septiembre, respectivamente. La clorofila "a" integrada para éstos días fueron de 7.21 y 24.15 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$, respectivamente. Por el contrario, las razones de asimilación disminuyen conforme aumenta la profundidad, observándose el máximo de $7.49 \text{ mgC} \cdot \text{mgcl}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ al 52.8 % de I_0 para el día 31 de agosto y de $13.08 \text{ mgC} \cdot \text{mgcl}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ al 26.8 % de I_0 para el día 1 de septiembre (Fig. 12c).

4.3.3 COMPARACION DE RESULTADOS DE PRODUCTIVIDAD PRIMARIA ENTRE LOS METODOS DEL CARBONO CATORCE Y DEL

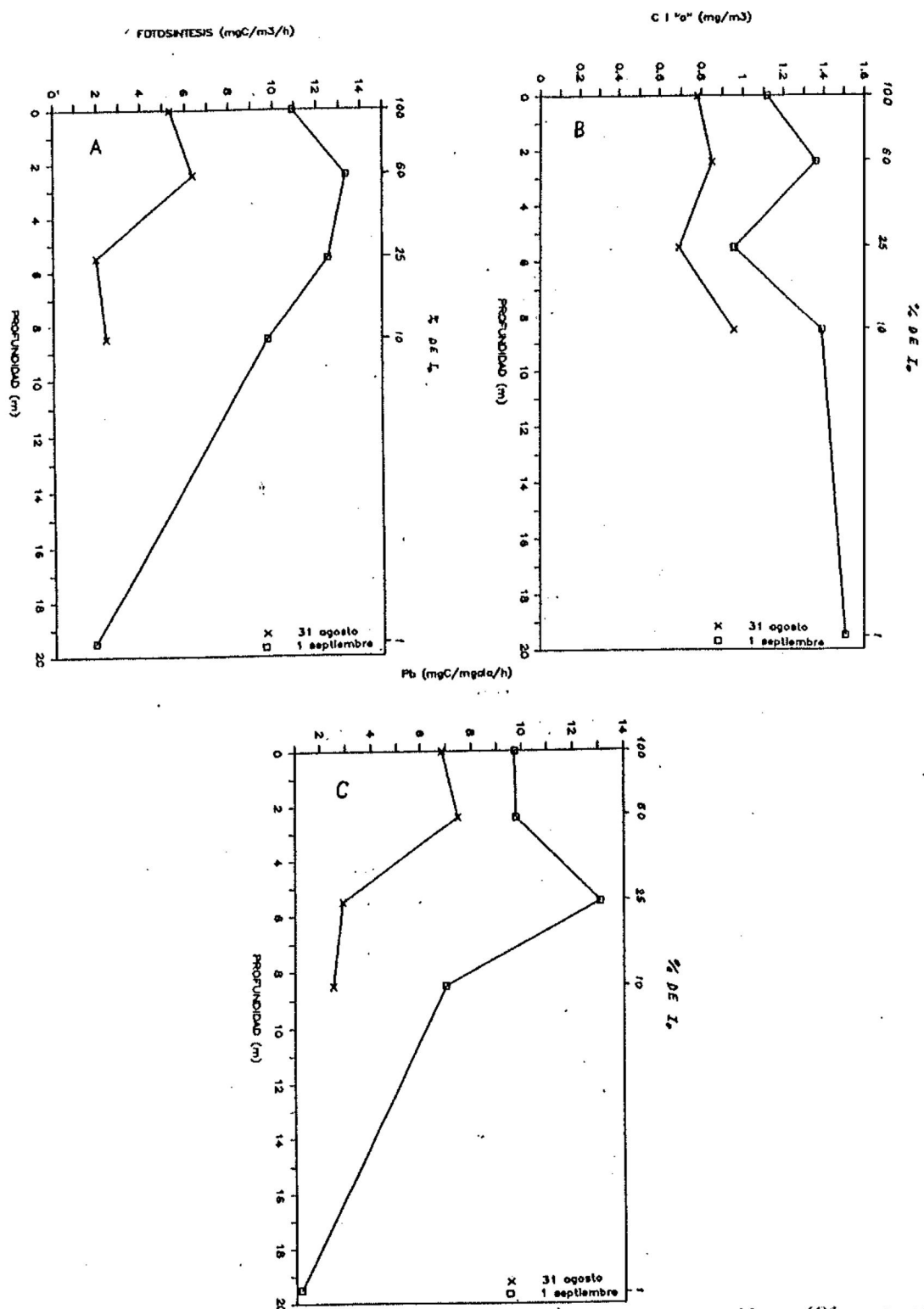


Fig. 12.- Variación en la vertical durante dos días (31 agosto y 1 septiembre). a).- productividad (C''), b).- clorofila "a" de las muestras incubadas y c).- razón de asimilación.

OXIGENO.

Se realizó una correlación entre los datos de productividad primaria obtenidos con los métodos del carbono catorce y del oxígeno (Fig.13). La tendencia de la productividad medida por ambos métodos fué muy similar, pero con valores aproximadamente 3 veces mayores al emplear el método del oxígeno. Su coeficiente de correlación fué de 0.8017. Los valores negativos obtenidos con el método del oxígeno no se tomaron en cuenta para hacer ésta correlación.

Con los valores de oxígeno obtenidos a partir del método del oxígeno y los valores de carbono catorce asimilado, se calcularon los milimoles de oxígeno y bióxido de carbono, respectivamente. De ésta manera se obtuvo un valor del cociente fotosintético para cada muestra. Los valores de PQ así obtenidos mostraron una gran variación (rango de 0.83 a 7.11).

Los coeficientes de variación durante las determinaciones de productividad con el método del carbono catorce y del oxígeno fueron de 20.39 y 9.32 %, respectivamente (variaciones debidas a la técnica).

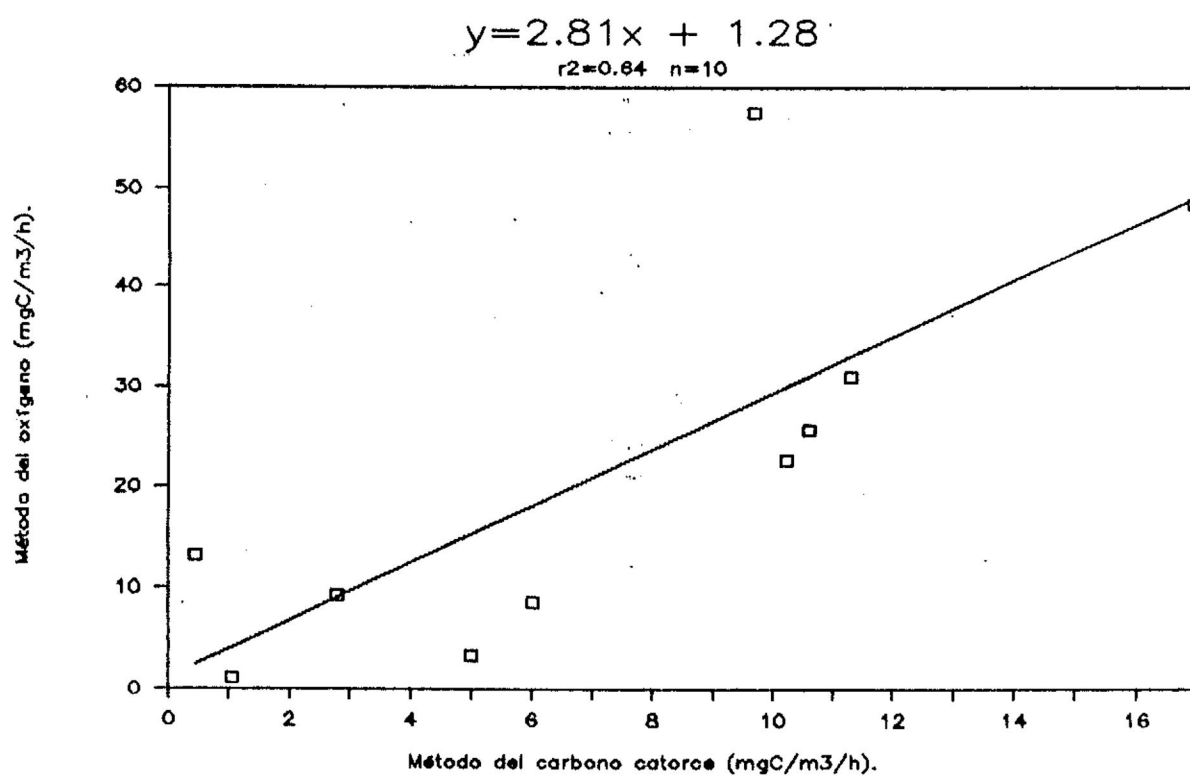


Fig. 13.- Regresión lineal entre la producción orgánica primaria estimada con los métodos del carbono catorce y del oxígeno.

Durante el período de mareas muertas la concentración de clorofila "a" muestra una estratificación con valores más altos en los 10 m de profundidad (Fig. 5c). Esta estratificación puede deberse a que durante éste período los procesos de turbulencia fueron mínimos ya que la temperatura muestra el mismo comportamiento en éste período (Fig. 5a). De acuerdo al estudio paralelo realizado por Ibarra Sañudo (1988) se produce una termoclina durante éste período como consecuencia de un alto tiempo de residencia del cuerpo de agua. Este efecto, tal vez, impide la renovación de nutrientes en las capas superficiales, por lo cuál la concentración de éstos es mayor en los 10 m que en la superficie (Castro Montoya, 1988). Como consecuencia probable de éste efecto la concentración de clorofila "a" es mayor en los 10 m de profundidad.

La mezcla en la columna de agua producida durante el período transicional de marea, como lo sugiere Ibarra Sañudo (1988), tal vez se deba a un efecto global de las aguas del Golfo de California con un probable intercambio con aguas adyacentes del Canal de Ballenas. Esto quizás produjo un efecto de "dilución" de la concentración de clorofila "a". Los valores de clorofila "a" a lo largo del período de muestreo, son comparativamente más altos que los reportados para Bahía de Todos Santos ($0.5-2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$) y menores que los encontrados para Bahía San Quintín ($8-12 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$) para la misma estación del año

(Gaxiola Castro y Alvarez Borrego, 1984).

Por el contrario, la variación del seston total y orgánico, en la superficie y en los 10 m es irregular durante todo el período de muestreo (Fig. 6a y 6b), lo que sugiere de una distribución homogénea del material particulado total y orgánico en la columna de agua durante éste período. Esta homogenización hipotética, refleja la pequeña fracción que ocupa el material vivo fitoplanctónico en el seston orgánico, ya que las tendencias de la clorofila "a" y el material orgánico suspendido no muestran gran relación. Así mismo durante el período de mareas vivas, el seston orgánico forma la mayor parte del seston total, principalmente en los 10 m de profundidad (del 0 al 72 % en la superficie y del 13 al 81 % en los 10 m). Este alto porcentaje de material orgánico sugiere de un aporte de carbón orgánico terrígeno y/o detrítico del fondo, ya que el material vivo suspendido, por lo menos el fitoplanctónico, tiende a disminuir durante éste período, principalmente en los 10 m (Fig. 5c). Así mismo, puede deberse a que durante el período de mareas muertas se presenta una mayor degradación de la materia orgánica en los 10 m que produce una alta concentración de especies reducidas de nitrógeno y fosfatos en ésta profundidad y durante éste período, como es reportado por Castro Montoya (1988). Por otra parte el valor promedio encontrado para el seston total durante el período de muestreo ($1.8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$) es más alto que el

reportado por Zeitzschel (1970) para la misma zona ($0.565 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$).

La poca dinámica del cuerpo de agua durante el período de mareas muertas, en conjunto con las condiciones de nutrientes prevaletentes en las capas superficiales durante éste período tal vez fue la principal causa por la que la productividad orgánica primaria mostrara valores más altos a 5 m durante éste período (Fig. 7a). Tendiendo a disminuir en los 5 m durante el período de transición por efecto de la mezcla de la columna de agua que puede observarse en la clorofila de las muestras incubadas (Fig. 7b). Encontrándose valores similares de productividad en ambos niveles durante el período de mareas vivas, tal vez, por la mayor homogenización producida por un efecto conjunto de las corrientes de marea y el cambio en la dirección y velocidad del viento (Fig. 4a y 4b). Lo que es importante notar es que a pesar de que el efecto de mezcla produce una homogenización de las células fitoplanctónicas en ambos niveles (Fig. 7b), la productividad orgánica en los 5 m mantiene diferencias significativas con los valores de productividad en la superficie, produciendo que las razones de asimilación sean mayores en los 5 m durante el período transicional de mareas (Fig. 7c), esto sugiere un mejor estado fisiológico en las células fitoplanctónicas en los 5 m durante éste período por lo que una mayor homogenización en las capas superficiales presente en las mareas vivas causa una homogenización en las razones de asimilación.

La variación diurna de la productividad fué muy irregular durante el período de mareas muertas (Fig. 9c) sin tener alguna relación en la onda de marea para ese día (Fig. 9b). Por el contrario, la concentración de clorofila "a" fué casi constante durante todo el día (Fig. 10a). Este comportamiento puede deberse al efecto conjunto de una baja concentración de nutrientes en la superficie para éste período (Castro Montoya, 1988), de la variación de la irradiancia durante el día (Fig. 9a) y lo de una distribución irregular del fitoplancton en el espacio, durante el día correspondiente a éste período. Durante el día perteneciente a mareas vivas, la productividad tiende a ser constante, tal vez por la homogenización en la concentración de nutrientes durante éste período (Castro Montoya, 1988), y/o a un aporte de células fitoplanctónicas más eficientes por aguas externas a la bahía, ya que las razones de asimilación tuvieron un comportamiento similar a la onda de marea durante éste día (Fig. 9b y 10c).

La productividad primaria y la clorofila "a" a través de la columna de agua, presentan un comportamiento similar para los días 31 de agosto y 1 de septiembre (Fig. 12a y 12b), pero con valores diferentes. Para el día 31 de agosto los valores de productividad y clorofila "a" son aproximadamente la mitad de los valores medidos durante el 1 de septiembre. Por lo que la diferencia entre los valores de productividad para ambos días parece estar regulada principalmente por la clorofila "a", ya

que el comportamiento de la onda de marea y la intensidad de luz fueron similares para ambos días. Los valores máximos de productividad encontrados a diferentes intensidades tal vez sea el resultado de concentraciones altas de nutrientes, del estado fisiológico del fitoplancton y de condiciones de luz tales que favorecieran la efectividad en la actividad fitoplanctónica (Fig. 12 c).

Comparativamente el valor medio de productividad primaria ($8.01 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$, rango de $0.4\text{--}16.9 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$), obtenido en éste estudio es mayor que el reportado por Gilmartin y Revelante (1978) para la misma zona en la misma estación del año. Así mismo éste valor promedio es comparativamente más bajo en comparación con los valores reportados para las lagunas poco profundas del oeste ($31 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$) y del este (53 a $136 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$) en el Golfo de California (Gilmartin y Revelante, 1988).

Finalmente, en la figura 13 se muestra la gráfica obtenida con los datos de productividad primaria medidos con las técnicas del oxígeno y del carbono catorce. Aquí se puede observar el pequeño número de datos relacionados y la poca similitud que existe entre ellos ($r^2=0.64$). Esto puede deberse, principalmente, a que es difícil seleccionar el valor adecuado del cociente fotosintético, ya que éste factor depende de muchas variables tales como el estado fisiológico del fitoplancton, concentración de nutrientes, estado de oxidación de los nutrientes, pH, tipo de compuestos que están

sintetizando las microalgas, fotorrespiración y sobresaturación de oxígeno (Burris, 1981). Todos éstos factores parecen haber influenciado en la gran variación de los valores de los cocientes fotosintéticos individuales encontrados en éste estudio (0.83-7.11). De aquí que resalta la importancia de conocer alguna otra forma de relacionar los valores de carbono asimilado y el oxígeno producido durante el proceso fotosintético, si es que la hay.

CONCLUSIONES.

- Los valores reportados de clorofila "a", productividad primaria y seston, encontrados en éste estudio son más altos que los reportados por otros autores (Gilmartin y Revelante, 1978; Zeitzschel, 1970) para las regiones cercanas a ésta bahía, y éstos son comparativamente más bajos que los medidos para otras bahías (este y oeste) del Golfo de California (Lara Lara et al, 1982; Millán Núñez et al, 1980).

- El efecto conjunto de la corriente de marea y el viento influenciaron grandemente las variaciones en la concentración de clorofila "a" y la productividad orgánica primaria.

- El seston orgánico en promedio constituyó el 37 % del seston total.

- Los valores de productividad primaria medidos por el método del oxígeno fueron aproximadamente tres veces mayores que los medidos con el método del carbono catorce.

LITERATURA CITADA.

- Banse, K., C.P. Falls y L.A. Hobson, 1963. A gravimetric method for determining suspended matter in seawater using millipore filters. Deep-sea Res. 10: 639-642.
- Bryan, J.R., J.P. Riley y P.J.L. Williams, 1976. A winkler procedure for making precise measurements of oxygen concentration for productivity and related studies. J. Exp.Mar.Biol.Ecol. 21, 199-197.
- Burris, J.E., 1981. Effects of oxygen and carbon concentrations on the photosynthetic quotients of marine algae. Mar. Biol. 65, 215-219.
- Cajal-Medrano, R.,E. Mitrani-Abenchunchan y M. Castro-Delgado,M., 1987. Detector fotoelectrónico de alta precisión para titulaciones de oxígeno disuelto. En: Resúmenes del VII Congreso Nacional de Oceanografía. Instituto Nacional de la Pesca. Ensenada, B.C.. pp. 358.
- Castro-Montoya, H.D., 1988. Variabilidad de nutrientes en la ensenada norte de Bahía de los Angeles, B.C. (verano de 1986). Tesis de licenciatura. F.C.M. pp. 44 .
- Gaxiola-Castro, G. y Alvarez-Borrego, S., 1984. Relación fotosíntesis-irradiancia en el fitoplancton de aguas costeras del noroeste de Baja California. Ciencias Marinas V.10(3):53-66.
- Gilmartin, M. y N. Revelante, 1978. The phytoplankton

- characteristics of the barrier islands lagoons of the Gulf of California. Est. and Coast.Mar.Sc. 7:29-47.
- Holm-Hansen, O., C.J. Lorenzen, R.W. Holmes y J.D.H. Strickland, 1965. Fluorometric determination of chlorophyll. Mar.Explor. Mar. 30: 3-15.
 - Ibarra-Sañudo, S., 1988. Serie de tiempo de variables hidrológicas, al norte de Bahía de los Angeles, B.C. "condiciones de verano". Tesis de licenciatura. F.C.M. pp. 58 .
 - Lara-Lara, J.R., S. Alvarez-Borrego y L.F. Small, 1980. Variability and tidal exchange of ecological properties in a coastal lagoon. Est. and Coast.Mar.Sc. 11: 613-637.
 - Millán-Núñez, R., S. Alvarez-Borrego y D.M. Nelson, 1982: Effects of physical phenomena on the distributions of nutrients and phytoplankton productivity in a coastal lagoon. Est. and Coast.Mar.Sc. 15: 317-335.
 - Peterson, R.E., 1977. A study of suspended particulate matter. Arctic Ocean and Northern Oregon Continental shelf. Ph.D. Tesis. Oregon State Univ. pp. 122 .
 - Riley, J.P. y R. Chester, 1971. Introduction of marine chemistry. Academic Press. London. pp. 465 .
 - Raine, R.C.T., (1983). The effect of nitrogen supply on the photosynthetic quotient of natural phytoplankton assemblages Botanica Marina 26:417-423
 - Strickland, J.D.H. y Parsons, T.R., 1979. A Practical

Handbook of Seawater Analysis. Third Ed. Fisheries
research board of Canada Ottawa pp. 310 .

- 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: 305-348.