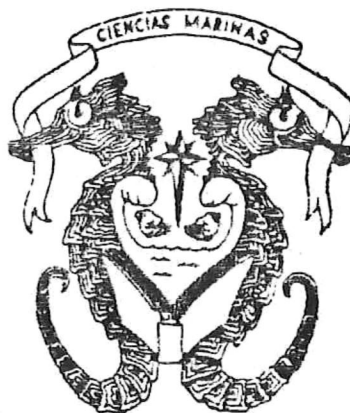


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



PRODUCTIVIDAD ORGANICA PRIMARIA
DE UNA LAGUNA COSTERA EN EL
CANAL DE BALLENAS DEL
GOLFO DE CALIFORNIA.
VERANO DE 1986.



TESIS

que para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias

presenta

Héctor Bustos Serrano

RESUMEN

Se realizó un muestreo del 6 al 12 de Agosto de 1986 para generar series de tiempo de productividad orgánica primaria (POP) del fitoplancton y nutrientes en una laguna costera del Golfo de California para estimar la influencia del Canal de Ballenas durante un período de mareas "vivas" y "muertas".

La temperatura del agua varió entre 26°C y 30°C. La salinidad tuvo una variabilidad entre 35.54‰ y 35.63‰, teniendo valores de saturación de oxígeno con diferencias muy pequeñas.

El oxígeno estuvo por lo general insaturado al 85% teniendo solo en horas lumínicas valores de sobresaturación, con una tendencia a aumentar sus valores en marea "muerta" debido al acondicionamiento del fitoplancton a las condiciones del ambiente, dando una mayor fotosíntesis. La marcada insaturación se atribuye en parte a la respiración de la comunidad biótica y posiblemente a la presencia de compuestos reductores en el agua de mar.

Los nutrientes (nitratos, fosfatos y silicatos), la clorofila "a" y la POP mostraron valores altos, similares a lagunas costeras del Océano Pacífico de Baja California en condiciones de surgencia.

Los valores máximos de POP alcanzaron hasta 80 mgC/m³h y se presentaron en mareas "muertas".

La razón de asimilación varió de 10 a 25 mgC/mgChl "a" h evaluada con el método de ¹⁴C siendo estos valores cercanos al máximo teórico reportado. Con el método de oxígeno con un PQ=1.25 varió de 1.6 a 35.6 y con el PQ calculado de 1.0 a 7.2 mgC/mgChl "a" h.

DEDICATORIA

A mi esposa María Esther y a mis hijos Graciela del Carmen y Héctor, quienes son el porqué y para qué de mis ideas y trabajos.

A mis padres, hermanos y familiares, por ser así.

A la Sra. Amelia Chávez de Nishikawa y familia, por haber encontrado en ellos los valores de una amistad verdadera.

A todos mis amigos, cercanos y lejanos con quienes he compartido trozos de mi vida.

A Dios, quien me está permitiendo hacer lo que es obligación de todo hombre, plantar un árbol, escribir un libro y educar un niño.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico otorgado con la Beca Estudios de Posgrado (Reg. 38486) con la cual me fué factible el efectuar los estudios de Maestría en Ciencias en Oceanografía Biológica.

El presente trabajo fué patrocinado por la Secretaría de Educación Pública (Registro SEP 85-01-119), el cual forma parte del Proyecto de Investigación de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC): "Potencial Productivo de las Lagunas Costeras de Baja California" realizado en la Facultad de Ciencias Marinas (FCM) de la UABC.

A los maestros (*) y compañeros (**) de la Primera Generación del Programa de Maestría en Oceanografía Biológica (Facultad de Ciencias Marinas, U.A.B.C.), por compartir en todo momento sus conocimientos, experiencias y amistad.

A todas aquellas personas que en mí han creído.

A aquellas personas que me obsequiaron generosamente su tiempo y a aquellas que requiriendo del mio, y no pude otorgarlo en ese momento, espero su comprensión y devolverles con creces el tiempo requisitado.

A mis sinodales quienes con extrema paciencia se dieron a la minuciosa tarea de revisar este trabajo haciendo las observaciones pertinentes para su corrección y por ende mejoría.

Al Ing. Yukio Nishikawa por su amistad y por las facilidades que nos dió al prestarnos un camión con refrigeración para transportar las muestras al laboratorio de maestría de la Facultad de Ciencias Marinas.

A la Institución Oceanográfica Scripps (UCSD) por habernos permitido analizar el ^{14}C en sus instalaciones.

A los Oceanólogos Horacio de Anda y Mauricio Muñoz por su valioso trabajo en campo.

- | | |
|----------------------------------|----------------------------|
| * Dr. Saúl Alvarez Borrego | ** M.C. Alejandro Cabello |
| * Dr. Alberto Zirino Weiss | ** M.C. Eduardo Santamaría |
| * M.C. Roberto Millán Nuñez | ** M.C. Luis A. Morales Z. |
| * M.C. Ramón Cajal Medrano | ** Oc. Luis Cupul Magaña |
| * Dr. Rubén Lara Lara | |
| * Dra. Elizabeth Orellana Cepeda | |
| * M.C. Rafael Solana Sansores | |
| * M.C. Salvador Farreras Saenz | |
| * M.C. Luis Fock Pun | |

INDICE GENERAL

	DESCRIPCION	PAGINA
	RESUMEN.....	I
	VOTOS APROBATORIOS.....	II
	DEDICATORIA.....	III
	AGRADECIMIENTOS.....	IV
	INDICE GENERAL.....	VI
	INDICE DE TABLAS.....	VII
	INDICE DE FIGURAS.....	VIII
CAP.		
I	INTRODUCCION.....	1
	Generalidades.....	1
	Objetivos.....	5
II	MATERIALES Y METODO.....	6
	Descripción del área de estudio.....	6
	Metodología.....	9
III	RESULTADOS.....	14
IV	DISCUSIONES.....	29
V	CONCLUSIONES.....	41
VI	BIBLIOGRAFIA.....	42

LISTA DE TABLAS

TABLA	DESCRIPCION	PAGINA
I	Irradiancias y porcentaje de cobertura de nubes.....	15
II	Estadísticas de salinidad y pH en la su- perficie y 5 metros de profundidad.....	16
III	Estadísticas de pigmentos a 0 y 5 metros de profundidad y marea.....	17
IV	Estadísticas de oxígeno, temperatura y nu- trientes a 0 y 5 m de profundidad.....	19
V	Resultados de los experimentos de incuba- ciones para productividad orgánica prima- ria.....	26
VI	Razones de asimilación calculadas con los métodos de ^{14}C y oxígeno disuelto (foto- síntesis neta, con $\text{PQ}=1.25$).....	28

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	DESCRIPCION	PAGINA
1	Localización del área de estudio.....	7
2	Localización de la estación fija.....	10
3	Serie de tiempo para mareas. Temperatura y oxígeno superficial y a 5 metros.....	18
4	Serie de tiempo de nutrientes (nitratos, - fosfatos y silicatos) a 0 y 5 m.....	21
5	Serie de tiempo para pigmentos fotosintéticos (clorofila "a", clorofila "b", clorofila "c" y feofitina "a") a 0 y 5 m.....	24
6	Distribución espacial de clorofila "a" en - Puerto Don Juan.....	25
7	Productividad orgánica primaria y razón de asimilación (P^R).....	27
8	Solubilidad del oxígeno en superficie y concentración superficial de oxígeno.....	32
9	Utilización Aparente de Oxígeno en superficie y contenido de oxígeno superficial.....	34

I. INTRODUCCION

Generalidades

Las lagunas costeras se han considerado como zonas con alto potencial ecológico y económico (UNESCO, 1983). En ellas se llevan a cabo importantes pesquerías, albergando una gran cantidad de especies de importancia económica (Bruno et al., 1980). En la región norte y central del Golfo de California, existen escasos estudios hidrológicos y de productividad, que expliquen el potencial productivo de sus aguas.

Puerto Don Juan, un pequeño cuerpo costero ubicado en la boca sur del Canal de Ballenas y al este de Bahía de los Angeles B.C., ha sido utilizado para cultivo del ostión japonés Crassostrea gigas, explotado por la Cooperativa Bahía Falsa de San Quintín B.C. (Islas-Olivares, 1982). Sin embargo, no se han realizado estudios respecto a cambios espacio-temporales de las variables físicas, químicas, biológicas y geológicas que controlan el recurso.

En los últimos años, la explotación de los cuerpos costeros de Baja California se ha incrementado notoriamente, sin considerar como base estudios de su hidrología y potencial productivo, que sirven para evaluar a dichos cuerpos de agua.

El ser humano se ha percatado que una explotación irracional de los recursos costeros puede ocasionar daños irreversibles a los ecosistemas.

El conocer la estructura trófica de la comunidad, empezando por los productores primarios, clarifica la relación del ambiente con las diferentes poblaciones (Margalef, 1977).

En la zona pelágica, el principal evento ecológico es la formación de carbono orgánico por el proceso de fotosíntesis, que involucra la conversión de energía radiante del sol a energía bioquímica efectuada por los pigmentos fotoquímicamente activos del fitoplancton. La velocidad con la cual se lleva a cabo el proceso se denomina productividad primaria (Platt et al., 1984).

Una discusión sobre definiciones de productividad se propone en Williams et al., (1979); Bender et al., (1987) y Platt et al., (1989). Estos autores afirman que las diferencias encontradas dependen de la técnica empleada y del proceso que mide cada técnica.

El fitoplancton no es el único, pero sí el principal productor de material orgánico en el océano (Platt et al., 1989). Las algas bentónicas producen aproximadamente el 10% de la producción total del mar (Ryther, 1963). Sin embargo, la producción bacteriana surge como tema controversial (Pomeroy, 1974), debido a que existen evidencias de que puede ocurrir un mayor aporte bacteriano que fitoplanctónico en ambientes costeros y oceánicos (Williams, 1981; Azam et al., 1983; Peterson, 1984; Morales-Zamora, 1989; Painchaud y Therriault, 1989).

En la determinación de la productividad orgánica primaria con el método de oxígeno se utiliza el cociente fotosintético como factor para convertir datos de la evolución del oxígeno a consumo de dióxido de carbono ($\Delta O_2 / -\Delta CO_2$), también llamado PQ

(Williams et al., 1979), este es un parámetro que se puede obtener de mediciones simultáneas en producción de oxígeno (técnica de botellas claras y obscuras) (Strickland, 1960) y fijación de carbono inorgánico (técnica con carbono radiactivo ^{14}C) (Steemann-Nielsen, 1952). Sin embargo una estimación precisa del PQ es difícil de obtener con ambos métodos aplicados simultáneamente debido a que son varios los factores que modifican el valor del PQ (Williams et al., 1979; Bender et al., 1987).

La fuente de nitrógeno tiene importante participación cualitativa en los compuestos formados por la producción primaria. Actualmente se sabe que para el fitoplancton marino, al PQ se le asigna un valor de 1.25 debido a que la fuente principal de nitrógeno es el ión amonio (NH_4^+), u otra sustancia con similar estado de oxidación. En cambio para el ión nitrato (NO_3^-), el valor del PQ oscila de 1.5 - 1.8 (Williams et al., 1979), habiéndose reportado valores de hasta 2.25 (Raine, 1983).

Por lo general, estudios en los que se han utilizado las dos técnicas, las estimaciones de oxígeno dan valores mayores para la tasa de fotosíntesis (Bryan, 1979); centrándose la discusión en si la técnica de ^{14}C mide producción neta o bruta (Bender et al., 1989).

Los principales problemas que se han presentado en las investigaciones de lagunas costeras son la gran diversidad de escalas espacio-temporales aplicadas (Santamaría del Angel, 1988) y la heterogeneidad de métodos para medir las diversas variables (Platt et al., 1984).

La alta productividad orgánica primaria reportada en las lagunas costeras del Océano Pacífico de Baja California como en Bahía San Quintín y Estero de Punta Banda se ha explicado como producto del efecto surgencias y de los flujos-reflujos provocados por marea (Lara-Lara, 1980; Millán-Núñez *et al.*, 1982).

En el Golfo de California se han reportado valores altos de productividad, superiores a $350 \text{ mgC/m}^2\text{día}$ (Zeitchel, 1969). En Bahía de los Angeles se han reportado valores que van de $1 \text{ mgC/m}^3\text{h}$ a $8 \text{ mgC/m}^3\text{h}$ (Gilmartin y Revelante, 1978) y superiores a los $50 \text{ mgC/m}^3\text{h}$ (Canino-Herrera, 1989).

En el Golfo de California la mezcla producida por fenómenos asociados a mareas desempeña un papel muy importante en la zona costera, siendo su intensidad variable dependiendo del período lunar (Roden, 1959). La zona de estudio está ubicada en el Canal de Ballenas en donde se ha reportado una alta turbulencia y mezcla (Roden, 1959). El efecto de la mezcla, asociada a fenómenos de mareas provoca una alta concentración de nutrientes hasta la superficie, pudiendo incrementar la productividad orgánica primaria, con valores comparables a zonas de surgencia que ocurren en las costas del Océano Pacífico de Baja California. Por lo anterior, resulta interesante examinar la posibilidad de que la mezcla producida en el Canal de Ballenas tenga un efecto en la productividad orgánica primaria del fitoplancton en una laguna costera adyacente.

Objetivos

Los objetivos del presente estudio son estimar la influencia del Canal de Ballenas en la productividad orgánica primaria del fitoplancton y nutrientes (nitratos, fosfatos y silicatos) en Puerto Don Juan, durante un período de mareas "vivas" y "muertas".

II.- MATERIALES Y METODOS

Descripción del Area de Estudio

Puerto Don Juan está situado en la región Oeste-Central del Golfo de California entre latitudes de 28°56'15'' N y 28°57'05'' N y longitudes de 113°26'20'' W y 113°27'15'' W (Fig. 1).

Aunque este lugar recibe el nombre de puerto, no cuenta con asentamiento humano alguno u obra portuaria, correspondiendo morfológicamente a un cuerpo de agua protegido, que sirve en condiciones de temporal como lugar de protección para pequeñas embarcaciones.

Sus dimensiones son 2.3 km de longitud, y un área de 1.7 km², con una profundidad máxima de 15 m en la boca de la laguna en pleamar.

En la región central del Golfo de California se encuentran ubicadas las Islas Angel de la Guarda y Tiburón, en donde se presentan fuertes procesos de mezcla por la velocidad de las corrientes de marea provocadas por el estrechamiento entre el macizo peninsular y las Islas, dando nombre a lo que hoy se conoce como Canal de Ballenas, que sirve de conexión para la parte norte y sur del Golfo. Debido a la fuerte mezcla producida por fenómenos asociados a mareas, existen gradientes verticales menos intensos de salinidad y temperatura en comparación con otras regiones del Golfo (Alvarez-Borrego, 1983).

El Canal de Ballenas es una de las localidades del Golfo de California en donde se han reportado elevadas concentraciones de oxígeno a toda profundidad, sin encontrar la zona de mínimo

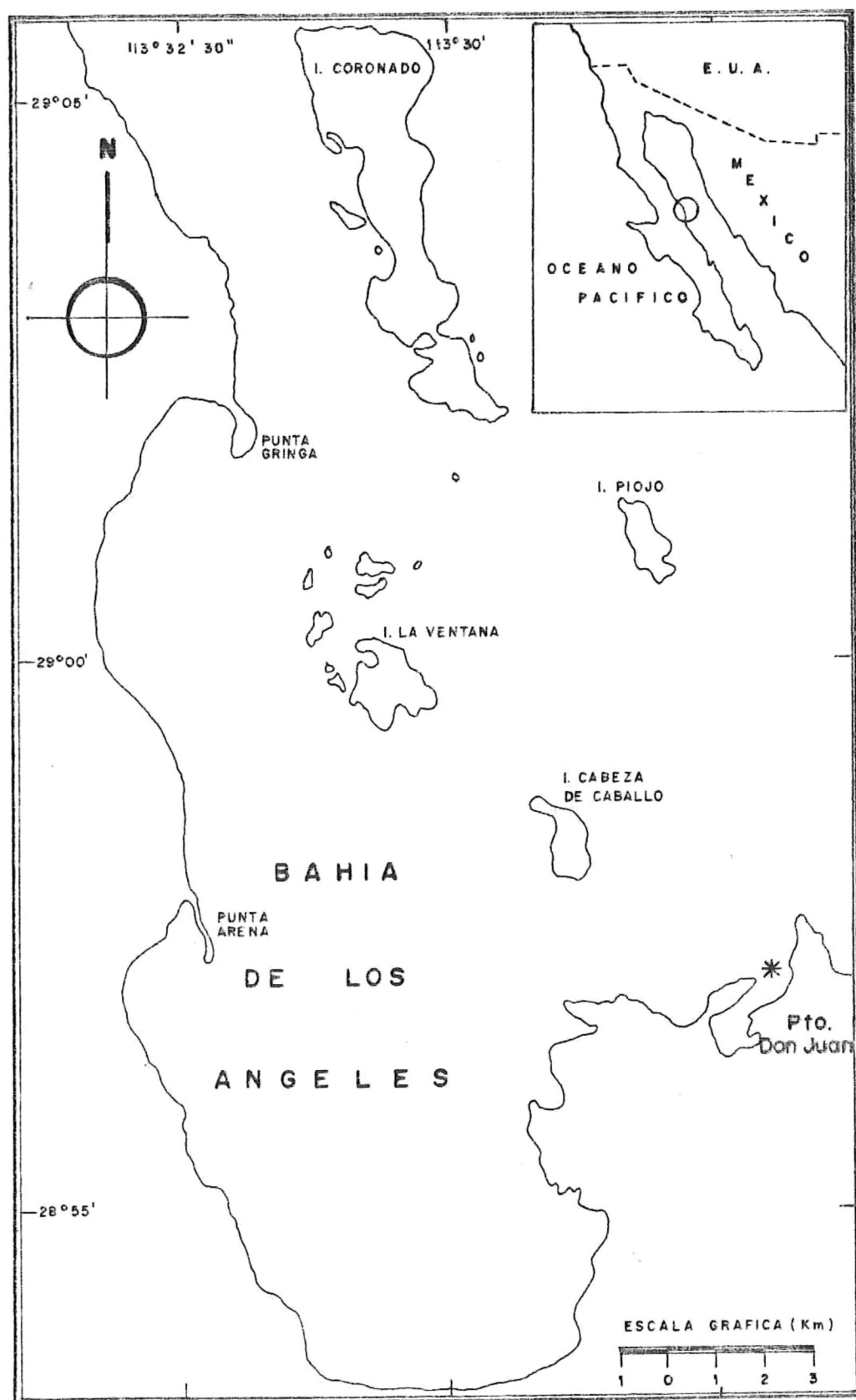


FIG. 1- LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.
 * ESTACION DE MUESTREO.

oxígeno, que se presenta alrededor de los 1000 m en otras localidades oceánicas (Sverdrup, 1941).

En la parte central del Golfo de California se han reportado surgencias y mezcla debida a los amplios intervalos de marea, incrementando la cantidad de sales nutritivas, teniendo un efecto directo en la productividad (Zeitzchel, 1969).

La temperatura del agua en superficie para Bahía de los Angeles varía de 9°C en invierno hasta 32°C en verano (SARH, 1980).

El clima predominante es desértico. Existen altas irradiancias durante la mayor parte del año. Las sequías se registran en verano, y ocurren escasas precipitaciones en invierno.

Los vientos son variables, en verano algunos sobrepasan los 3 m/seg (denominados toritos) y generalmente proceden del sureste (Roden, 1959).

Metodología

Se llevó a cabo un muestreo para generar series de tiempo del 6 al 12 de Agosto de 1986 para medir las siguientes variables: a) físicas: temperatura del agua, irradiancia, temperatura del aire, velocidad y dirección del viento; b) químicas: salinidad, nutrientes (nitratos, fosfatos y silicatos), oxígeno disuelto, pigmentos fotosintéticos, pH y alcalinidad total. Además se realizó un muestreo espacial en superficie para estimar la concentración de clorofila "a" en Puerto Don Juan el 11 de Agosto a las 10:30 a 11:00 horas.

Las muestras de agua de mar para generar las series de tiempo se obtuvieron a dos niveles de profundidad, superficie y cinco metros, en intervalos de dos horas sobre una estación fija ubicada en la boca del cuerpo de agua (Fig. 2).

Se llevaron a cabo experimentos diarios de productividad del fitoplancton durante el día lumínico.

En la estación se instaló una plataforma de muestreo (5 x 5 m), para la colecta de agua de mar. Se emplearon dos botellas van Dorn de cuatro litros de capacidad una para cada nivel de profundidad.

Los datos de mareas fueron obtenidos de un mareógrafo del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE), instalado en Bahía de los Angeles, referido al nivel de bajamar media inferior (NBMI).

La irradiancia ambiental en la cubierta de la plataforma de muestreo, y la radiación fotosintéticamente activa (PAR) de

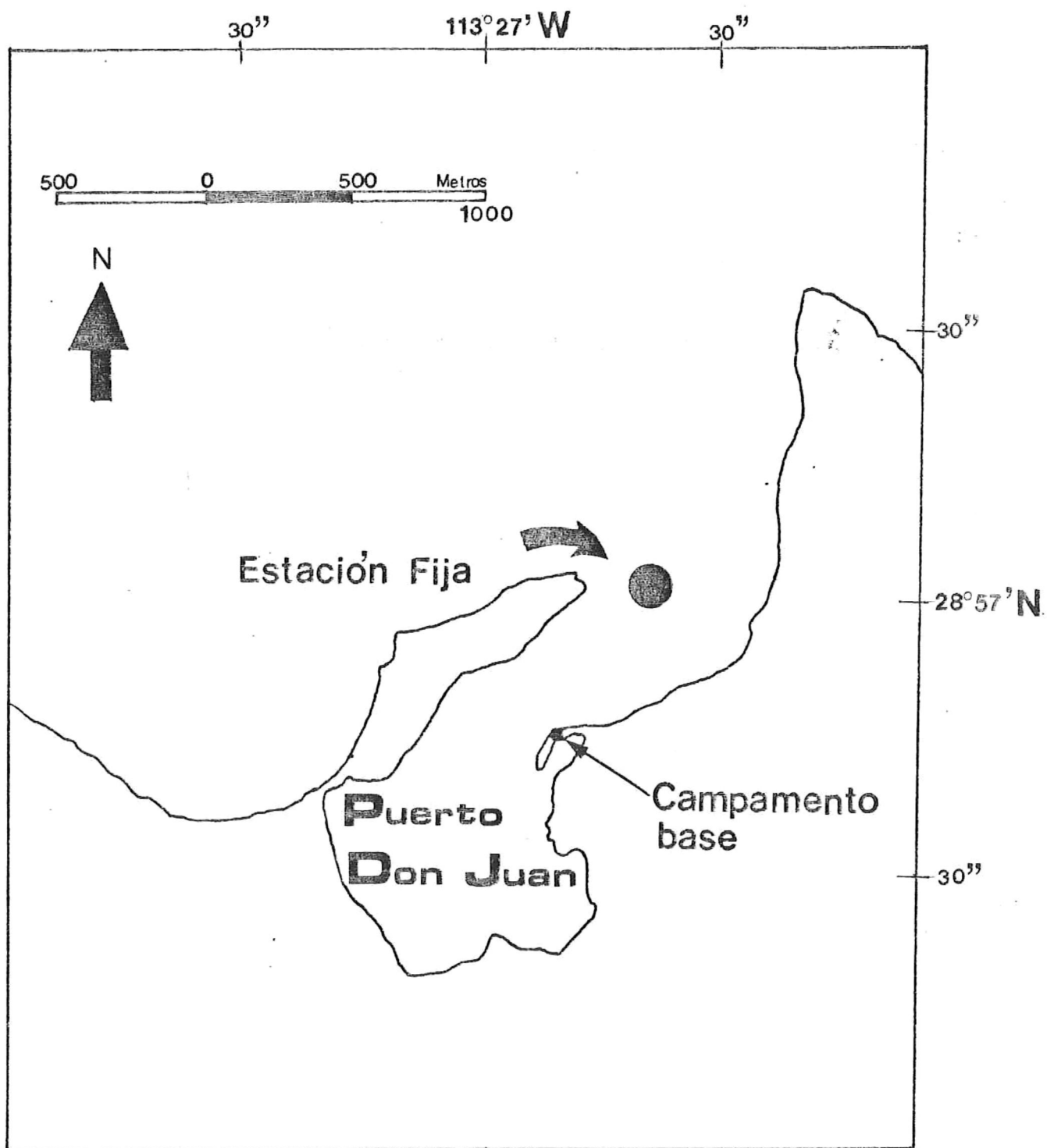


FIG. 2 - LOCALIZACION DE LA ESTACION FIJA.

superficie y de cinco metros de profundidad fue medida "in situ" con un fotómetro submarino Kalhsico® 110WA200.

La temperatura del agua de mar se registró en grados centígrados con un termómetro de cubeta para superficie. Para cinco metros de profundidad se empleó un termómetro reversible no protegido instalado en la botella van Dorn.

Para la determinación de salinidad se emplearon botellas de citrato de magnesio de 350 mL de capacidad, su medición se efectuó con un salinómetro conductímetro Beckman® modelo RS10.

Para la determinación de oxígeno disuelto en el campo, se empleó la titulación iodométrica descrita por Bryan et al., (1976) y modificada por Cajal-Medrano et al., (1987), con botellas BOD de 300 mL.

El pH se determinó con un potenciómetro portátil Photovolt® 126A empleando frascos de plástico (polietileno de alta densidad, PEAD) marca Nalgene® de 200 mL con boca ancha y el procedimiento descrito en Strickland y Parsons (1972).

La alcalinidad total se determinó con un potenciómetro portátil Photovolt® 126A según el procedimiento descrito en Strickland y Parsons (1972). La alcalinidad específica se calculó con la alcalinidad total y en base a clorinidad del agua de mar (Strickland y Parsons, 1972).

Para los nutrientes se colectó agua de mar sin filtrar en frascos Nalgene® (PEAD) de 250 mL con boca angosta y fueron almacenados y congelados en hielo seco. El agua de mar para cada nutriente fue embotellada individualmente. Para los análisis de

nitratos, fosfatos y silicatos se emplearon las técnicas espectrofotométricas manuales descritas en Strickland y Parsons (1972).

Para determinar la concentración de pigmentos fotosintéticos se filtró agua de mar en volúmenes cercanos a 500 ml, adicionando 1 mL de solución saturada de $MgCO_3$ (Richard y Thompson, 1952). Los filtros fueron almacenados en el campo en hieleras con hielo seco para ser trasladados al laboratorio. Las absorbancias espectrofotométricas se realizaron antes y después de añadir una gota de HCl al 10% midiéndose a las siguientes longitudes de onda 665 nm, 645 nm y 630 nm (Strickland y Parsons, 1972). Para el cálculo de la concentración, se emplearon las ecuaciones descritas por Millán-Núñez y Alvarez-Borrego (1978).

Los experimentos de incubación para estimar de productividad del fitoplancton se efectuaron "in situ", en la superficie y a cinco metros de profundidad. Para ello se utilizaron canastillas con marco de acero y con una malla elaborada con monofilamento de nylon. Las canastillas se posicionaron a los mismos niveles de profundidad (0 y 5 m) estipulados para la generación de las series de tiempo. El arte de incubación se ubicó a 20 m de distancia de la plataforma de muestreo, de modo que esta no interfiriese dando sombra.

La primera incubación fue con las muestras en botellas BOD claras y obscuras durante aproximadamente tres horas para determinar oxígeno disuelto. Posteriormente, se empleó el procedimiento descrito en Strickland y Parsons (1972), para

obtener la masa de carbono producido por unidad de volumen y por unidad de tiempo.

Los experimentos de productividad con el método de ^{14}C se realizaron con incubaciones de aproximadamente dos horas, agregando 1 uCi de bicarbonato radiactivo ($\text{H}^{14}\text{CO}_3^-$) según la técnica descrita en Strickland y Parsons, (1972). Las muestras se colectaron en filtros Millipore® HA de 0.45 μm , empleando vapores de HCl para eliminar el ^{14}C inorgánico. Los filtros, en viales de centelleo conteniendo 2-methoxyetanol, se analizaron con un contador de centelleo líquido LS100 Beckman® en la Institución Oceanográfica Scripps, UCSD.

III.- RESULTADOS

Durante el intervalo de muestreo, la velocidad del viento fue nula. La cobertura de nubes fue escasa, excepto después de mediodía del 10 de Agosto (quinto día de muestreo).

La irradiancia ambiental presentó valores máximos de 386 W/m² sobre cubierta en la plataforma de muestreo. La radiación a cinco metros de profundidad se encontró por lo general a menos del 25% de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) superficial (TABLA I).

La temperatura del aire varió de 28°C por las noches hasta 38°C en el día.

Las fluctuaciones de salinidad en ambas profundidades fueron desde 35.54‰ a 35.63‰ (TABLA II). Los valores de pH variaron de 8.08 a 8.32 para superficie y de 7.85 a 8.22 a cinco metros de profundidad (TABLA II). La alcalinidad específica en superficie fue de 0.119 calculada para toda la serie.

La marea osciló de un mínimo de -0.2 metros referido al nivel de Bajamar Media Inferior (SNBMI) hasta un máximo de 2.3 metros SNBMI (TABLA III); la serie de tiempo para las alturas de marea mostró un comportamiento semidiurno para mareas "vivas" y "muertas" (Fig. 3a).

La temperatura del agua fluctuó entre 26°C y 30°C en superficie y para cinco metros de profundidad entre 26°C y 29°C (TABLA IV). La serie de tiempo de temperatura superficial denotó cambios regulares durante los dos primeros días de estudio, mientras que en los siguientes días las fluctuaciones de temperatura fueron irregulares y muy marcadas, con una tendencia

TABLA I

IRRADIANCIAS Y COBERTURA DE NUBES

FECHA AGOSTO	HORA	PROF. metros	PAR AMBIENTAL W/m ²	PAR MARINA W/m ²	% NUBES
09	17:56	5	115.5	6.3	60
10	08:00	0	126.0	54.6	30
		4		12.6	
	10:00	0	231.0	100.8	5
		4		25.2	
	12:00	0	193.2	79.8	80
		4		8.4	
	14:00	0	151.2	67.2	99
		4		16.8	
11	08:00	0	159.6	63.0	30
		5		12.6	
	10:00	0	277.2	109.2	15
		5		37.8	
	11:00	0	357.0	163.8	10
		5		37.8	
	12:00	0	378.0	168.0	0
		5		42.0	
	13:00	0	386.4	168.0	2
		5		42.0	
	15:00	0	294.4	130.2	15
		5		25.2	
12	17:00	0	60.9	25.2	0
		5		4.2	
	10:21	0	315.0	134.4	5
		5		33.6	
	12:25	0	386.4	155.4	0
		5		33.6	
	14:30	0	342.3	151.2	0
		5		37.8	
	16:00	0	252.0	88.2	0
		5		21.0	
	17:12	0	147.0	63.0	0
		5		8.4	
	17:55	0	86.1	29.4	0
		5		4.2	

PAR = RADIACION FOTOSINTETICAMENTE ACTIVA

TABLA II

ESTADISTICAS DE SALINIDAD Y pH PARA SUPERFICIE Y CINCO METROS DE PROFUNDIDAD EN PUERTO DON JUAN B.C.

AGOSTO 1986

SUPERFICIE

	S ⁰ / ₀₀	pH
PROMEDIO	35.62	8.24
DESV. ESTANDAR	0.01	0.08
MAXIMO	35.63	8.32
MINIMO	35.56	8.08
# DATOS	36	20

5 METROS

	S ⁰ / ₀₀	pH
PROMEDIO	35.57	8.11
DESV. ESTANDAR	0.02	0.15
MAXIMO	35.61	8.22
MINIMO	35.54	7.85
# DATOS	30	20

ALCALINIDAD = ALCALINIDAD TOTAL en mEq/L

TABLA III

Estadísticas básicas datos de superficie
Puerto Don Juan B.C.
Agosto de 1986

	Chl"a"	Chl"b"	Chl"c"	FEOFITINA	Marea
	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	metros
PROMEDIO	1.8	0.8	2.8	1.1	1.1
DESV.ESTD.	0.8	0.6	2.1	0.7	0.6
MAXIMO	5.3	2.5	7.9	2.8	2.3
MINIMO	0.6	0.1	0.1	0.1	-0.1
N. datos	74	63	67	55	74

Estadísticas básicas para datos de 5 m de Profundidad

	Chl"a"	Chl "b"	Chl "c"	FEOFITINA	Marea
	mg/m ³	mg\m ³	mg/m ³	mg\m ³	pies
PROMEDIO	2.4	1.0	3.4	1.8	3.78
DESV.ESTD.	1.0	0.9	2.8	1.2	1.97
MAXIMO	4.8	4.4	13.0	5.1	7.58
MINIMO	0.3	0.1	0.3	0.1	-0.48
N. datos	74	70	70	56	74

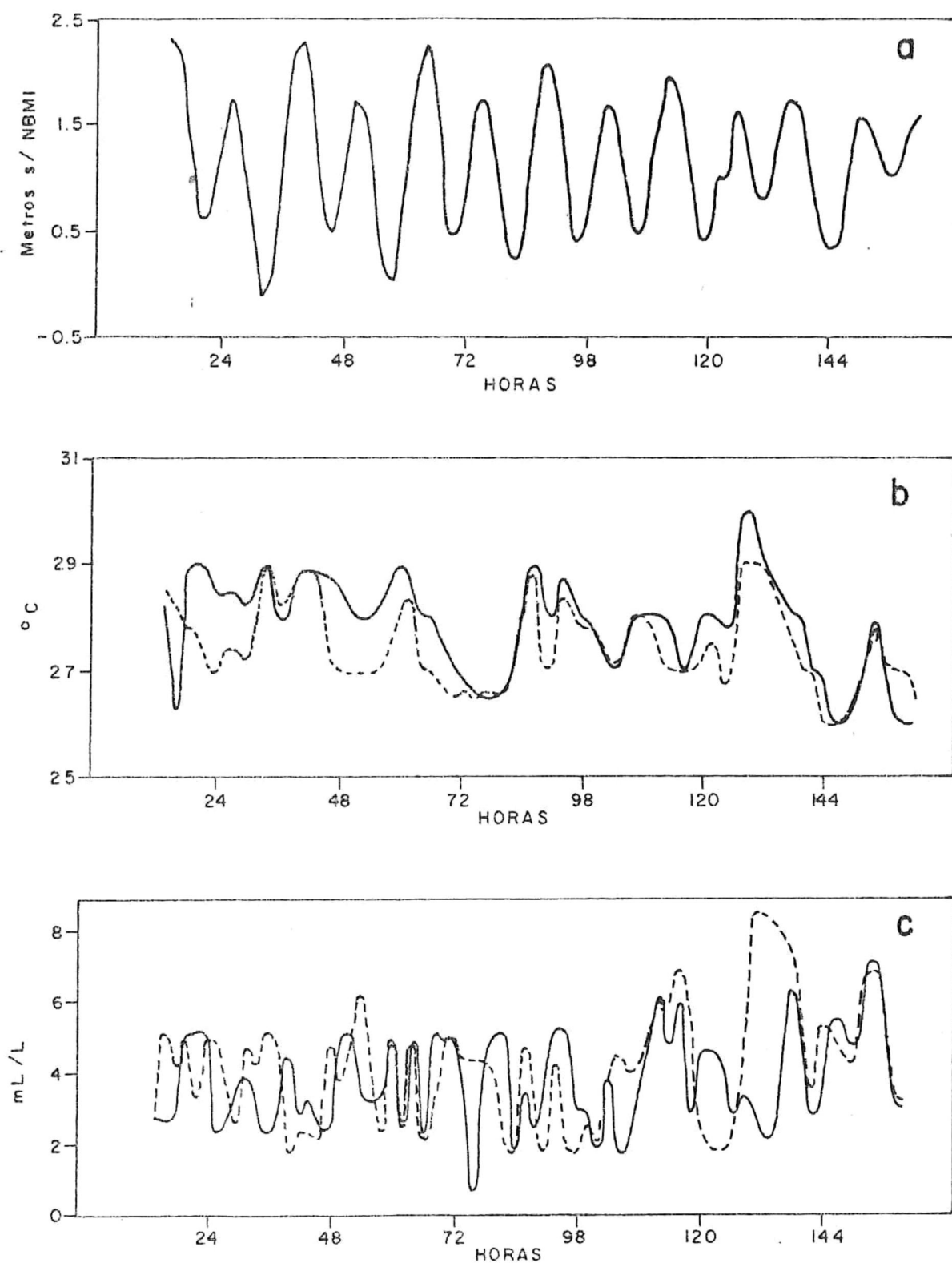


FIG. 3- a) MAREAS, b) TEMPERATURA, c) OXIGENO
 Superficie (—), 5 metros (-----).
 (números significan medianoche)

TABLA IV

Estadísticas básicas de datos de superficie
Puerto Don Juan B.C.
Agosto de 1986

	OXIGENO (mL/L)	TEMP. (°C)	NITRATO μM	FOSFATO μM	SILICATO μM
PROMEDIO	3.91	27.8	3.69	0.76	14.16
DESV.ESTD.	1.37	0.9	0.67	0.14	6.49
MAXIMO	7.27	30.0	5.78	1.05	39.50
MINIMO	0.42	26.0	2.58	0.15	3.23
N. datos	73	74	74	68	65

Estadísticas básicas para datos de 5 m de profundidad.
Puerto Don Juan B.C.
Agosto de 1986

	OXIGENO (mL/L)	TEMP. (°C)	NITRATO μM	FOSFATO μM	SILICATO μM
PROMEDIO	4.26	27.4	4.45	0.93	16.29
DESV.ESTD.	1.75	0.8	1.24	0.29	6.25
MAXIMO	8.66	29.0	8.98	2.62	31.85
MINIMO	1.58	26.0	1.95	0.15	6.17
N. datos	73	74	74	73	60

a disminuir hacia mareas muertas (Fig. 3b). La temperatura a cinco metros de profundidad mostró temperaturas bajas y estables, con una tendencia a disminuir (Fig. 3b).

En el campo se efectuaron 213 mediciones de oxígeno disuelto, siendo el valor promedio ($\bar{x}$) de 4.0 mL/L con una desviación estándar ($\pm$) de 1.7 mL/L. El valor máximo observado fue de 8.6 mL/L a cinco metros de profundidad el 11 de agosto a las 10:00 horas y el valor mínimo de 0.4 mL/L el 9 de agosto a las 04:00 horas en la superficie (TABLA IV). Las series de tiempo para oxígeno de superficie y para cinco metros de profundidad, denotaron variabilidad muy marcada con una tendencia a incrementar su concentración al final del estudio (Fig. 3c).

Los nitratos presentaron para toda la serie una concentración promedio ($\bar{x}$) de 3.7 con una desviación estándar ($\pm$) de 0.7 μM en superficie y de $\bar{x}$ 4.4 $\pm$ 1.2 μM para cinco metros de profundidad. A su vez, presentaron un máximo y mínimo de 5.8 μM y 2.6 μM respectivamente para la superficie y de 9.0 μM y 2.0 μM para cinco metros de profundidad (TABLA IV). En la serie de tiempo para superficie se observan cambios notorios en intervalos del orden de decenas de horas. La serie de tiempo para nitratos a cinco metros de profundidad, mostró durante los dos primeros días de estudio ("mareas vivas") alteraciones poco pronunciadas, con valores cercanos al promedio; para los siguientes días se lograron detectar cambios significativos en su concentración (Fig. 4a).

Los fosfatos en superficie presentaron un máximo de 1.1 μM y un mínimo de 0.2 μM ; para cinco metros de profundidad su máximo y

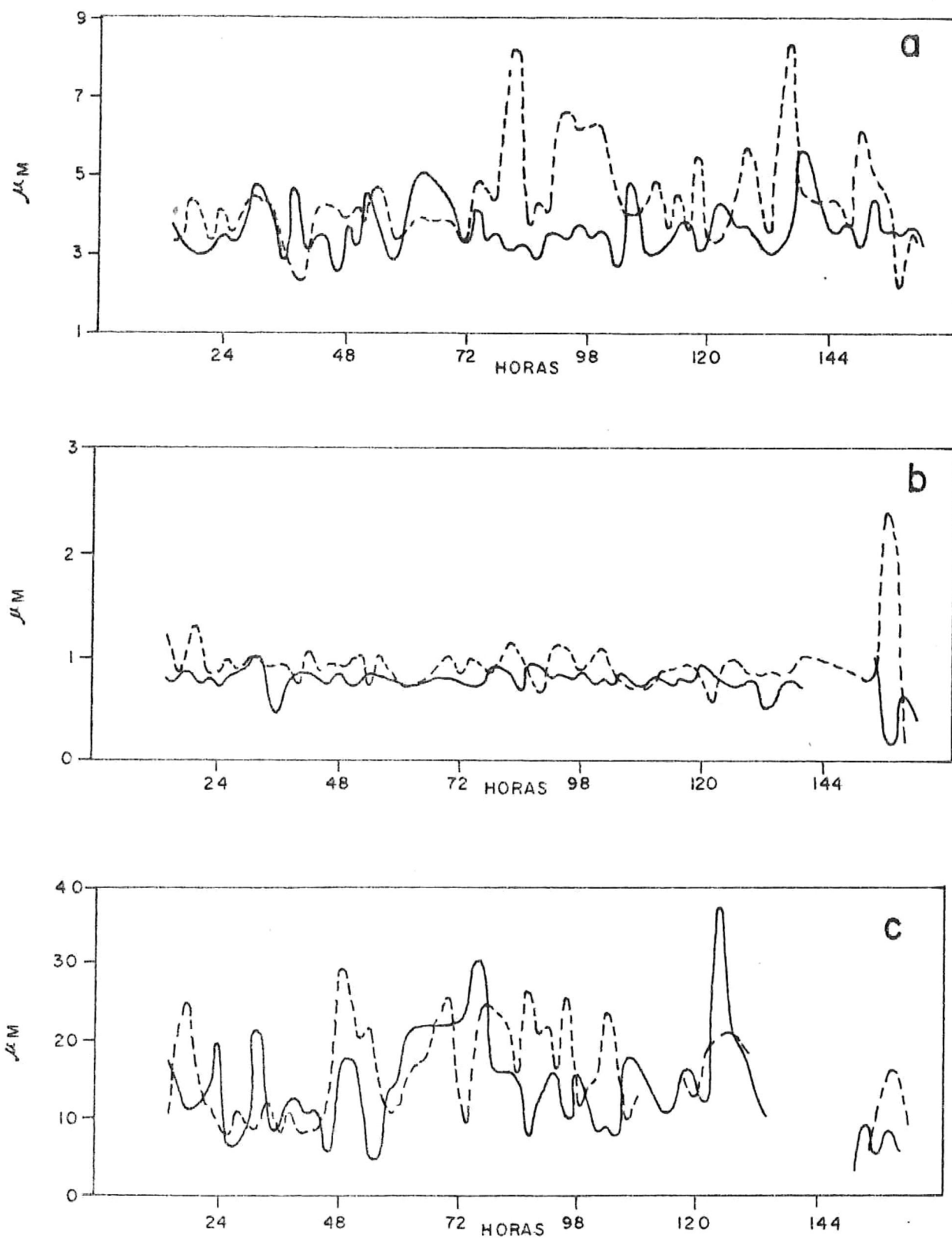


FIG. 4 - a) NITRATOS, b) FOSFATOS, c) SILICATOS .
 Superficie (—) 5 metros (-----)
 (numeros significan medianoche)

mínimo son $2.6 \mu\text{M}$ y $0.2 \mu\text{M}$ respectivamente. Los promedios son de $0.8 \pm 0.1 \mu\text{M}$ para la superficie y de $0.9 \pm 0.3 \mu\text{M}$ para cinco metros de profundidad (TABLA IV). En la superficie (Fig. 4b), no mostró cambios significativos durante los primeros cinco días de estudio, pero se incrementó posteriormente de modo significativo. En la serie de tiempo para cinco metros de profundidad, los fosfatos presentaron durante casi todo el estudio concentraciones con fluctuaciones inferiores a $0.3 \mu\text{M}$. Sin embargo, para el final del período de estudio, se observó el valor máximo de $2.6 \mu\text{M}$ (Fig. 4b).

Los resultados de silicatos denotan valores promedio de $14.2 \pm 6.5 \mu\text{M}$ y $16.3 \pm 6.3 \mu\text{M}$ para superficie y cinco metros de profundidad. Los valores máximos registrados para la misma secuencia de profundidades fueron $39.5 \mu\text{M}$ y $31.9 \mu\text{M}$, los mínimos que se presentaron fueron de $3.2 \mu\text{M}$ y $6.2 \mu\text{M}$ (TABLA IV). Las series de tiempo para superficie y cinco metros de profundidad tienen cambios significativos durante el período de estudio (Fig. 4c).

La concentración de los pigmentos presentó en general valores más altos a cinco metros de profundidad que en superficie. Los valores máximos y mínimos de clorofila "a" (Chl "a") fueron 5.3 mg/m^3 y 0.6 mg/m^3 , para clorofila "b" de 4.4 mg/m^3 y 0.1 mg/m^3 , para clorofila "c" fueron de 13.0 mg/m^3 y 0.1 mg/m^3 y para feofitina "a" fueron de 5.0 mg/m^3 y 0.1 mg/m^3 . Los promedios y desviaciones estándar se presentan en la TABLA III.

La variabilidad de los pigmentos fotosintéticos durante la serie de tiempo en ambos niveles de profundidad, tiene una

tendencia a aumentar en mareas muertas (Fig. 5a,b,c,d).

La distribución espacial de Chl "a" en superficie presentó un promedio de 3.2 mg/m^3 (Fig. 6), con tendencia a haber mayor cantidad de clorofila "a" en el margen oeste de Puerto Don Juan.

Los resultados de productividad orgánica primaria (POP) utilizando el método de oxígeno presentaron valores altos (TABLA V), especialmente en las incubaciones efectuadas a cinco metros de profundidad, con valores máximos de fotosíntesis bruta a esa profundidad de $126.0 \text{ mgC/m}^3\text{h}$.

La respiración mostró fluctuaciones ligeras con un valor máximo de $60 \text{ mgC/m}^3\text{h}$, en la segunda incubación a cinco metros de profundidad del día 11 de Agosto.

Para el método de ^{14}C , la POP máxima se encontró a cinco metros de profundidad ($88 \text{ mgC/m}^3\text{h}$), siendo la máxima superficial de $66 \text{ mgC/m}^3\text{h}$ (Fig. 7a).

La razón de asimilación (P^B) que es la fotosíntesis normalizada por unidad de clorofila "a" (TABLA VI) denotó para el método de carbono radiactivo menor fluctuación que la fotosíntesis sin normalizar (Fig. 7b).

El PQ calculado con ambos métodos de productividad fue de 2.0 para el día 9 de Agosto en superficie, de 2.3 para el día 11 de Agosto en superficie y de 2.9 a cinco metros de profundidad.

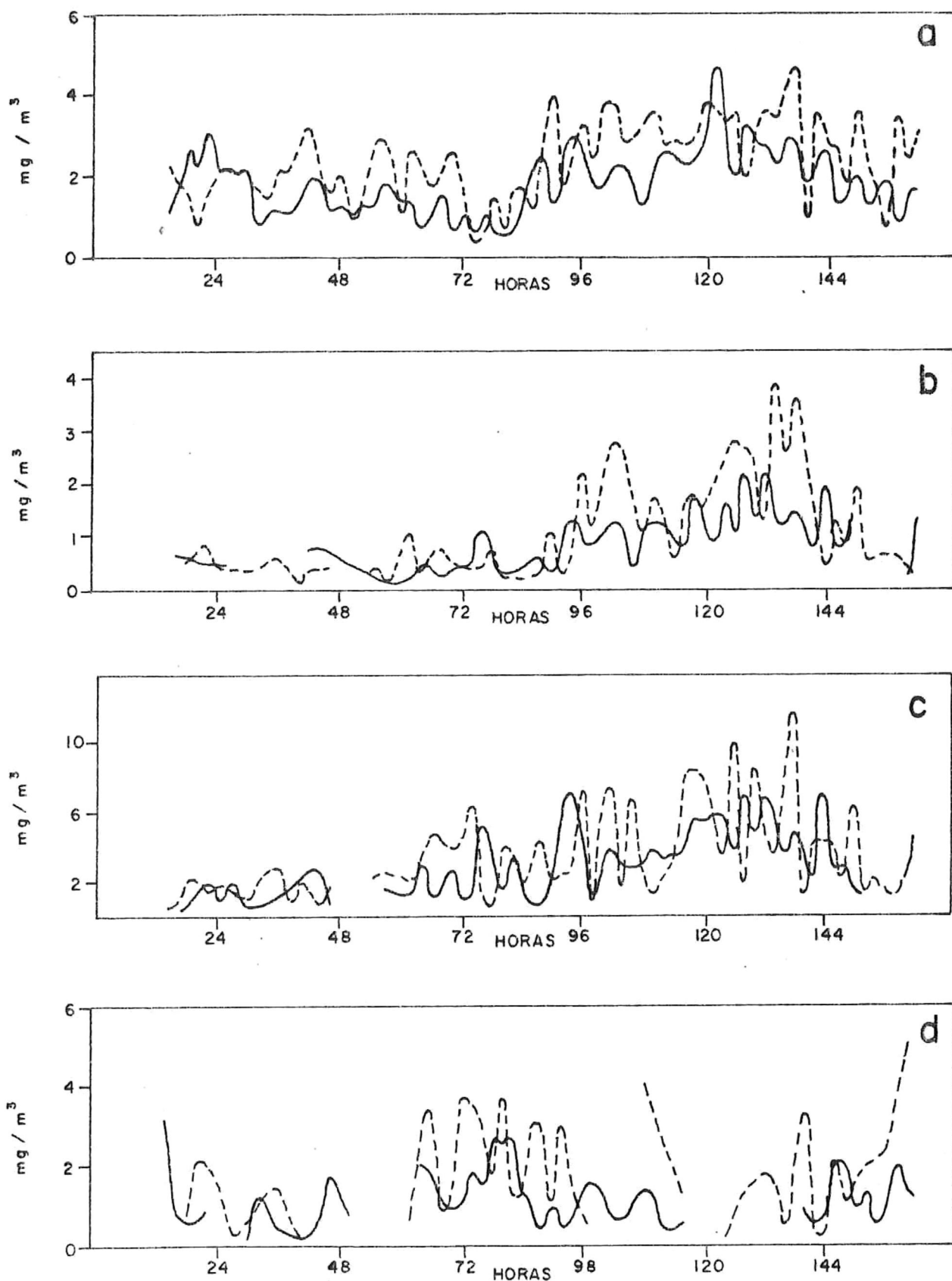


FIG. 5 - SERIE DE TIEMPO PARA PIGMENTOS FOTOSINTETICOS.

a) Chl "a" b) Chl "b" c) Chl "c" d) Feofitina

Superficie (—) 5 metros (-----) (números significan medianoche)

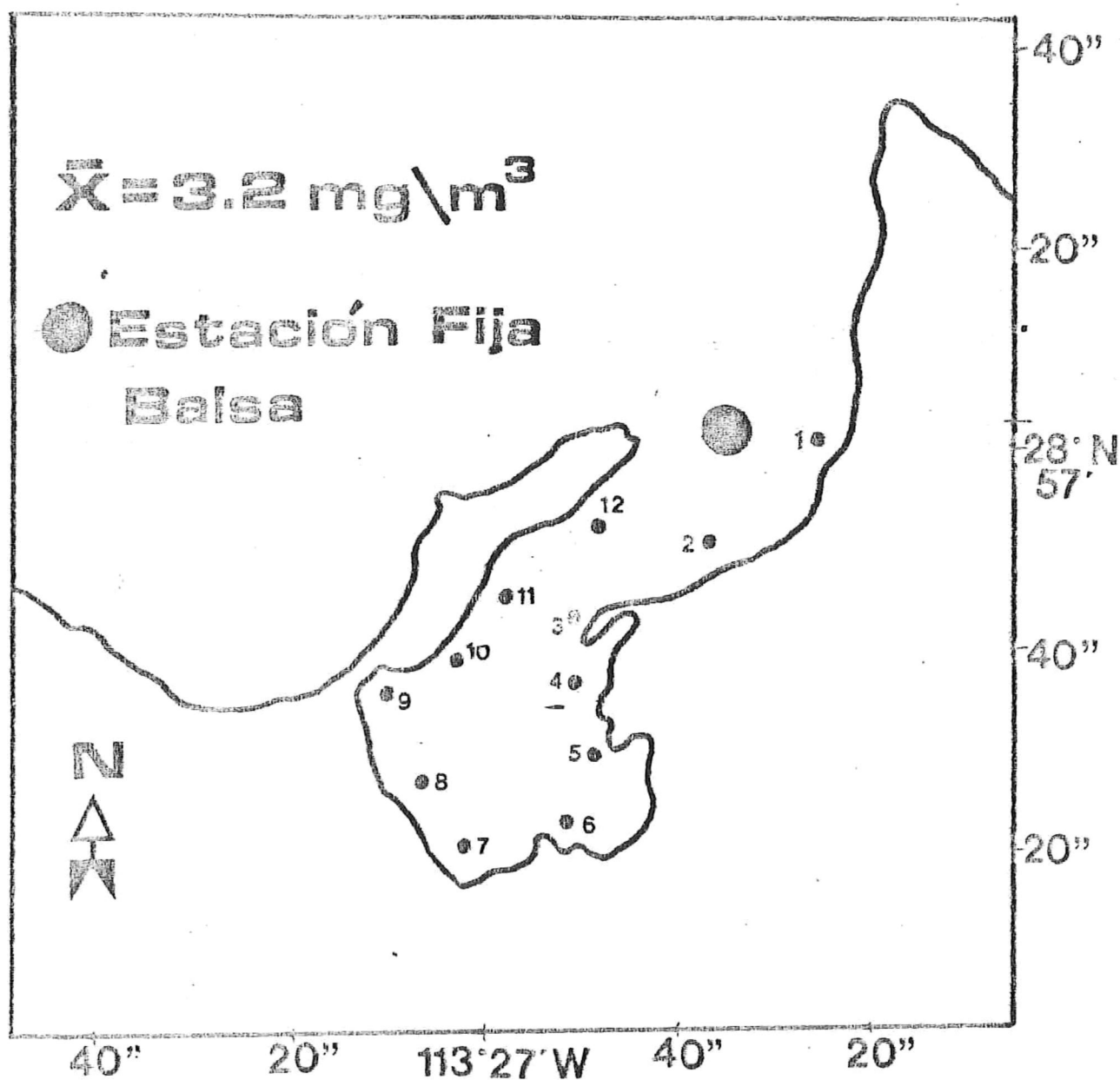


Fig. 6

VARIACION ESPACIAL DE CLOROFILA "a"
EN PUERTO DON JUAN B.C.

EST	mgChl"a"/m ³	EST	mgChl"a"/m ³	EST	mgChl"a"/m ³
1	1.09	2	4.24	3	3.35
4	2.18	5	3.89	6	2.18
7	4.36	8	2.18	9	4.22
10	4.92	11	n.d.	12	6.19

n.d. = no detectable

TABLA V

RESULTADOS DE PRODUCTIVIDAD (mgC/m³h)
METODO DE ¹⁴C

DIA	HORA	SUPERF.	5 METROS
7	0800	26.83	20.11
7	1500	15.45	31.21
8	0800	32.48	30.18
9	0800	48.02	22.43
9	1500	65.14	49.98
10	0800	31.10	31.62
10	1500	49.47	27.68
11	0800	24.62	39.64
11	1500	38.36	47.47
12	0800	35.49	87.92
12	1500	35.65	36.55

RESULTADOS DE PRODUCTIVIDAD METODO DE OXIGENO

Experimento #1: Agosto 9 de 1986 (16:30-19:30)
Experimento #2: Agosto 11 de 1986 (07:00-11:00)

Exp.	Z	FB(mgC/m ³ h)	FN(mgC/m ³ h)	R(mgC/m ³ h)
1	0	2543	3.71	21.71
1	5	126.00	111.79	14.21
2	0	45.91	32.57	13.34
2	5	93.32	33.21	60.10

FB= fotosíntesis bruta
FN= fotosíntesis neta
R= respiración
Z= profundidad en metros

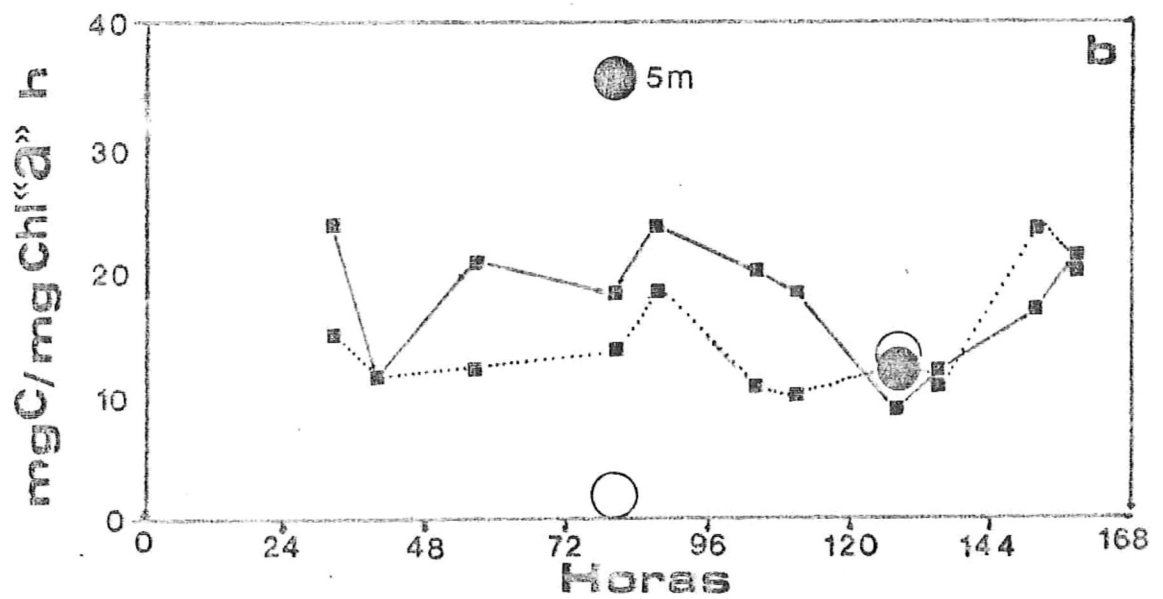
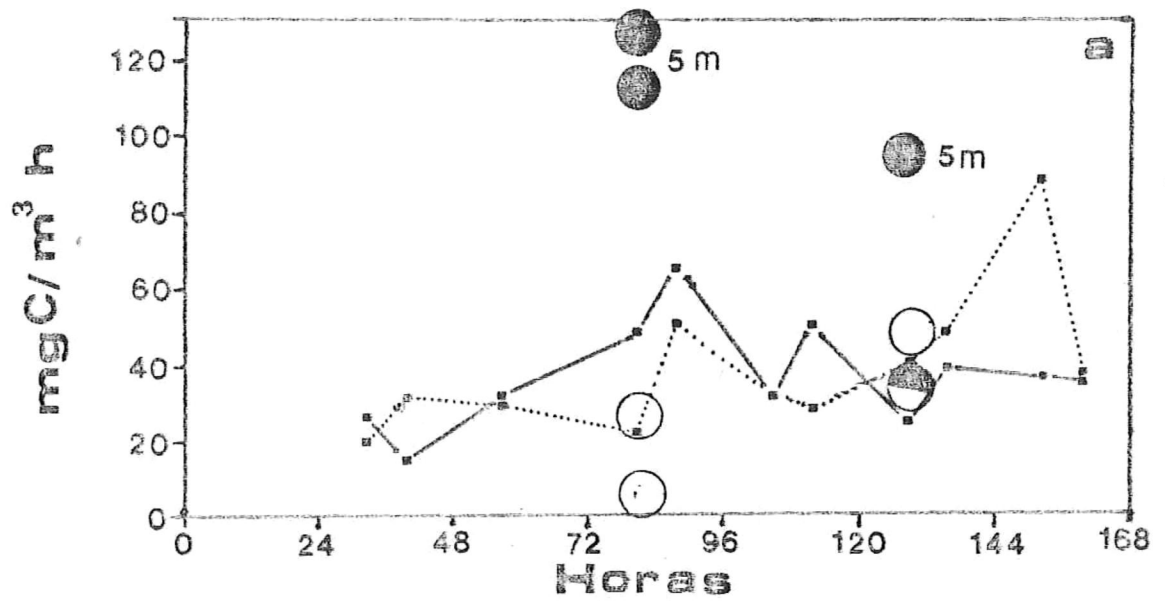


Fig.7 a) Productividad b) Razón de asimilación

METODO ^{14}C (■) SUPERFICIE —————
5m
.....

METODO O_2 (○ SUPERFICIE y ● 5m) PQ = 1.25

TABLA VI

RAZON DE ASIMILACION $P^B = \text{mgC}/\text{mgChl}^a \text{ h}$

METODO DE ^{14}C

DIA	HORA	SUPERF.	5 METROS
7	0800	23.95	15.00
7	1500	11.52	11.55
8	0800	20.82	12.26
9	0800	18.20	13.76
9	1500	23.68	18.51
10	0800	19.93	10.71
10	1500	18.18	10.10
11	0800	8.73	12.38
11	1500	12.00	11.00
12	0800	17.00	23.76
12	1500	21.60	20.30

RAZON DE ASIMILACION $P^B = \text{mgC}/\text{mgChl}^a \text{ h}$
calculada con fotosíntesis neta de las incubaciones de
productividad con el método de oxígeno

Experimento #1: Agosto 9 de 1986 (16:30-19:30)

Experimento #2: Agosto 11 de 1986 (07:00-11:00)

Exp #1	Z=0m	$P^B = 1.60$
Exp #1	Z=5m	$P^B = 35.62$
Exp #2	Z=0m	$P^B = 13.43$
Exp #2	Z=5m	$P^B = 12.86$

IV.- DISCUSIONES

En lagunas costeras de la costa del Pacífico de Baja California como San Quintín se han podido observar los eventos característicos, de surgencia y el Niño (Millán-Núñez et al., 1982; Silva-Cota y Alvarez-Borrego, 1988).

Valores de saturación de oxígeno del 60% en superficie aunado a otros indicadores como bajas temperaturas, baja concentración de clorofila "a" y alta concentración de nutrientes dan evidencia de la presencia de una surgencia costera (Lara-Lara et al., 1980).

En Puerto Don Juan no se puede hablar de un evento de surgencia debido a que aunque se cumple con valores de saturación de oxígeno inferiores a 60% en superficie y concentraciones relativamente altas de nutrientes, no satisface otros indicadores hidrológicos como temperatura del agua, que fue alta durante todo el muestreo. Tampoco se puede hablar de la presencia de un fenómeno del Niño debido a que no hubo reporte de ocurrencia para ese año y a que la concentración de nitrato no fue muy baja. Más bien el sistema está respondiendo al régimen de mezcla inducido por marea que provoca una concentración elevada de nutrientes en la zona eufótica, característica también propuesta para la parte norte del Golfo en donde no se observó una disminución de la productividad cuando ocurrió un evento del Niño (Alvarez-Borrego y Lara-Lara, en prensa).

Para la zona de estudio se ha reportado que la corriente de marea es la principal causa de la variabilidad del sistema (Roden

y Groves, 1959; Alvarez-Borrego, 1983; Badan-Dangon et al., 1985), mientras que otros autores señalan al viento como el principal responsable (Alvarez-Sánchez et al., 1985). Durante el muestreo en Puerto Don Juan se eliminó ésta última posibilidad debido a la escasa e irregular presencia del viento.

La salinidad para Puerto Don Juan en superficie y cinco metros es consistente con los valores que se han reportado para dos terceras partes del Golfo de California con valores entre 35.0‰ y 35.8‰ (Rodén, 1964).

Los valores de pH en Puerto Don Juan para superficie y cinco metros de profundidad mostraron gran variabilidad, estando en los intervalos reportados para el Canal de Ballenas entre abril y mayo valores de 8.0 y 8.1 (Gaxiola-Castro et al., 1978) y valores superficiales de 8.22 a 8.48 para el Golfo de California en invierno (Zirino y Lieberman, 1985).

La alcalinidad total presentó gran variabilidad. Sin embargo, la alcalinidad específica promedio en superficie para toda la serie fue igual a la reportada por Gaxiola-Castro et al., (1978) y Zirino y Lieberman (1985).

Las elevadas temperaturas del agua de mar durante el período de muestreo, disminuyeron la solubilidad del oxígeno en el agua de mar (máximo de temperatura superficial de 30°C) aunado al efecto de la salinidad que por evaporación mostró también valores altos (TABLA II).

Una de las principales características hidrográficas del Golfo de California es su bajo contenido de oxígeno en aguas someras (Alvarez-Borrego y Lara-Lara, en prensa). Esta baja

concentración de oxígeno es respecto al valor de solubilidad del gas, aduciendo una insaturación (valores menores al 100% de saturación).

Para Bahía de los Angeles en condiciones de invierno, se han reportado valores superficiales de 8.0 mL/L de oxígeno y porcentajes de saturación de oxígeno cercanos a 100% en mareas "vivas" y aumentando hasta 140% en mareas "muertas" (Lopez-Valdez, 1989). En Puerto Don Juan en condiciones de verano, el máximo superficial fue de 7.27 mL/L y porcentaje de saturación de oxígeno varió de 26% a 146%, la variabilidad de oxígeno se incrementó en mareas "muertas".

Los valores mayores de sobresaturación de oxígeno para superficie, se presentaron después de los primeros cuatro días hasta el término del muestreo (Fig. 8), debido quizá al acondicionamiento del fitoplancton en su producción de oxígeno durante marea "muerta". Similar a lo reportado por Ibarra-Saúdo, (1988) para verano de 1986 en Bahía de los Angeles (Punta la Gringa), con valores de sobresaturación durante toda la serie de tiempo.

Los valores de oxígeno disuelto a cinco metros de profundidad fueron mayores que en superficie (Fig. 3c), debido a la diferencia en temperatura que regula la solubilidad del gas y en parte al proceso fotosintético, siendo la concentración de clorofilas fue muy similar en ambas profundidades (Figs. 5a,b,c).

Los valores de oxígeno para Puerto Don Juan en superficie fueron generalmente insaturados (el porcentaje promedio de saturación de oxígeno para toda la serie de superficie es del 85%), encontrándose sobresaturados en horas diurnas, debido

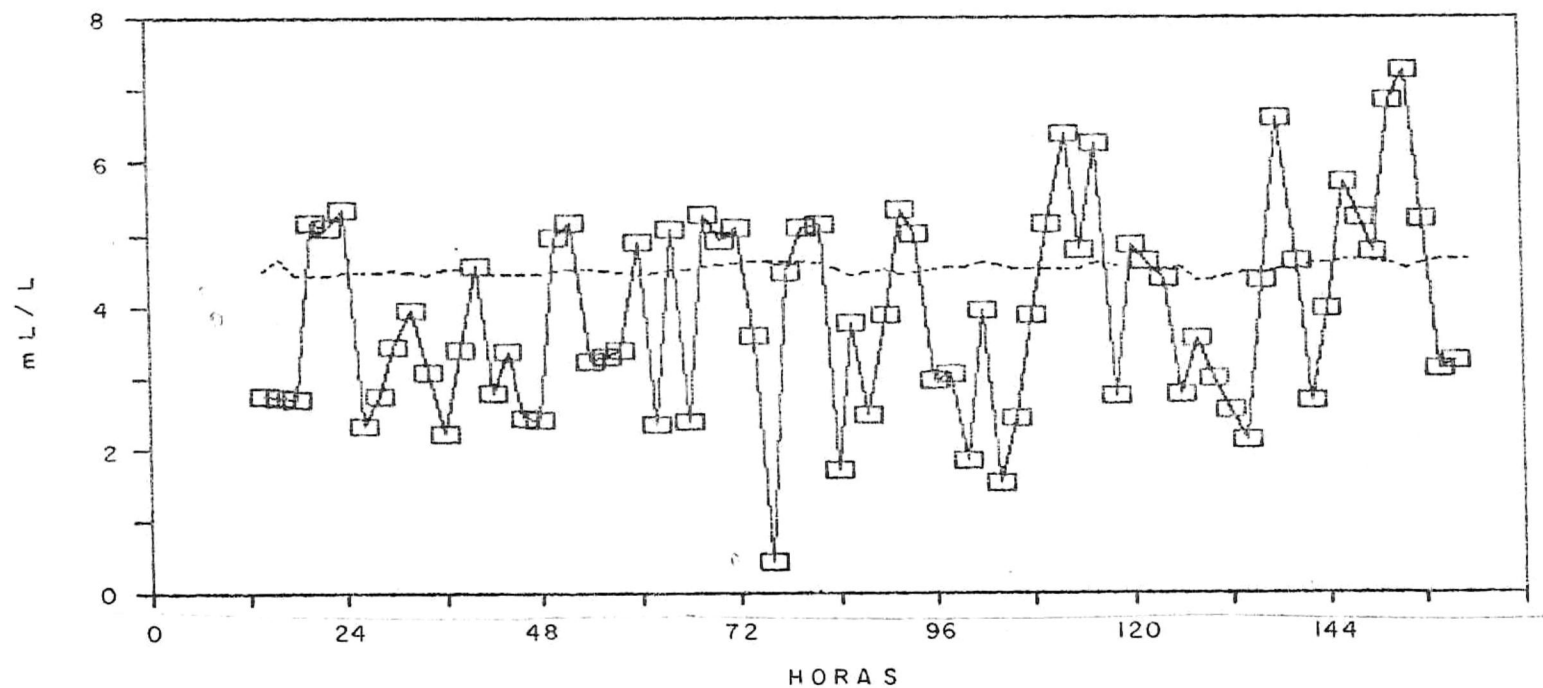
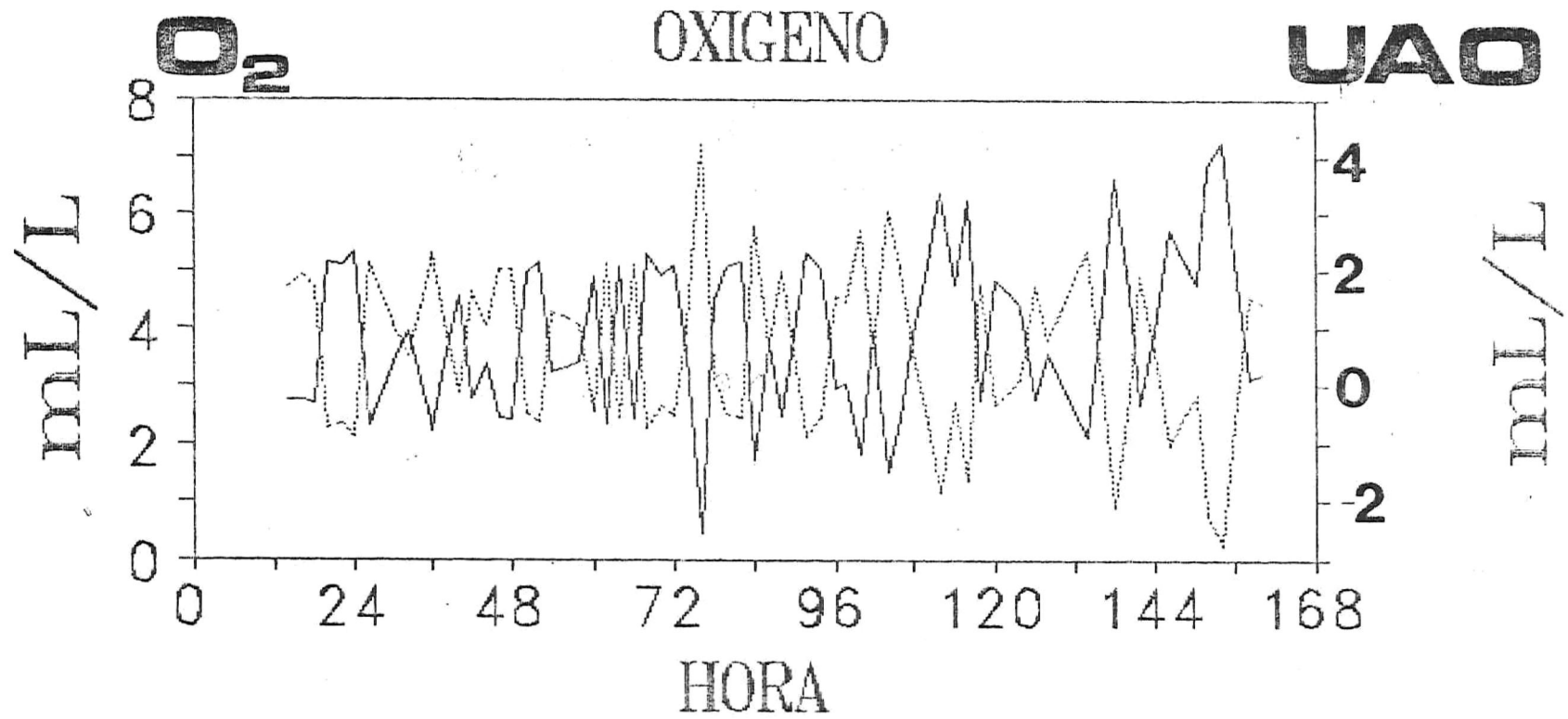


FIG. 8 - SOLUBILIDAD DEL OXIGENO EN SUPERFICIE Y CONCENTRACION DE OXIGENO EN SUPERFICIE.

Oxigeno Superficial
 SOLUBILIDAD O_2 (números significan medianoche)

principalmente al proceso fotosintético. Esta condición de insaturación se manifestó en los primeros cuatro días de muestreo (mareas vivas) debido a que la comunidad fitoplanctónica no estaba acondicionada al medio por la turbulencia generada por la fuerte mezcla inducida por marea que provocó una baja productividad orgánica primaria. Otra posible explicación a la variabilidad del oxígeno es con el método de oxígeno, el cual puede sufrir interferencias por la oxidación del yodo o reducción del ión yoduro, la presencia de solutos que oxiden o reduzcan estas especies químicas pueden disminuir la exactitud de la técnica. Durante el estudio se observó una gran abundancia de fitoplancton (Santamaría del Angel, 1988). El carbono orgánico disuelto pudo proveer protones, y alterar la estequiometría e interferir con el análisis químico.

La Utilización Aparente de Oxígeno (UAO) es un parámetro que determina en una masa de agua la cantidad de oxígeno ausente por procesos químicos, físicos y/o biológicos. Si en una masa de agua existe una marcada insaturación será debida a que esos procesos están actuando de modo tal, que disminuyen la concentración "in situ" de oxígeno respecto de la que debería tener en función de su temperatura y salinidad. Cuando existen concentraciones elevadas de oxígeno, el valor de la UAO disminuye pudiendo tener incluso valores negativos; implicando con esto que el oxígeno no ha sido consumido o utilizado, sino que se ha producido en la columna de agua por alguno de estos procesos. Para el caso de Puerto Don Juan, el promedio de UAO en la serie de tiempo fue de 0.62 mL/L (Fig.9), lo que implica que en el cuerpo de agua, el



—	O_2	SUPERFICIE		U.A.O.
---	-------	------------	-------	--------

oxígeno se está utilizando por otros procesos produciendo un déficit de oxígeno. De los datos de respiración se calculó que aproximadamente un 10% del oxígeno se ocupa para el proceso de respiración de la comunidad biótica, y una fracción desconocida debido a la oxidación de sustancias orgánicas e inorgánicas con características reductoras que interfieren con la técnica analítica.

Los máximos valores de nitratos para el Canal de Ballenas son superiores a los $13 \mu\text{M}$ (Alvarez-Borrego *et al.*, 1978), siendo estos valores casi el doble a los máximos reportados en Puerto Don Juan en superficie. La variabilidad de los nitratos en verano para Bahía San Quintín fue de $0.1 \mu\text{M}$ a $12.5 \mu\text{M}$ (Millán-Núñez *et al.*, 1982) y de $0.5 \mu\text{M}$ a $5 \mu\text{M}$ (Silva-Cota y Alvarez-Borrego, 1988) en condiciones de surgencia y de El Niño respectivamente. Al comparar con Puerto Don Juan se tiene una menor variabilidad comparada con Bahía San Quintín en una condición de surgencia menores y similares a la variabilidad durante un fenómeno de El Niño para superficie, pero mayor para cinco metros de profundidad.

La concentración de fosfatos permanece uniforme durante casi toda la serie existiendo solo fluctuaciones notorias al final del estudio, en donde se detectó una concentración máxima de $2.62 \mu\text{M}$ a cinco metros, que contrasta con los demás valores de la serie, pudiendo ser un error analítico al no satisfacer alguna explicación hidrológica (Fig. 4b). Esto contrasta con lo reportado por Lara-Lara *et al.*, (1980) y Millán-Núñez, (1980), en donde el máximo de fosfatos fue cercano a $3.0 \mu\text{M}$ para Bahía San

Quintín durante un evento de surgencia.

La concentración de silicatos mostró gran variabilidad a lo largo de toda la serie (Fig. 4c) con fluctuaciones de un orden de magnitud ($3.23 \mu\text{M}$ a $39.5 \mu\text{M}$ para superficie) con un promedio cercano a $15.0 \mu\text{M}$ tanto para superficie como para cinco metros, esa variabilidad se atribuye a la gran abundancia de diatomeas reportadas por Santamaria del Angel (1988). Los valores de silicatos para el Canal de Ballenas son superiores a los $29 \mu\text{M}$ (Alvarez-Borrego *et al.*, 1978).

En general para Puerto Don Juan, los nutrientes se encuentran en concentraciones tales que se hacen no limitantes para la fotosíntesis, debido a que los valores de constantes de semisaturación (k_s) para diversas especies de fitoplancton marino se encuentran por debajo de las concentraciones que ofrece el ambiente natural (Dugdale, 1967; Eppley *et al.*, 1969; Caperon y Meyer, 1972; Droop, 1973; Fineko y Krupatkina-Akinina, 1974; Paasche, 1975; Conway, 1977).

Las mayores abundancias de fitoplancton en el Golfo de California se han detectado en la Cuenca de Guaymas con valores superiores a 3×10^6 células/L (Alvarez-Borrego y Lara-Lara, en prensa). Para Puerto Don Juan en el estudio simultáneo al presente se encontraron abundancias de fitoplancton superiores a 3500×10^6 células/L (Santamaría del Angel, 1988), la técnica de conteo puede ser la responsable de las diferencias observadas entre ambos estudios en la parte central del Golfo de California.

Por lo general el nanoplancton (células $< 20 \mu\text{m}$) contribuye con mayor biomasa de Chl "a" que el microplancton (células $> 20 \mu\text{m}$)

para la región central del Golfo de California (Valdez-Holguín y Lara-Lara, 1987). Para Puerto Don Juan, en verano de 1986, Santamaría del Angel (1988) reportó valores altos de ultraplankton, nanoplankton y microplankton siendo éstos los organismos responsables del consumo de nutrientes y de la productividad reportada en este estudio, teniendo una dominancia de organismos del género Chaetoceros. La abundancia máxima del fitoplancton coincide con concentraciones bajas de nutrientes (Figs. 4a,b,c).

Los pigmentos fotosintéticos mostraron una tendencia a incrementar su concentración durante marea "muerta" debido al acondicionamiento del fitoplancton. Los valores de clorofila "a" en este estudio (Tabla III) fueron similares y su promedio ligeramente mayor a los reportados en verano para Bahía de los Angeles (Canino-Herrera, 1989); mayores a los reportados en Bahía Todos Santos (Gaxiola-Castro y Alvarez-Borrego, 1984); y menores a los reportados en Bahía San Quintín (Lara-Lara et al., 1980; Millán-Núñez et al., 1982; Gaxiola-Castro y Alvarez-Borrego, 1984).

La relación clorofila-nitratos en superficie no fue tan clara como la de marea-nitratos, pero se detectó en "mareas vivas" que una alta concentración de nitratos está asociada a una baja concentración de clorofila "a" y viceversa. Durante "mareas muertas", no se observó un patrón definido (Figs. 4a y 5a). La biomasa fitoplanctónica en "mareas vivas" no sufrió grandes alteraciones (Santamaría del Angel, 1988), en tanto que los nitratos variaron grandemente con la "marea viva". En cambio para la "marea muerta" la concentración de clorofila "a" varió en un

orden de magnitud (de 0.5mg/m^3 hasta valores superiores a 5mg/m^3) debido al acondicionamiento en cuanto a luz y nutrientes durante el período de poca turbulencia.

En Puerto Don Juan se presentaron algunos casos en donde el método de carbono fue ligeramente mayor al de oxígeno, aunque generalmente fue de modo inverso. Canino-Herrera (1989) encontró que la productividad estimada con el método de oxígeno es aproximadamente tres veces la calculada con carbono radiactivo.

Una buena parte de estas diferencias se puede explicar en base a las condiciones hidrográficas existentes en virtud de la fuente de nitrógeno disponible para los productores primarios, las cuales hacen que se deban aplicar diferentes valores de PQ para cada estudio minimizándose las diferencias existentes entre ambos métodos (Williams et al., 1979; Raine, 1983; Williams et al., 1983; Platt y Harrison, 1986).

Las concentraciones micromolares de oxígeno y de nitratos en este trabajo presentaron para toda la serie de tiempo en superficie un coeficiente ($r^2=0.435$) que se podría suponer bajo, sin embargo, cuando se realizó la correlación según promedios diarios, el coeficiente fue de $r^2=0.92$, esta alta correlación, indica que se puede utilizar un valor de PQ mayor a 1.25. Los valores de PQ calculados son cercanos a 2.3, sugiriendo que la principal fuente de nitrógeno es el ión nitrato y que la productividad en este estudio para el método de oxígeno debe ser aproximadamente la mitad de la reportada. Para ser contundentes en esta aseveración se requiere efectuar el análisis de otra sustancia como posible fuente de nitrógeno, pudiendo ser el ión

amonio (NH_4^+) en el ambiente natural (Raine, 1983).

La productividad orgánica primaria (método de ^{14}C) presentó una variabilidad de $15.45 \text{ mgC/m}^3\text{h}$ a $87.92 \text{ mgC/m}^3\text{h}$ (Fig. 7a) con un promedio para superficie de $36.6 \text{ mgC/m}^3\text{h}$ y para cinco metros de $38.6 \text{ mgC/m}^3\text{h}$ con una tendencia a incrementarse en mareas muertas debido al acondicionamiento del fitoplancton, correspondiendo a la misma tendencia para clorofila "a" en la serie de tiempo (Fig. 5a). Estos resultados son similares a los reportados para otras áreas productivas en zonas de surgencia como Bahía San Quintín en verano de $44 \text{ mgC/m}^3\text{h}$ (Lara-Lara *et al.*, 1980) y su variabilidad de $1.6 \text{ mgC/m}^3\text{h}$ a $91.4 \text{ mgC/m}^3\text{h}$, con promedios en cuatro estaciones de 33, 12, 12 y $16 \text{ mgC/m}^3\text{h}$ (Millán-Núñez *et al.*, 1982); y ligeramente mayores a los reportados para Bahía de los Angeles (Gilmartin y Revelante, 1978; Canino-Herrera, 1989).

Las razones de asimilación (P^B) de este estudio fueron de $8.7\text{-}23.9 \text{ mgC/mgChl "a" h}$ con carbono radiactivo y $1.6\text{-}35.6 \text{ mgC/mgChl "a" h}$ con el método de oxígeno (TABLA VI), las cuales son significativamente mayores a las de otras investigaciones de similar latitud pero en mar abierto del Pacífico norte con valores de 0.55 a $3.3 \text{ mgC/mgChl "a" h}$ (Sharp *et al.*, 1980) y $2.6 \text{ mgC/mgChl "a" h}$ (Kanda *et al.*, 1985). Para Bahía de los Angeles los valores máximos de razón de asimilación fueron de $11.5 \text{ mgC/mgChl "a" h}$ y de $9.3 \text{ mgC/mgChl "a" h}$ para mareas vivas y muertas respectivamente (Canino-Herrera, 1989), los resultados en Puerto Don Juan son aún mayores.

Para la parte norte del Golfo se determinaron números de asimilación de $8\text{-}15 \text{ mgC/mgChl "a" h}$ en verano y de $6\text{-}15 \text{ mgC/mgChl "a" h}$ en invierno (Alvarez-Borrego y Gaxiola-Castro,

1988).

Estudios realizados en Bahía San Quintín en verano reportaron una $P^B = 6.6 \text{ mgC/mgChl}^a\text{h}$ (Lara-Lara et al., 1980); una variabilidad que va desde $0.6 \text{ mgC/mgChl}^a\text{h}$ a $26.2 \text{ mgC/mgChl}^a\text{h}$ (Millán-Núñez et al., 1982); una $P^B = 24 \text{ mgC/mgChl}^a\text{h}$ (Gaxiola-Castro y Alvarez-Borrego, 1984); una P^B superficial de $6.0 \text{ mgC/mgChl}^a\text{h}$ y de fondo de $2.7 \text{ mgC/mgChl}^a\text{h}$ (Silva-Cota y Alvarez-Borrego, 1988) y valores bajos de P^B de 2.0 a $5.4 \text{ mgC/mgChl}^a\text{h}$ que se atribuyeron a la presencia del fenómeno del Niño (Torres-Moye y Alvarez-Borrego, 1987). Destacando la similitud de los resultados de este estudio con los de Gaxiola-Castro y Alvarez-Borrego (1984) cercano al máximo teórico de P^B de $25 \text{ mgC/mgChl}^a\text{h}$ (Falkowski, 1981).

V.- CONCLUSIONES

1).- Los valores de productividad orgánica primaria y de razón de asimilación en Puerto Don Juan para verano de 1986 fueron muy similares a lagunas costeras con alta productividad provocada por el efecto de surgencias.

2).- La concentración pigmentaria y la productividad orgánica primaria en Puerto Don Juan fue significativamente mayor durante marea "muerta".

3).- La variabilidad hidrológica en Puerto Don Juan en verano de 1986 durante esta serie de tiempo se explicó principalmente por el régimen de mareas y por el proceso fotosintético.

4).- Las concentraciones de nutrientes durante el periodo de muestreo fueron no limitantes para la fotosíntesis.

VI.- BIBLIOGRAFIA

- Alvarez-Borrego, S. (1983) Gulf of California En: Estuaries and Enclosed Seas. B.H. Ketchum Ed. Elsevier Sci. Pub. Co. Amsterdam 17:427-429.
- Alvarez-Borrego, S., J.A. Rivera, G. Gaxiola-Castro, M.J. Acosta-Ruiz y R.A. Schwartzlose (1978) Nutrientes en el Golfo de California Ciencias Marinas 5(2):53-71.
- Alvarez-Borrego, S. y G. Gaxiola-Castro (1988) Photosynthetic parameters of northern Gulf of California phytoplankton Continental Shelf Research 8(1):34-47.
- Alvarez-Borrego, S. y J.R. Lara-Lara (en prensa) The physical environment and primary productivity of the Gulf of California En: The Gulf and Peninsular Province of the Californias
- Alvarez-Sánchez, L.G., A. Badan-Dangon y J.M. Robles-Pacheco (1985) Lagrangian observations of near-surface currents in Ballenas Channel CalCoFI Rep. XXV:35-40.
- Azam, F., T. Fenchel, J.G. Field, J.J. Gray, L.A. Meyer-Reil y F. Thingstad (1983) The ecological role of water-column microbes in the sea Mar. Ecol. Prog. Ser. 10:257-263.
- Badan-Dangon, A., C.J. Koblinksky y T. Baumgartner (1985) Spring and summer in the Gulf of California: Observations of surface thermal patterns Oceanol. Acta 8:13-22.
- Bender, M., K. Grande, K. Johnson, P. J. LeB. Williams, J. Sieburth, M. Pilson, C. Langdon, G. Hitchcock, J. Orchard, C. Hunt, P. Donaghay y K. Heinemann (1987) A comparison of four methods for determining planktonic community production Limnol. Oceanogr. 32(8):1085-1098.
- Bruno, F.S., R.D. Staker y G.M. Sharma (1980) Dynamics of phytoplankton productivity in Peconic Bay Estuary, Long Island Estuarine and Coastal Marine Science 10:247-163.
- Bryan, J.R. (1979) The production and decomposition of organic material in a estuary, Southampton Water. Tesis Doctoral. Universidad de Southampton. 188 págs.
- Bryan, J.R., J.P. Riley y P.J. LeB. Williams (1976) A Winckler procedure for making precise measurements of oxygen concentration for productivity and related studies J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 21:191-197.

- Cajal-Medrano, R., E. Mitrani-Abenchunchan y M. Castro-Delgado (1987) Detector fotoelectrónico de alta precisión para titulaciones de oxígeno disuelto En: Resúmenes del VII Congreso Nacional de Oceanografía. (J.L. Granados-Gallegos Ed.) I.N.P. Ensenada, B.C.
- Canino-Herrera, R. (1989) Variabilidad de productividad primaria, seston y clorofila "a" en Bahía de los Angeles B.C., verano 1986 Tesis licenciatura en Oceanología F.C.M. (U.A.B.C.) Ensenada B.C. México. 53 págs.
- Caperon, J. y J. Meyer (1972) Nitrogen-limited growth of marine phytoplankton-II. Uptake kinetics and their role in nutrient limited growth of phytoplankton Deep-Sea Res. 19:619-632.
- Conway, H.L. (1977) Interactions of inorganic nitrogen in the uptake and assimilation by marine phytoplankton Mar. Biol. 39:221-232.
- Droop, M.R. (1973) Some thoughts on nutrient limitation in algae J. Phycol. 9:264-272.
- Dugdale, R.C. (1967) Nutrient limitation in the sea: dynamics, identification, and significance Limnol.Oceanog. 12:685-695.
- Eppley, R.W., J.N. Roger y J.J. McCarthy (1969) Half saturation constant for uptake of nitrate and ammonium by marine phytoplankton Limnol.Oceanog. 14(6):912-920.
- Falkowski, G. (1981) Light-shade adaptation and assimilation numbers Jour. Plankton Res. 3(2):203-216.
- Fineko, Z.Z. y Krupatkina-Akinina (1974) Effect of inorganic phosphorus on the growth rate of diatoms Mar.Biol. 26:193-201.
- Gaxiola-Castro, G. y S. Alvarez-Borrego (1984) Relación fotosíntesis-irradiación en el fitoplancton de aguas costeras del noroeste de Baja California Ciencias Marinas 10(3):53-66.
- Gaxiola-Castro, G., S. Alvarez-Borrego y R.A. Schwartzlose (1978) Sistema del bióxido de carbono en el Golfo de California Ciencias Marinas 5(2):25-40.
- Gilmartin, M. y N. Revelante (1978) The Phytoplankton characteristics of the barrier island lagoons of the Gulf of California Estuarine and Coastal Science 7(1):29-47.
- Ibarra-Saáudo, S. (1988) Serie de Tiempo de variables hidrológicas al norte de Bahía de los Angeles, B.C. condiciones de verano Tesis de Licenciatura en Oceanología F.C.M. (U.A.B.C.) Ensenada, B.C. México. 58 págs.

- Islas-Olivares, R. (1982) Análisis Económico en el Cultivo del Ostión Japonés (Crassostrea gigas) en Puerto Don Juan, Bahía de los Angeles, B.C. Ciencias Marinas 8:55-68.
- Kanda, J., T. Saino y A. Hattori (1985) Nitrogen uptake by natural populations of phytoplankton and primary production in the Pacific Ocean: Regional variability of uptake capacity Limnol. Oceanog. 30(5):987-999.
- Lara-Lara, J.R., S. Álvarez-Borrego y L.F. Small (1980) Variability and tidal exchange of ecological properties in a Coastal Lagoon Estuarine, Coastal and Shelf Science, 11:613-637.
- López-Valdez, C. (1989) Variabilidad hidrológica en Bahía de los Angeles, B.C. en condiciones de invierno Tesis de Licenciatura en Oceanología F.C.M. (U.A.B.C.) Ensenada, B.C. México. 58 págs.
- Margalef, R. (1977) Ecología Editorial Omega, Barcelona España, segunda edición. 951 págs.
- Millán-Núñez, R. (1980) Effects of Physical Phenomena on the Distribution of Nutrients and Phytoplankton Productivity in a Coastal Lagoon Tesis Maestría O.S.U. Corvallis, Oregon 58 págs.
- Millán-Núñez, R. y S. Alvarez-Borrego (1978) Ecuaciones espectrofotométricas, para la determinación de clorofilas A,B,C y sus feofitinas Ciencias Marinas 5(1):47-55.
- Millán-Núñez, R., S. Alvarez-Borrego y D.M. Nelson (1982) Effects of Physical Phenomena on the Distribution of Nutrients and Phytoplankton Productivity in a Coastal Lagoon Estuarine, Coastal and Shelf Science 15:317-335.
- Morales-Zamorano, L.A. (1989) Papel trófico de microheterótrofos marinos durante un periodo de marea muerta-viva en el Estero de Punta Banda B.C., México (Septiembre de 1987) Tesis de Maestría, F.C.M., (U.A.B.C.), Ensenada, B.C. México. 115 págs.
- Paasche, E. (1975) Growth of the plankton diatom Thalassiosira nordenskiöldii Cleve at low silicate concentrations J. exp. mar. Biol. Ecol. 18(2):173-183.
- Painchaud, J. y J.C. Therriault (1989) Relationships between bacteria, phytoplankton and particulate organic carbon in the Upper St. Lawrence Estuary Mar. Ecol. Prog. Ser. 56:301-311.

- Peterson, B.J. (1984) Synthesis of carbon stocks and flows in the open ocean mixed layer. En: Hobbie J.E. y P.J.leB. Williams (Eds.) Heterotrophic Activity in the sea, Plenum Press, N.Y.
- Platt, T., M.R. Lewis y R. Geider (1984) Thermodynamics of the Pelagic Ecosystem: Elementary Closure Conditions for Biological Production in the Open Ocean En: M.J. Fasham (Ed.) Flows of Energy and Materials in Marine Series, Plenum Press, N.Y. págs. 49-84.
- Platt, T. y W.G. Harrison (1986) Reconciliation of carbon and oxygen fluxes in the upper ocean Deep Sea Res. 33(2):273-276.
- Platt, T., W.G. Harrison, M.R. Lewis, W.K. Li, S. Sathyendranath, R.E. Smith, A.F. Vezina (1989) Biological production of the Oceans: the case for a consensus Mar. Ecol. Prog. Ser. 52:77-88
- Pomeroy, L.R. (1984) Microbial Processes in the sea: Diversity in nature and Science. En: Hobbie J.E. y P.J.leB. Williams (Eds.) Heterotrophic Activity in the sea. IV:15 Marine Sciences. Nato Conference Series. Plenum Press, N.Y. Pags.1-23.
- Raine, R.C.T. (1983) The Effect of Nitrogen Supply on the Photosynthetic Quotient of Natural Phytoplankton Assemblages Botánica Marina XXVI:417-423.
- Richards y Thompson (1952) The Estimation and Characterization of plankton by pigment analysis II. Spectrophotometric method for the estimation of plankton pigments. Journal of Marine Research 11:156-172
- Roden, G.I. (1959) Oceanographic and meteorological aspects of the Gulf of California Pac.Sci. Vol. XII(2) págs.21-45.
- Roden, G.I. (1964) Oceanographic aspects of the Gulf of California En: Marine Geology of the Gulf of California: A Symposium (Tj. H. Van Andel y G.G. Shor Jr.) Editores. Am.Ass.Pet.Geol.Mem. 3:30-58.
- Roden, G.I. y G.W. Groves (1959) Recent Oceanographic investigations in the Gulf of California Jour. Marine Research 18:10-35.
- Ryther, J.H. (1963) En: "The Sea" (M.N. Hill Ed.) Interscience, New York: 347 pags.
- Santamaría del Angel, E.M. (1988) Variación de la Estructura fitoplanctónica en Puerto Don Juan Bahía de los Angeles, Baja California. México. Verano de 1986. Tesis de Maestría F.C.M. (U.A.B.C.) Ensenada, B.C. México. 153 págs.

- SARH (1980) Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Representación General en el Estado de Baja California Norte División Hidrométrica, Ensenada, B.C. México.
- Sharp, J.H., M.J. Perry, E.A. Renger, y R.W. Eppley (1980) Phytoplankton rate processes in the oligotrophic waters of the central North Pacific Ocean J. Plankton Res. 2:335-353.
- Shulenberger, E. y J.L. Reid (1981) The Pacific shallow oxygen maximum, deep chlorophyll maximum, and primary productivity, reconsidered Deep Sea Research, Vol. 28A, 9:901-919.
- Silva-Cota, S. y S. Alvarez-Borrego (1988) The 'El Niño' Effect on the Phytoplankton of a North-western Baja California Coastal Lagoon. Estuarine, Coastal & Shelf Science. 27:109-115.
- Steemann-Nielsen, E. (1952) The use of radioactive carbon (^{14}C) for measuring organic production in the sea. J.Cons.Int.Explor.Mer., 18:117-140.
- Strickland, J.H.D. (1960) Measuring the production of marine phytoplankton Fish.Res.Bd.Canada Bull. No.122 172 págs.
- Strickland J.H.D. y T.R. Parsons (1972) A Practical Handbook of Seawater analysis Bull. Fish. Res. Bd. Can. 167: 311 págs.
- Sverdrup, H.Y. (1941) The Gulf of California: preliminary, discussion on the cruise of the E.W. Scripps in February and March 1939 6th. Pac. Sci. Congr. Proc. 3:161-166.
- Torres-Moye, G. y S. Alvarez-Borrego (1987) Effects of the 1984 El Niño on the summer phytoplankton of a Baja California Upwelling Zone. Jour. Geophysical Res. Plankton Res. 92(C13):14.383-14.386
- UNESCO (1983) Los ecosistemas costeros de América Latina y el Caribe. Los objetivos, prioridades y actividades del proyecto UNESCO-COMAR para la región de América latina y el Caribe. Caracas Venezuela, 15-19 Noviembre de 1982. UNESCO reports in marine science #24. Paris 54 págs.
- Valdez-Holguín, J.E. y J.R. Lara-Lara (1987). Productividad primaria en el Golfo de California: efectos del evento El Niño 1982-1983 Ciencias Marinas 13(2):34-50.
- Williams P.J. leB., R.C.T. Raine y J.R. Bryan (1979) Agreement between the ^{14}C and oxygen methods of measuring phytoplankton production: reassessment of the photosynthetic quotient Oceanol.Acta 2:411-416.

- Williams P.J. leB. (1981) Incorporation of microheterotrophic processes into the classical paradigm of the planktonic food web 15 Symposium Europeo de Biología Marina, Kiel, Alemania. Kieler Meeresforsch 5:1
- Williams P.J. leB., K.R. Heinemann, J. Marra y D.A. Purdie (1983) Comparison of ^{14}C and O_2 measurements of phytoplankton production in oligotrophic waters Nature (1 sept. 1983) 305:49-50.
- Zeitzschel, B. (1969) Primary Productivity in the Gulf of California Marine Biology 3(3):201-207.
- Zirino, A. y S.H. Lieberman (1985) pH-temperature relationship in the Gulf of California En: Mapping Strategies in Chemical Oceanography. (A. Zirino Ed.) Am. Chem. Soc. Washington D.C. Advances in Chemistry series 209:393-408.