



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

**"INFLUENCIA DE LA TURBIDEZ SOBRE LA
PRODUCCION ORGANICA PRIMARIA EN
LA REGION DEL DELTA DEL RIO COLORADO"**



TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
OCEANOLOGO
PRESENTA

GABRIELA DE LA PEÑA NETTEL

ENSENADA, B.C., SEPTIEMBRE DE 1991

RESUMEN

El Delta del Río Colorado es un estuario que presenta como atributo especial alta turbidez. La turbidez es principalmente provocada por la energía cinética turbulenta que mantiene al seston en suspensión. El presente trabajo tiene como objeto el estudiar las adaptaciones del fitoplancton a bajas irradiancias. Se realizaron dos campañas de muestreo, una en febrero y otra en mayo de 1991, estableciendo dos estaciones, una con poca turbidez (A) y otra en aguas más turbias (B). Se tomaron lecturas de profundidad del disco de Secchi, se cuantificó e identificó fitoplancton, se realizó análisis espectrofotométrico de clorofila "a", y se estimó la producción orgánica primaria por el método de ^{14}C empleando para las incubaciones lámparas de luz continua e intermitente, con máxima irradiancia de 67.33 y mínima de 5.14 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$. La lámpara de luz intermitente emitió 600 destellos por minuto. La estructura fitoplanctónica dominante fue de diatomeas pennadas para febrero. Para mayo fue de nanoplancton en periodo de mareas vivas y de diatomeas centrales en periodo de marea muerta. Las concentraciones de clorofila "a" fueron en general mayores para la estación B para ambos meses con valores promedio de 4.80 y 4.76 mg/m^3 para febrero y mayo respectivamente. Se obtuvieron valores de Kd de 2.72 para febrero y 3.35 m^{-1} para mayo, únicamente para la estación A (clara). La tendencia de los valores de producción orgánica primaria y razones de asimilación para febrero fue mayor para la estación B (turbia) en experimentos con luz continua. Para el mes de mayo la producción primaria fue mayor en la estación B (turbia) con luz intermitente y las razones de asimilación fueron mayores y equivalentes para la estación A (clara) con luz continua y la estación B (turbia) con luz intermitente.

El presente trabajo forma parte del proyecto de investigación "Productividad fitoplanctónica y bacteriana en la región del Delta del Río Colorado", de la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California, el cual cuenta con apoyo de CoNaCyt, con convenio No. D112-904320.

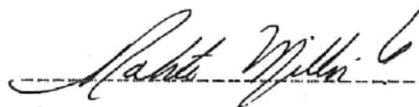
"INFLUENCIA DE LA TURBIDEZ SOBRE LA PRODUCCION
ORGANICA PRIMARIA EN LA REGION DEL
DELTA DEL RIO COLORADO"

TESIS
QUE PRESENTA
GABRIELA DE LA PERA NETTEL

APROBADA POR:



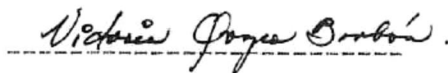
PRESIDENTE DEL JURADO
M. en C. Santamaria del Angel Eduardo M.



SINODAL PROPIETARIO
M. en C. Millán Nájera Roberto



SINODAL PROPIETARIO
M. en C. Cajal Medrano Ramón



SINODAL SUPLENTE
Ocean. Orozco Borbón Victoria



SINODAL SUPLENTE
Ocean. Galindo Rect Salvador

AGRADECIMIENTOS

Al M. en C. Roberto Millán Núñez, por sus consejos, paciencia y valiosa ayuda en la realización de esta tesis.

Al M. en C. Eduardo Martín Santamaría del Ángel por su orientación y apoyo en el desarrollo de esta tesis.

A los sinodales M. en C. Ramón Cajal Medrano, Ocean. Victoria Orozco Borbón y Ocean. Manuel Salvador Galindo Bect por sus sugerencias e infinita colaboración en la realización del presente trabajo.

Al Ocean. Amilcar Cupul Magaña por su cooperación y ayuda en el desarrollo de esta tesis.

A la Facultad de Ciencias Marinas por la formación, por las hermosas vivencias que me brindó y por darme oportunidad de realizarme.

GRACIAS.

CON TODO MI AMOR A
SARUSHA Y JAIME QUE SIEMPRE
ME HAN BRINDADO CARINO, APOYO Y
ALIENTO PARA SEGUIR ADELANTE
Y SER QUIEN SOY.

A SANDRA Y ALEJANDRA POR SU
INMENSA AMISTAD Y COMPRENSION,
POR ALEGRARME CADA INSTANTE.

A OSCAR POR TODOS SUS CUIDADOS,
POR EL TIEMPO QUE ME HA
DEDICADO Y SU AMOR.

A MI TIO GUSTAVO POR SUS CONSEJOS,
POR SU PACIENCIA, POR COMPARTIR
CONMIGO SUEÑOS Y DISFRUTAR REALIDADES.

A MIS QUERIDOS DOCTORES, JOSE I.
CALDERON Y JORGE SHINOHARA POR
SU INFINITO APOYO Y UNA AMISTAD
INVALUABLE.

A TODOS MIS AMIGOS POR SU APOYO,
POR HABER HECHO DE ESTA CARRERA
UN TIEMPO DE VIVENCIAS INOLVIDABLES.

INDICE GENERAL

	Página
INDICE GENERAL.....	I
LISTA DE FIGURAS.....	II
LISTA DE TABLAS.....	III
I. INTRODUCCION.....	1
I.1. OBJETIVO.....	5
II. MATERIALES Y METODOS	
II.1. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	6
II.2. METODOS DE CAMPO Y LABORATORIO.....	8
II.2.1. ESTRUCTURA FITOPLANCTONICA.....	9
II.2.2. DETERMINACION DE CLOROFILA "a".....	9
II.2.3. EXPERIMENTOS DE PRODUCTIVIDAD	
ORGANICA PRIMARIA.....	10
II.3. TRATAMIENTO DE DATOS.....	11
II.3.1 TRATAMIENTO ESTADISTICO.....	13
III. RESULTADOS	
III.1. NUBOSIDAD.....	14
III.2. CONDICIONES DE MAREA.....	14
III.3. LUZ	
III.3.1. DISCO DE SECCHI.....	14
III.3.2. IRRADIANCIAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	19
III.4. ESTRUCTURA FITOPLANCTONICA.....	19
III.5. CLOROFILA "a".....	25
III.6. PRODUCTIVIDAD ORGANICA PRIMARIA.....	28
IV. DISCUSIONES.....	54
V. CONCLUSIONES.....	59
VI. LITERATURA CITADA.....	60
APENDICE I.....	64

LISTA DE FIGURAS

Fig.		Pág.
1.	Localización geográfica y ubicación de las... estaciones de muestreo en el Delta del Río... Colorado.....	7
2.	Nivel de marea de febrero de 1991.....	16
3.	Nivel de marea de mayo de 1991.....	17
4.	Serie de tiempo de la profundidad del disco, de Secchi de febrero y mayo de 1991.....	20
5.	Serie de tiempo de los coeficientes de..... atenuación (Kd) de febrero y mayo de 1991.....	24
6.	Serie de tiempo de la abundancia..... fitoplanctónica de febrero y mayo de 1991.....	27
7.	Serie de tiempo de las concentraciones..... de clorofila "a" de las estaciones A y B..... de febrero y mayo de 1991.....	30
8.	Curvas P-E del promedio de la producción..... orgánica primaria de los ocho experimentos... en las estaciones A y B con luz continua..... (C) e intermitente (I) en febrero de 1991.....	38
9.	Curvas P-E del promedio de las razones de.... asimilación de los ocho experimentos en..... las estaciones A y B con luz continua..... (C) e intermitente (I) en febrero de 1991.....	39
10.	Producción primaria y razón de asimilación... en los experimentos AC-BC en febrero..... para la irradiancia E1.....	41
11.	Producción primaria y razón de asimilación... en los experimentos AC-BC en febrero..... para la irradiancia E2.....	41
12.	Producción primaria y razón de asimilación... en los experimentos AC-BC en febrero..... para la irradiancia E3.....	42
13.	Producción primaria y razón de asimilación... en los experimentos AC-BC en febrero..... para la irradiancia E4.....	42
14.	Producción primaria y razón de asimilación... en los experimentos AI-BI en febrero..... para la irradiancia E1.....	43
15.	Producción primaria y razón de asimilación... en los experimentos AI-BI en febrero..... para la irradiancia E2.....	43
16.	Producción primaria y razón de asimilación... en los experimentos AI-BI en febrero..... para la irradiancia E3.....	44
17.	Producción primaria y razón de asimilación... en los experimentos AI-BI en febrero..... para la irradiancia E4.....	44

Fig.		Pág.
18.	Curvas P-E del promedio de la producción.... orgánica primaria de los ocho experimentos.. en las estaciones A y B con luz continua.... e intermitente en mayo de 1991.....	46
19.	Curvas P-E del promedio de las razones..... de asimilación de los 8 experimentos..... en las estaciones A y B con luz continua (C) e intermitente (I) en mayo de 1991.....	47
20.	Producción primaria y razón de asimilación.. en los experimentos AC-BC en mayo..... para la irradiancia E1.....	50
21.	Producción primaria y razón de asimilación.. en los experimentos AC-BC en mayo..... para la irradiancia E2.....	50
22.	Producción primaria y razón de asimilación.. en los experimentos AC-BC en mayo..... para la irradiancia E3.....	51
23.	Producción primaria y razón de asimilación.. en los experimentos AC-BC en mayo..... para la irradiancia E4.....	51
24.	Producción primaria y razón de asimilación.. en los experimentos AI-BI en mayo..... para la irradiancia E1.....	52
25.	Producción primaria y razón de asimilación.. en los experimentos AI-BI en mayo..... para la irradiancia E2.....	52
26.	Producción primaria y razón de asimilación.. en los experimentos AI-BI en mayo..... para la irradiancia E3.....	53
27.	Producción primaria y razón de asimilación.. en los experimentos AI-BI en mayo..... para la irradiancia E4.....	53

LISTA DE TABLAS

Tabla		Pág.
I.	Posiciones de las botellas con las..... irradiancias recibidas en cada posición..... con luz continua e intermitente.....	12
II.	Resultados de la prueba no paramétrica..... de Wilcoxon para muestras independientes..... aplicada a los promedios de producción..... primaria y razón de asimilación.....	35
III.	Porcentaje de cobertura de nubosidad..... durante los periodos de muestreo de febrero... y mayo de 1991.....	15
IV.	Profundidades del disco de Secchi (cm) y..... condiciones de marea de las estaciones A y..... B para febrero y mayo de 1991.....	18
V.	Irradiancias ($\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$), estación A febrero..... de 1991.....	21
VI.	Irradiancias ($\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$), estación A mayo..... de 1991.....	22
VII.	Coeficientes de atenuación (kd) de la..... estación A, febrero y mayo de 1991.....	23
VIII.	Abundancia fitoplanctónica (cel/L) de las..... estaciones A y B para febrero y mayo de 1991..	26
IX.	Concentraciones de clorofila "a" (mg/m^3) para las estaciones A y B en febrero y..... mayo de 1991.....	29
X.	Producción orgánica primaria ($\text{mgC}/\text{m}^3/\text{h}$) de.... febrero de 1991. Experimentos realizados..... con luz continua (C) e intermitente (I)..... para las estaciones A y B. Irradiancia en..... ($\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$).....	31
XI.	Producción orgánica primaria ($\text{mgC}/\text{m}^3/\text{h}$) de.... mayo de 1991. Experimentos realizados con..... luz continua (C) e intermitente (I) para..... las estaciones A y B. Irradiancia ($\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$)...	32
XII.	Razones de asimilación ($\text{mgC}/\text{h}/\text{mgchl "a"}$)..... de febrero de 1991. Experimentos realizados... con luz continua (C) e intermitente (I)..... para las estaciones A y B. Irradiancia en..... ($\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$).....	33
XIII.	Razones de asimilación ($\text{mgC}/\text{h}/\text{mgchl "a"}$)..... de mayo de 1991. Experimentos realizados..... con luz continua (C) e intermitente (I)..... para las estaciones A y B. Irradiancia en..... ($\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$).....	34
XIV.	Promedio de la producción orgánica primaria... de los 8 experimentos con cuatro irradiancias. distintas en febrero de 1991. Irradiancia..... ($\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$).....	37

XV.	Promedio de las razones de asimilación de..... los 8 experimentos con cuatro irradiancias..... distintas en febrero de 1991. Irradiancia..... en ($\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$).....	40
XVI.	Promedio de la producción primaria de los..... 8 experimentos con cuatro irradiancias..... distintas en mayo de 1991. Irradiancia en..... ($\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$).....	45
XVII.	Promedio de las razones de asimilación de..... los 8 experimentos con cuatro irradiancias..... distintas en mayo de 1991. Irradiancia en..... ($\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$).....	48

I. INTRODUCCION

Es de fundamental importancia considerar el factor luz en términos de calidad e intensidad en relación a la productividad orgánica primaria; ya que la tasa fotosintética aumenta linealmente con la irradiancia hasta aproximarse a una meseta en las intensidades luminosas de saturación. Las altas intensidades luminosas suelen actuar como inhibidores de la fotosíntesis, conocido como fotoinhibición. Dicho fenómeno lo describió Jenkin (1937 en Bougis, 1976), como resultado de un experimento con cultivo de *Coscinodiscus excentricus*.

La tasa fotosintética está limitada por reacciones fotoquímicas que incluyen el número de quantas disponibles y la capacidad de las células para absorberlos (Darley, 1987).

La presencia de plancton, gilvin y detritus además de las características propias del agua, provocan atenuación de la luz en el medio marino (Kirk, 1983).

Perry et al. (1981), establecen que existe una respuesta de las poblaciones fitoplanctónicas a las bajas intensidades de luz, la cual consiste en un aumento del tamaño de la unidad fotosintética. La variación de la clorofila a es una de las adaptaciones del fitoplancton a la luz y sombra (Joint, 1981 y Joint & Pomoroy, 1981 en Joint, 1984 y Legendre et al., 1985). Un ejemplo de esto lo describió Neale (1985), quien reportó que el contenido total de clorofila fué del doble para bajas intensidades de luz que para altas, en un cultivo de *Chlamydomonas reinhardtii*.

Se ha observado que aunque el fitoplancton ha presentado tasas

reducidas de fotosíntesis durante periodos de bajas intensidades de luz, este mantiene su habilidad de fotosintetizar inmediatamente al ser expuesto a condiciones de luz más favorables (Prisco, 1983).

Grobbelaar (1984), menciona que la eficiencia de conversión de energía luminosa decrece, pero la actividad específica y el índice de la utilización de luz aumentan con un incremento de la turbidez, lo cual puede ser una adaptación del fitoplancton a la sombra.

La región del Delta del Río Colorado, se caracteriza por la resuspensión de sedimentos, lo cual produce una alta turbidez. El contenido orgánico de estas aguas es muy alto, lo que ocasiona que sean muy ricas en bacterias, plancton, peces y crustáceos (Bourillon-Moreno et al., 1988).

Las mareas en el Golfo de California son predominantemente del tipo semidiurno, con intervalos de amplitud de aproximadamente 11 metros, considerándose entre las mayores del mundo (Bourillon-Moreno et al., 1988).

Bourillon-Moreno (1988), reportó un alto contenido orgánico para esta región, por lo que se puede pensar que por medio de la mineralización existan concentraciones de nutrientes altas. Así mismo Hernández-Ayón (1990), menciona que los nutrientes no son limitantes para la producción primaria en esta región. Por esto se considera que el factor limitante para la producción orgánica primaria en el Delta del Río Colorado, puede ser la luz.

Sin embargo, existen trabajos realizados en medios similares donde se caracterizaron altos niveles de nutrientes inorgánicos, alta turbidez y una zona fótica somera (<2 m), en donde se reportó una

producción primaria fitoplanctónica con valores de 450 gC/m²/año, en el caso del estuario de Great South Bay en Nueva York (Lively et al., 1983).

El movimiento vertical en la columna de agua puede dar como resultado variaciones en la luz que recibe el fitoplancton, siendo estas de mayor magnitud que aquellas causadas por el cubrimiento de las nubes o curvas de irradiancia diarias o estacionales (Uncles & Joint, 1983).

Legendre et al. (1985), mencionan que la actividad fotosintética del fitoplancton bajo condiciones de mezcla vertical continua e intensa, debe responder a las condiciones de luz en la capa de mezcla, así mismo, en regiones turbias donde existen factores limitantes de luz, se ha encontrado que el fitoplancton presente es capaz de fotosintetizar. Los factores físicos que mantienen concentraciones altas de sólidos suspendidos, también dan como resultado una rápida mezcla vertical en la columna de agua. Así, aunque la zona fótica sea somera, el fitoplancton puede recibir luz debido a la intensa mezcla vertical (Joint & Pomroy, 1981 en Joint, 1984).

Uncles & Joint (1983), encontraron para el Canal de Bristol concentraciones de clorofila "a" homogéneamente distribuidas a lo largo de la columna de agua, lo que parece ser consecuencia de una mezcla vertical en escala de tiempo corta en comparación con los tiempos de generación del fitoplancton, de tal forma que, es de particular importancia la escala de tiempo de la mezcla vertical, ya que la profundidad de mezcla es mucho mayor que la profundidad de la capa fótica. Determinaron que no es posible que el fitoplancton experimente

fotoinhibición debido a la rápida mezcla en la columna de agua, ya que las células experimentan altas condiciones de luz sólo por periodos cortos de tiempo.

En base a los resultados obtenidos por Lechuga-Deveze (1977), Bonetto (1983), Cloern (1987) y Dávalos (1989), se esperaría que en el Delta del Río Colorado, la producción orgánica primaria fuera de valores bajos debido a la alta turbidez. Sin embargo en un estudio reciente, se encontraron altas tasas fotosintéticas, aproximadamente de 15 mgC/m³h para zonas en que las lecturas de profundidad del disco de Secchi no alcanzan más de 20 cm (Barocio-León, inédito). Así mismo, en esta región se sostiene una importante pesquería de camarón, lo que sugiere que debe existir una producción orgánica primaria capaz de mantener una actividad pesquera de esta naturaleza.

En el área del Delta del Río Colorado se presentan patrones de corrientes y grandes amplitudes de marea lo que da como resultado que las células fitoplanctónicas se encuentren en un medio dinámico en forma constante, de tal manera que estas pueden llegar a la superficie en repetidas ocasiones en fracciones muy cortas de tiempo. Sin embargo, debido a que estas condiciones permanecen constantes en el Delta del Río Colorado, cabe la idea de que el fitoplancton esté adaptado a un proceso permanente de captación de luz a destellos.

El objetivo del presente estudio es probar que el fitoplancton del Delta del Río Colorado, es capaz de presentar altas razones fotosintéticas en condiciones de alta turbidez, por medio de exposiciones a la luz en períodos cortos de tiempo.

II. MATERIALES Y METODOS

II.1 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra localizada entre los 31°41' y 31°59' de latitud Norte y los 114°36' y 115°03' de longitud Oeste, entre los estados de Sonora y Baja California (Fig. 1).

Presenta clima semicálido, muy seco, con temperaturas de 0°C a 55°C y promedio anual de 23°C (Contreras, 1988).

El Alto Golfo de California posee una forma más o menos triangular (Lepley *et al.*, 1975), el contenido de sedimentos de origen continental fué acarreado en su mayoría por el Río Colorado, constituyendo un amplio delta sumergido en su mayor parte; su hundimiento alcanza aproximadamente 200 km, el cual parece estar relacionado a la última transgresión post-Pleistocénica, con rocas ígneas intrusivas y extrusivas del Cenozoico medio (Carranza-Edwards *et al.*, 1975). Presenta además una serie de fallas; una del Pleistoceno que provoca la separación en el desierto de Sonora y la otra del Mesozoico en Baja California separada de la cuenca por la Sierra Juárez y otras montañas (Meckel, 1975).

En el sistema costero del Delta del Río Colorado, existen canales submarinos separados por barras de sedimentos, emergiendo en islas (Meckel, 1975). Tales son los casos de la Isla Montague y la Isla Gore.

La vegetación, es esparcida y restringida a lo largo del fondo lodoso que hay en la planicie deltáica, estando constituida principalmente por *Salicornia* sp. (Meckel, 1975).

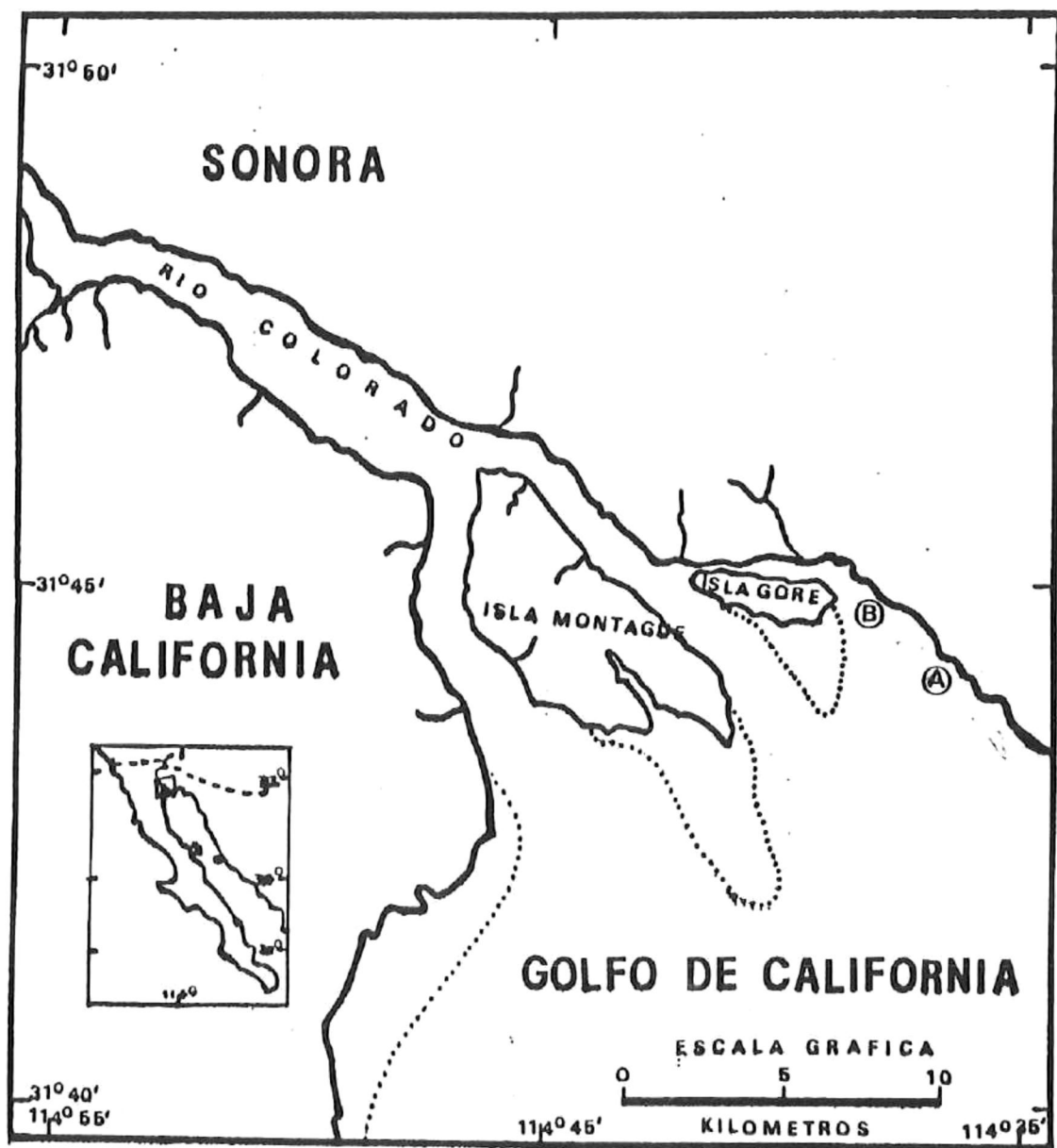


FIG. 1, LOCALIZACION GEOGRAFICA Y UBICACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN EL DELTA DEL RIO COLORADO.

II.2. METODOS DE CAMPO Y LABORATORIO

Se realizaron dos salidas de campo, la primera del 10 al 17 de febrero y la segunda del 15 al 22 de mayo de 1991. Se establecieron dos estaciones con características geográficas similares, tomando como criterio la apreciación de la turbidez del agua de mar a simple vista. Se asignó como estación A a la zona con menor turbidez ubicada frente al poblado de Santa Clara, Son. y como estación B a la zona más turbia cercana a la Isla Gore (Fig. 1).

La colecta de muestras se hizo cada 24 horas, a las 8:00 a.m., asignándole un número progresivo del 1 al 8 a cada experimento. Las muestras de la estación A y B, se colectaron a la misma hora con un intervalo de ± 10 minutos, para procurar así, que los muestreos fueran casi simultáneos.

Previamente al muestreo se hicieron estimaciones de nubosidad, así mismo en la estación A se midió el perfil de penetración de luz en la columna de agua (cada medio metro) con un irradiómetro sumergible, modelo 200A de la Kahl Scientific Instrument Co., y profundidades de disco de Secchi.

Se colectó una muestra en la estación A de agua de mar subsuperficial con una botella hidrológica y en la estación B se colectó en recipientes de plástico oscuros de aproximadamente un galón, en los cuales se transportó la muestra. A partir de ambas muestras se realizaron los análisis descritos a continuación.

Las muestras se almacenaron en botellas de plástico de 250 ml, para fijar se agregó 2.5 ml de lugol con base de acetato de sodio según la fórmula descrita por Descolas-Gros (1978), después se cerraron las botellas herméticamente, protegiéndolas de la luz. Las muestras fueron analizadas según la técnica Utermohl, empleando un microscopio invertido Zeiss IM de la Max Erb. Instrument Co.

Los volúmenes de sedimentación se determinaron en base a la metodología sugerida por Santamaría-del-Angel (1989), la cual contempla la estimación de los taxa bien representados en un volumen pequeño, en este caso de 5 cc con un aumento de 200X, para taxa grandes. Para los taxa pequeños un aumento de 400X en un transecto diagonal.

Se obtuvo abundancia y composición a nivel género, empleando para su identificación las guías de Cupp (1943), Licea-Durán (1974), Taylor (1976) y Vinyard (1979).

II.2.2. DETERMINACION DE CLOROFILA "a"

Para la muestra de pigmentos fotosintéticos se colectó un volumen de un litro de agua de mar, agregándole aproximadamente un ml de una solución saturada de $MgCO_3$, se filtró con bomba manual de vacío con una presión menor a una atmósfera, con equipo de filtración Millipore y filtros de membrana de nitrocelulosa de 0.45µm de luz de poro y 47 mm de diámetro (Creitz y Richards, 1955). Cada filtro se colocó por separado en papel aluminio, y se almacenaron en un congelador.

La extracción de pigmentos fotosintéticos se realizó en tubos de centrifuga de 15 ml graduados, una vez que se tuvo los filtros en los tubos se agregó 5 ml de la solución de acetona al 90%. Se aforaron los

tubos a 10 ml dando un periodo de extracci3n de 2 horas en un lugar fresco y obscuro.

Se centrifug3 a 3000 rpm por 10 minutos en una centrifuga IEC HN-SII. Se tomaron lecturas de absorbancia de cada muestra contra acetona al 90% con un espectrof3t3metro Milton Roy Spectronic UV 1201, se emplearon celdas rectangulares de un centimetro de longitud. Se consideraron las siguientes longitudes de onda: 750, 665, 645 y 630 nan3metros, posteriormente se acidific3 en la misma celda cada muestra con una gota de HCl concentrado tomando de nuevo las absorbancias a las mismas longitudes de onda para la determinaci3n de feofitinas (Mill3n-N3ñez, 1978).

El c3lculo de las concentraciones de pigmentos fotosint3ticos se realiz3 en base al sistema de ecuaciones tricrom3ticas descritas por Mill3n-N3ñez (1978).

II.2.3. EXPERIMENTOS DE PRODUCTIVIDAD ORGANICA PRIMARIA

Las muestras de agua de mar se almacenaron en botellas de 125 ml, agreg3ndoles aproximadamente 1 uc de bicarbonato radioactivo ($H^{14}CO_3$). Para realizar las incubaciones se utilizaron 2 incubadores port3tiles de madera, en los que la fuente de luz se situ3 en un extremo, quedando separada de las botellas por un vidrio comercial de 5 mm de espesor. Estos incubadores tienen como caracteristica el atenuar la luz hasta 10% de Edzo (Santamaría-del-Angel & Alvarez-Borrego, in3dito). Lo anterior se d3 al situar las botellas de vidrio con la muestra en un baño de agua de mar en forma consecutiva a lo largo del incubador, la irradiancia disminuye en cada botella gradualmente. Para obtener la irradiancia que llega a cada botella se calibraron las fuentes de luz

con un irradiómetro sumergible QSL-100 de Biospherical Inst. Inc. con integrador coseno. Durante dicha calibración se verificó la intermitencia de la lámpara mediante las oscilaciones del irradiómetro, indicando la diferencia entre los periodos de luz y oscuridad.

Se empleó para uno de los incubadores una lámpara de luz artificial, fría, blanca de 55 watts de salida en febrero y de 57 watts para mayo; las cuales, en irradiancia no tienen una diferencia estadísticamente significativa (Santamaría-del-Angel y Alvarez-Borrego, inédito). Para el otro se empleó en los experimentos de luz intermitente una lámpara Cole-Parmer, luz fría de xenon, con una frecuencia de 600 destellos/min. Las irradiancias recibidas dentro de cada posición y para cada tipo de lámpara se muestran en la Tabla I.

El periodo de incubación fué de una hora y media, al término de la cual se filtraron las muestras, se emplearon filtros de membrana de nitrocelulosa de 0.45µm de luz de poro y 22 mm de diámetro, empleando una bomba de vacío eléctrica, depositando después los filtros en viales de centelleo los cuales contenían 10 ml de solución de centelleo de tipo betafase, almacenándolos en un lugar oscuro y fresco.

El análisis de ^{14}C se realizó en un contador de centelleo líquido Beckman LS 5000 TD; de los conteos por minuto se obtuvieron las desintegraciones por minuto y se empleó la fórmula descrita por Strickland & Parsons (1972) para el cálculo de $\text{mgC}/\text{m}^3\text{h}$ en base a las mismas desintegraciones.

II.3 TRATAMIENTO DE DATOS

A partir de los análisis de estructura fitoplanctónica se obtuvieron parámetros de abundancia total y abundancia para grupos

TABLA I. Posiciones de las botellas con las irradiancias recibidas en cada posición con lámpara de luz continua e intermitente.

Posición	Luz constante		Intermitente	
	($\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$)	(W/m^2)	($\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$)	(W/m^2)
1	343.890	68.778		
2	211.300	42.259		
3	144.090	28.818		
4	98.110	19.622		
5	67.330	13.466	66.170	13.234
6	48.380	9.676	45.770	9.154
7	34.920	6.984	33.900	6.780
8	27.690	5.538	25.710	5.143

principales (dinoflagelados, diatomeas pennadas, centrales y nanoplankton).

13

En base a los datos obtenidos del experimento de productividad orgánica primaria, y clorofila "a", se calcularon razones de asimilación. Se promedió tanto la producción orgánica primaria como las razones de asimilación de los ocho experimentos en cada una de las irradiancias aplicadas, con objeto de comparar la tendencia general en ambos meses. Se promediaron los ocho muestreos, tomando en cuenta que en cada experimento hubo variaciones pero que estos guardan proporción entre sí en cada caso de luz continua e intermitente para ambas estaciones.

De los datos obtenidos del irradiómetro para la estación A, se calcularon los coeficientes de atenuación en base a la expresión:

$$K_d = \ln(E_z/E_0)/-z$$

II.3.1. TRATAMIENTO ESTADISTICO

A los promedios de producción orgánica primaria y razones de asimilación se les aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras independientes al 5 y 10%, para probar que existen diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones A y B con luz continua e intermitente para ambos meses.

III. RESULTADOS

III.1. NUBOSIDAD

El porcentaje de cobertura de nubosidad fué mucho mayor para el mes de febrero, presentó en promedio un porcentaje del 50%, en oposición al mes de mayo en el que en un solo día se observaron nubes, teniendo el cielo totalmente despejado, (Tabla III).

III.2. CONDICIONES DE MAREA

El muestreo realizado en febrero (10-02-91) se inició con condiciones de marea muerta, la cual cambió a marea viva hacia el cuarto día de muestreo (13-02-91). El estado de la marea a la hora de la colecta de muestras (8:00 a.m.) fué de flujo, los días 10 al 13, del 14 al 15 fué de inicio de flujo y del 16 al 17 de febrero de reflujo (Fig. 2).

El muestreo del mes de mayo se inició (15-05-91) con condiciones de mareas vivas, permaneció así hasta el día 18, cambiando a mareas muertas para el resto del muestreo. El estado de la marea para el muestreo para los días 15 a 19 fué de reflujo, y del 20 al 22 de mayo de flujo (Fig. 3).

III.3. LUZ

III.3.1. DISCO DE SECCHI

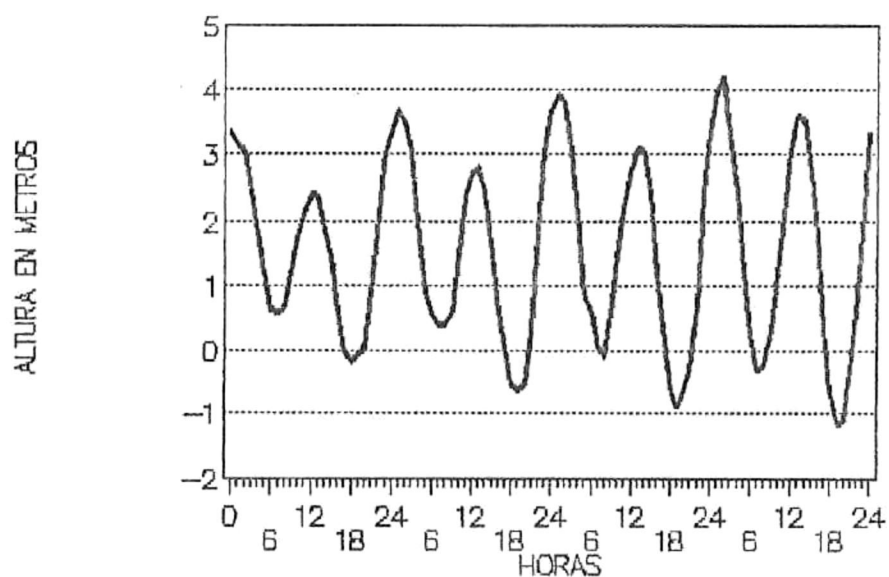
Es importante observar que la profundidad mínima del disco de Secchi obtenida para la estación A durante febrero y mayo, corresponde a la profundidad máxima de la estación B para ambos meses (Tabla IV).

Así mismo, el patrón de las series de tiempo para la estación B en ambos meses resultan ser homogéneas en cuanto a los intervalos de

Tabla III. Porcentaje de cobertura de nubosidad durante los periodos de muestreo de febrero y mayo de 1991.

EXP.	FECHA	FEBRERO	FECHA	MAYO
		%		%
1	10/02	10	15/05	0
2	11/02	90	16/05	0
3	12/02	0	17/05	0
4	13/02	50	18/05	0
5	14/02	10	19/05	0
6	15/02	100	20/05	30
7	16/02	75	21/05	0
8	17/02	5	22/05	0

10 A 13 DE FEBRERO DE 1991



14 A 17 DE FEBRERO DE 1991

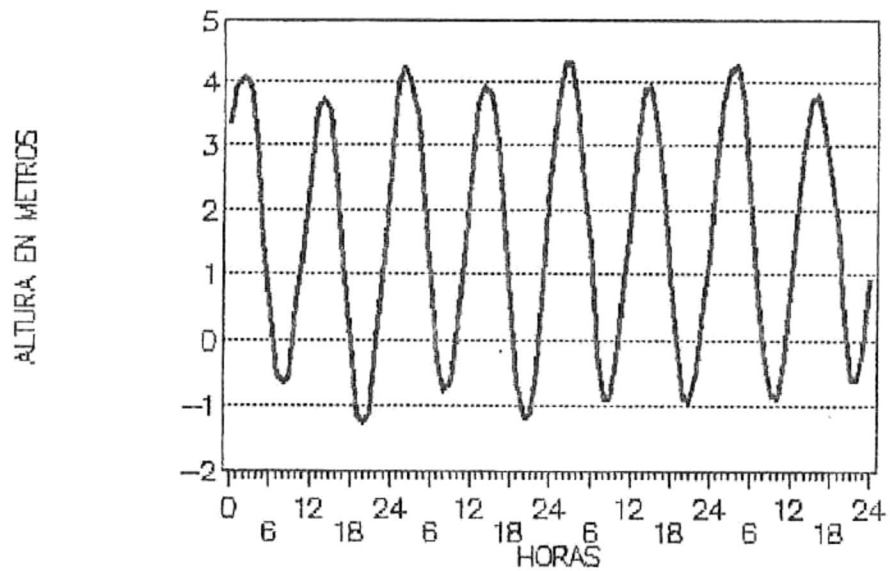
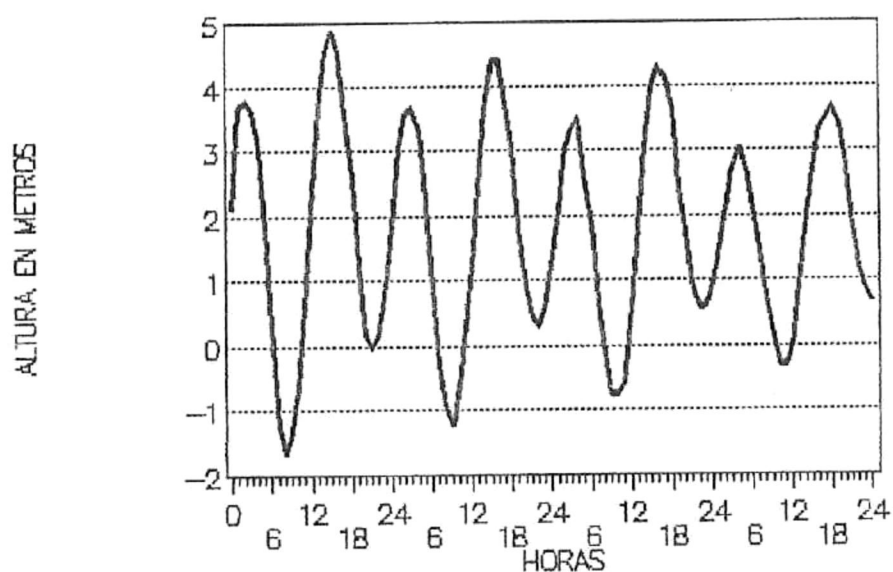


Fig. 2. Nivel de marea del mes de febrero de 1991.

15 A 18 DE MAYO DE 1991



19 A 22 DE MAYO DE 1991

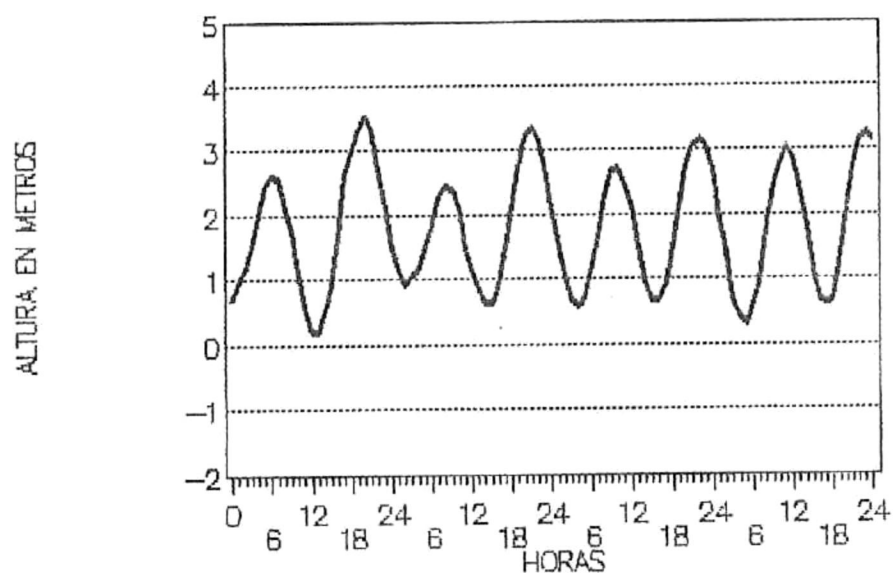


Fig. 3. Nivel de marea del mes de mayo de 1991.

TABLA. IV. Profundidades del disco de Secchi (cm) y condiciones de marea de las estaciones A y B para febrero y mayo de 1991.

EXP.	FECHA	MAREA	MAREA	EST. A	EST. B
1	10-02	muerta	flujo	100	0
2	11-02	muerta	flujo	80	0
3	12-02	muerta	flujo	75	15
4	13-02	viva	flujo	70	40
5	14-02	viva	trans.flj	100	40
6	15-02	viva	trans.flj	90	35
7	16-02	viva	reflujo	60	25
8	17-02	viva	reflujo	40	20
1	15-05	viva	reflujo	40	35
2	16-05	viva	reflujo	40	20
3	17-05	viva	reflujo	50	25
4	18-05	viva	reflujo	50	25
5	19-05	muerta	reflujo	80	60
6	20-05	muerta	flujo	150	55
7	21-05	muerta	flujo	125	60
8	22-05	muerta	flujo	90	50

profundidades (Fig. 4). Si se toma en cuenta las condiciones de marea, se observa que en febrero se iniciaron los experimentos en marea muerta, obteniendo valores altos (100 a 70 cm de profundidad del disco de Secchi), los cuales tienden a bajar (60-40 cm) hacia el fin del muestreo en periodo de marea viva. En el mes de mayo, donde se inició con condiciones de mareas vivas, las profundidades del disco de Secchi obtenidas son bajas (40-60 cm), incrementándose notablemente en mareas muertas (90-150 cm).

III.3.2. IRRADIANCIAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

A partir de las irradiancias obtenidas en el campo para la estación A (Tablas V y VI), se obtuvieron los coeficientes de atenuación (K_d) (Tabla VII).

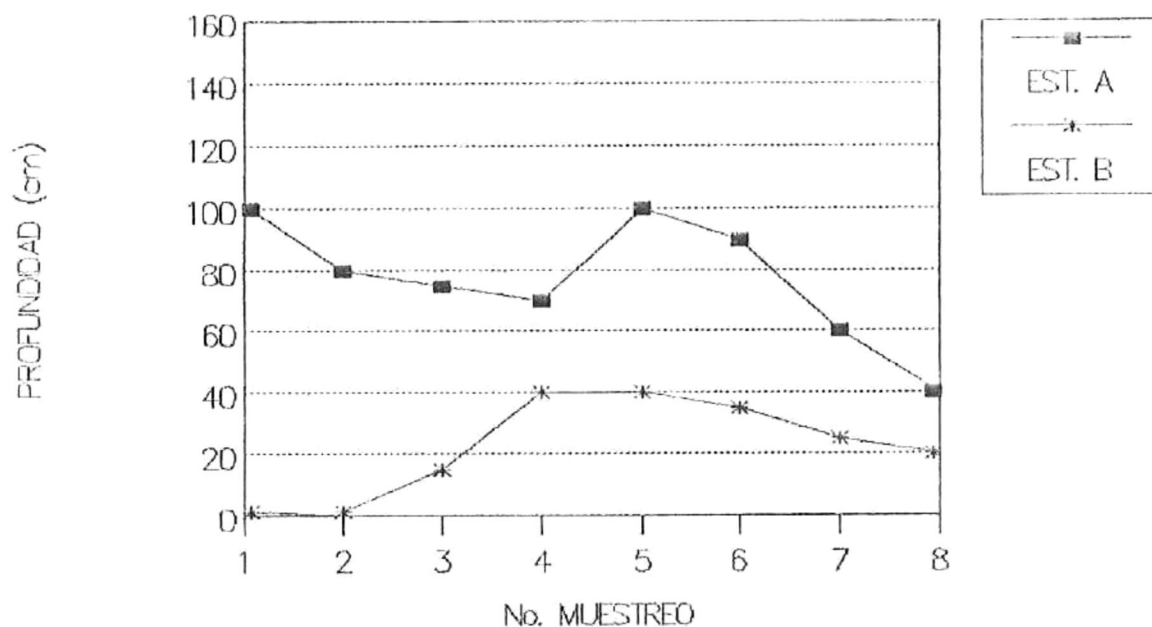
Para el mes de febrero se observa que del primer muestreo al cuarto los valores de K_d aumentan hasta alcanzar un máximo de 4.6 m^{-1} , dándose un decremento en los muestreos consecutivos, para el último muestreo se presentó un incremento con valor de 2.7 m^{-1} (Fig. 5).

Para el mes de mayo se encontraron valores de K_d por arriba del máximo obtenido en febrero. El valor máximo para mayo fue de 6.7 m^{-1} para el segundo muestreo disminuyendo hasta el sexto muestreo con valor mínimo de $K_d=0.8 \text{ m}^{-1}$. Se observa que en el muestreo 7 hay un incremento de 2.4 decreciendo en el experimento 8 (Fig. 5).

III.4. ESTRUCTURA FITOPLANCTONICA

La composición para el muestreo del mes de febrero fue en mayor porcentaje de diatomeas pennadas (*Thalassiothrix*, *Grammatophora*, *Pleurosigma* y *Plagiogramma*), constituyendo aproximadamente un 64% en

FEBRERO 1991



MAYO 1991

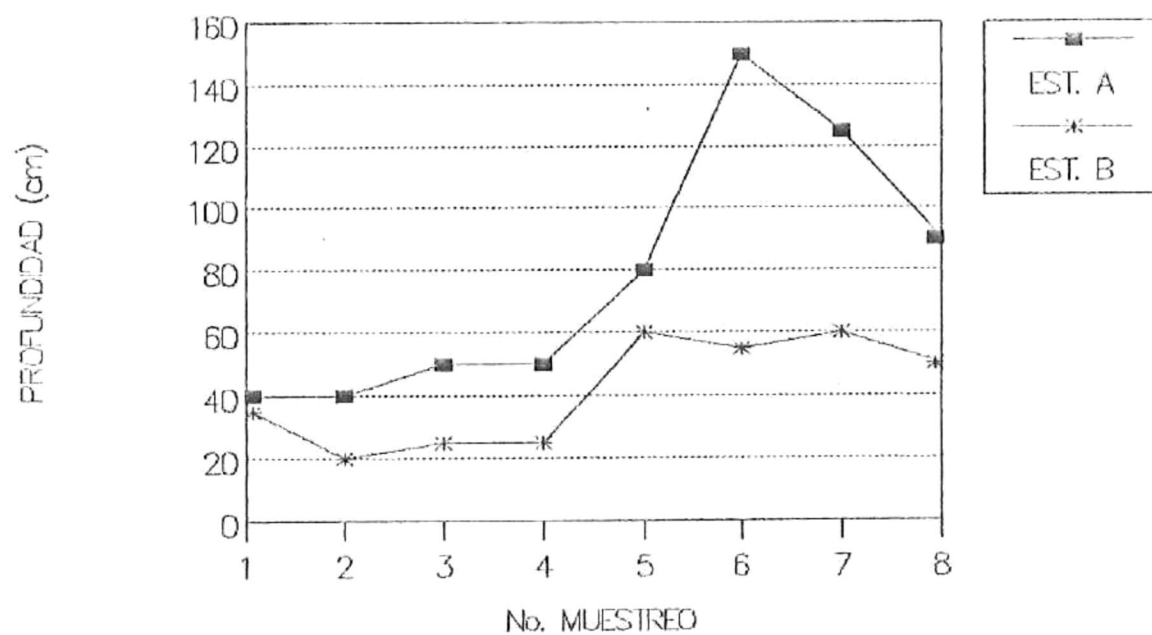


Fig. 4. Series de tiempo de la profundidad del disco de Secchi de febrero y mayo de 1991.

Tabla V. Irradiancias ($\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$), estacion A febrero de 1991.

PROF. (m)	FECHA	IRRAD.	FECHA	IRRAD.	FECHA	IRRAD.
	10/02		11/02		12/02	
0.00		3300.0		2520.0		4200.0
0.50		2400.0		1320.0		1500.0
1.00		1080.0		720.0		360.0
1.50		900.0		300.0		90.0
2.00		300.0		100.0		22.0
2.50		180.0		60.0		
	13/02		14/02		15/02	
0.00		2100.0		2400.0		240.0
0.50		600.0		1020.0		100.0
1.00		114.0		420.0		92.0
1.50		180.0		120.0		46.0
2.00		0.2		40.0		9.0
2.50				4.2		
	16/02					
0.00		3400.0				
0.50		1400.0				
1.00		540.0				
1.50		114.0				
2.00		13.8				

Tabla VI. Irradiancias ($\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$), estacion A mayo de 1991.

PROF. (m)	FECHA	IRRAD.	FECHA	IRRAD.	FECHA	IRRAD.
	15/05		16/05		17/05	
0.00		3600.0		4200.0		2400.0
0.50		800.0		144.0		300.0
1.00		156.0				
1.50		3.0				
	18/05		19/05		20/05	
0.00		3800.0		5800.0		840.0
0.50		300.0		3540.0		700.0
1.00		18.0		1740.0		540.0
1.50				760.0		240.0
2.00				340.0		120.0
2.50				162.0		108.0
3.00				78.0		60.0
3.50				41.4		24.0
4.00				18.6		18.0
4.50				4.0		18.0
	21/05		22/05			
0.00		4600.0		5200.0		
0.50		1920.0		2100.0		
1.00		700.0		520.0		
1.50		216.0		198.0		
2.00		100.0		56.0		
2.50		44.4		19.8		
3.00		9.6		5.0		
3.50		0.8		2.0		

Tabla VII. Coeficientes de atenuacion (Kd)
de la estacion A, febrero y
mayo de 1991.

EXP.	Kd FEBRERO	Kd MAYO
1	1.1634	4.7267
2	3.7376	6.7460
3	2.6295	4.1588
4	4.6295	5.3523
5	2.5392	1.6176
6	1.6417	0.8540
7	2.7534	2.4734
8		0.9143

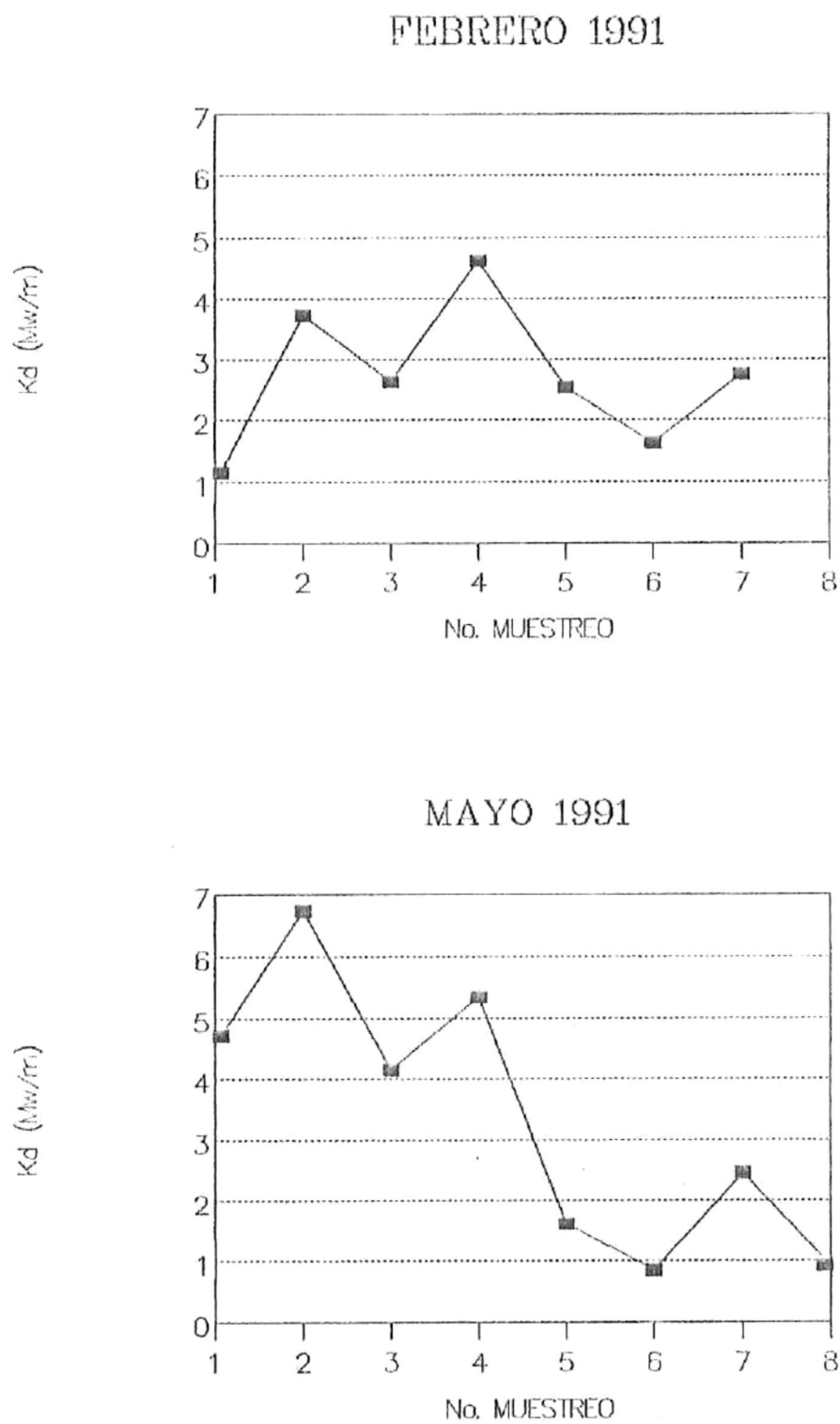


Fig. 5. Series de tiempo de los coeficientes de atenuación (K_d) de febrero y mayo de 1991

promedio global en ambas estaciones (Tabla VIII, Apéndice I). Con una abundancia fitoplanctónica mayor para la estación A (clara) que para la estación B (turbia) (Fig. 6). Se obtuvieron intervalos de abundancia total de 160,000 a 15,000 células/litro (Fig. 6).

Para el mes de mayo, se encontró en forma general abundancia alta de nanoplancton, constituyendo en promedio un 42%. En los últimos muestreos disminuyó notablemente la abundancia de nanoplancton, sustituido por diatomeas centrales, principalmente por *Coscinodiscus* y *Chaetoceros* (Apéndice I). Se obtuvieron valores bajos de abundancia total comparados con los de febrero, con un intervalo de 35,000 a 5,000 organismos por litro. Se obtuvo más abundancia para la estación A que para la B (Fig. 6). El grupo de dinoflagelados obtuvo la menor dominancia en ambos muestreos, estando representados por los géneros *Peridinium* y *Ceratium*.

En ambos meses se observó que la abundancia para la estación A (clara) fue mayor que para la B (turbia).

Es importante señalar que en el mes de mayo se encontró un porcentaje mayor de nanoplancton, tomando en cuenta los cuatro grupos principales, sin embargo si se toma en conjunto a las diatomeas en pennadas y centrales, estas fueron dominantes (Apéndice I).

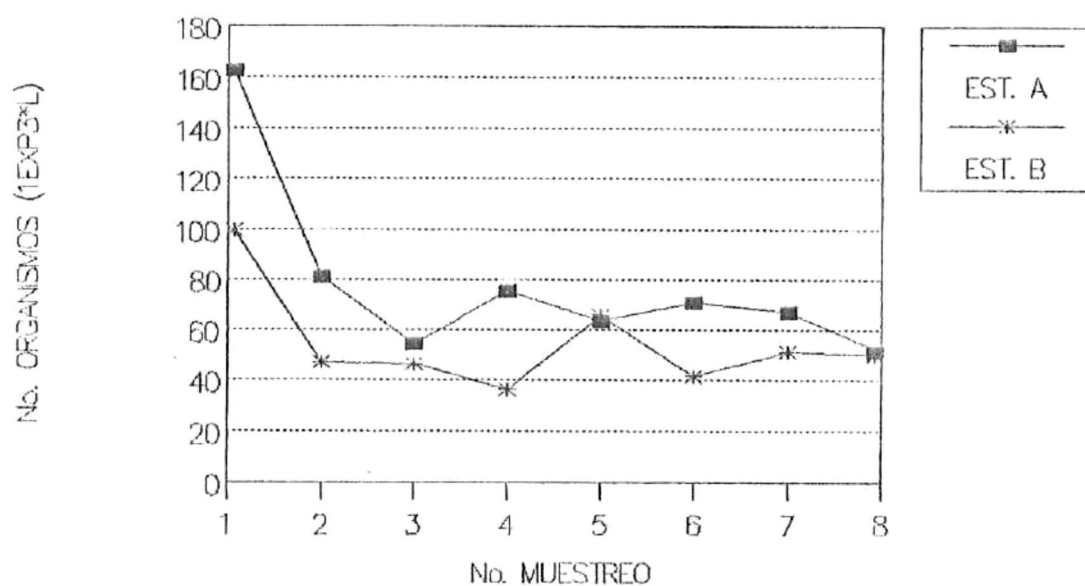
III.5. CLOROFILA "a"

Del análisis de pigmentos fotosintéticos sólo se consideró a la clorofila "a", debido a que es el pigmento común en todos los organismos autótrofos, por lo que se emplea en la estimación de la razón de asimilación.

Tabla VIII. Abundancia fitoplanctonica (cel/L) de las estaciones A y B para febrero y mayo de 1991.

			DINOFLAG	D.PENNADA	D.CENTRAL	NANOPLANC	TOTAL
F	EXP. 1	EST. A	4480	74760	30080	53360	162680
		EST. B	2560	63200	4800	29000	99560
E	EXP. 2	EST. A	3320	54280	3520	19800	80920
		EST. B	2240	32840	4200	7600	46880
B	EXP. 3	EST. A	640	41120	880	1180	43820
		EST. B	1200	28800	1600	14800	46400
R	EXP. 4	EST. A	1400	54640	2480	16800	75320
		EST. B	400	26840	1240	7600	36080
E	EXP. 5	EST. A	1480	49440	3000	9600	63520
		EST. B	3400	45800	2000	14200	65400
R	EXP. 6	EST. A	1240	59880	520	9000	70640
		EST. B	80	41360	0	0	41440
D	EXP. 7	EST. A	640	57080	1600	7600	66920
		EST. B	960	38600	1880	9800	51240
	EXP. 8	EST. A	840	41000	1720	7800	51360
		EST. B	160	38360	1320	9800	49640
	EXP. 1	EST. A	0	4720	1360	7600	13680
		EST. B	240	6600	4600	12000	23440
M	EXP. 2	EST. A	0	13400	5080	12600	31080
		EST. B	200	2400	1400	7000	11000
A	EXP. 3	EST. A	600	4480	5520	8600	19200
		EST. B	0	1680	4680	5200	11560
Y	EXP. 4	EST. A	200	13560	8240	14200	36200
		EST. B	0	9920	3120	14000	27040
O	EXP. 5	EST. A	0	2840	3400	5200	11440
		EST. B	1440	7880	2920	9800	22040
	EXP. 6	EST. A	880	2800	4560	9400	17640
		EST. B	0	3880	960	11000	15840
	EXP. 7	EST. A	0	4120	6160	0	10280
		EST. B	200	3440	5120	8000	16760
	EXP. 8	EST. A	0	1680	2280	1400	5360
		EST. B	200	1200	4800	0	6200

FEBRERO 1991



MAYO 1991

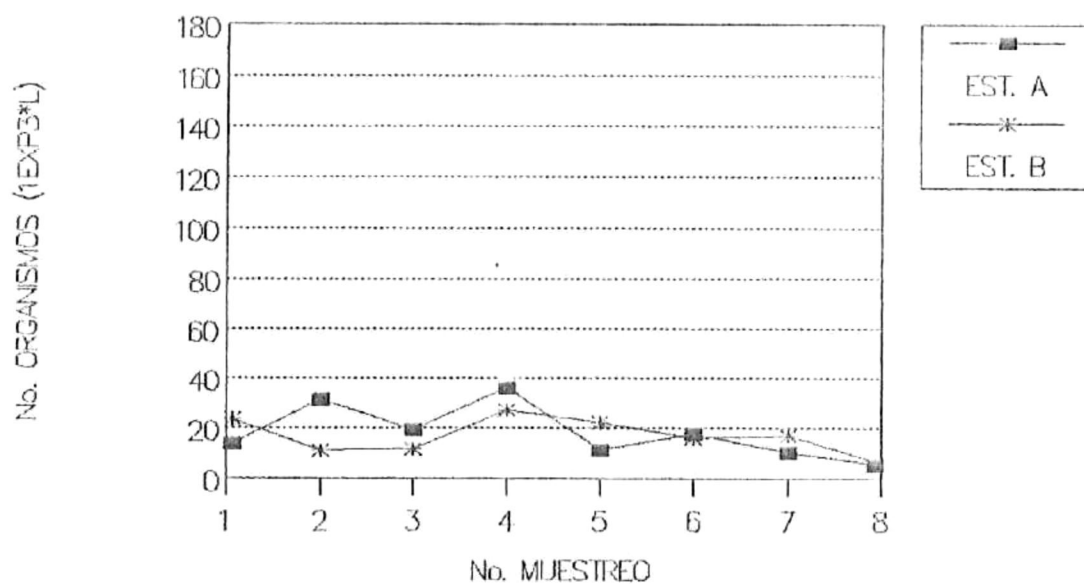


Fig. 6. Series de tiempo de la abundancia fitoplanctónica de febrero y mayo de 1991.

Para el mes de febrero, en la estación A (clara) se obtuvo una alta concentración de clorofila "a" para el periodo de mareas muertas disminuyendo hacia las mareas vivas, aunque se observó un aumento considerable para el experimento 7, después de un mínimo de 2.73 a 4.37 mg/m³. El valor máximo obtenido fué de 5.73 y el mínimo de 2.73 mg/m³. Para la estación B (turbia), se observaron concentraciones semejantes a lo largo de la serie de tiempo con valor máximo de 4.91 y mínimo de 3.25 mg/m³ (Tabla IX, Fig. 7).

Para el mes de mayo, el valor máximo observado fué de 7.55, con un mínimo de 2.90 mg/m³, ambos valores observados para la estación A (Tabla IX, Fig. 7).

Se observó una mayor concentración en promedio de clorofila "a" para el mes de febrero que para mayo. En general, comparando la concentración de clorofila "a" para ambos muestreos se encontró aproximadamente una diferencia de un miligramo más para la estación B (turbia) que para la estación A (clara).

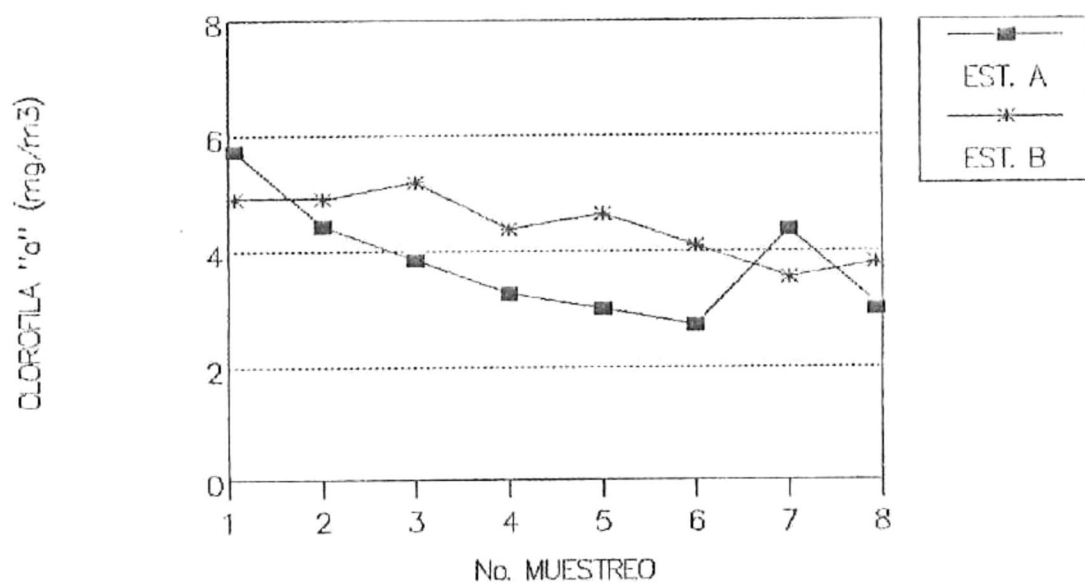
III.6. PRODUCTIVIDAD ORGANICA PRIMARIA

A partir de los valores brutos de producción primaria y razón de asimilación (Tabla X a XIII), se obtuvieron los promedios de los ocho experimentos en cada una de las irradiancias aplicadas, se generaron gráficas para comparar la tendencia general de las curvas P-E para cada estación, considerando las diferentes combinaciones de luz continua (C) e intermitente (I) en ambas estaciones (A y B). Para corroborar las diferencias que se encontraron graficamente, se consideraron los resultados estadísticos de la prueba de Wilcoxon (Tabla II).

Tabla IX. Concentraciones de clorofila "a" (mg/m³)
para las estaciones A y B en febrero y
mayo de 1991.

EXP.	FEB EST A	FEB EST B	MAY EST A	MAY EST B
1	5.73	4.91	7.55	7.10
2	4.43	4.91	3.68	3.32
3	3.85	5.18	2.98	5.43
4	3.27	4.37	2.78	5.27
5	3.00	4.64	2.35	4.01
6	2.73	4.09	3.13	5.01
7	4.37	3.55	2.90	4.35
8	3.00	3.82	4.44	3.62
PROMEDIO	3.80	4.43	3.73	4.76

FEBRERO 1991



MAYO 1991

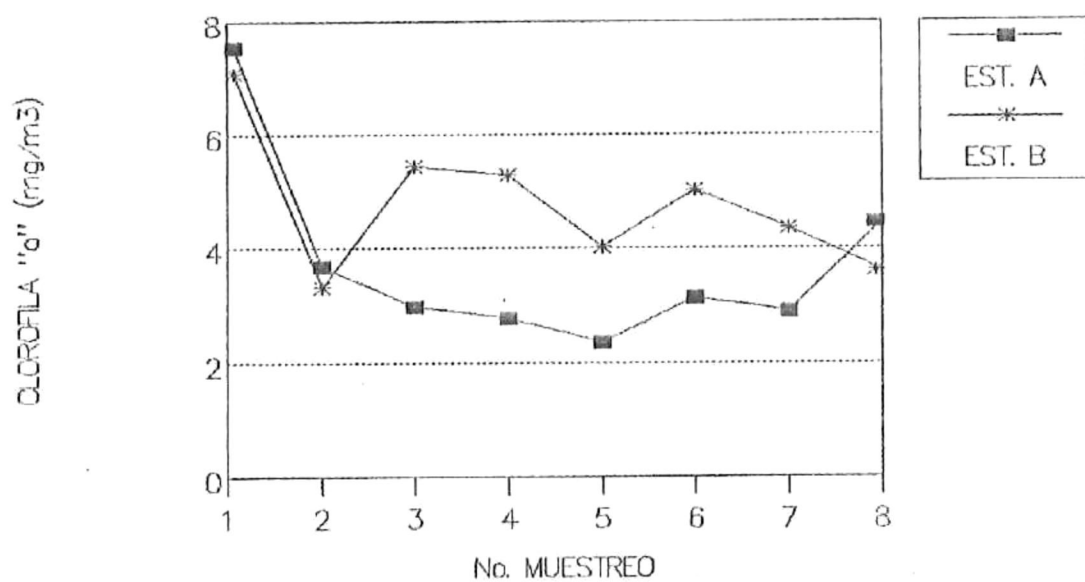


Fig. 7. Series de tiempo de las concentraciones de clorofila "a" de las estaciones A y B de febrero y mayo de 1991.

Tabla X. Producción orgánica primaria (mgC/m³/h) de febrero de 1991. Experimentos realizados con luz continua (C) e intermitente (I) para las estaciones A y B. Irradiancias en (μE/m²/s).

IRRADIANCIA		C	I
	E1	67.33	66.17
	E2	48.38	45.77
	E3	34.92	33.90
	E4	27.69	25.71

EXPERIM.		AC	AI	BC	BI
1	E1	5.2344	3.1638	4.8515	3.8371
	E2	6.2581	3.1550	3.7170	4.1484
	E3	4.0747	3.9838	4.6541	4.2208
	E4	2.5699	3.7074	3.6823	3.8585
2	E1	6.3835	3.7387	12.8315	2.5880
	E2	4.9038	3.1187	12.1496	2.9441
	E3	3.8572	3.5521	10.9251	2.8761
	E4	3.4099	3.0582	9.6702	2.3006
3	E1	2.9714	2.2420	6.6235	6.3560
	E2	3.1771	1.8209	6.6773	5.7583
	E3	3.7369	2.3764	5.5257	5.8791
	E4	2.5885	2.3764	5.8758	4.8164
4	E1	2.5776	2.8258	2.8254	2.4648
	E2	2.9375	2.5956	2.5940	2.3772
	E3	2.2998	2.2629	2.3494	0.9815
	E4	3.1164	2.8957	3.2218	3.3018
5	E1	3.6447	0.8346	7.4455	8.6919
	E2	3.4726	2.9366	7.5171	6.5580
	E3	3.4635	3.9194	5.7758	4.6570
	E4	3.6716	3.8856	6.1083	7.7400
6	E1	5.5933	4.4330	5.7936	6.0286
	E2	5.7902	4.4772	5.2409	5.9714
	E3	6.0487	4.3390	6.0821	6.4734
	E4	6.9007	5.2773	5.9737	5.6963
7	E1	3.1610	4.7604	7.6638	5.2490
	E2	4.1926	5.9417	6.6449	2.9005
	E3	3.5693	4.6118	6.9265	1.3381
	E4	3.6220	4.4729	5.8987	1.6752
8	E1	21.8983	25.0877	29.7197	19.5369
	E2	18.9523	24.8455	30.9631	21.6376
	E3	20.1687	27.6195	30.4734	22.3749
	E4	20.3873	21.8112	32.4448	19.4093

Tabla XI. Producción orgánica primaria (mgC/m³/h) de mayo de 1991. Experimentos realizados con luz continua (C) e intermitente (I) para las estaciones A y B. Irradiancias en (μE/m²/s).

IRRADIANCIA		C		I	
	E1		67.330		66.171
	E2		48.380		45.772
	E3		34.920		33.900
	E4		27.690		25.715
EXPERIM.		AC	AI	BC	BI
1	E1	3.322	2.658	5.460	2.946
	E2	2.956	3.050	4.501	2.733
	E3	2.914	3.080	5.204	2.691
	E4	2.631	4.832	5.698	3.003
2	E1	3.663	3.437	1.924	3.645
	E2	2.707	3.687	3.669	3.207
	E3	3.842	3.227	-0.015	2.945
	E4	3.553	2.859	2.724	3.323
3	E1	3.707	4.056	5.745	4.317
	E2	3.874	3.487	4.322	4.083
	E3	3.701	4.398	4.860	4.159
	E4	2.530	3.746	3.543	4.626
4	E1	6.837	3.528	4.482	4.147
	E2	4.816	3.197	4.269	7.041
	E3	5.467	4.137	4.443	4.543
	E4	6.964	2.963	2.880	6.187
5	E1	2.872	3.046	2.087	3.994
	E2	1.347	2.961	1.393	3.978
	E3	1.760	2.879	2.494	3.689
	E4	1.019	2.613	3.278	3.425
6	E1	4.512	1.640	4.123	7.209
	E2	2.891	1.684	5.128	7.315
	E3	2.975	1.465	4.284	6.293
	E4	3.257	1.634	6.571	6.508
7	E1	5.317	2.276	3.321	6.647
	E2	2.758	2.369	2.762	6.064
	E3	2.706	1.995	2.645	5.055
	E4	2.819	2.210	2.088	6.421
8	E1	2.892	2.181	4.793	2.726
	E2	1.942	1.619	2.165	2.266
	E3	2.246	2.208	3.406	2.433
	E4	2.154	1.980	4.034	3.754

Tabla XII. Razones de asimilacion ($\text{mgC/h/mgchl}^{\text{a}}$) de febrero de 1991. Experimentos realizados con luz continua (C) e intermitente (I) para las estaciones A y B. Irradiancias en ($\mu\text{E/m}^2/\text{s}$).

IRRADIANCIA		C		I	
E1		67.33		66.17	
E2		48.38		45.77	
E3		34.92		33.90	
E4		27.69		25.71	
EXPERIM.		AC	AI	BC	BI
1	E1	0.914	0.720	0.847	0.553
	E2	1.092	0.694	0.649	0.551
	E3	0.711	0.615	0.812	0.695
	E4	0.615	0.282	0.643	0.647
2	E1	1.335	0.782	2.684	0.541
	E2	1.026	0.652	2.542	0.616
	E3	0.807	0.743	2.286	0.602
	E4	0.713	0.640	2.023	0.481
3	E1	2.971	4.809	5.782	2.242
	E2	3.177	2.665	5.825	1.821
	E3	3.737	2.553	6.057	2.376
	E4	2.589	2.625	5.348	2.376
4	E1	0.788	0.864	0.647	0.564
	E2	0.898	0.794	0.594	0.544
	E3	0.703	0.692	0.538	0.225
	E4	0.953	0.886	0.737	0.756
5	E1	1.215	0.278	2.482	2.897
	E2	1.158	0.979	2.506	2.186
	E3	1.155	1.306	1.925	1.552
	E4	1.224	1.295	2.036	2.580
6	E1	2.049	1.624	2.122	2.208
	E2	2.121	1.640	1.920	2.187
	E3	2.216	1.589	2.228	2.371
	E4	2.528	1.933	2.188	2.087
7	E1	0.723	1.089	2.159	1.479
	E2	0.959	1.360	1.872	0.817
	E3	0.817	1.055	1.951	0.377
	E4	0.829	1.024	1.662	0.472
8	E1	7.299	8.363	7.780	5.114
	E2	6.317	8.282	8.106	5.664
	E3	6.723	9.206	7.977	5.857
	E4	4.263	7.270	8.493	5.081

Tabla XIII. Razones de asimilacion (mgC/h/mgchl"a") de mayo de 1991. Experimentos realizados con luz continua (C) e intermitente (I) para las estaciones A y B. Irradiancias en ($\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$).

IRRADIANCIA		C		I	
	E1		67.33		66.17
	E2		48.38		45.77
	E3		34.92		33.90
	E4		27.69		25.71
EXPERIM.		AC	AI	BC	BI
1	E1	0.440	0.352	0.769	0.415
	E2	0.391	0.404	0.634	0.385
	E3	0.386	0.408	0.733	0.379
	E4	0.349	0.640	0.802	0.423
2	E1	0.995	0.934	0.580	1.098
	E2	0.736	1.002	1.105	0.966
	E3	1.044	0.877	-0.005	0.887
	E4	0.966	0.777	0.821	1.001
3	E1	1.244	1.361	1.058	0.795
	E2	1.300	1.170	0.796	0.752
	E3	1.242	1.476	0.895	0.766
	E4	0.849	1.257	0.653	0.852
4	E1	2.460	1.269	0.851	0.787
	E2	1.732	1.150	0.810	1.336
	E3	1.966	1.488	0.843	0.862
	E4	2.505	1.066	0.546	1.174
5	E1	1.222	1.296	0.520	0.996
	E2	0.573	1.260	0.348	0.992
	E3	0.749	1.225	0.622	0.920
	E4	0.433	1.112	0.818	0.854
6	E1	1.442	0.524	0.823	1.439
	E2	0.923	0.538	1.023	1.460
	E3	0.951	0.468	0.855	1.256
	E4	1.040	0.522	1.312	1.299
7	E1	1.833	0.785	0.764	1.528
	E2	0.951	0.817	0.635	1.394
	E3	0.933	0.688	0.608	1.162
	E4	0.972	0.762	0.480	1.476
8	E1	0.648	0.489	1.324	0.753
	E2	0.435	0.363	0.598	0.626
	E3	0.504	0.495	0.941	0.672
	E4	0.483	0.444	1.115	1.037

Tabla II. Resultados de la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras independientes aplicada a los promedios de producción primaria y razón de asimilación.

MES DE FEBRERO DE 1991		VALORES CRITICOS	
		MIN.	MAX.
PRODUCCION PRIMARIA		11	25
COMPARACION	MINIMO	MAXIMO	RESULTADO
AC-AI	17	19	AC=AI
AC-BC	10	26	BC>AC
AC-BI	14	22	AC=BI
AI-BC	10	26	BC>AI
AI-BI	15	21	AI=BI
BC-BI	26	10	BC>BI
RAZON DE ASIMILACION			
COMPARACION	MINIMO	MAXIMO	RESULTADO
AC-AI	14	22	AC=AI
AC-BC	10	26	BC>AC
AC-BI	22	14	AC=BI
AI-BC	10	26	BC>AI
AI-BI	26	10	AI>BI
BC-BI	26	10	BC>BI
=====			
MES DE MAYO DE 1991		VALORES CRITICOS	
		MIN.	MAX.
PRODUCCION PRIMARIA		11	25
COMPARACION	MINIMO	MAXIMO	RESULTADO
AC-AI	25	11	AC>AI
AC-BC	14	22	AC=BC
AC-BI	11	25	BI>AC
AI-BC	10	26	BC>AI
AI-BI	10	26	BI>AI
BC-BI	11	25	BI>BC
RAZON DE ASIMILACION			
COMPARACION	MINIMO	MAXIMO	RESULTADO
AC-AI	25	11	AC>AI
AC-BC	26	10	AC>BC
AC-BI	17	19	AC=BI
AI-BC	25	11	AI>BC
AI-BI	12	24	AI=BI
BC-BI	10	26	BI>BC

En cuanto al promedio de la producción orgánica primaria en febrero (Tabla XIV), para la estación A (clara), no se encontraron diferencias gráficas ni estadísticas significativas entre las incubaciones con luz continua e intermitente (Fig. 8). Sin embargo, para la estación B (turbia) se observó diferencia estadísticamente significativa, con producción mayor en la incubación con luz continua (Fig. 9). Los promedios más altos de producción orgánica primaria para el mes de febrero se obtuvieron en la estación B, con luz continua (C). Estadísticamente se encontró que los valores de BI, AC y AI son iguales entre sí (resumiendo: $BC > AC = AI = BI$).

En cuanto al promedio de las razones de asimilación (Tabla XV), para el mes de febrero se encontraron los valores más altos en la estación B con luz continua (Fig. 9). Los valores encontrados para los experimentos en la estación A son semejantes y estadísticamente iguales, los promedios más bajos se observaron en la estación B con luz intermitente (resumiendo: $BC > AC = AI > BI$). Los resultados obtenidos tanto para producción como para razón de asimilación, se pueden corroborar en las Figuras 10 a 17, en donde cada experimento a una irradiancia determinada se compara a través de los ocho muestreos.

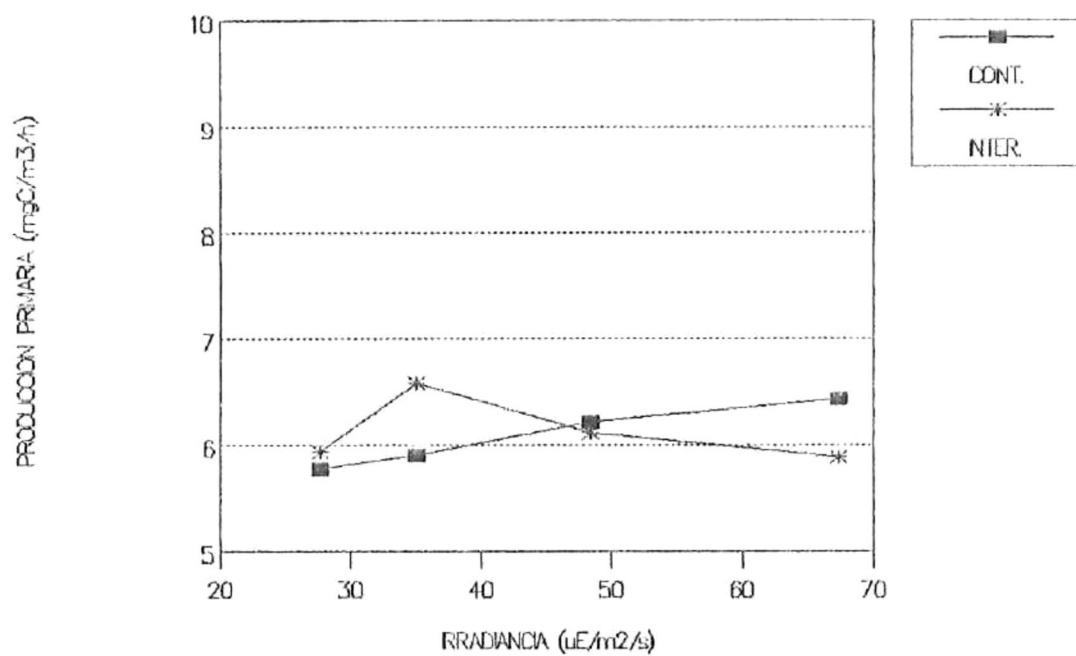
En el mes de mayo, los promedios de producción primaria encontrados en la estación B (turbia) en incubación con luz intermitente (I) fueron más altos que los de luz continua (C) (Tabla XVI, Fig. 18). La estación A (clara) dió valores estadísticamente diferentes en ambas incubaciones (C e I), siendo mayor AC. Las incubaciones con luz continua de ambas estaciones (A y B) fueron estadísticamente iguales, pero siendo menores que los de BI y mayores

Tabla XIV. Promedio de la producción orgánica primaria de los ocho experimentos con cuatro irradiancias distintas en febrero de 1991. Irradiancia ($\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$)

IRRADIANCIA	C				I			
E1	67.33				66.17			
E2	48.38				45.77			
E3	34.92				33.90			
E4	27.69				25.71			

	P	R	O	M	E	D	I	O	S
	AC			AI		BC		BI	
E1	6.4330			5.8857		9.7193		6.8440	
E2	6.2105			6.1114		9.4380		6.5369	
E3	5.9023			6.5831		9.0890		6.1001	
E4	5.7833			5.9356		9.1094		6.0998	

ESTACION A



ESTACION B

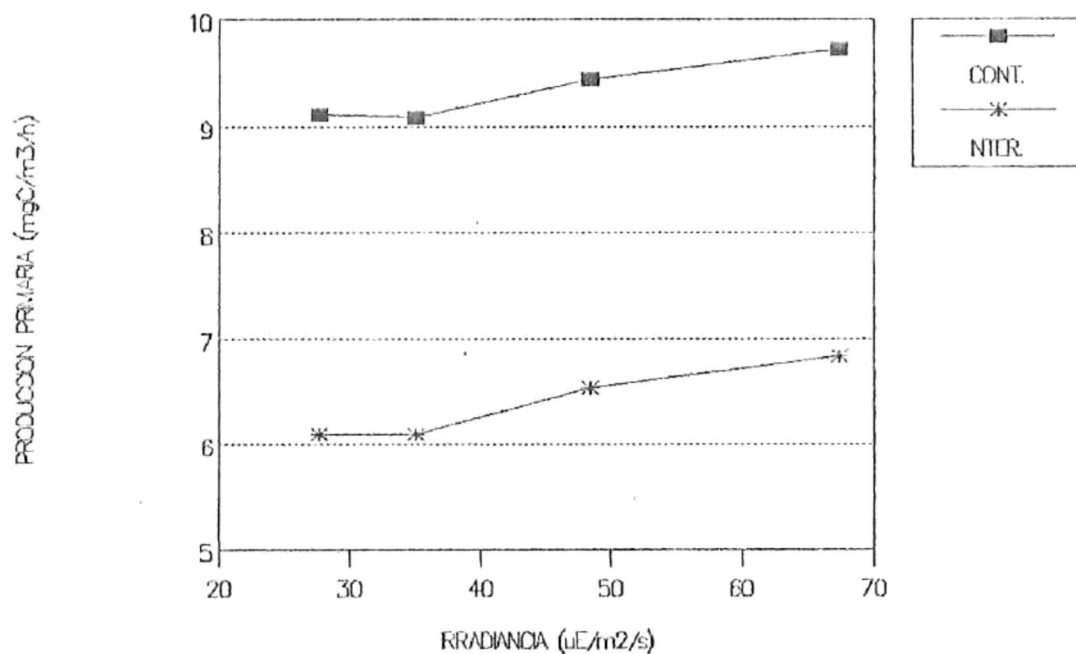
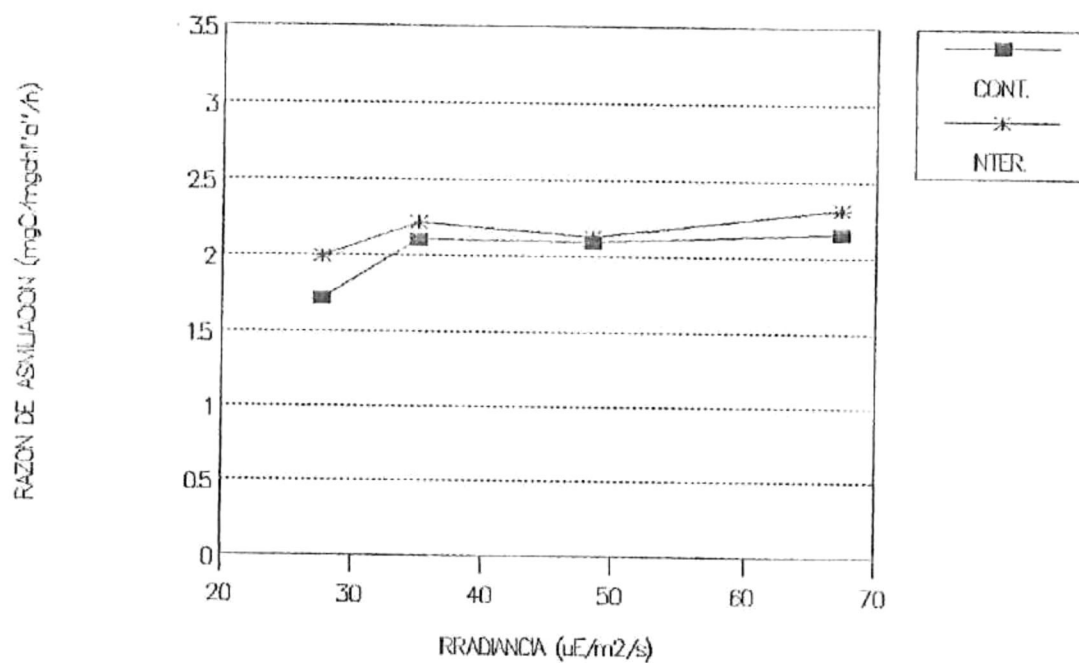


Fig. 8 . Curvas P-E del promedio de la producción orgánica primaria de los 8 experimentos en las estaciones A y B con luz continua (C) e intermitente (I) en febrero de 1991.

ESTACION A



ESTACION B

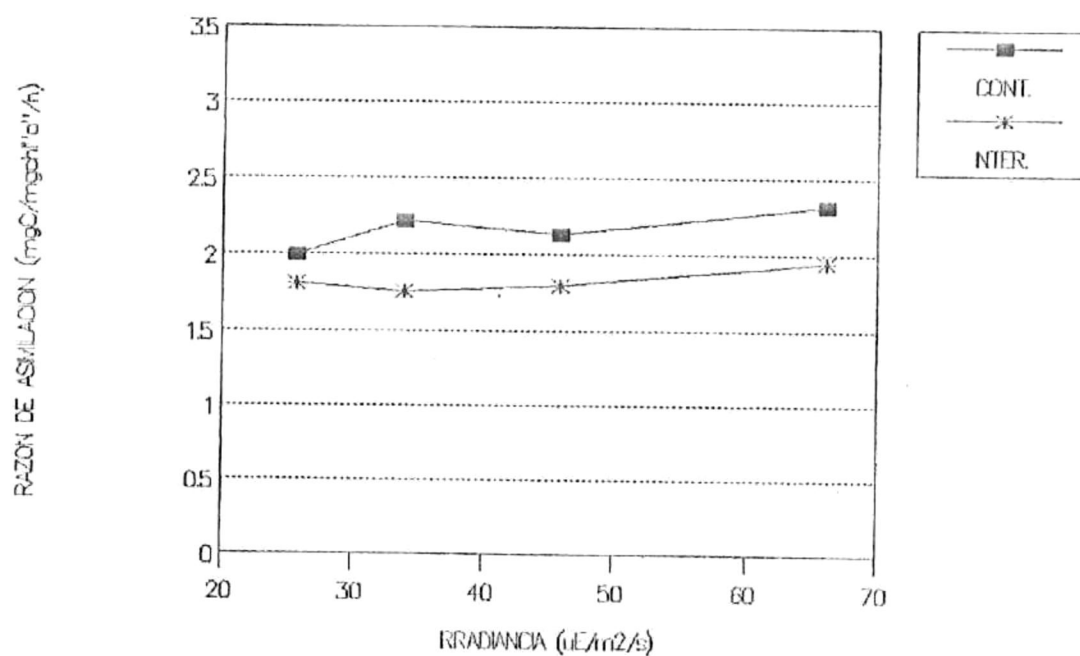


Fig. 9. Curvas P-E del promedio de las razones de asimilación de los 8 experimentos en las estaciones A y B con luz continua (C) e intermitente (I) de febrero de 1991.

Tabla XV. Promedio de las razones de asimilacion de los ocho experimentos con cuatro irradiancias distintas en febrero de 1991. Irradiancias en ($\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$).

IRRACIANCIA	C				I			
E1	67.33				66.170			
E2	48.38				45.770			
E3	34.92				33.900			
E4	27.69				25.710			

	P	R	G	M	E	D	I	O	S
	AC		AI			BC		BI	
E1	2.162		2.317			3.063		1.950	
E2	2.094		2.133			3.001		1.798	
E3	2.109		2.220			2.972		1.757	
E4	1.714		1.994			2.891		1.810	

IRRADIANCIA E1

AC - BC

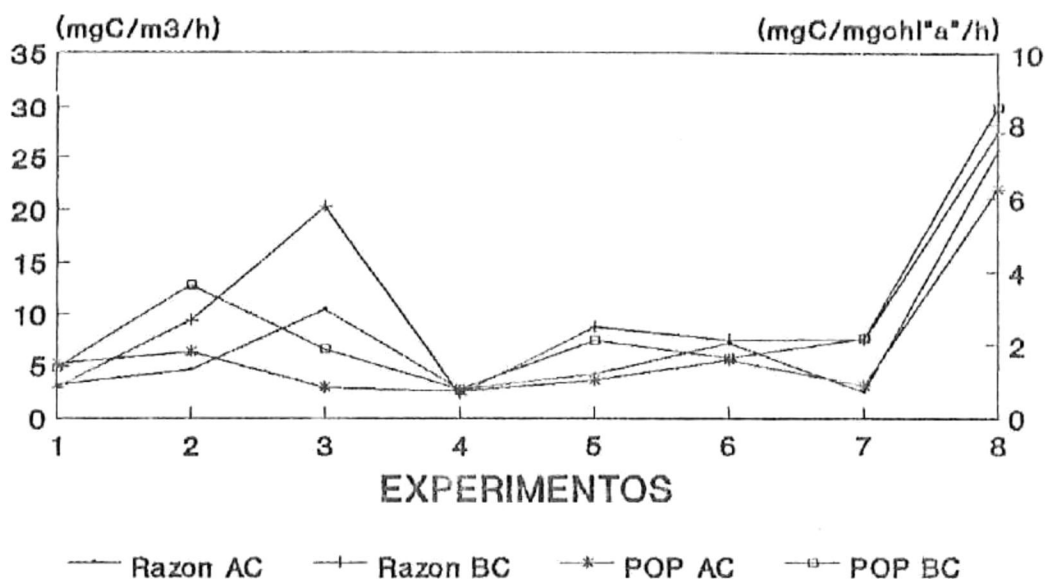


Fig. 10. Producción primaria y razón de asimilación en los experimentos AC-BC de febrero para la irradiancia E1.

IRRADIANCIA E2

AC - BC

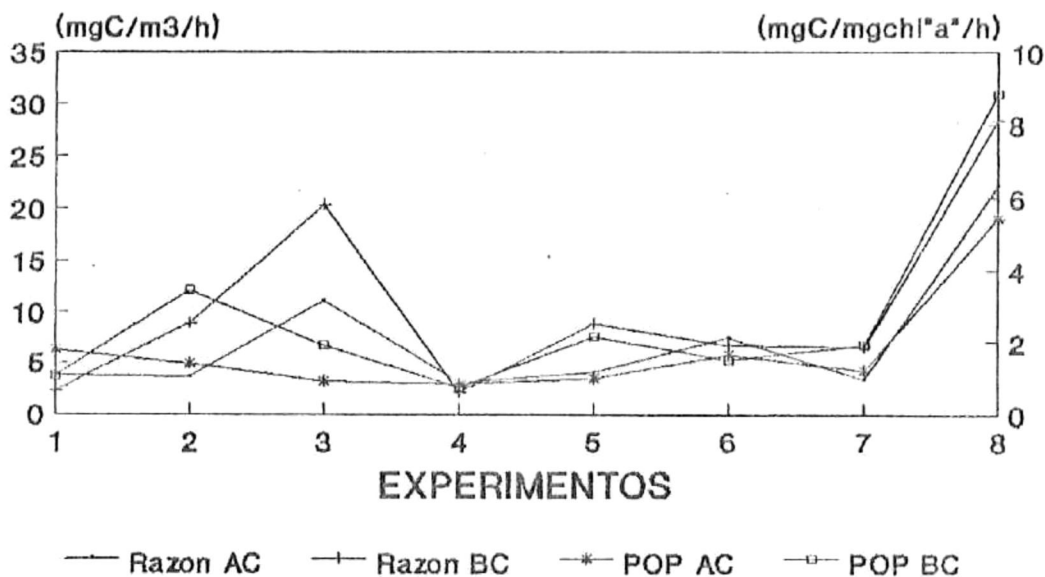


Fig. 11. Producción primaria y razón de asimilación en los experimentos AC-BC de febrero para la irradiancia E2.

IRRADIANCIA E3

AC - BC

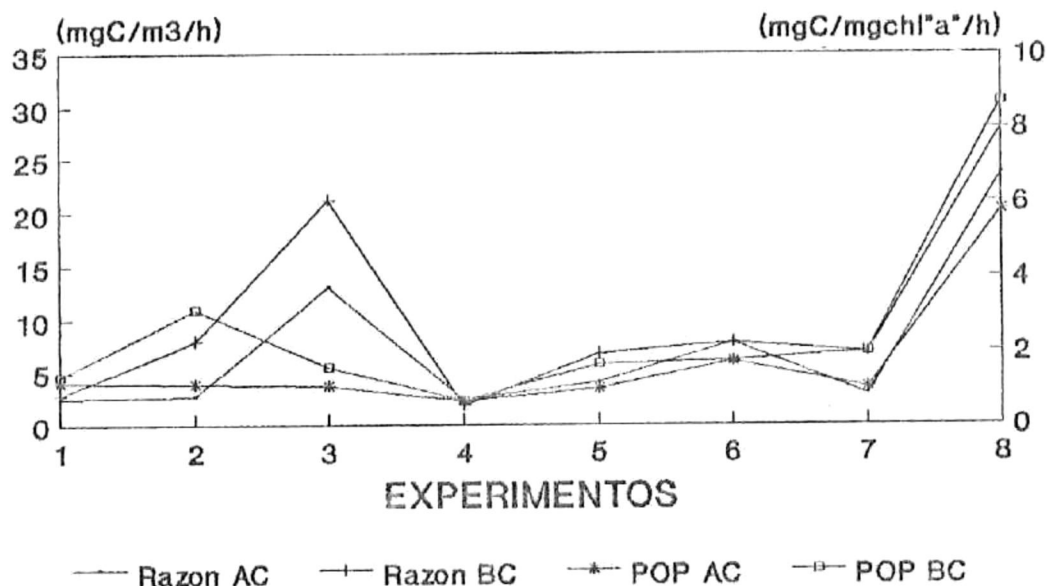


Fig. 12. Producción primaria y razón de asimilación en los experimentos AC-BC de febrero para la Irradiancia E3.

IRRADIANCIA E4

AC - BC

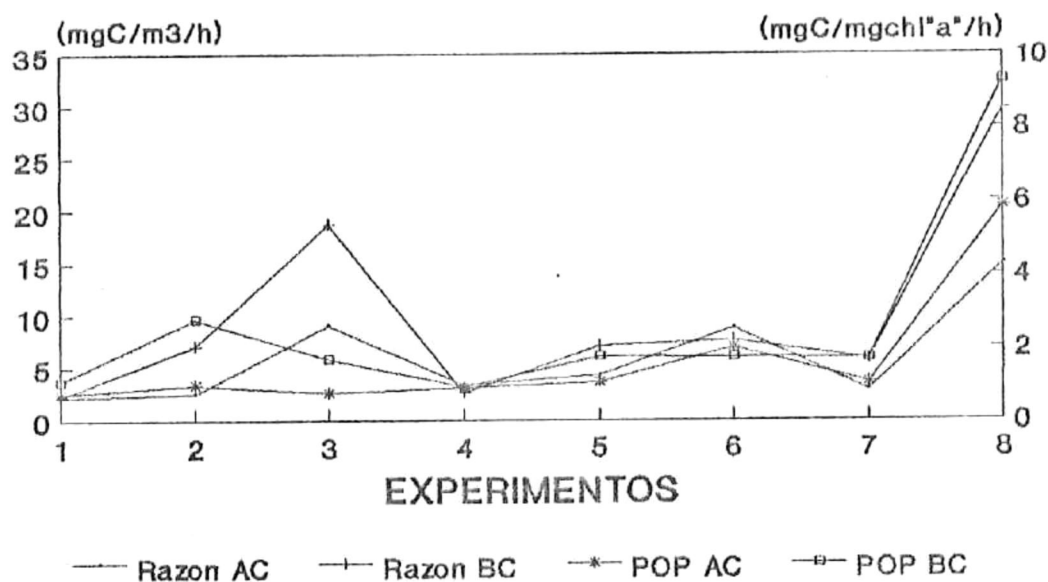


Fig. 13. Producción primaria y razón de asimilación en los experimentos AC-BC de febrero para la Irradiancia E4.

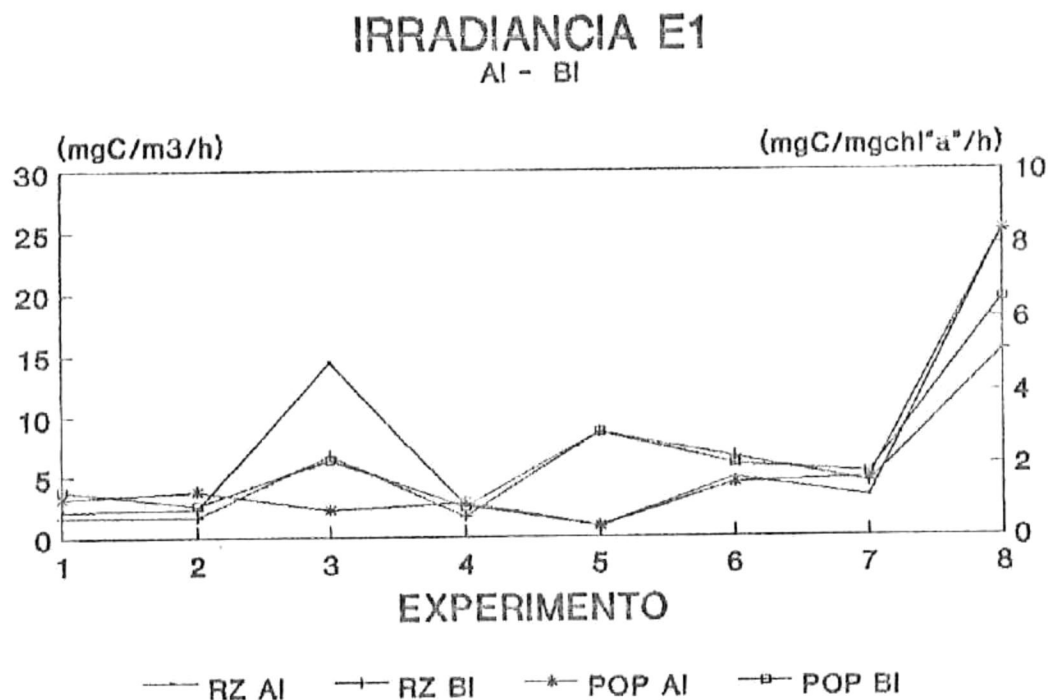


Fig. 14. Producción primaria y razón de asimilación en los experimentos Al-BI de febrero para la irradiancia E1.

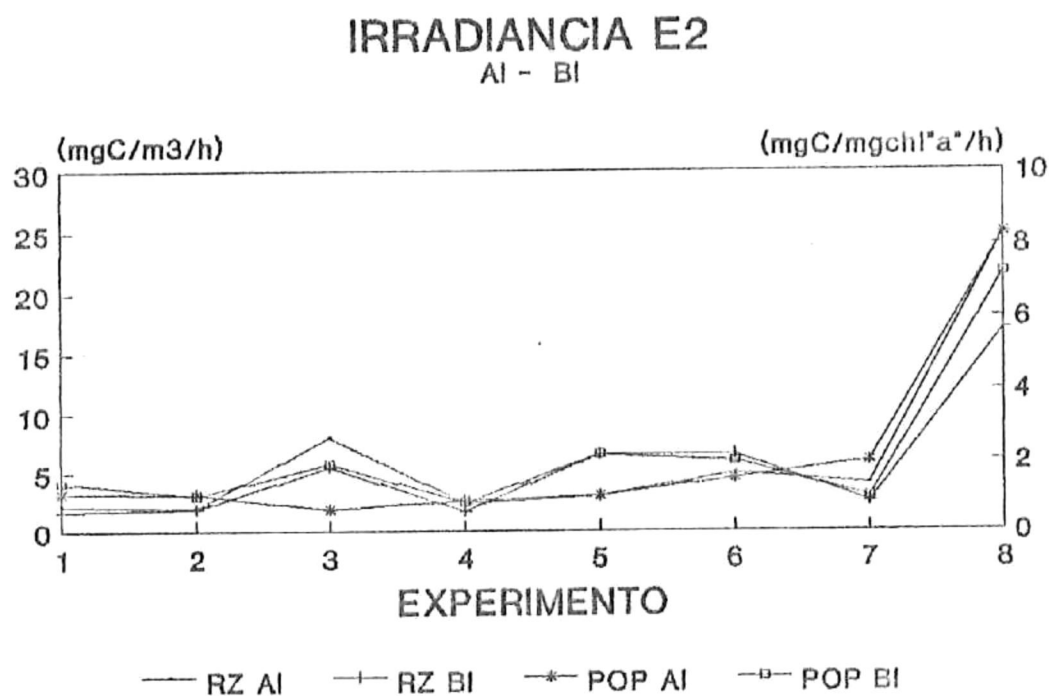


Fig. 15. Producción primaria y razón de asimilación en los experimentos Al-BI de febrero para la irradiancia E2.

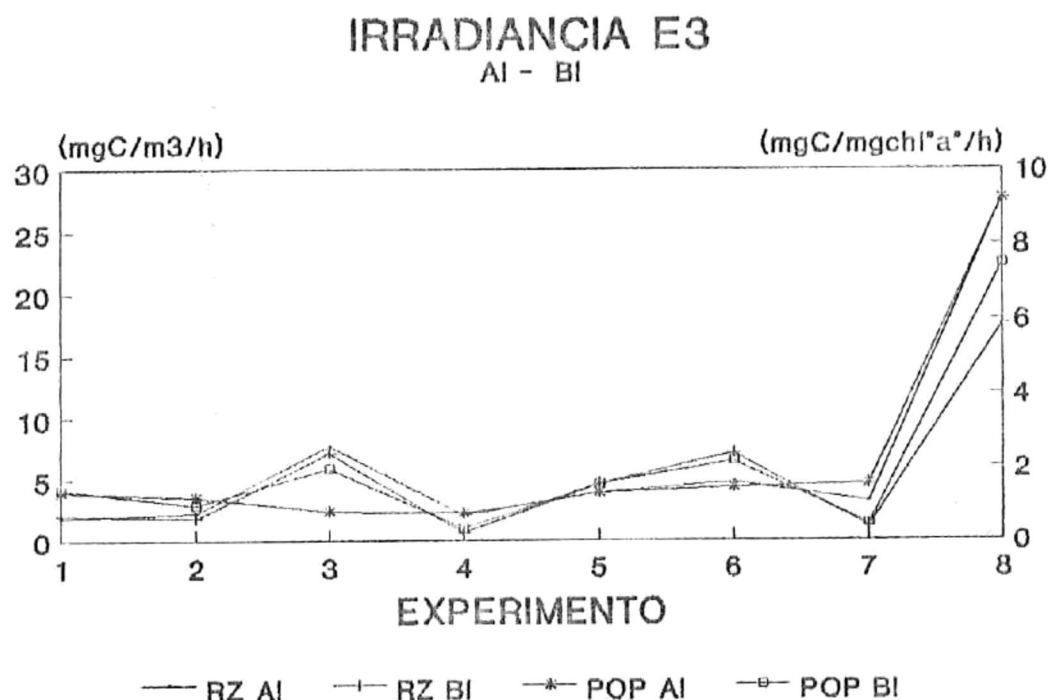


Fig. 16. Producción primaria y razón de asimilación en los experimentos Al-BI de febrero para la irradiancia E3.

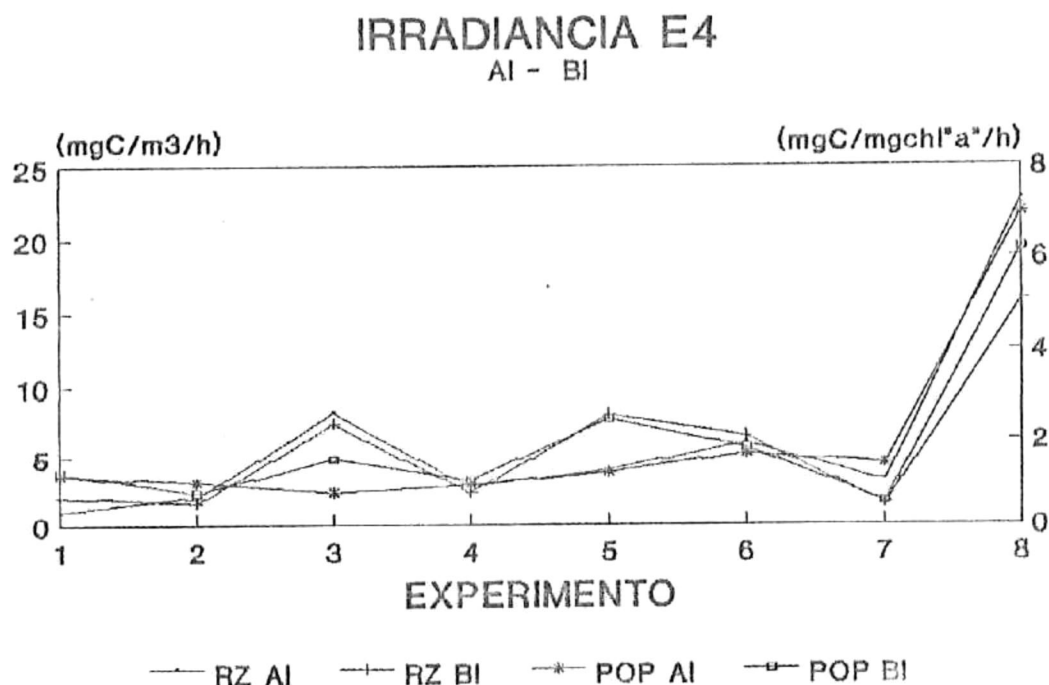


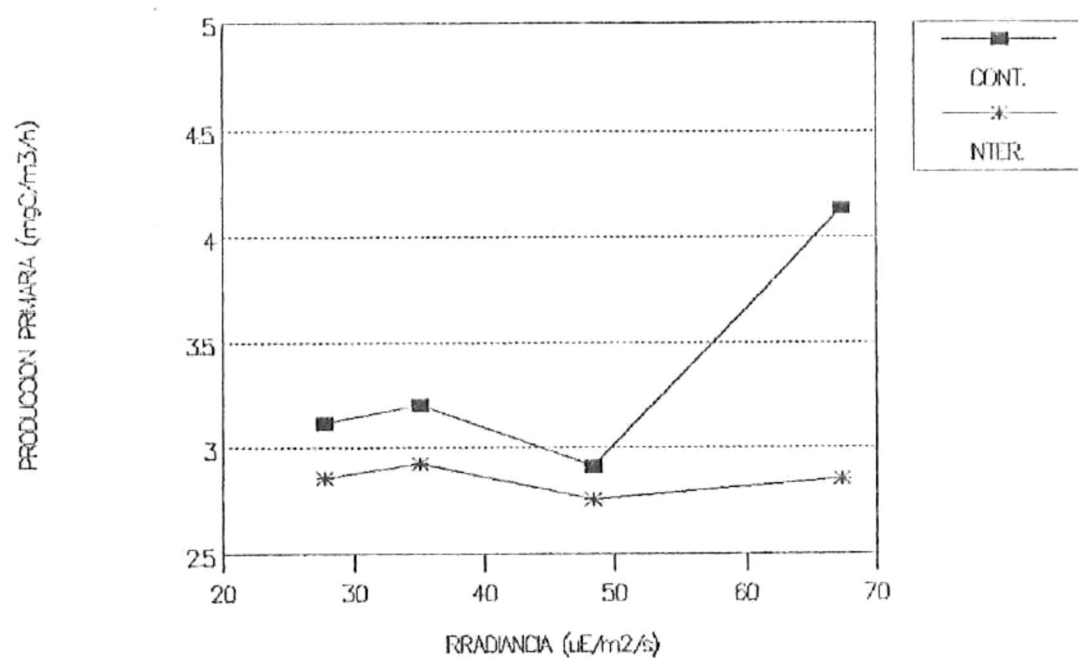
Fig. 17. Producción primaria y razón de asimilación en los experimentos Al-BI de febrero para la irradiancia E4.

Tabla XVI. Promedio de la producción primaria de los ocho experimentos con cuatro irradiancias distintas en mayo de 1991. Irradiancia en ($\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$).

IRRADIANCIA	C			I		
E1	67.330			66.171		
E2	48.380			45.772		
E3	34.920			33.900		
E4	27.690			25.715		

	P	R	D	M	E	D	I	D	S
	AC			AI		BC		BI	
E1	4.140			2.853		3.992		4.454	
E2	2.911			2.757		3.526		4.586	
E3	3.201			2.924		3.415		3.976	
E4	3.116			2.855		3.852		4.656	

ESTACION A



ESTACION B

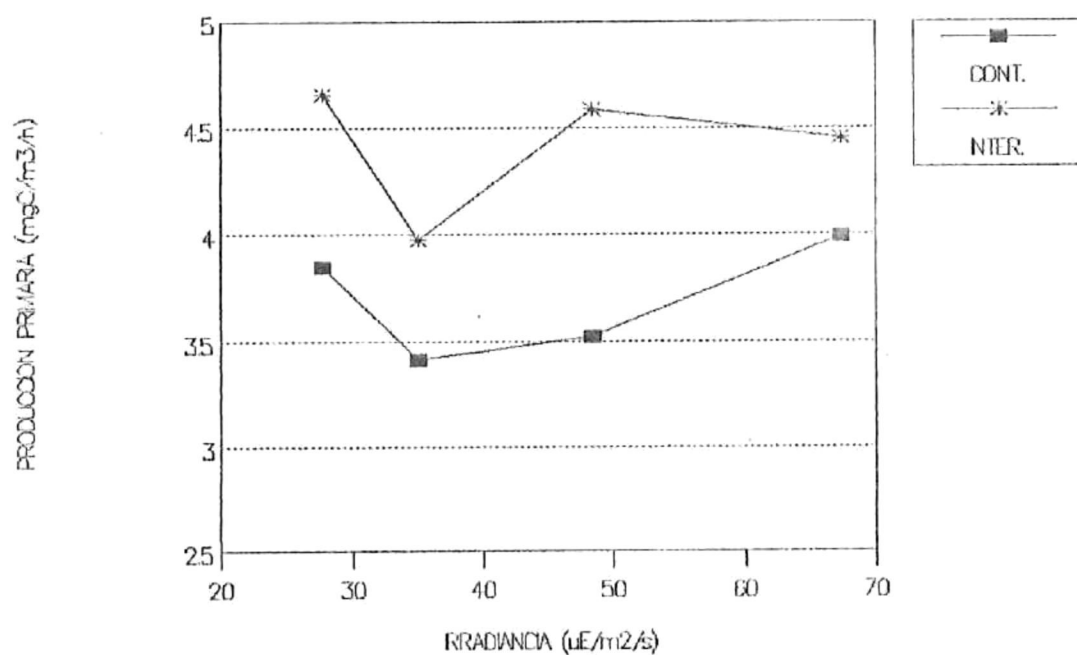


Fig. 18. Curvas P-E del promedio de la producción orgánica primaria de los 8 experimentos en las estaciones A y B con luz continua e intermitente en mayo de 1991.

que los de AI (resumiendo: $BI > AC = BC > AI$).

En general, en el mes de mayo hubo menor producción primaria que en el mes de febrero.

En la comparación los promedios de las razones de asimilación para mayo, se encontraron valores más altos en la estación A con luz continua (C), pero son similares a los de la estación B con luz intermitente (I) (Tabla XVII, Fig. 19), siendo estadísticamente iguales ambos casos. La incubación AI es menor que las anteriormente mencionadas, pero mayor que la BC (resumiendo: $AC = BI > AI > BC$). Los resultados mencionados se pueden analizar en las Figuras 20 a 27, donde se grafican los puntos que se consideraron para los promedios.

En el mes de mayo en general, las razones de asimilación promedio fueron menores que las de febrero.

Tabla XVII. Promedio de las razones de asimilacion de los ocho experimentos con cuatro irradiancias distintas en mayo de 1991. Irradiancia en ($\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$).

IRRADIANCIA	C				I			
E1	67.33				66.17			
E2	48.38				45.77			
E3	34.92				33.90			
E4	27.69				25.71			

	P	R	D	M	E	D	I	D	S
		AC		AI		BC		BI	
E1		1.286		0.876		0.836		0.976	
E2		0.880		0.838		0.744		0.989	
E3		0.972		0.891		0.687		0.863	
E4		0.950		0.822		0.818		1.014	

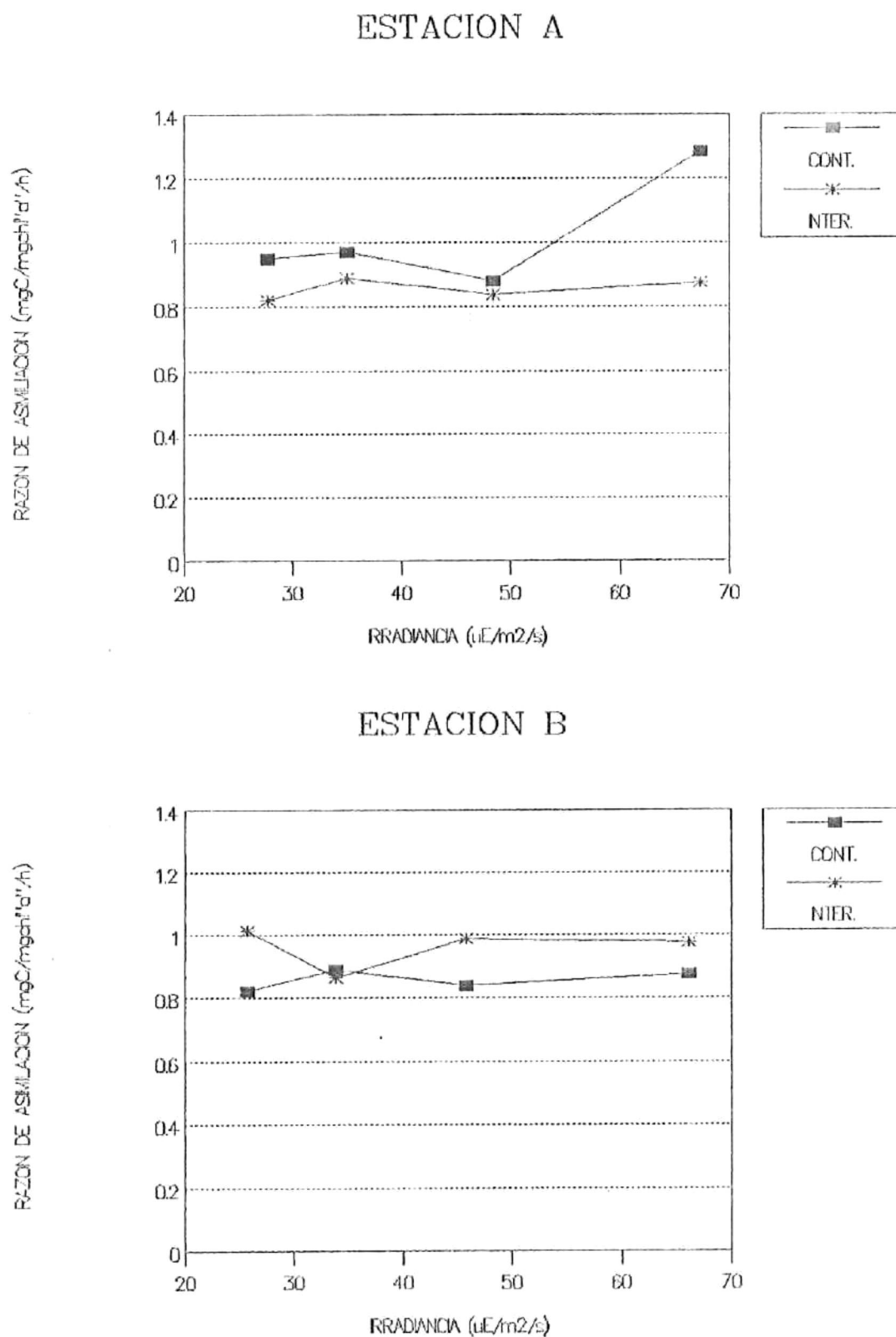


Fig. 19. Curvas P-E del promedio de las razones de asimilacion de los 8 experimentos en las estaciones A y B con luz continua (C) e intermitente (I) de mayo de 1991.

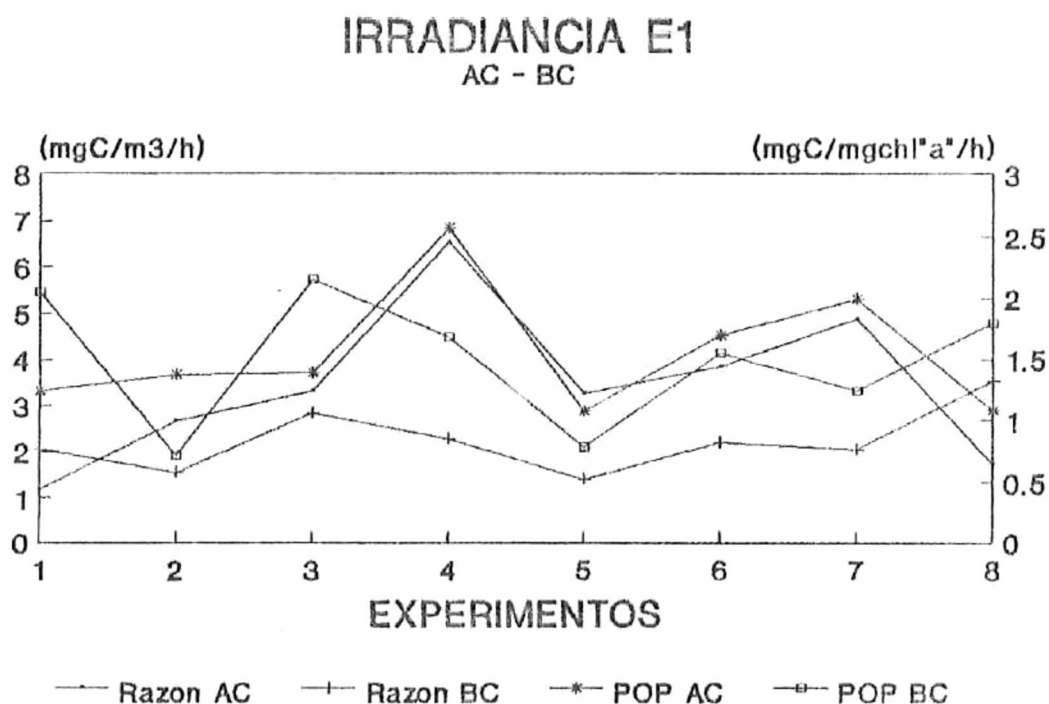


Fig. 20. Producción primaria y razón de asimilación en los experimentos AC-BC de mayo para la Irradiancia E1.

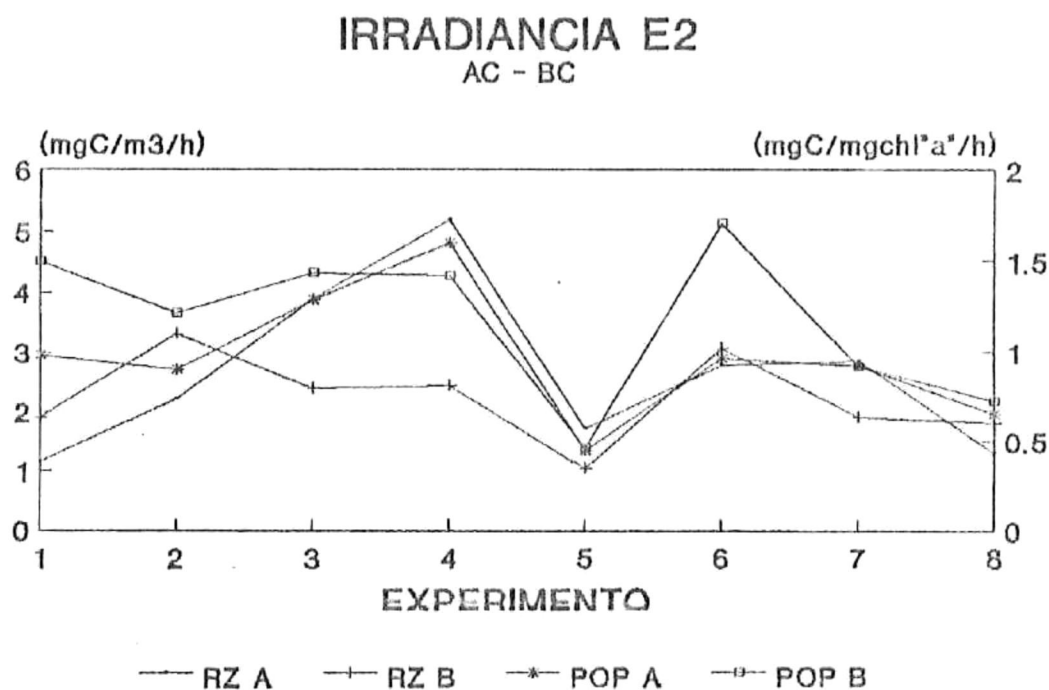


Fig. 21. Producción primaria y razón de asimilación en los experimentos AC-BC de mayo para la irradiancia E2.

IRRADIANCIA E3

AC - BC

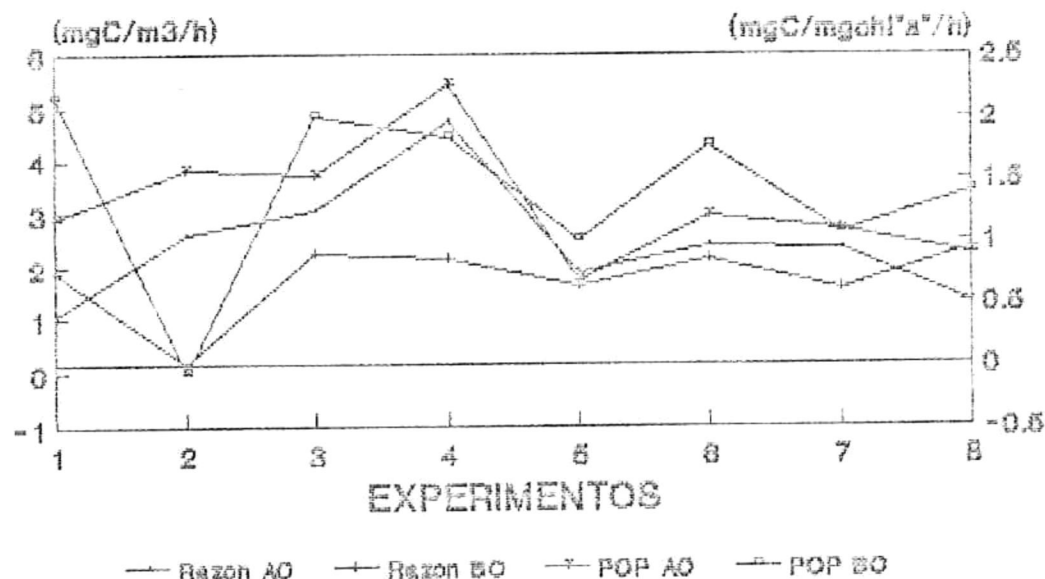


Fig. 22. Producción primaria y razón de asimilación en los experimentos AC-BC de mayo para la Irradiancia E3.

IRRADIANCIA E4

AC - BC

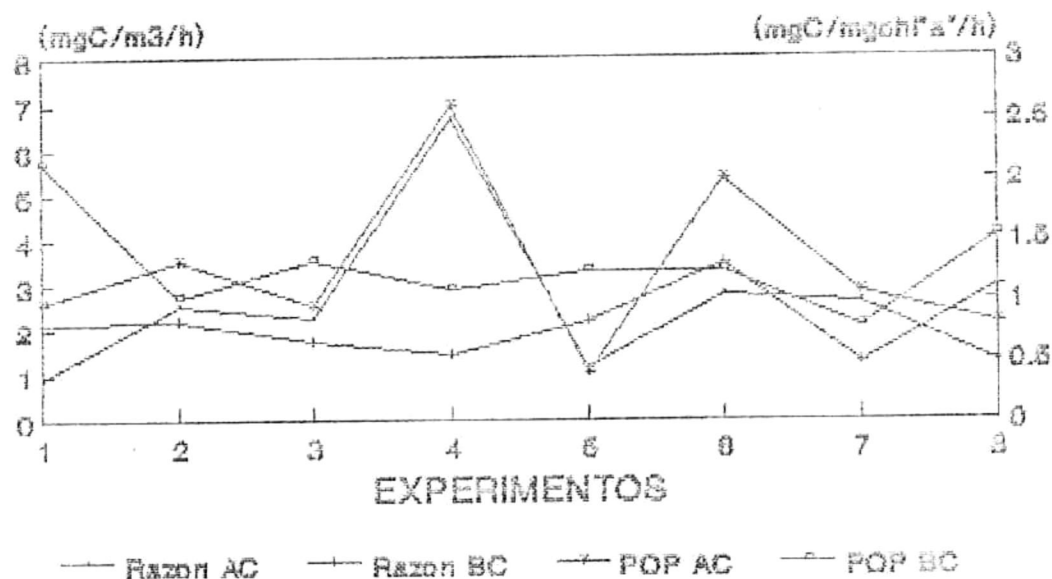


Fig. 23. Producción primaria y razón de asimilación en los experimentos AC-BC de mayo para la Irradiancia E4.

IRRADIANCIA E1

AI - BI

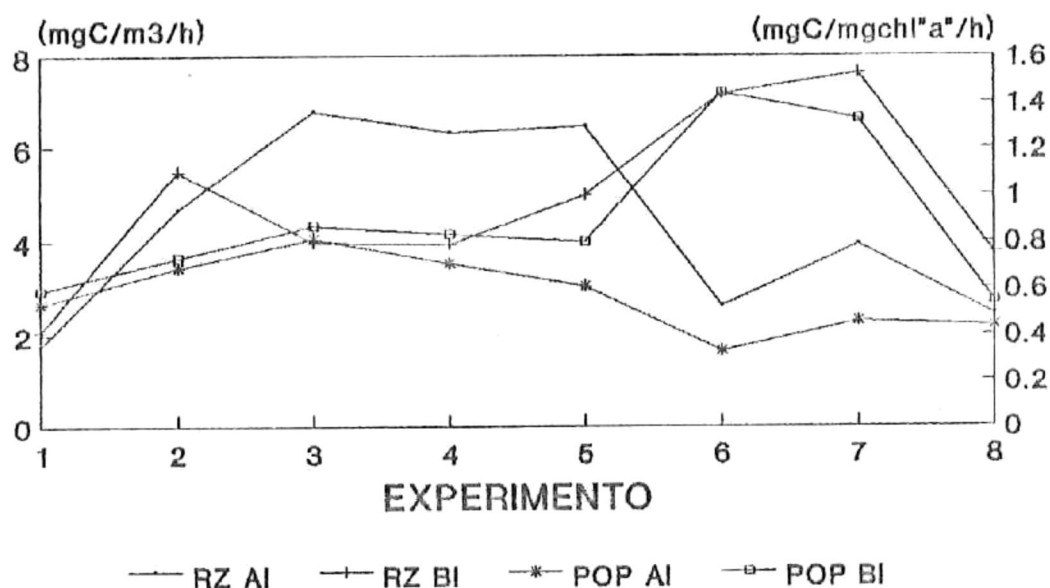


Fig. 24. Producción primaria y razón de asimilación en los experimentos AI-BI de mayo para la irradiancia E1.

IRRADIANCIA E2

AI - BI

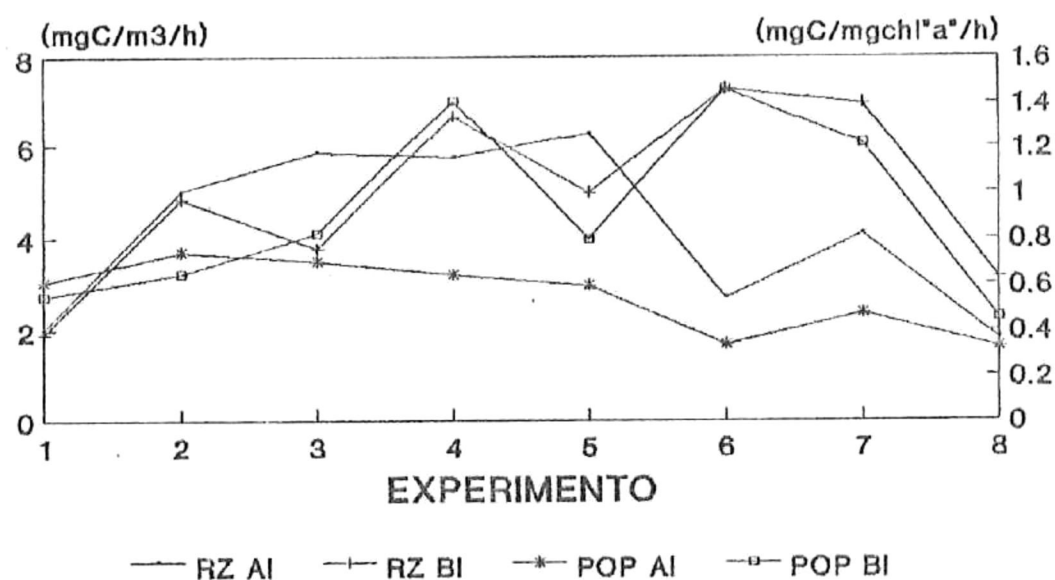


Fig. 25. Producción primaria y razón de asimilación en los experimentos AI-BI de mayo para la irradiancia E2.

IRRADIANCIA E3

Al - BI

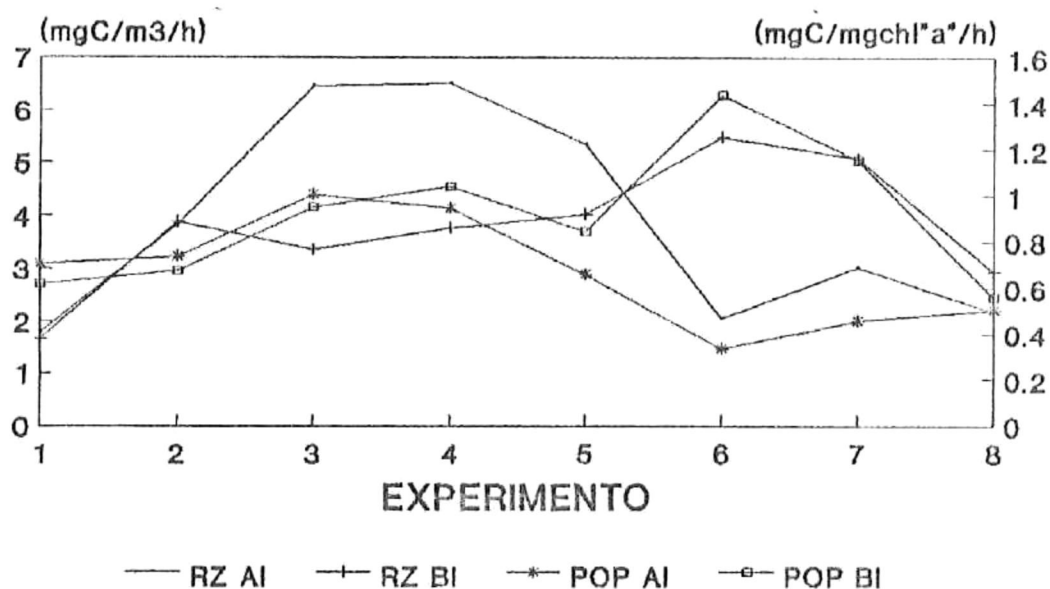


Fig. 26. Producción primaria y razón de asimilación en los experimentos Al-BI de mayo para la irradiancia E3.

IRRADIANCIA E4

Al - BI

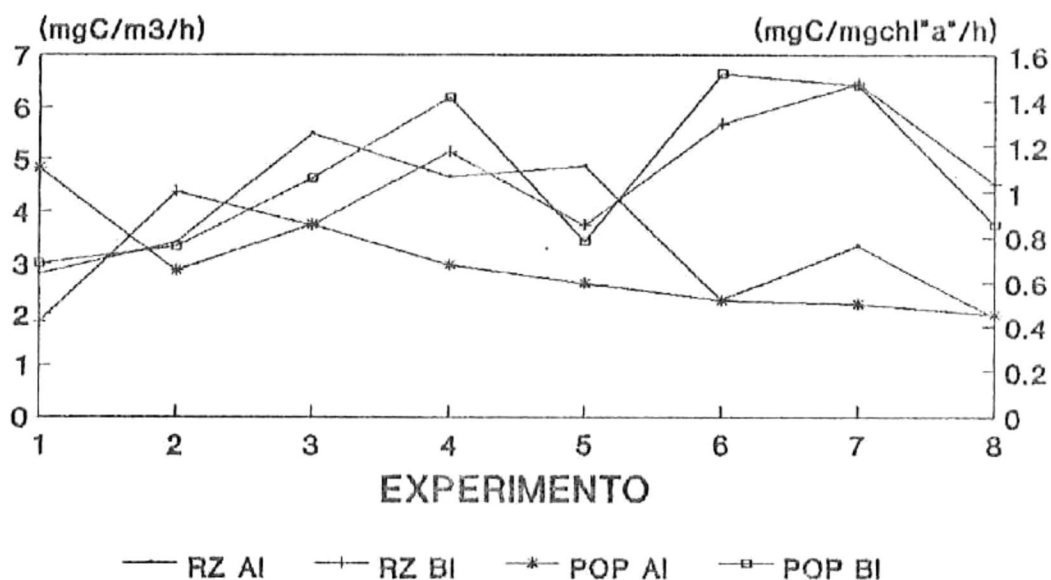


Fig. 27. Producción primaria y razón de asimilación en los experimentos Al-BI de mayo para la irradiancia E4.

IV. DISCUSIONES

El Delta del Río Colorado es un estuario que presenta como atributo especial el tener alta turbidez; esto se refleja en las profundidades del disco de Secchi que van de 0.15 a 1.50 m (Tabla IV). Comparando estas profundidades con las de otros sistemas costeros turbios como el Estero de Punta Banda, B.C. (2.5 a 4.5 m) (Alvarez-Borrego *et al.*, 1977; Muñoz-Anderson, 1989), o como la Bahía de San Quintín, en B.C. (3 m) (Alvarez-Borrego, *et al.*, 1977), se demuestra que el área de estudio es altamente turbio.

El principal factor que provoca la atenuación de la luz en la zona del Delta del Río Colorado es el seston. Se han encontrado valores de 180 mg de sólidos totales por litro en la zona que corresponde a la estación A (clara) del presente estudio (Cupul-Magaña¹, comunicación personal). Joint (1983) encontró valores de 40 a 80 mg/L en el Canal de Bristol, Inglaterra, con profundidades del disco de Secchi entre los 0.39 y 1.50 m, considerando que este sistema es altamente turbio y que en su área de estudio la marea era la causante de la resuspensión del seston.

En los muestreos donde las profundidades registradas del disco de Secchi, en períodos de mareas vivas son menores que en mareas muertas (Tabla IV), se puede deber a que tanto la amplitud de la marea como el estado de flujo o reflujo son importantes en la resuspensión del material particulado, ya que origina una mezcla mayor en la columna de agua obteniendo así un medio altamente turbio. Así mismo, para mareas muertas disminuye la dinámica del medio sedimentándose parte del

¹ Cupul-Magaña, A. 1991. Instituto de Investigaciones Oceanológicas. U.A.B.C. Apdo. Postal 453. Ensenada, B.C., México.

seston, lo que da como resultado aguas menos turbias.

En el caso de la estación B las profundidades del disco de Secchi pueden ser menores, debido a que la distancia entre los bordes del delta es menor en esta estación y por medio de las corrientes se mantienen en suspensión mayor cantidad de partículas. Este proceso puede dar como resultado que la estación B tenga casi el doble o más material suspendido que la estación A, lo cual se puede notar de una manera subjetiva al comparar visualmente el agua de cada estación.

En cuanto a la abundancia fitoplanctónica, el mes de febrero, presentó dominancia de diatomeas pennadas (Apéndice I). Misma que se puede explicar por lo expuesto por Descolas-Gros (1978), quien menciona que los taxa que se encuentran en suspensión, se forman principalmente de diatomeas centrales y pennadas. Así mismo, Alvarez-Borrego (1983) revisó el grupo de diatomeas fitoplanctónicas de San Quintín, encontrando que en su mayoría lo constituyen diatomeas pennadas. Considerando los criterios anteriormente citados, la dominancia de diatomeas puede deberse a la resuspensión de las mismas por procesos físicos en la columna de agua.

En mayo se presentó dominancia de nanoplancton en los primeros experimentos y de diatomeas centrales en los últimos experimentos (Apéndice I). La abundancia de nanoplancton puede deberse a las condiciones de marea viva en reflujo con alta turbidez, en que los organismos requieren responder con mejor eficiencia, además se ha reportado que este grupo es capaz de soportar fluctuaciones en las condiciones del medio ambiente en periodos cortos de tiempo (Santamaría-del-Angel & Millán-Núñez, 1991). Sin embargo, en la

transición de mareas vivas a muertas, se dió una dominancia de diatomeas centrales que pueden estar adaptadas a condiciones físicas del medio menos rigurosas, sin dejar de depender de la resuspensión. Cabe mencionar que el período de mareas vivas del muestreo de mayo tuvo una mayor amplitud que la marea viva de febrero en aproximadamente un metro, lo cual agudiza los procesos físicos de mayo. Así mismo, en algunos experimentos se encontró que hubo mayor abundancia total en la estación B (v. gr. experimento 5 en donde para la estación A se obtuvo 11,440 cel/L y en la B 22,040 Tabla VIII), esta variación puede deberse a fluctuaciones de la abundancia (en horas) para cuerpos costeros (Millán-Núñez *et al.*, 1987), o bien que dicho incremento se deba a una mayor duplicación celular en respuesta a la alta turbidez. En experimentos realizados con diatomeas, se ha encontrado que estas incrementan su razón de división como adaptación a bajas condiciones de luz (Post *et al.*, 1984), así mismo, la alta abundancia de febrero puede relacionarse con la época de invierno en que pueden existir mejores condiciones hidrológicas.

En promedio, se registraron mayores concentraciones de clorofila "a" en aproximadamente un mg más para la estación B en ambos meses (Tabla IX). Estos valores probablemente se debieron a que el fitoplancton presente en aguas muy turbias necesita incrementar su capacidad de captación de fotones, acondicionándose a bajas irradiancias, produciendo mayor cantidad de pigmentos (Joint & Pomroy, 1981; Legendre *et al.*, 1985; Millán-Núñez & Alvarez-Borrego, 1978; Millán-Núñez *et al.*, 1982; Millán-Núñez & Millán Núñez, 1987).

Es notorio que aún cuando se hayan presentado concentraciones

mayores de clorofila "a" en la estación B (turbia) en ambos meses, en general en lo que se refiere a abundancia fitoplanctónica, fue mayor para la estación A que para la B. Esto indica una notable adaptación de la población fitoplanctónica encontrada en la estación B (turbia), reflejada en una mayor concentración de clorofila "a" por célula.

En cuanto a la producción orgánica primaria, para el mes de febrero (Tabla. XIV), los resultados ($BC > AC = AI = BI$) indican que hubo una adaptación del fitoplancton, ya que en abundancia, la estación B tuvo valores menores, pero presentó una concentración mayor de clorofila "a" por célula. Aunado a esto, se tiene que las razones de asimilación (Tabla XV), ($BC > AC = AI > BI$) indican que además de la adaptación presentada en contenido de pigmentos, estos organismos son capaces de producir más eficientemente por unidad de clorofila. Sin embargo, se encontró que la misma población fitoplanctónica (B) tuvo una producción primaria similar, con luz intermitente, a la presentada por la población de la estación A, pero una menor razón de asimilación que las incubaciones AC y AI.

En cuanto a producción primaria, para el mes de mayo (Tabla XVI) se presentó una tendencia completamente diferente a la de febrero ($BI > AC = BC > AI$). Nuevamente esto indica una adaptación de las poblaciones fitoplanctónicas encontradas en la estación más turbia (B), pero no coincide con el tipo de luz (clara) en el que se presentó la máxima producción en el muestreo de febrero. Sin embargo, el patrón de los resultados de producción primaria para mayo concuerda con la hipótesis planteada, comprobándose de esta forma que el fitoplancton de esta zona es capaz de presentar producciones altas bajo condiciones de

luz intermitente (similares a las de un medio turbio con mezcla vertical intensa). Prisco (1983) menciona que el fitoplancton puede tener adaptaciones en medios turbios a fotosintetizar inmediatamente al ser expuesto a la luz, independientemente de la temperatura y las especies. Además, en condiciones de luz bajas se presentan cambios en los cloroplastos para captar más luz, y esto se da en escalas de tiempo relativamente cortas de minutos a horas (Ferris, 1991).

En cuanto a las razones de asimilación de mayo ($AC=BI>AI>BC$), las tendencias aparentemente no son muy coherentes con las de producción primaria ($BI>AC=BC>AI$), pero si se considera que en la estación B se presentó mayor concentración de clorofila con una producción primaria relativamente baja, es de esperarse que resulte una razón de asimilación baja en comparación con la incubación AI (Tabla XVII), la cual presentó una concentración de clorofila "a" menor, pero con una producción primaria mayor que la de BC.

Es importante considerar que para hacer una simulación del medio ambiente se enfrentan muchas limitantes. En el caso del presente estudio, es posible que la simulación de luz intermitente a una frecuencia de 600 destellos por minuto no haya representado de manera adecuada la dinámica del medio. Sin embargo es una buena aproximación, ya que para zonas con procesos físicos marcados, en donde además el agua es muy turbia, el hacer incubaciones con luz continua puede arrojar resultados en que la estimación de la producción orgánica primaria se aleje de la realidad. Cabe sugerir que el empleo de luz intermitente puede ser una herramienta importante para el desarrollo de estudios en cuerpos costeros con características de alta turbidez.

V. CONCLUSIONES

El presente estudio planteó como hipótesis que en aguas con alta turbidez, donde los procesos de mezcla son marcados, el fitoplancton se mantendría en la columna de agua siendo expuesto en periodos cortos de tiempo a la superficie y por tanto a condiciones de luz variables, respondiendo con una mayor eficiencia en la captación y procesamiento de energía mediante el incremento de clorofila "a", lo que nos arrojaría como resultado mayor producción en los experimentos con muestras de aguas turbias sometidas a luz intermitente.

Tanto para el mes de febrero como el de mayo, los resultados de producción orgánica primaria y razones de asimilación, fueron más altos para la estación B (turbia). Diferenciándose en que para febrero se obtuvieron mejores resultados bajo condiciones de luz continua y en el mes de mayo con luz intermitente. Los resultados obtenidos indican que se presentó una adaptación a las bajas irradiancias, en especial lo observado para mayo concuerda con la hipótesis planteada. Esto se refleja en la baja abundancia fitoplanctónica y la alta concentración de clorofila "a", comprobándose así que el fitoplancton de esta zona presenta una adaptación en términos de aumento de la cantidad de clorofila "a" por célula, además de una mayor eficiencia por unidad de clorofila siendo capaz de presentar producciones y razones de asimilación altas, bajo condiciones de luz intermitente, similares a las de un medio turbio con mezcla vertical intensa.

VI. LITERATURA CITADA

Alvarez-Borrego, S. 1983. Gulf of California. Cap. 17:427-449. In: Estuaries and enclosed seas. Ketchum B. H. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam. pp. 512.

Alvarez-Borrego, S., J.R. Lara-Lara y M.J. Acosta Ruiz. 1977. Parámetros relacionados con la producción orgánica primaria en dos antiestuarios de Baja California. Ciencias Marinas 4(1):12-22.

Barocio-León. (inédito). Productividad orgánica primaria de la región del Delta del Río Colorado.

Bonetto, C.A. 1983. Phytoplankton and primary production of the Parana Medio River. ECOSUR 10(19-20):79-102.

Bougis, Paul. 1976. Marine plankton ecology. American Elsevier Publishing Co. New York. pp. 27-34.

Bourillon-Moreno, L., Cantú-Díaz Barriga, A., Ambrosi-Eccardi, F., Lira-Fernández, E., Ramírez-Ruiz, J., Velarde-González, E. y Zavala-González, A. 1988. Islas del Golfo de California. Coedición Secretaría de Gobernación/U.N.A.M. México. pp. 59-75.

Carranza-Edwards, A., Gutiérrez-Estrada, M. & Rodríguez, T. R. 1975. Unidades morfoestructurales continentales de las costas mexicanas. An. Centr. Cienc. del Mar y Limnol. U.N.A.M. 2(1):81-88.

Cloern, J. E. 1987. Turbidity as a control on phytoplankton biomass and productivity in estuaries. dynamics of turbid coastal environments. (EBSA 16 th annual symposium), pp. 1367-1381; Cont. Shelf. Res.; 7(11-12).

Contreras, Francisco. 1988. Las lagunas costeras mexicanas. Centro de Ecodesarrollo. Secretaría de Pesca. México. pp. 263.

Creitz, G.I. & F. A. Richards. 1955. The estimation and characterization of plankton population by pigments analysis III. A note on the use of "Millipore" membrane filter in the estimation of plankton pigments. Journal Marine Res. 14:211-215.

Cupp, E. E. 1943. Marine diatoms of the west coastal of North America Scripps Institute Oceanogr. Bulletin. Vol. 5, pp. 238.

Darley, W. M. 1987. Biología de las Algas. Editorial Limusa. México. pp. 236.

Dávalos, L., Lind, O. T., Doyle, R.D. 1989. Evaluation of phytoplankton-limiting factors in Lake-Chapala, Mexico. Lake Reservoir Manage. 5(2):99-104.

Descolas-Gros, C. 1978. Role de certaines espèces de diatomées dans la structure des communautés phytoplanctoniques. Thèses de doctoral de 3er. cycle. Université de Paris VI. pp. 85.

Ferris, M. & R. Christian. 1991. Aquatic primary production in relation to microalgal responses to changing light: a review. *Aquatic Sciences*. 53(2/3):187-217.

Grobbelaar, J. U. 1984. Phytoplankton productivity in a shallow turbid impoundment, Wuras Dam. En: Grobbelaar, J. (1989). The contribution of phytoplankton productivity in turbid freshwaters to their trophic status. *Hydrobiologia* 173(2):127-133.

Hernández-Ayón, J. M. 1990. Distribución espacial y registros circadianos de NO_3 , NO_2 , PO_4 y SiO_2 en el Delta del Río Colorado. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. Ensenada, B.C., México. pp. 83.

Jenkin, P. M. 1983. Oxygen production by the diatom *Coscinodiscus eccentricus* Ehr. in relation to the submarine illumination in the English Channel. *J. Marine Biol. Ass. U.K.* 22:301-343.

Joint, I. R. & J. Pomroy. 1981. En: Joint, I. R. 1983. Development of an ecosystem model of a turbid estuary. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40 (Suppl.1):341-348.

Joint, I. R. 1983. Development of an ecosystem model of a turbid estuary. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40(Suppl.1):341-348.

Joint, I. R. 1984. The microbial ecology of the Bristol Channel. *Mar. Pollut. Bull.* 15(2):62-66.

Joint I. R. & A. J. Pomroy. 1986. Photosynthetic characteristics of nanoplankton and picoplankton from the surface mixed layer. *Marine Biology*. 92:465-474.

Kirk, J. 1983. Light and photosynthesis in aquatic ecosystems. Cambridge University Press. pp. 401.

Lechuga-Deveze, Ch. 1977. La producción orgánica primaria en la Ensenada de La Paz, B.C.S. Resultados de las investigaciones. pp. 47-69.

Legendre, L., S. Demers, J. C. Therriault & C. A. Boudreau. 1985. Tidal variations in photosynthesis of estuarine phytoplankton isolated in a tank. *Mar. Biol.* 88(3):301-309.

Lepley, L. K., S. P. Vonder Haar, J. R. Hendrickson & R. G. Calderón. 1975. Circulation in the Northern Gulf of California from orbital photographs and ship investigations. *Ciencias Marinas*, 2(2):86-93.

Lewis, A. 1979. Biostatística. Co. Editorial Continental, S.A. - - - 62
México. pp. 279.

Licea-Durán, S. 1974. Sistemática y distribución de diatomeas de la laguna de Agiabampo, Son./Sin., México. An. Centro Cienci. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 1(1):99-156.

Lively, J. S., Z. Kaufman, E. J. Carpenter. 1983. Phytoplankton ecology of a barrier island estuary: Great South Bay, New York. Estuar. Coast. Shelf Sci. 16(1):51-68.

Martínez-Rojas-Reynoso, M. K. 1990. Distribución espacial y registros circadianos de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en el Delta del Río Colorado. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. U.A.B.C. pp. 69.

Meckel, L. D. 1975. Holocene sand bodies in the Colorado Delta Area, Northern Gulf of California. In: Deltas models for exploration. Houston Geological Society. pp. 239-246.

Millán-Núñez, R. 1978. Ecuaciones espectrofotométricas tricromáticas para la determinación de clorofila *a*, *b* y *c* y sus productos de degradación. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ciencias Marinas. U.A.B.C. pp. 33.

Millán-Núñez, R. & Alvarez-Borrego. 1978. Series de tiempo de pigmentos fotosintéticos en dos lagunas costeras de Baja California. Ciencias Marinas. 5(2).

Millán-Núñez R., S. Alvarez-Borrego & 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.

Millán-Núñez, R. E. Ripa Soleno & L. A. Aguirre Buenfil. 1987. Estudio preliminar en la composición y abundancia del fitoplancton y clorofilas en la Laguna Ojo de Liebre, B.C.S. Ciencias Marinas. 13(1):30-38.

Muñoz-Anderson, M. A. 1989. Variación anual de la producción fitoplanctónica primaria en el Estero de Punta Banda, B.C. México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. U.A.B.C.

Neale, P. J., A. Melis. 1985. Algae adaptation to changes in light intensity and quality: variation in the size and stoichiometry of photosystem complexes. J. Phycol. 21, no suppl.

Perry, M. J., M. C. Talbot, R. S. Alberte. 1981. Photoadaptation in marine phytoplankton: response of the photosynthetic unit. Marine Biology 62(2-3):91-101.

Post, A. F., Z. Dubinsky, K. Wyman & P. G. Falkowski. 1984. Kinetics of light adaptation in marine planktonic diatom. *Marine Biology*. 83:231-238.

Priscu, J. C. & C. R. Goldman. 1983. Seasonal dynamics of the Deep-Chlorophyll Maximum in Castle Lake, California. *Can. J. Fish. Aquat.* 40:208-214.

Santamaria-del-Angel, E. 1989. El fitoplancton en lagunas costeras. Memorias de la Mesa Redonda "Análisis de la metodología para el estudio del plancton". 4a Reunión de la Sociedad Mexicana de Plancología. La Paz, B.C.S.

Santamaria-del-Angel, E. & R. Millán-Núñez. 1991. Variación de la estructura fitoplanctónica en Puerto Don Juan, Bahía de los Angeles, Baja California. *Ciencias Marinas*. (en prensa).

Santamaria-del-Angel & Alvarez-Borrego (inédito). Alternativa de bajo costo de un incubador de luz artificial para experimentos de fotosíntesis-irradiancia.

Strickland, J. D. H. & T. R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada. 2nd edition. Ottawa, Canada. pp. 310.

Taylor, F. J. R. 1976. Dinoflagellates from the international indian ocean expedition. pp. 234.

Uncles, R. J. & I. R. Joint. 1983. Vertical mixing and its effects on phytoplankton growth in a turbid estuary. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40(Suppl. 1):221-228.

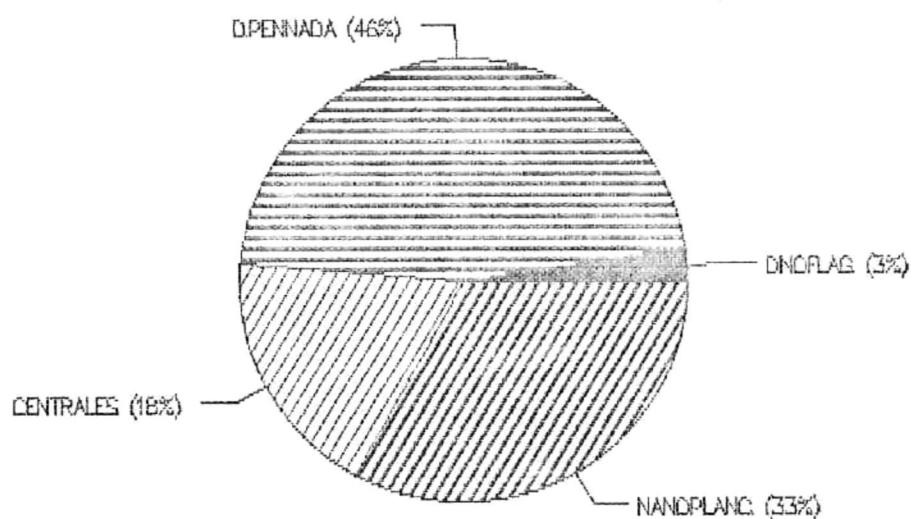
Vinyard, W. C. 1979. Diatoms of North America. Mad River Press, Eureka, Canada. pp. 119.

Yañez-Arancibia, A. 1986. Ecología de la zona costera. AGT Editor. México. pp.189.

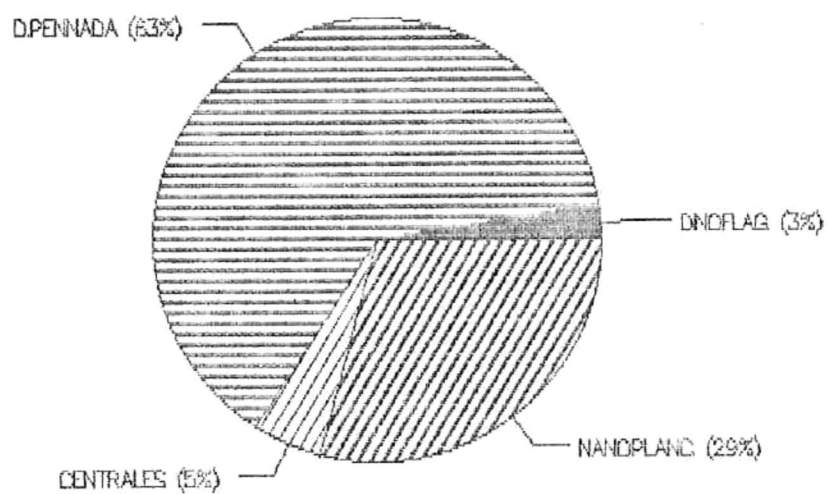
APENDICE I

Diagramas de pie de la estructura fitoplanctónica,
expresada en porcentaje de las estaciones A (clara)
y B (turbia) para febrero y mayo de 1991.

EXP. 1 ESTACION A

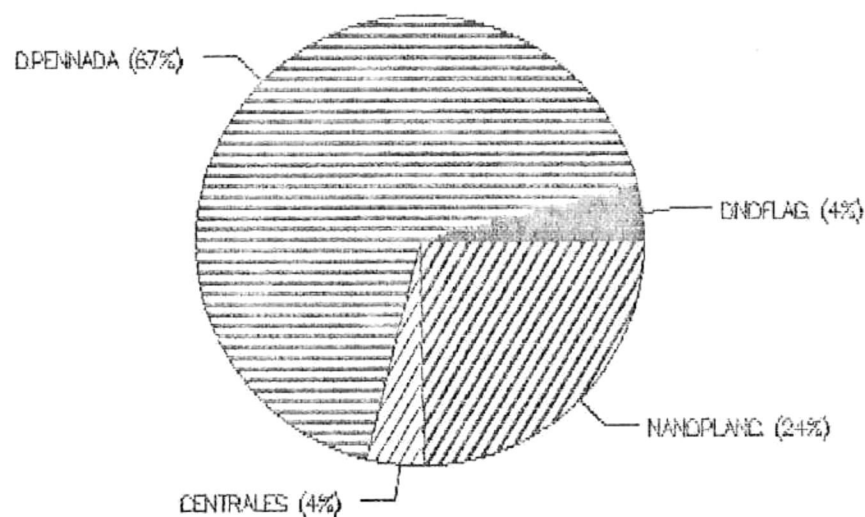


EXP. 1 ESTACION B

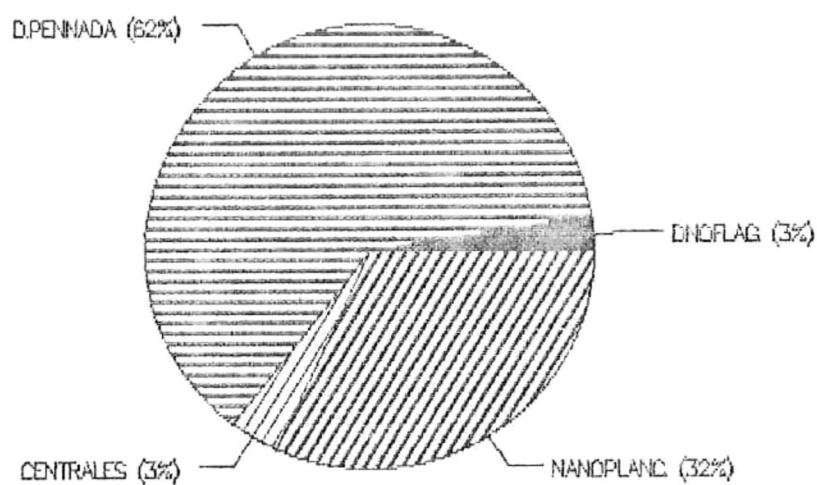


Abundancia de la estructura fitoplanctonica
del experimento 1 para febrero de 1991.

EXP. 2 ESTACION A

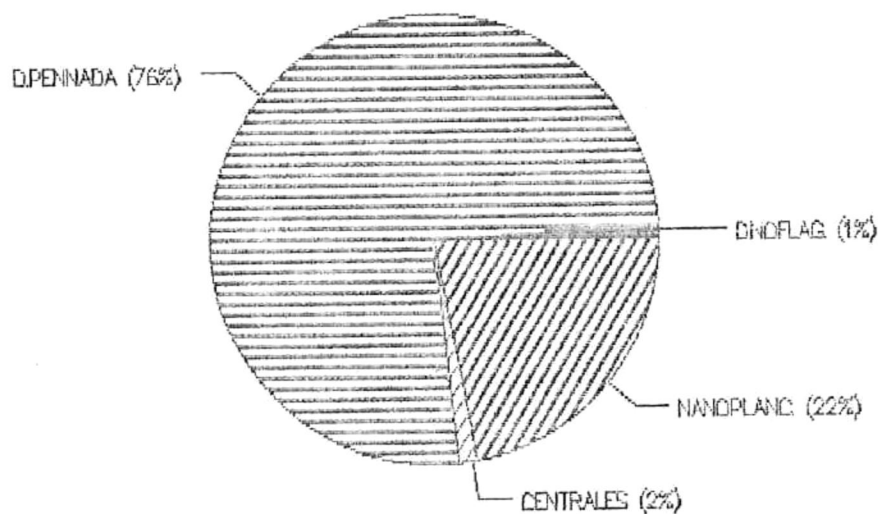


EXP. 2 ESTACION B

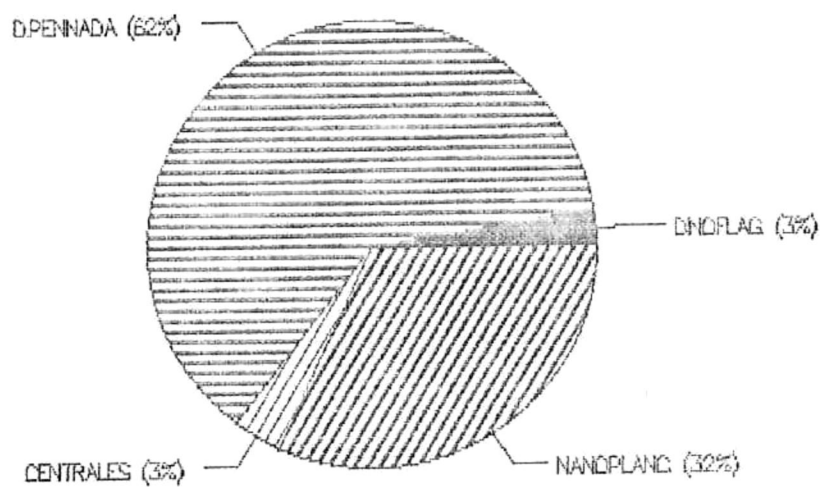


Abundancia de la estructura fitoplanctonica
del experimento 2 para febrero de 1991.

EXP. 3 ESTACION A

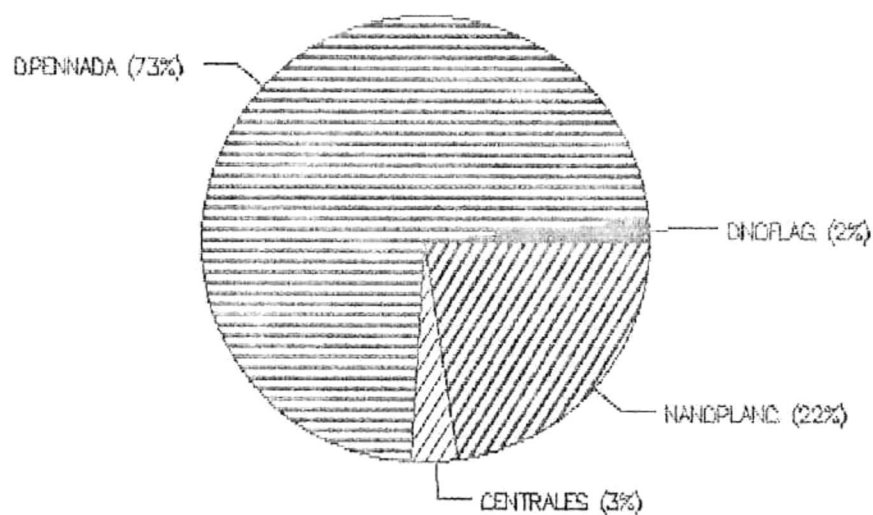


EXP. 3 ESTACION B

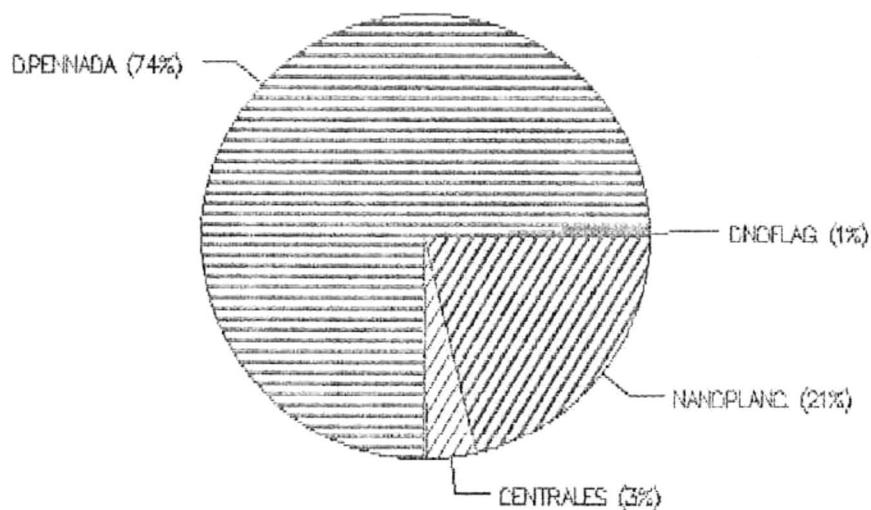


Abundancia de la estructura fitoplanctonica
del experimento 3 para febrero de 1991.

EXP. 4 ESTACION A

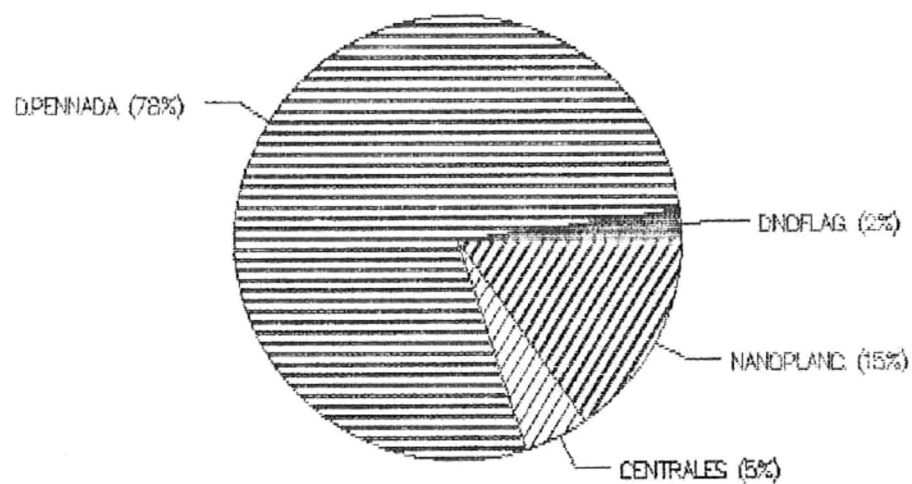


EXP. 4 ESTACION B

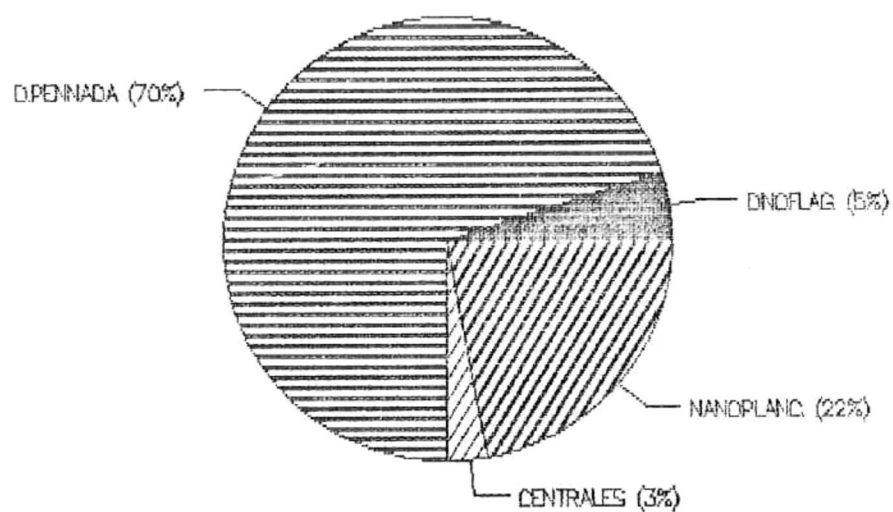


Abundancia de la estructura fitoplanctonica
del experimento 4 para febrero de 1991.

EXP. 5 ESTACION A

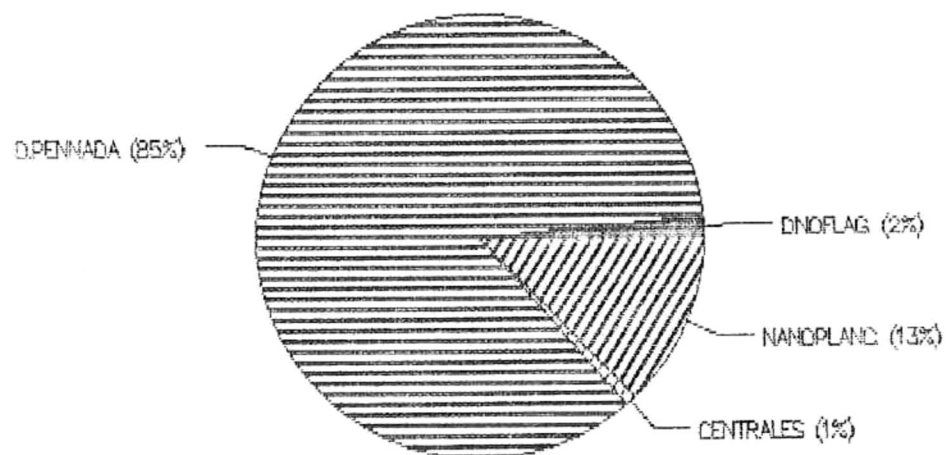


EXP. 5 ESTACION B

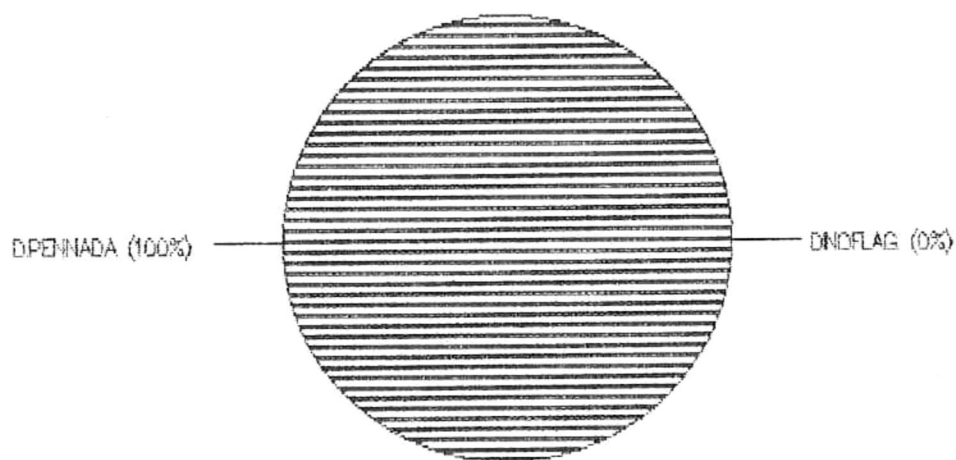


Abundancia de la estructura fitoplanctonica
del experimento 5 para febrero de 1991.

EXP. 6 ESTACION A

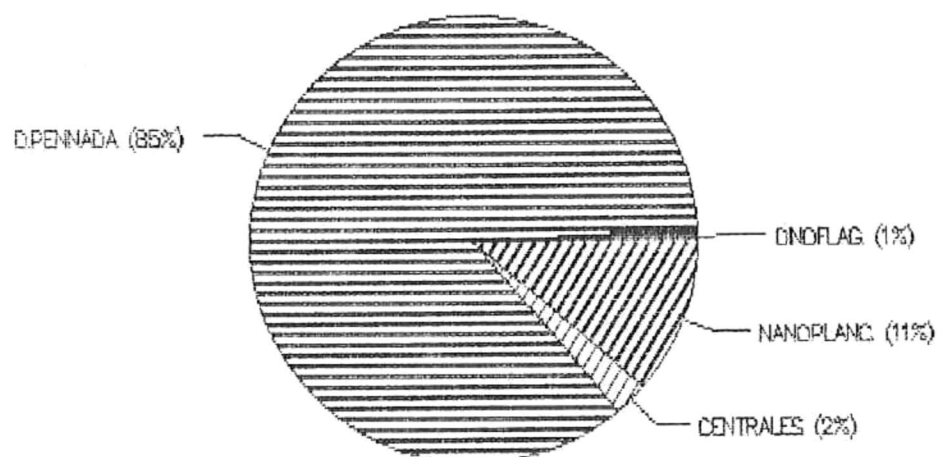


EXP. 6 ESTACION B

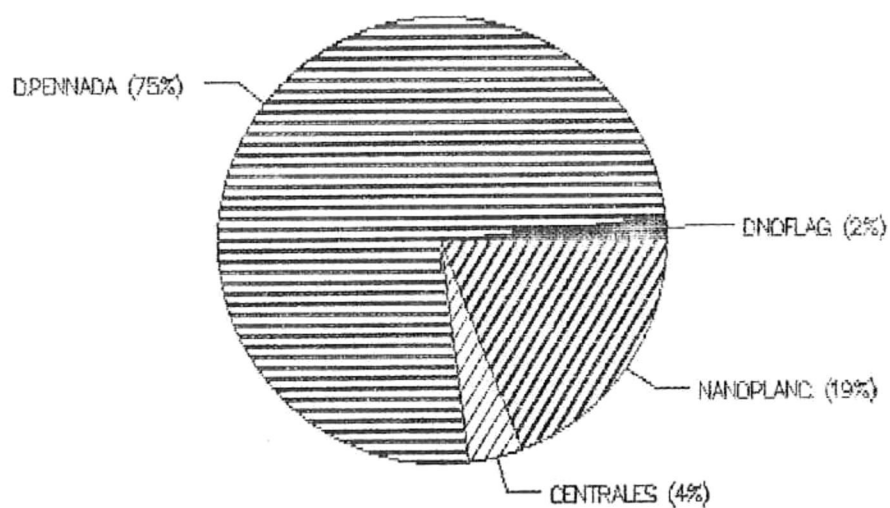


Abundancia de la estructura fitoplanctonica
del experimento 6 para febrero de 1991.

EXP. 7 ESTACION A

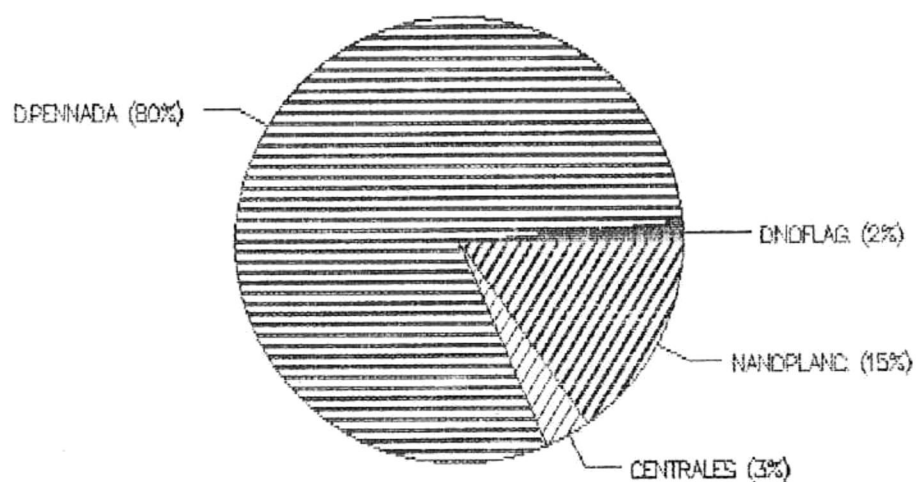


EXP. 7 ESATCION B

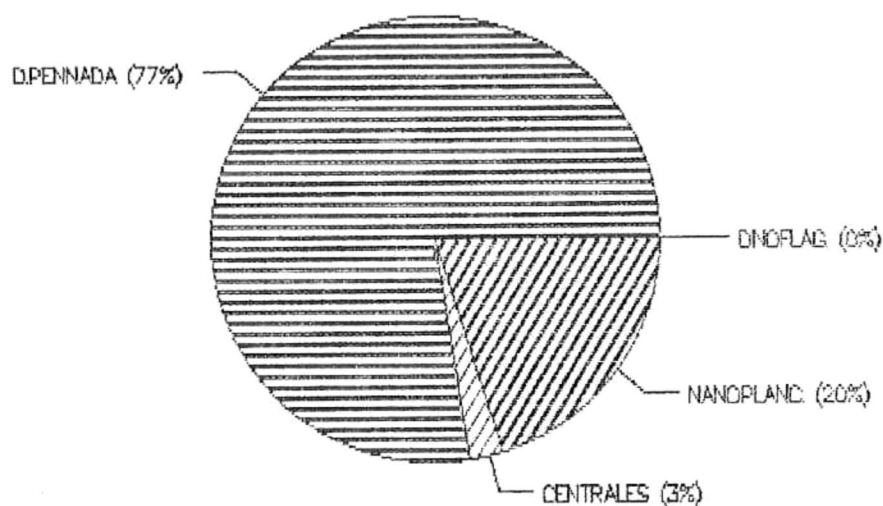


Abundancia de la estructura fitoplanctonica
del experimento 7 para febrero de 1991.

EXP. 8 ESTACION A

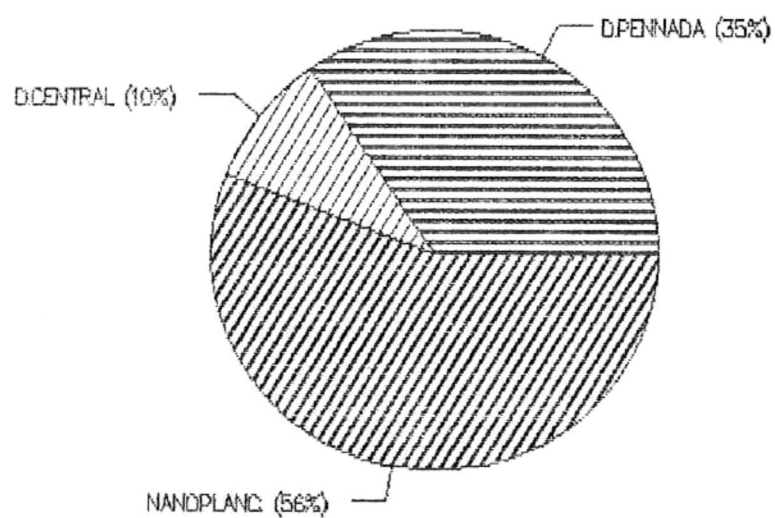


EXP. 8 ESTACION B

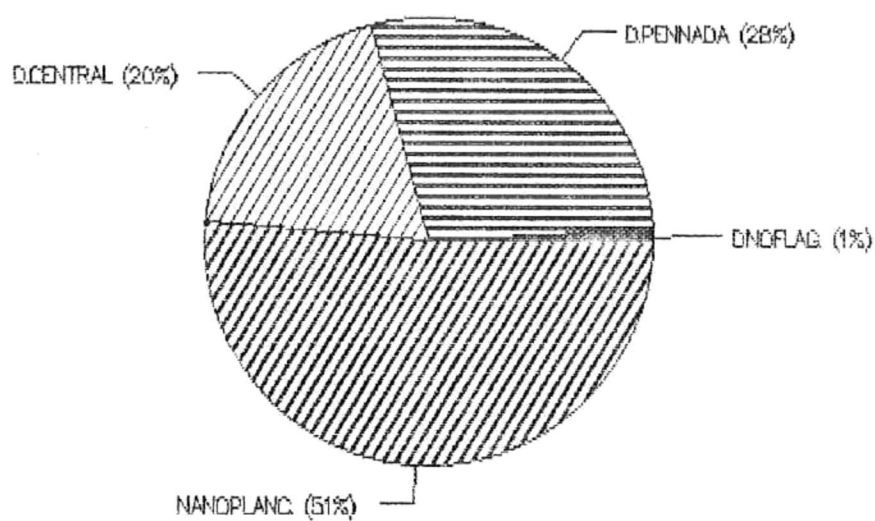


Abundancia de la estructura fitoplanctonica
del experimento 8 para febrero de 1991.

EXP. 1 ESTACION A

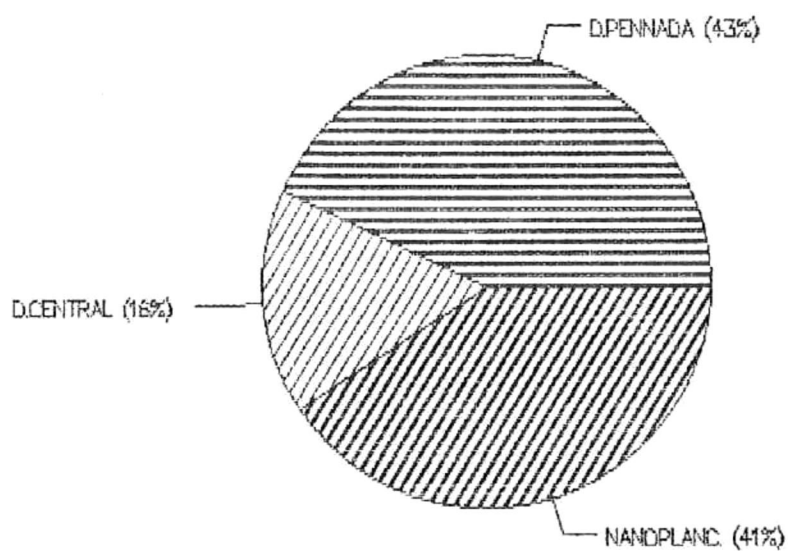


EXP. 1 ESTACION B

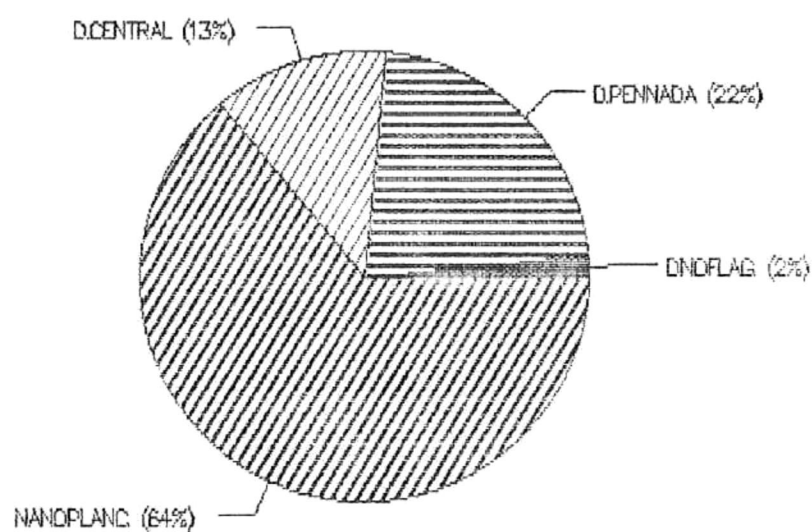


Abundancia de la estructura fitoplanctonica
de experimento 1 para mayo de 1991.

EXP. 2 ESTACION A

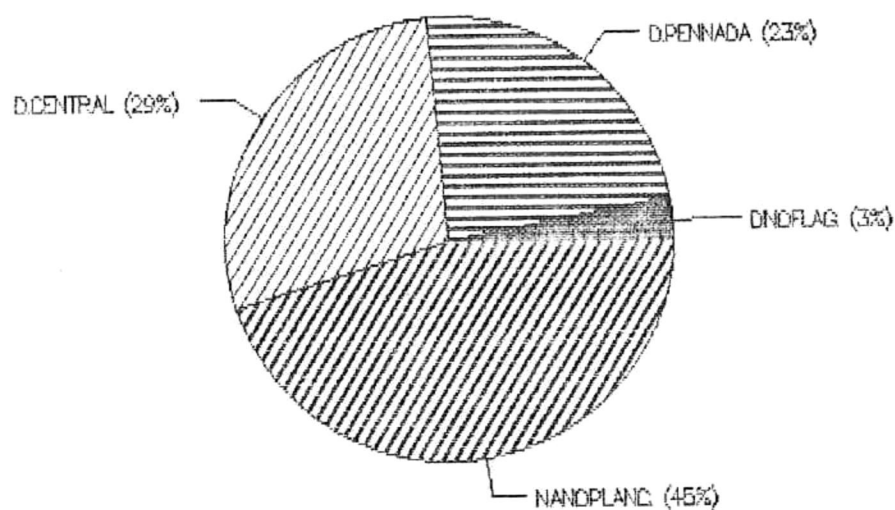


EXP. 2 ESTACION B

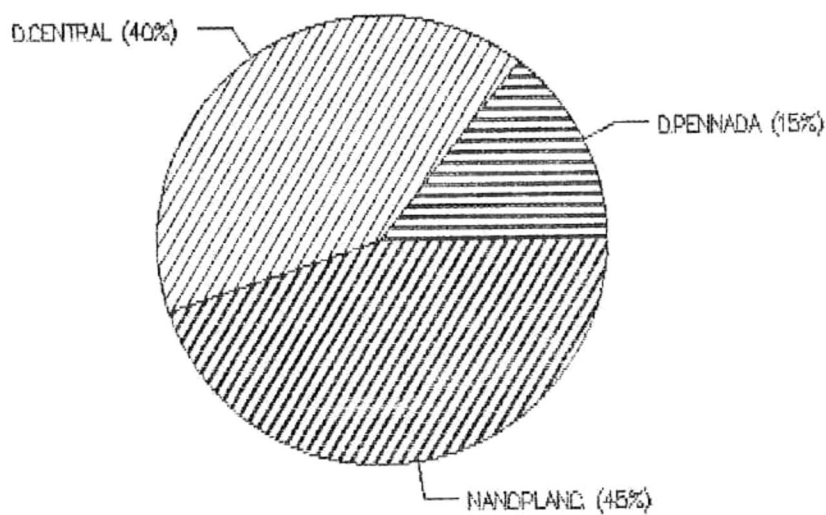


Abundancia de la estructura fitoplanctonica del experimento 2 para mayo de 1991.

EXP. 3 ESTACION A

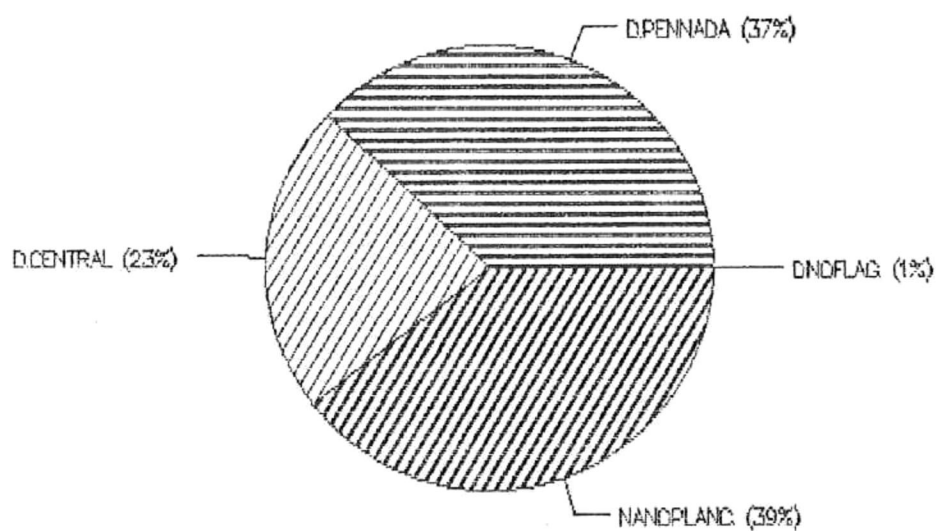


EXP. 3 ESTACION B

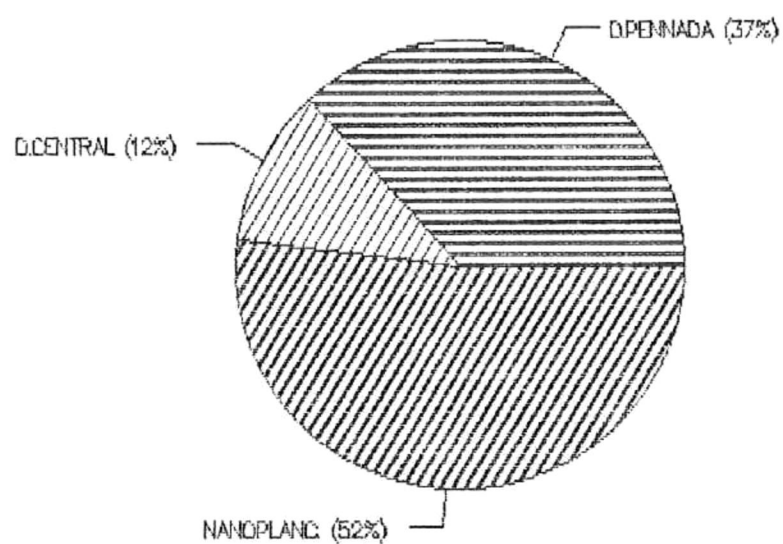


Abundancia de la estructura fitoplanctonica del experimento 3 para mayo de 1991.

EXP. 4 ESTACION A

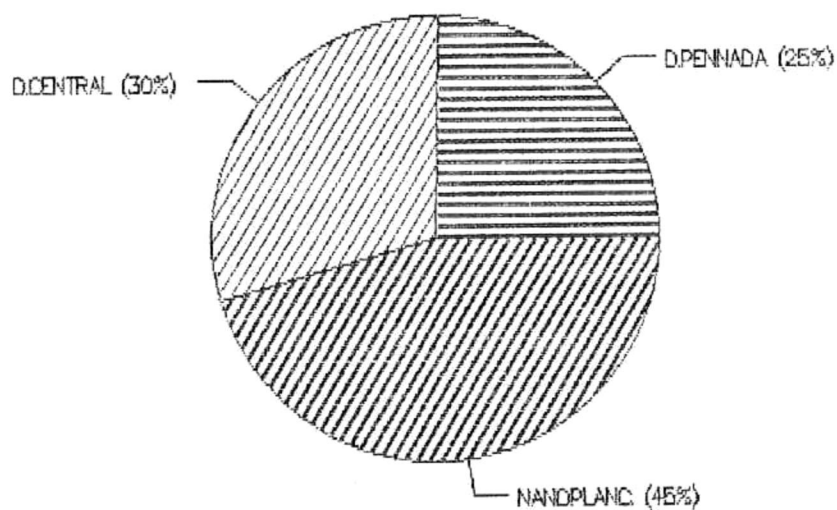


EXP. 4 ESTACION B

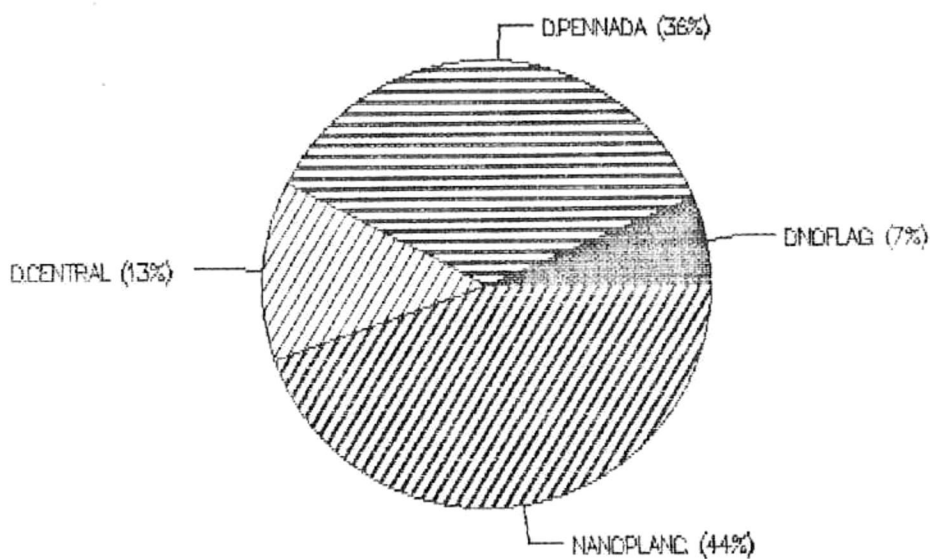


Abundancia de la estructura fitoplanctonica
del experimento 4 para mayo de 1991.

EXP. 5 ESTACION A

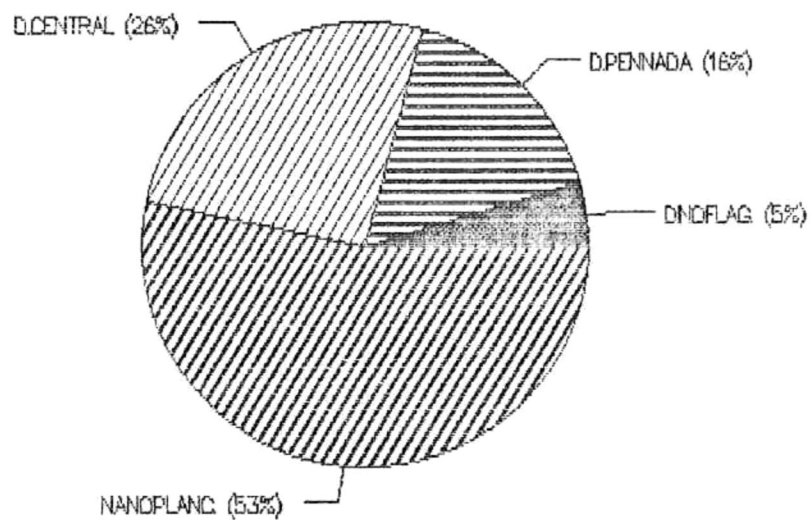


EXP. 5 ESTACION B

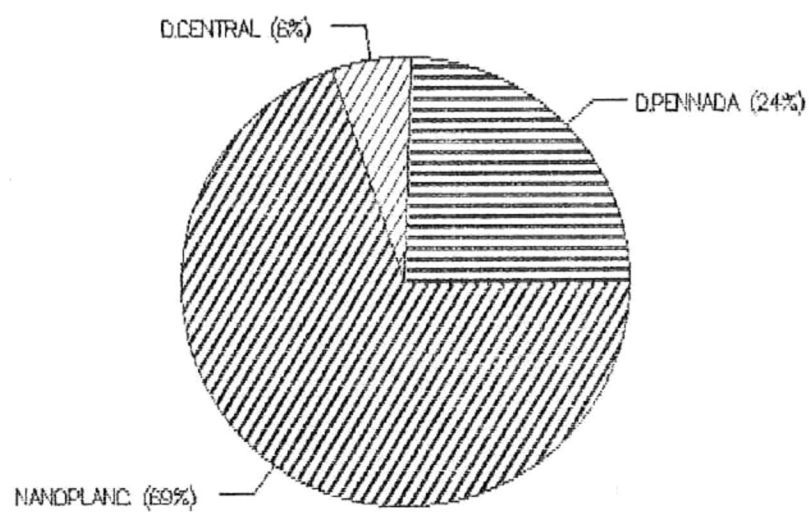


Abundancia de la estructura fitoplanctonica
del experimento 5 para mayo de 1991.

EXP. 6 ESTACION A

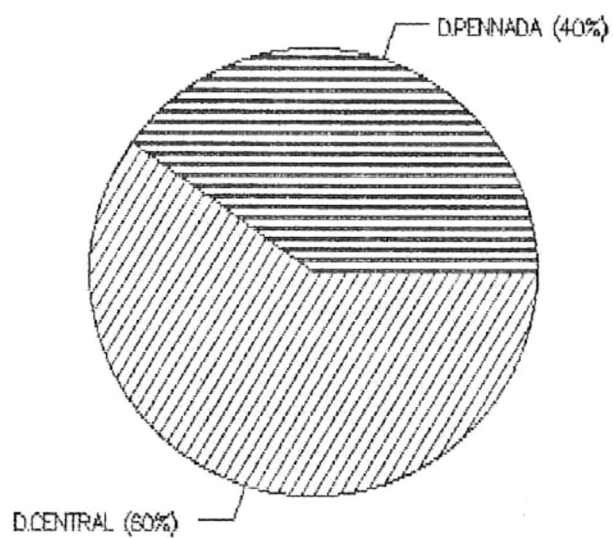


EXP. 6 ESTACION B

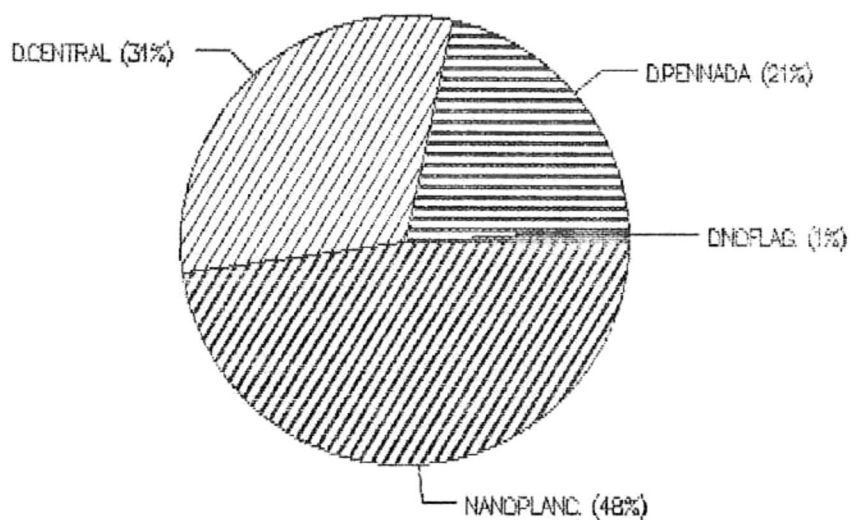


Abundancia de la estructura fitoplanctonica
del experimento 6 para mayo de 1991.

EXP. 7 ESTACION A

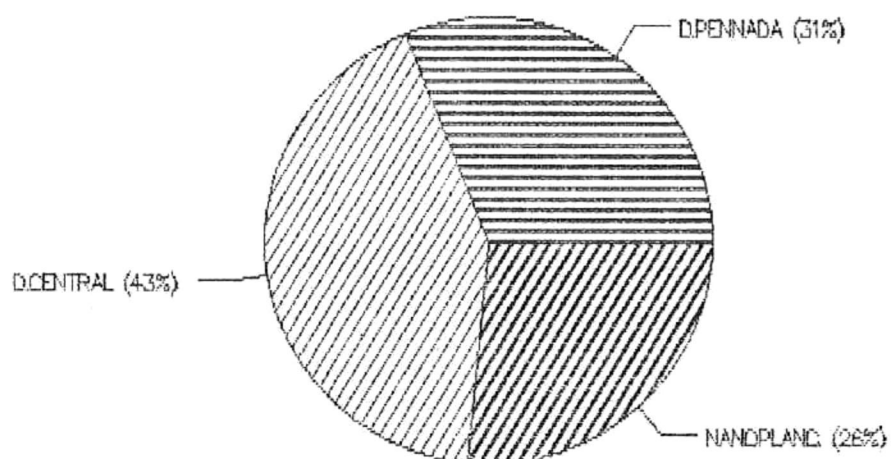


EXP. 7 ESTACION B

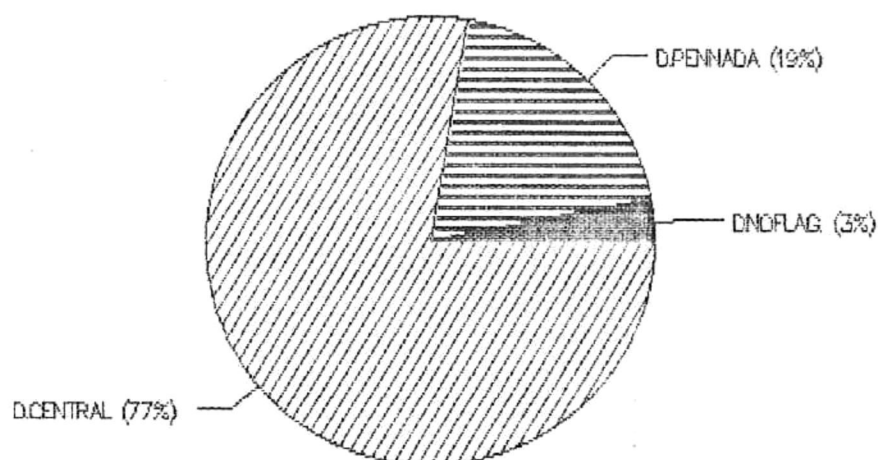


Abundancia de la estructura fitoplanctonica
del experimento 7 para mayo de 1991.

EXP. 8 ESTACION A



EXP. 8 ESTACION B



Abundancia de la estructura fitoplanctonica
del experimento 8 para mayo de 1991.