



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

Facultad de Ciencias Marinas

*“Bioensayo para determinar el efecto del
E. D. T. A. con el Fitoplancton costero de
Baja California.”*

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
O C E A N O L O G O
PRESENTA:**

Jesús Galarza Placencia

Ensenada, B. C., Junio de 1987.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

"BIOENSAYO PARA DETERMINAR EL EFECTO DEL
E.D.T.A. CON EL FITOPLANCTON COSTERO DE
BAJA CALIFORNIA. "

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
O C E A N O L O G O
PRESENTA:
JESUS GALARZA PLACENCIA

ENSENADA, B. C., JUNIO DE 1987.


RESUMEN

Para tratar de entender el efecto de un quelante y el crecimiento del fitoplancton, desde un punto de vista biológico, se diseñó un bioensayo en un sistema cerrado. Se extrajo agua de 60 m de profundidad frente de la boca de Bahía de San Quintín. El agua se filtró a través de una malla de 202 μ , para evitar el pastoreo del zooplancton. Esta se incubó en dos garrafrones, ambos con las mismas características físicas (temperatura e irradiancia), química (nutrientes) y biológica. Uno de los garrafrones se inoculó con una concentración conocida de Na₂E.D.T.A. (quelante). La interacción del quelante con el fitoplancton fue determinante, dados los resultados obtenidos. Se observó una proporción de clorofila a de 24 veces más alta y 2 veces más células en el medio quelado, con respecto al testigo. Así mismo se observó un desarrollo mayor de células de diatomeas en la muestra con quelante que en el testigo. La máxima velocidad de crecimiento del fitoplancton en el medio quelado fue alcanzada a los siete días de haberse iniciado el bioensayo. Se presentó un patrón común en el crecimiento del fitoplancton en el cultivo con quelante con relación al medio natural en eventos de surgencia fuera de la Bahía de San Quintín.

"BIOENSAYO PARA DETERMINAR EL EFECTO DEL
E.D.T.A. CON EL FITOPLANCTON COSTERO DE
BAJA CALIFORNIA."

T E S I S
QUE PRESENTA:
JESUS GALARZA PLACENCIA

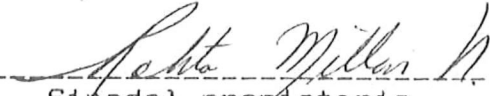
Aprobada por:




Presidente del Jurado
M. C. Gilberto Gaxiola Castro




Sinodal propietario
M. C. Guillermo Torres Moya



Sinodal propietario
M. C. Roberto Millan Nuñez



Sinodal suplente
M. C. Francisco Ley Lou



Sinodal suplente
Oc. Oscar Delgado Gonzalez

DEDICO ESTE TRABAJO

A la memoria de mi madre Eloisa

A mi padre Filiberto

A mi querida esposa Olga

A mis hijos Rabel, Lino y Glenda

A mis hermanos Celina, Filiberto, Silvia, Teresa

A todos mis sobrinos

AGRADECIMIENTOS

Mi mas sincero agradecimiento para las personas que en una forma u otra hicieron posible la realización de este trabajo

A mi director de tesis M.C. Gilberto Gaxiola Castro por su dirección y apoyo.

A Elsie Millan de Alvarez y Sila Najera por la valiosa colaboración en el laboratorio

Al M.C. Guillermo Torres Moye por sus indicaciones en el campo

A Juan Sidon por su colaboración en el campo

Al Dr. Saúl Alvarez Borrego por la oportunidad que me brindo

Al Ing. Raúl Cardona M. Por su comprensión

Al Ing. Vicente Perez A. por ser directamente responsable de la terminación de este trabajo

Al Sindicato de Telefonistas por haber permitido la culminación de un anhelo

A todo el personal del Instituto de Investigaciones Oceanologicas, especialmente al Area de Oc.Fisica por su amabilidad

Al director del I.I.O. M.C. Roman lizarraga A. por sus atenciones

INDICE

	Pagina
I.- INTRODUCCION	1
I.1- Antecedentes	4
I.2- Objetivos	6
II.- MATERIALES Y METODO	7
III.- RESULTADOS	12
III.1- Variables fisicas, quimicas y biologicas en un medio sin Na ₂ E.D.T.A.	12
III.2- Variables fisicas, quimicas y biologicas en un medio con Na ₂ E.D.T.A.	18
IV.- DISCUSIONES	28
V.- CONCLUSIONES	38
VI.- LITERATURA CITADA	39

LISTA DE TABLAS

Tabla	Pagina
I. - Abundancia día a día de los grupos principales en el medio sin Na ₂ E. D. T. A.	20
II. - Abundancia día a día de los grupos principales el medio con Na ₂ E. D. T. A.	27

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pagina
1.- Localización del punto de muestreo y del lugar de incubación de las muestras.	8
2.- Detalle de la disposición de los garrafrones dentro de la Bahía de San Quintín.	10
3.- Irradiancia registrada día a día (día-luz) durante el experimento.	13
4.- Concentraciones de nitritos y nitratos durante el experimento en un medio sin Na ₂ E.D.T.A.	14
5.- Concentraciones de fosfatos y silicatos durante el experimento en un medio sin Na ₂ E.D.T.A.	16
6.- Variación de clorofila <u>a</u> y feopigmentos durante el experimento en un medio sin Na ₂ E.D.T.A.	17
7.- Abundancia de fitoplancton dividido por tamaños durante el experimento en el medio sin Na ₂ E.D.T.A.	19
8.- Concentraciones de nitritos y nitratos durante el experimento en un medio con Na ₂ E.D.T.A.	21

Figura	Pagina
9.- Concentraciones de fosfatos y silicatos durante el experimento en un medio con Na ₂ E.D.T.A.	23
10.- Variación de clorofila <u>a</u> y feopigmentos durante el experimento en un medio con Na ₂ E.D.T.A.	24
11.- Abundancia de fitoplancton dividido por tamaños durante el experimento en un medio con Na ₂ E.D.T.A.	26
12.- Variación del número de células (log ₁₀) y la irradiancia total (día-luz) en el medio con Na ₂ E.D.T.A.	29
13.- Variación del número de células (log ₁₀) y la irradiancia total (día-luz) en el medio sin Na ₂ E.D.T.A.	31
14.- Relación de nitratos y fosfatos a través del experimento (A) medio sin Na ₂ E.D.T.A. (B) medio con Na ₂ E.D.T.A.	33

INTRODUCCION

El estudio de las regiones costeras en Baja California ha recibido una especial atención por los diferentes centros de investigaciones oceanográficas para tratar de comprender la dinámica de los ecosistemas de las surgencias, las cuales están asociadas íntimamente con pesquerías importantes (Wickman, 1975). Estos eventos de surgencia ocurren generalmente en la frontera oeste de los continentes debido a que el esfuerzo del viento con dirección al ecuador produce un transporte de masa de agua hacia afuera de la costa, y por continuidad de masa esta agua es reemplazada por aguas subsuperficiales con características hidrológicas diferentes al cuerpo de agua desplazada.

Para tener una idea de la importancia de estas áreas de surgencia a nivel mundial (Africa, América de sur, América del norte, etc.). Cushing(1969) menciona que cerca del cincuenta por ciento de la captura de peces proviene de estas zonas, que solo abarcan el uno por ciento del área total del océano.

En Baja California los eventos de surgencia se presentan con mayor intensidad durante el verano, época en la que los vientos presentan una componente máxima del viento con dirección hacia el ecuador (Barton y Argote, 1980). Estos vientos son el factor principal para que se desarrollen los eventos de surgencia costera (Smith, 1968).

Las regiones de surgencia presentan discontinuidades horizontales en las propiedades físicas, químicas y

biológicas en el cuerpo de agua, que por lo general marcan gradientes verticales en los tres aspectos. Estos eventos se caracterizan por aportar una gran cantidad de nutrientes (nitritos, nitratos, fosfatos y silicatos) y metales traza a las aguas superficiales. De estos últimos el hierro, manganeso y cobre son los mas importantes para el fitoplancton (Riley y Roth, 1971). Sin embargo, a concentraciones altas de los metales, estos afectan adversamente la velocidad de crecimiento del fitoplancton (Barber, 1973).

Estimaciones de algunos autores sugieren que una alta concentración de cobre, característico de regiones de surgencia, y bajas en quelante, inhiben el crecimiento del fitoplancton (Steemann Nielsen y Wium-Anderson, 1970).

La formación de esporas y "cystos" en el fitoplancton es un fenómeno común, atribuyendose a condiciones ambientales adversas. Se ha reportado la existencia de esporas y "cystos" en la columna de agua y en sedimentos (Hargraves y French, 1975) los cuales representan una parte importante del constituyente biológico del cuerpo de agua, que al ser transportados a la superficie por un evento de surgencia junto con nutrientes, elementos traza, vitaminas y las condiciones de luz favorables propician su germinación.

La mayoría de los estudios de productividad primaria son referidos a estimaciones de macronutrientes, luz, temperatura, pastoreo y sus efectos sobre la biomasa y taxonomía. Sin embargo son pocos los trabajos que se han

elaborado para entender, el efecto de los metales traza los quelantes y el fitoplancton (Provasoli et al., 1957; Jhonston, 1963,1964; Barber et al.,1969).

La adición de quelante en trabajos realizados en agua de mar ha demostrado un incremento en la velocidad de crecimiento de fitoplancton (Barber et al., 1971).

Este trabajo pretende hacer una evaluación del efecto de un quelante artificial en una muestra de agua (en un sistema cerrado) extraída de 60 m de profundidad (en el cual se controlan factores alogénicos y autogénicos). Esta muestra de agua se inoculó con un quelante artificial tratando que los nutrientes, temperatura, e irradiancia no fueran limitantes para el crecimiento de fitoplacton.

Con esto se pretende adicionar consideraciones a los aspectos biológicos y químicos de los componentes del agua de mar recién emergida.

Antecedentes

Se ha pensado tradicionalmente que las variaciones en la producción primaria son el resultado de las fluctuaciones en la disponibilidad de luz, nutrientes y pastoreo (Ryther, 1963; Strickland, 1965). Sin embargo, estos conceptos han cambiado y los biólogos piensan que existen otras variables que podrían afectar la producción primaria (Barber y Ryther, 1969).

Jhonston (1963, 1964) encontró que el agua de mar puede ser mejorada adicionado un agente quelante. Algunas de las discusiones concernientes al papel que juega el quelante están centradas en los metales traza, ya que en cantidades excesivas de estos, se limita el crecimiento del fitoplancton, aún en concentraciones adecuadas de nutrientes e irradiancia (Droop, 1961; Provasoli, 1963; Jhonston, 1964).

Los metales traza con frecuencia actúan como inhibidores o activadores enzimáticos, siendo su efecto principal sobre la velocidad de crecimiento y no sobre la producción total (Anderson et al., 1978). La quelación en el agua de mar pone en forma biodisponible iones libres actuando al parecer en ambos sentidos ya que al existir demasiados iones metálicos los captura y al haber deficiencias los libera.

Provasoli (1963) y Jhonston (1964) argumentan que la falta de quelante orgánico en el agua de mar es un factor limitante en la productividad de fitoplancton. La identidad química de los quelantes en el agua de mar no es muy clara

(Pratt1966). Prakash y Rashid (1968) suponen que son sustancias húmicas exudadas por el fitoplancton y metabolitos de zooplancton, por lo cual el incremento de la biomasa es lento al inicio de la surgencia.

Barber y Ryther (1969) trabajando en el pacífico central encontraron diferencias en la velocidad de crecimiento del fitoplancton (a través de 72 horas) con diferentes muestras de agua de mar, favoreciendo notablemente aquella que fué inoculada con quelante artificial.

Barber (1973) en experimentos realizados con incubaciones en el suroeste de Africa, trabajando con número de células específicas de fitoplancton (Chaetoceros socialis), encontró una relación favorable entre un quelante artificial y la velocidad de crecimiento del fitoplancton. Además obtuvo resultados similares que con el quelante, añadiendo zooplancton molido a una muestra de agua conteniendo Ch. socialis.

En otro experimento Davey et al. (1973) adicionando cobre en diferentes proporciones lograron inhibir un cincuenta por ciento el crecimiento de Thalassiosira pseudonoma, pero al adicionar quelante se redujo la toxicidad aumentando la velocidad de crecimiento.

OBJETIVOS

Evaluar el efecto de un quelante artificial (tetráacetato de etilendiamina disódico) en el desarrollo del fitoplancton costero a través del tiempo, mantenido en un sistema cerrado.

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se efectuó durante el verano de 1983, del 25 de junio al 7 de julio. Este periodo fué considerado para este experimento, en base a estudios elaborados por Barton y Argote (1980) donde mencionan que la componente máxima de vientos con dirección hacia el ecuador, ocurre durante el verano.

A partir de junio 25, se muestreo diariamente la temperatura superficial, en un punto a 4 km fuera de la boca de la Bahía de San Quintín (Fig.1) con el propósito de detectar un evento de surgencia. Al transcurso del tiempo al no presentarse dicho evento, con la intensidad deseada se tomó la decisión el 28 de junio de extraer agua de 60 m de profundidad aproximadamente.

Se utilizó el bote "Andromeda" del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada de 10 m de eslora y 5 m de manga y 3 botellas Van-Dorn seriadas haciendo 5 lances consecutivos para la toma de las muestras.

En el punto de muestreo se midió la temperatura superficial así como la del agua extraída con un termómetro de cubeta (con una desviación de 0.1 °C)

Se tomaron alicuotas para la determinación de salinidad. Siendo analizadas con un salinómetro de inducción marca Kalhsico, modelo 118W A 200.

El contenido de las botellas Van-Dorn se vertió a unas cubetas de plástico e inmediatamente el agua fue vaciada a través de una malla de 202 μ a dos garrafones de vidrio,

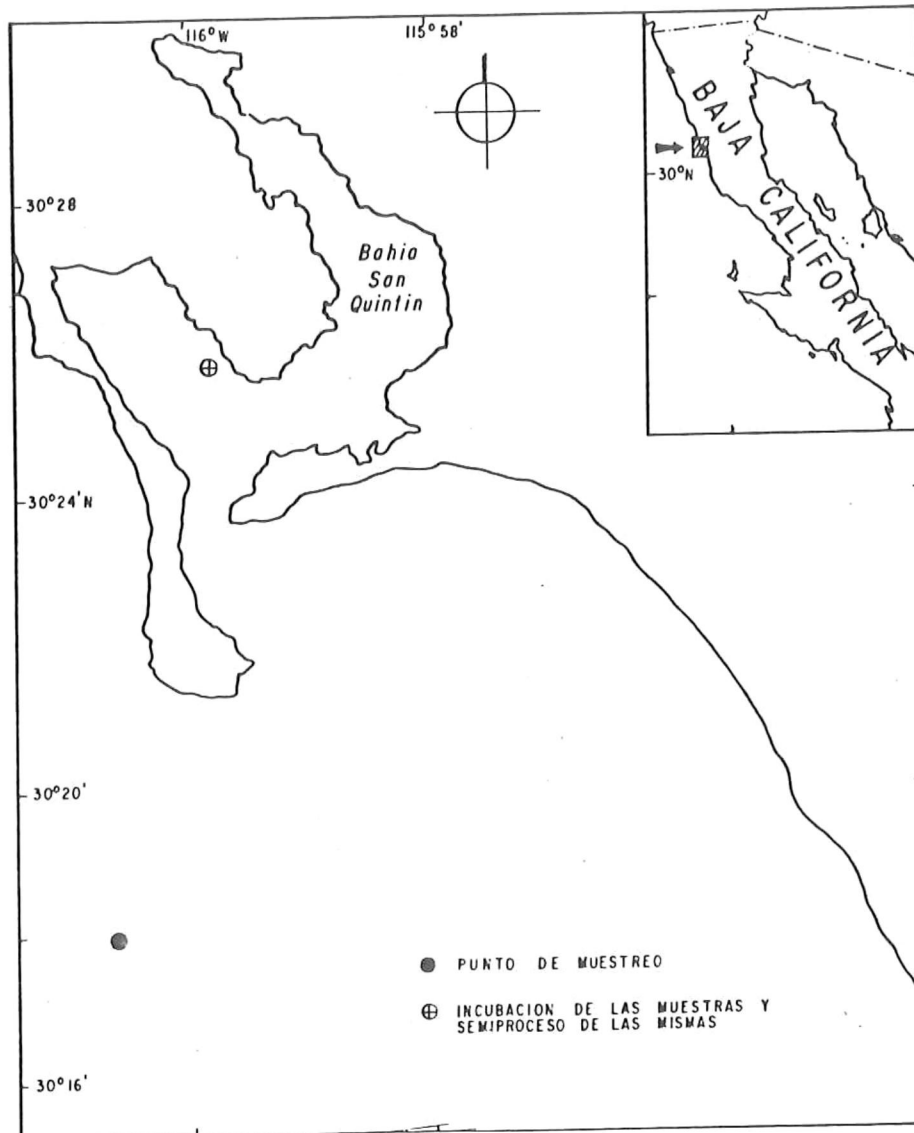


Figura 1.- Localización del punto de muestreo y del lugar de incubación de las muestras.

para evitar el pastoreo por el macro-zooplancton. El volumen final para cada garrafón fue de 18 litros.

A uno de los garrafones se le agregó una proporción conocida de Na₂E.D.T.A. (1.9 ml de tetracetato de etilendiamina disódico) para obtener así una concentración final de 10 µ M de Na₂E.D.T.A.

Los garrafones fueron cubiertos con malla neutra de plástico para simular una irradiancia al 32 por ciento. Estos fueron trasladados al interior de la Bahía de San Quintín, siendo anclados y mantenidos sumergidos al nivel del cuello para evitar fluctuaciones bruscas de temperatura (Fig. 2).

Diariamente se registraron cambios de irradiancia ambiental empleando un actinógrafo Kahlsico tipo 01AM100. Además se hicieron mediciones diarias de la temperatura del agua circundante de la incubación, con un termómetro de cubeta (con una desviación de 0.1 °C) durante el día-luz (6 a.m a 18 p.m.)

A partir del día de muestreo (28 de junio) se tomaron alícuotas de 750 ml de cada uno de los garrafones diariamente durante el medio día para el análisis de fitoplancton, nutrientes (nitritos, nitratos, fosfatos y silicatos) y pigmentos fotosintéticos.

Para la identificación de los grupos fitoplanctónicos se tomaron 250 ml de cada medio, fijándolas con formaldehído al 4 %. La identificación se hizo empleando el método Uthermol (1958).

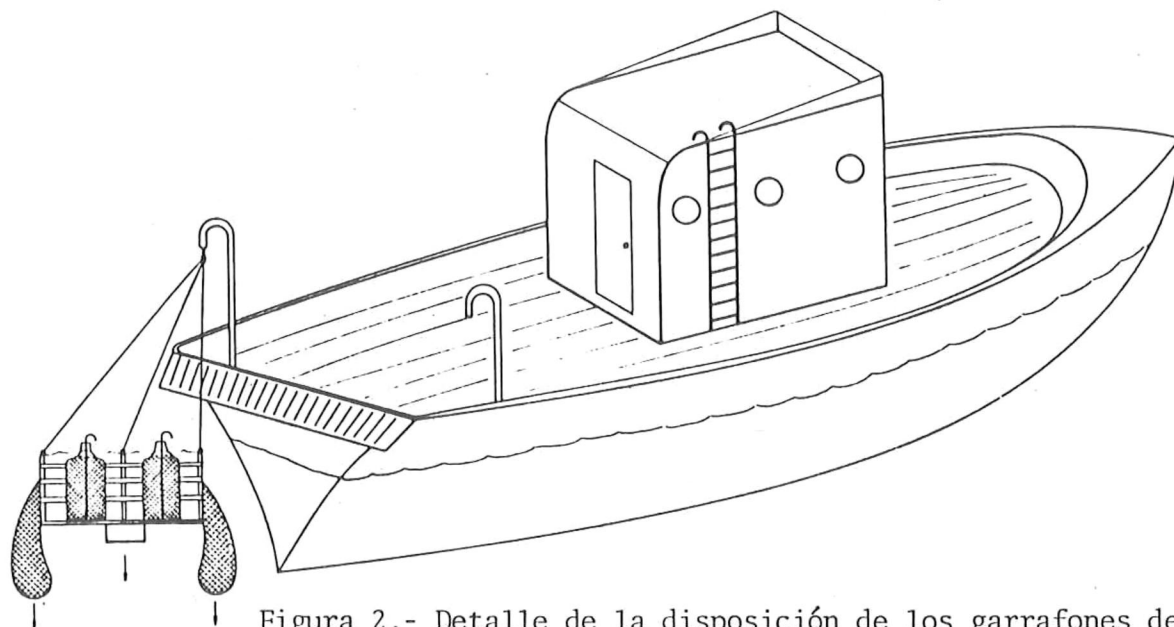


Figura 2.- Detalle de la disposición de los garrafones dentro de la Bahía de San Quintín.

Las muestras para el análisis de nutrientes (alícuotas de 250.0 ml de cada medio) fueron filtradas a través de filtros millipore de 0.45 μ , pasándose a congelar inmediatamente con hielo seco. La concentración de los nutrientes fué medida con un autoanalizador Scientific Instrument.

Los pigmentos fotosintéticos se obtuvieron, filtrándose diariamente 250.0 ml de cada medio a través de filtros de fibra de vidrio (GF/C), depositándose estos en cajas de petri, cubriéndolos con papel de aluminio y congelándolos. El análisis de clorofila a y feopigmentos se hizo con un fluorímetro TURNER 111 con la técnica descrita por Holm-Hasen et al. (1965).

La productividad primaria se trató de medir por el método del ^{14}C (Stemann-Nielsen, 1952). Sin embargo no se pudo estimar debido a dos posibles causas; un inadecuado manejo del ^{14}C y/o que el contenido del reactivo con el ^{14}C no existiera en la proporción señalada (micro-curie), por lo tanto se recomienda que antes de iniciar por este método la medición de la productividad primaria se hagan diluciones y conteos de la solución que contenga el ^{14}C para estar seguros de su contenido cualitativo y cuantitativo.

RESULTADOS

El valor obtenido in situ de la temperatura de la muestra de agua fué de 12.0 °C contrastando con la temperatura del agua superficial (del mismo punto de muestreo) que fue de 15.4 °C. La salinidad de la muestra fue de 33.68 partes por mil.

El promedio de la temperatura diaria de incubación fue de 19.30 °C, a través de los diez días (día-luz) de incubación, con una variación de 1.3 °C entre el valor máximo (19.8 °C) y el mínimo (18.5 °C).

Los registros diarios integrados de irradiancia total (día-luz) presentaron en el sexto día del experimento el valor mas bajo con 372.0 W m⁻² registrando los valores máximos para el septimo y octavo día (Fig.3) con 560.0 y 541.91 W m⁻² respectivamente.

Variables químicas y biológicas en el medio sin Na₂E. D. T. A.

En los valores registrados de nitritos en este medio (Fig.4) se aprecia una irregularidad aparente, ya que en el primer día de muestreo se obtuvieron valores de 0.20 µ M incrementandose considerablemente en el tercer día a 0.28 µ M siendo este el valor máximo registrado, correspondiendo al decimo día la concentración mas baja con 0.02 µ M. Existiendo entre el valor máximo y el mínimo decremento de 0.26 µ M de nitritos en siete días.

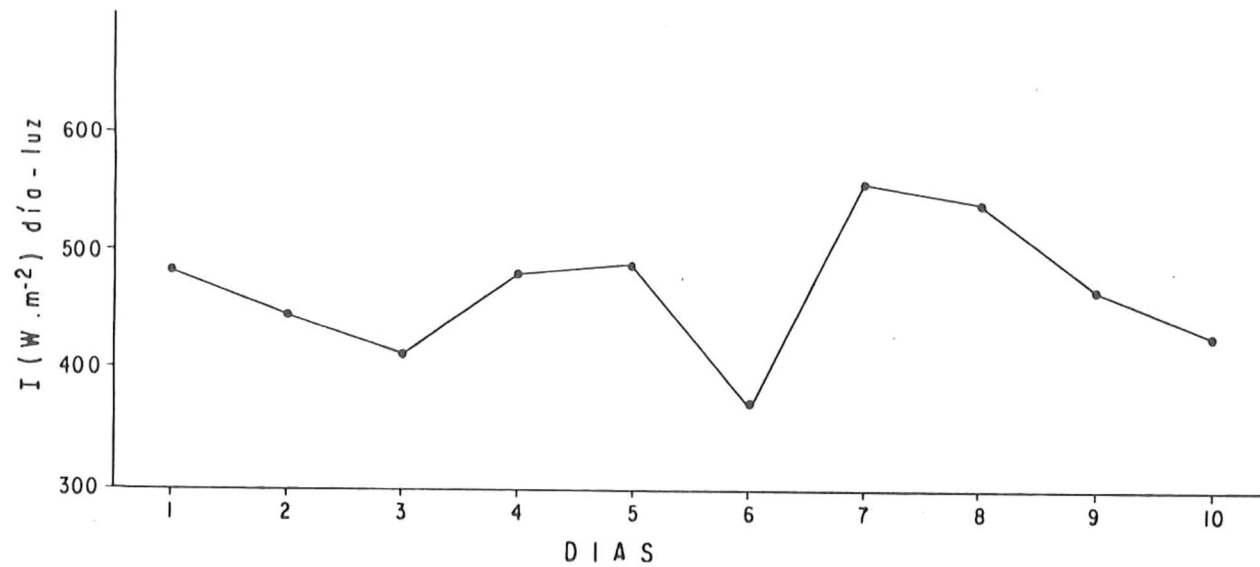


Figura 3.- Irradiancia registrada día a día(día-luz) durante el experimento.

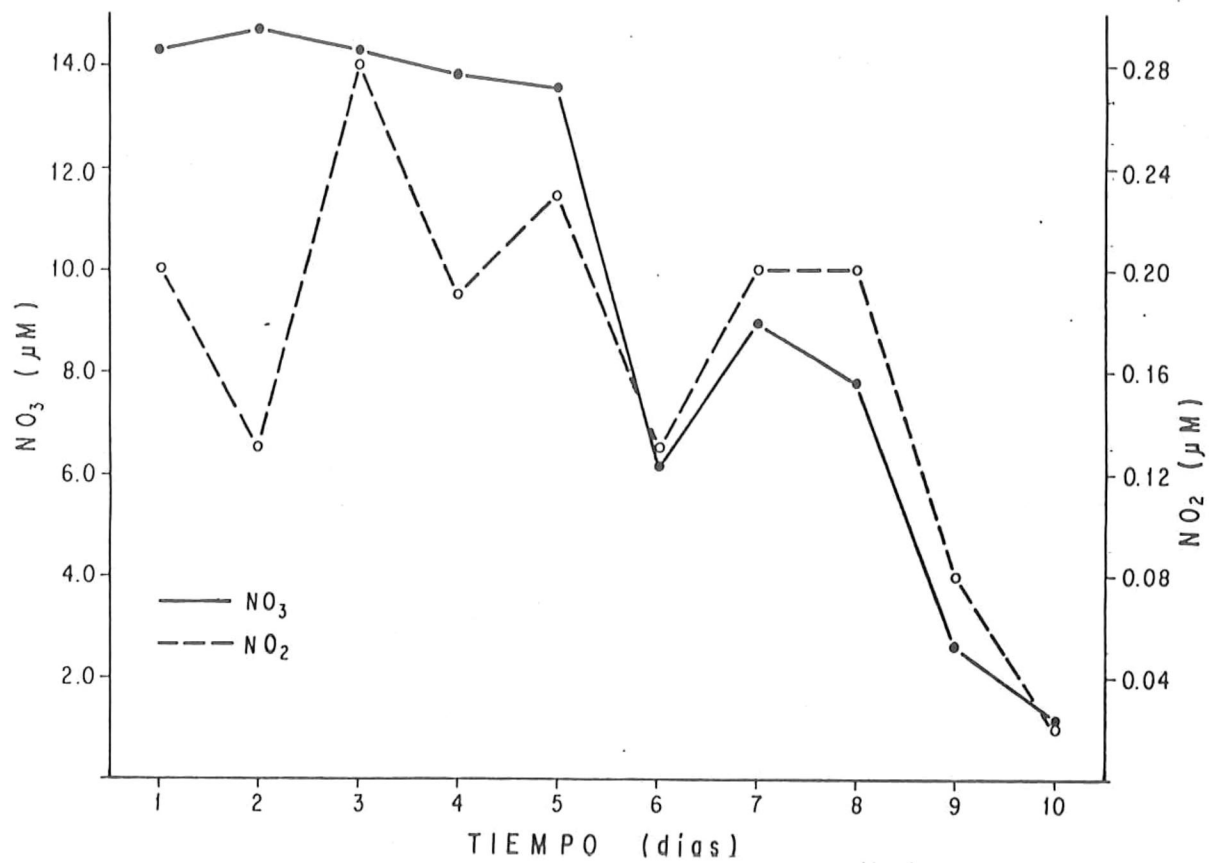


Figura 4.- Concentraciones de nitritos y nitratos durante el experimento en un medio sin Na₂E.D.T.A.

Para los nitratos (Fig.4) en el segundo día de muestreo se observó el máximo valor con $14.63 \mu M$ notándose un decremento suave en el tercero, cuarto y quinto día descendiendo rápidamente a $6.14 \mu M$ para el sexto día de muestreo. Alcanzando su registro máximo el décimo día con $1.21 \mu M$. Observándose un decremento de $13.42 \mu M$ en ocho días.

Las concentraciones de fosfatos (Fig.5) alcanzaron su máximo valor el primer día de muestreo con $1.17 \mu M$ declinando suavemente hasta el quinto día, con un descenso rápido para el sexto día del experimento y un valor de $0.66 \mu M$, registrando la mas baja concentración el décimo día con $0.12 \mu M$. Existiendo entre el valor máximo y el mínimo un decremento de $1.05 \mu M$ de fosfatos en diez días.

Para los silicatos (Fig.5) se registraron los valores máximos al octavo y quinto día con 23.20 y $23.05 \mu M$ respectivamente, observando para el décimo día la concentración mas baja con $6.48 \mu M$. Notándose un decremento entre el valor máximo y el mínimo de $16.72 \mu M$ de silicatos en dos días.

Los registros obtenidos para clorofila a (Fig.6) señala que el valor máximo obtenido, fue de 0.558 mg. m^{-3} para el cuarto día, correspondiendo al octavo día su mínimo valor con 0.212 mg. m^{-3} . Existiendo un decremento de 0.346 mg. m^{-3} de clorofila a en cuatro días.

Los feopigmentos para el primer día de muestreo tienen un valor relativamente altos siendo de 0.242 mg. m^{-3} (Fig.6)

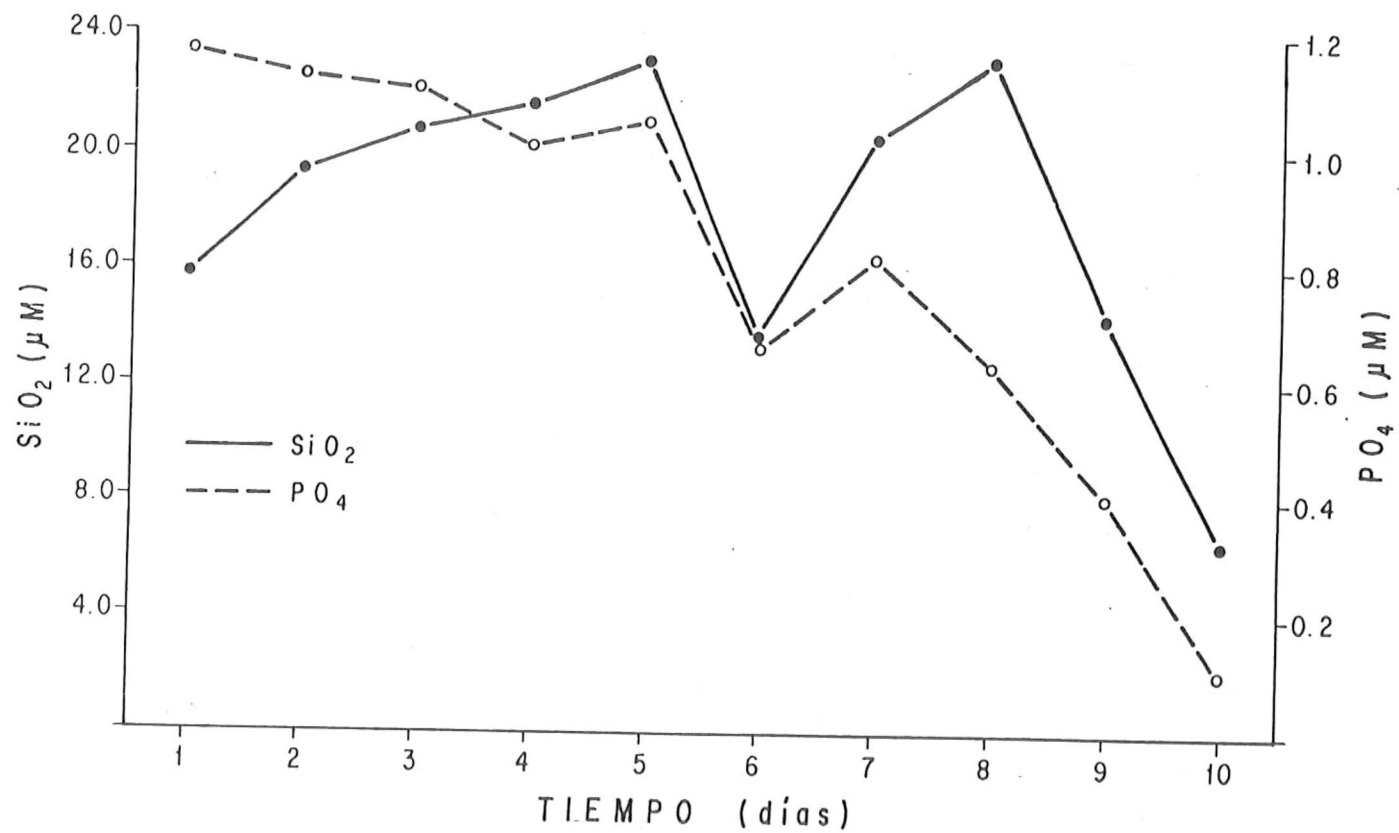


Figura 5.- Concentraciones de fosfatos y silicatos durante el experimento en un medio sin $\text{Na}_2\text{E.D.T.A.}$

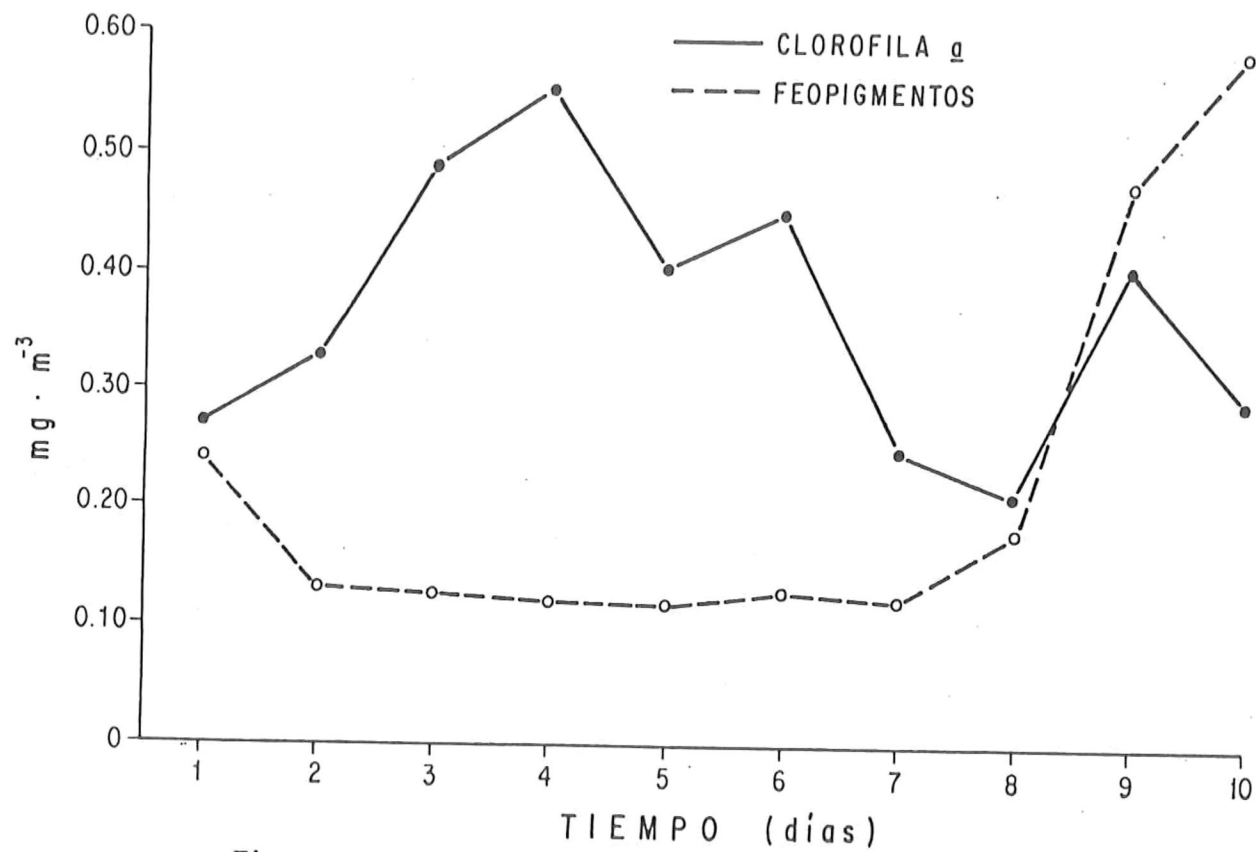


Figura 6.- Variación de clorofila a y feopigmentos durante el experimento en un medio sin Na₂E.D.T.A.

alcanzando su valor mínimo para el séptimo día, correspondiendo al décimo día el máximo registro con 0.590 mg.m^{-3} de feopigmentos. Entre el valor menor y el máximo existe un incremento de feopigmentos de 0.465 mg.m^{-3} .

El registro obtenido en el conteo de células (Fig.7) indica, que la menor abundancia de células correspondió al tercer día con 179,445 células por litro, obteniendo para el décimo día la mayor abundancia con 606,202 células por litro. Encontrando un incremento de 426,657 células por litro en ocho días.

En el recuento total de células de cada uno de los diez días que duro el experimento (Tabla I) indica que las células prevaletientes en este medio fueron las menores de 20μ (nanoplancton), las células mayores de 20μ no presentaron un incremento significativo, prevaletiendo los dinoflagelados sobre las diatomeas en una proporción promedio de 16:1

Variables químicas y biológicas en un medio con Na₂E.D.T.A.

Las concentraciones mayores de nitritos (Fig.8) corresponden al tercero y cuarto día de muestreo con 0.36 y $0.37 \mu \text{ M}$ respectivamente, declinando rapidamente en su concentración al quinto, sexto y octavo día correspondiendo al noveno día el valor más bajo con $0.01 \mu \text{ M}$. Observandose un decremento de nitritos en seis días de $0.36 \mu \text{ M}$.

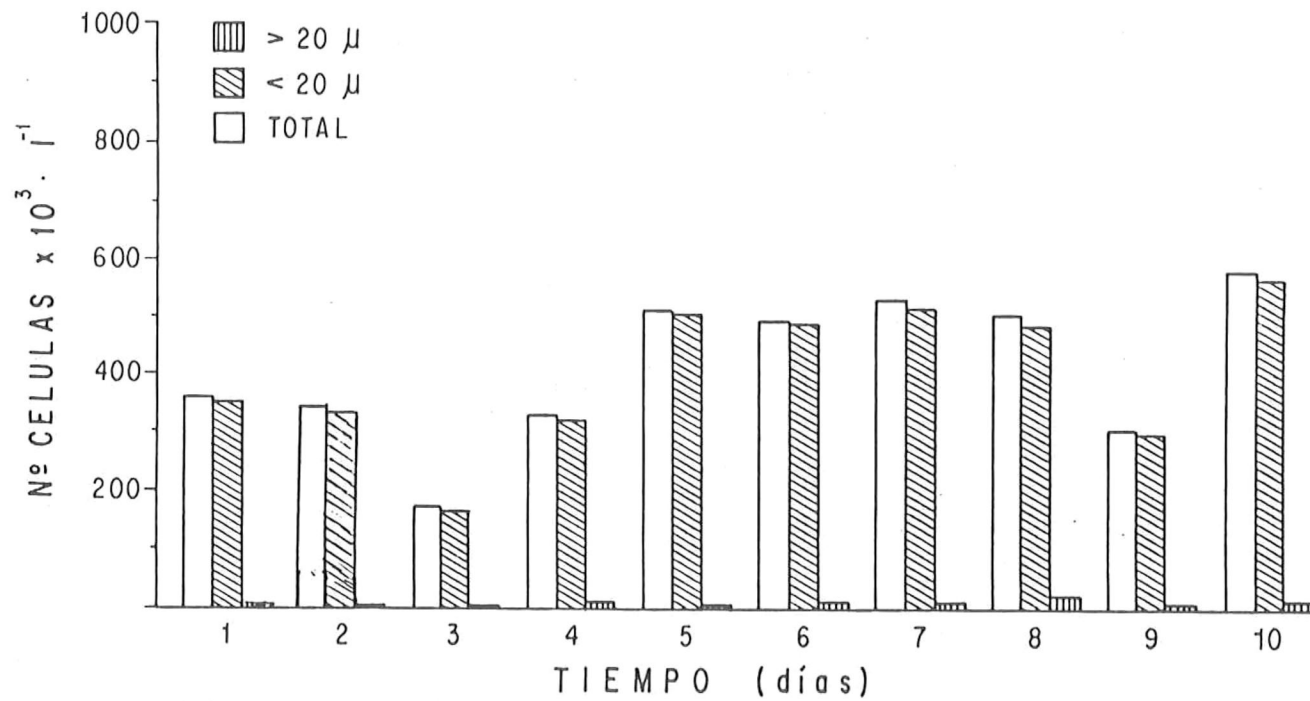


Figura 7.- Abundancia de fitoplancton dividido por tamaños durante el experimento en el medio sin Na₂E.D.T.A.

Tabla I.- Abundancia día a día de los grupos principales en el medio sin Na₂E.D.T.A.

Grupo \ Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NANOPLANCTON	322 180	336 937	169 814	327 498	505 400	494 570	517 290	490 434	299 351	560 220
DINOFLAGELADOS > 20 μ	680	1720	8 668	31 097	53 074	56 022	50 183	55 848	24 080	66 834
DIATOMEAS	0	275	963	4 128	4 422	3 845	3 237	3 237	8 467	9 149

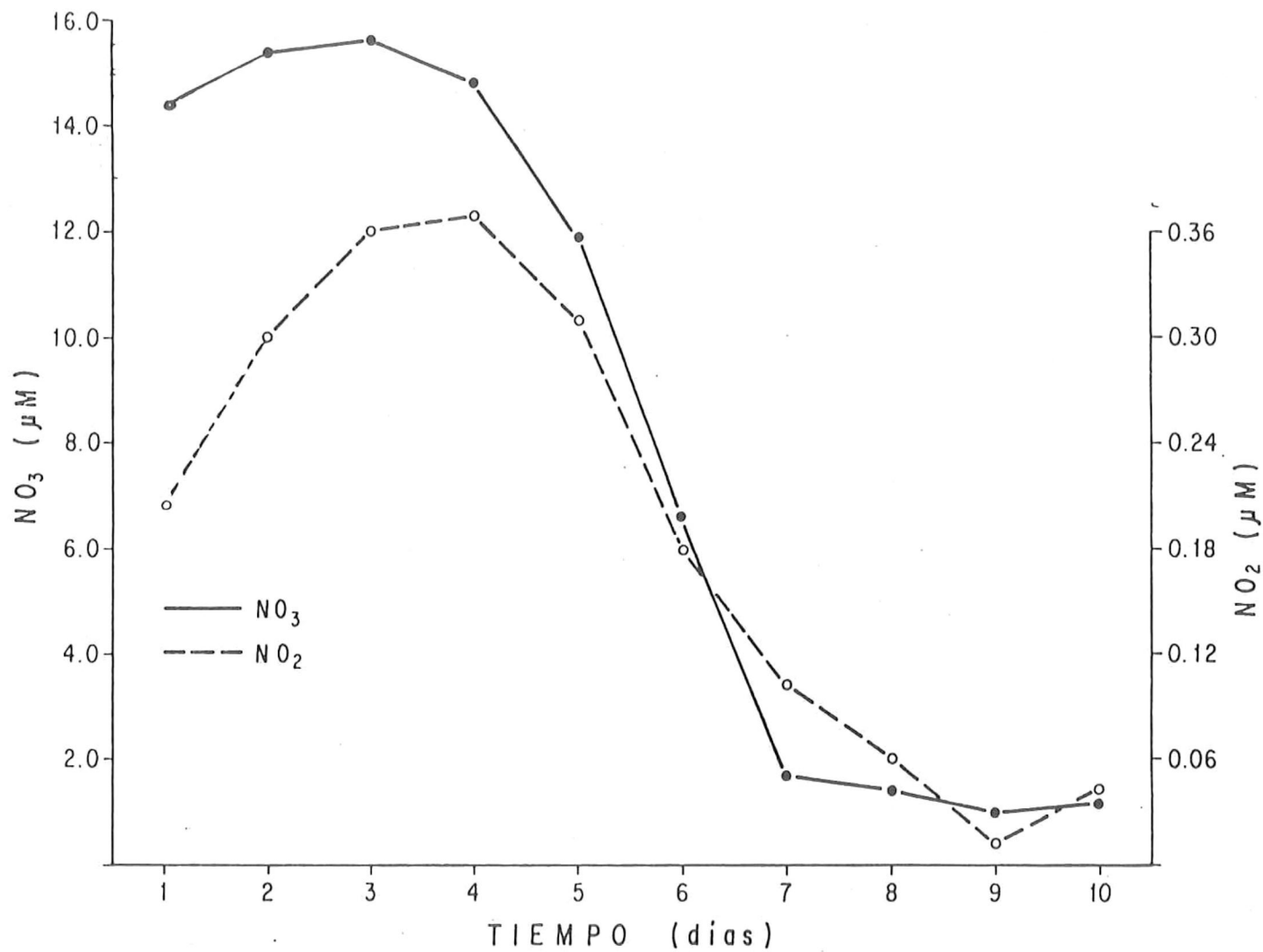


Figura 8.- Concentraciones de nitritos y nitratos durante el experimento en un medio con $\text{Na}_2\text{E.D.T.A.}$

Los nitratos registraron su valor máximo al tercer día con $15.63 \mu\text{M}$ (Fig.8) declinando al quinto, sexto y séptimo día encontrando su concentración mas baja al decimo día con $0.20 \mu\text{M}$. Observandose un decremento en siete días de $15.43 \mu\text{M}$ de nitratos.

Las concentraciones registradas para fosfatos (Fig.9) muestran para el primer día su máximo valor con $1.17 \mu\text{M}$ decreciendo al sexto, séptimo y octavo día correspondiendo al noveno día la concentración mas baja con $0.02 \mu\text{M}$.

Apreciandose entre la máxima concentración y la mínima un decremento de fosfatos de $1.15 \mu\text{M}$ en ocho días.

La mas alta concentración de silicatos (Fig 9) correspondió al tercer día de muestreo con $21.44 \mu\text{M}$ disminuyendo con lentitud al cuarto y quinto día decreciendo rapidamente para el séptimo y octavo día registrando su máximo valor al noveno día con $0.70 \mu\text{M}$. Observandose un decremento de silicatos en seis días de $20.74 \mu\text{M}$.

La clorofila a registro en este medio un lento ascenso los primeros tres días (Fig.10) con una tendencia a incrementarse a partir de el sexto día de iniciado el experimento. El valor mas bajo se obtuvo el primer día con 0.17mg.m^{-3} y el mas alto corresponde al séptimo día con 24.55mg.m^{-3} . Notandose entre el valor inicial y el máximo un incremento de 24.38mg.m^{-3} de clorofila a en siete días.

Los feopigmentos registraron valores semejantes los primeros seis días, (Fig.10) observando que el valor máximo correspondio al primer día con 0.134mg.m^{-3} incrementandose

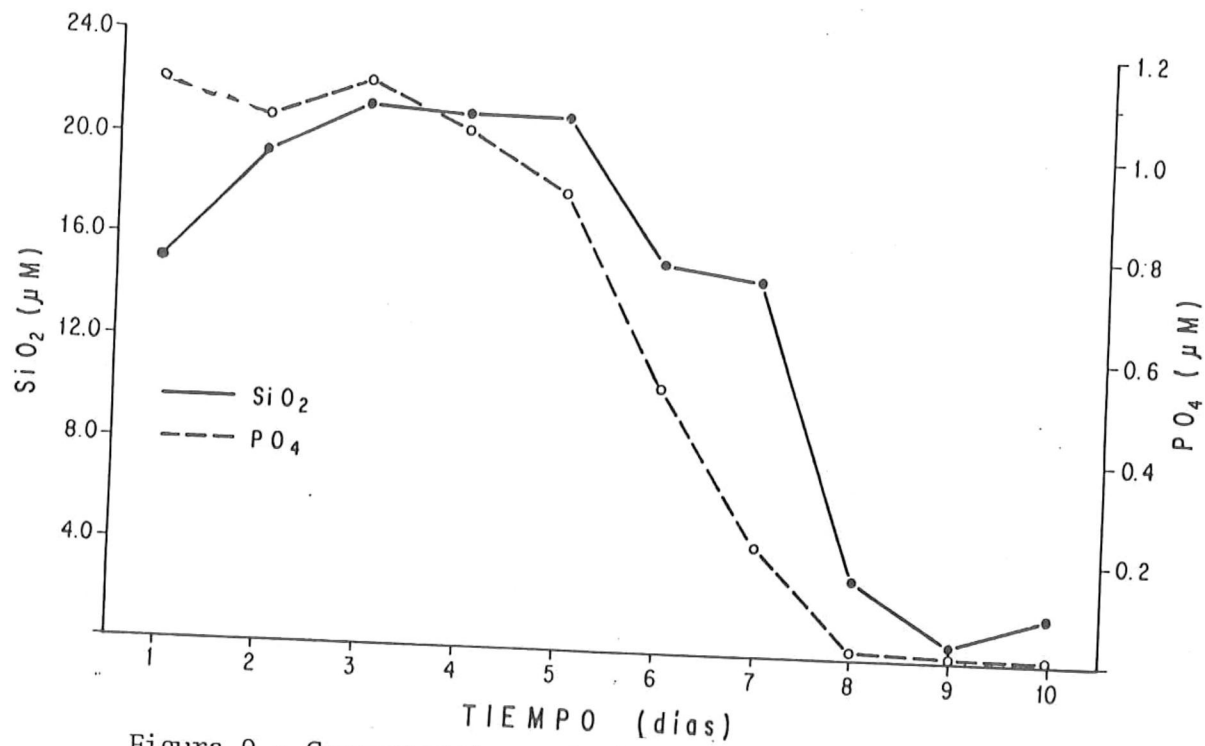


Figura 9.- Concentraciones de fosfatos y silicatos durante el experimento en un medio con Na₂E.D.T.A.

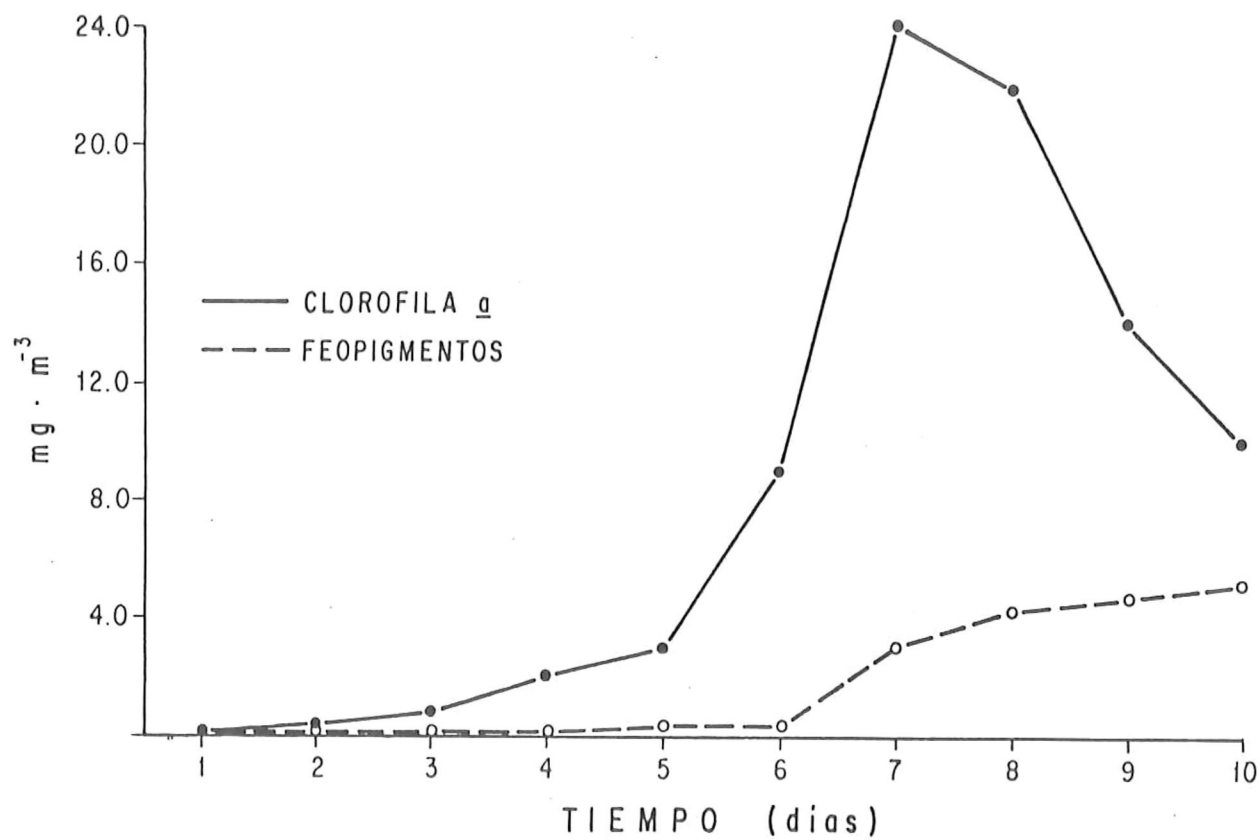


Figura 10.- Variación de clorofila *a* y feopigmentos durante el experimento en un medio con $\text{Na}_2\text{E.D.T.A.}$

al séptimo, octavo y noveno día para alcanzar su máximo valor al décimo día con 5.32 mg.m^{-3} . Apreciándose un incremento en diez días de 5.186 mg.m^{-3} .

El registro obtenido en el conteo de células (Fig.11) nos indica que el valor mas bajo correspondió al segundo día del experimento con 188,742 células por litro (menores de 20μ) y al séptimo día el más alto con 1,450.000 células por litro; notándose un incremento rápido en las células mayores de 20μ para el día séptimo.

El recuento total de células de cada uno de los diez días que duró el experimento, indica (Tabla II) que las células prevaletientes fueron las menores de 20μ (nanoplancton), sin embargo se observó un fuerte incremento de las diatomas, al grado que al final dominaron sobre los dinoflagelados mayores de 20μ .

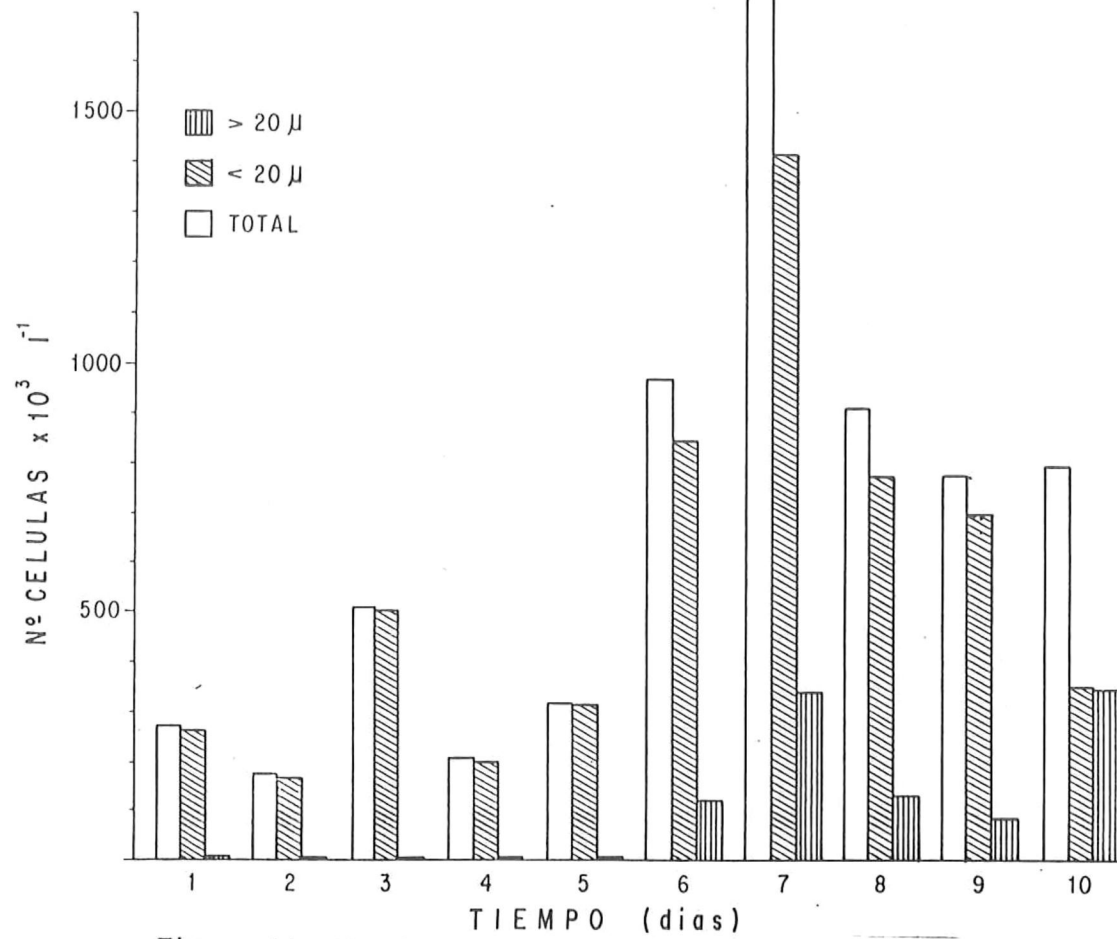


Figura 11.-Abundancia de fitoplancton dividido por tamaños durante el experimento en un medio con Na₂E.D.T.A.

Tabla II.- Abundancia día a día de los grupos principales en el medio con Na₂E.D.T.A.

Grupo \ Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NANOPLANCTON < 20 μ	275 864	166 670	533 228	214 754	319 033	852 438	1 421 437	722 963	691 600	350 293
DINOFLAGELADOS > 20 μ	405	1 995	5 710	5 297	3 440	25 403	39 560	23 029	19 264	22 876
DIATOMEAS > 20 μ	0	138	344	7 560	14 444	97 378	301 000	89 501	63 846	122 120

DISCUSIONES

Ishizaka et al.(1983) en trabajos experimentales encontraron que incrementando la temperatura en medios ricos en nutrientes aumentaba la velocidad de crecimiento del fitoplancton. Goldman y Wann(1980) mencionan que la temperatura influye en la composición química celular, respondiendo así las especies en formas distintas a su variación. En este trabajo la temperatura de incubación no fue controlada, indicando los registros variaciones aproximadas de 1.3 °C entre los valores máximos y mínimos, por lo que este factor físico no es determinante en las diferencias obtenidas.

Gaxiola-Castro y Alvarez-Borrego (1984) reportaron en trabajos efectuados en San Quintín, que la máxima productividad primaria alcanzada fue al 32 por ciento de irradiancia, utilizando un incubador hecho con tubos de acrílico y malla de plástico neutro. Torres-Moye(1985) en trabajos similares reporto una productividad máxima alcanzada al 32 por ciento. En este experimento se trabajó con la irradiancia óptima reportada (32 por ciento). Sin embargo los resultados obtenidos demuestran que este factor físico no fue determinante en las diferencias entre ambos cultivos. No obstante se hicieron comprobaciones entre los registros de irradiancia total con los valores obtenidos del número de células en el medio con Na₂E.D.T.A. logaritmo base 10 (Fig.12). En esta figura se aprecia cierta relación entre la irradiancia y las células totales para los días séptimo,

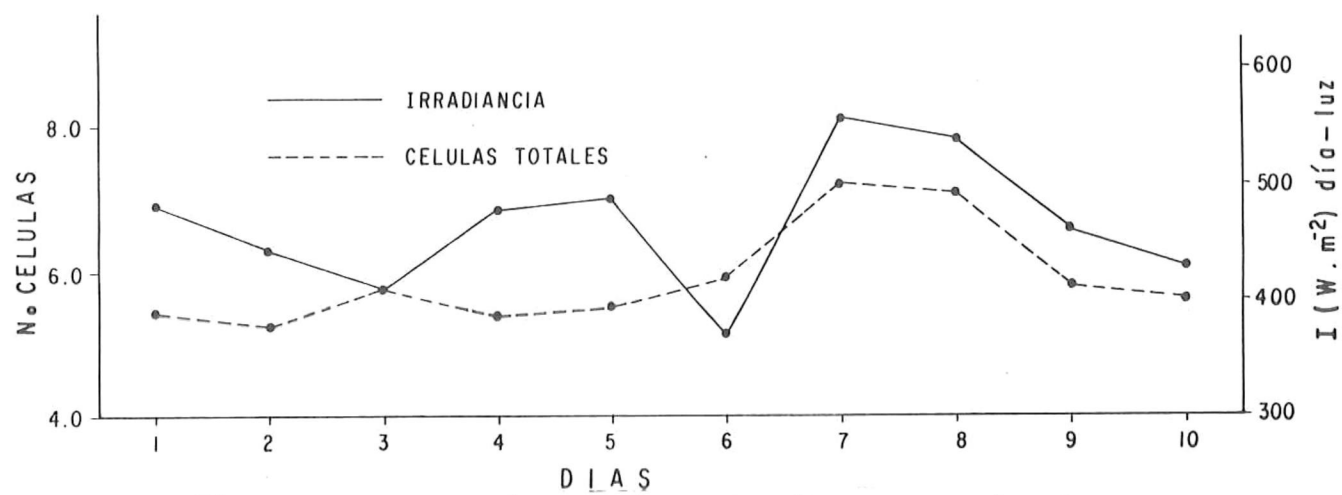


Figura 12.- Variación del número de células (\log_{10}) y la irradiancia total (día-luz) en el medio con Na₂E.D.T.A.

octavo, noveno y decimo. Esto indica que en el medio con quelante existio una interacción entre factores físicos (irradiancia), químicos y biológicos que favorecio el crecimiento del fitoplancton para los días antes mencionados. No siendo así para el medio sin quelante (Fig.13) ya que los valores obtenidos de número de células (logaritmo base 10) con respecto a irradiancia permanecen casi constantes.

Para estimar diferencias iniciales en nutrientes, clorofila a y abundancia fitoplanctonica, se tomaron como referencia estimaciones hechas por Torres-Moye y Alvarez-Borrego(1985) en la misma zona y fecha a la realizada en este experimento. Los valores encontrados para las variables antes mencionadas corresponden unicamente para el día 29 de junio (1983) y para la fase inicial de este trabajo que fué el 28 de junio de 1983 para el medio sin quelante(Na₂E.D.T.A.).

Las concentraciones iniciales de nutrientes para este trabajo, fueron similares a las encontradas por Torres-Moye y Alvarez-Borrego(1985) en la superficie. Exceptuando los nitratos, que fueron el doble del valor reportado por ellos. Estos valores fueron relativamente bajos para la zona por el hecho de haber detectado el evento de El Niño (Torres-Moye y Alvarez-Borrego, 1985)

Lara-Lara et al.(1980) y Millan-Núñez et al.(1982) en eventos de surgencia y para la misma zona, reportan valores hasta 3 y 1.5 veces mayores de fosfatos y silicatos

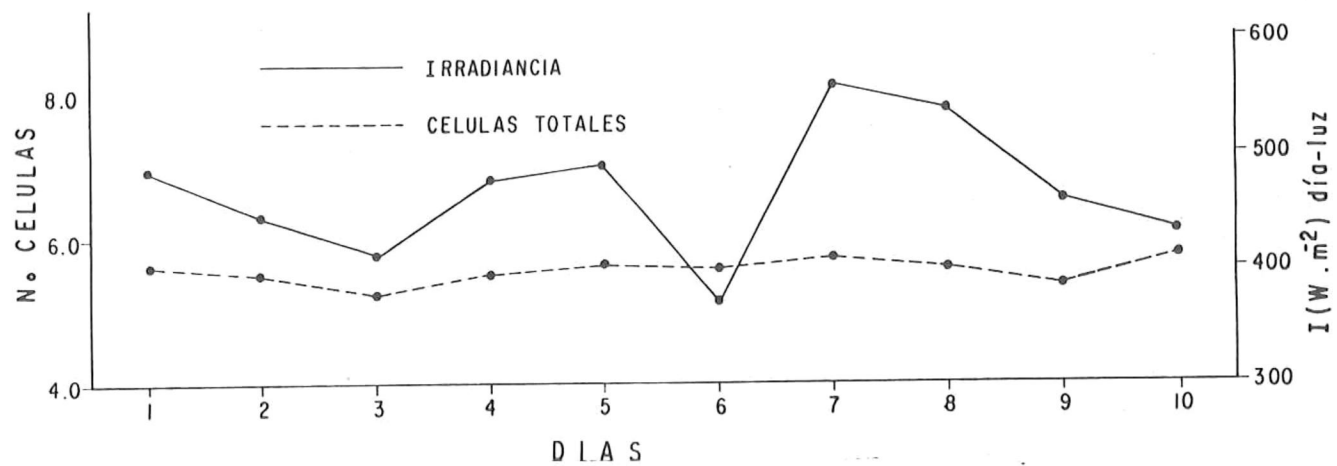


Figura 13.- Variación del número de células (\log_{10}) y la irradiancia total (día-luz) en el medio sin Na₂E.D.T.A.

respectivamente que los valores iniciales para este trabajo. Solamente los nitratos presentan concentraciones similares a los registrados por Millan-Núñez et al. (1982).

Torres-Moye (1985) menciona valores ligeramente inferiores de nutrientes a los registrados en este trabajo, y las define como condiciones nutritivas no limitantes para el crecimiento del fitoplancton. Dadas estas estimaciones, la limitación de nutrientes con el principio de Liebig es inexistente para el inicio de este experimento.

Los valores de nitratos y fosfatos a través de este experimento muestran una proporción de N:P (Fig. 14) de 12.5:1 y 13.8:1, similares a los valores observados por Redfiel et al. (1963), Goldman (1979) e Ishizaka et al. (1983).

La acción bacteriana no fue analizada en este experimento. Sin embargo autores como Berland et al. (1980) mencionan que las bacterias pueden competir con el fitoplancton por el consumo de fosforo inorganico, por lo que en general se observan mas limitaciones con este elemento, que con el nitrogeno. Wambeke y Bianchi (1985) encontraron una relación directa entre el incremento de clorofila a y la acción bacteriana. Morris et al. (1985) observaron en cultivos de fitoplancton, una misma relación directa con el crecimiento del fitoplancton y las bacterias sin afectar el cultivo.

El valor de clorofila a registrada en la fase inicial de este experimento fue siete veces menor que el obtenido por Torres-Moye y Alvarez-Borrego (1985). Lara-Lara et

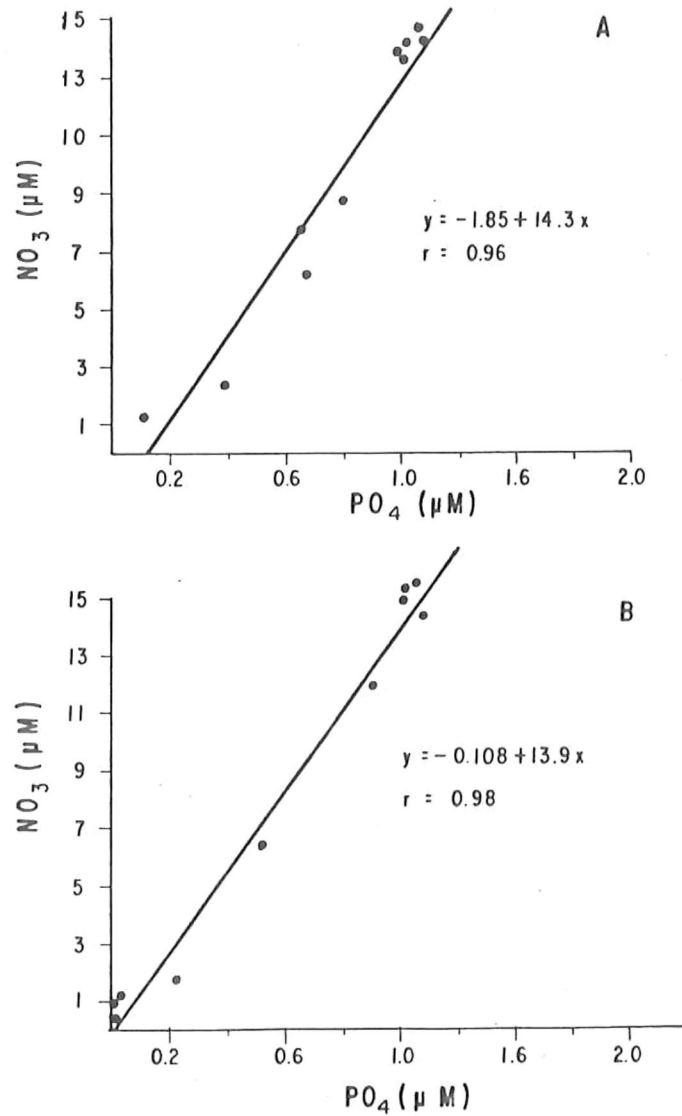


Figura 14.- Relación de nitratos y fosfatos a través del experimento (A) medio sin $Na_2E.D.T.A.$ (B) medio con $Na_2E.D.T.A.$

al. (1980) y Millan-Núñez et al. (1982) reportan valores hasta 60 veces mayores de clorofila a para la zona de la Bahía de San Quintín que los reportados al inicio de este trabajo.

Las diatomeas en la fase inicial de este trabajo no fueron detectadas. Torres-Moye y Alvarez-Borrego (1985) reportan mil células por litro para la superficie. Con respecto a los dinoflagelados menores de 20 μ (nanoplancton) al inicio de este trabajo fueron mayores los valores registrados, que los reportados por Torres-Moye y Alvarez-Borrego (1985).

Los metales traza no fueron evaluados, pero autores como Walsh et al. (1974) han observado que en Baja California al presentarse los eventos de surgencia se han registrado altas concentraciones de vitaminas, metales traza y nutrientes. Knauer y Martin (1973) han observado una ocurrencia paralela de los metales traza (Cadmio) y el fósforo en la columna de agua y en surgencias costeras en California. Estos estudios son indicativos de la posible existencia de metales traza en las dos muestras de agua de este experimento.

Evidencias presentadas por Davey et al. (1973) mencionan que adicionando cobre en diferentes cantidades llegó a inhibir en un cincuenta por ciento el crecimiento de Thalassiosira pseudonoma y al agregar quelante artificial redujo la toxicidad, aumentando la velocidad de crecimiento. De acuerdo con las observaciones de Davey et al. (1973) infiero por los resultados de este experimento, que los

metales traza fueron los factores que determinaron la inhibición del crecimiento de las diatomeas en el medio sin Na₂E.D.T.A. No ocurriendo lo mismo en el medio con quelante ya que este compuesto artificial redujo la toxicidad propiciando el incremento de las diatomeas.

La interacción del fitoplancton, metales traza y quelante son todavía desconocidos, algunos trabajos difieren en los resultados. Torres-Moye(1985) en un experimento realizado en San Quintín inoculo Na₂E.D.T.A. a unas muestras durante tres horas y no encontro diferencias con relación a un testigo. Walsh et al. (1974) empleando quelante en aguas superficiales frente a las costas de Baja California no encontraron diferencias en el crecimiento del fitoplancton. Barber y Ryther (1969) en experimentos efectuados con incubaciones y quelante, obtuvieron resultados positivos a traves de 72 horas, registrando al tercer día de iniciado el experimento la mas alta velocidad de crecimiento del fitoplancton. Barber (1973) trabajando en incubaciones con Chaetoceros socialis e inoculando quelante encontro la mas alta velocidad de crecimiento al séptimo y octavo día de haber iniciado su trabajo

Lara-Lara et al.(1980) menciona que la más alta productividad se obtuvo entre los siete y ocho días despues de haberse detectado el evento de surgencia. Reportando los máximos valores de clorofila a de 15.5 mg.m⁻³. Millan-Núñez et al.(1982) reporta valores de clorofila a (para la misma zona de la Bahía de San Quintín) hasta de 22.5 mg.m⁻³ para

el quinto día de haberse iniciado su trabajo. En este experimento el registro mas alto de clorofila a se obtuvo en el medio con Na₂E.D.T.A. para el séptimo día siendo de 24.5 mg. m⁻³.

Lara-Lara et al. (1980) reportan la mayor abundancia de diatomeas para el séptimo día con abundancias muy similares a los de este trabajo y para el mismo día en el medio quelado.

Los reportes de grupos taxonomicos de Lara-Lara et al. (1980) y Millan-Nuñez et al. (1982) los primeros mencionan a las diatomeas como grupos dominantes, y los segundos observan dominancia alternada de diatomeas y dinoflagelados; en este experimento al transcurso del mismo se observa una dominancia de los dinoflagelados menores de 20 μ en los dos medios. Sin embargo en el medio quelado al incrementarse las diatomeas, disminuyó la velocidad de crecimiento de los dinoflagelados. Esto se observa en el consumo de silicatos, mientras que para el medio sin quelante el valor mínimo fue de 6.48 μ M para el medio con quelante fue de 0.70 μ M de silicatos. Con esto se supone que si hubieran existido los nutrientes en cantidades ilimitadas en el medio quelado hubieran predominado las diatomeas por ser más eficientes para incorporar nutrientes.

Los resultados de este trabajo en el medio de cultivo inoculado con quelante, son congruentes con los de Lara-Lara et al. (1980) presentando un patron similar, con la intensificación de la surgencia los primeros cinco días no

muy productivos y al presentarse el relajamiento al séptimo y octavo día una máxima productividad primaria, y al noveno y decimo día un decremento rapido.

En igual forma el experimento de Barber (1973) sigue un patron similar, pues la velocidad de crecimiento en su muestra inoculada con quelante al séptimo día alcanza los máximos valores en numero de células.

La diferencia en la metodologia seguida son claras en los autores referidos: Lara-Lara et al. (1980) y Millan-Nuñez et al. (1982) trabajaron en medios naturales, donde existen factores fisicos dinámicos complejos, que interactuan con las variables biológicas y químicas. Barber (1973) al igual que esté trabajo se realizó como un bioensayo, en un ecosistema cerrado y por lo tanto se controlaron factores alogénicos y autogénicos, no obstante las diferencias observadas, con los resultados de este trabajo son pocas.

CONCLUSIONES

El efecto de la quelación fue el factor determinante en la diferencia de los resultados obtenidos en ambos medios.

En el medio con quelante se obtuvieron los máximos valores en células y en clorofila a con respecto al testigo, no obstante que las variables físicas, biológicas y químicas (nutrientes solamente) fueron similares para ambos medios. Se observó un mayor desarrollo de las diatomeas en el medio quelado que en el testigo. La velocidad máxima de crecimiento del fitoplancton se alcanzó al séptimo día después de iniciado el experimento en el medio quelado. La relación de asimilación de fosfatos y nitratos en ambos cultivos fué aproximadamente la misma.

LITERATURA CITADA

- Anderson, J.M., J.C. Waldron, and S.W. Thorne, 1978. Chlorophyll protein complexes of spinach and barley thylakoids. Spectral characteristics of six complexes resolved by an improved electrophoretic procedure. FEBS, lett 92:227-23
- Anderson, D.M. and F.M.M. Morel., 1979. Toxic dinoflagellate blooms in the cape cod region of Massachusetts. In: Taylor D.L y Seliger H.H. [eds] Toxic Dinoflagellate Blooms. pp. 145-50. Developmens in marine biology. vol 1. Elsevier North-Holland New-York
- Barber, R.T. and J.H. Ryther, 1969. Organic chelator: Factors affecting primary produccion in the Cromwell current upweling. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 3:191
- Barber, R.T., R.C. Dugdale, J.J. Mac Isaac and R.L. Smith, 1971. Variations in phytoplankton growth associated with the source and conditionning of upwelling water. Inv. Pesq. 35(1) 171-193
- Barber, R.T., 1973. Organic ligands and phytoplankton growth in nutrient-rich sea water. In trace metals and metal-organic interaccion. In: Singer, P. C. (ed). Natural Waters. pp. 321-338. Ann Arbor Science Publishers.

- Barton, E.D. and M.L. Argote, 1980. Hydrographic variability in an upwelling area off northern Baja California in June 1976. J. Mar. Res. 38(4):631-649
- Berland, B.R., D.J. Bonin and S. Maestrini, 1980. Azote et phosphore? considerations sur le "Paradoxe nutritionnel" de la mer Méditerranée. Oceanol. Acta 3:135-142
- Cushing, D.H., 1969. Upwelling and Fish Production. FAO Fisheries Technical paper # 84. 40 pp
- Davey, E.W., Mergan J.J. and Erickson S.J., 1973. A biological measurement of the copper complexation capacity of sea water. Limnol. Oceanogr. 18:993-997
- Dreep, M.R., 1961. Some chemical considerations in the design of synthetic culture media for marine algae. Botanic Mar. 2: 231-46
- Gaxiola-Castro G. y S. Alvarez-Berrega, 1984. Relación fotosíntesis-irradiancia en el fitoplancton de aguas costeras del noroeste de Baja California. Ciencias Marinas(Mex). 10(3): 53-66
- Geldman, J.C., J.J. Mc Carthy, and D.G. Peavey, 1979. Growth rate influence on the chemical composition of phytoplankton in oceanic waters. Nature. 279:210-215
- Geldman, J.C. and R. Mann, 1980. Temperature influence variations in speciation and chemical composition of marine phytoplankton in outdoor mass cultures. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 46:29-39

- Hargraves, P. and F. French, 1975. Observations on the survival of diatomea resting spores. *Nova. Hedw.*, Beih. 53:229-38
- Holm-Hansen, O., C. J. Lorenzen, R. W. Holmes, and J. D. H., 1965. Fluorometric determination of chlorophyll. *J. Cons. perm. int. Explor. Mer.* 30:3-15
- Ishizaka, J. M. Takahashi, and S. Ichimura, 1983. Evaluation of coastal upwelling effects on phytoplankton growth by simulated culture experiments. *Marine Biology* 76:271-278
- Jhonston, R. 1963. Sea water the natural medium of phytoplankton I. General features. *J. Mar Biol. Ass. U. K.* 43:427-456
- Jhonston, R., 1964. Sea water the natural medium of phytoplankton. II. Trace metals and chelation, and general discussion. *J. Mar Biol. Ass. U. K.* 44:87-109
- Knauer, G. A., and J. H. Martin, 1973. Seasonal variations of cadmium, copper, manganese lead, and zinc in water and phytoplankton in Monterey Bay, California. *Limnol. Oceanog.* 18:597-604.
- Lara-Lara, J. R., S. Alvarez-Borrego and L. F. Small, 1980. Variability and tidal exchange of ecological properties in a coastal lagoon. *J. Estuar. Coast. Mar. Sci.*, 11:613-637
- Millan-Nuñez, R., S. Alvarez-Borrego and D. M. Nelson, 1982. Effects of physical phenomena on the distribution of nutrients and phytoplankton

- productivity in a coastal lagoon. *Estuarine Coast. and Shelf Sci.* 15:317-335
- Morris, R.J., M.J. McCartney, I.R. Joint and G.A. Robinson, 1985. Further studies of a spring phytoplankton bloom in an enclosed experimental ecosystem. *Mar. Biol. Ecol.* 86: 151-170
- Prakash, A. and M.A. Rashid, 1968. Influence of humic substances on the growth of marine phytoplankton dinoflagelated. *Limnol. Oceanogr.* 13:598-606
- Pratt, D.W. 1966. Competition between Skeletonema costatum and Olithodiscus luteus in Narraganset Bay and in culture. *Limnol. Oceanogr.* 11:447-455
- Provasoli, J.J., A. McLaughlin, and M.R. Droop, 1957. The development of artificial media for marine algae *Archive fur Mikrobiologic*, .B.D. 25: 392-428
- Provasoli, J.J., 1963. Organic regulation of phytoplankton fertility. In Hill. M.N. (ed). *The Sea* New York Vol 2, pp 165-219. London: Interscience Publ.
- Redfiel, A.C., B.H. Ketchum and F.A. Richards, 1963. The influence of organisms on the composition of sea water. In Hill M.N. (ed.). *The Sea*, vol 2, pp. 26-77. Publ. New York
- Riley, J.P. and I. Roth, 1971. The distribution of trace elements in some species of phytoplankton grown in culture. *Mar Biol. Ass. U.K.* 51:63-72
- Ryther, J.H. 1963. Geography variations productivity. In Hill, M.N. (ed). *The Sea*, V 2. pp 367-380 Interscience publ. New York

- Smith, R.L., 1968. Upwelling. Collected Reprints. Oregon State University, 7, 237-272
- Steeman Nielsen, E., 1952. The use of radioactive carbon for measuring organic production in the sea. *Cons. Perm. int. Explor. Mer.* 18:117-140
- Steeman Nielsen, and S. Wium-Anderson, 1970. Copper ions as poison in the sea and in freshwater. *Mar Biol.* 6:93-97
- Strickland, J.D.H., 1965. Phytoplankton and marine primary production. *Ann. Rev. Microbiol.* 19:127-162
- Torres-Moye G., 1985. Variacion de dia a dia de los parametros fotosintéticos del fitoplancton en una zona de surgencia costera. Tesis de Maestria en Ciencias, C.I.C.E.S.E. pp. 59
- Torres-Moye G. y S. Alvarez-Borrego, 1985. Efectos de El Niño en los nutrientes y el fitoplancton de verano de 1983 en aguas costeras de Baja California Occidental. *Ciencias Marinas (Mex.)* 11 (2): 107-113
- Uthermohl, H., 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton methodik. *Mitt. In verien theor, angew Limnol.* 17-47 pp
- Wambeke, V. F. and M.A. Bianchi, 1985. Dynamic of bacterial communities and qualitative evolution of heterotrophic bacteria during the growth and descomposition processes of phytoplankton in an experimental marine ecosystem. *Mar Biol. Ecol.* V. 86, pp 119-137

Wickman, J.B., 1975. Observations of the California
countercurrent. of Mar. Res. 33(3):325-340