

CICLO ANUAL DE CLOROFILAS Y PRODUCCION ORGANICA PRIMARIA EN BAHIA SAN QUINTIN, B. C.

Por:

José Rubén Lara Lara* y **Saúl Alvarez Borrego****

Ciencias Marinas Vol. 2 Núm. 1

- * Ocupación Actual: Investigador del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, B. C.
- ** Ocupación Actual: Director del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, B. C.

RESUMEN

Teniendo como objetivo primordial la utilización de Bahía San Quintín a su máximo rendimiento para la acuicultura, se investigó el ciclo anual de la distribución superficial de los pigmentos fotosintéticos (clorofila **a**, **b**, **c**) y feopigmentos. Utilizando el método de clorofila y luz, se estimó la productividad orgánica primaria del fitoplancton como índice de la fertilidad relativa de la Bahía. La Bahía está dividida en dos brazos: bahía Falsa y bahía San Quintín propiamente dicha. Bahía Falsa tiene mayor productividad orgánica primaria que bahía San Quintín. En bahía San Quintín son abundantes los productos de degradación de la clorofila **a**; lo cual indica una alta producción secundaria en esta zona. Los factores limitantes de la productividad primaria son los gradientes de temperatura, y la intensidad y duración de la luz; además de las condiciones de productividad del área oceánica adyacente. El ciclo de mareas influye fuertemente en las variaciones diurnas de clorofila. Los valores de concentración de los pigmentos muestran que la distribución de fitoplancton debe ser en forma de "manchas" por lo cual los isogramas de distribución son sólo una primera aproximación a la realidad.

ABSTRACT

The annual cycle of the surface distribution of photosynthetic pigments (chlorophyll **a**, **b**, **c**) and phaeopigments of San Quintín Bay was studied, with the main objective of using the Bay for aquaculture at its maximum yield. Organic primary productivity of phytoplankton was estimated by the light-chlorophyll method, as an index of the relative fertility of the Bay. The Bay is divided in two arms: Falsa bay and San Quintín bay. Falsa bay has higher organic primary productivity than San Quintín bay. Degradation products of chlorophyll **a** are abundant in San Quintín bay, indicating a high secondary production in this part of the Bay. Temperature gradients, and the intensity and duration of light are limiting factors of primary productivity in the Bay. The productivity conditions of the adjacent oceanic area are another limiting factor. Tidal cycles strongly influence the diurnal variations of chlorophyll. The pigments concentration values show a "patchy" distribution of phytoplankton, therefore the distribution isograms are only a first approximation to reality.

INTRODUCCION

Los océanos abiertos son menos productivos por unidad de área que las aguas oceánicas costeras, y éstas menos que las bahías y lagunas costeras, ya que los sedimentos, los nutrientes disueltos en ellos, la materia orgánica, y las bacterias que ellos contienen, son fácil-

mente recirculados por las mareas y/o el viento, resultando en un aumento de la productividad orgánica primaria (Vannucci, 1969). Las lagunas costeras son cuerpos de agua con una conexión restringida con el mar abierto adyacente. Estas son comunes en muchas líneas de costa del mundo, llegando a ser características dominantes en algunas áreas. Al

menos una tercera parte de la costa de México está formada por lagunas. En comparación con el mar con el que están comunicadas, las lagunas litorales son ecosistemas menos organizados, que periódicamente ofrecen gran cantidad de alimento que no puede ser consumido directamente en la propia laguna (Margalef, 1969). Por esto constituyen áreas donde se pueden aplicar técnicas de acuicultura de organismos potencialmente útiles con los cuales el ecosistema puede ser puesto a su más alto nivel de producción. Para tales fines es necesario un conocimiento científico de los mecanismos de producción de los factores ambientales y su variación espacial y temporal, y un conocimiento de las especies presentes y de las cultivables (Shleser, comunicación personal). Álvarez Borrego y Schwartzlose (1973), al hacer un planteamiento de algunos problemas oceanológicos de los mares adyacentes a la península de Baja California, mencionan la importancia del conocimiento del cuadro ambiental de las Bahías y lagunas costeras de la península, sobre todo de los factores ecológicos, fisico-químicos y biológicos. Incluyendo estimaciones de la producción orgánica primaria para determinar la fertilidad relativa de las diferentes lagunas costeras, bahías y mar abierto.

Se pueden seguir dos caminos para evaluar la producción potencial de una laguna costera:

- a) Medir la cosecha total anual de especies en explotación y expresarla como peso por m^2 de superficie de la laguna.
- b) Estimar la producción primaria, biomasa de fitoplancton, y la velocidad de reemplazamiento del agua de la laguna.

El primero es por supuesto el más rápido para propósitos prácticos. El segundo provee la información científica más profunda y a la postre seguramente proveerá mejor información para el uso y desarrollo de los recursos renovables de estas áreas.

Básicamente 4 grupos de factores afectan a la productividad orgánica total: Radiación solar, las propiedades del

agua, las propiedades de los sedimentos y la cantidad de nutrientes presentes en el agua y sedimentos. Las propiedades del agua de mayor relevancia biológica son: $T^{\circ}C$, S°/∞ , O_2 , pH, nutrientes, turbidez y materia orgánica (particular y disuelta). Las propiedades de relevancia biológica de los sedimentos son: la distribución del tamaño del grano y las propiedades físicas y químicas del agua intersticial que actúa como reservorio de nutrientes.

Con la idea de utilizar Bahía San Quintín B. C., a su máximo rendimiento para la acuicultura, y con base a lo antes expuesto se investigó el ciclo anual de la distribución superficial de los pigmentos fotosintéticos (clorofilas a,b,c) y feopigmentos teniendo como objetivos principales:

- a) Estimar la productividad orgánica bruta del fitoplancton, como índice de la fertilidad relativa de la Bahía.
- b) Conocer el patrón de sucesión de la comunidad de fitoplancton.

La producción primaria del fitoplancton se puede considerar como la fertilidad relativa de un área y está definida como la cantidad de materia orgánica producida por una comunidad de fitoplancton por unidad de área o volumen, y por unidad de tiempo, expresada en gramos de carbono/ m^2 /día, o gramos de carbono/ m^3 /día. Para determinarla, además de los métodos de asimilación de carbono-14 (Steeman Nielsen, 1952) y producción de oxígeno (Gardner y Gran, 1927), se han desarrollado ecuaciones en función del contenido de clorofila *a* e iluminación solar. Ryther y Yentsch (1957) desarrollaron la ecuación siguiente.

$$P_p = R_p \cdot C_p \cdot 3.7 \quad (1)$$

Donde:

- p = profundidad (m^3 superficial en este trabajo).
 P_p = productividad en mg de C/ m^3 /día
 R_p = fotosíntesis relativa.
 C_p = concentración de clorofila *a* (mg/ m^3)
 3.7 = número de asimilación (mg.C asimilado/mg de clorofila *a* . hora)

Al estimar la productividad primaria aplicando la ecuación (1) se presenta un problema complejo, ya que esta ecuación está desarrollada para áreas del océano abierto, donde la productividad es debida exclusivamente al fitoplancton. Para tener una estimación total de la productividad en Bahía San Quintín, habría que tomar en consideración a los "pastos marinos" que son muy abundantes. Sin embargo, este trabajo se refiere solamente a la productividad por el fitoplancton.

Bahía San Quintín ha sido considerada como un área de maricultivo importante para la economía regional. La Unidad de Ciencias Marinas dependiente de la U.A.B.C., está realizando cultivos experimentales de ostión (*Crassostrea gigas*), obteniendo resultados satisfactorios (Islas Olivares, no publicado).

Bahía San Quintín se localiza en la costa noroccidental de Baja California, entre los 30°24'N y 30°30'N; y 115°57'W 116°01'W. Se encuentra a 200 km al sur de Ensenada. Tiene un área de 11.7 millas náuticas cuadradas. Está comunicada al mar por un canal estrecho. Está dividida en dos brazos, este y oeste (Barnard, 1964). Al brazo oeste se le llama bahía Falsa, y al brazo este se le denomina propiamente Bahía San Quintín. Con excepción de los canales estrechos de hasta 7 m de profundidad, la mayor parte de la Bahía tiene menos de 2 m de profundidad. Generalmente ambas bahías, Falsa y San Quintín, presentan una gran porción de fondos lodosos, con gran abundancia de especies fanerógamas (pastos marinos) como: *Zostera marina*, *Spartina sp.* y *Salicornia sp.* (Barnard, 1962); las cuales desempeñan un papel importante en la distribución de la materia orgánica que entra del mar abierto adyacente (Alvarez Borrego y Chee Barragán, no publicado).

San Quintín es una zona con escasa precipitación pluvial, posee un clima benigno, debido a las brisas y la corriente relativamente fría fuera de la costa (corriente de California). Ocurren surgencias en el mar abierto inmediatamente al sur de la entrada de la Bahía (Dawson, 1951). Esto tiene influencia sobre el agua que es relativamente fría y a menudo con altas concentraciones de nutrientes

(Phleger y Ewig, 1962).

En invierno la T°C es más baja en los extremos internos de la Bahía que en la boca, presentando un promedio de 15.0°C. Esto es debido a la influencia de las bajas temperaturas atmosféricas. En primavera se presenta una situación inversa, con mayores temperaturas hacia los extremos internos de la Bahía que en la boca de la misma, con un promedio de 16.7°C; lo cual se debe al aumento de la temperatura atmosférica, como consecuencia de una mayor irradiación solar y, al efecto de mayor calentamiento en las aguas someras. La S‰ es más elevada hacia los extremos internos de la Bahía durante invierno y primavera, con un rango de 34.25‰ a 37.00‰, indicando claramente que la Bahía es un sistema antiestuarino (con evaporación mayor que la precipitación). La distribución superficial de O₂ se correlaciona con la de T°C. El O₂ es mayor en invierno que en primavera. La distribución de pH está correlacionada estrechamente con la de O₂ (Chávez de Nishikawa y Alvarez Borrego, 1974).

En verano las condiciones hidrológicas son similares a las de primavera, las temperaturas mayores se registran en los extremos internos de la Bahía, ratificando el efecto de la temperatura atmosférica y la topografía del lugar. Presenta un promedio de 18.7°C. A principios de otoño todavía persiste el mismo patrón de distribución de T°C similar a primavera y verano, con los valores aumentando desde la boca hacia el interior de la Bahía. Con un promedio de 18°C. Al final de otoño la distribución de temperatura es muy homogénea con valores alrededor de 15°C, hasta llegar a las condiciones inversas en invierno. La S‰ presenta en general el mismo tipo de gradiente que en el resto del año, con los valores aumentando de la boca hacia el interior de la Bahía. Los valores de O₂ y pH en general son menores en verano que en invierno y primavera (Alvarez Borrego y Chee Barragán, no publicado).

MATERIALES Y METODOS

Para determinar la concentración de los diferentes pigmentos fotosintéticos se utilizaron los métodos espectrofotométricos.

cos descritos por Strickland y Parsons (1968), Lorenzen (1967), y Scor Unesco (1966), con modificaciones de acuerdo a nuestras limitaciones de equipo.

Se realizaron 7 cruces en las fechas siguientes: 14 y 15 de julio de 1973, 31 de agosto, 16 de septiembre, 23 de octubre, 30 de noviembre, 16 de enero de 1974 y 24 de marzo. Además se realizaron estudios de la variación diurna de la concentración de clorofila *a* en las estaciones 3 y 13, cruces del 16 de enero y 26 de julio de 1974. La posición de las estaciones de muestreo está dada en la figura 1. Se hicieron determinaciones de temperatura superficial del agua, pH, y se tomaron muestras de agua para el análisis de S^o/oo, O₂ disuelto, nutrientes, fitoplancton y clorofilas. En este trabajo sólo se presentan y discuten los resultados sobre concentración de clorofilas y feopigmentos. Los otros parámetros hidrológicos se han discutido en otros trabajos (Alvarez Borrego y Chee Barragán, no publicado).

Para el muestreo de pigmentos se tomaba ½ litro de agua de mar y se guardaba en botellas de plástico después de agregarle 2 gotas de MgCO₃, como estabilizador de la clorofila, conservándose en una hielera (con poco CO₂ sólido) sin congelarse. Después de un tiempo no mayor de 8 horas, se procedía a filtrar las muestras, utilizando una bomba para producir vacío, un equipo de filtración Millipore y filtros de membrana de 0.8 micras de porosidad. Los filtros se colocaban en discos de petri, y se guardaban en el congelador, de esa manera se transportaban al laboratorio de la Unidad de Ciencias Marinas, para su posterior análisis.

La extracción de los pigmentos se realizó en tubos de centrifuga de 15 ml utilizando acetona (grado espectrofotométrico) al 90%. Después de 15 a 20 horas de extracción en un refrigerador, se centrifugaba la muestra a 3500-4000 r.p.m. durante 10 minutos. Inmediatamente después se determinaba la absorbancia de cada muestra contra acetona al 90, con un Espectrofotómetro UV-VIS Coleman Hitachi, modelo 139; a las siguientes longitudes de onda: 750 milimicras, 665 milimicras, 645 milimicras y 630 milimicras; y después de acidificar la muestra con

2 gotas de HCl 1N, se determinaba la absorbancia a 750 milimicras y 665 milimicras. Se hicieron correcciones por error de celda y turbidez, utilizando la lectura a 750 milimicras. Se utilizaron celdas de 1 cm de longitud de paso y 10 ml de acetona para la extracción.

Las concentraciones de clorofila *a* y sus feopigmentos se calcularon con las fórmulas propuestas por Lorenzen (1967):

$$\begin{aligned} & \text{Clorofila } a \text{ (mg/m}^3\text{)} \\ & = \frac{A \cdot K \cdot (A_{665 \text{ ac.}} - A_{665}) \cdot v}{V \cdot l} \quad (2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Feop. (mg/m}^3\text{)} \\ & = \frac{A \cdot K \cdot (R \cdot (A_{665 \text{ ac.}} - A_{665}) \cdot v)}{V \cdot l} \quad (3) \end{aligned}$$

Donde:

A = coeficiente de absorción de la clorofila *a* = 11.0

K = factor para igualar la reducción en absorbancia a la concentración inicial de clorofila *a* = 2.43

A₆₆₅ = Absorbancia antes de acidificar

A_{665 ac.} = Absorbancia después de acidificar

v = volumen de acetona (ml) usado para la extracción

V = litros de agua filtrada

l = longitud de paso de la celda (cm)

R = Razón máxima de A₆₆₅ : A_{665 ac.} en ausencia de feopigmentos = 1.7

Las concentraciones de clorofilas *b* y *c* se calcularon con las fórmulas tricromáticas de Strickland y Parsons (1963):

$$\text{mg de pigmento/m}^3 = \frac{C}{V} \quad (4)$$

Donde:

$$\begin{aligned} & V = \text{litros de agua filtrada} \\ & C \text{ (clorofila } b\text{)} = 20.7 (A_{665}) - 4.34 \\ & \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad (A_{645}) - 4.42 (A_{630}) \quad (5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & C \text{ (clorofila } c\text{)} = 55 (A_{630}) - 4.64 \\ & \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad (A_{665}) - 16.3 (A_{645}) \quad (6) \end{aligned}$$

Donde:

A665, A645 y A630 corresponden a las máximas absorbancias de las clorofilas **a**, **b** y **c** respectivamente.

Durante este estudio no se determinaron las precisiones de los métodos utilizados, sin embargo Strickland y Parsons (1968) reportan los siguientes valores:

Clorofila **a** $\pm 5\%$, Clorofila **b** $\pm 40\%$ y Clorofila **c** 30% .

Para estimar la productividad orgánica primaria se utilizó la ecuación (1). Small, Curl y Glooschenko (1972) sugirieron modificaciones que consisten en determinar la concentración de clorofila **a** cada dos horas, para la misma estación hidográfica, y calcular R también para cada dos horas. En nuestro caso, en cada estación hidográfica sólo se hizo una determinación de clorofila **a** que se tomó como representativa para todo el día, y se calculó R para cada dos horas utilizando las curvas de Small, Curl y Glooschenko (1972). Para el cálculo de R se estimó la radiación total incidente por centímetro cuadrado en la superficie de la Bahía utilizando la ecuación de Berliand (1960) (citado en Budyko, 1974):

$$Q = Q_0 (1 - (a + bn)^n)$$

Donde:

Q = radiación total incidente (cal gm cm⁻²día⁻¹)

Q₀ = radiación total incidente con un cielo sin nubes (tomada de Budyko, 1974)

n = nubosidad, expresada del 0 al 1 (datos obtenidos de la Oficina de Hidrometría de la S.R.H., Ensenada, B. C.)

a y b = coeficientes adimensionales (tomados de Budyko, 1974).

RESULTADOS

La distribución superficial de clorofila **a** en julio (Fig. 2) presenta las máximas concentraciones en el vértice de la "Y", cercano a la boca. Hacia los extremos internos la concentración en general disminuye. En la parte suroeste de bahía Falsa existe una lengüeta de valores relativamente bajos. En la parte

central oriental de bahía San Quintín la distribución es irregular, con los valores fluctuando entre 1.0 y 3.0 mg/m³. Es interesante notar que en el extremo interno de bahía San Quintín los valores aumentan hasta más de 3.0 mg/m³. El valor máximo registrado fue de 8.56 mg/m³ (est. 12, Fig. 1), y el mínimo fue de 0.0 mg/m³ (est. 3 y 5, Fig. 1).

La distribución superficial de clorofila **b** en julio (Fig. 3) es relativamente homogénea y con valores de concentración bajos con respecto a los de clorofila **a**. El valor máximo registrado fue de 1.8 mg/m³, en la misma estación que el máximo de clorofila **a** (est. 12, Fig. 1); y el mínimo fue de 0.0 mg/m³ (est. 5 y 14, Fig. 1).

La distribución superficial de clorofila

TABLA 1. PRODUCCION PRIMARIA EN BAHIA SAN QUINTIN

ENERO		
Estación	Clorofila a (mg/m ³)	Producción primaria calculada (gr C/m ³ /día)
	1	1.3
	8	1.0
	11	2.6
	15	2.1
	18	3.7
MARZO		
	1	2.1
	8	1.7
	11	3.5
	15	1.6
	18	5.2
JULIO		
	1	2.6
	8	0.5
	11	8.0
	15	0.5
	18	5.9
OCTUBRE		
	1	2.1
	8	0.5
	11	3.8
	15	0.0
	18	5.8

c en julio (Fig. 4) presenta valores semejantes a los de clorofila **a**. En la boca de la Bahía se registraron valores relativamente bajos, aumentando hacia el noreste para llegar a un máximo en el vértice de la "Y" y luego disminuir en la misma dirección para llegar a un mínimo en la parte central de bahía San Quintín. En bahía Falsa existe un gradiente marcado con los valores aumentando hacia el noreste en la parte central y disminuyendo hacia el noreste en el extremo interno. En el extremo interno de bahía San Quintín los valores de clorofila **c** son relativamente elevados, al igual que los de clorofila **a**.

La distribución superficial de feopigmentos en julio presenta valores de concentración muy bajos. En 11 de las 18 estaciones no se registró una concentración significativamente diferente de 0.0 mg/m³. El máximo registrado fue de 1.06 mg/m³ (est. 3, 8 y 14, Fig. 1).

La distribución superficial de clorofila **a** para agosto (Fig. 5) presenta gradientes muy bien marcados, con valores

máximos en la boca y disminuyendo en general hacia el interior. En bahía Falsa existe un gradiente transversal con los valores disminuyendo hacia el noreste en el extremo interno. Al igual que en julio, los valores son relativamente elevados en el extremo interno de bahía San Quintín. El máximo valor registrado fue de 6.4 mg/m³ (est. 18, Fig. 1), y el mínimo fue de 0.5 mg/m³ (est. 4, Fig. 1).

La distribución superficial de clorofila **b** en agosto (Fig. 6) presenta ligeros gradientes en bahía Falsa y en la parte de bahía San Quintín adyacente a la boca. En la parte central de bahía San Quintín y en la boca se registraron valores muy bajos que en algunos casos no fueron significativamente diferentes de 0.0 mg/m³. El máximo valor registrado fue de 3.3 mg/m³ (est. 4, 5, 6, 9, 17 y 18, Fig. 1).

La distribución superficial de clorofila **c** en agosto (Fig. 7) presenta gradientes muy marcados en la parte de bahía San Quintín adyacente a la boca, donde alcanza valores máximos, los cuales dis-

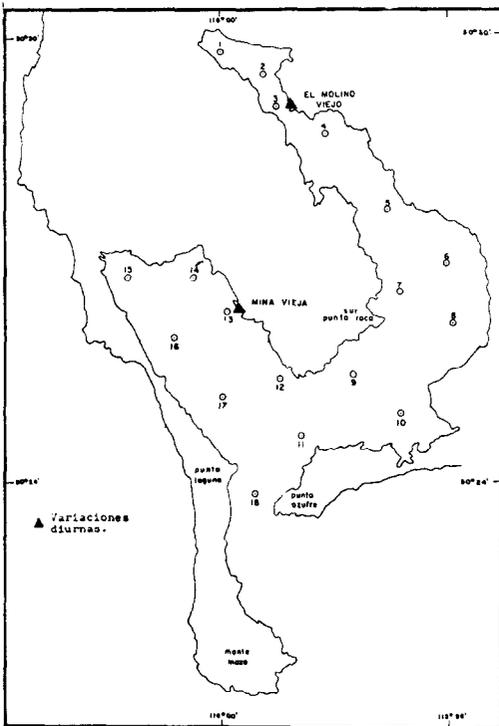


Fig. 1. Plan de estaciones.

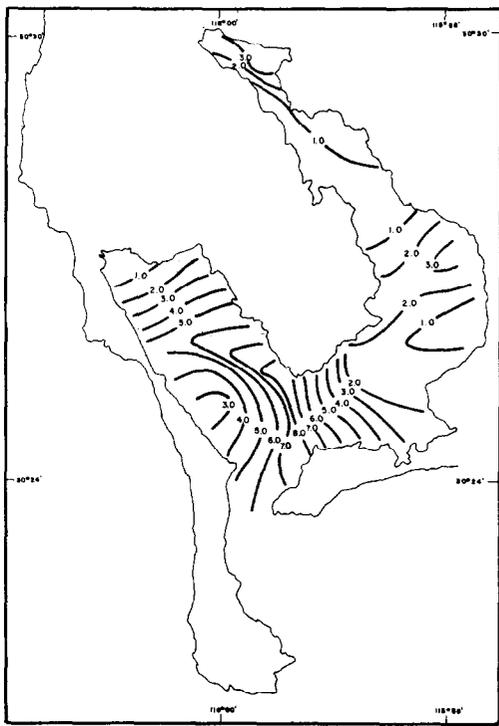


Fig. 2. Distribución superficial de clorofila **a** (mg/m³) para el crucero de julio.

minuyen hacia los interiores. En bahía Falsa existe un gradiente transversal con los valores disminuyendo del suroeste al norte. La parte media de bahía San Quintín presenta valores casi nulos, mientras que en el extremo interno se detectaron valores alrededor de 0.5 mg/m^3 . El valor máximo registrado fue de 6.0 mg/m^3 (est. 11, Fig. 1), y el mínimo fue de 0.0 mg/m^3 (est. 4, 5 y 9; Fig. 1).

La distribución superficial de feopigmentos fue muy irregular en agosto. El registro de concentraciones elevadas en algunas estaciones con concentraciones no significativamente diferentes de 0.0 mg/m^3 en estaciones adyacentes, hace que los datos se consideren como dudosos, aunque el procedimiento de muestreo y análisis se llevó a cabo de una manera apropiada al igual que en los otros casos. La concentración máxima registrada fue de 5.6 mg/m^3 (est. 18; Fig. 1), y la mínima fue de 0.0 mg/m^3 (est. 1, 4, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 15, 16, y 17; Fig. 1).

La distribución superficial de clorofila **a** en septiembre (Fig. 8) es más irregular y muestra valores de concentración mucho menores que en julio y agosto. En bahía Falsa los valores fluctúan entre 1.5 y 3.0 mg/m^3 . En la parte sur del extremo externo de bahía San Quintín se registró un máximo de 3.7 mg/m^3 ; de esta parte los valores disminuyen hacia el norte hasta llegar a un mínimo en la parte central, para luego aumentar hasta alcanzar un valor de 3.2 mg/m^3 en la "cintura" del extremo interno, y luego disminuir de nuevo hacia el norte. El valor mínimo fue de 0.5 mg/m^3 (est. 2, 6 y 7; Fig. 1).

La distribución superficial de clorofila **b** para septiembre (Fig. 9) es irregular, sin gradientes claros sino más bien en forma de manchas. En bahía Falsa se presentaron dos valores altos en la parte este y una serie de valores bajos, algunos de los cuales no fueron significativamente diferentes de 0.0 mg/m^3 . En la parte central de bahía San Quintín se presentó un gradiente con los valores aumentando de sur a norte. En el extremo interno de bahía San Quintín se registró un gradiente transversal con los valores disminuyendo de oeste a este.

El valor máximo registrado fue de 3.8 mg/m^3 (est. 14; Fig. 1), el valor mínimo fue de 0.0 mg/m^3 (est. 9, 11, 13 y 16; Fig. 1).

La distribución superficial de clorofila **c** para septiembre (Fig. 10) es relativamente irregular. Solamente en la parte central de bahía San Quintín se presentó un gradiente bien marcado con los valores aumentando hacia el norte. Al igual que en el caso de la clorofila **b** se presentaron dos valores elevados en la parte oriental de bahía Falsa. El valor máximo registrado fue de 13.2 mg/m^3 (est. 14; Fig. 11), y el mínimo fue de 0.0 mg/m^3 (est. 1, 2 y 13; Fig. 1).

En 10 estaciones no se registraron valores significativamente diferentes de 0.0 mg/m^3 para feopigmentos en septiembre (est. 1, 2, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15 y 17; Fig. 1). El valor máximo registrado fue de 1.6 mg/m^3 (est. 18; Fig. 1).

La distribución superficial de clorofila **a** para octubre (Fig. 11) muestra un aumento de valores con respecto al cruce de septiembre. Se observan gradientes bien definidos con valores máximos de 5.0 mg/m^3 en el vértice de la "Y" disminuyendo hacia los interiores de ambas bahías. El extremo interno de bahía San Quintín muestra un pequeño gradiente ascendente de sur a norte. El valor máximo registrado fue de 5.8 mg/m^3 (est. 18; Fig. 1), el valor mínimo fue de 0.0 mg/m^3 (est. 3, 7, 9 y 15; Fig. 1).

La distribución superficial de clorofila **b** en octubre (Fig. 12) muestra una distribución en "manchas" ya que en 9 de las 18 estaciones muestreadas se registraron valores de 0.0 mg/m^3 . La parte este de bahía Falsa presenta valores alrededor de 0.5 mg/m^3 , mientras que bahía San Quintín muestra gradientes transversales hacia el centro de la misma donde alcanzó el valor máximo (est. 7; Fig. 1).

La distribución superficial de clorofila **c** para octubre (Fig. 13) presenta en bahía Falsa un gradiente transversal con los valores aumentando de oeste a este, por el contrario en bahía San Quintín los valores disminuyen de suroeste a noreste, registrándose valores nulos en los extremos internos de ambas bahías.

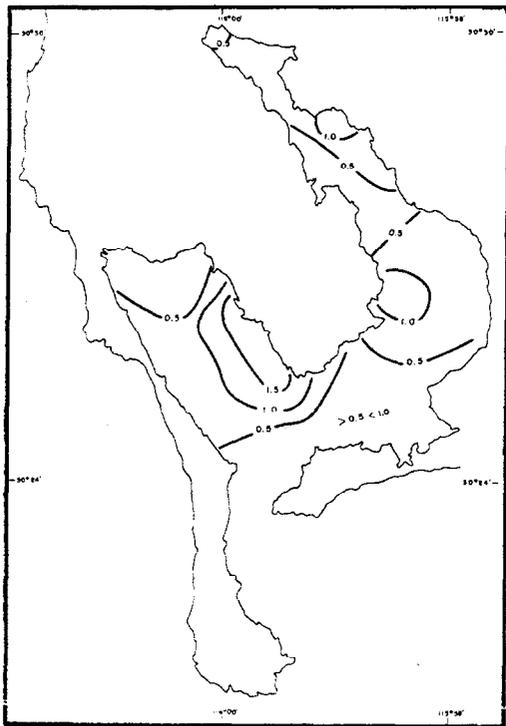


Fig. 3. Distribución superficial de clorofila b (mg/m³) para el crucero de julio.

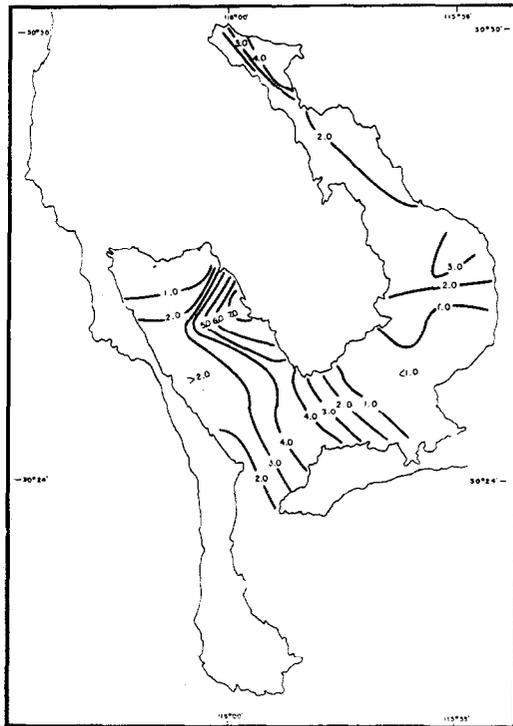


Fig. 4. Distribución superficial de clorofila c (mg/m³) para el crucero de julio.

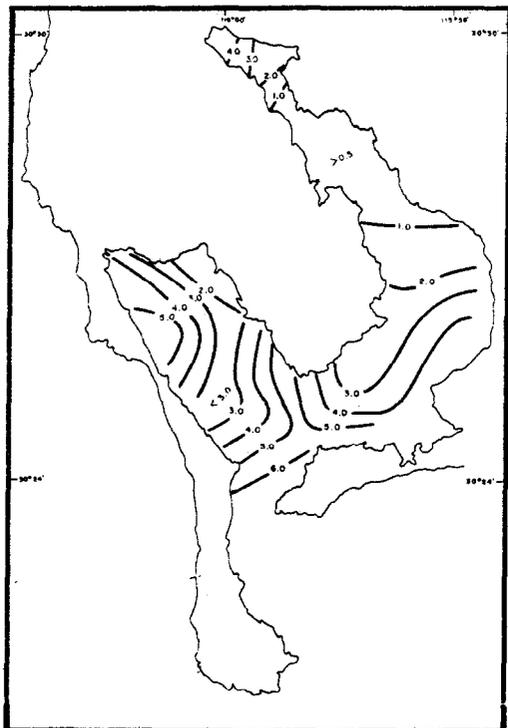


Fig. 5. Distribución superficial de clorofila a (mg/m³) para el crucero de agosto.

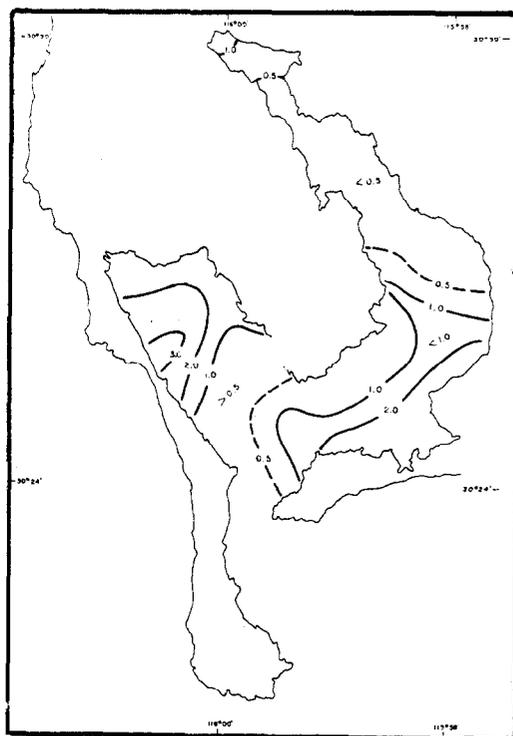


Fig. 6. Distribución superficial de clorofila b (mg/m³) para el crucero de agosto.

PRODUCCION ORGANICA PRIMARIA EN SAN QUINTIN

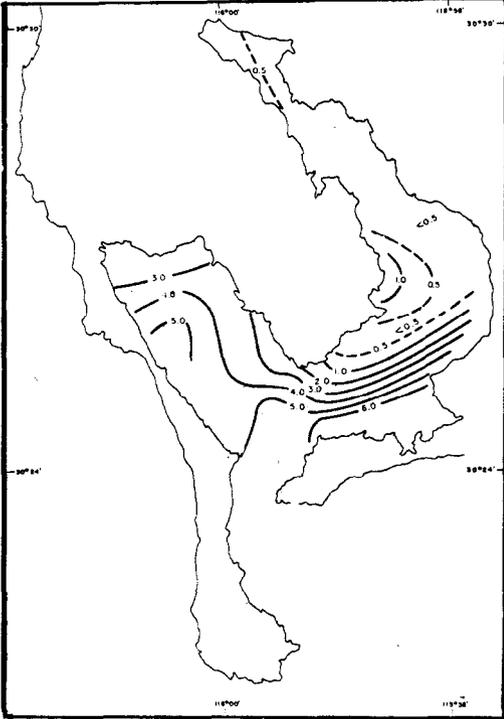


Fig. 7. Distribución superficial de clorofila c (mg/m^3) para el crucero de agosto.



Fig. 8. Distribución superficial de clorofila a (mg/m^3) para el mes de septiembre.

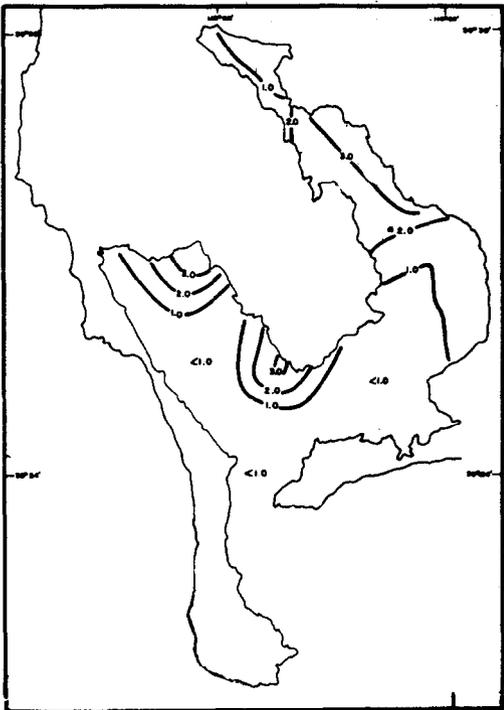


Fig. 9. Distribución superficial de clorofila b (mg/m^3) para el mes de septiembre.

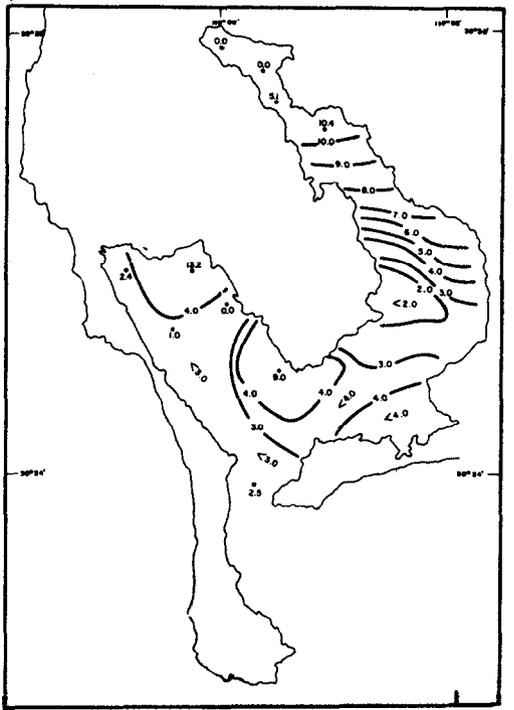


Fig. 10. Distribución superficial de clorofila c (mg/m^3) para el mes de septiembre.

El valor máximo registrado fue de 4.6 mg/m³ (est. 12; Fig. 1), y el mínimo fue de 0.0 mg/m³ (est. 1, 2, 3, 4, 6, 10, 14, 15, y 16; Fig. 1).

La concentración superficial de feopigmentos aumentó considerablemente en este mes, con respecto a los anteriores (Fig. 14). Se observa un patrón de valores de la boca al interior de bahía San Quintín, manteniéndose los valores constantes a lo largo de casi todo el canal; bahía Falsa presenta valores alrededor de 0.5 mg/m³. El valor máximo registrado fue de 2.1 mg/m³ (est. 8 y 9; Fig. 1), y el mínimo fue de 0.0 mg/m³ (est. 4; Fig. 1).

La distribución superficial de clorofila **a** en noviembre (Fig. 15) muestra los valores mínimos durante el ciclo en estudio. Se observa un gradiente descendente de la boca al vértice de la "Y". Bahía Falsa presenta en general valores alrededor de 2.0 mg/m³; y Bahía San Quintín muestra valores alrededor de 0.5 mg/m³. El valor máximo registrado fue de 4.2 mg/m³ (est. 18; Fig. 1), y el mínimo fue de 0.0 mg/m³ (est. 2, 3 y 6; Fig. 1).

En noviembre la distribución superficial de clorofila **b** sólo presentó 3 "manchas": en el extremo interno de bahía Falsa, en la boca de entrada y en la parte media de bahía San Quintín. El valor máximo registrado fue de 0.9 mg/m³ (est. 11; Fig. 1), y se registraron valores de 0.0 mg/m³ en las estaciones 2, 3, 4, 5, 6, 9, 14, 16 y 17 (Fig. 1).

La distribución superficial de clorofila **c** en noviembre (Fig. 16) al igual que la de clorofila **a** muestra los valores mínimos del ciclo. Se observa un gradiente con valores descendiendo de la boca al vértice de la "Y". En general bahía Falsa presenta valores alrededor de 0.5 mg/m³. Bahía San Quintín por el contrario sólo muestra una mancha, donde alcanza el valor máximo de 4.1 mg/m³ (est. 7; Fig. 1). El valor mínimo fue de 0.0 mg/m³ (est. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 13 y 14; Fig. 1).

La distribución superficial de feopigmentos para el mes de noviembre se mostró irregular. El valor máximo se registró en bahía San Quintín y fue de 2.1 mg/m³ (est. 6 y 7; Fig. 1). Se regis-

traron valores mínimos de 0.0 mg/m³ (est. 1, 3, 4, 5, 10, 13, 14, 15, 16 y 17; Fig. 1).

La distribución superficial de clorofila **a** para enero (Fig. 17) muestra un gradiente descendente de la boca hacia el vértice de la "Y". En bahía Falsa los valores descienden de suroeste a noreste; por el contrario en bahía San Quintín el descenso es de noreste a suroeste. En el extremo interno de bahía San Quintín se registraron valores alrededor de 1.5 mg/m³. El valor máximo registrado fue de 3.7 mg/m³ en la boca (est. 18; Fig. 1), y se registraron valores mínimos de 1.0 mg/m³ (est. 3, 8, 12, 13 y 14; Fig. 1).

La distribución superficial de clorofila **b** para enero, en general presentó valores alrededor de 0.5 mg/m³.

La distribución superficial de clorofila **c** para enero (Fig. 18) es similar a la de clorofila **a**, pero con gradientes en sentido opuesto. Hacia el extremo interno de bahía San Quintín se registraron valores de 1.0 mg/m³. El valor máximo fue de 3.1 mg/m³ (est. 14; Fig. 1), y se registraron valores de 0.0 mg/m³ (est. 1, 5, 8, 10 y 11; Fig. 1).

La distribución superficial de feopigmentos para enero (Fig. 19) muestra claramente la dominancia de estos productos de degradación en bahía San Quintín, la cual presenta un patrón irregular de distribución pero con los máximos valores. Bahía Falsa en general presentó valores alrededor de 0.5 mg/m³. Durante este crucero se determinaron las máximas concentraciones de feopigmentos de todo el ciclo en estudio. El valor máximo fue de 4.0 mg/m³ (est. 1; Fig. 1), y el mínimo fue de 0.1 mg/m³ (est. 15; Fig. 1).

La distribución superficial de clorofila **a** para marzo es similar a la de enero (Fig. 17 y 20). Los valores disminuyen de la boca al vértice de la "Y". Bahía San Quintín presenta en la parte media un aumento de valores de suroeste a noreste, y en sentido opuesto en la "cintura" del extremo norte. En bahía Falsa los valores disminuyen hacia el extremo interno. El valor máximo fue de 5.2 mg/m³ en la boca (est. 18; Fig. 1), y el mínimo fue de 1.0 mg/m³ (est. 2; Fig. 1).

La distribución superficial de clorofila **b** en marzo (Fig. 21) al igual que en noviembre presentó 3 "manchas" con altos valores: en la boca de entrada, en la parte media y en el extremo interno de bahía San Quintín. El valor máximo registrado fue de 1.5 mg/m³ (est. 18; Fig. 1), y el mínimo fue de 0.0 mg/m³ (est. 1, 2, 5, 7, 9, 13, 15, y 16; Fig. 1).

La distribución superficial de clorofila **c** para marzo (Fig. 22) presenta un descenso de valores de la boca hacia el vértice de la "Y". La parte media de bahía San Quintín muestra un fuerte gradiente ascendente de oeste a este; e inverso en el extremo interno de la misma. El valor máximo fue de 4.8 mg/m³ (est. 18; Fig. 1), y el mínimo registrado fue de 0.0 mg/m³ (est. 2, 4, 7, 12, 13, 14, 15 y 16; Fig. 1).

La distribución superficial de feopigmentos para marzo presentó en general valores entre 0.5 y 0.9 mg/m³. El valor mínimo registrado fue de 0.0 mg/m³ (est. 2; Fig. 1).

En el cruce de noviembre se tomaron muestras cercanas al fondo en 6 de las estaciones más profundas, para comparar los valores de concentración de clorofila **a** con los de la superficie. En general se notó que la clorofila no es consistentemente más elevada en la superficie que en el fondo (Fig. 23). La profundidad de las muestras de fondo varió entre 1.5 y 7 m en las diferentes estaciones. La similitud entre los valores de superficie y de fondo se debe quizá a los intensos procesos de mezcla producidos por las fuertes corrientes de marea.

Calculando los valores promedio de los pigmentos para todas las estaciones, por cada cruce y graficándolos contra el tiempo, se puede observar un promedio del ciclo anual (Fig. 24). Los valores de clorofila **a** son los más altos, con máximos en verano y principios de primavera, y los valores mínimos durante el invierno. La clorofila **c** presenta el mismo ciclo de variación que la clorofila **a**, pero con valores menores. La clorofila **b** fue el pigmento menos abundante, muestra un ciclo similar al de las otras clorofilas. Los feopigmentos muestran en general valores bajos con el máximo ocurriendo a mediados de invierno.

Variaciones Diurnas.

Durante el muestreo de enero se realizó un estudio del ciclo de variación diurna de la concentración de clorofila **a**, en la localidad denominada "molino viejo", frente a la estación 3; y en julio de 1974 se hizo un estudio de la variación semidiurna de clorofila **a**. Este último se realizó simultáneamente frente a las estaciones 3 (molino viejo) y 13 (mina) (Fig. 1). En enero se tomaron muestras cada 2 horas y en julio cada hora. En cada muestreo se determinaba la temperatura superficial y el pH, y se tomaban muestras para la determinación de oxígeno disuelto, salinidad, clorofila **a** y para el análisis de fitoplancton. En este trabajo se presentan solamente los resultados de la concentración de clorofila **a** (Figs. 25 y 26).

En enero se presentó una correlación fuerte de la variación de clorofila **a** con el ciclo de mareas, presentándose los máximos valores en marea alta. En julio esta correlación no fue tan marcada. En enero el rango fue de 0.6 a 2.3 mg/m³; y en julio fue de 1.3 a 4.2 mg/m³ en "mina" y de 0.4 a 1.1 mg/m³ en "molino viejo". En julio se notan claramente las mayores concentraciones y más amplias variaciones en "mina" que en "molino viejo".

PRODUCTIVIDAD

No se pudo determinar de una manera precisa la producción primaria de la Bahía, debido a la falta de datos como: número de asimilación (gr Carbono asimilado/gr Clorofila **a** x hora) para esta área y las diferentes estaciones del año, y concentraciones de clorofila **a** por períodos de 2 horas. De cualquier manera se calculó el ciclo anual de producción de esta laguna costera con valores promedios para todas las estaciones (Fig. 27). Presenta su máximo de producción en verano (0.9 gC/m³/día), declinando a medida que avanza el otoño hasta alcanzar su valor mínimo (0.2 gC/m³/día); luego empieza a restablecerse en invierno, continuando incrementándose la producción a principios de primavera.

La Tabla 3 muestra valores de producción obtenidos en algunas estacio-

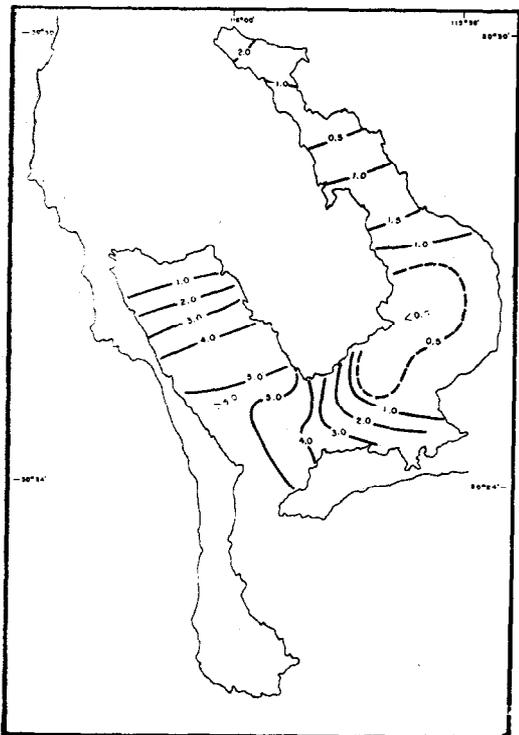


Fig. 11. Distribución superficial de clorofila a (mg/m³) para el crucero de octubre.

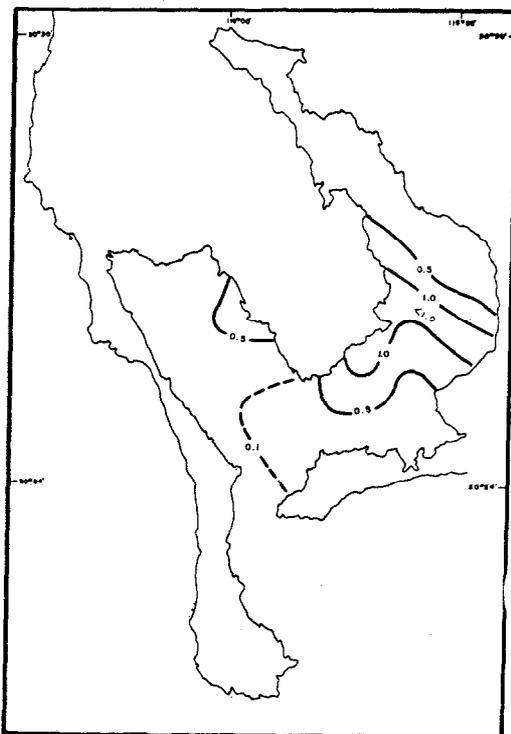


Fig. 12. Distribución superficial de clorofila b (mg/m³) para el crucero de octubre.

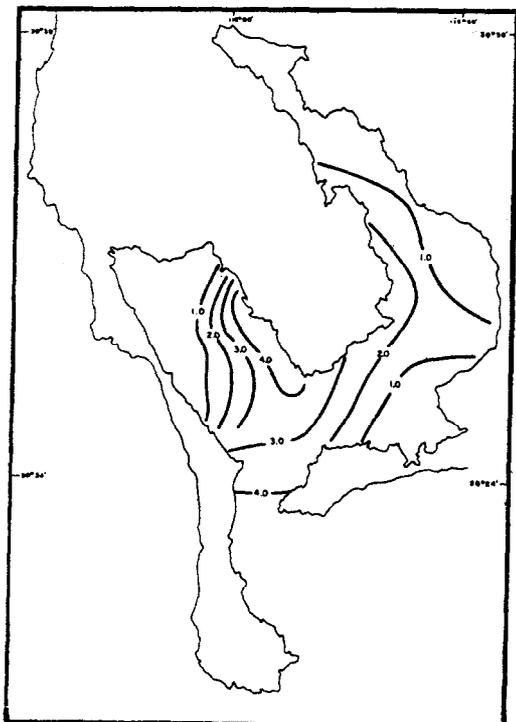


Fig. 13. Distribución superficial de clorofila c (mg/m³) para el crucero de octubre.

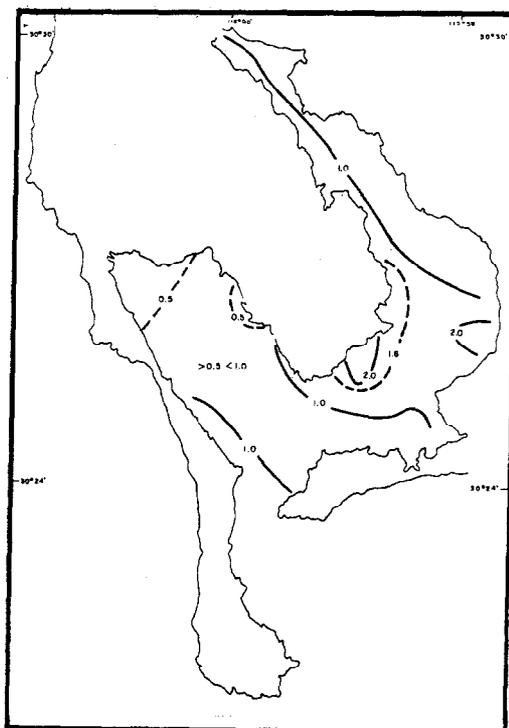


Fig. 14. Distribución superficial de feopigmentos (mg/m³) para el crucero de octubre.

PRODUCCION ORGANICA PRIMARIA EN SAN QUINTIN

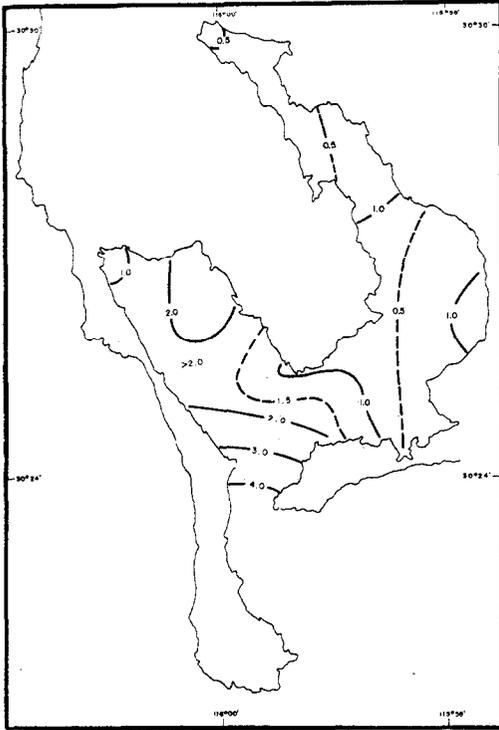


Fig. 15. Distribución superficial de clorofila a (mg/m³) para el crucero de noviembre.

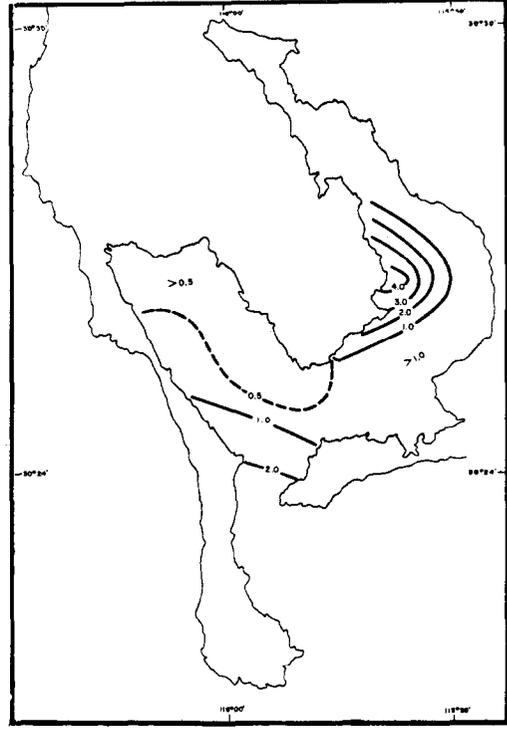


Fig. 16. Distribución superficial de clorofila c (mg/m³) para el crucero de noviembre.

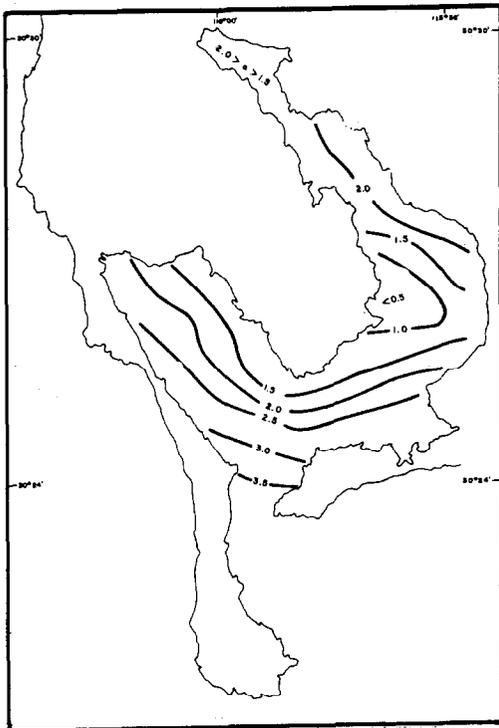


Fig. 17. Distribución superficial de clorofila a (mg/m³) para el crucero de enero.

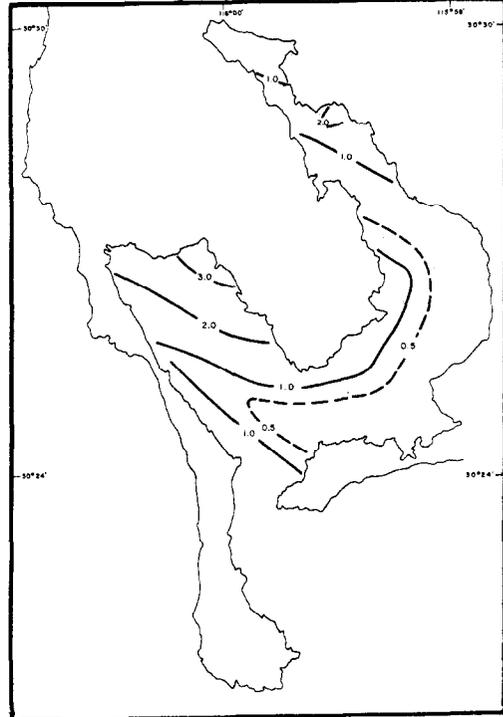


Fig. 18. Distribución superficial de clorofila c (mg/m³) para el crucero de enero.

nes de la Bahía. En general se observa una mayor producción en la boca de entrada y en las estaciones de bahía Falsa; bahía San Quintín presenta los valores mayores en su extremo interno norte, con valores mínimos en la parte central.

DISCUSIONES

La clorofila se ha utilizado como indicador de diversas características del ecosistema y de la comunidad de fitoplancton. Zsolnay (1973) encontró una correlación con el contenido de hidrocarburos del agua de mar. Small (1970) determinó una relación entre clorofila **a** y el coeficiente de atenuación de la luz, en la columna de agua. En el Océano Atlántico y el Golfo de México, Hobson y Lorenzen (1972) encontraron una relación entre los máximos de clorofila **a** y la profundidad de la pycnoclina. Margalef (1964) dedujo las condiciones fisiológicas de la comunidad de fitoplancton en relación a las concentraciones de clorofila **a**, **b**, y **c**; ya que la composición no solamente varía de una especie a otra, sino también en una misma especie según su estado fisiológico. En general, a medida que la población es más vieja y se encuentra en un medio más pobre en nutrientes, aumentan las proporciones de clorofilas **b**, **c** y de carotenoides astacianos, con respecto a la concentración de clorofila **a**. Así en términos generales, un plancton muy rico en clorofila **c** y en astacianos corresponde a un plancton que se halla en una etapa más avanzada de la sucesión, relativamente poco productivo, y en el que la concentración total del pigmento asimilador es baja. Por el contrario, un plancton en el que una parte principalísima del pigmento está constituido por clorofila **a**, corresponde a un plancton muy productivo, en el que probablemente predominarán las diatomeas (Margalef, 1964).

De acuerdo con los datos obtenidos sobre la distribución de los diferentes pigmentos (Figs. 2 a 22), la sucesión del fitoplancton en Bahía San Quintín empieza a mediados de invierno; las concentraciones de clorofila **a** empiezan a incrementarse, el cociente Producción:

Biomasa (P/B) característico del avance de la sucesión tiende a incrementarse, al igual que las condiciones de luz y temperatura (Fig. 27). Se observa también por la distribución de clorofilas **a** y **c** que los grupos de fitoplancton que constituyen la comunidad de la bahía en general poseen una distribución homogénea en invierno (Figs. 17 y 18). En primavera se observa claramente el avance de la sucesión del fitoplancton, la clorofila **a** continúa incrementándose, constituyendo más del 50% del pigmento total, así también el índice P/B; esto en respuesta a las condiciones de luz (intensidad y duración) y temperatura, que se han incrementado (Fig. 27). El fitoplancton posee en primavera una distribución similar a la de invierno (Figs. 20, 21, y 22).

A pesar de que los muestreos entre primavera y verano fueron muy aislados, se observa la secuencia típica de sucesión en una laguna costera de acuerdo con lo descrito por Margalef (1969). El fitoplancton en Bahía San Quintín, alcanza su climax en verano, presentando una comunidad muy productiva, caracterizada por contener más del 50% del pigmento total como clorofila **a**. Tal vez como consecuencia de los fenómenos de surgencia que ocurren en el mar adyacente (Dawson, 1951), el índice P/B ha alcanzado su valor máximo; todo influenciado por la mayor disponibilidad de energía luminosa en intensidad y duración (Fig. 27). Al inicio de otoño se presenta una etapa más avanzada de la sucesión, caracterizada por la disminución del índice P/B. En esta época las poblaciones de fitoplancton son menos productivas, aunque los nutrientes (fosfatos) han alcanzado su valor de concentración máximo (Fig. 28). Las condiciones de luz y temperatura continúan disminuyendo (Fig. 27). El fitoplancton llega al final de la sucesión a fines de otoño, registrándose las concentraciones más bajas de los pigmentos fotosintéticos. Las condiciones de luz han llegado a su mínimo valor durante el ciclo (Fig. 27).

Los primeros estudios que han considerado a los feopigmentos en ecosistemas acuáticos, han tratado principalmente con su distribución en función de la

PRODUCCION ORGANICA PRIMARIA EN SAN QUINTIN

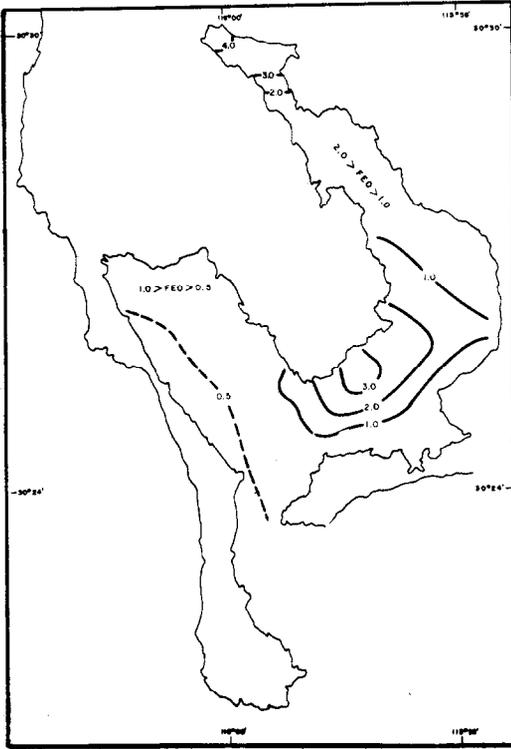


Fig. 19. Distribución superficial de feopigmentos (mg/m^3) para el crucero de enero.

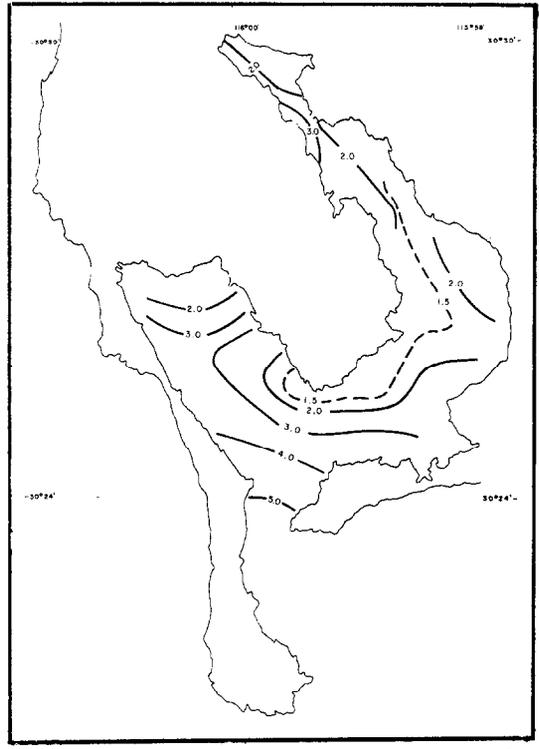


Fig. 20. Distribución superficial de clorofila a (mg/m^3) para el crucero de marzo.

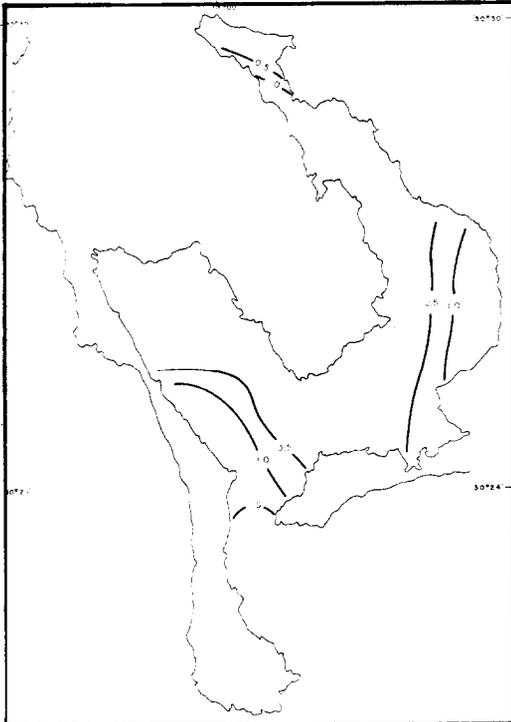


Fig. 21. Distribución superficial de clorofila b (mg/m^3) para el crucero de marzo.

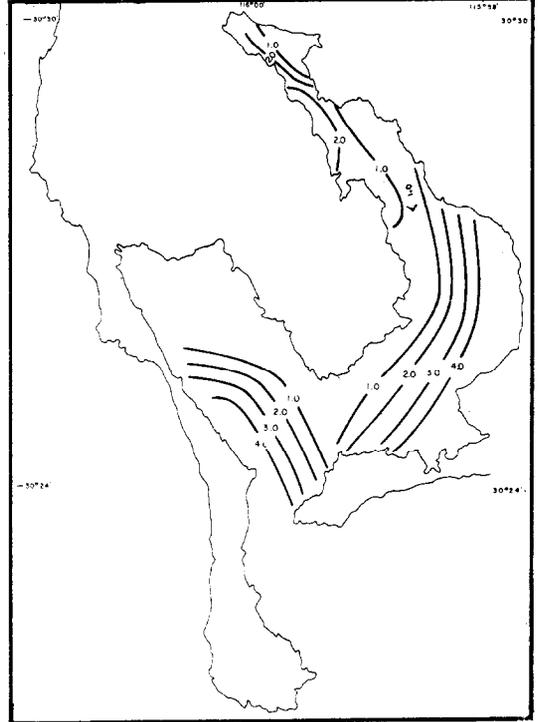


Fig. 22. Distribución superficial de clorofila c (mg/m^3) para el crucero de marzo.

profundidad. Yentsch (1965) encontró que los feopigmentos se incrementan al aumentar la profundidad de la zona eufótica. Glooschenko, Curl, y Small (1972) enfatizan la necesidad de corregir la clorofila a por feopigmentos, principalmente cuando se realizan estudios en lagunas costeras, bahías y otras áreas similares donde es posible la resuspensión de los sedimentos superficiales del fondo, los cuales subsecuentemente proveen de feopigmentos a la columna de agua. Lorenzen (1967), realizando estudios en un área frente a la península de Baja California, encontró que el máximo de feopigmentos coincide con la porción de la columna de agua donde los nutrientes se incrementan en concentración. Así también ha encontrado que los feopigmentos son fácilmente producidos por la acción del zooplancton sobre el fitoplancton (apacentamiento o pastoreo). Los feopigmentos en la zona eufótica pueden ser indicadores de la historia pasada de la actividad alimenticia del zooplancton y considerarse como una medida de la velocidad de reemplazamiento de los nutrientes en la columna de agua.

La distribución superficial de feopigmentos durante el ciclo anual, en general se comporta con los valores aumentando de la boca hacia bahía San Quintín. Bahía Falsa en general presentó valores bajos, no mayores de 0.5 mg/m^3 (Figs. 14 y 19). Una razón de la dominancia de feopigmentos en el brazo bahía San Quintín, puede ser el hecho de que en esta zona existe mayor producción secundaria, como lo indica la distribución de nutrientes (Alvarez Borrego y Chee Barragán, no publicado) los cuales siguen un patrón similar al de feopigmentos, con gradientes ascendentes desde la boca hacia el interior de las bahías, pero con valores máximos en bahía San Quintín. Esto corrobora perfectamente las ideas de Lorenzen (1967), que encuentra los máximos valores de feopigmentos en las zonas donde los nutrientes se incrementan en concentración, debido principalmente a la acción alimenticia del zooplancton sobre el fitoplancton. El considera estas zonas como áreas de acumulación de detritus, donde ocurre la remineralización y baja re-uti-

lización de nutrientes; y en efecto el brazo denominado bahía San Quintín presenta estas características. Sin embargo, no hay que olvidar que el mar adyacente puede influir grandemente en la contribución de nutrientes. También lo superficial de este brazo permite fácilmente la recirculación de los mismos en la columna de agua.

Bahía San Quintín es un cuerpo de agua que presenta un ciclo anual de productividad orgánica primaria muy bien marcado, con valores mínimos en otoño, comienzo de su incremento en invierno, continuando en primavera y alcanzando su máximo a mediados de verano (Fig. 27). Sin embargo, es necesario enfatizar que el utilizar la ecuación de Ryther y Yentsch (1957) con R calculada para períodos de dos horas, como Small, Curl y Glooschenko (1972) han sugerido, pero asumiendo que la concentración de clorofila a es constante y que el valor del coeficiente de asimilación es de 3.7, nos da resultados muy burdos que no pueden dejar de considerarse como una muy débil primera aproximación a la realidad. Las gráficas de productividad orgánica primaria (Fig. 27) han sido calculadas tomando promedios de la concentración de clorofila a para todas las estaciones, y deben ser tomadas solamente como un instrumento que nos muestra la tendencia de variación general a través de un ciclo anual. Las diferencias geográficas de concentración de pigmentos en la Bahía son muy grandes aun en distancias de algunos cientos de metros, dando la impresión de una distribución no continua, sino en forma de "manchas". La influencia de los acarreos de fitoplancton por corrientes de marea, de la variación diurna de la irradiación solar y la temperatura y salinidad del agua, pueden provocar grandes cambios en pocas horas, de hasta 300%, en la concentración de clorofila a (Figs. 25 y 26). Curl y Small (1965), revisando la literatura sobre el coeficiente de asimilación encontraron valores reportados en un rango de 1 a 10 ($\text{mgC/mg. clorofila } a \times \text{ hora}$). Tomando en consideración que los gradientes de las diferentes propiedades fisicoquímicas son muy fuertes en Bahía San Quintín, sobre todo

PRODUCCION ORGANICA PRIMARIA EN SAN QUINTIN

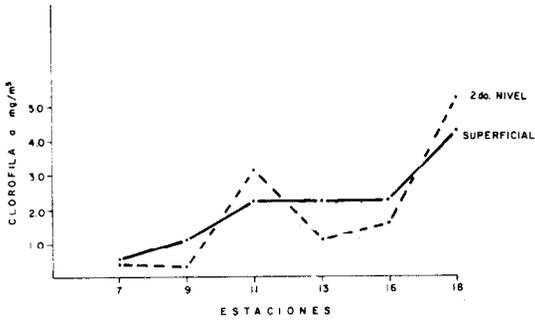


Fig. 23. Comparación de concentraciones de clorofila a superficial y de fondo.

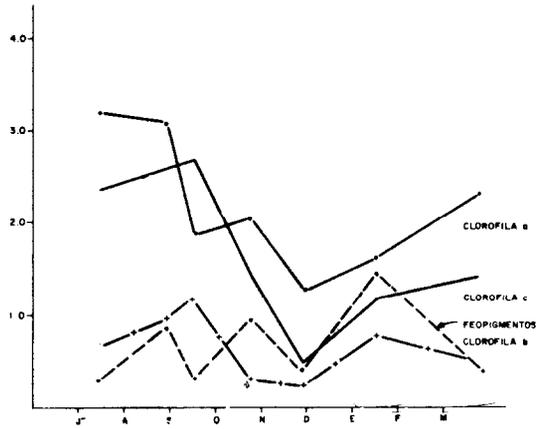


Fig. 24. Ciclo anual del promedio de pigmentos fotosintéticos.

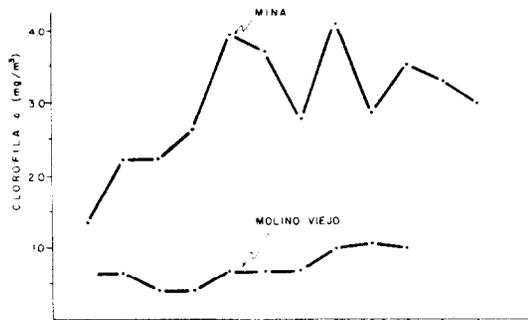
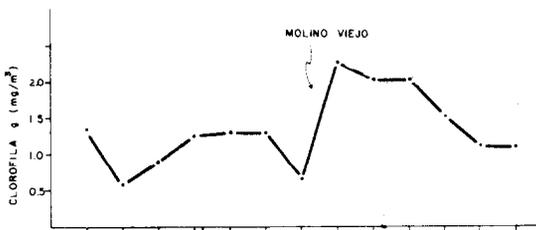


Fig. 25. Variación de clorofila a durante un ciclo diurno (11:00 del 16 a 11:00 del 17 de enero, 1974) en la estación 3 (molino viejo).

Fig. 26. Variación de clorofila a durante un semiciclo diurno (09:00 del 26 de julio a 20:00 del mismo día) en las estaciones 13 (mina) y 3 (molino viejo).

en verano (Chávez de Nishikawa y Alvarez Borrego, 1974) (Alvarez Borrego y Chee Barragán, no publicado); es muy posible que un elevado porcentaje de las especies de fitoplancton que son acarreadas desde mar abierto hacia el interior de la Bahía, sea sometido a condiciones ecológicas extremas que no le permiten fotosintetizar de una manera óptima. De lo anterior se puede especular que existe una distribución espacial en la Bahía, del coeficiente de asimilación, con gradientes tales que debemos encontrar valores relativamente bajos hacia el interior de bahía San Quintín, y valores relativamente altos para bahía Falsa, con valores máximos en la boca de la misma. Además, esta distribución espacial debe ser dinámica, cambiando en función del tiempo con ciclos semidiurnos, diurnos y estacionales, como una función compleja de los ciclos de marea, los ciclos diurnos y estacionales de irradiación solar, y quizá en mucho menor grado en este caso, de los ciclos estacionales de la concentración de nutrientes. Para probar esto sería necesario realizar determinaciones simultáneas de concentración de clorofila *a*, y de productividad orgánica primaria mediante la técnica de carbón radioactivo-14 (Steeman Nielsen, 1952), para diferentes lugares de la Bahía y a través de ciclos diurnos y un ciclo anual. Lo estricto del diseño de un experimento de este tipo dependerá de un buen análisis sobre los requerimientos de exactitud y precisión de la estimación de productividad en el interior de la Bahía que tienda como objetivo hacia una estimación aceptable del alimento disponible para una especie a cultivarse de tal manera que se obtengan máximos rendimientos. Todo lo anterior, tomando al desarrollo óptimo de la Maricultura como motivación principal para este tipo de trabajo. Una vez conociendo los valores del coeficiente de asimilación, se puede utilizar más adecuadamente el método de clorofila *a* e intensidad de luz para el cálculo de la productividad; ya que es más rápido y barato que el método del Carbón-14.

Alvarez Borrego y Chee Barragán (no publicado), basándose en la distribución de nutrientes (fosfatos y silicatos) en Bahía San Quintín, concluyeron que los pro-

cesos de respiración son mayores que los de fotosíntesis, por lo cual la bahía es un cuerpo productor de nutrientes; es decir, se oxida más materia orgánica que la que se fotosintetiza en el interior de la Bahía. Estos autores explicaron además, que la riqueza orgánica de la Bahía se debe a un mecanismo de "trampa" del material en suspensión, orgánico e inorgánico, que se debe a la atenuación de las corrientes de marea, principalmente por los pastos marinos. Considerada de esta manera, la mayor parte de la energía a ser utilizada para los cultivos, en forma de materia orgánica, debe ser acarreada por las corrientes de marea desde la zona adyacente de mar abierto hacia el interior de la Bahía. De cualquier manera, es necesario todavía hacer un estudio cuantitativo que establezca los porcentajes de aportes de energía por medio de la fotosíntesis del fitoplancton en el interior de la Bahía, la fotosíntesis por fanerógamas (pastos marinos), y el acarreo neto de materia orgánica al interior de la Bahía por las corrientes de marea. Esto sería un primer paso del estudio del aporte de energía a la Bahía como ecosistema, dando un panorama muy completo en cuanto a la disponibilidad de alimento para especies filtroalimentadoras, como son algunas especies de moluscos.

Un aspecto importante del presente estudio, es que provee las bases de comparación para estudios futuros de contaminación en dicha Bahía. Se puede considerar que por su lejanía actual de áreas de alta concentración de población y de desarrollo industrial, esta Bahía está libre de contaminación. Sin embargo, con el crecimiento demográfico y el desarrollo turístico, agrícola e industrial de Baja California, se puede presentar en el futuro un cambio de las condiciones ecológicas por contaminación. Kaplan, Welker y Kraus (1974) muestran un estudio 10 meses antes y 10 meses después de dragar un canal de una laguna costera en Goose Creek. En general las propiedades físicas fueron alteradas; hubo una significativa reducción en las poblaciones de organismos. La productividad antes de dragar fue calculada en 89.87 gC/m²/año y después del dragado en 31.18 gC/m²/año.

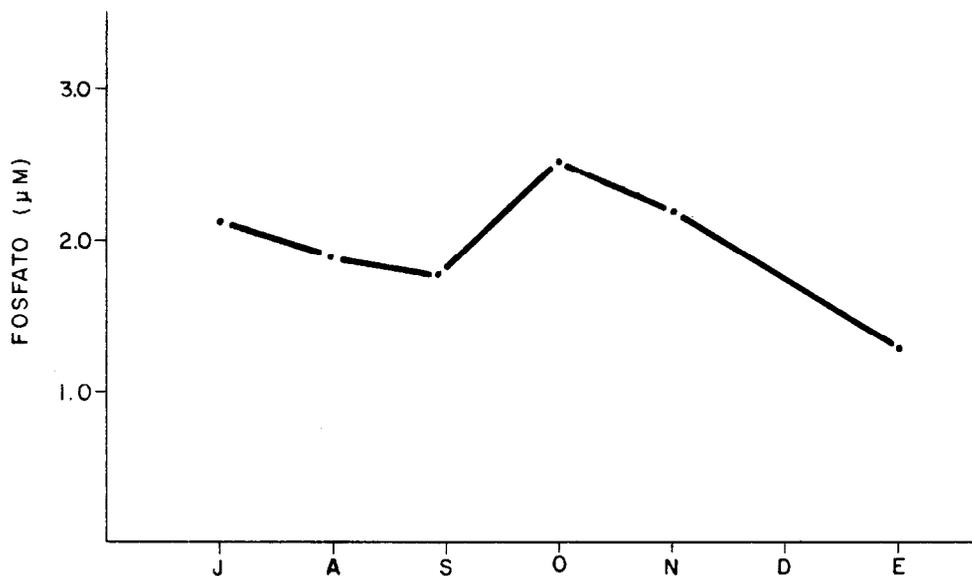


Fig. 28. Ciclo del promedio de fósforo (micromoles) en Bahía San Quintín.

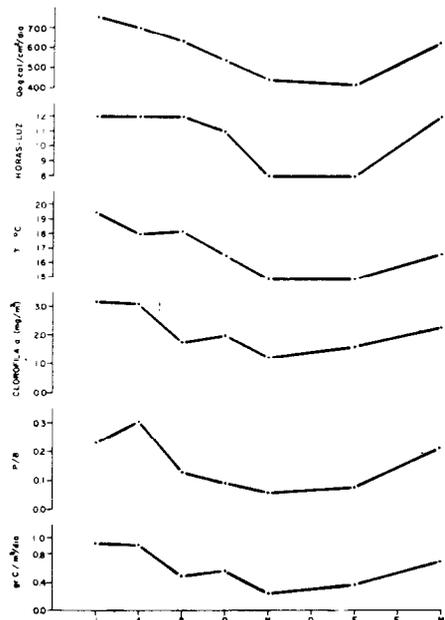


Fig. 27. Ciclo anual de la productividad y de algunos parámetros que influyen directamente en ella en Bahía San Quintín.

Considerando el efecto de contaminación directo sobre el fitoplancton y su producción, también se han desarrollado investigaciones sobre los efectos de compuestos como: organoclorados (DDT) (Cox, 1970; Menzel, Anderson, Randtke, 1970); mercuriales (Harriss y White, 1970); Clorinación (Brook y Bake, 1972); Bifenilos policlorinados (PCB's) (Mosser, et al., 1972); causando todos una gran disminución en la velocidad de fotosíntesis del fitoplancton.

CONCLUSIONES

1. En general la Bahía de San Quintín es un cuerpo de agua fértil, predominando bahía Falsa sobre el brazo denominado bahía San Quintín. Posee un patrón de sucesión fitoplanctónica típico de una laguna costera, en la cual se verifica claramente la mayor influencia de las aguas oceánicas sobre bahía Falsa que en bahía San Quintín.
2. Las concentraciones de nutrientes no son limitantes en la sucesión del fitoplancton, ya que sólo presentan

una ligera depresión de su ciclo. Los factores limitantes para la producción del fitoplancton de esta área, son las condiciones de luz (intensidad y duración) y los intensos gradientes de temperatura; además de las condiciones de productividad del área oceánica adyacente.

3. El ciclo de mareas influye fuertemente en las variaciones diurnas de las concentraciones de clorofila *a*.
4. Son abundantes los productos de degradación de la clorofila *a* o feopigmentos, principalmente en el brazo este (bahía San Quintín); los cuales pueden ser un índice de alta producción secundaria en esta zona.
5. En general los gradientes de las distribuciones de pigmentos fotosintéticos son más fuertes en las estaciones de verano y otoño.
6. Los valores de concentración de los pigmentos muestran que la distribución del fitoplancton en Bahía San Quintín, debe ser en forma de "manchas", por lo cual los isogramas de distribución superficial son sólo una primera aproximación a la realidad.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo constituyó, en una versión ampliada, la tesis profesional de José Rubén Lara Lara, presentada a la Universidad Autónoma de Baja California para obtener el título de Oceanólogo. Los trabajos de muestreo y análisis se realizaron utilizando los equipos y laboratorios de la Unidad de Ciencias Marinas de la U.A.B.C. Se tuvo el apoyo de la Dirección de Becas e Intercambio del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, mediante el otorgamiento de una beca-tesis a J. R. Lara Lara. Se agradece la colaboración de todos los compañeros, investigadores y estudiantes de la Unidad de Ciencias Marinas, en los trabajos de campo, especialmente Catalina López Alvarez y Alfredo Chee Barragán.

BIBLIOGRAFIA

- Alvarez Borrego, S. y A. Chee Barragán. Segundo reporte del programa de estudios para Bahía San Quintín. B. Cfa. I etapa, sección I: Hidrología. Unidad de Ciencias Marinas, U.A.B.C., realizado para Instituto Nacional de Pesca de la S.I.C. y la Dirección de Acuicultura de la S.R.H. (no publicado).
- Alvarez Borrego, S. y A. Chee Barragán. Tercer reporte del programa de estudios para Bahía San Quintín, B. Cfa. I etapa, sección I: Hidrología. Unidad de Ciencias Marinas, U.A.B.C., realizado para Instituto Nacional de Pesca de la S.I.C. y la Dirección de Acuicultura de la S.R.H. (no publicado).
- Alvarez Borrego, S. y A. Chee Barragán. Primer reporte de los estudios bioecológicos y trabajos de ostricultura en Bahía San Quintín, B. C. II etapa, sección I: Hidrología. Unidad de Ciencias Marinas, U.A.B.C., Dirección de Acuicultura, S.R.H. Ensenada, B. C. (no publicado).
- Alvarez Borrego, S. y R. Schwartzlose. 1973. Algunos problemas oceanológicos de los mares adyacentes a la península de Baja California. *Calafia*, (III) 2.
- Barnard, J. L. 1962. Benthic marine exploration of Bahía de San Quintín, Baja California, 1960-1961. *Pacific Naturalist*, (2): 251-269.
- Barnard, J. L. 1964. Marine amphipoda of Bahía de San Quintín, Baja California. *Pacific Naturalist*, (4): 55-139.
- Brook, A. J., y A. L. Bake. 1972. Chlorination at power plants: Impact on phytoplankton productivity. *Science*, (176): 1414-1415.
- Budyko, M. I. 1974. *Climate and Life*. Academic Press N. Y. and London.
- Chávez de Nishikawa, A. G. y S. Alvarez Borrego. 1974. Hidrología de Bahía San Quintín en invierno y primavera. *Ciencias Marinas* (1): 31-62.
- Cox, J. L. 1970. DDT residues in marine phytoplankton: Increase from 1955 to 1969. *Science*, (170): 71-72.
- Curl, H. Jr., y L. F. Small, 1965. Variations in photosynthetic assimilation ratios in natural, marine phytoplankton communities. *Limnol. and Oceanogr.* 10: 67-73.
- Dawson, E. Y. 1951. A further study of upwelling and vegetation along Pacific Baja California México. *Jour. Mar. Res.* (10): 39-58.
- Dirección de Hidrología, División Ensenada, S.R.H., 1973-1974. Reporte de datos meteorológicos. Estación "tres escobas", San Quintín, B. C.
- Glooschenko, W. A., H. Curl, Jr., y L. F. Small. 1972. Diel periodicity of chlorophyll concentration in Oregon coastal waters. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, (29): 1253-1254.
- Harris, R. C., D. B. White, y R. B. Macfarlane. 1970. Mercury compounds reduce photosynthesis by plankton. *Science*, 170: 736-737.
- Hobson, L. A. y C. J. Lorenzen. 1972. Relationships of chlorophyll maxima to density structure in the Atlantic Ocean and Gulf of México. *Deep Sea Res.* (19): 4.
- Islas Olivares, R. Primer reporte del programa de estudios para Bahía San Quintín, B. Cfa. I etapa, sección II: Ostricultura. Unidad de Ciencias Marinas, U.A.B.C., realizado para Instituto Nacional de Pesca de la S.I.C. y la Dirección de Acuicultura (no publicado).
- Islas Olivares, R. Segundo reporte del programa de estudios para Bahía San Quintín, B. Cfa. I etapa, sección II: Ostricultura. Unidad de Ciencias Marinas, U.A.B.C., realizado para Instituto Nacional de Pesca de la S.I.C. y la Dirección de Acuicultura (no publicado).
- Kaplan, E. H., J. R. Welker y M. G. Kraus. 1974. Some effects of dredging on populations of macrobenthic organisms. *Fish. Bull.*, (72): 445-480.

PRODUCCION ORGANICA PRIMARIA EN SAN QUINTIN

- Lorenzen, C. J. 1967. Determination of chlorophyll and phaeo-pigments: spectrophotometric equations. *Limnol. and Ocean.*, (12): 343-346.
- Lorenzen, C. J. 1967. Vertical distribution of chlorophyll and phaeo-pigments: Baja California. Woods Hole Ocean. Inst. W.H.M. contribution No. 1979.
- Margalef, R. 1974. Modelos experimentales de fitoplancton: nuevas observaciones sobre pigmentos y fijación de carbono inorgánico. *Investigación Pesquera*. Tomo 26, p. 195-203.
- Margalef, R. 1969. Comunidades planctónicas en lagunas litorales. *Memorias del Simposio Internacional sobre Lagunas Costeras*, U.N.A.M., UNESCO. México, D. F., Nov. 28-30 p. 545-562.
- Menzel, D. W., J. Anderson, y A. Randtke. 1970. Marine phytoplankton vary in their response to chlorinated hydrocarbons. *Science* (167).
- Mosser, J. L., N. S. Fisher, Tzu-Chiu Teng, y Ch. F. Wurstler. 1972. Polychlorinated biphenyls. Toxicity to certain phytoplankters. *Science*, (175): 191-192.
- Phleger, F. B. y G. C. Ewig. 1962. Sedimentology and Oceanography of coastal lagoons in Baja California, México. *Bull. Geol. Soc. America*, (73)2: 145-181.
- Ryther, J. H., y C. S. Yentsch. 1957. The estimation of phytoplankton production in the ocean from chlorophyll and light data. *Woods Hole Ocean. Inst., W.H.M. Cont. No. 902*.
- Scar-Unesco. 1966. Determination of photosynthetic pigments in sea-water. *Monogr. Oceanogr. Methodol.* (1): 69.
- Small, F. L. 1970. The relative contribution of particulate chlorophyll of river tripton to the exterior. *Oregon State Univ.*
- Small, F. L., H. Curl Jr., y W. A. Glooschenko. 1972. Estimates of primary production off Oregon using an improved chlorophyll. *Light Technique*. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, (29): 1261-1267.
- Steeman Nielsen, E. 1952. The use of radioactive carbon (C^{14}) for measuring organic production in the sea. *J. Cons. Internat. Explor. Mer.*, (43): 117-140.
- Strickland, J. D. H. y T. R. Parsons. 1963. Discussion of spectrophotometric determination of marine plant pigments with revised equations for ascertaining chlorophylls and carotenoids. *J. Mar. Res.* (21) 3: 155-163.
- Strickland, J. D. H. y T. R. Parsons. 1968. A practical handbook of seawater analysis. *Fish. Res. Bd. of Canada*, Bull. 311 p.
- Vannuci, M. 1969. What is known about production potential of coastal lagoons. *Memorias del Simposio Internacional sobre lagunas costeras*. U.N.A.M., UNESCO. México, D. F., Nov. 28-30.
- Yentsch, Ch. S. 1965. Distribution of chlorophyll and pheophytin in the open ocean. *Deep Sea Res.*, (12): 653-666.
- Zsolnay, A. 1973. Hydrocarbon and chlorophyll: a correlation in the upwelling region off west Africa. *Deep Sea Res.*, (20): 923-925.