

PARAMETROS RELACIONADOS CON LA PRODUCTIVIDAD
ORGANICA PRIMARIA EN DOS ANTIESTUARIOS
DE BAJA CALIFORNIA

por:

SAUL ALVAREZ BORREGO
JOSE RUBEN LARA LARA
MANUEL DE JESUS ACOSTA RUIZ
Centro de Investigación Científica y
Educación Superior de Ensenada, B.C.
Espinoza 843, Ensenada, B.C.

(Recibido: junio 20, 1977)
Ciencias Marinas Vol. 4 Núm 1 1977.

RESUMEN

El Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C., dió comienzo en 1975 una serie de actividades que tienen como objetivo el proporcionar una infraestructura científica para el desarrollo nacional de la maricultura en Baja California. Una parte importante de este objetivo es el desarrollar metodologías para estimar el alimento disponible para especies bajo cultivos en lagunas costeras. Esto implica el conocimiento de aspectos físicos, químicos y biológicos de estos ecosistemas. En este trabajo reportamos algunos resultados preliminares de los cambios de biomasa de fitoplancton, representados por la variación de concentración de clorofila "a", en las bocas de dos sistemas antiestuarinos, Bahía San Quintín y el Estero de Punta Banda; y discutimos algunos problemas que deben ser resueltos para poder utilizar el método de clorofila-luz para estimar la productividad orgánica primaria en lagunas costeras.

ABSTRACT

The Center for Scientific Research and Higher Education of Ensenada has started in 1975 a series of activities that have as an objective to build a scientific infrastructure for the rational development of mariculture in Baja California. An important part of this objective is to develop methodologies to estimate the available food for species under cultivation in coastal lagoons. This implies the knowledge of physical, chemical and biological aspects of these ecosystems. In this paper we report some preliminary results of the phytoplankton biomass changes, represented by the chlorophyll "a" concentration variation, at the mouths of two antiestuarine systems, San Quintin Bay and Estero de Punta Banda; and we discuss some of the problems to be solved in order to use the chlorophyll-light method to estimate the organic primary productivity in coastal lagoons.

INTRODUCCION

El desarrollo de maricultivos en lagunas costeras deberá llevarse a cabo en el futuro con el objetivo lógico de obtener rendimientos máximos por unidad de área. Para ésto se hace necesario el tener un buen conocimiento del alimento disponible para las especies a cultivarse. Esto es muy

complejo en sistemas dinámicos donde las corrientes de marea, aunadas a intensos gradientes de variables como temperatura y salinidad, provocan cambios fuertes en el orden de horas. De particular importancia es no solamente el evaluar la cantidad de alimento presente en un momento dado en una cierta localización, sino los flujos del mismo.

Ryther (1969) ha expresado que la producción de moluscos, si dependiera solamente del alimento producido en el agua donde están creciendo, tendría un promedio no mayor de 150 kilogramos por hectárea por año (expresado en peso de carne sin concha). Cultivos intensivos en áreas pequeñas pueden producir cosechas anuales de 5000 a 500000 kilogramos por hectárea por año (peso de carne), dependiendo del método de cultivo. Estas altas cosechas resultan de la concentración en un área pequeña del material orgánico producido en una región mucho más grande.

Un aspecto de suma importancia es el hecho de que los moluscos bivalvos, al filtroalimentarse del material en suspensión, no aprovechan por igual las diferentes especies de fitoplancton (Loosanoff, comunicación personal). Debido a esto, no basta determinar la productividad orgánica total, sino que es necesario ser discriminatorio determinando por lo menos las biomásas parciales por grupos de especies.

Relacionados con el objetivo de determinar el alimento disponible para especies a cultivarse en una laguna costera como las que se encuentran en el noroeste de Baja California, existen básicamente cuatro aspectos importantes que estudiar: la producción orgánica primaria por fitoplancton en la laguna costera que se trate; la biomasa de fitoplancton por grupos taxonómicos; el aporte neto del exterior a la laguna, de biomasa de organismos planctónicos y su distribución en el interior de la misma; y la producción orgánica primaria por pastos marinos y sus epífitas. En un futuro se deberá tender al establecimiento de policultivos; pero, si en un principio el interés principal es cultivar organismos filtroalimentadores, los tres primeros factores son los más importantes.

Actualmente, el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, en colaboración con la Unidad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California, desarrollan un programa de investigación de Bahía San Quintín y el Estero de Punta Banda. Este programa incluye el estudio de variables hidrológicas (temperatura, salinidad, concentración de oxígeno disuelto, pH, fosfatos, nitratos y velocidad de corrientes), meteorológicas (temperatura de bulbo húmedo y bulbo seco, velocidad del viento, radiación solar y porcentaje de nubosidad) y biológicas (concentración de clorofilas y sus productos de degradación, y biomasa de fitoplancton por grupos taxonómicos).

En este reporte se presentan algunos resultados de variables relacionadas con la productividad orgánica primaria en las bocas de estos sistemas antiestuarinos y se discute la posibilidad de adaptar el método de clorofila-luz para su utilización en lagunas costeras.

Acosta Ruiz y Alvarez Borrego (1974) y Chávez de Nishikawa y Alvarez Borrego (1974), han presentado con anterioridad descripciones de estos dos cuerpos de agua, por lo cual no es necesario repetirlo aquí.

MATERIALES Y METODOS

Se realizaron dos muestreos en cada boca, en mayo y agosto de 1975, representativos de primavera y verano. En cada muestreo se anclaba la embarcación "SIRIUS 1", de 35 piés de eslora, a manera de plataforma fija. Se tomaron muestras cada hora por períodos de 26 horas, incluyendo un ciclo completo de irradiación solar y de mareas. Además se muestrearon tres estaciones en el interior del Estero de Punta Banda en primavera y verano (Fig. 1). Para el objetivo del presente trabajo, se tomaron muestras para el análisis de clorofila "a", fosfatos y nitratos.

En primavera se determinó la clorofila "a" en muestras de superficie y de fondo. Al no encontrar una diferencia significativa entre los dos niveles, se optó por muestrear solamente en la superficie, en las siguientes colectas. Las determinaciones de clorofila "a" y nutrientes se realizaron por los métodos espectrofotométricos descritos por Strickland y Parsons (1963), utilizando un espectrofotómetro UV-VIS Coleman Hitachi, modelo 139.

Además se tomaron lecturas de disco de Secchi y se midió la irradiación solar mediante un actinógrafo de gráfica continua, marca Kahlsico No. 01AM100.

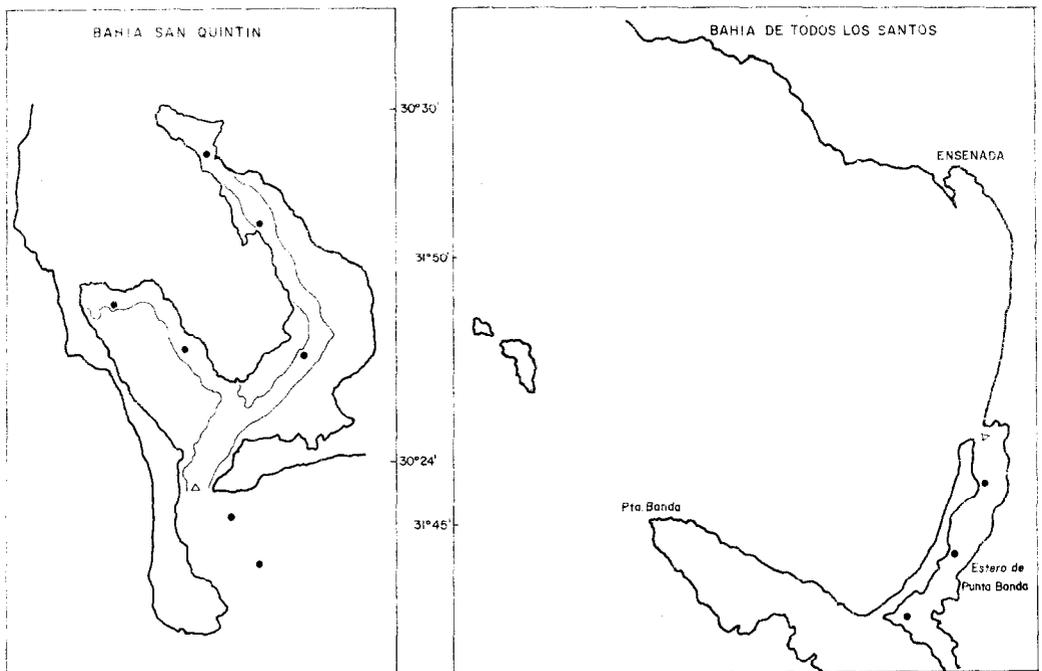


Fig. 1.- Localización de estaciones. El muestreo para el estudio de variaciones diurnas se efectuó en las localizaciones marcadas con un triángulo.

PRODUCCION ORGANICA PRIMARIA EN DOS ANTUESTUARIOS

RESULTADOS

En la boca de Bahía San Quintín la clorofila "a" presentó una mayor concentración y un rango más amplio de variación que en la boca del Estero de Punta Banda (Fig. 2). Se aprecia también en ambos lugares una mayor concentración en primavera que en verano. En general, la variación en ambos lugares en función del tiempo fue irregular, con variaciones abruptas sin correlación aparente con factores como la marea o el ciclo de irradiación solar. La distribución espacial de clorofila en el Estero de Punta Banda es muy homogénea con valores que fluctúan entre 0.7 y 1.7 mg/m^3 .

La concentración de fosfatos y nitratos es mayor en Bahía San Quintín que en el Estero de Punta Banda (Fig. 3), con rangos de variación casi iguales para primavera y verano. Al igual que la clorofila "a", la variación de estos dos nutrientes en función del tiempo fue irregular, con cambios abruptos hasta en una hora.

La profundidad del disco de Secchi fue siempre menor en Bahía San Quintín que en el Estero de Punta Banda, aún en primavera con 70% de nubosidad en el Estero y sólo 40% en Bahía San Quintín (Fig. 4).

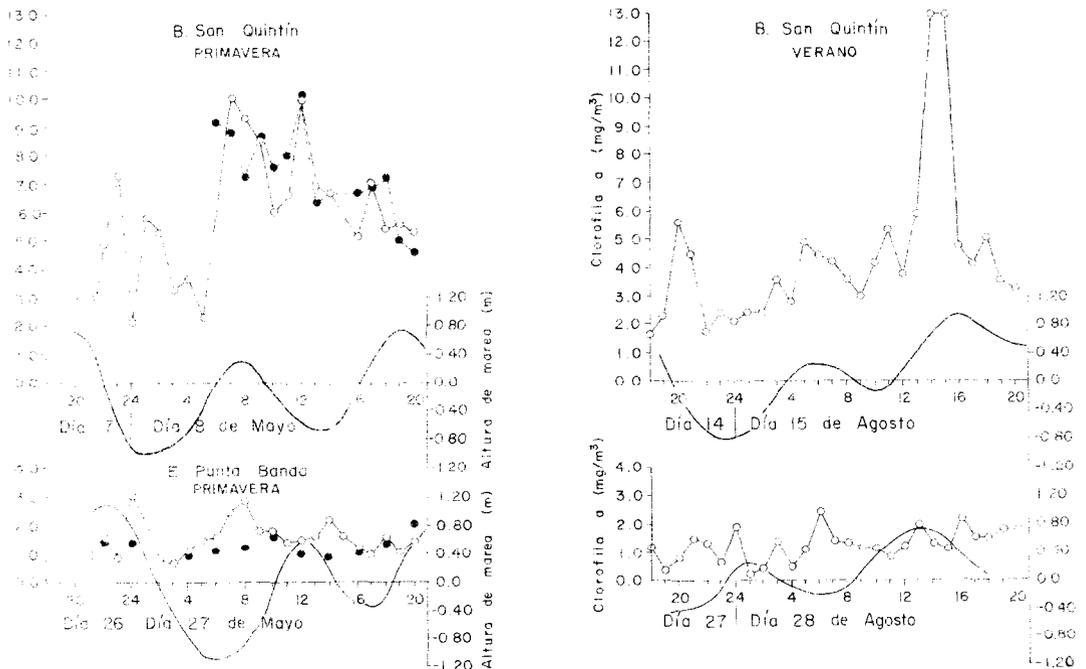


Fig. 2.- Ciclo de variación diurna de la concentración de clorofila "a" en mg/m^3 . (o muestras de superficie, • muestras de fondo). R.S. = Radiación solar en grs.-cal.

ALVAREZ BORREGO-LARA-ACOSTA

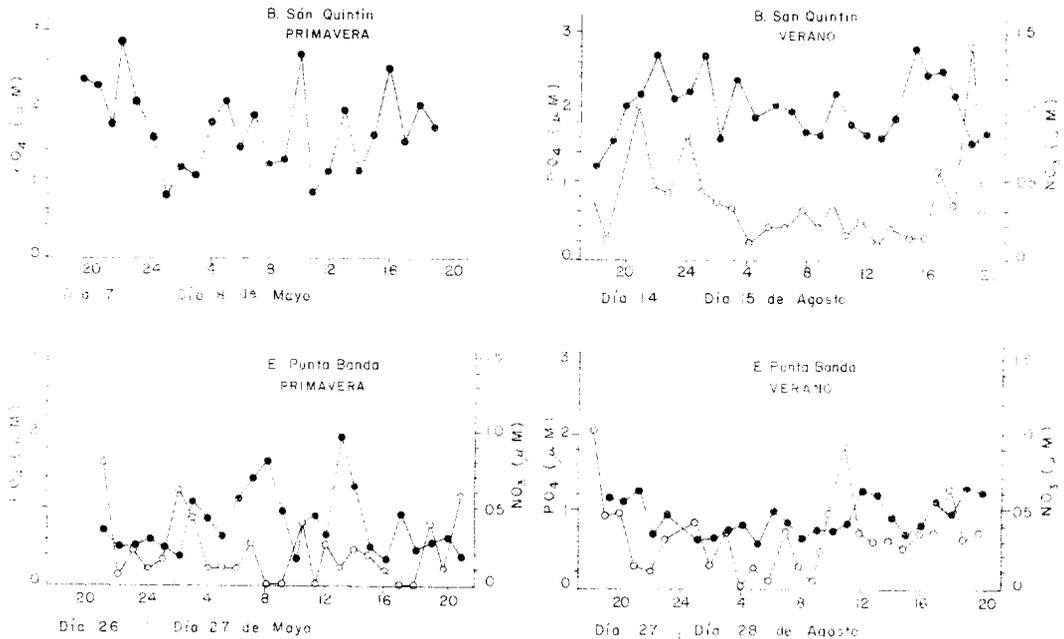


Fig. 3.- Ciclo de variación diurna de la concentración de nutrientes (P) (o fosfatos. ● nitratos).

DISCUSIONES

Glooschenko, Curl y Small (1972) estudiaron la variación diurna de la concentración de clorofila "a" en las aguas costeras frente a Oregon. Su conclusión fue que la concentración máxima de superficie ocurrió a menudo alrededor de media noche y el mínimo coincidió con el máximo de intensidad de luz. La fotoinhibición fue responsable de las bajas concentraciones durante el período de luz y la declinación de la concentración después del máximo en el período de oscuridad se debió a que las células agotaron sus reservas de algún precursor de clorofila o de algún sustrato proveedor de energía. Lara Lara y Alvarez Borrego (1975) observaron que en general la distribución superficial de clorofila "a" en Bahía San Quintín es tal que los valores disminuyen de la boca hacia el interior de la misma. De acuerdo con lo anterior al determinar la variación diurna de clorofila "a" en la boca de San Quintín, se esperaría el efecto combinado de la variación por efecto de irradiación solar y por el efecto de mareas. Este último causaría el que se presentaran más bajas concentraciones cuando la marea está bajando y viceversa. Nuestros resultados muestran (Fig. 2) que estos dos efectos se ven oscurecidos por la variación no periódica debida quizás a una distribución en forma de manchas de poblaciones de fitoplancton.

PRODUCCION ORGANICA PRIMARIA EN DOS ANTIESTUARIOS

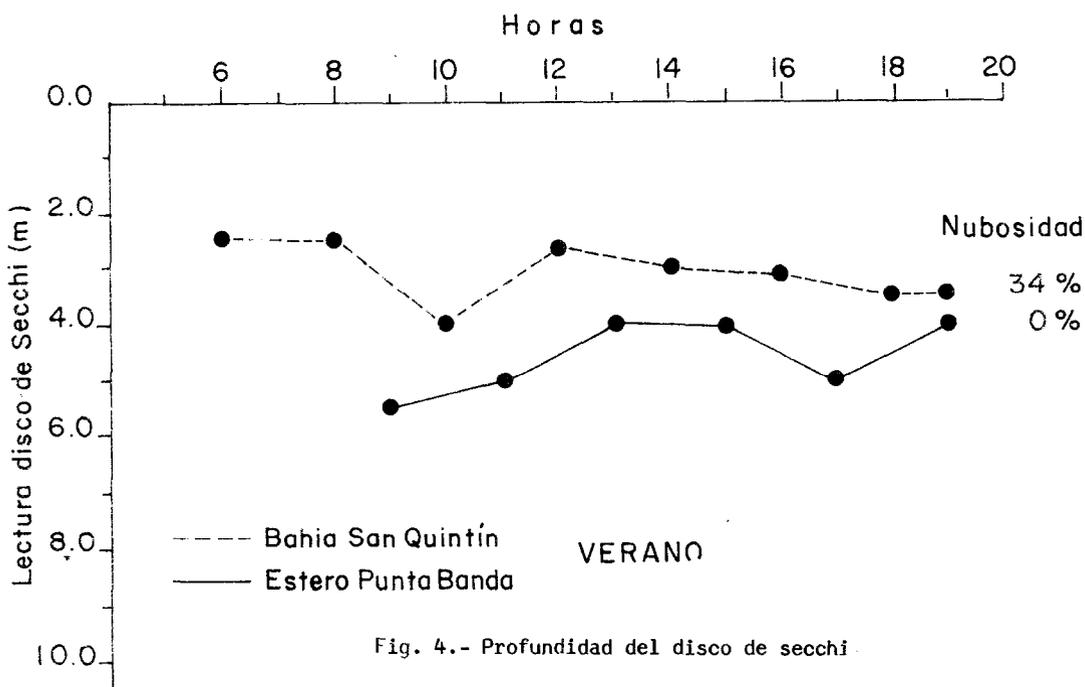
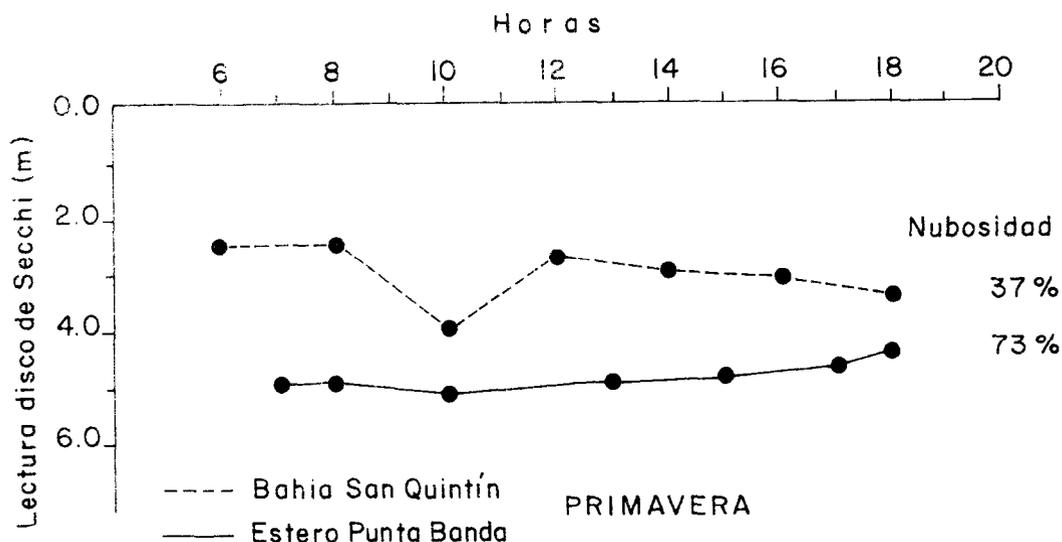


Fig. 4.- Profundidad del disco de secchi

Los más bajos valores de concentración de clorofila y de nutrientes en el Estero de Punta Banda, con respecto a los de San Quintín, quizá se deban a que la boca del Estero de Punta Banda está situada a unas 10 millas náuticas de la zona de surgencia de Punta Banda, fuera de la Bahía de Todos Santos (Chávez de Ochoa, 1975), mientras que la boca de Bahía San Quintín se encuentra inmediatamente adyacente a un área de surgencias intensas (Dawson, 1951).

Esto causa también el que las aguas del Estero de Punta Banda sean más transparentes (Fig. 4).

De acuerdo con nuestros resultados, el uso del método de clorofila-luz para estimar la productividad orgánica primaria en un punto determinado de este tipo de lagunas costeras, es válido solamente cuando se toma en cuenta la variación de la concentración de clorofila en función del tiempo. El tomar la concentración de clorofila de un momento dado como representativa para todo el día, podría causar un error en la estimación de la productividad primaria de hasta un orden de magnitud.

Small, Curl y Glooschenko (1972) presentaron una versión revisada de la ecuación original de Ryther y Yentsch (1975). La modificación principal consiste en tomar en cuenta el cambio de concentración de clorofila en función del tiempo. La nueva ecuación estima la producción primaria para intervalos de dos horas, de la siguiente manera:

$$P_{d2} = R_{d2} \cdot C_{d2} \cdot A_2$$

donde: P_{d2} es la fotosíntesis para un incremento de dos horas del período de luz a la profundidad d (expresada en $g C m^{-3} (2 \text{ hrs.})^{-1}$); R_{d2} es la fotosíntesis relativa para un incremento de dos horas a la profundidad d ($R m^{-3} (2 \text{ hrs.})^{-1}$); C_{d2} es la razón máxima fotosíntesis/clorofila para un incremento de dos horas ($g C hr^{-1} (g \text{ Clorofila "a"})^{-1}$). En condiciones de saturación de luz, A_2 es el número de asimilación (Small, *et al*, 1972).

La ventaja del método de clorofila - luz para estimar la productividad orgánica primaria rutinariamente, en lagunas costeras como Bahía San Quintín y el Estero de Punta Banda, sobre otros métodos como los de Carbono-14 y Oxígeno, consiste en que no tendrían que realizarse incubaciones, teniendo solamente que tomarse una muestra de agua para su posterior análisis en el laboratorio. Incluso, se podría determinar la concentración de clorofila "a" de una manera continua, por fluorimetría, utilizando una lancha con motor fuera de borda.

Las desventajas con que todavía cuenta el método de clorofila - luz, de acuerdo con la versión originalmente presentada por Ryther y Yentsch (1957) y mejorada por Small, Curl y Glooschenko (1972), en cuanto a su aplicación a lagunas costeras como las nuestras, estriban principalmente en el desconocimiento que se tiene de la distribución espacial de A_2 y su cambio en función del tiempo. Además, un problema que quizás es menos grave

PRODUCCION ORGANICA PRIMARIA EN DOS ANTIESTUARIOS

pero que no debe dejar de considerarse, es que la R_{d2} de Small, Curl y Glooschenko (1972) fue calculada asumiendo que la curva promedio R:I de Ryther (1956) es aplicable a las poblaciones fitoplanctónicas de la zona de surgencia frente a Oregon; queda por determinarse el que dicha curva sea aplicable a las poblaciones fitoplanctónicas de nuestras lagunas costeras. De acuerdo con los resultados de Ryther y Menzel (1959), la misma especie de fitoplancton puede comportarse de maneras diferentes con respecto a la relación R:I de acuerdo al acondicionamiento que presente a la luz.

Utilizando las curvas "fotosíntesis relativa : radiación total diaria" de Small, Curl y Glooschenko (1972) y nuestros resultados de concentración de clorofila se obtuvieron las estimaciones de productividad orgánica primaria, para el metro cúbico superficial, que se presentan en la tabla I. Estas estimaciones se presentan en función de A_2 que deberá determinarse en el futuro. Los coeficientes de A_2 fueron mayores para San Quintín que para el Estero de Punta Banda, y en ambos lugares fueron mayores en primavera que en verano.

Bannister (1974) ha presentado en su forma más completa, un tipo de ecuación que pretende proveer una mayor fundamentación teórica para el desarrollo futuro de una teoría general de la dinámica de fitoplancton. Este tipo de ecuación, que es más bien aplicable a lagos, introduce el concepto de eficiencia cuántica y la partición del coeficiente de extinción de la luz en dos componentes, uno dependiente y otro dependiente de la concentración de clorofila. Existen en el momento, desventajas fuertes que impiden la aplicación de este tipo de ecuación a la

ESTIMACIONES DE LA PRODUCTIVIDAD ORGANICA PRIMARIA

P (mg C m^{-3} día $^{-1}$)

	San Quintín	E. Punta Banda
PRIMAVERA	39.9 A_2	99 A_2
VERANO	23.6 A_2	7.2 A_2

Tabla I.- Productividad orgánica primaria en la boca de dos antiestuarios en función del coeficiente de asimilación (A_2). P (mg C m^{-3} día $^{-1}$), m^3 superficial.

estimación de la productividad orgánica en lagunas costeras. Se debe asumir que la concentración de clorofila no varía con el tiempo; el determinar los valores de la eficiencia cuántica implica básicamente el mismo tipo de problemas que la determinación de A_2 ; y es muy difícil determinar los dos componentes del coeficiente de extinción de luz. Algunos de estos factores fueron mencionados por el propio Bannister (1974).

RECONOCIMIENTOS

Agradecemos a los oceanólogos Luis Galindo, Marcos Miranda, Talpa Lara, Enrique Parra, Refugio González y Lucía Vargas por su valiosa ayuda en los muestreos de campo. Agradecemos al Sr. Antonio Novelo su desinteresada ayuda permitiéndonos utilizar las instalaciones de su motel en Estero Beach, durante los muestreos.

BIBLIOGRAFIA

- Acosta Ruíz, M de J. y S. Alvarez Borrego. 1974. Distribución superficial de algunos parámetros hidrológicos físicos y químicos en el Estero de Punta Banda, B.C., en otoño e invierno. *Ciencias Marinas*, Vol. 1, No. 1:16-45.
- Bannister, T. T. 1974. Production equations in terms of chlorophyll concentration, quantum yield, and upper limit to production. *Limnology and Oceanography*. Vol. 19, No. 1:1-12.
- Chávez de Nishikawa, A., y S. Alvarez Borrego. 1974. Hidrología de la Bahía de San Quintín, Baja California en invierno y primavera. *Ciencias Marinas*, Vol. 1, No. 2:31-62.
- Chávez de Ochoa, M del C. 1975. Algunas condiciones de surgencia durante la primavera de 1974, para el área adyacente a Punta Banda, Baja California. *Ciencias Marinas*, Vol. 2, No. 2:111-124.
- Dawson, E. Y. 1951. A further study of upwelling and vegetation along Pacific Baja California, Mexico. *Jour. Mar. Res.* Vol. 10, No. 1:39-58.

PRODUCCION ORGANICA PRIMARIA EN DOS ANTIESTUARIOS

- Glooschenko, W. A., H. Curl, Jr., y L. F. Small. 1972. Diel periodicity of chlorophyll a concentration in Oregon coastal waters. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, Vol. 29:1253-1259.
- Lara, Lara, J. R., y S. Alvarez Borrego. 1975. Ciclo anual de clorofilas y producción orgánica primaria en Bahía de San Quintín, B.C. *Ciencias Marinas*, Vol. 2, No. 1:77-97.
- Ryther, J.H. 1956. Photosynthesis in the ocean as a function of light intensity. *Limnology and Oceanography*. Vol. 1:61-70.
- Ryther, J. H. 1969. The oyster culture. Chapter 36, pp. 699-704. En: John E. Bardach and John C. McLarney. 1973. *Aquaculture*. Wiley-Interscience, a division of John Wiley and Sons, Inc.
- Ryther, J. H., y C. S. Yentsch. 1957. The estimation of phytoplankton production in the ocean from chlorophyll and light data. *Limnology and Oceanography*. Vol. 2:281-286.
- Ryther, J. H., y D. W. Menzel. 1959. Light adaptation by marine phytoplankton. *Limnology and Oceanography*. Vol. 4:492-497.
- Small, L. F., 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*. Vol. 29:1261-1267.
- Strickland, J. D. H., y T. R. Parsons. 1968. A practical handbook of seawater analysis. *Fish. Res. Bd. of Canada*. Bull. 311 pp.