

VARIABILIDAD DIURNA DE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA EN LA BOCA DE LA ENSENADA DE LA PAZ, B.C.S.

Ma. Teresa Barreiro Güemes
Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco
Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Del. Coyoacán,
México 04960 D.F., México.

Carlos Lechuga Déveze
José Bustillos Guzmán
Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur.
A.P. 128, La Paz 23000, B.C.S., México.

RESUMEN

Durante los veranos de 1987 y 1988 se registró la producción primaria fitoplanctónica, en una serie de cinco ciclos diurnos consecutivos, en la Ensenada de la Paz, B.C.S. La estación de muestreo se localizó en la parte externa del canal de comunicación con la Bahía de la Paz. Se cubrieron tres niveles: superficie, 50% y 25% de luz incidente. Las mediciones se efectuaron con el método del oxígeno en botella clara-oscuro, y se midió también la cantidad de clorofila *a*. Para el verano de 1987 la producción primaria bruta osciló entre 10 y 347 mg C/m²/h y para 1988, entre 75 y 325 mg C/m²/h. Se presentó un patrón de variación coincidente con el ciclo de marea, con las mayores producciones en períodos de pleamar. La entrada de agua de la Bahía de la Paz, al parecer, favorece esta producción. Las concentraciones de clorofila *a* fueron muy diferentes en ambos veranos, de 2.01 a 6.60 mg Clor. *a*/m² para 1987 y de 13.9 a 18.7 mg Clor. *a*/m² para 1988. Las altas cantidades de pigmento registradas en 1988 son, posiblemente, originadas por la presencia de poblaciones emergidas del fondo de la capa fótica, adaptadas a bajas irradiancias y arrastradas a la superficie por la preparación de una surgencia, evidenciada por la disminución de la temperatura.

PALABRAS CLAVE: Ensenada de la Paz, B.C.S. Producción primaria. Variación diurna.

ABSTRACT

During summer of 1987 and 1988, the phytoplanktonic primary production, was registered during diurnal cycles, along five consecutive days in the Inlet of La Paz, B. C. S. The sampling station was located in the external side of the communication channel with the Bay of La Paz. Three layers were sampled: surface, 50 and 25% of incident light. The measurements were carried out with the oxygen method in light-dark bottles, and also measuring the quantity of chlorophyll *a*. For the summer of 1987, gross primary production fluctuated from 10 to 347 mg C/m²/h and for the summer of 1988, from 75 to 325 mgC/m²/h. This production showed a variation pattern coincident with the tide cycle. The entry of waters of the Bay of La Paz, apparently increases this production. The pigment concentrations were different in both summers with values between 2.01 to 6.60 mg Chl *a*/m² in 1987 and from 13.9 to 18.7 mg Chl *a*/m² in 1988. The high quantities of pigment, registered in 1988 were possibly originated by the presence of populations emerged from the bottom of the photic layer, adapted to low irradiancias and dragged to the surface by a surge in preparation, evident by the temperature decrease.

KEY WORDS: La Paz Inlet, B.C.S. Primary production. Diurnal variation.

INTRODUCCIÓN

Es sabido que la producción primaria de las comunidades fitoplanctónicas presenta variaciones en diferentes escalas temporales (Harris, 1978), siendo las diurnas

(Sournia, 1974) y las estacionales (Harrison y Platt, 1980) las mejor conocidas.

En las lagunas costeras, las variaciones diurnas son particularmente evidentes dado que los organismos fitoplanctónicos se

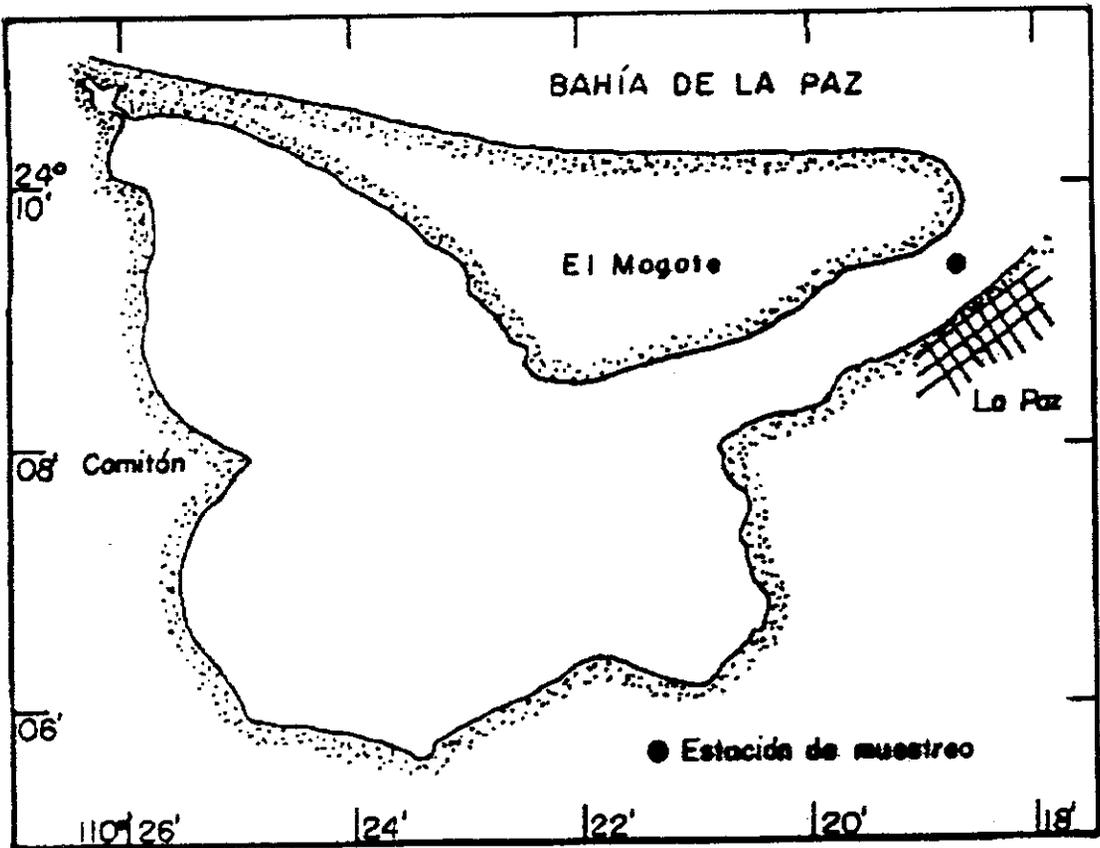


Figura 1. Localización de la zona de estudio y ubicación de la estación de registro.

ven sometidos a condiciones físicas cambiantes, entre otras: los cambios de marea, de turbidez y las variaciones de salinidad y temperatura.

La producción primaria fitoplanctónica y la comunidad responsable de ella en la Ensenada de La Paz han sido estudiadas por varios autores: Gilmartin y Revelante (1978), Signoret y Santoyo (1980), García-Pamanes y Gárate (1984), Bustillos-Guzmán (1986), Bustillos-Guzmán y Olivares-González (1986), Lechuga-Déveze *et al.* (1986), entre otros.

La Ensenada de la Paz es un cuerpo de agua costero, en el cual la influencia de masas de agua provenientes de la Bahía de La Paz (Granados Guzmán y Álvarez Borrego, 1984) se hace evidente por la presen-

cia de especies fitoplanctónicas típicas del Golfo de California (Signoret y Santoyo, 1980; Bustillos-Guzmán, 1986). Su producción primaria ha sido evaluada en estudios anteriores, encontrándose valores de 1.19 g C/m²/día [media anualizada, (Bustillos-Guzmán y Olivares-González, 1986; Lechuga-Déveze *et al.*, 1986)].

Sus características físico-biológicas han sido ampliamente descritas por Gilmartin y Revelante (1978), Signoret y Santoyo (1980), y Lechuga Devéze *et al.* (1986, 1990).

El objetivo de este trabajo es estimar las variaciones diurnas de la producción primaria, a partir de dos períodos de muestreo de 4 a 5 días, para dos épocas de verano: 1987 y 1988.

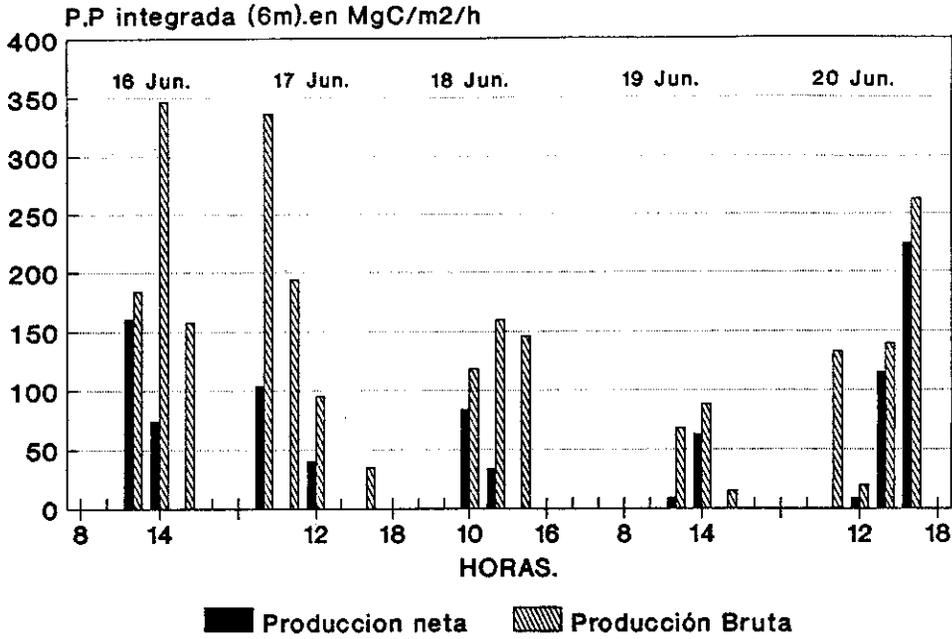


Figura 2. Variaciones de la producción primaria durante cinco períodos de irradiancia. Junio 1987.

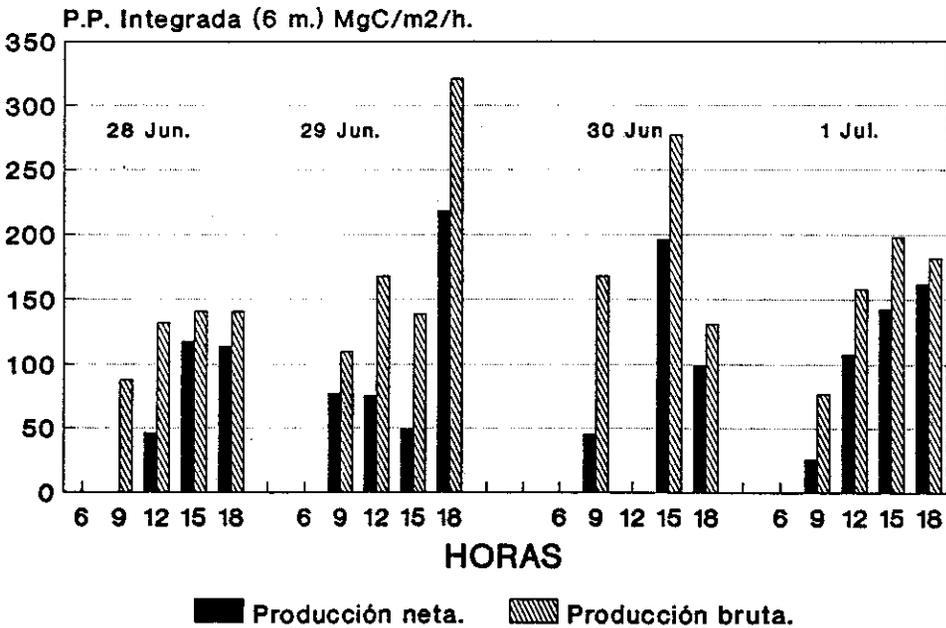


Figura 3. Variaciones de la producción primaria en cuatro períodos de irradiancia. Junio 1988.

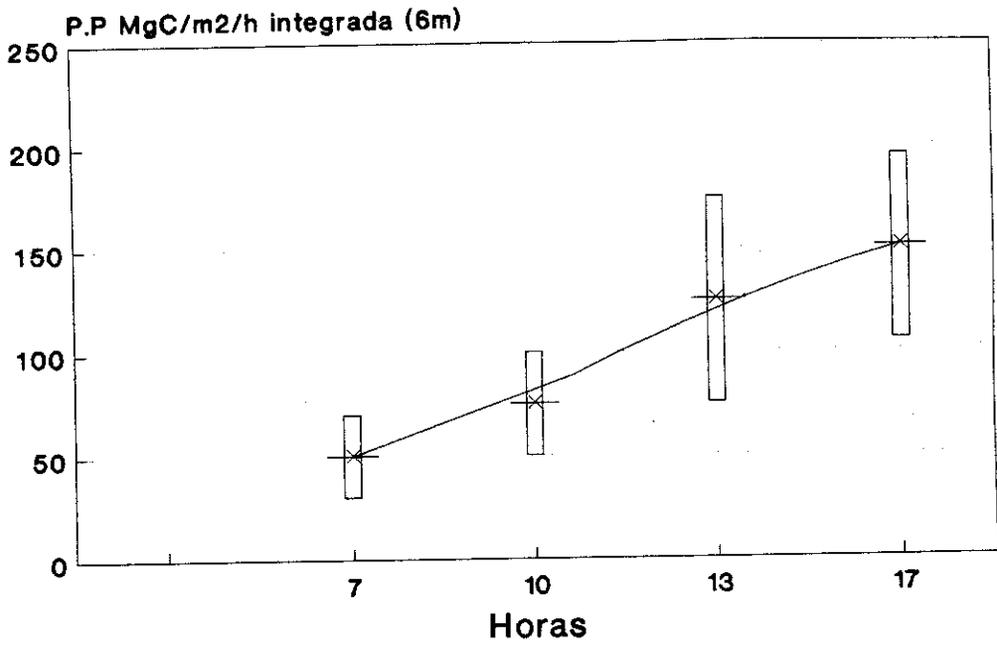


Figura 4. Medias y desviaciones estándar de la producción primaria a las horas consideradas. Junio 1988.

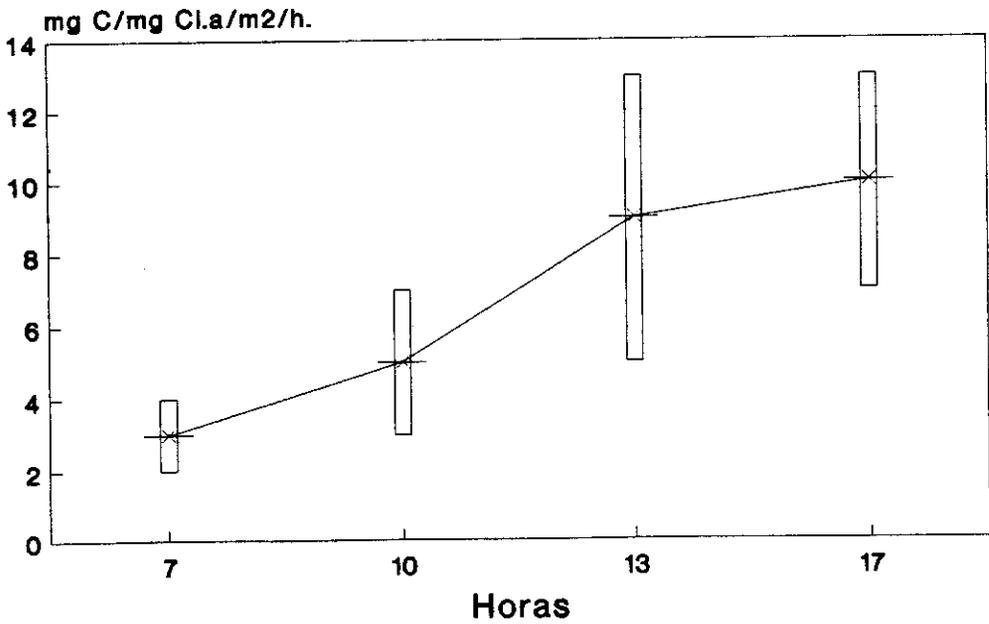


Figura 5. Medias y desviaciones estándar del número de asimilación, en los 5 días, a las horas consideradas. Junio 1988.

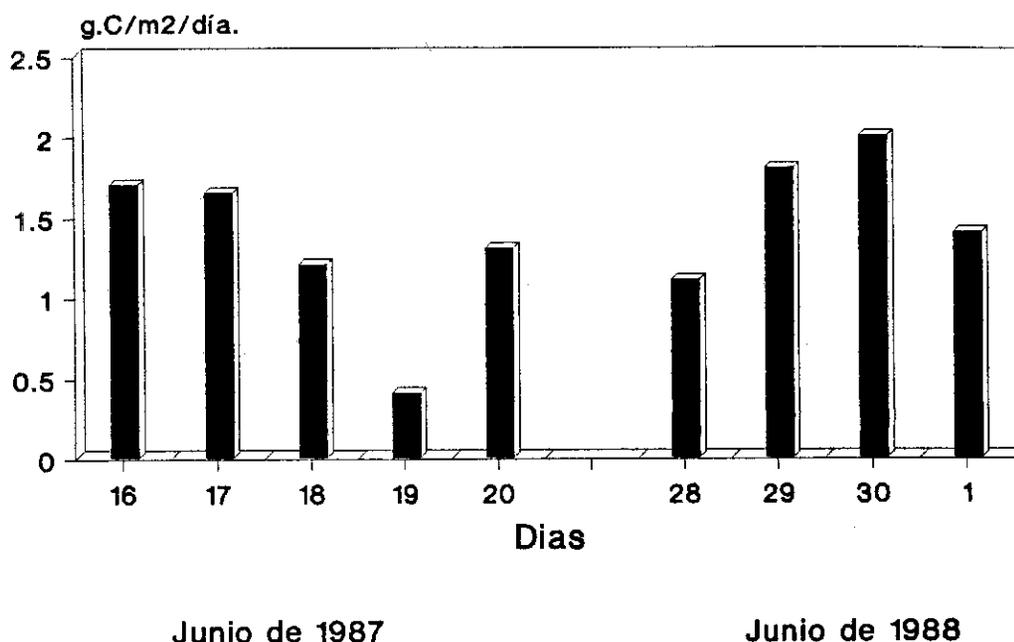


Figura 6. Producción primaria bruta integrada por día. Junio de 1987 y 1988.

MATERIALES Y MÉTODOS

La estación de muestreo fue ubicada en la parte más externa del canal de comunicación de la Ensenada con la Bahía de la Paz (Fig. 1). Trabajos anteriores han señalado que en este punto la columna de agua está muy influenciada por la corriente de marea, por lo que sus oscilaciones pueden ser fácilmente identificables y tiene, por lo tanto, características propias de la Ensenada, con marea baja, y de la Bahía de la Paz, con marea alta.

Durante dos períodos de cinco días, en junio de 1987 y en junio de 1988, se efectuaron registros de la producción primaria fitoplanctónica, de los pigmentos fotosintéticos y de algunos factores de referencia sobre las características físicas y químicas del agua: temperatura, salinidad (mediante un termohalinoconductivímetro Beckman RS5-3), oxígeno disuelto (con el método de Winkler descrito por Strickland y Parsons, 1972) y transparencia (con un disco de Secchi); todos ellos estimados en tres niveles ópticos de la columna de agua:

100, 50 y 25% de la intensidad luminosa en superficie; los cuales fueron determinados por medio de un irradiómetro Kahlsico con sensor plano, en el rango espectral de 400 a 700 μm . Los registros se efectuaron cada 2 a 3 horas durante el período de irradiación solar.

La producción primaria fue estimada por el método del oxígeno en botellas claras y oscuras. Los pigmentos fotosintéticos del material particulado retenido en filtros de fibra de vidrio (Whatman GF/C) fueron analizados en extracto acetónico, y se utilizaron las ecuaciones tricromáticas de Jeffrey y Humphrey (1975).

RESULTADOS

Los valores de producción primaria estimados durante el período de irradiación solar presentaron patrones diferentes de variación en los distintos días de muestreo.

Las figuras 2 y 3 muestran los valores de producción primaria bruta y neta, inte-

grados en la columna de agua. Para 1987 las oscilaciones en el ciclo diurno no muestran una tendencia bien definida, encontrándose los máximos tanto cerca del mediodía (días 16, 18 y 19 de junio) como en las mañanas (día 17), o en la tarde (día 20); sin embargo, hay cierta coincidencia de estos valores máximos con los períodos de pleamar, los días 16, 19 y 20.

Los valores registrados fueron muy variables, oscilando entre 10 y 347 mg C/m²/h de producción bruta.

Para el mismo período, en 1988, las oscilaciones diurnas fueron más evidentes y se observó un incremento en la producción con el avance del día y el ascenso de la marea. Esta tendencia se manifiesta más claramente al analizar las medias de los valores obtenidos en los cuatro días de muestreo (Figs. 4 y 5).

Las oscilaciones de los valores registrados fueron menos variables que para 1987, ya que se encontró un intervalo de 75 a 325 mg C/m²/h de producción bruta.

La figura 6 muestra los valores de producción integrados por día. Para 1987 se observa una disminución marcada para el día 19, seguida de un ascenso. Los valores oscilan entre 0.5 y 1.75 g C/m²/día de producción primaria bruta. Para 1988 los valores variaron entre 1.25 y 2.0 g C/m²/día.

Las concentraciones de clorofila *a* fueron muy diferentes para ambos años: en 1987 oscilaron entre 2.01 y 6.60 mg Clor. *a*/m² (integrados para la columna de agua de 6 m); en cambio, para 1988 fueron muy altos y variaron entre 13.9 y 18.7 mg Clor. *a*/m². La figura 7 presenta los valores de producción estandarizados por unidad de clorofila (Número de asimilación, NA). En 1987 se presenta una clara oscilación con un mínimo el día 19; el promedio para los 5 días es de 24.8 mg C/mg Clor. *a*/m²/h. Para 1988 la oscilación es menor, con un promedio de 4.2 mg C/mg Clor. *a*/m²/h.

Los valores de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto se presentan como valores de referencia en las figuras 8, 9 y 10, y han

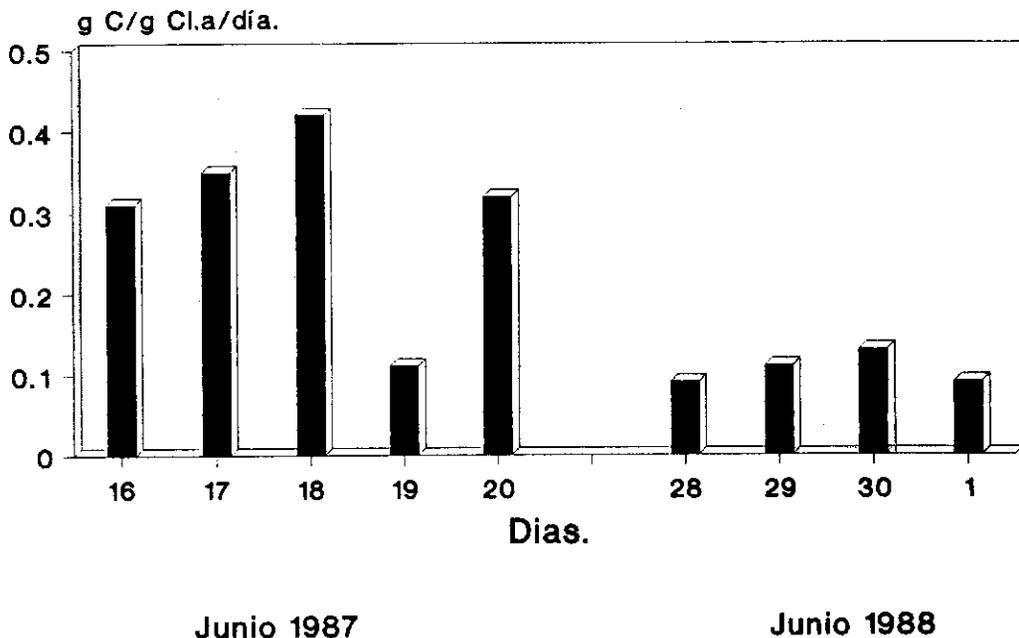


Figura 7. Números de asimilación integrados por día. Junio 1987 y junio 1988.

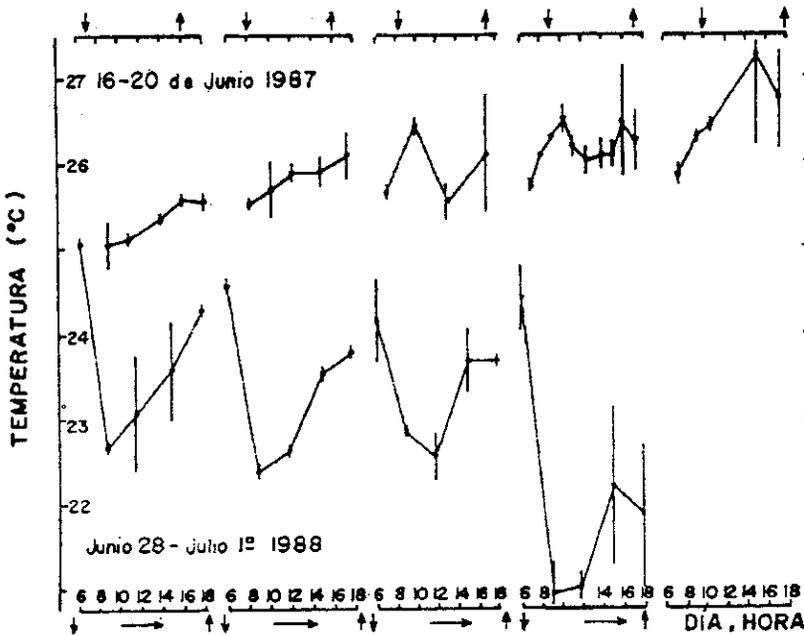


Figura 8. Variación de la temperatura para las dos épocas de muestreo. Cada punto representa la media y la desviación estándar de 6 a 8 determinaciones efectuadas cada metro en la columna de agua. Las flechas indican la fase de marea durante la cual se llevó a cabo el muestreo: marea alta, baja o remanso. Tomada de Lechuga Déveze *et al.*, 1990.

sido analizados en detalle por Lechuga *et al.* (1990).

DISCUSIÓN

Al analizar las variaciones diurnas de la producción primaria en el verano de 1987, se observa que los valores máximos de producción, para la mayoría de los días muestreados, se registraron en períodos de pleamar. El ascenso de la marea coincide con una disminución de salinidad (Fig. 9), lo cual demuestra que la Ensenada de la Paz, es más salina que el mar adyacente, por lo que se considera que la producción primaria medida en esos períodos corresponde a masas de agua de origen nerítico.

Para el verano de 1988 existe una tendencia ascendente de la producción primaria al avanzar el día; puede observarse una coincidencia más marcada con el ascenso de la marea (Fig. 11), que también es creciente a lo largo del día. Al parecer, la

entrada de aguas de la Bahía de la Paz condiciona una mayor producción. Asimismo, se observó que en las primeras horas de la mañana, cuando baja la marea, la producción registrada fue menor. En este período la temperatura y la salinidad son mayores (Figs. 8 y 9), lo cual indica la presencia de una masa de agua sujeta a mayor evaporación, procedente de la Ensenada de la Paz. Según Espinosa Ávalos (1977), en la Ensenada de la Paz la evaporación excede a la precipitación, por lo que la temperatura y la salinidad tienden a incrementarse hacia el fondo de la cuenca. Este efecto parece provocar una correlación estrecha de la marea con las variables físicoquímicas (Lechuga Déveze *et al.*, 1986) y las comunidades fitoplanctónicas (Signoret y Santoyo, 1980), lo que explica que también influya en la producción primaria.

Los valores registrados de producción primaria bruta para los dos períodos de verano: 1987 y 1988, son de un rango similar y su valor medio es muy cercano, ya que

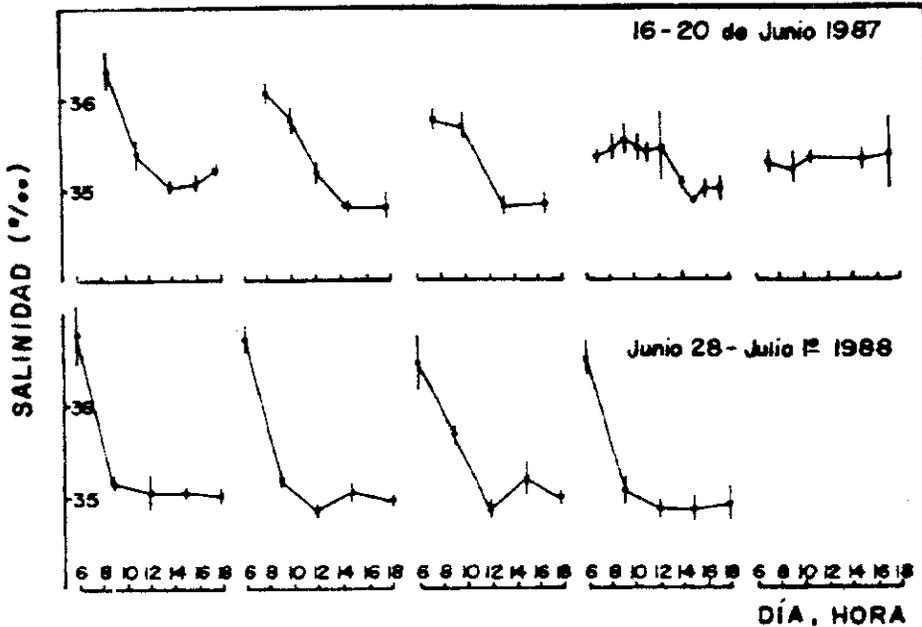


Figura 9. Variación de la salinidad para las dos épocas de muestreo. Cada punto representa la media y la desviación estándar de 6 a 8 determinaciones efectuadas cada metro en la columna de agua. Fases de marea como en la figura 8. Tomada de Lechuga Déveze *et al.*, 1990.

fueron de 165.02 mg C/m²/h y de 162.57 mg C/m²/h, respectivamente. Asimismo, los valores integrados por día, que oscilaron entre 0.5 y 2.0 g C/m²/día, son similares y coincidentes con los obtenidos por Lechuga Déveze *et al.* (1986) para una media de las diferentes estaciones del año: 1.19 g C/m²/día.

La mayor diferencia observada entre ambos veranos fue respecto al número de asimilación (NA), ya que en 1987 se obtuvo un valor muy alto (24.8), cercano al máximo reportado en la literatura que, según la revisión hecha por Subba-Rao (1981), es de 25 mg C/mg Clor. a/h. Para 1988 el NA fue sensiblemente más bajo (4.23). Si tomamos en cuenta que los valores de producción primaria son similares en ambos años, lo que hace variar el NA es el alto contenido de pigmentos registrado en 1988, que fluctuó entre 12.04 y 18.70 mg/Clor. a/m².

Las diferencias entre números de asimilación dan un indicio de que las poblaciones fitoplanctónicas, cuya productividad fue

registrada en 1987, eran más eficientes que las muestreadas en el siguiente verano.

De acuerdo con el análisis de los parámetros fisicoquímicos (Figs. 8 a 10) hecho por Lechuga-Déveze *et al.* (1990), el verano de 1988 fue más frío que el de 1987; asimismo, se presentó mayor amplitud de marea que el año anterior. La presencia de masas de agua de menor temperatura dan cierta evidencia de la preparación y desarrollo de un evento de surgencia en aguas cercanas al Golfo de California (Lechuga-Déveze *et al.*, 1990). Granados Guzmán y Álvarez Borrego (1984) comentan que en la Ensenada de la Paz las temperaturas mínimas anuales son registradas en verano, y que éstas son atribuibles a fenómenos de surgencia que ocurren en el Golfo de California. Las aguas de la surgencia posiblemente acarreen, por el fuerte ascenso de marea, poblaciones del fondo de la capa fótica que, por estar adaptadas a bajas irradiancias, tienen una mayor cantidad de pigmentos y una menor eficiencia. Esta suposición, para ser comprobada, re-

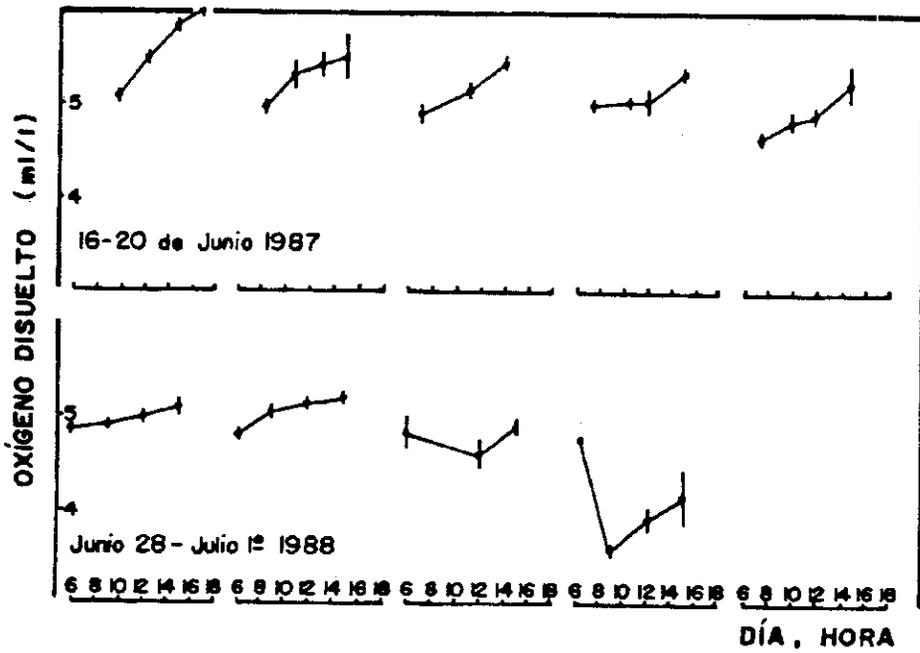


Figura 10. Variación del oxígeno disuelto para las dos épocas de muestreo. Cada punto representa la media y la desviación estándar de 6 a 8 determinaciones efectuadas cada metro en la columna de agua. Fases de mareas como en la figura 8. Tomada de Lechuga-Déveze *et al.*, 1990.

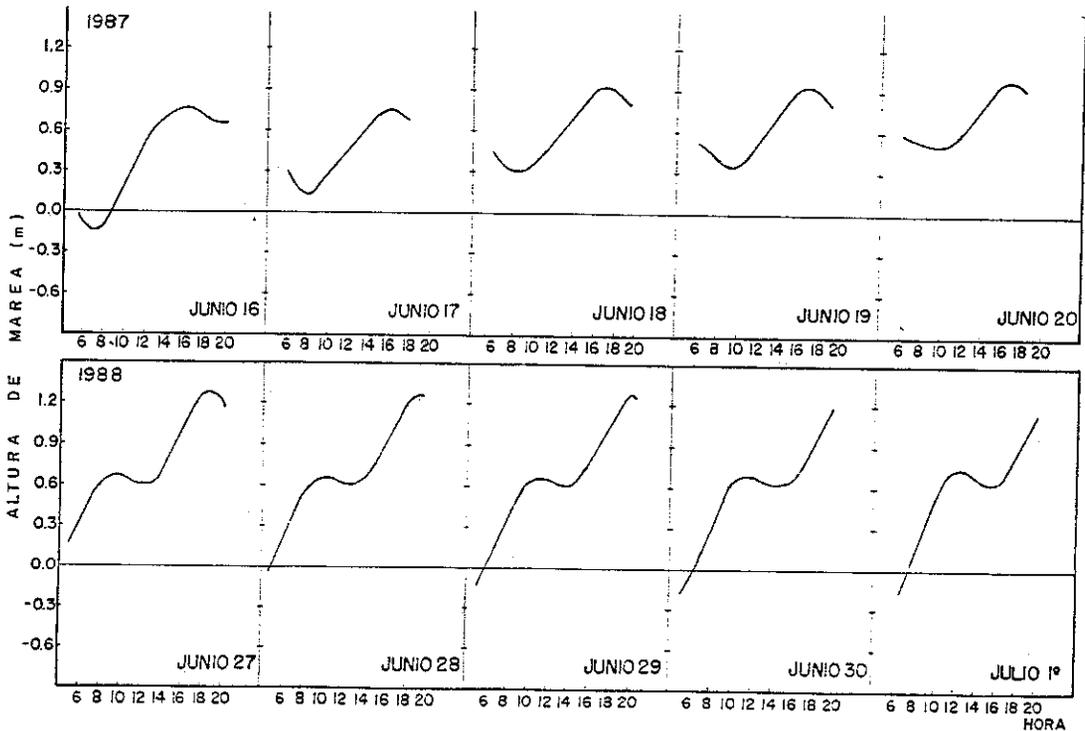


Figura 11. Oscilaciones de marea para los periodos de estudio durante junio de 1987 y junio de 1988.

queriría de un análisis de la composición y densidad de los organismos fitoplanctónicos responsables de la producción primaria y de la concentración de pigmento registradas, lo cual no fue previsto en este estudio.

Aunque de manera esporádica, se cuenta con registros anteriores de la producción primaria, tanto en el mismo punto como en el interior de la Ensenada y en las aguas oceánicas aledañas a la Bahía de la Paz. Bustillos-Guzmán y Olivares-González (1986) registraron, en el verano de 1982, en el fondo de la Ensenada de la Paz ("Zacatecas"), valores bajos de producción primaria bruta, entre 60 y 90 mg C /m³/h, o sea, de 0.720 a 1.080 g C m³/ día, luego de realizar un muestreo solamente en el estrato de superficie.

Gilmartin y Revelante (1978) registraron en 1972 valores de 0.372 g C m³/día para la Ensenada de la Paz, también en la capa de superficie. El tipo de muestreo utilizado en los estudios mencionados fue distinto al empleado en el presente estudio, ya que no se integraron los valores de varios estratos de la columna de agua. Sin embargo, dado que la Ensenada es somera, los valores pueden ser contrastados con los estimados para el canal de comunicación con la Bahía de la Paz, por lo que encontramos que las producciones registradas en la Ensenada son de menor cuantía que las del canal.

La dinámica del fitoplancton en las aguas costeras es compleja, ya que las diversas masas de agua que confluyen en ellas, movilizadas por las corrientes y las mareas, aportan diversas comunidades de productores primarios que no tienen una distribución homogénea y que se suceden unas a otras (Harris, 1986). Estas comunidades tienen diferentes estructuras, biomasa y diversos grados de adaptación a las distintas irradiancias, disponibilidad de nutrientes y, en general, a las distintas condiciones que se manifiestan durante el

ciclo diurno y en los diferentes días. Esta situación explica la gran variabilidad que se presenta en la producción primaria y que fue evidente en los registros efectuados durante la realización de este trabajo.

CONCLUSIONES

La producción primaria en la Ensenada de la Paz presenta variaciones durante el período de irradiancia, influidas principalmente por el régimen de mareas.

Las aguas provenientes de la Bahía de la Paz parecen condicionar los aumentos en la producción primaria.

La producción diaria integrada es variable en diferentes días consecutivos, por lo que es recomendable el registro en series de tiempo para obtener datos más representativos que caractericen a una estación del año.

El número de asimilación se ve afectado por la confluencia de poblaciones provenientes del fondo, adaptadas a bajas irradiancias.

Con base en datos esporádicos anteriores, se puede decir que la zona de confluencia de aguas de la Ensenada y de la Bahía de la Paz es más productiva que el fondo de la propia Ensenada.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se desarrolló con apoyo económico de CONACyT, otorgado mediante el convenio PCECBNA 021177 al Dr. José Luis Castro Aguirre, a quien se agradece haber confiado a los autores esta parte del programa general. También se agradece a la M. en C. Ma. del Carmen Jiménez Quiroz, y a los B. M. Ismael Gárate y Edgar Amador, su apoyo en campo y laboratorio.

LITERATURA CITADA

- BUSTILLOS-GUZMÁN J., 1986. Fitoplancton en tres ecosistemas de manglar en la Bahía de la Paz, B.C.S. I. Diatomeas. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Univ. Nac. Autón. México*, 13 (3):301-306.
- BUSTILLOS-GUZMÁN, J. y E. OLIVARES-GONZÁLEZ, 1986. Fitoplancton en tres ecosistemas de manglar de la Bahía de la Paz, B.C. México. II. Producción Primaria bruta, neta y respiración. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Univ. Nac. Autón. México*, 13:307-312.
- ESPINOSA-ÁVALOS, J., 1977. Los principales parámetros físico-químicos de las aguas de la Ensenada de la Paz, B.C.S. *Informe general de Labores del Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur. Resultados de las Investigaciones 1977*:5-27.
- GARCÍA-PAMANES J. e I. GÁRATE, 1984. La importancia de los productores primarios (fitoplancton) en la Ensenada de la Paz. *En: Memoria Presente y Futuro de la Ensenada de la Paz*. La Paz, B.C.S. México. pp 61-64.
- GILMARTIN, M. y N. REVELANTE, 1978. The phytoplankton characteristics of the barrier island lagoons of the Gulf of California. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 7:29-47.
- GRANADOS-GUZMÁN, A. y S. ÁLVAREZ-BORRERO, 1984. Variabilidad de temperatura en la Ensenada de la Paz, B.C.S. *Ciencias Marinas*, 9(2):133-141.
- HARRIS, G.P., 1978. Photosynthesis, productivity and growth: The physiological ecology of phytoplankton. *Archiv fuer Hydrobiologie. Beiheft Ergebnisse der Limnologie*, 10:1-171.
- , 1986. Phytoplankton ecology, structure, function and fluctuation. *Ed. Chapman and Hall*. cap. 3 pp. 36-53. Londres/Nueva York.
- HARRISON, W.G. y T. PLATT, 1980. Variations in the assimilation number of coastal marine pytoplankton Effects of environmental covariates. *Journal of Plankton Research*, 2:249-260.
- JEFFREY, S.W. y J.F. HUMPREY, 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 y c2 in algal phytoplankton and higher plants. *Biochemie und Physiologie der Pflanzen (BPP)*, 167:191-194
- LECHUGA-DÉVEZE C.H., J. GARCÍA-PAMANES y J. BUSTILLOS-GUZMÁN, 1986. Condiciones ecológicas de una laguna costera de la costa oeste del Golfo de California: turbiedad y clorofila *a*. *Ciencias Marinas*, 12(1):19-31.
- LECHUGA-DÉVEZE, C., J. BUSTILLOS-GUZMÁN, M. T. BARREIRO-GÜEMES y D. LÓPEZ-CORTÉS, 1990. Oscilaciones semi-diurnas, diarias y estacionales de las variables físicas en la Ensenada de la Paz, B.C.S. *Investigaciones Marinas CICIMAR*, 5 (1):1-9.
- SIGNORET, M. y H. SANTOYO, 1980. Aspectos ecológicos del plancton de la Bahía de la Paz, B.C.S. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Univ. Nac. Autón. México*, 7(2):217-248.
- SOURNIA, A., 1974. Circadian periodicities in natural populations of marine phytoplankton. A review. *Advances of Marine Biology*, 6:325-389.
- STRICKLAND, J.D.H. y T.R. PARSONS, 1972. A practical handbook of sea water analysis. 2nd ed. *Bulletin of Fisheries. Research Board of Canada*, 167:1-130.
- SUBBA-RAO, D.V., 1981. Spatial and temporal variations of phytoplankton production in lagoons. *In: Lasserre, P.H. Postma, J. Costlow and M. Steyaert (Eds.). Coastal Lagoons Research. Present and Future II. Proceeding UNESCO/IABO. Technical Papers of Marine Science*. UNESCO, 33. 348 p.

Recibido: 23 de Junio de 1992.

Aceptado: 17 de Noviembre de 1992.