

# Producción primaria en dos estuarios tropicales de la Costa Caribeña de Venezuela

G. L. Rodríguez & J.E. Conde

Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Apartado 11827, Caracas 1020-A, Venezuela.  
Centro de Investigaciones Marinas (CIMAR), Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, La Vela de Coro, Falcón, Venezuela.

(Rec. 25 - I - 1988. Acep. 3-IV - 1989)

**Abstract:** Of two estuaries studied by means of the  $C^{14}$  method, the Tacarigua lagoon showed the highest values of production, generally above  $30 \text{ mgC/m}^3/\text{hr}$ , with a peak of  $187.76 \text{ mgC/m}^3/\text{hr}$ . In Maracaibo the highest recorded value was  $46.33 \text{ mgC/m}^3/\text{hr}$ , but with an irregular vertical distribution attributable to strong vertical mixing. A marine locality on the coast showed values considerably lower ( $2\text{-}3 \text{ mgC/m}^3/\text{hr}$ ).

**Key words:** Primary productivity, estuaries, seasonality, salinity.

A pesar de que los estuarios en las zonas templadas han sido reconocidos como ambientes marinos muy productivos, usualmente más que las aguas costeras abiertas (McLusky 1981), en muy pocos casos se ha determinado directamente la productividad primaria de los estuarios del trópico americano (Tundisi y Tundisi 1972) y generalmente ésta ha sido deducida más bien a través de la diversidad de especies, la descripción de las comunidades y la relación de estos ecosistemas con las pesquerías.

En la presente investigación comparamos el curso temporal de la productividad primaria y su relación con otros parámetros físico-químicos, en dos estuarios con diferentes características y en una zona costera equidistante de ambos.

Las áreas estudiadas fueron (1) el estuario de Maracaibo, un lago parcialmente salobre, con una superficie de  $14\,344 \text{ km}^2$  situado en el Oeste del país, donde las muestras se tomaron mensualmente en el estrecho que lo comunica con el mar, en la superficie, la mitad y cerca del fondo (12 m), de agosto de 1975 a marzo de 1976, cubriendo así el máximo de pluviosidad (octubre) y toda la estación seca (enero a marzo); (2) la laguna de Tacarigua, una albufera somera, situada en la costa centro-occidental, con un área aproximada de  $180 \text{ km}^2$

comunicada con el mar por una pequeña boca de unos 20 m de ancho, la cual puede reducirse o cerrarse completamente, induciendo, junto con el régimen pluvial, fuertes variaciones locales y estacionales de la salinidad, y donde las muestras se tomaron mensualmente en la superficie y en el fondo (1.4 m), a lo largo de 1974, en una estación cercana a la boca del estuario y (3) una costa rocosa marina en la región central, alejada de zonas de influencia estuarina, donde fueron tomadas dos muestras en la playa y dos a 100 metros de distancia.

La producción primaria se determinó por la incorporación de  $C^{14}$  durante la fotosíntesis (Parsons *et al.* 1984) en muestras incubadas por 6 horas a partir de las 6:00 am. En Maracaibo la incubación de las muestras procedentes de los tres niveles estudiados se hizo en la superficie con el fin de que los valores obtenidos dependieran de la densidad del fitoplancton y no de la atenuación de la luz. Las muestras de la Laguna de Tacarigua fueron incubadas *in situ*, pero en febrero se hizo un experimento cruzando las fracciones de la superficie y el fondo.

En el cálculo de los resultados se usó la ecuación,

$$\text{Fotosíntesis en } \text{mg/m}^3/\text{hora} = \frac{(R_a - R_b) W}{R} \frac{1.05}{t}$$

donde  $R_a$  y  $R_b$  corresponden a la actividad en cuentas por minuto (cpm) medidas en las botellas de incubación claras y oscuras,  $R$  = actividad específica,  $t$  = tiempo,  $W$  = carbono carbonátrico en  $\text{mgC/m}$ . El factor 1.05 toma en cuenta las diferencias de comportamiento del  $C^{12}$  y  $C^{14}$ .

La solución de  $C^{14}$  en forma de bicarbonato de sodio, con una actividad de 4 $\mu$ , fue obtenida del Centre d'Etudes Nucleaires, Saclay, Francia. La actividad fue medida con un contador de centelleo usando aquasol como líquido centelleador. La eficiencia, obtenida contrastando las medidas contra una curva de *quenching*, fue en general superior a 50%, aunque en algunas muestras de Tacarigua con abundantes sedimentos llegó a valores del 38%.

La concentración de carbono inorgánico (W) se determinó a través de la temperatura, la salinidad y la alcalinidad total. Esta última se calculó por el cambio del pH después de haber agregado HCl 0.01 N (Vollenweider 1974). En las muestras de mayo y junio de la laguna de Tacarigua se usó como valor de W el promedio hallado en las muestras de salinidad 24.94 a 47.47 o/oo, porque no fue posible llevar el pH a valores entre 2.8 y 4.0 después de la adición de HCl 0.01N a la muestra original, como lo requiere el método.

La salinidad se determinó por el método de Mohr-Knudsen, el oxígeno disuelto por el método de Winkler, el pH con un electrodo de vidrio y la iluminación en la columna de agua con una fotocélula de selenio. Los coeficientes de extinción (K) se calcularon a partir de los valores de intensidad luminosa, mediante la fórmula  $K=2.30 (\log_{10} P1 - \log_{10} P2)/d$ , donde P1 y P2 son los porcentajes de iluminación en puntos situados a profundidades que distan 1 metro, y d es la profundidad del punto superior.

La producción de las muestras procedentes de los niveles profundos del estuario de Maracaibo, incubadas en la superficie, es mayor que en las muestras de la superficie, en la mayoría de los meses estudiados. Como la mayor reproducción del fitoplancton ocurre inmediatamente por debajo de la superficie (Parsons *et al.* 1979), la existencia de poblaciones mayores a esos niveles podría explicarse por el efecto de la mezcla vertical.

El curso estacional de la productividad en este estuario (Fig.1A) muestra una distribución bimodal, con valores más altos en noviembre-diciembre y febrero-marzo. La salinidad en la superficie es baja, variando entre 2.61 y 5.99 o/oo S ( $\bar{x}=3.7 \pm 1.25$  o/oo); de agosto a noviembre la columna de agua se presenta claramente estratificada, con aguas de alta densidad en el fondo provenientes del mar, pero esta estratificación disminuye de diciembre a marzo, cuando aumenta la escorrentía terrestre y la salinidad es baja en toda la columna. Los picos de producción aparecen principalmente cuando se reduce la estratificación, es decir cuando aumenta la escorrentía terrestre y posiblemente el aporte de nutrientes al estuario. Sin embargo, la correspondencia entre la producción y la salinidad no aparece bien definida, posiblemente porque el estuario de Maracaibo es un cuerpo de agua de considerables proporciones, con un gasto medio de 500 m<sup>3</sup>/seg en la estación seca y 2600 m<sup>3</sup>/seg en la estación lluviosa (Rodríguez 1973) y en consecuencia el sistema es relativamente estable, con una gran capacidad de amortiguación.

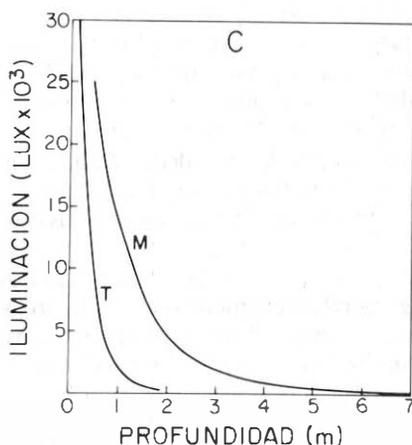
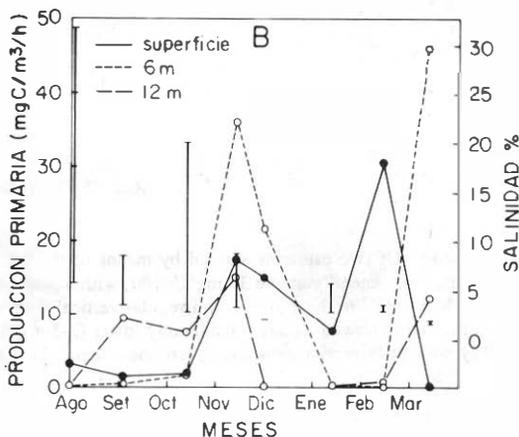
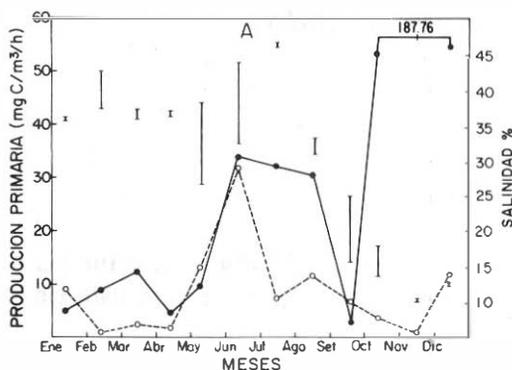


Fig. 1.A. Fluctuación anual de la producción primaria y la salinidad en el estuario de Maracaibo. B. Fluctuación anual de la producción primaria y la salinidad en la laguna de Tacarigua; línea continua, valores superficiales; línea quebrada, valores en el fondo. C. Variación de la intensidad luminosa con la profundidad en el estuario de Maracaibo (a) y en la laguna de Tacarigua (b).

CUADRO 1

Valores de producción primaria obtenidos (a) cruzando los niveles de captación e incubación, Laguna de Tacarigua y (b) en una costa rocosa de Venezuela

(a) Experimento cruzado en la Laguna de Tacarigua

Muestra	captura (m)	incubación (m)	producción mgC/m <sup>3</sup> /hora
1	0	0	41.42
2	0	2	2.62
3	2	0	43.99
4	2	2	2.11

(b) Valores obtenidos en una costa rocosa

Localidad	fecha	Producción mgC/m <sup>3</sup> /hora
en la costa	10 nov 73	2.64
en la costa	19 nov 73	0.01
100 m de la costa	19 nov 73	2.16
100 m de la costa	19 nov 73	3.02

A pesar de su escasa profundidad, la laguna de Tacarigua presenta diferencias verticales considerables. Estas se investigaron mediante incubaciones cruzadas de muestras de la superficie y del fondo, en febrero (Cuadro 1). La muestra superficial cultivada en la superficie tuvo una producción de 41.4 mgC/m<sup>3</sup>/hora, mientras que la cultivada en el fondo sólo produjo 2.6. La disminución de la luz con la profundidad en la laguna (Fig. 1C) explica esta distribución, ya que debido a la mayor turbidez, la intensidad disminuye rápidamente a partir de la superficie, hasta 50 cm. La muestra del fondo produjo 44.0 mgC/m<sup>3</sup>/hora en la superficie y 2.1 en el fondo, lo cual revela una ligera acumulación de fitoplancton a ese nivel, posiblemente por efecto de la gravedad.

En la laguna de Tacarigua se observa una distribución unimodal de la producción (Fig. 1B): desciende de enero a mayo, con un ascenso progresivo en junio, hasta llegar a un florecimiento en diciembre (187.76 mgC/m<sup>3</sup>/hora). Este cuerpo de agua es muy somero, con poca circulación de agua y una comunicación muy limitada con el mar y por lo tanto tiene muy escasa capacidad de amortiguación. La hidrografía sigue un curso anual característico gobernado por la descarga variable de los afluentes. En enero un período prolongado de sequía había disminuído el nivel de la laguna y reducido la comunicación con el mar. Las salinidades eran alrededor de 36 o/oo. De febrero a mayo estas condiciones se acen-

tuaron y en junio se interrumpió totalmente la comunicación con el mar. En julio se llegó a condiciones de hipersalinidad (46 o/oo). En agosto comenzaron las lluvias a hacer sentir su efecto sobre la salinidad (31-33 o/oo) y en octubre se restableció por dragado la comunicación con el mar. A pesar de esta comunicación la escorrentía terrestre mantuvo bajas las salinidades en la laguna (S < 15 o/oo). A este desarrollo de salinidades corresponde una fuerte estacionalidad de la producción primaria, coincidiendo los máximos con la época de lluvias. El florecimiento de diciembre (187.76 mgC/m<sup>3</sup>/hora), coincidió con el máximo de pluviosidad y puede atribuirse, presumiblemente, al incremento en el aporte de nutrientes de los ríos.

De los dos estuarios estudiados, Tacarigua presenta una productividad más alta que Maracaibo, pero en ambos casos los valores son comparables a los obtenidos en otras aguas estuarinas. Sin embargo son muy elevados si se los compara con los obtenidos en las costas venezolanas (36 S o/oo), donde se encontraron en la presente investigación valores entre 2 y 3 mgC/m<sup>3</sup> (Cuadro 1). En las aguas neríticas del oriente de Venezuela (Rodríguez 1974) con frecuencia los valores de productividad son inferiores a 2.5 mgC/m<sup>3</sup>/hora, con cifras máximas de 6.0 mgC/m<sup>3</sup>/hora. Martinet & Saint Felix (1982) obtuvieron valores similares en la costa atlántica de Martinica, con un promedio de 3.66 mgC/m<sup>3</sup>/h y un intervalo de 1.24 a 5.93. Estos bajos niveles de productividad son característicos de las aguas del Caribe, pudiendo ser inclusive en algunos casos más bajos que las aguas de las zonas templadas (D'Elia 1986).

## REFERENCIAS

- D'Elia, C.F. 1986. Gradients in factors limiting primary productivity, p.1-59. In: J.C. Ogden & E.H. Gladfelter (eds.), Caribbean coastal marine productivity, UNESCO Reports in marine Science 41.
- Martinet, J. & C. Saint Felix. 1982. Primary production of Atlantic coastal waters of Martinique. Caribb. J. Sci. 18:103-105.
- McLusky, D.S. 1981. The estuarine ecosystem. Blackie, Glasgow. viii+150 p.
- Parsons, T.R., Y. Maita & C.M. Lalli. 1984. A manual of chemical and biological methods of analysis. Pergamon Press, Oxford.

Parsons, T.R., M. Takahashi & B. Hargrave. 1979. *Biological Oceanographic Processes*, 2nd ed. Pergamon Press, Oxford. xi+332 p.

Rodríguez, G. 1973. *El Estuario de Maracaibo*. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas. 396 p.

Rodríguez, G. 1974. Producción Primaria, p. 61-67 *In*: Fundación La Salle (eds.). *Carta pesquera de los mares orientales de Venezuela*.

Tundisi, J. & T.M. Tundisi. 1972. Some aspects of the seasonal cycle of the phytoplankton in tropical inshore waters. *Ciencia e Cultura* 24:189-193.

Vollenweider, R.A. 1974. Chemical and physico-chemical procedures directly involved in primary production measurements. *In*: R.A. Vollenweider (ed.). *A manual of methods for measuring primary production in aquatic environments*. IBP Handbook 12, 2nd ed. Blackwell Scientific Publications.