

PRODUCCION DE PERIFITON EN AMBIENTES ACUATICOS DEL RIO PARANA MEDIO (*)

II: Medición de la velocidad de producción media e instantánea

Carlos Apesteguía y José Marta
Instituto Nacional de Limnología
J. Maciá 1933 - (3016) Sto. Tomé, Sta. Fe
Argentina

RESUMEN

Se determinó la producción de perifiton en ambientes acuáticos relacionados con el río Paraná Medio, empleando substratos artificiales. Mediante determinaciones de Carbono orgánico, se calcularon las velocidades de crecimiento media e instantánea para dos muestreos efectuados en junio y setiembre de 1975.

Se obtuvieron curvas de crecimiento sigmoideas, determinándose la máxima velocidad instantánea como la tangente en el punto de inflexión. Los valores máximos obtenidos fueron de 0,141 mg C/dm² día para junio y setiembre respectivamente. Los resultados indican la conveniencia de realizar extracciones a tiempos crecientes cuando se quiere cuantificar la producción de perifiton.

SUMMARY

*Periphyton production in aquatic environments of the Middle Paraná River,
Part II: measurements of the mean and instantaneous production rates.*

Periphyton growth in aquatic environments related with the Middle Paraná River was determined using artificial substrata. Through organic carbon measurements average and instantaneous growth rate were calculated for two sampling sets performed in June and September 1975. Sigmoid growth curves were obtained and maximum instantaneous rates calculated by their slopes at the inflection points. Maximum values of 0,141 mg C/dm² day and 0,315 mg C/dm² day were determined for June and September, respectively. Results show the convenience of performing extractions at increasing times when we try to quantify the periphyton production.

(*) Trabajo presentado el 2/VI/79 en la Reunión de Comunicaciones Científicas de la Asoc. Cienc. Nat. Litoral.

INTRODUCCION

La importancia del perifiton —respecto de otros productores primarios— en muchos sistemas acuáticos, especialmente en ambientes lóticos, ha determinado la intensificación de esfuerzos tendientes a cuantificar su producción. Sin embargo, se han señalado las dificultades para desarrollar un método apto que sirva como base comparativa (18,22).

Las investigaciones, realizadas con preferencia en substratos artificiales, se han orientado esencialmente a aspectos taxonómicos o a la acumulación de biomasa medida por gravimetría. La velocidad de producción estimada por algunos investigadores ha sido en realidad una velocidad de producción promedio, calculada como la cantidad de organismos depositados por área y por unidad de tiempo. Esto exige adoptar un lapso de exposición definido, hecho que resulta dificultoso aún cuando se realicen experiencias previas para su establecimiento empírico. Kevern *et al* (10) han sugerido la utilización de la velocidad de producción instantánea como una estimación satisfactoria de la productividad de perifiton, debiéndose estudiar para ello la acumulación de biomasa en una serie de substratos para períodos crecientes de exposición. Esto permite paralelamente, mediante la observación temporal, una mejor comprensión de la evolución de la biomasa. Kevern consideró un modelo lineal discontinuo para un período máximo de 35 días que se adapta a los resultados obtenidos por Brown y Austin (4), en Elk Lake, Canadá. Debe esperarse, no obstante, que los factores ambientales limitantes conduzcan a un estado estacionario donde los aportes sean compensados por las pérdidas, de manera que la curva de crecimiento resulte aproximadamente sigmoidea o exponencial. La estabilización asintónica en el tiempo ya ha sido observada en distintos casos (3, 11, 12).

MATERIAL Y METODOS

Estas experiencias se realizaron en el río Correntoso, cuya ubicación dentro de la zona general en estudio se indicó en la figura 1 de la primera parte de este trabajo (1). Las características físicas y químicas principales de esta área ya la hemos destacado en esa misma publicación, como así también detalles metodológicos.

El muestreador fue instalado en la zona litoral del río, verificándose una profundidad promedio de 1,40 m. La primera experiencia abarcó desde el 26-5-75 al 23-6-75. Los cilindros de vidrio se dispusieron a 0,20; 0,40 y 0,80 m. de la superficie, manteniéndose invariables en estas profundidades debido al sistema de flotación empleado. Por cada profundidad se colocaron 24 cilindros que se extrajeron de la siguiente manera: a los 2,4 y 7 días, 2 cilindros por vez; a los 10 días, 6 cilindros y a los 14, 18, 22 y 28 días, 3 cilindros. Una segunda experiencia se realizó en el mismo lugar en primavera (22-9-75 al 3-10-75), a 0,30

y 0,80 m de profundidad. Se extrajeron 3 cilindros por profundidad, primero a las 8 horas y luego a los 1, 2, 4, 8 y 11 días. Los cilindros, de vidrio "Pyrex" de 40 mm de alto y 25 mm de diámetro interior, fueron cuidadosamente lavados con agua y con solución de ClH 0,1 N y transportados al lugar de muestreo sumergidos en agua destilada. Tanto para la recolección como para su posterior traslado a laboratorio se emplearon cajas especiales de madera a efectos de evitar el contacto externo.

Las determinaciones de carbono orgánico se efectuaron según Armstrong *et al* (2). Los estudios de repetibilidad para las soluciones de calibración dieron un error porcentual estándar del 6 % que, en el caso del método global para muestreos naturales, se elevó a aproximadamente el 15 %.

RESULTADOS Y DISCUSION

La ecuación de Verhultz-Pearl ha sido ampliamente empleada en dinámica de poblaciones. No sólo describe con claridad la evolución del crecimiento, sino que su tratamiento matemático es simple. En efecto, en la ecuación general:

$$\frac{dN}{dt} = N \cdot f(N)$$

considera el término $f(N)$ como una relación lineal.

De esta manera resulta:

$$\frac{dN}{dt} = (a - bN)$$

Donde:

$$\frac{dN}{dt} = \text{velocidad de cambio del tamaño de la población}$$

N = tamaño de la población

a = velocidad intrínseca de crecimiento

a/b = nivel de saturación

Integrando se obtiene:

$$N = \frac{a/b}{1 + e^{(a/b - at)}} \quad (I)$$

Siendo t_0 una constante de integración relacionada con N_0 (el tamaño de la muestra para $t = 0$) por:

$$t_0 = \frac{1}{a} \ln \left(\frac{N_0}{a/b} - 1 \right)$$

Trabajando con la derivada segunda, se obtiene para el punto de inflexión:

$$N_{inf.} = \frac{a}{2b} \quad \text{y} \quad t_{inf.} = t_0$$

de manera que el valor de la tangente en este punto resulta:

$$\left. \frac{dN}{dt} \right|_{inf.} = -\frac{a}{b} \cdot -\frac{a}{4} \quad (II)$$

Mediante la representación gráfica de la ecuación (I) se obtiene una curva tipo S o sigmoidea. En realidad puede construirse curvas similares con otros modelos matemáticos que han sido desarrollados intentando una mejor interpretación de los factores biológicos actuantes (6,9, 20, 21). Los alcances y li-

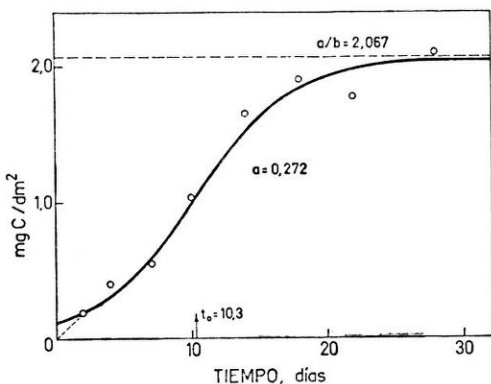


Figura 1. — Crecimiento del perifiton a 0,20 m de profundidad, del 26/5 al 23/6/75. Referencias: o = valores experimentales; — = curva sigmoidea calculada con nivel de saturación $a/b = 2,067$ mg C/dm².

mitaciones de estas ecuaciones y, en especial, de la Verhultz-Pearl han sido detalladamente expuestos (17,19).

En nuestro caso, se efectuó la regresión lineal mediante la forma logarítmica de la ecuación (I) tomando los valores obtenidos en las experiencias realizadas. Para ello se fijó en forma aproximada a partir de los datos reales el valor de la asíntota a/b . De la representación lineal resultante, se determinaron los valores de t_0 como ordenada al orden y $1/a$ como la pendiente.

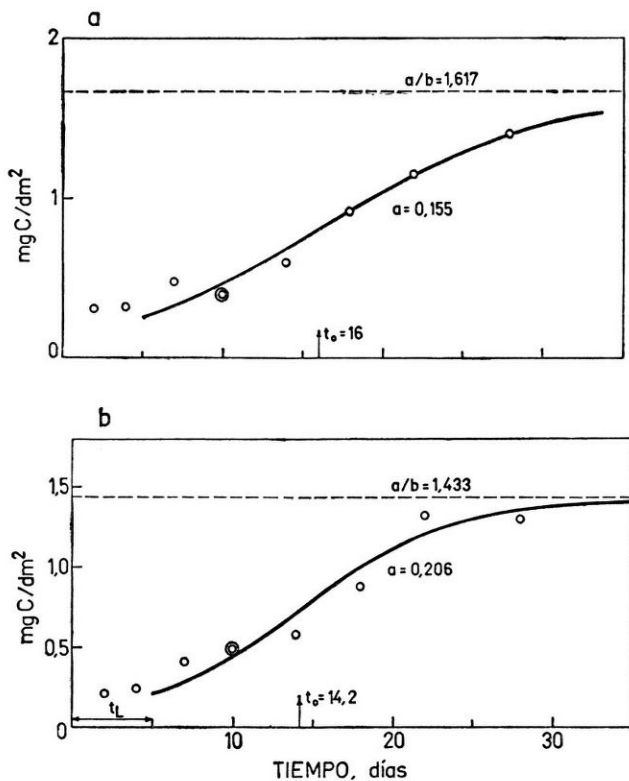


Figura 2. — Crecimiento del perifiton del 26/5 al 23/6/75.
Referencias: $a = 0,40$ m; $b = 0,80$ m; o = valores experimentales; — = curva sigmoidea obtenida.

Aplicado este criterio a la muestra de 0,20 m (primera experiencia), se tomó el valor de $a/b = 2,067 \text{ mg C/dm}^2$. De la gráfica resultante se obtuvieron $t_0 = 10,3 \text{ días}$, $a = 0,272 \text{ días}^{-1}$ y un coeficiente de correlación $r = 94,88 \%$. La curva teórica calculada con estos valores, conjuntamente con los datos promedios reales, se dan en la figura 1.

Para 0,40 y 0,80 m los datos sugieren una respuesta diferida al crecimiento poblacional, fenómeno común que, en muchos casos, llega a distorsionar seriamente la curva de crecimiento. Para evitarlo, se consideró un período de inducción de 5 días, a partir del cual se estableció, como anteriormente, la regresión lineal. Para 0,40 m de profundidad se fijó $a/b = 1,617 \text{ mg C/dm}^2$, de manera que t_0 resultó igual a 16,0 días, $a = 0,155 \text{ días}^{-1}$ y $r = 96,10\%$. En la tercera profundidad se obtuvo $t_0 = 14,2 \text{ días}$, $a = 0,206 \text{ días}^{-1}$ y $r = 93\%$ para un valor de la asíntota $a/b = 1,433 \text{ mg C/dm}^2$. En la figura 2 pueden observarse las curvas teóricas obtenidas con las constantes anteriores, a partir de la finalización del período de inducción considerado.

El hecho que en la profundidad superior se alcance más rápidamente el nivel de saturación fue sistemáticamente observado en experiencias posteriores. La homogeneización química perfilar de los nutrientes observada en el río Correntoso indica una mayor importancia de la limitación lumínica y explica el retardo en las profundidades inferiores. Para la zona de óptima iluminación la acumulación de biomasa se produce más rápidamente y en mayor grado. La reducción del efecto de la luz con la profundidad provoca una dis-

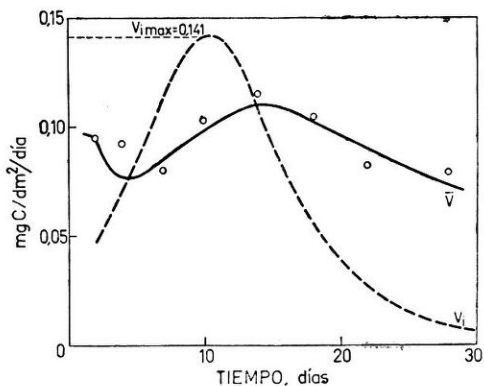


Figura 3. — Velocidades de crecimiento obtenidas de la fig. 1. Referencias: o = velocidad promedio experimental; V_i = velocidad instantánea; v = velocidad promedio calculada.

minución en la velocidad de crecimiento. Resultados similares han sido detallados por Neal *et al.* (14) al realizar estudios considerando perfiles verticales.

La velocidad media de crecimiento (\bar{v}) se calculó dividiendo la cantidad de carbono para un tiempo t determinado, por el tiempo transcurrido desde la instalación del muestreador y el tiempo t . La representación gráfica de \bar{v} en función de t para 0,20 m. obtenida a partir de la figura 1 se da en la figura 3, donde también se representan los valores determinados considerando los datos reales. La velocidad instantánea de crecimiento ($v_i = dN/dt$) se calculó estimando los valores de la tangente en la curva dada por la figura 1. La representación de $v_i = f(t)$ se observa en la figura 3. La máxima v_i está dada por el valor de la tangente en el punto de inflexión. Calculando de acuerdo a la ecuación (II) se obtuvo $v_{i \max} = 0,141$ mg C/ dm² día. Procediendo de la misma manera con los resultados para las curvas 0,40 y 0,80 m, se determinó una $v_{i \max}$ igual a 0,063 y 0,074 mg C/dm² día respectivamente.

La variación de \bar{v} con el tiempo indica la dificultosa comparación de las velocidades medias en ambientes diferentes si se fija un período de inmersión experimental arbitrario. Debe esperarse una disminución de las oscilaciones de \bar{v} al aproximar el nivel de saturación, pero éste puede llegar a ser muy variable, incluso en un mismo ambiente si se consideran épocas distintas. Por ejemplo, Kevern *et al* (10) encontraron aún a los 35 días un crecimiento lineal de la biomasa que para Brown y Austin (4) llega a superar los 100 días. Sin embargo, hay trabajos para los cuales el nivel de saturación se sitúa entre 2 y 4 semanas (11, 14, 22), similarmente a los resultados obtenidos en nuestras experiencias. En general, es de este orden el intervalo de exposición que se adoptó en numerosas investigaciones; en algunos casos, fijado directamente (6, 8, 13, 15, 16, 24).

El seguimiento de la acumulación de biomasa en el tiempo permite una mejor comprensión de la influencia de la resistencia ambiental, además de facilitar la explicación de la variación de \bar{v} según la época para períodos fijos de exposición (5).

En el segundo muestreo, efectuado en primavera, las extracciones se realizaron para períodos más cortos en un total de 11 días. Los resultados se dan en la figura 4. Se observa que la acumulación de biomasa en la primera profundidad sigue una progresión aproximadamente lineal. Los valores obtenidos resultaron significativamente mayores respecto de la experiencia anterior. En efecto, ya a los 11 días se determinó 3,44 mg C/dm² en relación con el valor de la asíntota de 2,067 mg C/dm², fijada para la profundidad de máxima producción en el muestreo de invierno. Consecuentemente $v_{i \max}$ también aumentó, dando 0,315 mg C/dm² día. Para 0,80 m es evidente un retardo en el período de crecimiento posterior a la colonización, coincidente con el período de inducción de 5 días fijado anteriormente.

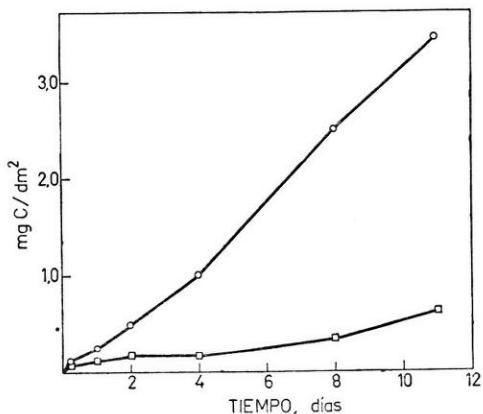


Figura 4. — Acumulación de biomasa del 22/9 al 3/10, a 0,30 m y a 0,80 m (líneas superior e inferior, respectivamente).

Los resultados indican la conveniencia de realizar extracciones a tiempos crecientes cuando se quiere cuantificar la producción de perifiton. Se logra no sólo una mejor comprensión de los valores dados como velocidad media de producción, sino también la estimación de la velocidad instantánea máxima para la que Kevern *et al.* (10) en experiencias de la boratoria han encontrado una mejor correlación con los valores de producción determinados por el método de oxígeno.

BIBLIOGRAFIA

1. APESTEGUÍA, C. R.; J. MARTA y R. TOMBOLINI, 1978. Producción de perifiton en ambientes acuáticos del río Paraná Medio. I - Técnica de análisis. *Ecología*, (3): 43-55.
2. ARMSTRONG, R. Ch. GOLDMAN y D. FUJITA, 1971. A rapid method for the estimation of the carbon content of seston and periphyton. *Limnol. Oceanogr.*, 16 (1): 137-139.
3. BENSON, W. W. 1967. A study of the periphyton of Lake Washington. *M. Sc. Thesis, Univ. Washington* (88 p.).
4. BROWN, S. D. y A. P. AUSTIN, 1973. Spatial and temporal variation in periphyton and physico-chemical conditions in the littoral of a lake. *Arch. Hydrobiol.*, 71 (2): 183-232.
5. CASTENHOLZ, R. W. 1960. Seasonal changes in the attached algae of freshwater and saline lakes in the Lower Grand Coulee, Washington. *Limnol. Oceanogr.*, 5 (1): 1-28.
6. CUSHING, C. E. 1967. Periphyton productivity and radionuclide accumulation in the Columbia River, Washington, U.S.A. *Hydrobiology*, 29: 125-139.
7. CUSHING, D. H. 1968. *J. Conseil*, 32: 70-82.
8. FLEMER, D. A. 1970. Primary productivity of the North Branch of the Raritan River, New Jersey *Hydrobiologia*, 35: 273-296.
9. LOTKA, A. J. 1925. *Elements of Physical Biology*, Williams & Williams., Baltimore.
10. KEVERN, N. R., J. L. WILHM y G. M. VAN DYNE, 1966. Use of artificial substrata to estimate the productivity of periphyton. *Limnol. Oceanogr.*, 11: 499-502.
11. KING, D. L. y R. C. BALL. 1966. A cualitativa and cuantitativa measure of "Aufwuchs" production. *Trans. Amer. Microsc. Soc.*, 85 (2): 232-240.
12. MCINTIRE, C. D. y H. K. PHINNEY, 1965. Laboratory studies of periphyton production and community metabolism in lotic environments. *Ecol. Monogr.*, 35: 237-258.
13. MCMAHON, R. R., R. D. HUNTER y W. D. RUSSELL-HUNTER, 1974. Variation in Aufwuchs at six freshwater habitats in terms of carbon biomass and of carbon: nitrogen ratio. *Hydrobiology.*, 45 (4): 391-404.
14. NEAL, E. C., B. C. PATTEN y Ch. E. DE POE, 1967. Periphyton growth on artificial substrates in a radioactively contaminated lake. *Ecology*, 48: 918-924.

15. NEWCOMBE, C. L. 1949. Attachment materials in relation to water productivity. *Am. Microscop. Soc.*, 58: 355-361.
16. NIELSON, R. S. 1953. Apparatus and methods for the collection of attachment materials in lakes. *Prog. Fish. Culturist*, 15 (2): 87-89.
17. PIELOU, E. C. 1969. An introduction to mathematical ecology. *Wiley-Interscience*. 286 p.
18. SLADJEKOVA, A. y E. PIECZINSKA, 1971. Methods of collection. Periphyton (p. 109-121). Ed: A manual on Methods for the Assesment of Secondary Productivity in fresh waters - Edmondson y Winberg - Eds. (IBP Handbook N^o 17), *Blackwell Sci.* Oxford (368 p.).
19. SMITH, F. E. 1952. Experimental methods in populations dynamics: a critique. *Ecology*, 33 (4): 441-450.
20. SMITH, F. E. 1963. Population dynamics in *Daphnia magna* and a new model for population growth. *Ecology*, 44 (4): 651-663.
21. VOLTERRA, V. 1928. Variations and fluctuations of the number of individuals in animal species living together. *J. Conseil Int. Expl. Mer.*, 3 (1). Reprinted in *Animal Ecology*, *Mc Graw - Hill*, New York, 1931.
22. WATERS, T. F. 1961. Notes on the chlorophyll method of estimating the photosynthetic capacity of stream periphyton. *Limnol. Oceanogr.*, 6 (4): 486-488.
23. WETZEL, R. 1965. Productivity in higher aquatic plants and periphyton. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 18: 149-267.
24. YOUNT, J. L. 1956. Factors that control species number in Silver Springs, Florida. *Limnol. Oceanogr.*, 1: 286-295.