

REPORTE DE INVESTIGACIÓN

**del
Instituto de
Zoología**

No. 31

M. PÉREZ-EIRIZ, V. I. ROMANENKO, y M. A. PUBILLONES

**Dinámica de la pérdida de materia orgánica
previamente fotosintetizada
por las algas en dos embalses de Cuba**

OCTUBRE DE 1986



**ACADEMIA DE CIENCIAS
DE CUBA**

Dinámica de la pérdida de materia orgánica previamente
fotosintetizada por las algas en dos embalses
de Cuba¹

M. PÉREZ-EIRIZ², V. I. ROMANENKO³, y M. A. PUBILLONES²

RESUMEN. Se determinó la pérdida de la materia orgánica previamente sintetizada por las células de las algas, de dos poblaciones naturales de fitoplancton en dos embalses de Cuba, Canasí y La Juventud. La pérdida de la materia orgánica, expresada como porcentaje de la cantidad fotosintetizada en 12 horas, correspondió a 24% (La Juventud) y 50% (Canasí) después de 24 horas de mantenida la muestra en la oscuridad. Al cabo de 48 horas los valores ascendieron a 29 y 67%, respectivamente. La pérdida de los productos fotosintéticos en ambas poblaciones de fitoplancton fue dependiente de la cantidad de carbono fijado por las células, del período de marcado con ¹⁴C carbonato y, probablemente, de las diferencias taxonómicas del fitoplancton. Las implicaciones de la pérdida de la materia orgánica por las células de las algas parecen tener considerable importancia para la comprensión de las relaciones tróficas en los ambientes acuáticos.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de la pérdida de la materia orgánica fotosintetizada por el fitoplancton permite explicar la velocidad de intercambio entre las células de las algas y su medio. Esta materia orgánica se libera tanto en forma de CO₂ como de otros compuestos orgánicos solubles y, según Watt (1966), el compuesto que aparece en cantidades mayores es el ácido glicólico.

Fogg (1973) indicó que están presentes también carbohidratos, aminoácidos, péptidos, fosfatos orgánicos, sustancias volátiles, enzimas, vitaminas, y sustancias promotoras del crecimiento. Una parte de la materia orgánica fotosintetizada se emplea, además, para la respiración de las algas, y como consecuencia de esta reutilización del carbono fotosintetizado la intensidad de la

¹Manuscrito aprobado en junio de 1985.

²Instituto de Zoología, Academia de Ciencias de Cuba.

³Instituto de Biología de Aguas Interiores, Academia de Ciencias de la URSS.

fotosíntesis determinada según el ^{14}C produce valores menores que la producción bruta, especialmente cuando la incubación de las muestras es prolongada. Ryther (1956), Romanenko (1967), Kudriatsev y Romanenko (1972), y Wetzel (1975), han estudiado esta cuestión para países templados, y Lewis (1974), y Ganf y Horne (1975), la reportaron para el trópico. En general, casi todos los autores incluyendo los trabajos más recientes, como Cole *et al.* (1982), están de acuerdo en que esta cuestión es sumamente importante para conocer la validez de las estimaciones de producción primaria por el método del ^{14}C .

La significación ecológica de la pérdida de materia orgánica por el fitoplancton en condiciones naturales no está clara, a pesar de las numerosas investigaciones realizadas. Algunos investigadores (Antia *et al.*, 1963; Fogg *et al.*, 1965a, b; Ignatiades, 1973) han expresado que la cantidad de materia orgánica perdida es una parte significativa del carbono fijado, mientras que otros (Heelebust, 1965; Thomas, 1971; Berman, 1976) indican que los valores son bajos, a menos que exista un "stress" ambiental extremo.

La pérdida de materia orgánica previamente sintetizada, en 24 horas, fluctúa generalmente entre 20 y 35% en países templados (Maksimova *et al.*, 1965; Romanenko, 1971; Kudriatsev y Romanenko, 1972; Kudriatsev, 1973), aunque bajo ciertas condiciones puede llegar hasta 50% y aún más (Fogg *et al.*, 1965 a, b; Wetzel, 1969; Fogg, 1973). En las zonas tropicales los valores fluctúan ampliamente en la superficie (1-58%) y son mucho mayores en las zonas profundas (Ganf y Horne, 1975; Berman, 1976).

La dinámica de este proceso ha sido poco estudiada. Romanenko (1971) determinó la pérdida de materia orgánica durante 24 y 48 horas, en el Embalse de Ribinski, en la URSS, y obtuvo para la pérdida en 24 horas un valor de 21,1%, mientras que Kudriatsev (1973) la reportó para 1, 3, y 5 días en los Embalses de Ribinski y Cheropovetski, en la propia URSS, con valores muy semejantes a los de Romanenko (1971) para las primeras 24 horas, llegando a 56% del carbono fotosintetizado en 1 día, al cabo de 5 días.

Aunque la pérdida de la materia orgánica recientemente fotosintetizada por las algas ha sido estudiada por numerosos autores, aún existen muchas incógnitas con respecto al efecto de las condiciones ambientales, fundamentalmente la intensidad luminosa, la concentración de dióxido de carbono (Pritchard *et al.*, 1962; Fogg y Watt, 1965; Watt, 1966), el estado fisiológico de las algas (Marlar, 1965), y el contenido de nutrientes (Gillard y Wangersky, 1958), sobre la cinética y el mecanismo de este proceso.

Otra cuestión importante que tampoco está totalmente clara es la forma en que influye sobre dicho proceso el nivel trófico del acuatorio, aunque la mayoría de los autores coinciden en que la pérdida de materia orgánica por el fitoplancton es mayor en los embalses oligotróficos que en los eutróficos (Fogg *et al.*, 1965a, b; Fogg y Watt, 1965). Tampoco está perfectamente definido si la pérdida de materia orgánica previamente fotosintetizada es igual para todos los grupos sistemáticos de algas (Nalewajko, 1966).

Nalewajko y Lean (1972) establecieron que la pérdida de la materia fotosintetizada por las algas ejerce influencia sobre la dinámica estacional y el desarrollo de las comunidades de algas y bacterias. Por esta razón, como parte del estudio de los procesos microbiológicos en los embalses Canasí y La Juventud, se determinó la dinámica de la pérdida de materia orgánica previamente sintetizada por las poblaciones naturales de algas, cuyos resultados se exponen en este trabajo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en los embalses Canasí (Provincia Habana) y La Juventud (Provincia de Pinar del Río). En la Tabla 1 se dan las características hidrológicas fundamentales de ambos embalses, los cuales pueden considerarse como oligotróficos con valores de producción primaria de 0,177 y 0,169 mg C/ / día, respectivamente, y temperaturas en el agua durante el período de muestreos en el mes de junio de 1983, de 30,2°C. en el Embalse Canasí la especie dominante de alga fue Scenedesmus brasiliensis, mientras que en el de La Juventud dominó Eutetramorus sp. Ambos embalses se caracterizaron durante este período por un rápido intercambio acuoso.

El método empleado para el trabajo fue el reportado por Romanenko (1971). Para obtener la mayor cantidad posible de información se elaboró el siguiente diseño de muestreo: se tomó agua de la superficie de cada uno de los embalses muestreados en cinco frascos de 150 ml, a los que se añadieron diferentes concentraciones de $\text{Na}_2^{14}\text{CO}_3$, y se incubaron durante 1 hora (radiactividad añadida, $\times 10^6$ imp/min: 37,2), 6 (25,0), 12 (12,5), 24 (12,5), y 48 (12,5) horas a iluminación natural.

La elevada concentración del isótopo añadido (Watt y Fogg, 1965) tuvo la finalidad de poder establecer la pérdida en la radiactividad de las algas que se produce en las muestras según el micro-método de análisis utilizado, aunque en la práctica, a pesar de ellas, se produjeron desviaciones en el curso lógico de los procesos en los experimentos. Por ejemplo, en algunos casos la radiactividad no desciende después del período de incubación en la oscuridad sino que aumenta, o es igual después de mantenerse las muestras en la oscuridad, lo que, de acuerdo con nuestra opinión, se debe a la desigual distribución de las algas en las mismas.

Después de incubadas las algas durante el tiempo establecido en iluminación natural, se mezclaron cuidadosamente, y de cada frasco se tomaron dos muestras de 5 ml que se filtraron a través de filtros de membrana no. 4, de fabricación soviética, con un diámetro de poro de 0,5 micras, en los cuales se determinó la radiactividad de las algas después de pasarlos por una solución de ácido clorhídrico a 1%. Este valor de radiactividad se consideró como radiactividad de partida. Después, los frascos se situaron en la oscuridad durante el mismo tiempo que duró la incubación para la fotosíntesis (1, 6, 12, 24, y 48 horas), incubándose además una muestra durante una semana. Al cabo de este tiempo las submuestras se fijaron y filtraron en la misma forma que para la fotosíntesis, y se determinó su radiactividad. La pérdida de materia orgánica se determinó por la diferencia entre la radiactividad de partida y la existente después de las incubaciones en la oscuridad.

Los experimentos se realizaron en condiciones de campo y en iluminación natural, y con el diseño de muestreo utilizado se analizó solamente la dinámica natural de la pérdida de materia orgánica, sin que sea posible deducir de estos resultados si el carbono perdido se reutilizó en la respiración de las algas o se liberó en forma de CO_2 o materia orgánica, cuestión esta que deberá investigarse más profundamente en el futuro, pero que conlleva grandes dificultades metodológicas debido a las pequeñas dimensiones de las algas cubanas, que se aproximan a las de las bacterias mayores.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de materia orgánica en el proceso de la fotosíntesis del fitoplancton resultó baja en ambos embalses. Sin embargo, como la radiactividad añadida fue elevada al colocar las muestras en la oscuridad, la asimilación heterotrófica de CO_2 llevada a cabo por las bacterias que permanecen en el filtro debido a su mayor tamaño hace que se eleve considerablemente la radiactividad con respecto a la radiactividad de partida, fundamentalmente a partir de 24 horas de mantenida la muestra en la oscuridad en el Embalse La Juventud, y de 48 horas en el Embalse Canasí, como puede verse en la Tabla 2.

En los resultados se observa que la pérdida de la materia orgánica previamente sintetizada por las algas depende de la intensidad de la fotosíntesis, y fue menor cuando la misma fue baja (Tabla 2), lo que confirma lo reportado por Fogg et al. (1965a, b) y por Berman (1976). Este último autor demostró que la liberación de materia orgánica previamente sintetizada en un lago de Israel estaba relacionada directamente con la intensidad de la fotosíntesis, e inversamente con la concentración de clorofila. Puede verse, además, que la pérdida de radiactividad después de 1 hora de colocarse las muestras en la oscuridad difiere poco de la radiactividad de partida (Tabla 3), la cual, según Kudriatsev (1973), tiene gran significación en estos experimentos.

En la Tabla 3 puede apreciarse también que cuando los resultados se expresan como porcentaje de la intensidad de la fotosíntesis (radiactividad de partida) resultan semejantes dentro de cada uno de los lapsos en que se incubaron las muestras en la oscuridad, por lo que el valor promedio resulta ilustrativo.

En la Fig. 1 se presenta la dinámica de la pérdida de materia orgánica en las algas marcadas durante 12 horas y mantenidas en la oscuridad por 48 horas. Puede observarse que en el Embalse La Juventud la pérdida de materia orgánica previamente sintetizada se produce más lentamente que en el Embalse Canasí. Al cabo de 24 horas, la pérdida de materia orgánica corresponde a 28% en el primero, y a 50% en el segundo. Según nuestra opinión, esto puede deberse a las diferencias en la composición sistemática del fitoplancton en ambos acuatorios, puesto que en sentido general todos los demás factores que pueden influir sobre este proceso fueron muy semejantes. Después de 48 horas, en el Embalse La Juventud se perdió 29% de los productos de la fotosíntesis, mientras que en Canasí la pérdida fue de 67%.

Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los límites reportados por otros investigadores para condiciones tropicales. Ganf y Horne (1975) observaron en el Lago George, en África, que la pérdida de materia orgánica fluctuó entre 6 y 58% de la producción bruta en la superficie, en este lago eutrófico. Esto resulta comparable con lo obtenido por nosotros en estos embalses con características oligotróficas, de acuerdo con sus niveles de producción primaria del fitoplancton, a pesar de que, según Fogg et al. (1965a, b), las especies oligotróficas tienden a perder una mayor cantidad del carbono fijado en la fotosíntesis. Berman (1976) reportó valores de 1,9% de la producción fotosintética para muestras de superficie, y de 31,7% para las de las capas profundas, del Lago Kinneret, en Israel, los que son también del mismo orden que los observados por nosotros.

En la Fig. 2 se dan los valores promedio para todos los análisis realizados; aquí puede verse que la pérdida de materia orgánica comienza muy rápidamente y probablemente en la luz, aunque el diseño de muestreo elaborado no permite afirmarlo. En la oscuridad, la

liberación de materia orgánica es ya medible después de una hora (Tabla 2) y la forma de la curva de la Fig. 2 parece indicar que este proceso tiene carácter exponencial. La pérdida de los productos de la fotosíntesis tiene su máxima intensidad en las muestras mantenidas en la oscuridad durante 2 días y después se lentifica, aunque, como ya dijimos, el proceso es más lento en el Embalse La Juventud que en Canasí durante las primeras 48 horas (29 y 67%, respectivamente), y después de una semana es prácticamente igual en ambos embalses (43 y 48%, respectivamente). Kudriatsev (1973) estudió la pérdida de materia orgánica en el embalse mesotrófico de Ribinski, en la URSS, y encontró una dinámica semejante a la del Embalse La Juventud, con pérdida de 56% del carbono fotosintetizado, en 5 días.

En los experimentos realizados no queda claro cómo influyen en el proceso los ciclos continuos de día y noche, lo cual pudiera aclararse utilizando el mismo diseño de muestreo, pero empleando un termoluminostato, trabajo este que deberá realizarse en el futuro.

Concluyendo, podemos decir que en la amplia gama de intensidades luminosas que corresponden con la iluminación natural la pérdida de los productos fotosintéticos por las poblaciones de fitoplancton de dos embalses de Cuba son proporcionales al carbón fijado en las células, y que el tiempo de exposición a la luz y las diferencias de especies afectan la velocidad del proceso. La pérdida de materia orgánica previamente fotosintetizada en forma de materia orgánica soluble tuvo valores semejantes a los reportados para acuarios tropicales de diferentes niveles tróficos, y su importancia para el conocimiento de las relaciones tróficas en los ambientes acuáticos es considerable.

REFERENCIAS

- ANTIA, N. C., ALISTER, D. C. M., PARSONS, T. R., STEPHENS, K., STRICKLAND, J. D. H. (1963): Further measurements of primary production using a large volume plastic sphere. Limnol. Oceanogr., 8:166-183.
- BERMAN, T. (1976): Release of dissolved organic matter by the photosynthesizing algae in Lake Kinneret, Israel. Freshwater Biol., 6(1):13-18.
- COLE, J. J., LIKENS, C. E., y STRAYER, D. L. (1982): Photosynthetically produced dissolved organic carbon: An important carbon source for planktonic bacteria. Limnol. Oceanogr., 27(6):1080-1090.
- DORTICÓS, P. L., ARELLANO, M., SUÁREZ, E., IZQUIERDO, C. M., FONTOVA, M., GONGORA, J., et al. (1982): El desarrollo de la hidroeconomía en la República de Cuba. Unidad Poligráfica del Ministerio de la Construcción, La Habana, 33 pp.
- FOGG, G. E., y WATT, W. D. (1965): The kinetics of release of extracellular products of photosynthesis by phytoplankton. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 18 suppl., 165-174.
- FOGG, G. E., NALEWAJKO, C., y WATT, W. D. (1965a): Extracellular products of phytoplankton photosynthesis. Proc. Roy. Soc. London, ser. B, Biol. Sci., 162(989):517-534.
- (1965b): Extracellular products in relation to growth of four phytoplanktonic algae and phytoplankton populations of Lake Ontario. Canadian J. Bot., 47:405-413.
- FOGG, G. E. (1973): Extracellular products of algae in freshwater. Ergeil Limnol., 5:1-25.
- GANF, G. G., y HOKNE, A. J. (1975): Diurnal stratification, photosynthesis and nitrogen fixation in a shallow equatorial lake (Lake George, Uganda). Freshwater Biol., 5(1):13-40.
- JUILLARD, R. R. L., y WANGERSKY, P. J. (1958): The production of extracellular carbohydrates by some marine flagellates. Limnol. Oceanogr., 3:449-454.
- HELLEBUST, J. A. (1965): Excretion of some organic compounds by marine phytoplankton. Limnol. Oceanogr., 10:192-206.
- IGNATIADIS, Z. (1973): Studies on the factor affecting the release of organic matter by Skeletonema costatum (Greville) Cleve in field conditions. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 47:923-935.
- KUDRIATSEV, V. M. (1973): Liberación de la materia orgánica previamente sintetizada por las células de las algas planctónicas (en ruso). Bol. Inf. Inst. Biol. Aguas Interiores URSS, 18: 20-24.

- KUDRIATSEV, V. M., y ROMANENKO, V. I. (1972): Reasimilación del CO_2 liberado por las algas (en ruso). Rev. Hidrobiol., 18(6): 106-104.
- LEWIS, W. M., Jr., (1974): Primary production in the plankton community of a tropical lake. Ecol. Monogr., 44:377-409.
- MARKSIMOVA, I. V., TOROPOVA, E. G., y PIMINOVA, M. N. (1965): La liberación de la materia orgánica al crecer las algas en medios minerales (en ruso). Microbiologia, 34(3):112-118.
- MARLAR, A. F. H. (1965): Extracellular carbohydrate liberation in the flagellates Isochrysis galbana and Prymnesium parvum. J. Mar. Biol. Assoc. U. K., 45:755-772.
- NALEWAJKO, C. (1966): Photosynthesis and excretion in various plankton algae. Limnol. Oceanogr., 11:108-114.
- NALEWAJKO, C., y LEAN, D. R. S. (1972): Growth and excretion in planktonic algae and bacteria. J. Phycol., 8:361-366.
- PRITCHARD, G. G., GRIFFITH, W. J., y WHITTINGHAM, C. P. (1962): The effect of carbon dioxide concentration, light intensity and isonicotinylic hydroxide on the photosynthetic production of glycolic acid by Chlorella. J. Exp. Bot., 13:176-184.
- ROMANENKO, V. I. (1967): Comparación entre el método del oxígeno y el del radiocarbono para determinar la intensidad de la fotosíntesis del fitoplancton (en ruso). En Microflora, fitoplancton y vegetación acuática superior en los acuatorios de agua dulce, Imp. Nauka, L., pp. 54-60.
- (1971): Velocidad de la pérdida de la materia orgánica por las células de las algas planotónicas (en ruso). Bol. Inf. Inat. Biol. Aguas Interiores URSS, 9:1013-1018.
- RYTHER, J. H. (1956): Interrelation between photosynthesis and respiration in the marine flagellate Dunaliella euchlora. Nature, 178:861-868.
- THOMAS, J. P. (1971): Release of dissolved organic matter from natural population of marine phytoplankton. Mar. Biol. (Berlin), 11(4):311-323.
- WATT, W. D. (1966): Release of dissolved organic material from the cells of phytoplankton populations. Proc. Roy. Soc. London, ser. B, Biol. Sci., 164:521-551.
- WATT, W. D., y FOGG, G. E. (1965): A convenient apparatus for in situ primary production studies. Limnol. Oceanogr., 10:298-300.
- WETZEL, R. G. (1969): Factors influencing photosynthesis and excretion of dissolved organic matter by aquatic macrophytes in hard-water lakes. Verh. Internat. Verein Limnol., 17:72-85.

ABSTRACT. Following exposure in situ for periods of 1, 6, 12, 24 and 48 hours, of surface water samples of two Cuban reservoirs (Canasí and La Juventud) to which ^{14}C carbonate had been added, radioactivity loss from phytoplankton cells was measured after 1, 6, 12, 24, 48 and 168 hours of dark incubation. The loss of organic matter photosynthetically fixed in 12 hours after 24 hours of dark incubation ranged between 24% (La Juventud) and 50% (Canasí), and after 48 hours it was 29% (La Juventud) and 67% (Canasí). It thus seems likely that the widely used method in which fixation of ^{14}C in particulate matter is determined, underestimates total primary productivity. Over a wide range of light intensities loss of extracellular products by the phytoplankton populations was proportional to the amount of carbon fixed in the cells. Period of exposure to ^{14}C carbonate and species differences also seem to affect the extent of the loss. The implications of extensive loss by phytoplankton or products of photosynthesis for our understanding of the trophic relationships in aquatic habitats seem to be considerable.

TABLA 1. Características hidrológicas de los embalses investigados (datos de Dorticós et al., 1982).

Embalse	Área de cuenca (km ²)	Volumen total (10 ⁶ m ³)	Escorrentamiento medio (10 ⁶ m ³)	Entrega garantizada (10 ⁶ m ³)	Altura máxima (m)	Año de cons-truido	Uso
Canasí	42,2	58,0	24,88	20,3	39,0	1977	Abasto y regadío
Juventud	244,0	105,0	159,28	115,0	30,0	1973	Regadío de arroz

TABLA 2. Pérdida de la materia orgánica previamente sintetizada en el proceso de la fotosíntesis de las algas, expresada como imp/min.

Tiempo que se mantuvieron las muestras en la oscuridad (horas)	Tiempo de marcado a iluminación natural (horas)				
	1	6	12	24	48
	Embalse La Juventud				
Salida	469	1 206	724	4 223	7 255
1	441	1 158	729	4 233	7 169
6	336		730	4 190	7 169
12	335		638	4 045	6 304
24	384	1 018	521	3 800	5 999
48	521	1 042	515	3 673	5 535
168	746	878	408	1 935	2 973
	Embalse Canasí				
Salida	838	5 419	2 465	2 951	5 399
1	809	4 447	2 422	2 645	5 215
6	794	4 488	1 997	2 760	
12	796	4 420	1 838	2 579	
24	600	3 669	1 217		3 877
48	1 052	3 281	993	1 473	3 013
168	1 782	1 604	816	1 698	1 874

TABLA 3. Porción del carbono previamente sintetizado que permanece en las células de las algas, expresado como porcentaje de la intensidad de la fotosíntesis (radiactividad de salida), en el Embalse Canasí.

Tiempo de incubación de las muestras en la oscuridad (horas)	Tiempo de marcado con ^{14}C a iluminación natural (horas)					
	1	6	12	24	48	168
Salida	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1	96,4	82,1	97,9	89,8	96,9	92,6
6	94,7	82,3	81,1	93,8		88,2
12	94,7	82,1	74,3	87,6		84,7
24	71,4	67,9	49,3		72,1	65,2
48		60,5	40,5	49,7	56,0	51,7
168		29,6		54,6	34,7	38,8

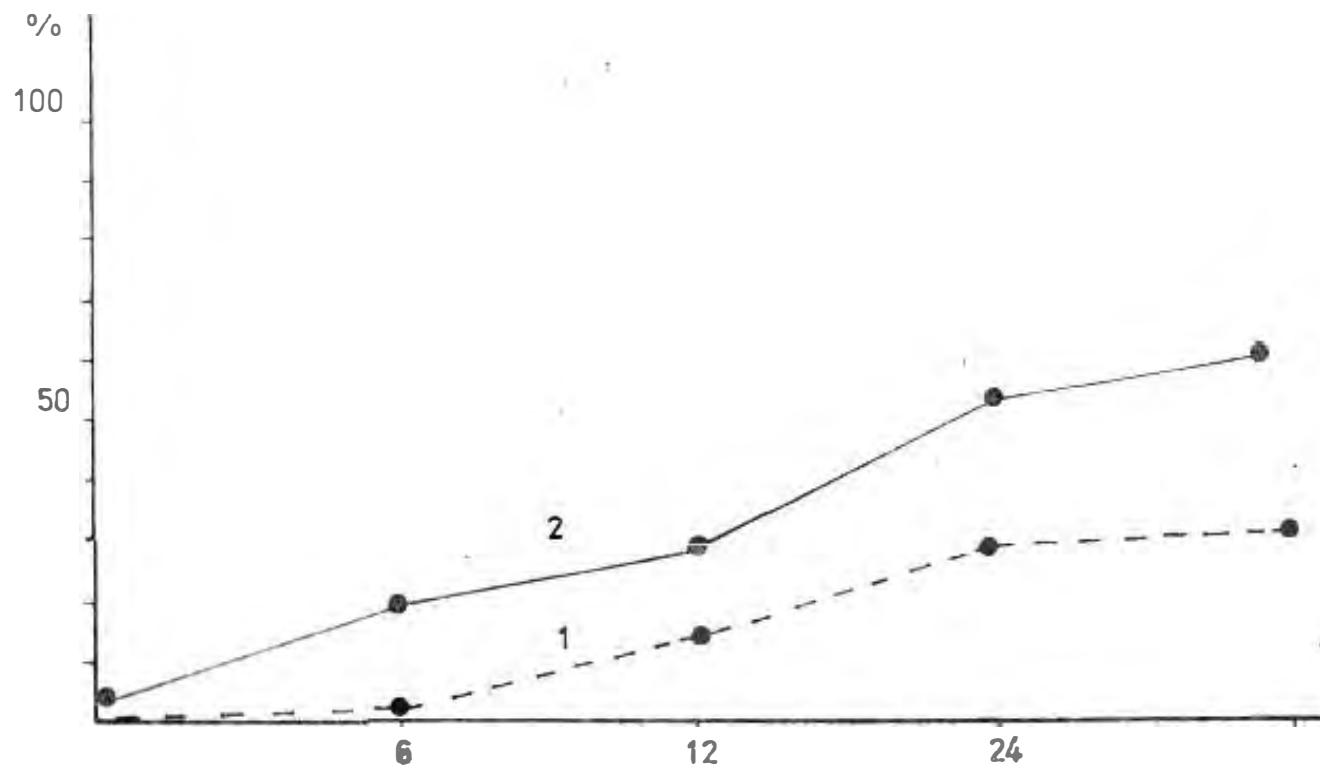


Fig. 1. Pérdida de la materia orgánica fotosintetizada en 12 horas, después de incubación de 48 horas en la oscuridad. 1, La Juventud; 2, Canasí. En la ordenada, pérdida de radiactividad expresada como porcentaje de la radiactividad de partida (fotosíntesis). En la abscisa, horas.

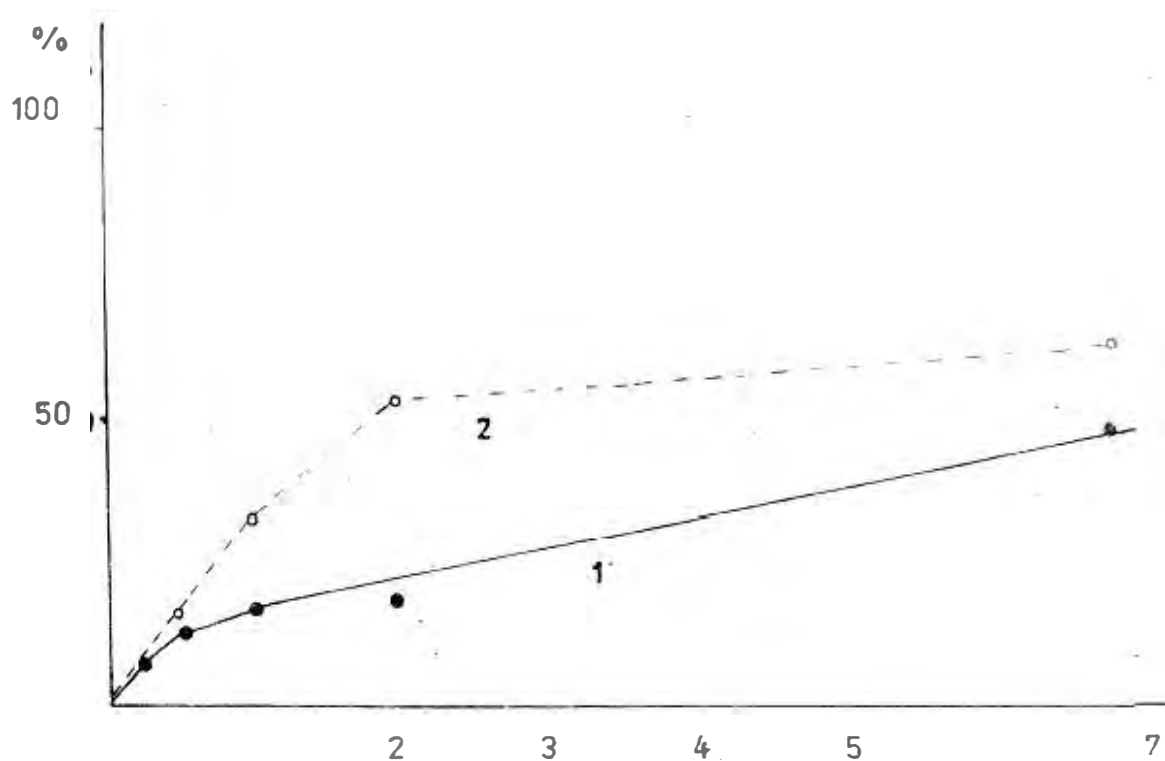


Fig. 2. Dinámica de la pérdida del carbono fotosintetizado de las células de las algas en el curso de una semana. 1, La Juventud; 2, Canasí. En la ordenada, pérdida en radiactividad de las algas expresada como porcentaje de la radiactividad de partida. En la abscisa, días.