

**DINAMICA DE LA EXCRECION FITOPLANCTONICA
DE MATERIA ÓRGANICA
(Laguna de Chascomús, Prov. de Buenos Aires, Argentina).**

M. Cristina ROMERO, Patricia M. ARENAS y Aldo A. MARIAZZI

SUMMARY: Dynamics of the phytoplankton excretion of organic matter. (Chascomús Pond, Buenos Aires, Argentina).

The rate of phytoplankton excretion of organic matter was measured by acidification of water samples incubated in the laboratory following the Steemann Nielsen method (1952). After the release of inorganic ^{14}C , ^{14}C -organic carbon was estimated through Berman's methodology (1976).

Percentages of excretion of organic carbon ranged between 8 and 18% (mean value 13,5%) were the lowest observed, supporting the hypothesis that the excretion is lower in eutrophic waters. These percentages increased during winter and decreased during summer; instead rates of release of organic matter showed a bimodal distribution with two maximum values, one in winter and other in summer (57,6 and 72,0 $\text{mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$, respectively). Percentages of excretion showed an inverse relationship with phytoplankton photosynthesis and chlorophyll-a concentrations ($P < 0,01$). Seasonal fluctuations of excretion were influenced by light intensity, with higher light rates during winter than in summer.

INTRODUCCION

La excreción de materia orgánica es de importancia ecológica, ya que puede ser utilizada como fuente de carbono y energía por las bacterias heterotróficas o nuevamente incorporada, en oscuridad, por células algales. Se ha identificado un amplio espectro de compuestos, siendo los polisacáridos y el glicolato los más difundidos. Algunos investigadores (Fogg, Nalewajko & Watt, 1965, Ignatiades, 1973; Fogg, 1966 y 1971) sostienen que el porcentaje de ^{14}C liberado durante la fotosíntesis puede ser, bajo determinadas condiciones, una proporción significativa del C fijado, llevando a un error importante en la estimación de la fotosíntesis mediante la técnica de Steemann Nielsen (1952). Por el contrario, otros autores, sugieren que exceptuando condiciones ambientales extremas, los porcentajes de excreción no son tales, destacando la tendencia a disminuir en ambientes eutróficos.

Con la finalidad de comprender las relaciones que la liberación de materia orgánica guarda con otros factores, tales como la tasa de fotosíntesis, biomasa algal e intensidad de luz, se realizó esta publicación.

Instituto de Limnología "Dr. Raúl A. Ringuelet". C.C. 712 - 1900 La Plata.

ECOSUR	Argentina	ISSN 0325-108X	v. 14/15	n. 25/26	págs. 73-80	1987/8
--------	-----------	-------------------	----------	----------	----------------	--------

MATERIAL Y METODOS

Las muestras fueron extraídas con botella Van Dorn del estrato eufótico, de una estación central y libre de vegetación de la Laguna de Chascomús (Prov. Bs. As., Argentina), desde mayo de 1985 a mayo de 1986, con una periodicidad mensual.

La intensidad de luz se midió con un fotómetro cuántico Li-Cor 192SB, fuera y dentro del agua, cada 10 cm.

Se estimó la fijación de $^{14}\text{CO}_2$ mediante la técnica de Steemann Nielsen (1952) en laboratorio, en una cuba con circulación de agua, iluminada con tubos fluorescentes ($1000 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{seg}^{-1}$) durante 4 hs. Se agregó a cada botella con 25 ml de muestra, $2 \mu\text{Ci}$ de $^{14}\text{CO}_3\text{HNa}$ de procedencia dinamarquesa. Finalizada la incubación, se fijó con formol (concentración final 4%) y se filtró por membrana de $0,45 \mu\text{m}$ de diámetro de poro, cuya actividad nos dio la tasa de incorporación de $^{14}\text{CO}_2$ o fotosíntesis fitoplanctónica. El filtrado fue recogido en erlenmeyers, acidificado con ClH 2N hasta pH 2-3 y agitado, para eliminar el exceso de $^{14}\text{CO}_2$, quedando en el frasco sólo el ^{14}C -orgánico excretado por las algas durante el período de incubación. Se almacenó durante una noche, y luego 1 ml del filtrado fue agregado a 9 ml de líquido de centelleo (Brays fluor) en un vial de centelleo, y su actividad, al igual que la retenida en el filtro, fue determinada en un contador de centelleo líquido. El $^{14}\text{CO}_2$ liberado fue absorbido en un papel Whatmann embebido en OHNa 2N suspendido del tapón del erlenmeyer, y descartado después de la experiencia.

Las cpm de las muestras acuosas y filtradas fueron convertidas en dpm mediante la confección de una curva de eficiencia obtenida filtrando diferentes volúmenes de agua de la laguna.

Se determinó la eficiencia de la liberación de $^{14}\text{CO}_2$ en exceso, mediante la incubación de concentraciones conocidas de $^{14}\text{CO}_3\text{HNa}$ con H_2O destilada estéril, procediendo igualmente que con las muestras de agua de la laguna, y se determinó un porcentaje promedio de liberación de $^{14}\text{CO}_2$ del 83% mediante la técnica empleada. Hellebust (1965) y Berman (1976) sostienen que es posible que exista pérdida de compuestos orgánicos marcados volátiles, pero que producirían un error muy poco significativo en las determinaciones.

Las determinaciones de la concentración de clorofila-a se realizaron aplicando la técnica y cálculo propuestos por Lorenzen (1967).

RESULTADOS Y DISCUSION

Productos extracelulares son aquellas sustancias orgánicas solubles liberadas por células sanas, para distinguir de las liberadas por células injuriadas o en descomposición. Lucas (1961) las llamó ectocrinas. Si el metabolito excretado es de bajo peso molecular, como el ácido glicólico, puede

una vez excretado, penetrar nuevamente a la célula; por el contrario los de elevado peso molecular no son incorporados.

Los porcentajes de excreción extracelular de materia orgánica fitoplanctónica, respecto del C total asimilado en igual período y condiciones, son muy variables, dependiendo de la intensidad de luz, concentración de nutrientes, especies fitoplanctónicas dominantes, densidad poblacional, concentración de CO₂ y O₂, edad de las células, factores todos ellos considerados con distinta incidencia según las diferentes experiencias realizadas por los autores consultados.

Según Fogg (1966) y Hellebust (1965) no existen diferencias consistentes entre las tasas de excreción de las algas pertenecientes a los distintos grupos sistemáticos. Por el contrario, Nalewajko (1973) halló mayores valores con dominancia de diatomeas, respecto de los demás grupos algales en circunstancias comparables.

La tasa de liberación de materia orgánica, guardó una relación inversa con la tasa de fotosíntesis fitoplanctónica (Tabla I, Fig. 1), con variaciones estacionales claras, ya que mientras la producción primaria se incrementó en el verano, el porcentaje de C excretado respecto del fijado aumentó en el invierno; no así los valores absolutos de excreción que alcanzó a 72,0 mg C · m⁻³ · h⁻¹ durante febrero de 1986. 57,6 mg C · m⁻³ · h⁻¹ fueron liberados durante mayo de 1985, y la menor cantidad de C excretado, 8,6 mg C · m⁻³ · h⁻¹, se observó en diciembre de 1985. Berman (1976) en el Lago Kinneret halló valores máximos comprendidos entre 44,8 y 61,0 mg C · m⁻³ · h⁻¹ · día⁻¹ (3,73 y 5,08 mg C · m⁻³ · h⁻¹). Tanaka, Nakanishi & Kadota (1974), para el Lago Biwa dan tasas de 7,5 y 4 mg C · m⁻³ · h⁻¹, ambas inferiores a las observadas para la laguna de Chascomús.

La gran mayoría de los autores expresan la excreción en porcentajes de C liberado en función del CO₂ fijado durante la fotosíntesis, bajo igua-



Fig. 1.— Fluctuación estacional de la tasa de asimilación de ¹⁴CO₂, o fotosíntesis.

TABLA I
Resultados experimentales

	asimilac. CO_2 $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$	excreción C-orgánico $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$	asimil. + excretado $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$	excreción C-orgánico %	inten. luz sup. $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (%)	concent. clor-a $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$
Mayo 1985	329,1	57,6	386,7	17,5	1320 (17)	24,03
Junio	93,8	16,9	110,7	18,0	750 (20)	16,02
Julio	138,1	23,9	162,0	17,3	1008 (36)	28,51
Agosto	196,2	30,4	226,6	15,5	1750 (17)	39,25
Setiembre	157,9	24,2	182,1	15,3	1400 (36)	30,44
Diciembre	82,3	8,6	90,9	10,4	2000 (41)	25,63
Enero 1986	576,3	72,0	648,3	12,5	—	38,03
Febrero	327,0	31,1	358,1	9,5	1500 (20)	48,86
Abril	203,0	17,9	220,9	8,8	200 (45)	49,66
Mayo	195,3	21,1	216,4	10,8	500 (18)	27,27

les condiciones experimentales. En la tabla II se dan los resultados de los diferentes autores consultados. Nuestros porcentajes de excreción (Fig. 2) fueron mayores durante el invierno y menores durante el verano, interpretándose esta variación estacional como dependiente principalmente de dos factores, intensidad luminosa y biomasa algal ($\text{clor-a, mg} \cdot \text{m}^{-3}$).

La liberación de materia orgánica es mayor en oscuridad, a bajas y muy altas intensidades de luz, siendo menor con luz moderada. Fogg, Nalewajko & Watt (1965) concluyen que la excreción en oscuridad es un proceso metabólico diferente, el cual es inhibido por la luz, y el proceso con luz es inversamente proporcional a su intensidad, llegando a un valor del 95%

TABLA II
Porcentajes de C-orgánico excretado, obtenidos por diferentes autores

Autores	C-orgánico excretado (%)
Fogg (1962); Fogg, Nalewajko & Watt. (1965)	7 - 5
Fogg (1966)	34 - 0,5
Hellebust (1965)	25 - 10
Nalewajko (1966)	19,4 - 0,2
Tanaka, Nakanishi & Kadota (1974)	11
Ignatiades (1973)	15,9 - 18,5
Ignatiades (1973)	46 - 88
Berman (1976)	10 - 1,9
Fogg (1971)	95
Caro (1982)	50
Brock & C'lyne (1984)	41,4

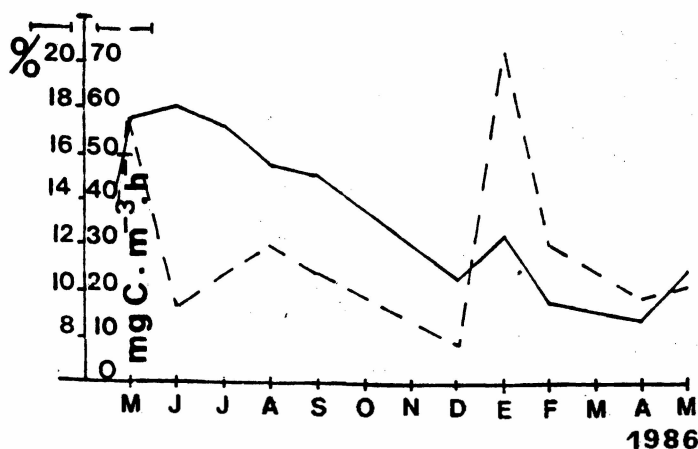


Fig. 2.- Tasas de excreción ($\text{mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$; - - -) y porcentajes de C-orgánico excretado (%; —).

del C fijado por fotoinhibición a muy elevadas intensidades de luz (Fogg, 1971). Golterman (1975) sostiene que la excreción de glicolato es un mecanismo protector, y que la inhibición fotosintética se debe al drenaje o pérdida del intermediario ribulosa-di-fosfato producido en la fotosíntesis, impidiendo su utilización para la síntesis de glucosa, siendo el principal paso en la formación de glicolato, la ruptura del aceptor de CO₂, la Ri-d-P.

Otros valores elevados del porcentaje de C excretado (46-88,1%) son también hallados bajo condiciones de concentraciones limitantes de nutrientes o declinaciones algales. (Ignatiades, 1973).

Nuestros valores extremos (8,8-18,0%) y promedio (13,6%) están comprendidos entre los más bajos, confirmando que tasas menores son observadas en cuerpos de agua eutróficos. Las intensidades de luz invernales son lo suficientemente bajas como para producir tasas algo mayores, no siendo las del verano tan elevadas como para fotoinhibir la fijación de C y producir mayor liberación de materia orgánica.

Bajo circunstancias particulares, por ejemplo al alternar condiciones de nubosidad y luz en aguas superficiales se observa liberación abundante de glicolato. Fogg (1966) explica este fenómeno por pasaje brusco de intensidades bajas y adecuadas concentraciones de CO₂ a elevada luminosidad y bajos niveles de CO₂, debido a gran producción de ribulosa-di-fosfato bajo concentraciones adecuadas de CO₂ y bajas tasas de fotosíntesis, con la consiguiente ruptura de Ri-d-P y excreción de glicolato, cuando disminuye el dióxido y se incrementa la luz.

Tanaka, Nakanishi & Kadota (1974) hallaron tasas de excreción mayores a intensidades de luz inferiores a la de saturación (20% de luz en superficie). Berman (1976) observó un 31,7% de C liberado respecto del fijado en niveles por debajo del 1% de intensidad de luz superficial. Los porcentajes de luz recibida en el nivel de muestreo respecto de la intensidad superficial (Tabla I) fluctúan entre 17 y 45%, que explicarían las tasas observadas en esta laguna.

Otro factor que consideramos de importancia en la excreción de glicolato es la biomasa algal. Berman (1976) observó menores porcentajes de liberación de ácido glicólico en el Lago Kinneret, durante el bloom de *Petridinium sp* y relaciones inversamente proporcionales entre el porcentaje de excreción y la concentración de clorofila-a, en coincidencia con Watt (1966), Thomas (1971) e Ignatiades (1973) que hallaron un 3,5% de C liberado durante el bloom primaveral de *Skeletonema costatum* en Loche Etive. Por el contrario, Tanaka, Nakanishi y Kadota (1974) para el lago Biwa encontraron una buena correlación entre la concentración de clorofila-a y excreción. En la figura 3 se observa la relación existente entre la concentración de clorofila-a y porcentaje de excreción de la Laguna de Chascomús, siendo esta inversamente proporcional, habiéndose resuelto la ecuación, porcentaje de C liberado = $2,01 + 26,03 \cdot x^{-0,28}$, con una probabilidad de error menor al 0,01 ($P < 0,01$).

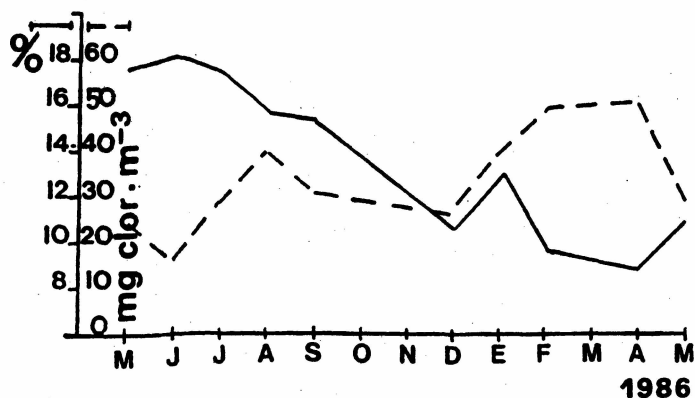


Fig. 3.- Relación entre el porcentaje de excreción (%; —) y la concentración de clorofila-a (mg chlor.m⁻³; - - -).

CONCLUSIONES

La liberación de C orgánico se vio sujeta en la Laguna de Chascomús a las variaciones de la intensidad luminosa, concentración de clorofila-a y tasa de fotosíntesis. La relación entre estas dos últimas variables y la excreción fue inversamente proporcional con $P < 0,01$.

Los porcentajes extremos y promedio de excreción están entre los más bajos observados, confirmando la hipótesis de Berman que en cuerpos de agua eutróficos se ve disminuida la excreción.

Los porcentajes de excreción se incrementaron sólo durante el invierno y disminuyeron en verano; por el contrario las tasas de liberación de C-orgánico mostraron una distribución bimodal, con un máximo en invierno y otro en verano.

BIBLIOGRAFIA

- BERMAN, T. 1976. Release of dissolved organic matter by photosynthesizing algae in Lake Kinneret, Israel. *Fresh. Biol.* 6: 13-18.
- FOGG, G. E. 1962. Extracellular products. In: *Physiology and biochemistry of algae*, ed. by R.A. Lowin. Acad. Press, New York and London.: 475-489.
- 1966. The extracellular products of algae. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 4: 195-212.
- 1971. Extracellular products of algae in freshwater. *Arch. Hydrobiol. Beith. Ergobn. Limnol.* 5: 1-25.
- FOGG, G. E., NALEWAIKO, C. and WATT, W. D. 1965. Extracellular products of phytoplankton photosynthesis. *Proc. Roy. Soc. B.* 162: 517-537.
- GOLTERMAN, H. L. 1975. *Physiological limnology*. Elsevier Sci. Publ. Co., Amst.-Oxford New York.
- HELLEBUST, J. A. 1965. Excretion of some organic compounds by marine phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.* 10: 192-206.
- IGNATIADIS, L. 1973. Studies on the factors affecting the release of organic matter by *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve in field conditions. *J. Mar. Biol. Ass. V. K.* 53: 923-935.
- LORENZEN, C. J. 1967. Determination of chlorophyll and phaeopigments spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.* 12: 343-346.

- LUCAS, C. E. 1961. *Symp. Soc. exp. Biol.* 15: 190-206.
- NALF-WAJKO, C. 1966. Photosynthesis and excretion in various planktonic algae. *Limnol. Oceanogr.* 1: 1-10.
- STEFMANN NIELSEN, E. 1952. The use of radioactive carbon ^{14}C for measuring organic production in the sea. *J. Cons. Cons. Int. Explor. Mer.* 18: 117-140.
- TANAKA, N., NAKANISHI, M. and KADOTA, H. 1974. The excretion of photosynthetic product by natural phytoplankton population in Lake Biwa. *Jap. Jour. Limnol.* 35(3): 91-98.
- THOMAS, J. P. 1971. Release of dissolved organic matter from natural populations of marine phytoplankton. *Mar. Biol.* 11: 311-323.
- WATT, W. D. 1966. Release of dissolved organic material from the cells of phytoplankton populations. *Proc. R. Soc. B.* 164: 521-551.