

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO AUTOECOLÓGICO DE OSCILLATORIA AMPHIBIA C. A. AG. (CYAIVOPHYCEAE)

Alvarez, M.", Velasco, J. L.", Parra, F.", Colmenarejo, J. M.", Rubio, A.", Rodríguez, M.", Alario, V.", Ortiz, I.*, Martínez, N.*, García, P." & Gallardo, T. **

ABSTRACT

Autoecological studies on Oscillatoria arnphibia C. A. Ag. (Cyanophyceae).

Studies on **Oscillatoria arnphibia** (Cyanophyceae) isolated from urban wastewaters have been undertaken by means of non-axenic cultures. It appears to be a benthic taxon, living in hard-water hypereutrophic environments in the season of both high temperatures and irradiances, and displaying a C₄ metabolism.

RESUMEN

Se han realizado estudios de laboratorio en cultivos no axénicos sobre **Oscillatoria arnphibia** (Cyanophyceae), aislada a partir de aguas residuales urbanas. Los resultados indican que se trata de un taxon bentónico, adaptado a elevadas temperaturas e irradiancias, de metabolismo C₄, que reside en ambientes hipereutróficos alcalinos de aguas duras.

INTRODUCCION

Constituyen ya un lugar común en la biología las dificultades con que se tropieza en el estudio taxonómico de las Cianofíceas (o Cianobacterias, tanto da). Las aproximaciones morfológicas, bien de la escuela centroeuropea -Geitler y epígono*, bien de la reduccionista americana -Drouet-, se ven complementadas muy recientemente por las bioquímicas de Stanier y colaboradores (RIPPKA et al., 1979), pero apenas puede augurarse que los problemas

taxonómicos de este interesante grupo de organismos serán resueltos en un futuro próximo. Y es que una variabilidad tan enorme en respuesta a las distintas condiciones ambientales como las que presentan las algas verdiazuladas es un obstáculo insalvable para su compartimentación en esas clases artificiales que denominamos táxones.

En nuestra opinión la clasificación futura de estos seres vivos provendrá de la integración de todos aquellos datos relevantes para la vida de cada organismo par-

* Centro de Investigaciones del Agua (CSIC). La Poveda, Arganda del Rey. Madrid.

** Real Jardín Botánico (CSIC). Pza. Murillo, 2. 28014-Madrid.

particular en un ambiente determinado. Esta observación perogmllesca, frecuentemente olvidada, es la que nos induce a considerar la ecología de las especies de Cianofíceas como un factor tan importante como la morfología, la bioquímica y la genética para su taxonomía.

Existen muchos estudios cuantitativos sobre la ecología de las especies de Cianobacterias, tanto marinas como dulceacuícolas, pero prácticamente todos se refieren a los organismos planctónicos. Nosotros aquí presentamos algunas observaciones ecológicas sobre lo que tentativamente clasificaremos como *Oscillatoria amphibia* C. A. Ag., taxon bentónico. Por su morfología este organismo puede considerarse idéntico a *O. putrida* Schmidle (compárense las descripciones de Agardh, en de TONI, 1907, y SCHMIDLE, 1901) y muy parecido a los del gmo *redekei* del mismo género.

MATERIAL Y METODOS

O. amphibia apareció espontáneamente en el agua residual de un núcleo urbano sometida a un tratamiento secundario de laboratorio mediante lodos activados. El alga fue cultivada en esa misma agua residual y en dos ocasiones diferentes: diciembre de 1982 y marzo de 1983. Las condiciones de cultivo fueron: fotoperiodo 15/9, irradiancias en tomo a los 200 $\mu\text{E}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{seg}^{-1}$, temperaturas de 25°C y 30°C. En la experiencia de diciembre se vio acompañada por Clorofíceas, pero en marzo creció en solitario. Los parámetros determinados diariamente fueron: pH, carbono orgánico, carbono inorgánico, nitratos, nitritos, amonio, ortofosfatos, sodio, potasio, calcio, magnesio, sulfatos, bicarbonatos, clomros, sílice, DBOs, número de células, clorofila *a*, peso seco, producción primaria, respiración. Las técnicas utilizadas se mencionan en VELASCO et al. (1983) y en ALVAREZ COBELAS et al. (1983). Las experiencias duraron en un caso once días y en el otro trece.

Con los datos se obtuvieron tasas de crecimiento, tiempos de duplicación, correlaciones entre parámetros, capacidades

fotosintéticas, etc. La fundamentación implícita en la determinación de los óptimos vitales es que son aquellas cifras de cada parámetro ambiental que producen tasas de crecimiento máximas (FOGG, 1975).

RESULTADOS

En lo que respecta a los factores físicos, *O. amphibia* muestra preferencias por temperaturas elevadas (tabla I): las tasas reproductivas son superiores a 30°C que a 25°C; por debajo de esta última cifra tiene dificultades para crecer y es sustituida con facilidad por Clorofíceas.

No se ha experimentado nada más que con una irradiancia y un fotopenodo, de modo que nada puede asegurarse sobre estos aspectos.

La fig. 1 presenta una pmeba indirecta de aparente carencia de fotorrespiración. Tras un pretratamiento de cinco minutos en la oscuridad, la evolución de la producción primaria –medida por el desprendimiento de oxígeno– no decae en los primeros treinta minutos como cabría esperar (HARRIS & PICCININ, 1977).

A pesar de la existencia de vacuolas terminales en las células, que probablemente sean gasíferas, hemos observado que los tricomas, faltos de aireación (el método de agitación empleado), sedimentan muy rápidamente, en cuestión de minutos.

La tabla I refleja la amplitud de algunos factores ambientales presentes en el agua residual donde creció *O. amphibia*. Huelgan comentarios a la misma, a excepción de la carencia de correlación entre el número de células y el nitrógeno de amonio o de nitratos –no expresada en la misma– y del uso algo heterodoxo dado a la capacidad fotosintética máxima. Esta se considera como la cantidad máxima de oxígeno producido (o de carbono fijado) por unidad de clorofila *a* y hora para varias irradiancias; dado que aquí hemos trabajado sólo con una de ellas, la capacidad fotosintética de la tabla representa los máximos encontrados de dicho parámetro para 25°C y 30°C.

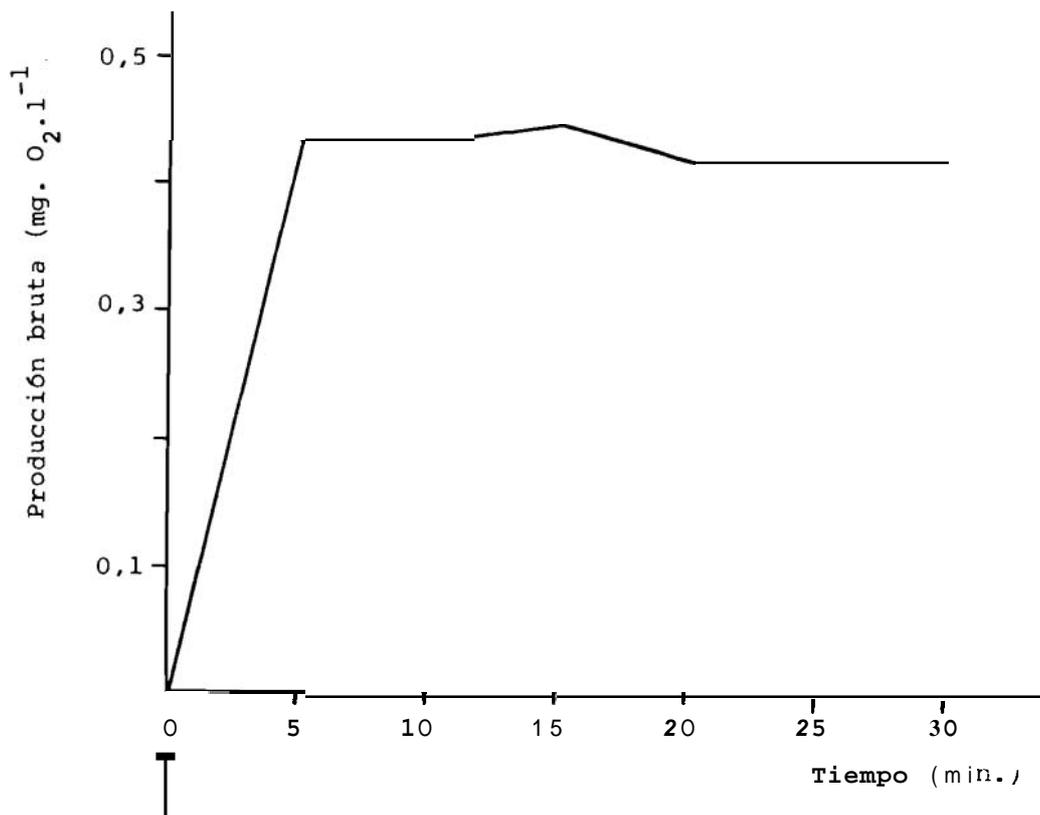


FIGURA 1.—Evolución de la producción primaria bruta en relación al tiempo en una experiencia de un día representativo. T = 25°C. La flecha señala el momento de encendido de la luz.

TABLA 1.—Algunas características de *Oscillatoria amphibia* C.A. Ag. y del ambiente en que vive. Las correlaciones, significativas para $\leq 0,05$.

Tamaño del tricoma cilíndrico: 60-150 x 1,2-1,5 μ m.
 pH: 8,03-10,77

CO ₃ H ⁻	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	SiO ₂ (mg. l ⁻¹)
438-549	425-465	227-307	47-83
Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺ (mg. l ⁻¹).
190-315	17-44	130-133	45-66

Cationes monovalentes/Cationes divalentes: 1,21-1,73
 Nitrógeno total disuelto > 25 mg. N.l⁻¹
 Fósforo total disuelto > 3 mg. P.l⁻¹

C:N:P:	25°C	30°C
	8,23:4,41:1	8,33:4,37:1

	25°C	30°C
Correlaciones N° células-PO ₄ :	R = -0,84/-0,86	-0,82/-0,62
Correlaciones N° células-Cin.:	R = -0,90/-0,78	-0,72/-0,75

DBO₅: 20-51 mg. O₂.l⁻¹

Tasas de crecimiento:	25°C	30°C
r =	0,062-0,162	0,176-0,206

Tiempos de duplicación: 35-116 horas
 Capacidad fotosintética máxima (P_{max}): 10,38-11,72 mg.O₂.(mg.Cl.a)⁻¹.h⁻¹
 Tasa respiratoria: 1,92-4,96 μ l. O₂. (mg. peso seco)⁻¹.h⁻¹

En la fig. 2 se representan conjuntamente la evolución del número de células y la del carbono orgánico. La correlación lineal entre ambos parámetros es significativa y negativa.

CONCLUSIONES Y DISCUSION

A partir de nuestras observaciones de laboratorio podemos concluir que *O. amphibia* es un taxon bentónico porque sedimenta con mucha rapidez a pesar de presentar vacuolas probablemente gasíferas.

Aunque sólo se ha trabajado con una irradiancia, ésta suele considerarse normalmente (HARRIS, 1978) como fotoinhibidora para el fitoplancton. Esta Cianofítica, a diferencia de las Clorofitas estudiadas en un trabajo anterior (ALVAREZ COBELAS et al., 1983), crece bien a dicha irradiancia. El resultado apoya indirectamente el «status» bentónico del taxon.

La carencia de signos externos de fotorrespiración no significa que esta no exista, sino que los sustratos para la misma no son importados del exterior (CHOLLET &

OGREN, 1975). Es en ese sentido en el que LLOYD et al. (1977) se manifiestan cuando aseguran que para las algas estudiadas por ellos no observan fotorrespiración. Senan, *O. amphibia* incluida, plantas del grupo C4. Queremos resaltar que nuestro sistema experimental ni permite modificar las presiones parciales de oxígeno en la cubeta de las algas, ni permite conocer el intercambio de CO₂ entre las algas y el ambiente, condiciones imprescindibles ambas para establecer con exactitud la existencia aparente de fotorrespiración. Además, como aseguran LEX et al. (1972) las concentraciones elevadas de bicarbonato inhiben la fotorrespiración, cosa que podría ocurrir en nuestras experiencias.

Por último, en cuanto a los factores físicos, sus mayores tasas de crecimiento a 30°C determinan este óptimo térmico. De todo lo precedente podemos inferir que esta Cianobacteria muestra preferencias por ecosistemas bentónicos muy someros (sujetos a irradiancias elevadas) –incluyendo la zona de las salpicaduras– durante las épocas cálidas del año.

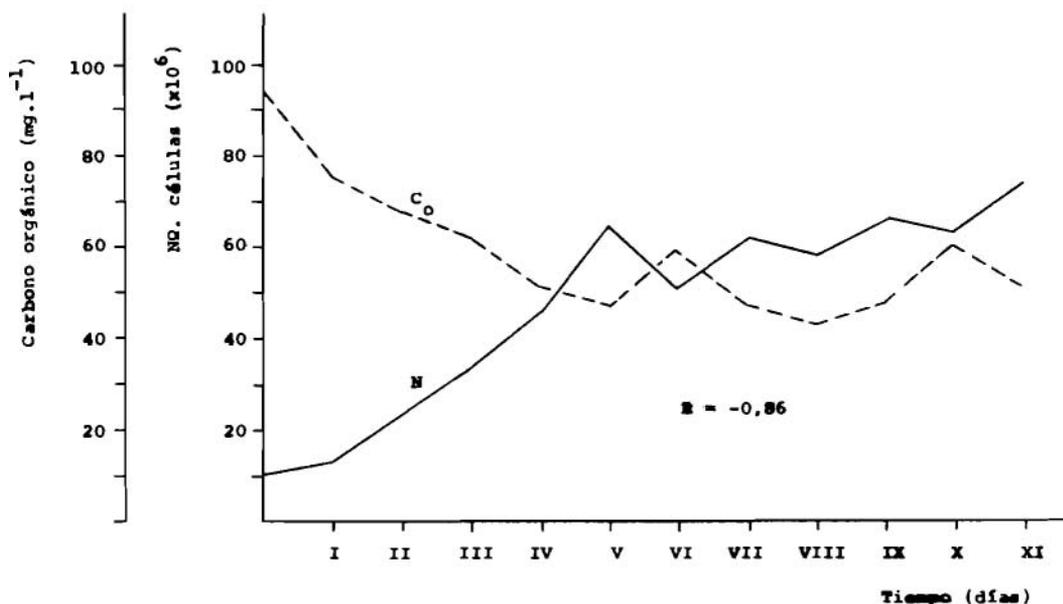


FIGURA 2.-Número de células (N) y carbono orgánico (Co) en relación al tiempo. T = 25°C. R = coeficiente de correlación lineal, significativo p ≤ 0,05.

En cuanto a los factores químicos, resulta patente que crece bien en ambientes hipereutróficos de aguas duras donde la sal predominante es el bicarbonato sódico y hay mucha materia orgánica.

A pesar de que se asegura que el óptimo cationes monovalentes/cationes divalentes para las Cianofíceas es inferior a la unidad (SHOESMITH & BROOK, 1983), este taxon siempre se ha encontrado por encima de ella.

Las limitaciones nutritivas proceden del carbono y del fósforo. A los pHs donde se encuentra no hay CO₂ libre, debido a lo cual consumirá preferentemente bicarbonatos, al contrario que otra especie morfológicamente muy similar, *O. redekei*, quien ingiere dióxido de carbono y es metalimnética (MEFFERT, 1973). Observamos aquí que las características ecofisiológicas permiten diferenciar taxones donde la morfología no puede.

Resulta curioso también el que las correlaciones con los factores limitantes sean superiores a 25°C que a 30°C. Probablemente a esta última temperatura el alga dependa más de otros que desconocemos.

La Fig. 2 podría sugerir un uso del carbono orgánico por *O. amphibia*, aunque debe tenerse en cuenta que correlación no implica causalidad. De todos modos, se sabe que las Cianofíceas pueden usar sustratos orgánicos como fuentes de carbono, tanto en la luz como en la oscuridad (FOGG et al., 1973), y nada tendna de extraño que ésta, viviendo en ecosistemas con mucha materia orgánica, los utilizara.

Las tasas de crecimiento, bastante bajas comparadas con otras de Cianobacterias (FOY, 1980), se hallan también lejos del máximo teórico (EPPLEY, 1972). Las causas de este fenómeno son múltiples y no fáciles de individualizar; la carencia de un medio equilibrado en nutrientes podna ser una de ellas.

En cuanto a la capacidad fotosintética, resulta superior a la observada para ecosistemas bentónicos de algas (MARKER, 1980) y similar a la de los planctónicos (TILZER et al., 1980). Conviene señalar que este parámetro se ha medido en condiciones parecidas a las planctónicas. Las tasas respira-

torias se encuentran en el rango de las referidas para las Cianofíceas (FOGG et al., 1973), aunque el límite inferior de la tabla I se halla por debajo de lo recogido en la bibliografía.

El tamaño de los tricomas hace muy improbable que el taxon se integre en la red alimenticia a través de los herbívoros filtradores (SUMNER & McINTIRE, 1982). Sena más verosímil que entrara por la vía detritívora, tras la descomposición bacteriana.

Todas las características precedentes indican que la competencia podna provenir de otros táxones de *Oscillatoria* que vivieran en ambientes similares. En efecto, existe una serie de especies de dicho género que suelen aparecer juntas en esa clase de comunidades (FIJERINGSTAD, 1964).

BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ COBELAS, M.; VELASCO DÍAZ, J.M.; COLMARENAREJO MORCILLO, J. M.; RUBIO OLMO, A.; SORIANO MATEO, T.; ALARIO SÁNCHEZ, V.; RODRÍGUEZ YAÑEZ, M. (1983).-Impacto ambiental de los vertidos de aguas residuales urbanas, II. Dinámica temporal de las algas del tratamiento terciario a escala de laboratorio. Bol. Soc. Pori. Hist. Nat. (en prensa).
- CHOLLET, R. et OGREN, W. L. (1975).-Regulation of Photorespiration in C3 and C4 species. Bot. Rev. 41: 137-179.
- EPPLEY, R. W. (1972).-Temperature and phytoplankton growth in the sea. Fish. Bull. Calif. 70: 1063-1085.
- FIJERINGSTAD, E. (1964).-Pollution of streams estimated by benthal phytomicroorganisms. I. A sapronic system based on communities of organisms and ecological factors. Ini. Rei. Ges. Hydrobiol. 49: 63-131.
- FOGG, G. E. (1975).-Algal cultures and phytoplankton ecology. Madison. Univ. Wisconsin. 175 p.p.
- FOGG, G. E.; STEWART, W. D. P.; FAY, P.; WALSBY, A. E. (1973).-The blue-green algae. London. Academic Press. 459 p.p.
- FOY, R. H. (1980).-The influences of surface to volume ratio on the growth rate of planktonic blue-green algae. Brit. Phycol. J. 15:279-289.
- HARRIS, G. P. (1978).-Photosynthesis, productivity and growth: The physiological ecology of phytoplankton. Ergehn. Limnol. 10: 1-171.
- HARRIS, G. P. & PICCININ, B. B. (1977).-Photosynthesis by natural phytoplankton populations. Arch. Hydrobiol. 80:405-457.

- LEX, M.; SYLVESTER, W.; STEWART, W. D. P. (1972).—Photorespiration and nitrogenase in the blue-green algae *Anabaena cylindrica*. *Proc. Roy. Soc. London Ser. B* 180:87-102.
- LLOYD, N. D. H.; CANVIN, D. T.; CULVER, D. A. (1977).—Photosynthesis and photorespiration in algae. *Pl. Physiol. Lancaster* 59:936-940.
- MARKER, A. F. H. (1980).—Photosynthetic capacity of periphyton. In *The functioning of freshwater ecosystems* (Le Cren, E. D. and Lowe-McConnell, R. H., eds.): 182-184. Cambridge. Cambridge University Press.
- MEFFERT, M. E. (1973).—Einfluss von pH, CO₂-Konzentration und Bakterien auf das Wachstum der Blaualge *Oscillatoria redekei* van Goor. *Arch. Hydrobiol.* 72: 186-201.
- RIPPKA, R.; DERUELLES, J.; WATERBURY, J. B.; HERDMAN, M.; STANIER, R. (1979).—Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of Cyanobacteria. *J. Gen. Microbiol.* 111:1-61.
- SCHMIDLE, W. (1901).—Neue Algen aus dem Gebiete des Oberrheins. *Beih. Bot. Centralbl.* 10:179-180.
- SHOESMITH, E. A. et BROOK, A. J. (1983).—Monovalent-divalent cation ratios and the occurrence of phytoplankton, with special reference to the desmids. *Freshwater Biology* 13:151-155.
- SUMNER, W. T. et McINTIRE, C. D. (1982).—Grazer-periphyton interactions in laboratory streams. *Arch. Hydrobiol.* 93:135-157.
- TILZER, M.; PYRINA, I. L.; WESTLAKE, D. F. (1980).—Photosynthetic capacity of phytoplankton. In *The functioning of freshwater ecosystems* (Le Cren, F. D. and Lowe-McConnell, R. H., eds.): 163-165. Cambridge. Cambridge University Press.
- de TONI, J. B. (1907).—*Sylloge Algarum*, 5. *Myxophyceae*. Patavii. 761 p.p.
- VELASCO, J. L.; COLMENAREJO, J. M.; ALVAREZ, M.; BUSTOS, A. (1983).—Impacto ambiental de los vertidos de aguas residuales urbanas, I. Depuración integral con recuperación de nutrientes mediante tratamiento terciario fotosintético con microalgas. *Bol. Soc. Port. Hist. Nat.* (en prensa).