

NOTA SOBRE CULTIVO MASIVO DE ALGUNAS ESPECIES DE GELIDIALES (RHODOPHYTA)

BERNABÉ SANTELICES*

ABSTRACT. A note on mass culture of some species of Gelidiales (Rhodophyta).

Mass culture of 3 species of Gelidiales (Rhodophyta) was attempted in order to establish whether they could survive as unattached forms and to determine their minimum water volume requirements per unit of algal mass. Two species, *Pterocladia caerulea* and *P. capillacea*, were able to grow continuously for about 50 days reaching maximum daily growth rates of 2.3% and 1.6% respectively. Both species adopted a globose or subglobose habit with morphological modifications similar to those described for other free-floating species of algae. The optimum volume of experimental medium was one liter of enriched sea water for 3.3 grams of *P. caerulea* or 1.7 grams of *P. capillacea*. The third species studied, *Gelidiella acerosa*, was unable to grow under these conditions.

INTRODUCCION

Numerosas especies de algas del orden Gelidiales (Rhodophyta) son económicamente importantes. Cinco especies son consumidas en diversas partes del mundo en alimentación humana (Michanek, 1971); sobre cincuenta especies son usadas como materia prima en la producción de agar-agar (Zaneveld, 1955, 1959; Boney, 1965; Levring et al. 1969) y se estima que cantidades cada vez más altas serán usadas en la futura producción de agarosa, debido al amplio uso que esta sustancia ha encontrado en estudios y prácticas fisiológicas y de medicina humana (Renn y Mueller, 1967). En Chile existen 7 especies de Gelidiales (Levring, 1960), algunas de las cuales son económicamente importantes y cuya explotación en el país alcanza un promedio de producción anual (peso seco) de 150 toneladas (Jaramillo, 1975). Sin embargo, a pesar de su importancia como recurso económico, la totalidad de las especies utilizadas en el mundo provienen solamente de praderas naturales. Muy pocas prácticas hidrónicas han sido aplicadas en la explotación de este grupo, y sólo recientemente se han llevado a cabo estudios orientados a racionalizar las técnicas de explotación de estas algas en otras partes del mundo (Barilotti y Silverthorne, 1972). Hasta la fecha no se han publicado estudios dirigidos a incrementar la protección de estas algas por medio de cultivos artificiales.

En Hawaii, como en Chile, las especies de Gelidiales son de tamaño relativamente pequeño y con baja biomasa por unidad de superficie. Debido al alto

*Departamento de Biología Ambiental y de Poblaciones, Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad Católica de Chile, Casilla 114-D, Santiago.

costo de mano de obra, las probabilidades de cultivo de estas especies en el mar son muy remotas. Sin embargo, estudios autoecológicos de algunas especies en Hawaii (Santelices, 1975), mostraron que ellas podían alcanzar una velocidad de crecimiento de hasta 4% diario en cultivos a corto plazo, y permitieron pensar en la posibilidad de cultivar dichas especies a mayor escala. Así, experimentos preliminares de cultivo masivo de estas especies parecieron oportunos y son descritos en este trabajo. Su objetivo principal fue descubrir si algunas de estas especies, que normalmente viven adheridas a los arrecifes en Hawaii, podrían sobrevivir y crecer flotando libremente en estanques de cultivo, permitiendo así su cultivo masivo. Además, se intentó determinar el volumen mínimo de medio de cultivo requerido por unidad de masa de alga bajo ciertas condiciones controladas de cultivo.

MATERIAL Y METODOS

Tres especies de Gelidiales fueron usadas en estos experimentos: *Pterocladia caerulea* y *Gelidiella acerosa* fueron recolectadas en Kahala Beach Park en la costa sur de la isla de Oahu, mientras que los especímenes de *Pterocladia capillacea* provinieron de Pupukea Beach Park, en el lado norte de la isla de Oahu, archipiélago de Hawaii.

Luego de remover las algas del arrecife, ellas fueron transportadas en bolsas plásticas con agua de mar, llegando al laboratorio dentro de 2 horas. Allí, las algas fueron limpiadas de epífitos y su agua de mar superficial fue removida con toalla de papel. Luego fueron pesadas con exactitud de un milígramo en una balanza de precisión Mettler 160 y puestas en las botellas de cultivo.

Los cultivos fueron hechos en botellas Pyrex, llenas con 15 litros de agua de mar filtrada y enriquecida por la adición de 50 partes por millón (ppm) de NaNO_3 y 10 ppm de K_2HPO_4 . Cada botella fue iluminada por dos lámparas circulares Sylvania (Cool-White, 22 y 32 watts) instaladas alrededor del cuello de las botellas y reguladas a un foto-período de 12 horas de luz. Los cultivos fueron mantenidos en movimiento constante bombeando aire a través de un tubo de vidrio. El aire fue previamente filtrado haciéndolo pasar a través de un matraz lleno de algodón y de fibra de vidrio. La temperatura de los cultivos se ajustó a 26° C, hundiendo las botellas con cultivos en una bandeja irrigada permanentemente con una mezcla de agua de la llave, caliente y fría. La variación máxima de temperatura en los cultivos nunca sobrepasó los 2° C. El medio de cultivo fue renovado semanalmente y la totalidad de las algas en cada botella fueron pesadas, al igual que al inicio del experimento, en intervalos de 5 a 10 días. Las velocidades de crecimiento diario fueron computadas en una calculadora programable usando un programa de interés compuesto (programa 194) para una calculadora Wang 700. El cultivo experimental de cada especie fue hecho en duplicado, extendido hasta 60 días y desarrollado en Hawaii entre octubre de 1973 y marzo de 1974.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las dos especies de *Pterocladia* estudiadas pudieron crecer flotando libremente en las botellas de cultivo y sus velocidades de crecimiento están ilustradas en la figura 1. La tercera especie estudiada, *Gelidiella acerosa*, no sobrevivió a las condiciones de cultivo. Más del 50% de las plantas de esa especie perdieron sus pigmentos y murieron después de 5 días de iniciado el experimento.

Las velocidades de crecimiento de ambas especies de *Pterocladia* en los cultivos disminuyeron a medida que la biomasa aumentaba. Esto se pudo deber a la disminución relativa de la luz o de los nutrientes disponibles, como consecuencia del aumento de biomasa. En efecto, al aumentar el número de plantas flotando éstas pueden actuar como filtro disminuyendo la cantidad total de luz en el interior de las botellas. Sin embargo, estudios ecofisiológicos de las mismas especies en Hawaii (Santelices, 1975) indican que ambas algas tienen niveles de saturación de luz relativamente bajos, pudiendo aún crecer con intensidades lumínicas de 100 - 250 candelas. Tales estudios también mostraron que ambas especies son particularmente sensibles a bajas concentraciones de nutrientes y que, con frecuencia, la renovación del medio de cultivo puede

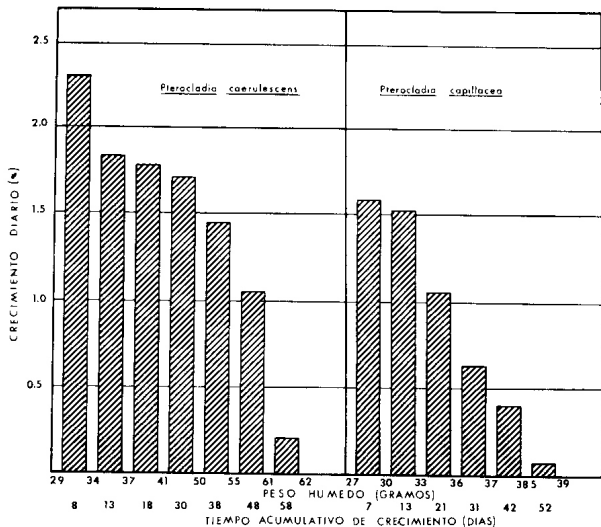


Fig. 1. Crecimiento diario de las dos especies de *Pterocladia* en cultivo masivo, en relación a su peso húmedo original y al tiempo acumulativo de crecimiento.

modificar las velocidades de crecimiento de estas especies. Por lo tanto, la reducción en la velocidad de crecimiento de ambas especies a medida que aumenta la biomasa parece deberse a la reducción de la concentración de nutrientes, ya que la cantidad total de medio de cultivo permaneció constante a lo largo del experimento.

Las velocidades de crecimiento máximas alcanzadas en las botellas de cultivo fueron 2.3% diario para *Pterocladia caerulescens* y 1.6% para *P. capillacea*. Estos valores son menores que el 4% diario alcanzado por las mismas especies en experimentos a corto plazo (Santelices, 1975) probablemente como resultado de los distintos métodos de cultivo. En los experimentos a corto plazo el medio de cultivo fue renovado más frecuentemente (cada día) y mantenido a temperaturas e intensidades luminosas más altas (28° C y 1.200 candelas), lo que produjo crecimiento acelerado. Aún cuando la velocidad máxima de crecimiento en los cultivos masivos es menor, es posible estimar que en este sistema la biomasa de estas 2 especies podría duplicarse en un plazo de 45 a 60 días. En el caso de *Pterocladia caerulescens* la biomasa en los cultivos aumentó (fig. 1), de 29 a 50.20 gramos durante los primeros 30 días, alcanzando en promedio velocidades de crecimiento cercanas al 2% diario. Incrementos de biomasa por sobre este valor disminuyeron notablemente las velocidades de crecimiento de esta especie. Si se divide 50.20 gramos por el volumen del medio de cultivo (15 litros) se concluye que 3.34 gramos de alga por litro de medio es la proporción máxima permisible para mantener este cultivo a un ritmo de crecimiento cercano a 2% diario. En *Pterocladia capillacea* la proporción óptima en el presente estudio fue de 1.7 gramos de alga por litro de medio de cultivo, manteniendo una velocidad de crecimiento cercana a 1,5% diario.

La sobrevivencia de ambas especies de *Pterocladia* flotando libremente en las botellas de cultivo parece estar relacionada con sus capacidades para adoptar una morfología externa globosa o subglobosa, desprovista de disco adhesivo, y con ejes y ramas orientadas radialmente. Semejantes modificaciones morfológicas son comunes en poblaciones de otras especies de algas (Hum, 1944; Isaac, 1956; Austin, 1959; Schwenke, 1971; Hartog, 1972) y fueron muy evidentes en el caso de *Pterocladia caerulescens*. En Hawaii esta especie se encuentra siempre adherida al sustrato, con uno o varios ejes erectos pinadamente ramificados que se levantan desde ejes rastreros (fig. 2). En las botellas de cultivos, los ejes de *P. caerulescens* se alargaron por crecimiento de las células apicales, terminando en ápices delgados y agudos, diferentes de los ejes normales que generalmente tienen márgenes paralelos y ápices redondeados o gradualmente atenuados. En los especímenes en cultivo, las ramas más bajas crecieron más lentamente que las más apicales, cambiando la apariencia de un eje bipinado a uno irregularmente ramificado. Además, numerosas ramas cortas proliferaron desde los ejes erectos y rastreros, los que gradualmente cambiaron a masas globosas de filamentos con ramas orientadas radialmente (fig. 2). Durante los 58 días de cultivo, el número de masas globosas flotantes au-

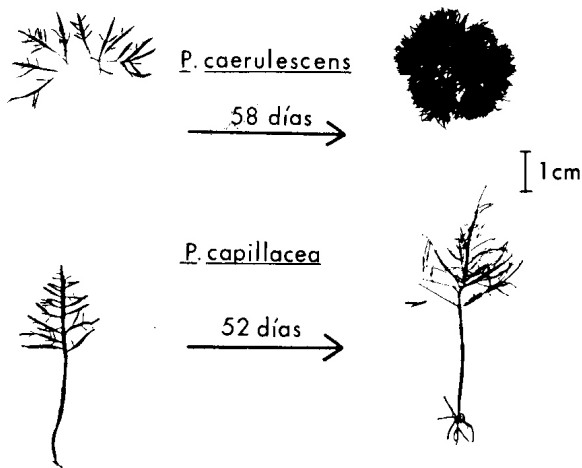


Fig. 2. Cambios morfológicos de las dos especies de *Pterocladia* en cultivo masivo.

mentó, probablemente como resultado de la fragmentación del alga y la sucesiva proliferación de sus ramas.

Los cambios en la morfología externa de *Pterocladia capillacea* fueron en general, semejantes a los antes descritos, pero con ciertas diferencias. En Hawaii, los ejes erectos de esta especie tienen una típica apariencia piramidal (fig. 2) con ramificaciones sólo en el extremo superior, que disminuyen en longitud apicalmente. En los cultivos (fig. 2), las proliferaciones aparecieron sólo a partir de los ejes rastreros y desde las porciones apicales de los ejes erectos. La mitad inferior no ramificada de los ejes erectos permaneció similarmente sin proliferaciones en los cultivos, y la tendencia a formar masas globosas de ramificaciones fue, por lo tanto, menos evidente en esta especie.

No está claro por qué *Gelidiella acerosa* murió en este tipo de cultivo. En condiciones flotantes, el alga debiera crecer sin orientación constante hacia la luz, y los ejes de la planta debieran soportar posibles daños resultantes del choque permanente contra las paredes y el fondo de las botellas de cultivo. Aún no está claro si todas o algunas de las condiciones anteriores son dañinas para esta especie, aunque es evidente que *Gelidiella acerosa* puede proliferar en cultivos a corto plazo. Así, cuando las plantas son cultivadas en una posición fija y sin movimientos constantes de agua (Santelices, 1975), ellas producen numerosas proliferaciones especialmente a partir de los ejes rastreros y de las puntas de ruptura de los ejes, fenómeno también recientemente observado por

Rao y Mehta (1973). En los cultivos masivos se observó que si los especímenes se amarraban a varillas de vidrio y se mantenían en una posición fija, podían sobrevivir y crecer por un máximo de 12 días. Debido a que los ejes de esta especie son menos flexibles que los de las especies de *Pterocladia*, el choque constante contra el fondo y contra las paredes de los estanques podría ser dañino. Sin embargo, el crecimiento de esta especie podría ser afectado por la orientación hacia la luz, lo que no puede descartarse aún.

RESUMEN

Tres especies de algas del orden Gelidiales (Rhodophyta), que normalmente viven adheridas al sustrato, fueron estudiadas, a fin de establecer si podrían sobrevivir como formas flotantes en cultivos masivos. Dos especies, *Pterocladia caerulescens* y *P. capillacea*, fueron cultivadas en botellas de vidrio por alrededor de 60 días, alcanzando una velocidad máxima de crecimiento de 2.3% y 1.6% diario, respectivamente. La morfología externa de ambas especies, que por lo general es pinadamente ramificada, cambió a una masa globosa con ramificaciones dispuestas radialmente y con modificaciones morfológicas similares a aquellas descritas para poblaciones flotantes de otras especies de algas. El volumen óptimo del medio de cultivo fue de un litro por cada 3.3 gramos de *Pterocladia caerulescens* o por cada 1.7 gramos de *P. capillacea*. La tercera especie estudiada, *Gelidiella acerosa*, no sobrevivió en este tipo de cultivos.

AGRADECIMIENTOS: Este trabajo está basado en parte de una disertación presentada a la división de graduados de la Universidad de Hawaii, como parte de los requerimientos para el grado de Doctor en Filosofía. Mis sinceros agradecimientos a la Universidad Católica de Chile, a la Fundación Ford, al Sea Grant Program de los Estados Unidos, y al Programa de Biología de la Universidad de Hawaii, por la ayuda económica durante mis estudios en Hawaii. Agradezco también a los Drs. M. S. Doty, J. A. Abbott y R. Kinzie por leer y criticar el manuscrito.

LITERATURA CITADA

- AUSTIN, A. P. Observations on *Furcellaria fastigiata* (L.) Lam. forma *cegapopila* Reinke 1959 in Danish waters together with a note on other unattached algal forms. *Hydrobiologia*, 14: 255-277.
- BARILOTTI, D. C. and W. SILVERTHORNE. A resource management study of *Gelidium robustum*. 1972 Proceedings of the Seventh International Seaweed Symposium, pp. 255-261.
- BONEY, A. D. Aspects of the biology of the seaweed of economic importance. En: Adv. Mar. Biol., Vol. 3, pp. 105-253. F. S. Russell (ed.), Academic Press, London and New York.
- HARTOG, C. den. Substratum. Multicellular plants. En: Marine Ecology. A comprehensive, integrate treatise of life in oceans and coastal waters, Vol. 1, pp. 1277-1290. O. Kinne (ed.), Wiley-Interscience, London

- HUMM, H. J. Agar resources of the South Atlantic and East Gulf coast. *Science*, 100: 1944 209-212.
- ISAAC, W. E. The ecology of *Gracilaria confervoides* Grev. in South Africa with special reference to its ecology in the Saldanha-Langebaan Lagoon. Second International Seaweed Symposium, pp. 173-185.
- JARAMILLO, M. O. Las algas en Chile. *Biol. Pesq.* Santiago, 7: 1-14. 1975
- LEVRING, T. Reports Lund University Chile Expedition 1948-1949, Nº 39. Contribución to the marine algae flora of Chile. *Lunds Univ. Arsskv. N. F. Avd.* 2, 56 (10): 1-83. 1960
- LEVRING, T., H. A. HOPPE and O. J. SCHMID. Marine Algae. A survey of research and utilization, 421 pp. Gram, de Guyter and Co., Hamburg. 1969
- MICHANEK, G. A preliminary appraisal of world seaweed resources. *FAO Fish Circ.*, 128: 1971 1-37.
- RAO, P. S. and V. B. MEHTA. Physiological ecology of *Gelidiella acerosa* (Forsskol) Feldmann et Hamel. *J. Phycol.* 9: 333-335. 1973
- RENN, D. W. and G. P. MUELLER. Use of agarose in gel filtration, electrophoresis and immunology. Transactions of the Symposium on Drugs from the Sea, pp. 277-290. University of Rhode Island. 1967
- SANTELICES, B. Ecological studies on Hawaiian Gelidiales (Rhodophyta). Una disertación presentada a la División de Post-Grados de la Universidad de Hawaii como parte de los requerimientos del grado de Doctor en Filosofía, 524 pp. Honolulu-Hawaii. 1975
- SCHWENKE, H. Water movement. Plants. En: Marine Ecology. A comprehensive integrated treatise on life in oceans and coastal waters. Vol. 1, pp. 1091-1121. O. Kinne (ed.), Wiley-Interscience, London. 1971
- ZANEVELD, J. S. Economic algae tropical South and East Asia and their utilization. *Indo-Pacific Fisheries Council, special publication*, 3: 1-55. 1955
- The utilization of marine algae in Tropical South and East Asia. *Econ. Bot.*, 1959 13: 89-131.