

DATOS PARA EL ESTUDIO DE LAS ALGAS FILAMENTOSAS EN ARROZALES DE L'ALT EMPORDÀ (GIRONA, N.E. DE ESPANYA)

J. Cambra¹ & A. Domínguez-Pañella²

1. Departament de Biologia Vegetal. Unitat de Botànica. Facultat de Biologia. Universitat de Barcelona. Av. Diagonal, 645. Barcelona 08028.
2. Departament de Biologia Vegetal. Col·legi Universitari de Girona. Universitat Autònoma de Barcelona. Plaça Hospital, 6. Girona 17071.

RESUM

Es presenten els resultats d'un estudi sobre l'ecologia i el desenvolupament de les algues filamentosos en els arrossars de l'Alt Empordà (Girona).

El període de cultiu es va iniciar al maig i va finalitzar a l'octubre de 1988. La temperatura de l'aigua d'aquests sistemes oscil·là entre 16,7-32,3°C, el pH entre 7,1-10,3, l'oxigen dissolt entre 7,5-18,5 mg/l, els clorurs entre 34-312 mg/l, els sulfats entre 37-200 mg/l i la conductivitat va presentar una variació notable, amb valors entre 495-2560 µS/cm.

Les algues filamentosos, principalment *Cladophora fracta* i *Rhizoclonium hieroglyphicum*, aparegueren durant el primer mes de cultiu, assolint una biomassa de 900 g/m² durant el mes de juny. Així mateix, aparegueren mates de *Chara vulgaris*, que varen presentar una biomassa màxima de 225 g/m² a principis de juliol.

RESUMEN

Se presentan los resultados de un estudio sobre la ecología y el desarrollo de algas filamentosas en arrozales de l'Alt Empordà (Girona).

El período de cultivo se inició en mayo y acabó en octubre de 1988. La temperatura del agua de estos sistemas osciló entre 16,7-32,3°C, el pH entre 7,1-10,3, el oxígeno disuelto entre 7,5-18,5 mg/l, los cloruros entre 34-312 mg/l, los sulfatos entre 37-200 mg/l y la conductividad presentó una variación notable, con valores entre 495-2560 µS/cm.

Las algas filamentosas, principalmente *Cladophora fracta* y *Rhizoclonium hieroglyphicum*, aparecieron durante el primer mes de cultivo, llegando a tener una biomasa de 900 g/m² durante el mes de junio. Así mismo, aparecieron matas de *Chara vulgaris*, que presentaron una biomasa máxima de 225 g/m² a principios de julio.

ABSTRACT

A preliminary study on ecology and development of filamentous algae was carried out in rice-fields of the Alt Empordà (Girona, N.E. of Spain).

The rice cultures started at the beginning of may and it was collected during october of 1988. The water temperature of such systems ranged between 16,7-32,3°C, the pH between 7,1-10,3, the dissolved oxygen between 7,5-18,5 mg/l, the clorures between 34-312 mg/l,

the sulphate between 37-200 mg/l and the conductivity values showed the most important change, ranging between 495-2560 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

The predominant filamentous algae were *Cladophora fracta* and *Rhizoclonium hieroglyphicum*, that appeared during the first month of rice cultures and they biomass was 900 g/m², during june. Moreover, *Chara vulgaris* was also dominant, showing a biomass up to a 225 g/m² during july.

INTRODUCCIÓN

En esta comunicación se presentan los resultados de la variación de las características limnológicas del agua durante el período de estudio y del ciclo de la biomasa de las poblaciones de algas filamentosas que se desarrollan en arrozales dels Aiguamolls de l'Empordà, Girona (Fig. 1). Paralelamente, se ha realizado un estudio comparativo entre una parcela tratada con biocidas y otra no tratada, a fin de analizar los efectos del tratamiento fitosanitario sobre las poblaciones de algas y también sobre la producción de arroz.

Las algas multicelulares de tipo filamentosas se desarrollan en aguas temporales en general, aunque también las encontramos en sistemas lóticos o incluso en ambientes subaéreos. Los arrozales constituyen un medio muy propicio para el desarrollo de este tipo de organismos, los cuales pueden llegar a formar densas masas flotantes de filamentos. En general, pueden llegar a ocupar importantes extensiones de agua i suelen estar constituidas por especies pertenecientes a distintos grupos taxonómicos, aunque entre ellos predomina el de las clorofíceas. En



Figura 1. Situación de los arrozales estudiados.

particular, las zignematáceas y diversas especies de los géneros *Oedogonium* y *Cladophora* desarrollan poblaciones importantes en nuestros arrozales. En menor proporción, también aparecen tribofíceas como *Tribonema* y *Vaucheria*, diversas cianofíceas y otras clorofíceas como *Hydrodictyon*, *Microspora*, *Rhizoclonium*, *Sphaeroplea* y *Ulothrix* (Cambra & Menéndez, 1987; Cambra & Couté, 1988).

La periodicidad inundación-deseccación que se produce cada año en los arrozales, favorece notablemente aquellas especies de algas que generan esporas de resistencia. Éstas suelen tener ciclos vegetativos relativamente simples y un crecimiento importante en cortos períodos de tiempo. Tanto las especies microscópicas del fitoplancton, como las algas filamentosas de mayor tamaño, producen una gran cantidad de esporas de resistencia (p. ej. zigósporas, oósporas, autósporas, estatósporas), carácter que les permite resistir la falta de agua, a la vez que facilita su propagación.

El tipo biológico constituido por las algas filamentosas tiene, en parte, ciertas ventajas con respecto al unicelular. Los organismos multicelulares presentan una cierta especialización en su talo. En este sentido, las algas filamentosas tienen una amplia gama de representantes, desde el más simple filamento o colonia filamentosas (p. ej. *Spirogyra*), a talos filamentosos más complicados, con filamentos especializados en la fijación, fotosíntesis y reproducción (p. ej. *Cladophora*, *Stigeoclonium*). Esta organización, aunque a veces poco clara, incrementa las posibilidades ecológicas del organismo, el cual puede aprovechar con más eficiencia las condiciones ambientales donde vive, a la vez que también aumentan las de su supervivencia.

No obstante, a pesar del interés aparente que sugieren los comentarios precedentes, las algas filamentosas continúan siendo un grupo de organismos escasamente estudiado, posiblemente debido a su difícil taxonomía y cuantificación (Hillebrand, 1983). Los datos cuantitativos obtenidos hasta ahora son aún insuficientes, pero todos ellos ponen de relieve que las algas filamentosas alcanzan biomásas importantes en cortos períodos de tiempo (Komarkova & Marvan, 1978; Velichko, 1977). Así mismo, un grado de eutrofización elevado favorece notablemente el desarrollo y producción de estas algas (Lange & Zon, 1973; Hillebrand, 1977).

En nuestras latitudes, el estudio de los arrozales ha sido notablemente impulsado en los últimos años (Carretero, 1986; Forés & Comín, 1986; Ribas et al., 1986). La información que tenemos a propósito de éstos sistemas empieza a ser importante, aunque los datos que existen sobre las algas filamentosas que pueblan estos medios es prácticamente nula.

METODOLOGÍA

Se seleccionaron cuatro estaciones que fueron visitadas a lo largo del período de cultivo del arroz (21/05, 1/06, 6/06, 26/06, 4/07, 10/07, 25/07, 8/08, 17/09, 4/10 de 1988). El muestreo fue más frecuente durante las primeras semanas después de

la inundación. Esta intensificación se debe a que durante este período se produce el desarrollo de la mayoría de algas filamentosas, así como la aplicación de los biocidas. Las estaciones de recolección se situaron a 10 m del margen del arrozal, con el fin de minimizar el efecto del borde sobre las poblaciones acuáticas. En dos estaciones la recogida de material se efectuó a partir de siegas completas en cuadrados de 400 cm², en una estación tratada con biocida y en otra sin tratamiento. Se obtenían así tres réplicas de cada punto, almacenándose todo este material en bolsas opacas de plástico y se mantenía a 4°C. Paralelamente a este muestreo, también se efectuaban recolecciones cualitativas, material que era fijado *in situ* con formaldehído al 4%.

Para el cálculo de la biomasa, se separaban previamente las algas de las angiospermas acuáticas. El material así obtenido se secaba a 105°C durante 24 horas, expresando el valor de la biomasa en términos de peso-seco/área (gr/m²).

En cada punto de muestreo se midieron *in situ* la temperatura y el oxígeno (Oxímetro WTW), el pH (pH-metro CRISON) y la conductividad (Conductivímetro CRISON). En el laboratorio se analizaron las concentraciones de cloruros y sulfatos, así como también se determinó la alcalinidad del agua mediante una titulación potenciométrica (Autotitador METROHM).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los arrozales de l'Alt Empordà fueron inundados a principios de mayo y el arroz fue recogido durante el mes de octubre. En este período la temperatura (Fig. 2) osciló entre los 16,7-32,3°C (Media = 25,68, desviación estándar = 4,09), variación que corre paralela a los valores de la temperatura ambiente, comportamiento propio de sistemas acuáticos poco profundos (Cambra, 1986). El pH osciló entre 7,1-10,3 (M. = 8,64, D.e. = 0,68), presentando valores elevados durante los tres primeros meses (Fig. 3), los cuales fueron disminuyendo gradualmente a medida que avanzó el cultivo. La concentración de oxígeno disuelto (Fig. 2) se mantuvo relativamente alta, moviéndose entre los 7,5-18,5 mg/l (M. = 12,14, D.e. = 3,47), posiblemente como consecuencia de la intensa producción primaria. La conductividad fue el parámetro que presentó mayores oscilaciones (Fig. 4), con un rango de variación entre los 495-2560 µS/cm (M. = 985,2, D.e. = 430,47), aumentando súbitamente sus valores a finales de julio. La concentración de cloruros (Fig. 3) varió entre los 34-312 mg/l (M. = 170,57, D.e. = 140,60) y la de sulfatos (Fig. 3) lo hizo entre los 37-200 mg/l (M. = 102,78, D.e. = 47,59). Tanto la concentración de cloruros como la de sulfatos se incrementaron gradualmente hasta alcanzar los valores máximos durante los meses de agosto y septiembre respectivamente, coincidiendo con el aumento de la conductividad. Los parámetros precedentes se refieren al agua libre y a un momento determinado del día. Si consideráramos, en cambio, las oscilaciones de estos valores a lo largo de un ciclo diario, el rango de variación esperado posiblemente sería superior, especialmente en parámetros como el pH, la temperatura y el oxígeno (Whitton & Rother, 1988).

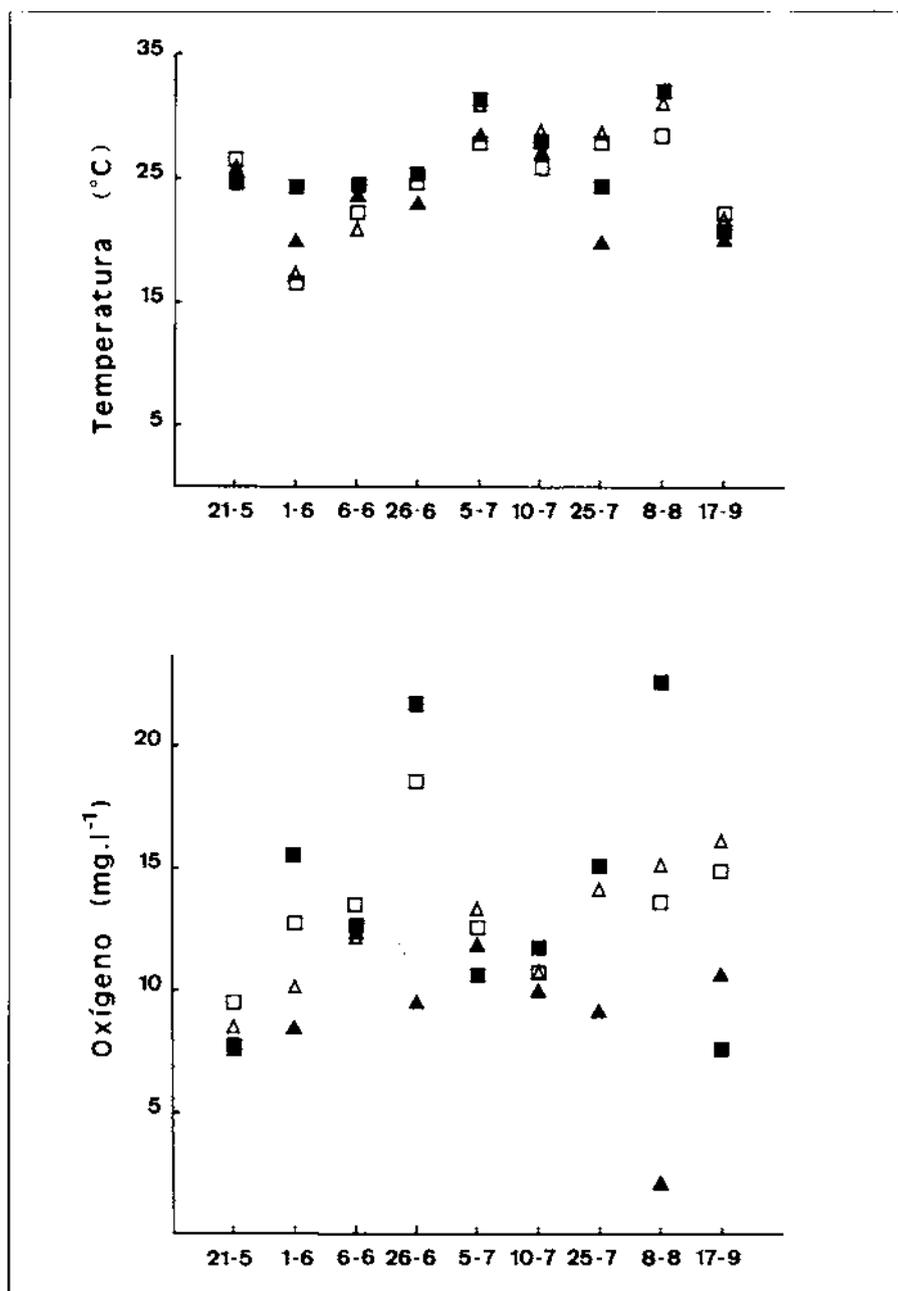


Figura 2. Variación de la temperatura (°C) y el oxígeno disuelto (mg/l) a lo largo del ciclo. En ambos casos □ y △ son dos puntos de muestreo, ■ corresponde a la parcela tratada con biocidas y ▲ a la parcela no tratada con biocidas.

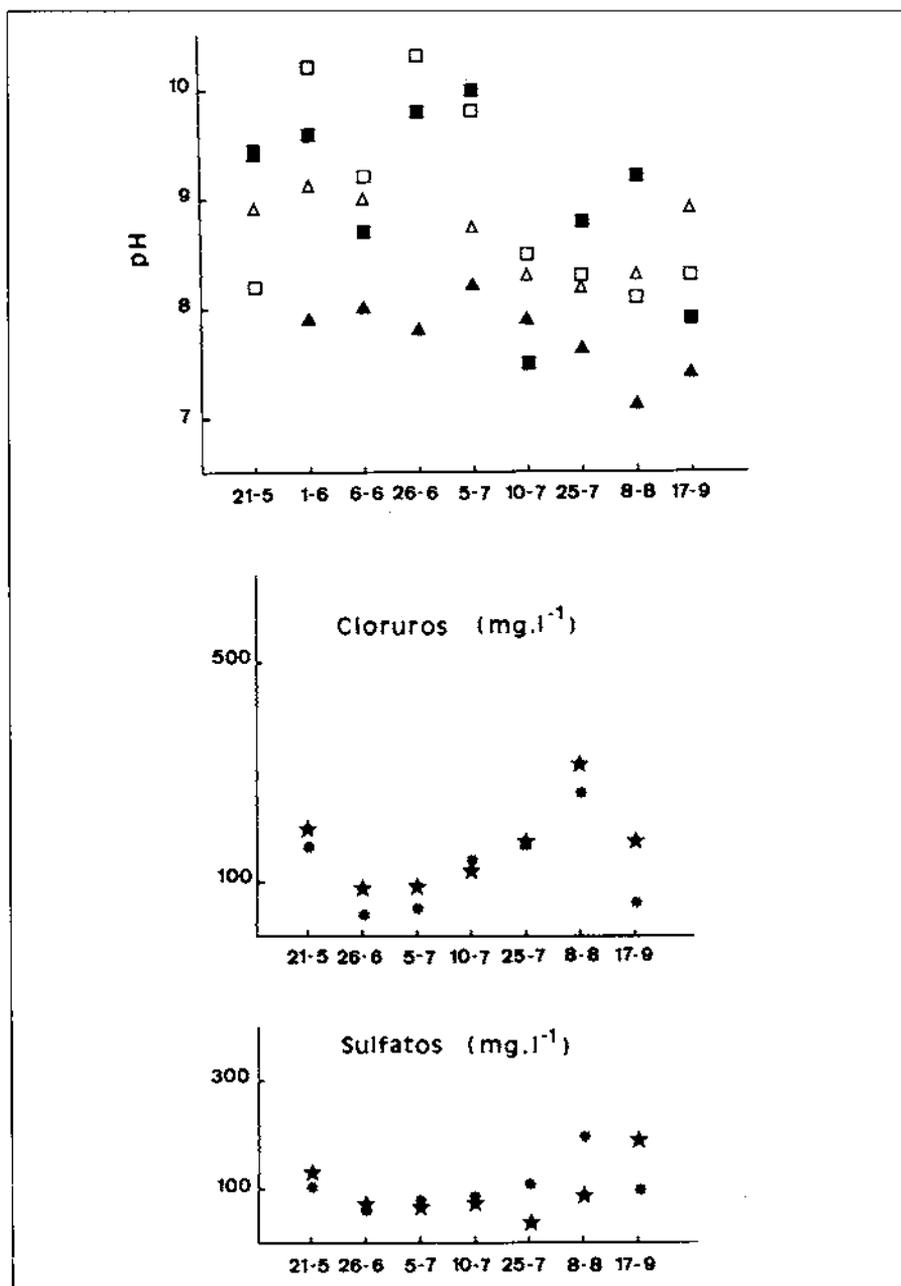


Figura 3. Variación del pH, cloruros y sulfatos a lo largo del ciclo. Para el pH los símbolos son los mismos que en la figura 2. En la representación de cloruros y sulfatos, ★ corresponde a la parcela tratada con biocidas y • a la no tratada.

En el mismo sentido, no toda el agua del arrozal manifiesta el mismo comportamiento físico-químico. En efecto, en aquellas zonas donde existen grandes masas de algas filamentosas las condiciones del agua cambian. Estas masas flotantes generan microgradientes que pueden llegar a ser importantes en pocos centímetros. En la Fig. 5 se comparan las variaciones de los parámetros considerados en una columna de agua libre (C) y otras dos (A, B) ocupadas por algas filamentosas (*Cladophora fracta* y en menor proporción *Rhizoclonium hieroglyphicum*) y por *Chara vulgaris* respectivamente. En las masas de *Cladophora* y *Rhizoclonium* la temperatura es superior, tanto en la columna de agua como cerca del sedimento. En cambio, el pH y el oxígeno presentan valores inferiores. Cabe destacar el perfil del oxígeno, observándose valores cercanos a la anoxia por debajo de las masas de algas filamentosas. Por otro lado, en los fondos ocupados por *Chara vulgaris* la temperatura del agua aumenta y los valores de oxígeno descienden ligeramente.

En general, se observa que en las aguas libres la concentración de oxígeno es elevada, coincidiendo con valores altos de pH. Esto nos indica que posiblemente existe una producción primaria importante, que atribuimos al fitoplancton. Por el

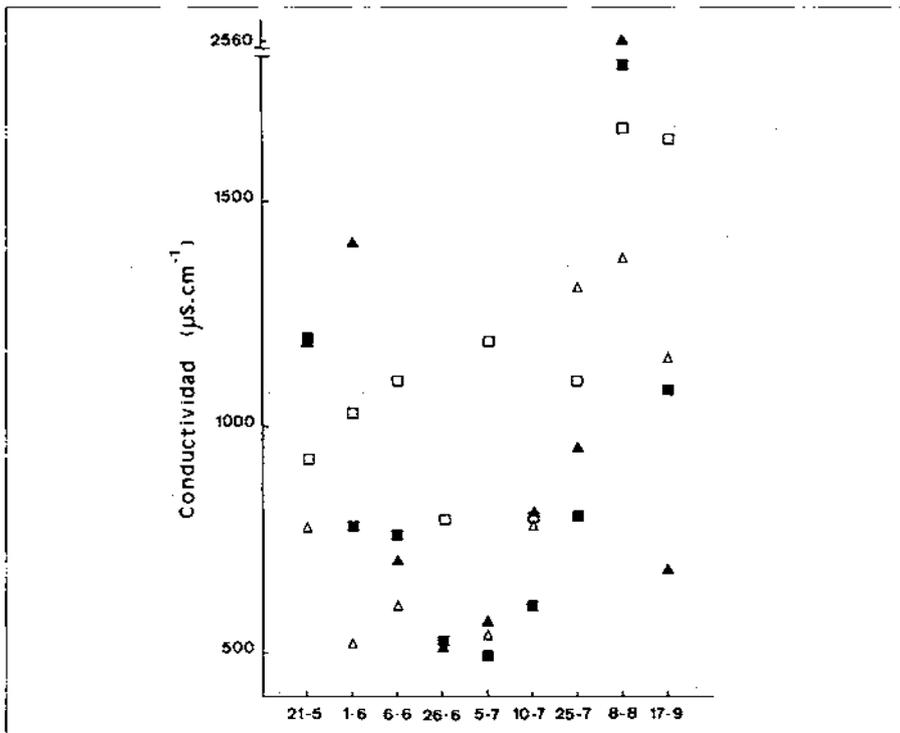


Figura 4. Variación de la conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) a lo largo del ciclo. Los símbolos son los mismos que en la Figura 2.

contrario, en las aguas ocupadas por algas filamentosas, tanto los valores del pH como los del oxígeno son inferiores, situación que hace pensar en un predominio de la respiración. No obstante, este comportamiento sólo se presenta en arrozales de poca profundidad, los cuales favorecen la proliferación de algas filamentosas. En cambio en arrozales más profundos (hasta 1 m), la físico-química es distinta, observándose unos perfiles de temperatura, pH y oxígeno propios de sistemas de mayor envergadura (Whitton et al., 1988a,b).

En la estación tratada con biocidas, a los quince días de la inundación se observó la germinación de caráceas, acompañadas localmente de algas filamentosas, siempre en pequeña cantidad. En la estación sin biocidas aparecieron, durante el primer mes, grandes masas de *Cladophora fraxta* y *Rhizoclonium hieroglyphicum*, que se mantuvieron hasta el mes de agosto. La formación de estas masas

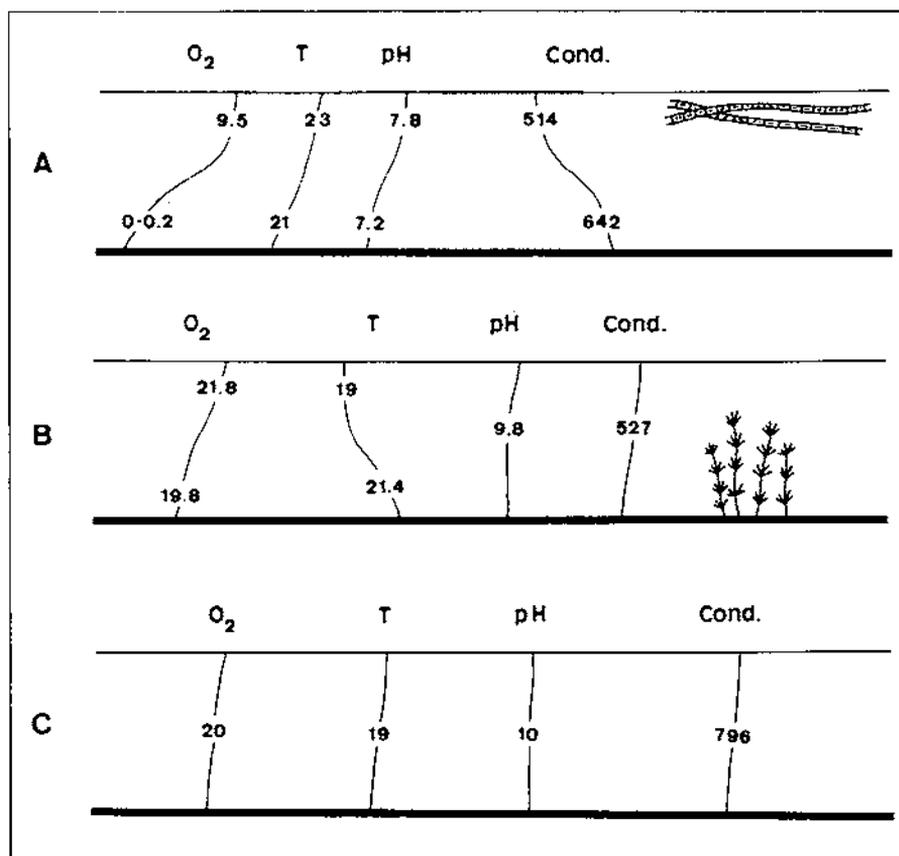


Figura 5. Variaciones del oxígeno disuelto, temperatura, pH y conductividad en dos columnas (A, B) ocupadas por algas, y una columna de agua libre (C).

afectó notablemente la vida bentónica, ya que a los cambios físico-químicos del agua señalados hay que añadir el bajo grado de iluminación que llega al fondo, y la acumulación progresiva de materia orgánica en descomposición. En estas condiciones, las poblaciones bentónicas iniciales formadas por caráceas son substituidas por formas con cierta capacidad heterotrófica como *Nitzschia* sp. pl., diversas euglenales, o bien algas adaptadas a vivir en condiciones extremas, como las cianofíceas, siendo relativamente abundantes *Oscillatoria* sp. y *Spirulina* sp. En el resto de arrozales, *Chara vulgaris* formó densas poblaciones durante los dos primeros meses, apareciendo entre estas matas pequeñas masas de *Rhizoclonium hieroglyphicum*, que aumentaron a medida que avanzó el cultivo. Una vez recogido el arroz y con el nivel de agua muy bajo, la mayor parte de algas filamentosas y caráceas desaparecieron y tan sólo se observaron algunos desarrollos locales de *Spirogyra*.

Los datos de la biomasa total de algas multicelulares en las dos estaciones consideradas se expresan en la Fig. 6 y muestran que existe un notable aumento durante el primer mes de cultivo de arroz.

La biomasa total de algas filamentosas alcanza su máximo valor a finales de junio (900 g/m²) y va disminuyendo gradualmente hasta el mes de agosto, posiblemente debido a las pérdidas producidas por la deriva que generan los vientos de la zona. En septiembre, se observa una fuerte disminución de la biomasa, época en que la mayor parte de filamentos degeneran. Esta degradación la atribuimos

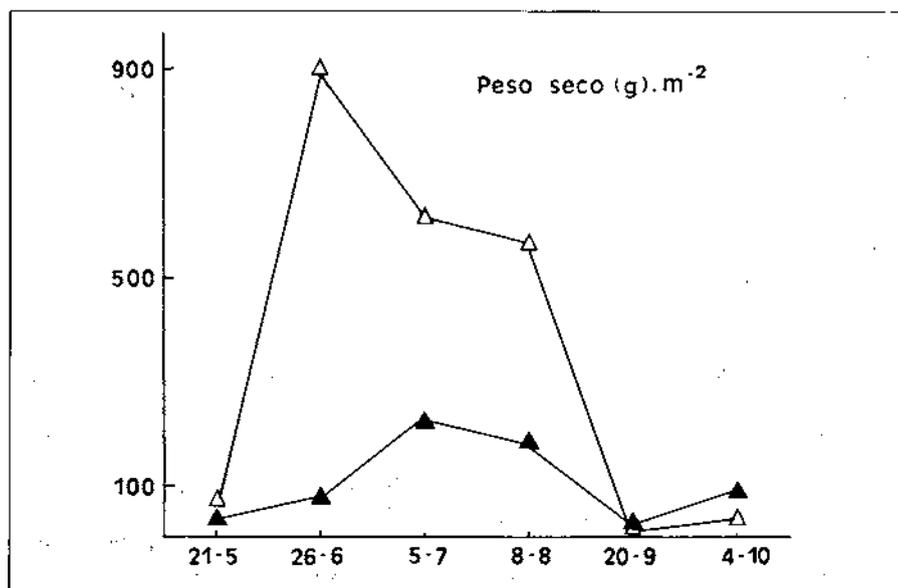


Figura 6. Biomasa total de algas multicelulares a lo largo del ciclo. ▲ corresponde a las algas filamentosas y ▲ a *Chara*.

Tabla 1. Valores de Biomasa media (G/M²).

	Parcela no Tratada	Parcela tratada
Algas filamentosas	297,13	68,70
<i>Chara vulgaris</i>	116,72	73,46
Angiospermas	42,48	17,28
Arroz (raíces)	117,98	166,92
Arroz (tallos)	456,64	605,34
Arroz (grano)	429,56	572,54

a la excesiva radiación solar del verano. Las células vegetativas no poseen ninguna protección física frente a la elevada intensidad de radiación. El tiempo de exposición a dicha radiación puede determinar la destrucción de muchas células. Este hecho se manifiesta, sobre todo, en las capas superficiales de las masas filamentosas, las cuales adquieren una tonalidad amarillenta.

La biomasa total de *Chara vulgaris* es inferior a la observada para las algas filamentosas, presentando su máximo valor (225 g/m²) a principios de julio. En septiembre, coincidiendo con la desaparición de las algas filamentosas, la mayor parte de las *Chara* también desaparecen.

También se ha comparado la biomasa parcial de arroz, angiospermas y algas bentónicas (Tabla 1). En la estación tratada con biocidas la producción de arroz es superior y la biomasa de algas filamentosas es notablemente inferior. Por el contrario, en la estación sin biocidas se aprecia que la producción de grano de arroz es menor, mientras que la biomasa de algas bentónicas es mucho más importante.

Bibliografía

- CAMBRA, J. & MENÉNDEZ, M. (1987). *Bulbochaete denticulata* Wittrock (Oedogoniales, Chlorophyceae) al Delta de l'Ebre. *Collect. Bot.*, 17(1): 151-153.
- CAMBRA, J. & COUTÉ, A. (1988). Observation au M.E.B. de zygotes de *Sphaeroplea africana* et *S. annulina* (Chlorophyta, Ulotrichophyceae, Sphaeropleales). *Cryptogamie Algologie*, 9(3): 173-181.
- CARRETERO, J.L. (1986). Ricefield flora and vegetation in provinces of the Valencia and Tarragona (Spain). *Collect. Bot.*, 17(1): 113-124.
- FORÉS, E. & COMÍN, F.A. (1986). Características limnológicas de los arrozales del Delta del Ebro (N.E. de España). *Oecol. Aquat.*, 8: 39-45.
- HILLEBRAND, H. (1977). *Periodicity and distribution of multicellular green algae in two lake areas in the Netherlands*. Thesis, Free Univ. Amsterdam. 178 pp.
- HILLEBRAND, H. (1983). Development and dynamics of floating clusters of filamentous algae. In: W1, R.G. (ed.): *Periphyton of freshwater ecosystems*: 31-39. W. Junk. Publ. The Hague.

- KOMARKOVA, J. & MARVAN, P. (1978). Primary production and functioning of algae in the fishpond littoral. In: DYKYJOVA, D. & J. KVET (eds.): *Pond littoral ecosystems. Ecol. Studies*, 28: 321-334.
- LANGE, L. & ZON, J.C.J. (1973). Proposal for a numerical description of the development of aquatic macrophytic vegetation as an aid for the assessment of water quality. *Wasser u. Abwasserforsch.*, 6: 125-128.
- RIBAS, LL.; ABELLA, C.A. & MORENO-AMICH, R. (1986). Limnology of a rice-field: A case approach to «Aiguamolls de l'Alt Empordà» (Girona, Catalonia). *Scientia Gerundensis*, 12: 113-121.
- VELICHKO, I.M. (1977). Production of some green filamentous algae in natural associations. *Gidrobiol. Zh.*, 13: 23-27.
- WHITTON, B.A. & ROTHER, J.A. (1988). Diel changes in the environment of a deepwater rice-field in Bangladesh. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 23: 1074-1079.
- WHITTON, B.A.; AZIZ, A.; FRANCIS, P.; ROTHER, J.A.; SIMON, J.W. & TAHMIDA, Z.N. (1988a). Ecology of deepwater rice-fields in Bangladesh 1. Physical and chemical environment. *Hydrobiologia*, 169: 3-22.
- WHITTON, B.A.; ROTHER, J.A. & PAUL, A.R. (1988b). Ecology of deepwater rice-fields in Bangladesh 2. Chemistry of sites at Manikganj and Sonargoan. *Hydrobiologia*, 169: 23-30.