

# Características Limnológicas de los arrozales del Delta del Ebro (N.E. España)

ELISENDA FORÈS y FRANCISCO A. COMÍN

Departamento de Ecología, Facultad de Biología, Universidad de Barcelona, Av. Diagonal, 645. 08028-Barcelona. España.

Recibido: Setiembre 1985.

## INTRODUCCIÓN

Los campos de cultivo de arroz por inundación son ecosistemas acuáticos temporales de extraordinario interés tanto desde el punto de vista social, ya que constituyen un recurso de primera importancia mundial por el número de personas que lo tienen como componente básico de la dieta alimenticia (SWAMINATHAN, 1984), como desde el punto de vista limnológico, ya que en ellos se ponen de manifiesto, en un espacio reducido, procesos de difícil estudio en otro tipo de ecosistemas.

Se han realizado descripciones de las características limnológicas de arrozales de Extremo Oriente (HECKMAN, 1974; 1979) y del área mediterránea (MORONI, 1961; MORONI & VINCINI, 1962; PONT, 1983; FERRARI *et al.*, 1984), así como estudios de la producción biológica en los mismos (VAQUER, 1984).

Este trabajo aporta datos sobre arrozales del Delta del río Ebro, donde el arroz es el cultivo mayoritario. Se presenta el modelo de variación estacional de algunas características del agua y de poblaciones de organismos, así como de

variación diaria en épocas distintas del cultivo y se debate su validez para otras latitudes. Forma parte, junto con otros trabajos (FORÈS *et al.*, en prensa; FORÈS & COMÍN, en prensa), de un amplio programa de estudios de los arrozales como agroecosistemas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los muestreos se realizaron durante tres ciclos consecutivos de cultivo, de 1983 a 1985, de fines de abril a principios de octubre, en cinco campos de arroz del Delta del Ebro. La frecuencia de muestreo fue al menos mensual, intensificándose en el período de aplicación de los biocidas (primer mes de cultivo). Una vez recolectado el arroz se realizaron algunos muestreos adicionales en algunos campos que quedan inundados para la práctica de actividades cinegéticas.

De cada punto de muestreo se recogió agua para análisis en el laboratorio de fósforo reactivo total, nitrógeno inorgánico en forma de nitratos y alcalinidad. «In situ» se midió la temperatura, pH y

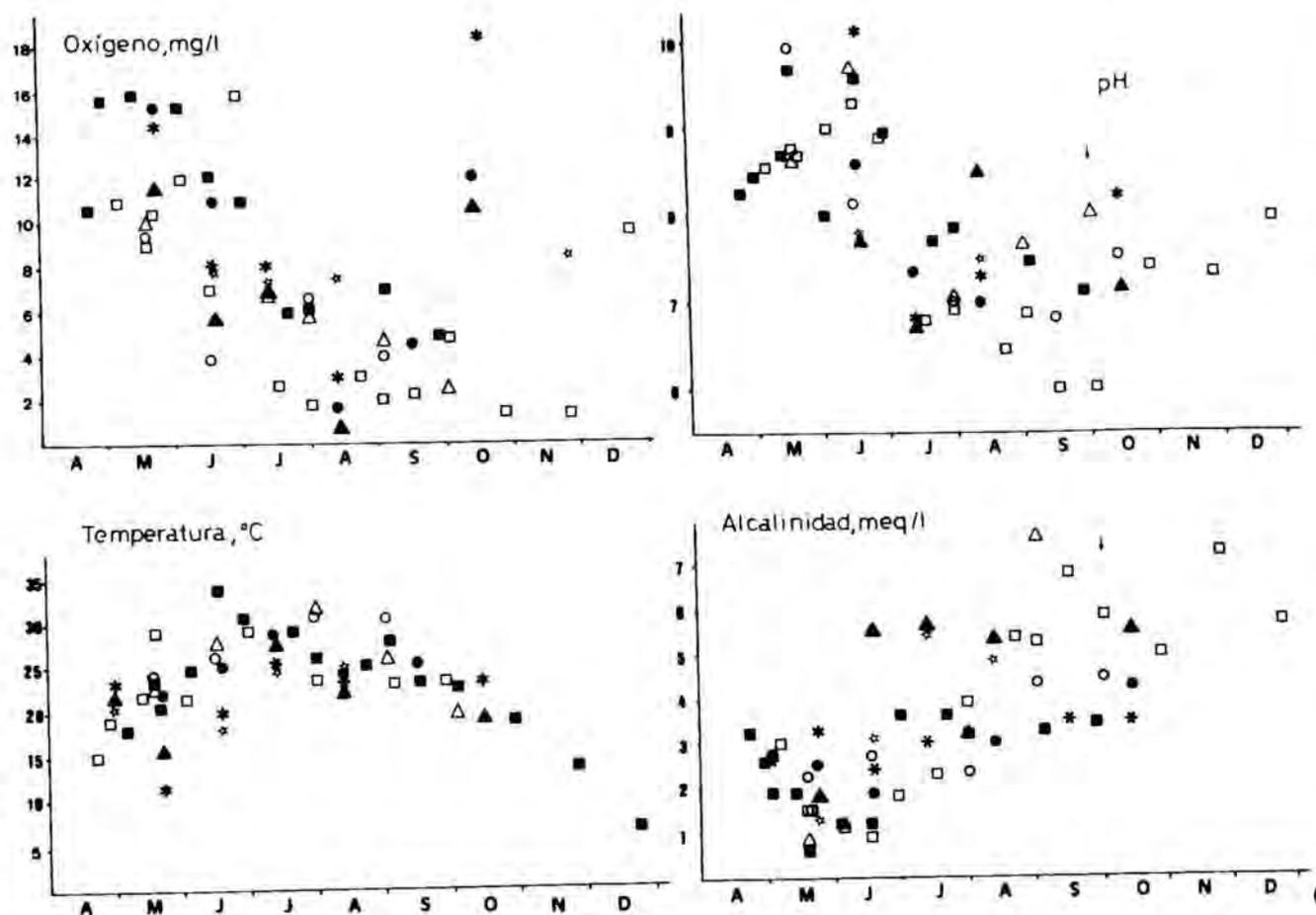


FIG. 1. Valores de concentración de oxígeno disuelto (mg/l), pH, temperatura (°C) y alcalinidad (meq/l) observados en cinco arrozales del Delta del Ebro: Turba (☆), Maldecaps (\*), Soquet en 1983 (▲) y 1984 (△), Salat en 1983 (●) y 1984 (○) y Camp Encanyissada en 1984 (□) y 1985 (■) durante el período de cultivo. La flecha indica la recolección del arroz. *Dissolved oxygen concentrations (mg/l), pH, temperature (°C) and alkalinity measured in five ricefields in the Ebro Delta: Turba (☆), Maldecaps (\*), Soquet in 1983 (▲) and 1984 (△), Salat in 1983 (●) and 1984 (○) and Camp Encanyissada in 1984 (□) and 1985 (■) along the cultivation period. The arrow shows the harvest of rice.*

contenido de oxígeno disuelto mediante aparatos eléctricos. Se recolectaron muestras cuantitativas de organismos, tanto de fitoplancton como de crustáceos y rotíferos. Las muestras de fitoplancton se fijaron con lugol. Las de crustáceos y rotíferos se recolectaron pasando repetidas veces por el agua una malla de 250- $\mu$ m de tamaño de poro en el año 1983, y filtrando un volumen conocido de agua a través de una malla de 50  $\mu$ m de poro en 1984. Las muestras así obtenidas se fijaron con formol (4 %). Los recuentos se efectuaron en una parte alícuota de la muestra, utilizando una lupa binocular para crustáceos y un microscopio invertido para rotíferos y fitoplancton.

## RESULTADOS

En la figura 1 se han representado los valores observados de los parámetros físicos y químicos más interesantes del agua de los arrozales del Delta del Ebro durante tres ciclos consecutivos de cultivo.

La temperatura del agua varía ampliamente (de 12 a 33,3 °C). Se observa un incremento gradual de este parámetro desde abril hasta finales de junio, de acuerdo con el de la temperatura ambiente (FORÈS, 1985). Desde julio hasta el final del ciclo de cultivo se mantiene entre los 22 y los 30 °C. El pH es elevado al inicio del cultivo, incrementándose

paulatinamente hasta alcanzar los máximos valores durante el mes de junio (hasta 10,5), coincidiendo con los máximos valores de contenido en oxígeno disuelto (más de 10 mg/l), y los mínimos de alcalinidad (0,7-3,1 meq/l).

A medida que va avanzando el cultivo, la alcalinidad va incrementándose paulatinamente hasta alcanzar los máximos valores observados (más de 6 meq/l), unos días antes de la cosecha. Por su parte el pH y la concentración de oxígeno disuelto van disminuyendo hasta alcanzar los mínimos durante los meses de setiembre y octubre (6 y menos de 5 mg/l respectivamente). Una vez recolectado el arroz la temperatura sigue bajando, de acuerdo con la disminución de la temperatura ambiente, la concentración de oxígeno disuelto y el pH se elevan (más de 10 mg/l y por encima de 7 respectivamente) mientras la alcalinidad se mantiene por encima de 3 meq/l (figura 1).

Por lo que respecta al contenido de nutrientes, de fósforo reactivo total (PRT) se anotan valores comprendidos entre 0,5 y 2,7  $\mu\text{g-at PRT/l}$  los primeros días de cultivo; a medida que el arroz va creciendo se observa una disminución progresiva (fig. 2). Durante el mes de junio, coincidiendo con el abonado de los campos, se observan los máximos valores de contenido en fósforo (PRT). Durante el resto del ciclo hasta la cosecha se observan valores elevados, nunca inferiores a 1  $\mu\text{g-at PRT/l}$ .

El nitrato es la forma más abundante de nitrógeno inorgánico disuelto en el agua (FORÈS, datos no publicados). Los máximos valores se observan al inicio del cultivo (hasta 116  $\mu\text{g-at N-NO}_3/\text{l}$  en algunos campos; figura 2. La concentración va disminuyendo, observándose un ligero incremento durante el mes de junio, coincidiendo con el abonado de los campos. A partir del mes de agosto el 75 al 100 % de los valores observados están por debajo de 5  $\mu\text{g-at N-NO}_3/\text{l}$ .

Una vez recolectado el arroz, se observa un ligero incremento en la concentración

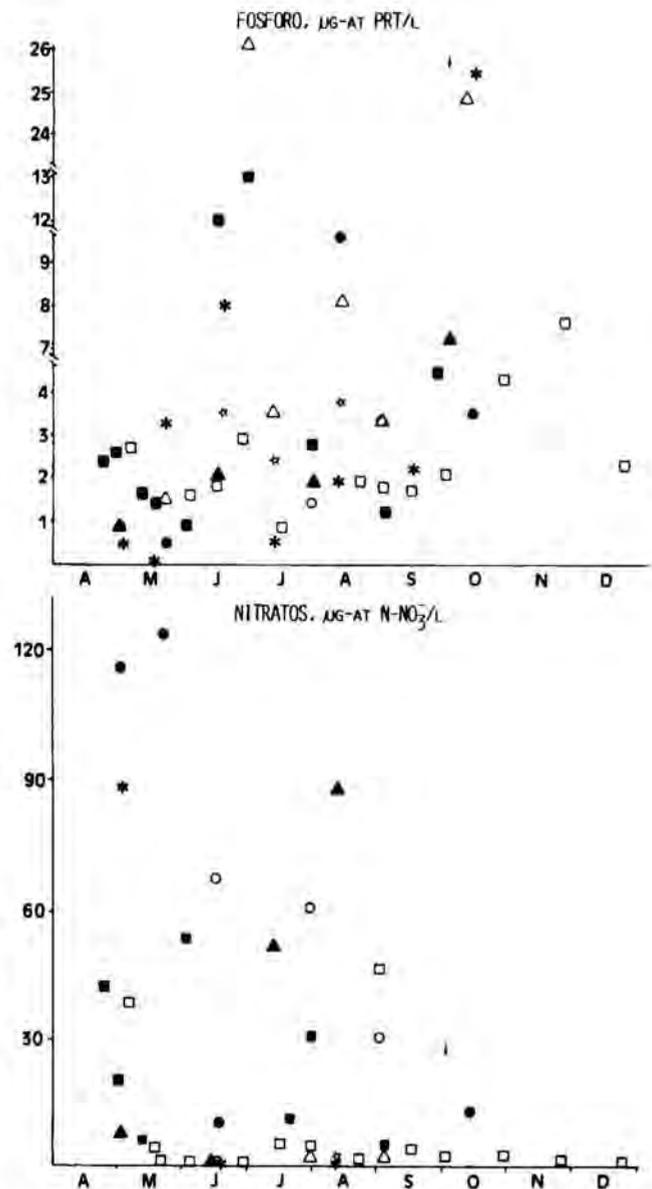


FIG. 2. Valores de contenido en fósforo ( $\mu\text{g-at PRT/l}$ ) y nitratos ( $\mu\text{g-at N-NO}_3/\text{l}$ ) observados en los arrozales estudiados. Los símbolos como en la figura 1. - *Total reactive phosphorus and dissolved nitrate concentrations observed in the rice fields studied. Symbols as in figure 1.*

de nitratos, en el agua, con valores comprendidos entre 3 y 13  $\mu\text{g-at N-NO}_3/\text{l}$ .

En los primeros días de cultivo se observa fitoplancton en abundancia (5.600 a 19.000 células/ml), con predominio de clorofíceas, volvocales y clorococales, y de diatomeas bénticas (figura 3). Son abundantes *Carteria* sp. (1.800-4.400 células/ml), *Gonium pectorale* (4.100 células/ml), *Ankistrodesmus* sp. (1.900 células/ml) *Nitzschia* sp. (1.200 células/ml)

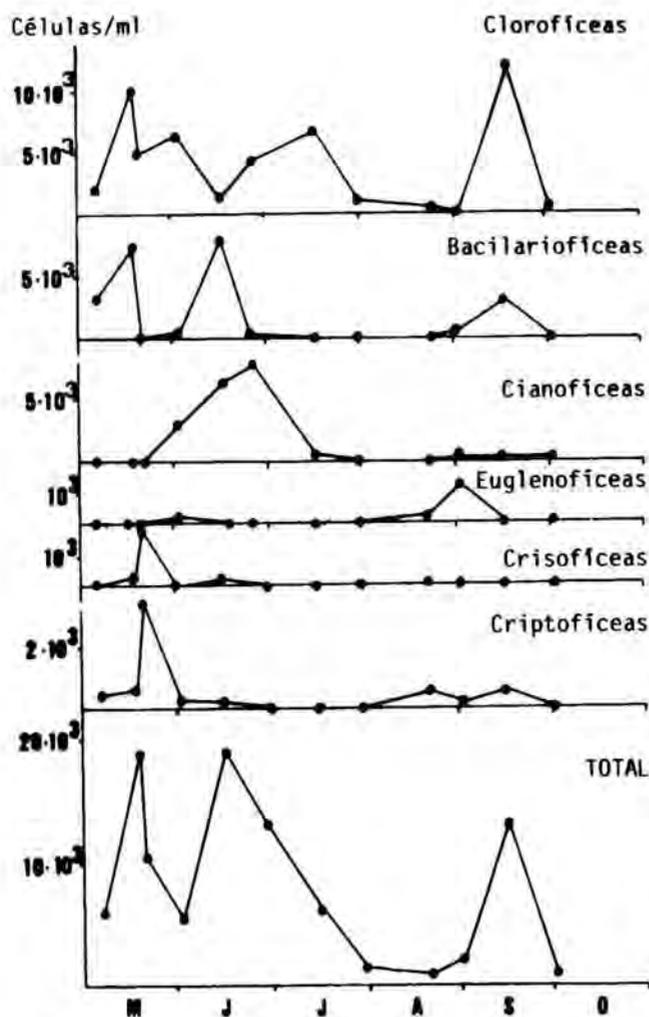


FIG. 3. Abundancia de fitoplacton en un arrozal (Camp Encanyissada) en 1984. - Abundance of phytoplankton in a rice field (Camp Encanyissada) in 1984.

ml), *Synedra* sp. (1.160 células/ml) y *Cyclotella* sp. (2.040 células/ml). A medida que avanza el tiempo, decrecen en número, coincidiendo con el crecimiento de la vegetación sumergida, formada principalmente de *Chara vulgaris* y *Najas minor*. Durante el mes de setiembre es característica la presencia de euglenofíceas, indicadoras de abundante materia orgánica. Son abundantes *Euglena tuberculata* (803 células/ml), *Trachelomonas volvocina* (190 células/ml) y algunas especies del género *Phacus* (50 células/ml). En fechas cercanas a la recolección del arroz, el fitoplancton decrece en número hasta cantidades difícilmente cuantificables y está compuesto únicamente por algunas diatomeas (*Navicula* sp. pl).

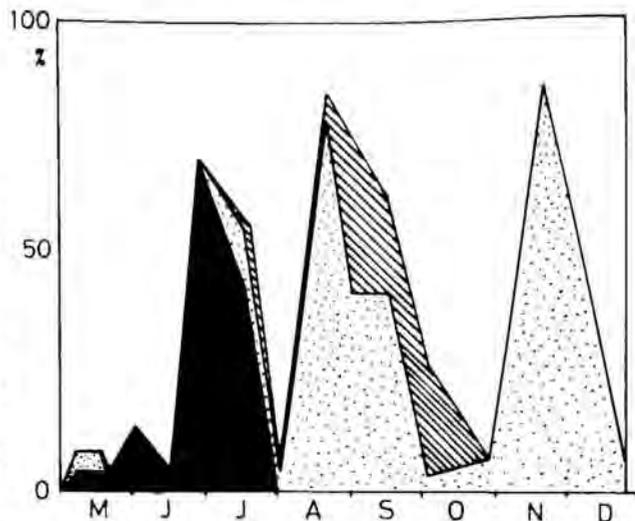


FIG. 4. Variación de la abundancia relativa de cladóceros (■), copépodos (...), ostrácodos (///) y rotíferos (□) en un arrozal (Camp Encanyissada) en 1984. - Percentages of total abundance of zooplankton corresponding to Cladocera (■), Copepoda (...), Ostracoda (///) and Rotifera (□) in 1984.

Entre crustáceos y rotíferos es característica la presencia en los primeros meses de cultivo de organismos típicamente filtradores, que representan el 4,3 % y el 91,9 % de la población total (figura 4). Predominan los cladóceros *Moina micrura* y *Moina brachiata*, y los rotíferos *Brachionus urceolaris* y *Brachionus calyciflorus*. En aquellos campos en que se retrasa la aplicación del biocida Malatión + Lindano abunda también el ostrácolo *Heterocypris fretensis*. A medida que avanza el cultivo predominan algunas especies de copépodos (17,89 %), como *Acanthocyclops g. vernalis*, pero principalmente abundan los rotíferos pertenecientes al género *Lecane* (36,84 %), *Lecane luna* y *Lecane hastata*, y cladóceros (43,68 %) de la especie *Echinisca rosea*.

En fechas próximas a la recolección hay un claro predominio de copépodos (*Thermocyclops dybowskii* y *Macrocyclus albidus*) y ostrácodos (*Tanycypris* sp.) que representan el 41 % y el 22,3 % de la población total respectivamente (figura 4). De rotíferos únicamente se observa alguna proliferación de especies bénticas (*Brachionus patulus*) en algu-

nos campos, representando un elevado porcentaje de la población total (73,6 %).

## DISCUSIÓN

Los resultados expuestos permiten distinguir en el agua de los arrozales dos fases bien definidas: una inicial, que comprende desde la siembra (fines de abril) hasta que el arroz alcanza su máximo crecimiento (fines de junio), y otra final, que comprende los períodos de espigación y maduración del arroz (de agosto hasta octubre), separadas por un período de transición.

Durante la fase inicial, el elevado contenido en oxígeno disuelto y el alto pH hacen pensar en un predominio de los procesos de producción, favorecidos por el abundante fitoplancton, frente a los de respiración. Es precisamente la cantidad de fitoplancton lo que favorece la proliferación durante esta fase de organismos filtradores (cladóceros y rotíferos), que, con ciclos de vida cortos, desarrollan grandes poblaciones transitorias, que van sucediéndose con rapidez.

En la fase final, el escaso contenido en oxígeno disuelto y los bajos valores de pH son indicadores de un predominio de los fenómenos de respiración frente a los de producción. Durante esta fase, el fitoplancton es escaso, con predominio de especies indicadoras de abundante materia orgánica en el medio, que favorece la presencia de organismos típicamente detritívoros (ostrácodos) y carnívoros (copépodos). Su presencia demuestra, por otra parte, un aumento de organización del sistema, al producirse el alargamiento de las cadenas tróficas (PONT, 1977).

Esta separación en fases ha sido señalada con anterioridad en otros arrozales del área mediterránea por PONT (1983) y VAQUER (1984) en Francia, y por FERRARI *et al* (1984) en Italia. Sin embargo, no se ha explicado detalladamente la transición entre ambas fases ni los efectos que desencadenan estos cambios. Parece ser que es el crecimiento de

la vegetación sumergida quien determina dicha transición (FORÈS & COMÍN, en prensa). El crecimiento de la vegetación emergida ejerce un efecto de pantalla sobre la superficie del agua, impidiendo el paso de los rayos solares a su superficie (PONT & VAQUER, 1984). Ello dificulta también el intercambio gaseoso con la atmósfera, y por tanto un importante suministro de oxígeno para el medio acuático. El crecimiento de la vegetación sumergida por su parte provoca la desaparición del fitoplancton al dificultar la penetración de la luz en el agua, competir por los elementos nutritivos e impedir la agitación del agua necesaria para mantenerse en suspensión. La desaparición del fitoplancton supone la de sus consumidores, cladóceros filtradores, que también encuentran dificultades para moverse en un espacio progresivamente más ocupado por vegetación neustónica (*Lemna minor*, *L. gibba*, hojas de *Potamogeton nodosus*), macrofitos sumergidos enraizados (*Potamogeton nodosus*, *Scirpus mucronatus*, *Najas minor*, *Zannichellia palustris*) y algas (*Chara vulgaris*, principalmente).

La razón por la cual se produce esta transición entre las dos fases se encuentra en los tratamientos con productos químicos que realizan los agricultores. Hasta el mes de junio se aplican biocidas a los arrozales para limitar el desarrollo de animales y plantas que dificultan el crecimiento del arroz, que no sobresale del agua hasta el mes de junio. Estos productos impiden la proliferación de la vegetación citada. Cuando el arroz va ha crecido lo suficiente para no verse perjudicado por el crecimiento de la vegetación, cesan los tratamientos biocidas contra ésta y se producen los cambios descritos, favorecidos también por el abonado que se lleva a cabo en estas fechas, que se manifiesta en sendos máximos de fósforo y nitratos (fig. 2).

Comparando un campo de arroz sometido a los tratamientos químicos agrícolas habituales con otro exento de todo tipo de tratamiento, se ha comprobado que el crecimiento de la vegetación su-

mergida está controlado por el uso de los tratamientos biocidas (FORÈS & COMÍN, en prensa).

Como en otros medios someros, los parámetros más relacionados con la actividad de los organismos tales como el pH, la concentración de oxígeno disuelto o la alcalinidad, varían ampliamente durante el ciclo diario. De los resultados expuestos puede deducirse que las diferencias entre los valores máximo y mínimo de estos parámetros están más amortiguadas durante la fase final del cultivo, cuando la vegetación sumergida es más abundante y el arroz ha alcanzado su máximo crecimiento, lo que provoca una inercia del sistema mucho mayor que cuando la superficie del agua está libre (PONT & VAQUER, 1984).

La observación de datos correspondientes a campos distintos y años distintos indica una gran similitud de las variaciones estacionales de un año a otro de todos los parámetros observados. Esta similitud se observa también comparando nuestros datos con los correspondientes a otros arrozales de la cuenca mediterránea (MORONI, 1961; PONT, 1983; FERRARI *et al*, 1984; VAQUER, 1984). Todo ello pone de manifiesto la semejanza de las prácticas agrícolas en esta zona, que suponen la misma entrada de ener-

gía externa a un sistema cuyas características físicas (nivel del agua, tipo de suelo, etc.) son muy parecidas. Las diferencias que pueden observarse entre unos y otros corresponden, fundamentalmente, a retrasos o adelantos en el tiempo de aplicación de determinadas prácticas (siembra, abonado, tratamientos biocidas). Ello es más evidente comparando la evolución estacional del contenido de nutrientes, cuyos máximos están altamente correlacionados con el abonado. La comparación con arrozales asiáticos permite reconocer algunas similitudes, pero las diferentes prácticas agrícolas (falta de abonado y de tratamientos con biocidas) y la diferente modalidad de cultivo (época distinta, distinto nivel del agua y composición del suelo) acentúan las diferencias. Con todo ello se puede concluir que el funcionamiento de los arrozales es predecible en el tiempo, conociendo las características más relevantes del sistema.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por la Generalitat de Catalunya y por la Universidad de Barcelona.

## SUMMARY

LIMNOLOGICAL FEATURES OF THE RICE FIELDS OF THE EBRO DELTA (NE SPAIN). Physical and chemical parameters, and plants and animal populations were studied in rice fields of the Ebro river delta during the growing season of the rice from April to October in 1983, 1984 and 1985.

A model of the seasonal variations of the limnological characteristics is proposed from the results obtained. Two phases are distinguished in the course of the cultivation period:

— an early phase at the beginning of the culture from April to June is characterized by high pH and high dissolved oxygen concentrations, abundant phytoplankton and filter feeding zooplankton populations.

— a late phase, from July to October is characterized by low pH and low dissolved oxygen concentrations and very dense submerged plant populations, with detritivorous and carnivorous animal populations.

The causes of the transition between these two phases are discussed and related to other peculiar aspects of the rice field ecology.

## BIBLIOGRAFÍA

- FERRARI, I.; MARCHI, A. DE; MENOZZI, P.; MINZONI, F. & PICCOLO, F., 1984. Heleoplankton seasonal succession in an experimental ricefield in Northern Italy. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22: 1.711-1.716.
- FORÈS, E. 1985. *Introducció a la limnologia dels arrossars del Delta de l'Ebre*. Tesis de licenciatura, Universidad de Barcelona, 232 pàginas.
- FORÈS, E.; MENÉNDEZ, M.; PRETUS, J. L. & COMÍN, F. A. (en prensa). Contribución al conocimiento de crustáceos y rotíferos del Delta del Ebro. *Miscellània zoològica*.
- FORÈS, E. & COMÍN, F. A. (en prensa). Efecto de los tratamientos químicos agrícolas sobre algunas características limnológicas de los arrozales. *Limnetica*.
- HECKMAN, C. H. W., 1974. The seasonal succession of species in a Rice Paddy in Vientiane, Laos. *Int. Revue. ges. Hydrob.* 59 (4): 489-507.
- , 1979. *Ricefield ecology in northeastern Thailand*. Monographiae biologicae. Doctor W. Junk by Publishers The Hague-Boston-London, 228 pàgs.
- MORONI, A., 1961. L'ecosistema di risaia. *Ann. Fac. Agraria dell' U.C.S.C.* 3: 489-625.
- MORONI, A. & VICINI, E., 1962. Ulteriori ricerche sull'ecosistema di risaia. *L'Ateneo Parmense*, XXXIII Supl., 2: 35 pàgs.
- PONT, D., 1977. Structure et évolution saisonnière des populations de copépodes, cladocères et ostracodes des rizières de Camargue. *Annls. Limnol.* 13 (1): 15-28.
- , 1983. *Recherches quantitatives sur l'héloplancton des Rizières de Camargue*. Thèse Doct. Sci. Nat. Univ. Provence (Marseille), 300 pàgs.
- PONT, D. & VAQUER, A., 1984. Quelques caractéristiques physico-chimiques de l'eau de submersion des rizières de Camargue (France): rôle de la végétation immergée et émergée. *Ecol. Medit.*, X (fasc. 1-2): 133-145.
- SWAMINATHAN, M. S., 1984. Arroz. *Invest. y Ciencia*. Marzo. 90: 52-62.
- VAQUER, A., 1984. Biomasse et production des characées dans les rizières de Camargue (France) et leur importance écologique. *Acta Oecologica Oecol. Plant.* 5 (19) 4: 299-313.