

# VARIACION TEMPORAL DE LAS POBLACIONES ZOOPLANCTONICAS DE LA LAGUNA ANOXICA DEL CISO (GERONA)

Alfonso, M.T. y Miracle, M.R.

Departamento de Ecología. Facultad de Biológicas. Universidad de Valencia. Burjasot (Valencia).

Palabras clave: Anoxic karstic pond, oxygen tolerant zooplankton, Banyoles karstic lakes (Spain).

## ABSTRACT

### TEMPORAL VARIATION OF THE ZOOPLANKTONIC POPULATIONS IN CISO (GERONA, SPAIN) A ANOXIC POND

Cisó, is a small karstic sulfurous pond in the area of Banyoles (Gerona, Spain). Singular features of this pond are its anoxia and high sulfide concentration throughout the whole water column, most of the year, the only exception being a shallow aerobic epilimnion in summer.

Quantitative zooplankton samples, taken in the vertical profile, during the years 1977 and 1978 have been studied. The oxygenation period was much more important in 1977 than 1978 and the months the maximum depth of the aerobic layer were may and august respectively.

The results show that zooplankton of rotifers and crustaceas is composed by:

- 1) A group of species, namely *Mytilina bisulcata*, *Mytilina crassipes*, *Mytilina compressa* and Bdelloidea of a benthonic character; which are more or less permanent and have a tendency to inhabit the deepest half of the water column (5 to 10 m).
- 2) A group of species of a more planktonic character, which colonize the surface of the pond only in the oxygenation periods; the main species of this group is *Thermocyclops dybowskii* with two maxima in may 1977 and august 1978, the months of the most important aerobic periods. Accompanying species were different according to the studied years: *Anuraeopsis fissa*, *Cohurella uncinata*, *Lophocharis salpina* colonized the shallow epilimnion in 1977 but not in 1978 and *Kellicottia longispina* was more abundant in 1978.

The density of population of all the above mentioned species was much higher in the more stratified year 1977. Some large species of ciliates were also counted, *Vorticella sp.* showed a extraordinary maximum in august 1978, when the other present species had only a small secondary maximum.

## INTRODUCCION

La laguna de Cisó es una laguna holomítica muy especial de carácter anóxico y que sólo se oxigena en superficie hasta 1 o 2 m de profundidad como máximo, cuando se produce la formación de la termoclina, iniciándose dicha oxigenación en primavera (mayo-junio) y terminando al final del verano (septiembre-octubre). Este, junto a otros caracteres como la alta concentración de sulfhídrico, hace que la laguna esté dominada por poblaciones de bacterias foto-

sintéticas, sobre todo en otoño-invierno cuando no hay estratificación térmica.

Existen una serie de trabajos sobre esta laguna (Guerrero y Abellá, 1978; Abella *et al.*, 1980; Guerrero *et al.*, 1980 y Pedrós-Alió *et al.*, 1984) basados fundamentalmente en los caracteres físico-químicos de la zona y su relación con las bacterias fotosintéticas del azufre.

El presente trabajo pretende dar a conocer el zooplancton de esta laguna, especialmente rotíferos y crustáceos, que tienen que estar adaptados a condi-

ciones muy extremas y poco óptimas para la vida animal, como son la falta de oxígeno y las concentraciones elevadas de sulfhídrico. Para ello se ha hecho un estudio de su distribución vertical durante dos ciclos anuales que comprenden períodos de estratificación y de mezcla con anoxia en la totalidad de la columna.

### La laguna

Se encuentra en el margen Oeste del lago Banyoles (Gerona), cerca de su parte central, con una altitud sobre el nivel del mar de 172 m y de coordenadas 2°45'05" E y 42°07'35" N. Esta laguna es de origen cárstico y se formó por dilución y hundimiento de las capas de yeso y anhidrita.

De la laguna sale un pequeño reguero denominado Ribera Castellana, no habiendo en cambio ningún curso de aporte superficial de agua, lo que quiere decir que su alimentación es subterránea.

En la fig. 1 se presenta un esquema del mapa batimétrico de la laguna durante los años 1977-78 en los que se realizaron los muestreos cuyo estudio constituye la base de este trabajo (dicho esquema está basado en la publicación de Guerrero y Abellá, 1978). Durante el período de estudio tenía forma ovalada de 26 x 20 m de diámetro y una profundidad de 11 m, posteriormente ha sufrido modificaciones importantes en su morfometría debidas a la inestabilidad cárstica de la zona.

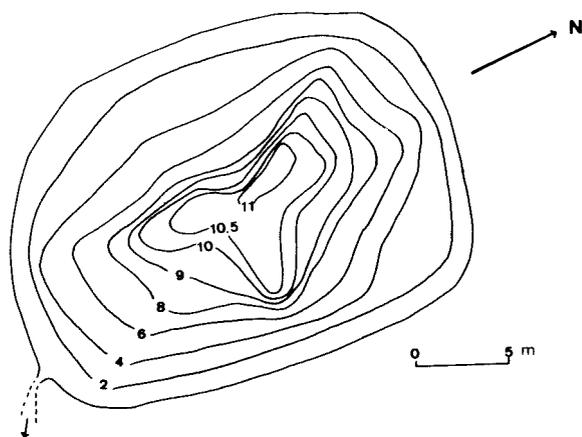


Fig. 1.- Mapa batimétrico de la laguna de Ciso durante los años 1977-78 (De C. Abellá, 1980). Esta laguna recientemente ha sufrido cambios profundos por hundimiento de terrenos.

Bathymetric map of Ciso pond during the years 1977-78. The pond has recently suffered important changes due to land collapse.

### MATERIAL Y METODOS

El período de estudio comprende los meses de enero de 1977 a septiembre de 1978, realizándose 83 muestreos distribuidos más o menos regularmente durante dicho periodo. Se hicieron aproximadamente al mediodía y en el punto más profundo de la cubeta a 1, 5 y 10 m de profundidad por regla general.

Las muestras fueron recogidas principalmente por Abellá y Guerrero con una doble botella Van Dorn de 8 l. de capacidad cada una; una de ellas se utilizó para obtener los parámetros físico-químicos del trabajo de dichos autores (Guerrero y Abellá, 1978; Abella *et al.*, 1980; Guerrero *et al.*, 1980 y Pedrós-Alió *et al.*, 1984) y la otra para el recuento y análisis del zooplancton el cual es objeto de este trabajo. El contenido de la otra (8 l), se filtró con una malla de 55  $\mu$ m de poro, las muestras filtradas eran seguidamente fijadas con formol al 5% para su preservación y posterior examen mediante un microscopio invertido (Miracle, 1976).

### RESULTADOS Y DISCUSION

La comunidad zooplanctónica de Ciso es muy particular, encontrándose sólo organismos resistentes a condiciones extremas como es el ambiente anóxico. Sólo cuando se produce el inicio de la estratificación se puede apreciar un delimitado ambiente aeróbico en superficie (fig. 5), lo que hace posible la colonización de algunas especies ocasionales durante este período.

A continuación se hace una relación de las principales especies identificadas cuya distribución espacio-temporal en la laguna se representa en las figs. 2 y 3 y que son en su gran mayoría rotíferos. Los crustáceos tuvieron sólo una importancia muy limitada a la presencia de oxígeno.

Los ciliados no se han considerado en este estudio, limitado por los métodos de muestreo, sólo constándose las especies grandes que se retenían y se preservaron en las muestras.

### Crustáceos

*Thermocyclops dybowskii*. Esta especie se situó en la parte superficial de la laguna alcanzando una gran densidad durante mayo de 1977. Durante el año 1978 sólo se detectó un escaso número de individuos en agosto (fig. 3). La distribución de los diferentes estadios se presenta en la tabla 1.

*Diaphanosoma brachyurum*. Sólo se ha contabilizado un individuo a finales de agosto del año 1978,

sin embargo esta especie aparece en altas proporciones en el lago de Banyoles (Miracle, 1976).

**Rotíferos**

Se han identificado 23 especies, de las cuales sólo un pequeño número de ellas forma parte permanente en el plancton y las restantes aparecen de forma ocasional cuando el lago se oxigena.

*Kellicottia longispina*. En esta pequeña laguna su presencia es más bien escasa, adquiriendo mayor constancia en verano; presentó un máximo en profundidad a finales de agosto de 1978.

*Anuraeopsis fissa*. La cantidad numérica de esta especie es pequeña, presenta un máximo en primavera, desapareciendo en verano, el máximo alcanzado fue en mayo de 1977 cuando se oxigenó el lago, siendo nula su presencia durante 1978.

*Mytilina compressa*. Esta especie aparece en Cisó prácticamente todo el año desapareciendo sólo en los meses de invierno, prefiere un hábitat de la mitad del lago hacia el fondo. En el año 1978 su abundancia se redujo muchísimo.

*Mytilina crassipes*. Para el año 1977 se contabilizó un gran número de individuos a primeros de mayo, lo cual no se repitió al año siguiente debido a las concentraciones desfavorables de alta concentración de

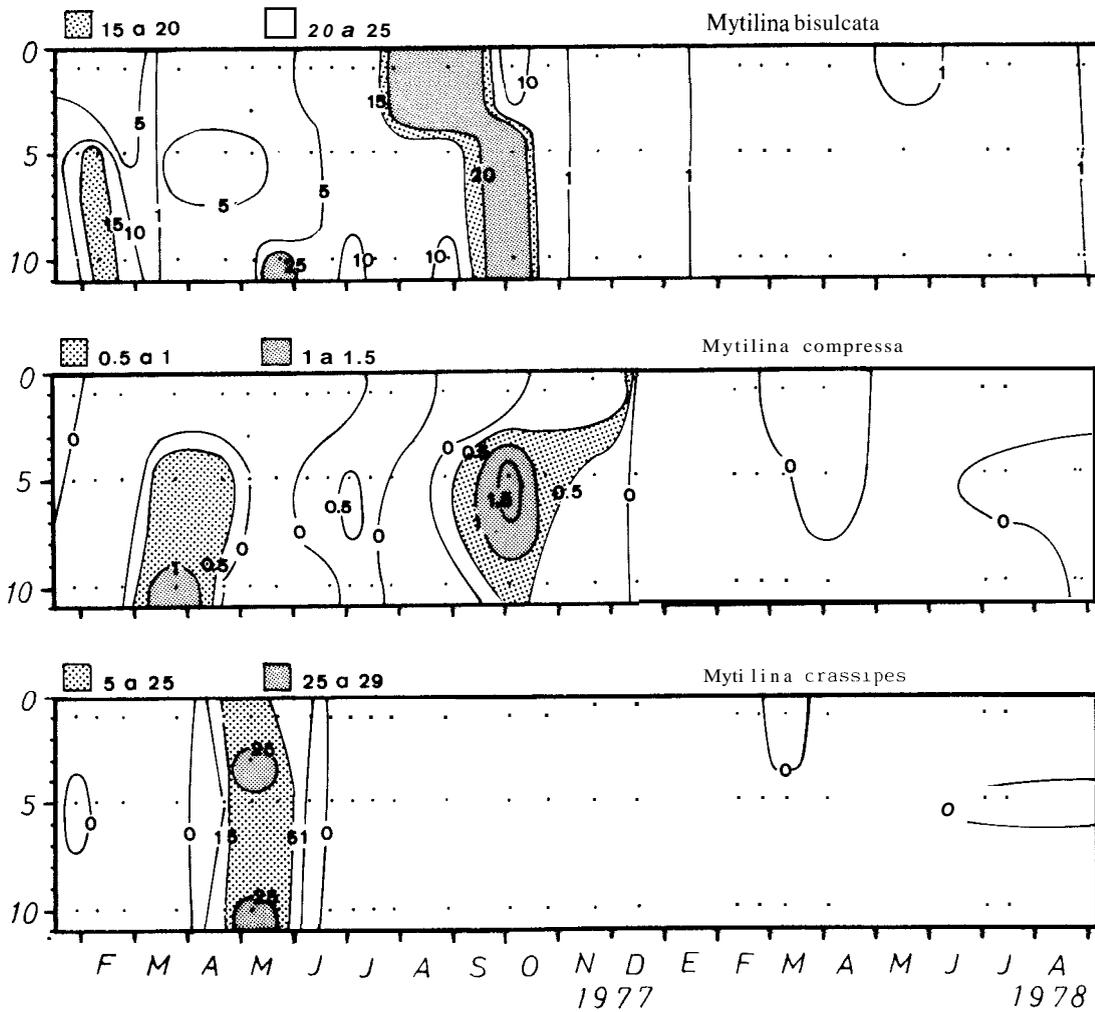


Fig. 2.- Distribución de la densidad de población (ind/l) de las especies que podemos considerar permanente, en función del tiempo (meses, en abscisas) y de la profundidad (m, en ordenadas). Isolíneas libremente interpoladas entre las muestras. Distribution of densities (ind/l) of species considered permanent according to time (months, abscissas) and depth (m, ordenates). Isolines freely interpolated between samples.

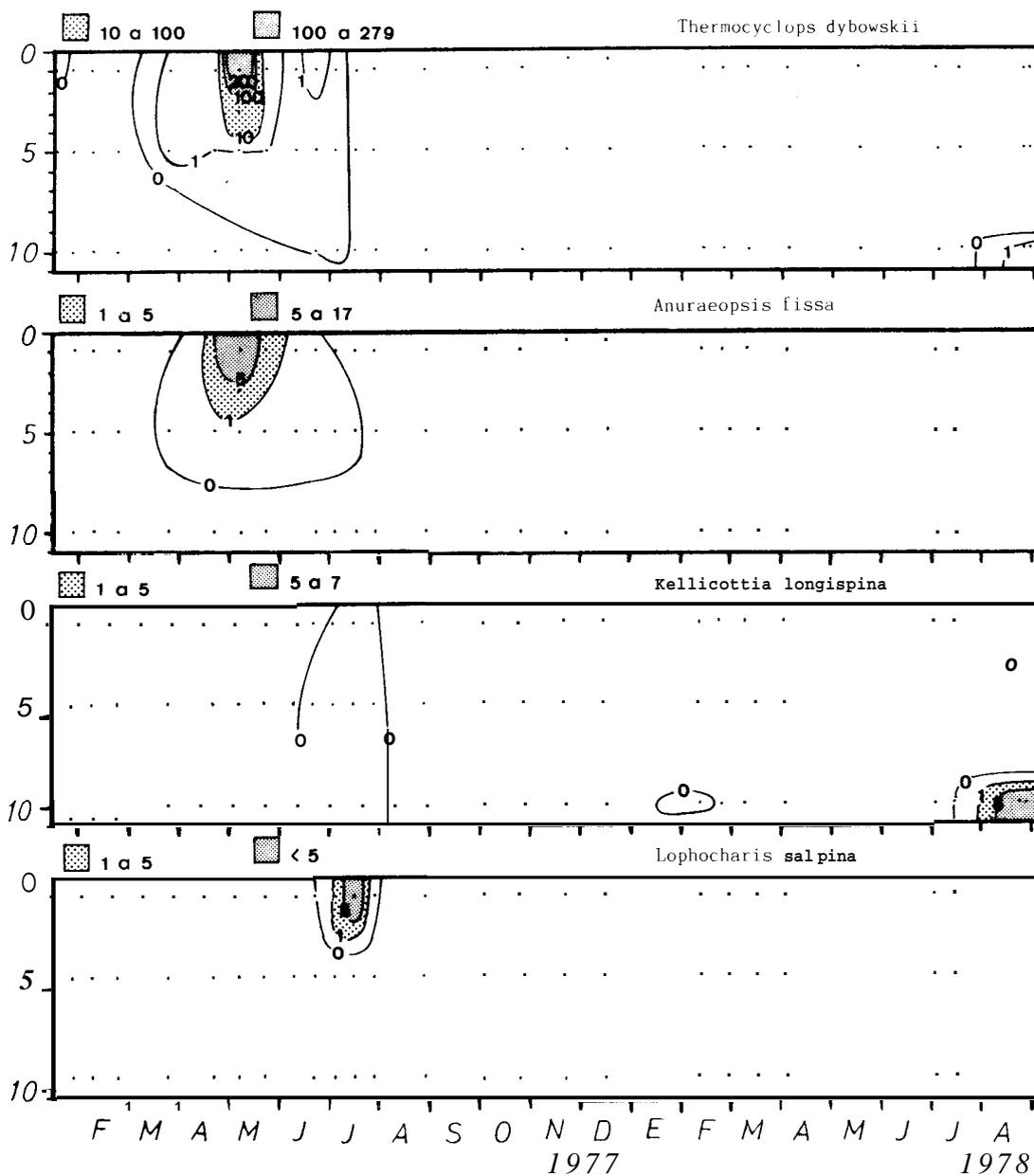


Fig. 3.- Distribución de la densidad de población (ind/l) de las especies que aparecen en los periodos de oxigenación, en función del tiempo (meses, en abscisas) y de la profundidad (m, en ordenadas). Isolíneas como en la fig. 1.

Distribution of densities (ind/l) of species occurring in the oxygenation periods according to time (months, abscissas) and depth (m, ordinates). Isolines as in fig. 1.

sulfhídrido ya señaladas, encontrándose sólo de forma esporádica durante primavera-verano.

*Lophocharis salpina*. La podemos considerar como especie no común en el plancton de Cisó, ya que como otras especies sólo aparece en el mes de mayo

de 1977, cuando se produjo la oxigenación superficial.

*Mytilina hisulcata*. Esta especie típicamente saprobiótica es mayoritaria en Cisó, aparece durante todo el año y en todo el perfil vertical, preferentemente en-

Fecha	Profundidad (m)	Nauplios	Copepoditos	Machos	Hembras
15-01-77	1	0.1			
29-01-77	5		0.3		
26-03-77	1	1.0			
	5	1.3			
23-04-77	1	2.9			
	5	0.4			
7-05-77	1	224.8	31.0	11.5	11.8 (5.8 huevos/♀)
	3	8.8	1.5	1.0	1.0
	5			0.1	
21-05-77	1	3.0	0.5		
	5	0.6	0.6		0.1
11-06-77	1	0.3			
	5		0.1		
18-06-77	1	3.8	0.1		0.1
	5		0.1		
2-07-77	10		0.1		0.1
29-07-77	1		0.1		
17-12-77	0.5		0.1		
30-08-78	1	1.1	0.8	0.1	

Tabla 1.- Distribución espacio-temporal de los diferentes estadios de *Thermocyclops dybowskii* en la laguna de Cisó durante los años 1977-78 (los datos corresponden a ind/l).

Spatial and temporal distribution of the different stages of *Thermocyclops dybowskii* in Cisó pond during the years 1977-78 (Data in number of individuals per litre).

tre los 5 y 10 m de profundidad, cuando la concentración de sulfhídrico no es muy elevada. Debido a estas características presentó como todas las demás mayor abundancia durante el año 1977.

Bdelloidea. En Cisó se ha encontrado una forma de gran tamaño de escasa densidad que no ha podido ser identificada.

En la tabla 2 se presenta una relación de las restantes especies de rotíferos encontradas, cuya importancia numérica fue muy baja, indicando las fechas y profundidades en las que estaban presentes.

### Ciliados

Sólo se ha contabilizado dos especies de ciliados de gran tamaño y fácil reconocimiento en las muestras, que no se han determinado a nivel de especie pero que pertenecen a las familias de Euplotidae y Vorticellidae.

### Variación estacional

La condición de anoxia existente en casi todo el perfil vertical y su elevada concentración de sulfhídrico hacen de esta laguna un caso particular, de manera que la variación estacional del zooplancton está sujeta a los cambios en la concentración de oxígeno. De hecho, se observa por un lado la existencia de una fauna permanente de tipo bentónico formada por las especies *Mytilina bisulcata*, *Mytilina crassipes*, *Mytilina compressa* y un bdelloide. Por otro lado, la oxigenación del lago en superficie, permite la colonización de especies más planctónicas que pueden desarrollarse en superficie, como sucedió característicamente durante mayo de 1977, siendo entonces abundantes principalmente *Anuraeopsis fissa*, *Colurella uncinata*, *Lophocharis salpina* y *Thermocyclops dybowskii*. La siguiente colonización importante no se produjo hasta agosto de 1978, siendo de mucha me-

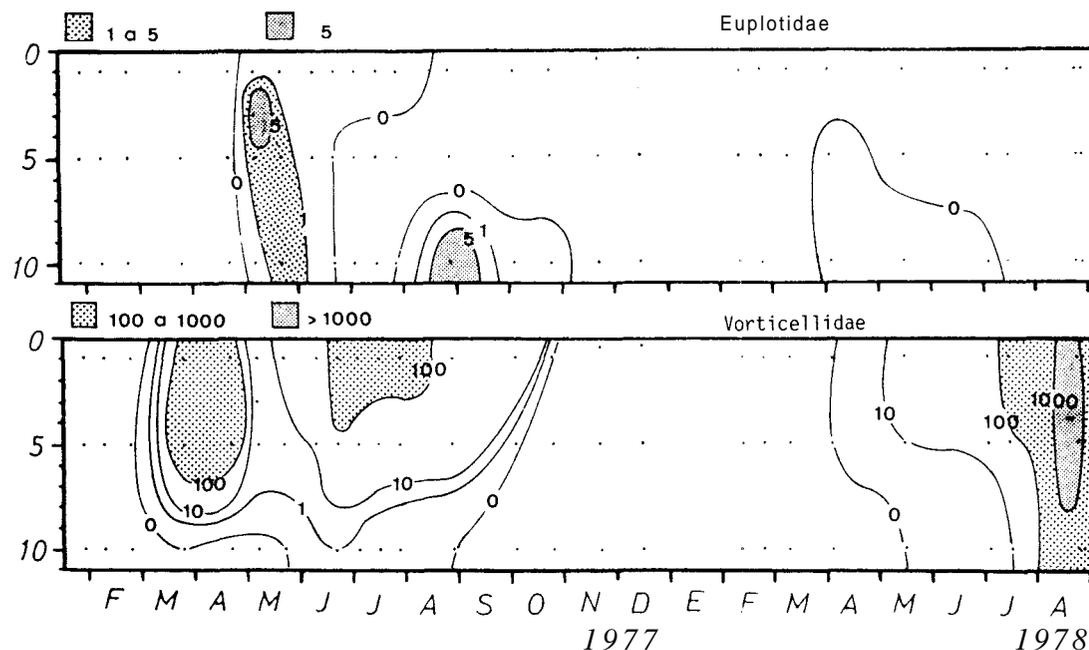


Fig. 4.— Distribución de los ciliados considerados en los recuentos de zooplankton, en función del tiempo (meses, en abscisas) y de la profundidad (m, en ordenadas). Isolíneas como en la fig. 1.

Distribution of ciliates considered in zooplankton counts according to time (months, abscissas) and depth (m, ordenates). Isolines as fig. 1.

nor magnitud ya que las especies encontradas no alcanzaron valores tan significativos. La composición de la comunidad fue diferente, estando presentes sólo *Kellicottia longispina*, *Thermocyclops clybowskii* y *Diaphanosoma brachyurum*.

Por otra parte los ciliados estudiados se encuentran principalmente en primavera-verano (fig. 4) y con mayor representación en el año 1977 que en el año 1978. Sin embargo, cabe destacar que *Vorticella* sp. experimentó un gran crecimiento en agosto de este último año, con una población de más de 1.000 ind/l, siendo muy escasas las demás especies estudiadas.

En general la densidad zooplantónica fue más elevada durante el año 1977 en el cual la especie predominante fue *Mytilina bisulcata* a excepción del mes de mayo predominando *Thermocyclops dybowskii*; durante 1978 la densidad zooplantónica fue bastante baja (exceptuando el crecimiento mencionado de *Vorticella* sp.), restringida a las especies que hemos citado como permanentes debido a las altas concentraciones de sulfhídrico existentes.

#### Diversidad

La diversidad en un ciclo anual aumenta desde la primavera al otoño a medida que avanza la sucesión

(Margalef, 1977). En la laguna de Cisó no se puede definir un ciclo típico y estable, ya que la diversidad viene condicionada a la cantidad de oxígeno disuelto en el agua que constituye el factor limitante en esta laguna, siendo este el principal motivo de su baja diversidad (fig. 5). En esta fig. 5 se observa un aumento de la diversidad en la primavera coincidiendo con el inicio de la estratificación térmica, en la que el oxígeno disuelto aumenta. Durante el verano aparece un intenso gradiente en la concentración de sulfhídrico debido al establecimiento de la estratificación produciéndose también una disminución de la diversidad.

El invierno del año 1976-77 fue más cálido que el de 1977-78 y se vio favorecida la oxigenación de la capa superficial al inicio de la estratificación térmica, mientras que en el invierno de 1977-78, más frío se favoreció la mezcla vertical y como consecuencia la anoxia en el total de la columna de agua y el crecimiento de bacterias del azufre. Todo ello contribuyó a que la concentración de oxígeno no alcanzase valores máximos hasta mediados de verano. Los períodos de oxigenación de ambos años coincidieron con la máxima diversidad zooplantónica.

Por lo general la diversidad parece aumentar con la profundidad, esto es debido a que se trata de una laguna anóxica, con organismos que se han hecho resis-

	Día / Mes / Año (Profundidad en metros)
ROTATORIA	
<u>Keratella cochlearis</u>	2/07/77 (1)
<u>Keratella quadrata</u>	29/01/77 (5), 11/06/77 (1), 18/06/77 (1), 15/07/78 (1)
<u>Notholca squamula</u>	26/02/77 (1)
<u>Euchlamis incisa</u>	26/08/78 (10)
<u>Colurella uncinata</u>	26/03/77 (1), 7/05/77 (1), 21/05/77 (1), 21/05/77 (5), 21/05/77 (10)
<u>Lepadella patella</u>	7/05/77 (1), 21/05/77 (1)
<u>Lecane closterocerca</u>	21/05/77 (1)
<u>Lecane stichaea</u>	23/04/77 (1), 7/05/77 (10), 21/05/77 (1), 21/05/77 (5), 22/10/77 (5), 11/03/78 (1), 30/08/78 (1), 30/08/78 (10)
<u>Cephalodella sibba</u>	21/05/77 (1)
<u>Trichocerca bicristata</u>	29/01/77 (5)
<u>Trichocerca similis</u>	26/08/78 (10)
<u>Polyarthra dolichoptera</u>	21/05/77 (1)
<u>Polyarthra vulgaris</u>	7/05/77 (1), 7/05/77 (3)
<u>Filinia longiseta</u>	23/04/77 (5), 26/08/78 (10), 30/08/78 (10)
<u>Filinia terminalis</u>	23/04/77 (5), 18/06/77 (5), 31/08/77 (10), 26/08/78 (10)
<u>Hexarthra mira</u>	7/05/77 (3)
CLADOCERA	
<u>Diaphanosoma brachyurum</u>	30/08/78 (10)
NEMATELMINTOS	
Larva de Nematodo	17/12/77 (0.5), 17/12/77 (5)
INSECTOS	
Larva de Ephemeroptero	18/06/77 (1)
Larva de Nematóceros	18/06/77 (1), 2/07/77 (1), 16/07/77 (1), 8/10/77 (1), 8/10/77 (5), 17/05/78 (1), 17/05/78 (5), 2/07/78 (5), 15/07/78 (5)
Larva de Chaoborus	8/10/77 (5)

Tabla 2.- Ocurrencia de las especies poco significativas en el plancton de Cisó.

Relation of the non significant species in the plankton of Cisó indicating day/month/year (depth in m).

tentes a este tipo de ambiente y capaces de soportar ciertas concentraciones de sulfhídrico, sin embargo es en los períodos de oxigenación cuando se alcanza el máximo.

Si comparamos la diversidad con el número total

de individuos, podemos observar como descensos en la diversidad coinciden con un aumento en la cantidad de individuos (fig. 5). Se ha calculado la diversidad media de todas las profundidades muestreadas y se ha comparado con la diversidad de la integración

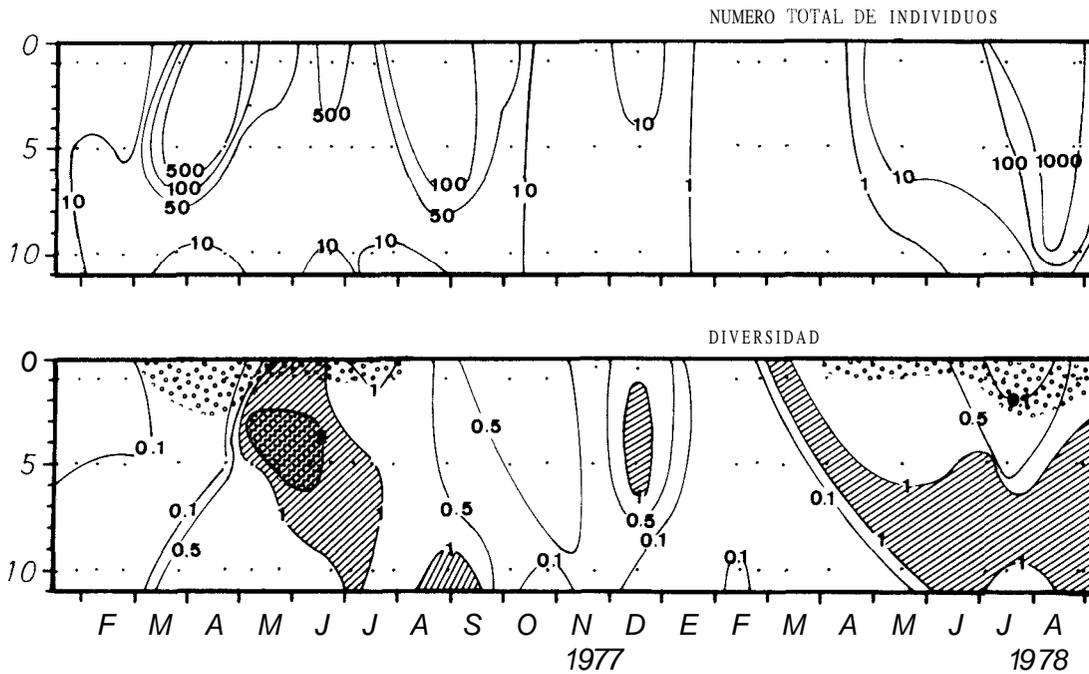


Fig. 5.- Distribución del índice de diversidad en función del tiempo (meses, en abscisas) y de la profundidad (m, en ordenadas). El área superficial sombreada con puntos gruesos indica la presencia de oxígeno.  
Distribution of diversity index according to time (months, abscissas) and depth (m, ordenates). The shaded superficial area with coarse dots indicates the presence of oxygen.

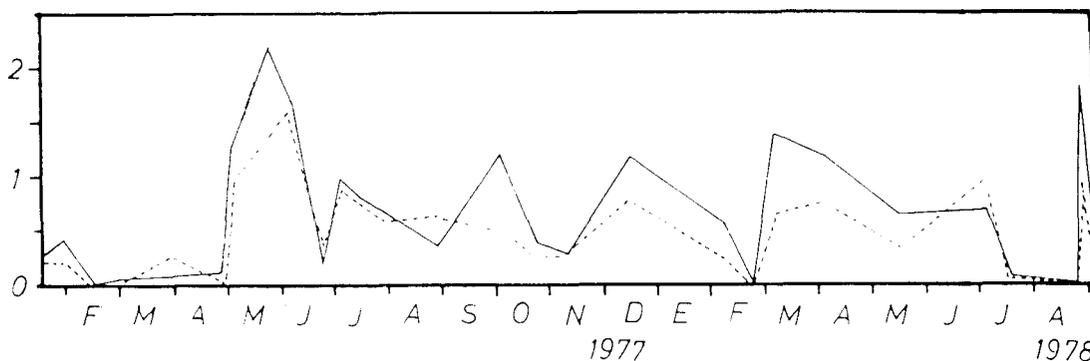


Fig. 6.- Comparación de la media de los índices de diversidad del perfil vertical (línea continua) con los índices de diversidad calculados con las integraciones por columna de agua (línea de trazos) durante los años 1977-78.  
Comparison between the averaged diversity index of the vertical profile (continuous line) and the diversity index computed by the integrations per water column (dashed line) during the years 1977-78.

de los organismos que hay en una columna de agua de  $1 \text{ m}^2$  de sección desde el fondo a la superficie (fig. 6). La diferencia entre ambas diversidades se ha utilizado para poner de manifiesto la posible heterogenei-

dad del sistema y compararla con la estratificación física (Miracle, 1976), de forma que sólo esperaremos que los datos se igualen en la época de mezcla cuando el sistema se homogeneiza, sin embargo debido a que

se trata de un lago en el que la concentración de sulfhídrico-oxígeno es limitante estas diferencias se hacen mayores.

## CONCLUSIONES

Cisó, puede considerarse como un caso especial, en donde hay unas condiciones precarias de oxígeno durante todo el año, con una especie permanente bien adaptada *Mytilina bisulcata* con su máximo al final de la época estival, con ella y cuando se encuentra en dominancia, se observa la aparición de la especie *Mytilina compressa*.

Una proliferación de especies se produjo en primavera de 1977, siendo una de las principales *Thermocyclops dybowskii* al inicio de la estratificación alcanzando el oxígeno entonces las capas superficiales del lago; lo cual produce un aumento de la diversidad en primavera que llega a ser superior a la del final del verano, contrariamente a lo que cabe esperar a lo largo de una sucesión.

Durante 1978 se dio una gran disminución de la temperatura en invierno que favoreció la mezcla vertical de las aguas originando un retraso de la época de oxigenación superficial y disminución de su impor-

tancia, lo que se tradujo en una disminución en el número de ind/l de las distintas especies.

## BIBLIOGRAFIA

**Abellá C.; Montesinos E. y Guerrero R., 1980.** Field studies on the competition between purple and green sulfur bacteria for available light (Lake Sisó, Spain). *Developments in Hydrobiology*. 3: 173-181.

**Guerrero R. y Abellá C., 1978.** Dinámica espacio-temporal de las poblaciones bacterianas fotosintéticas en una laguna anaerobia de aguas sulfurosas. *Oecología Aquatica*. 3: 193-205.

**Guerrero R.; Montesinos E.; Esteve I. y Abellá C., 1980.** Physiological adaptation and growth of purple and green sulfur bacteria in a meromictic lake (Vila) as compared to holomictic lake (Sisó). *Developments in Hydrobiology*. 3: 161-171.

**Margalef R., 1977.** *Ecología*. Ed. Omega. Barcelona. 951 pp.

**Miracle M.R., 1976.** Distribución en el espacio y en el tiempo de las especies del zooplancton del lago Banyoles. *Icona Monografías. Min. Agric.* 5: 1-270.

**Pedrós-Alió C.; Abellá C. y Guerrero R., 1984.** Influence of solar radiation, water flux and competition on biomass of phototrophic bacteria in Lake Cisó, Spain. *Internat. Verein. Limnol.* Vol. 22, 2: 1.097-1.101.