

Limnología del embalse de La Minilla durante 1976.

I. Ciclo del fitoplancton en relación con los factores del medio.

JULIA TOJA

Departamento de Ecología, Facultad de Biología, Universidad de Sevilla

INTRODUCCIÓN

Como continuación de los estudios que se están llevando a cabo en los embalses de Aracena y La Minilla, dentro del programa de control y mantenimiento de la calidad del agua que tiene la Empresa Municipal de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla y encuadrados en el Proyecto de estudio de los embalses españoles (MARGALEF *et al.*, 1976), en el presente trabajo se analizan los datos obtenidos en La Minilla durante 1976.

Estos embalses están situados a lo largo del río Rivera de Huelva, afluente del Guadalquivir, en el que desemboca por su margen derecha a 10 km al norte de la ciudad de Sevilla. El embalse de La Minilla se construyó en 1946, a unos 40 km aguas arriba, en la Sierra Norte de Sevilla, en una cuenca constituida primordialmente por pizarras silúricas, lo que determina que las aguas tengan una mineralización relativamente baja y una concentración alta de silicio. Al estar la cuenca poco afectada por la actividad humana, no presenta problemas importantes de contaminación.

Este año supone la culminación del período de sequía iniciado en 1974; como consecuencia de esta sequía, el embalse de Aracena permaneció vacío prácticamente todo el año y el de La Minilla vió muy mermado su volumen.

Este trabajo trata de la evolución de los parámetros químicos y fitoplanctónicos del embalse de La Minilla y las semejanzas y diferencias que se observan

en los mismos con respecto a los de años anteriores (TOJA, 1976).

MATERIAL Y MÉTODOS

Las muestras se tomaron a 0, 2, 5, 10, 15 y 20 m de profundidad. La periodicidad estuvo determinada, principalmente, por las necesidades del tratamiento del agua (La Minilla es la fuente directa de abastecimiento de la ciudad de Sevilla). Por esta razón fue bastante irregular, con intervalos entre cada muestreo de 8 días en unos meses y más de 30 días en otros. Las muestras se tomaron con un muestreador de tipo Van Dorn, doble, de 8 litros de capacidad cada parte. In situ se midieron temperatura, pH (con un comparador Degremont) y transparencia del agua (con el disco de Secchi).

Las muestras para los análisis químicos se preservaron con cloroformo hasta el momento del análisis, que en ningún caso superó las 72 horas. Los métodos analíticos empleados son los mismos que en la primera parte del estudio (MARGALEF *et al.*, 1976; TOJA, 1976).

Los pigmentos fotosintéticos se extrajeron con metanol y se aplicó la fórmula de Talling y Driver (VOLLENWEIDER, 1969). Las muestras para el estudio del fitoplancton se fijaron con lugol y se contaron con un microscopio invertido siguiendo la técnica de Utermöhl. En algunos casos fue imposible el recuento dada la alta proporción de materia en suspensión que tenía el agua.

La evolución en el espacio y el tiempo de los diversos parámetros se ha

TABLA I - Resultados de diversos análisis químicos, físicos y biológicos realizados durante 1976.
 TABLE 1 - Results of the different physical, chemical and biological analysis from the year 1976.

Fecha, date	Profundidad, depth, m	Temperatura, temperature, °C	pH	Conductividad, conductivity, $\mu\text{mhos cm}^{-1}$	Reserva alcalina, alkalinity, meq. l^{-1}	Oxígeno, oxygen mg l^{-1}	Sulfuro, sulfide $\mu\text{g-at S l}^{-1}$	Nitrato, nitrate, $\mu\text{g-at N.N.O}_3 \text{ l}^{-1}$	Nitrito, nitrite, $\mu\text{g-at N.N.O}_2 \text{ l}^{-1}$	Amonio, ammonia $\mu\text{g-at N.NH}_4 \text{ l}^{-1}$	Fosfato, phosphate, $\mu\text{g-at P.P.O}_4 \text{ l}^{-1}$	Silicato, silicate, $\mu\text{g-at Si l}^{-1}$	Clorofila a, chlorophyll a, mg m^{-3}	Indice D430/D665 ratio	Fitoplancton, phytoplankton, cél. ml^{-1}	Zooplancton, zooplankton, ind./l
7-1	0	12,0	7,3	247,9	2,12	8,66	2,90	26,26	0,620	9,85	0,562	27,28	2,30	2,46		16
	2	12,0	7,4	247,9	2,10	8,80	2,81	27,02	0,571	8,92	0,537	28,08	2,30	2,40	270	88
	5	12,0	7,4	250,0	2,10	8,58	2,56	27,25	0,610	9,35	0,575	27,38	2,40	2,33		97
	10	12,0	7,4	250,0	2,12	8,82	2,71	26,80	0,618	7,78	0,503	30,73	1,60	2,60		103
	15	12,0	7,4	247,9	2,14	8,80	2,90	26,94	0,613	8,14	0,613	28,61	1,52	2,80		82
	20	12,0	7,4	247,9	2,14	8,80	3,43	26,84	0,639	9,50	0,639	30,03	0,76	2,82		16
3-2	0	12,0	7,5	260,7	2,02	9,73	4,40	25,94	0,661	7,57	0,458	14,98	2,05	2,85		127
	2	12,0	7,5	261,6	2,04	10,36	3,90	30,81	0,502	9,24	0,612	15,72	2,40	2,86	945	247
	5	12,0	7,5	256,5	2,06	10,00	4,59	32,86	0,826	10,85	0,508	13,93	2,10	3,00		177
	10	12,0	7,5	261,8	2,06	9,16	4,93	32,40	0,803	11,05	0,442	14,23	1,84	3,92		74
	15	12,0	7,5	265,0	2,06	9,03	4,31	32,95	0,565	9,08	0,534	15,42	1,52	3,75		32
	20	12,0	7,5	265,0	2,08	8,90	5,43	32,68	0,691	7,42	0,622	14,53	0,78	5,76		50
16-2	0	12,0	7,2		1,03	9,22	6,78	44,43	1,698	0,12	0,875	109,16	1,37	4,10		-
	2	11,8	7,2		1,09	9,26	7,06	44,16	1,760	0,14	0,973	106,34	1,42	4,00		-
	5	11,5	7,2		1,09	9,00	6,34	44,47	1,826	0,11	0,970	109,16	0,97	5,50		-
	10	11,0	7,2		1,17	8,56	7,13	35,61	1,903	0,14	0,752	95,90	0,84	5,00		-
	15	10,6	7,2		1,59	8,85	6,00	38,07	1,362	0,14	0,839	69,53	0,76	5,12		-
	20	10,3	7,2		2,02	9,34	3,18	28,24	0,795	0,10	0,466	19,18	0,85	4,32		-
1-3	0	13,2	7,2	225,8	1,20	9,68	4,09	66,60	1,132	13,50	0,679	173,93	1,78	2,56		153
	2	13,2	7,6	227,9	1,16	9,54	4,56	67,79	1,125	15,00	0,739	145,35	1,50	2,87	111	258
	5	13,2	7,5	226,9	1,14	9,42	4,46	67,98	1,110	19,42	0,727	148,75	1,35	2,64		214
	10	12,0	7,4	224,8	1,16	8,62	5,34	64,61	1,214	16,00	0,686	145,99	0,92	2,68		138
	15	11,7	7,5	229,0	1,18	8,54	5,00	63,03	1,430	15,28	0,706	138,14	0,50	4,00		86
	20	11,2	7,4	240,6	1,40	8,12	3,87	52,23	1,333	16,71	0,753	113,95	1,91	2,26		36
22-3	0	16,2	7,3	266,7	1,21	10,96		50,26	1,279	12,07	0,432	125,00	7,68	2,43		-
	2	16,1	7,3	270,2	1,27	10,64		50,91	1,300	7,50	0,470	125,09	6,61	2,54	887	-
	5	16,1	7,2	269,1	1,25	10,44		51,49	1,329	7,35	0,508	123,02	6,25	2,53		-
	10	14,5	7,2	265,6	1,25	9,04		50,32	1,350	6,71	0,419	126,69	4,05	2,73		-
	15	13,8	7,2	266,7	1,25	8,50		53,60	1,570	5,78	0,470	129,24	2,92	2,68		-
	20	12,4	7,1	265,6	1,25	7,24		47,69	2,277	7,07	0,744	125,88	2,22	2,57		-
5-4	0	18,0	7,2	297,9	1,47	8,66	2,65	48,48	1,246		0,441	100,39	5,33	3,10		128
	2	17,8	7,2	293,3	1,47	8,64	2,05	51,62	1,170		0,402	100,87	4,78	3,58	769	537
	5	17,0	7,3	293,3	1,41	8,52	5,84	52,16	1,246		0,471	101,83	6,77	3,23		808
	10	16,7	7,2	286,4	1,35	7,28	3,37	52,65	1,308		0,414	113,12	3,96	2,44		322
	15	14,7	7,2	287,5	1,37	5,68	2,81	52,13	1,469		0,429	116,97	1,78	2,50		337
3,5	0	21,0	8,0	322,6	1,69	10,00	4,28	30,74	1,320	8,21	0,658	10,40	9,17	2,94		-
	2	19,0	8,0	319,3	1,71	10,00	5,56	30,88	1,281	8,64	0,713	9,24	13,13	2,68	2880	-
	5	18,5	8,0	314,9	1,69	9,07	5,34	31,59	1,233	9,71	0,733	16,53	20,57	2,48		-
	10	17,0	7,8	314,9	1,71	4,94	6,59	37,05	1,378	10,35	0,514	50,86	13,92	2,07		-
	15	16,5	7,4	331,5	1,77	2,64	23,18	31,18	2,594	10,21	2,330	63,58	2,82	3,14		-
10-5	0	19,8	8,6	319,5	1,73	9,70	5,12	26,57	1,081	7,28	0,468	6,08	7,50	2,83		267
	2	19,8	8,6	321,7	1,75	9,44	5,03	28,48	1,131	12,50	0,442	2,86	12,54	2,56	3308	542
	5	19,5	8,6	321,7	1,75	9,38	5,18	26,81	1,063	6,85	0,530	5,37	14,63	2,27		449
	10	18,5	7,6	325,1	1,77	6,64	4,71	29,53	0,933	11,28	0,364	41,17	12,30	2,41		427
	15	18,0	7,5	313,8	1,81	5,76	8,21	29,14	1,582	14,85	0,686	73,56	7,38	2,56		224

TABLA I (continuación)

TABLE I (Continued).

Fecha, date	Profundidad, depth, m	Temperatura, temperature, °C	pH	Conductividad, conductivity, μ mos cm^{-1}	Reserva alcalina, alkalinity, meq. l^{-1}	Oxígeno, oxygen $mg\ l^{-1}$	Sulfuro, sulfide $\mu g-at\ S\ l^{-1}$	Nitrato, nitrate, $\mu g-at\ N.NO_3\ l^{-1}$	Nitrito, nitrite, $\mu g-at\ N.NO_2\ l^{-1}$	Amonio, ammonia $\mu g-at\ N.NH_4\ l^{-1}$	Fosfato, phosphate, $\mu g-at\ P.PO_4\ l^{-1}$	Silicato, silicate, $\mu g-at\ Si\ l^{-1}$	Clorofila a, chlorophyll a, $mg\ m^{-3}$	Indice D430/D665 ratio	Fitoplancton, phytoplankton, cél. ml^{-1}	Zooplancton, zooplankton, ind./l
24-5	0	25,0	8,4	294,5	1,85	9,97	5,43	18,67	1,020	6,78	0,408	21,78	4,28	2,72		-
	2	24,7	8,2	293,4	1,83	10,64	5,28	19,30	0,987	7,92	0,613	21,78	7,17	2,69	3915	-
	5	23,0	8,0	301,0	1,79	10,00	6,90	22,08	1,099	6,57	0,512	25,74	9,86	2,50		-
	10	19,8	7,5	317,1	1,79	5,47	5,06	26,97	1,417	14,42	0,394	50,09	5,42	2,50		-
	15	18,7	7,4	290,2	1,85	4,20	16,59	29,13	2,408	14,28	0,582	105,76	2,72	2,59		-
2-6	0	26,8	8,8	302,5	1,91	10,00	4,46	14,03	1,178	1,00	0,431	0,00	5,64	2,63		145
	2	26,3	8,8	300,4	1,91	10,00	4,65	10,93	1,147	3,64	0,423	0,00	4,71	4,08	4748	352
	5	24,0	8,6	304,6	1,91	8,40	4,37	13,57	1,324	4,07	0,465	43,33	10,82	2,39		376
	10	22,8	7,8	298,2	1,87	6,36	4,65	16,65	1,566	5,21	0,378	112,18	5,23	2,52		210
	15	21,5	7,7	291,8	1,83	5,42	4,09	20,92	1,860	7,14	0,465	137,79	3,26	2,51		202
14-6	0	26,8	8,8	259,0	1,75	10,50	5,96	21,35	0,750	2,07	0,866	1,20	5,94	3,26		-
	2	26,1	8,8	246,0	1,77	12,20	5,18	4,62	1,109	2,85	0,866	1,20	6,23	3,44	8750	-
	5	25,7	8,8	251,5	1,77	10,92	5,71	4,12	1,109	6,85	0,899	1,20	11,15	2,95		-
	10	23,4	7,6	284,0	1,97	5,58	4,68	15,79	1,176	21,14	0,599	13,25	6,39	2,61		-
	15	22,0	7,2	281,4	1,91	4,12	4,68	25,76	1,478	58,35	0,699	2,40	4,15	2,54		-
21-6	0	26,9	8,8	271,1	1,65	10,94	5,71	3,02	0,364	6,64	0,394	1,20	4,09	3,02		-
	2	26,4	8,8	246,9	1,63	11,58	4,37	0,58	0,391	8,57	0,232	1,20	4,78	3,02	2213	-
	5	26,4	8,4	246,9	1,65	10,80	9,34	0,36	0,418	7,64	0,348	1,20	6,30	2,74		-
	10	24,7	7,4	285,5	1,87	6,22	3,65	9,66	0,602	9,71	0,255	1,20	7,40	2,55		-
	15	22,8	7,2	284,3	1,87	4,40	3,34	21,71	0,051	8,21	0,139	13,25	4,90	2,56		-
28-6	0	27,0	8,8	266,3	1,77	9,18	5,96	1,77	0,226	0,02	0,113	58,89	4,56	4,32		233
	2	27,5	8,8	283,9	1,99	9,37	5,75	2,69	0,038	0,34	0,051	81,11	5,65	3,30	1889	452
	5	27,2	8,8	237,1	1,81	9,12	5,15	2,80	0,184	0,10	0,261	43,34	5,67	3,21		621
	10	23,5	7,5	279,1	2,08	2,55	3,34	20,11	0,139	14,00	0,227	63,15	6,40	2,72		231
	15	22,5	7,2	231,0	1,79	2,76	3,40	1,38	0,261	0,05	0,233	52,63	4,61	3,25		107
6-7	0	27,5	8,8	265,2	1,77	9,10	5,90	1,64	0,228	1,64	0,161	3,15	4,53	3,11		-
	2	27,5	8,8	265,2	1,73	9,12	9,71	1,57	0,322	1,57	0,241	0,47	7,53	3,02		-
	5	27,0	8,8	268,4	1,73	8,82	5,90	3,35	0,228	3,35	0,241	0,31	7,29	2,98		-
	10	24,0	7,7	300,6	2,04	2,52	5,72	7,93	0,279	7,93	0,071	28,26	5,58	2,74		-
	15	22,0	7,5	298,5	2,06	1,86	3,81	2,00	0,054	2,00	0,000	48,69	2,90	2,65		-
13-7	0	28,8	8,8	290,0	1,87	8,85	8,00	4,91	0,085	4,28	0,335	0,00	3,50	3,22		-
	2	28,8	8,8	279,4	1,85	9,17	29,40	5,40	0,102	6,07	0,350	0,00	4,67	3,21	1310	-
	5	27,8	8,8	276,3	1,83	8,26	6,84	0,00	0,136	7,92	0,371	0,00	5,77	3,01		-
	10	25,8	7,7	302,2	2,08	2,74	8,37	0,48	1,119	0,00	0,300	10,61	2,81	3,11		-
	15	23,5	7,5	305,4	2,08	1,94	4,93	3,92	0,506	22,21	0,278	16,79	2,50	2,92		-
23-8	0	28,5	8,7	291,1	1,94	7,89	6,32	3,25	0,000	6,29	0,415	0,57	7,36	3,00		121
	2	28,1	8,7	284,3	1,91	7,76	12,48	5,12	0,000	7,32	0,531	0,52	6,95	3,10	1715	214
	5	27,8	8,5	285,2	2,01	6,32	26,32	5,48	0,000	7,56	0,646	0,79	9,45	2,89		186
	10	26,0	7,6	297,4	2,04	4,18	9,46	4,32	0,000	6,14	0,613	9,51	6,11	2,79		287
	15	24,0	7,4	298,2	2,12	2,24	18,52	1,85	0,000	18,72	0,895	45,32	5,56	3,50		425

TABLA I (final)

TABLE I (Concluded).

Fecha, date	Profundidad, depth, m	Temperatura, temperature, °C	pH	Conductividad, conductivity, μmhos cm ⁻¹	Reserva alcalina, alkalinity, meq. l ⁻¹	Oxígeno, oxygen mg l ⁻¹	Sulfuro, sulfide μg-at S l ⁻¹	Nitrato, nitrate, μg-at N.NO ₃ l ⁻¹	Nitrito, nitrite, μg-at N.NO ₂ l ⁻¹	Amonio, ammonia μg-at N.NH ₄ l ⁻¹	Fosfato, phosphate, μg-at P.PO ₄ l ⁻¹	Silicato, silicate, μg-at Si l ⁻¹	Clorofila <u>a</u> , chlorophyll <u>a</u> , mg m ⁻³	Indice D ₄₃₀ /D ₆₆₅ ratio	Fitoplancton, phytoplankton, cél. ml ⁻¹	Zooplancton, zooplankton, ind./l
7-9	0	26,0	8,6	300,3	2,14	7,12	4,34	1,02	0,000	7,29	0,612	0,00	2,77	2,97	-	-
	2	26,0	8,6	297,9	2,14	7,64	4,81	0,00	0,000	8,28	0,816	0,00	2,85	2,97	2162	-
	5	25,0	7,8	297,0	2,14	4,75	30,46	0,00	0,000	7,78	1,020	0,00	4,10	2,80	-	-
	10	25,0	7,4	295,0	2,10	2,52	5,84	0,00	0,000	7,14	0,775	10,07	2,43	2,71	-	-
	15	25,0	7,3	300,3	2,22	0,57	22,46	0,00	0,000	25,71	1,224	42,36	2,29	2,56	-	-
14-9	0	24,8	7,7	299,4	2,10	4,58	6,87	0,80	0,000	3,57	0,157	79,08	3,12	3,00	-	-
	2	24,8	7,6	299,5	2,22	4,80	6,87	0,00	0,000	4,78	0,304	25,00	3,12	2,76	12575	-
	5	24,8	7,4	300,1	2,22	4,66	10,31	0,00	0,000	3,07	0,382	21,14	2,78	2,66	-	-
	10	24,8	7,2	301,2	2,22	4,28	6,87	0,00	0,000	3,05	0,256	23,59	3,30	2,35	-	-
	15	24,6	7,2	303,8	2,22	4,32	32,65	0,51	0,092	2,22	0,979	23,83	1,87	3,11	-	-
4-10	0	21,4	7,1	266,3	1,63	4,82	5,46	37,10	0,461	37,35	2,204		0,83	4,83	-	-
	2	21,4	7,1	253,0	1,59	4,27	5,00	36,22	0,442	50,00	1,749		0,69	4,80	-	-
	5	21,4	7,0	253,0	1,57	4,08	6,46	35,10	0,469	29,14	2,090		1,05	3,15	-	-
	10	21,4	7,0	254,1	1,57	4,48	5,93	32,50	0,428	34,40	1,364		0,90	3,70	-	-
	15	21,2	6,9	255,2	1,49	4,20		42,98	0,511	23,85	9,900		0,51	5,00	-	-
18-10	0	20,0	7,2	267,9	1,61	7,32	5,65	29,10	0,815	10,00	1,050	101,26	8,31	2,18		985
	2	20,0	7,1	281,8	1,63	6,32	5,75	31,06	0,888	10,40	1,050	98,23	6,12	2,36	2028	1199
	5	19,8	7,1	265,6	1,63	5,82	6,03	30,85	0,800	11,92	1,050	78,26	4,23	2,42		310
	10	19,5	7,2	309,1	1,63	5,25	4,53	28,44	0,905	10,57	0,905	66,43	2,91	2,28		173
	15	19,5	7,2	265,5	1,61	4,84	4,84	28,86	1,095	9,21	1,263	67,34	2,58	2,46		224

representado mediante gráficos de isople-
tas considerando al mismo tiempo la posi-
ción relativa del fondo con respecto a
la superficie. En el tratamiento de los
datos se ha empleado el análisis de com-
ponentes principales.

RESULTADOS

En la tabla 1 se han especificado
los diferentes valores obtenidos para ca-
da parámetro.

RÉGIMEN HÍDRICO

Como anteriormente se ha indicado,
el período se ha caracterizado por una

intensa sequía en los 10 primeros meses
del año. El efecto sobre la masa de agua
fue drástico, reduciéndose el volumen al
10 % de la capacidad total durante el ve-
rano. Por esta razón, en el período com-
prendido entre enero y junio, el consumo
diario para el abastecimiento de agua a
Sevilla determinó una alta tasa de reno-
vación del agua (fig. 1). Desde julio a
septiembre, aunque el volumen del embalse
era muy pequeño, apenas se extrajo
agua, por lo que la tasa de renovación
descendió mucho. Durante todos estos 10
meses el desembalse se hizo por el desa-
güe de fondo, por lo que el epilimnion
apenas se vió alterado, lo que influyó
en la población fitoplanctónica.

A finales de septiembre terminó la

sequía con un corto período de lluvias muy intensas, que aumentó el volumen embalsado hasta un 50 % de su capacidad. En estos momentos se volvió a utilizar La Minilla para el abastecimiento, por lo que la tasa de renovación disminuyó progresivamente, aunque el volumen diario desembalsado fue similar de octubre a diciembre.

LUZ

La penetración de la luz en el agua se midió con el disco de Secchi. Estas medidas fueron relativamente bajas durante todo el año; la profundidad máxima de visión del disco de Secchi observada fue de 2 m, cuando profundidades del orden de 4 a 6 m eran relativamente frecuentes en años anteriores.

Por lo tanto, el límite de compensación de la luz nunca estuvo por debajo de los 6 m de profundidad, al contrario que en años anteriores, en los que esta profundidad se sobrepasaba en la mayor parte de los muestreos, llegando a veces a más de 10 m de profundidad. En 1976, sin embargo, el límite se situó generalmente entre los 3 y los 5 m de profundi-

dad y, en muchos casos, cerca de la superficie.

La razón de esta reducida transparencia se debe, en parte, al mayor nivel trófico que alcanzó La Minilla, pero sobre todo, a la gran proporción de materia en suspensión que hubo en el agua durante todo el año, debido al pequeño volumen embalsado los primeros meses y a las lluvias de otoño el resto del año.

Que la materia en suspensión es la responsable de la menor transparencia del agua lo prueba la diferencia que hay entre los índices del estado trófico (TSI) (SHAPIRO *et al.*, 1975) obtenidos a partir del disco de Secchi (TSI_d) y de la concentración de clorofila (TSI_{clor}). Sólo en contadas ocasiones (de finales de marzo a principios de mayo) son similares, por lo que la opacidad del agua se podría achacar únicamente a la población fitoplanctónica. En los demás casos es superior el TSI_d (fig. 2).

RÉGIMEN TÉRMICO

Las características ambientales de 1976 se han expresado en la tabla 2. Como consecuencia de las variaciones de ni

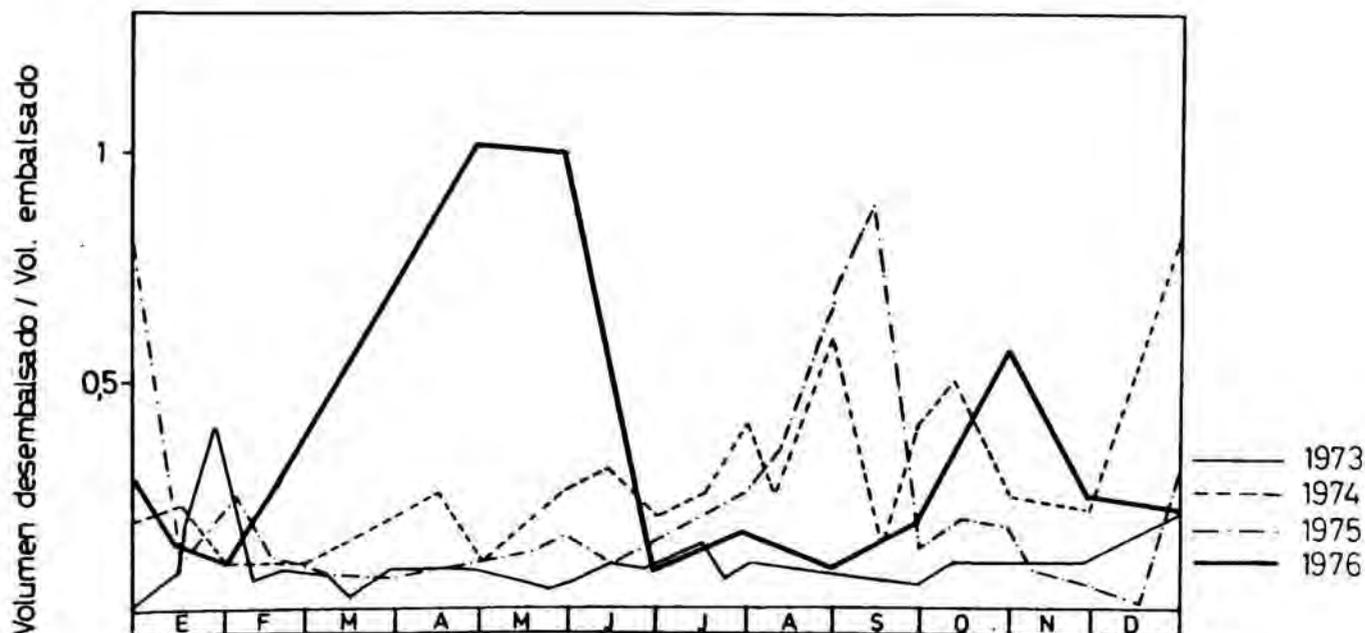


Fig. 1 - Evolución de la tasa de renovación del agua durante los años 1973 a 1976.

Fig. 1 - Evolution of the water renovation rate from 1973 to 1976.

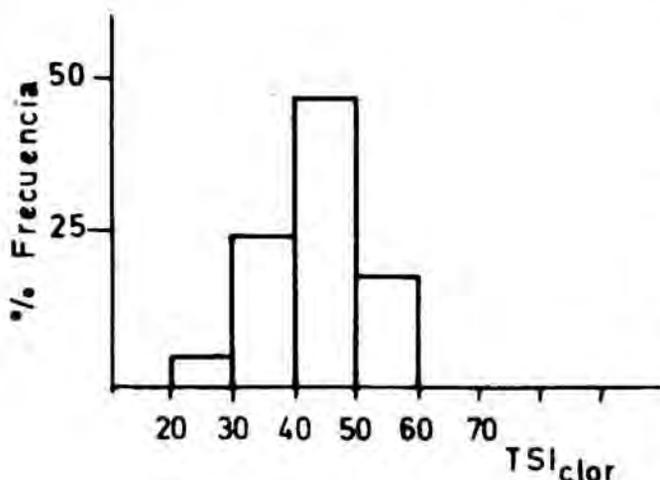
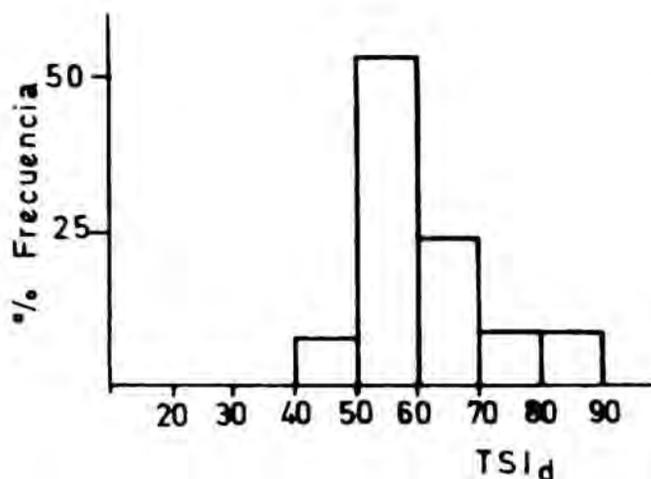


Fig. 2 - Frecuencia de los diferentes índices del estado trófico obtenidos a partir de la profundidad de visión del disco de Secchi (TSI_d) y de la concentración de clorofila (TSI_{clor}).

Fig. 2 - Frequency of different trophic state indexes obtained from Secchi disk readings (TSI_d) and chlorophyll concentration (TSI_{clor}).

Fig. 3 - Distribución en el espacio y en el tiempo de la temperatura.

Fig. 3 - Distribution of temperature according to time and depth.

Fig. 4 - Distribución en el espacio y en el tiempo del oxígeno disuelto.

Fig. 4 - Distribution of dissolved oxygen according to time and depth.

vel y del pequeño volumen embalsado, sobre todo durante el período de estratificación, la temperatura de toda la masa de agua fue bastante elevada; sólo se alcanzó una diferencia máxima de 6 °C entre el epilimnion y el hipolimnion (fig. 3). En los años 1973, 1974 y 1975 las diferencias entre las dos capas de agua llegaron a 9-10 °C.

En febrero se observó una pequeña estratificación de la masa de agua, debido a que el agua procedente de las lluvias que se produjeron entonces circuló por el fondo del embalse, hecho relativamente frecuente en La Minilla.

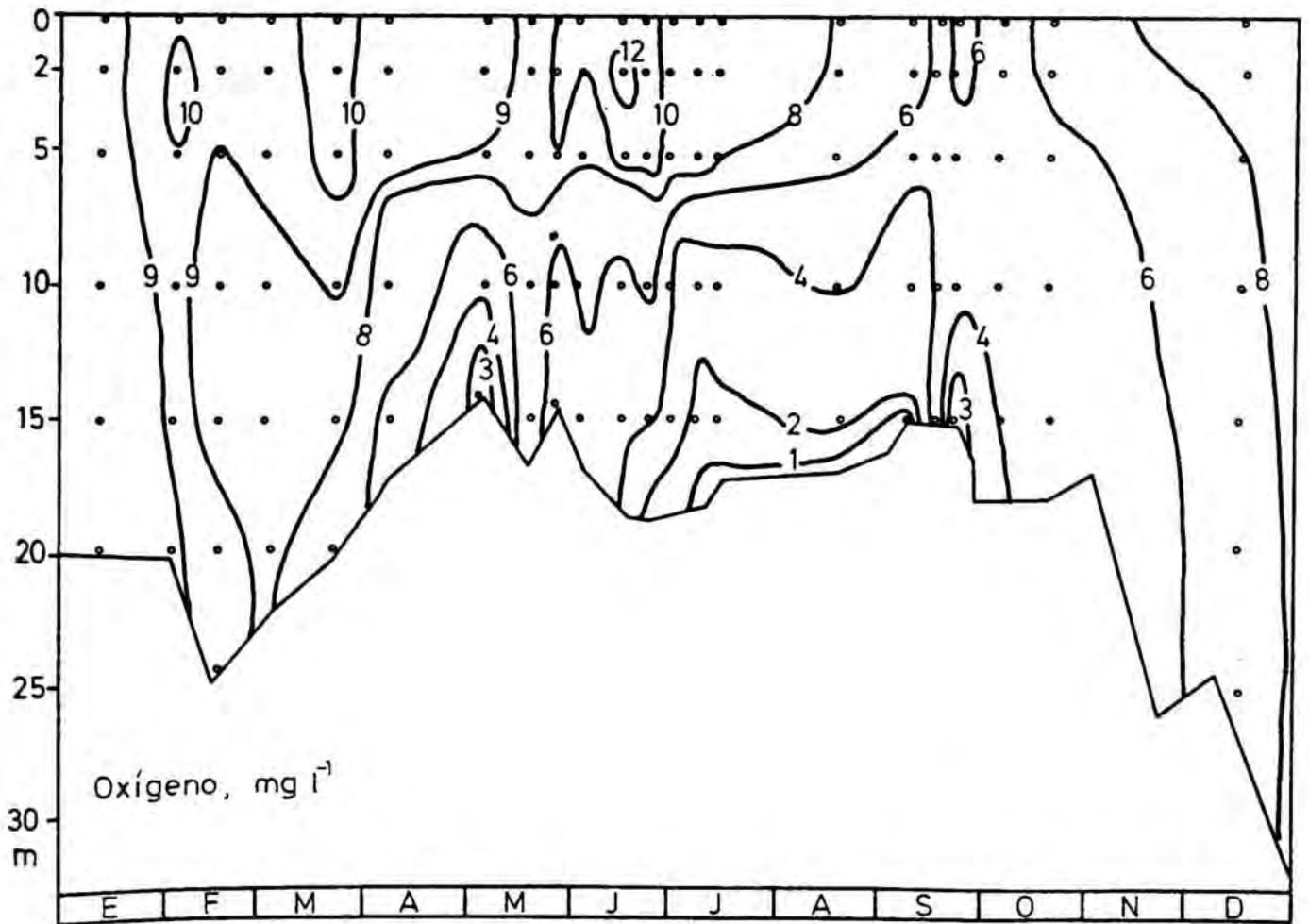
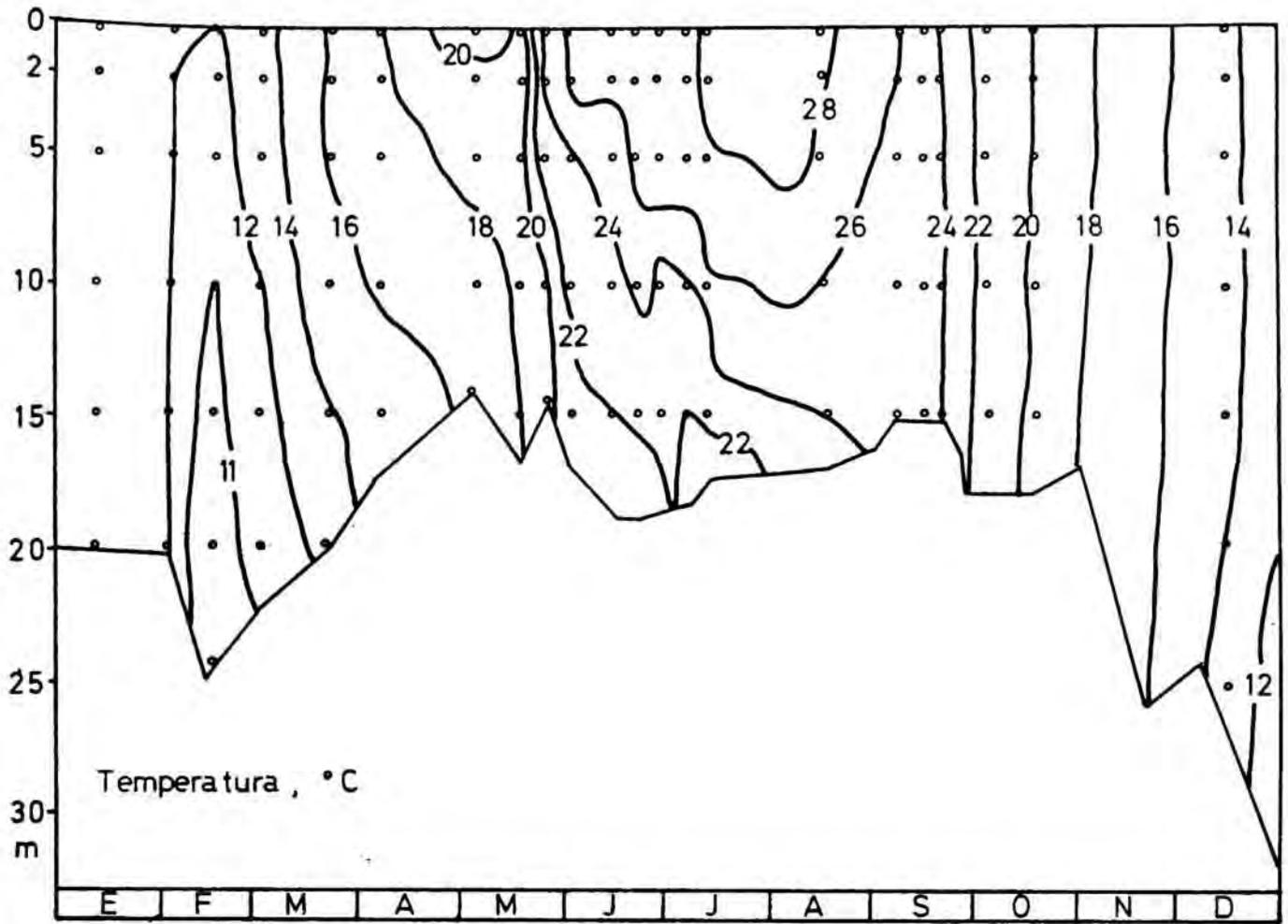
Durante todo el año la temperatura de toda la masa de agua fue relativamente superior a la de años anteriores.

El período de estratificación se inició en mayo y duró hasta mediados de septiembre; terminó con las intensas lluvias que se produjeron estos días.

TABLA 2 - Datos meteorológicos obtenidos en la estación situada en la presa del embalse, durante 1976.

TABLE 2 - Meteorological data recorded in the station of the reservoir dam during 1976.

	temperatura			evaporación, m ³	precipitación, l	días de lluvia
	máxima	mínima	media			
Enero	21,5	-5,0	8,5	31,0	0	0
Febrero	21,5	2,0	11,0	41,0	58,0	9
Marzo	21,0	1,0	11,2	29,7	38,4	5
Abril	23,0	4,0	12,1	37,0	105,9	11
Mayo	31,6	7,0	17,9	57,0	47,7	4
Junio	38,0	11,5	23,4	142,0	2,3	1
Julio	40,0	15,0	26,8	183,0	3,0	1
Agosto	43,5	14,0	25,8	210,0	9,6	1
Septiembre	33,0	9,0	20,0	130,0	231,1	5
Octubre	30,0	3,0	15,0	102,0	123,6	9
Noviembre	21,0	1,0	10,5	114,0	155,4	14
Diciembre	22,0	1,0	10,1	90,9	154,5	14



OXÍGENO

El oxígeno disuelto también presentó una clara estratificación, con sobresaturación en el epilimnion durante los meses de mayo a junio, coincidiendo con el máximo de producción algal (alta concentración de pigmentos fotosintéticos). Al mismo tiempo (fig. 4) se produjo un déficit en el hipolimnion, que se inició en mayo, aunque se recuperó ligeramente en junio, por un aporte de agua de Aracena. A partir de julio, el déficit de oxígeno en el hipolimnion se agudizó, debido a que, hasta septiembre, el embalse permaneció con el volumen constante y estabilizado. Esta situación no se había encontrado en años anteriores (TOJA, 1976), y se asocia con un aumento del nivel de eutrofia de este embalse durante 1976. A partir de las lluvias de septiembre se recupera toda la masa de agua.

Fig. 5 - Distribución en el espacio y en el tiempo del sulfuro.

Fig. 5 - Distribution of sulfide according to time and depth.

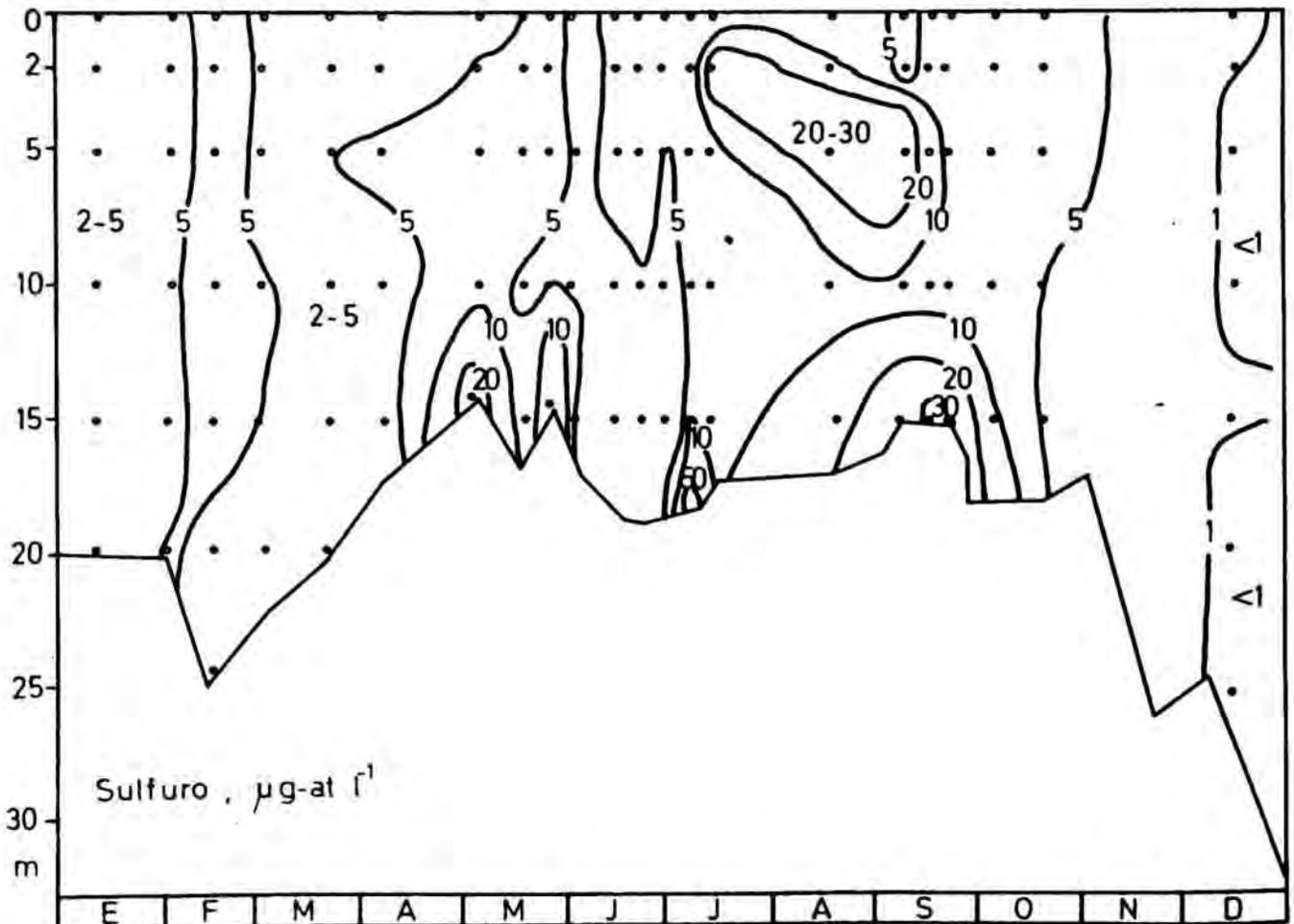


Fig. 6 - Distribución en el espacio y el tiempo del pH.

Fig. 6 - Distribution of pH according to time and depth.

Fig. 7 - Distribución en el espacio y el tiempo de la reserva alcalina.

Fig. 7 - Distribution of total carbonate alkalinity according to time and depth.

SULFURO

La evolución de este parámetro es inversa a la del oxígeno (fig. 5), con concentraciones más elevadas, en general, que las detectadas en años anteriores.

pH Y RESERVA ALCALINA

El pH (fig. 6) durante la estratificación tiene valores que oscilan entre 8,4 y 8,8 en el epilimnion, y 6,9 y 7,3 en el hipolimnion, con una evolución muy similar a la de años anteriores.

En enero y febrero, el pH de toda la masa de agua es de 7,4; sin embargo, de noviembre a diciembre es de 7,2. Este hecho está relacionado con la reserva alcalina (fig. 7), mucho mayor al principio del año que al final, momento en que hay una dilución producida por las lluvias de otoño, que llenan el embalse con agua nueva. También se observa un ligero descenso de la reserva alcalina durante los meses de máxima producción algal.

NUTRIENTES

NITRÓGENO Y FÓSFORO

Los niveles iniciales de estos dos nutrientes (fig. 8 y 9) son muy similares a los de años anteriores, pero hay un descenso relativo considerable de la concentración de nitrógeno a partir de

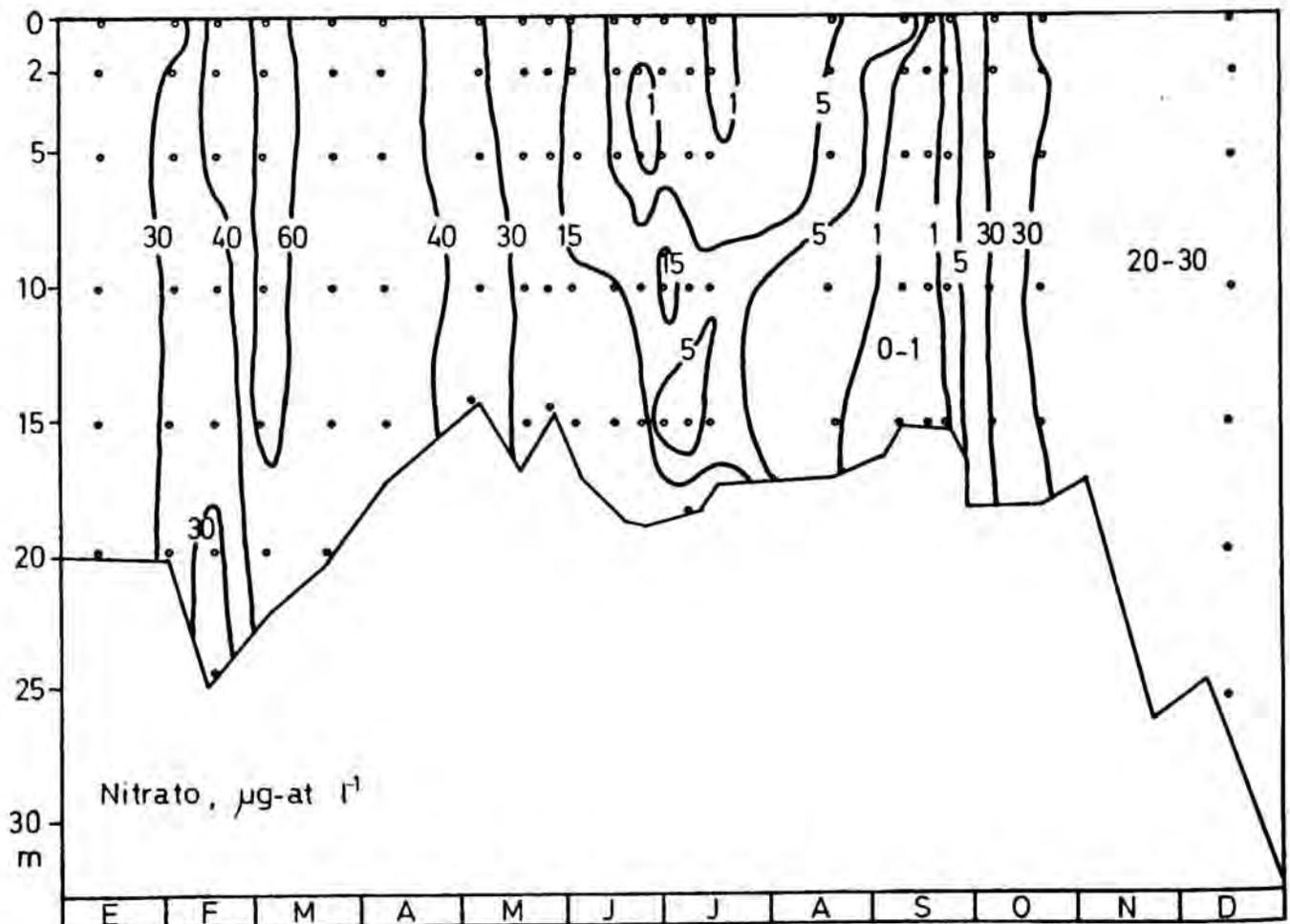
junio hasta septiembre, tanto en el epilimnion como en el hipolimnion, desplazándose la relación N/P hacia este último elemento (fig. 10).

El descenso de la concentración de nitrógeno en el epilimnion se asocia con la alta producción primaria que se registra durante este período, que es superior a lo normal en este embalse (TOJA, 1976). Esta alta producción puede ser consecuencia del mantenimiento durante todo el tiempo de una alta concentración de fósforo en la zona eufótica (más de $0,5 \mu\text{gr-at P.PO}_4\text{l}^{-1}$ en muchas ocasiones), que se redisuelve fácilmente y se pone a disposición de las algas gracias al escaso volumen embalsado.

El descenso de nitrógeno en el hipolimnion se puede atribuir a fenómenos de desnitrificación que se ven favorecidos por las condiciones reductoras que tiene esta capa de agua y que determinan la formación de altas concentraciones de nitrato entre los 10 y los 15 m de profundidad (tabla 1).

Fig. 8 - Distribución en el espacio y el tiempo del nitrato.

Fig. 8 - Distribution of nitrate according to time and depth.



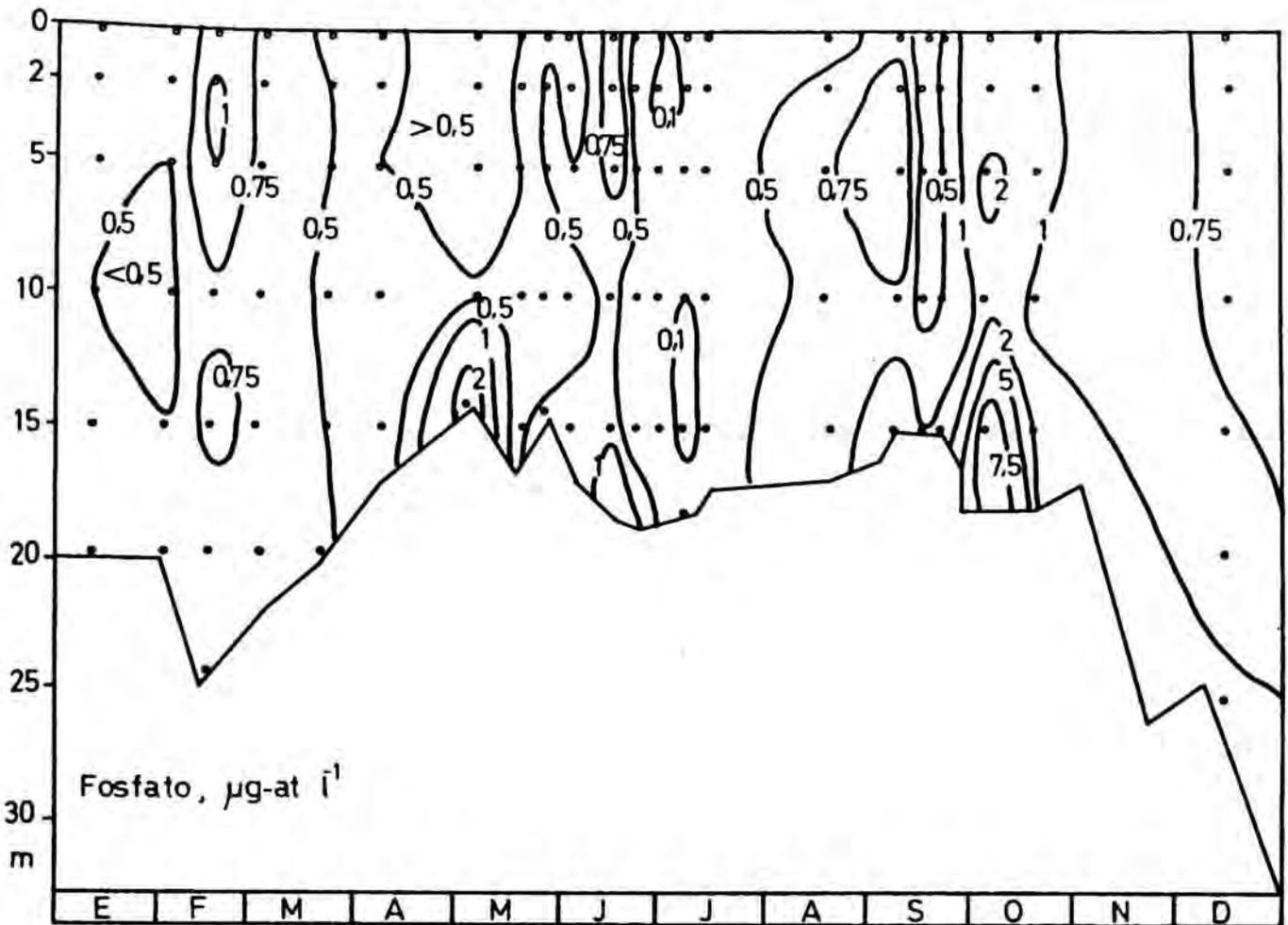
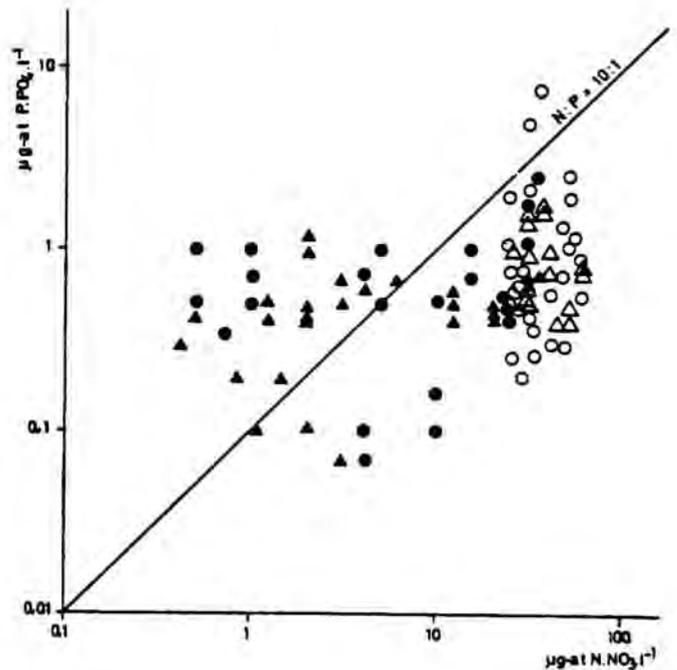


Fig. 9 - Distribución en el espacio y el tiempo del fosfato.

Fig. 9 - Distribution of phosphate according to time and depth.

Fig. 10 - Relación entre la concentración de nitrógeno y fósforo. Se han diferenciado las muestras del período de mezcla (símbolos claros) de las del de estratificación (símbolos oscuros), así como el epilimnion (círculos) y el hipolimnion (triángulos).

Fig. 10 - Relation between nitrogen and phosphorus concentrations. Mixed periods: open symbols; stratified periods: black symbols; epilimnion: circles; hypolimnion: triangles.



SILICIO

Este elemento sigue una evolución similar a la de años anteriores, con un máximo en febrero y una posterior dismi-

nución gradual en relación con el desarrollo de las diatomeas (fig. 11). La concentración es mínima durante julio y agosto, y comienza a recuperarse a partir de las lluvias de septiembre.

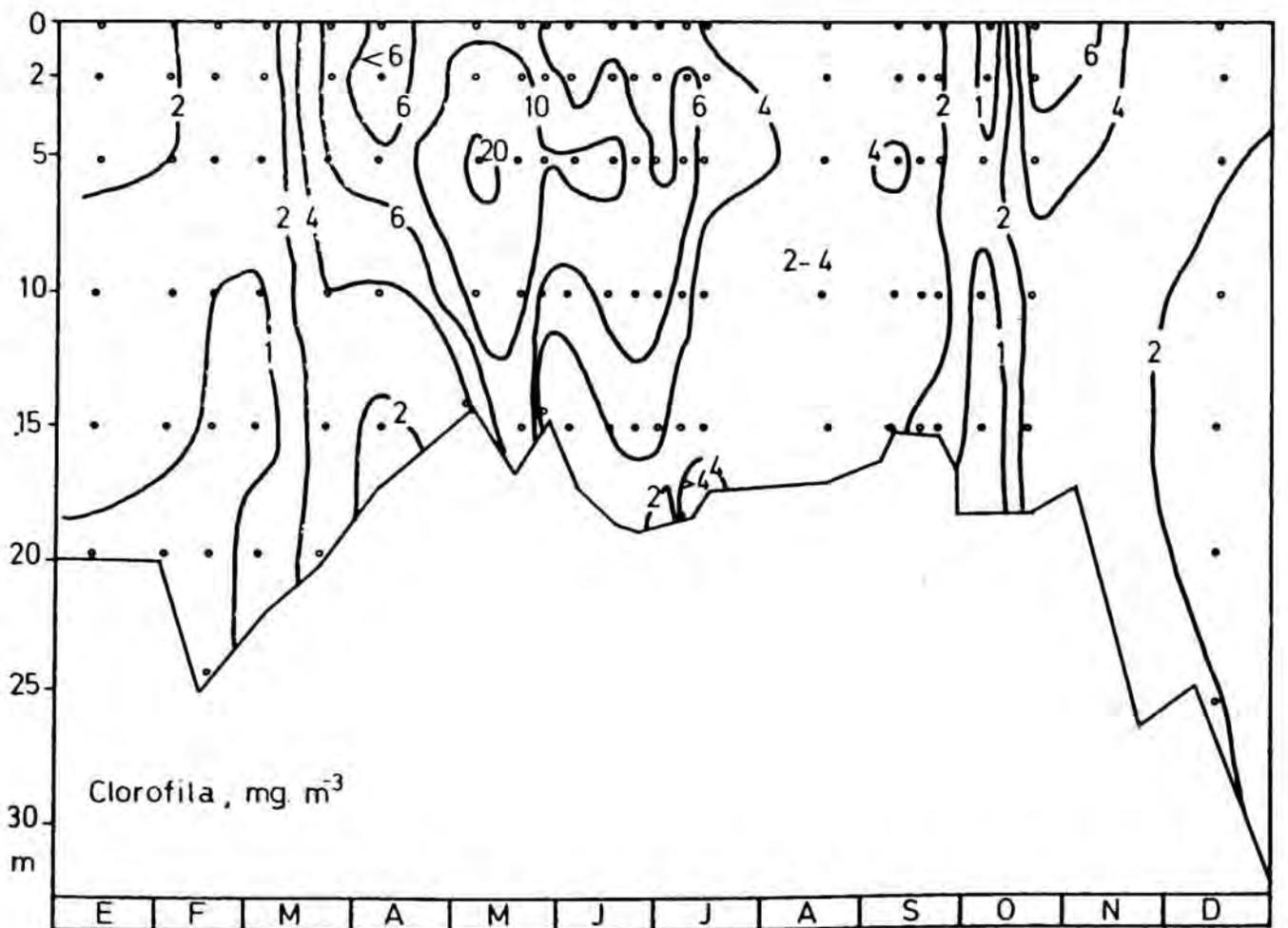
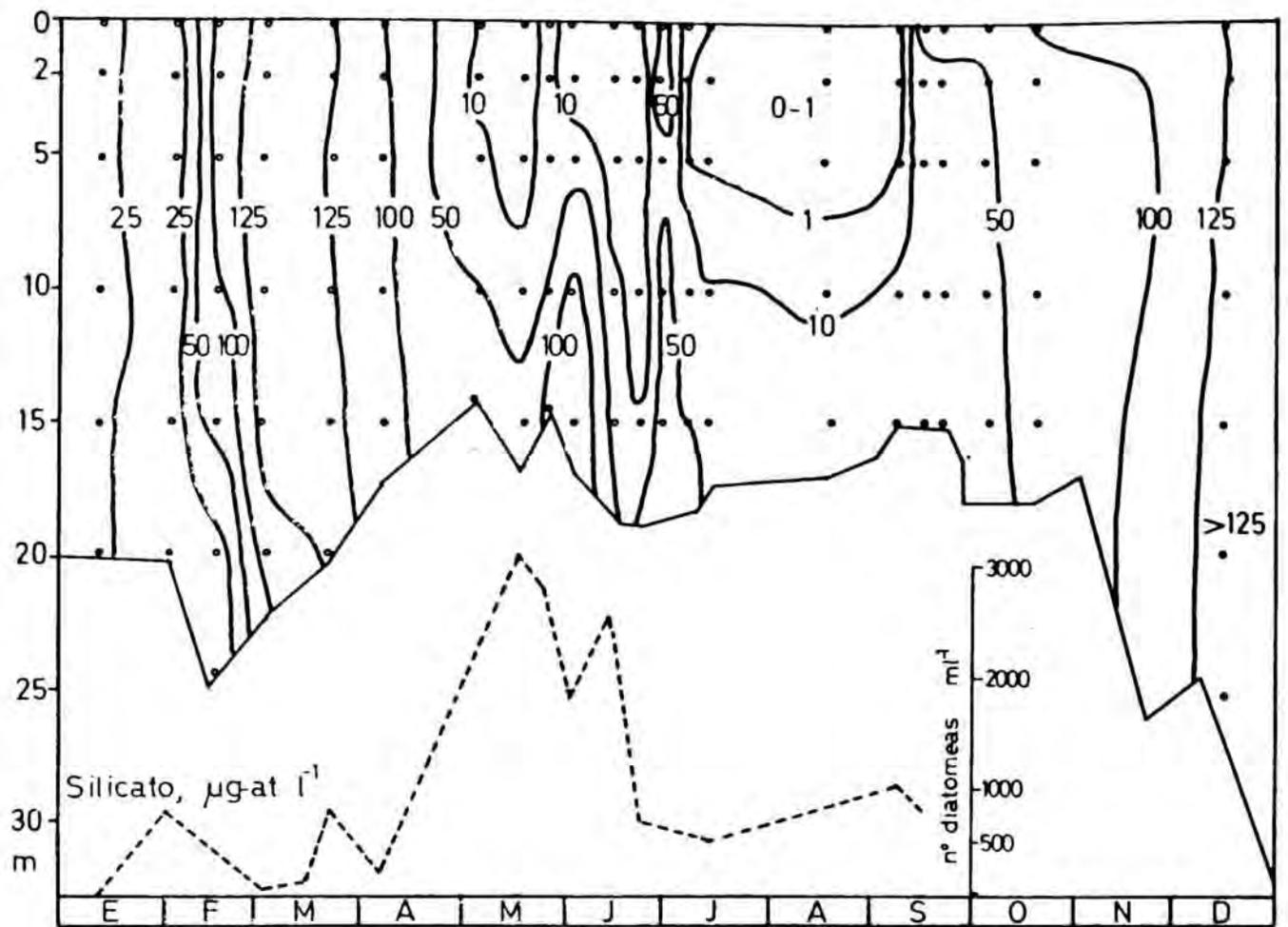


Fig. 11 - Evolución en el espacio y el tiempo del silicato reactivo y su relación con la densidad de diatomeas.

Fig. 11 - Distribution of reactive silicate according to time and depth, and relation with the density of diatoms.

FITOPLANCTON EVOLUCIÓN

Los valores de la concentración de clorofila a medidos este año en La Minilla son, en términos generales, superiores a los de años anteriores (TOJA, 1976), aunque en el verano de 1974 se alcanzaron niveles similares (fig. 12). Una prueba de este hecho son los TSI_{clor} (fig. 2), que son superiores a 40 en más de un 75 % de los casos, frente a un 60 % en el conjunto de los 3 años anteriores.

Este aumento del nivel trófico del embalse se debe al pequeño volumen embalsado por causa de la sequía. En especial, el fósforo se mantuvo a disposición de las algas en una proporción superior a la de años anteriores. La disolución se favoreció por las condiciones reductoras del hipolimnion, y su vuelta al epilimnion no es difícil debido a la escasa profundidad y la pequeña diferencia de temperaturas establecida entre las dos capas de agua.

En enero la población fitoplanctónica era pequeña (270 cél. ml^{-1}), con dominancia de Cyclotella ocellata, acompañada por Oocystis lacustris en menor escala. No obstante, hay una concentración de clorofila relativamente elevada ($2,5 \text{ mg m}^{-3}$), que determina un contenido medio por célula de 6 a 7 pg, algo imposible dado el pequeño tamaño celular de las especies dominantes. Probablemente la proporción de clorofilas detriticas era muy importante. De hecho, en la ob-

servación al microscopio de las muestras de fitoplancton se detectaron numerosos restos de células. En febrero las lluvias determinaron un ligero aumento del volumen y un descenso de la temperatura, con una consiguiente disminución de la densidad de la población, que llegó a 110 cél. ml^{-1} , y la desaparición de O. lacustris, quedando C. ocellata sola. La concentración de clorofila (fig. 12) también desciende ($1 \text{ a } 2 \text{ mg m}^{-3}$), con un contenido medio por célula de 1,5 a 2 pg (fig. 13).

A finales de febrero comenzó la proliferación primaveral, que alcanzó su máximo a principio de mayo, con 20 mg m^{-3} de clorofila (el máximo absoluto de todo el año) y una densidad de población de 2500 a 3000 cél. ml^{-1} . El contenido medio de clorofila por célula fue nuevamente elevado (4 a 7 pg), por mantenerse en suspensión parte de las células muertas. Siguió dominando C. ocellata, aunque, poco a poco, empezaron a tomar incremento algunas clorofíceas (Chlorella vulgaris, Oocystis lacustris, Sphaerocystis schroeteri y Scenedesmus spp.; fig. 14).

Durante todo el verano continuaron altas las concentraciones de clorofila y la densidad de población, aunque no tanto. El máximo de la densidad de población aparece ahora, con un bajo contenido de clorofila por célula ($0,24 \text{ a } 3 \text{ pg}$). Hacia junio se observó un descenso en la importancia relativa de C. ocellata, que compartía la dominancia con Navicula sp. y Chlamydomonas sp. y las clorofíceas antes mencionadas. A finales de julio, la baja relación N/P (fig. 10) determinó la aparición, inusitada en este embalse, de una población bastante elevada de Anabaena sp., que, junto con Chlamydomonas sp., dominó totalmente la población, que alcanzó al final del verano (septiembre) la mayor densidad de todo el año ($12500 \text{ cél. ml}^{-1}$), con una concentración de clorofila relativamente baja, dado el pequeño tamaño celular ($2 \text{ a } 4 \text{ mg m}^{-3}$).

Las intensas lluvias de septiembre determinaron una reducción de la población fitoplanctónica, descendiendo la concentración de clorofila a menos de 1 mg m^{-3} (no se pudo estimar la densidad

Fig. 12 - Distribución en el espacio y el tiempo de la concentración de clorofila a.

Fig. 12 - Distribution of chlorophyll a according to time and depth.

Fig. 13 - Evolución del contenido medio de clorofila por célula y su distribución en clases, establecidas según una escala logarítmica.

Fig. 13 - Evolution of the amount of chlorophyll per cell and distribution into classes defined in a logarithmic scale.

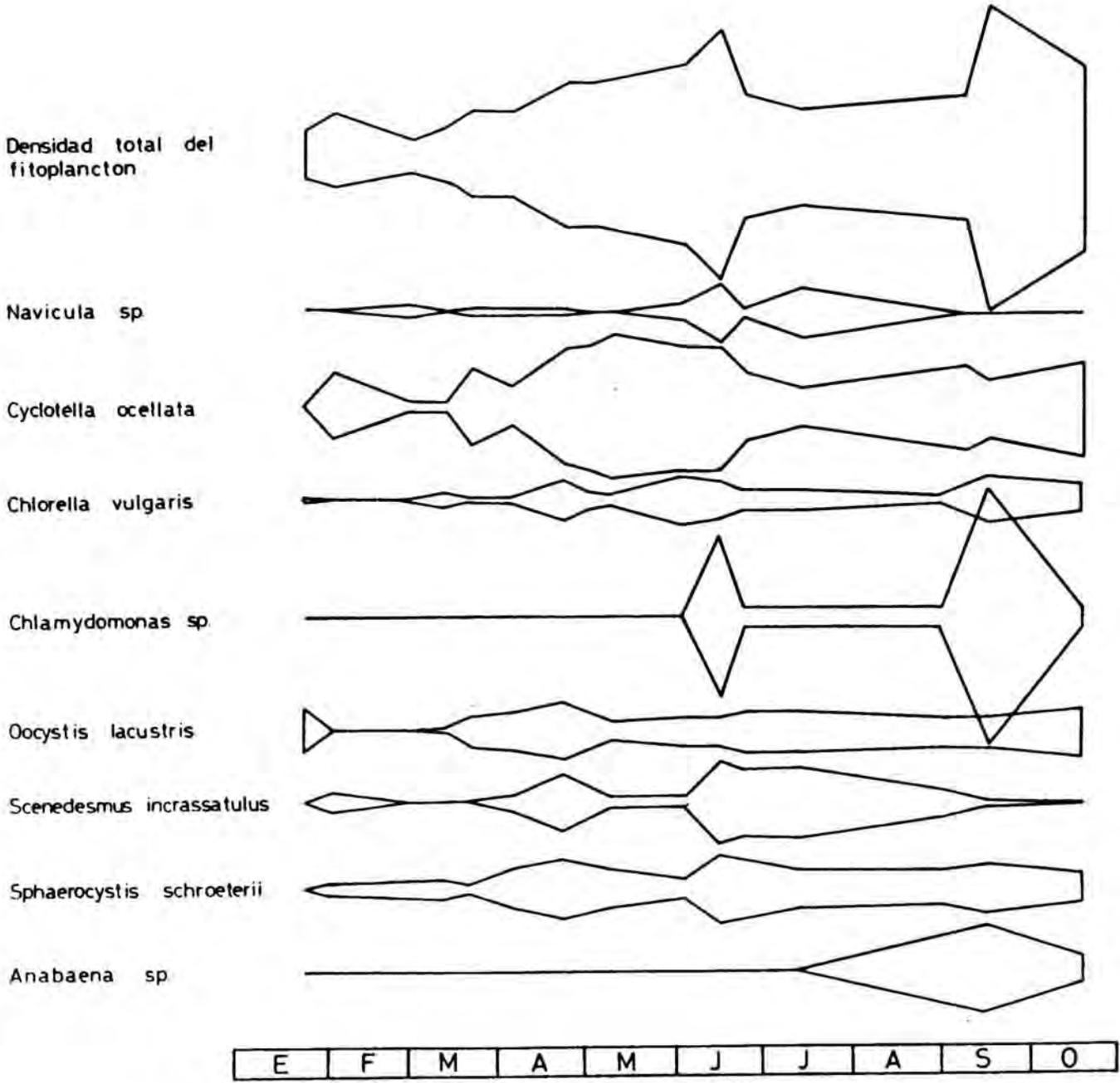
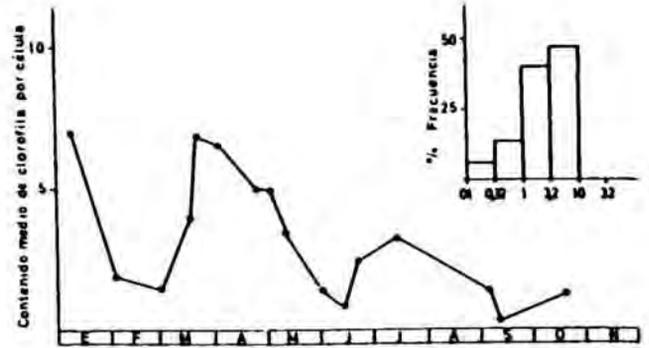


Fig. 14 - Evolución de la densidad total de fitoplancton y de las 8 principales especies. La superficie ocupada es proporcional al número de células por ml.

Fig. 14 - Evolution of total phytoplankton density and the 8 main species. The surface is proportional to the number of cells per ml.

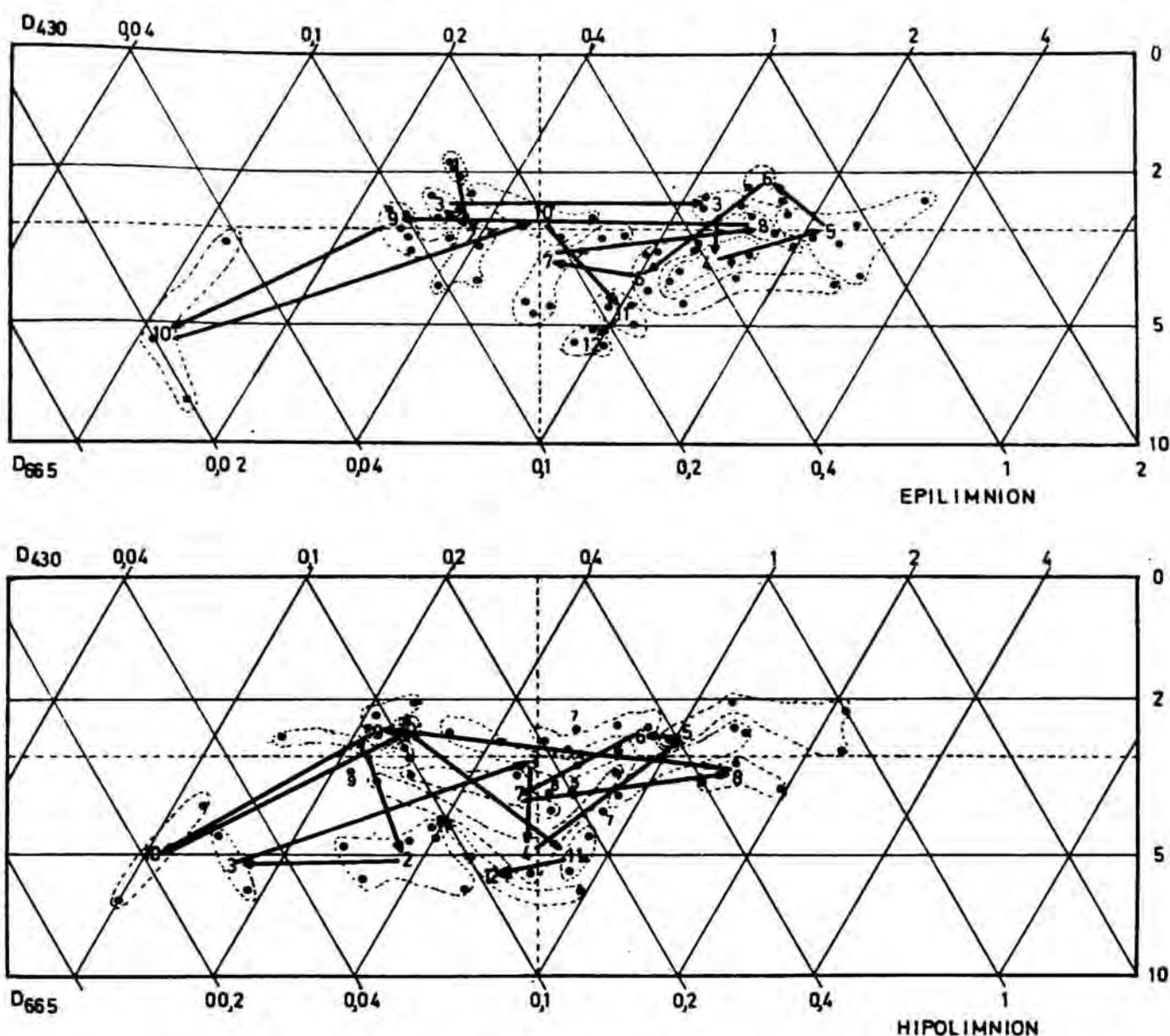


Fig. 15 - Representación de la evolución de las características del plancton que se reflejan en la cantidad y calidad de los pigmentos. Cada punto se sitúa con referencia a dos escalas logarítmicas que se cruzan en un ángulo de 120° y que expresan las densidades ópticas a 430 y 665 nm, respectivamente, de un extracto que contiene en 1 ml los pigmentos de 1 litro de muestra. Las líneas horizontales corresponden a distintos valores del índice D_{430}/D_{665} . Los meses se representan por cifras y la sucesión se indica mediante flechas.

Fig. 15 - Changes in phytoplankton as expressed by plant pigments. Every point refers to two logarithmic scales, crossed at an angle of 120° , expressing the absorbancies at 430 and 665 nm, of a standardized solution (extract of the plankton of 1 liter of water in 1 ml methanol). Equal pigment D_{430}/D_{665} ratios fall into horizontal lines. Numerals refer to months and the sucesión is indicated by arrows.

de la población ya que el barro en suspensión hizo imposible el recuento).

De octubre a principios de noviembre se produjo un nuevo desarrollo de la población, con un máximo de $6,5 \text{ mg m}^{-3}$ de clorofila y una densidad de $2000 \text{ cél. ml}^{-1}$, con un contenido medio de clorofila en cada una de $2,9 \text{ pg}$. En esta proliferación domina igualmente *C. ocellata*.

Con las intensas lluvias de noviembre y diciembre disminuye rápidamente la población, al mismo tiempo que aumenta el volumen embalsado. La concentración de clorofila en estos momentos oscila entre 2 y 3 mg^{-3} , pero no se poseen datos sobre la población fitoplanctónica ya que, de nuevo, la materia en suspensión impidió el recuento.

En general, durante todo el año la cantidad de clorofila detrítica en la zona eufótica fue superior a la de años anteriores. La distribución de los contenidos medios de clorofila por célula en clases según una escala logarítmica (fig. 13) es más parecida a la del hipolimnion de años anteriores que a la del epilimnion, siendo la más representada la clase 3,2 a 10 pg.

La sucesión descrita en párrafos anteriores se puede esquematizar por la relación existente entre el contenido en

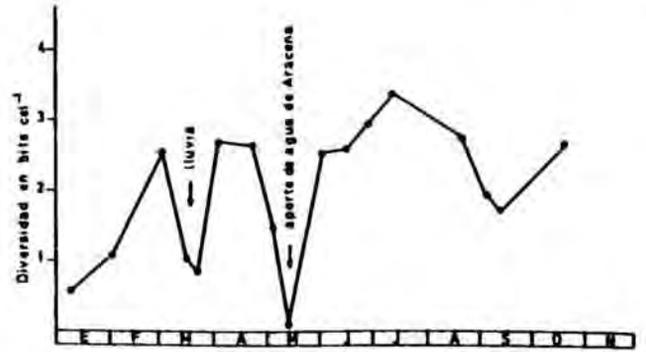


Fig. 16 - Evolución del índice de diversidad.

Fig. 16 - Changes in the diversity index.

TABLA 3 - Lista de especies fitoplanctónicas identificadas durante 1976; las cifras expresan el número total de células por ml. (o) significa ausencia de la especie.

TABLE 3 - List of phytoplanktonic species identified in 1976, in numbers of cells per ml; (o) means absence of the species.

	18-1	3-2	1-3	16-3	22-3	5-4	3-5	10-5	24-5	2-6	14-6	21-6	28-6	13-7	23-8	6-9	13-9	18-10
Anabaena scheremetievi	o	o	o	82	o	o	o	o	o	95	o	o	o	o	o	3	1	o
Anabaena sp.	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	128	682	1042	225
Ceratium hirsutinella	o	o	o	o	o	o	o	o	1	o	o	o	o	o	o	1	o	4
Gymnodinium sp.	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	53	2
Cryptomonas gracilis	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1	10	30	3
Cryptomonas phaseolus	o	o	o	o	o	o	o	o	23	11	o	o	o	o	2	21	15	2
Rhodomonas minuta	o	26	3	3	15	o	23	8	11	4	15	o	10	30	15	13	15	2
Chrysidalis sp.	o	o	o	o	o	8	15	2	76	o	o	o	o	o	o	o	23	2
Chrysococcus sp.	o	5	6	52	5	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1
Mallomonas majoriensis	o	29	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1	13	o	o
Ochromonas nannus	o	o	o	o	o	o	o	o	4	11	15	8	15	15	10	8	81	15
Trachelomonas hispida	3	o	2	o	2	o	o	3	o	1	o	1	1	1	1	1	1	o
Trachelomonas volvocina	13	5	3	3	1	o	1	1	1	1	1	o	o	3	1	1	1	o
Trachelomonas sp.	o	o	o	o	o	o	7	31	23	19	1	3	3	3	1	1	1	o
Asterionella formosa	o	19	10	26	1	o	o	o	o	o	o	1	o	o	o	o	o	o
Cyclotella meneghiniana	o	o	o	1	10	10	o	3	o	o	15	o	o	o	o	3	23	8
Cyclotella ocellata	o	714	19	10	792	194	2047	3122	1818	1047	2017	695	342	202	547	1047	536	790
Fragilaria crotonensis	o	o	o	48	o	o	o	o	38	o	489	o	o	o	o	o	o	o
Melosira italica	o	1	o	29	2	1	o	o	1	o	1	1	1	1	1	1	o	o
Nitzschia acicularis	o	13	2	o	o	o	o	3	1	1	o	o	o	o	o	o	7	2
Nitzschia palea	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	3	175	20
Navicula sp.	o	o	10	o	3	3	o	o	4	26	412	10	55	298	10	o	o	o
Synedra acus	o	o	o	6	o	o	o	o	o	1	o	o	o	o	o	o	o	o
Ankistrodesmus acicularis	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1	11	o	o	o	o
Ankistrodesmus nannoselene	o	o	o	6	o	o	o	o	o	o	o	o	o	3	o	o	o	o
Chlamydocapsa planctonica	o	o	o	o	3	o	o	3	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Chlamydomonas sp.	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	3280	40	30	32	32	31	9244	50
Chlorella vulgaris	5	o	o	26	8	5	61	10	160	278	153	44	38	38	12	2	366	254
Chodatella quadriseta	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	30	3	1	o	o	3	o	o
Closterium acutum	1	o	o	o	3	o	o	o	1	1	o	o	o	o	1	3	7	o
Cosmarium bioculatum	o	3	o	o	o	o	15	5	1	198	15	65	34	26	3	o	o	o
Coelastrum reticulatum	o	o	o	o	o	o	o	o	1	61	213	115	112	107	56	21	7	8
Crucigenia rectangularis	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	183	o	o	o	o	o	o	o
Crucigenia tetrapedia	o	o	o	o	o	10	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Elakatothrix gelatinosa	o	o	33	10	10	o	o	o	o	19	15	o	6	30	28	21	7	2
Monoraphidium totile	o	o	o	6	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	46	10
Monoraphidium sp.	o	o	o	o	o	86	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Oocystis lacustris	246	10	2	3	5	143	405	42	237	124	91	210	178	168	154	110	107	354
Oocystis sp ₁	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	3	15	3
Pediastrum clathratum	o	o	o	o	1	o	o	o	1	2	4	4	3	4	4	4	6	1
Pediastrum duplex	o	o	o	1	o	o	o	o	1	1	1	1	o	o	o	o	o	o
Scenedesmus acutus costulatus	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	382	25
S. bicaudatus brevicaudatum	o	o	o	10	o	5	15	o	385	114	o	o	8	15	2	o	o	o
Scenedesmus falcatus	o	o	o	o	o	o	o	oo	o	o	o	o	o	o	o	o	91	18
Scenedesmus incrassatulus	o	50	o	o	o	36	15	21	512	909	580	677	324	129	5	5	o	o
Scenedesmus quadricauda	o	52	o	39	o	10	15	o	23	30	o	o	o	o	o	o	o	o
Sphaerocystis Schroeterii	o	18	33	75	16	241	244	58	473	638	448	169	156	129	126	126	298	126
Staurastrum paradoxum	o	o	o	o	o	o	o	o	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S. paradoxum birradiatum	o	o	o	o	o	o	o	o	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Stichococcus sp.	o	o	o	16	10	10	7	o	23	114	o	18	24	34	15	3	o	o
Tetraedron minimum	3	o	o	o	3	13	7	10	172	42	182	139	86	23	2	o	o	o

pigmentos verdes y amarillos en los extractos de pigmentos de la población (PLANAS, 1973). En unas coordenadas que se cruzan en un ángulo de 120° se disponen las densidades ópticas a 430 y 665 nm (MARGALEF, 1960) que tiene un ml de extracto en el que están contenidos los pigmentos de 1 litro de muestra (fig. 15). Uniendo con flechas las zonas correspondientes a los meses del año, se observa la marcha de la sucesión. Dividiendo el plano mediante dos líneas perpendiculares arbitrarias quedan por encima los puntos en los que comienzan las sucesiones, y por debajo los correspondientes al final de las sucesiones. En la parte derecha se observan las épocas en las que la actividad de los organismos es máxima, y en la izquierda aquéllas en que es mínima. Comparando la sucesión en el epilimnion y el hipolimnion, se observa en éste que, aunque a grandes rasgos es similar, la relación D_{430}/D_{665} (índice de Margalef) es superior en muchos puntos más que en el epilimnion, y que la actividad en el hipolimnion es mucho menor, ya que los puntos contenidos en la parte izquierda de la gráfica son más numerosos.

COMPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN Y DIVERSIDAD

Se ha identificado un total de 54 especies durante todo el año (tabla 3), si bien sólo unas 24 han tenido relevancia, bien por encontrarse en todos los muestreos, bien por formar parte importante de la población en alguna época. De éstas, sólo 8 han tenido efectivos suficientes para dominar en algún momento (fig. 14) y, más aún, *Cyclotella ocellata* es con mucho la especie más importante y característica de este embalse, como ya se encontró en años anteriores (PLANAS, 1975; TOJA, 1976).

Por lo tanto la diversidad ha sido relativamente baja durante la mayor parte del año (fig. 16), lo que también es característico de este embalse. Los valores inferiores calculados (0,58 bits cél.^{-1} el 7 de enero, 0,85 el 22 de mar-

zo y 0,47 el 10 de mayo) se deben todos a proliferaciones de *C. ocellata*.

La diversidad aumenta desde enero hasta marzo, mes en el que hay un descenso asociado con el comienzo de la proliferación primaveral. Posteriormente aumenta hasta mayo, alcanzando un valor máximo de 2,65 bits cél.^{-1} , pero hay un descenso brusco el 10 de mayo motivado por un aporte de agua de Aracena, producido en días anteriores, que rompe la estratificación y crea condiciones favorables al desarrollo de *Cyclotella ocellata*, que alcanza en estos momentos su densidad mayor, a la vez que descienden los efectivos de las demás especies acompañantes. A partir de este momento sube de nuevo la diversidad, alcanzando un máximo absoluto de 3,38 bits cél.^{-1} el 13 de julio. Posteriormente, el índice de diversidad es rebajado por la proliferación de *Chlamydomonas* sp. aunque, en este momento, la diversidad se mantiene más elevada que en otras proliferaciones ya que *C. ocellata* y *Anabaena* sp. tienen también una densidad bastante alta. En octubre vuelve a subir la diversidad durante el máximo otoñal.

CONCLUSIONES

La evolución de los diversos parámetros estudiados en La Minilla durante 1976 es, a grandes rasgos, similar a la de años anteriores. No obstante, al agudizarse la sequía iniciada en 1974, hay una serie de respuestas que no se habían producido nunca en este embalse.

El grado de eutrofia alcanzado en los diez primeros meses fue superior al de años anteriores. Esto se refleja en la concentración de clorofila *a* y en la densidad de la población, así como en su actividad.

Esta actividad tiene por resultado un extraordinario consumo de nitrógeno en el epilimnion. El fósforo, sin embargo, debido a las condiciones reductoras del hipolimnion y al escaso volumen embalsado, se mantuvo durante todo el tiempo con una concentración relativamente alta, no actuando como limitante de la

población como otros años. Por esta razón hay un desplazamiento de la relación N/P hacia este último elemento, favore-

ciendo, por primera vez en La Minilla, la aparición de una población de cianofíceas de densidad apreciable.

SUMMARY

LIMNOLOGY OF LA MINILLA RESERVOIR IN 1976.

I. PHYTOPLANKTON CYCLE IN RELATION TO THE ENVIRONMENTAL PARAMETERS.

The evolution of limnological characteristics of La Minilla reservoir during 1976 and the similarities and differences between this and previous years are described.

During the first 10 months, a great drought determined a small volume (between 10 % and 25 % of reservoir capacity). These conditions increased the trophic status of water, with greater chlorophyll *a* concentration and higher phytoplankton density.

The phytoplankton activity determined a great decrease of the epilimnetic nitrogen concentration. However, the phosphorus concentration remained relatively high and did not limit the phytoplankton growth as it was the case in previous years. The cause of this has been the small reservoir volume with the subsequent hypolimnetic redox potential. There has been a displacement of the N/P ratio due to phosphorus, resulting in an increased Cyanophyceae growth for the first time in this reservoir.

BIBLIOGRAFÍA

- MARGALEF, R. - 1960. Valeur indicatrice de la composition des pigments du phytoplancton sur la productivité, composition taxonomique et propriétés dynamiques des populations. Rapp. Proc. Verb. CIESMM., 15(2): 277-281.
- MARGALEF, R., PLANAS, D., ARMENGOL, J., VIDAL, A., TOJA, J., GUISET, A. & ESTRADA, M. - 1976. Limnología de los embalses españoles. Vols. I y II. Depto. Ecología Univ. Barcelona. M^o Obras Públicas. Madrid.
- PLANAS, D. - 1973. Composición, ciclo y productividad del fitoplancton del lago de Banyoles. Oecologia aquatica, 1:3-106.
- PLANAS, D. - 1975. Distribution and productivity of the phytoplankton in Spanish reservoirs. Verh. Internat. Verein. Limnol., 19(3):1860-1870.
- SHAPIRO, J., LUNDQUIST, J.B. & CARLSON, R.E. - 1973. Involving the public in limnology and approach to communication. Verh. Internat. Verein. Limnol., 19(2):867-874.
- TOJA, J. - 1976. Limnología comparada de dos embalses con distinto grado de eutrofia: Aracena y La Minilla. Tesis doctoral. Univ. de Barcelona.
- VOLLENWEIDER, R.A. - 1969. Primary production in aquatic environments. I.B.P. handbook 12. Blackwell. Oxford. 213 págs.