

FITOPLANCTON DE RED EN EL EMBALSE DE EL PEÑOL, COLOMBIA

NET PHYTOPLANKTON IN THE PEÑOL RESERVOIR, COLOMBIA

John Jairo Ramírez (1)

RESUMEN

Se presentan las posibles relaciones existentes entre el fitoplancton de red y los promedios de los parámetros fisicoquímicos hallados en el estudio limnológico del embalse El Peñol, realizado entre enero y diciembre de 1982. En él se encontraron 43 géneros fitoplanctónicos, en muestreos quincenales, en los que las Chlorophyta representaron el 60.46%, las Cyanophyta el 18.60%, las Chrysophyta y las Pyrrophyta el 4.64% en total y las Diatomaceae el 16.27% del fitoplancton global. Se clasifica la represa como de eutroficación incipiente.

ABSTRACT

Possible relationships between net phytoplankton and the physicochemical parameters found in the El Peñol reservoir are presented. The study was performed from January to December, 1982. Samples were taken every two weeks; 43 genera of phytoplankton were found in which 60.46% were represented by Chlorophyta, 18.60% by Cyanophyta, 4.64% by Chrysophyta and Pyrrophyta, and 16.27% by Diatomaceae. According to these results the reservoir can be classified as mesoeutrophic.

INTRODUCCION

Los embalses son considerados ecosistemas intermedios entre río y lago, con tendencia general a la eutroficación y a la contaminación, debido a su proximidad a las actividades humanas. Su vida es relativamente breve (entre 60 y 70 años) por el gran aporte de sedimentos, el cual depende del estado de conservación de los suelos y del grado de erosión de la cuenca. En ellos, la producción primaria es muy similar a la de los lagos y depende básicamente del fitoplancton, siendo muy poco dependiente del retorno a la superficie de los elementos nutritivos acumulados en las capas profundas, pues existe una importante alimentación superficial (Margalef, 1983).

El fitoplancton en lagos y embalses está limitado a la zona fótica y está conformado básicamente por algas microscópicas. Su estructura y composición varían a lo largo del año y dependen grandemente de la calidad fisicoquímica del agua.

Sobre el embalse de El Peñol se han realizado pocos estudios. Uribe y Roldán (1975), en un estudio limnológico efectuado a lo largo de un año, encontraron un solo auge de fitoplancton en el mes de abril de 1973, debido aparentemente a la concentración variable de los ortofosfatos, in-

fluenciado indirectamente por la baja precipitación. El auge reportado se debió al alga que se denominó "azul verde filamentosa" dada su dificultad de identificación. Los muestreos se efectuaron cerca a la desembocadura del río Nare.

Posteriormente, Björk y Gelin (1980) realizaron un estudio limnológico del mismo embalse para las Empresas Públicas de Medellín. Para ello eligieron 18 estaciones en las que analizaron factores fisicoquímicos y biológicos. Hallaron que el río Rionegro circula por el fondo del embalse y encontraron pocas plantas flotantes y poca fauna béntica. El fitoplancton fue tomado sólo en cuatro estaciones. La especie dominante fue *Peridinium gatunense*; las algas verde azules y las diatomeas estuvieron casi ausentes, mientras que las verdes y las crisofíceas estuvieron bien representadas. Su conclusión fue que la represa se hallaba en estado oligotrófico.

Roldán et al. (1984) llevaron a cabo un estudio de dicho embalse, encontrando 45 organismos fitoplanctónicos, entre los que dominó ampliamente *Peridinium*. Se clasificó el embalse como de eutroficación incipiente y se recomendó, entre otros aspectos, la construcción de plantas de tra-

(1) Profesor, Depto. de Biología, Univ. de Antioquia, Medellín, Colombia.

tamiento de aguas negras en los municipios de El Peñol y Guatapé para disminuir así el aporte de materia orgánica al mismo.

En el presente trabajo se hace un análisis más profundo del fitoplancton de El Peñol, tomando como base los resultados hallados en el estudio anterior (Roldán et al., op. cit.).

Descripción del área de estudio

El embalse El Peñol se localiza a 50 km de Medellín en el oriente antioqueño a una altura de 1887.5 msnm. Sus coordenadas son 6°13'20" N y 75°10'16" O y su área de influencia enmarca los municipios de El Peñol, Guatapé, Alejandría, Concepción y San Rafael. Su principal tributario lo constituye el río Nare y algunas quebradas de menor influencia como San Miguel, La Magdalena, San Lorenzo y Cucurucho por su margen izquierda; La Culebra, Santa Marina, San Pedro y La Candelaria, por su margen derecha; y por su extremo sur, la quebrada Peñolcito. Tiene un volumen de 1240 millones de m³ y cubre un área de 6.240 ha.

De acuerdo con el sistema de clasificación de Holdridge, el área de embalse se divide en cuatro zonas de vida: bosque muy húmedo premontano (bmh-PM) a lo largo de la parte sur y central del valle del río Nare y que abarca la cabecera principal de El Peñol; bosque pluvial premontano (bp-PM) y bosque pluvial montano bajo (bp-MB), que se extienden hacia el norte de El Peñol y, finalmente, bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB) hacia el suroeste y occidente. Las tres últimas zonas de vida están cubiertas en su mayoría por bosques y rastrojos.

MATERIALES Y METODOS

Las muestras se recolectaron quincenalmente entre enero y diciembre de 1982. Se eligieron seis estaciones y en cada una se hicieron análisis físicoquímicos de superficie y fondo, de los que para el presente trabajo se tomó un promedio para cada estación. El plancton se recolectó con una red arrojada con aro de 24 cm de diámetro y longitud de 1 m, en un arrastre circular superficial de dos minutos. Una vez recolectado, el plancton se fijó en formalina al 50% para su posterior identificación.

Tabla 1. Promedios de los parámetros físico químicos en el embalse El Peñol.

Sitio	1984												1978		
	1		2		3		4		5		6		Promedio		
	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	
Alcalinidad	15.85	15.45	13.29	14.09	13.20	14.0	13.58	14.90	12.94	12.96	13.09	14.77	13.27	14.34	17.22
Conductividad	30.41	27.83	32.0	33.77	30.2	31.48	30.18	33.27	33.75	33.82	31.75	33.72	30.48	34.84	33.89
Dureza de Ca	3.80	4.36	3.87	4.81	3.82	4.0	3.8	4.2	3.98	3.72	3.90	4.09	3.62	4.25	3.84
Dureza de Mg	3.83	3.04	4.29	4.72	4.79	4.87	3.79	4.71	4.90	3.0	3.94	3.99	4.4	4.88	4.29
Forfólo total	0.5725	0.089	1.455	0.88	0.81	1.63	0.47	1.33	0.44	0.35	1.83	0.87	0.89	0.95	-
Nitratos	0.0294	0.04	0.086	0.0098	0.089	0.089	0.022	0.025	0.04	0.053	0.085	0.049	0.080	0.046	0.085
Nitritos	0.0023	0.0023	0.0013	0.0029	0.0026	0.0027	0.026	0.0089	0.0012	0.0024	0.0013	0.004	0.0017	0.0014	-
Hierro	0.98	1.34	0.88	1.84	0.443	0.909	0.27	1.44	0.39	0.39	0.24	1.39	0.3925	1.381	-
CO ₂	4.39	6.89	4.14	6.18	3.57	3.81	5.42	7.84	3.38	3.39	2.89	3.37	5.42	6.05	4.89
pH	7.3	6.9	6.99	6.89	7.1	7.14	7.09	6.95	7.39	7.04	7.49	7.16	7.12	6.89	7.11
O ₂	6.51	3.83	7.01	4.89	7.21	6.89	6.29	5.83	7.55	3.39	7.1	6.27	6.79	5.01	6.36
Sulfatos	1.01	1.21	1.579	2.37	1.90	1.77	1.748	1.129	2.29	1.8	1.82	1.10	1.89	1.65	1.83
T °C	21.4	20.5	23.1	21.1	23.8	21.8	23.4	21.6	23.9	22.4	24.9	21.2	23.1	21.4	-
Transparencia	2.80		2.82		1.79		3.77		1.92		2.07		2.32		0.40
Oxalofosfatos	0.083	0.082	0.054	0.108	0.048	0.101	0.083	0.079	0.049	0.089	0.105	0.087	0.080	0.084	0.043
Turbiedad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.04
Coloraparente	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83.20
Cloruros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.78

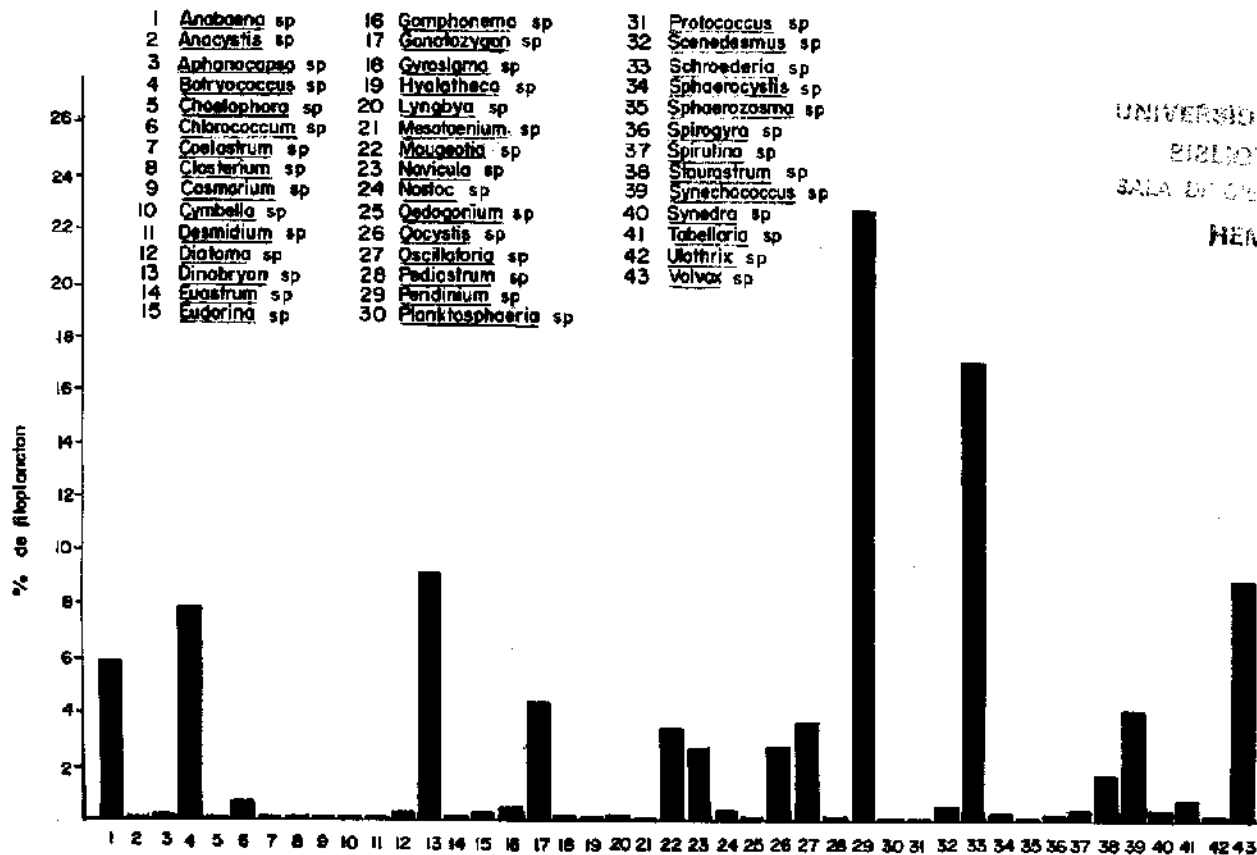
* Correspondencia a un solo muestreo. S : Superficie F : Fondo

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
 BIBLIOTECA GENERAL Y TECNICA
 CAROLINA DE GUAYAMA, VENEZUELA

Tabla 3. Frecuencia total de las diferentes Divisiones de fitoplancton.

Estación	1										Frcia. total	2										Frcia. total	3										Frcia. total						
	Mes											Mes											Mes																
División	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			
Chlorophyta	6	7	5	8	9	9	5	8	11	8	6	2	80	9	6	6	5	6	8	5	5	8	5	3	3	69	6	3	6	5	3	5	3	6	9	4	3	5	58
Phycophyta	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12		
Chrysophyta (Chrysophyceae)	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	9	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	8	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	7		
Chrysophyta (Bacillariophyceae)	2	0	2	1	3	0	1	1	1	2	1	2	16	0	1	1	1	2	0	1	1	0	0	1	8	1	2	3	2	1	0	1	3	4	1	1	20		
Cyanophyta	2	5	1	3	4	1	1	2	2	1	0	1	23	2	4	4	2	3	1	1	1	0	2	0	21	2	2	1	4	3	2	2	2	1	2	0	23		

Estación	4										Frcia. total	5										Frcia. total	6										Frcia. total						
	Mes											Mes											Mes																
División	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			
Chlorophyta	8	6	6	8	7	6	6	4	7	5	3	4	70	9	6	4	7	8	8	5	6	8	3	4	3	71	7	0	6	6	2	4	2	9	6	4	5	3	54
Phycophyta	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11		
Chrysophyta (Chrysophyceae)	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	7	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3		
Chrysophyta (Bacillariophyceae)	1	2	1	0	4	1	0	0	3	0	0	1	13	1	1	5	0	4	2	0	1	2	0	2	19	0	0	1	1	2	0	1	1	0	1	2	11		
Cyanophyta	2	4	1	3	3	2	2	1	2	0	0	0	20	5	1	2	1	3	3	2	2	3	1	1	25	1	0	2	2	2	0	1	5	1	1	1	17		



UNIVERSIDAD DE
BIBLIOTECA
SALA DE CLASIFICACION Y
HEMEROTECA

Fig. 1. Estructura de la comunidad fitoplanctónica en el embalse El Peñol.

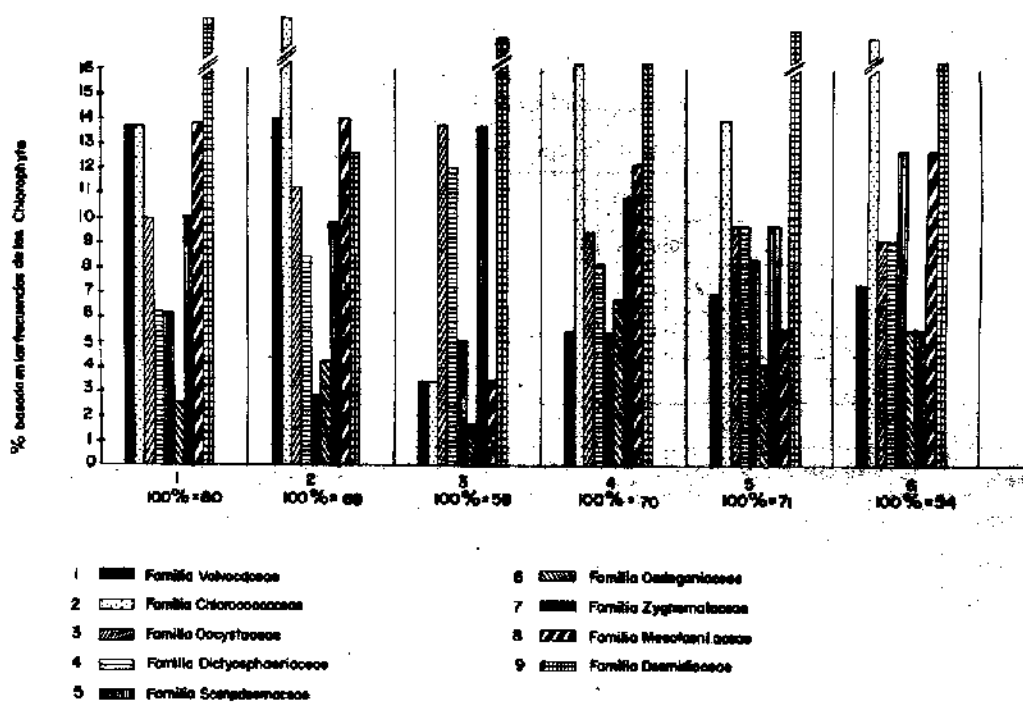


Fig. 2. Porcentaje basado en las frecuencias de las diferentes familias de la División Chlorophyta.

El porcentaje basado en las frecuencias de las diferentes familias de una División se fundamentó con el contenido de las tablas 2, 3 y 8. Para hallarlo se contó el número de veces que se presentaron los géneros pertenecientes a una familia dada (tablas 2 y 8) y se comparó con la frecuencia total para la División que representa el 100o/o y se halla en la tabla 3.

La media de las frecuencias se halló mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{\sum \text{frecuencias}}{\text{No. total de géneros}}$$

• Ambos valores se hallan en la tabla 2.

RESULTADOS

Se hallaron 43 géneros fitoplanctónicos (tabla 8), de los cuales 26 pertenecen a las Chlorophyta (60.46o/o del total), ocho a las Cyanophyta (18.60o/o), uno a las Pyrrophyta y uno a las Chrysophyta (4.64o/o entre las dos), y siete a las Diatomaceae (16.27o/o).

La figura 1 muestra la estructura de la comunidad fitoplanctónica en todo el embalse. Los géneros más representativos fueron: *Anabaena*, *Botryococcus*, *Dinobryon*, *Peridinium*, *Schroederia* y *Volvox*. Dicha gráfica se basa en el porcentaje por género del fitoplancton (tabla 2).

La figura 2 se refiere al porcentaje basado en las frecuencias de las distintas familias de la División Chlorophyta que se presentaron en el embalse y la tabla 3 presenta las frecuencias. Vale la pena aclarar que, con respecto a esta División, se tomaron solamente las principales familias (nueve de ellas) y como puede verse, en las estaciones 1, 3, 4 y 5 la familia mejor representada es la Desmidiaceae, mientras que en las estaciones 2 y 6, fue la familia Chlorococcaceae.

La figura 3 muestra el porcentaje basado en las frecuencias de las diferentes familias de las diatomeas. Se observa que la familia mejor representada fue Naviculaceae en todas las estaciones.

Respecto al porcentaje basado en las frecuencias de las Cyanophyta (fig. 4) la familia Oscillatoriaceae fue la de mejor representación en todas las estaciones, con excepción de la estación 1, donde fue la familia Nostococcaceae.

La figura 5 muestra en la parte superior la pluviosidad, la cual es aproximadamente tres veces mayor en Santa Rita que en El Peñol (tabla 4). Dicho parámetro se dividió en períodos secos y lluviosos, tomándose como seco el comprendido entre noviembre y marzo y considerándose el resto como lluvioso, con excepción no muy marcada de los meses de junio a agosto, donde se presentan algunas bajas de precipitación que varían cada año. En la parte inferior se observa la relación presencia-ausencia de los organismos

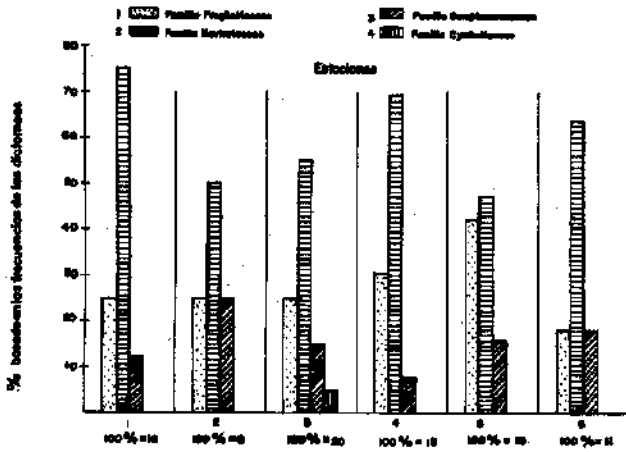


Fig. 3. Porcentaje basado en las frecuencias de las diferentes familias de la División Chrysophyta (Baccillariophyceae).

fitoplanctónicos en todo el embalse durante los ya mencionados períodos secos y lluviosos.

La figura 6 muestra el porcentaje de similitud o afinidad entre las estaciones del embalse. Puede verse que dicho porcentaje es muy alto (entre 62.10/o y 80.00/o.)

La figura 7 permite ver la correlación existente entre la transparencia promedio y el porcentaje de géneros fitoplanctónicos en cada estación (tabla 6). El mayor valor de la transparencia se dio en las estaciones 1 y 4 (2.80 y 2.77 m respectivamente) y el menor en la estación 3 (1.79 m). El mayor porcentaje de géneros se presentó en la estación 1 (30.47/o) y el menor en las estaciones 3 y 6 (9.82 y 9.90/o respectivamente).

Los promedios de los parámetros fisicoquímicos durante 1984 y los hallados en 1975 se muestran comparativamente en la tabla 1. En la tabla 2 se pueden observar los organismos más frecuentes. Estos organismos son los de mayor adaptación a las condiciones presentadas por el embalse durante el tiempo de estudio. Fueron: *Anabaena*, *Botryococcus*, *Cosmarium*, *Dinobryon*, *Gonatozygon*, *Mougeotia*, *Navicula*, *Oocystis*, *Oscillatoria*, *Peridinium*, *Scenedesmus*, *Schroederia*, *Staurastrum*, *Synechococcus* y *Volvox*.

La tabla 3 permite observar la frecuencia total de las distintas Divisiones fitoplanctónicas por mes en cada estación. La mayor frecuencia fue presentada siempre por la División Chlorophyta y la menor por la Subdivisión Chrysophyceae.

Los datos de precipitación mensual se muestran en la tabla 4 y puede verse que la mayor precipitación se presentó en el mes de septiembre en Santa Rita (995.3 mm) y la menor en noviembre (43.6 mm) en El Peñol. La tabla 5 deja ob-

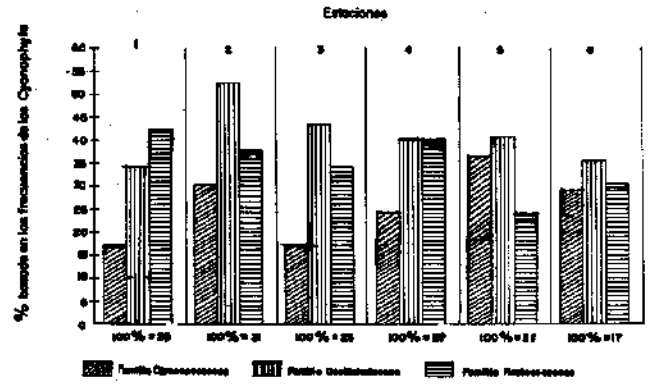


Fig. 4. Porcentaje basado en las frecuencias de las diferentes familias de la División Cyanophyta.

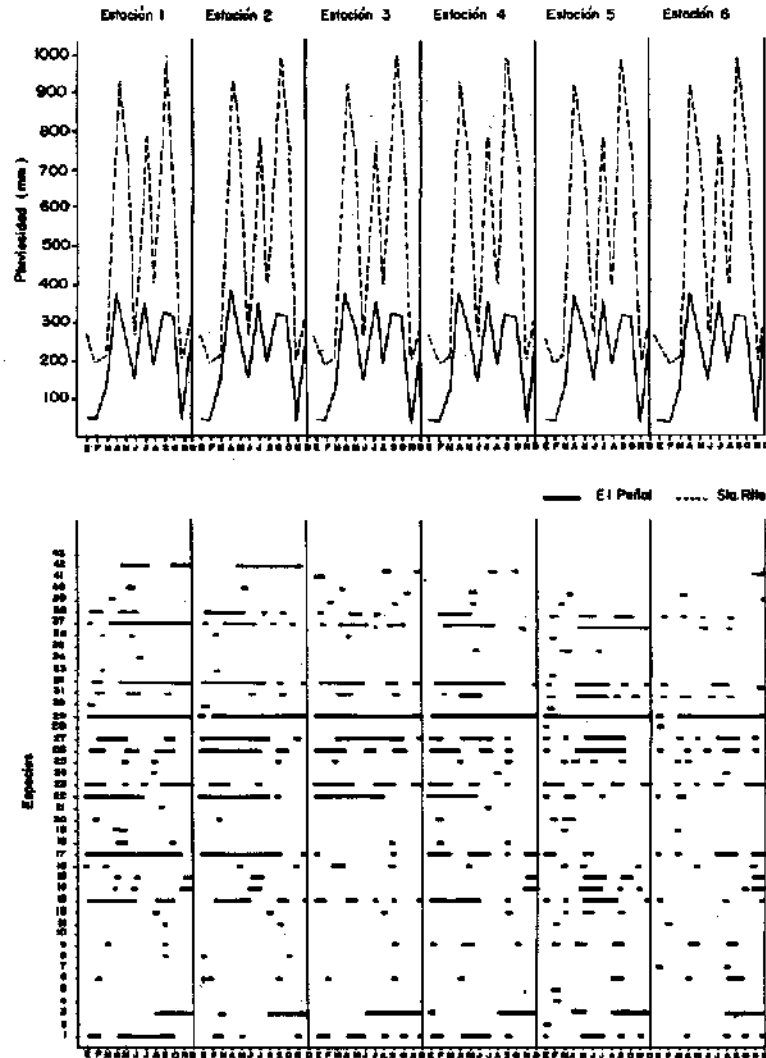


Fig. 5. Presencia-Ausencia de organismos fitoplanctónicos durante períodos secos y lluviosos.

Tabla 4. Datos de precipitación mensual (en mm) en las estaciones El Peñol y Santa Rita (Loc 06°14'N 75°10'W) durante el año 1983 (Fuente: Empresas Públicas de Medellín).

Estaciones	Meses											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
El Peñol	48.9	47.3	129.3	360.2	283.4	151.9	357.7	197.5	324.4	320.1	43.6	270.9
Sta. Rita	265.2	197.0	217.7	932.5	724.4	269.4	786.6	404.2	985.3	722.9	205.1	320.0

Tabla 5. Índice de diversidad promedio (\bar{d}) de las estaciones analizadas en el embalse El Peñol.

Estación	\bar{d}
1	2.23
2	2.34
3	2.43
4	2.31
5	2.52
6	1.88
Promedio total	2.28

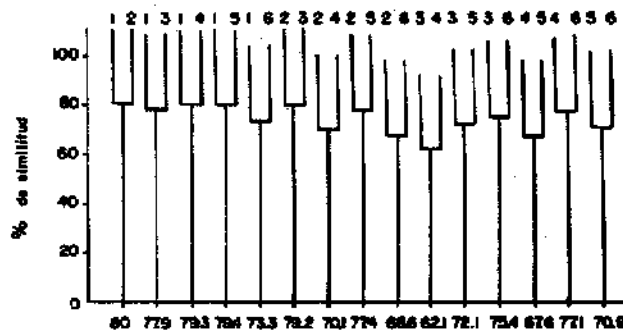


Fig. 6. Porcentaje de similitud entre las estaciones.

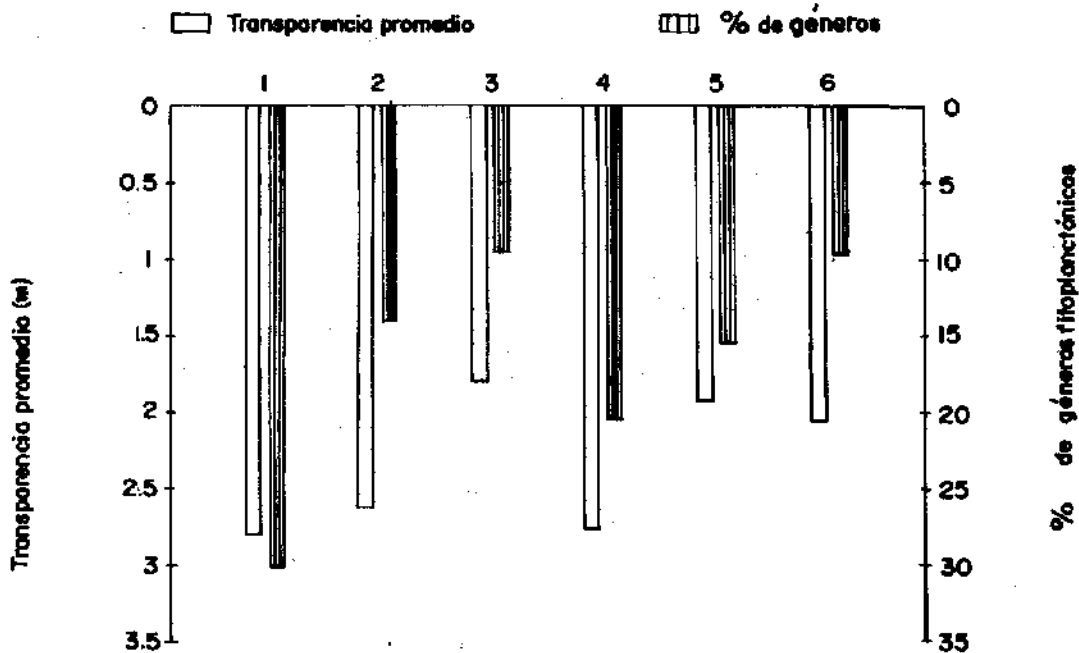


Fig. 7. Relación entre la transparencia y el porcentaje de géneros fitoplanctónicos por estación.

servar la diversidad promedio en cada estación. Puede notarse que la estación con mayor diversidad promedio fue la 5 y la menor la 6.

En la tabla 6 se observa el número total de individuos de fitoplancton y su respectivo porcentaje en cada estación. El mayor número de individuos (714.5) y el mayor porcentaje (30.47) se presentaron en la estación 1 y los menores datos de número de individuos y su porcentaje (230.4 y 9.82, respectivamente) se dieron en la estación 3.

Finalmente, la tabla 7 permite ver la diversidad por mes en cada estación. En ella se observa que la estación con mayor índice de diversidad fue la 4 en el mes de abril (3.56) y que la misma estación presentó el menor índice de diversidad en julio (0.56).

DISCUSION

Con respecto a la figura 1 puede decirse que el papel principal en la estructura de la comunidad fitoplanctónica está reservado a unos pocos géneros (seis en total) que deben estar adaptados a las condiciones cambiantes del embalse en los diferentes períodos de invierno y verano. Podría decirse de ellos que son los organismos pioneros en las etapas iniciales de la sucesión fitoplanctónica en el actual período trófico del embalse. Los demás géneros, que no ocupan un lugar tan importante como los anteriores, pueden considerarse intermedios y no tan adaptados a las condiciones presentadas durante el tiempo de estudio. Entre las adaptaciones presentadas por estos organismos dominantes puede decirse que en el caso de *Peridinium*, *Dinobryon* y *Volvox*, son flagelados, lo que les permite mayor movilidad; las demás (*Schroederia*, *Botryococcus* y *Anabaena*), poseen setas e inclusiones citoplasmáticas, o cubiertas mucilaginosas, que les

permiten mantenerse en la superficie y disminuir su posibilidad de sedimentación, aprovechando en mayor grado los nutrientes disponibles en un área dada dentro del embalse.

La familia Desmidiaceae (fig.2) fue la más representativa entre las Chlorophyta. Si bien algunos representantes de esta familia se presentan en aguas con pH ácido, en el presente trabajo, al igual que en el realizado por Ramírez y Machado (1982) en la represa La Fe, se obtuvo un pH ligeramente alcalino (7.12 en El Peñol y 7.16 en La Fe) y las aguas son blandas, pues la dureza por calcio y magnesio tiene valores bajos (tabla 1). Las desmidiáceas son indicadoras de aguas

Tabla 6. Porcentajes y número total de individuos de fitoplancton por estación en el embalse El Peñol.

Estación	Porcentaje	Número total de individuos
1	30.47	714
2	14.11	330
3	9.82	230
4	20.57	480
5	15.33	358
6	9.90	232
Total		2344

Tabla 7. Diversidad por estación y por mes en el embalse El Peñol.

Estación	Meses											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	2.75	2.79	2.31	2.47	3.17	1.79	1.83	2.09	2.97	1.19	1.98	1.47
2	2.62	2.91	2.71	2.39	2.68	2.90	1.42	2.08	2.24	2.07	2.10	1.97
3	3.06	2.16	3.28	2.64	2.50	2.38	1.74	2.13	2.89	2.33	1.65	2.45
4	2.57	2.98	2.34	3.56	3.08	2.46	0.56	1.88	3.06	1.58	1.58	2.12
5	3.13	2.23	2.90	1.96	3.29	2.98	2.13	2.75	2.31	2.22	2.03	2.39
6	2.25	0.00	2.13	2.28	1.73	1.50	1.78	3.14	1.63	1.78	2.58	1.84

División	Subdivisión	Clase	Orden	Familia	Género			
Chlorophyta	Chlorophyceae		Volvocales	Volvocaceae	<u>Volvox</u> sp <u>Eudorina</u> sp			
			Chlorococcales	Chlorococcaceae	<u>Chlorococcum</u> sp <u>Planktosphaeria</u> sp <u>Schroederia</u> sp			
				Palmellaceae	<u>Sphaerocystis</u> sp			
				Oocystaceae	<u>Oocystis</u> sp			
				Dictiosphaeriaceae	<u>Botryococcus</u> sp			
				Scenedesmaceae	<u>Coelastrum</u> sp <u>Scenedesmus</u> sp			
				Hydrodictyaceae	<u>Pediastrum</u> sp			
			Ulothrichales	Ulothricaceae	<u>Ulothrix</u> sp			
			Chaetophorales	Chaetophoraceae	<u>Chaetophora</u> sp <u>Protococcus</u> sp			
			Oedogoniales	Oedogoniaceae	<u>Oedogonium</u> sp			
			Zygnematales	Zygnemataceae	<u>Mougeotia</u> sp <u>Spirogyra</u> sp			
				Mesotaeniaceae	<u>Gonatozygon</u> sp <u>Mesotaenium</u> sp			
				Desmidiaceae	<u>Closterium</u> sp <u>Coenarium</u> sp <u>Desmidium</u> sp <u>Euastrum</u> sp <u>Hyalotheca</u> sp <u>Staurastrum</u> sp <u>Sphaerocostema</u> sp			
			Pyrrhophyta Chrysophyta	Chrysophyceae Bacillariophyceae	Dinophyceae	Dinokontae	Peridiniaceae	<u>Peridinium</u> sp
						Ochromonadales	Dinobryaceae	<u>Dinobryon</u> sp
						Pennales	Fragilariaceae	<u>Diatoma</u> sp <u>Synedra</u> sp <u>Tabellaria</u> sp
							Naviculaceae	<u>Gyrogonema</u> sp <u>Navicula</u> sp
							Gomphonemaceae	<u>Gomphonema</u> sp
	Cymbellaceae	<u>Cymbella</u> sp						
Cyanophyta						Chroococcales	Chroococcaceae	<u>Aphanocapsa</u> sp <u>Synechococcus</u> sp <u>Anocystis</u> sp
						Hormogonales	Oscillatoriaceae	<u>Lyngbya</u> sp <u>Oscillatoria</u> sp
						Nostococcales		<u>Spirulina</u> sp <u>Anabaena</u> sp <u>Nostoc</u> sp

Según Prescott, 1970 y Yocubson 1969, 1972, 1974.

Fig. 8. Detalle del yelmo de la cabeza de *Daphnia* sp₁ (200X)

con baja salinidad por lo que la gran mayoría están confinadas a aguas dulces. El observar la tabla 1, puede verse que la conductividad, que está muy relacionada con la salinidad, es baja (30.48 umhos).

En la figura 3 se observa que la familia más representativa de las diatomeas es *Naviculaceae*. Las diatomeas usan SiO_2 para formar sus frústulas y poseen incrustaciones de aluminio que le brindan consistencia a su estructura. Desafortunadamente, ninguno de estos parámetros se midió, pero la presencia de las diatomeas implica que debe haber una concentración adecuada de ellas pues su desarrollo elimina rápidamente el silicio de las capas iluminadas.

Sobre las diatomeas influyen negativamente las temperaturas y los pH altos, al igual que las concentraciones elevadas de calcio, factores éstos que no se dan en el presente trabajo (tabla 1). El bajo número de diatomeas halladas, con excepción de *Navicula*, puede interpretarse como indicador de baja salinidad y poca concentración de materia orgánica.

La familia *Oscillatoriaceae*, que fue la más destacada entre las *Cyanophyta* (fig. 4), estuvo representada por los géneros *Lyngbya*, *Oscillatoria* y *Spirulina*. Al analizar la tabla 1, puede verse que el nitrógeno bajo la forma de nitritos y nitratos presenta valores muy bajos, lo que indica que la fijación del nitrógeno por parte de estas algas no fue muy abundante. Esto podría deberse a que *Oscillatoria*, que fue la más frecuente de todas las *Cyanophyta* (tabla 2), no fija nitrógeno, pues carece de heterocistes (Margalef, 1983). Por lo demás, esta División se presenta generalmente en aguas con pH alcalino o neutro (aunque algunas pueden hallarse en habitats ácidos) (Bold y Wynne, 1978; Palmer, 1977), que es precisamente el rango de pH del embalse.

Los géneros más frecuentes en la comunidad fitoplanctónica se observan en la tabla 2 y pueden también dividirse en organismos de movimiento activo (*Peridinium*, *Navicula*, *Oscillatoria*, *Dinobryon*, *Volvox*), bien sea por flagelos o por movimientos deslizantes u oscilantes, y de movimiento pasivo, con adaptaciones que facilitan la flotación y el "desplazamiento" (*Schroederia*, *Staurastrum*, *Mougeotia*, *Scenedesmus*, *Oocystis*, *Anabaena*, *Botryococcus*, *Synechococcus*) De *Gonatozygon* podría argüirse que tiene comportamiento pasivo debido a su forma alargada que facilita el desplazamiento y la flotación puesto que de esa manera se aumenta la resistencia morfológica y disminuye la velocidad de hundimiento (Schwöerbel, 1975).

En la misma tabla 2 puede esbozarse una clasificación de los organismos en la siguiente forma: géneros de frecuencia alta (llamados frecuentes), que están por encima de la media de las frecuencias (16.06); de frecuencia media (denominados ocasionales), que están por encima de la mitad de

la media (8.03); y de frecuencia baja (o raros), localizados por debajo de 8.03. Dicha clasificación es la siguiente:

Géneros frecuentes: *Anabaena*, *Botryococcus*, *Cosmarium*, *Dinobryon*, *Gonatozygon*, *Mougeotia*, *Navicula*, *Oocystis*, *Oscillatoria*, *Peridinium*, *Scenedesmus*, *Schroederia*, *Staurastrum*, *Synechococcus* y *Volvox*.

Géneros ocasionales: *Chlorococcum*, *Diatoma*, *Eudorina*, *Gomphonema*, *Oedogonium*, *Tabellaria*.

Géneros raros: *Anacystis*, *Aphanocapsa*, *Coelastrum*, *Closterium*, *Cymbella*, *Chaetophora*, *Desmidium*, *Euastrum*, *Gyrosigma*, *Hyalotheca*, *Lyngbya*, *Mesotaenium*, *Nostoc*, *Pediastrum*, *Planktosphaeria*, *Protococcus*, *Sphaerocystis*, *Sphaerozozma*, *Spirogyra*, *Spirulina*, *Synedra* y *Ulothrix*.

Con referencia al comportamiento de los nutrientes durante los períodos secos y lluviosos (fig.5) puede decirse que durante el verano el factor de dilución disminuye y, por tanto, aumenta la concentración de nutrientes en el embalse, y que en el período lluvioso, ocurre aporte de gran cantidad de sustancias alogénicas. Además, la amplia cobertura de este período (abril a octubre), proporciona muchas de estas sustancias que pueden durar todo el año, las cuales sirven como reserva en algún momento. En este mismo período, el factor de dilución aumenta, disminuyendo con ello la concentración de elementos nutritivos, que luego aumentarán nuevamente en el verano. Los organismos que se presentan en período lluvioso deben estar adaptados a las características típicas del invierno como son la baja temperatura, las pocas horas de sol y los nutrientes muy diluidos.

En la misma figura 5 puede observarse que es difícil catalogar los organismos fitoplanctónicos frecuentes y ocasionales, como correspondientes a uno de los períodos secos y lluviosos; sin embargo, en general puede decirse que *Eudorina* pertenece al primero de ellos y que *Staurastrum* pertenece al período lluvioso al igual que *Volvox* en las estaciones 1 y 2. Respecto a *Botryococcus* puede decirse que se presenta durante el mayor pico de invierno (agosto a octubre) y la primera parte del período seco en todas las estaciones. Los demás géneros se consideran para el presente trabajo como de amplia tolerancia, pues se hallan en ambos períodos y son, por tanto, de un rango amplio de adaptación al verano o al invierno. Son ellos: *Anabaena*, *Dinobryon*, *Gonatozygon*, *Mougeotia*, *Navicula*, *Oocystis*, *Oscillatoria*, *Peridinium*, *Schroederia* y *Synechococcus*.

Observando el porcentaje de afinidad entre las diferentes estaciones en la figura 6, se concluye que las condiciones de la represa en lo referente al fitoplancton son muy similares en todas las estaciones analizadas, pues su valor es bastante alto (entre 62.10% y 80.00%).

La relación entre transparencia y porcentaje de especies (fig. 7) es en general directa, debido a que la cantidad de luz en un sitio determinado y hasta ciertos valores, es adecuada para que el fitoplancton aumente.

Finalmente, la tabla 7 muestra que la diversidad por mes en cada estación presentó, en general, valores superiores a 2.28 en promedio en todas ellas. La estación con menor diversidad promedio (tabla 5) fue la 6, quizás por factores como la remoción de nutrientes del fondo por el río Nare, los cuales provendrían de los materiales del "Viejo Peñol" sepultado allí, lo que no permite una variabilidad de organismos fitoplanctónicos grande, pues sólo los adaptados a las condiciones que se presentan en este sitio, pueden sobrevivir y, de hecho, son pocos. La estación 5, que también debió presentar una diversidad promedio baja, fue la más alta (2.52), debido quizá a que aunque posee contaminación orgánica por las aguas negras de Guatapé y El Peñol, éstas aún no la afectan tan gravemente como sí lo harán a largo plazo, y los nutrientes presentes en los actuales momentos en este sitio pueden favorecer el asentamiento de diferentes organismos, dada su baja concentración (tabla 1).

CONCLUSIONES

1. En general, puede decirse que el embalse El Peñol presenta un estado eutrófico muy incipiente debido a condiciones tales como conductividad baja, concentración de fosfatos y nitratos baja, transparencia promedio reducida, pH muy cercano al neutro, comunidades fitoplanctónicas de composición medianamente rica y fluctuante e índice de diversidad promedio con un valor intermedio (2.28).
2. El hecho de que el porcentaje de afinidad entre las estaciones sea alto implica una cierta uniformidad en las condiciones del embalse, con las excepciones mencionadas.
3. Los organismos de mayor importancia a nivel de la estructura de la comunidad fueron: *Anabaena*, *Botryococcus*, *Dinobryon*, *Peridinium*, *Schroederia* y *Volvox*.
4. Los géneros mejor adaptados a las condiciones del embalse debido a su persistencia durante todo el tiempo del muestreo fueron: *Anabaena*, *Botryococcus*, *Cosmarium*, *Dinobryon*, *Gonatozygon*, *Mougeotia*, *Navicula*, *Oocystis*, *Oscillatoria*, *Peridinium*, *Scenedesmus*, *Schroederia*, *Staurastrum*, *Synechococcus* y *Volvox*.
5. La División más abundante dadas las condiciones presentadas por el embalse en el momento del análisis fue Chlorophyta con el 60.460/o de los géneros hallados,

seguida por la División Cyanophyta con el 18.600/o y la Chrysophyta (Bacillariophyceae) con el 16.270/o)

6. La familia más representativa de las algas verdes fue Desmidiaceae. Su principal género fue *Staurastrum*. Fueron también importantes entre las algas verdes las familias Chlorococcaceae con su género *Chlorococcum* y la familia Mesotaeniaceae con *Gonatozygon*.
7. De las algas verde azules, la familia más importante fue Oscillatoriaceae y de ella principalmente el género *Oscillatoria*.
8. Las diatomeas mostraron Naviculaceae como la familia más abundante representada principalmente por *Navicula*.
9. Las Phyrrhophyta, con el género *Peridinium*, y las Chrysophyta (subdivisión Chrysophyceae), con el género *Dinobryon*, sumaron ambas el 4.640/o de todos los géneros. Sin embargo, ambos organismos tuvieron un importante papel en la comunidad fitoplanctónica.
10. Los organismos mejor adaptados presentan un movimiento pasivo (mucílagos, setas, inclusiones citoplasmáticas, forma alargada, etc), lo que les permite permanecer en la superficie aprovechando mejor las condiciones de ésta.
11. Aunque no es exacto hablar de géneros indicadores de condiciones de un agua determinada, pues son las especies quienes en último término lo determinan, puede decirse en general de los géneros más representativos en el embalse, lo siguiente: Algunas especies de *Peridinium*, *Schroederia*, *Staurastrum*, *Dinobryon*, *Synechococcus*, *Volvox*, *Botryococcus*, *Oocystis*, *Mougeotia* y *Gonatozygon*, son indicadores de aguas claras, mientras que solamente algunas especies de *Anabaena*, *Oscillatoria* y *Scenedesmus*, indican aguas contaminadas (Palmer, 1977).
12. De los géneros más frecuentes, solamente *Staurastrum* y *Volvox* son de período invernal.
13. De período seco puede catalogarse solamente a *Eudorina* y más irregularmente a *Botryococcus*.
14. Los otros géneros frecuentes como *Anabaena*, *Dinobryon*, *Gonatozygon*, *Mougeotia*, *Navicula*, *Oocystis*, *Oscillatoria*, *Peridinium*, *Schroederia* y *Synechococcus*, pueden clasificarse como de amplio rango de adaptación, debido a su presencia tanto en períodos de verano como de invierno.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece de manera muy especial la valiosa colaboración del Dr. Carlos Eduardo de Matos Bicudo, director de la División de Fitotaxonomía del Instituto de Botánica de Sao Paulo (Brasil) por la revisión y corrección del presente trabajo, así como los comentarios del Dr. Guillermo Tell del Departamento de Ciencias Biológicas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de Buenos Aires, Argentina.

El presente trabajo hace parte del "Estudio Limnológico de la represa de El Peñol", publicado en *Actualidades Biológicas* 13(50): 94-105 (1984), realizado por G. Roldán, M. Correa, T. Machado, J.J. Ramírez, L.F. Velásquez y F. Zuluaga. Dicho estudio fue financiado por el Comité de Investigaciones de la Universidad de Antioquia y Colciencias, proyecto 10010-1-40-82.

LITERATURA CITADA

- Bicudo, C. y R.M. Bicudo. 1969. *Algas de aguas continentais brasileiras*. Fundação brasileira para o desenvolvimento do Ensino de Ciências. Sao Paulo.
- Björk, S. y G. Gelin. 1980. *Limnological function and management of the El Peñol reservoir, Colombia*. Institute of Limnology Univ. of Lund, Sweden.
- Boid, H. y M. Wynne. 1978. *Intrudction to the algae: structure and reproduction*. Prentice-Hall, N. Jersey.
- Da Silva, A. 1945. *Diatomáceas fósseis de Portugal*. Publicações do Inst. da Botânica da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, No. 9.
- Edmonson, W.T. 1959. *Fresh-Water Biology*. John Wiley and Sons, Inc. N. Y.
- Hino, K. y J. Tundisi. 1984. *Atlas de algas da Represa do Broa*. Serie Atlas: Volume II. 2a. Edição. Univ. Federal de Sao Carlos, Brasil.
- Margalef, R. 1956. Información y diversidad específica en las comunidades de organismos. *Investigación Pesq.* 3,99-106.
- Margalef, R. 1983. *Limnología*. Ediciones Omega, S.A. Barcelona.
- Murgel-Branco, S. 1969. *Hidrobiología aplicada a la Ingeniería Sanitaria*. Fac. de Higiene y Salud Pública. Univ. de Sao Carlos, Brasil.
- Needham, J. y P. Needham. 1978. *A guide to the study of fresh water biology*. Holden-day, Inc. San Francisco.
- Palmer, C. 1977. *Algae in water supplies*. U.S. Dept. of Health, Education and Welfare. Public Health service. Cincinnati, Ohio.
- Prescott, G. W. 1970. *How to know the fresh-water algae*. Brown Company publishers. Dubuque, Iowa.
- Prescott, G. W., H. Croasdale y W. Vinyard. 1972. *North American Flora: desmídiales*. New York Botanical Garden.
- Ramírez, J.J. y T. Machado. 1982. Influencia de la precipitación y los ortofosfatos en el fitoplancton de la represa La Fe. *Actual. Biol.* 11(39): 3-21.
- Roldán, G., M. Correa, T. Machado, J.J. Ramírez, L.F. Velásquez y F. Zuluaga. 1984. Estudio limnológico de la represa El Peñol. *Actual. Biol.* 13(50): 94-105.
- Sampalo, J. 1944. *Desmídias portuguesas*. Separata do Boletín da sociedade broteriana. Vol. XVIII, 2a. Serie.
- Schwoerbel, J. 1975. *Métodos de Hidrobiología*, Blume Ediciones. Madrid.
- Sprentson, T. 1948. En: Odum, R. 1972. *Ecología*. Edit. Interamericana. S. A. México.
- Uribe, A. y G. Roldán. 1975. Estudio comparativo de algunas características fisicoquímicas y biológicas del embalse El Peñol. *Actual. Biol.* 4(11): 2-12.
- Yacobson, S. 1969. *Algas de ambientes acuáticos continentales nuevos para Venezuela (Cyanophyta, Chlorophyta)*. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad de Zulia, No. 3. Venezuela.
- 1972. *Catálogo e iconografía de las Cyanophyta de Venezuela*. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas de la Univ. de Zulia, No. 5. Venezuela.
- 1974a. *El Fitoplancton de la Laguna de San Javier del Valle (Estado Mérida) Venezuela (Extrait de la Revue Algologique, Nouvelle Serie, Tomo XI, Fascicule 1.2, pages 91-131)* Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas de la Univ. de Zulia, Venezuela.
- 1974b. *Iconografía de las Chlorophyta de Venezuela*. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas de la Univ. de Zulia, No. 11. Venezuela.