

INFLUENCIA DE LA PRECIPITACION Y LOS ORTOFOSFATOS SOBRE EL FITOPLANCTON DE LA REPRESA "LA FE".

Por: J.J. Ramírez (1)
T. Machado(2)

RESUMEN

De enero de 1978 a febrero de 1979 se llevaron a cabo análisis físicoquímicos y biológicos en el Embalse La Fé, localizado en el municipio de El Retiro a 33 km. al oriente de Medellín. Se hicieron mediciones de temperatura, transparencia, turbiedad, color, conductividad, oxígeno, dióxido de carbono, DBO, dureza por Ca y Mg, ortofosfatos, nitratos, sulfatos, hierro y cloruros. Se realizaron también arrastres para fito y zooplancton. Se encontró que los ortofosfatos fueron un factor limitante para el fitoplancton. Los géneros de fitoplancton más frecuentes fueron Navícula, Diatoma, Chlorella, Oscillatopia, Tabellaria, Phormidium y Dinobryon. En cuanto al zooplancton fueron más frecuentes Daphnia, Keratella, Cyclops y Cipridina. El índice de diversidad de especies encontrado indica que las aguas de la represa La Fé son de carácter mesotrófico.

INTRODUCCION

Los trabajos sobre Ecosistemas acuáticos tropicales son pocos. Varios de ellos han sido realizados en lagos Africanos (Thomas y Ratcliffe, 1973; Blazka y Ganf, 1974). En Venezuela, España y Argentina, Ramón Margalef (1974,1976) ha realizado diferentes investigaciones en embalses tropicales.

En nuestro país se han realizado unos pocos trabajos entre los cuales tenemos: en el embalse "El Peñol", Uribe y Rol-dán (1975); en la represa "La Fé", Torres (1978); Molano Campuzano (1954) hizo un estudio de la laguna de Sonso (Valle del Cauca), la represa de Chinchiná y algunos ríos y quebradas de Colombia; Patiño (1970) llevó a cabo un somero análisis de la eutroficación de la laguna de Sonso.

El fitoplancton como comunidad acuática que hace parte del ecosistema, depende de los demás factores que lo integran, pero principalmente de los nitratos y fosfatos. Estos elementos parecen ser limitantes hasta cierto punto en casi

todos los ecosistemas acuáticos continentales y, de los dos, se considera el fósforo como el factor más importante de la eutroficación en lagos y embalses (Blazka y Ganf, 1974; Imboden, 1974; Margalef, 1976; Odum, 1973, Schindler, 1974; Sze, 1975; Weaver, 1969).

La lluvia es una fuente grande de sustancias alogénicas a los lagos, debido a que en su caída arrastra polvos y otras sustancias como fertilizantes, abonos, excrementos, sedimentos, desechos, etc, que mediante el proceso conocido como lixiviación van a contribuir al aumento de fosfatos y otros elementos que conllevarían al crecimiento del fitoplancton y con él, al del zooplancton.

Según Weaver (1969) esta es una fuente contaminadora natural que aporta ante todo fosfatos a los lagos en una cantidad de 2 a 17 millones de libras por año (como fósforo). En la zona de la represa "La Fé", el suelo sufre de lixiviación constante debido a la precipitación, lo que trae como consecuencia el empobrecimiento de éste y el arrastre de nutrientes, hacia el lago, (Córdoba y Villegas, 1966).

(1) Biólogo, Depto de Biología de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

(2) Profesor, Depto de Biología, Universidad de Antioquia.

En 1973, Uribe y Roldán, reportaron aumentos de fitoplancton cuando hay incrementos de fosfatos y dureza total, debido también a un aumento de las lluvias durante esos períodos en el embalse "El Peñol" y hablan de los ortofosfatos como el factor crítico en el aumento del plancton vegetal a lo largo del año.

El objetivo del presente trabajo es el de corroborar la influencia de los ortofosfatos en los auges de fito y zooplancton, al igual que la comprobación de cómo la precipitación aumenta las sustancias alogénicas. También trata de establecer relaciones entre períodos secos y lluviosos y auges de plancton, además de hallar relaciones entre el fito, el zooplancton y los factores fisicoquímicos. Su fin último es el de clasificar la represa desde el punto de vista de productividad.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

La represa La Fé es propiedad de las Empresas Públicas de Medellín. Está localizada en el municipio de El Retiro a 33 kilómetros al oriente de Medellín. La cuenca de captación de la Represa "La Fé" está localizada entre las coordenadas 6° 6' y 6° 59' de latitud norte, 75° 35' y 75° 28' al oeste de Greenwich, con alturas que oscilan entre los 2.175 a los 3.000 m sobre el nivel del mar. Presenta un área total de 173 kilómetros cuadrados y tiene una profundidad entre 20 y 50 m. Su fuente principal es el río Pantanillo.

Los suelos de la región son ácidos, ricos en materia orgánica y nitrógeno total; pH entre 4,4 y 5,5; pobres en calcio, magnesio y fósforo y medianos en potasio. (Córdoba y Villegas, 1966). La zona de captación corresponde a un bosque muy húmedo montano bajo (bmh - MB) en su totalidad, con una precipitación entre 2.000 y 4.000 mm. Para 1978 la temperatura ambiente promedio obtenida fue de 19,7°C, con un máximo de 25°C y un mínimo de 15°C; la precipitación total fue de 2.132,2 mm con un promedio mensual de 178,0 mm., un máximo de 434,4 mm en Abril y un mínimo de 49,3 mm en Enero; la humedad relativa promedio fue 62,8o/o, con un máximo de 92,5o/o y un mínimo de 44o/o.

Se eligieron dos zonas de muestreo a las cuales se les llamó Embalse I y Embalse II. El primero está situado cerca a la torre de captación del embalse, posee aproximadamente 20 m de profundidad y queda cerca al vertedero que lleva el agua de la represa a la planta de tratamiento "La Ayurá" en el municipio de Envigado.

El embalse II está localizado entre el centro y la orilla y cerca al sitio de bombeo, donde la profundidad es de aproximadamente de 35 m.

MATERIALES Y METODOS

Las muestras fueron tomadas cada mes desde Enero 26 de 1978 hasta Febrero 8 de 1979 y se llevaron a cabo entre las

9 a.m. y las 12 m. En ambas estaciones se efectuaron análisis fisicoquímicos de superficie y fondo.

Se hicieron mediciones de temperatura, velocidad del viento, humedad relativa, transparencia, turbiedad, color, conductividad, oxígeno, dióxido de carbono, demanda bioquímica de oxígeno, dureza total y de calcio, ortofosfatos, nitratos, sulfatos, hierro y cloruros.

El hierro, sulfatos, fosfatos, nitratos, y nitritos se midieron con un Spectronic 20 marca Bausch & Lomb. Por titulación se midieron cloruros, alcalinidad, dureza, oxígeno y dióxido de carbono. La turbiedad y el color se midieron con un equipo Hach modelo DR 13439 B. La conductividad con un conductímetro Hach modelo 2510 - 01.

El plancton se colectó con una red normal de plancton 12 centímetros de radio, en cuyo extremo se adiciona un frasco de 25 mm cúbicos de capacidad.

Se hicieron arrastres en aguas superficiales, mediante la ayuda de una lancha manejada a remos. Se hizo un arrastre aproximado de 200 m. El plancton se fijó en formol al 6o/o y se analizó el mismo día en un microscopio Nikon binocular. Se analizaron 30 campos.

Para conocer la estructura de la comunidad planctónica se usó la expresión conocida como índice de diversidad, basada en la fórmula propuesta por Margaleff:

$$d = \frac{\sum (n_i) \lg_{10} \frac{n_i}{n}}{n \lg_{10} 2}$$

donde: d = diversidad

n_i = número de individuos por especie

n = número total de individuos

ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSION

Parámetros Fisicoquímicos

— *Relación entre la transparencia y la diversidad del fitoplancton:*

Al mirar la figura 1 se observa que a valores altos de transparencia corresponden valores bajos de diversidad del fitoplancton y viceversa. Esto se debe a que aunque hay suficiente energía solar disponible para fotosíntesis, la cantidad de nutrientes presentes es menor, lo que disminuye la cantidad de sólidos y demás elementos disueltos (incluyendo el fitoplancton) en el agua y que contribuirían a disminuir la transparencia. (Tablas I y II).

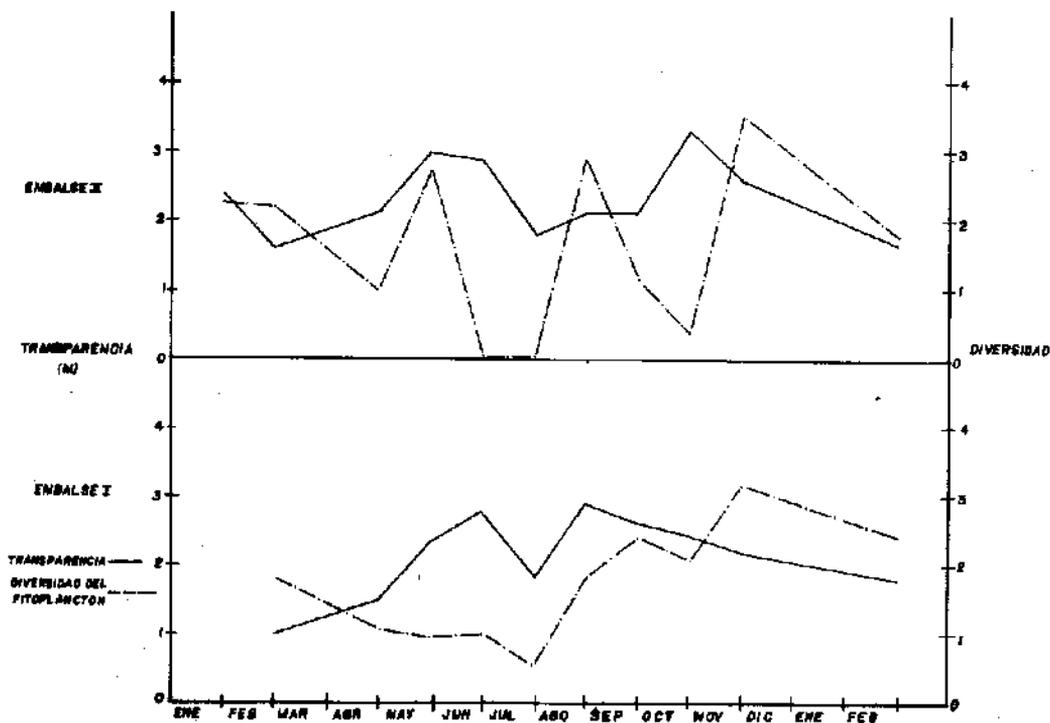


Fig. 1.
Relación entre la diversidad del fitoplancton y la transparencia en los embalses I y II.

— *Relación entre la precipitación total, la diversidad del fitoplancton y la conductividad.*

De acuerdo con la figura 2, se observa que cuando la precipitación es baja, la conductividad llega a su valor máximo (43 mg/l de NaCl.). Con una precipitación elevada, el volumen de la represa aumenta, disminuyendo por tanto la concentración de IONES. En relación a la conductividad y la diversidad del fitoplancton, se puede ver que cuando el fitoplancton aumenta, la conductividad comienza a disminuir hasta llegar a valores bajos como en septiembre y noviembre. Las disminuciones bruscas en la conductividad pueden explicarse por la precipitación y el aumento de la diversidad del fitoplancton.

— *Relación entre la diversidad del fitoplancton y la dureza total.*

En general, puede decirse según lo observado en la figura 3, que en el embalse I la relación entre estos dos parámetros es inversa, mientras que en el embalse II, es directa. La razón de estas relaciones contrarias puede deberse a que el embalse II está cerca al sitio de bombeo, por lo que hay remoción continua de sólidos del fondo (entre ellos carbonatos) que pueden servir como nutrientes para el fitoplancton e incidir en su aumento, al mismo tiempo que lo hace la dureza. En el embalse I no se realiza dicho bombeo, sino que allí se encuentra el vertedero; y por

ello la diversidad del fitoplancton es menor, pues se pierden sólidos y elementos del fitoplancton por lo que puede suceder la relación inversa que allí se observa.

— *Relación entre los Nitratos, la diversidad del fitoplancton y la precipitación total.*

Puede observarse estas relaciones en las figuras 4 y 6. Entre los nitratos y la diversidad del fitoplancton, puede apreciarse una relación inversa (fig 4). Esto puede explicar que los nitratos no influyen mucho en los auge de fitoplancton, puesto que no existe una relación directa entre ellos. En la figura 6, vemos generalmente que cuando aumenta la lluvia, lo hacen también los nitratos y viceversa, pues la lluvia arrastra abonos, materia orgánica, etc, que hacen que aumenten los nitratos en los afluentes que finalmente van a la represa. Debe recordarse, además, que el suelo de la región es rico en nitrógeno total y sufre de lixiviación, lo que hace que la lluvia deposite finalmente parte del mismo en la represa.

— *Relación entre los Ortofosfatos, la diversidad del fitoplancton y la precipitación total.*

En la figura 5 vemos que los ortofosfatos disminuyen y aumentan a la par con el fitoplancton, sobre todo en el embalse I. En el embalse II, esta relación directa, aunque se cumple, es más fluctuante y no se le encontró una explica-

TABLA I
DATOS FISICOS EMBALSE II

Fecha Prmtro	I.26	II.22	IV.19	V.9	V.31	VI.16	VII.14	VIII.4	IX.15	X.27	XI.10	XI.29	II.8
ToC S	20,6	20,5	21	19,5	20,6	20	20,5	18,5	22	20	*	21,5	22
H ₂ O F	19	19	17	17	17,5	17	19,5	16	19	18,5	*	18,5	19
Co- lor S	10	10	*	10	2	10	40	10	20	40	30	25	10
F	8	15	*	15	2	5	30	20	10	28	30	40	20
T ^o CAmte	21,5	19,5	*	25	21,6	16	21	22	25	21	*	21	20
Vel. Vto	0,3	*	E.C	1,65	*	*	*	*	1,45	0,8	2	1,1	*
HumRva	64	62	85	68	44	92,5	63	61	45	50	52	58	80
Trnsp	2,42	1,67	2,13	2,43	3,65	2,89	1,82	2,13	2,13	3,35	2,59	2,59	1,67
Presión	591	592	592	590	591	592	593	592	592	591	591	593	593
Tur- biedad S	*	*	*	*	2	10	5	3	10	20	5	15	10
F	*	*	*	*	2	20	10	5	*	160	15	15	10
Conduc- tividad S	29	21	19,8	20,2	20,6	20	21	41	26	21,5	31,2	16	*
F	28,2	25,2	25	22	22,5	23	24,9	22,5	30	29,5	16,5	29,8	*
ToC S	*	19,8	21	19	20	20	20,5	21	21	20,5	*	22	21
H ₂ O F	*	19	16,8	16	18,6	18	18	19	19	19	*	19	19
Co- lor S	*	10	*	20	2	10	50	5	10	60	20	40	20
F	*	5	*	15	2	30	75	10	15	25	25	35	35
T ^o CAmte.	*	20	*	21	19,6	17	19,5	24	22	18	*	23	18
Vel.Vto	*	*	E.C	E.C	*	*	*	*	1,1	0,7	0,6	E.C	*
Hum.Rva	*	72	82	45	54	92	58	56	54	56	60	54	65
Trnspcia.	*	1,02	1,52	2,28	2,43	2,74	1,82	2,89	2,61	2,47	1,98	2,44	1,82
Presión	*	592	592	590	592	592	592	592	592	593	590	593	593
Tur- biedad S	*	*	*	*	2	25	5	5	10	40	8	15	8
F	*	*	*	*	5	40	40	7	15	20	15	15	10
Conduc S tividad	*	23,5	20	23	18,8	23	20,6	42	25	39,9	21,5	23	*
F	*	28	23	19,7	22	23,5	25,6	28,5	29	21,8	22,7	23	*

TABLA II

DATOS QUIMICOS EMBALSE II

Fecha Parmetro	I.26	II.22	IV.19	V.9	V.31	VI.16	VII.14	VIII.4	IX.15	X.27	XI.10	XI.29	II.8
CO ₂	S 0,66	0,44	2,42	0,88	0,88	1,76	0,66	1,1	1,32	2,2	0,66	0,66	0,66
	F 1,1	4,4	3,3	2,86	2,2	3,08	1,76	1,76	2,42	3,74	2,2	1,98	2,42
O ₂	S 8,15	7,39	6,55	7,1	6,52	7,1	7,6	6,5	7,5	7,6	7,4	7,45	7,4
	F 7,5	2,9	3,75	4,8	3,65	5,13	3,9	5,8	3,5	3,6	4,0	2,4	2,6
DBO ₅	S 1,3	1,3	0,3	*	0,02	0,4	1,2	0,4	1,4	1,5	1,55	2,15	2,1
	F 2	1,3	-1,85	*	-1,95	-0,4	-1,35	-0,5	2,1	-2,9	-1,9	-2,7	-2,9
PH	S 7,65	7,2	6,65	7,1	6,9	7,1	7,3	7,1	7,3	7,2	7,3	7,3	7,3
	F 7,6	6,98	6,65	6,8	6,8	6,9	6,75	7,2	7,0	7,2	6,9	7,1	6,9
Dur. Tit.	S 10	6	5	10	12	6	8	13,5	16	14	16	7	10
	F 10	8	8	10	14	8	14	13,5	21	11	11	9	10
Dur. Ca.	S 4	4	3	4	4	2	2	2	3	2	2	3	4
	F 4	4	3	3	6	2	2	3	3	2	1	4	4
Orto. ftos.	S 2,2	1,46	1,2	0,75	0,95	0,45	1,2	1,05	1,7	1,65	0,9	0,9	0,9
	F 1,72	1,3	1,15	0,6	0,6	1,2	1,3	0,9	2,2	1,05	1,3	1,05	1,05
Fosf. tos.	S 2,3	1,65	1,3	0,9	1,1	1,3	1,12	1,25	2	4,6	6	1,12	3,95
	F 8,36	1,3	1,12	0,92	0,95	2,2	1,35	0,92	2,65	1,1	2	1,35	31,15
Nitr. tos.	S 0,005	0,0	0,08	0,02	0,0	0,02	0,01	0,0	0,0	0,03	0,04	0,0	0,0
	F 0,005	0,004	0,04	0,06	0,03	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02	0,0	0,0	0,0
Sulf. tos.	S *	*	*	*	5	0,5	5	3	0	0	10	5	0
	F *	*	*	*	3	3	0	4	4	0	3	4	0
Fe	S 0,05	0,3	0,22	0,4	0,2	0,15	0,17	0,27	0,15	0,14	0,25	0,35	0,22
	F 0,14	0,85	0,47	0,37	0,18	0,25	0,6	0,45	0,22	1,92	0,27	0,45	0,27
Clor. uros.	S 4	3	2	3	5	3	1,5	3,5	2,5	3,5	4	6,5	3,5
	F 3	3	3,5	4	5	4,5	1	1,5	1,5	4	5,5	6,5	2,5
Alka. ndad.	S 14	12	9	12	10	12	14	13	18	15	14	10	14
	F 12	12	15	12	12	13	15	14	12	16	16	12	16
O ₂	S *	3,38	6,55	7,3	6,85	7,1	7,5	6,3	6	7,55	7,5	7,5	7,7
	F *	3,38	5,8	6,5	6,5	4,2	6,8	5,8	5,6	5,1	5,5	2,4	2,2
CO ₂	S *	0,88	3,08	1,32	0,66	1,54	0,66	1,1	1,98	2,64	1,1	0,88	0,66
	F *	3,52	4,18	3,96	1,1	2,86	1,1	1,98	3,08	3,3	1,98	2,86	3,3
DBO ₅	S *	1,2	0,05	*	0,65	0,5	1,75	1,0	0,1	0,95	2,15	1,3	1,8
	F *	0,67	0,5	*	-0,20	-1,95	0,8	0,6	0,0	-1,7	-2,05	-3,2	-3,0
PH	S *	6,8	6,85	7,2	7,1	6,55	7,1	7,45	7,3	7,3	7,5	7,4	7,4
	F *	6,7	6,7	7,1	6,9	6,8	6,95	7,4	7,2	7,09	7,1	7,2	6,75
Dur. Tit.	S *	6	7	12	20	8	14	10	12	10	10	7	8
	F *	8	10	10	14	8	16	14	11	11	8	8	16
Dur. Ca.	S *	4	3	3	6	3	6	2	3	4	2	1	4
	F *	2	3	4	4	2	3	3	3	2	1	3	4
Orto. ftos.	S *	1,52	1,15	1,12	0,85	1,15	1,20	0,96	1,20	1,50	0,82	1,05	0,0
	F *	1,7	1,15	0,9	1,05	1,47	1,12	1,1	1,95	1,37	1,0	1,05	0,60
Fosf. tos.	S *	1,87	1,5	1,15	1,3	1,47	1,2	0,96	1,2	1,52	2,3	5,25	5,15
	F *	1,7	9,6	1,2	1,15	1,8	1,3	1,15	2,02	2,0	1,3	1,25	5,25
Nitr. tos.	S *	0,0	0,05	0,04	0,0	0,02	0,001	0,0	0,0	0,02	0,0	0,0	0,06
	F *	0,023	0,05	0,01	0,02	0,06	0,02	0,01	0,0	0,02	0,0	0,0	0,0
Sulf. tos.	S *	*	*	*	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0	4,0	3,0	7,0	5,0
	F *	*	*	*	0,25	3,0	3,0	0,5	11,5	3,0	3,0	5,0	0,0
Fe	S *	3,2	0,33	0,64	0,25	0,1	0,2	0,34	0,17	0,27	0,22	0,27	0,27
	F *	1,4	1,37	0,32	0,55	0,62	0,3	0,47	0,2	0,25	0,42	0,7	0,45
Clor. uros.	S *	3	2,5	3	4	3	1,5	1,5	3,5	3,5	5	6,5	4
	F *	2	3,5	2,5	5	3	2	3,5	3,5	3,5	3,5	12,5	4,5
Alka. ndad.	S *	10	10	13	10	12	14	14	16	14	12	12	18
	F *	12	15	13	12	13	14	16	14	16	15	14	18

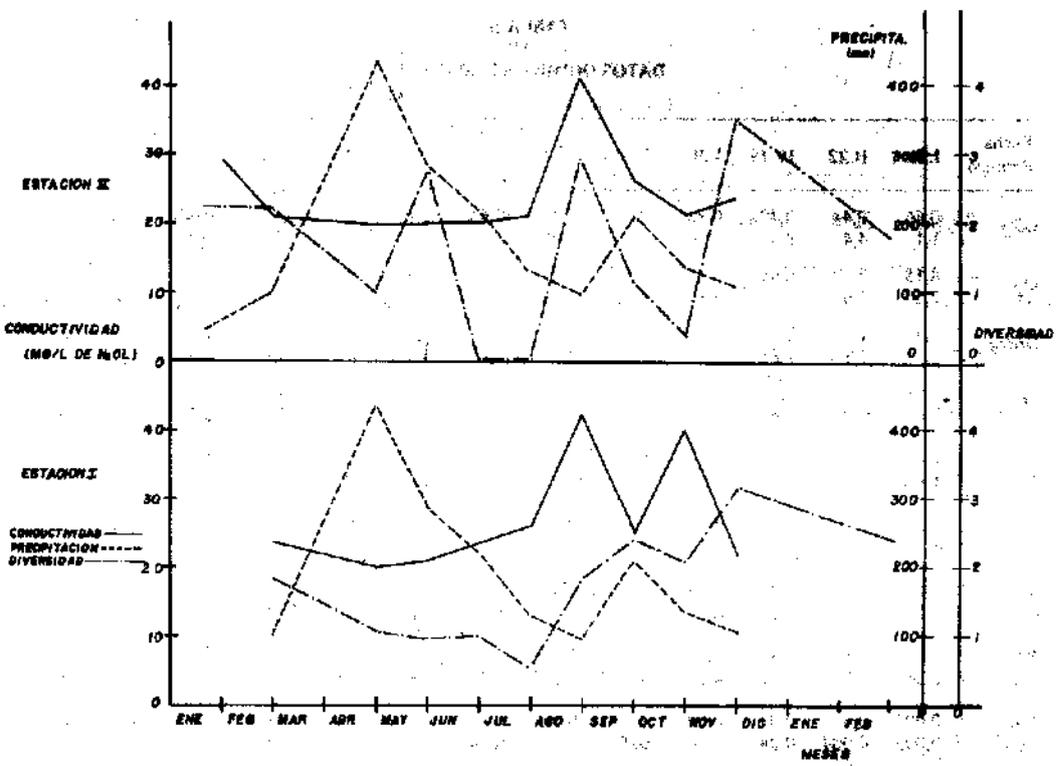


Fig. 2. Relación entre la precipitación total, la diversidad del fitoplancton y la conductividad en las estaciones I y II.

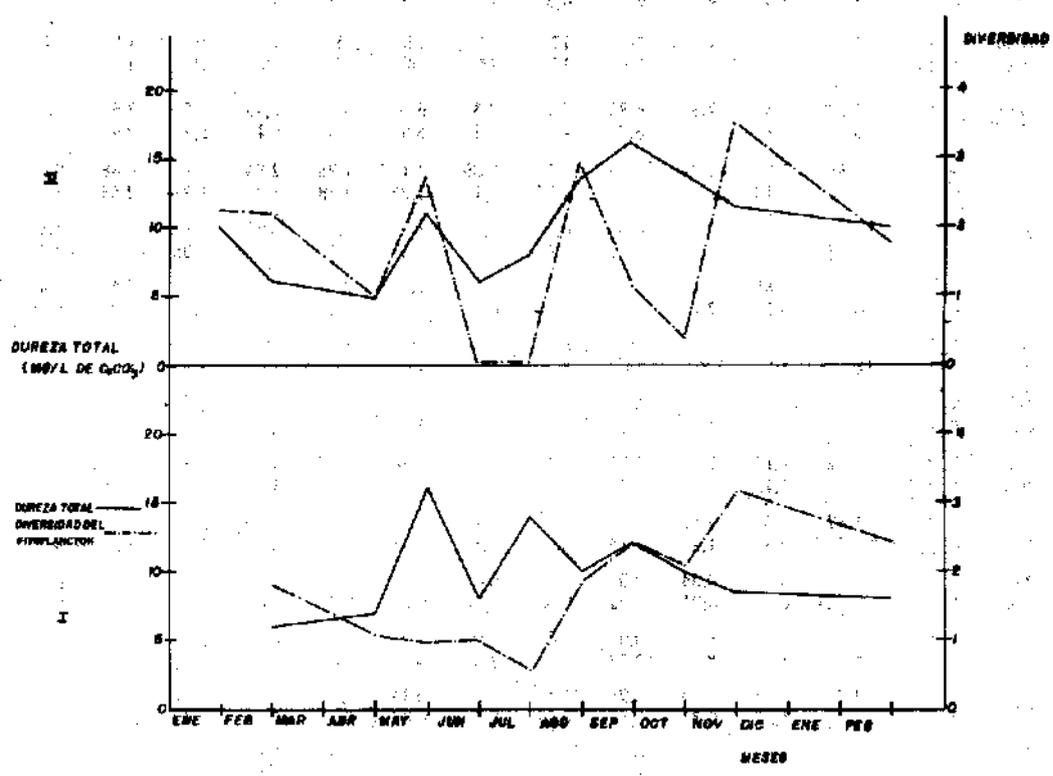


Fig. 3. Relación entre la diversidad del fitoplancton y la dureza total en las estaciones I y II.

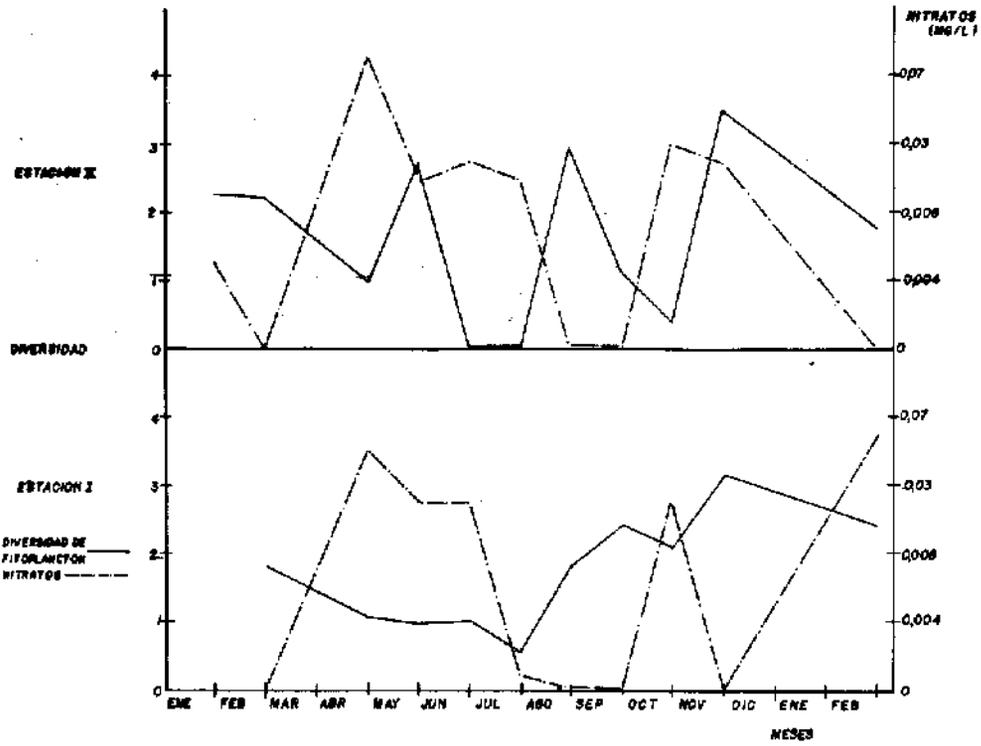


Fig. 4. Relación entre los nitratos y la diversidad del fitoplancton en ambas estaciones.

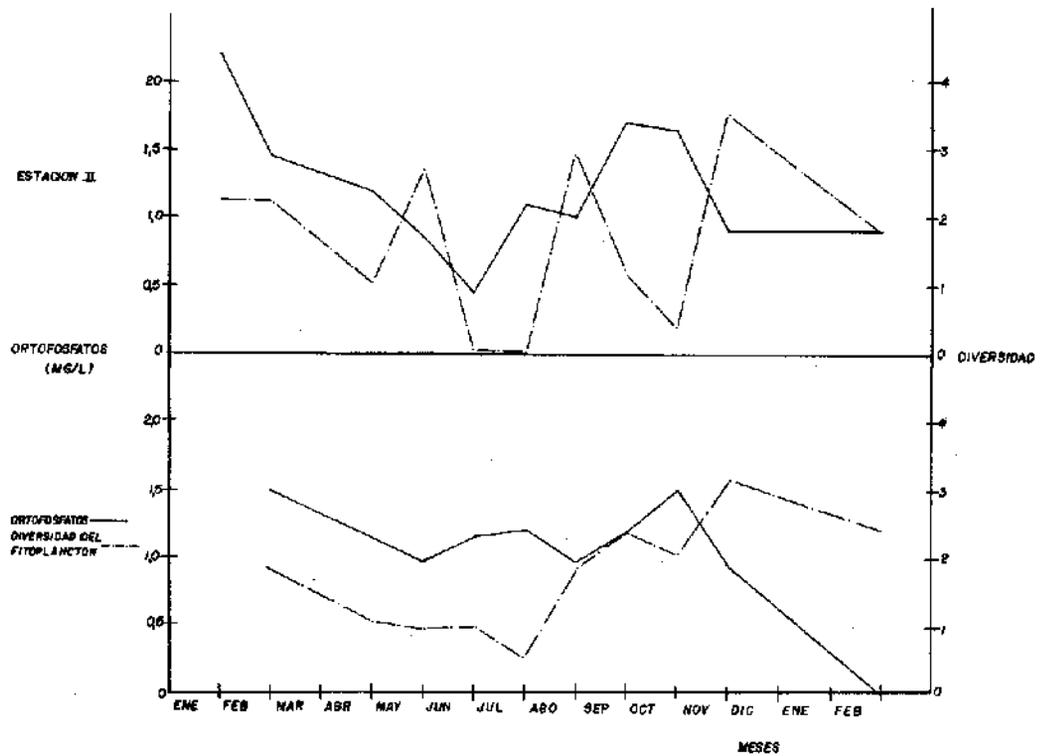


Fig. 5. Relación entre los ortofosfatos y la diversidad del fitoplancton en las estaciones I y II.

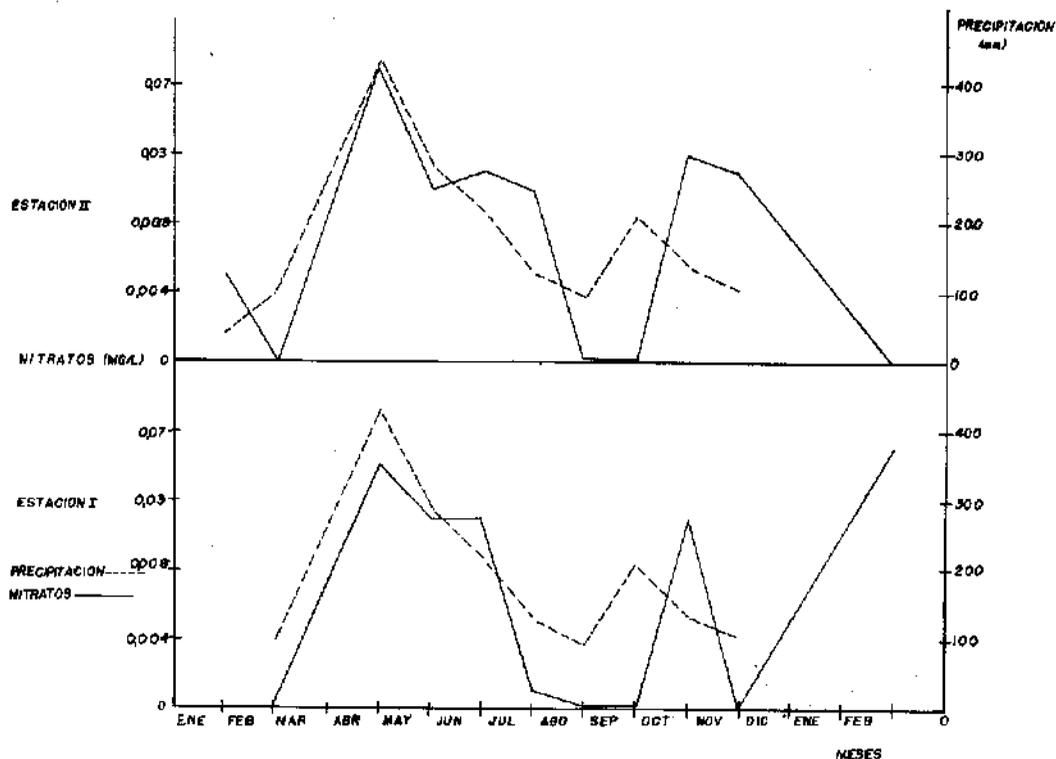


Fig. 6.
Relación entre los nitratos y la precipitación en ambas estaciones.

ción lógica. Puede concluirse, en general, que los ortofosfatos son limitantes para el fitoplancton, pues al afectarse uno de ellos, lo hace igualmente el otro.

En la figura 7 notamos en ambos embalses una relación en general directa entre la precipitación y los ortofosfatos, exceptuando los meses de febrero y abril en el embalse I y enero y abril en el II. Durante los meses de enero y febrero se presentó el mayor valor de los ortofosfatos en ambas estaciones, debido a que el fitoplancton se encontró en menor cantidad en este mes y no lo consumió. En abril, los ortofosfatos disminuyeron debido quizá al gran incremento en la precipitación, lo que aumentó mucho el volumen de la represa y diluyó los ortofosfatos.

— Relación entre la diversidad del fitoplancton, la diversidad del zooplancton y la precipitación.

En las figuras 8 y 9 se observa una relación directa entre el fito y el zooplancton a lo largo del tiempo, debido a que estas poblaciones aprovechan la cantidad de alimentos disponible para aumentar.

En la figura 8, se observa que las poblaciones de fitoplancton tienen tendencia a aumentar un poco después de los aumentos de precipitación, lo cual se debe a la mayor afluencia de nutrientes. En general la relación entre ambos parámetros

es directa. La figura 9 muestra como la diversidad del fitoplancton fue mayor en ambos embalses en el mes de noviembre con un valor de 3,14 para el embalse I y 3,5 para el embalses II. Los valores mínimos correspondieron a los meses de junio y julio (1 y 0.5 en el embalse I y 0.0 en el embalse II respectivamente). La diversidad fue mayor en el embalse II (2.92 para el I y 4.17 para el II), posiblemente debido a la agitación del lugar producida por estar cerca al sitio de bombeo y por tanto el aporte de nutrientes era mayor, y además, el embalse I por estar en el vertedero podía perder especies.

Parámetros Biológicos

Fitoplancton

La estructura de la comunidad para el embalse I, puede observarse en el figura 11. Se encontraron en esta estación 34 especies de las cuales la que ocupó un mayor porcentaje fue el "alga filamentosa sin identificar" (llamada así por la dificultad para ser nombrada) con 38.30%, fue seguida por *Dinobryon* sp con un porcentaje de 24.96%, luego por *Dimorphococcus* sp con 8.54% y a continuación *Navicula* sp con 6.37%.

Otras especies significativas fueron *Chlorella* sp, *Oscillatoria* sp y *Oedogonium* sp con valores comprendidos entre 2.17%

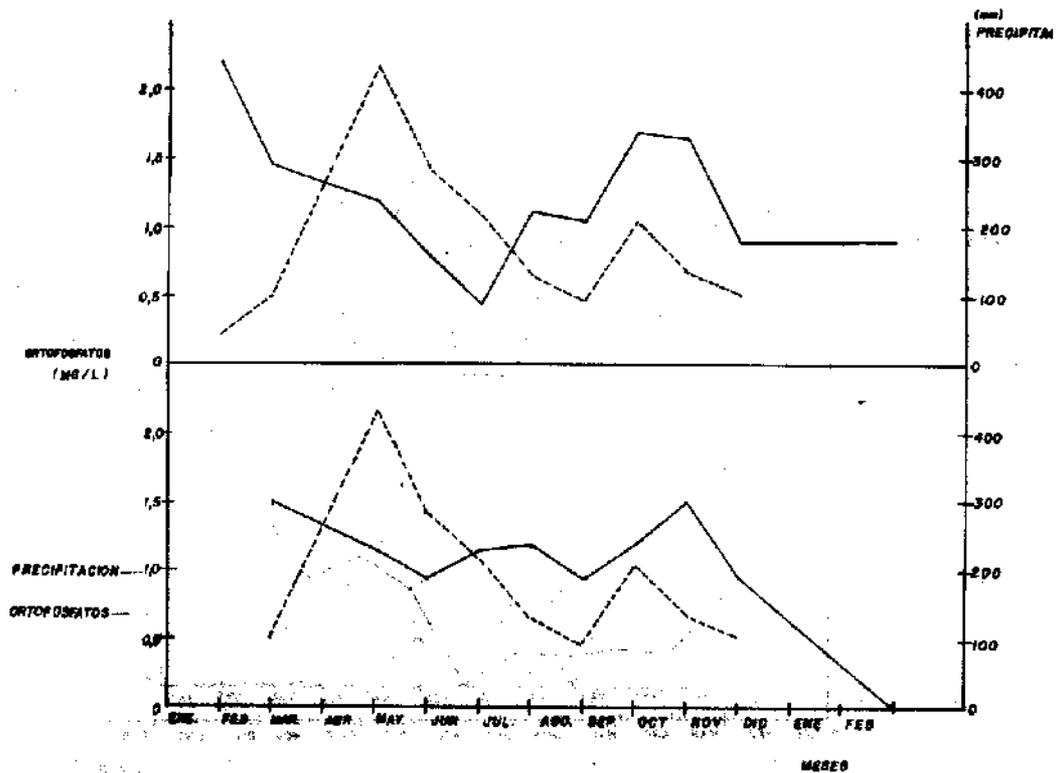


Fig. 7. Relación entre los ortofosfatos y la precipitación total en los embalses I y II.

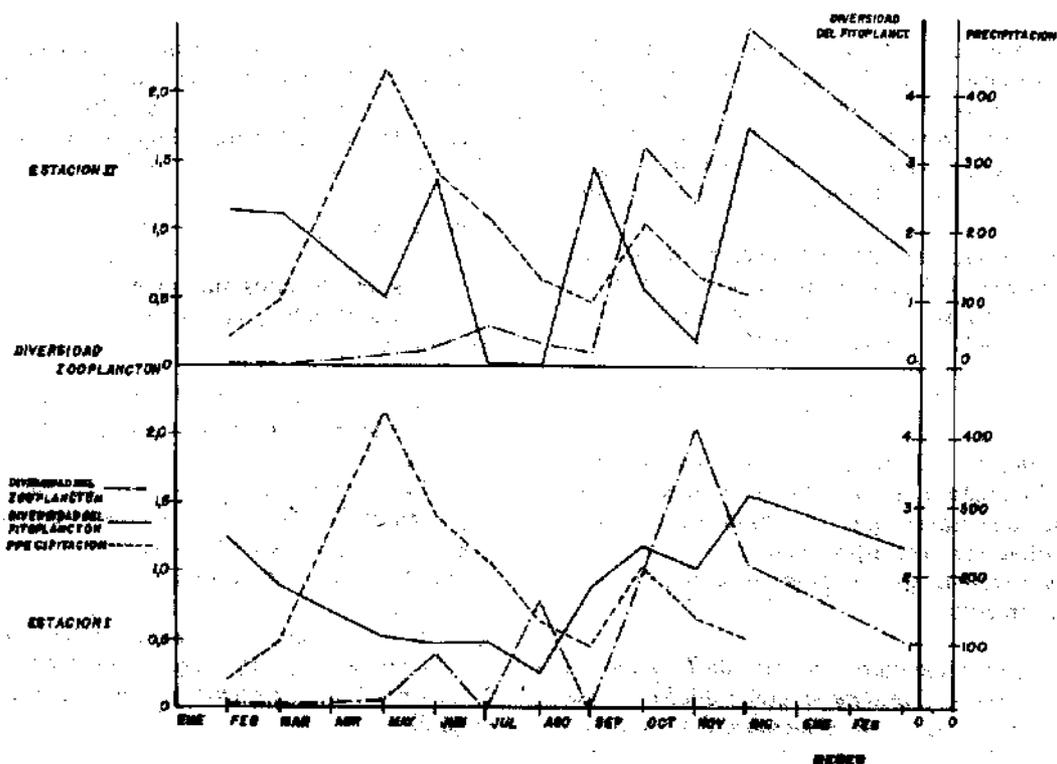


Fig. 8. Relación entre la diversidad del zooplancton, la diversidad del fitoplancton y la precipitación total en ambas estaciones.

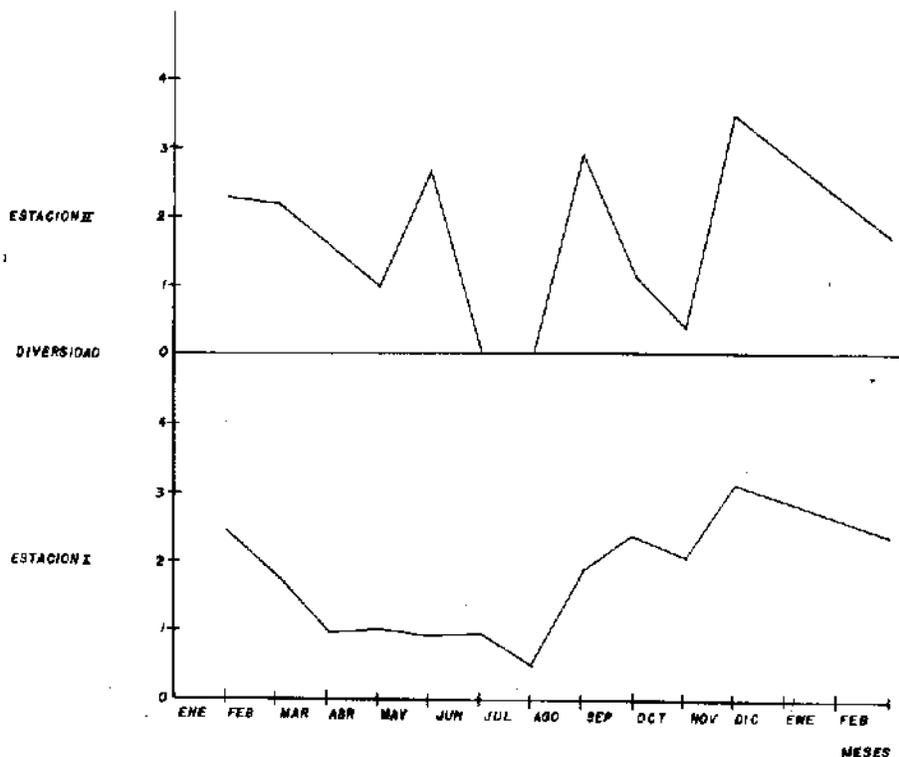


Fig. 9.
Variación de la diversidad del fitoplancton en las estaciones I y II.

y 4.12o/o. Para la estación II observamos en la figura 12, que *Dinobryon* sp obtuvo el más alto valor (19.8o/o), luego viene *Navícula* sp con 15.4o/o y a continuación otras especies tales como *Dimorphococcus* sp, *Diatoma* sp, *Gonatozygon* sp, *Aphanochaete* sp, *Rivularia* sp y *Aulosira* sp, cuyos porcentajes variaron entre 3.95 y 6.59o/o.

Se encontraron 17 especies de diatomeas entre las que *Navícula* sp presenta el índice de polución más alto (3) al igual que *Nitzschia* sp (3) y *Synedra* sp que tiene un valor de 2 (Palmer, 1977) (Tablas III y IV).

Zooplancton

Vemos en la figura 13 los organismos correspondientes al embalse I. En el embalse I se presentaron 13 especies entre ellas *Daphnia* sp, una especie que no pudo identificarse con 7.20o/o, el dinoflagelado correspondiente a la especie Uno (1) con 6.14 y *Keratella* sp y *Cyclops* sp con 2.64o/o y 2.01o/o, respectivamente.

En el embalse II se presentaron, además de *Daphnia* sp, *Cyclops* sp con 9.39o/o *Cipridina* sp con 5.86o/o y *Keratella* sp con 2.75o/o. Aquí se presentaron 10 especies (Fig. 14).

Daphnia sp se presentó en ambos embalses en mayor número en abril, mayo y agosto. En los meses en los que

Daphnia sp se presentó en poca cantidad, así como otros integrantes del zooplancton, vemos que hubo pocos individuos de fitoplancton, y de allí se explica la disminución de los cladoceros. (Figs. 15 y 16 y Tablas V y VI).

Conclusiones

1. Los ortofosfatos fueron en general limitantes para el fitoplancton, en cambio los nitratos no parecen haberlo sido.
2. Los nitratos y ortofosfatos aumentaron gradualmente en los meses de mayor precipitación.
3. La figura 9 muestra que en el embalse I hubo aumentos de fitoplancton en los meses de septiembre y noviembre, en el embalse II los aumentos fueron en los meses de mayo, agosto y noviembre.
4. El zooplancton (figura 10) presentó aumentos en el embalse I en mayo, agosto y octubre y en el embalse II en septiembre y noviembre, además de un ligero aumento en junio.
5. Los géneros del fitoplancton que se presentaron con mayor frecuencia fueron: *Navícula* sp, *Diatoma* sp, *Chlorella* sp, *Tabellaria* sp, *Phormidium* sp y *Dinobryon* sp.

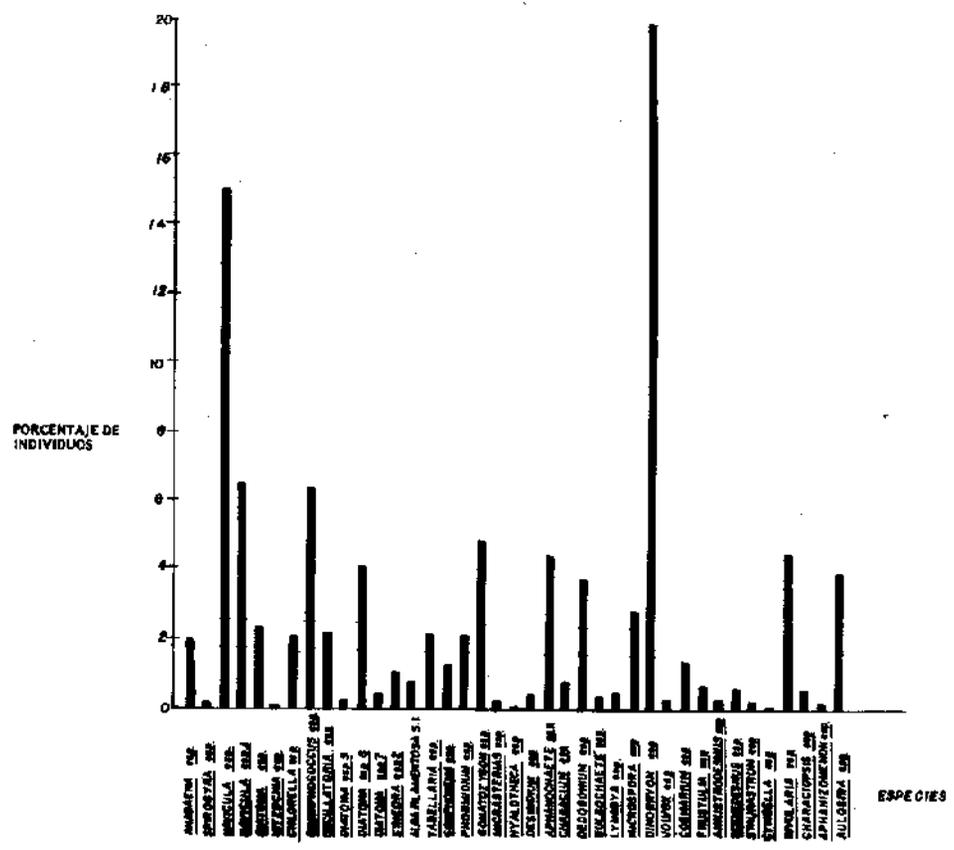


Fig. 12. Porcentaje de Individuos de fitoplancton vs. especies en el embalse II.

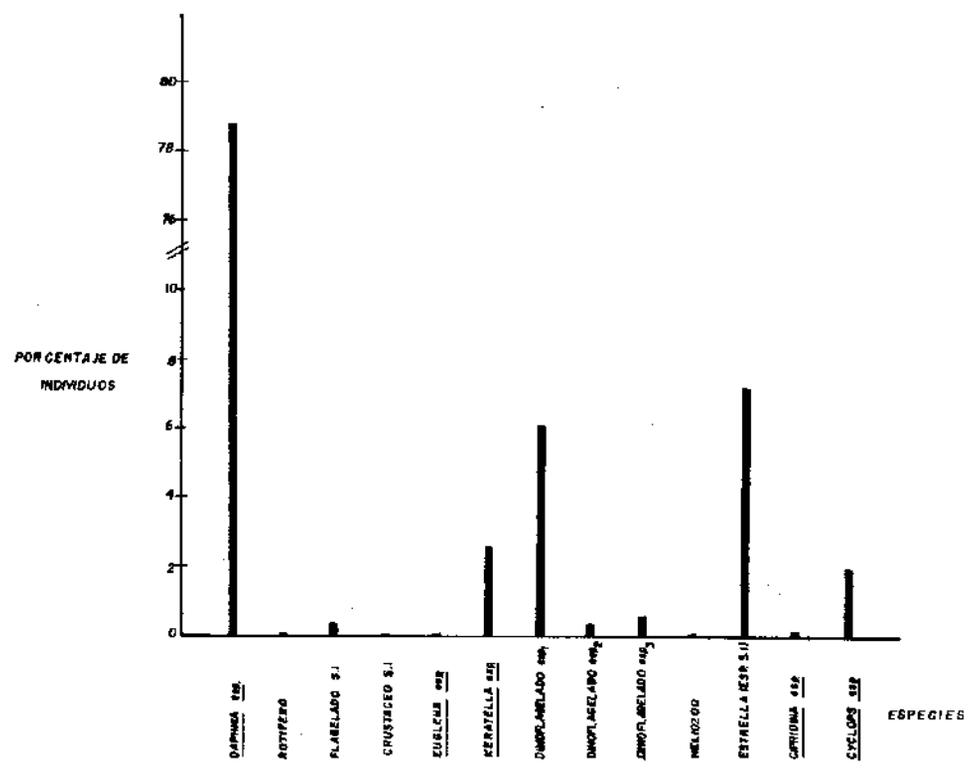


Fig. 13. Porcentaje de Individuos de zooplancton vs. especies en el embalse I.

TABLA III
DIVERSIDAD DEL FITOPLANCTON PARA EL EMSALSE I

Especies		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Total	Diversidad
<i>Anabaena</i>	sp.	3	2										5	0.97
<i>Ulothrix</i>	sp.	5	9										14	0.94
<i>Spirogyra</i>	sp.			1									1	0.0
<i>Fragilaria</i>	sp.		1										1	0.0
<i>Navícula</i>	sp.	4			50	1	9		1	12	5	3	85	1.96
<i>Diatoma</i>	sp. 2		1										1	0.0
<i>Diatoma</i>	sp.					1				2	3	1	7	1.84
<i>Nitzschia</i>	sp.	5											5	0.0
<i>Chlorella</i>	sp.		4	4	3		8		1	18	14	3	55	2.54
<i>Dimorphococcus</i>	sp.			110							4		144	0.21
<i>Oscillatoria</i>	sp.	1		3			3				35		42	0.89
<i>Diatoma</i>	sp. 1			2			1		1				4	1.50
<i>Dinobryon</i>	sp.			250					3	80			333	0.86
<i>Diatoma</i>	sp. 3				2								2	0.0
<i>Diatoma</i>	sp. 4				1								1	0.0
<i>Closterium</i>	sp.				1								1	0.0
<i>Synedra</i>	sp.				1			1		1	1	1	5	2.32
<i>Diatoma</i>	sp. 6				1		7						8	0.54
<i>Alga Filamentosa</i>	S.l.						500		1	10			511	0.15
<i>Phytoconis</i>	sp.						9						9	0.0
<i>Tabellaria</i>	sp.	1					1				2		4	1.50
<i>Gomphonema</i>	sp.							10				2	12	0.65
<i>Phormidium</i>	sp.							8	1		13		22	1.18
<i>Gonatozygon</i>	sp.									20	3		23	0.55
<i>Micrasterias</i>	sp.									1	1		2	1.00
<i>Hyalotheca</i>	sp.							1		3			4	0.81
<i>Desmidium</i>	sp.							3					3	0.0
<i>Aphanochaete</i>	sp.									1			1	0.0
<i>Characium</i>	sp.									5			5	0.0
<i>Oedogonium</i>	sp.										28	1	29	0.21
<i>Bulbochaete</i>	sp.										2	2	4	0.0
<i>Synedra</i>	sp. 2										1	1		0.0
<i>Lingbya</i>	sp.										20	20		0.0
<i>Zignema</i>	sp. 1											1		0.0
Total por mes		20	17	370	59	2	538	23	8	147	138	11		
Diversidad por mes		2.52	1.82	1.09	0.98	1.00	0.54	1.82	2.42	2.09	3.14	2.41		

DIVERSIDAD DE LA ESTACION I : 2.92714

TABLA IV
DIVERSIDAD DE FITOPLANCTON PARA EL EMBALSE II

Especies	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Total	Diversidad
<i>Dimorphococcus</i> sp.			74									74	0.0
<i>Dinobryon</i> sp.			76				5	1	145			227	1.09
<i>Navícula</i> sp.				21			100			18		139	1.13
<i>Mycrospora</i> sp.				21								21	0.0
<i>Tabellaria</i> sp.	2			7			11			4	1	25	1.93
<i>Diatoma</i> sp. 7	3			1								4	0.81
<i>Oscillatoria</i> sp.	1			4			2			3	12	22	1.83
<i>Navícula</i> sp. 2	7	2		6			60					75	1.00
<i>Diatoma</i> sp. 5				3								3	0.0
<i>Diatoma</i> sp. 6	16			6			20					42	1.44
<i>Gonatozygón</i> sp.				42					13			55	0.78
<i>Hyalotheca</i> sp.											1	1	0.0
<i>Volvox</i> sp.				2						1		3	0.91
<i>Spirogyra</i> sp.		1		1								2	1.00
<i>Chlorella</i> sp.				2	1		13			4		20	1.41
<i>Diatoma</i> sp.	5	1				1				10	1	18	1.67
<i>Cosmarium</i> sp.							16					16	0.0
<i>Phormidium</i> sp.							17			4		21	0.70
<i>Frustulia</i> sp.							8					8	0.0
<i>Ankistrodesmus</i> sp.							3					3	0.0
<i>Scenedesmus</i> sp.							7					7	0.0
<i>Staurastrum</i> sp.										3		3	0.0
<i>Gomphonema</i> sp.							2			7		9	0.76
Alga Filamentosa S.l.							2	7				9	0.76
<i>Micrasterias</i> sp.								2		1		3	0.91
<i>Cymbella</i> sp.							1					1	0.0
<i>Desmidium</i> sp.							5					5	0.0
<i>Anabaena</i> sp.	20	2										22	0.43
<i>Nitzschia</i> sp.		1										1	0.0
<i>Synedra</i> sp.2										11	2	13	0.61
<i>Aphanochaete</i> sp.										51		51	0.0
<i>Rivularia</i> sp.										26		26	0.0
<i>Characiopsis</i> sp.										7		7	0.0
<i>Oedogonium</i> sp.										41	2	43	0.27
<i>Characium</i> sp.										9		9	0.0
<i>Bulbochaete</i> sp.										4		4	0.0
<i>Aphanizomenon</i> sp.										2		2	0.0
<i>Lyngbya</i> sp.										6		6	0.0
<i>Aulosira</i> sp.										45		45	0.0
Total de mes	54	7	150	116	1	1	272	10	158	257	19		
Diversidad	2.26	2.23	1.00	2.73	0.0	0.0	2.93	1.15	0.41	3.52	1.77		

DIVERSIDAD DE LA ESTACION II: 4.17337

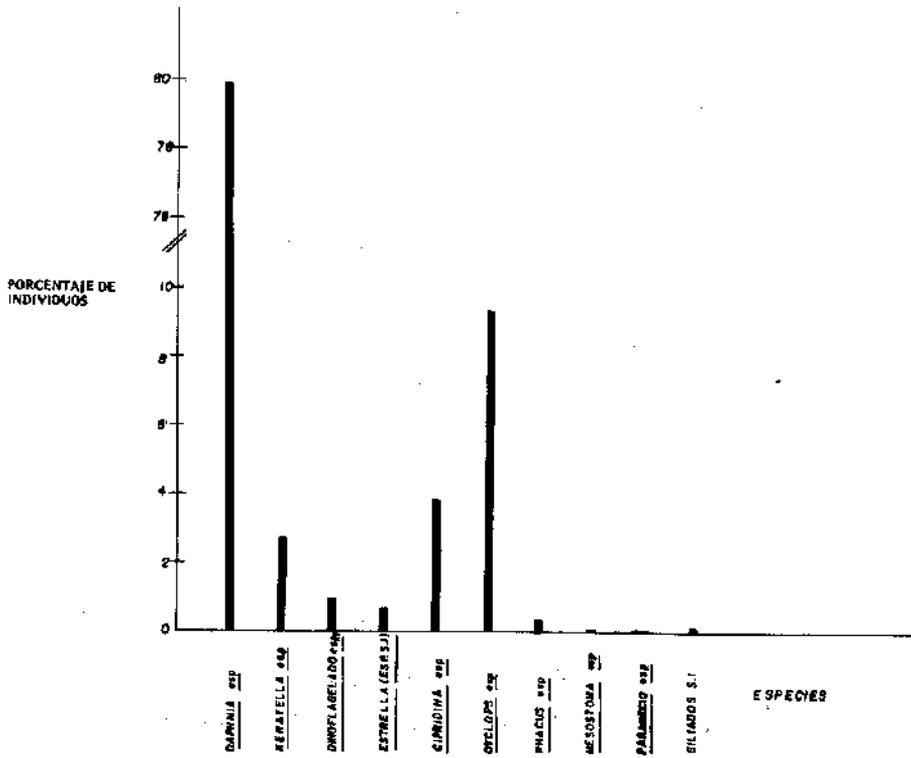


Fig. 14. Porcentaje de individuos de zooplancton vs. especies en el embalse II.

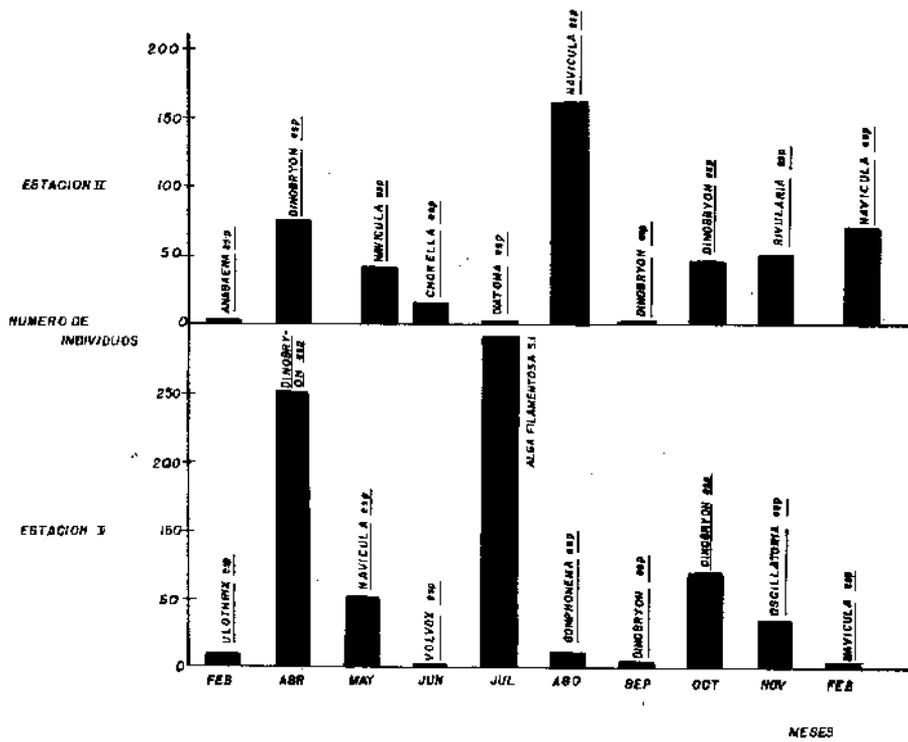


Fig. 15. Número de individuos más abundantes por mes en ambas estaciones.

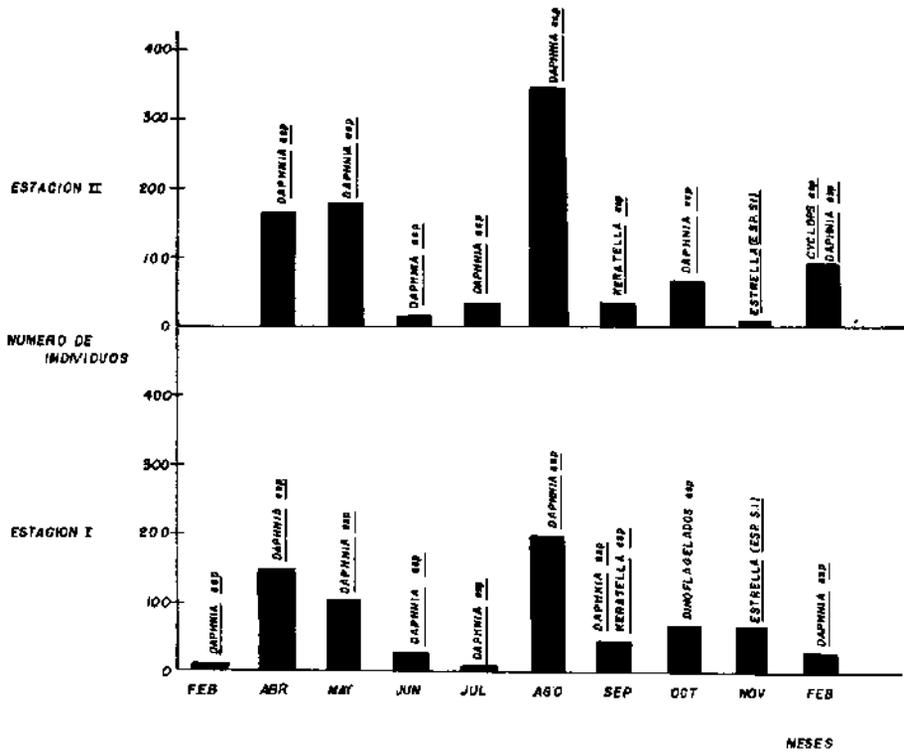


Fig. 16. Número de Individuos más abundantes de zooplankton por mes en ambas estaciones.

- En el zooplankton se presentaron con mayor frecuencia: *Daphnia* sp, *Keratella* sp dinoflagelado sp, *Cyclops* sp y *Cipridina* sp.
- Los géneros dominantes en el fitoplancton fueron: el alga filamentososa sin identificar, *Dinobryon* sp, *Nauicula* sp y *Dimorphococcus* sp.
- Las especies dominantes para el zooplankton fueron: *Daphnia* sp, *Keratella* sp y *Cyclops* sp y una especie que no pudo ser identificada.
- De los afluentes de la represa, el que mayor cantidad de nitratos, sulfatos y fosfatos aportó, fue la quebrada "Las Palmas" y el que menos influyó fue la quebrada "Potreros".
- El índice de diversidad promedio para la represa "La Fe" (sacado del promedio de la diversidad del fito y zooplankton en ambas estaciones) fue de 2.45, el cual corresponde a aguas mesotróficas según Margaleff.
- Al mirar otros datos de los parámetros fisicoquímicos y compararlos con los valores normales, se observó que en algunos casos se presentaban ligeramente alterados, como debe corresponder a aguas mesotróficas.

Conductividad promedio	24.71mg/l de NaCl.
Oxígeno promedio	7.00mg/l
Dióxido de Carbono promedio	1.23mg/l
Ortofosfatos promedios	1.10mg/l
Nitratos promedios	0.015mg/l

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi profesor TITO MACHADO C. por la orientación del trabajo; al profesor RAMIRO FONNEGRA G. por su ayuda en las fotografías; al doctor HERNAN PULIDO quien patrocinó la investigación; a los Técnicos del Centro de Investigaciones Ambientales: FRANCISCO MEJIA M., MIRIAM TOBON A. y GLICELDA SIERRA A.; al profesor OVIDIO ARBOLEDA por su constante voz de aliento e igualmente al profesor GABRIEL BEDOYA; a ORLANDO CABALLERO y MARTA L. ALVAREZ por su colaboración desinteresada en la elaboración de las gráficas; a mi esposa ROSMIRA SALDARRIAGA, quien me ayudó en todos los momentos; al doctor GUILLERMO JIMENEZ por su ayuda en el trabajo del computador y en general, a todos aquellos que contribuyeron en una u otra forma a finalizar lo presente.

DIVERSIDAD DE ZOOPLANCTON PARA EL EMBALSE I

Especies		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Total	Diversidad
<i>Daphnia</i>	sp.		10	150	105	30	10	200	50	10	22	30	617	2.6
Rotífero				1									1	0.0
Flagelado S.I.					4								4	0.0
Crustáceo S.I.							1						1	0.0
<i>Euglena</i>	sp.						1						1	0.0
<i>Keratella</i>	sp.							20	4			1	25	0.8
Dinoflagelado	sp. 1									58			58	0.0
Dinoflagelado	sp. 2									4			4	0.0
Dinoflagelado	sp. 3									6			6	0.0
Heliozoo										1			1	0.0
Esp. S.I. (Estrella)											68		68	0.0
<i>Cypridina</i>	sp.											2	2	0.0
Esp. S.I.		2			3					5			10	1.48
<i>Cyclops</i>	sp.							1		12	6		19	1.16
Total por mes		2	10	151	112	30	12	200	71	100	96	33		
Diversidad por mes		0.0	0.0	0.0	0.39	0.0	0.81	0.0	0.95	2.05	1.08	0.52		

DIVERSIDAD TOTAL DE LA ESTACION I: 1.42903

TABLA VI

DIVERSIDAD DE ZOOPLANCTON PARA EL EMBALSE II

Especie		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Total	Diversidad
<i>Daphnia</i>	sp.			165	183	17	35	350	20	67	8	90	935	2.49
<i>Phacus</i>	sp.				1			4					5	0.72
<i>Cyclops</i>	sp.				3				2	30	3	95	133	1.16
<i>Mesostoma</i>	sp.					1							1	0.0
Paramecium	sp.							1					1	0.0
<i>Keratella</i>	sp.								35		4		39	0.47
Dinoflagelado	sp. 2								4	9	1		14	1.19
<i>Cypridina</i>	sp.								3			80	83	0.22
Ciliado S.I.											2		2	0.0
Esp. S.I. (Estrella)											10		10	0.0
Esp. S.I.				2			1						3	0.91
Total por mes		0	0	167	187	18	36	355	64	106	28	265		
Diversidad por mes														

DIVERSIDAD TOTAL DE LA ESTACION II: 1.28270

BIBLIOGRAFIA

- Azad, S.H y Borchardt, A.J. 1969. A method for predicting the effects of light intensity on algal growth and phosphorus assimilation. Jour. W.P.C.F. 41: 11, P.R. 392—R404.
- Barlow, P.J.; Peterson, J.B. y Savage, E.A. 1974. The physiological state with respect to phosphorus of cayuga lake phytoplankton. Limn. and Oceanography. 19 (3), P.396—408.
- Berman, S.M y Follingher, U.1974. Annual and seasonal variations of phytoplankton, chlorophyll and photosynthesis in lake kinneret. Limn. and Oceanography. 19 (1), P.31—54.
- Boney, A.D. 1975. Phytoplankton, 1a. ed. Edward Arnold Lim. Londres.
- Berman, S.M y Richman, S.1974. The feeding behavior of *Daphnia pulex* from lake winnebago, wisconsin. Limn. And Oceanography. 19(1), p.105—109.
- Blazka, P. y Ganf, G.G. 1974. Oxygen uptake, ammonia and phosphate excretion by zooplankton of a shallow aquatorial lake (Lake George, Uganda). Limn. And Oceanography. 19(2), P.313—325.
- B.S.C.S. 1966. Curso de Biología. Humberto Gómez, Roberto Galán, Fabio Heredia. 3a. Ed. Edit. Norma. Cali. P.189—215.
- Caicedo, I.E.1977. Fitoplancton de la Bahía de Nenguange. An. Inst. Inv. Mar. Pta. de Betfn, 9, p.17-44.
- Córdoba, G.J. y Villegas, A.1966. Estudio preliminar y manejo de la cuenca de captación del embalse La Fé. Rev. Inst. Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá 12pp.
- Dowden, F.B.1962. Toxicity of commercial waste-oil emulsifiers to *Daphnia magna*. Jour.W.P.C.F. 34:10. p. 1010—1014.
- Edmonson, W.T.1956. Fresh water Biology. John Wiley J. sons, Inc. N.Y.
- Eldridge, F.E.1963. Irrigation as a source of water pollution. Jour. W.P.C.F. 35:5, p.614—625.
- Ford, R. y Hazen, W. 1972. Readings in aquatic Ecology. W.B. Saunders Co. Toronto. 397pp.
- Gauffin, A.R. 1973. Use of aquatic invertebrates in the assessment of water quality. Am. Soc. for testing and materials. Philadelphia. p.96116.
- Gaur, C.A.; Gotaas, B.H y Pipes, O.W. 1960. Culture of *Oscillatoria* in organic wastes. Jour. W.P.C.F. 32: 10p, 1059-1065.
- Greenberg, A.E.; Hoak, R.D.; Taras, J.M. y Rand, C.M. 1971. Standard Methods: Water and wastewaters. 13a. ed. Am. public. Health Assoc. 874 pp.
- Hohn, H.M. 1961. Determining the pattern of the diatom flora. Jour. W.P.C.F. 33:1, P.48-53.
- Imboden, M.D. 1974. Phosphorus model of lake eutrophication. Limn. and Oceanography. 19(2), p.297-304.
- Jenkins, D.; Klein, A.S. y McGauhey, H.P.1963. The fate of ABS in soils and plants. Jour. W.P.C.F. 35:5, p.636-654.
- Kuentzel, E.L.1969. Bacteria, Carbon dioxide and algal blooms. Jour. W.P.C.F. 41:10, p.1737-1751.
- Lehman, T.J. 1976. Ecological and nutritional studies on *Dinobryon* e Hrenb: seasonal periodicity and the phosphate toxicity problem. Limn and Oceanography. 21(5), p.646-658.
- Machado, T. 1975. Laboratorio: diversidad biológica. Act biológicas. Medellín. 4(13), p.67-73.
- Mackenthun, M.K. 1962. A review of algae, lake, weeds and nutrientes. Jour. W.P.C.F. 34:10, P.1077-1085.
- Margalef, R.1974. Ecología. Ediciones Omega. Barcelona, 951 pp.
- Margalef, R.1976. Biología de los Embalses. Sc.Am. No.1, P.5a-62.
- Megard, O.R. y Smith, D.P.1974. Mechanism that regulate growth rates of Phytoplankton in shagawa lake, minnesota. Limn. and Oceanography. 19(2). p.279-296.
- Molano, C.J.1954. Limnología Colombiana. Ed. divulgación de recursos naturales. Bogotá.
- Munawar, M. y Sheath, R. 1974. Phytoplankton composition of a small subarctic lake in the northwest territories, Canadá. Phycologia. 13(2), p.149-161.
- Nesbitt, B.J. 1969. Phosphorus removal- the state of art. Jour. W.P.C.F. 41:5, p.701-713.

- O'Flaherty, M.L. y Torres, R.M.A. 1976. Influence of pesticides on *Chlorella*, *Chlorococcum*, *Stigeoclonim*, *Tribonema*, *Vaucheria* and *Oscillatoria*. *Phycologia*, 15(1), p.25-36.
- Palmer, C.M. 1962. Algae in water supplies. United States department of Health, education and welfare. Public health service. Publicación No.657. 88pp.
- Palmer, C.M. 1977. Algae and water pollution. Municipal environmental research laboratory office of research and development. Ohio.
- Patiño, A. 1970. Una batalla Ecológica en el Valle del Cauca. *Boletín del Depto de Biología*. Univ. del Valle. Colombia. 3(1), p.5-38.
- Patrick, R y Strawbridge, D. 1963. Methods of studying diatom populations. *Jour. W.P.C.F.* 35:2, p.151-161.
- Pennak, R. 1953. Fresh waters invertebrates of the U.S.A. The Ronald Press Co. N.Y.
- Prescott, G.W. 1979. How to know the fresh water algae. Brown Co. publishers. Iowa. 349pp.
- Reid, G.K. 1966. Ecology of inland waters and estuaries. Reinhold publishing corporation. N.Y. 375pp.
- Roldán, G y Machado, T. Manual de Limnología. Medellín. 186 pp.
- Rothman, D.E.; Santiago, A.M.; Scheike, L.C y Stoermer, F.E. 1974. Responses of phosphorus limited lake Michigan phytoplankton to factorial enrichments with Nitrogen and phosphorus. *Limn. And Oceanography*. 19(3), p.409-419.
- Sampaio, J. 1941. Actas do I congresso Nacional de Ciências Naturais. Lisboa. 972pp.
- Schwoerbel, J. 1975. Métodos de Hidrobiología. Trad. Fco Javier Haering P.H. Blume ediciones.
- Stearns, C.S. 1975. Light responses of *Daphnia pulex*. *Limn. and Oceanography*. 20(4), p.564-570.
- Thomás, J.D. y Ratcliffe, P.J. 1973. Observations on the Limnology and primary production of a small man-made Lake in the west African savanna. *Fresh Water Biology*. Vol.3.
- Sze, P. 1975. Possible effect of lower phosphorus concentrations on the phytoplankton in onondaga lake, New York. U.S.A. *Phycologia*, 14(4), p.197-204.
- Uribe, A. y Roldán G. 1975. Estudio comparativo de algunas características Físico-químicas y Biológicas del embalse "El Peñol". *Act. biológicas*. Medellín, 4(11), P.2-12.
- Waldichuk, M. 1969. Eutrophication studies on a shallow inlet on Vancouver Island. *Jour. W.P.C.F.* 41:5, p.745-764.
- Weaver, J.P. 1969. Phosphates in surface waters and detergents. *Jour. W.P.C.F.* 41:9, p.1647-1653.
- Welch, P.S. 1952. *Limnology*. 2a. ed. McGraw Hill Book Co. N.Y. 538pp.