

ESTUDIO LIMNOLÓGICO EN EL LAGO PELLEGRINI (RÍO NEGRO, ARGENTINA)*

Víctor H. CONZONNO**, Aldo A. MARIAZZI**, María A. CASCO***,
Ricardo ECHENIQUE***, Héctor A. LABOLLITA***
y Margarita PETROCCHI***.

SUMMARY: Limnological study in Pellegrini lake (Río Negro, Argentina).

Results of an investigation on nutrients, primary production, chlorophyll and phytoplankton in Pellegrini Lake (hard waters artificial ecosystem) are presented. The hardness was around 350 mg CO₃Ca per liter, total phosphorus, total inorganic nitrogen and reactive silica showed very low values. The contribution of algae fraction below 25 µm to total primary production and chlorophyll was very high. Phytoplankton was represented by 70 taxa and four were dominant in different periods: *Oocystis parva* *Chlorococcales* (not identified), *Merismopedia tenuissima* and *Chaetoceros sp.* Some considerations are made about calcium and macrophytes influence on nutrients levels, primary production and phytoplankton composition.

En el presente trabajo se intenta efectuar una descripción de este ecosistema acuático en base a un estudio periódico de factores físicos y químicos, de la producción primaria, clorofila y fitoplancton.

Las aguas del Lago Pellegrini tienen características muy particulares presentando una elevada dureza (abundancia de sales de calcio) que favorece la precipitación de carbonato de calcio. Este hecho tiene una gran influencia sobre los nutrientes, la producción primaria, la población algal y en el gran desarrollo de macrofitas observado.

El cuerpo de agua tiene una superficie de 112 km², la longitud de la línea de costa es de 69 km y la profundidad media de 9,4 metros. Está situado en la provincia de Río Negro, a 68° 6' de longitud oeste y 38° 6' de latitud sur (figura 1). Quedó constituido en una depresión natural de posible origen eólico de tipo wannen la que fue llenada con aguas del río Neuquén con la finalidad

- * Este trabajo se realizó a través de un Convenio entre el Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia e Hidronor S.A.
- ** Instituto de Limnología de La Plata (Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata-Conicet).
- *** Cátedra Sistemática de Plantas Celulares (Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata).

ECOSUR	Argentina	ISSN 0325 — 108X	v.8	n.15	pág. 153-170	marzo 1981
--------	-----------	---------------------	-----	------	-----------------	---------------

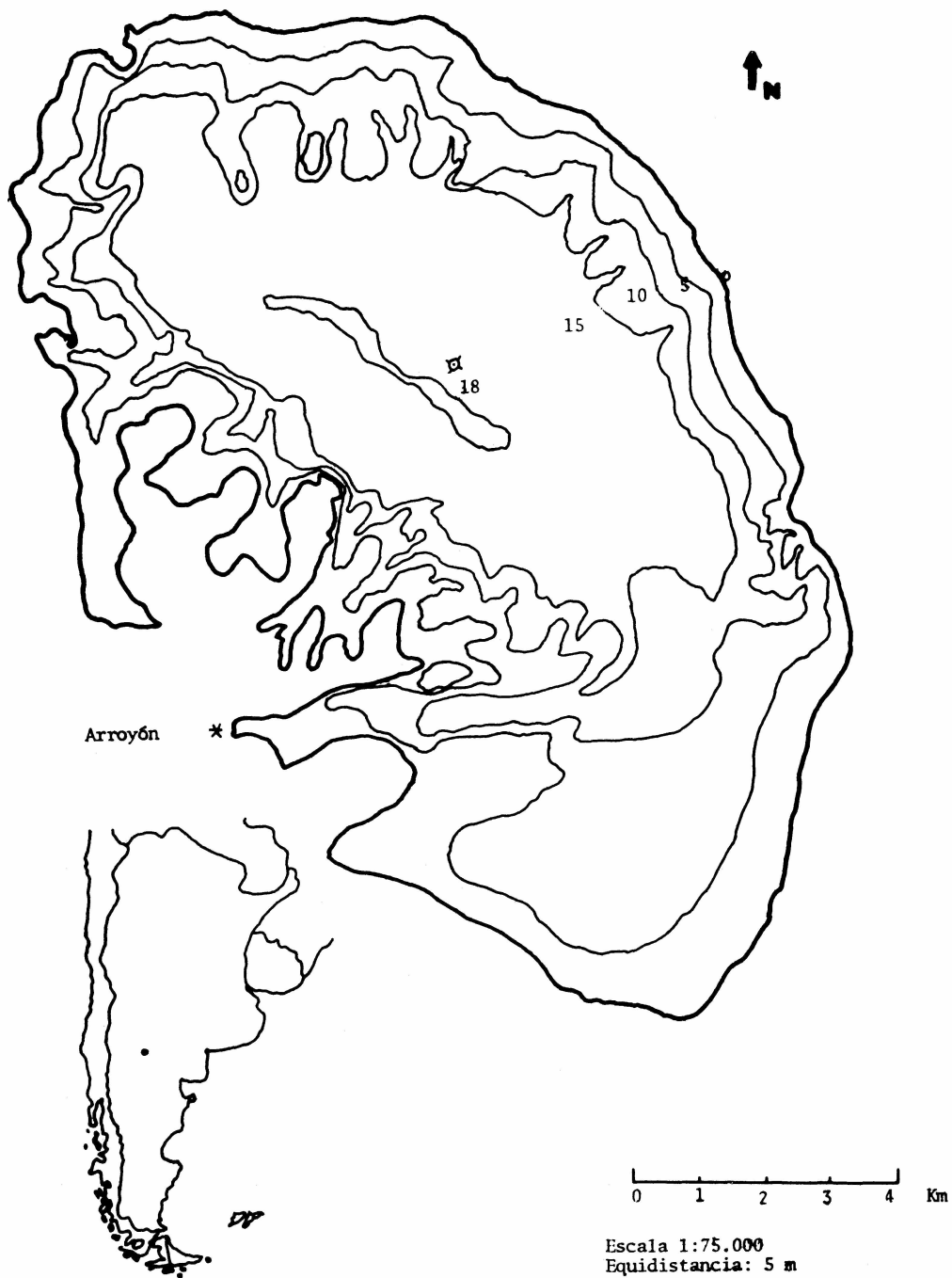


Fig. 1. Mapa del lago Pellegrini y su ubicación geográfica. Estación de muestreo.

de regular el régimen del mismo y es por lo tanto un ecosistema acuático artificial. Las faldas de la cuenca eran de tierra arenosa y salitrosa, en parte cubierta con pedregullo no muy grueso conteniendo además conchillas enteras y fragmentadas (Lange, 1904). Posee un solo afluente denominado Arroyón y no existe ningún efluente. el clima de la zona es semiárido con temperaturas medias mensuales bajas durante casi todo el año. La media anual de mediciones de 8 años en la cercana localidad de Cinco Saltos fue de 14,7°C. La precipitación anual media es de 238 mm.

Existe en gran parte del lago un notable desarrollo de macrofitas constituido por siete especies: *Miriophyllum elatinoides*, *Potamogeton pectinatus* var. *striatus*, *Chara vulgaris*, *Lamprothamnium longifolium*, *Nytella hyalina*, *Scirpus californicus* y *Ludwigia uruguayensis*. (Lic. Néstor Gabellone, comunicación personal).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se estableció una estación de muestreo en una zona central del lago donde la profundidad era de 16 a 17 metros (fig. 1). Se practicaron muestreos mensuales entre enero y octubre de 1981 y en enero-febrero de 1982. Las muestras de agua para las determinaciones químicas y de clorofila-*a* se extrajeron mediante un sistema de bombeo. Para las estimaciones de oxígeno disuelto, producción primaria y estudio cuali-cuantitativo de fitoplancton las muestras se extrajeron mediante un aparato tipo van Dorn de 3 litros de capacidad. Se obtuvieron muestras de 7 niveles a saber: superficie, 1; 2,5; 5; 7,5; 10 metros y a 1 metro del fondo.

La transparencia se midió mediante el disco de Secchi y a partir de abril se midió la atenuación de la luz en la columna de agua, con un fotómetro subacuático Li-Cor (Lambda Instruments, Nebraska, USA). La temperatura se determinó con un termómetro directamente desde la boca de bombeo, y la conductividad con un conductímetro Etron. El oxígeno disuelto se determinó por el método de Winkler, modificación de Alsterberg, sodio y potasio por absorción atómica y calcio, magnesio, cloruro, carbonato y bicarbonato por volumetría, ortofosfato, fósforo total, amonio y sílice reactiva por espectrofotometría siguiendo técnicas descriptas en el Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (1971). Nitrato, nitrito y sulfato se determinaron por espectrofotometría según técnicas descriptas en Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes (1976).

La clorofila-*a* se determinó según la técnica de Lorenzen (1967) corrigiendo los valores por presencia de feopigmentos. se filtraron cantidades adecuadas de agua a través de filtros Whatman GF/C extrayéndose el pigmento en acetona al 90%. Se efectuó la diferenciación de la clorofila del fitoplancton menor de 25 μm procesando otro grupo de muestras previamente filtradas por una red de plancton de 25 μm de poro.

Las mediciones de producción primaria se efectuaron *in situ* utilizando el método de ^{14}C de Steeman Nielsen (1952). Se llenaron botellas claras y oscuras de 100 ml que fueron luego inoculadas con 4 μCi de bicarbonato de sodio (^{14}C) mediante una jeringa semiautomática (Cornwall Syringe, USA) y suspendidas a distintas profundidades hasta los 10 metros. El período de incuba-

ción fue de 4 horas, entre las 10.00 y 14.00 aproximadamente. Paralelamente se efectuó el mismo procedimiento con otro juego de botellas llenadas con agua de las distintas profundidades pero previamente filtrada por una red de plancton de $25\mu\text{m}$ de poro. Esto se realizó con la finalidad de evaluar la contribución de las algas menores de ese tamaño a la producción primaria total. Una vez concluida la incubación las botellas se llevaron al laboratorio de campaña en un recipiente hermético y el agua se filtró inmediatamente por filtros de membrana de $0,45\mu\text{m}$ y 25 mm de diámetro, empleando un aparato de filtración múltiple de acrílico. Los filtros fueron colocados inmediatamente en viales de centelleo conteniendo 10 ml de solución centelladora con base de p-dioxano (Bray's fluor). La actividad de las muestras se midió en un contador de centelleo líquido (Spectrometer Scintillation Liquide SL-30 Intertechnique) en la Gerencia de Protección Radiológica y Seguridad de la Comisión Nacional de Energía Atómica (Ezeiza). El método de conteo fue el de la razón de canales y se corrigieron los conteos mediante una curva de "quenching".

Los estudios cuali-cuantitativos de fitoplancton se iniciaron en el mes de junio de 1981. Se recogieron 250 ml de agua de cada profundidad practicándose la fijación inmediatamente con lugol acético. Los conteos se efectuaron con microscopio invertido (método de Utermöhl). El número de campos contados y el volumen de muestra sedimentada dependieron de la concentración del fitoplancton utilizándose cubetas de 5, 10, 25 y 50 ml. También se realizaron exámenes de toda la base de las cámaras con el propósito de observar las formas menos numerosas. Se determinó el índice de diversidad de Shannon y Weaver según la modificación de Lloyd, Zarr y Karr.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura del agua osciló entre $7,8^{\circ}\text{C}$ (julio) y $21,5^{\circ}\text{C}$ (marzo). Durante todo el período considerado hubo una distribución uniforme en la columna de agua indicando la existencia de una total circulación (figura 2). Las concentraciones de oxígeno disuelto variaron entre 7,6 y $11,1\text{ mg l}^{-1}$, la distribución vertical fue siempre uniforme y los porcentajes de saturación estuvieron com-

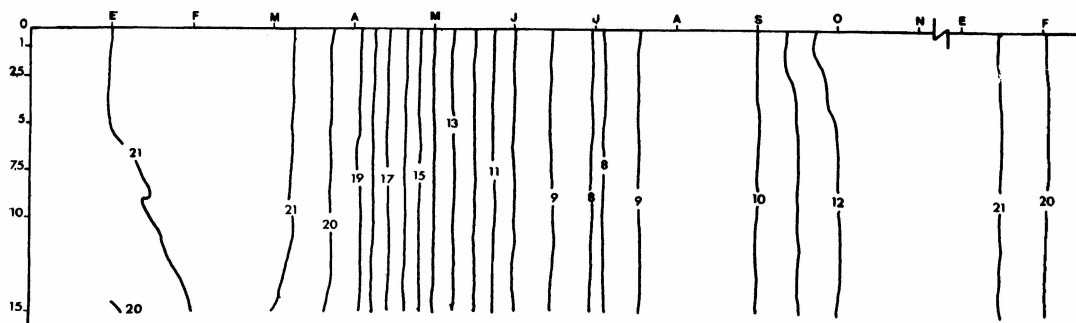


Fig. 2: Isotermas.

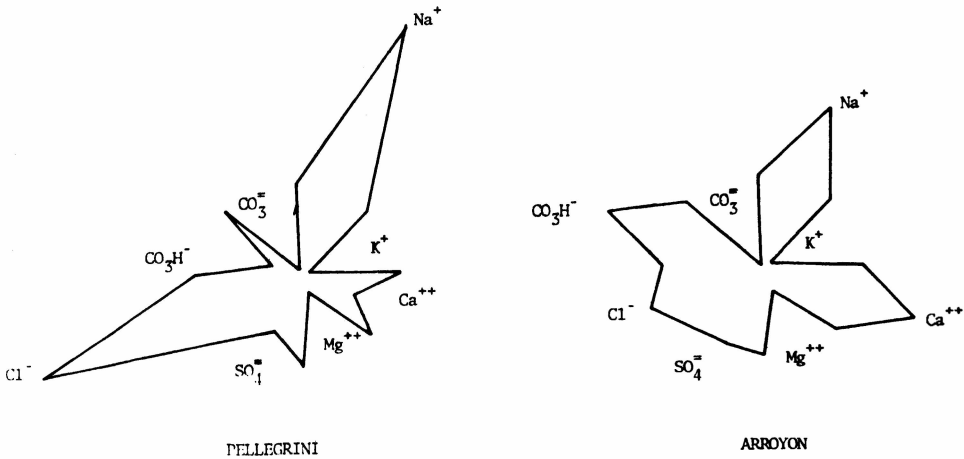


Fig. 3. Diagramas de Maucha.

prendidos entre 84,4 y 101%. La salinidad (1,56-1,61) es la correspondiente a un ambiente mesohalino (residuo sólido entre 0,5 y 5 g l⁻¹) de características clorurada-sódica y muy duras dado su tenor de calcio y magnesio. La relación

$\frac{Ca + Mg}{Na + K}$ es de alrededor de 0,30, lo cual indicaría un acercamiento al tipo de agua salobre. El único afluente del lago (Arroyón) tiene una salinidad menor, con una relación $\frac{Ca + Mg}{Na + K}$ y la proporción entre los distintos iones, diferentes (tabla I y figura 3).

La conductividad varió entre 2 200 y 2 600 $\mu\text{mho cm}^{-1}$. Los nitritos, amonio y ortofosfatos presentaron concentraciones que estuvieron por debajo del límite de detección (nitritos y amonio, menos de 0,01 mg N l⁻¹ y fosfatos, menos de 0,005 mg P l⁻¹) durante el período de estudio. El máximo de nitratos fue de 0,02 mg N l⁻¹, encontrándose la mayor parte del año por debajo del límite de detección. El fósforo total alcanzó un máximo de 0,028 P l⁻¹ (octubre), aunque raramente se superan los 0,010 mg P l⁻¹ (tabla I). La sílice reactiva fue también baja siendo el valor máximo de 1,2 mg SiO₂ l⁻¹, aunque en general no se superaron los 0,5 mg SiO₂ l⁻¹.

En el afluente del lago (Arroyón) se observaron concentraciones similares de los distintos nutrientes, con la única excepción de la sílice reactiva, la cual presentó valores más elevados y que variaron entre 12,5 y 18,9 mg SiO₂ l⁻¹ (tabla I).

En la figura 4 se representa la variación estacional de la clorofila-*a* en el estrato comprendido entre superficie y 10 metros, diferenciando la correspondiente a las algas menores de 25 micras. Las concentraciones de clorofila-*a* del fitoplancton total variaron entre 3,9 y 35,4 mg m⁻² y la del menor de 25 micras entre 2,5 y 30,2 mg m⁻², en los meses de setiembre y marzo respectivamente.

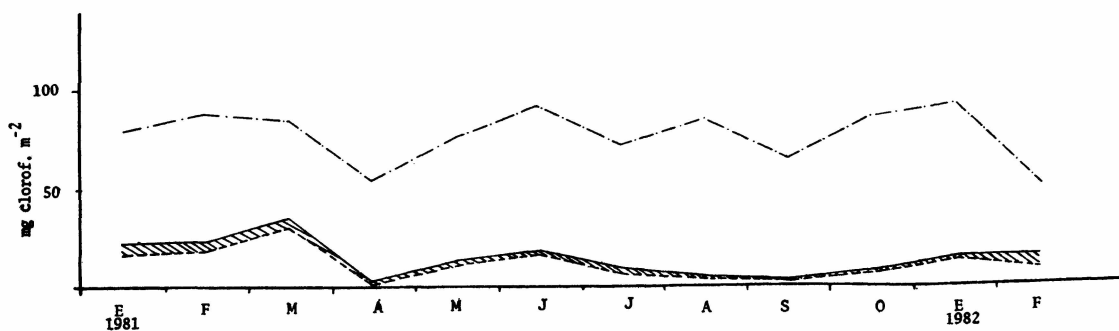


Fig. 4. Variación estacional de la clorofila-*a* en el estrato comprendido entre superficie y 10 metros. Clorofila del fitoplancton menor de 25 μm (área clara), del fitoplancton mayor de 25 μm (área rayada) y porcentaje de clorofila-*a* del foplancton menor de 25 μm (—).

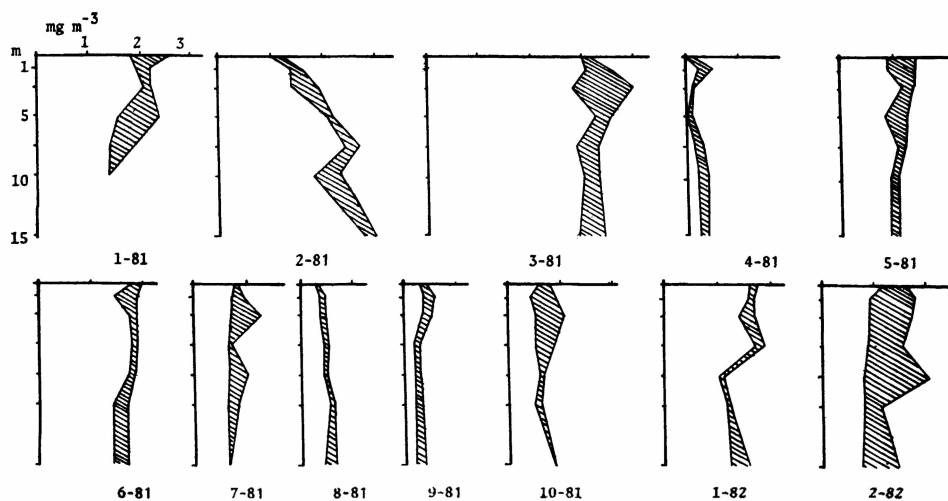


Fig. 5. Distribución vertical de la clorofila-*a* del fitoplancton menor de 25 μm (área clara) y del mayor de 25 μm (área rayada).

Con respecto a la distribución vertical se observa en general que es uniforme en toda la columna de agua hasta los 15 metros; los valores variaron entre menos de 1 y 4 mg m⁻³ (figura 5). Los máximos valores de clorofila-*a* se registraron entre enero y marzo de 1981 existiendo un ligero incremento también en junio. Resulta importante destacar la gran proporción de clorofila-*a* correspondiente al fitoplancton menor de 25 micras, cuyos porcentajes considerados los valores integrados, estuvieron entre 50,7 y 92,3% (figura 4).

Producción primaria

En la figura 6 se representa la disminución de la luz en la columna de agua desde abril de 1981, fecha a partir de la cual se iniciaron las mediciones. La profundidad del estrato eufótico varió entre 8 y 17 metros alcanzando en algunos casos el fondo del lago en nuestra estación de muestreo. Resulta destacable la gran transparencia de las aguas la cual es característica de estos tipos de ambientes y que estaría determinada en parte por la sedimentación del seston favorecida por las precipitaciones de carbonato de calcio, el cual puede absorber material detrítico (White & Wetzel, 1975). Además es importante la elevada fuerza iónica existente que determinaría una mayor floculación de los coloides.

La producción primaria del fitoplancton presentó los valores más elevados en el verano de 1981, siendo el máximo de 155,7 mg C m⁻² h⁻¹ en febrero. Posteriormente disminuyó a partir de mayo llegando a un mínimo de 17,1 mg C m⁻² h⁻¹ en agosto. Ocurre luego un nuevo incremento alcanzando a 65,4 mg C m⁻² h⁻¹ en febrero de 1982. La producción primaria del fitoplancton menor de 25 micras siguió un comportamiento similar siendo muy importante su contribución a la producción total que osciló entre 32,4 y 89,4% en febrero de

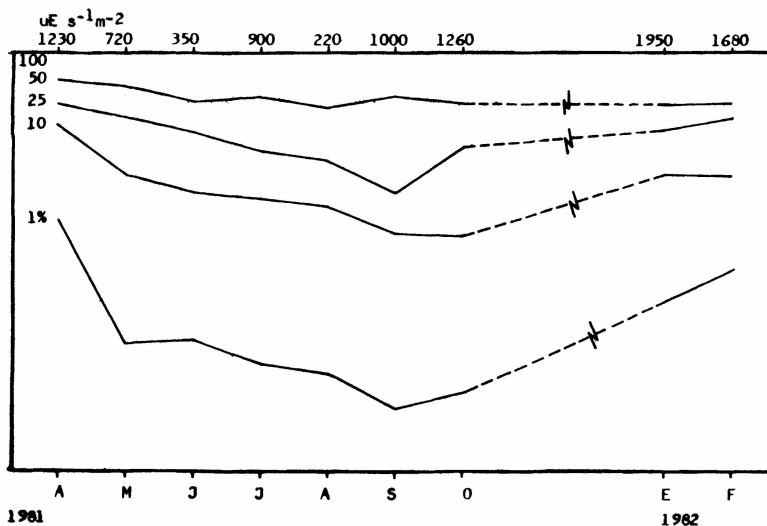


Fig. 6. Atenuación de la luz en la columna de agua.

1982 y mayo de 1981 respectivamente; en la mayoría de los casos se superó siempre el 50%. (Figura 7).

En la figura 8 se representan los perfiles de la producción primaria diferenciando la correspondiente al fitoplancton menor de 25 micras (área clara), aquella del fitoplancton mayor de dicho tamaño (área rayada). Podemos observar que los valores más elevados se registraron entre 0,5 y 5 metros de profundidad, con picos más pronunciados y rápido decaimiento a mayores profundidades en verano. Se puede visualizar claramente la notable contribución del fitoplancton menor de 25 micras en todo el período considerado.

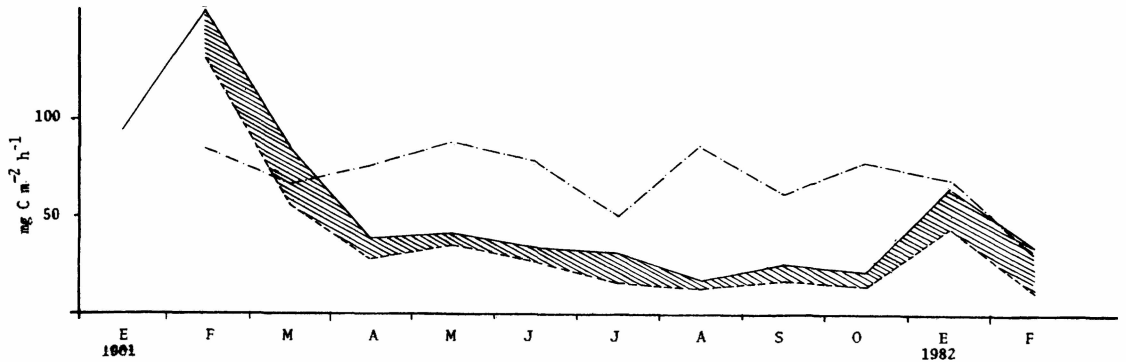


Fig. 7. Variación estacional de la producción primaria. Fitoplancton menor de 25 μm (área clara), fitoplancton mayor de 25 μm (área rayada) y porcentaje de la contribución del fitoplancton menor de 25 μm a la producción primaria total (-----). (En enero de 1981 sólo se midió producción primaria total).

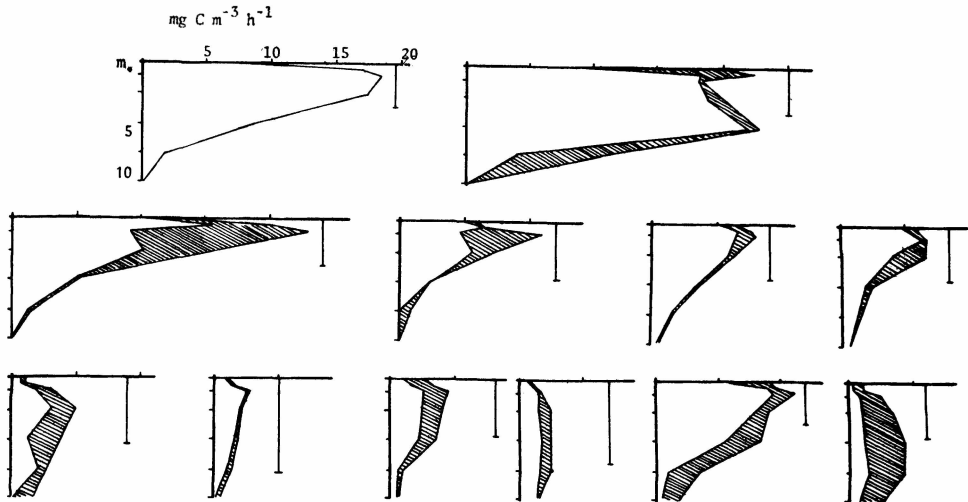


Fig. 8. Distribución vertical de la producción primaria. Fitoplancton menor de 25 μm (área clara), fitoplancton mayor de 25 μm (área rayada) y disco de Secchi (L). (En enero de 1981 sólo se midió producción primaria total).

Composición y variación témporo-espacial del fitoplancton

Durante el período de estudio se relevaron un total de 70 especies, correspondiendo un 44% a Chlorophyta, 39% a Diatomeas, 4% a Pyrrophyta, 7% a Cyanophyta, 3% a Euglenophyta y 3% al resto de Chrysophyta. (Tabla II).

Las Chlorophyta predominaron entre los meses de junio y octubre; *Oocystis parva* y otras Chlorococcales no determinadas fueron las numéricamente más importantes, alternándose en dominancia, mientras que *Lobocystis* se mantuvo como subdominante durante setiembre y octubre. Se notó a partir de allí un menor número de células por litro, hecho que no implicó una disminución en el número de especies, ya que se mantuvo casi constante a lo largo del tiempo.

Las Cyanophyta fueron importantes durante todo el período y en los meses de verano dominaron ampliamente. *Merismopedia tenuissima* presentó siempre valores muy altos, registrándose su máximo en junio. *Anabaena circinalis* estuvo también muy representada, principalmente a partir de setiembre, manteniéndose de allí en más como especie subdominante.

Las Diatomeas estuvieron presentes todo el año, observándose valores bajos y constantes, excepto en febrero donde constituyeron el segundo grupo en abundancia. *Chaetoceros* sp. llegó a ser dominante en algunas profundidades en junio; además fue subdominante en junio y febrero, al igual que otras céntricas en julio y agosto.

Tanto Pyrrophyta como Euglenophyta estuvieron pobremente representadas, apareciendo ocasionalmente *Gymnodinium* y *Gl enodinium* dentro de las primeras y *Trachelomonas* y *Phacus* en las segundas. (Figura 9).

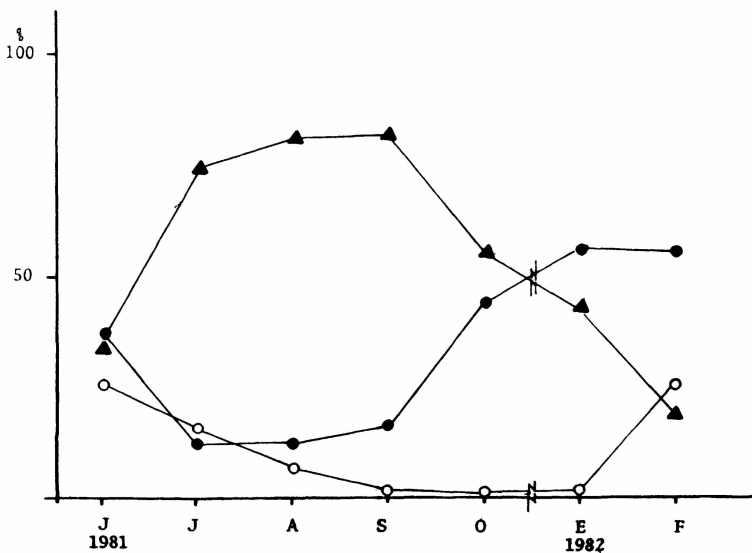


Fig. 9. Variación estacional de los principales grupos algales. ● Cyanophytas; ▲ Chlorophyta y ○ Diatomeas.

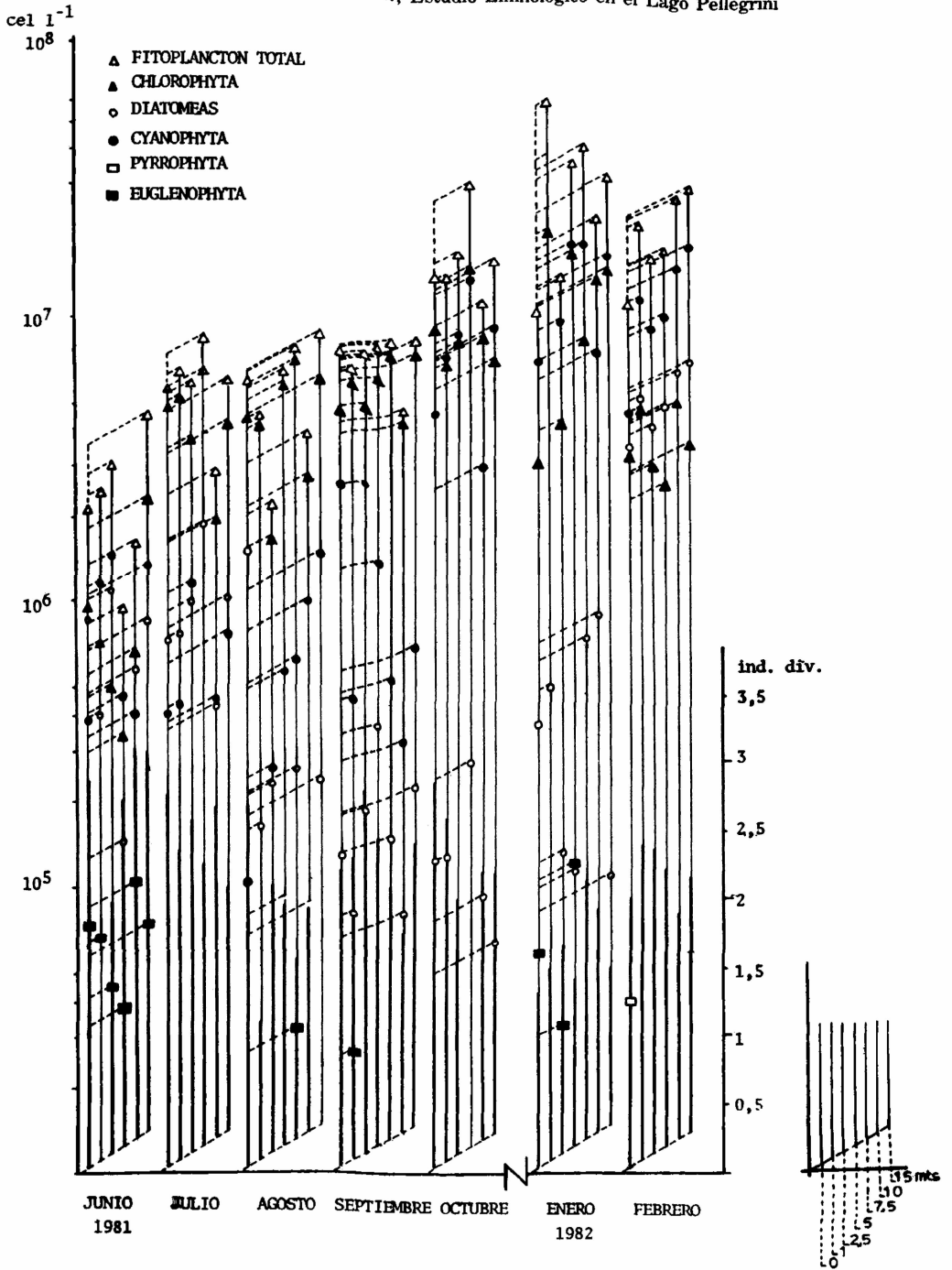


Fig. 10: Sucesión de los grupos algales en diferentes profundidades (células por litro). Los índices de diversidad están indicados en trazos gruesos.

En líneas generales se observó claramente una dominancia alternada entre cuatro taxas: *Oocystis parva*, Chlorococcales (no determinadas) y *Merismopedia tenuissima* fueron las más importantes en el tiempo, mientras que *Chaetoceros* sp. lo fue en menor medida.

En resumen, se determinó un aumento paulatino del fitoplancton total desde junio de 1981 hasta febrero de 1982, correspondiendo los valores máximos a enero de 1982, con un pico de 61.250.000 células por litro a 1 metro de profundidad (figura 10), y una media de 28.415.000 células por litro en toda la columna de agua (figura 11).

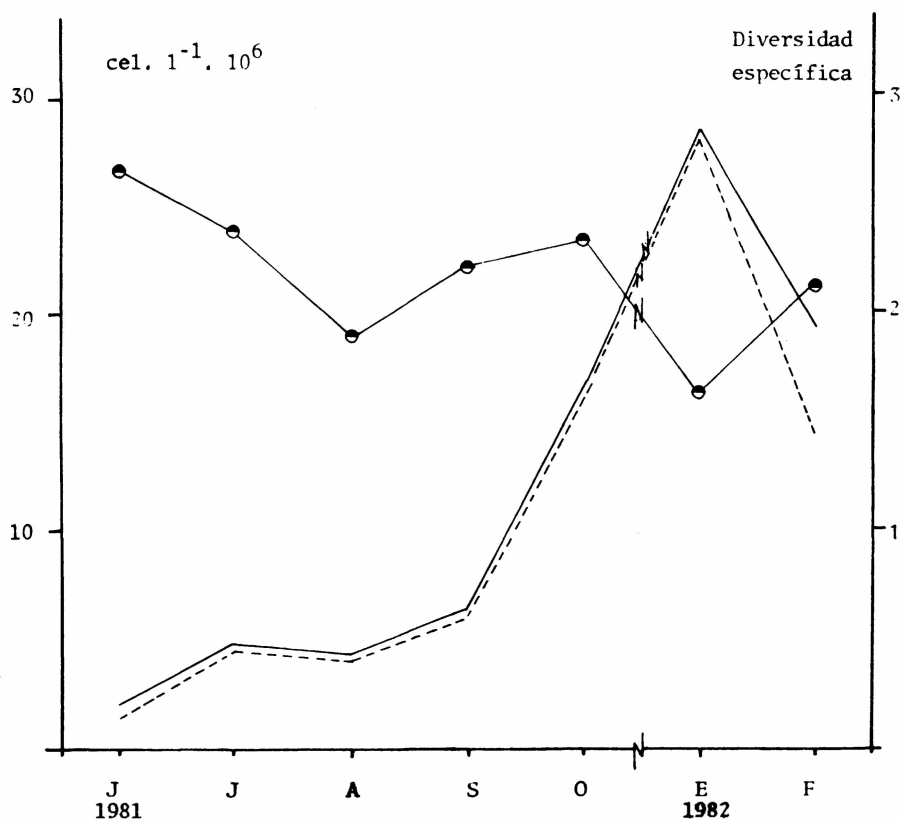


Fig. 11. Variación estacional del fitoplancton total y del menor de 25 μm (células por litro), indicando la diversidad específica (valores promedios para toda la columna de agua). — total; - - - - < 25 μm ● —●— diversidad específica.

Las especies menores de 25 micras fueron más abundantes, llegando a representar el 99,28% del total en el mes de octubre (tabla III). En las oportunidades en que este porcentaje descendió, se debió a la presencia de varias especies de diatomeas, principalmente *Chaetoceros* sp. Esta última,

con su aumento numérico en junio y febrero provocó la citada disminución, hecho que se corresponde con la variación registrada en la productividad primaria y la cantidad de clorofila (figuras 4 y 7).

Existe una relación inversa entre la diversidad y la manifestación de dominancia. En este caso se habló de especie dominante basándose en la baja diversidad encontrada, la que varió entre 1,06 y 3,02.

En base a los valores observados de clorofila-*a*, los cuales no superan los 4 mg m⁻³ en todo el período de estudio y la actividad fotosintética registrada, deducimos que existe una gran eficiencia particularmente del fitoplancton menor de 25 micras que fue predominante. La actividad fotosintética de este cuerpo de agua es moderada y en general comparable a la observada en algunos lagos de aguas duras de los Estados Unidos de Norteamérica (Wetzel, 1981). Según Otsuki y Wetzel (1972), en tales lagos la precipitación de carbonato de calcio es significativa en la regulación de la productividad algal por la adsorción de sustratos orgánicos lábiles y a través de la interacción con fosfatos. Los resultados sugieren que, sobre la base de la afluencia de fosfato, la velocidad de eutroficación natural o cultural en lagos de aguas duras sería mucho menor que aquellas encontradas en lagos de aguas blandas, donde la saturación de carbonato está reducida o ausente. Además, Stumm y Morgan (1970) observaron que las concentraciones de calcio influyen sobre la formación de hidroxilapatita. Una concentración de 100 mg de calcio por litro en ausencia de otros componentes y a pH 7, reduce la concentración máxima de ortofosfato a 1 microgramo por litro. Por las características similares que presenta el lago Pellegrini deducimos que estos fenómenos podrían ocurrir en el mismo dando lugar a la limitada disponibilidad de fosfatos existente. Este hecho habría contribuido a la predominancia de una población algal de un tamaño menor de 25 micras, cuyos integrantes, debido a una relación más favorable de su superficie con respecto al volumen, estarían en mejores condiciones de competir por los nutrientes. No se descarta además la posibilidad, atendiendo al carácter de coloides hidrófilos de las algas, que las de mayor tamaño sufran una más activa biofloculación dadas las condiciones de elevada fuerza iónica existente en el sistema.

Otro nutriente afectado por estas características salinas es la sílice, cuyos valores más bajos en las aguas del lago con respecto al afluente, se deben quizás a su precipitación por influencia del calcio. Con respecto al hierro, Schelske (1962) determinó para un lago de aguas duras de Michigan (USA), que a causa de la deficiencia de materia orgánica disuelta en estos lagos para efectuar la quelación del hierro y hacerlo disponible al fitoplancton, la producción primaria se encontraba limitada.

Las macrofitas tienen una gran influencia sobre la disponibilidad de nutrientes, por ejemplo, la macroalga *Chara*, muy común en aguas duras, puede absorber fósforo a través de todo su cuerpo. Las macrofitas en el lago Pellegrini ocupan entre un 70 y 80% de su superficie y tendrían una contribución importante en la producción primaria total del sistema (Lic. Néstor Gabello-ne, comunicación personal).

TABLA I

Composición química de las aguas del lago Pellegrini y del Arroyón

	Lago Pellegrini	Arroyón(afluente)
Salinidad, gr l ⁻¹	1,56 - 1,67	0,24 - 0,40
Conductividad, umho cm ⁻¹ (a 20	2200 - 2600	295 - 530
Dureza total, mg CO ₃ Ca l ⁻¹	326,9 - 358,5	108,0 - 178,0
Ca ⁺⁺ , mg l ⁻¹	89,8 - 108,0	32,8 - 59,6
Mg ⁺⁺ , mg l ⁻¹	19,1 - 29,8	5,9 - 7,1
Na ⁺ , mg l ⁻¹	5000,0 - 583,3	40,0 - 86,7
K ⁺ , mg l ⁻¹	12,5 - 15,0	1,8 - 2-1
CO ₃ ⁼ , mg l ⁻¹	1,2 - 5,8	0,0 - 2,5
CO ₃ H ⁻ , mg l ⁻¹	97,3 - 119,8	94,4 - 145,6
Cl ⁻¹ , mg l ⁻¹	647,2 - 685,5	24,1 - 52,6
SO ₄ ⁼ , mg l ⁻¹	163 - 209	22 - 55
Mg / Ca	0,32 - 0,53	0,18 - 0,32
Ca + Mg / Na + K	0,25 - 0,32	0,88 - 1,76
PO ₄ , mg P l ⁻¹	0,000	0,000 - 0,010
Fósforo total, mg P l ⁻¹	0,000 - 0,028	0,000. - 0,017
NH ₄ , mg N l ⁻¹	0,00	0,00
NO ₃ ⁻ , mg N l ⁻¹	0,00 - 0,02	0,00
NO ₂ , mg N l ⁻¹	0,00	0,00
SiO ₂ reactiva, mg l ⁻¹	0,2 - 1,2	12,5 - 18,9

TABLA III
 Relación porcentual de las algas mayores y menores de 25 micras.

	1981						1982							
	JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		ENERO		FEBRERO	
	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
0 m	56,6	43,4	91,13	8,87	79,8	20,20	98,56	1,44	99,55	0,45	96,61	3,39	69,75	30,25
1 m	80,43	19,57	92,28	7,72	93,46	6,54	97,88	2,12	98,96	1,04	99,56	0,44	77,16	22,84
2,5 m	64,33	35,67	95,86	4,14	98,89	1,11	98,81	1,19	99,66	0,34	99,09	0,91	75,05	24,95
5 m	76,59	23,41	91,79	8,21	98,5	1,5	98,18	1,82	99,71	0,29	99,65	0,35	71,23	28,77
7,5 m	62,13	37,87	95,35	4,65	96,57	3,43	96,02	3,98	98,25	1,75	98,45	1,55	75,68	24,32
10 m	71,81	28,19	95,30	4,70	97,68	2,32	99,01	0,99	99,60	0,40	98,04	1,96	76,23	23,77
15 m	-	-	-	-	97,82	2,18	98,28	1,72	-	-	99,66	0,34	-	-
\bar{X}	68,65	31,35	93,62	6,38	94,67	5,32	98,10	1,89	99,28	0,71	98,72	1,27	74,18	25,80

AGRADECIMIENTOS

Al doctor Sebastián Guarrera por el asesoramiento y facilidades de laboratorio e instrumental para el estudio del fitoplancton. A la licenciada María C. Romero, farmacéutica Elsa Claverie y técnica química Susana Ilhero por la inestimable colaboración en tareas de laboratorio. Al licenciado Miguel Di Siervi por su valiosa cooperación en el trabajo de campaña. Al licenciado Néstor Gabellone por la información suministrada.

Al personal de la Asesoría Agronómica de Hidronor S. A. por el importante apoyo logístico a través del cual pudo concretarse satisfactoriamente la investigación programada.

BIBLIOGRAFÍA

- A.P.H.A.-A.W.W.A.-W.P.C.F., 1975. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Amer. Publ. Health Ass., Inc. New York.
- Environmental Research Center. 1976. *Methods for Chemical Analysis of Water and Waster*. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio. 298 pp.
- LANGE, C., 1904. Río Negro y sus afluentes. *Minist. Agric., Ofic. Meteor. Arg. Secc. Hidrom.*
- LORENZEN, C.J., 1967. Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanog.* 12:343-346.
- OTSUKI, A. & WETZEL, R.G., 1972. Coprecipitation of phosphate with carbonates in a marl lake. *Limnol. Oceanog.* 18:490-493.
- STEEMANN NIELSEN, E., 1952. The use of radioactive carbon (C^{14}) for measuring organic production in the sea. *Dourn. Cons. Int. Explor. Mer.*, 18:117-140.
- STUMM, W. & MORGAN, J.J., 1970. *Aquatic Chemistry*. Wiley Interscience-New York.
- WETZEL, R.G., 1981. *Limnología*. Ed. Omega S.A.. Barcelona - 36.
- WHITE, W.S. & WETZEL, R.G., 1975. Nitrogen, phosphorus, particulate and colloidal carbon content of sedimenting seston of a hard-water lake, *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 19:330-339.