

# CARACTERES LIMNOLOGICOS DE ALGUNOS LAGOS EUTROFICOS DE EMBALSE DE LA REGION CENTRAL DE ARGENTINA

Argentino A. BONETTO\*, Danilo H. DI PERSIA\*\*,  
Roque MAGLIANESI\*\* y María del C. CORIGLIANO\*\*\*

**SUMMARY:** Limnological characters of some eutrophic man-made lakes in the central region of Argentina

The limnological knowledge of man-made lakes in Neotropical America results extremely poor, what means a particularly regrettable deficit facing the accelerate increasing number and magnitude of such impoundments.

This paper deals with the results of limnological studies on three man-made lakes of the province of Córdoba (Argentina), with diverse characteristics and degrees of eutrophy, developed through sampling and field works made with a roughly seasonal periodicity. There have been considered the main physical and chemical features of the waters, including those corresponding to the affluents and effluents of each lake, the phytoplankton, chlorophyll content and primary production; the structure, density, distribution, specific diversity and biomass of the zooplankton; the structure, distribution and biomass of benthos (specially concerning with the Oligochaeta), and the fish populations, as well as the fishery management in relation to the process and degrees of eutrophication.

## INTRODUCCION

La carencia casi total de información ecológica referida a los lagos de embalse en nuestro medio, así como en todo el ámbito de América neotropical, configura un sensible vacío que debería ser cubierto a la brevedad, ante las particulares características de la naturaleza regional y la rápida expansión de este tipo de obras como resultado de los crecientes requerimientos energéticos e hídricos.

Los lagos de embalse de la región central del país, y especialmente los de la provincia de Córdoba, han merecido la atención de no pocos investigadores que realizaron diversos estudios respecto a su flora, fauna y recursos pesqueros, no faltando algunos referidos a determinadas características limnológicas que revisten especial interés e importancia para el tema considerado.

\* Miembro de la Carrera del Investigador Científico del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

\*\* Centro de Ecología Aplicada del Litoral, Plácido Martínez 1383, Corrientes.

\*\*\* Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba.

ECOSUR	Argentina	ISSN 0325-108X	v. 3	n. 5	pág. 47-120	marzo 1976
--------	-----------	-------------------	------	------	----------------	---------------

De todas formas, tales antecedentes, aunque representan un aporte valioso, están referidos sólo a aspectos parciales del conocimiento de algunos de estos lagos, y los trabajos de carácter limnológico más amplios e integrados realizados en fecha reciente, como los de Maglianesi *et al.* (1972) y Corigliano (1975), permanecen inéditos. En consecuencia, existe un marcado déficit de información sobre estos embalses, omisión que es de lamentar ya que los mismos constituyen reservorios de extraordinaria significación en regiones de limitados recursos hídricos, conformando lagos artificiales de mucho interés limnológico, tanto teórico como aplicado.

La presente contribución corresponde al resultado de los trabajos limnológicos realizados entre los años 1971 y 1972 en la provincia de Córdoba, que comprendieron los lagos de represa denominados San Roque, Los Molinos y Embalse del Río Tercero, así como a los más importantes arroyos y ríos de sus respectivas cuencas. Los estudios se efectuaron a través de campañas que procuraron cubrir las principales variables del ciclo climático anual. A esto cabe sumar el resultado de diversas observaciones complementarias, esporádicas o de cierta continuidad, destinadas a profundizar algunos aspectos del tema.

Lógicamente, la corta extensión que abarca el período de estudios y la secuencia que por razones operativas debió imponerse a los muestreos, determinan considerables limitaciones a los resultados obtenidos, debiendo considerarse que los mismos son preliminares, y sólo pretenden representar una contribución a su conocimiento limnológico general que, se espera, pueda estimular y servir de apoyo a trabajos de mayor extensión y profundidad.

Cabe señalar que para su realización se contó con la valiosa contribución de la Dirección Provincial de Hidráulica, y del Departamento de Náutica, Caza y Pesca, organismos ambos de la provincia de Córdoba, resultando un grato deber manifestar las expresiones de nuestro reconocimiento por la amplia y constante colaboración que brindaron, particularmente en lo que se refiere al concurso de embarcaciones, vehículos, viviendas y otras formas de apoyo logístico, todo lo cual posibilitó el mejor desarrollo de los trabajos propuestos.

## CARACTERISTICAS GENERALES DEL AREA

Los lagos de embalse objeto del presente trabajo se encuentran comprendidos entre los 31° y 33° de latitud sur, y los 64° y 65° de longitud oeste, dentro del área serrana de la provincia de Córdoba.

### *Hidrología:*

El actual lago San Roque, que participa de la cuenca endorreica del Río Primero, se encuentra ubicado en el valle de Punilla. Fue habilitado en el



año 1944, resultando el más antiguo de los aquí considerados\*. Su alimentación se realiza fundamentalmente a través de los aportes de 4 inmisarios: por el norte, el río Cosquín; por el sur, el río San Antonio, en tanto que los dos restantes, los arroyos Las Mojaras y Los Chorrillos, lo hacen por la margen occidental.

El río Cosquín nace en el Yuspe, originado por varios arroyuelos que bajan desde el cerro Los Gigantes. Después de atravesar la pampa de San Luis, se le une el río Negro, desde donde recibe el nombre de Grande, el cual, luego de recorrer la pampa de Olaen y recibir el arroyo homónimo y el San José, se adentra en el angosto valle de Los Cajones, continuando con el nombre de río Cosquín. El arroyo Las Mojaras desciende de la Sierra Grande. Cuando el nivel del lago es elevado vierte sus aguas directamente en él; de lo contrario lo hace en el Cosquín, poco antes de su desembocadura. El arroyo Los Chorrillos desagua en las cercanías del San Roque, nombre que se le acuerda en este punto al río San Antonio, formado por los ríos del Cajón e Ichocruz, cuyos tributarios menores se encuentran en las cumbres de las Sierras Grandes, Cerro de los Gigantes y Pampa de Achala.

El único emisario del lago es el Río Primero, el cual, antes de la construcción del embalse, resultaba de la confluencia del San Roque y el Cosquín frente a la desaparecida villa San Roque. El represamiento se efectuó en la garganta de la quebrada por donde el río pasaba a la llanura. Su módulo ha sido calculado en  $9 \text{ m}^3/\text{s}$ .

El lago así originado tiene una superficie próxima a las 2.500 ha., una capacidad máxima de  $350 \text{ hm}^3$ , registrándose durante las operaciones de muestreo una profundidad máxima de 30 m.

El lago Los Molinos, que participa de la cuenca endorreica del Río Segundo, se encuentra ubicado en el valle de Calamuchita. Es el más reciente de los aquí considerados, habiéndose habilitado en el año 1953.

Su cuenca de alimentación se extiende entre las cumbres de las Sierras Grandes, al oeste, y los cordones de las Sierras Chicas, al este, la cual se canaliza a través de los aportes de los ríos San Pedro, de Los Espinillos, del Medio, y de los Reartes. Es precisamente en las Sierras Grandes donde se encuentra el cerro Champaquí (el más alto de ellas, con 2.884 m), de donde parte la divisoria de aguas entre las cuencas de los ríos Segundo y Tercero, de cuyos faldeos nororientales nace el río de los Reartes, de cauce angosto y tortuoso, con frecuentes saltos y rápidos, y régimen torrencial.

El único efluente del lago es el río de Los Molinos que, luego de recibir al Anisacate y al San Antonio, origina el río Segundo. Este último, de recorrido divagante, posee un módulo de  $10,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , originando al llegar a la llanura áreas lacunares y extensos bañados a través de los cuales se vincula con la laguna de Mar Chiquita.

El lago de Los Molinos posee una superficie próxima a las 2.100 ha, con una capacidad máxima de  $300 \text{ hm}^3$ , y una profundidad máxima cercana a 40 m en los períodos de trabajo.

(\*) El primitivo, de menor volumen, fue terminado en 1890, y estaba ubicado 130 m aguas arriba del actual (Soldano, 1947).

El embalse del Río Tercero, cuyas obras de represamiento fueron terminadas en 1930, se encuentra emplazado en una estrecha quebrada que separa la sierra de los Cóndores de la Cumbrecita.

Cuatro tributarios principales, generados por el aporte de numerosos cursos menores originados en las cumbres de las Sierras Grandes, al oeste, y la de los Cóndores, al este, conforman su cuenca de alimentación. Ellos son los ríos Santa Rosa, Grande, Quillinzo y de la Cruz.

El río Santa Rosa, originado en el Cerro Champaquí y conocido en su curso superior con el nombre de río San Miguel, desagua en el lago por el norte; el río Grande lo hace por el oeste, el Quillinzo por el suroeste, mientras que el río de la Cruz, que en la parte superior de su curso es conocido como río de los Sauces, desemboca en el lago por el sur. En oportunidad de precipitaciones de cierta magnitud el lago recibe la descarga de distintos arroyos de menor importancia, entre los cuales se destaca el Amboy en su margen noroeste.

Dada la topografía del terreno, el embalse ha quedado constituido por dos cuerpos comunicados entre sí por un estrechamiento o garganta. De ellos, el de mayor dimensión presenta tres brazos donde se encuentran las desembocaduras de los distintos tributarios antes mencionados.

El único efluente del lago es el Río Tercero, cuyo módulo es aproximadamente de 27 m<sup>3</sup>/s. Su cuenca es contigua a la del Río Cuarto, con el cual se une formando el río Carcarañá, el cual desemboca en el Paraná en las proximidades de Puerto Gaboto. Es decir, no se trata de una cuenca endorreica como en los casos anteriores, sino que participa del sistema parense.

El embalse del Río Tercero tiene una superficie de 4.600 ha, una capacidad máxima de 730 hm<sup>3</sup>, siendo su profundidad máxima próxima a los 40 m en el período en que se efectuaron los muestreos.

#### *Clima:*

De acuerdo con la "Clasificación Estacional" de Troll, el área en que se encuentran los lagos de embalse que nos ocupan queda comprendida en las "Zonas Subtropicales—templadas", dentro de las cuales corresponde a la "Zona IV<sub>4</sub>", caracterizada por inviernos secos y estación lluviosa de 6 a 9 meses (OEA, 1969).

A grandes rasgos, tal área puede ubicarse en el extenso territorio provincial comprendido entre las isoterma de 26° hacia el norte, y 24° hacia el sur, correspondientes al mes de enero, y entre las de 12° y 10°, respectivamente, del mes de julio, estando los promedios anuales representados aproximadamente por una línea isoterma de 19° por el norte y otra de 16° por el sur. Las temperaturas máximas y mínimas absolutas suelen superar los 45° y -5°, respectivamente, es decir, presentan un rango de variación absoluta que puede sobrepasar los 50°. Desde luego, en este como en otros aspectos climáticos, las particularidades topográficas del área introducen considerables diferencias locales.

El promedio anual de las precipitaciones se aproxima a los 700 mm, con período seco comprendido entre los meses de mayo a setiembre, en tanto

que el lluvioso abarca de octubre a marzo, con los mayores aportes en los meses de diciembre, enero y febrero. La variabilidad relativa de la precipitación es del 20 o/o. La evaporación anual media en la zona oscila entre los 1.200 y 1.400 mm (OEA, 1969).

### *Geología:*

Los lagos de embalse considerados se encuentran establecidos en el área en que se levantan las sierras de la provincia de Córdoba. Estas, que forman parte del sistema orográfico de las Sierras Pampeanas, están constituidas por dos cordones con desarrollo longitudinal predominante Norte—Sur, las denominadas Sierras Grandes y Sierras Chicas.

Se trata de formaciones de edad geológica muy antigua, constituidas principalmente por rocas ígneas y metamórficas. En la zona en que se encuentran los lagos que se estudian, existen extensos batolitos graníticos y otras rocas intrusivas perforando las rocas metamórficas precámbricas. Las intrusivas están constituidas fundamentalmente por gabbros, dioritas gábblicas, dioritas anfibólicas con biotita y granito, estas últimas más difundidas y ligadas a pegmatitas y aplitas vinculadas a la facies terminal de la intrusión (Gordillo y Lencinas, 1972). Las rocas en que se han introducido los granitos comprenden variados esquistos cristalinos, especialmente gneises de inyección, anfibolitas, filitas, micacitas, calizas cristalinas, mármoles y otros, junto a filones de cuarzo. Rocas volcánicas mesozoicas (basaltos), y depósitos terciarios, afloran en los bordes de las sierras o en depresiones interserranas. Los sedimentos cuaternarios se desarrollan en la periferia de las sierras y en el relleno de los valles intermontanos.

### *Vegetación:*

El área en estudio se encuentra en la Provincia del Espinal del Dominio Chaqueño, según la clasificación fitogeográfica de Cabrera (1953, 1971). El paisaje zonal está dominado por especies meso a xerofíticas con abundancia de leguminosas en su composición florística (*Acacia* y *Prosopis* entre otras, siendo igualmente muy frecuentes los géneros *Schinus*, *Geoffroea*, *Celtis* y *Jodina*, típicos de esta unidad fitogeográfica), cuya resultante corresponde a un monte bajo xerofítico, abierto, generalmente con un estrato inferior de gramíneas. El monte alterna con otras asociaciones conocidas localmente como "jarillal" (consocios o asocios de *Larrea* spp.), y el "romerillar" (*Heterothalamus alienus*) ubicadas en las zonas más elevadas, donde también se localiza el pastizal de altura, de rasgos muy peculiares. Como los lagos aparecen enclavados en valles bien delimitados y con paredes de pendiente pronunciada, el gradiente sucesional entre los ambientes acuáticos y terrestres es poco notable, llegando los elementos xerofíticos hasta las proximidades de los primeros.

La macrofitia encuentra difíciles condiciones para su desarrollo, limitándose a unas pocas especies que pueden ajustarse a las características locales. Las marcadas oscilaciones de nivel de las aguas del lago, la falta de mayor protección contra la acción de los vientos, el régimen térmico, y la

moderada aunque variable permeabilidad lumínica de las aguas, condicionan en lo fundamental la presencia y densidad de la hidrofítia, constituida esencialmente por algunas pocas especies de fácil adaptación a tales características, como *Polygonum punctatum*, y Cyperaceas de los géneros *Cyperus* y *Eleocharis*, que logran constituir franjas discontinuas de escasa cobertura. Ocasionalmente se localizaron manchones de *Hidromistria stolonifera* en el lago San Roque, en la desembocadura del arroyo Los Chorrillos. En el Embalse del Río Tercero, particularmente, se detectaron algunas formaciones localizadas de Characeas.

En algunos sectores de los afluentes suele encontrarse una hidrofítia más variada, entre la cual se detectan *Potamogeton* spp., *Elodea* sp., *Myriophyllum brasiliense*, *Ludwigia* sp., *Polygonum* sp., *Hidromistria stolonifera*, *Hydrocotyle* sp. y *Azolla caroliniana*.

## METODOLOGIA

A los efectos del presente trabajo se establecieron diversas estaciones de muestreo, procurando que las mismas resultaran representativas de las principales características y diferencias locales en cada uno de los tres lagos que se consideran, y una por cada arroyo o río tributario de las respectivas cuencas, en puntos próximos a sus desembocaduras, aunque no influenciados por las fluctuaciones operadas en el nivel de las aguas de los lagos. Asimismo, se estableció una por cada emisario en lugares cercanos a sus nacientes.

En los afluentes y emisarios las operaciones de muestreo de las comunidades bióticas estuvieron condicionadas a sus variables características, y si bien se procuró que el material extraído fuera representativo de la abundancia relativa de los organismos, distaron mucho de los requerimientos que impone un trabajo cuantitativo.

Las mediciones de permeabilidad lumínica se efectuaron "in situ", con fotómetro de inmersión, para el rango comprendido entre 380 y 850 m $\mu$ , provisto de un sistema de portafiltro y filtros de banda estrecha para longitudes de onda de 400 m $\mu$  (azul), 540 m $\mu$  (verde), y 640 m $\mu$  (rojo). Con las mediciones así efectuadas, se determinaron las profundidades de extinción lumínica (considerada como la profundidad a la cual la intensidad se reduce al 1 o/o de la luz incidente en superficie) para distintas bandas del espectro visible, con el fin de posibilitar la mejor caracterización óptica de los lagos. Asimismo, se estimó la transparencia con el disco de Secchi.

La temperatura de las aguas fue medida con un termómetro eléctrico que permitió efectuar un perfilado continuo de la misma en los lugares de muestreo, empleándose en forma subsidiaria los datos obtenidos con el termómetro incluido en la botella de Ruttner. El pH se determinó mediante un comparador colorimétrico Hellige y, en casos críticos, con un potenciómetro a batería.

La concentración del oxígeno disuelto fue dosada con un equipo galvánico, con sensor acoplado a un termistor, provistos de conductores de suficiente longitud como para establecer las variaciones operadas en profundidad. En estaciones limnéticas seleccionadas, tales datos fueron controlados y complementados con determinaciones efectuadas de acuerdo al método de Winkler.

Las muestras de aguas para los análisis físicos y químicos fueron obtenidas a distintas profundidades mediante el empleo de una botella de Ruttner, con la cual se colectaron igualmente las muestras para el estudio del fitoplancton, así como aquéllas destinadas a evaluar los pigmentos correspondientes.

Los análisis físicos y químicos de las aguas se efectuaron siguiendo los lineamientos generales del Standard Methods (APHA, 1971), salvo en lo relativo a los cloruros que se llevaron a cabo conforme a Golterman y Clymo (1969). Las determinaciones de clorofila *a* fueron efectuadas sobre extractos acetónicos dosados espectrofotométricamente y calculadas según el método de Parsons y Strickland (1963).

El estudio cuantitativo del fitoplancton se realizó siguiendo el método de Utermöhl, con empleo de microscopio invertido.

Las determinaciones de productividad primaria se llevaron a cabo mediante el empleo del isótopo radiactivo  $C^{14}$ , con siete determinaciones a distintas profundidades en la zona eufótica, habiéndose adaptado las concentraciones de actividad al orden de productividad de los lagos considerados. Las mediciones radiactivas fueron realizadas mediante un equipo de centelleo líquido con estandarización externa automática.

El zooplancton fue muestreado utilizando una red tipo Marukawa con malla de  $65 \mu$  de abertura, 30 cm de boca y 1 m de longitud. El desplazamiento vertical con sistema de cierre a mensajero de este implemento permitió la obtención de muestras estratificadas, lo cual, en general, se llevó a cabo tomando columnas parciales sucesivas de 5 m cada una, desde los estratos más superficiales a los más profundos, en número variable conforme con las distintas profundidades registradas en cada una de las estaciones de muestreo establecidas.

El estudio del zooplancton fue realizado en laboratorio utilizando microscopios convencionales; su recuento se efectuó en cámaras de Sedwick—Rafter, sobre submuestras obtenidas con pipetas de Hensel—Stempel, previa homogeneización del material con un agitador magnético de velocidad constante.

El bentos fue estudiado a través de materiales obtenidos con dragas de Ekman—Birge, de 15 cm de lado, en tanto que para la obtención de muestras más superficiales se empleó un implemento similar aunque más pequeño, de 5 cm de lado, construido al efecto, con cierre mecánico accionado a mensajero. Esta pequeña draga fue colocada en el centro de un arco metálico a modo de base, al que se le adicionaron pesos variables para su mejor estabilidad sobre el fondo. El material extraído, fijado en formalina al 10 o/o, fue filtrado directamente en el lugar de muestreo, considerándose en el presente trabajo solo los organismos retenidos por tamices con malla de  $500 \mu$ .

En cuando a los valores de biomasa, fueron obtenidos manteniendo sobre papel de filtro durante tiempo controlado la totalidad de los organismos correspondientes a cada una de las taxocenosis colectadas en las distintas muestras, pesándolos luego en una balanza monoplato, y refiriendo los resultados así obtenidos a individuos por metro cuadrado.

Para las investigaciones relacionadas con la estructura de la ictiofauna se emplearon redes "tres-telas" y de "arrastre", así como otras pequeñas con malla de 2 mm, de 10 y 20 m de longitud, para la captura del material de menor talla y la realización de muestreos en los arroyos de las respectivas cuencas.

## PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LAS AGUAS

A los efectos de la consideración del tema, se ha seguido el criterio de desarrollar la exposición en el orden inmisarios-lago-emisario, tratando en forma conjunta los caracteres físicos y químicos de cada uno de estos ambientes. No obstante, y en razón de su especial interés, se consideran separadamente los datos relativos a las propiedades ópticas, térmica y oxígeno disuelto, aunque sólo en lo referente a las aguas de los lagos.

### Cuenca del Río Primero

#### *a) Afluentes del lago San Roque*

Las determinaciones analíticas efectuadas estacionalmente en las aguas de los ríos y arroyos tributarios del embalse San Roque se resumen en las tablas respectivas. De las mismas se desprende que se trata de cursos de aguas claras, con turbiedad comprendida entre 2 y 25 unidades APHA, cuyos valores máximos corresponden, en general, al verano. El color, si bien no puede considerarse elevado, tiende a ser mayor que el correspondiente a los inmisarios de los embalses restantes, y está comprendido entre 6 y 72 unidades APHA; al igual que lo observado para la turbiedad, sus mayores registros se dieron en verano.

Asimismo, los afluentes aquí mencionados no difieren mayormente en sus concentraciones de fosfatos y de hierro solubilizado. El fósforo, como ortofosfatos, estuvo comprendido en el rango 0,01–0,15 mgPO<sub>4</sub>/l con máximos valores en otoño–invierno, en tanto que el hierro solubilizado osciló entre 0,05 y 0,18 mgFe/l. El tenor de sílice reactiva fue algo más variable que estos compuestos en los diversos inmisarios considerados, aunque en forma no demasiado significativa, oscilando entre 3,3 y 20 mg SiO<sub>2</sub>/l.

La composición aniónica relativa del río San Antonio y los arroyos Los Chorrillos y Las Mojarras fue similar, con predominio absoluto de los

TABLA 1  
Composición química de las aguas de los afluentes del lago San Roque

	Río San Antonio				A° Los Chorrillos			
	IX-71	I-72	V-72	VII-72	IX-71	I-72	V-72	VII-72
Carbonatos (CO <sub>3</sub> mg/l)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H mg/l)	72,9	16,4	27,0	44,9	85,3	27,9	43,4	89,8
Cloruros (Cl mg/l)	2,3	1,4	2,0	2,1	4,2	2,5	2,5	4,5
Sulfatos (SO <sub>4</sub> mg/l)	4,6	3,8	1,8	7,7	13,8	3,5	3,3	11,9
Calcio (Ca mg/l)	11,7	2,6	3,4	6,6	18,0	5,5	7,2	14,4
Magnesio (Mg mg/l)	3,6	0,9	1,8	2,2	3,0	1,3	1,9	2,5
Sodio (Na mg/l)	12,6	3,2	5,0	8,6	17,4	5,0	8,7	19,6
Potasio (K mg/l)	2,2	1,0	0,6	0,7	2,9	2,0	0,7	1,0
Oxidabilidad (O <sub>2</sub> mg/l)	2,8	5,2	2,4	1,5	4,4	9,8	6,6	4,7
Nitratos (NO <sub>3</sub> mg/l)	0,26	0,46	0,62	0,01	0,54	0,69	0,58	0,01
Nitritos (NO <sub>2</sub> mg/l)	0,003	0,004	0,008	0,010	0,26	0,006	0,014	0,007
Amoníaco y sales de amonio (NH <sub>3</sub> mg/l)	0,01	0,05	0,03	0,04	0,09	0,08	0,12	0,06
Ortofosfatos (PO <sub>4</sub> mg/l)	0,01	0,04	0,09	0,14	0,08	0,04	0,04	0,15
Hierro soluble (Fe mg/l)	0,13	0,12	0,06	0,07	0,17	0,08	0,09	0,09
Sílice reactiva (SiO <sub>2</sub> mg/l)	13,0	9,0	20,0	14,0	5,0	8,0	16,0	10,0
Dureza total (CO <sub>3</sub> Ca mg/l)	44,0	10,2	15,9	25,3	59,7	19,0	25,8	46,2
Alcalinidad a la fenolftaleína (me/l)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Alcalinidad al bromocresol (me/l)	1,195	0,268	0,442	0,736	1,399	0,457	0,711	1,472
pH	7,9	7,4	7,6	7,3	7,5	7,4	7,5	7,5
Anhídrido carbónico (CO <sub>2</sub> mg/l)	1,7	1,0	1,3	5,2	4,9	1,6	2,6	6,1
Conductividad ( μV /cm)	114	39	43	71	165	68	72	146
Temperatura (°C)	17,5	26,8	16,9	6,2	17,8	30,3	15,9	9,5
Turbiedad (unidades APHA)	3	25	2	3	7	10	4	3
Color (unidades APHA)	11	35	12	9	21	72	36	10

TABLA 1 (continuación)  
Composición química de las aguas de los afluentes del lago San Roque

	A° Las Mojarras				Río Cosquín			
	IX-71	I-72	V-72	VII-72	IX-71	I-72	V-72	VII-72
Carbonatos (CO <sub>3</sub> mg/l)	0,0	0,0	0,0	0,0	8,6	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H mg/l)	164,0	102,0	69,7	139,0	216,0	69,1	106,0	176,0
Cloruros (Cl mg/l)	10,6	5,6	6,3	8,5	15,4	5,1	7,0	15,3
Sulfatos (SO <sub>4</sub> mg/l)	37,8	6,6	5,9	16,9	70,0	23,9	29,9	96,8
Calcio (Ca mg/l)	33,9	23,7	14,5	28,0	37,0	16,0	20,5	33,9
Magnesio (Mg mg/l)	6,2	3,4	3,1	4,4	5,0	2,0	2,4	3,6
Sodio (Na mg/l)	41,0	13,4	11,9	22,0	72,0	19,1	25,5	55,0
Potasio (K mg/l)	4,6	4,2	1,3	1,8	5,0	2,0	2,4	3,6
Oxidabilidad (O <sub>2</sub> mg/l)	4,3	6,4	7,8	2,6	3,5	3,7	3,5	1,5
Nitratos (NO <sub>3</sub> mg/l)	0,35	0,40	0,58	0,01	2,42	0,22	0,97	5,30
Nitritos (NO <sub>2</sub> mg/l)	0,004	0,010	0,007	0,009	0,060	0,003	0,005	0,009
Amoníaco y sales de amonio (NH <sub>3</sub> mg/l)	0,09	0,09	0,09	0,06	0,05	0,07	0,04	0,04
Ortofosfatos (PO <sub>4</sub> mg/l)	0,01	0,02	0,06	0,14	0,02	0,06	0,07	0,12
Hierro soluble (Fe mg/l)	0,10	0,11	0,13	0,15	0,10	0,07	0,05	0,18
Sílice reactiva (SiO <sub>2</sub> mg/l)	3,0	13,0	20,0	7,0	16,0	12,0	19,0	3,0
Dureza total (CO <sub>3</sub> Ca mg/l)	110,2	73,2	49,0	88,2	130,2	52,6	7 07	119,9
Alcalinidad a la fenolftaleína (me/l)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,143	0,000	0,000	0,000
Alcalinidad al bromocresol (me/l)	2,697	1,680	1,142	2,283	3,547	1,133	1,742	2,888
pH	7,8	8,2	7,7	7,5	8,4	8,2	7,7	8,2
Anhídrido carbónico (CO <sub>2</sub> mg/l)	4,7	0,7	2,7	9,7	1,5	0,7	4,1	2,3
Conductividad ( μ S /cm)	321	212	119	221	445	197	202	381
Temperatura (° C)	17,8	30,5	15,0	8,0	19,4	28,8	14,0	11,0
Turbiedad (unidades APHA)	16	24	4	2	2	4	7	3
Color (unidades APHA)	40	69	42	8	12	30	22	6

bicarbonatos, y responde al orden  $\text{CO}_3\text{H} > \text{SO}_4 \cong \text{Cl}$ , oscilando el primero de estos compuestos entre el 73 y 88 o/o en el río San Antonio, entre el 76 y 84 o/o en el arroyo Los Chorrillos y entre el 71 y 85 o/o en el arroyo Las Mojarras. Las proporciones de sulfatos lo hicieron entre el 7 y 17 o/o, 8 y 16 o/o, y 7 y 21 o/o, respectivamente, en tanto que las de cloruros estuvieron comprendidas entre el 5 y 11 o/o, 7 y 12 o/o, y 8 y 12 o/o en cada caso.

También la composición catiónica relativa de dichos inmisarios, aunque con ligeras variantes, fue similar, respondiendo al orden  $\text{Ca} \cong \text{Na} > \text{Mg} > \text{K}$ . En el río San Antonio los mismos estuvieron comprendidos, respectivamente, entre el 31 y 39 o/o, 37 y 41 o/o, 20 y 27 o/o, y 2 y 7 o/o, por lo cual sus aguas pertenecen al tipo bicarbonatado-cálcico-sódico, bicarbonatado-sódico-cálcico o bicarbonatado-sódico-magnésico-cálcico, según las ocasiones. En los otros dos afluentes, arroyos Los Chorrillos y Las Mojarras, las proporciones de magnesio no alcanzaron valores importantes, mientras que las del calcio estuvieron comprendidas entre el 39 y 45 o/o, y 41 y 55 o/o; las del sodio entre el 33 y 47 o/o, y 27 y 43 o/o; las del magnesio entre el 11 y 17 o/o, y 12 y 17 o/o, y las del potasio entre el 1 y 8 o/o, y 2 y 5 o/o, respectivamente, por lo que sus aguas pertenecen al tipo bicarbonatado-cálcico-sódico, o bien, bicarbonatado-sódico-cálcico.

El río Cosquín presentó una concentración iónica relativa mucho más definida y constante que los anteriores, respondiendo los aniones al orden:  $\text{CO}_3\text{H}$  (54-68 o/o)  $>$   $\text{SO}_4$  (24-38 o/o)  $>$   $\text{Cl}$  (7-8 o/o)  $>$   $\text{CO}_3$  (0-5 o/o), en tanto los cationes:  $\text{Na}$  (43-53 o/o)  $>$   $\text{Ca}$  (31-41 o/o)  $>$   $\text{Mg}$  (13-15 o/o)  $>$   $\text{K}$  (2-3 o/o), de lo que resulta pertenecer al tipo bicarbonatado-sulfatado-sódico-cálcico.

Es dable observar que, tanto las concentraciones de macroelementos como las conductividades, se incrementaron en los cuatro inmisarios en el orden citado: sur, oeste y norte, siendo sus rangos de variación los siguientes: río San Antonio, 28,3-109,9 mg/l y 39-114  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; arroyo Los Chorrillos, 47,7-144,6 mg/l y 68-165  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; arroyo Las Mojarras, 113-299 mg/l y 119-321  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; río Cosquín, 138-434 mg/l y 197-445  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente.

El río San Antonio alcanzó el pH más bajo registrado entre los afluentes del embalse, 7,3 en invierno, con máximo de 7,9 en primavera. Los tenores de anhídrido carbónico estuvieron comprendidos entre 1,0 y 5,2 mgCO<sub>2</sub>/l, dándose la dureza total más baja del conjunto de inmisarios considerados: 10,2 a 44,0 mgCO<sub>3</sub>Ca/l.

Junto con el Cosquín, este río es uno de los dos afluentes del lago San Roque que tiene menor demanda química de oxígeno, la cual osciló entre 1,50 y 5,22 mgO<sub>2</sub>/l. Los compuestos inorgánicos nitrogenados se encontraron dentro de rangos normales, con los nitratos comprendidos entre 0,01 y 0,62 mgNO<sub>3</sub>/l, los nitritos entre 0,003 y 0,010 mgNO<sub>2</sub>/l, y los compuestos amoniacales entre 0,01 y 0,05 mgNH<sub>3</sub>/l.

La variación de pH fue escasa en el arroyo Los Chorrillos, 7,4-7,5, con concentraciones de anhídrido carbónico libre comprendidas entre 1,6 y 6,1

mgCO<sub>2</sub>/l. La dureza total observada osciló entre 19,0 y 59,7 mgCO<sub>3</sub>Ca/l.

La oxidabilidad de las aguas de este arroyo resultó ser 2 a 3 veces más elevada que la de los ríos San Antonio y Cosquín, variando en el rango 4,37–9,80 mgO<sub>2</sub>/l. A diferencia con el río San Antonio, se observó un contenido ligeramente mayor de nitritos y compuestos de amonio, siendo los rangos de variación de los compuestos inorgánicos nitrogenados los siguientes: 0,01 a 0,69 mgNO<sub>3</sub>/l; 0,007 a 0,026 mgNO<sub>2</sub>/l y 0,06 a 0,12 mgNH<sub>3</sub>/l.

En el arroyo Las Mojarras, contrariamente a lo observado en el arroyo Los Chorrillos, el pH osciló dentro de un rango más amplio, 7,5–8,2 dando lugar a concentraciones de anhídrido carbónico también comprendidas en un amplio intervalo; 0,7–9,7 mgCO<sub>2</sub>/l. Similarmente a lo expresado para los macroelementos, la dureza total se incrementó en los ambientes considerados en el sentido sur, oeste y norte, estando en este arroyo comprendida entre 49 y 110 mgCO<sub>3</sub>Ca/l, rango intermedio entre el del río Cosquín y el de los considerados con anterioridad.

Con valores ligeramente menores que los expresados para el arroyo Los Chorrillos, aunque bastante mayores que aquéllos de los ríos San Antonio y Cosquín, la demanda química de oxígeno varió entre 2,60 y 7,76 mgO<sub>2</sub>/l. Las concentraciones de nitratos y nitritos resultaron similares a las encontradas en el río San Antonio, y estuvieron comprendidas entre 0,01 y 0,58 mgNO<sub>3</sub>/l, y 0,004 y 0,010 mgNO<sub>2</sub>/l, en tanto que los tenores de compuestos amoniacaes prácticamente se duplicaron: 0,06–0,09 mgNH<sub>3</sub>/l.

Como en el caso anterior, el pH en el río Cosquín varió ampliamente entre 7,7 y 8,4 unidades, observándose los valores más altos de todos los afluentes del San Roque. Conjuntamente con el mayor pH, se registró la casi total ausencia de anhídrido carbónico libre y la aparición de carbonatos en primavera, en tanto que el tenor más elevado de aquel se detectó en el período otoñal, con 4,1 mgCO<sub>2</sub>/l. Como se dijera anteriormente, la dureza total en las aguas de este río fue la mayor de los cuatro inmisarios del embalse del lago San Roque y estuvo comprendida entre 52,6 y 130,2 mgCO<sub>3</sub>Ca/l.

Si bien la demanda química de oxígeno en este río se mantuvo en los menores valores del conjunto de afluentes considerados, 1,50 a 3,69 mgO<sub>2</sub>/l, las concentraciones de nitratos y nitritos resultaron ser muy superiores, variando entre 0,22 y 5,30 mgNO<sub>3</sub>/l, y entre 0,003 y 0,060 mgNO<sub>2</sub>/l. Los tenores de nitrógeno amoniacal estuvieron comprendidos entre 0,04 y 0,07 mgNH<sub>3</sub>/l.

#### *b) Lago San Roque*

La composición iónica relativa de las aguas del lago San Roque presentó una mayor estabilidad que los otros lagos estudiados, con una definida composición que, al igual que en el embalse de Los Molinos, responde al tipo: bicarbonatado—cálcico—sódico, ajustándose en la totalidad de los muestreos al siguiente orden: CO<sub>3</sub>H (72–78 o/o) > SO<sub>4</sub> (16–21 o/o) > Cl (6–7 o/o) y Ca (45–49 o/o) > Na (35–37 o/o) > Mg (12–14 o/o) > K (3,6–4,0 o/o).

**TABLA 2**  
Composición química de las aguas del lago San Roque y del Río Primero

	Superficial				3 metros			
	IX-71	I-72	V-72	VII-72	IX-71	I-72	V-72	VII-72
Carbonatos (CO <sub>3</sub> mg/l)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H mg/l)	86,3	92,2	73,4	75,9	82,8	95,8	63,4	77,2
Cloruros (Cl mg/l)	3,8	5,1	3,4	4,1	3,7	5,1	3,4	4,2
Sulfatos (SO <sub>4</sub> mg/l)	13,5	21,2	12,6	14,3	14,9	21,2	12,7	13,7
Calcio (Ca mg/l)	18,2	20,7	14,8	16,4	17,3	21,7	14,7	16,2
Magnesio (Mg mg/l)	3,0	3,8	2,4	2,4	3,7	3,9	2,2	2,8
Sodio (Na mg/l)	16,7	19,6	12,2	13,9	16,0	19,6	12,2	13,4
Potasio (K mg/l)	3,0	3,2	2,4	2,4	2,9	3,4	2,4	2,5
Oxidabilidad (O <sub>2</sub> mg/l)	5,6	4,5	4,5	4,1	5,2	5,2	4,5	4,4
Nitratos (NO <sub>3</sub> mg/l)	1,08	0,24	0,63	0,06	0,51	0,27	0,54	0,52
Nitritos (NO <sub>2</sub> mg/l)	0,047	0,003	0,008	2,021	0,009	0,007	0,002	0,008
Amoníaco y sales de amonio (NH <sub>3</sub> mg/l)	0,08	0,07	0,01	0,05	0,06	0,05	0,01	0,04
Ortofosfatos (PO <sub>4</sub> mg/l)	0,07	0,05	0,07	0,12	0,01	0,03	0,07	0,12
Hierro soluble (Fe mg/l)	0,13	0,01	0,05	0,20	0,09	0,11	0,05	0,25
Sílice reactiva (SiO <sub>2</sub> mg/l)	2,7	2,9	2,8	0,4	2,8	2,6	3,3	0,0
Dureza total (CO <sub>3</sub> Ca mg/l)	57,8	67,4	46,8	50,8	58,4	70,4	46,0	52,1
Alcalinidad a la fenolftaleína (me/l)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Alcalinidad al bromocresol (me/l)	1,415	1,511	1,204	1,244	1,357	1,571	1,040	1,266
pH	7,8	8,3	7,6	7,5	7,7	8,1	7,6	7,4
Anhídrido carbónico (CO <sub>2</sub> mg/l)	2,7	0,7	3,5	5,1	3,2	1,2	3,0	6,6
Conductividad ( μv /cm)	158	226	122	140	156	230	125	139
Temperatura (°C)	14,0	24,8	16,2	10,1	14,2	24,8	16,2	9,5
Turbiedad (unidades APHA)	7	9	8	4	5	6	6	7
Color (unidades APHA)	19	21	14	20	19	18	18	22

T A B L A 2 (continuación)  
Composición química de las aguas del lago San Roque y del Río Primero

	Profundidad				Río Primero			
	IX-71	I-72	V-72	VII-72	IX-71	I-72	V-72	VII-72
Carbonatos (CO <sub>3</sub> mg/l)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H mg/l)	85,3	86,1	63,3	77,2	97,7	106,7	100,7	95,0
Cloruros (Cl mg/l)	3,5	4,7	4,0	4,1	4,1	5,0	7,4	4,8
Sulfatos (SO <sub>4</sub> mg/l)	14,4	18,1	13,4	13,9	11,7	20,3	15,0	16,4
Calcio (Ca mg/l)	18,4	19,8	14,2	16,1	20,8	24,4	20,8	21,3
Magnesio (Mg mg/l)	3,2	3,3	2,7	2,9	3,3	3,8	3,8	3,5
Sodio (Na mg/l)	16,1	18,1	12,2	13,4	16,9	19,9	14,9	14,8
Potasio (K mg/l)	2,9	3,2	2,4	2,5	3,3	3,1	3,0	2,6
Oxidabilidad (O <sub>2</sub> mg/l)	3,8	5,4	4,8	4,2	3,9	3,6	3,2	2,9
Nitratos (NO <sub>3</sub> mg/l)	1,46	0,28	1,31	0,13	0,65	0,15	0,39	0,06
Nitritos (NO <sub>2</sub> mg/l)	0,004	0,003	0,005	0,009	0,007	0,002	0,003	0,004
Amoníaco y sales de amonio (NH <sub>3</sub> mg/l)	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,01	0,03	0,04
Ortofosfatos (PO <sub>4</sub> mg/l)	0,03	0,04	0,06	0,11	0,06	0,05	0,09	0,11
Hierro soluble (Fe mg/l)	0,13	0,07	0,06	0,22	0,07	0,06	0,13	0,17
Sílice reactiva (SiO <sub>2</sub> mg/l)	3,0	5,2	3,0	0,4	5,0	4,3	4,8	1,4
Dureza total (CO <sub>3</sub> Ca mg/l)	58,9	63,3	46,5	52,1	65,4	76,8	67,7	67,4
Alcalinidad a la fenolftaleína (me/l)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Alcalinidad al bromocresol (me/l)	1,399	1,411	1,037	1,266	1,602	1,749	1,651	1,558
pH	7,6	7,2	7,6	7,4	7,6	7,6	7,4	7,7
Anhídrido carbónico (CO <sub>2</sub> mg/l)	4,3	9,1	3,0	6,6	4,5	4,2	7,6	4,0
Conductividad ( μ V /cm)	157	213	125	140	172	247	157	169
Temperatura (° C)	13,2	22,6	16,2	9,3	16,8	26,8	15,3	9,8
Turbiedad (unidades APHA)	14	13	5	9	4	4	4	2
Color (unidades APHA)	21	25	21	28	21	20	10	12

La concentración mínima de los macroelementos fue de 121 mg/l, la cual resultó bastante mayor que la mínima correspondiente al embalse Los Molinos (79 mg/l), y algo superior a la del Río Tercero (116 mg/l), registros obtenidos en el período de mayor nivel del lago (otoño). El máximo fue de 166 mg/l, valor que resulta intermedio entre los máximos alcanzados en los embalses Los Molinos (95 mg/l) y del Río Tercero (221 mg/l). La conductividad resultante del lago San Roque osciló entre 122 y 226  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

En profundidad se observó una ligera disminución en las cantidades de electrolitos, principalmente en verano, las cuales estuvieron comprendidas entre 112 y 153 mg/l, estrechándose el rango de variación de la conductividad (entre 125  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 213  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), debido muy probablemente al juego combinado que pudieron ejercer las diferentes concentraciones de anhídrido carbónico libre y los compuestos orgánicos disociados entre superficie y profundidad.

El menor pH en aguas superficiales se observó en invierno, con 7,5 unidades, y el mayor, 8,3, en verano, con concentraciones de anhídrido carbónico de 5,1 y 0,7 mgCO<sub>2</sub>/l, respectivamente, haciendo notar su efecto la mayor actividad fotosintética del verano. En primavera se registró un pH de 7,8 unidades y 2,7 mgCO<sub>2</sub>/l, en tanto que en otoño el pH fue 7,6 y 3,5 mgCO<sub>2</sub>/l, valores intermedios entre los acotados. Las medidas en profundidad, indicativas de una menor variabilidad del pH respecto a superficie, estuvieron comprendidas entre 7,2 unidades en verano, y 7,6 en primavera y otoño, registrándose una mayor concentración de anhídrido carbónico libre que osciló entre 9,1 mgCO<sub>2</sub>/l (verano) y 3,0 mgCO<sub>2</sub>/l (otoño). La dureza total resultó ligeramente mayor en superficie, con fluctuaciones comprendidas entre 46,8 y 67,4 mgCO<sub>3</sub>Ca/l.

La oxidabilidad de las aguas de este embalse osciló superficialmente entre 4,10 y 5,62 mgO<sub>2</sub>/l, mientras que en profundidad lo hizo entre 3,77 y 5,42 mgO<sub>2</sub>/l. Estos últimos fueron más elevados que los registros superficiales durante la mayor parte del año, con excepción del período primaveral.

Las concentraciones de fósforo como ortofosfatos, resultaron superiores, en términos generales, a las encontradas en los otros lagos considerados en el presente trabajo, con un valor mínimo superficial de 0,05 mgPO<sub>4</sub>/l, en verano, y un máximo 0,12 mgPO<sub>4</sub>/l, en invierno. El contenido de este compuesto en primavera y otoño fue intermedio entre los citados.

En los estratos profundos se observó un continuo aumento de la concentración de ortofosfatos a partir de primavera (0,03 mgPO<sub>4</sub>/l) hasta promediar el invierno (0,11 mgPO<sub>4</sub>/l).

Similarmente a lo que ocurre con el fósforo, en las aguas de este embalse los nitratos alcanzaron niveles muy superiores a los encontrados en los dos lagos restantes estudiados. Los registros superficiales estuvieron comprendidos entre 0,06 y 1,08 mgNO<sub>3</sub>/l, el primero en invierno, al igual que lo que ocurre en los lagos de embalse Los Molinos y Río Tercero, y el último en primavera. En profundidad, los valores determinados fueron más altos que los de superficie (entre 0,13 y 1,46 mgNO<sub>3</sub>/l) variando similarmente a como lo hacen éstos.

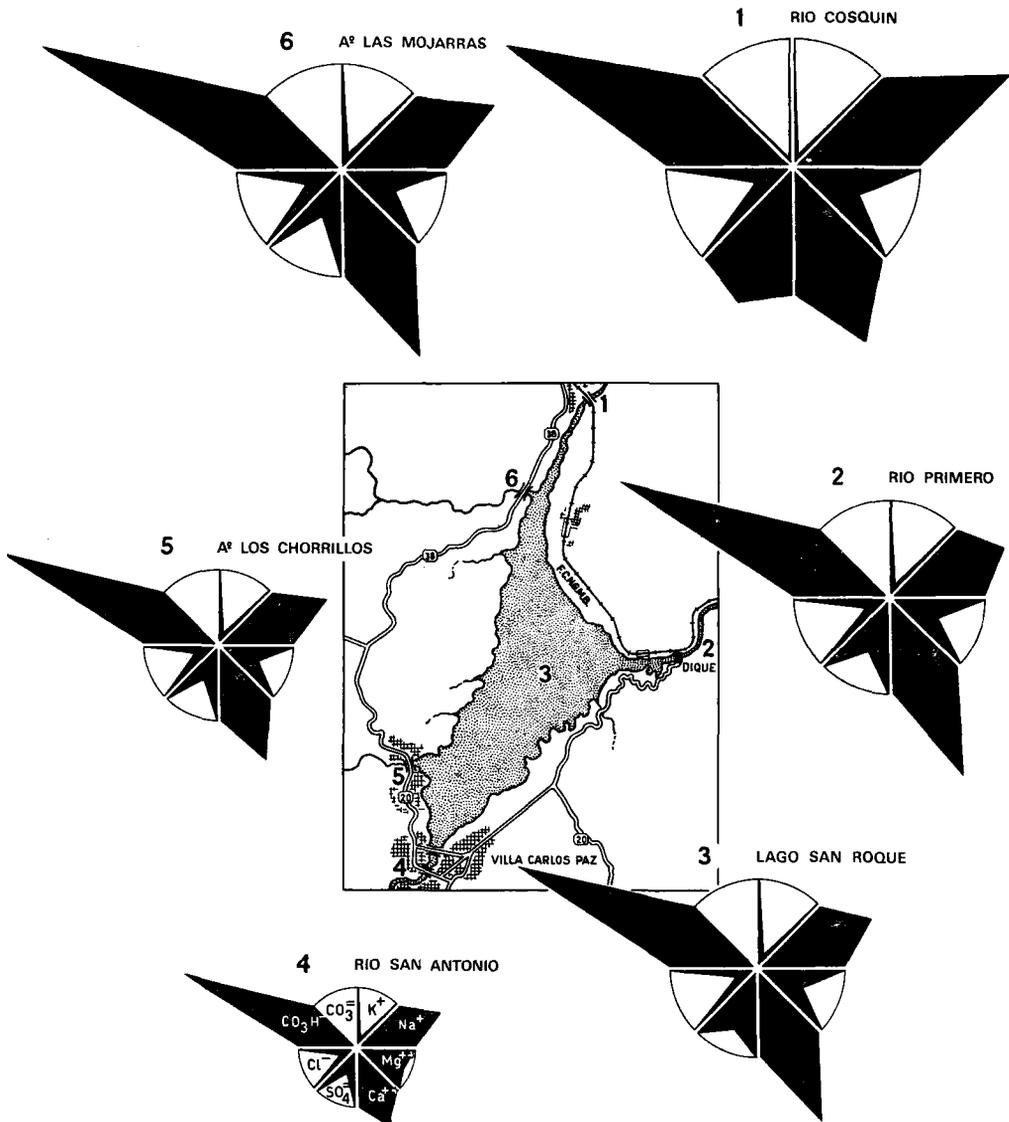


Fig. 2. Composición iónica relativa media del lago San Roque y los ríos y arroyos de su cuenca.

■ = 0,1 me/l

Los nitritos, en los estratos superficiales, se presentaron en concentraciones poco usuales, tanto con respecto a los registros en profundidad como de los determinados en los otros lagos, variando entre 0,003 y 0,047 mgNO<sub>2</sub>/l, mientras que en aguas profundas lo hicieron entre 0,003 y 0,009 mgNO<sub>2</sub>/l. La concentración de los compuestos amoniacales no parece diferir de la encontrada en los lagos restantes, habiendo oscilado entre 0,01 y 0,08 mgNH<sub>3</sub>/l en superficie. El rango determinado en profundidad estuvo comprendido dentro de este último valor.

El hierro solubilizado se encontró en cantidades ligeramente superiores a las registradas en los otros dos embalses, con variaciones en profundidad comprendidas entre 0,06 y 0,22 mgFe/l, en tanto que en superficie lo hizo entre 0,01 y 0,20 mgFe/l, el mínimo valor en verano y el máximo en invierno; también se determinaron cantidades elevadas en el período primaveral.

Tal como puede observarse en los embalses Los Molinos y del Río Tercero, en el lago San Roque la sílice reactiva se encontró en concentraciones muy por debajo de las que se determinaron en sus inmisarios, notándose igualmente una disminución de este compuesto en superficie (0,35 en invierno y 2,9 mgSiO<sub>2</sub>/l en verano), respecto de las concentraciones en profundidad (0,35 en invierno y 5,2 mgSiO<sub>2</sub>/l en verano).

La turbiedad superficial en este lago resultó baja (4 a 9 unidades APHA). En profundidad fue mayor en primavera y verano (13 a 14 unidades), para disminuir en otoño e invierno (5 y 9 unidades). El color, a lo largo del año, se mantuvo comprendido en superficie entre 14 y 21 unidades APHA, con ligeros aumentos en las muestras profundas (21 y 28 unidades).

### *c) Río Primero*

El efluente del embalse San Roque, el Río Primero, presenta una composición iónica relativa similar a la del lago, con un ligero incremento en las proporciones de bicarbonatos (76—82 o/o) y de calcio (49—52 o/o), disminuyendo las de sulfato (12—18 o/o) y de sodio (31—35 o/o). Tiene asimismo una mayor concentración de electrolitos, estando los macroelementos en el rango 158—183 mg/l, y la conductividad comprendida entre 157 y 247  $\mu\Omega/\text{cm}$ .

En general, los demás elementos y compuestos se hallan en cantidades similares a las encontradas en el lago, notándose una disminución de la oxidabilidad (2,90 a 3,85 mgO<sub>2</sub>/l) y una mayor concentración de sílice (1,4 a 5,0 mgSiO<sub>2</sub>/l).

## Cuenca del Río Los Molinos

### *a) Afluentes del embalse Los Molinos*

Los resultados de las determinaciones químicas y físicas estacionales en los inmisarios del embalse Los Molinos, se dan en las tablas correspon-

dientes, en las cuales puede observarse que las concentraciones de hierro y ortofosfatos solubilizados variaron dentro de rangos prácticamente idénticos en todos ellos, 0,03 a 0,15 mgFe/l, y 0,01 a 0,16 mgPO<sub>4</sub>/l. Algo similar se apreció con los nitritos y compuestos amoniacaes, con fluctuaciones de 0,002 a 0,021 mgNO<sub>2</sub>/l, y 0,01 a 0,07 mgNH<sub>3</sub>/l, respectivamente y la concentración de sílice reactiva que, con la sola excepción del río San Pedro donde se registraron valores menores de 1 mgSiO<sub>2</sub>/l en invierno, osciló entre 9 y 20 mgSiO<sub>2</sub>/l. También mostraron similitud en cuanto al contenido de material sestónico, con turbiedades generalmente inferiores a 9 unidades APHA. El Color, en general, tendió a mantenerse en un rango estrecho, 4 a 11 unidades APHA, alcanzando en verano valores máximos de 19 a 56 unidades.

En todos los ríos de la cuenca imbrífera correspondiente a este embalse se dio un franco predominio de los bicarbonatos sobre los demás aniones, con proporciones comprendidas entre el 64 y 93 o/o, y, con la sola excepción del río San Pedro, también un bajo tenor de electrolitos.

La concentración de macroelementos en el Río del Medio osciló entre 39 y 89 mg/l, dando lugar a conductividades comprendidas entre 45 y 98  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Sus aguas responden al tipo bicarbonatado-cálcico-sódico, en algunos casos con tenores de sodio muy ligeramente superiores a los de calcio. Las proporciones iónicas relativas responden al siguiente orden: CO<sub>3</sub>H (80-89 o/o) > SO<sub>4</sub> (6-12 o/o)  $\geq$  Cl (5-8 o/o), y Ca (37-45 o/o)  $\geq$  Na (30-38 o/o) > Mg (17-22 o/o) > K (3-9 o/o).

El pH de este río estuvo comprendido entre 7,6 y 8,2 unidades, con tenores de anhídrido carbónico variables en un rango estrecho, 0,7 a 1,3 mgCO<sub>2</sub>/l, y dureza total de 15 a 40 mgCO<sub>3</sub>Ca/l.

Las concentraciones de nitratos presentaron su valor mínimo en invierno, al igual que la demanda química de oxígeno, haciéndolo dentro de los intervalos 0,01 a 0,43 mgNO<sub>3</sub>/l, y 1,1 a 5,3 mgO<sub>2</sub>/l, respectivamente.

El río de los Espinillos no registró mayores variaciones en el aspecto macroquímico con respecto al anterior, y su composición iónica relativa pertenece también al tipo bicarbonatado-cálcico-sódico; en él, el sodio no igualó las proporciones del calcio y cobraron una importancia ligeramente mayor las correspondientes al magnesio. El orden de los diversos compuestos según lo expresado fue: CO<sub>3</sub>H (79-91 o/o) > SO<sub>4</sub> (5-11 o/o)  $\geq$  Cl (4-10 o/o), y Ca (35-43 o/o)  $\geq$  Na (31-37 o/o) > Mg (18-26 o/o) > K (3-7 o/o). La variación en el contenido de macroelementos resultó algo más amplia que la del Río del Medio, oscilando entre 31 y 99 mg/l, en tanto que la conductividad lo hizo entre 42 y 95  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Se registró en este ambiente una variación de pH muy estrecha y los valores más bajos de todos los afluentes del embalse Los Molinos, 7,4-7,6 unidades, mientras que el anhídrido carbónico osciló entre 0,7 y 4,3 mgCO<sub>2</sub>/l. La dureza total resultó algo más amplia que en el Río del Medio, con valores de 12,4 y 62,7 mgCO<sub>3</sub>Ca/l.

También, como en el caso del río del Medio, se dieron en invierno los menores valores de nitratos y demanda química de oxígeno, con rangos comprendidos entre 0,01 y 0,44 mgNO<sub>3</sub>/l, y entre 1,2 y 6,5 mgO<sub>2</sub>/l,

TABLA 3  
Composición química de las aguas de los afluentes del lago Los Molinos

	Río de Los Reartes				Río del Medio			
	IX-71	I-72	V-72	VII-72	IX-71	I-72	V-72	VII-72
Carbonatos (CO <sub>3</sub> mg/l)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H mg/l)	55,4	34,0	29,2	45,6	59,8	24,3	26,5	41,6
Cloruros (Cl mg/l)	1,9	2,0	1,4	1,6	2,1	1,5	1,4	1,8
Sulfatos (SO <sub>4</sub> mg/l)	3,1	2,1	2,2	5,5	3,0	2,8	1,9	4,6
Calcio (Ca mg/l)	9,6	4,0	4,6	6,4	10,9	4,0	4,1	6,7
Magnesio (Mg mg/l)	2,0	1,3	1,5	2,4	3,1	1,2	1,5	1,6
Sodio (Na mg/l)	9,4	7,8	5,0	7,0	8,3	3,8	4,8	6,3
Potasio (K mg/l)	1,8	2,0	0,8	0,9	1,9	1,7	0,7	0,8
Oxidabilidad (O <sub>2</sub> mg/l)	3,9	5,7	1,4	1,0	3,1	5,3	1,6	1,1
Nitratos (NO <sub>3</sub> mg/l)	0,26	0,34	0,58	0,50	0,21	0,24	0,43	0,01
Nitritos (NO <sub>2</sub> mg/l)	0,004	0,004	0,005	0,021	0,011	0,008	0,007	0,017
Amoníaco y sales de amonio (NH <sub>3</sub> mg/l)	0,02	0,06	0,07	0,05	0,01	0,03	0,02	0,04
Ortofosfatos (PO <sub>4</sub> mg/l)	0,02	0,07	0,07	0,16	0,01	0,08	0,07	0,16
Hierro soluble (Fe mg/l)	0,13	0,04	0,04	0,07	0,13	0,07	0,06	0,04
Sílice reactiva (SiO <sub>2</sub> mg/l)	13,0	14,0	19,0	9,0	13,0	13,0	19,0	9,0
Dureza total (CO <sub>3</sub> Ca mg/l)	32,4	17,3	17,7	26,1	40,0	14,9	16,3	23,4
Alcalinidad a la fenolftaleína (me/l)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Alcalinidad al bromocresol (me/l)	0,909	0,557	0,479	0,747	0,980	0,398	0,434	0,682
pH	8,1	7,7	7,6	7,9	8,2	7,6	7,6	7,9
Anhídrido carbónico (CO <sub>2</sub> mg/l)	0,8	1,1	1,4	1,2	0,7	1,0	1,3	1,0
Conductividad ( μ v /cm)	91	77	49	68	98	50	45	65
Temperatura (°C)	19,1	26,1	14,9	12,2	19,1	26,5	15,0	14,0
Turbiedad (unidades APHA)	3	116	1	2	2	8	1	2
Color (unidades APHA)	11	56	6	5	10	33	5	5

TABLA 3 (continuación)  
Composición química de las aguas de los afluentes del lago Los Molinos

	Río de Los Espinillos				Río San Pedro			
	IX-71	I-72	V-72	VII-72	IX-71	I-72	V-72	VII-72
Carbonatos (CO <sub>3</sub> mg/l)	0,0	0,0	0,0	0,0	8,6	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H mg/l)	68,5	18,8	29,0	45,6	129,0	116,0	69,7	106,0
Cloruros (Cl mg/l)	1,8	1,4	1,2	1,7	4,8	3,2	1,9	2,9
Sulfatos (SO <sub>4</sub> mg/l)	3,1	2,1	2,0	4,8	3,7	2,5	3,0	3,7
Calcio (Ca mg/l)	10,6	2,9	4,3	7,0	28,8	22,9	13,6	21,3
Magnesio (Mg mg/l)	3,0	1,3	1,4	1,8	5,3	5,1	3,2	4,0
Sodio (Na mg/l)	8,9	3,2	4,6	7,0	12,6	12,1	8,1	9,5
Potasio (K mg/l)	2,9	1,1	0,7	0,9	4,6	2,9	1,4	1,8
Oxidabilidad (O <sub>2</sub> mg/l)	3,8	6,5	2,2	1,2	2,3	4,0	1,9	1,1
Nitratos (NO <sub>3</sub> mg/l)	0,28	0,44	0,39	0,01	0,24	0,18	0,19	0,01
Nitritos (NO <sub>2</sub> mg/l)	0,004	0,005	0,008	0,002	0,004	0,009	0,003	0,015
Amoníaco y sales de amonio (NH <sub>3</sub> mg/l)	0,06	0,07	0,01	0,03	0,05	0,05	0,01	0,04
Ortofosfatos (PO <sub>4</sub> mg/l)	0,03	0,03	0,01	0,15	0,03	0,03	0,01	0,14
Hierro soluble (Fe mg/l)	0,15	0,14	0,11	0,06	0,13	0,11	0,03	0,09
Sílice reactiva (SiO <sub>2</sub> mg/l)	13,0	9,0	20,0	9,0	18,0	17,0	15,0	1,0
Dureza total (CO <sub>3</sub> Ca mg/l)	62,7	12,4	16,3	24,7	93,5	78,4	47,1	69,9
Alcalinidad a la fenolftaleína (me/l)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,143	0,000	0,000	0,000
Alcalinidad al bromocresol (me/l)	0,969	0,308	0,476	0,747	2,113	1,908	1,142	1,472
pH	7,4	7,6	7,6	7,4	8,4	8,2	8,0	8,2
Anhídrido carbónico (CO <sub>2</sub> mg/l)	4,3	0,7	1,4	3,7	0,90	0,9	1,3	0,9
Conductividad ( μ S /cm)	95	42	44	69	199	209	103	149
Temperatura (°C)	16,5	26,9	13,5	11,8	18,5	30,3	15,1	12,8
Turbiedad (unidades APHA)	14	20	2	2	1	9	1	5
Color (unidades APHA)	19	42	8	4	9	19	6	5

respectivamente, correspondiendo este último valor a la más alta oxidabilidad registrada en todos los afluentes del embalse en el período estudiado.

Si bien dentro del esquema de la composición aniónica y concentración de elementos mayores de los ríos anteriormente considerados, el de los Reartes posee una mayor variabilidad en su concentración catiónica. El total de macroelementos osciló entre 45 y 83 mg/l, y la conductividad estuvo comprendida entre 49 y 91  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . El tipo de agua corresponde a bicarbonatado-cálcico-sódico, o bicarbonatado-sódico-cálcico, con las siguientes proporciones:  $\text{CO}_3\text{H}$  (82-88 o/o)  $>$   $\text{SO}_4$  (6-12 o/o)  $\geq$   $\text{Cl}$  (5-8 o/o), y  $\text{Ca}$  (32-44 o/o)  $\cong$   $\text{Na}$  (36-46 o/o)  $>$   $\text{Mg}$  (15-23 o/o)  $>$   $\text{K}$  (3-7 o/o).

Tanto el pH como la concentración de anhídrido carbónico oscilaron en rangos similares a los expresados para el río del Medio, 7,6-8,1 unidades el primero, y 0,8-1,4  $\text{mgCO}_2/\text{l}$ , el segundo, en tanto que posee una dureza total comprendida entre límites más estrechos que los restantes ríos pertenecientes a la cuenca del embalse Los Molinos, 17,3 a 32,4  $\text{mgCO}_3\text{Ca}/\text{l}$ .

El río de los Reartes, en todos los muestreos, presentó elevados tenores de nitratos, 0,26 a 0,58  $\text{mgNO}_3/\text{l}$ , con máximos valores en otoño e invierno, en tanto que su demanda química de oxígeno no se apartó de lo expresado para los anteriores afluentes de este embalse, vale decir, presentó su mínimo valor en invierno y un rango de oscilación comprendido entre 1,0 y 5,7  $\text{mgO}_2/\text{l}$ .

El río San Pedro es el que tiene la mayor concentración de electrolitos de toda la cuenca del embalse Los Molinos, con valores comprendidos entre 101 y 197 mg/l y conductividades que oscilaron entre 103 y 209  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; por otra parte, fue el único en el que se registró la presencia de carbonatos, correspondiendo las concentraciones iónicas relativas al orden  $\text{CO}_3\text{H}$  (64-93 o/o)  $>$   $\text{SO}_4$  (3-33 o/o)  $\cong$   $\text{CO}_3$  (0-11 o/o)  $\cong$   $\text{Cl}$  (3-5 o/o), y  $\text{Ca}$  (51-57 o/o)  $>$   $\text{Na}$  (22-26 o/o)  $>$   $\text{Mg}$  (17-20 o/o)  $>$   $\text{K}$  (2-4,0/o). Las aguas de este río respondieron al tipo bicarbonatado-cálcico o bicarbonatado-cálcico-sódico.

En el afluente de referencia se observaron los mayores pH de la cuenca considerada, 8,0-8,4 unidades, así como las menores concentraciones de anhídrido carbónico libre, 0-1,3  $\text{mgCO}_2/\text{l}$ , y las durezas más elevadas, 47,1-93,5  $\text{mgCO}_3\text{Ca}/\text{l}$ . Asimismo, y al igual que en los inmisarios considerados anteriormente, presentó la menor demanda química de oxígeno y concentración de nitratos en invierno, con rangos de oscilación de 1,1 a 4,0  $\text{mgO}_2/\text{l}$  y 0,01 a 0,24  $\text{mgNO}_3/\text{l}$ , respectivamente.

#### b) Embalse Los Molinos

Las características químicas de las aguas del embalse Los Molinos mostraron una menor concentración de electrolitos que las determinadas en el lago San Roque (121-166 mg/l) y en el embalse del Río Tercero (116-221 mg/l), oscilando entre 79 y 95 mg/l, con conductividades comprendidas entre 80 y 126  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en muestras superficiales, en tanto

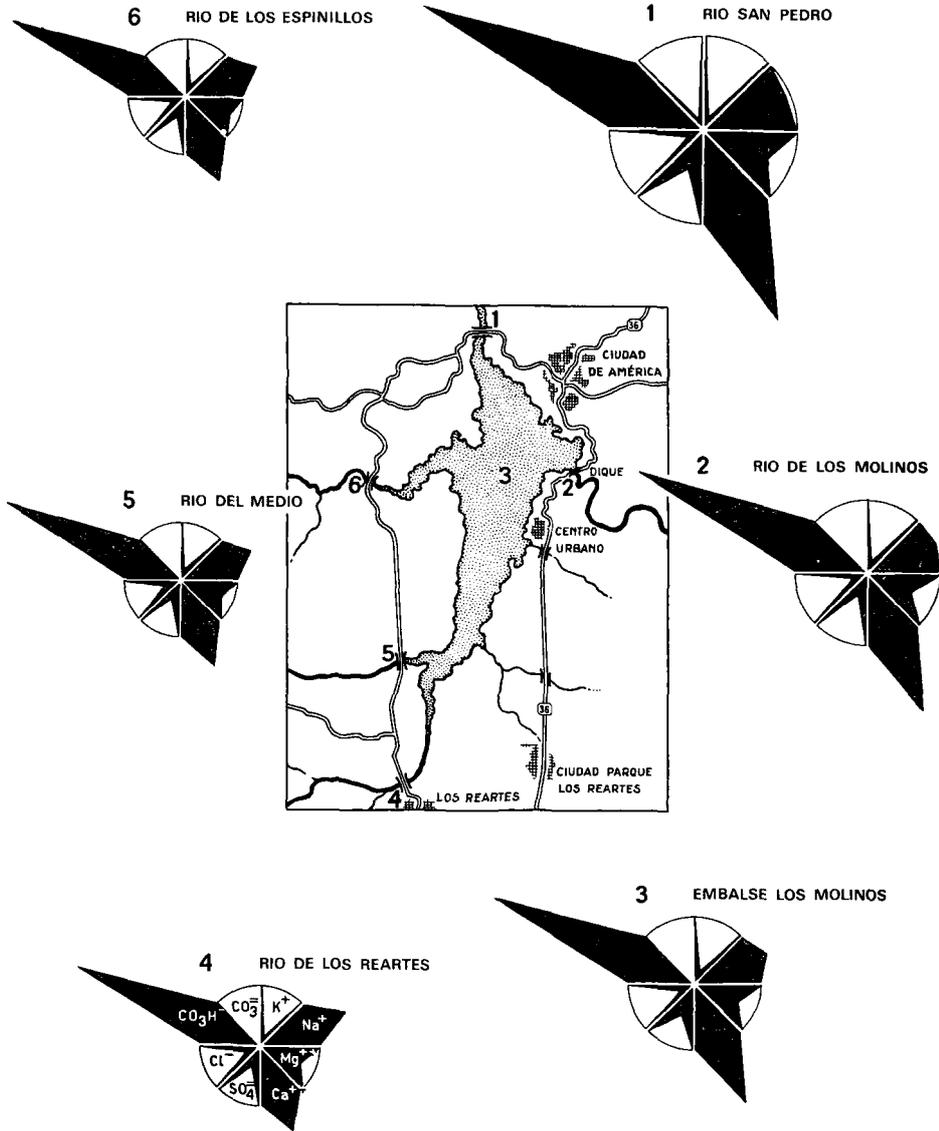


Fig. 3. Composición iónica relativa media del lago Los Molinos y los ríos de su cuenca.

■ = 0,1 me / l

TABLA 4  
Composición química de las aguas del embalse Los Molinos y del Río Los Molinos

	Superficial				3 metros			
	IX-71	I-72	V-72	VII-72	IX-71	I-72	V-72	VII-72
Carbonatos (CO <sub>3</sub> mg/l)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H mg/l)	51,7	60,6	46,8	53,4	49,8	60,6	46,1	52,8
Cloruros (Cl mg/l)	2,0	2,4	6,9	2,2	2,0	2,6	2,0	2,2
Sulfatos (SO <sub>4</sub> mg/l)	4,4	5,6	4,6	7,4	7,5	5,6	4,5	6,5
Calcio (Ca mg/l)	10,3	12,1	9,0	9,8	9,8	12,1	9,3	9,9
Magnesio (Mg mg/l)	1,8	2,5	2,5	2,8	1,9	2,6	2,1	2,4
Sodio (Na mg/l)	7,5	9,2	6,8	6,6	6,7	8,9	6,7	6,7
Potasio (K mg/l)	2,7	2,5	2,2	2,1	2,5	2,5	2,2	2,1
Oxidabilidad (O <sub>2</sub> mg/l)	3,9	4,6	3,5	3,3	4,3	3,4	3,2	3,3
Nitratos (NO <sub>3</sub> mg/l)	0,33	0,15	0,22	0,01	0,30	0,16	0,45	0,01
Nitritos (NO <sub>2</sub> mg/l)	0,003	0,001	0,005	0,004	0,005	0,003	0,005	0,004
Amoníaco y sales de amonio (NH <sub>3</sub> mg/l)	0,05	0,05	0,03	0,03	0,05	0,05	0,02	0,03
Ortofosfatos (PO <sub>4</sub> mg/l)	0,01	0,02	0,01	0,08	0,01	0,02	0,04	0,10
Hierro soluble (Fe mg/l)	0,17	0,01	0,04	0,04	0,08	0,05	0,03	0,04
Sílice reactiva (SiO <sub>2</sub> mg/l)	5,6	1,8	3,0	0,4	5,0	2,3	2,5	0,3
Dureza total (CO <sub>3</sub> Ca mg/l)	33,2	40,7	31,8	36,0	32,4	41,0	31,8	34,1
Alcalinidad a la fenolftaleína (me/l)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Alcalinidad al bromocresol (me/l)	0,847	0,994	0,767	0,876	0,817	0,994	0,755	0,866
pH	7,6	8,3	7,2	7,4	7,6	7,8	7,2	7,4
Anhídrido carbónico (CO <sub>2</sub> mg/l)	2,6	0,5	5,7	4,6	2,5	1,6	5,6	4,5
Conductividad ( $\mu$ v/cm)	90	126	80	94	86	127	80	84
Temperatura (°C)	13,5	24,1	15,0	9,3	12,9	24,0	14,9	9,1
Turbiedad (unidades APHA)	8	5	2	3	8	5	3	4
Color (unidades APHA)	15	20	8	9	13	18	8	14

TABLA 4 (continuación)

Composición química de las aguas del embalse Los Molinos y del Río Los Molinos

	Profundidad				Río Los Molinos			
	IX-71	I-72	V-72	VII-72	IX-71	I-72	V-72	VII-72
Carbonatos (CO <sub>3</sub> mg/l)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H mg/l)	51,1	43,5	47,9	52,8	59,8	71,5	54,1	62,7
Cloruros (Cl mg/l)	1,8	2,2	2,0	2,1	1,9	2,6	2,0	2,2
Sulfatos (SO <sub>4</sub> mg/l)	6,4	3,5	5,1	6,1	3,5	5,5	3,7	5,5
Calcio (Ca mg/l)	10,2	9,0	9,0	9,7	12,5	15,2	11,1	12,1
Magnesio (Mg mg/l)	1,8	2,0	2,2	2,2	2,0	2,8	2,7	2,5
Sodio (Na mg/l)	6,5	6,4	6,8	6,8	7,0	8,7	6,5	6,8
Potasio (K mg/l)	2,5	2,2	2,2	2,1	2,6	2,2	2,1	2,1
Oxidabilidad (O <sub>2</sub> mg/l)	5,3	4,9	3,4	3,1	3,0	2,7	3,0	2,6
Nitratos (NO <sub>3</sub> mg/l)	0,29	1,17	0,28	0,01	0,37	0,14	0,37	0,01
Nitritos (NO <sub>2</sub> mg/l)	0,003	0,008	0,005	0,004	0,005	0,005	0,003	0,002
Amoníaco y sales de amonio (NH <sub>3</sub> mg/l)	0,05	0,04	0,02	0,03	0,005	0,01	0,01	0,05
Ortofosfatos (PO <sub>4</sub> mg/l)	0,01	0,03	0,01	0,08	0,02	0,02	0,04	0,14
Hierro soluble (Fe mg/l)	0,13	0,04	0,03	0,05	0,11	0,07	0,03	0,13
Sílice reactiva (SiO <sub>2</sub> mg/l)	3,5	4,6	3,0	0,4	5,8	5,3	5,8	1,4
Dureza total (CO <sub>3</sub> Ca mg/l)	32,7	30,8	31,6	33,3	39,4	49,5	38,9	40,3
Alcalinidad a la fenolftaleína (me/l)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Alcalinidad al bromocresol (me/l)	0,837	0,716	0,786	0,866	0,980	1,173	0,887	1,028
pH	7,4	6,7	7,1	7,3	7,4	7,3	7,1	7,5
Anhídrido carbónico (CO <sub>2</sub> mg/l)	4,1	15,2	7,3	5,7	4,9	5,9	8,3	4,5
Conductividad ( μ S /cm)	85	95	79	83	98	142	87	97
Temperatura (°C)	11,8	20,2	14,9	9,0	11,5	24,0	14,5	6,8
Turbiedad (unidades APHA)	7	10	5	7	3	5	1	2
Color (unidades APHA)	20	37	3	16	10	18	10	12

se apreció una menor concentración en profundidades, 69 a 82 mg/l y 79 a 95  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente. Asimismo la estabilidad de su composición iónica relativa estaría comprendida entre aquéllas de los otros dos embalses citados, respondiendo en todos los muestreos al tipo bicarbonatado-cálcico-sódico y de acuerdo a las proporciones  $\text{CO}_3\text{H}$  (73–85 o/o) >  $\text{SO}_4$  (9–14 o/o)  $\cong$  Cl (6–18 o/o), y Ca (46–49 o/o) > Na (27–31 o/o) > Mg (14–22 o/o) > K (5–7 o/o).

El pH en superficie estuvo comprendido entre 7,2 (otoño) y 8,3 (verano), en tanto que en profundidad osciló entre 6,7 (verano) y 7,4 (primavera), dando lugar a concentraciones variables de anhídrido carbónico libre, que en los estratos superficiales presentó valores de hasta 5,7 mgCO<sub>2</sub>/l, llegando a agotarse en pleno verano; en profundidad, por su parte, y precisamente en esta última estación climática, parecería producirse en gran cantidad, llegando a concentraciones de 15,2 mgCO<sub>2</sub>/l, con mínimos en primavera, 4,1 mg/l.

La dureza responde en forma similar a lo expresado para el lago San Roque y contrariamente a lo que ocurre en el embalse del Río Tercero, con registro de los valores máximos en superficie, 31,8 – 40,7 mgCO<sub>3</sub>Ca/l, en tanto que en profundidad los mismos estuvieron comprendidos entre 30,8 y 33,3 mgCO<sub>3</sub>Ca/l.

La demanda química de oxígeno resultó mayor en profundidad que en superficie, tanto en primavera como en verano, mientras que ocurre lo contrario en otoño e invierno. Los rangos de variación tanto en superficie como en los estratos próximos al fondo, estuvieron comprendidos entre 3,30 y 4,58 mgO<sub>2</sub>/l, y entre 3,10 y 5,26 mgO<sub>2</sub>/l, respectivamente. También en este caso, y concordantemente con el mayor aporte de fósforo como ortofosfatos por parte de los inmigrantes del lago, la más elevada concentración de este compuesto se observó en invierno, alcanzando a 0,08 mgPO<sub>4</sub>/l. Durante el resto del año sólo fueron detectadas cantidades muy bajas y próximas al límite de detección, 0,01–0,02 mgPO<sub>4</sub>/l.

Contrariamente a lo que acontece con el fósforo, los nitratos se mantuvieron en concentraciones relativamente elevadas durante la mayor parte del año (por encima de 0,15 mg NO<sub>3</sub>/l), con disminución en invierno a valores que se hallan en el límite de detección, 0,01 mgNO<sub>3</sub>/l, tanto en superficie como en profundidad. Los restantes compuestos minerales nitrogenados variaron escasamente, haciéndolo los nitritos entre 0,001 y 0,008 mgNO<sub>2</sub>/l y los compuestos amoniacales entre 0,02 y 0,05 mgNH<sub>3</sub>/l.

La cantidad máxima de hierro en solución, 0,17 mgFe/l, fue establecida en primavera, y la mínima, 0,01 mgFe/l, en verano, ambas referidas a determinaciones superficiales.

Las concentraciones de sílice reactiva resultaron en general intermedias entre las del lago San Roque y el embalse del Río Tercero, con valores superficiales ligeramente superiores, de 0,35 a 5,6 mgSiO<sub>2</sub>/l.

Tanto la turbiedad como el color de las aguas del embalse Los Molinos resultaron bajos y estuvieron comprendidos, respectivamente, entre 2 y 8 unidades, y entre 8 y 20 unidades APHA. El color parecería ser mayor en primavera y verano, disminuyendo a casi la mitad durante el resto del año.

### c) *Río Los Molinos*

El efluente del embalse Los Molinos muestra una composición iónica relativa similar a la del lago, pero tiene una mayor concentración absoluta, con oscilaciones de los macroelementos entre 82 y 109 mg/l, y conductividades comprendidas entre 87 y 142  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Los restantes elementos se encontraron dentro de los rangos mencionados para el embalse, y es de destacar que también las concentraciones de fosfatos y nitratos evolucionaron en forma similar a como lo hacen en éste último, con valores mínimos de nitratos en invierno, 0,01 mgNO<sub>3</sub>/l, y máximos de fósforo en la misma estación climática, 0,14 mgPO<sub>4</sub>/l.

### Cuenca del Río Tercero

#### a) *Afluentes del embalse del Río Tercero*

Las determinaciones químicas y físicas realizadas estacionalmente en aguas de los afluentes del embalse del Río Tercero, se han resumido en las tablas respectivas.

Los ríos que concurren a la cuenca, si bien presentan características particulares propias a cada uno de ellos, tanto en el período de muestreo como en el conjunto de afluentes del embalse, tienen dentro de ciertos límites algunas similitudes, tales como un bajo tenor de sólidos suspendidos (lo que se traduce en una turbiedad normalmente menor de 3 unidades APHA, en forma excepcional 21–23 unidades), y escaso color (entre 2 y 9 unidades APHA, llegando circunstancialmente a 39 unidades). Las concentraciones extremas de hierro solubilizado, ortofosfatos, compuestos amoniacales y sílice, resultaron también similares en todos los inmisarios del embalse, oscilando entre 0,02 y 0,13 mgFe/l, 0,01 y 0,10 mgPO<sub>4</sub>/l, 0,01 y 0,06 mgNH<sub>3</sub>/l, y 7 y 18 mgSiO<sub>2</sub>/l (en forma excepcional 27 mg/l), respectivamente.

El que presentó características más simples y constantes desde el punto de vista macroquímico fue el río Quillinzo, cuya concentración en elementos mayores osciló entre 74 y 125 mg/l, con una composición iónica relativa casi constante a lo largo del año, perteneciente al tipo bicarbonatado-cálcico o bicarbonatado-cálcico-sódico, conservándose siempre la relación CO<sub>3</sub>H (82–89 o/o) > SO<sub>4</sub> (5–11 o/o) ≥ Cl (5–7 o/o), y Ca (45–54 o/o) > Na (20–27 o/o) > Mg (18–24 o/o) > K (3–7 o/o). Las conductividades oscilaron entre 80 y 138  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Con cantidades de anhídrido carbónico que estuvieron entre 0,9 y 2,4 mgCO<sub>2</sub>/l, el pH del sistema bicarbonato-carbónico resultó entre 7,6 y 8,0 unidades. La dureza total de las aguas del río Quillinzo, al igual que la del río Santa Rosa, resultó media entre el conjunto de afluentes del embalse del Río Tercero, oscilando entre 33 y 60 mgCO<sub>3</sub>Ca/l.

Otras características diferenciales entre los arroyos y ríos que nos ocupan y que merecen ser destacadas muy especialmente son la oxidabilidad y las concentraciones de nitratos y nitritos, que para el río Quillinzo fueron detectados en los siguientes rangos: 1,0 a 4,5 mgO<sub>2</sub>/l, 0,21 a 1,80 mgNO<sub>3</sub>/l, y 0,021 a 0,180 mgNO<sub>2</sub>/l, respectivamente.

TABLA 5  
Composición química de las aguas de los afluentes del lago Río Tercero

	Río de la Cruz				Río Quillín			
	IX-71	I-72	V-72	VII-72	IX-71	I-72	V-72	VII-72
Carbonatos (CO <sub>3</sub> mg/l)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H mg/l)	204,3	183,1	144,1	178,2	84,1	50,3	49,7	64,7
Cloruros (Cl mg/l)	20,7	22,3	8,6	15,0	2,7	2,5	1,9	2,2
Sulfatos (SO <sub>4</sub> mg/l)	160,8	160,0	50,5	117,1	4,4	4,9	3,8	6,7
Calcio (Ca mg/l)	54,1	55,9	33,1	48,2	17,5	11,5	8,5	12,7
Magnesio (Mg mg/l)	12,9	12,4	7,1	11,0	3,9	2,3	2,8	2,9
Sodio (Na mg/l)	92,0	82,0	30,0	53,0	10,4	4,9	5,9	6,7
Potasio (K mg/l)	7,6	10,2	4,5	6,0	2,0	3,1	1,4	1,4
Oxidabilidad (O <sub>2</sub> mg/l)	2,6	1,7	1,8	1,1	2,3	4,5	1,4	1,0
Nitratos (NO <sub>3</sub> mg/l)	0,70	0,07	0,78	0,84	0,41	0,21	0,67	1,80
Nitritos (NO <sub>2</sub> mg/l)	0,012	0,003	0,012	0,180	0,035	0,002	0,009	0,049
Amoníaco y sales de amonio (NH <sub>3</sub> mg/l)	0,05	0,03	0,02	0,06	0,03	0,05	0,01	0,06
Ortofosfatos (PO <sub>4</sub> mg/l)	0,05	0,03	0,07	0,10	0,01	0,04	0,01	0,09
Hierro soluble (Fe mg/l)	0,13	0,03	0,06	0,04	0,10	0,02	0,05	0,07
Sílice reactiva (SiO <sub>2</sub> mg/l)	27,0	22,0	20,0	10,0	10,0	11,0	16,0	7,0
Dureza total (CO <sub>3</sub> Ca mg/l)	188,0	190,7	112,1	165,8	60,0	38,0	32,6	43,5
Alcalinidad a la fenolftaleína (me/l)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Alcalinidad al bromocresol (me/l)	3,365	3,002	2,362	2,921	1,387	0,825	0,814	1,060
pH	8,0	7,9	7,7	8,1	8,0	7,9	7,6	7,9
Anhidrido carbónico (CO <sub>2</sub> mg/l)	3,8	3,4	5,7	2,9	1,6	0,9	2,4	1,7
Conductividad ( μ S /cm)	629	697	283	469	138	106	80	107
Temperatura (°C)	17,0	30,0	13,5	12,2	16,5	33,2	14,2	11,0
Turbiedad (unidades APHA)	3	21	1	3	2	3	1	2
Color (unidades APHA)	7	9	5	5	5	19	4	4

TABLA 5 (continuación)

Composición química de las aguas de los afluentes del lago Río Tercero

	Río Grande				Río Santa Rosa			
	IX-71	I-72	V-72	VII-72	IX-71	I-72	V-72	VII-72
Carbonatos (CO <sub>3</sub> mg/l)	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H mg/l)	58,5	18,2	40,2	49,5	94,7	55,2	51,9	87,1
Cloruros (Cl mg/l)	1,5	1,4	1,2	1,6	3,7	2,2	1,8	2,8
Sulfatos (SO <sub>4</sub> mg/l)	3,2	1,6	1,7	4,6	8,4	5,2	4,0	9,8
Calcio (Ca mg/l)	10,3	3,1	6,1	8,1	19,5	10,1	10,7	15,5
Magnesio (Mg mg/l)	3,1	1,1	2,8	2,8	4,3	2,7	2,2	4,1
Sodio (Na mg/l)	7,0	2,2	4,4	5,0	14,5	8,2	6,7	11,4
Potasio (K mg/l)	1,8	2,0	1,1	1,1	3,2	2,2	1,4	1,8
Oxidabilidad (O <sub>2</sub> mg/l)	1,7	5,3	1,4	1,1	3,5	2,6	1,3	1,0
Nitratos (NO <sub>3</sub> mg/l)	0,32	0,41	0,54	1,96	0,29	0,08	0,62	0,68
Nitritos (NO <sub>2</sub> mg/l)	0,10	0,005	0,008	0,050	0,025	0,004	0,010	0,026
Amoníaco y sales de amonio (NH <sub>3</sub> mg/l)	0,01	0,06	0,001	0,06	0,04	0,01	0,01	0,05
Ortofosfatos (PO <sub>4</sub> mg/l)	0,02	0,06	0,03	0,10	0,02	0,05	0,04	0,08
Hierro soluble (Fe mg/l)	0,10	0,03	0,06	0,07	0,11	0,04	0,02	0,04
Sílice reactiva (SiO <sub>2</sub> mg/l)	11,0	7,0	15,0	10,0	17,0	15,0	18,0	8,0
Dureza total (CO <sub>3</sub> Ca mg/l)	38,4	12,4	26,7	31,7	66,5	36,3	35,9	55,6
Alcalinidad a la fenolftaleína (me/l)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,082	0,000	0,000	0,000
Alcalinidad al bromocresol (me/l)	0,960	0,298	0,659	0,811	1,552	0,905	0,837	1,428
pH	7,8	7,4	7,7	7,7	8,4	8,2	7,8	8,1
Anhídrido carbónico (CO <sub>2</sub> mg/l)	1,7	1,1	1,5	2,1	0,7	0,5	1,5	1,3
Conductividad ( μ S/cm)	90	43	58	71	164	112	83	136
Temperatura (°C)	17,0	29,0	14,6	9,8	16,2	31,0	15,5	14,1
Turbiedad (unidades APHA)	3	23	1	2	2	2	1	2
Color (unidades APHA)	5	39	8	3	5	15	3	2

El río Santa Rosa presenta también características macroquímicas bastante constantes, con aguas del tipo bicarbonatado—cálcico—sódico. Las proporciones iónicas relativas responden en todos los casos al ordenamiento:  $\text{CO}_3\text{H}$  (78—86 o/o) >  $\text{SO}_4$  (8—12 o/o) >  $\text{Cl}$  (4—6 o/o), y  $\text{Ca}$  (44—51 o/o) >  $\text{Na}$  (28—31 o/o) >  $\text{Mg}$  (17—20 o/o) >  $\text{K}$  (3—5 o/o). Puede notarse que con respecto al anterior, el río Quillín, son menores las proporciones de bicarbonatos y cloruros, con incremento de las correspondientes a sulfatos, a la vez que lo hizo el sodio a expensas de las cantidades relativas del calcio y magnesio. Tanto las concentraciones de macroelementos como las conductividades fueron algo mayores que en el Quillín, con 79—153 mg/l, y 83—164  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente.

De todos los afluentes del embalse del Río Tercero, el río Santa Rosa fue el único en el cual durante el período de estudios se detectó la presencia de carbonatos, con un rango de pH entre 7,8 y 8,4 unidades, y tenores de anhídrido carbónico en todos los casos inferiores a 1,5 mg $\text{CO}_2$ /l. Como ya se señalara, la dureza de sus aguas resultó intermedia entre la de los ríos de la Cruz y Grande, y ligeramente mayor que la del río Quillín, operándose variaciones comprendidas entre 36 y 67 mg $\text{CO}_3\text{Ca}$ /l.

El rango de la demanda química de oxígeno resultó ligeramente inferior al del río Quillín, 1,0—3,5 mg $\text{O}_2$ /l, y las concentraciones de compuestos minerales nitrogenados, con excepción de los amoniacales, bastante inferior, aproximadamente la tercera parte, 0,08—0,68 mg $\text{NO}_3$ /l, y 0,004—0,026 mg $\text{NO}_2$ /l.

El río Grande presentó una composición iónica relativa numéricamente más variable que en los casos anteriores, aunque siempre con predominio de bicarbonatos y calcio, siendo en el conjunto de afluentes del embalse el que acusó la menor concentración de electrolitos, entre 30 y 85 mg/l, y, por lo tanto, en el que se registraron las menores conductividades, de 43 a 90  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Las aguas de este río tienen una composición química que responde al tipo bicarbonatado—cálcico en algunos casos, y en otros a los tipos bicarbonatado—cálcico—sódico, bicarbonatado—cálcico—magnésico o bicarbonatado—cálcico—magnésico—sódico. Las proporciones relativas de los macroelementos respondieron al ordenamiento  $\text{CO}_3\text{H}$  (80—90 o/o) >  $\text{SO}_4$  (4,8—10 o/o)  $\cong$   $\text{Cl}$  (4—10 o/o), y  $\text{Ca}$  (39—46 o/o) >  $\text{Na}$  (24—27 o/o)  $\cong$   $\text{Mg}$  (23—30 o/o) >  $\text{K}$  (3—13 o/o).

Debido al bajo contenido de electrolitos, fundamentalmente bicarbonatos, se registró el pH más bajo entre todos los afluentes del embalse, con rango comprendido entre 7,4 y 7,8 unidades, y tenores de anhídrido carbónico que oscilaron de 1,1 a 2,1 mg $\text{CO}_2$ /l. Las durezas determinadas en las aguas de este río, por su parte, resultaron las más bajas del conjunto de inmisarios del lago y quedaron comprendidas entre 12 y 38 mg $\text{CO}_3\text{Ca}$ /l.

Contrariamente a lo que ocurre con su concentración de macroelementos, resultó ser el de mayor rango en su demanda química de oxígeno, 1,1 a 5,3 mg $\text{O}_2$ /l, y en su concentración de nitratos y nitritos, 0,32 a 1,96 mg $\text{NO}_3$ /l, y 0,005 a 0,050 mg $\text{NO}_2$ /l, respectivamente.

A diferencia de los tres ríos considerados anteriormente, en la composición química de cuyas aguas se puso de manifiesto el predominio absoluto

de bicarbonato de calcio, el río de la Cruz tuvo, desde el punto de vista macroquímico, características bastante diferentes, siendo reemplazado en algunos casos el bicarbonato cálcico por el sulfato sódico, con bajos tenores de cloruros, magnesio y potasio, dando lugar a tipos de aguas bicarbonatado-sulfatado-cálcico-sódico o sulfatado-bicarbonatado-sódico-cálcico. Las proporciones iónicas relativas respondieron al ordenamiento  $\text{CO}_3\text{H}$  (43–64 o/o)  $\cong$   $\text{SO}_4$  (29–48 o/o)  $>$   $\text{Cl}$  (6,6–9 o/o), y  $\text{Ca}$  (34–45 o/o)  $\cong$   $\text{Na}$  (35–50 o/o)  $>$   $\text{Mg}$  (13–16 o/o)  $>$   $\text{K}$  (2,4–3,4 o/o). La concentración total de estos compuestos alcanzó los valores más altos de toda la cuenca del embalse del Río Tercero y estuvo comprendida entre 278 y 552 mg/l, con conductividades entre 283 y 697  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Las aguas del río de la Cruz registraron el mayor contenido de anhídrido carbónico, 2,9 a 5,7 mg $\text{CO}_2$ /l, con pH en el rango 7,7–8,1, y la dureza total más alta de toda la cuenca, 112 a 191 mg $\text{CO}_3\text{Ca}$ /l. Por el contrario, la demanda química de oxígeno fue la más baja, 1,1 a 2,6 mg $\text{O}_2$ /l, y las concentraciones de nitratos y nitritos entre 0,07 y 0,84 mg $\text{NO}_3$ /l, y entre 0,003 y 0,180 mg $\text{NO}_2$ /l, respectivamente.

#### *b) Embalse del Río Tercero*

Las determinaciones químicas y físicas que se efectuaron en aguas del embalse del Río Tercero, como así también en el efluente del mismo nombre, se resumen en las tablas correspondientes. La composición macroquímica de las aguas de este lago pertenecen al tipo bicarbonatado-cálcico durante la mayor parte del año, variando en coincidencia con los menores niveles del embalse en la temporada estival, al tipo bicarbonatado-sulfatado-sódico-cálcico, cambio en el cual puede incidir tanto el aporte del río de la Cruz —que aunque con caudal reducido en esta época del año posee un contenido salino elevado y rico en sulfato sódico— como los intensivos procesos de producción primaria a nivel del fitoplancton, que favorecidos por las elevadas temperaturas y radiación solar, podrían agotar el anhídrido carbónico en los estratos superficiales y medios con la consecuente precipitación de carbonato cálcico. Las proporciones iónicas relativas se suceden en el orden  $\text{CO}_3\text{H}$  (62–80 o/o)  $>$   $\text{SO}_4$  (14–31 o/o)  $>$   $\text{Cl}$  (5–7 o/o), y  $\text{Ca}$  (35–43 o/o)  $\cong$   $\text{Na}$  (33–44 o/o)  $>$   $\text{Mg}$  (16–20 o/o)  $>$   $\text{K}$  (4–6 o/o). En profundidad, y coincidentemente con tenores de anhídrido carbónico elevados, se observaron proporciones ligeramente superiores de bicarbonato y calcio. La concentración total de macroelementos osciló entre 116 y 221 mg/l, mientras las conductividades lo hicieron entre 126 y 303  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

El rango de variación del pH estuvo entre 7,2 en invierno y 8,3 en verano, en superficie, en tanto que en los estratos profundos se registraron 7,0 en otoño y 7,6 unidades en primavera. Estas diferencias son provocadas indudablemente tanto por los procesos fotosintéticos (los que reducen la concentración del anhídrido carbónico a valores comprendidos entre su ausencia casi total, en verano, hasta 9,2 mg $\text{CO}_2$ /l en invierno), como por los procesos de descomposición de la materia orgánica de fondo, que eleva el contenido de este gas a valores comprendidos entre 4,0 (primavera) y 11,6

TABLA 6  
Composición química de las aguas del embalse del río Tercero y del Río Tercero

	Superficial				3 metros			
	IX-71	I-72	V-72	VII-72	IX-71	I-72	V-72	VII-72
Carbonatos (CO <sub>3</sub> mg/l)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H mg/l)	76,0	107,9	61,9	68,6	76,6	109,7	61,6	68,6
Cloruros (Cl mg/l)	3,1	6,1	3,9	3,2	2,7	6,0	3,8	3,2
Sulfatos (SO <sub>4</sub> mg/l)	10,8	42,8	17,6	13,7	10,6	44,0	17,5	13,4
Calcio (Ca mg/l)	14,2	22,0	12,0	12,9	14,8	21,9	12,5	12,8
Magnesio (Mg mg/l)	3,5	6,2	3,8	3,1	3,2	6,4	3,4	3,2
Sodio (Na mg/l)	12,4	31,4	13,2	12,8	12,8	30,3	13,1	12,4
Potasio (K mg/l)	3,9	5,0	3,4	2,9	4,0	5,0	3,3	3,0
Oxidabilidad (O <sub>2</sub> mg/l)	5,6	5,1	3,0	3,2	5,1	3,5	3,0	3,2
Nitratos (NO <sub>3</sub> mg/l)	0,42	0,09	0,63	0,01	0,34	0,12	0,62	0,01
Nitritos (NO <sub>2</sub> mg/l)	0,007	0,004	0,008	0,004	0,011	0,003	0,005	0,004
Amoníaco y sales de amonio (NH <sub>3</sub> mg/l)	0,06	0,02	0,01	0,05	0,07	0,01	0,01	0,05
Ortofosfatos (PO <sub>4</sub> mg/l)	0,02	0,06	0,11	0,07	0,01	0,05	0,10	0,10
Hierro soluble (Fe mg/l)	0,12	0,11	0,03	0,09	0,13	0,07	0,01	0,07
Sílice reactiva (SiO <sub>2</sub> mg/l)	8,5	3,5	4,8	2,1	11,5	4,0	4,5	2,2
Dureza total (CO <sub>3</sub> Ca mg/l)	49,7	80,4	45,4	45,2	50,0	80,9	45,4	45,2
Alcalinidad a la fenolftaleína (me/l)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Alcalinidad al bromocresol (me/l)	1,246	1,769	1,015	1,125	1,256	1,799	1,010	1,125
pH	8,0	8,3	7,4	7,2	8,0	8,3	7,4	7,3
Anhídrido carbónico (CO <sub>2</sub> mg/l)	1,5	0,0	4,6	9,2	1,5	0,0	4,6	7,3
Conductividad ( μ S /cm)	136	303	127	126	137	305	126	126
Temperatura (°C)	13,6	25,8	16,4	10,1	13,4	25,6	16,3	9,8
Turbiedad (unidades ÁPHA)	2	11	2	5	3	11	1	5
Color (unidades ÁPHA)	17	14	9	12	15	20	7	16

TABLA 6 (continuación)

Composición química de las aguas del embalse del río Tercero y del Río Tercero

	Profundidad				Río Tercero			
	IX-71	I-72	V-72	VII-72	IX-71	I-72	V-72	VII-72
Carbonatos (CO <sub>3</sub> mg/l)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H mg/l)	78,5	110,3	61,9	68,6	72,9	110,3	72,8	68,6
Cloruros (Cl mg/l)	3,3	5,9	3,6	3,2	4,3	5,7	3,0	3,3
Sulfatos (SO <sub>4</sub> mg/l)	9,6	38,0	18,1	14,1	9,9	41,6	14,7	18,8
Calcio (Ca mg/l)	14,7	22,7	12,8	12,9	14,5	22,5	12,2	13,1
Magnesio (Mg mg/l)	3,3	6,1	3,3	3,4	3,0	6,2	4,2	3,1
Sodio (Na mg/l)	14,0	29,3	13,1	12,4	10,8	31,4	13,2	12,5
Potasio (K mg/l)	4,2	4,9	3,4	3,0	2,4	4,9	3,1	2,9
Oxidabilidad (O <sub>2</sub> mg/l)	4,7	3,2	3,1	3,0	5,5	4,3	2,9	3,0
Nitratos (NO <sub>3</sub> mg/l)	0,37	0,11	0,60	0,02	0,43	0,14	0,65	0,01
Nitritos (NO <sub>2</sub> mg/l)	0,006	0,003	0,008	0,009	0,020	0,003	0,005	0,003
Amoníaco y sales de amonio (NH <sub>3</sub> mg/l)	0,05	0,05	0,01	0,03	0,06	0,06	0,01	0,06
Ortofosfatos (PO <sub>4</sub> mg/l)	0,02	0,06	0,11	0,12	0,01	0,04	0,09	0,06
Hierro soluble (Fe mg/l)	0,13	0,07	0,06	0,07	0,11	0,03	0,06	0,11
Sílice reactiva (SiO <sub>2</sub> mg/l)	10,3	3,8	4,8	2,1	8,2	3,5	4,0	1,9
Dureza total (CO <sub>3</sub> Ca mg/l)	50,3	81,7	45,4	46,2	48,6	81,5	47,6	45,7
Alcalinidad a la fenolftaleína (me/l)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Alcalinidad al bromocresol (me/l)	1,286	1,809	1,015	1,125	1,195	1,809	1,193	1,125
pH	7,6	7,4	7,0	7,4	7,6	7,7	7,6	7,7
Anhídrido carbónico (CO <sub>2</sub> mg/l)	4,0	8,5	11,6	5,8	3,6	3,6	3,4	2,9
Conductividad ( μ S /cm)	141	301	127	127	127	301	127	129
Temperatura (°C)	12,5	14,5	16,0	9,7	13,8	24,1	16,0	10,5
Turbiedad (unidades APHA)	3	20	1	14	4	5	3	3
Color (unidades APHA)	13	47	8	12	17	14	7	15

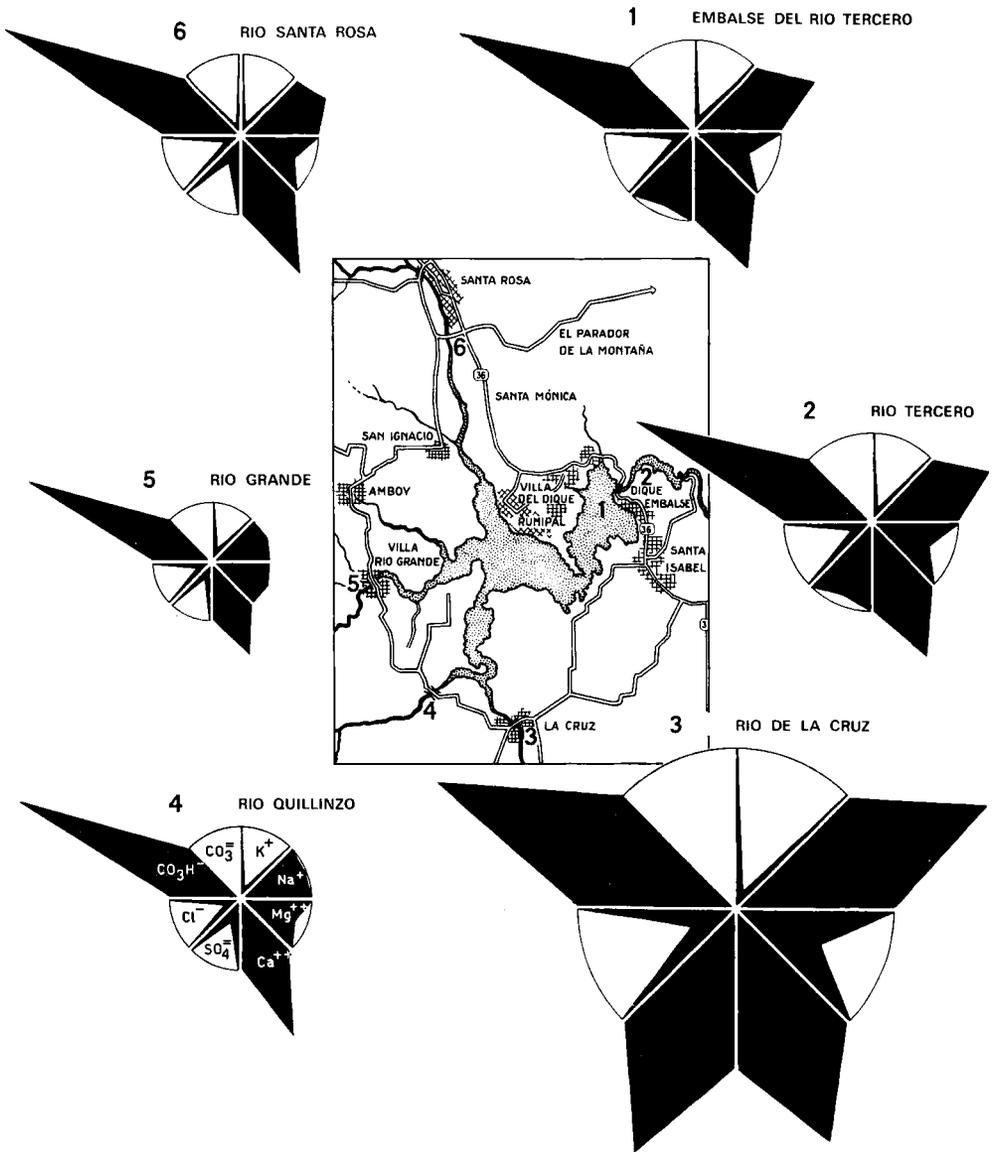


Fig. 4. Composición iónica relativa media del Embalse del Río Tercero y los ríos de su cuenca.  
■ = 0,1 me / l

mgCO<sub>2</sub>/l (otoño). La dureza total osciló superficialmente entre 45,2 y 80,4 mgCO<sub>3</sub>Ca/l, con un ligero incremento en profundidad.

La demanda química de oxígeno en superficie (3,04 a 5,62 mgO<sub>2</sub>/l), resultó superior a la determinada en todos los afluentes del embalse, a la registrada a 3 metros de profundidad en primavera y verano, y a todas las determinadas en profundidad, con excepción de las correspondientes a otoño, notándose la mayor diferencia entre superficie y profundidad en verano.

Los tenores de fosfatos, en muestras superficiales, variaron de 0,02 a 0,11 mgPO<sub>4</sub>/l, de primavera a otoño, seguidas de una posterior disminución mientras que en profundidad lo hicieron entre 0,02 y 0,12 mgPO<sub>4</sub>/l, de primavera a invierno. Las concentraciones de nitratos no fueron significativamente diferentes entre las mediciones de superficie y fondo, y estuvieron en el rango 0,01 a 0,63 mgNO<sub>3</sub>/l; el menor valor consignado se halla en el límite de detección analítica y se dio en el período invernal. Los restantes compuestos minerales nitrogenados no parecen variar mayormente, correspondiéndoles concentraciones de 0,003 a 0,011 mgNO<sub>2</sub>/l, y 0,01 a 0,07 mgNH<sub>3</sub>/l.

Los tenores de hierro solubilizado no se apartan de los indicados para los afluentes del lago, 0,01 a 0,13 mgFe/l, haciéndolo en cambio la sílice, que se encuentra en cantidades muy inferiores a las de aquéllos, a la vez que parecería existir una ligera disminución en superficie, 2,1 a 8,5 mgSiO<sub>2</sub>/l, respecto de las concentraciones de profundidad, 2,1 a 10,3 mgSiO<sub>2</sub>/l, principalmente en primavera y verano.

Las aguas de este embalse, al igual que sus afluentes, presentaron un bajo tenor de sólidos suspendidos que se traduce en turbiedades máximas de 20 unidades APHA, normalmente entre 2 y 5 unidades, en tanto que el color fue bastante mayor que el de los inmisarios, oscilando en superficie entre 9 y 17 unidades, y en profundidad entre 8 y 47 unidades APHA.

### *c) Río Tercero*

Las aguas del único efluente del embalse, el Río Tercero, no acusaron mayores diferencias en su aspecto químico y físico con respecto a las del lago. Fue registrada una escasa variación del pH, 7,6–7,7 unidades, con tenores de anhídrido carbónico comprendidos entre 2,9 y 3,6 mgCO<sub>2</sub>/l. La oxidabilidad, así como las concentraciones de fosfatos y sílice, son algo inferiores a las observadas en el embalse.

### Propiedades Ópticas

Las aguas de estos lagos resultaron de mediana transparencia presentando algunas diferencias en sus características ópticas, las que, incluso, variaron considerablemente dentro del ciclo anual estudiado.

La transparencia en el lago San Roque, estimada mediante las medidas del disco de Secchi, osciló entre valores extremos de 0,90 m (verano) y

1,15 m (invierno). En lo referente a la penetración de la luz a distintas longitudes de onda, se registró con los filtros utilizados una profundidad de extinción para el azul que osciló entre 1,30 m en otoño y 1,80 m en invierno. Un mayor alcance se experimentó con el verde, que varió en forma similar entre profundidades de 1,70 m (verano) y 3,25 m (invierno). La penetración alcanzada por el rojo fue mayor aún, con valores extremos de 2,05 m en otoño y próximos a 4 m en primavera.

En el lago del embalse Los Molinos las medidas del disco de Secchi estuvieron comprendidas entre 1,00 m (primavera) y 1,48 m (otoño). La penetración del azul varió entre límites extremos de 1,50 m en verano y 1,95 m en invierno. El verde alcanzó profundidades de extinción comprendidas entre 2,25 m y 4,50 m, en primavera e invierno, respectivamente. El rojo, a su vez, registró valores ligeramente superiores variando entre 2,40 m en primavera y 4,95 m en otoño.

Las diferencias advertidas se acentuaron en el caso del Embalse del Río Tercero. La permeabilidad lumínica fue mayor, con medidas del disco de Secchi que fluctuaron entre 1,13 y 3,15 m en verano e invierno, respectivamente. Además, si bien el azul fue el que registró la menor profundidad de extinción —con mínimo de 1,65 m en verano y máximo de 2,35 m en primavera—, la mayor penetración correspondió al verde, el cual en invierno casi duplicó al rojo. De tal manera, este último registró valores de extinción comprendidos entre 2,70 m (verano) y 5,15 m (invierno), en tanto que el verde fluctuó entre 3,75 m (verano) y 9 m (invierno).

### Térmica

Durante los trabajos realizados, la amplitud de variación de la temperatura en superficie alcanzó a 15°C, con registro mínimo en el mes de julio (10°C), y máximo en enero (25°C). En invierno la temperatura resultó muy uniforme en toda la masa de agua (con valores próximos a los 10°C), aunque con ligeros y variables incrementos superficiales. A fines de invierno y comienzos de primavera, pese al aumento general de la temperatura, el perfil térmico continuó siendo más o menos uniforme, definiéndose un mayor incremento progresivo hacia la superficie. El proceso culminó en verano con la máxima amplitud de variación entre superficie y fondo, próximo a 3°C, la cual se desarrolló según un gradiente más o menos regular y no conforme a una estratificación claramente definida.

En las observaciones efectuadas por Cordini en el Embalse del Río Tercero (1950), el perfil térmico apareció casi siempre siguiendo un gradiente, sin registrarse una termoclina bien caracterizada. Por su parte, Boschi y Fuster de Plaza en su trabajo relativo al mismo embalse (1959), hacen referencia a una estratificación térmica muy particular, detectándose dos o más termoclinas, de las cuales resultaron particularmente claras una superficial ubicada entre los 6 y 7 m, y una más profunda comprendida entre los 10 y 14 m. En un trabajo anterior referido al mismo tema (Boschi, L.A., Fuster de Plaza, M. L., y Boschi, E.E., 1958), se proporcionan

medidas de temperatura de las aguas del mencionado lago tomadas en fechas muy próximas, las que definen perfiles que difieren bastante de los anteriores, revelando una considerable variabilidad en los fenómenos considerados.

Este variable comportamiento térmico puede depender de muchos factores, estimándose que los marcados cambios de profundidad y volumen de las aguas represadas, con los consiguientes flujos internos, deben jugar un papel de importancia al respecto.

### Oxígeno Disuelto

El contenido en oxígeno disuelto de estas aguas y sus variaciones merece una consideración particular, en razón de la intensidad de los cambios que se operan a lo largo del año y sus implicancias limnológicas.

En el lago San Roque, durante los muestreos de invierno, las aguas superficiales se encontraron ligeramente sobresaturadas, decreciendo luego un tanto hasta los 5 m, a partir de donde resultó más constante, aunque con ligera caída en profundidad.

En los muestreos de verano la situación cambió sustancialmente. Los valores de superficie resultaron inferiores al 85 o/o de saturación, situación que se mantuvo hasta los 2 m; decrecieron ligeramente hasta los 4 m, haciéndolo luego en forma más acentuada y de manera regular hasta los 8 m (donde apenas alcanzó a 2,5 mg/l). A partir de los 9 m se pasó bruscamente a la casi total exhaustación del oxígeno disuelto.

En el lago de Los Molinos se registraron condiciones similares. En invierno, el oxígeno disuelto se encontró en superficie con valores próximos al 100 o/o de saturación, experimentando muy ligeros cambios en profundidad. En las determinaciones de verano, se alcanzó en superficie un porcentaje de saturación cercano al 80 o/o, el cual declinó rápidamente en profundidad registrándose menos de 1 mg/l a los 12 m, agotándose prácticamente hacia el fondo.

La situación comentada se repitió con algunas variantes de interés en el Embalse del Río Tercero. En invierno, los valores en superficie fueron ligeramente superiores a los de saturación. Con muy escasas fluctuaciones, sus tenores declinaron un tanto hacia el fondo, presentando un perfil sumamente homogéneo. En los muestreos de verano, el agua superficial se encontró sobresaturada (125 o/o). Esta situación se mantuvo —aunque en forma decreciente— hasta los 6—7 m, decayendo bruscamente a menos de 1 mg/l a los 10 m de profundidad, reduciéndose en forma asintótica hacia el fondo. El perfil del oxígeno disuelto pasó así, en sólo 3 m, de valores próximos al 100 o/o de saturación, a la casi total depleción.

De tal modo, estos lagos presentaron en los meses de más elevada temperatura una clara estratificación en la distribución del oxígeno disuelto, cuyo perfil conforma una neta curva clinográfica, aún cuando no se advirtiera una termoclina bien definida. La elevada actividad fotosintética que se opera en el área eu fótica, puede llevar la concentración del oxígeno a

situaciones de sobresaturación y elevar considerablemente el pH que, de valores próximos al punto neutro en los meses fríos, pasó en primavera y verano a gravitar claramente en el rango alcalino, alcanzando a 8,3 unidades. En profundidad, y en medida variable, se experimentaron fuertes cambios, pasando entre 4–8 m a un brusco decrecimiento en la concentración del oxígeno disuelto, el cual prácticamente se agotó por debajo de los 9–12 m. El pH decreció también en forma notoria, aunque sus valores no fueron más allá del punto neutro.

## FITOPLANCTON Y PRODUCCION PRIMARIA

El fitoplancton de estos lagos y de los ríos y arroyos de sus cuencas ha sido objeto de diversos estudios, entre los cuales el más reciente y amplio desde el punto de vista limnológico es el de Maglianesi et al (1972), de modo que en el presente trabajo sólo se considera a esta comunidad en forma sumaria, prestándose mayor atención a los aspectos referidos a su productividad.

### *Lago San Roque*

En este lago, como ya fuera comentado por Maglianesi et al. (1972), el fitoplancton apareció caracterizado durante la mayor parte del año por una asociación de *Peridinium* spp., *Coscinodiscus lacustris* y *Melosira agassizii*, con variada e importante contribución de elementos del nanoplancton como diversas especies de *Criptomonas*, *Monoraphidium minutum*, *Crucigenia tetrapedia*, *Chlorella ellipsoidea*, *Oocystis* spp., etc., que alcanzaron su mayor expresión a fines de invierno y durante el período primaveral.

En verano se registraron concentraciones de Cianofitas de cierta importancia en las aguas superficiales, fundamentalmente de *Microcystis aeruginosa*, acompañada, aunque en baja proporción, por *Aphanocapsa delicatissima* y *Anabaena* cf. *spiroides*.

La concentración celular en la zona eufótica habría presentado dos pulsos de variable importancia en el ciclo anual. El de mayor intensidad se produjo en primavera, con elevada proporción de elementos del nanoplancton, llegando a valores del orden de  $3,65 \times 10^9$  cél/m<sup>2</sup>. El otro correspondió a otoño, con dominancia de especies de mayor biomasa, pulso éste que alcanzó cifras de  $2,34 \times 10^9$  cél/m<sup>2</sup>. En verano e invierno se detectaron concentraciones menores:  $1,25 \times 10^9$ , y  $0,63 \times 10^9$  cél/m<sup>2</sup>.

Las medidas relativas a la concentración de clorofila a proporcionan un esquema diferente, el cual se particulariza más aún al considerar tal concentración por unidad celular. Como puede apreciarse en la tabla respectiva, la menor concentración de clorofila a por unidad celular en la zona eufótica se dio en primavera ( $5,6 \text{ mg}/10^9$  cél.), a la cual siguió un rápido aumento en verano, temporada en que se registró el máximo ( $42,8 \text{ mg}/10^9$  cél.). En otoño los valores decayeron a la mitad del anterior ( $21,3 \text{ mg}/10^9$  cél.), reduciéndose algo más en invierno ( $18,8 \text{ mg}/10^9$  cél.).

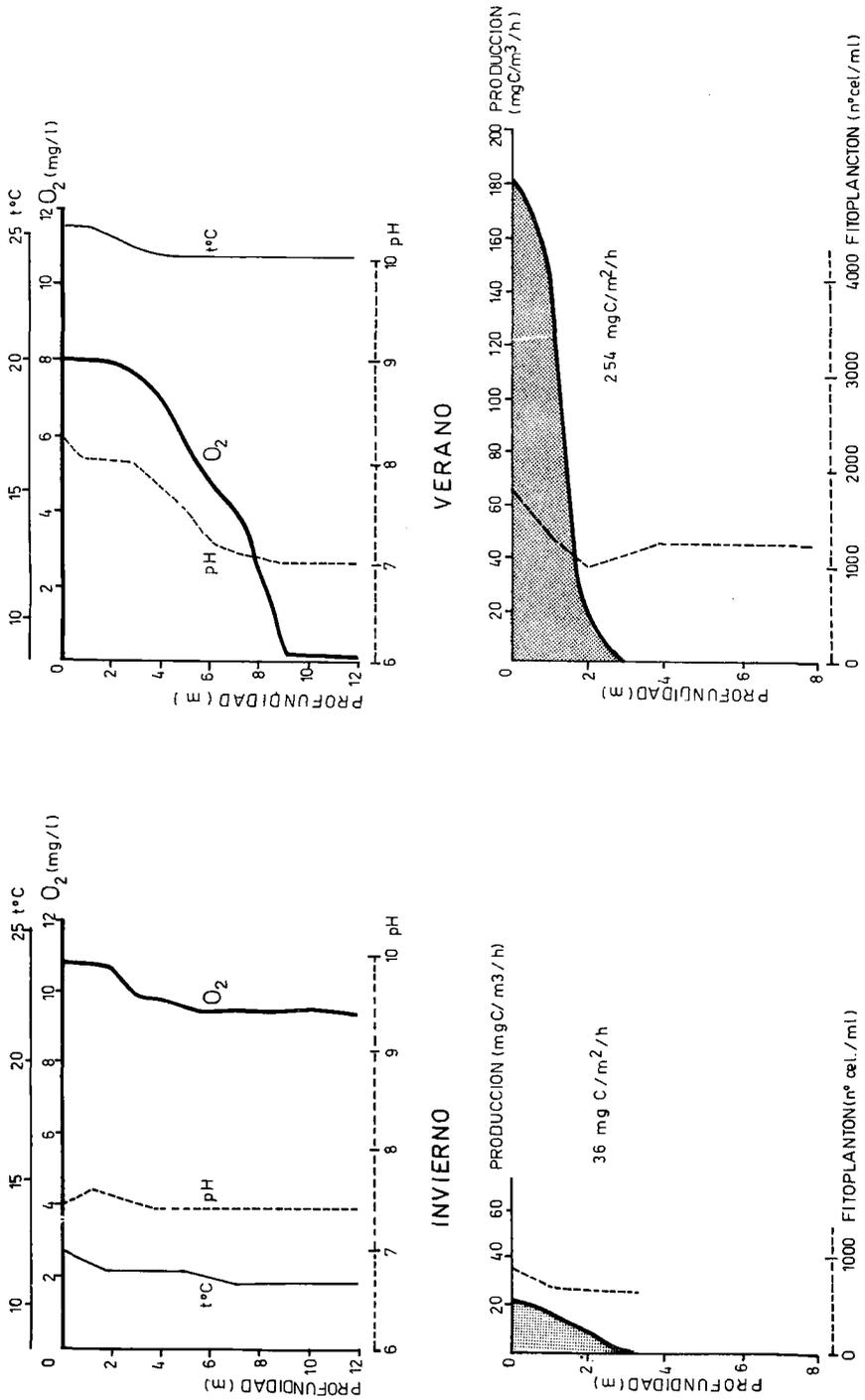


Fig. 5. Producción primaria del fitoplancton, número celular, pH, Oxígeno disuelto y temperatura, y las respectivas variaciones en profundidad durante invierno y verano, en el lago San Roque.

TABLA 7

Producción primaria del fitoplancton y principales variables asociadas en los lagos de embalse

	Primavera			Verano			Otoño			Invierno		
	San Roque	Los Molinos	Río Tercero	San Roque	Los Molinos	Río Tercero	San Roque	Los Molinos	Río Tercero	San Roque	Los Molinos	Río Tercero
Concentración celular (Células/m <sup>2</sup> ) 10 <sup>9</sup>	3,65	5,53	8,09	1,25	2,23	2,23	2,34	0,66	0,57	0,63	0,67	1,05
Concentración de clorofila a por unidad celular (mg/10 <sup>9</sup> Células)	5,6	6,2	3,3	42,8	11,5	14,8	21,3	24,9	4,2	18,8	23,1	13,6
Concentración de clorofila a (mg/m <sup>2</sup> )	21	34	27	53	26	33	50	16	2	12	16	14
Producción horaria (mgC/hora/m <sup>2</sup> )	82,0	188,3	190,5	253,7	393,2	583,4	252,1	110,9	33,8	36,4	42,9	70,0
Producción diaria (mgC/día/m <sup>2</sup> )	700	1582	1625	2324	3562	5297	2112	929	283	284	329	519
Índice de productividad (mgC/h/mg clorofila a)	4,0	5,5	7,1	4,8	15,4	17,7	5,1	6,8	14,2	3,1	2,8	4,9
Capacidad productiva (mgC/h/10 <sup>9</sup> Células)	22,5	34,0	23,6	203,3	176,7	262,1	107,6	169,0	59,1	57,8	63,9	66,6

No obstante la declinación observada en el número celular de primavera a verano, el cambio estructural de la población determinó un aumento notable en el contenido de clorofila *a* por unidad de superficie, pasando de 21 mg/m<sup>2</sup> en primavera, a 53 mg/m<sup>2</sup> en verano. Tal situación declinó ligeramente en otoño, con 50 mg/m<sup>2</sup>, alcanzando el mínimo en invierno, con registros apenas superiores a los 10 mg/m<sup>2</sup>.

Las variaciones de la producción, tanto horaria como diaria, por unidad de superficie del lago, respondieron a las fluctuaciones observadas para la concentración de clorofila *a* en la zona eufótica. De tal manera, los máximos valores fueron obtenidos en verano, con más de 250 mgC/hora/m<sup>2</sup>, y más de 2.300 mgC/día/m<sup>2</sup>. Los mínimos se dieron en invierno con poco más de 30 mgC/hora/m<sup>2</sup>, y de 280 mgC/día/m<sup>2</sup>. La producción primaria bruta fue estimada como superior a 500 gC/año/m<sup>2</sup>.

El índice de productividad de este lago resultó muy poco variable, oscilando entre valores extremos de 3,1 (invierno) y 5,1 mgC/hora/mg clorofila *a* (otoño).

La capacidad productiva del fitoplancton para la zona eufótica presentó su menor valor en primavera, oportunidad en que alcanzó a 22,5 mgC/hora/10<sup>9</sup> cél. A esto le siguió un fuerte incremento en verano, en que llegó a más de 200 mgC/hora/10<sup>9</sup> cél., disminuyendo en forma progresiva en los muestreos de otoño e invierno.

### *Lago Los Molinos*

Conforme con los datos disponibles, el fitoplancton de este lago presentó un solo pulso numérico significativo en el ciclo anual estudiado, el cual alcanzó su valor máximo a mediados de primavera, con 5,53 x 10<sup>9</sup> cél/m<sup>2</sup>. Los registros menores se dieron en otoño e invierno, con 0,66 y 0,67 x 10<sup>9</sup> cél/m<sup>2</sup>, respectivamente.

Tal pulso de primavera correspondió a una floración de Cianofitas, con clara dominancia de *Anabaena* cf. *spiroides* (especie ésta que llegó a constituir más del 90 o/o del total de la población fitoplanctónica, acompañada, aunque en baja proporción, por *Microcystis aeruginosa*), destacándose por su abundancia relativa entre las restantes, *Closterium kutzingii*.

En verano el número celular se redujo prácticamente a la mitad, con 2,23 x 10<sup>9</sup> cél/m<sup>2</sup>, continuando aún la dominancia de Cianofitas, particularmente de *Anabaena* cf. *spiroides* (la que constituyó poco más del 60 o/o del total de la población), acompañada en proporciones menores por *Microcystis aeruginosa*, seguida por *Coscinodiscus lacustris* (con un 13 o/o del total) y otras especies con reducida representación.

En otoño e invierno, estaciones en que se registraron las menores concentraciones celulares (0,66 y 0,67 x 10<sup>9</sup> cél/m<sup>2</sup>, respectivamente), las asociaciones dominantes estuvieron integradas por *Coscinodiscus lacustris* (37 o/o) y *Peridinium* spp. (17 o/o), en el primer caso, y por *Cryptomonas* spp. (25, o/o) y *Peridinium* spp. (17 o/o), en el segundo.

El contenido de clorofila *a* por unidad celular dentro de la zona

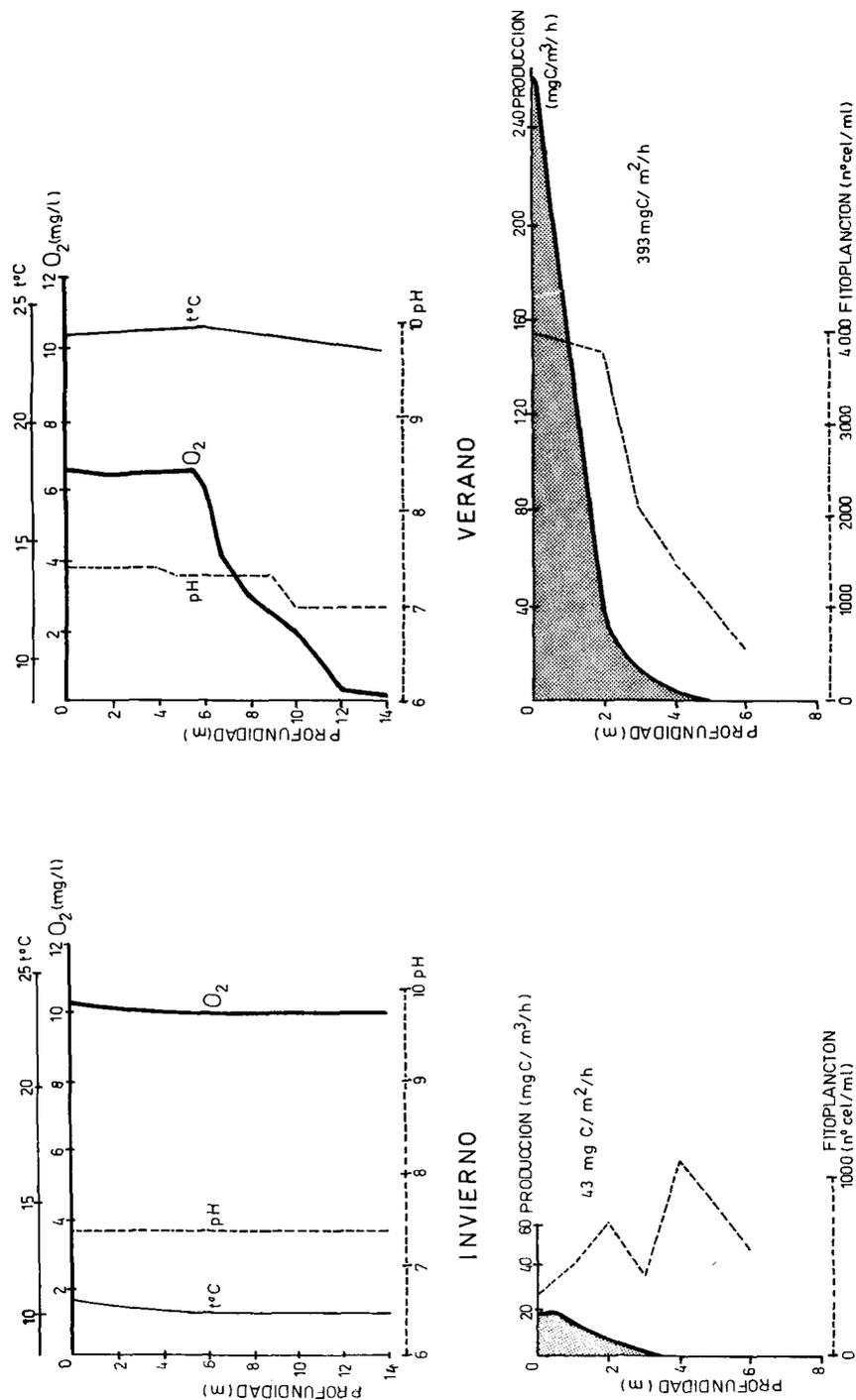


Fig. 6. Producción primaria del fitoplancton, número celular, pH, Oxígeno disuelto y temperatura, y sus respectivas variaciones en profundidad durante invierno y verano, en el lago Los Molinos.

fotoprodutiva del lago, acusó variaciones que aparecen como prácticamente inversas respecto a la concentración celular, registrándose el valor mínimo en primavera, con  $6,2 \text{ mg}/10^9 \text{ cél.}$ , el cual prácticamente se duplicó en verano, alcanzando el máximo en otoño e invierno con 25 y  $23 \text{ mg}/10^9 \text{ cél.}$ , respectivamente.

Por su parte, el contenido total de clorofila a por unidad de superficie en el estrato productivo presentó sus valores máximos en primavera, con  $34 \text{ mg}/\text{m}^2$ , alcanzando en verano a  $26 \text{ mg}/\text{m}^2$ . En otoño e invierno sus valores fueron de  $16 \text{ mg}/\text{m}^2$ .

La producción unitaria del lago, tanto horaria como diaria, no respondió como en el caso del lago San Roque a la concentración de clorofila a en la zona eufótica, sino más bien —y sin perjuicio de otros factores— a la combinación de las variaciones que muestra la concentración total celular en dicha zona y el contenido de este pigmento por unidad celular. La menor producción horaria ( $42,9 \text{ mgC}/\text{hora}/\text{m}^2$ ), y diaria ( $329 \text{ mgC}/\text{día}/\text{m}^2$ ), se registró en invierno, cuando se obtuvo la más baja concentración celular. La producción primaria del fitoplancton apareció luego incrementada, alcanzando valores en primavera de  $188 \text{ mgC}/\text{hora}/\text{m}^2$  y  $1.582 \text{ mgC}/\text{día}/\text{m}^2$ , lo que coincide con los mayores registros celulares. En verano se obtuvieron los valores máximos de producción, con  $393 \text{ mgC}/\text{hora}/\text{m}^2$  y  $3.562 \text{ mgC}/\text{día}/\text{m}^2$ , en momentos en que la concentración celular y el contenido en clorofila a por unidad celular alcanzaron aproximadamente la mitad de sus respectivos rangos de variación dentro del período estudiado. En otoño se determinaron valores de unos  $110 \text{ mgC}/\text{hora}/\text{m}^2$  y  $930 \text{ mgC}/\text{día}/\text{m}^2$ . La producción bruta de este embalse fue estimada en  $590 \text{ gC}/\text{año}/\text{m}^2$ .

El índice de productividad, contrariamente a lo que ocurriera en el lago San Roque, fluctuó dentro de límites bastante amplios, 2,8 a  $15,4 \text{ mgC}/\text{hora}/\text{mg}$  clorofila a, dándose el valor máximo en verano y el mínimo en invierno, coincidentes con las variaciones de la producción.

Al igual que en el lago San Roque, aunque con valores ligeramente superiores, los registros mínimos de la capacidad productiva se dieron en primavera, con  $34 \text{ mgC}/\text{hora}/10^9 \text{ cél.}$ , los que se habrían incrementado luego, aunque en forma menos abrupta que en el citado lago, hasta alcanzar valores máximos de 177 y  $169 \text{ mgC}/\text{hora}/10^9 \text{ cél.}$ , en verano y otoño, respectivamente, con registros posteriores que hacen suponer una disminución continuada hasta mediados de primavera.

### *Embalse del Río Tercero*

Similarmente a lo que ocurriera en el caso de Los Molinos, también en este lago el fitoplancton experimentó un solo pulso significativo en el ciclo anual, con valores máximos a mediados de primavera:  $8,09 \times 10^9 \text{ cél}/\text{m}^2$ . Tal situación fue determinada por un "bloom" de Cianofitas con franca dominancia de *Anabaena cf. spiroides* (que alcanzó el 93 o/o del total de la concentración celular), a la que secundaron *Aphanocapsa delicatissima* y

*Microcystis aeruginosa*, así como *Cryptomonas reflexa* entre las restantes especies pobremente representadas.

En verano decayó considerablemente el número celular, llegando a valores de  $2,23 \times 10^9$  cél/m<sup>2</sup>, oportunidad en que *Anabaena* cf. *spiroides* redujo sus valores al 33 o/o del total, en tanto que *Aphanocapsa delicatissima* se incrementa al 35 o/o del contenido celular(\*), apareciendo con valores más bajos *Microcystis aeruginosa*, *Monoraphidium setiforme* y otras especies.

En los registros de otoño continuó la disminución del número celular, llegándose así a los menores valores del ciclo estudiado, con  $0,57 \times 10^9$  cél/m<sup>2</sup>. En tal población *Anabaena* cf. *spiroides* representó un 30 o/o del total, cobrando importancia numérica varias especies nanoplancónicas, principalmente las del género *Cryptomonas* que alcanzaron una proporción del 30 o/o.

Durante los muestreos de invierno el número celular apareció un tanto acrecentado, con  $1,05 \times 10^9$  cél/m<sup>2</sup>, modificándose considerablemente la estructura de la población fitoplanctónica, donde *Melosira granulata* constituyó más del 50 o/o en el total de la concentración celular, en tanto que *Anabaena* cf. *spiroides* disminuyó al 23 o/o, seguida por *Cryptomonas* spp. y varias especies de otros géneros, representadas en mucho menor proporción.

La concentración de clorofila a por unidad celular presentó sus máximos valores en verano, con 14,8 mg/10<sup>9</sup> cél., e invierno con 13,6 mg/10<sup>9</sup> cél., en oportunidad en que el contenido celular fue moderado o relativamente bajo. Los menores valores se dieron en primavera y otoño, con 3,3 y 4,2 mg/10<sup>9</sup> cél., en coincidencia con los registros de mayor y menor concentración celular, respectivamente.

La concentración total de clorofila a en la zona eufótica alcanzó sus valores mínimos en muestreos de otoño, con 2,0 mg/m<sup>2</sup>, registrando en los de invierno 14 mg/m<sup>2</sup>, en tanto que con el incremento térmico pasó a 27 mg/m<sup>2</sup> en primavera, y a 33 mg/m<sup>2</sup> en verano.

La producción primaria del fitoplancton en el embalse, a igual que en el caso del lago Los Molinos, respondió a la combinación de las variaciones del número celular en la zona fotoprodutiva y de la concentración de clorofila a por unidad celular. El menor nivel productivo se observó en otoño con 33,8 mgC/hora/m<sup>2</sup> y 283 mgC/día/m<sup>2</sup>, en tanto que el mayor se dio en verano con 583 mgC/hora/m<sup>2</sup> y 5.300 mgC/día/m<sup>2</sup>. La producción bruta del lago se estimó en 730 gC/año/m<sup>2</sup>.

La amplitud del rango de variación del índice de productividad resultó similar al determinado en el embalse Los Molinos, aunque los valores absolutos fueron algo mayores en este lago: 4,9 y 17,7 mgC/hora/mg clorofila a, que se obtuvieron en períodos de baja y alta producción, respectivamente.

(\*) Es de señalar que la densidad celular en la vertical resultó muy variada y que, por debajo de los 6 m, prácticamente desapareció *Anabaena* cf. *spiroides*, reduciéndose también, aunque en menor proporción, *Aphanocapsa delicatissima*, siendo reemplazadas por *Thiopedia* sp., la cual a profundidad de 15 m alcanzó aproximadamente el 85 o/o del total de la población.

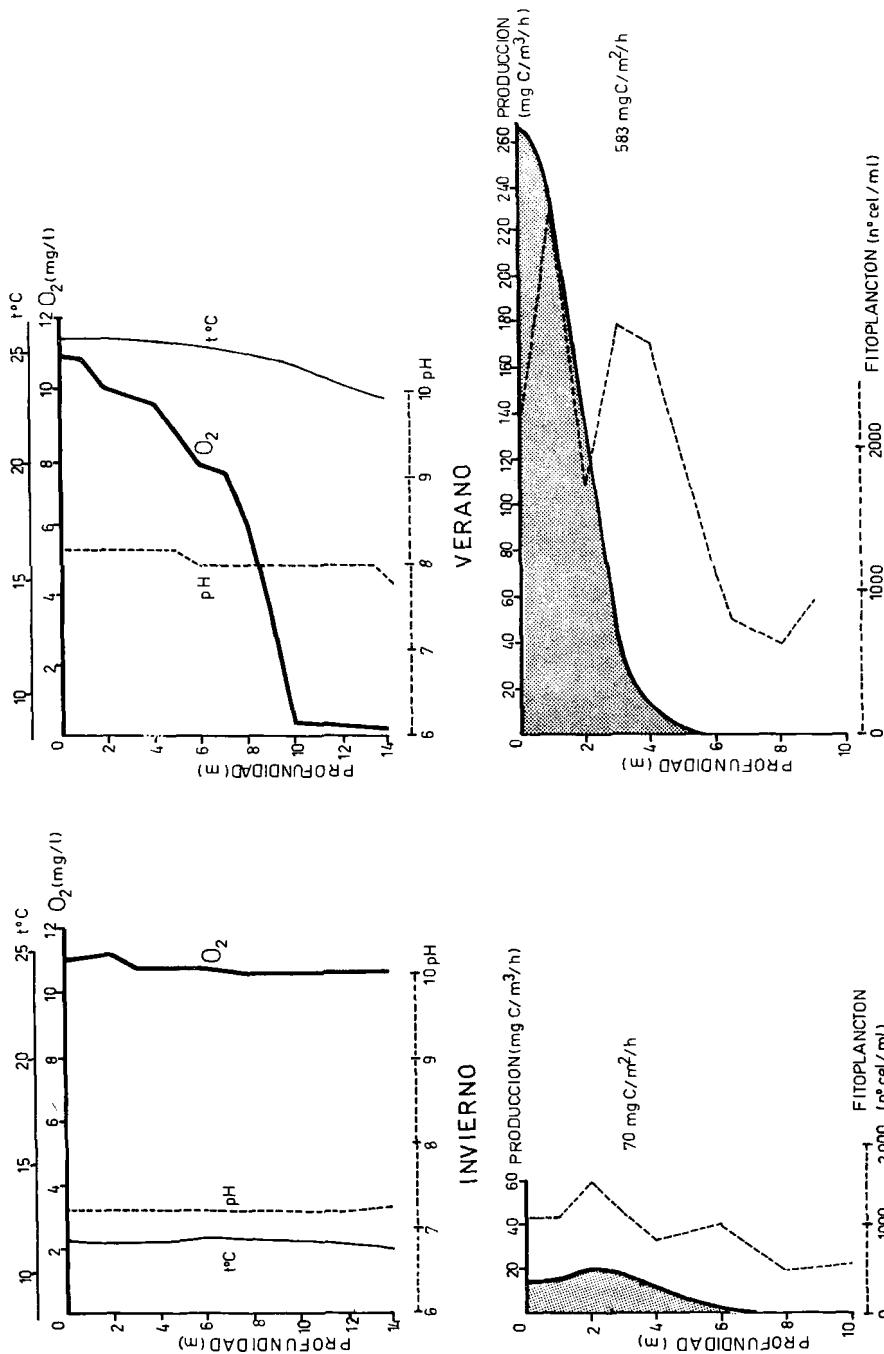


Fig. 7. Producción primaria del fitoplancton, número celular, pH, Oxígeno disuelto y temperatura, y las respectivas variaciones en profundidad durante invierno y verano, en el Embalse del Río Tercero.

La capacidad productiva del fitoplancton de este embalse estuvo sujeta a variaciones un tanto distintas a las registradas en los lagos San Roque y Los Molinos. El menor registro pudo apreciarse, a igual que en los citados ambientes, en los muestreos de primavera, con 23,6 mgC/hora/10<sup>9</sup> cél., alcanzando su máximo valor a mediados de verano, con 262 mgC/hora/10<sup>9</sup> cél., similarmente a lo acontecido en el lago San Roque. A esto sucedió un rápido decrecimiento en las muestras de otoño, en que llegó a 59 mgC/hora/10<sup>9</sup> cél., incrementándose ligeramente en invierno (66 mgC/hora/10<sup>9</sup> cél.).

## ZOOPLANCTON

La población zooplanctónica de los embalses presentó una marcada constancia estructural a lo largo del período estudiado. El número de especies de las taxocenosis consideradas, esto es, Rotíferos, Cladóceros y Copépodos, alcanzó a 34, de las cuales se encontraron 20 en el Embalse del Río Tercero, 20 en Los Molinos y 31 en San Roque. Del conjunto, 15 resultaron comunes a los tres lagos, en tanto que 20 especies lo fueron para el San Roque y Los Molinos, 17 para el San Roque y el Embalse Río Tercero, y 15 para este último y Los Molinos.

Aplicando el índice de similitud entre inventarios:

$$S = 100 \frac{2.C}{A + B}$$

donde S= índice de similitud; C= número de especies comunes a dos de los ambientes considerados; A= número de especies colectadas en uno de ellos, y B= número de especies procedentes del otro, se obtiene:

San Roque — Los Molinos	S = 77
Los Molinos — Embalse del Río Tercero	S = 73
San Roque — Embalse del Río Tercero	S = 69

Como puede apreciarse, la afinidad de la población zooplanctónica en los tres lagos fue muy marcada, acreciendo con la proximidad geográfica de los mismos.

En el lago San Roque, la mayor concentración del zooplancton en el área limnética se registró en el muestreo de primavera, con 113,72 i/l, mientras que las densidades numéricas mínimas correspondieron al de invierno, con valores de 42,88 i/l. En los muestreos correspondientes a verano se alcanzó a 58,38 i/l, y en otoño a 67,36 i/l.

La población apareció caracterizada, en el ciclo considerado, por la dominancia en los respectivos grupos de *Keratella cochlearis cochlearis*, *Eubosmina hagmanni* y *Acanthocyclops robustus* en primavera; *Conochiloides coenobasis*, *Diaphanosoma brachyurum* y *Acanthocyclops robustus* en verano; *Keratella cochlearis cochlearis*, *Diaphanosoma brachyurum* y *Acanthocyclops robustus* en otoño, y *Pompholix sulcata*, *Eubosmina*

TABLA 8

Número de individuos por litro en la estación limnética considerada

Especies	San Roque				Los Molinos				Río Tercero			
	IX	I	V	VII	IX	I	V	VII	IX	I	V	VII
<i>Keratella cochlearis</i>												
<i>tecta</i>	0,56	1,40	0,30		1,35	58,45			0,05	0,40		
<i>K. cochlearis</i>												
<i>cochlearis</i>	17,60	0,55	6,92	0,75	0,14		0,23	4,13	2,80	0,26	6,06	
<i>Keratella valga</i>											0,08	
<i>Brachionus plicatilis</i>		X										0,03
<i>B. calyciflorus</i>		X				1,11			0,07	0,26		0,03
<i>B. havanaensis</i>		X										
<i>Pompholix sulcata</i>	4,31	0,10	3,60	3,70	13,54	0,52		3,09	2,03		6,37	
<i>Polyarthra trigla</i>	0,74	0,10	0,30	0,66	0,25	0,12		1,00	0,60			0,86
<i>Trichotria tetractis</i>											0,01	
<i>Filinia longiseta</i>		0,03				5,26	0,94			0,20	4,23	
<i>Asplachna girodi</i>	0,26	0,03			0,08	0,18	0,23	0,48	0,16	0,26		0,11
<i>Asplachna</i> sp.			0,50							0,33		
<i>Conochilus unicornis</i>	X				0,12				4,40		0,04	0,30
<i>Hexarthra</i> sp.			0,22			4,00	0,04	0,03		0,06	0,72	
<i>Trichocerca</i> sp.		0,01				0,18						0,06
<i>Conochiloides</i>												
<i>coenobasis</i>		2,33				0,17	0,47			0,66	0,15	
<i>Collotheca</i> sp.		1,40					0,52			0,13		
<i>Testudinella</i> sp.			0,08									
<i>Diaphanosoma</i>												
<i>brachyurum</i>	2,43	10,20	3,30	0,12	1,20	6,00	2,59	0,14	0,33	3,10	5,03	0,23
<i>Moina micrura</i>	0,38	0,20										
<i>Bosmina longirostris</i>	0,38	1,30	1,40	2,22	1,59	0,52	0,66	6,14				
<i>Eubosmina hagmanni</i>	22,08	0,80	1,26	2,72	1,14	0,05	0,14	1,45	4,10		7,51	
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	0,41	0,44	2,63	0,41	1,23	4,50	0,75		5,62	1,38	3,50	0,42
<i>C. cornuta</i>		0,79	0,60									
<i>Daphnia ambigua</i>	1,57		0,15		1,50	1,40	0,28	0,78				
<i>D. spinulata</i>		0,90				0,10	0,40					
<i>Notodiaptomus</i>												
<i>incompositus</i>	20,00	14,00	9,70	4,20	4,50	3,56	1,74	2,70	3,40	8,45	2,60	0,50
<i>Acanthocyclops</i>												
<i>robustus</i>	43,00	23,80	36,40	28,10	7,50	6,25	9,10	3,50	3,20	0,50	48,70	0,76

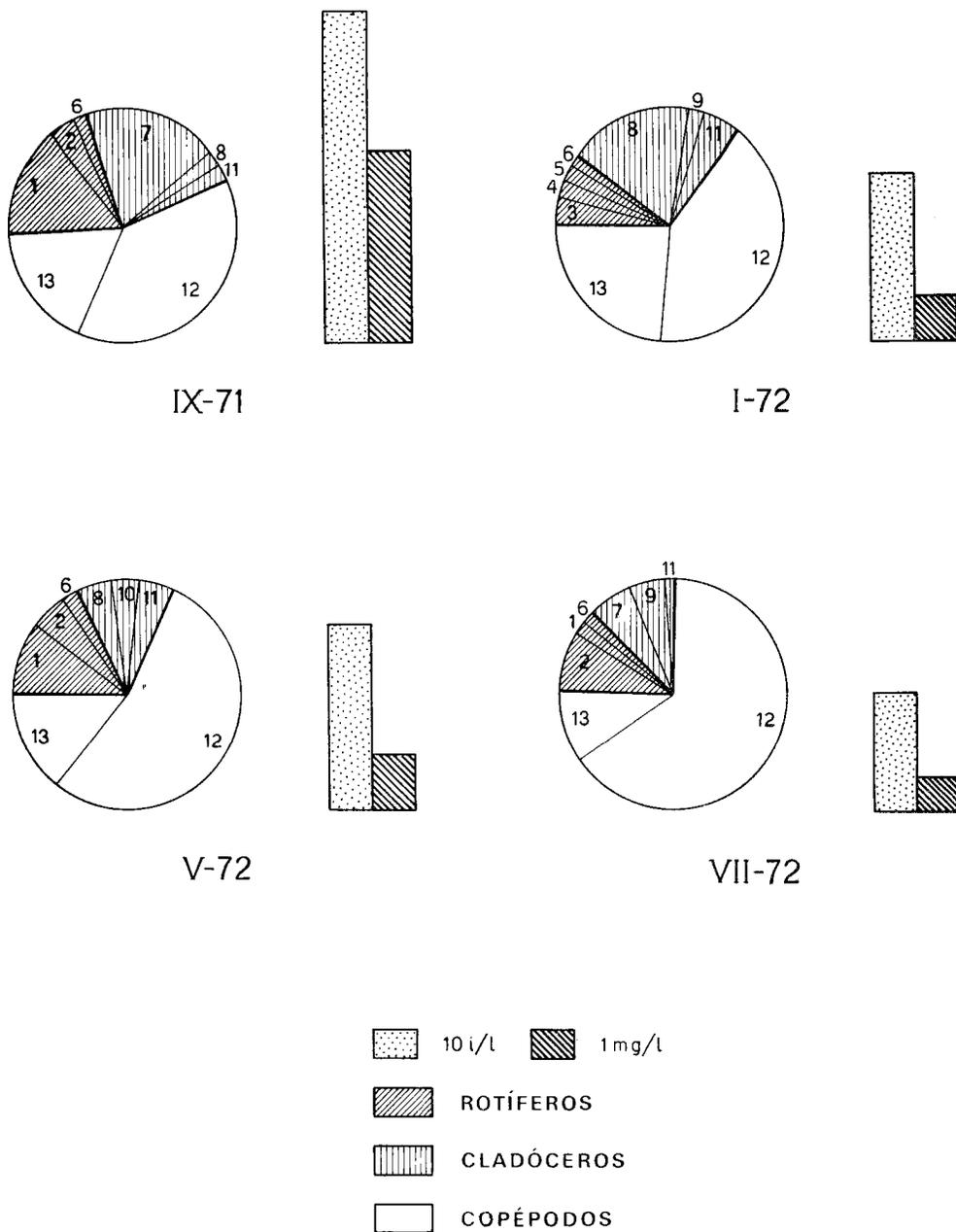


Fig. 8. Distribución porcentual de Rotíferos, Cladóceros y Copépodos y de las especies dominantes en cada taxocenosis, y relación número total de individuos-biomasa en las distintas fechas de muestreo en el lago San Roque.

1. *Keratella cochlearis cochlearis*; 2. *Pompholix sulcata*; 3. *Conochiloides coenobasis*; 4. *Keratella cochlearis tecta*; 5. *Collotheca* sp.; 6. Otros Rotíferos; 7. *Eubosmina hagdmani*; 8. *Diaphanosoma brachyurum*; 9. *Bosmina longirostris*; 10. *Ceriodaphnia dubia*; 11. Otros Cladóceros; 12. *Acanthocyclops robustus*; 13. *Notodiptomus in compositus*.

hagmanni y *Acanthocyclops robustus* en invierno. Este último, como puede apreciarse, se constituyó en el Copépodo dominante en todos los muestreos.

Este lago presentó el mayor número de especies, con 21 Rotíferos, 8 Cladóceros y 2 Copépodos.

En el lago Los Molinos la mayor concentración del zooplancton se registró en los muestreos de verano, con 92,37 i/l, en tanto que en otoño se obtuvo el mínimo, 18,08 i/l. En invierno se encontraron valores de 23,44 i/l, y en primavera de 34,14 i/l.

TABLA 9

Individuos por litro de las taxocenosis consideradas en las distintas fechas de muestreo

LAGO SAN ROQUE				
Fechas de muestreo				
	IX-71	I-72	V-72	VII-72
Rotíferos	23,47	5,95	11,92	5,11
Cladóceros	27,25	14,63	9,34	5,47
Copépodos	<u>63,00</u>	<u>37,80</u>	<u>46,10</u>	<u>32,30</u>
	113,72	58,38	67,36	42,88
LAGO LOS MOLINOS				
Fechas de muestreo				
	IX-71	I-72	V-72	VII-72
Rotíferos	15,48	69,99	2,42	8,73
Cladóceros	6,66	12,57	4,82	8,51
Copépodos	<u>12,00</u>	<u>9,81</u>	<u>10,84</u>	<u>6,20</u>
	34,14	92,37	18,08	23,44
EMBALSE DEL RIO TERCERO				
Fechas de muestreo				
	IX-71	I-72	V-72	VII-72
Rotíferos	10,11	2,56	17,66	1,39
Cladóceros	10,05	4,48	16,04	0,65
Copépodos	<u>6,60</u>	<u>8,95</u>	<u>51,30</u>	<u>1,26</u>
	26,76	15,99	85,00	3,30

La comunidad resultó caracterizada por la preponderancia en las respectivas taxocenosis de *Pompholix sulcata* (francamente dominante entre los Rotíferos), *Bosmina longirostris*—*Daphnia ambigua* (esta última en proporciones ligeramente menores) y *Acanthocyclops robustus* en primavera; *Keratella cochlearis tecta* (con marcada dominancia), *Diaphanosoma brachyurum* y *Acanthocyclops robustus* en verano; *Filinia longiseta*, *Diaphanosoma brachyurum* y *Acanthocyclops robustus* en otoño, y *Keratella cochlearis cochlearis*, *Bosmina longirostris* y *Acanthocyclops robustus* en invierno. *A. robustus* se constituyó en el Copépodo mejor representado en todos los muestreos, aunque siempre su número fue inferior al registrado en el lago San Roque.

La población zooplanctónica, que revela marcada constancia a través de los muestreos efectuados, apareció integrada por 12 especies de Rotíferos, 6 de Cladóceros y 2 de Copéodos.

En el Embalse del Río Tercero, por su parte, la máxima densidad numérica se registró en los muestreos de otoño, oportunidad en que se obtuvieron 85 i/l. La mínima correspondió a invierno, con 3,30 i/l. En primavera y verano se alcanzaron valores de 26,76 y 15,99 i/l, respectivamente.

En los distintos muestreos realizados, las taxocenosis aparecieron caracterizadas por la dominancia de *Conochilus unicornis*, *Ceriodaphnia dubia* y *Notodiptomus incompositus* en primavera; *Keratella cochlearis tecta*, *Diaphanosoma brachyurum* y *Notodiptomus incompositus* en verano; *Pompholix sulcata*, *Eubosmina hagdmani* y *Acanthocyclops robustus* en otoño, y *Polyarthra trigla*, *Ceriodaphnia dubia* y *Acanthocyclops robustus* en invierno. Cabe destacar que en primavera y verano *N. incompositus* desplazó del lugar preponderante a *A. robustus*, especie que resultó dominante en forma marcada sólo en los muestreos realizados durante otoño de 1972.

En este lago se registraron 15 Rotíferos, 3 Cladóceros y 2 Copéodos.

A través de lo expuesto y de las tablas y figuras que se acompañan, puede apreciarse que, para las mismas fechas, en los distintos lagos se registró una notable diferencia en lo concerniente a los valores absolutos y relativos del número de individuos por unidad de volumen. Tal circunstancia lleva a considerar que el ciclo anual del zooplancton puede presentar considerables diferencias en estos lagos o, por lo menos, experimentar marcados desplazamientos cronológicos, eventuales o propios de cada uno de ellos.

En los tres lagos se apreciaron claras diferencias en la distribución vertical del zooplancton, tanto en el número de individuos como en las especies registradas en los distintos niveles, particularmente en verano, en relación con la marcada reducción del oxígeno en profundidad.

Entre algunos ejemplos más destacables correspondientes a muestreos diurnos caben mencionarse, para los Cladóceros, las claras concentraciones de *Moina micrura* entre 0—5 m; las de *Daphnia ambigua* y *Ceriodaphnia dubia* en el estrato comprendido entre 5—10 m, y aquellas de *Ceriodaphnia cornuta* que se ubica preferentemente por debajo de los 10 m.

Con respecto a los Copéodos, los adultos fueron los más abundantes en

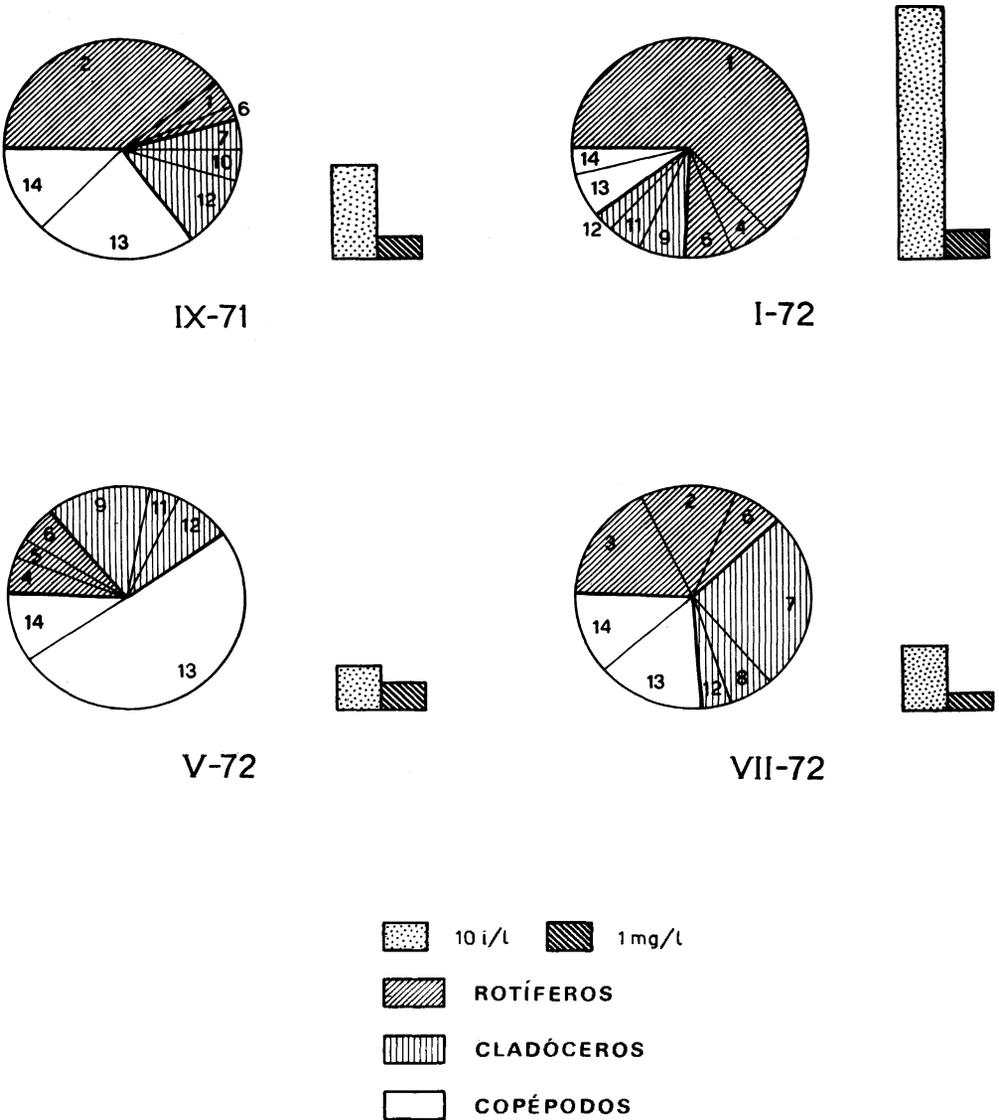


Fig. 9. Distribución porcentual de Rotíferos, Cladóceros y Copépodos y de las especies dominantes en cada taxocenosis, y relación número total de individuos-biomasa en las distintas fechas de muestreo en el lago Los Molinos.

1. *Keratella cochlearis tecta*; 2. *Pompholix sulcata*; 3. *Keratella cochlearis cochlearis*; 4. *Filinia longiseta*; 5. *Collotheca* sp.; 6. Otros Rotíferos. 7. *Bosmina longirostris*; 8. *Eubosmina hagdmani*; 9. *Diaphanosoma brachyurum*; 10. *Daphnia ambigua*; 11. *Ceriodaphnia dubia*; 12. Otros Cladóceros; 13. *Acanthocyclops robustus*; 14. *Notodiaptomus incompositus*.

los estratos superiores, en tanto que nauplios y copepoditos aparecieron poblando en forma relativamente homogénea toda la columna, o bien con tendencia a concentrarse entre los 5—10 m de profundidad.

Los Rotíferos presentaron una distribución vertical más homogénea, aunque es de señalar que, entre las especies mejor representadas, *Keratella cochlearis cochlearis* resultó por lo general más abundante en los niveles superiores (entre 0—5 m); contrariamente, *Filinia longiseta* lo hizo en los más profundos.

Por otra parte, se advirtió una marcada diferencia estacional en la distribución del zooplancton, resultando la misma más uniforme en los meses de baja temperatura —aunque siempre con reducción hacia el fondo—, en tanto que en verano se puso en evidencia una clara concentración en los estratos superiores, pudiendo acumularse en los 10 primeros metros el 90 o/o de la población.

Aún cuando no se realizaron trabajos especiales destinados a estudiar las variaciones horizontales en la distribución del zooplancton, las extracciones efectuadas en las distintas estaciones limnéticas de muestreo revelaron escasas diferencias que no afectaron prácticamente la integración específica de la población, haciéndolo en cambio, aunque en grado no muy significativo, en lo que respecta a su densidad numérica. Por el contrario, en algunas estaciones litorales, y sobre todo en las áreas afectadas por la desembocadura de diversos inmisarios (donde suele desarrollarse alguna vegetación acuática), se detectaron diferencias más importantes, sobre todo en verano. En tales situaciones se dieron fuertes variaciones estructurales, a veces con notables aumentos en la densidad numérica, incluyendo la presencia de algunas especies de Rotíferos que no se registraron en aguas limnéticas, tales como *Lecane luna*, *Platyas patulus*, *Brachionus sp.*, *Euchlanis sp.*, etc. (\*).

La biomasa de las poblaciones zooplanctónicas registró considerables diferencias en los tres lagos. La misma, expresada en peso húmedo, fue estimada siguiendo las simplificaciones de Pechen y Klekowski & Shushkina para los Entomostraceos (Edmonson, In: Edmonson & Winberg, 1971), y de Grygierek (1971) para los Rotíferos.

De conformidad con los datos obtenidos, la biomasa del zooplancton en el lago San Roque resultó considerablemente mayor que aquella de los otros dos, lo cual puede apreciarse en la siguiente tabla:

TABLA 10  
Biomasa calculada del zooplancton (mg/l de peso húmedo) para el  
área limnética en los tres lagos considerados

	IX-71	I-72	V-72	VII-72
Lago SAN ROQUE	6,7	1,6	1,9	1,2
Lago LOS MOLINOS	0,7	1,0	1,0	0,6
Embalse RIO TERCERO	0,7	0,4	2,0	0,3

(\*) En relación a lo expuesto, cabe mencionar que en las referidas áreas también llegaron a cobrar importancia ciertas poblaciones de Ostrácodos, así como del camarón *Palaeomonetes argentinus*, las cuales fueron encontradas a veces en grandes cantidades (especialmente en el lago San Roque), tanto en aguas someras como en áreas relativamente profundas.

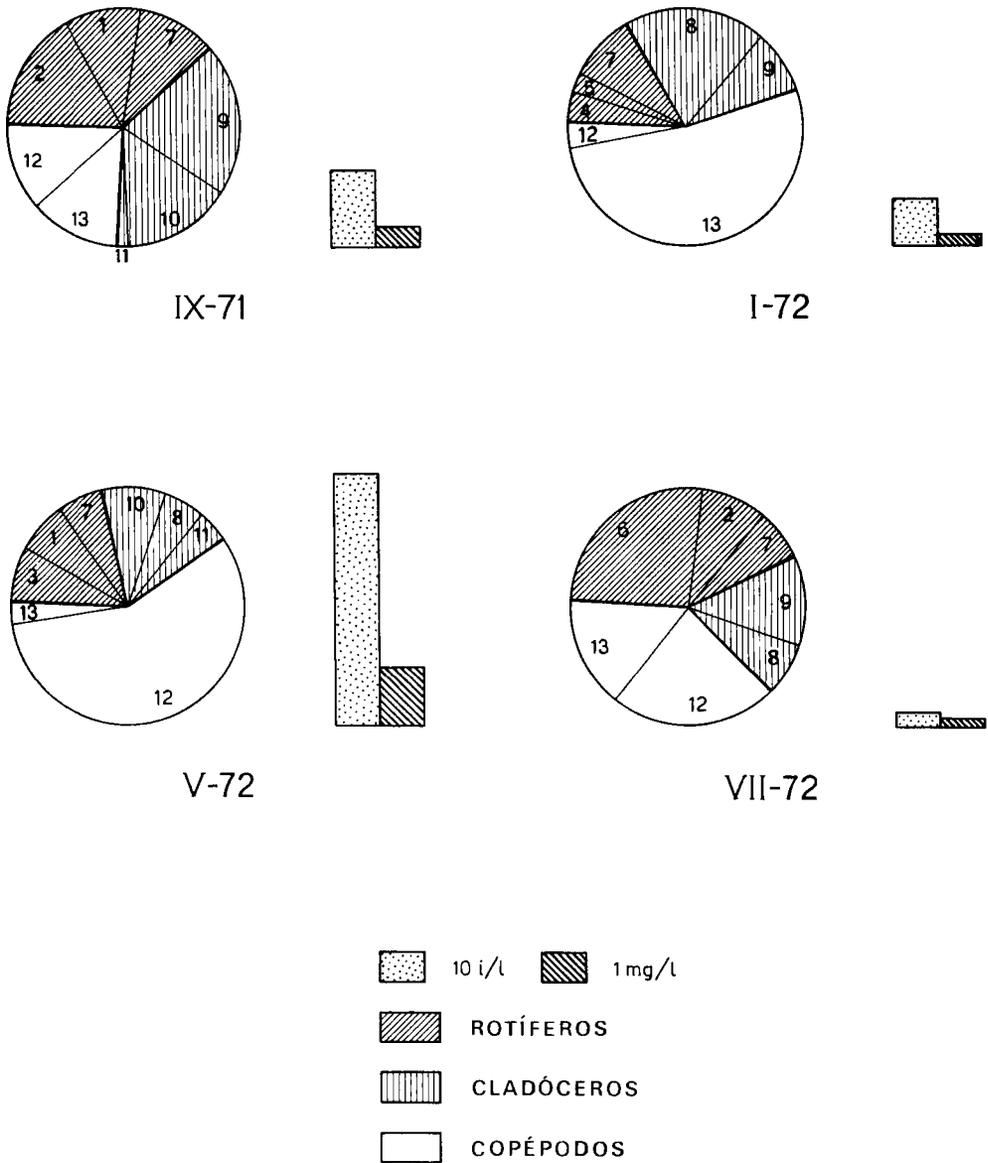


Fig. 10. Distribución porcentual de Rotíferos, Cladóceros y Copépodos y de las especies dominantes en cada taxocenosis, y relación número total de individuos-biomasa en las distintas fechas de muestreo, en el Embalse del Río Tercero.

1. *Keratella cochlearis cochlearis*; 2. *Pompholix sulcata*; 3. *Conochiloides coenobasis*; 4. *Keratella cochlearis tecta*; 5. *Collotheca* sp.; 6. Otros Rotíferos; 7. *Eubosmina hagmanni*; 8. *Diaphanosoma brachyurum*; 9. *Bosmina longirostris*; 10. *Ceriodaphnia dubia*; 11. Otros Cladóceros; 12. *Acanthocyclops robustus*; 13. *Notodiaptomus incompositus*.

En lo que respecta a la diversidad específica del zooplancton, la misma fue calculada según la fórmula:

$$D = S - 1 / \log_e N$$

donde: S = número de especies, y N = número de individuos.

Los índices obtenidos se consignan en la siguiente tabla:

TABLA 11

Diversidad específica del zooplancton para cada lago en las distintas fechas de muestreo

Meses de muestreo	San Roque	Los Molinos	Embalse Río Tercero
IX-71	2,33	2,05	1,96
I-72	2,51	2,26	2,34
V-72	2,16	2,34	1,63
VII-72	1,32	1,82	2,67

Como puede apreciarse, los máximos se acusaron en distintas fechas de muestreo, correspondiendo los mínimos a los meses de baja temperatura, invierno en el San Roque y Los Molinos, y otoño en el Embalse del Río Tercero.

## BENTOS

Para el estudio de la comunidad bentónica fueron establecidas en cada lago distintas estaciones de muestreo (8 en el lago San Roque, 7 en el dique Los Molinos y 6 en el Embalse del Río Tercero), algunas de las cuales coincidieron con las escogidas para la investigación de otras comunidades, mientras que las restantes respondieron a características locales susceptibles de influir en la distribución, estructura y densidad relativa de las poblaciones. No se establecieron estaciones de muestreo que cubrieran la zona eulitoral, de gran amplitud y variabilidad.

Los trabajos, encarados inicialmente con miras al estudio integral de la comunidad, en la presente contribución se circunscriben al macrobentos, entendiéndose por tal a aquellos organismos retenidos por los tamices de 500  $\mu$  de abertura. Tampoco se consideran aquí algunos grupos como Tecamebianos, Nematodos, Hidracáridos, etc., de presencia esporádica en el material retenido en los tamices, al igual que Cladóceros (Quidoridos), Ostrácodos, Anfípodos (*Hyaella* sp.), etc., registrados circunstancialmente, cuyo adecuado tratamiento escapa a las posibilidades de la metodología empleada.

Dentro del macrobentos se prestó especial atención a los Oligoquetos, tanto por la elevada densidad numérica y biomasa de sus poblaciones como por su distribución extendida a todas las áreas bentónicas, procurando correlacionar tales características con la profundidad, sustrato y otras particularidades locales.

### *Lago San Roque*

El macrobentos de este lago, de acuerdo con los muestreos realizados, apareció constituido fundamentalmente por Oligoquetos (Tubificidae y Naididae), Dípteros (particularmente Chironomidae y Ceratopogonidae), Tricópteros y Efemerópteros (ambos grupos de distribución marginal localizada), Hirudíneos (Glossiphoniidae, Semiscolecidae y Erpobdellidae), y Moluscos (en especial Sphaeriidae entre los Pelecípodos, y Physidae y Limnaeidae numéricamente escasos entre los Gasterópodos).

En conjunto, la comunidad resultó caracterizada por la franca dominancia de los Oligoquetos que, en valores relativos, superaron casi siempre el 80 o/o del total de la población bentónica en los niveles de tamaño considerados, llegando a constituir el 100 o/o de la misma en las estaciones de muestreo ubicadas en los sectores más profundos.

En la estación de muestreo N° 1, somera e influenciada por los aportes del río Cosquín y el arroyo Las Mojarras, cuyos sedimentos están constituidos fundamentalmente por arena gruesa con abundante proporción de mica, la población macrobentónica estuvo formada casi exclusivamente por Oligoquetos, si bien en concentraciones numéricamente bajas. La dominancia correspondió a *Limnodrilus hoffmeisteri* con el 88,7 o/o del total (aunque sólo con 720 i/m<sup>2</sup>), seguida en orden de importancia por *Branchiura sowerbyi* y *Dero obtusa*, especies con escasa representación a las cuales correspondieron valores del 6,9 o/o y 4,4 o/o, respectivamente.

La estación de muestreo N° 2, algo más profunda, con sedimentos más laxos y una mayor cantidad de materia orgánica que la precedente, registró una población bentónica restringida a la sola presencia de Oligoquetos, entre los cuales se incrementó en forma notoria el número de individuos por unidad de superficie. Por otra parte, aumentaron las especies presentes, sumándose a las mencionadas con anterioridad *Limnodrilus udekemianus*, *Limnodrilus* sp. y *Tubifex tubifex*. En los muestreos realizados siempre resultó dominante *Limnodrilus hoffmeisteri*, que alcanzó valores superiores al 80 o/o del total en todos los casos.

La estación de muestreo N° 3, ubicada en el extremo opuesto al dique, registró solamente Tubífidos, con elevada proporción de *Limnodrilus hoffmeisteri* (89,1 o/o del total), seguida en orden de importancia por *Tubifex tubifex* con el 10,5 o/o, y *Branchiura sowerbyi* con el 0,4 o/o.

En aquellas estaciones de muestreo con mayor profundidad (N° 4 y 5, esta última la más próxima al dique), consecuentemente con el enriquecimiento en materia orgánica y la marcada reducción de los tenores de oxígeno disuelto en los meses de alta temperatura, se produjo una drástica

disminución en el número de especies presentes, quedando la población macrobentónica reducida a una sola especie, *Limnodrilus hoffmeisteri*, aunque con elevada densidad numérica (11.128 i/m<sup>2</sup> en la estación de muestreo N° 4, y 21.956 i/m<sup>2</sup> en la N° 5).

En la estación de muestreo N° 6 sólo se registraron Tubificidos, si bien no constituyeron poblaciones monoespecíficas como ocurriera en las estaciones N° 4 y 5, colectándose en ella cuatro especies. Estas fueron *Limnodrilus hoffmeisteri*, marcadamente dominante, la cual representó el 81 o/o del total, seguida en importancia por *Tubifex tubifex* con el 15,4 o/o, en tanto que *Limnodrilus udekemianus* y *Limnodrilus* sp. alcanzaron, en cada caso, el 1,8 o/o.

En la estación de muestreo N° 7 se operó una reducción en las proporciones correspondientes a Oligoquetos, que constituyeron el 89 o/o del macrobentos, siguiéndoles en importancia los Quironómidos y, en menor proporción, los Hirudíneos. En la Oligoquetofauna se mantuvo la dominancia de los Tubificidos, los cuales conformaron el 86,3 o/o de la misma, aportando el resto los Naididos. Entre los Tubificidos, el 75 o/o correspondió a *Limnodrilus hoffmeisteri*, el 6,1 o/o a *Branchiura sowerbyi*, el 2,8 a *Limnodrilus* sp. y el 2,4 o/o a *Limnodrilus udekemianus*, mientras que entre los Naididos *Dero obtusa* registró 13,6 o/o y *Pristina osborni* solamente el 0,1 o/o.

La estación de muestreo N° 8, ubicada en áreas poco profundas sometidas a la influencia del río San Antonio y el arroyo Los Chorrillos, caracterizada a la vez por la abundancia de detrito vegetal, fue la que presentó mayor diversidad de especies. En ella los Oligoquetos constituyeron el 80 o/o de la población, los Quironómidos el 11 o/o y los Hirudíneos el 7,6 o/o, mientras que el resto fue aportado fundamentalmente por Ceratopogónidos y Efemerópteros.

De los Oligoquetos registrados, el 66,3 o/o correspondió a Naididos y el 33,7 o/o restante a Tubificidos, invirtiéndose el orden de dominancia relativa registrado en las restantes estaciones de muestreo para ambas familias. Entre los Naididos, se destacó claramente *Dero obtusa* que constituyó el 65,5 o/o del total de los Oligoquetos en dicha estación de muestreo, mientras que *Nais variabilis*, *Pristina osborni* y *Pristina* sp., en conjunto no alcanzaron a constituir el 1 o/o. Entre los Tubificidos, la dominancia correspondió a *Limnodrilus hoffmeisteri* con el 18,9 o/o, siguiéndole *Branchiura sowerbyi* con el 12,1 o/o, en tanto que *Limnodrilus udekemianus* y *Limnodrilus* sp. superaron ambas ligeramente el 1 o/o del total.

De lo expresado resulta que los Oligoquetos constituyeron el grupo más ampliamente representado del macrobentos y que, entre ellos, *Limnodrilus hoffmeisteri* fue dominante en las distintas estaciones de muestreo, con la sola excepción de la N° 8 en que lo hizo *Dero obtusa*. Los registros máximos de *L. hoffmeisteri* superaron holgadamente los valores correspondientes al conjunto de las restantes especies del grupo, con densidades numéricas de 21.956, i/m<sup>2</sup> (estación de muestreo N° 5).

*Branchiura sowerbyi* fue obtenida en distintas estaciones de muestreo

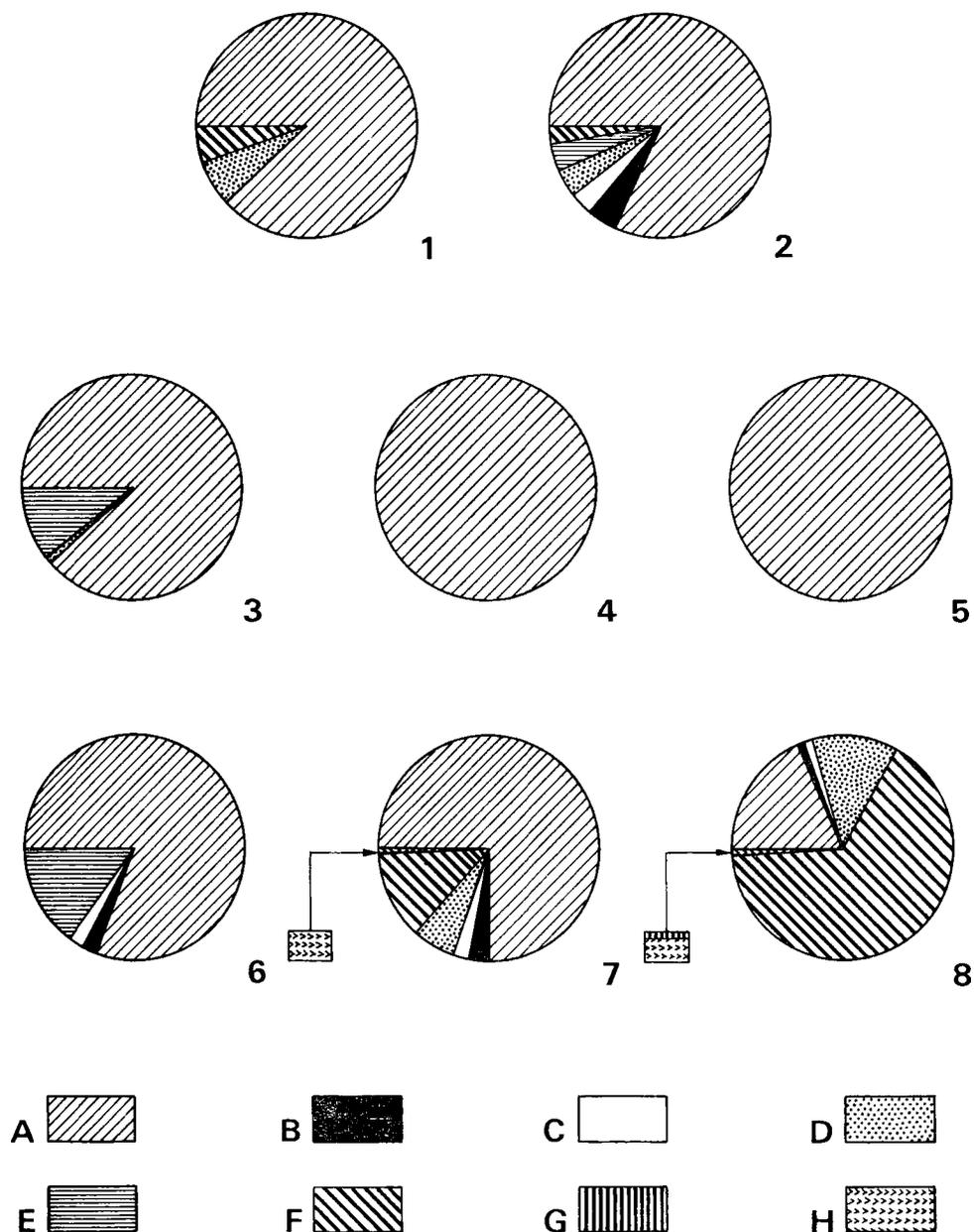


Fig. 11. Composición porcentual media de los Oligoquetos en las distintas estaciones de muestreo del lago San Roque.

A. *Limnodrilus hoffmeisteri*; B. *Limnodrilus udekemianus*; C. *Limnodrilus* sp.; D. *Branchiura sowerbyi*; E. *Tubifex tubifex*; F. *Dero obtusa*; G. *Nais variabilis*; H. *Pristina osborni* y *Pristina* sp.

resultando más abundante en aquellas con sedimentos arenosos. Si bien los valores expresivos de su numerosidad fueron por lo general bajos (594 i/m<sup>2</sup> en la estación N° 8, donde la especie apareció mejor representada), su aporte en biomasa resultó significativo en razón del tamaño de los ejemplares adultos, marcadamente superior al de las restantes especies presentes.

*Limnodrilus udekemianus* y *Limnodrilus* sp. fueron numéricamente escasas y no se registraron en todas las estaciones de muestreo. Ambas evidenciaron una densidad poblacional por lo general baja, encontrándose restringidas a determinados sectores del lago de profundidad media.

*Tubifex tubifex*, por su parte, no alcanzó registros numéricos de importancia. La especie fue colectada en algunas estaciones con profundidades moderadas, no detectándose en las más profundas.

En lo que respecta a Naididos, si bien fueron por lo general escasos (particularmente en lo que se refiere a los representantes de los géneros *Pristina* y *Nais*), en algunos sitios poco profundos, con sedimentos laxos y considerable proporción de restos vegetales, presentaron poblaciones de importancia como la ya reseñada para la estación de muestreo N° 8. La especie mejor representada de la familia fue en todos los casos *Dero obtusa* que, en zonas próximas a las desembocaduras del río San Antonio y el arroyo Los Chorrillos, alcanzó sus valores más elevados (3.200 i/m<sup>2</sup>). Los especímenes de *Pristina osborni* y *Pristina* sp. resultaron en general muy poco numerosos. Algo similar ocurrió con *Nais variabilis*, más restringida localmente y con valores numéricos considerablemente más bajos (máximo de 20 i/m<sup>2</sup>).

La estructura de la población descrita no experimentó mayores variaciones en su composición y numerosidad relativa en las distintas fechas de muestreo, aunque se evidenció cierto incremento en el número de ejemplares juveniles entre setiembre de 1971 y mayo de 1972.

En lo que respecta a la biomasa (expresada en todos los casos en peso húmedo del material conservado) los Oligoquetos registraron por lo común los valores más elevados, aunque experimentando considerables diferencias entre las distintas estaciones de muestreo, no siempre correlacionables con el número de individuos. De tal modo, en las áreas más profundas sus valores oscilaron entre 10,8 g/m<sup>2</sup> (estación de muestreo N° 3), y 30,7 g/m<sup>2</sup> (estación N° 5), mientras que en zonas poco profundas, más variadas en cuanto a la naturaleza de los sedimentos y a su contenido en materia orgánica, lo hicieron entre límites más amplios, 4,6 g/m<sup>2</sup> (estación N° 1) y 39,1 g/m<sup>2</sup> (estación N° 8). En este último caso, los elevados valores registrados coinciden con una mayor abundancia de *Branchiura sowerbyi*.

Los Insectos, registrados en número moderado en distintas zonas marginales o de profundidad media, se encontraron representados fundamentalmente por Dípteros (larvas y pupas de Quironómidos), y en número considerablemente más bajo por Ceratopogónidos, a los cuales en algunos sitios más displayados y en la proximidad de la desembocadura de los afluentes San Antonio y Los Chorrillos, se sumaron en moderada cantidad Tricópteros y Efemerópteros. Considerados en conjunto, los Insectos no

superaron valores del 15 o/o en el total de la población bentónica, porcentajes registrados en la estación de muestreo mejor representada (Nº 7), con máximo de 570 i/m<sup>2</sup>, cifra correspondiente a muestreos realizados en enero de 1972. La misma acreditó una biomasa que, expresada en peso húmedo, alcanzó a 3,3 g/m<sup>2</sup>.

Los Hirudíneos, por su parte, resultaron más abundantes en aquellas estaciones de muestreo correspondientes al extremo sur del lago. El máximo de 182 i/m<sup>2</sup> se registró en la estación Nº 8 en enero de 1972, correspondiéndole una biomasa de 17,6 g/m<sup>2</sup>.

Cabe señalar que en aquellos sitios en que fueron colectados Quironómidos e Hirudíneos se puso en evidencia un aumento en el conjunto de especies presentes, y una correlativa disminución numérica de los Oligoquetos.

Los Moluscos Pelecípodos estuvieron reducidos a escasos representantes de Sphaeriidae (*Pisidium* sp.) localizados en zonas poco profundas, mientras que los Gasterópodos, con esporádicos registros de *Physa* sp. y *Limnaea* sp., no alcanzaron valores de consideración.

### *Los Molinos*

La comunidad bentónica de esta cuenca estuvo integrada por Oligoquetos (Tubificidae y Naididae), Dípteros (básicamente Chironomidae), Hirudíneos (Glossiphoniidae y Erpobdellidae) y Moluscos (Sphaeriidae).

Los Oligoquetos constituyeron el grupo dominante entre los organismos de fondo, aunque en general revistieron menor importancia numérica que en el caso anterior. De tal modo, si bien resultaron dominantes absolutos en aquellos sitios con mayor profundidad (en los cuales *Limnodrilus hoffmeisteri* fue la única especie registrada, similarmente a lo que ocurriera en el lago San Roque), en las estaciones de muestreos más playas alcanzaron proporciones menos significativas, a la vez que se operaron incrementos en la numerosidad de otros grupos, particularmente Dípteros e Hirudíneos.

Este fue el caso registrado en las estaciones de muestreo Nº 1 y 2, en las cuales, por lo general, los Hirudíneos y las larvas de Quironómidos y Ceratopogónidos alcanzaron conjuntamente valores próximos al 40 o/o en el total de la población bentónica, correspondiendo el resto a los Oligoquetos, con variable representación de Tubificidos y Naididos.

En la estación de muestreo Nº 1 se registró una elevada proporción de *Dero obtusa* (75,8 o/o del total de Oligoquetos), en tanto que los Tubificidos acreditaron valores considerablemente bajos, siendo *Limnodrilus hoffmeisteri* la especie mejor representada de la familia, con el 8,3 o/o del total. Otras especies (*Limnodrilus udekemianus*, *Limnodrilus* sp. y Tubificidos no determinados) constituyeron en conjunto el 15,9 o/o restante.

La estación de muestreo Nº 2, por su parte, algo más profunda que la anterior, acusó una considerable disminución en el número de Naididos, cuya única especie registrada, *Dero obtusa*, constituyó el 37,3 o/o de la

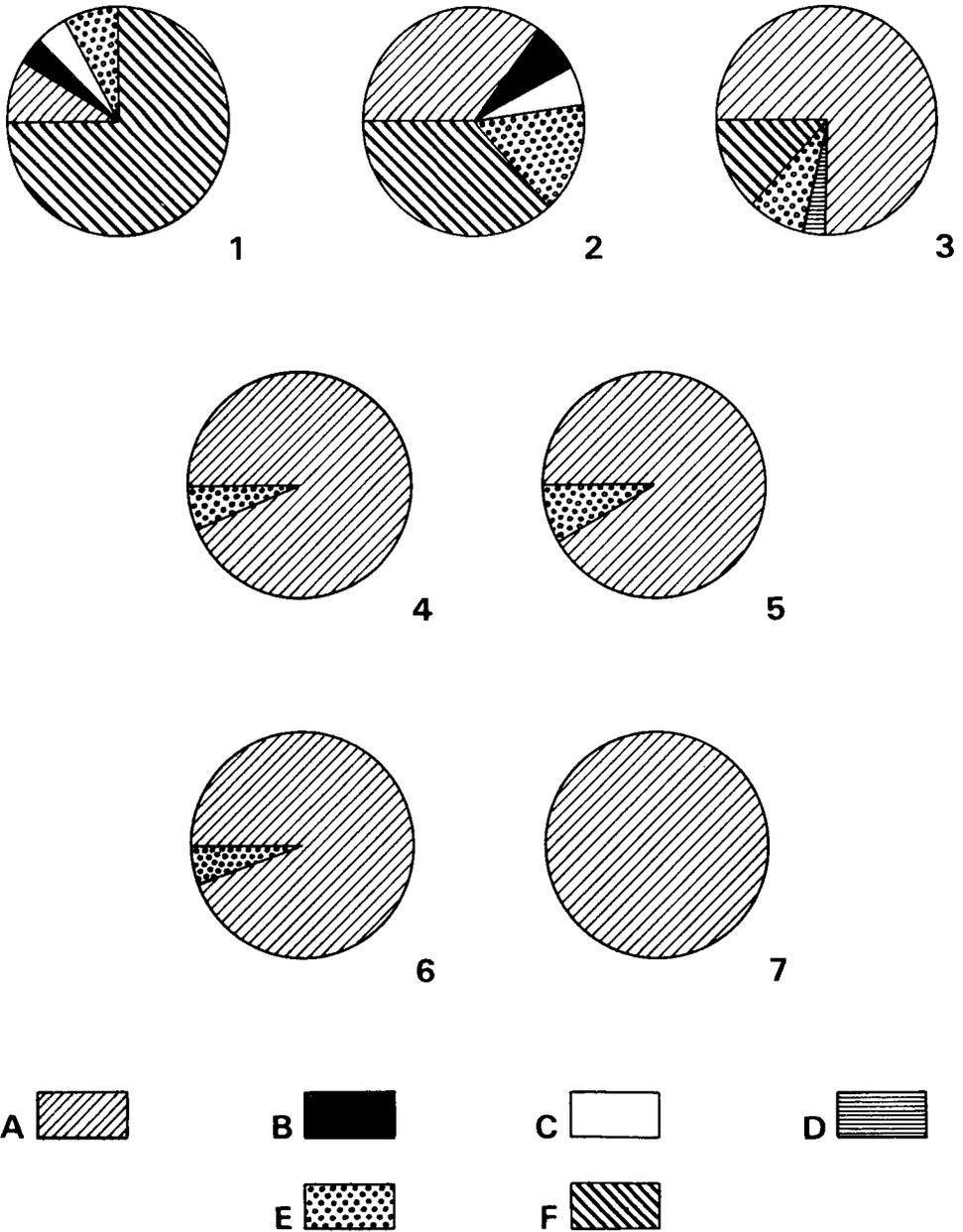


Fig. 12. Composición porcentual media de los Oligoquetos en las distintas estaciones de muestreo del lago Los Molinos.

A. *Limnodrilus hoffmeisteri*; B. *Limnodrilus udekemianus*; C. *Limnodrilus* sp.; D. *Tubifex tubifex*; E. Otros Tubificidos; F. *Dero obtusa*.

población de Oligoquetos. Entre los Tubificidos, **Limnodrilus hoffmeisteri** fue la que alcanzó densidades más altas, llegando al 35,6 o/o de dicha población, seguida en orden de importancia por Tubificidos no determinados con el 15,4 o/o, **L. udekemianus** con el 6,9 o/o y **Limnodrilus sp.** con el 4,8 o/o.

En la estación de muestreo N° 3, de mayor profundidad, se produjo un incremento en el número de Oligoquetos a expensas de los restantes organismos, que se colectaron sólo en forma ocasional. Simultáneamente se operó un marcado aumento en las proporciones de **Limnodrilus hoffmeisteri**, especie que alcanzó al 75,7 o/o de la población, en tanto que **Dero obtusa** experimentó una disminución numérica con respecto a la estación de muestreo considerada precedentemente, conformando el 12,6 o/o de la misma. Tubificidos no determinados y **Tubifex tubifex** registraron proporciones aún menores (8,2 o/o y 3,5 o/o, respectivamente).

En las restantes estaciones muestreadas el macrobentos estuvo constituido sólo por Tubificidos. En la estación de muestreo N° 4, con fondos duros y pedregosos, se registraron poblaciones en las cuales **Limnodrilus hoffmeisteri** alcanzó proporciones mayores que las detectadas anteriormente, constituyendo el 91,4 o/o del total, mientras que el 8,6 o/o restante fue aportado por Tubificidos no determinados. El número total de Oligoquetos obtenidos en esta estación alcanzó a 10.728 i/m<sup>2</sup>, en el muestreo mejor representado, correspondiendo a enero de 1972.

En la estación de muestreo N° 5, la segunda en profundidad, resultó igualmente dominante **Limnodrilus hoffmeisteri**, especie que constituyó el 88,6 o/o del total de Oligoquetos, con una densidad numérica de 11.750 i/m<sup>2</sup>, en tanto que Tubificidos no determinados a nivel específico aportaron el 11,6 o/o restante de dicho total, siendo la numerosidad de estos últimos de 1.500 i/m<sup>2</sup>.

En la estación de muestreo N° 6, por su parte, ubicada en la desembocadura del Río de los Espinillos, la comunidad apareció como muy similar en estructura y numerosidad a la señalada para la estación N° 4.

En la estación de muestreo N° 7, la más profunda de las aquí consideradas, **Limnodrilus hoffmeisteri** constituyó la única especie representada en el macrobentos, con valores numéricos máximos de 17.952 i/m<sup>2</sup>.

En general, la estructura poblacional reseñada no presentó modificaciones de interés a lo largo del período de muestreos, a excepción de un ligero número mayor de ejemplares juveniles en enero de 1972.

La biomasa de los Oligoquetos osciló entre 9,1 g/m<sup>2</sup> (estación N° 1) y 27,8 g/m<sup>2</sup> (estación N° 7).

Entre los Insectos, los Quironómidos constituyeron el grupo mejor representado, alcanzando en la estación de muestreo N° 1 una numerosidad de 790 i/m<sup>2</sup>, oportunidad en que conformaron una biomasa estimada en 3,2 g/m<sup>2</sup>, el máximo registro para ellos en este lago. En sectores areno-limosos o areno-arcillosos ubicados en áreas poco profundas (estación de muestreo N° 2) su máxima densidad numérica llegó a 986 i/m<sup>2</sup>, cifra a la cual correspondieron valores de biomasa de 2,6 g/m<sup>2</sup>.

Los Hirudíneos, considerados en conjunto, alcanzaron densidades numé-

ricas que oscilaron entre 80 y 135 i/m<sup>2</sup> en la estación de muestreo N<sup>o</sup> 1 y en zonas aledañas al extremo sur del lago, respectivamente. Su biomasa fluctuó en dichos sitios entre 10,2 y 14,0 g/m<sup>2</sup>.

Los Moluscos resultaron muy poco numerosos, encontrándose circunscritos a determinadas áreas costeras, poco profundas y con moderada vegetación, aunque sin constituir poblaciones de significación.

### *Embalse del Río Tercero*

La comunidad resultó similar a la reseñada para los casos anteriores, con dominancia de Oligoquetos (Tubificidae y Naididae en orden de importancia), Dípteros (Chironomidae y en número considerablemente menor Ceratopogonidae), Efemerópteros (de distribución marginal localizada), Hirudíneos (básicamente Erpobdellidae, Glossiphoniidae y Piscicolidae), y Moluscos (fundamentalmente Sphaeriidae entre los Pelecípodos y Planorbidae, Ampullariidae y algunas especies pertenecientes a otras familias escasamente representadas entre los Gasterópodos).

Los Oligoquetos, a igual que en los restantes lagos, constituyeron la taxocenosis de mayor importancia desde el punto de vista numérico. Mientras que en algunas estaciones de muestreo resultaron dominantes absolutos (n<sup>o</sup> 4, 5 y 6), en otras se encontraron en proporciones ligeramente superiores a las registradas por Hirudíneos y Dípteros, pudiendo en algunos casos ser superados por los primeros en lo relativo a valores de biomasa (estación de muestreo n<sup>o</sup> 1).

Los Oligoquetos estuvieron representados por las mismas especies mencionadas para el dique Los Molinos, con la diferencia de que *Limnodrilus hoffmeisteri* resultó siempre y en forma marcada la que alcanzó mayor densidad numérica, en tanto que en las estaciones de muestreo más profundas se constituyó —como en los dos embalses considerados precedentemente— en la única especie colectada.

Las restantes especies (*Limnodrilus udekemianus*, *Limnodrilus* sp., *Tubifex tubifex*, *Dero obtusa*), registraron poblaciones de cierta importancia, de modo particular en aquellas estaciones de muestreo próximas a la desembocadura de los ríos Santa Rosa, Grande, Quillinzo y de la Cruz, aunque experimentando considerables cambios en relación con el nivel de las aguas represadas.

En la estación de muestreo N<sup>o</sup> 1, somera y próxima a la desembocadura del río Santa Rosa, *Limnodrilus hoffmeisteri* constituyó el 65,0 o/o de la oligoquetofauna, siguiéndole en importancia el único Naidido representado, *Dero obtusa*, que alcanzó el 18,2 o/o de la población. Los restantes Tubificidos se encontraron en proporciones considerablemente menores, correspondiendo a *Limnodrilus udekemianus* el 5,1 o/o, a *Limnodrilus* sp. el 3,2 o/o y a *Tubifex tubifex* el 3,1 o/o, en tanto que el resto fue aportado por otros Tubificidos no determinados a nivel específico. Cabe señalar que en enero de 1972 el nivel del lago se redujo a punto tal que esta estación de muestreo quedó fuera del área cubierta por las aguas.

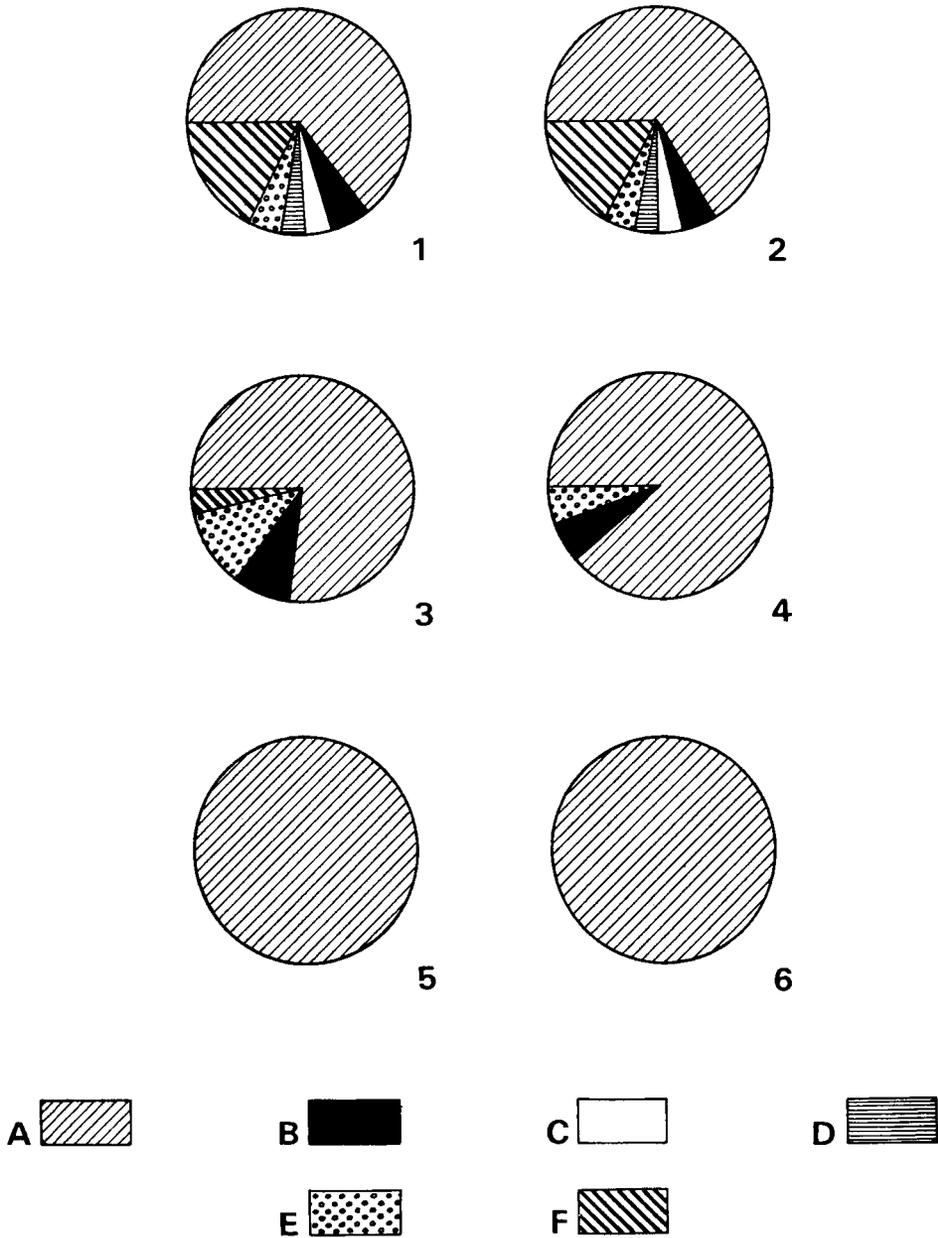


Fig. 13. Composición porcentual media de los Oligoquetos en las distintas estaciones de muestreo del Embalse del Río Tercero.  
 A. *Limnodrilus hoffmeisteri*; B. *Limnodrilus udekemianus*; C. *Limnodrilus* sp.; D. *Tubifex tubifex*; E. Otros Tubificidos; F. *Dero obtusa*.

La estación de muestreo N° 2, ubicada en la zona del embalse directamente influenciada por los ríos Grande, Quillino y de la Cruz, registró las mismas especies que en el caso anterior y en proporciones similares, sin que se detectaran en ella variaciones de consideración en los muestreos realizados.

La estación de muestreo N° 3, de profundidad media, presentó una situación similar, aunque evidenciando un aumento en la proporción de Tubificidos, acompañada de una reducción en el número de especies presentes. *Limnodrilus hoffmeisteri*, marcadamente dominante, constituyó el 77,5 o/o de la población de Oligoquetos, siguiéndole otros Tubificidos no determinados a nivel específico con el 11,5 o/o, y *Limnodrilus udekemianus* con el 7,9 o/o, mientras que *Dero obtusa* conformó el 3,1 o/o de la misma.

En la estación de muestreo N° 4, con mayor profundidad que las anteriormente consideradas, sólo se registraron Tubificidos, con clara dominancia de *Limnodrilus hoffmeisteri*, que alcanzó al 88,9 o/o de la población, seguida por *L. udekemianus* con el 6,1 o/o. El resto fue aportado por Tubificidos no determinados.

En las restantes estaciones de muestreo, N° 5 y 6, aún más profundas, se encontraron poblaciones constituídas exclusivamente por *Limnodrilus hoffmeisteri*, especie que en lo referente a valores numéricos registró 9.988 i/m<sup>2</sup> en la primera de las nombradas, mientras que en la estación N° 6 alcanzó a 7.920 i/m<sup>2</sup>.

La biomasa de los Oligoquetos, considerados en conjunto, osciló en las áreas más profundas entre 10,3 g/m<sup>2</sup> (estación N° 6) y 16,2 g/m<sup>2</sup> (estación N° 5), mientras que en aquellas estaciones de profundidad media los valores máximos alcanzaron a 24,7 g/m<sup>2</sup> (estación N° 3).

Entre los Insectos, los Quironómidos fueron los más importantes, con una distribución marginal restringida a aquellos sitios con profundidad reducida (estaciones N° 1 y 2, esta última particularmente en época de aguas bajas), alcanzando valores porcentuales de hasta 12 o/o en el total de la población macrobentónica en muestras colectadas durante el mes de enero de 1972, lo cual representó una biomasa máxima de 3,4 g/m<sup>2</sup>. En cuanto a los Efemerópteros, sólo local y circunstancialmente registraron valores numéricos de cierta consideración.

Los Hirudíneos, cuyas poblaciones se localizaron particularmente en zonas poco profundas del lago, aparecieron constituyendo entre el 15 y 28 o/o en el total de la población bentónica, correspondiéndoles valores de biomasa que estuvieron comprendidos entre 12,9 y 26,8 g/m<sup>2</sup>, es decir, superiores a los registrados en los mismos sitios por los Oligoquetos.

En cuanto a los Moluscos, *Ampullaria canaliculata* y *A. scalaris* fueron colectadas con cierta frecuencia, mientras que *Biomphalaria peregrina* acusó poblaciones no demasiado numerosas. Otros como *Physa* sp. y *Limnaea* sp., solamente fueron registrados en forma esporádica.

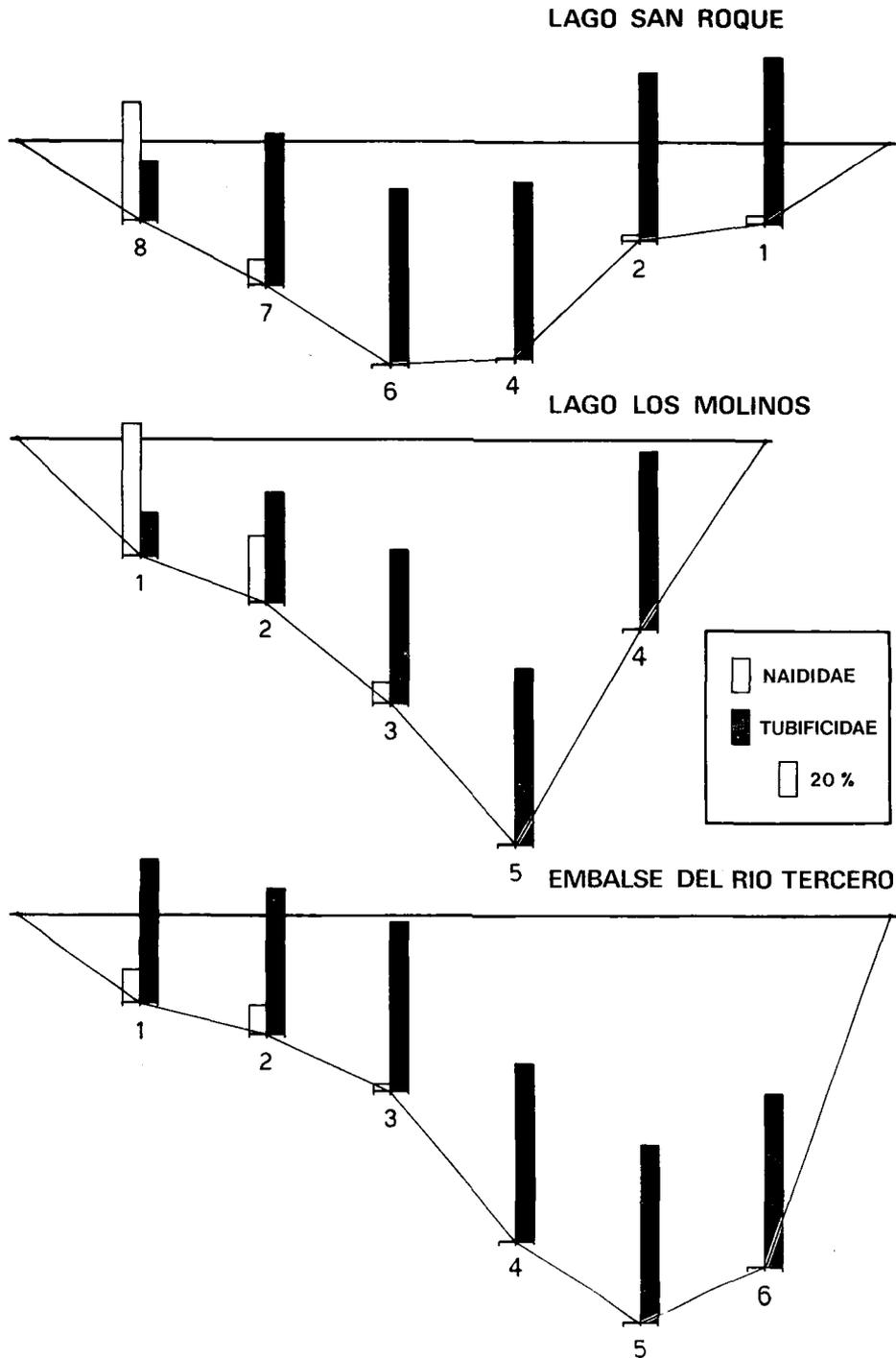


Fig. 14. Esquema distribucional de Tubífidos y Naididos en relación con la profundidad en los tres lagos considerados.

## ICTIOFAUNA

La fauna íctica de estos lagos, así como aquélla de las aguas de la región central del país, han sido objeto de distintos estudios particularmente en lo relativo a su producción pesquera, pese a lo cual la información disponible resulta bastante restringida y fragmentaria.

Seguramente la contribución más importante está representada por un reciente trabajo de Ringuelet (1975), en el cual la ictiofauna local es considerada en el contexto general de la zoogeografía y ecología de los peces dulceacuícolas de Argentina. Como se destaca en dicho trabajo, la fauna íctica regional, pese a su limitado número de especies, presenta un gran interés por resultar de la contactación de unidades geonómicas bien diferenciadas, correspondientes al extremo meridional de la "Subregión Guayano—Brasileña". Por un lado se encuentran los elementos de la llamada "Provincia Parano—platense", del "Dominio Paranense", y por otro, aquéllos propios de la "Provincia Subandino—cuyana", correspondiente al "Dominio Andino", los que definen un área de ecotono o engranaje en la cual se hallan comprendidos los lagos que aquí se consideran.

En general, puede expresarse que la población íctica de tales cuerpos de agua está constituida, en sus aspectos fundamentales, por elementos típicamente paranenses, a los que se asocian ciertos peces locales de abolengo cercano, (aunque diferenciados a nivel específico o subespecífico), y algún representante de la "Provincia Subandino—Cuyana".

Por otra parte, como estos lagos y sus cuencas carecerían de especies locales de mayor interés económico, comercial o deportivo, en diversas oportunidades se han efectuado introducciones de distintas especies procedentes de aguas parano—platenses y patagónicas, así como algunas foráneas.

Entre las especies que pueden considerarse como locales u originales se encuentran *Bryconamericus iheringi*, *Oligosarcus jenynsi*, *Hoplias malabaricus malabaricus*, *Parodon tortuosus tortuosus*, *Pimelodella laticeps*, *Plecotomus cordovae*, *P. robini*, *Rhamdia sapo*, *Corydoras paleatus*, *Cichlaurus facetus*, *Cnesterodon decemmaculatus*, *Loricaria catamarcensis*, *Astyanax cordovae*, *A. eigenmanniorum*, *Bryconamericus eigenmanni* y *Pigidium corduense*.(\*)

Entre las especies introducidas merecen citarse el "pejerrey" (*Basilichthys argentinensis bonariensis*), que constituye actualmente el recurso pesquero más significativo; la "trucha criolla" (*Percichthys trucha*) oriunda de la patagonia, de menor importancia pesquera; la "madrecita" (*Jenynsia lineata lineata*) y la "carpa" (*Cyprinus carpio*), especie exótica la última que se ha adaptado bien a estas aguas, aún cuando carece de interés económico

(\*) Conforme cita Ringuelet (op. cit., pág. 84) Birkhead en comunicación inédita (1969), menciona el hallazgo de otras especies paranenses en los ríos y arroyos de la región, entre las que se encuentran *Cheirodon interruptus*, *Astyanax lineatus*, *Heptapterus mustelinus*, *Symbranchus marmoratus* y *Pigidium alterum*.

directo. Es de señalar que se han llevado a cabo algunas otras introducciones de peces parano—platenses, cual es el caso de la “boga” (*Leporinus obtusidens*) y del “dorado” (*Salminus maxillosus*), cuyos lotes soportaron bien las operaciones de transplante aunque no alcanzaron a imponer poblaciones estables, seguramente por las exigencias reproductivas vinculadas con procesos migratorios que no habrían podido desarrollarse satisfactoriamente en los reservorios considerados.

Algunos Pimelodidos como el “bagre blanco” o “moncholo” (*Pimelodus albicans*) fueron obtenidos en las capturas realizadas, en tanto que se posee información sobre la presencia en las aguas de estos lagos del “bagre amarillo” o “amarillo” (*Pimelodus clarias*). Se trataría de peces transplantados desde las aguas parano—platenses en fecha relativamente reciente, ignorándose el real resultado de tales operaciones.

Por otra parte, Marini (1939) hace referencia a diversas operaciones de introducción de Salmónidos en los arroyos que concurren a la alimentación del Embalse del río Tercero, las que habrían comenzado en el año 1931, mencionándose la siembra de varios lotes de *Salmo irideus*, así como ovas de *Salmo salar sebago* y *Salvelinus fontinalis*. Tales Salmonidos habrían conseguido prosperar en las aguas lóxicas de la cuenca aunque sin acusar registros de importancia en el lago, requiriéndose considerables aportes adicionales para mantener las poblaciones a niveles apropiados como para sustentar la pesca deportiva.

El pejerrey constituye, sin duda, el recurso pesquero de mayor importancia, sustentando una actividad deportiva de considerables proyecciones, aunque no se cuenta con información apropiada como para juzgar acerca de la densidad de sus poblaciones y el rendimiento de los constantes trabajos de piscicultura que se efectúan en el área.

De acuerdo con los resultados obtenidos en las operaciones de pesca realizadas, abunda en estos lagos el “dientudo” (*Oligosarcus jenynsi*), considerado como un fuerte predador del “pejerrey”, habiéndose logrado en distintas oportunidades durante el desarrollo de los muestreos —sobre todo en el Embalse del río Tercero— capturas en que esta especie duplicaba o triplicaba en número a los ejemplares de “pejerrey”.

Al presente, se cuenta con varios establecimientos oficiales y privados dedicados a la incubación de ovas y la propagación del “pejerrey”, calculándose que en los últimos 5 años se han sembrado en las aguas de los tres lagos unos 15.000.000 de alevinos de esta especie. No se dispone de información actual concreta sobre el estado efectivo de las poblaciones, la presión de pesca y la reacción ante la misma, así como tampoco respecto a la competencia, predación y otros factores que inciden en su densidad y dinámica poblacional.

De cualquier manera, no parece que se trate de una producción voluminosa —ni siquiera estabilizada en los actuales niveles de explotación—, justificándose los esfuerzos realizados para mantener las poblaciones existentes en una densidad razonable dado su marcado interés deportivo.

## RESUMEN Y CONCLUSIONES

De acuerdo con los estudios realizados, estos lagos de embalse enclavados en las serranías de la provincia de Córdoba presentan variados grados y características de eutrofia, lo que se trasunta en ciertas particularidades físicas, químicas y biológicas, acordándoles dentro de su evidente similitud una considerable individualidad. Esta resulta, entre otros factores, de su edad y evolución, volumen, conformación de la cubeta y rasgos morfo-métricos generales, régimen de aportes, caracteres de la cuenca imbrífera, así como de la distinta presión antropógena ejercida sobre sus aguas y los ecosistemas extraacuáticos acoplados.

Se trata de lagos de moderada profundidad e importantes fluctuaciones de nivel en el ciclo anual, con estratificación térmica variablemente definida en los meses de verano, pudiendo el perfil térmico conformar un gradiente más o menos regular, o presentar una termoclina (a veces con otra u otras accesorias), de variada posición y persistencia.

De acuerdo con los datos obtenidos la permeabilidad lumínica resulta moderada a baja, con medidas del disco de Secchi que variaron entre 0,90 m (San Roque, verano) y 3,15 m (Embalse Río Tercero, invierno). La extinción lumínica a distintas longitudes de onda alcanzó la mínima profundidad en el azul ( $400\text{ m}\mu$ ) en todos los lagos considerados, correspondiendo la máxima al rojo ( $640\text{ m}\mu$ ) en San Roque y Los Molinos, y al verde ( $540\text{ m}\mu$ ) en el Embalse del Río Tercero.

La composición iónica relativa de las aguas presentó diferencias no muy significativas. En conjunto puede ser definida como del tipo "bicarbonatado-cálcico-sódico", aunque con considerables variaciones a lo largo del ciclo hidrológico, lo que afecta tanto a la fracción catiónica como a la aniónica, cual es el caso del Embalse del Río Tercero que, en verano, pasó al tipo "bicarbonatado-sulfatado-sódico-cálcico".

El contenido en sólidos disueltos varió considerablemente durante el período de muestreos en relación con los aportes de sus inmisarios, el volumen represado y la evaporación, de modo que los mayores valores se dieron en condiciones de altas temperaturas y escasas precipitaciones. Los datos obtenidos acreditan sólo moderados incrementos en los muestreos de verano respecto a los de invierno en los lagos San Roque y Los Molinos (121 a 166 mg/l, y 79 a 95 mg/l, en invierno y verano, respectivamente), en tanto que prácticamente llegó a duplicar sus valores en el Embalse del Río Tercero (con 116 mg/l en invierno y 221 mg/l en verano). Los nutrientes variaron considerablemente en los distintos lagos, así como en cada uno de ellos a lo largo del ciclo anual. El San Roque acusó los valores más altos en nitratos y fosfatos (máximo de 1,08 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$  y 0,12 mg  $\text{PO}_4/\text{l}$ , respectivamente), en tanto que el lago Los Molinos resultó el más pobre (con máximo próximo a 0,15 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$  y 0,08  $\text{PO}_4/\text{l}$ , respectivamente). Las concentraciones de la sílice reactiva se presentaron muy por debajo de las registradas en los inmisarios, sobre todo en San Roque y Los Molinos, disminuyendo en forma marcada durante el invierno en los tres lagos.

El pH de las aguas osciló entre valores próximos al punto neutro y moderadamente alcalinos. En los meses de mayor productividad fitoplanctónica el pH llegó en superficie a 8,3, con total agotamiento del CO<sub>2</sub>.

La oxidabilidad apareció comprendida entre 3 y 5,6 mg/O<sub>2</sub>, con escasas diferencias entre los distintos lagos, presentando, por lo común, mayores valores en primavera y verano que en otoño e invierno.

El oxígeno disuelto, por su parte, experimentó cambios de mucha intensidad a lo largo de los muestreos realizados, los que fueron particularmente ostensibles en los meses de altas temperaturas. En tales meses, la presencia de densas floraciones de algas y la elevada actividad de fotosíntesis en la zona eufótica determinaron marcadas diferencias en la distribución vertical del oxígeno disuelto, de suerte que mientras las aguas superficiales pueden aparecer como sobresaturadas en un estrato de considerable espesor (Embalse del Río Tercero), pasan rápidamente a condiciones de una casi total exhaustación después de 10–12 m, dando origen a una curva marcadamente clinograda, situación que se repitió en verano con características similares en los tres lagos considerados.

El fitoplancton, en general, presentó su mayor concentración celular en los muestreos de primavera, con reducción —aunque manteniendo valores comparativamente elevados— en los de verano. En el lago San Roque, por su parte, se detectó un segundo pulso correspondiente a otoño que prácticamente duplicó los valores celulares de verano, aunque sin alcanzar aquéllos de primavera.

Las Cianofitas adquirieron particular importancia en las poblaciones fitoplanctónicas de los lagos Los Molinos y Río Tercero, fundamentalmente a través de *Anabaena* cf. *spiroides* y *Microcystis aeruginosa* en el primero, a las que cabe sumar *Aphanocapsa delicatissima* en el segundo. Aún cuando se registraron durante todo el año, en primavera y verano llegaron a producir densas floraciones con franca dominancia de *Anabaena* cf. *spiroides*, en Los Molinos, en tanto que en el Embalse del Río Tercero fue igualada o superada en número por *Aphanocapsa delicatissima* en los muestreos de verano.

En el lago San Roque, las Cianofitas alcanzaron mucha menor importancia destacándose en los distintos muestreos la abundancia de *Peridinium* spp., que junto con *Coscinodiscus lacustris*, *Melosira agassizii* y *Cryptomonas* spp., definieron las asociaciones dominantes.

La clorofila a, en el lago San Roque alcanzó su máxima concentración en verano, con 53 mg/m<sup>2</sup>, registrándose valores muy similares en otoño: 50 mg/m<sup>2</sup>. En el embalse Los Molinos las mayores concentraciones se dieron en primavera y verano, con 34 y 26 mg/m<sup>2</sup>, respectivamente. En el Embalse del Río Tercero la situación fue similar, pero los valores de primavera resultaron inferiores a los de verano (27 y 33 mg/m<sup>2</sup>, respectivamente).

En relación con el contenido en clorofila a, la producción alcanzó en el lago San Roque sus mayores valores en los muestreos de verano y otoño, en los cuales superó, respectivamente, los 2.300 y 2.100 mgC/día/m<sup>2</sup>. La producción bruta fue calculada en 500 gC/año/m<sup>2</sup>. En los embalses Los

Molinos y del Río Tercero, la producción primaria apareció como más relacionada a la combinación de las variaciones del número celular y la concentración de clorofila *a* por unidad celular. En estos dos lagos, la producción primaria registró sus mayores valores en verano, alcanzando a 3.500 mgC/día/m<sup>2</sup>, en el primero, y a 5.300 mgC/día/m<sup>2</sup> en el segundo. La producción primaria bruta fue estimada en 590 gC/año/m<sup>2</sup> para el embalse de Los Molinos, y en 730 gC/año/m<sup>2</sup> para el del Río Tercero.

La composición del zooplancton resultó muy similar en los tres embalses, tanto en lo que se refiere a las especies integrantes de la comunidad, como a su participación relativa en las correspondientes poblaciones.

El número y características de las especies integrantes de cada taxocenosis y sus relaciones de dominancia y subdominancia en las mismas, se ajustarían a las de una comunidad zooplanctónica limnética típica. En lo que respecta a la densidad numérica relativa entre las distintas taxocenosis, cabe destacar que, con frecuencia, los Rotíferos aparecieron superados por los Copépodos y aún por los Cladóceros.

La mayor densidad numérica se registró en el lago San Roque, con máximo de 113,72 i/l en primavera, y mínimo de 42,88 i/l en invierno. Le siguieron en este orden el lago Los Molinos con un máximo de 92,37 i/l en verano, y mínimo de 18,08 en otoño, y el Embalse del Río Tercero cuyo máximo de 85 i/l se dio en otoño, y su mínimo de 3,30 i/l en invierno.

De tal modo, se advirtieron claras diferencias en los valores absolutos y relativos del número de individuos por unidad de volumen en los muestreos practicados en una misma fecha (o muy próximas) en los distintos lagos, lo cual sugiere considerables variaciones en el ciclo anual de las poblaciones.

Las diferencias distribucionales en los planos horizontal y vertical fueron considerables. Aquellas registradas entre las aguas limnéticas y litorales resultaron en algunos casos muy marcadas, aunque las últimas acusaron una gran variabilidad y, en todo caso, carecieron de mayor significado en los valores de conjunto.

Las migraciones verticales también determinaron considerables diferencias en las concentraciones del zooplancton, sobre todo en verano, por las limitaciones derivadas del marcado déficit de oxígeno disuelto en profundidad.

Las observaciones realizadas y la periodicidad acordada a los muestreos no permiten extraer mayores conclusiones en lo que respecta a las relaciones entre el fito y zooplancton. La mayor diversidad y biomasa del zooplancton se encontró en el San Roque que registró la producción primaria más baja, así como un fitoplancton con mayor diversidad específica y escasa representación de Cianofitas. El zooplancton de los lagos con típicas floraciones de Cianofitas, como Los Molinos y Embalse del Río Tercero, resultó comparativamente más pobre tanto en número de especies como de individuos.

El bentos, en los niveles de tamaño considerados, apareció constituido fundamentalmente por Oligoquetos, larvas y pupas de Insectos (Quironómidos, Ceratopogónidos, Tricópteros y Efemorópteros), Hirudíneos y Moluscos. Salvo raras excepciones, los Oligoquetos resultaron de clara

dominancia, constituyendo en no pocas oportunidades —sobre todo en las áreas profundas— el 100 o/o de la población, la cual tendió entonces a resultar monoespecífica e integrada exclusivamente por *Limnodrilus hoffmeisteri*. La distribución y abundancia de los Oligoquetos respondió en los tres lagos a un patrón bien definido. En las áreas litorales se acusó un mayor número de especies, sobre todo en el San Roque, predominando los Naididos (y entre ellos particularmente *Dero obtusa*) sobre los Tubificidos. A medida que aumentó la profundidad se redujo el número de especies representadas, en tanto que los Tubificidos incrementaron su proporción respecto a los Naididos, superándolos rápidamente. En áreas profundas sólo prosperan los Tubificidos con predominancia de *Limnodrilus hoffmeisteri*, que llegó con frecuencia a constituirse en la única especie presente.

El esquema responde al conocido segundo principio biocenótico enunciado por Thienemann: el número de especies decrece a medida que las condiciones del medio se apartan de lo normal y óptimo (aumento de la materia orgánica en los sedimentos y reducción del oxígeno disuelto), incrementándose paralelamente el número de individuos de las especies mejor adaptadas para soportar tales condiciones, llegándose a situaciones de dominancia absoluta de *Limnodrilus hoffmeisteri* en las zonas más profundas, donde prácticamente se agota el oxígeno disuelto en verano, pudiendo estas poblaciones monoespecíficas alcanzar la mayor biomasa registrada (caso del lago Los Molinos). Aunque en los otros lagos estas poblaciones de *L. hoffmeisteri* alcanzan también una importante biomasa, llegaron a ser superadas en ciertas estaciones de muestreos marginales, sea a favor de la abundancia local de especies de Oligoquetos de gran tamaño, como es el caso de *Branchiura sowerbyi* (lago San Roque), sea por algunas elevadas concentraciones de Hirudíneos (Embalse del Río Tercero).

Las larvas y pupas de insectos así como los Hirudíneos se encontraron restringidos a los sectores someros o de moderada profundidad. Entre los primeros fueron más importantes los Quironómidos, apareciendo los Efemerópteros, Ceratopogónidos y Tricópteros en forma más localizada y con menor importancia numérica. Los Hirudíneos resultaron bastante regulares en cuanto a su distribución y abundancia en las áreas litorales, acusando casi siempre una biomasa muy superior a la de aquéllos.

Los Moluscos aparecieron limitados a unos pocos Gasterópodos (*Physa* sp.; *Lymnaea* sp., *Ampullaria canaliculata*, *A. scalaris* y *Biomphalaria peregrina*), en tanto que los Bivalvos, representados sólo por *Pisidium* sp., fueron aún más escasos. Los Planorbideos, cuya abundancia e importancia en la alimentación del pejerrey fuera destacada por Boschi y Fuster de Plaza (1959), aparecieron constituyendo poblaciones de densidad numérica relativamente baja, circunscriptas a las áreas marginales.

Los Oligoquetos constituyeron la taxocenosis de mayor aporte a la biomasa bentónica —aunque local y circunstancialmente fueron superados por los Hirudíneos— con registros máximos de 24,7 g/m<sup>2</sup> en el Embalse del Río Tercero, de 31,3 g/m<sup>2</sup> en Los Molinos, y de 39,1 g/m<sup>2</sup> en el San Roque. Los Hirudíneos alcanzaron máximos de 26,8 g/m<sup>2</sup> en el Embalse

del Río Tercero, de 17,6 g/m<sup>2</sup> en el San Roque y de 14 g/m<sup>2</sup> en Los Molinos. La biomasa de los Insectos acusó su mayor valor en el Embalse del Río Tercero, con 3,4 g/m<sup>2</sup>, superando ligeramente los registros de los otros lagos.

El poblamiento íctico de estos lagos, pese a que resulta bastante pobre, presenta mucho interés geonómico por corresponder a un área en que la Provincia Paranense entra en contacto con la ictiofauna "Central" o "Subandina". A tal conjunto se suman diversas especies introducidas ya sea de la Cuenca del Plata, como el pejerrey (*Basilichthys argentinensis bonariensis*), el dorado (*Salminus maxillosus*), la boga (*Leporinus obtusidens*), el moncholo (*Pimelodus clarias*), etc., ya del área patagónica como la trucha criolla (*Percichthys trucha*), incluyendo las foráneas como la carpa (*Cyprinus carpio*) y diversos salmónidos.

La explotación de los recursos pesqueros de estos cuerpos de agua no presenta mayor significación en términos de biomasa extraída, aunque reviste considerable importancia como factor de atracción turística, particularmente en lo que se refiere al pejerrey.

Pese a ello, se carece de información objetiva referente a la densidad de las poblaciones ícticas registradas en estas aguas, presión de pesca, rendimiento, etc. Fuera de los trabajos de Fuster de Plaza y Boschi (1957) y de Boschi y Fuster de Plaza (1959), probablemente desactualizados ante la rápida evolución de estos lagos, poco o nada se ha dado a conocer sobre el estado efectivo de las poblaciones de pejerrey y otros peces de estas aguas, lo cual representa un sensible vacío, tanto más en las condiciones actuales en que la creciente presión antropógena acelera mucho los procesos de eutrofización. La reducción del espacio vital como consecuencia de la desoxigenación de las aguas en profundidad en los meses de altas temperaturas (lo que puede asociarse con una marcada reducción del nivel de las aguas represadas), la aparente menor eficiencia en la transferencia energética o, por lo menos, los cambios operados en el alimento disponible, la competencia, predación y otros factores negativos derivados de la introducción de especies realizada sin mayor fundamentación ni control, han llevado a estos lagos a una situación muy compleja y de manejo extremadamente difícil. Es evidente que las condiciones actuales benefician a las especies más rústicas, prácticamente desaprovechadas, lo que acrecerá con la progresiva eutrofización de los lagos, situación esta que podría revertirse a través de su activa explotación, práctica cuya viabilidad debería estudiarse ya que, a más de proveer importantes cantidades de productos pesqueros, vendría a introducir un efectivo rejuvenecimiento en el ecosistema.

La realización de investigaciones limnológicas intensivas en estos y otros reservorios similares, en las cuales se contemplen objetivamente problemas como los relativos a los procesos de eutrofización, la capacidad biogénica de las aguas, la transferencia energética y el adecuado manejo de los recursos pesqueros, aparte de satisfacer una imperiosa necesidad, vendrían a representar un valioso aporte al conocimiento teórico y aplicado de los lagos de embalse, muy poco conocidos hasta el presente en nuestro medio.

## BIBLIOGRAFIA

- ACCORDI, J., BOLTOVSKOY, A. y CACHI, J. C. 1972. Valoración Eco-fisiológica de la floración de *Peridinium gatunense* Nygaard. IIIas. Jorn. Arg. Zool. Mendoza, Resumen de Trabajos y Comunicaciones: 69
- APHA, 1971. *Standard Methods for the examination of water and waste-water including bottom sediments and sludges* 13 th. Ed. New York, 874 págs.
- AGUA Y ENERGIA ELECTRICA, 1966. Resumen de la estadística hidrológica hasta 1962. *Secretaría de Estado de Energía y Minería*. 318 págs.
- BOLTOVSKOY, 1973. *Peridinium gatunense* Nygaard. Estructura y estereoultraestructura tecal (*Dinoflagelida*). *Physis Sec. B*. 32 (85): 331-344.
- BONETTO, A.A. 1973. La eutrofización en el concierto de fenómenos de contaminación de las aguas. Subsec. Recursos Hídricos. Seminario Avanzado sobre la Contaminación de los Recursos Hídricos. Buenos Aires, I: 183-188.
- BOSCHI, L.A., FUSTER DE PLAZA, M. L. y BOSCHI, E.E. 1958. El termómetro eléctrico con termistor y su utilidad en hidrobiología. *Ciencia e Investigación* 14 (5): 195-200.
- BOSCHI, E.E. y FUSTER DE PLAZA, M. L. 1959. Estudio biológico pesquero del Pejerrey del embalse del Río Tercero (*Basilichthys bonariensis*) una contribución al conocimiento limnológico del ambiente. *Secr. de Agric. Ganad. de la Nación. Dpto. de Invest. Pesqueras, Pub. Nº 8*: 1-61.
- BRASIOLO, I y ORDAZ, J. 1966. Estudio de la provisión de agua al aglomerado cordobés. 5º Congreso de Ingeniería: "Agua y Energía". Córdoba, 24 págs.
- BRINKHURST, R.O. 1963 a. Taxonomical Studies on the Tubificidae (Annelida, Oligochaeta). *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 48: 5-89
- BRINKHURST, R.O. & JAMIESON, B.G.M. 1971. *Aquatic Oligochaeta of the World*. Oliver & Boyd. Edinburgh. 860 págs.
- CABRERA, A.L. 1953. Esquema fitogeográfico de la República Argentina. *Rev. Mus. La Plata (N.S.) Bot.* 8: 87-168.
- 1971. Fitogeografía de la República Argentina. *Bol. Soc. Arg. Bot.* XIV (1-2): 1-42.
- CORDINI, J.M. 1950. Contribución al conocimiento limnológico del Embalse del Río Tercero (Córdoba). *Minist. Agric. de la Nación, Direc. Graf. de Pesca y Conserv. de la Fauna. Publ. Miscel. Nº 331*: 1-36.
- CORIGLIANO, M. del C. 1975. Estudios ecológicos sobre la comunidad zooplanctónica del lago San Roque (Tesis): 1-130 (Inédito).
- DI PERSIA, D.H. 1973. Notas sobre Oligoquetos dulceacuícolas argentinos. *Physis Sec. B*, 32 (85): 279-285.
- 1975. Acerca de dos especies del género *Nais* de Argentina (Oligochaeta, Naididae). *Neotrópica* 21 (66): 131-134.
- 1976. Nuevas citas del género *Dero* s.s. (Naididae, Tubificoidea) para la Oligoquetofauna acuática argentina. *Physis Sec B*, 35 (90) (en prensa).
- EDMONSON, W.T. & WINBERG, G.G. (Ed.) 1971. *A manual on methods for the assesment of Secondary Productivity in fresh waters*. IBP Handbook Nº 17. Blackwell Scientific Publications. Oxford and Edinburgh. 358 págs.
- EZCURRA de DRAGO, I. y DI PERSIA, D.H. 1971. Notas preliminares acerca del bentos de algunos lagos de Embalse del centro del país. V Congreso Latinoamericano de Zoología, Montevideo. *Resumen de Comunicaciones*: 46.
- FUSTER DE PLAZA, M. L. y BOSCHI, E.E. 1957. Desnutrición y deformaciones vertebrales en pejerreyes de los embalses de Córdoba. *Ministerio de Agric. y Ganadería de la Nación. Dpto. Invest. Pesqueras*. 1-26.
- GORDILLO, C.E. y LENCINAS, A.N. 1972. Sierras pampeanas de Córdoba y San Luis. In: Geología Regional Argentina. *Acad. Nac. de Cienc.* Córdoba, 1-39.
- GOLTERMAN, H. L. and CLYMO, R.S. (Ed.) 1969. *Methods for chemical analysis of Fresh Waters*. IBP Handbook Nº 8 Blackwell Scientific Publications. Oxford and Edinburgh. 172 págs.
- GRYGIEREK, E. 1971. Zooplankton production in various utilized fry ponds. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 18 (2): 147-556.
- GUARRERA, S.A. 1948. El fitoplancton del Embalse San Roque (provincia de Córdoba). Estudio preliminar. *Rev. Inst. Nac. Cs. Nat. y Mus. Arg. Cs. Nat. "Bernardino Rivadavia"*. Cs. Bol. I (2): 29-55.
- GUARRERA, S.A. y KÜHNEMANN, O. 1949. Catálogo de las "Chlorophyta" y "Cyanophyta" de agua dulce de la República Argentina. *Lilloa XIX*: 219-318.

- HUTCHINSON, G.E. 1957. *A Treatise on Limnology*. Vol I: John Wiley and Sons, Inc. New York. London, 1015 págs.
- 1967. *A Treatise on Limnology*. Vol II: John Wiley and Sons, Inc. New York. London. Sydney, 1115 págs.
- INALI, 1972. Report on the IBP/PF project. *Instituto Nacional de Limnología*: 45–55.
- KAJAK, Z.A. HILLBRICHT-ILKOWSKA (Ed.). 1972. *Productivity problems of fresh-waters*. P.W. N. Polish Scientific Publishers. Warszawa–Kraków. 918 págs.
- KENNEDY, C.R. 1965 The distribution and habitat of *Limnodrilus Claparède* (Oligochaeta: Tubificidae). *Oikos* 16: 26–38.
- LOWE Mc CONELL, R.H. 1966 (Ed.). *Man-Made Lakes*. Academic Press. London. New York 218 págs.
- LONDERO, L.D. y de BILLERBECK, M.A. 1973. Producción celular de bacterias heterótrofas en aguas del lago San Roque, Córdoba. *2da. Reunión Arg. de Ecol. Salta. Resúmenes de Comunicaciones*: 59.
- MAGLIANESI, R.E., CORIGLIANO, M. del C., DI PERSIA, D.H., GARCÍA DE EMILIANI, M.O., BONETTO, A.A., EZCURRA DE DRAGO, I. y SCHIAFFINO, M. 1972. Estudios limnológicos en los embalses de la Provincia de Córdoba (San Roque, Los Molinos y Río Tercero). *Illas. Journ. Arg. de Zool.* Mendoza. (Inédito).
- MARGALEF, R. 1974. *Ecología*. Editorial Omega, 915 págs.
- 1975. Typology of reservoirs. *Verth. Internat. Verein. Limnol.* 19: 1841–1848.
- MARINI, T.L. 1939. Trabajos de piscicultura en el Embalse del río Tercero. *Physis* 18: 479–510.
- OEA, Organización de los Estados Americanos. 1969. Cuenca del Río de la Plata. Estudios para su planificación y desarrollo. Inventario de Datos Hidrológicos y Climatológicos. Secretaría Gral. de la Org. de los Estados Americanos, Washington D.C.
- PAPADAKIS, J. 1956. Informe Ecológico sobre la Prov. de Córdoba. *Minist. Agric. y Ganad. de la Nación. Dirección Gral. Invest. Agrícolas. Inst. de Suelos y Agrotecnia. Publicación N° 48. De GAEA, X*: 103–156.
- PARSONS, T.R. and STRICKLAND, J.D.H. 1963. Discussion of Spectrophotometric determination of marine plant pigments, with equations for ascertaining chlorophylls and carotenoids. *J. Mar. Res.* 21: 155–163.
- RINGUELET, R.A. 1962. *Ecología acuática continental*. Eudeba 138 págs.
- 1968. Clave o llave para el reconocimiento de las sanguijuelas conocidas de la República Argentina (Hirudinea) y apuntamientos sobre la hirudofauna neotrópica y transicional mexicana. *Physis* 27 (75): 367–390.
- 1975. Zoogeografía y Ecología de los peces de aguas continentales de la Argentina y consideraciones sobre las áreas ictiológicas de América del Sur. *ECOSUR* 2 (3): 1–122.
- RINGUELET, R.A.; ARAMBURU, R.H. y ALONSO de ARAMBURU, A. 1967. Los peces argentinos de agua dulce. *Com. Invest. Cient. Prov. Buenos Aires*. 602 págs. La Plata.
- RIO, E.M. y ACHAVAL, L. 1904. *Geografía de la Provincia de Córdoba*, I.
- ROHLICH, G.A. (Ed.) 1969. *Eutrophications: Causes, Consequences, Correctives*. Publ. 1700 Div. Biol. Agric. Nat. Acad. Sci. Nat. Res. Coun. Wash.
- RZOSKA, J. 1966. The biology of reservoirs in the USSR. In: *Man-Made Lakes*. Lowe Mc Connell, R.H. (Ed.) Academic Press. London and New York. 149–154.
- SOLDANO, F.A. 1947. Régimen y aprovechamiento de la red fluvial argentina. Parte I. 277 págs.; Parte II 264 págs. Edit. Címera. Buenos Aires.
- VOLLENWEIDER, R.E. (Ed.) 1969. *A manual for measuring Primary Production in Aquatic environments*. IBP Handbook N° 12 Blackweel Scientific Publications. Oxford and Edinburgh. 213 págs.
- YACUBSON, S. 1960. Desmideáceas del lago San Roque y Tributarios. *Bol. Soc. Arg. Botánica VIII* (2): 63–89.