

## Estructura del fitoplancton de seis sistemas lóticos de la provincia de Buenos Aires (Argentina)

Liliana Marcela MERCADO

Instituto de Limnología 'Dr. Raúl A. Ringuelet' (ILPLA), Av. Calchaquí km 23,5 - 1888 Florencio Varela, Buenos Aires, Argentina.

**Abstract: Phytoplankton structure of six lotic systems from Buenos Aires province (Argentina).** The phytoplankton structure of six lotic systems: Rodríguez, El Gato, El Pescado, Buñirriego, Juan Blanco streams and Samborombón River was analyzed. Surveys were carried out seasonally from May 1997 to June 1998. Sample sites were established at 2 or 3 points depending on the length of the systems, from the headwaters to the mouths (E1 to E3). Physical and chemical variables (pH, temperature, conductivity, dissolved oxygen, transparency) were measured and alkalinity, suspended matter and nutrients were determined at each sampling site. Species composition, species richness, species dominance, diversity and evenness were assessed. Pennate diatoms and Chlorophyceae (Chlorococcales) were the best represented groups. The class Cyanophyceae was dominant in 60 % of the samples and the class Bacillariophyceae was subdominant in 42 % of the samples. The Samborombón River showed the minimum and maximum phytoplankton densities among the six systems during the period studied. Differences in specific composition were observed in E2 and E3 of El Gato and Rodríguez streams and in E3 of Buñirriego stream, related to human impact. Mesosaprobic indicator species such as *Nitzschia palea*, *N. umbonata*, *Gomphonema parvulum*, *Navicula cryptocephala*, *Euglena acus*, *Strombomonas scabra*, *Crucigeniella rectangularis* and *Dictyosphaerium pulchellum* were found. In sampling sites E3 of El Pescado and Buñirriego streams and Samborombón River, centric diatom species such as *Aulacoseira granulata*, *Actinocyclus normanii*, *Cyclotella meneghiniana* and other algae (*Merismopedia tenuissima*, *Ulothrix aequalis*, *U. subconstricta*) increased their densities. Diversity and richness indexes showed a non-defined pattern.

**Key words:** Buenos Aires, river, stream, phytoplankton, pollution.

El fitoplancton de los sistemas lóticos tributarios del Río de la Plata del sector noreste de la Provincia de Buenos Aires ha sido objeto de diversos estudios, entre los cuales se pueden mencionar aquellos referidos al Bajo Paraná (O'Farrell *et al.*, 1996; O'Farrell *et al.*, 1998; Mercado & Gómez, 2000), río Reconquista (Loez & Salibián, 1990; Alberghina & Loez, 1991), río Luján (del Giorgio *et al.*, 1991), sistema Matanza-Riachuelo (Conforti *et al.*, 1995) y río Salado (O'Farrell, 1993; Izaguirre & Vinocur, 1994).

El conjunto de los ríos y arroyos tributarios del Río de la Plata, comprendidos desde los alrededores de la Ciudad de La Plata (34° 56' S - 57° 58' O) hasta la desembocadura del río Samborombón (35° 44' S - 57° 20' O), ha sido escasamente investigado desde el punto de vista limnológico, contándose hasta el momento con publicaciones referidas al fitoplancton de los arroyos El Pescado (Macluf *et al.*, 1998), El Gato (Tangorra *et al.*, 1998) y del río Samborombón (Solari, 1995; Solari & Claps, 1996; Mercado & Gómez, 1998).

El objetivo de este trabajo es estudiar la estructura del fitoplancton (composición específica, densidad, índices de riqueza, diversidad y equitabilidad) de seis sistemas lóticos: Arroyos Rodríguez, El Gato, El Pescado, Buñirriego, Juan Blanco y río Samborombón, analizando su relación con las variables físicas y químicas de estos ambientes.

### MATERIAL Y METODOS

Todos los sistemas lóticos estudiados son tributarios del Río de la Plata y están situados al NE de la Provincia de Buenos Aires (Fig. 1). Los arroyos Rodríguez y El Gato soportan un importante impacto antropogénico debido a las actividades agro-ganaderas e industriales desarrolladas en su cuenca y a la deficiente infraestructura sanitaria de las ciudades que atraviesan: Gorina, Gonnet y City Bell (A° Rodríguez), Ensenada y el sector oeste de la ciudad de La Plata (A° El Gato). En las márgenes del A° El Pescado se desarrollan prácticas agro-ganaderas inten-

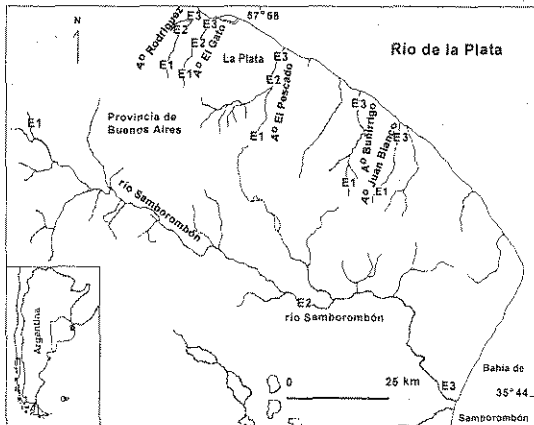


Fig. 1. Ubicación de los arroyos Rodríguez, El Gato, Buñirriego, El Pescado, Juan Blanco y río Samborombón en el sector NE de la Provincia de Buenos Aires. Las estaciones de muestreo se ubicaron desde las nacientes (E1) hacia las desembocaduras (E3).

sivas y actividades industriales. En el A° Buñirriego se descargan vertidos de industrias de alimentos y curtiembres y se desarrollan actividades agro-ganaderas extensivas. El A° Juan Blanco pertenece a una Reserva Natural de la UNESCO. En la cuenca del río Samborombón se realizan actividades agro-ganaderas mayormente extensivas; además existen industrias (principalmente lácteas) y asentamientos urbanos ubicados en la naciente del río (ciudades Brandsen y San Vicente).

Los seis sistemas lóticos fueron muestreados estacionalmente durante 1997 en otoño (M1), invierno (M2), primavera (M3) y durante 1998 en verano (M4) y otoño (M5). Se establecieron 2 o 3 estaciones de muestreo, dependiendo de la longitud de cada sistema, ubicadas desde las nacientes (E1) hacia las desembocaduras (E3) (Fig. 1).

Se tomaron muestras superficiales de agua para los análisis químicos. Se determinó *in situ* la temperatura y el oxígeno disuelto (oxímetro LUFTMAN), el pH (pHmetro COLE PALMER), la conductividad (conductímetro portátil HANNA) y la transparencia (Disco de Secchi).

La concentración de nutrientes en el agua se determinó sobre muestras filtradas *in situ* a través de filtros Whatman GF/C y trasladadas en hielo y en oscuridad al laboratorio. El amonio fue determinado por el método de azul indo-fenol (Mackereth *et al.*, 1978), nitritos por diazotación, nitrato por reducción a nitrito en una

columna de cadmio y el fósforo reactivo soluble por la formación de fosfomolibdato por reducción con ácido ascórbico, de acuerdo con los métodos propuestos por Strickland & Parsons (1968). Alcalinidad (titulación con  $H_2SO_4$ ), calcio y magnesio (titulación con EDTA), sodio y potasio (fotometría de llama) y cloruros (titulación con nitrato de plata) fueron determinados en muestras de agua sin filtrar según APHA (1985). Los sólidos suspendidos (soston) fueron determinados por diferencia de peso de filtros GF/C, secados a 105 °C.

Las muestras para el análisis cualitativo del fitoplancton se recolectaron con redes de 10 y 32  $\mu m$  de diámetro de poro y se fijaron con formol al 1%. Las determinaciones taxonómicas se realizaron con un microscopio Olympus BH con contraste de fases, para lo cual se consultaron los siguientes trabajos: Anagnostidis y Komárek (1985, 1988), Desikachary (1959), Geitler (1932), Starmach (1966), Komárek & Fott (1983), Hustedt (1930), Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991 a, b), Patrick & Reimer (1966, 1975), Huber-Pestalozzi (1955), Tell & Conforti (1986). Se realizaron preparados para la determinación de diatomeas, siguiendo la metodología propuesta por Barber & Haworth (1981), complementándose con observaciones al microscopio electrónico (Jeol JSM - T 100).

Las muestras cuantitativas de fitoplancton se recolectaron extrayendo 100 ml de agua en cada una de las estaciones y se fijaron con lugol al 1%. Los recuentos se realizaron a nivel de células con microscopio invertido, siguiendo la técnica descrita por Utermöhl (1958), utilizando submuestras de 5 a 10 ml, dependiendo de la concentración de sólidos suspendidos.

La diversidad específica se estimó utilizando el índice (H) de Shannon-Weaver (1963), la riqueza específica (R) mediante el índice de Margalef (1958) y la equitabilidad (E) con el índice de Pielou (1977).

Se realizaron correlaciones entre los datos físicos y químicos del agua superficial de los seis sistemas lóticos estudiados, la abundancia de cada clase algal, de los taxa algales y los valores de los índices R, H y E, mediante el coeficiente de correlación de Pearson (Sokal & Rohlf, 1980).

## RESULTADOS

Los valores de las variables físicas y químicas de las aguas superficiales de los seis sistemas lóticos estudiados se hallan resumidos en la Tabla 1. Los cinco arroyos muestreados presentaban en las cabeceras características de ambientes someros; en los arroyos J. Blanco y

Tabla 1. Media y desvío estandar de las variables físicas y químicas de los seis sistemas lóticos. E: Estaciones de muestreo; O.D.: Oxígeno disuelto; T: Temperatura; Cond: Conductividad; Transp.: Transparencia; S.S.: sólidos suspendidos.

	E	O.D. mg l <sup>-1</sup>	T °C	pH	Cond. μS cm <sup>-1</sup>	Transp. cm	S. S. mg l <sup>-1</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> μg l <sup>-1</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> μg l <sup>-1</sup>	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> μg l <sup>-1</sup>
Rodríguez	E1	7,1 ± 1,8	19,2 ± 6,2	8,2 ± 0,9	689 ± 280	20 ± 1	335,5 ± 523,4	303 ± 352	290 ± 289	28 ± 9
	E2	4,3 ± 0,5	18,2 ± 5,4	7,8 ± 0,5	1053 ± 556	11 ± 2	126,3 ± 58,6	24265 ± 19625	2123 ± 1042	548 ± 380
	E3	4,5 ± 2,0	16,4 ± 3,5	7,9 ± 0,6	929 ± 351	17 ± 1	92,2 ± 47,6	13487 ± 10584	7461 ± 8172	446 ± 365
El Gato	E1	7,5 ± 3,0	15,1 ± 4,8	8,0 ± 0,7	897 ± 260	24 ± 8	64,6 ± 26,6	5643 ± 5373	1621 ± 1577	250 ± 314
	E2	1,4 ± 2,0	16,5 ± 4,9	8,2 ± 0,7	1177 ± 162	29 ± 11	61,0 ± 10,2	8004 ± 5875	926 ± 770	135 ± 78
	E3	2,1 ± 1,5	17,6 ± 4,4	8,0 ± 0,5	836 ± 241	37 ± 14	64,5 ± 22,1	5324 ± 2741	1481 ± 2700	213 ± 259
El Pescado	E1	5,4 ± 0,8	18,3 ± 6,4	8,2 ± 0,5	257 ± 79	18 ± 2	81,6 ± 43,3	168 ± 118	187 ± 191	15 ± 10
	E2	6,1 ± 2,1	20,1 ± 5,4	8,2 ± 0,6	434 ± 239	23 ± 11	117,1 ± 45,3	418 ± 219	322 ± 299	19 ± 33
	E3	5,8 ± 1,2	17,4 ± 4,0	8,3 ± 0,9	686 ± 254	19 ± 10	189,6 ± 270,1	473 ± 355	418 ± 361	40 ± 16
Buñirigo	E1	8,0 ± 1,2	17,0 ± 5,8	8,6 ± 0,4	341 ± 168	24 ± 8	95,8 ± 66,5	151 ± 68	96 ± 147	15 ± 12
	E3	5,4 ± 2,1	19,6 ± 4,5	8,4 ± 0,5	2782 ± 1602	27 ± 3	64,9 ± 19,9	1138 ± 674	143 ± 229	15 ± 10
Juan Blanco	E1	8,6 ± 0,5	19,1 ± 7,1	8,6 ± 0,8	173 ± 16	30 ± 7	48,8 ± 19,7	45 ± 69	15 ± 12	12 ± 11
	E3	6,6 ± 1,0	18,5 ± 4,6	8,4 ± 0,4	485 ± 148	25 ± 9	98,2 ± 57,2	136 ± 109	116 ± 141	11 ± 5
Samborombón	E1	7,4 ± 1,6	17,2 ± 6,2	8,4 ± 1,0	2129 ± 2326	27 ± 13	72,8 ± 34,5	338 ± 270	46 ± 18	14 ± 10
	E2	9,2 ± 1,8	17,6 ± 6,4	8,4 ± 0,6	2437 ± 2374	21 ± 7	94,3 ± 12,7	639 ± 807	97 ± 99	29 ± 29
	E3	6,5 ± 3,6	18,4 ± 6,1	8,3 ± 0,4	4547 ± 5373	17 ± 5	331,2 ± 289,9	1141 ± 1482	143 ± 288	13 ± 8

Cont. Tabla 1

	E	PRS μg l <sup>-1</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg l <sup>-1</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> mg l <sup>-1</sup>	Ca <sup>2+</sup> mg l <sup>-1</sup>	Mg <sup>2+</sup> mg l <sup>-1</sup>	Na <sup>+</sup> mg l <sup>-1</sup>	K <sup>+</sup> mg l <sup>-1</sup>	Cl <sup>-</sup> mg l <sup>-1</sup>
Rodríguez	E1	501 ± 399	111,8 ± 116,7	10,8 ± 10,6	18,3 ± 7,6	11,1 ± 8,2	87,7 ± 54,6	31,6 ± 20,8	33,1 ± 4,7
	E2	14274 ± 23586	178 ± 227,5	7,9 ± 13,1	14,4 ± 3,9	8,2 ± 8,3	103,8 ± 39	28,9 ± 6,5	48,5 ± 17,1
	E3	3461 ± 1615	135,7 ± 116,9	19,3 ± 30,2	18,5 ± 7,3	7,5 ± 4,5	126,9 ± 57,2	25,5 ± 11,1	48,9 ± 14,9
El Gato	E1	1124 ± 839	80,7 ± 73,9	4,0 ± 3,2	19,7 ± 8,6	20,4 ± 21,1	105,3 ± 51,9	12,3 ± 5,5	52,9 ± 26,3
	E2	1512 ± 298	174,8 ± 130,1	12,4 ± 13,0	15,8 ± 7,3	15,7 ± 1,3	161,2 ± 41,2	10,7 ± 5,2	82,8 ± 28,3
	E3	2087 ± 1769	78 ± 67,9	2,0 ± 3,4	21 ± 9,1	9,9 ± 8,4	96,4 ± 24,6	6,7 ± 3,8	58,7 ± 13,4
El Pescado	E1	338 ± 284	42,4 ± 27,5	0,5 ± 1,0	16,9 ± 4,0	4,1 ± 2,5	28,9 ± 4,5	8,9 ± 5,9	22,0 ± 12,4
	E2	352 ± 345	59,7 ± 42,2	1,9 ± 2,0	16,9 ± 4,0	3,2 ± 1,9	67,5 ± 30,4	9,3 ± 4,0	45,4 ± 36,9
	E3	385 ± 262	68,9 ± 35,0	5,3 ± 4,2	16,8 ± 6,4	5,3 ± 3,2	84,4 ± 18,0	6,2 ± 2,7	58,7 ± 20,7
Buñirigo	E1	26 ± 11	47,1 ± 26,4	5,1 ± 4,5	13,9 ± 5,8	8,2 ± 7,4	50,3 ± 52,5	7,0 ± 2,8	55,9 ± 32,9
	E3	191 ± 201	81,0 ± 36,9	5,6 ± 5,4	36,3 ± 19,5	18,8 ± 10,9	335,3 ± 133,6	19,7 ± 4,1	766,6 ± 291,1
Juan Blanco	E1	17 ± 23	36,9 ± 11,5	4,0 ± 2,9	15,1 ± 3,6	3,4 ± 2,3	17,1 ± 5,2	6,0 ± 3,5	37,9 ± 24,6
	E3	46 ± 9	58,3 ± 22,3	2,2 ± 2,4	17,3 ± 6,7	4,5 ± 4,4	77,5 ± 27,7	5,7 ± 2,2	43,5 ± 8,0
Samborombón	E1	61 ± 23	61,2 ± 39,6	2,9 ± 5,7	17,1 ± 5,8	12,6 ± 5,1	100,5 ± 51,6	13,4 ± 9,4	233,3 ± 310,7
	E2	153 ± 119	62,6 ± 40,0	2,3 ± 2,5	22,4 ± 17,4	8,9 ± 4,9	201,7 ± 251,6	12,5 ± 7,8	409,7 ± 490,8
	E3	83 ± 37	28,6 ± 16,3	8,0 ± 10,5	26,0 ± 22,3	25,8 ± 19,1	312,3 ± 399,9	24,5 ± 19,2	829,3 ± 1144,9

Buñirigo éstas se encontraron secas durante otoño y primavera (M1 y M3, respectivamente). La temperatura de los seis sistemas varió estacionalmente y registró valores mínimos y máximos comprendidos entre 9,0 °C y 26,6 °C. Los valores mínimos de transparencia se presentaron en el A° El Pescado (E1, 6 cm) y en el río Samborombón (E3, 10 cm). La concentración

mínima de sólidos suspendidos se presentó en la E3 del A° Rodríguez (19 mg l<sup>-1</sup>) y la más alta en el mismo sistema (1119 mg l<sup>-1</sup>, E1) encontrándose valores también elevados en la E3 del río Samborombón (828 mg l<sup>-1</sup>). Las concentraciones de oxígeno disuelto más bajas se registraron en la E2 (0,1 mg l<sup>-1</sup>) y E3 (0,6 mg l<sup>-1</sup>) del A° El Gato y en las mismas estaciones ubicadas

sobre el A° Rodríguez (E2: 3,6 mg l<sup>-1</sup>; E3: 2,6 mg l<sup>-1</sup>). Las aguas de estos ambientes se caracterizaron por presentar valores de pH neutros a alcalinos (Tabla 1).

Las muestras de los arroyos El Gato y Rodríguez presentaron altas concentraciones de nutrientes principalmente en las E2 y E3, registrándose los máximos valores de los seis sistemas estudiados en este último arroyo: 45900 µg l<sup>-1</sup> de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y 6921 µg l<sup>-1</sup> de PRS en la E2 (M2); 5546 µg l<sup>-1</sup> de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la E3, durante el mismo muestreo y 865 µg l<sup>-1</sup> de N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> en la E2 (M4). En general se produce un aumento notable de las concentraciones de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PRS y en menor grado de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en las E2 de los arroyos Rodríguez y El Gato respecto de la E1. En el A° Buñirrigó se produce en todos los muestreos un aumento de todos los nutrientes desde la E1 hacia la E2. La concentración de nutrientes en el A° El Pescado fue en general más elevada en la E3; los mínimos valores se registraron durante el M4 (verano) y los máximos durante el M3 (primavera). En el A° J. Blanco las concentraciones de todos los nutrientes aumentaron en general hacia la E2, registrándose los valores más bajos de todos los sistemas estudiados en la E1: 4 µg l<sup>-1</sup> de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (M5), 3 µg l<sup>-1</sup> de PRS (M5); 2 µg l<sup>-1</sup> de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (M3) y 3 µg l<sup>-1</sup> de N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (M3). En el río Samborombón se produce un aumento notable en la concentración de nutrientes a partir de la E2, presentándose los valores más elevados durante el M1 (otoño).

En la Tabla 2 se observan los taxa más frecuentes de los seis sistemas estudiados, resultando las diatomeas pennadas y las clorofíceas (O. Clorococcales) las más representativas. En la Tabla 3 se detalla el número de taxa de cada clase algal y totales determinados en cada sistema.

El análisis del fitoplancton total indica que las cianofíceas fueron dominantes (60 % de las muestras), siendo las diatomeas subdominantes (42 % de las muestras). Cuando este último grupo fue dominante (22 % de las muestras) las cianofíceas resultaron subdominantes (50 % de las mismas), seguidas por las clorofíceas (31 %) y euglenofíceas (24 %). Los valores de las densidades totales y de las diferentes clases algales de los seis sistemas estudiados en cada una de las estaciones de muestreo, se encuentran en la Figura 2. El río Samborombón presentó los valores mínimos y máximos de densidad algal (E3 y E2, respectivamente). La concentración algal máxima se correspondió con un aumento notable de la densidad de *Schroederia setigera* (178158 cél ml<sup>-1</sup>) durante el M1.

Se observaron diferencias en la composición específica y densidad de las clases algales a lo largo de cada sistema lótico analizado, situación particularmente detectada en aquellos puntos donde reciben los aportes de descargas contaminantes (E2 y E3 de los arroyos El Gato, Rodríguez y E3 del A° Buñirrigó) siendo abundantes las especies *Nitzschia palea* (valor máximo: 81,8 % del total de células), *N. umbonata* (máx. 14%), *Gomphonema parvulum* (máx. 6,5 %), *Navicula cryptocephala* (máx. 2,5 %) y *Euglena acus* (máx. 35,3 %). Esta situación se planteó también en las estaciones de muestreo ubicadas en las nacientes (E1) de los arroyos Rodríguez, El Pescado y Buñirrigó donde fueron numerosas las euglenofitas: *Euglena acus* (máx. 5,8 %), *E. oxyuris* (máx. 6,2 %), *E. pusilla* (máx. 9,3 %), *Strombomonas verrucosa* (máx. 14,1 %), *S. scabra* (máx. 14,1 %), *T. abrupta* (máx. 14 %), *Lepocinclis ovum* (máx. 5 %) durante los muestreos M2 y M4. Otras clases de algas (Crysophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae, Haptophyceae) presentaron mayores densidades durante el M4, principalmente en las E1 de los arroyos Buñirrigó y J. Blanco, siendo numerosos los taxa *Mallomonas* sp. (máx. 42 %), *Synura* sp. (máx. 40 %), *Cryptomonas* sp. (máx. 2,2 %), *Chrysochromulina* sp. (máx. 1,8 %). En las estaciones E3 de los arroyos El Pescado, Buñirrigó y del río Samborombón se produce también un cambio en la composición específica y densidad del fitoplancton respecto de las E1 y E2, en donde las especies *Aulacoseira granulata* (máx. 7,8 %), *Actinocyclus normanii* (máx. 17 %), *Cyclotella meneghiniana* (máx. 11,1 %), *Merismopedia tenuissima* (máx. 25 %), *Ulothrix aequalis* (máx. 70,5 %) y *U. subconstricta* (máx. 45,2 %) fueron abundantes. En la E3 del río Samborombón se hallaron especies de hábitat marino como *Coscinodiscus oculus-iridis* y *Actinoptychus* spp, en bajas densidades. Las especies *Gomphonema clavatum* (máx. 8,2 %), *Fragillaria ulna* (máx. 3 %), *Pseudanabaena catenata* (máx. 36,2 %) y *Nitzschia gracilis* (máx. 49,8 %) resultaron abundantes solamente en el arroyo J. Blanco.

Las densidades de las clases Chrysophyceae, Cryptophyceae y Haptophyceae se correlacionaron positivamente con la temperatura y el pH (p<0,05) y negativamente con la conductividad (p<0,05); la densidad de cianofíceas se correlacionó positivamente con la transparencia (p<0,05) y la densidad de clorofíceas con el pH (p<0,05). A nivel específico, *Dictyosphaerium ehrenbergianum* y *Aulacoseira granulata* se correlacionaron positivamente con la

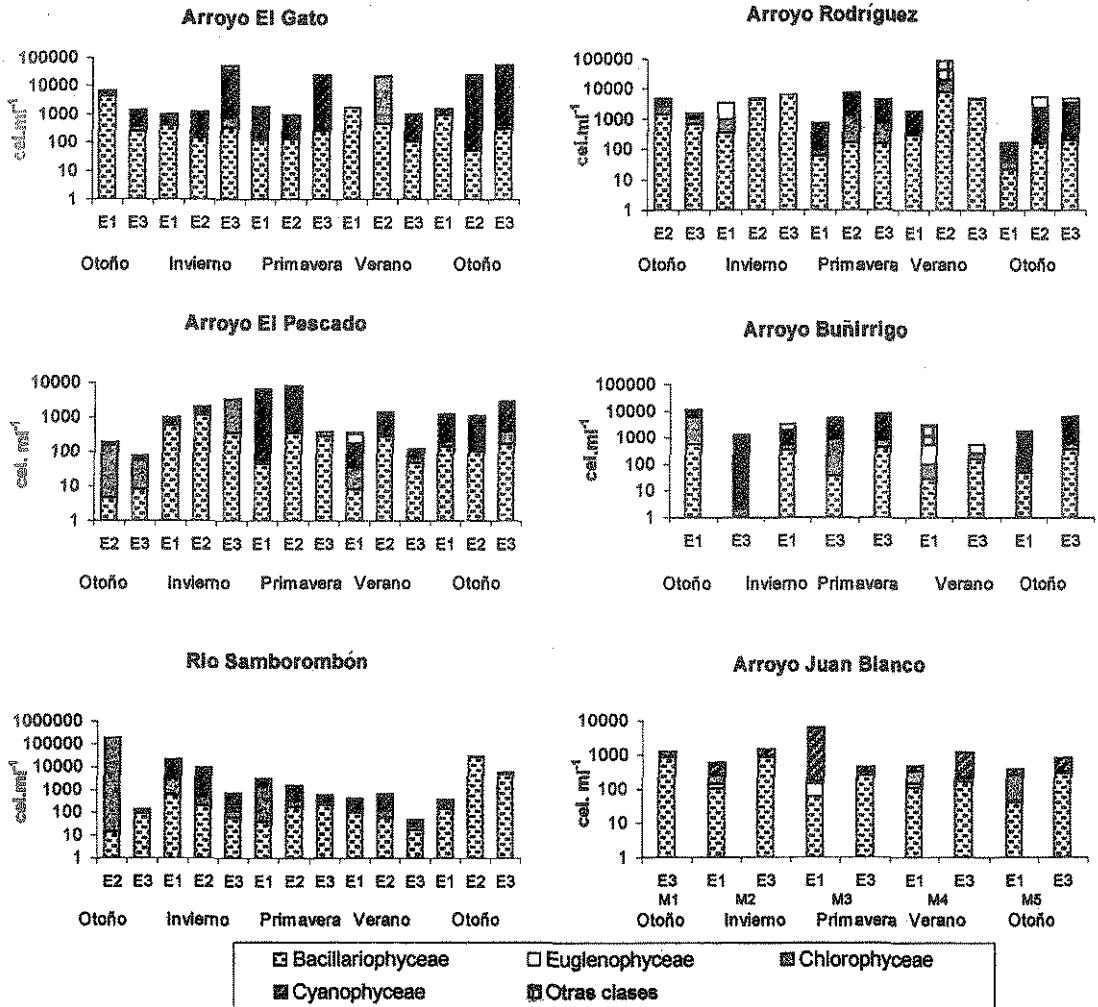


Fig. 2. Densidades de las diferentes Clases algales en los seis sistemas estudiados. E1 a E3: estaciones ubicadas desde las nacientes hacia las desembocaduras. M1 a M5: Muestreos estacionales realizados a partir de otoño de 1998.

conductividad ( $p < 0,05$ ). Las concentraciones de nutrientes ( $PR_5$ ,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ) se correlacionaron positivamente con las densidades de las especies *Nitzschia palea*, *Nitzschia umbonata*, *Euglena acus*, *Oscillatoria amphibia* y negativamente con las densidades de *Gomphonema clavatum*, *Strombomonas verrucosa* y *Pseudanabaena catenata* ( $p < 0,05$ ).

Los valores de los índices R y H se encuentran graficados en la Figura 3. Sus variaciones temporales y espaciales no mostraron un patrón definido. Durante los M2 y M5 se observó en general un incremento de los índices R y H en las

E1 y E3, en tanto que en las E2 se observó una disminución de dichos índices. Durante los M3 y M4 los valores de los índices R y H aumentaron en las E2 de los arroyos Rodríguez, El Gato, El Pescado y del río Samborombón. Los valores del índice E variaron entre 0,1 y 0,9; el mínimo valor se registró en la E2 del río Samborombón, durante el M5, cuando la especie *Nitzschia acicularis* alcanzó el 83,5 % del total de células, y el máximo valor en la E3 del A° Buñirriro, durante el M4. Las correlaciones entre los valores de los índices R, H, E y las concentraciones de nutrientes no fueron significativas.

Tabla 2. Taxa algales frecuentes observados en los sistemas lóticos.

	Rodriguez	Gato	Buitrigo	Pescado	Bianco	Saiborunben		Rodriguez	Gato	Buitrigo	Pescado	Bianco	Saiborunben
<b>Clase Bacillariophyceae</b>							<b>Clase Cyanophyceae</b>						
<i>Actinocyclus normanii</i> (Greg.) Hust.				x		x	<i>Anabaena</i> sp.						
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim.				x		x	<i>Anabaenopsis arnoldii</i> Aptek		x				x
<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i> Ehr.						x	<i>Lyngbya limnetica</i> Lemm.	x	x	x	x	x	x
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	x	x	x	x			<i>Lyngbya perelegans</i> Lemm.	x				x	
<i>Melosira varians</i> Agardh.			x	x	x	x	<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemm.		x	x	x		x
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>egyptia</i> (Ehr.) Cl.	x			x	x		<i>M. minima</i> Beck			x			
<i>Cymbella silesiaca</i> Bleisch	x		x	x			<i>Oscillatoria amphibia</i> Ag.	x	x	x	x	x	x
<i>Fragillaria ulna</i> (Nitzsch.) Ehr.					x	x	<i>O. limnetica</i> Lemm.		x		x		x
<i>Gomphonema clavatum</i> Ehr.	x		x	x	x	x	<i>O. tenuis</i> Ag.	x	x	x		x	x
<i>G. parvulum</i> (Kütz.) Grun.	x	x	x	x		x	<i>Phormidium</i> sp.	x	x	x	x	x	x
<i>Navicula cuspidata</i> (Kütz.) Kütz.	x	x	x	x		x	<i>Pseudanabaena catenata</i> Lauterb.			x		x	
<i>N. cryptocephala</i> Kütz.	x	x	x	x		x	<i>P. constricta</i> (Szafer) Lauterb.		x		x	x	x
<i>N. pupula</i> Kütz.	x	x	x	x			<i>Raphidiopsis mediterranea</i> Skuja						x
<i>N. subminuscula</i> Manguin	x	x					<i>R. curvata</i> Fritsch & Rich						x
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kütz.) Smith			x		x		<b>Clase Euglenophyceae</b>						
<i>N. frustrulum</i> (Kütz.) Grun.	x	x					<i>Euglena acus</i> Ehr.	x	x	x	x	x	x
<i>N. gracilis</i> Hantzsch.					x		<i>E. gaumei</i> All. & Lef.	x	x	x	x		
<i>N. linearis</i> (Smith)					x		<i>E. ehrenbergii</i> Klebs.			x			
<i>N. nana</i> Grunow						x	<i>E. oxyuris</i> Schmarida		x	x			x
<i>N. palea</i> (Kütz.) Smith	x	x	x	x			<i>Lepocinclis fusiformis</i> (Carter) Lemm.	x					
<i>N. sigma</i> (Kütz.) Smith						x	<i>L. ovum</i> (Ehr.) Lemm.	x	x		x		
<i>N. sigmoidea</i> (Ehr.) Smith						x	<i>Phacus longicauda</i> (Ehr.) Duj.	x		x	x	x	x
<i>N. umbonata</i> Ehr.	x	x					<i>P. pleuronectes</i> (Müll.) Duj.	x	x	x	x	x	x
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehr.) Cl.	x	x					<i>P. tortus</i> (Lemm.) Skv.	x	x				
<b>Clase Chlorophyceae</b>							<i>Trachelomonas abrupta</i> Swir.	x				x	x
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerh.	x	x				x	<i>T. cf. caudata</i> (Ehr.) Stein	x	x	x	x	x	x
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs			x				<i>T. rugulosa</i> Stein				x	x	x
<i>Crucigenia quadrata</i> Morr.	x	x		x			<i>T. similis</i> Stokes						x
<i>Crucigeniella rectangularis</i> (Nag.) Kom.	x						<i>Strombomonas scabra</i> Playf.	x	x	x	x		
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Nag.	x	x	x	x			<i>S. verrucosa</i> (Daday) Defl.	x	x				x
<i>D. pulchellum</i> Wood	x	x	x	x	x	x	<i>S. deflandrei</i> (Roll.) Defl.		x			x	
<i>Eudorina elegans</i> Ehr.						x	<b>Clase Chrysophyceae</b>						
<i>Kirchneriella obesa</i> (West) Schm.		x					<i>Mallomonas</i> sp.	x	x	x	x	x	x
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Kors.) Hind.					x	x	<i>Synura</i> sp.	x					x
<i>M. contortum</i> (Thur.) Kom.-Legn.						x	<b>Clase Cryptophyceae</b>						
<i>M. griffithii</i> (Berkely) Kom. Legn.	x	x				x	<i>Cryptomonas</i> sp.	x	x	x	x	x	x
<i>M. komarkovae</i> Nyg.	x		x		x	x	<b>Clase Dinophyceae</b>						
<i>M. tortile</i> (W. & G.S. West) Kom.-Legn.					x	x	<i>Glenodinium</i> sp.	x	x	x	x		
<i>Pandorina morum</i> Bory						x	<b>Clase Haptophyceae</b>						
<i>Pleodorina</i> sp.						x	<i>Crysochromulina</i> sp.	x	x			x	
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Chod.	x	x											
<i>S. eornis</i> (Ehr.) Chod.	x	x	x	x	x	x							
<i>S. intermedius</i> var. <i>acaudatus</i> Hortob.						x							
<i>S. intermedius</i> var. <i>bicaudatus</i> Hortob.						x							
<i>S. nanus</i> Chod.	x			x		x							
<i>S. quadricauda</i> (Turp.) Bréb.						x							
<i>Tetrastrum minimum</i> (Br.) Hansg.	x												
<i>Tetraedron triangulare</i> (Chod.) Kom.	x		x										
<i>Ulothrix</i> sp.				x	x	x							

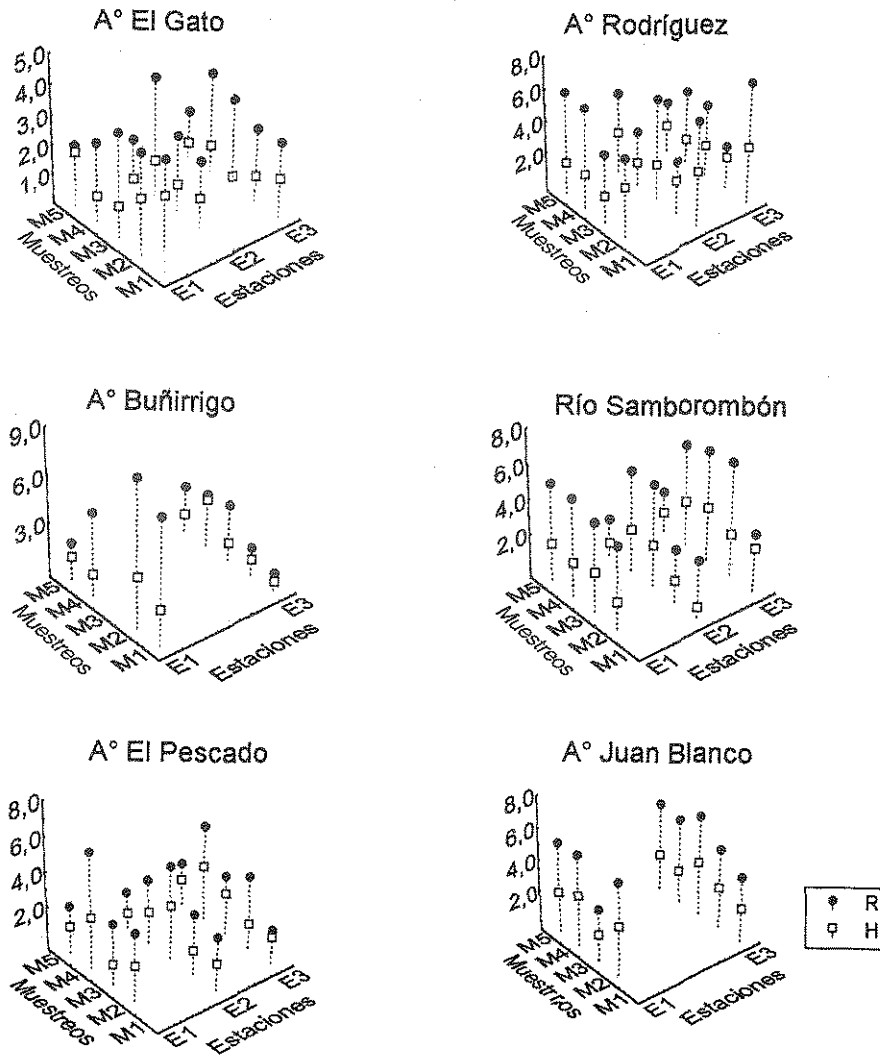


Fig. 3. Valores de los índices de riqueza (R) y diversidad (H) de los seis sistemas lóticos. E1 a E3: estaciones ubicadas desde las nacientes hacia las desembocaduras. M1 a M5: Muestrros estacionales realizados a partir de otoño de 1998.

DISCUSION

Dentro de las variables medidas *in situ* y las determinadas en el laboratorio, la concentración de oxígeno disuelto y de nutrientes fueron indicadores de impacto antrópico en todos los sistemas estudiados. En el A° Juan Blanco se registraron las concentraciones de nutrientes más bajas de los seis sistemas estudiados, pudiendo ser considerado como un sistema lótico poco impactado por la actividad antrópica, dado que se encuentra en una reserva natural y en su

cuenca se realizan solamente prácticas agro-ganaderas.

Los arroyos Rodríguez y El Gato presentaron altas concentraciones de nutrientes a partir de las E2, ubicadas aguas abajo de varias industrias, aumentando en algunos casos hacia las E3 y superando notablemente los límites para la protección de la vida acuática (AGOSBA-OSN-SIHN, 1994).

En todas las E2 y E3 de los arroyos Rodríguez, El Gato y en ocasiones, en la E3 del A° Buñirriego las concentraciones de oxígeno no su-

peraron los límites para la protección de la vida acuática citados por AGOSBA-OSN-SIHN (1994).

El arroyo El Pescado presentó altas concentraciones de nutrientes desde la E2 disminuyendo o aumentando de forma variable hacia la E3. En la E3 del A° Buñirrigó se produce un aumento de las concentraciones de los iones  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  y de todos los nutrientes junto con una disminución de la concentración de oxígeno disuelto. Este efecto podría atribuirse al impacto producido por varias industrias que descargan sus efluentes en este arroyo.

Las concentraciones de todos los nutrientes en el río Samborombón aumentaron desde la E1 hacia la E2, y disminuyeron en la E3. La E2 posee una carga importante de nutrientes, principalmente proveniente de la actividad agro-ganadera.

Las algas de la Clase Cyanophyceae fueron dominantes en los seis sistemas lóticos estudiados. La relativamente alta densidad de esta clase algal estaría determinada por el aporte de material proveniente del bentos y perifiton, sobre todo en las secciones de los arroyos de escasa profundidad, así como también por el bajo coeficiente NI:PRS de estos sistemas (media del período estudiado: 7,5). Aunque Schindler (1978) planteó originalmente estas relaciones teóricas para el N y P totales de sistemas lóticos europeos y americanos, las calculadas en el presente estudio consideran el N y  $\text{PO}_4^-$  inorgánico disuelto, siendo éstas las formas biológicamente asimilables por el fitoplancton.

Las algas de la Clase Cyanophyceae en general fueron más abundantes durante el muestreo de primavera (M3). Este patrón estacional fue observado en otros ríos de la Argentina (Zalocar & Vallejos, 1982; Solari & Claps, 1996; Mercado & Gómez, 2000), lo cual está relacionado con el aumento de la temperatura del agua, que favorece el desarrollo de estas algas (Patrick, 1974; Lamberti & Resh, 1985; Tilman et al., 1986). La densidad de las cianofitas se correlacionó positivamente con la transparencia, lo cual concuerda con los comentarios de Paerl (1988) quien afirma que la limitación de luz causa estrés en las cianobacterias.

En los sistemas lóticos estudiados, la escasa corriente y el carácter semipermanente de algunos tramos impone al fitoplancton características similares a la de los ambientes lóticos someros, con excepción a las estaciones E2 y E3 del río Samborombón. Es importante destacar la presencia del género *Phormidium* en los seis sistemas; muchas especies de este género son fitoplanctónicas, encontrándose ocasionalmen-

te en el fitoplancton de ambientes acuáticos, ya que la mayoría son perifíticas o viven en suelos húmedos. Whitton (1975) advierte la estrecha relación que existe entre el fitoplancton, fitobentos y perifiton de sistemas lóticos, sobre todo en aquellos tramos de poca profundidad. Al respecto, se puede mencionar también la presencia de ciertas diatomeas bentónicas y epipélicas como *Nitzschia palea*, *Nitzschia umbonata*, *Gomphonema parvulum*, *Cocconeis placentula*, *Navicula pupula* y *N. cryptocephala*.

En los ecosistemas lóticos existen una serie de factores (radiación fotosintéticamente activa, velocidad de la corriente, disponibilidad de nutrientes) que interactúan con las poblaciones, creando un gradiente en su distribución (Margalef, 1960). No obstante, el impacto antropogénico dificulta la evaluación de la relación entre las variables ambientales y la distribución de los organismos. Por ejemplo, en los arroyos Rodríguez y El Gato, altamente impactados por la actividad humana (Mercado, 1999, 2000a, 2000b) se hallaron especies de diatomeas  $\alpha$ -mesosapróbicas (Sladeczek, 1973) tolerantes a la polución orgánica como *Nitzschia palea*, *N. umbonata*, *Gomphonema parvulum*, *Navicula cryptocephala*, en densidades cuyos máximos variaron entre 2,5 y 81,8 % del total de células. Este último valor se registró para *Nitzschia palea* en la E3 del arroyo Rodríguez, durante el verano (M4). También se encontraron especies de euglenofíceas  $\beta$ -mesosapróbicas como *Euglena acus*, *Strombomonas scabra* y clorofíceas como *Crucigeniella rectangularis* ( $\alpha$ - $\beta$ -mesosapróbica) o *Dictyosphaerium pulchellum* ( $\beta$ -mesosapróbica), cuyas densidades máximas variaron entre 5 y 14,1 % del total de células. Debido a que el arroyo J. Blanco se encuentra en una reserva natural de la UNESCO resulta el sistema menos impactado por la actividad antrópica (Mercado, 1999, 2000a, 2000b). A lo largo de todo este sistema se hallan especies oligosapróbicas como *Gomphonema clavatum*, *Fragillaria ulna* y otras presentes en ambientes de baja conductividad como *Pseudanabaena catenata* y *Nitzschia gracilis*, cuyas densidades máximas variaron entre 8,2 y 49,8 % del total de células.

Flagelados de diferentes clases algales resultaron numerosos durante el invierno (M2) y el verano (M4) en las nacientes de los arroyos estudiados, principalmente euglenofíceas y en menor densidad crisofíceas, criptofíceas o haptofíceas, lo cual estaría relacionado con la baja velocidad de corriente, la menor concentración de nutrientes y la conductividad. Las algas de las clases Chrysophyceae, Cryptophyceae y



Haptophyceae se encuentran en menores densidades debido a que no se desarrollan en ambientes con concentraciones elevadas de nutrientes. Sandgren (1988) y Schindler & Fee (1974) observaron que existía una relación negativa entre la concentración de estos últimos y la densidad de crisofíceas y criptofíceas en sistemas lóticos templados. Con respecto a este último grupo de algas, otros autores hallaron una correlación positiva entre su densidad y la concentración de nutrientes en lagos de U.S.A. (Cottingham *et al.*, 1998; Huszar & Caraco, 1998).

En los sitios de muestreo de las desembocaduras de los arroyos El Pescado, Buñirriego y del río Samborombón se produce un aumento notable de la conductividad, respecto de las estaciones ubicadas en las nacientes. Este incremento se produce como consecuencia de la actividad antrópica desarrollada en sus márgenes y por la influencia del Río de la Plata, que produce un aumento de la fuerza iónica del agua debido a la presencia de gradientes de salinidad y movimientos de marea. Debido a este hecho en estos sitios de muestreo se registró un cambio en la composición específica, encontrándose especies cuya densidades se correlacionaron positivamente con la conductividad como *Aulacoseira granulata*, *Melosira varians* y *Dictyosphaerium ehrenbergianum* y en el caso del río Samborombón taxa marinos como *Coscinodiscus oculus-iridis* y *Actinoptychus sp.* citados en el Río de la Plata por Gómez & Bauer (1998).

De acuerdo a la densidad total de células, los sistemas lóticos analizados se encuentran según Margalef (1983) dentro del tipo eutrófico. Los bajos valores hallados en las estaciones cercanas a las desembocaduras pueden deberse al aumento de sólidos suspendidos que reducen la penetración de la radiación solar y disminuyen la densidad algal, tal como ocurre en el río Samborombón.

El análisis de los índices R y H no mostró un patrón definido en los sitios de muestreo de los sistemas lóticos estudiados. En otoño e invierno (M2, M5) se determinó un incremento de los índices R y H en las E1 y E3, en tanto que en las E2, sometidas a la influencia de diferentes tipos de descargas, se observó una disminución de dichos índices. Los disturbios frecuentes e intensos debido a las descargas de efluentes industriales, residuos domiciliarios y al lavado de suelos cultivados, producirían una disminución de la diversidad, con la presencia de pocas especies pioneras r-estrategas según la terminología de Sommer (1981). En las E2 de los arroyos Rodríguez, El Gato, El Pescado y del río

Tabla 3. Número de taxa algales (totales y de cada Clase) presentes en los seis sistemas lóticos

	Rodríguez	Gato	Buñirriego	Pescado	Blanco	Samborombón
Taxa totales	105	66	101	80	75	118
Bacillariophyceae	29	19	51	24	32	50
Chlorophyceae	27	12	13	23	16	29
Cyanophyceae	9	13	9	8	4	23
Euglenophyceae	35	18	18	22	18	14
Chrysophyceae	3	2	5	1	2	1
Cryptophyceae	1	1	2	1	2	1
Haptophyceae	1	1	1	-	1	-
Dinophyceae	-	-	1	1	-	-
Xantophyceae	-	-	1	-	-	-

Samborombón, durante la primavera y el verano (M3, M4), aumentan los valores de los índices R y H. Estos dos muestreos coincidieron con períodos de lluvias, lo cual determinó la dilución de los nutrientes que se encontraban en concentraciones mayores durante los períodos de menores precipitaciones y de las sustancias tóxicas para las algas, posibilitando su mayor desarrollo y la coexistencia de especies r- y k-estrategas.

Los nutrientes son frecuentemente utilizados como indicadores de calidad del agua dado que representan las variables químicas más influenciadas por las actividades humanas (Stumm & Baccini, 1983). Si bien en este estudio los índices R y H fueron también usados como criterio de calidad del agua, como lo señala Margalef (1969), los valores de éstos no se correlacionaron con las concentraciones de nutrientes de dichos sistemas lóticos. Whitton & Kelly (1995) en coincidencia con Archibald (1972), Green & Vascotto (1978) y Lobo *et al.* (1995) señalan que estos índices podrían ser usados para complementar otra información debido a que la relación entre valores mayores de diversidad o riqueza y buena calidad de las aguas no siempre es válida, pudiéndose presentar casos con diversidades mayores en los sitios de muestreo moderadamente poluidos con respecto a los sitios no contaminados. Esto coincide con la hipótesis de Connell (1978), quien menciona que las diversidades más altas son mantenidas en situaciones de disturbios intermedios, y la riqueza específica tiende también a ser más alta en un rango intermedio de contaminación del agua.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación forma parte de mi tesis doctoral y se efectuó durante mi período de becaria de perfeccionamiento del CONICET (1997-1998). Debo agradecer a N. Gómez y, muy especialmente, a M. Teresa Wenzel y Visitación Conforti (F.C.E. y N., U.B.A) el asesoramiento brindado en las determinaciones de las algas estudiadas y a mi director de beca, el Dr. C. Bonetto, cuyos proyectos incluidos en los PIP 4173/96 y PICT 0044/97 CONICET financiaron parcialmente esta investigación, junto con el PIP 0269/97 CONICET.

## BIBLIOGRAFIA

- AGOSBA-OSN-SIHN. 1994. Río de la Plata: *Calidad de aguas de la Franja Costera Sur (San Isidro - Magdalena)*. Informe de avance, 167 pp.
- Alberghina, J. & C. Loez. 1991. Sobre algunas algas de ríos contaminados de la Provincia de Buenos Aires (Argentina). *Bol. Soc. Argent. Bot.* 27 (1-2): 73-79.
- Anagnostidis, K. & J. Komarek, 1985. Modern approach to the classification system of cyanophytes 1-Introduction. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 71,1-2 (*Algological Studies* 38/39): 291-302.
- 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3- Oscillatoriales. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 80, 1-4 (*Algological Studies* 50-53): 327-472.
- APHA, 1985. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Assoc., New York, 1134 pp.
- Archibald, R. E. M. 1972. Diversity in some South African diatom association and its relation to water quality. *Water Res.* 6: 1229-1238.
- Barber, H. G. & E. J. Haworth. 1981. A guide to the morphology of the diatom frustule with a key to the British Freshwater genus. *Freshwater Biol. Assoc. Sc.* 44.
- Conforti, V., J. Alberghina & E. G. Urda. 1995. Structural changes and dynamics of the phytoplankton along a highly polluted lowland river of Argentina. *J. Aquat. Ecosys. Health* 5: 59-75.
- Connell, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199: 1302-1310.
- Cottingham, K. L., S. R. Carpenter & A. L. St. Amand. 1998. Responses of epilimnetic phytoplankton to experimental nutrient enrichment in three small seepage lakes. *J. Plankton Res.* 20 (10): 1889-1914.
- del Giorgio, P. A., A. L. Vinocur, R. J. Lombardo & G. Tell. 1991. Progressive changes in the structure and dynamics of the phytoplankton community along a pollution gradient in a lowland river- a multivariate approach. *Hydrobiologia* 224: 129-154.
- Desikachary, T.V. 1959. *Cyanophyta*. Ind. Coun. Agric. Reser., New Delhi, 686 pp.
- Geitler, L. 1932. Cyanophyceae. En: *Rabenhorst's Kryptogamen-Flora, von Deutschland, Osterreich und der Schweiz*, Leipzig, 712 pp.
- Gómez, M. & D. Bauer. 1998. Coast phytoplankton of the "Río de la Plata" river and its relation with the pollution. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 1032-1036.
- Green, R. H. & G. L. Vascotto. 1978. A method for the analysis of environmental factors controlling patterns of species composition in aquatic communities. *Wat. Res.* 12: 583-590.
- Huber-Pestalozzi, G. 1955. Die Binnengewässer. *Das Phytoplankton des Süßwassers* 16 (4). Stuttgart, 1135 pp.
- Hustedt, F. 1930. Bacillariophyta (Diatomae). In: Pascher, A. (ed.), *Die Süßwasserflora des Mitteleuropas*, 10: 1-466, G. Fischer, Jena.
- Huszar, V.L. & N.F. Caraco. 1998. The relationship between phytoplankton composition and physical-chemical variables: a comparison of taxonomic and morphological-functional descriptors in six temperate lakes. *Freshwater Biology* 40: 679-696.
- Izaguirre, I. & A. Vinocur. 1994. Typology of shallow lakes of the Salado River basin (Argentina), based on phytoplankton communities. *Hydrobiologia* 277: 49-62.
- Komárek, J. & B. Fott. 1983. Chlorophyceae, Chlorococcales. En G. Huber-Pestalozzi (ed) *Das Phytoplankton des Süßwassers, Die Binnengewässer*, 16 (5). E. Schweizerbart'sche Verlagbuchhandlung, Stuttgart: 1044 pp.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot. 1986. Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. -In H. Ettl et al. (eds), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. G. Fisher Verlag, Jena, 876 pp.
- 1988. Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. En: H. Ettl et al. (eds), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. G. Fisher Verlag, Jena, 576 pp.
- 1991a. Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. En: H. Ettl et al. (eds), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. G. Fisher Verlag, Stuttgart, 576 pp.
- 1991b. Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolata) und Gomphonema. En: H. Ettl et al. (eds), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. G. Fisher Verlag, Jena, 576 pp.
- Lamberti, G. A. & V. Resh. 1985. Distribution of benthic algae and macroinvertebrates along a thermal stream gradient. *Hydrobiologia* 128: 13-21.
- Lobo, E. A., K. Katgh & Y. Aruga. 1995. Responses of epilithic diatom assemblages to water pollution in rivers in the Tokyo Metropolitan area, Japan. *Freshwater Biology* 34: 191-204.
- Loez, C. & A. Salibián. 1990. Première donées sur le phytoplankton et les caractéristiques physico-chimiques du Río Reconquista (Buenos Aires, Argentine): une rivière urbaine polluée. *Rev. Hydrobiol. Suppl.* 50: 145-207.
- Mackereth, F., J. Heron & J. Talling. 1978. *Water analysis: some revised methods for limnologists*. Freshw. Biol. Assoc., Sc. Publ., 120 pp.
- Macluf, C. C., M. C. Claps & L. C. Solari. 1998. Plankton of an undisturbed plain's stream (Buenos Aires, Argentina). *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 1057-1061.
- Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. *General systematics* 3: 36-71.

- 1960. Ideas for a synthetic approach to the ecology of running waters. *Int. Review ges. Hydrobiol.* 45: 133-153.
- 1969. El concepto de la polución en la limnología y sus indicadores biológicos. *Agua* 7: 103-133.
- 1983. Ecología. *Omega*, Barcelona, 951 pp.
- Mercado, L. 1999. Consideraciones acerca de la calidad de las aguas de seis sistemas lóticos pampásicos de la Provincia de Buenos Aires (Argentina). *Aprona XIII* 38: 10-16.
- 2000 a. Evaluación de la calidad de las aguas de seis sistemas lóticos pampásicos mediante el estudio de variables físicas y químicas. *Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat., n.s.* 2 (1): 27-35.
- 2000 b. Nutrientes y macroiones de seis sistemas lóticos pampásicos. *Anales del XVIII Congreso Nacional del Agua*, Santiago del Estero, 6 pp.
- Mercado, L. & N. Gómez. 1998. Estudio de la calidad del agua del río Samborombón (Provincia de Buenos Aires) a partir del fitoplancton y variables físico-químicas. *Anales del XVII Congreso Nacional del Agua y II Simposio de Recursos Hídricos del Conosur* 5: 344-351, Santa Fe, Argentina, 613 pp.
- Mercado, L. & M. Gómez. 2000. A structural analysis of the phytoplankton of the Paraná de las Palmas river (lower Paraná). *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 115/4: 453-471.
- O'Farrell, I. 1993. Phytoplankton ecology and limnology of the Salado River (Buenos Aires, Argentina). *Hydrobiologia* 271: 169-178.
- O'Farrell, I., I. Izaguirre & A. Vinocur. 1996. Phytoplankton ecology of the Lower Paraná River (Argentina). *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 115. Large Rivers (1): 75-89.
- O'Farrell, I., A. Vinocur & R. J. Lombardo. 1998. Cross-channel and vertical variation in diversity and abundance of phytoplankton in the Lower Paraná river, Argentina. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 115/2: 103-123.
- Paerl, H. W. 1988. Growth and reproductive strategies of freshwater blue-green algae (Cyanobacteria). En: Sandgren, C.D. (ed.), *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. Cambridge University Press, New York, pp. 261-315.
- Patrick, R. 1974. Effects of abnormal temperatures on algal communities. En: J.W. Gibbons & R.R. Sharitz (eds.) *Thermal Ecology*, AEC Symposium Series, Augusta, Ga., May 3-5, 1973, CONF-730505, NTIS, 350-355.
- Patrick, R. & C.W. Reimer. 1966. The diatoms of the United States. Vol. I. Fragillariaceae, Eunotiaceae, Achnantheaceae, Naviculaceae. *Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 688 pp.
- 1975. The diatoms of the United States. Vol. II, Part 1. Entomoneidaceae, Cymbellaceae, Gomphonemaceae, Epithemiaceae. *Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 213 pp.
- Pielou, E. C. 1977. *Mathematical Ecology*. Wiley, New York, 160 pp.
- Sandgren, C. D. 1988. The ecology of Chrysophyte flagellates: their growth and perennation strategies as freshwater phytoplankton. En: Sandgren, C.D. (ed.) *Growth and survival strategies of freshwater phytoplankton*, pp. 9-104. Cambridge University Press, Cambridge.
- Schindler, D. W. 1978. Factors regulating phytoplankton production and standing crop in the world's freshwaters. *Limnol. and Oceanogr.* 23: 478-486.
- Schindler, D. W. & E. J. Fee. 1974. Experimental lakes area: whole-lake experiments in eutrophication. *J. Fish. Res. Board Can.* 31: 937-953.
- Shannon, C. E. & W. Weaver. 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. Univ. Illinois Press, Urbana, 125 pp.
- Sladeczek, V. 1973. System of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol.* 7: 1-218.
- Sokal, R. & F. Rohlf. 1980. *Introducción a la bioestadística*. Reverté. Barcelona. 362 pp.
- Solari, L. 1995. Structure and dynamics of phytoplankton of the river Samborombón (Buenos Aires, Argentina). *Acta Hydrobiol.* 37 (4): 231-241.
- Solari, L. & M. C. Claps. 1996. Planktonic and benthic algae of a pampean river (Argentina): comparative analysis. *Ann. Limnol.* 32 (2): 89-95.
- Sommer, U. 1981. The role of r- and k-selection in the succession of phytoplankton in Lake Constance. *Acta Oecol.* 2: 327-342.
- Starmach, K. 1966. *Flora Slodkowodna Polski. Tomo II. Cyano-glaucophyta*. Polska Akademia Nauk. Warszawa, 802 pp.
- Strickland, J. & T. Parsons. 1968. *A practical handbook for seawater analysis*. Bull 167, J. Fish. Bd. Can, Ottawa, 311 pp.
- Stumm, W. & P. Baccini. 1983. Man-made chemical perturbations of lakes. En A. Lerman (ed.): *Lakes, chemistry, geology, physics*. Springer-Verlag, New York 91-126 pp.
- Tangorra, M., L. Mercado, A. Rodrigues Capítulo & N. Gómez. 1998. Evaluación de la calidad ecológica del arroyo El Gato a partir del estudio del bentos, fitoplancton y variables físico-químicas. En: *Anales del XVII Congreso Nacional del Agua y II Simposio de Recursos Hídricos del Conosur* 5: 212-220, Santa Fe, Argentina, 613 pp.
- Tell, G. & V. Conforti, 1986. Euglenophyta pigmentadas de la Argentina. *Bibliotheca Phycologica* 75, Berlin-Stuttgart, 301 pp.
- Tilman, D., R. Kiesling, R. Sterner, S. S. Kilham & F.A. Johnson. 1986. Green, blue-green and diatom algae: taxonomic differences in competitive ability for phosphorus, silicon and nitrogen. *Arch. Hydrobiol.* 106: 473-485.
- Utermöhl, H. 1958. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton methodik. *Mitt. Int. Ver. Limnol.* 9: 1-38. 120pp.
- Whitton, B. A. 1975. *River Ecology*. Blackwell Scientific Publication, Oxford, 711 pp.
- Whitton, B.A. & M.G. Kelly. 1995. Use of algae and other plants for monitoring rivers. *Aust. J. Ecol.* 20: 45-56.
- Zalocar de Domitrovic, & R. Vallejos. 1982. Fitoplancton del río Alto Paraná, variación estacional y distribución en relación a factores ambientales. *Ecosur* 9 (17): 1-28.