

# Fitoplancton y calidad bacteriológica en cuerpos de agua someros del Parque Nacional río Pilcomayo (Formosa, Argentina)

García de Emiliani, María O.; Emiliani, Federico; Devercelli, Melina

Instituto Nacional de Limnología. José Maciá 1933, (3016) - Santo Tomé (Santa Fe), Argentina, Telefax: 54-342-4750394, E-mail: inali@arcrilde.edu.ar

**RESUMEN:** Se analizaron comparativamente varios aspectos de la comunidad fitoplanctónica en distintos sitios de cuerpos de agua subtropicales (25° 03'S y 58° 08'W): laguna Blanca (marzo y mayo/1999), esteros y un jagüel (mayo/1999). Los esteros, en comparación con la laguna y el jagüel, tuvieron mayor riqueza específica (87 vs 55) y más amplios rangos de variación en la densidad del fitoplancton (290-5435 vs 1477-2531 org.ml<sup>-1</sup>), diversidad específica (2,61-4,04 vs 2,31-3,81bits) y equitatividad (56-83 vs 59-77%). Los cambios en la dominancia del fitoplancton, de R- a C- estrategias (en la laguna: Bacillariophyceae céntricas a Cyanophyceae crococcales, de marzo a mayo; en los esteros: Cryptophyceae a Chlorophyceae clorococcales y volvocales, de sitios con alto a bajo desarrollo de macrófitas), fueron principalmente explicados por las propiedades físicas de los ambientes.

Las concentraciones bacterianas mostraron que la calidad del agua en la zona de balneario de la laguna es adecuada para ese uso y, la del jagüel no es aconsejable para consumo.

Palabras claves: Fitoplancton - Bacterias - Formosa - Argentina

**SUMMARY:** Phytoplankton and bacteriological quality in shallow water bodies of the national park Pilcomayo river (Formosa, Argentina). García de Emiliani, María O.; Emiliani, Federico; Devercelli, Melina.

Several aspects of phytoplankton community were analyzed comparatively in different sites of subtropical water bodies (25° 03'S and 58° 08'W): Blanca pond (March and May 1999), swamps and a pool (May 1999). Swamps, in comparison with pond and pool, had higher species richness (87 vs.55) and wider ranges of variation in phytoplankton density (290-5435 vs 1477-2531 org.ml<sup>-1</sup>), species diversity (2.61-4.04 vs 2.31-3.81bits), and evenness (56-83 vs 59-77%). Changes in phytoplankton dominance, from R- to C-strategists (in the pond: centric Bacillariophyceae to chroococcal Cyanophyceae, from March to May; in swamps: Cryptophyceae to chlorococcal and volvocal Chlorophyceae, from sites with high- to low-development of macrophytes), were mainly explained by physical properties of the environments.

Bacterial concentrations showed that water quality of the pond is adequate for its recreational use. It is not advisable to use water from the pool as drinking water.

Key words: Phytoplankton - Bacteria - Formosa - Argentina.

## Introducción

El Parque Nacional río Pilcomayo es una de las áreas de reserva natural más importante de la región Chaco Oriental. Esta extensa planicie subtropical del NE argentino se caracteriza por los numerosos cursos de agua (ríos, riachos, arroyos) autóctonos que la surcan en dirección NW-SE, paralela a los dos únicos ríos alóctonos: Pilcomayo y Bermejo. En las extensas y ligeras concavidades de la planicie adquieren importancia las aguas lénticas, representadas por un gran número de bañados y esteros, así como unas pocas lagunas, diferenciadas básicamente por el tiempo de residencia del agua. Además, los ambientes acuáticos están sujetos a una alta variabilidad hidrológica - por la estacionalidad de las precipitaciones pluviales locales (máximo: marzo-abril:

mínimo: agosto) y por el ingreso de agua procedente de los ríos Paraná y Paraguay - que provoca la pérdida temporal de su individualidad: ríos de aguas quietas y esteros desecados o conexiones entre ríos y con aguas lénticas que fluyen lentamente (1,2).

El Parque Nacional río Pilcomayo (25° 03' S y 58° 08' W), situado al NE de la provincia de Formosa, ocupa una superficie de 51.000 ha en las que alberga a las unidades más conspicuas del Chaco Oriental: palmares, bosques fluviales, cursos de aguas, bañados, esteros y lagunas. Fue designado como uno de los primeros humedales argentinos de importancia internacional (sitio Ramsar), a los efectos de promover su conservación y uso racional. Si bien existe información sobre la alta diversidad de varios grupos de vertebrados (3), la biota acuática es escasa-

mente conocida, como también la calidad bacteriológica de estos ambientes.

Los antecedentes sobre el fitoplancton lenítico se restringen a ambientes de la región chaqueña oriental, situados al S del Parque Nacional y próximos al eje potámico Paraguay-Paraná: esteros (4), lagunas, madrejones o bañados distribuidos al S de la confluencia de ambos ríos (5,6,7,8). Si bien la información disponible es escasa, los esteros se diferenciarían de las lagunas por la menor densidad y mayor riqueza, especialmente debida a Euglenophyceae, Bacillariophyceae pennales y Zygothryxaceae, típicas de ambientes vegetados. En las lagunas, las variaciones en la densidad y en la dominancia (Bacillariophyceae centrales, Cryptophyceae, Chlorophyceae clorococales y Euglenophyceae) se relacionan con el régimen hidrológico de los ríos Paraná y Paraguay y, en segundo lugar, con el tipo y grado de cobertura de la macrofitia. La densidad del fitoplancton total y la riqueza específica aumentarían en las áreas marginales vegetadas con respecto a las zonas libres de macrófitas, aunque en ambientes densamente vegetados la relación entre la densidad del fitoplancton y el porcentaje de cobertura sería inversa.

El presente trabajo forma parte de un estudio limnológico de cuerpos de agua naturales y artificiales del Parque Nacional río Pilcomayo (laguna Blanca, esteros y jagüeles).

No existen antecedentes sobre la calidad bacteriológica de los ambientes mencionados. Las aguas de la laguna Blanca, en la zona cercana a la conocida como "El mangrullo", son utilizadas como balneario por gente del lugar y por turistas. También se utilizan como fuente de provisión de agua para potabilizar. Para esto último, el agua se extrae y deposita en un jagüel (construido en las cercanías del destacamento de guardaparques y conocido en el lugar como "balo", "cava", "laguna artificial", etc.), naturalmente alimentado por agua subterránea, al que se le incorporaron macrófitas acuáticas flotantes (*Eichhornia* sp.), con el propósito de mejorar la calidad bacteriológica original. Además, el agua de otros ambientes de la zona (vegetados o no) es bebida por los guardaparques durante excursiones en las que agotan su provista de agua potable.

El objetivo de esta contribución es analizar varios aspectos de la organización estructural de la comunidad (composición, densidad, estructura a nivel de Clases taxonómicas, estrategias de las aso-

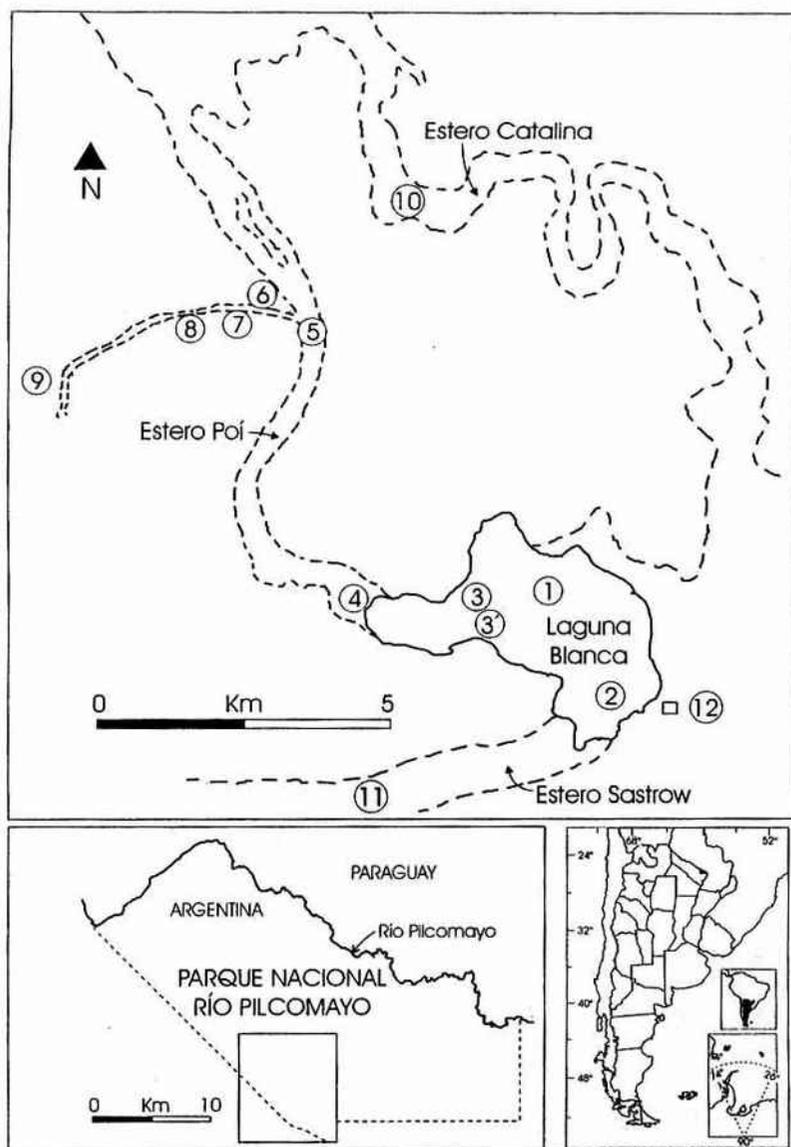
ciaciones de especies dominantes, diversidad y equitatividad) en los cuerpos de agua mencionados, estableciendo diferencias entre ellos, en relación con las características ambientales y con estudios previos en el NE argentino.

Además, teniendo en cuenta los usos mencionados, el propósito de este trabajo es analizar la calidad bacteriológica del agua de los ambientes seleccionados a los efectos de establecer: si la laguna Blanca es adecuada como balneario; si el proceso de retención e incorporación de macrófitas acuáticas al jagüel es eficaz y si existen diferencias bacteriológicas entre sitios debidas a la presencia de vegetación.

## Material y métodos

Los muestreos de fitoplancton se efectuaron en marzo y mayo 1999 en la laguna Blanca y en la última fecha en los restantes ambientes. Los destinados al análisis bacteriológico se realizaron en mayo. En la laguna Blanca se ubicaron 4 sitios de muestreo (fig.1) en mayo, de los cuales sólo el sitio 3' se aproximó al área de denso desarrollo marginal de macrófitas flotantes libres (*Eichhornia* sp.); en marzo sólo se estudiaron los sitios 1 y 3. Además, en mayo, se efectuaron muestreos en 7 sitios de esteros (sitios 4-8 del estero Poí; 10, estero Catalina y 11, estero Sastraw) y en la laguna artificial (jagüel o cava: sitio 12), alimentada con agua de la laguna. Los esteros, caracterizados por la presencia de vegetación palustre, se diferenciaron por el grado de cobertura (mayor en los sitios 5, 10 y 11), así como por el desarrollo de macrófitas flotantes libres: *Pistia* sp. (sitio 6), *Azolla* sp. (sitio 8) e *Eichhornia* sp., en los restantes sitios, diferenciándose el sitio 7 del estero Poí por su escasa cobertura vegetal.

En el agua superficial de cada sitio se midió: profundidad y transparencia (disco de Secchi), así como temperatura, pH, conductividad y oxígeno disuelto (equipo multiparámetro marca HORIBA). Se extrajeron muestras de agua en recipientes plásticos de 5 litros para la determinación de la composición iónica y la demanda química de oxígeno. Una parte de cada muestra (0,5 - 1 l) se filtró en el lugar a través de filtros de fibra de vidrio Whatman GF/F, los que se mantuvieron en freezer hasta la determinación de los pigmentos en extractos acetónicos. La metodología de conservación y análisis químicos de



**Figura 1:** Mapa de la zona estudiada del Parque Nacional Río Pilcomayo, que ofrece la localización de los sitios de muestreo y su situación geográfica en Argentina.

las muestras fue la señalada en el *Standard Methods* (9).

En todos los sitios se extrajeron muestras sub-superficiales para la estimación de la densidad del fitoplancton, las que se preservaron con solución ácida de Lugol. Se sedimentó un volumen variable (10-20 ml, de acuerdo con la concentración de seston) en cámaras desmontables y se efectuó el recuento bajo microscopio invertido (10), siguiendo la técnica detallada por García de Emiliani (11). Los recuentos de los sitios 8 y 10 no se pudieron realizar por la alta concentración sestónica y la pérdida de la muestra, respectivamente. Además, se obtuvieron muestras concentradas con red de 25 mm de abertura de malla, fijadas con formol, con el propósito de efectuar un análisis exhaustivo de la composición de la comunidad.

La diversidad específica (H) y la equitatividad se calcularon de acuerdo con los índices de Shannon-Weaver (12) y Pielou (13), respectivamente.

El análisis de las asociaciones de especies dominantes, de acuerdo con sus estrategias primarias (C-, S-, R- especies), se efectuó siguiendo las definiciones, terminologías y categorías establecidas por Reynolds (14).

Desde el punto de vista bacteriológico, y de acuerdo con Emiliani *et al.* (15), el muestreo de mayo se realizó en "condiciones estables del sistema"; es decir, alejado de lluvias (> 15 días sin precipitaciones pluviales) y fuera de la época de inundaciones.

El recuento de *Escherichia coli* y coliformes termotolerantes se realizó según la técnica detallada en el trabajo de Emiliani y Lajmanovich (16), empleando placas Petrifilm™ *Escherichia coli*™ (PEC) (3M Company., St. Paul, MN) y realizando lecturas a las 24 y 48 hs, a 44,5 °C. El medio de cultivo incluido en las placas PEC es conocido bajo el nombre de "Violet Red Bile", cuya composición se encuentra especificada en Christen *et al.* (17). Contiene peptona como fuente de carbono, nitrógeno, vitaminas y minerales; el extracto de levadura provee el complejo vitamínico B que estimula el desarrollo bacteriano. Las sales biliares y el cristal violeta inhiben las bacterias Gram positivas. Las citadas placas contienen, además, el sustrato cromogénico BCIG (5-bromol-4-cloro-3-indolyl- $\beta$ -glucuronido) para detectar la actividad de la enzima  $\beta$ -glucuronidasa, que produce un precipitado azul oscuro. Las colonias desarrolladas en las mismas se consideran como *E. coli* a las azules con gas, y como coliformes termotolerantes

a las colonias rojas con gas. Se consideraron como no coliformes a las rojas sin gas. Estas últimas generalmente son bacterias Gram negativas no fermentadoras de lactosa (18).

Para estimar la concentración de bacterias hipertróficas mesófilas, según la clasificación ecológica de Emiliani (19), se utilizaron placas Petrifilm™ Aerobic Count Plate (PAC). El medio de cultivo incluido en las mismas es conocido bajo diferentes nombres alternativos ("Standard Methods Agar", "Tryptose Glucose Yeast Agar", etc.), pero es más conocido como "Plate Count Agar" y su composición se encuentra especificada en el *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (9). Las placas PAC contienen, además, tetrazolio para facilitar la enumeración de las colonias. En las placas PEC y PAC, el agar es reemplazado por un agente gelificante en frío (de naturaleza no especificada por los fabricantes). Las incubaciones se realizaron durante 48 hs a 35°C y las siembras, según detalles publicados (20,21).

## Resultados y discusión

### 1. Características físicas y químicas

Todos los ambientes estudiados se caracterizaron por su escasa profundidad, especialmente los sitios 5-8 del estero Poí (fig.2), y suave pendiente, diferenciándose la laguna (con igual profundidad en marzo y mayo) por su extenso espejo de agua, expuesto a la acción del viento y de los rayos solares. Por ello, la temperatura del agua fue mayor en la laguna (aproximadamente 24 °C, en mayo y 28 °C en marzo) que en los esteros protegidos por vegetación arbórea (17,5-22°C), excepto el sitio 4 donde la temperatura fue similar a la de la laguna.

La transparencia del agua (fig.2) aumentó ligeramente desde el centro de la laguna hacia las márgenes y fue mayor en mayo que en marzo (38 cm y 32cm, en los sitios 1 y 3, respectivamente). Los esteros se caracterizaron por la mayor transparencia del agua, excepto el Sastrow y los sitios 6 y 8 del estero Poí, con abundante materia orgánica en suspensión. En los sitios 5 y 7 del estero Poí, la lectura del disco de Secchi coincide con el fondo, si bien la profundidad es escasa.

El pH y la conductividad (fig.2) constituyen otra característica diferencial entre los ambientes. En la laguna, ambas variables tuvieron una tendencia li-

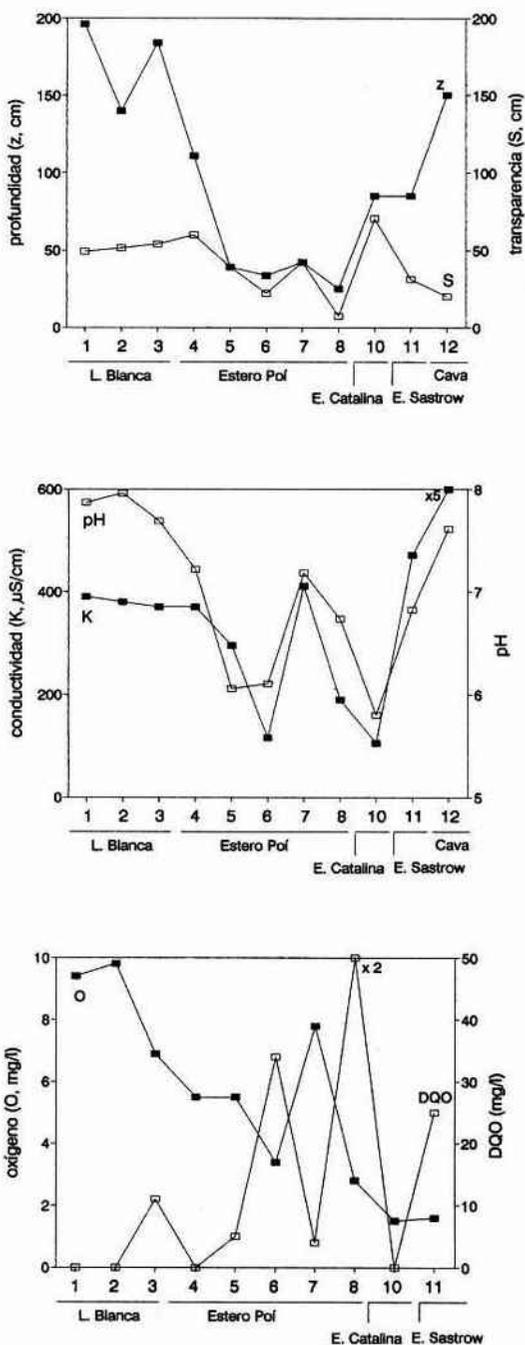


Figura 2: Variación de la profundidad (z), transparencia (S), pH, conductividad (K), oxígeno (O) y demanda química de oxígeno (DQO) en el agua superficial de los sitios de muestreo.

geramente decreciente desde el centro hacia las márgenes, con valores de pH superiores al punto neutro y conductividad próxima a 400  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . El agua de los esteros fue ligeramente ácida y con baja conductividad, excepto en los sitios 4 y 7 del estero Poí (con valores de ambos parámetros similares a los de la laguna) y en el estero Sastrow (con comparativamente alta conductividad). En la cava, la conductividad fue elevada (3000  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ).

La composición iónica del agua correspondió al tipo bicarbonatada-cálcica-magnésica en la zona central de la laguna y en el estero Poí, excepto el sitio 7. En este punto, así como en los restantes, se alteró la participación de los cationes (tipo bicarbonatada-magnésica-cálcica).

El contenido de oxígeno disuelto (fig.2) fue alto en la laguna y en el sitio 7 del estero Poí y bajo en los restantes sitios. La demanda química de oxígeno fue mayor en los sitios 6 y 8, más vegetados.

Comparando los datos de los esteros con los obtenidos en otros de la zona durante condiciones climáticas semejantes (22,23), se observan similares rangos de variación en la profundidad, temperatura, pH y oxígeno disuelto; pero mayor transparencia y conductividad (con menor contenido en sodio).

La laguna Blanca, si bien es alimentada principalmente por lluvias y secundariamente por inundación, presenta características físicas y químicas que quedan incluidas en los rangos de variación encontrados en lagunas de la ribera derecha del río Paraná, próximas a su confluencia con el río Paraguay, especialmente de aquellas con *Eichhornia* sp., moderado contenido salino y agua bicarbonatada-cálcica (o bicarbonatada cálcica- magnésica), en las que la

disminución de pH y aumento de la transparencia diferencia a las zonas vegetadas de las áreas libres de vegetación (5-7).

## 2. Composición del fitoplancton

Se registraron 181 especies (o taxa infraespecíficos) en la totalidad de las muestras analizadas (sedimentadas y de red), correspondiendo la mayor riqueza a las Clases Euglenophyceae (58), Bacillariophyceae (49) y Chlorophyceae (40). Durante la realización de los recuentos de muestras sedimentadas, se observó un menor número de especies (110), principalmente debido a la ausencia de especies esporádicas de Bacillariophyceae pennadas (34), Euglenophyceae (22) y Chlorophyceae clorococales (16). No obstante, las Clases mencionadas inicialmente continuaron siendo las mejor representadas: Euglenophyceae (36), Chlorophyceae (34) y Bacillariophyceae (15) (Tabla 1). La riqueza fue mayor en los esteros (87) que en la laguna (55) y en la cava (16). La baja riqueza en este último tipo de cuerpo de agua es, en parte, debida a que se analizó sólo una muestra. En cambio, la alta riqueza en los esteros en comparación con la laguna se explica por la mayor heterogeneidad ambiental y, posiblemente, por el aporte de algas asociadas a sustratos (Bacillariophyceae pennales) o abundantes entre las macrófitas (Euglenophyceae). No obstante, como muestra la Tabla 1, un alto porcentaje de especies se observó tanto en la laguna como en los esteros, principalmente debido a la similitud florística del sitio más litoral de la laguna y el sitio 4 del estero Poí, separados por un límite arbitrario, pero que poseen condiciones ambientales semejantes, como se discutió previamente.

**Tabla 1:** Lista de las especies de algas, seleccionadas por su densidad ( $>1 \text{ org}\cdot\text{ml}^{-1}$ ), en la laguna Blanca (L), los esteros (E) y la laguna artificial (A) del Parque Río Pilcomayo

	LEA		LEA
<i>Anabaena</i> sp.	+	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	+
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. & G.S.West	+	<i>Cyclotella</i> sp.	+
<i>Chroococcus minutus</i> (Kütz.) Näg.	+	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz.) Rabh.	+
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemm.	+	<i>Navicula</i> spp.	+
		<i>Nitzschia acicularis</i> W.Smith	+
CHLOROPHYCEAE		<i>N. amphibia</i> Grun.	+
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerh.	+	<i>N. tryblionella</i> Hantz.	+
<i>Chlamydomonas</i> spp.	+	<i>Pinnularia</i> sp.	+
<i>Chlorogonium gracile</i> Matv.	+	<i>Surirella guatemalensis</i> Ehr.	+
<i>Coelastrum microporum</i> Näg.	+	<i>Synedra</i> sp.	+

Tabla 1 (continuación)

	LEA		LEA
<i>Coenocystis micrococca</i> Kom.	+ +		
<i>Crucigenia quadrata</i> Morr.	+	CHRYSTOPHYCEAE	
<i>C. tetrapedia</i> (Kirchn.) W & G.S.West	+	<i>Dinobryon sociale</i> Ehr.	+
<i>Crucigeniella crucifera</i> (Wolle) Kom.	+	<i>Mallomonas akrokomos</i> Ruttner	+ +
<i>C. rectangularis</i> (Näg.) Kom.	+ +	<i>Mallomonas</i> spp.	+ +
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood.	+	<i>Ochromonas mutabilis</i> Klebs.	+
<i>Eutetramorus fottii</i> (Hind.) Kom.	+	<i>Synura</i> sp.	+
<i>E. tetrasporus</i> Kom.	+ +		
<i>Heleococcus</i> sp.	+	TRIBOPHYCEAE	
<i>Micractinium pusillum</i> Fres.	+	<i>Centritractus belenophorus</i> Lemm.	+
<i>Monoraphidium circinale</i> (Nyg.) Nyg.	+ + +	<i>Goniochloris mutica</i> (A. Braun) Fott	+ + +
<i>M. griffithii</i> (Berk.) Kom.-Legn.	+ +	<i>G. iyengarii</i> (Raman.) Ettl	+
<i>M. komarkovae</i> Nyg.	+ +		
<i>M. minutum</i> (Näg.) Kom.-Legn.	+ +	CRYPTOPHYCEAE	
<i>M. obtusum</i> (Kors.) Kom.-Legn.	+	<i>Chroomonas acuta</i> Uterm.	+ +
<i>M. tortile</i> (W & G.S.West) Kom.-Legn.	+ +	<i>C. brasiliensis</i> Castro, C. Bicudo y D. Bicudo	+ + +
<i>Nephrocystium perseverans</i> Printz	+	<i>Cryptomonas curvata</i> Ehr.	+
<i>Oocystis</i> spp.	+ +	<i>C. erosa</i> Ehr.	+ + +
<i>Pteromonas</i> sp.	+ +	<i>C. ovata</i> Ehr.	+ +
<i>Scenedesmus bicaudatus</i> Dedus	+	<i>C. pusilla</i> Bachm.	+ + +
<i>S. intermedius</i> Chod.	+	<i>Rhodomonas minuta</i> Skuja	+ +
<i>S. nanus</i> Chod.	+		
<i>S. obtusus</i> Meyen	+ +	DINOPHYCEAE	
<i>S. quadricauda</i> var. <i>parvus</i> G.M. Smith	+	<i>Peridinium</i> sp.	+
<i>Schroederia antillarum</i> Kom.	+ +		
<i>Spermatozopsis exsultans</i> Kors.	+ +	EUGLENOPHYCEAE	
<i>Tetrastrum elegans</i> Playf.	+ +	<i>Euglena acus</i> Ehr.	+ +
Volvocales no identificadas	+ + +	<i>E. ehrenbergii</i> var. <i>baculifer</i> (Thomp.) Gojdics	+
		<i>E. oxyuris</i> Schmarida	+
ULOTHRICOPHYCEAE		<i>E. gaumei</i> All. & Lef.	+
<i>Planctonema lauterbornii</i> Schmidle	+	<i>E. pusilla</i> Playf.	+
		<i>E. tripteris</i> (Duj.) Klebs	+
ZYGOPHYCEAE		<i>E. variabilis</i> Klebs	+ +
<i>Closterium</i> sp.	+	<i>E. viridis</i> Ehr.	+ +
		<i>Lepocinclis ovum</i> (Ehr.) Lemm.	+
BACILLARIOPHYCEAE		<i>L. ovata</i> var. <i>defflandriana</i> Conrad	+
<i>Aulacoseira alpigena</i> (Grunow) Krammer	+ +	<i>P. agilis</i> var. <i>inversa</i> Bourr.	+
<i>A. granulata</i> (Ehr.) Sim.	+ +	<i>P. bonettoi</i> Tell & Zalocar	+ +
<i>A. g.</i> var. <i>angustissima</i> (Müll.) Sim.	+	<i>P. brachycentron</i> Pochm.	+ +
<i>A. italica</i> (Ehr.) Sim.	+ +	<i>P. caudatus</i> Hübn.	+
EUGLENOPHYCEAE			
<i>Phacus curvicauda</i> Swir.	+	<i>T. crebea</i> Kell.	+
<i>P. oscillans</i> Klebs	+ +	<i>T. curta</i> var. <i>curta</i> da Cunha	+
<i>P. platealea</i> var. <i>major</i> Pouques	+	<i>T. dastuguei</i> Balech	+
<i>P. polytrophos</i> Pochm.	+	<i>T. lefevrei</i> Defl.	+
<i>P. pseudonorstedtii</i> Pochm.	+ +	<i>T. pusilla</i> Playf.	+
<i>Strombomonas ovalis</i> (Playf.) Defl.	+	<i>T. rugulosa</i> fa. <i>paralella</i> Tell & Zalocar	+
<i>S. rotunda</i> (Playf.) Defl.	+	<i>T. verrucosa</i> Stokes	+
<i>S. scabra</i> var. <i>scabra</i> (Playf.) Tell & Conf.	+	<i>T. volvocina</i> Ehr.	+ +
<i>S. s.</i> var. <i>longicollis</i> (Playf.) Tell & Conf.	+	<i>T. volvocinopsis</i> Swir.	+
<i>Trachelomonas abrupta</i> Swir.	+	<i>T. oblonga</i> Lemm.	+ +
<i>T. armata</i> fa. <i>inevoluta</i> Defl.	+	<i>T. rugulosa</i> Stein	+

En los esteros, el número de especies, y su distribución entre las Clases más importantes, coincide con el descrito para otros del Chaco Oriental, excepto por la escasa contribución de la Clase Zygothryx (4). La composición florística de la laguna Blanca es similar a la hallada en lagunas con amplios espejos de agua y desarrollo marginal de macrófitas de la llanura de inundación del río Paraná, en la zona de influencia del río Paraguay (6,7).

### 3. Densidad y pigmentos del fitoplancton

La densidad varió en un amplio rango (290 - 18362 org.ml<sup>-1</sup>) (fig.3). La laguna Blanca se destacó por la gran fluctuación temporal en la zona central (18362 y 2120 org.ml<sup>-1</sup>, en marzo y mayo, respectivamente), la marcada diferencia entre el centro y la zona litoral, en marzo y la homogeneidad espacial, en mayo (1477-2531 org.ml<sup>-1</sup>). En los esteros la densidad varió en un rango mayor (290-5435 org.ml<sup>-1</sup>) y en la cava fue similar a la del sitio 3' de la laguna (1677 org.ml<sup>-1</sup>).

El rango de variación en la densidad del fitoplancton en los ambientes estudiados fue de un orden de magnitud mayor (excepto en los sitios 5 y 11 de baja densidad), tanto con respecto a otros esteros de la zona (4) como a lagunas de la llanura de inundación del río Paraná (6,7). La variabilidad temporal en la densidad del fitoplancton de la laguna Blanca es comparable con la observada durante la fase de aislamiento de un madrejón, con variable desarrollo de *Eichhornia crassipes* (8).

La concentración de clorofila *a* (fig.3), sólo estimada en mayo, también varió en un rango más estrecho en la laguna (1,2-4,6 mg.l<sup>-1</sup>) que en los esteros (0,2-17mg.l<sup>-1</sup>) y fue de 5mg.l<sup>-1</sup>, en la cava. Los valores más altos correspondieron a los sitios 6-8 del estero Poí, en los que también fueron elevadas las concentraciones de feofitina (20-28 mg.l<sup>-1</sup>) y pigmentos carotenoides (6-20 mg.l<sup>-1</sup>).

La clorofila *a* fue el pigmento más abundante en la laguna, mientras que en los esteros y en la cava los pigmentos carotenoides igualaron o superaron su concentración. Esta diferencia puede atribuirse a un cambio en la composición del fitoplancton, tal como se observó en lagunas de inundación del río Paraná cuando dominan Cryptophyceae y Euglenophyceae (24).

### 4. Estructura de la comunidad, asociaciones algales dominantes y diversidad específica.

La variación en la densidad se asoció con marcados cambios en la estructura de la comunidad a nivel de Clases (fig. 4) y en las asociaciones de especies dominantes, así como en la diversidad específica (1,08-4,09 bits) y equitatividad (24,6-82,6%) (fig.5).

En marzo, el centro de la laguna Blanca (sitio 1) se caracterizó por la absoluta dominancia de Bacillariophyceae céntricas (97,7 % del total), debida a las altas densidades de *Aulacoseira alpigena*, *A. granulata* y *A. g. var. angustissima*, la mínima diversidad y equitatividad. En cambio, en el sitio 3 dominaron especies de pequeño tamaño: Chlorophyceae clorococales (70,3%: especialmente, *Monoraphidium tortile*, *M. circinale* y *Schroederia antillarum*), seguidas por Bacillariophyceae (con las especies antes mencionadas) y Cryptophyceae (*Chroomonas acuta* y *Cryptomonas* spp.), con similar densidad relativa. La mayor equidad en la distribución de los organismos entre las especies se refleja en un incremento notable de la diversidad específica y equitatividad.

En mayo dominaron especies de pequeño tamaño de Cyanophyceae croococales (51,2%, en promedio: *Merismopedia tenuissima*, *Aphanocapsa delicatissima* y *Chroococcus minutus*), Bacillariophyceae céntricas (*Aulacoseira alpigena*, *A. granulata* y su var. *angustissima*), Chlorophyceae clorococales (*Monoraphidium* spp., *Schroederia antillarum* y *Scene-desmus* spp.) y Cryptophyceae (*Cryptomonas brasiliensis* y *Chroomonas acuta*). La estructura de la comunidad fue similar en los distintos sitios de la laguna, con ligeros cambios desde el centro hacia las márgenes; aumento en la proporción de Cyanophyceae y Chlorophyceae, disminución de Bacillariophyceae y Cryptophyceae, así como de la diversidad y equitatividad (fig.5).

La particular abundancia de diatomeas céntricas del género *Aulacoseira*, en el centro de la laguna en marzo, se atribuye a los movimientos del agua provocados por la acción del viento (que garantizan la suspensión de organismos de paredes silíceas) y a la oferta de nutrientes específicos (Si = 12 mg.l<sup>-1</sup>). Estas algas, de moderado tamaño, relación superficie/volumen (s.v<sup>-1</sup>) y velocidad de crecimiento, particularmente adaptadas para vivir en columnas de agua en circulación, tolerantes a la turbiedad y a deficiencias en la iluminación, son típicamente R-estrategas o aclimatables, según la terminología de Reynolds (14). Las dos especies de *Aulacoseira* más

abundantes, pueden incluirse en la asociación P de Reynolds (14), típica de lagos y ríos subtropicales y tropicales, incluyendo el río Paraná (25, 26, 27, 28).

En cambio, las condiciones ambientales del sitio más litoral en marzo y de toda la laguna en mayo, favorecen a las especies de comparativamente menor tamaño, más alta relación  $s.v^{-1}$  y mayor velocidad de crecimiento, que proliferan en pequeños lagos con buena disponibilidad de nutrientes y luz (C-estrategas o invasoras). No obstante, se diferencia la asociación de nanoplanctónicas Chlorophyceae clorococales de ambientes eutróficos (X1) de marzo, con respecto a la observada en mayo: Cyanophyceae coloniales crococales (K), típicas de aguas quietas y nutrientes moderados (Reynolds 1997).

La alternancia en la dominancia de Bacillariophyceae céntricas, especialmente del género *Aulacoseira* y Chlorophyceae clorococales, junto con una variable participación de Cryptophyceae, fue observada con frecuencia en lagunas de la zona de confluencia de los ríos Paraguay y Paraná, en relación con la fluctuación del nivel del agua (6,7,8). Un rasgo característico de la laguna Blanca, en comparación con las lagunas de inundación antes referidas, es la dominancia de Cyanophyceae crococales, la menor participación de Euglenophyceae y Bacillariophyceae pennaes y la presencia constante de *Cryptomonas brasiliensis*, especie típica del Alto Paraná (29), pero no registrada en el Paraná medio e inferior (30,27).

Por su parte, el estero Poí presenta una amplia heterogeneidad espacial en la estructura de la comunidad, acompañada por un incremento en la diversidad específica y equitatividad desde el sitio 4 al 7. El fitoplancton del sitio 4 tiene rasgos comunes con el 3' de la laguna, tanto en lo relativo a la densidad como a las Clases dominantes y especies más abundantes, coincidiendo con la antes mencionada similitud ambiental. No obstante, se observa una ligera variación en la participación de Chlorophyceae y Bacillariophyceae céntricas, así como mayores densidades de unas pocas especies, lo cual incide en la disminución de la diversidad y equitatividad. En los sitios siguientes (5-7), cambia abruptamente la estructura, desplazándose la dominancia hacia las Cryptophyceae (*Cryptomonas brasiliensis*, *C. curvata* y *C. ovata*), en los dos primeros sitios y las Chlorophyceae clorococales (*Monoraphidium* spp.) y volvocales (*Chlamydomonas* spp. y

*Spermatozopsis exultans*), en el sitio 7. Otras características del fitoplancton de esta zona del estero son la desaparición prácticamente total de Cyanophyceae y Bacillariophyceae céntricas, el incremento en la densidad relativa de Euglenophyceae (*Euglena* spp. y *Trachelomonas* spp.), Bacillariophyceae pennaes (*Navicula* spp.) y Chlorophyceae volvocales, junto con valores crecientes de diversidad específica debidos al incremento en el número de especies y en la equitatividad.

El fitoplancton del estero Sastrow, que se asemeja al del sitio 5 del estero Poí por la baja densidad, también tiene una similar densidad relativa de las Clases más importantes, entre las que se destacan las mismas especies. Como carácter diferencial, sólo cabe mencionar la presencia de Cyanophyceae crococales (*Merismopedia tenuissima*) y la mayor diversidad y equidad.

En la cava dominan nano-algas flageladas de Cryptophyceae (*Cryptomonas* spp.) y Chlorophyceae volvocales (*Chlamydomonas* sp. y una especie probablemente del género *Nephroselmis*), junto a microplanctónicas Euglenophyceae (*Euglena variabilis* y *E. viridis*), típicas de ambientes sometidos a contaminación orgánica (31). La baja riqueza específica y la alta densidad de unas pocas especies revelan condiciones restrictivas del medio y contribuyen a que la diversidad y equitatividad resulten comparativamente bajas. A pesar de la alta salinidad (1,6 g. l<sup>-1</sup>), no se encontraron especies indicadoras.

A diferencia de los esteros conocidos, totalmente cubiertos por vegetación palustre, con dominancia de Euglenophyceae en aguas bajas y Bacillariophyceae pennaes, en aguas relativamente altas (4), la participación de estas Clases fue menor en los distintos subambientes de esteros analizados, seguramente debido a los menores porcentajes de la cobertura vegetal y aportes de especies ticoplanctónicas a las áreas libres de vegetación.

Las condiciones ambientales en los esteros y en la laguna artificial favorecieron, especialmente, a las especies flageladas de Cryptophyceae, con células de moderado tamaño e intermedias  $sv^{-1}$  y velocidad de replicación, capaces de fotoadaptarse a bajos niveles de luz (R-estrategas), pero que pueden predominar como C-especies con mayor disponibilidad de radiación fotosintéticamente activa. El desarrollo de estos organismos en todos los sitios protegidos por vegetación arbórea o acuática, pero tam-

bién en aquéllos con espejos de agua expuestos a la radiación solar y variable turbiedad (centro de la laguna Blanca, sitio 7 del estero Poí y cava), revela su particular adaptación a las variaciones en la intensidad lumínica. Además, las especies del género *Cryptomonas*, que caracterizan la asociación **Y** de Reynolds (14), son definidas como 'ubicuas' en sus requerimientos nutritivos pudiendo proliferar tanto en ambientes meso a eutróficos.

Para los cuerpos de agua someros, con ingreso de materia orgánica vegetal, con tenores de oxígeno que pueden ser muy bajos y pH circum-neutral, Reynolds (14) sugirió la categoría provisoria **W**, que tiene interfases y quizás se solapa con las asociaciones **K** y **Y**, entre otras. Esta categoría incluye ensamblajes filogenéticamente mixtos constituidos por organismos flagelados de las Clases Euglenophyceae, Chlorophyceae y Chrysophyceae, a los que pueden asociarse pequeñas diatomeas pennadas y otros organismos (14, 32). Las especies dominantes en los esteros y en la laguna artificial se ajustan a la categoría provisoria **W**, a las que se suman las de la asociación **Y**, diferenciándose el sitio 7 del estero Poí, por la participación de organismos de las asociaciones **X1** y **K**. Estas observaciones aportan información que puede ser incorporada para la confirmación de la categoría **W**, que reúne organismos básicamente R-estrategas, con rasgos morfológicos y fisiológicos intermedios con las otras dos estrategias primarias: R-C, como las Chlorophyceae volvocales (*Chlamydomonas*) y Cryptophyceae (*Cryptomonas*) y R-S, como las Euglenophyceae (*Euglena*, *Trachelomonas*).

La alternancia de ensamblajes de nano-algas invasoras (C-estrategas) y especies aclimatables dependientes de la mezcla de agua (Bacillariophyceae

céntricas, R-estrategas) observada desde marzo a mayo, ponen de manifiesto la importancia del cambio hidrográfico temporal (por acción del viento) en el control de las asociaciones algales dominantes, similar al documentado para una laguna tropical de llanura de inundación (33). Además, considerando las observaciones sobre las variaciones del nivel del agua de la laguna Blanca (Almirón, com. pers.), es probable que el fitoplancton se mantenga en un primitivo estado sucesional a través del año, tal como sucede en lagunas de la llanura de inundación de grandes ríos (25, 26, 34), en las que el control hidrológico impide la dominancia de especies típicamente S-estrategas (adquisitivas), capaces de sobrevivir con deficiencia crónica de nutrientes (Reynolds, 1997).

En los esteros, la dominancia de ensamblajes de especies flageladas, adaptadas a deficiencias en la iluminación (primariamente R-estrategas), así como la relación inversa entre la densidad del fitoplancton y el porcentaje de cobertura vegetal, revela que las oportunidades para el crecimiento de las algas dependen del grado de desarrollo de la macrofitia y de la incidencia de ésta sobre las características físicas y químicas del agua en ambientes someros hidrológicamente inestables.

#### 5. Calidad bacteriológica del agua

La concentración de coliformes termotolerantes, *E. coli* y bacterias hipertróficas mesófilas, en las zonas alejadas de la vegetación de la laguna Blanca, resultó similar a la registrada en ambientes no contaminados (35, 36). Desde el punto de vista de la calidad bacteriológica, los resultados (tabla 2) indican que la laguna es adecuada para el uso recreativo del agua, según los estándares actuales (37).

**Tabla 2.** Recuentos (UFC en 100 ml de muestra) de: *Escherichia coli* (EC), coliformes termotolerantes (CTe) e hipertróficas mesófilas (Hm), en las aguas superficiales de los sitios de muestreo indicados en la Fig. 1.

Muestras de agua Sitios	Recuentos bacteriológicos (UFC/100 ml)		
	EC	CTe	Hm
1	0	30	74.000
2	0	0	18.600
3	0	20	46.700
3'	0	40	57.700
4	33	267	41.600
6	100	100	126.000
7	0	0	120.000
8	0	0	180.000
10	100	700	300.000
11	0	350	135.000
12	35	350	108.000

En los ambientes acuáticos vegetados o cerca de zonas vegetadas (sitios 3' a 12, figura 1), la concentración de bacterias heterótrofas fue mayor, lo cual resulta evidente si se comparan las concentraciones de bacterias de estos sitios de muestreo con los restantes (sitios 1, 2 y 3, tabla 2). Es decir, se pudo constatar el "efecto biomasa" (35). Con este término se designa al conjunto complejo de efectos que ejerce la cobertura vegetal sobre las bacterias acuáticas, no solamente por el aporte de material marcescente, exudados de sus órganos, sino también por la modificación de las características abióticas del agua y por el desarrollo de comunidades faunísticas y micrófitas. En resumen, no es bacteriológicamente aconsejable para los guardaparques la toma circunstancial de agua de los esteros, cuando agotan la provista de agua potable que llevan consigo. De poder elegir (y si fuera imprescindible), los resultados indican que sería relativamente menos riesgoso para la salud buscar, para ese propósito, zonas no vegetadas.

Con respecto a la cava (que debería cumplir las funciones de laguna de tratamiento), el proceso implementado (detallado anteriormente) no resultó bacteriológicamente eficaz, pues sus características bacteriológicas la asemejan a lo señalado para las zonas vegetadas. Específicamente, si se compara (tabla 2) la concentración de bacterias entre el sitio 2 (laguna Blanca, de donde se extrae agua) y el 12 (donde se pretendía mejorar su calidad), resulta obvia la disminución de la calidad bacteriológica de este último reservorio.

## Conclusiones

El fitoplancton de los esteros, en comparación con la laguna Blanca y el jagüel, se caracterizó por la mayor riqueza específica (87 vs 55) y los más amplios rangos de variación en la densidad del fitoplancton (290-5435 vs 1477-2531 org.ml<sup>-1</sup>), diversidad específica (2,61-4,04 vs 2,31-3,81bits) y equitatividad (56-83 vs 59-77%). Los cambios en la dominancia del fitoplancton, de R- a C- estrategias en la laguna (*Bacillariophyceae* céntricas a *Cyanophyceae* crococales, de marzo a mayo) y en los esteros (*Cryptophyceae* a *Chlorophyceae* clorococales y volvocales, de sitios con alto a bajo desarrollo de macrófitas), fueron principalmente explicados por las propiedades físicas de los ambientes.

Si bien la laguna Blanca se diferencia de las situadas en llanuras aluviales por el tipo de alimentación hídrica predominante (precipitaciones pluviales vs inundaciones), el fitoplancton mostró similitud en varios aspectos de la organización estructural de la comunidad.

El fitoplancton de los esteros se diferenció del observado en otros esteros de la región, por su mayor densidad (un orden de magnitud mayor, excepto en los sitios densamente vegetados: relación inversa entre densidad y % de cobertura), baja participación de *Zygothryx* en la riqueza de la comunidad y menor densidad relativa de *Euglenophyceae* y *Bacillariophyceae* pennales. Tanto la densidad como la diversidad específica del fitoplancton, así como su

permanencia (4), ponen de manifiesto la importancia de su estudio, a pesar que gran parte de la productividad primaria se sustenta en las macrófitas (1).

El análisis de la estructura de la comunidad sobre la base de las adaptaciones estratégicas de los ensamblajes algales dominantes puede ser usado como un indicador más relacionado con las condiciones ambientales que el efectuado a partir de sus agrupaciones filogenéticas.

La laguna es bacteriológicamente apta para el desarrollo de actividades recreativas. Las zonas vegetadas son las menos aconsejables para la toma de agua en situaciones de emergencia por falta de agua potable. El proceso de incorporación de macrófitas acuáticas al jagüel no representó un mejoramiento bacteriológico del agua proveniente de la laguna.

### Agradecimientos

A la Sra. Bioq. Alicia Loteste (INALI), por los análisis químicos realizados. A las autoridades y guardaparques del Parque Nacional Pilcomayo por las facilidades brindadas en los muestreos. Este trabajo fue en parte subsidiado través de la "Convención sobre Humedales" (Ramsar), bajo el programa "Humedales para el Futuro" (WFF/98/ARG/3)

### Bibliografía

- 1- Neiff J. J., 1986. Sinopsis ecológica y estado actual del Chaco Oriental. *Amb.Subtrop.* 1: 5-35
- 2- Patiño C.A. y Orfeo O., 1986. Aproximación al conocimiento del proceso de erosión del suelo en el Chaco Oriental. *Amb. Subtrop.* 1: 47-59.
- 3- Canevari P., Blanco D. E., Bucher E. H., Castro G. y Davidson I. (ed.), 1988. "Los humedales de la Argentina: Clasificación, situación actual, conservación y legislación". *Wetlands International* (B. Aires).
- 4- Zalocar de Domitrovic Y., Vallejos E. y Pizarro H., 1986. Aspectos ecológicos de la fitoflora de ambientes acuáticos del Chaco Oriental (Argentina). *Amb.Subtrop.*, 1: 92-111.
- 5- García de Emiliani M.O., 1979. Campaña "Keratella I" a lo largo del río Paraná medio, III: Fitoplancton de ambientes leníticos. *Rev.Asoc.Cienc.Nat. Litoral*, 10: 73-84.
- 6- Zalocar de Domitrovic Y., 1990. Efecto de las fluctuaciones del nivel hidrométrico sobre el fitoplancton en tres lagunas isleñas en el área de confluencia de los ríos Paraná y Paraguay. *Ecosur*, 16: 13-29.
- 7- Zalocar de Domitrovic Y., 1992. Fitoplancton de ambientes inundables del río Paraná (Argentina). Estudio comparativo entre áreas libres y vegetadas. *Rev. hydrobiol. trop.*, 25: 177 - 188.
- 8- Zalocar de Domitrovic Y., 1993. Fitoplancton de una laguna vegetada por *Eichhornia crassipes* en el valle de inundación del río Paraná (Argentina). *Amb. Subtrop.*, 3: 39-67.
- 9- Greenberg A. E., Clesceri L. S., and Eaton A. D. (ed.), 1992. "Standard methods for the examination of water and wastewater". 18th ed. American Public Health Association (Washington).
- 10- Utermöhl H., 1958. Zur Vervollkommnung der Quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Ver. Limnol.*, 9: 1-38.
- 11- García de Emiliani, M.O., 1993. Seasonal succession of phytoplankton in a lake of the Paraná River floodplain, Argentina. *Hydrobiologia*, 264:101-114.
- 12- Shannon C. E. and Weaver W., 1963. "The mathematical theory of communication". Univ. Illinois Press (Urbana).
- 13- Pielou E. C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.*, 13: 131-144.
- 14- Reynolds C. S., 1997. "Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory". Ecology Institute (Oldendorf).
- 15- Emiliani F., Lajmanovich R., Acosta M. A. y Bonetto S., 1999. Variaciones temporales y espaciales de coliformes y de *Escherichia coli* en aguas recreativas fluviales (Río Salado, Santa Fe, Argentina). Relación con los estándares de calidad. *Rev. Arg. Microbiol.*, 31: 142-156.
- 16- Emiliani F. y Lajmanovich R., 1998. Evaluación de las placas "Petrifilm™ E. coli" para el recuento de coliformes termotolerantes en aguas recreacionales de Santa Fe (Argentina). *Rev. Fac. Bioq. Cienc. Biol.*, 2: 99-105.
- 17- Christen G. L., Davidson P. M., McAllister J. S., and Roth L. A., 1993. Coliform and other indicator bacteria (p. 247-269). In: R. T. Marshall (ed.). "Standard methods for the microbiological examination of dairy products". 16th ed. American Public Health Association (Washington).
- 18- Difco Laboratories., 1998. "Difco Manual", 11th ed. Difco Laboratories, Division of Becton Dickinson Co. (Sparks, Maryland).
- 19- Emiliani F., 1984. Oligotrophic bacteria: Seasonal fluctuations and correlations with environmental variables (Middle Paraná River, Argentina). *Hydrobiologia*, 111: 31-36.
- 20- 3M., 1995. "3M Petrifilm™", placa para recuento aeróbico. Guía de Interpretación". 3M Productos Microbiológicos (St. Paul, Minnesota).
- 21- 3M., 1997. "Test 3M Petrifilm™ pour la numération de la flore totale aérobie". 3M Microbiology Products (St. Paul, Minnesota).
- 22- Lancelle H.G., Longoni C.A., Ramos A.O. and Cáceres J.R., 1986. Caracterización físico-química de ambientes acuá-

- ticos permanentes y temporarios del Chaco Oriental argentino. *Amb. Subtrop.* 1: 73-91.
- 23- Martínez, C.C. y Frutos S.M., 1986. Fluctuación temporal del zooplancton en arroyos y esteros del Chaco Oriental (Argentina). *Amb. Subtrop.*, 1:112-133.
- 24- Perotti de Jorda N., 1980. Campaña limnológica "Keratella I" en el río Paraná medio: Pigmentos y productividad primaria en ambientes leníticos. *Ecología* 4: 63-68.
- 25- García de Emiliani M.O., 1980. Fitoplancton de una laguna del valle aluvial del río Paraná (Los Matadores), Santa Fe, Argentina. I: Estructura y distribución en relación a factores ambientales. *Ecología*, 4: 127-140.
- 26- García de Emiliani M.O., 1997. Effects of water level fluctuations on phytoplankton in a river-floodplain lake system (Paraná River, Argentina). *Hydrobiologia*, 357: 1-15.
- 27- O'Farrel I, Izaguirre I. and Vinocur A., 1996. Phytoplankton ecology of the Lower Paraná River (Argentina). *Arch. Hydrobiol./Suppl.* 115, *Large Rivers*, 11:75-89.
- 28- Zalocar de Domitrovic Y. y Maidana N., 1997. "Taxonomic and ecological studies of the Paraná River diatom flora (Argentina)". *Bibliotheca Diatomologica*, Cramer (Berlin).
- 29- Train S. and Rodrigues L.C., 1997. Temporal fluctuations of the phytoplankton community of the Baía River, in the Upper Paraná River floodplain, Mato Grosso, Brazil. *Hydrobiologia*, 358: 1-10.
- 30- García de Emiliani M.O., 1990. Phytoplankton ecology of the Middle Paraná River. *Acta Limnol. Brasil.*, 3: 391-417.
- 31- Conforti V., Alberghina J. and González Urda E., 1995. Structural changes and dynamics of the phytoplankton along a highly polluted lowland river of Argentina. *J. Aquatic Ecosys. Health.*, 4: 59 - 75.
- 32- Olrik K., 1994. "Phytoplankton ecology". *Miljimitiirt* (Kobenhavn).
- 33- Melo S. and Huszar V. L., 2000. Phytoplankton in an Amazonian flood-plain lake (lago Batata, Brasil): diel variation and species strategies. *J. Plankton Res.*, 22: 63 -76.
- 34- Huszar V. L. and Reynolds C. S., 1997. Phytoplankton periodicity and sequences of dominance in an Amazonian flood-plain lake (lago Batata, Pará, Brasil): responses to gradual environmental change. *Hydrobiologia*, 346: 169-181.
- 35- Emiliani F., 1988. Plantas acuáticas y calidad bacteriológica de las aguas. *Cienc. Tecnol. Agua*, 2: 7-8.
- 36- Emiliani F. y González de Paira S. M., 1997. Bacterias coliformes en ambientes acuáticos no contaminados del río Paraná medio (Santa Fe, Argentina). Distribución y correlaciones con variables ambientales. *Rev. Fac. Bioq. Cienc. Biol.*, 1: 39 - 51.
- 37- Bartram J. and Rees G., 2000. "Monitoring bathing waters". *Spon* (Londres).

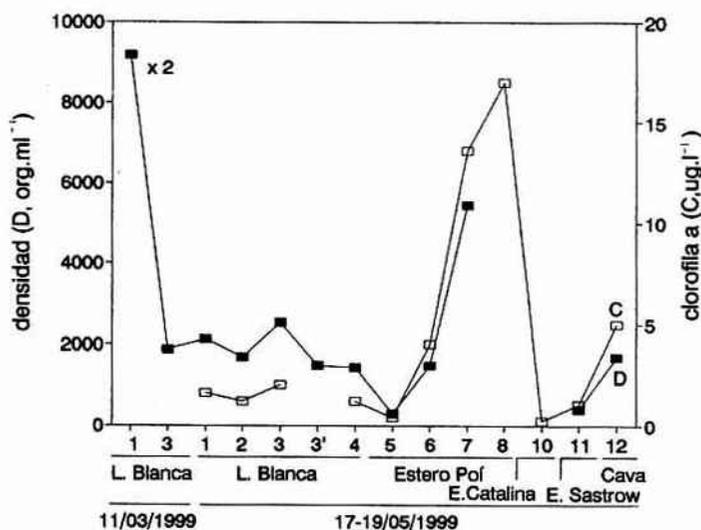


Figura 3: Variación de la densidad (D) y la concentración de clorofila a (C) del fitoplancton en el agua superficial de los sitios de muestreo.

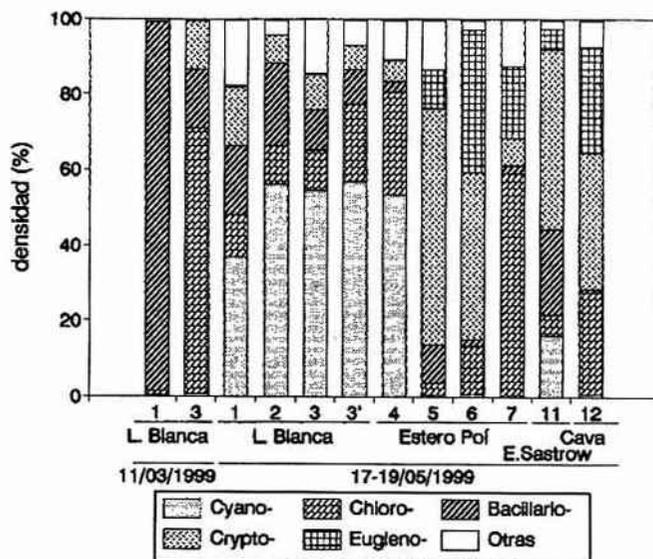
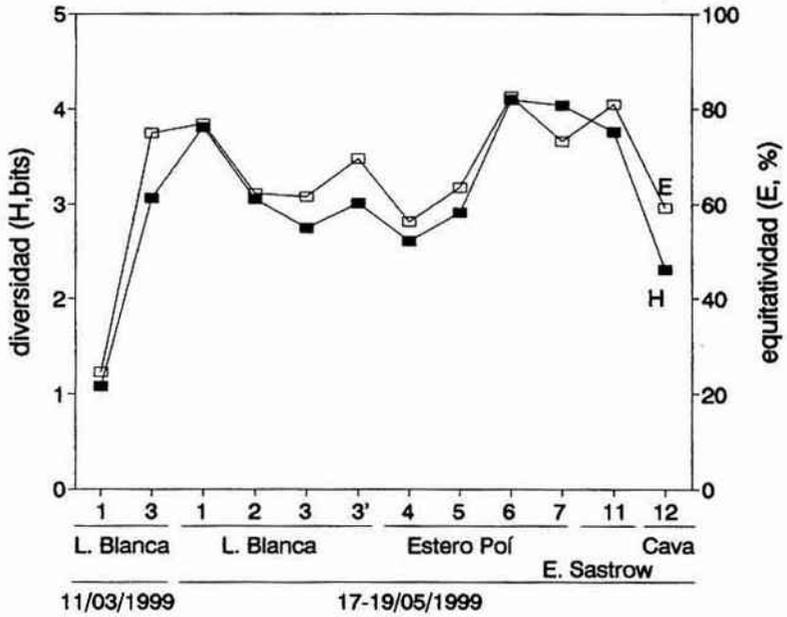


Figura 4: Variación de la densidad relativa de las Clases taxonómicas del fitoplancton en el agua superficial de los sitios de muestreo.



**Figura 5:** Variación de la diversidad específica (H) y de la equitatividad (E) del fitoplancton en el agua superficial de los sitios de muestreo.