

## FICOFLORA EPILÍTICA Y VARIABLES AMBIENTALES DEL ARROYO CALIMAYO (TUCUMÁN-ARGENTINA)

MARÍA DE LOS ÁNGELES TABOADA<sup>1,2\*</sup>, MARÍA DE LOURDES GULTEMIRIAN<sup>1</sup>, SILVIA N. MARTÍNEZ DE MARCO<sup>2</sup> y BEATRIZ C. TRACANNA<sup>1,3</sup>

**Summary:** Epilithic phycoflora and environmental variables of Calimayo Stream (Tucumán-Argentina). Tucumán is known for its richness in natural and water resources. Previous phycological studies focused mainly on the phytoplankton, but little was done in relation to the epilithic phycoflora. The aim of this research was to analyze the epilithic taxocenosis and physicochemical variables of Calimayo stream during an annual cycle, and to contribute to the taxonomic knowledge of the phycoflora in Northwestern Argentina. Physicochemical and biological samples collected in 2012-2013 were studied. The water was alkaline, bicarbonate-calcium, oligosaprobic in summer/13 and oligo- $\beta$ -mesosaprobic in the other seasons. Mineralization was average and the stream was well oxygenated. The Bacillariohyceae class presented 69 taxa followed by Divisions Cyanophyta (10), Chlorophyta (5) and Rhodophyta (1). The following species were always present: *Amphipleura lindheimerii*, *Cocconeis placentula* var. *lineata*, *Cymbella affinis*, *Gomphonema olivaceum*, *G. parvulum*, *Luticola mutica*, *Navicula tripunctata*, *Nitzschia palea*, *Orthoseira roeseana*, *Planothidium frequentissimum*, *P. lanceolatum*, *Reimeria uniseriata*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Ulnaria ulna*, *Oedogonium* sp., *Lyngbya* sp. 1, *Myxosarcina spectabilis*, *Oscillatoria* sp. 1 y 2. Of a total of 85 taxa, 70 are cited for the first time for epilithon and *Myxosarcina spectabilis* is a new record for Tucumán. Phycoflora composition was influenced by temperature, depth, precipitation and pH.

**Key words:** Epilithon, physicochemical variables, Calimayo Stream.

**Resumen:** Tucumán se destaca por sus riquezas en recursos naturales e hídricos. Los estudios ficológicos se basaron principalmente en el fitoplancton, siendo escaso el análisis de la ficoflora epilítica. Los objetivos fueron analizar la taxocenosis epilítica y variables fisicoquímicas del arroyo durante un ciclo anual y contribuir al conocimiento de la ficoflora del NOA. Se estudiaron muestras fisicoquímicas y biológicas recolectadas durante 2012-2013. El agua tuvo un pH alcalino, se caracterizó como bicarbonatada-cálcica, oligosapróbica (verano/13) y oligo- $\beta$ -mesosapróbica en las otras estaciones. La mineralización fue media y el arroyo estuvo bien oxigenado. La Clase Bacillariohyceae presentó 69 taxones seguida de las Divisiones Cyanophyta (10), Chlorophyta (5) y Rhodophyta (1). Las especies siempre presentes fueron: *Amphipleura lindheimerii*, *Cocconeis placentula* var. *lineata*, *Cymbella affinis*, *Gomphonema olivaceum*, *G. parvulum*, *Luticola mutica*, *Navicula tripunctata*, *Nitzschia palea*, *Orthoseira roeseana*, *Planothidium lanceolatum*, *P. frequentissimum*, *Reimeria uniseriata*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Ulnaria ulna*, *Oedogonium* sp., *Lyngbya* sp.1, *Myxosarcina spectabilis*, *Oscillatoria* sp. 1 y 2. Las mayores densidades se presentaron en época invernal. De un total de 85 taxones, 70 se citan por primera vez para el epilithon y *Myxosarcina spectabilis* es un nuevo registro para Tucumán. La composición de la ficoflora estuvo influenciada por: temperatura, profundidad, precipitaciones y pH.

**Palabras clave:** Epilithon, variables fisicoquímicas, Arroyo Calimayo.

---

<sup>1</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) \*mariataboada@live.com

<sup>2</sup> Instituto de Ficología, Fundación Miguel Lillo, Miguel Lillo 251 CP: 4000 San Miguel de Tucumán, Argentina

<sup>3</sup> Instituto de Limnología del NOA, Facultad de Cs. Nat. e IML. UNT

## INTRODUCCIÓN

La provincia de Tucumán ocupa una posición importante dentro de la región del NOA, se destaca por sus riquezas en recursos naturales e hídricos, asimismo las abundantes precipitaciones en la época estival, permiten la formación de una densa red hidrográfica en gran parte del territorio (Tineo, 2007).

La característica fundamental del agua corriente es por definición su movimiento, la intensidad de éste desempeña un papel decisivo en la comunidad biológica que habita el curso fluvial. Los ambientes lóticos (ríos y arroyos) representan sistemas abiertos que varían considerablemente de la fuente a la desembocadura y son dependientes de los aportes externos (alóctonos) que determinan su naturaleza. La gran heterogeneidad espacial de los ríos se corresponde con su elevado dinamismo temporal. La composición de la biota responde a la disponibilidad de materiales (materia orgánica y nutrientes disueltos) y de energía (luz, velocidad del agua) con lo cual varía tanto espacial como temporalmente (Sabater *et al.*, 2009). El estudio de la estructura y dinámica de la comunidad algal en ríos es complejo debido a los múltiples factores que covarian en el sistema (Rout & Gaur, 1994). Las asociaciones algales son el producto de la interacción entre variables geomorfológicas, hidrológicas y bióticas que operan en una escala de amplio rango e influyen en la dinámica trófica y ciclo de nutrientes pudiendo así reflejar la estructura y el funcionamiento del río como un ecosistema (Luque, 1998). El régimen hidrológico ejerce un importante control sobre la biota y es el principal determinante de las variaciones en la abundancia y dominancia de las especies en distintos sitios dentro de un río o en un mismo punto año a año (Allan, 1995; Reynolds, 1992).

El perifiton se define como el conjunto de algas microscópicas que viven adheridas a algún tipo de sustrato, natural o no, que puede llegar a desempeñar un papel fundamental al contribuir con, aproximadamente, el 70% de la productividad de un sistema acuático (Castro Roa, 2009). Dentro de esta denominación, el epilíton se refiere a la ficoflora que se desarrolla sobre superficies rocosas (Roldan Pérez & Restrepo Ramírez, 2008). La mayor parte del epilíton de agua dulce refleja un ambiente particular y puede actuar como indicador de las

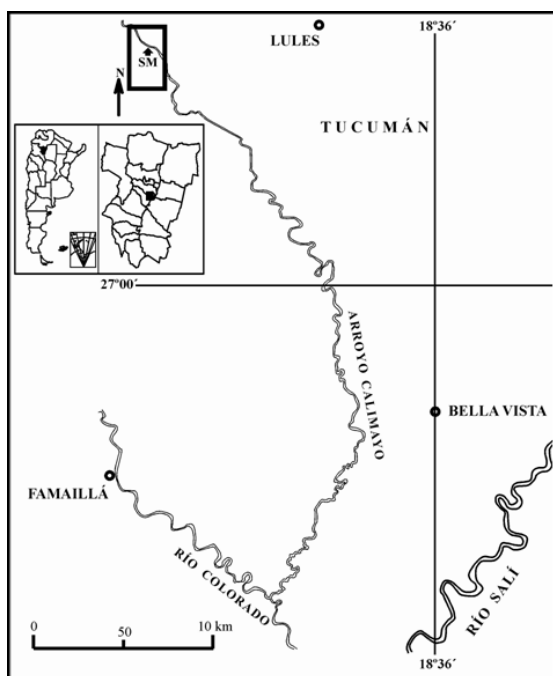
propiedades físicas y químicas del agua (Cattaneo *et al.*, 1975). La composición de las algas epilíticas varía según el tamaño del sustrato ya que su manera de adherirse y forma de crecimiento condicionan su distribución y desplazamiento (Gari & Corigliano, 2004).

Los estudios ficológicos en Tucumán se basaron principalmente en el fitoplancton de diversos ríos, arroyos y embalses que forman parte de la Cuenca del río Salí, siendo escaso el análisis de la ficoflora epilítica (Bustos, 2006; Mirande, 2006), por lo cual este trabajo representa un importante aporte al conocimiento de la ficología y limnología del noroeste argentino. Los antecedentes del Arroyo Calimayo están vinculados con el estudio de la diversidad del fitoplancton (Mirande, 2006). En consecuencia los objetivos planteados fueron analizar la taxocenosis epilítica y las variables fisicoquímicas de este arroyo durante un ciclo anual y contribuir al conocimiento de la ficoflora de la provincia de Tucumán.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Área de estudio*

El Arroyo Calimayo nace en las primeras estribaciones del Alto de Yerba Huasi (Sierras Centrales) y se ubica en el departamento Lules (Tucumán). Naturalmente tiene un régimen permanente que forma parte de la cuenca del río Colorado, la cual posee un área de aproximadamente 452 km<sup>2</sup> que se extiende desde el faldeo oriental de las Cumbres de Tafí, hacia el oeste, hasta su desembocadura en el río Salí (principal sistema fluvial de la provincia) en su extremo oriental (Fernández, 2012) (Fig. 1). La zona de estudio se localiza dentro del Piedemonte (bosque de transición) ubicado entre los 400 y los 700 msnm, entre la llanura tucumana hacia el oriente y las cadenas montañosas al oeste, presenta un relieve de colinas con inclinación hacia el este y sudeste (Guido & Sesma, 2014). Es un arroyo de sustrato pedregoso rodeado por un bosque de ribera con árboles que llegan hasta la orilla, lo que indica que las crecidas no son muy importantes. Dentro del bosque se destacan el Laurel del Cerro (*Cinnamomum porphyrium*), el Horco Molle (*Blepharocalyx salicifolius*) y especies exóticas como las moreras (*Morus* sp.). Separado por la



**Fig. 1.** Mapa de la ubicación del sitio de muestreo (SM) en el Arroyo Calimayo (Tucumán, Argentina).

mencionada vegetación, hacia el este se encuentra una zona de cultivos de citrus (Powell, 2011). La litología en el área de estudio se constituye de secuencias alternantes de espesos paquetes de conglomerados gruesos con sedimentos limo-arcillosos. Según Fernández (2012) el tipo de suelo pertenece al orden Molisol, en menor medida al orden Entisol y el clima es húmedo con falta de agua estacional pequeña o nula. Las precipitaciones siguen una tendencia orográfica, los mayores registros pluviométricos se presentan en los meses de enero-febrero y el mínimo en el mes de julio. Las temperaturas siguen el mismo comportamiento que las lluvias, los mayores valores se dan entre los meses de octubre a marzo, con su máximo en enero (Fernández, 1981).

Se efectuaron muestreos estacionales desde agosto de 2012 a mayo de 2013 en el Arroyo Calimayo (26°55'52''S; 65°23'17''W) y a una altitud de 482 msnm. Las muestras recolectadas fueron incorporadas a la Colección Ficológica (LIL) de la Fundación Miguel Lillo (LIL 25.145 y 25.148).

### Variables ambientales

Los parámetros físicos y químicos que se midieron “in situ” fueron: temperatura del agua, pH y conductividad eléctrica. Se utilizó un analizador multiparamétrico digital portátil para agua, Water Quality Metre 850081, Sper Scientific. Las muestras para la determinación del oxígeno disuelto (OD) se fijaron en el campo y para analizar iones mayoritarios, demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), compuestos nitrogenados y fosfato se extrajeron muestras en recipientes plásticos de 1,5 litros, las que fueron trasladadas al laboratorio en frío y oscuridad para su posterior tratamiento.

La metodología que se siguió para los análisis físicos y químicos fue la recomendada en APHA (2005). El control y aseguramiento de la calidad de los procedimientos de toma de muestras de agua y las determinaciones analíticas en laboratorio, se efectuaron de acuerdo a normas IRAM (29012-2, 1996; 29012-3, 1998; 301/ISO17025, 2005).

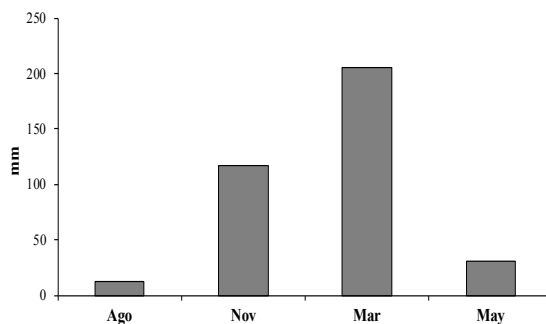
Se realizaron para la evaluación del tipo de agua los Diagramas de Piper-Hill-Langelier y Stiff utilizando el programa Rockworks 15 (1983-2009).

Para los promedios mensuales de precipitaciones se utilizó una serie de datos (1966-1990) otorgados por el Dpto. de Agrom. EEA INTA - Famaillá (Fig. 2).

Asimismo, se efectuó un análisis de correlación (coeficiente de Pearson), entre las variables físicas, químicas y biológicas mediante el programa SPSS Statistics v20. Se consideraron aquellas correlaciones que resultaron significativas ( $p < 0,05$  y  $p < 0,01$ ).

### Variables biológicas

Las muestras del epilíton fueron tratadas según la metodología de Lobo *et al.* (1995). En el



**Fig. 2.** Promedios de precipitaciones (1966-1990) del área y meses estudiados.

sitio estudiado se recogieron al azar, cinco rocas expuestas a la corriente. Se utilizó una plantilla de acetato y se removió con cepillo una superficie conocida (5 x 4 cm). El raspado fue colocado en un envase con 100 ml de agua destilada y conservado en frío. En el laboratorio se separaron 50 ml de la muestra original que fueron reservados sin fijar para la cuantificación de la clorofila *a* (como estimador de la biomasa algal). Los 50 ml restantes se fijaron con formaldehído al 4% y se dividieron en dos partes iguales para realizar los análisis cualitativos y cuantitativos.

Para cuantificar la biomasa algal ( $\mu\text{g}$  de clorofila *a*  $\text{ml}^{-1}$ ) se aplicó el método espectrofotométrico monocromático (Lóez, 1995). En laboratorio se llevó a cabo la filtración empleando filtros Whatman GF/C de acuerdo a lo recomendado por Holm-Hansen (1978). Para completar la lisis celular se procedió a congelarlos a  $-18^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente fueron triturados y macerados en oscuridad, utilizando metanol como solvente. El extracto obtenido fue filtrado nuevamente y se realizó la lectura mediante un espectrofotómetro a las densidades ópticas de 665 nm y 750 nm. La concentración de clorofila *a* fue calculada según la fórmula de Talling & Driver (Ros, 1979).

Los análisis cualitativos fueron realizados con microscopio binocular Leica DM LS2 con cámara fotográfica incorporada y con contraste de fase a un aumento de 1200X. Para las diatomeas se procedió a la eliminación de la materia orgánica según la metodología propuesta por Battarbee (1986) mediante peróxido de hidrógeno y calor. Para realizar los preparatos permanentes se utilizó Naphrax® como medio de montaje.

En el estudio cuantitativo se siguió la técnica propuesta por Villafañe y Reid (1995), siguiendo a Luque (1998) se utilizaron cubreobjetos de 24 x 36 mm. Se prepararon cinco cámaras con tres transectas, para lo cual se tomó una alícuota de 0,2 ml y las cámaras fueron observadas bajo el objetivo de 40X a 500 aumentos. En el caso de los organismos filamentosos se consideró como unidad una longitud equivalente al largo de un organismo unicelular frecuente como *Ulnaria*. La identificación taxonómica se basó en: Desikachary (1959), Prescott (1982), Patrick & Reimer (1966), Round *et al.* (1990), Komárek & Anagnostidis (2005), Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991, 2000, 2004), Metzeltin *et al.* (2005), Maidana

& Seeligmann (2006). La diversidad epilitica se calculó mediante el índice de Shannon-Weaver (1963). Asimismo se aplicó el índice de equidad de Pielou (1966).

## RESULTADOS

### *Variables ambientales*

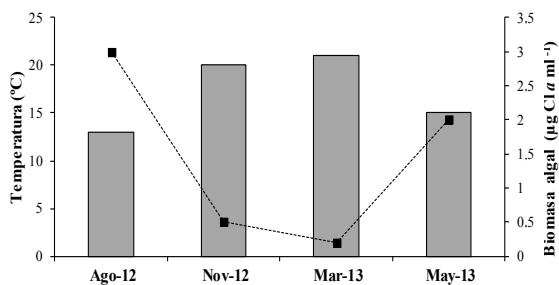
Los registros de las variables fisicoquímicas se muestran en la Tabla 1.

La temperatura mínima fue de  $13^{\circ}\text{C}$  en agosto/12 y la máxima se presentó en marzo/13 con  $21^{\circ}\text{C}$  (Fig. 3), se correlacionó con el promedio de precipitaciones ( $r= 0,99$ ;  $p<0,01$ ) (Fig. 2), el pH ( $r= -0,98$ ;  $p<0,05$ ), la biomasa ( $r= -0,97$ ;  $p<0,05$ ) y el  $\text{Ca}^{2+}$  ( $r= -0,95$ ;  $p<0,05$ ).

El promedio de la profundidad del arroyo fue de 11 cm, se correlacionó con la temperatura ( $r= 0,99$ ;  $p<0,01$ ), el pH ( $r= -0,95$ ;  $p<0,05$ ) y con el promedio de las precipitaciones ( $r= 0,99$ ;  $p<0,01$ ). Para el período

**Tabla 1.** Variables físicas y químicas del Arroyo Calimayo.

Variables	Invierno (Ago-12)	Primavera (Nov-12)	Verano (Mar-13)	Otoño (May-13)
Temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )	13	20	21	15
Prof. (cm)	9	10	16	8
pH (upH)	8,73	8,3	8,35	8,64
CE ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	631	470	280	476
OD ( $\text{mg L}^{-1}$ )	9,2	7,1	7,9	9,5
DBO <sub>5</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,6	0,6	0,3	0,9
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	213,5	195,2	103,7	183
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	108	48	24	72
SO <sub>4</sub> <sup>+</sup> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	5,76	4,3	9,61	2,8
Cl <sup>-</sup> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	17,73	25,82	17,73	17
Na <sup>+</sup> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	23	17,02	8,9	15
K <sup>+</sup> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	3,9	5,07	3,9	3,9
Ca <sup>2+</sup> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	80	20	26,6	46,6
Mg <sup>2+</sup> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	15,6	39,96	12	20
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	2,21	2,24	1,34	0,53
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,01	0,02	0,07	0,01
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,05	0,06	0,07	0,01
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,05	0,19	0,12	0,2



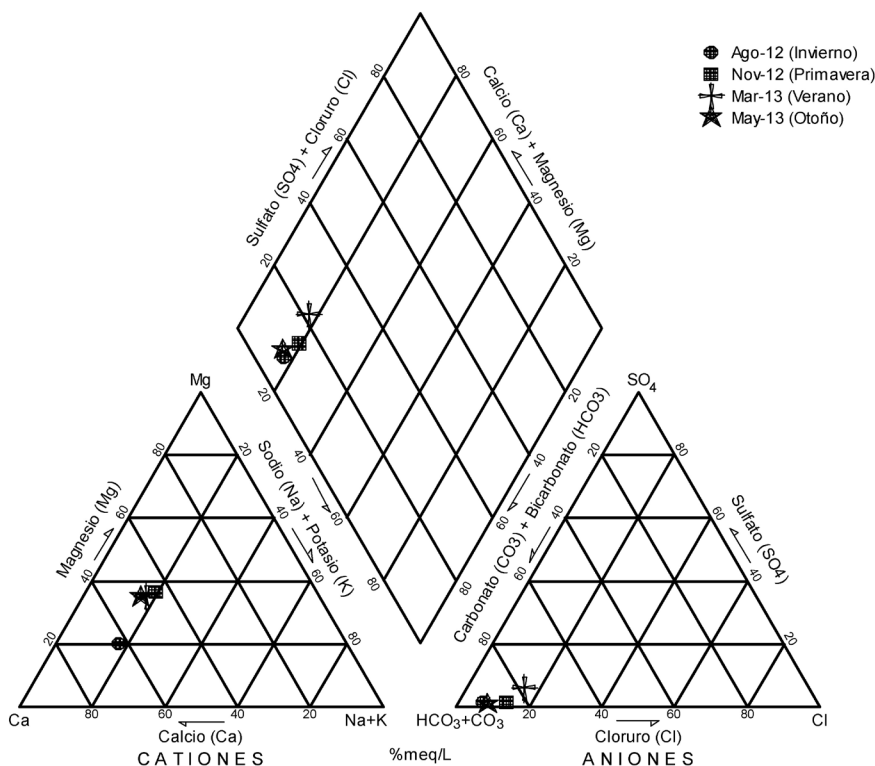
**Fig. 3.** Variaciones de temperatura y biomasa algal del Arroyo Calimayo.

analizado el pH fue, en general, alcalino (8,3-8,7) y se asoció con el  $\text{Ca}^{2+}$  ( $r=0,97$ ;  $p<0,05$ ) y con las precipitaciones ( $r=-0,95$ ;  $p<0,05$ ). La conductividad eléctrica fluctuó entre  $280 \mu\text{S cm}^{-1}$  en verano de 2013 a  $631 \mu\text{S cm}^{-1}$  durante agosto de 2012 y la correlación de esta variable fue significativa positiva con el fosfato ( $r=0,97$ ;  $p<0,05$ ).

Según el diagrama de Piper-Hill-Langelier la composición iónica fue bicarbonatada-cálcica (Fig. 4) y el diagrama de Stiff indicó una diferencia

estacional en la concentración de iones (Fig. 5). El  $\text{HCO}_3^-$  varió entre  $103,7 \text{ mg L}^{-1}$  (marzo/13) a  $213 \text{ mg L}^{-1}$  (agosto/12) y se observó una asociación con el  $\text{Na}^+$  ( $r=0,96$ ;  $p<0,05$ ). El contenido de  $\text{CO}_3^{2-}$  fluctuó entre  $24 \text{ mg L}^{-1}$  (marzo/13) a  $108 \text{ mg L}^{-1}$  durante invierno/12 y se correlacionó con el promedio de precipitaciones ( $r=-0,96$ ;  $p<0,05$ ). Los registros de  $\text{Ca}^{2+}$  variaron de  $26,6 \text{ mg L}^{-1}$  en verano/13 a  $80 \text{ mg L}^{-1}$  en invierno/12. El menor registro de  $\text{Na}^+$  se dio en marzo/13 ( $8,9 \text{ mg L}^{-1}$ ) y el mayor en invierno/12 ( $23 \text{ mg L}^{-1}$ ). Los tenores de  $\text{Mg}^{2+}$  fluctuaron de  $12 \text{ mg L}^{-1}$  (verano/13) a  $20 \text{ mg L}^{-1}$  (primavera/12). Las concentraciones de  $\text{K}^+$  fueron de  $3,9 \text{ mg L}^{-1}$  (agosto/12, marzo y mayo/13) y  $5 \text{ mg L}^{-1}$  durante noviembre/12, este ion se asoció de manera altamente significativa con el cloruro ( $r=0,99$ ;  $p<0,01$ ). Asimismo los registros de  $\text{Cl}^-$  oscilaron entre  $17 \text{ mg L}^{-1}$  (agosto/12, marzo y mayo/13) y  $26 \text{ mg L}^{-1}$  en primavera/12.

La concentración de OD fue de  $7,1 \text{ mg L}^{-1}$  (noviembre/12) a  $9,5 \text{ mg L}^{-1}$  (mayo/13). Los registros de  $\text{DBO}_5$  fueron bajos, siendo el mínimo en verano de 2013 ( $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ ) y en otoño del mismo año se



**Fig. 4.** Diagrama de Piper-Hill-Langelier.

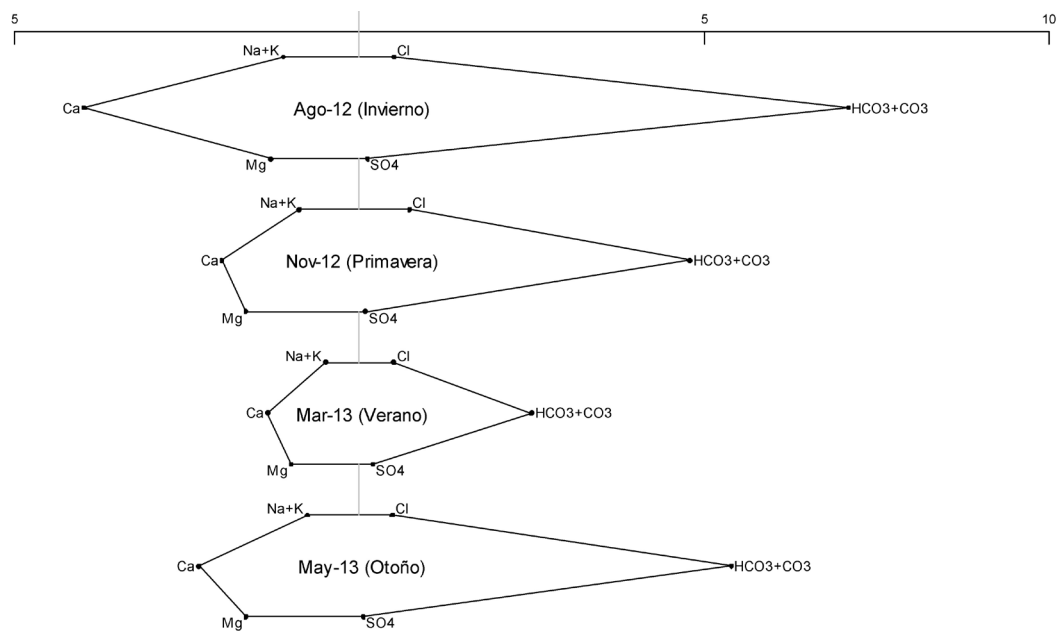


Fig. 5. Diagrama de Stiff.

presentó el máximo valor (0,9 mg L<sup>-1</sup>). Se encontró una correlación con el SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (r= -0,96; p<0,05).

El contenido de fosfato fue de 0,05 mg L<sup>-1</sup> en agosto/12 y 0,2 mg L<sup>-1</sup> en mayo/13. La concentración de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> tuvo su mínimo registro en el otoño/13 (0,53 mg L<sup>-1</sup>) y el máximo en primavera/12 (2,24 mg L<sup>-1</sup>). En relación al resto de los compuestos nitrogenados, los valores de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> y NH<sub>4</sub><sup>+</sup> oscilaron de 0,01 mg L<sup>-1</sup> (otoño/13) a 0,07 mg L<sup>-1</sup> (verano/13). El nitrito se correlacionó con la biomasa y el CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> (r= -0,95; p<0,05 y r= -0,96; p<0,05, respectivamente).

*Variables biológicas*

En la Tabla 2 se presenta la riqueza y densidad de las especies del epilíton del Arroyo Calimayo.

Se registraron un total de 85 taxones algales. La clase Bacillariophyceae fue la mejor representada en cuanto al número de especies con 69, seguida de las Divisiones Cyanophyta con 10, Chlorophyta con 5 y Rhodophyta con 1 (estado *Chantransia*). Las especies presentes en todas las estaciones fueron: *Amphipleura*

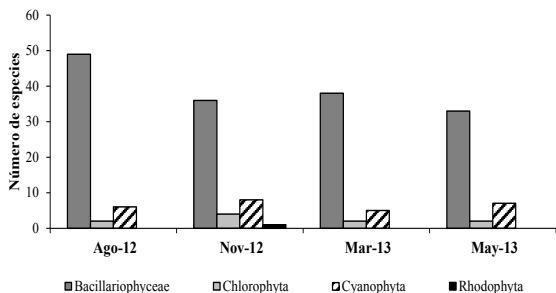


Fig. 6. Riqueza específica del epilíton del Arroyo Calimayo.

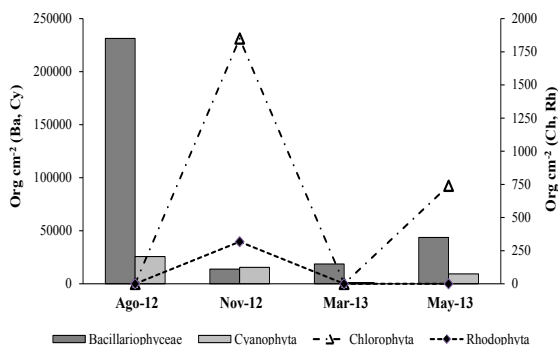


Fig. 7. Densidad algal del epilíton del Arroyo Calimayo.



**Tabla 2.** Riqueza específica y densidad del epilíton (org cm<sup>-2</sup>) del Arroyo Calimayo. Ref.: X= taxones sólo observados en el análisis cualitativo de las muestras.

Especies	Invierno (Ago-12)	Primavera (Nov-12)	Verano (Mar-13)	Otoño (May-13)
<b>Clase Bacillariophyceae</b>				
<i>Achnanthes brevipes</i> Agardh				370
<i>A. coarctata</i> (Brébisson) Grunow	X	X		X
<i>A. inflata</i> (Kützing) Grunow	1321	X	370	
<i>Amphipleura lindheimerii</i> Grunow	X	X	905	1998
<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & Archibald	1639	X		
<i>A. pediculus</i> (Kützing) Grunow	1850		634	846
<i>A. veneta</i> Kützing	X			529
<i>Bacillaria paradoxa</i> Gmelin	1691			
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Grunow	3512			
<i>C. placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehrenberg) Van Heurk	6961	2167	1427	8404
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	9525	740	X	X
<i>C. turgidula</i> Grunow	6766	X		
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	1522		X	
<i>Diploneis subovalis</i> Cleve		X		X
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleish) D.G. Mann			846	264
<i>Eunotia diodonopsis</i> Metzeltin & García Rodríguez			X	
<i>E. rabenhorstii</i> Cleve & Grunow			370	
<i>Fallacia monoculata</i> (Hustedt) D.G. Mann	2273			
<i>F. pygmaea</i> Kützing		X		
<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni			634	
<i>Gomphonema affine</i> Kützing	X	X	X	
<i>G. augur</i> Ehrenberg	5920			
<i>G. capitatum</i> Ehrenberg	X		X	740
<i>G. clevei</i> Fricke	X			
<i>G. gracile</i> Ehrenberg	2168	353		899
<i>G. olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson	4123	846	793	3489
<i>G. parvulum</i> (Kützing) Kützing	12.527	2009	1110	X
<i>G. pseudoaugur</i> Lange-Bertalot	X	334		
<i>G. truncatum</i> Ehrenberg	2273	X	529	
<i>G. ventricosum</i> Gregory	X			X
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	5709			
<i>Hippodonta capitata</i> Patrick	1216		X	
<i>Luticola goeoppertiana</i> (Bleisch) D.G. Mann			370	X
<i>L. mollis</i> Lange-Bertalot & Rumrich		X		
<i>L. mutica</i> (Kützing) D. G. Mann	2273	317	687	X

Especies	Invierno (Ago-12)	Primavera (Nov-12)	Verano (Mar-13)	Otoño (May-13)
<i>Melosira varians</i> Agardh	4017			264
<i>Navicula absoluta</i> Hustedt	X			
<i>N. crucicula</i> (W. Smith) Donkin		X		
<i>N. peregrina</i> (Ehrenberg) Kützing	2061	793		
<i>N. pseudolanceolata</i> Lange-Bertalot	13.796			
<i>N. radiosa</i> Kützing	10.360		687	
<i>N. saxophila</i> Bock ex Hustedt	X	X		
<i>N. tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory	9197	529	581	1427
<i>N. trivialis</i> Lange Bertalot	12.633	447	X	
<i>N. viridula</i> (Kützing) Ehrenberg	6607			
<i>Nizschia amphibia</i> Grunow	X		X	X
<i>N. bergii</i> Cleve-Euler		X		
<i>N. intermedia</i> Hantzsch	6237			
<i>N. linearis</i> (Agardh) W. Smith	13.161	423		1057
<i>N. palea</i> (Kützing) W. Smith	14.377	X	634	3911
<i>N. recta</i> Hantzsch	3455	634		
<i>Orthoseira roeseana</i> (Rabenhorst) O'Meara	X	X	317	X
<i>Pinnularia acrosphaeria</i> Rabenhorst	1956			X
<i>P. gibba</i> (Ehrenberg) Ehrenberg		793	317	
<i>P. microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve			X	
<i>P. parvulissima</i> Krammer			370	
<i>Placoneis elginensis</i> (Gregory) Cox		264		
<i>Planothidium biporum</i> (Hohn & Hellerman) Lange-Bertalot	X			X
<i>P. delicatum</i> Kützing			X	793
<i>P. frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	6184	X	846	1639
<i>P. lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot	5761	X	582	793
<i>P. lanceolatum</i> var. <i>haynaldii</i> (Schaarschmidt) Cleve			X	
<i>Pleurosigma</i> sp.			529	
<i>Reimeria uniseriata</i> Sala, Guerrero & Ferrario	14.694	1057	1850	6660
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Agardh) Lange-Bertalot	12.633	476	1533	X
<i>Sellaphora fallacioides</i> Lange-Bertalot & García-Rodríguez			X	317
<i>S. pupula</i> Kützing		475		
<i>Surirella angusta</i> Kützing			687	159
<i>Ulnaria ulna</i> (Kützing) Compère	19.399	687	740	8616
Diatomeas pennadas	1506	452	258	433
Subtotal de taxones	49	36	38	33
<b>Subtotal de densidades (org cm<sup>-2</sup>)</b>	<b>231.303</b>	<b>13.796</b>	<b>18.606</b>	<b>43.608</b>
<b>Div. Chlorophyta</b>				



Especies	Invierno (Ago-12)	Primavera (Nov-12)	Verano (Mar-13)	Otoño (May-13)
<i>Cladophora glomerata</i> (Linnaeus) Kützing		634		
<i>Closterium moniliferum</i> (Bory) Eherenberg		160		211
<i>Oedogonium</i> sp.	X	793	X	529
<i>Pandorina morum</i> (O.F. Müller) Bory de Saint-Vincent		264		
<i>Stigeoclonium</i> sp.	X		X	
<b>Subtotal de taxones</b>	2	4	2	2
<b>Subtotal de densidades (org cm<sup>-2</sup>)</b>	0	1850	0	740
<b>Div. Cyanophyta</b>				
<i>Chroococcus</i> sp.		899		
<i>Gomphosphaeria aponina</i> Kützing		264		
<i>Homoeotrix juliana</i> (Bornet & Flahault ex Gomont) Kirchner	X			581
<i>Lyngbya</i> sp. 1	4123	4176	X	2484
<i>Lyngbya</i> sp. 2	3224	687		1110
<i>Lyngbya</i> sp. 3			X	X
<i>Merismopedia glauca</i> (Eherenberg) Nägeli		317		
<i>Myxosarcina spectabilis</i> Geitler	3224	7717	475	3489
<i>Oscillatoria</i> sp. 1	4493	1427	X	1057
<i>Oscillatoria</i> sp. 2	10.571	X	740	581
Subtotal de taxones	6	8	5	7
<b>Subtotal de densidades (org cm<sup>-2</sup>)</b>	25.636	15.487	1215	9302
<b>Div. Rhodophyta</b>				
<i>Chantransia</i> sp.	0	317	0	0
Subtotal de taxones	0	1	0	0
<b>Subtotal de densidades (org cm<sup>-2</sup>)</b>	0	317	0	0
Total de Taxones	57	49	45	42
<b>Densidad Total (org cm<sup>-2</sup>)</b>	256.939	31.450	19.821	53.650

*lindheimerii* Grunow, *Cocconeis placentula* var. *lineata* (Ehrenberg) Van Heurk, *Cymbella affinis* Kützing, *Gomphonema olivaceum* (Hornemann) Brébisson *G. parvulum* (Kützing) Kützing, *Luticola mutica* (Kützing) D.G. Mann, *Navicula tripunctata* (O.F. Müller) Bory, *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith, *Orthoseira roeseana* (Rabenhorst) O'Meara, *Planothidium frequentissimum* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot, *P. lanceolatum* (Brébisson) Round & Bukhtiyarova, *Reimeria uniseriata* Sala, Guerrero & Ferrario, *Rhoicosphenia abbreviata* (Agardh) Lange-Bertalot, *Ulnaria ulna* Kützing, *Oedogonium* sp., *Lyngbya* sp.1, *Myxosarcina spectabilis* Geitler, *Oscillatoria* sp. 1 y *O.* sp. 2. La riqueza varió entre 42 (otoño/13) y 57 especies (invierno/12) (Fig. 6).

Se registraron taxones exclusivos en las diferentes épocas del año, diez en invierno, doce en primavera, siete en verano y 1 en otoño (Tabla 2). Los géneros de diatomeas con mayor número de especies fueron: *Gomphonema* (10), *Navicula* (9), *Nitzschia* (6), *Planothidium* (5) y *Pinnularia* (4). Las densidades epilíticas oscilaron entre 19.821 org cm<sup>-2</sup> (verano/13), siendo *Reimeria uniseriata* la de mayor abundancia con 1850 org cm<sup>-2</sup> y en invierno/12 256.939 org cm<sup>-2</sup> (el máximo aporte fue dado por *Ulnaria ulna* con 19.399 org cm<sup>-2</sup>). Las diatomeas fueron el grupo más abundante con valores comprendidos entre 13.796 org cm<sup>-2</sup> en noviembre/12 y 231.303 org cm<sup>-2</sup> en invierno del mismo año. La menor abundancia de las algas verdeazuladas se presentó en verano del 2013

con 1215 org cm<sup>-2</sup> y el mayor registro en invierno/12 con 25.636 org cm<sup>-2</sup> (*Oscillatoria* sp. 2 contribuyó con 740 y con 10.571 org cm<sup>-2</sup> en verano e invierno, respectivamente). La División Chlorophyta presentó densidades de 740 a 1850 org cm<sup>-2</sup> en otoño/13 y primavera/12, respectivamente siendo *Oedogonium* sp. el taxón con mayor aporte. La abundancia de las algas rojas sólo fue registrada durante la primavera/12 con 317 org cm<sup>-2</sup> (Tabla 2 y Fig. 7). En los recuentos del epilíton sólo 6 taxones estuvieron presentes en todo el período analizado y únicamente tres se correlacionaron con algunas variables ambientales: *Gomphonema olivaceum*, se correlacionó de manera inversa con la temperatura ( $r = -0,98$ ;  $p < 0,05$ ), el promedio de precipitaciones ( $r = -0,96$ ;  $p < 0,05$ ) y de manera directa con el pH ( $r = 0,99$ ;  $p < 0,01$ ), *Reimeria uniseriata* se asoció inversamente con la temperatura ( $r = -0,96$ ;  $p < 0,05$ ) y de forma altamente significativa con el pH ( $r = 0,99$ ;  $p < 0,01$ ) y *Ulnaria ulna*, presentó correlaciones negativas con temperatura y el promedio de precipitaciones ( $r = -0,99$ ,  $p < 0,01$ ;  $r = -0,97$ ,  $p < 0,05$ , respectivamente) y se relacionó de forma directa con el pH ( $r = 0,99$ ,  $p < 0,01$ ).

El índice de diversidad presentó una escasa variación entre 4 (otoño-13) a 4,8 (invierno-12). La equidad tuvo valores de 0,37 (invierno/12 y verano/13) y de 0,42 durante la primavera/12. La clorofila *a* como estimador de la biomasa epilítica tuvo el menor registro (0,2 µg ml<sup>-1</sup>) en verano/13 y el máximo durante invierno/12 (3 µg ml<sup>-1</sup>) (Fig. 3).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La composición química del agua de los principales ríos de Tucumán está fuertemente influenciada por la litología y por el carácter estacional en la distribución de las precipitaciones que producen variaciones en la calidad del agua entre las épocas de verano (período húmedo) e invierno (período seco) (García *et al.*, 2007).

La temperatura es un factor que afecta la permanencia y abundancia de las especies en los distintos ambientes. Los registros de temperatura del Arroyo Calimayo fueron concordantes con los cambios estacionales, con máximos valores en primavera-verano y mínimos en otoño e invierno.

La notable alcalinidad de las aguas se mantuvo durante el período analizado, lo que coincide con los datos registrados para el Arroyo Mista (Taboada &

Tracanna, 2013), río Las Moras (Taboada *et al.*, 2014) en Tucumán, los ríos Chucul, Santa Catalina, Tegua y Piedra Blanca en la provincia de Córdoba (Novoa, 2014; Luque & Martínez de Fabricius, 2003), entre otros.

El agua presentó una composición bicarbonatada-cálcica, en este sentido el arroyo responde a la litología de la zona de estudio.

Los iones presentes varían con la estacionalidad climática e hidrológica y afectan a la conductividad. Según Rodier (1990) este parámetro permite evaluar la mineralización global del agua, en consecuencia, el Arroyo Calimayo se encontró en el rango de una mineralización media (hasta 666 mS cm<sup>-1</sup>). La conductividad presentó un comportamiento estacional marcado con valores máximos en períodos de aguas bajas y mínimos en época estival debido al fenómeno de dilución provocado por el agua de lluvia. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Martínez & Donato (2003) para el río Tota en Bogotá (Colombia), en Tucumán: por Isasmendi *et al.* (2007) para el río Los Sosa y Martínez De Marco (2010), Martínez De Marco & Tracanna (2012) en el río Vipos.

El oxígeno es esencial para todas las formas de vida acuática, de acuerdo a Rodier, (1990) el agua de este arroyo estuvo bien oxigenada y sus valores excedieron el límite mínimo permitido por las normas vigentes, coincidiendo de esta manera por lo citado por Salusso (1998) para los ríos Juramento y Rosario en la provincia de Salta, por Isasmendi *et al.* (2007) en el río Blanquito (Tucumán), entre otros. En este estudio los registros de DBO<sub>5</sub> fueron menores a 2 mg L<sup>-1</sup> lo que se asemeja a los encontrados en zonas prístinas o con poco impacto antrópico (Moraña, 1998; Salusso, 1998; Mirande *et al.*, 1999; Isasmendi, *et al.*, 2007; Bustos, 2006). En relación a los valores de esta variable el tipo de agua se pudo caracterizar como oligosapróbica en verano/13 y oligo-β-mesosapróbica en las otras estaciones (Hamm, 1969).

Los parámetros fisicoquímicos muestran que la zona de estudio se encuentra influenciada por las diferencias en las precipitaciones, aumentando la concentración de los iones durante el estiaje y disminuyendo en épocas de lluvia. Además es importante destacar que el lugar presentó una ligera contaminación difusa, probablemente por el aporte de áreas cultivadas circundantes, lo que se evidenció en las concentraciones de nutrientes que no tuvieron una variación estacional.

El conjunto de variables ambientales ejercen influencia en la composición de especies y su densidad (Martínez & Donato, 2003). Los taxones presentes en la ficoflora del Arroyo Calimayo fueron en su mayoría de amplia distribución. Al comparar la riqueza epilítica con la del fitoplancton encontrada por Mirande (2006), se observó la presencia de 15 taxones comunes y 70 exclusivos para el epilíton de este arroyo.

Las diatomeas predominaron tanto cualitativamente como cuantitativamente, una característica común del epilíton que coincide con ríos de otros ambientes (Luque & Martínez de Fabricius, 2003; Gari & Corigliano, 2004; Bustos, 2006; Martínez De Marco *et al.*, 2007; Biasotti *et al.*, 2013). Las diatomeas pennadas, se destacaron sobre las céntricas característica de ambientes lóticos de bajo orden y escasa profundidad, coincidente con lo citado por diversos autores (Luque *et al.*, 1994; Martínez de Fabricius, 2000; Mirande, 2006). La taxocenosis epilítica tiene una considerable especialización para el hábitat y está más adaptada a los ambientes fluctuantes por su alta capacidad de colonización que se refleja en la formación de mantos o films y en la presencia de secreciones mucilaginosas que sirven para el desplazamiento o la fijación al sustrato (Peterson, 1996), lo que se destacó en diversas especies con estas características, por ejemplo *Myxosarcina spectabilis*. Este taxon se observó en la totalidad de las muestras y ha sido registrado en distintos sustratos alrededor de todo el mundo (Tell, 1973; Fernández Belmonte, 1998; Zalocar de Domitrovich *et al.*, 1998; Rindi, 2007), debido a la presencia de mucilago que favorece su adherencia, desarrollo y permanencia en estos hábitats.

La densidad algal fue máxima en el período invernal y los valores mínimos coincidieron con los meses cálidos. Esta disminución podría atribuirse a una dilución provocada por las crecidas y precipitaciones, frecuentes en el verano, lo que concuerda con ríos de Córdoba donde Luque & Martínez de Fabricius (2003) registraron fluctuaciones estacionales en la abundancia, con el máximo al comienzo del invierno y el mínimo en el período de aguas altas. En relación a la biomasa algal se observó las menores concentraciones en los meses cálidos (noviembre/12 y marzo/13) coincidiendo con los mayores valores pluviométricos, lo cual es concordante con lo

expuesto por Hynes (1970) y Liaw & McCrimmon (1978) que consideran que en un río de régimen torrencial, la acción abrasiva de la corriente es un factor responsable de la pérdida de algas epilíticas y por consiguiente una disminución de la clorofila *a* y densidades. El epilíton presentó fluctuaciones estacionales que fueron corroboradas con las correlaciones obtenidas, de manera que al disminuir la temperatura en el período seco se incrementaron la riqueza específica, densidad y biomasa algal, mientras que en el período húmedo estas variables se vieron negativamente afectadas.

El área analizada presentó un bajo impacto antropogénico, lo que se vio reflejado en los elevados valores de diversidad (> 3), acompañado con una mínima carga orgánica, lo que estaría indicando una buena calidad de agua (Branco, 1984). Los registros de equidad demostraron una distribución homogénea de las especies durante el año analizado. La presencia de especies como *Gomphonema olivaceum* y *Rhoicosphenia abreviata*, indicarían, en general, aguas poco contaminadas, reforzando lo determinado en base a lo anteriormente citado, estas especies han sido mencionadas para el río Avencó en España que presenta una leve incidencia humana (Sabater, 1984), lo que coincide con el tramo del Arroyo Calimayo analizado.

La composición de la taxocenosis epilítica estuvo influenciada principalmente por: temperatura, profundidad, precipitaciones y pH.

Dado a la falta de antecedentes del epilíton del Arroyo Calimayo los resultados obtenidos en este trabajo son de relevancia ya que por primera vez se citan 70 taxones algales y *Myxosarcina spectabilis* constituye un nuevo registro para la provincia de Tucumán, contribuyendo de esta manera a ampliar los conocimientos de la biodiversidad ficológica del Noroeste Argentino.

## AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a los revisores externos por las valiosas sugerencias realizadas en la preparación de esta publicación. Este trabajo fue financiado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET-Beca Doctoral), por la Fundación Miguel Lillo y por el Programa del Consejo de Investigaciones de la UNT 26G/446.

## BIBLIOGRAFÍA

- APHA, AWWA & WEF. 2005. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association, 21st. ed. Washington D. C.
- ALLAN, J. D. 1995. *Stream Ecology. Structure and function of running waters*. N. Y. Chapman & Hall, London.
- BATTARBEE, E. 1986. Diatom Analysis. In: BERGLUND, B. E. (ed.), *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*, pp. 527-570. J. Wiley & Sons Ltd., New York.
- BIASOTTI, A., S. ÁLVAREZ, G. BAZÁN & A. MARTÍNEZ DE FABRICIUS. 2013. Biodiversidad y distribución temporal fitoplanctónica en río Colorado, La Pampa, Argentina. *Biológicas* 15: 38-51.
- BRANCO, S. M. 1984. Limnología Sanitaria, estudio de la polución de aguas continentales. *Serie de Biología* 28: 1-120.
- BUSTOS, M. S. 2006. Evaluación de la Calidad del Agua en el río Lules (Tucumán-Argentina), con especial referencia a la Flora Algal. Tesina de Licenciatura, Universidad Nacional de Tucumán.
- CASTRO ROA, D. 2009. Desarrollo de un índice de diatomeas perifíticas para evaluar el estado de los humedales de Bogotá. Tesis de Magister, Universidad Nacional de Colombia.
- CATTANEO, A., S. GUITTORI & V. VENDEGMA. 1975. The development of benthonic phytocoenosis on artificial substrata in the Ticino River. *Oecologia* 19: 315-327.
- DESIKACHARY, T. V. 1959. *Cyanophyta*. Ind. Counc. Agr. Res., New Delhi.
- FERNÁNDEZ, D. S. 2012. Estudio Geoquímico ambiental de la cuenca del río Colorado, Provincia de Tucumán, Argentina. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Tucumán.
- FERNANDEZ, R. 1981. Geología del extremo sur de la Sierra de San Javier y Potrero de las Tablas. Seminario de Grado, Universidad Nacional de Tucumán.
- FERNANDEZ BELMONTE, M. C. 1998. Ficoflora Termal Asociada al Monumento Natural de Puente del Inca, Mendoza - Argentina. *Memorias del IV Congreso de Medioambiente Vol. II*: 114-118.
- GARCÍA, M. G., M. DEL V. HIDALGO & M. A. BLESA. 2007. Impacto del hombre sobre los humedales de la cuenca del río Salí. En: CICERONE, D. & M. DEL V. HIDALGO (eds.), *Los humedales de la cuenca del río Salí, Argentina*, pp. 127-144. Jorge Baudino Ediciones, Buenos Aires.
- GARI, N. & M. C. CORIGLIANO. 2004. La estructura del perifiton y la deriva algal en arroyos serranos. *Limnetica* 23: 11-24.
- GUIDO, E. & P. SESMA. 2014. Geografía Física. En: MOYANO, S., M. E. PUCHULU, D. S. FERNÁNDEZ, M. E. VIDES, S. NIEVA & G. ACEÑOLAZA, (eds.), *Geología de Tucumán*, pp. 29-48. Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán, Tucumán.
- HAMM, A. 1969. Die Ermittlung der Gewässergüteklassen bei Fließgewässern nach dem Gewässergütesystem und Gewässergütemogramm. *Münchner Beitr. Abwass. Fischerei und Flussbiologie* 15: 46-48.
- HOLM-HANSEN, O. 1978. Chlorophyll *a* determination: improvements in methodology. *Oikos* 30: 438-447.
- HYNES, H. B. N. 1970. *The Ecology of Running Waters*. Univ. Toronto Press., Toronto.
- INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN - IRAM. 1996. *Norma IRAM 29012-2: Calidad del Medioambiente, Agua: muestreo, directivas generales sobre técnicas*. Buenos Aires.
- INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN - IRAM. 1998. *Norma IRAM 29012-3: Calidad Ambiental, calidad del agua: muestreo: guía para la preservación y manipulación de las muestras*. Buenos Aires.
- INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN - IRAM. 2005. *Norma IRAM 301/ISO 17025: Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración*. Buenos Aires.
- ISASMENDI, S. C., B. C. TRACANNA, F. H. VENDRAMINI, M. G. NAVARRO, M. A. BARRIONUEVO & G. S. MEONI. 2007. Caracterización física y química de ríos de montaña (Tafi del Valle-Tucumán-Argentina). *Limnetica* 26: 129-142.
- KOMÁREK, J. & K. ANAGNOSTIDIS. 2005. *Cyanoprokaryota*, Band 19, Teil 2: Oscillatoriales. Süßwasssefflora von Mitteleuropa. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT. 1986. *Bacillariophyceae*, Band 2/1, Teil: Naviculaceae, Gustav Fischer Verlag, Jena.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT. 1988. *Bacillariophyceae*. Band 2/2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT. 1991. *Bacillariophyceae*, Band 2/3, Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT. 2000. *Bacillariophyceae*, Band 2/3, Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT. 2004. *Bacillariophyceae*, Band 2/4, Teil: Achnanthaceae.



## M. Á. Taboada *et al.* - Ficoflora epilítica y variables ambientales del Arroyo Calimayo

- Kritische Ergänzungen zu *Achnanthes* s.l., *Navicula* s. str., *Gomphonema*. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin.
- LIAW, W. K. & H. R. MACCRIMMON. 1978. Assessing changes in biomass of river bed periphyton. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.* 63: 155-171.
- LOBO, E., K. KATOH & Y. ARUGA. 1995. Response of epilithic diatom assemblages to water pollution in rivers in the Tokyo Metropolitan area, Japan. *Freshwater Biol.* 34: 191-204.
- LOEZ, C. 1995. Determinación de la clorofila *a*. En: LOPRETTO, E. C. & G. TELL, (eds.), Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio, pp. 263-269. Ed. Sur, La Plata.
- LUQUE, M. E. 1998. Comunidad Algal Fitoplanctónica y Epilítica del río Piedra Blanca (Córdoba, Argentina). Tesis de Maestría en Ecología Acuática Continental, Universidad Nacional del Litoral.
- LUQUE, M. E., A. L. MARTÍNEZ DE FABRICIUS & E. N. GARI. 1994. El componente algal en transporte en ríos y arroyos serranos de la cuenca del río Cuarto (Córdoba, Argentina). *Tankay* 1: 55-57.
- LUQUE, M. E. & A. L. MARTÍNEZ DE FABRICIUS. 2003. Distribución temporal del fitoplancton y epilíton en el río Piedra Blanca (Córdoba, Argentina). *Limnetica* 22: 19-34.
- MAIDANA, N. I. & C. SEELIGMANN. 2006. Diatomeas (Bacillariophyceae) de ambientes acuáticos de altura de la provincia de Catamarca, Argentina II. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 41: 1-13.
- MARTÍNEZ DE FABRICIUS, A. L. 2000. Bacillariophyceae del Río Cuarto, Provincia de Córdoba (Argentina), Familia Thalassiosiraceae, Melosiraceae y Diatomaceae. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 35: 33-48.
- MARTÍNEZ DE MARCO, S. 2010. Estudio de la comunidad fitoplanctónica en ríos de la Cuenca Superior del río Salí. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Tucumán.
- MARTÍNEZ, L. F. & J. DONATO. 2003. Efectos del caudal sobre la colonización de algas en un río de alta montaña tropical (Boyacá, Colombia). *Caldasia* 25: 337-354.
- MARTÍNEZ DE MARCO, S. N. & B. C. TRACANNA. 2012. Variaciones temporales del fitoplancton de los ríos tributarios y emisario del embalse C. Gelsi (Tucumán, Argentina). *Bol. Soc. Argent. Bot.* 47: 323-340.
- MARTÍNEZ DE MARCO, S. N., B. C. TRACANNA, M. A. BARRIONUEVO, M. G. NAVARRO, G. S. MEONI & A. P. CHAILE. 2007. Fluctuaciones de las variables físicas y químicas de los ríos Salí, Vipos y Tapia (Tucumán, Argentina). *Lilloa* 44: 19-38.
- METZELTIN, D., H. LANGE-BERTALOT & F. GARCÍA RODRÍGUEZ. 2005. *Diatoms of Uruguay. Compared with other taxa from South América and elsewhere*. A.R.G. Gantner Verlag, Königstein.
- MIRANDE, V. 2006. Riqueza del fitoplancton del Arroyo Calimayo (Tucumán, Argentina). *Lilloa* 43: 61-86.
- MIRANDE, V., N. ROMERO, M. A. BARRIONUEVO, G. S. MEONI, M. G. NAVARRO, M. C. APELLA & B. C. TRACANNA. 1999. Human impact on some limnological characteristics of the Gastona River (Tucumán, Argentina). *Acta Limnol. Bras.* 11: 101-110.
- MORAÑA, L. B. 1998. Estudio de la calidad del agua en un subsistema de ríos de la provincia de Salta sometidos a acción antrópica. Tesis de Magister, Universidad Nacional del Litoral.
- NOVOA, M. 2014. Diatomeas del Fitoplancton de sistemas fluviolacustres endorreicos del Sur de Córdoba. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Río Cuarto.
- PATRICK, R. M. & C. REIMER. 1966. The Diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii, V. 1. *Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 13: 1-688.
- PETERSON, C. G. 1996. Response of benthic algal communities to natural physical disturbance. In: STEVENSON, R. J., M. L. BOTHWELL & R. L. LOWE (Eds.), *Algal Ecology. Freshwater benthic ecosystems*, pp. 375-401. Academic Press, San Diego.
- PIELOU, E. C. 1966. The measurements of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.* 13: 131-144.
- POWELL, P. 2011. Respuesta de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos a efluentes industriales en la Provincia de Tucumán, Argentina. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Tucumán.
- PRESCOTT, G. M. 1982. *Algae of the Western Great Lake Area*. Otto Koeltz Science Publisher, West Germany.
- REYNOLDS, C. S. 1992. *Algae*. In: CALOW, P. & G. E. PETTS (eds.), *The rivers Handbook*, pp. 195-215. Blackwell, Oxford.
- RINDI, F. 2007. Diversity, distribution and ecology of green algae and cyanobacteria in urban habitats. In: SECKBACH, J. (ed), *Algae and Cyanobacteria in Extreme Environments*, pp. 619-638. Springer, Netherlands.
- RODIER, J. 1990. *Análisis de las Aguas*. Ed. Omega, España.
- ROLDÁN PÉREZ, G. & J. RESTREPO RAMÍREZ. 2008. *Fundamentos de Limnología Neotropical*, 2º Ed., Universidad de Antioquia, Colombia.
- ROS, J. 1979. *Prácticas de Ecología*. Ed. Omega, Barcelona.
- ROUND, F. E., R. M. CRAWFORD & D. G. MANN. 1990. *The Diatoms. Biology and Morphology of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge.

- ROUT, J. & J. P. GAUR. 1994. Composition and dynamics of epilithic algae in forest stream at Shillong (India). *Hydrobiologia* 29: 61-74.
- SABATER, S., 1984. Análisis de la sucesión de una comunidad fitobentónica de un río. *Limnética* 1: 148-152.
- SABATER, S., J. DONATO, A. GIORGI & A. ELOSEGI. 2009. Conceptos y Técnicas en Ecología Fluvial. En: ELOSEGI, A. & S. SABATER (eds.), El río como ecosistema, pp. 23-37. Fundación BBVA, España.
- SALUSSO, M. 1998. Evaluación de la calidad del agua de dos ríos del Valle de Lerma (Salta) sometidos a acción antrópica. Tesis de Magister, Universidad Nacional del Litoral.
- SHANNON, C. E. & W. WEAVER. 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. Univ. Illinois Press, Urbana.
- TABOADA, M. A. & B. TRACANNA. 2013. *Ficoflora y Calidad del Agua del Arroyo Mista (Tucumán-Argentina)*. Editorial Académica Española, Barcelona.
- TABOADA, M. A., S. MARTÍNEZ DE MARCO, B. C. TRACANNA, V. MIRANDE & S. ISASMENDI. 2014. Composición fitoplanctónica y calidad del agua de un río del Noroeste Argentino. XXXI Jornadas Científicas de la Asociación de Biología de Tucumán, Horco Molle.
- TELL. G. 1973. Cyanophyta epifitas de las Lagunas de Chascomús, El Burro, Yalca y Vitel (Prov. de Buenos Aires, Argentina). *Darwiniana* 18: 129-152.
- TINEO, A. 2007. Aspectos Hidrogeológicos: Los humedales de la Cuenca en la Llanura Oriental, Provincia de Tucumán. En: CICERONE, D. S. & M. DEL V. HIDALGO (eds.), Los Humedales de la Cuenca del Río Salí, Argentina, pp. 49-54. Jorge Baudino Ediciones, Buenos Aires.
- VILLAFANE, V. & F. REID. 1995. Métodos de Microscopía para la cuantificación del fitoplancton. En: ALVEAL, K., M. FERRARIO, E. OLIVEIRA & E. SAR (eds.), Manual de métodos ficológicos, pp. 169-189. Universidad de Concepción, Concepción.
- ZALOCAR DE DOMITROVICH, Y., V. ASSELBORN & S. CASCO. 1998. Variaciones espaciales y temporales del fitoplancton en un lago subtropical de Argentina. *Rev. Brasil. Biol.* 58: 359-382.

Recibido el 8 de abril de 2015, aceptado el 30 de junio de 2015.