

# EL EFECTO DE ARROYOS TRIBUTARIOS DE MENOR ORDEN SOBRE EL PERIFITON DE UN RÍO DE LLANURA

GARI, N. & M. DEL C. CORIGLIANO

*Departamento de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta Nacional 36, Km. 601, Campus Universitario, 5800 Río Cuarto ngari@exa.unrc.edu.ar ; mcorigliano@exa.unrc.edu.ar*

## ABSTRACT

Confluence zones are important places to analyze discontinuities that succeed in the river continuum, when two streams of different order link up with their collector. In this work we analyzed the periphyton composition and structure in the confluence of two mountain streams, where Chocancharava river (Cuarto river) foothill reach begins, in Córdoba province. Monthly periphyton samples were taken by scraping a known surface, in three sites located in Piedras Blancas and San Bartolomé stream confluence at 550 m a.s.l. TWINSPAN classification and sample and species ordinations by means of Canonic Correspondence Analysis (CCA) were carried out. Seventy one algae species were determined. Bacillariophyceae and Chlorophyceae presented higher species richness. Dominant species were *Cocconeis placentula* var. *euplypta* and *Achnanthydium minutissimum*, both exhibited an annual bimodal distribution pattern, with maximal densities in autumn and spring. CCA clusters demonstrated seasonal changes in periphyton structure. Summer species were associated to higher temperature and precipitations, and winter species (were associated) to higher conductivity and pH. The tributary of minor order, San Bartolomé stream, evidenced a wider distance in the sample grouping; its flora was different in winter months, during the phase of low water levels. From the obtained results it is concluded that at the confluence sectors the composition and structure of the higher order stream is continuous with the principal river during low water levels while, during high water levels, the periphyton of both tributaries colonize the receiving river.

**Key Words:** periphyton, streams, confluence, algae.

## INTRODUCCIÓN

La entrada de un tributario a un curso de agua principal alterará la continuidad estructural y funcional del sistema con los aportes de una carga biológica de diferente composición y el transporte de materia orgánica e inorgánica de diferente grado de procesamiento y tamaño (Vannote *et al.*, 1980). Las confluencias, además, constituyen zonas de transición donde se producen cambios hidráulicos significativos que afectan la distribución, en el perfil longitudinal, de las comunidades fluviales

y, cuando se unen dos afluentes de diferente orden, se producen perturbaciones en el continuo fluvial. (Statzner & Higler, 1986). A pesar de ello, las zonas de confluencia no han recibido suficiente atención en lo que se refiere al análisis comparativo del recambio de especies del perifiton y la influencia de un tributario sobre la composición algal del curso principal no ha sido suficientemente examinada.

Según estudios bioecológicos y florísticos desarrollados en la cuenca del río Chocancharava (Martínez de Fabricius, 1996; Luque *et al.*, 1997;

Luque & Martínez de Fabricius, 2000; Gari & Corigliano, 2003), las algas epilíticas y el componente en transporte presentan una riqueza de especies de diatomeas muy alta. Se ha observado que el componente en transporte está constituido por efectivos planctónicos, descargados en los ríos desde remansos, hoyas o embalses y una gran fracción del número de especies son en realidad formas derivantes del perifiton (Martínez de Fabricius & Corigliano, 1989; Gari, 2002), siendo las más frecuentes y abundantes *Achnanthydium minutissimum* y *Cocconeis placentula* var. *euglypta*. La emigración hacia la deriva, la inmigración sobre el sustrato y posterior colonización son procesos importantes que regulan la composición de diatomeas bentónicas y la productividad primaria. Estos procesos influyen, no sólo sobre los atributos de las comunidades algales, sino también sobre los herbívoros filtradores y raspadores y, a partir de ellos, sobre los demás gremios de una red trófica fluvial (Power & Stewart, 1987; Corigliano & Malpassi, 1994). Los procesos relacionados con la actividad de desplazamiento de algas en el continuo son un factor clave en la comprensión de la ecología fluvial, al ser las redes tróficas el núcleo central del funcionamiento de los ecosistemas.

El pH, la profundidad del arroyo y la velocidad de corriente actúan indirectamente sobre las algas, afectando su tasa migratoria. El pH puede alterar las propiedades electroquímicas del biofilm y de la superficie del sustrato; la profundidad del arroyo puede modificar la cantidad de organismos migrantes en un área del sustrato y los efectos del flujo de corriente sobre la migración de diatomeas son complejos (Stevenson & Peterson, 1989; Stevenson, 1990). Por ello, en las zonas de confluencia, donde se suceden perturbaciones geomorfológicas, hidráulicas y fisico-químicas, el transporte de células de algas desde el perifiton, derivantes en los arroyos tributarios,

iniciaría procesos de competencia en la colonización del arroyo receptor afectando la continuidad del ciclo de emigración, deriva, inmigración y colonización (Stevenson *et al.*, 1991), que existe al interno de un mismo canal.

En este trabajo se analizan los cambios en la composición y estructura del perifiton en la confluencia de dos arroyos serranos, a partir de la cual se establece el inicio del tramo piedemontano del río Chocancharava (Cuarto) en la provincia de Córdoba.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los sitios de muestreo se encuentran en los tramos de confluencia de los arroyos Piedras Blancas y San Bartolomé aproximadamente a 550 m s.n.m y entre los 33° 56' S y los 64° 41' O. El sitio 1 está ubicado en el arroyo Piedras Blancas a 100 metros aguas arriba de la confluencia (1), el sitio 2 en el arroyo San Bartolomé a 200 metros aguas arriba de la confluencia (2) y el sitio 3 en el río Chocancharava a 200 metros aguas abajo de la confluencia (3) (Figura 1).

Los muestreos se realizaron mensualmente desde Abril de 1994 a Mayo de 1995, teniendo en cuenta el mismo rango horario. En cada sitio se registraron las variables hidráulicas: velocidad de corriente, ancho, profundidad del cauce; variables fisico-químicas: temperatura del agua y del aire, pH, conductividad y sólidos disueltos (con sensores portátiles). Se determinó la granulometría del sedimento según Hynes (1970) y el número de orden de los arroyos según Strahler (1981). Las determinaciones químicas de las aguas se realizaron semestralmente, en aguas bajas y altas, siguiendo las técnicas de APHA (1989).

Las muestras se colectaron por el método estratificado al azar (Venrick, 1995) en una corredera en cada uno

de los sitios y se obtuvieron un total de 36 muestras. En el sustrato obtenido al azar, las superficies raspadas alcanzaron un promedio de 100 cm<sup>2</sup>. Pevio a la fijación de las muestras con formaldehido al 4%, se observó el material vivo al microscopio óptico a fin de estimar poblaciones de formas coloniales y flageladas, que por lo general tienden a modificarse con el fijador. Para el análisis taxonómico se utilizó bibliografía específica de cada grupo y/o sección en particular: Desikachary, (1959); Prescott, (1962); Patrick & Reimer, (1966, 1975); Germain, (1981); Archibald, (1983); Tell & Conforti, (1986); Krammer & Lange-Bertalot, (1986, 1988, 1991a, 1991b), Round *et al.* (1990), Round & Bukhtiyarova (1996), donde se incluyen sinonimias posteriores al tratado de Van Landingham (1967-1979).

Los recuentos se realizaron por transectas según el método propuesto por Villafañe & Reid (1995). Se predeterminaron tres transectas horizontales equidistantes evitando los efectos de borde. Se utilizaron portaobjetos y cubreobjetos de 24 x 50 mm, en el portaobjeto se sedimentó una alícuota de 0.3 ml, esto permitió la observación del material con 400 aumentos. El número de cámaras contadas, hasta no registrar nuevas especies, fue de 5 para cada muestra. Se consideró como unidad de recuento al organismo (colonia, unicelular, cenobio, filamento). Para los filamentos, el equivalente a organismo fue la longitud promedio de un organismo unicelular frecuente como *Synedra* y/o *Fragilaria*. Los cálculos de densidad se expresaron en org.cm<sup>-2</sup>.

La clasificación de las especies y muestras se realizó por TWINSPAN (Hill, 1979) y el ordenamiento por Análisis de Correspondencia Canónico (CCA) CANOCO (Ter Braak, 1988). Se incluyeron en estos análisis aquellas especies cuya abundancia relativa fue  $\geq 1\%$  en por lo menos una de las muestras. Las variables biológicas y

ambientales fueron transformadas utilizando  $\log(x+1)$ .

## RESULTADOS

Los sitios estudiados se caracterizaron por presentar valores de velocidad de corriente dentro de rangos y promedios que van de 0.33 m.s<sup>-1</sup> a 1 m.s<sup>-1</sup>, mientras que la profundidad aumentó desde los arroyos de menor orden, promedio 0.10 m, hasta 1 m en el río colector. Se observaron amplios rangos de variación en cada sitio a lo largo del año indicativo de las condiciones de estiaje y creciente. Los valores mensuales de temperatura se relacionaron con los registros térmicos estacionales. Se categorizaron químicamente las aguas como bicarbonatadas-cálcicas, con:  $\text{CO}_3\text{H}^- > \text{SO}_4^{=}$  >  $\text{Cl}^-$  y  $\text{Ca}^{++} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{++} > \text{K}^+$ .

Se determinó un total de 71 especies, distribuidas en 4 clases (Tabla 1), Bacillariophyceae: 53, Chlorophyceae: 13, Cyanophyceae: 4 y Euglenophyceae: 1. La mayor densidad se presentó en el sitio 2, durante el mes de Abril de 1995, con un total de 176.721 org.cm<sup>-2</sup>, mientras que para el mismo sitio durante el mes de Febrero, correspondió la menor densidad, con un total de 1.823 org.cm<sup>-2</sup>. La densidad mensual de los tres sitios estudiados mostró un incremento durante el período de otoño-invierno, que fue determinado en los tres sitios por las densidades de los organismos de la clase Bacillariophyceae. Las especies con las mayores densidades pertenecieron a las clases Bacillariophyceae, Chlorophyceae y Cyanophyceae. En el sitio 1 las especies seleccionadas (abundancia relativa  $\geq 1\%$ ) contribuyeron con el 79% del total de la densidad; en el sitio 2 contribuyeron con el 81%, mientras que en el sitio 3 lo hicieron con el 82%.

La clasificación de las muestras por el método de TWINSPAN separó dos grupos en la primera división. Uno

**Tabla 1.** Lista taxonómica de la comunidad algal de deriva y perifiton en los sitios estudiados durante el período 1994-1995.

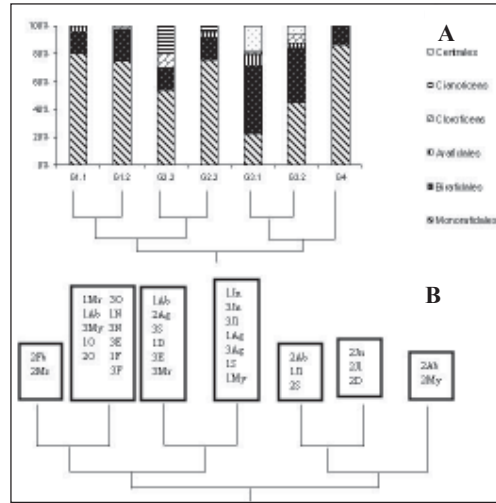
		SITIOS		
		1	2	3
BACILLARIOPHYCEAE				
*	ae	<i>Achnanthydium exiguum</i> (Grun.) Czarnecki	+	+
*	am	<i>Achnanthydium minutissimum</i> (Kütz.) Czarnecki	+	+
*	ali	<i>Amphipleura lindeheimeri</i> Grun.		+
*	ap	<i>Amphora pediculus</i> (Kütz.) Grun.	+	+
*	av	<i>Amphora veneta</i> Kütz.	+	
*	cd	<i>Células de diatomeas</i>	+	+
*	cp	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehr.) Cl.	+	+
	cp <sub>1</sub>	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehr.) V.H.	+	+
*		<i>Craticula cuspidata</i> (Kütz.) D.G. Mann	+	+
	ca	<i>Cymbella affinis</i> Kütz.	+	+
	dk	<i>Denticula kuetzingii</i> Grunow		+
*	dv	<i>Diatoma vulgare</i> Bory	+	+
	emi	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse ex Rabh.) D.G. Mann	+	
	ea	<i>Epithemia argus</i> (Ehr.) Kütz.		+
	es	<i>Epithemia sorex</i> Kütz.	+	
*	go	<i>Gomphonema olivaceum</i> (Lyngb.) Kütz.	+	
*	gp	<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kütz.		+
*		<i>Gomphonema</i> sp.		+
	ha	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun. fo. <i>capitata</i> O. Müller	+	+
*	mv	<i>Melosira varians</i> Ag.	+	+
*	nca	<i>Navicula capitata</i> Ehr.	+	+
*	nc	<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.	+	+
*	nx	<i>Navicula exigua</i> Greg. ex Grun.		+
*	nh	<i>Navicula hambergii</i> Huso.	+	+
*	npe	<i>Navicula perminuta</i> Grun.	+	+
*	npr	<i>Navicula pupula</i> var. <i>rectangularis</i> (Greg.) Grun.	+	+
*	nr	<i>Navicula radiosa</i> Kütz.	+	+
*	nry	<i>Navicula rhyncocephala</i> Kütz.	+	+
*	ns	<i>Navicula salinarum</i> Grun.	+	+
*	nsp	<i>Navicula</i> sp.	+	+
*	na	<i>Nitzschia acicularis</i> (Kütz.) W. Smith	+	+
	nic	<i>Nitzschia capitellata</i> Usted		+
*	nd	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kütz.) Grunow	+	+
	nf	<i>Nitzschia frustulum</i> (Kütz.) Grunow	+	+
		<i>Nitzschia gandersheimiensis</i> Krasske		+
*	nl	<i>Nitzschia linearis</i> (Ag.) W. Smith	+	+
*	np	<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith	+	+
*	ns	<i>Nitzschia sigma</i> (Kütz.) W. Smith	+	+
	nsp <sub>2</sub>	<i>Nitzschia</i> sp <sub>2</sub>	+	+
*		<i>Pinnularia abaujensis</i> (Pant.) Ross		+
*	pb	<i>Pinnularia biceps</i> Greg	+	+
	pbo	<i>Pinnularia borealis</i> Ehr.	+	+
	pd	<i>Pinnularia divergens</i> W. Smith		+
		<i>Pinnularia mesogongyla</i> Ehr.		+
	ne	<i>Placoneis elginensis</i> (Greg.) Cox	+	+
*		<i>Planothidium hauckianaum</i> (Grun.) Round & Bukhtiyarova	+	+
	pl	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Breb.) Round & Bukhtiyarova	+	+
*	spu	<i>Sellaphora pupula</i> (Kütz.) Mereschkowsky		+
	fc	<i>Staurorsira construens</i> (Ehr.) Williams & Round	+	+
	ru	<i>Reimeria uniseriata</i> Sala, Guerrero & Ferrario	+	+
*	rg	<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehr.) Müller		+
	rm	<i>Rhopalodia musculus</i> (Kütz.) O. Müller	+	
	su	<i>Synedra ulna</i> (Nitz.) Ehr.	+	+
*	af	<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda	+	+
CHLOROPHYCEAE				
*	cc	<i>Células de Clorofilas</i>		+
*	cs	<i>Células semejante a Scenedesmus</i>	+	+
*	csp	<i>Chlamydomonas</i> sp.		+
	cf	<i>Chlorophyta filamentosa</i>		+
*		<i>Chlorophyta unicelular</i>	+	+
	cg	<i>Cladophora glomerata</i> (L.) Kütz.	+	+
*	mp	<i>Microspora pachyderma</i> (Wille) Lagerheim	+	
*	mc	<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret in Bréb.) Kom.-Leg.	+	+
		<i>Pediastrum boryanum</i> (Turpin) Men		+
	sa	<i>Scenedesmus acuminatum</i> (Lagerheim) Chodat		+
		<i>Scenedesmus acuminatum</i> f. <i>globoso</i> Hortob. et Németh		+
*		<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ralfs) Chodat		+
CYANOPHYCEAE				
		<i>Anabaena</i> sp.		+
*		<i>Cyanophyta filamentosa</i>	+	+
*	lm	<i>Lyngbia aff. Metatrachia</i>	+	+
	oo	<i>Oscillatoria obscura</i> Bruhl et Biswas	+	+
	eu	<i>Euglena</i> sp.		+



**Figura 1.** Ubicación de los sitios de muestreo en la cuenca del río Chocancharava (Córdoba, Argentina).

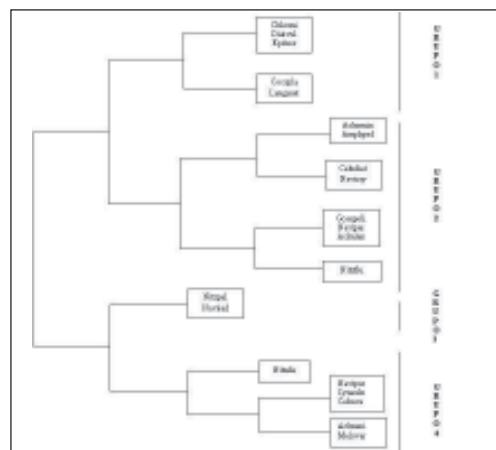
formado por las muestras del sitio 2 y caracterizado por la mayor abundancia de especies de la clase Bacillariophyceae correspondientes a los órdenes Centrales, Monoraphidales y Biraphidales. El otro grupo constituido por las muestras de los otros dos sitios, se caracterizó por la mayor abundancia de especies de la clase Cyanophyceae y Bacillariophyceae, con el orden Monoraphidales (Figura 2 A y B).

Las especies indicadoras que determinaron la separación en cuatro grupos fueron: *Reimeria uniseriata*, *Cocconeis placentula* var. *lineada*, *Cocconeis placentula* var. *euglypta* y *Navicula hambergii*, que separaron el grupo 1 y 2. El grupo 1 estuvo integrado por muestras de épocas de aguas altas de los tres sitios, con mayor abundancia de Monoraphidales. El grupo 2 estuvo integrado por las muestras de los periodos de aguas bajas, con presencia de especies de la clase Cyanophyceae. La separación de los grupos 3 y 4 la realizó la especie indicadora *Navicula perminuta*. Los dos primeros niveles de corte del dendrograma, resultante de la clasificación de las especies, determinaron la división de cuatro grupos principales. El grupo 1 incluyó *Lyngbya metatrichia*, *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, y *Diatoma vulgare*. El grupo dos incorporó a diato-



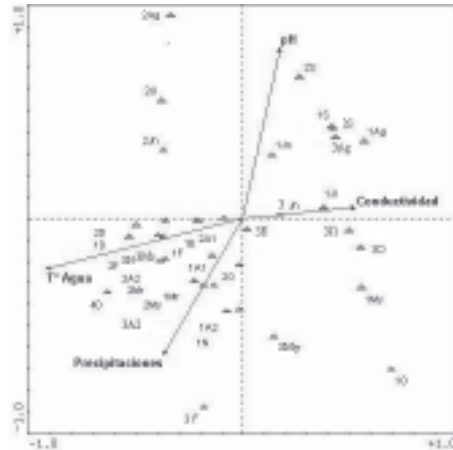
**Figura 2.** Clasificación por TWINSpan de las muestras y taxones en la zona de confluencia de los arroyos Piedras Blancas y San Bartolomé durante el periodo 1994-95. (A) Abundancia relativa de los principales taxa (B): Agrupación de las muestras.

meas con abundantes densidades como *Achnantheidium minutissimum*, *Amphora pediculus* y *Reimeria uniseriata*, *Nitzschia frustulum* y varias especies del género *Navicula*. El grupo tres estuvo formado por *Navicula radiosa* y *Nitzschia palea*. Finalmente el cuarto grupo contó con la presencia de *Melosira varians* y *Synedra ulna* (Figura 3).



**Figura 3.** Clasificación por TWINSpan de las especies en el perifiton de la zona de confluencia de los arroyos Piedras Blancas y San Bartolomé durante el periodo 1994-1995. (Las abreviaturas se encuentran en la Tabla 1).

Del análisis de Correspondencia Canónica (CCA), efectuado a las muestras y a las especies, con siete variables ambientales, los autovalores de los dos primeros ejes fueron 0.096 y 0.075, respectivamente. La correlación entre las especies y las variables ambientales fue de 0.84 para el eje 1 y de 0.73 para el eje 2. El porcentaje de varianza acumulada por los dos ejes para explicar la relación fue de 57 %. Los ejes 1 y 2 capturaron el 11 % de la varianza acumulada en los datos de las especies. La temperatura del agua, la conductividad y los sólidos disueltos estuvieron correlacionados con el eje 1, mientras que las precipitaciones y el pH lo hicieron con el eje 2. Las mayores correlaciones entre las variables ambientales estuvieron dadas por conductividad con sólidos disueltos ( $r: 0.758$   $p < 0.01$ ) y precipitaciones con temperatura del agua ( $r: 0.612$   $p < 0.01$ ). La prueba de permutación de Monte Carlo indicó que el primer eje fue estadísticamente significativo ( $p=0.035$ ). La significación de los coeficientes de correlación por la aproximación de la prueba t-test, indicó que la temperatura del agua ( $p < 0.01$ ) explica el ordenamiento en el eje 1 y pH, precipitaciones ( $p < 0.01$ ), conductividad, sólidos disueltos ( $p < 0.05$ ) en el eje 2 (Tabla 2). Basados en la correlación entre-grupos, el primer eje se interpretó por un gradiente de

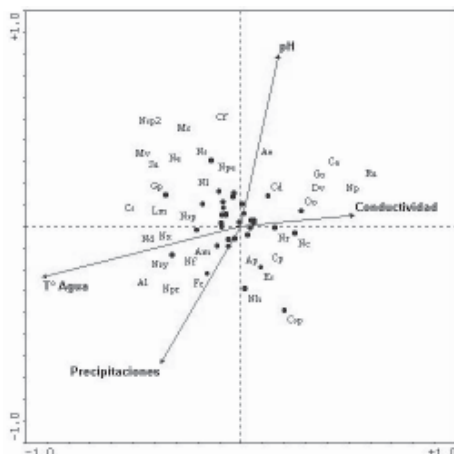


**Figura 4.** Ordenación por CCA de las muestras de perifiton con las variables ambientales, en la confluencia de los arroyos Piedras Blancas y San Bartolomé, durante el período 1994-1995. (1: A° Piedras Blancas; 2: A° San Bartolomé; 4: río Chocancharava. A<sub>1</sub>: abril 1994; Jn: junio; Jl: julio; Ag: agosto; S: setiembre; O: octubre; N: noviembre; D: diciembre; E: enero; F: febrero; Mr: marzo; A<sub>2</sub>: abril 1995; My: mayo).

temperatura del agua en sentido opuesto a los gradientes de conductividad y sólidos disueltos y el segundo eje por un gradiente de precipitaciones en sentido opuesto al gradiente de pH (Figuras 4 y 5). Usando la selección previa con prueba de Monte Carlo, el CCA identificó 5 variables ambientales que explicaron, con proporciones independientes signi-

**Tabla 2.** Coeficientes canónicos de 6 variables ambientales registradas en los tres sitios de perifiton e incluidas en el CCA; sus t-valores y sus correlaciones entre-grupos (\*: significativa a  $p < 0.05$ , \*\*: altamente significativa a  $p < 0.01$ ; n: 36)

Variables Ambientales	Coeficiente Canónico		t-valor de Coef. canónico		Correlación entre-grupos	
	Eje 1	Eje 2	Eje 1	Eje 2	Eje 1	Eje 2
T° Agua	-1,1971	-0,077	-6,6909 **	-0,4235	-0,6917	0,3693
pH	-0,2439	-0,4734	-1,5343	-2,9306 **	0,039	-0,5653
Vel. Cte	0,3405	0,4584	2,3157	3,0688 **	0,1417	0,4318
Conductividad	-0,062	-0,9939	-0,2919	-4,6047 **	0,3518	-0,2457
Sol. Disueltos	0,1398	1,0467	0,5732	4,2229 **	0,3472	-0,125
Precipitaciones	0,3266	0,5579	1,7637	2,9655 **	-0,2035	0,4882



**Figura 5.** Ordenación por CCA de las especies en el perifiton con las variables ambientales, en la confluencia de los arroyos Piedras Blancas y San Bartolomé, durante el período 1994-1995. (Para las abreviaturas ver Tabla 1).

ficativas, la variación de las asociaciones. El porcentaje de participación de las variables ambientales en el ordenamiento fue: temperatura del agua 9%, pH 6%, precipitaciones 6%, conductividad 5% y sólidos disueltos 4%. La velocidad de corriente no dio proporciones significativas. En el ordenamiento las muestras de aguas bajas correspondientes al arroyo San Bartolomé, se separan y forman un grupo aislado de las muestras de los otros dos sitios, mientras que en aguas altas, los tres sitios se encuentran ordenados en un mismo grupo.

## DISCUSIÓN

La flora algal perifítica en el área de confluencia de los arroyos Piedras Blancas y San Bartolomé estuvo compuesta por un total de 71 especies. Su densidad, riqueza y diversidad alcanzaron los máximos valores en otoño-primavera, período sin precipitaciones. Cuando los valores pluviométricos aumentan, las densidades perifíticas disminuyen abruptamente.

En ambientes lóticos de régimen torrencial, como el área estudiada, uno de los factores responsables de la pérdida de algas perifíticas es la acción abrasiva de la corriente, a la vez que se incorporan otros factores físicos y químicos (Hynes, 1970; Aboal *et al.*, 1996; Ghosh & Gaur, 1998; Passy *et al.*, 1999; Shteinman *et al.*, 1999). La disminución de las densidades de algunos organismos durante las estaciones de otoño-primavera, puede deberse al control biológico que ejercen los pastores y la competencia entre las especies sobre el perifiton (Biggs *et al.*, 1998; Eulin & Le Cohu, 1998; Wootton, 1998).

La clase Bacillariophyceae predominó cualitativa y cuantitativamente, al igual que en otros ambientes lóticos. La riqueza de especies y la densidad de los organismos del orden Pennales prevalecieron sobre los Centrales, contrariamente a resultados obtenidos para otros ríos de mayor porte como el río Paraná y tributarios (García de Emiliani, 1990) y el río Salado (O' Farrell, 1993). Investigaciones realizadas en el río Chocancharava por Martínez de Fabricius (1996) ponen en evidencia que el déficit de diatomeas céntricas ocurre tanto en zona de cabezales como río abajo, con un predominio notable de organismos del orden Pennales.

Las mayores densidades promedio en la comunidad perifítica de los sitios estudiados a lo largo del ciclo anual, la presentaron *Achnanthes minutissima*, *Cocconeis placentula* var. *euglypta* y *Amphora pediculus*, para el arroyo Piedras Blancas y el río colector. Para el arroyo San Bartolomé lo hicieron: *A. minutissimum*, *Navicula cryptocephala*, *Melosira varians* y *Nitzschia frustulum*. Estos resultados pueden deberse a interacciones intra e interespecíficas entre las algas perifíticas que pueden afectar la estructura y función de un ecosistema de aguas corrientes. Deriva, inmigración, reproducción y competencia varían interespecíficamente.

mente, son densodependientes y afectan la tasa de acumulación algal perifítica (Stevenson & Peterson, 1989; Stevenson, 1990; Eulin & Le Cohu, 1998).

*A. minutissimum*, una de las diatomeas más pequeñas, tiene buena capacidad inmigratoria en corrientes fuertes (Stevenson, 1983). Esta especie es un colonizador temprano y, por su pequeño tamaño, tiene la particularidad de ocultarse en el sustrato, donde las corrientes son más suaves y la fuerza de deslizamiento menor (Silvester & Sleight, 1985), de esta manera se la encuentra en el perifiton en forma constante. *C. placentula* var. *euglypta* y *A. minutissimum* corresponden al grupo de las Monorafidales y se caracterizan por persistir sobre el sustrato a través de los disturbios, adhiriéndose ajustadamente al mismo (Kawamura & Hirano, 1992). *M. varians*, diatomea céntrica, se presentó en el perifiton del arroyo San Bartolomé con altas densidades, durante la época de estiaje; esto concuerda con resultados obtenidos en el río Samborombón (Solari & Claps, 1996). Al comienzo de las lluvias sus densidades disminuyeron como consecuencia de una mayor fuerza de deslizamiento provocada por el aumento de la velocidad de corriente y la ausencia de mecanismos de adhesión al sustrato (Poff *et al.*, 1990).

Con respecto a los cambios estacionales, la temperatura del agua determinó el ordenamiento de las muestras, evidenciando la estacionalidad en la estructura y composición de las asociaciones, característica de arroyos iluminados, de climas templados (Allan, 1995). *A. minutissimum* y *C. placentula* var. *euglypta* disminuyeron su densidad durante el estrés hídrico provocado por las lluvias. Las variaciones temporales de la composición de especies, por efecto de las temperaturas y precipitaciones, fueron más evidentes en el arroyo San Bartolomé. Otro factor que influye en este arroyo es el sustrato de arena fina. Este tipo

de sustrato se encuentra en una velocidad de corriente crítica, que provoca su movilidad, disminuyendo las posibilidades de crecimiento del perifiton (Nikora *et al.*, 1997; Townsend & Riley, 1999).

## CONCLUSIONES

En la zona de confluencia de los arroyos Piedras Blancas y San Bartolomé:

- Los organismos del perifiton forman agrupaciones que evidencian la estacionalidad en la estructura y composición de las asociaciones.
- En la confluencia varían la composición y estructura de los organismos del perifiton, evidenciándose una discontinuidad local.
- El arroyo de mayor orden predomina en la configuración morfológica y biológica, durante la época de aguas bajas.
- *Achnantheidium minutissimum* y *C. placentula* var. *euglypta* presentaron las mayores densidades.
- Las diatomeas pennales son las algas predominantes en riqueza y densidad.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas Y Técnicas (CONICET), al Consejo Nacional de Investigaciones de Córdoba (CONICOR) y a la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UNRC (SECYT), los subsidios otorgados para realizar esta investigación. Al laboratorio de Hidrogeología del Departamento de Geología de la UNRC, los análisis químicos de agua. A la Dra. Ana L. Martínez de Fabricius por el asesoramiento taxonómico.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aboal, M.; M.A. Puig & G. Soler. 1996. Diatom assemblages in some mediterranean temporary streams in south-



- eastern Spain. *Archiv für Hydrobiologie* 136(4): 509-527.
- Allan, D. J.** 1995. *Stream Ecology. Structure and function of running waters*. Chapman & Hall, New York, 383p.
- American Public Health Association (APHA).** 1989. *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 17<sup>th</sup> edn. APHA, Washington DC, 1275p.
- Archibald, R. E. M.** 1983. The diatoms of the Sundays and Great at Fish Rivers in the Eastern Cape Province of South Africa. *Bibliotheca Diatomologica* 1: 1-362.
- Biggs, B. J. F.; D.G. Goring & V.I. Nikora.** 1998. A habitat matrix conceptual model for stream periphyton. *Archiv für Hydrobiologie* 143 (1): 21-56.
- Corigliano, M. Del C. & R. Malpassi.** 1994. La estructura trófica de un arroyo serrano. *Tankay* 1: 139-141.
- Desikachary, T. V.** 1959. *Cyanophyta*. Ed. Board. New Delhi, 545p.
- Eulin, A. & R. Le Cohu.** 1998. Epilithic diatom communities during the colonization of artificial substrates in the River Garonne (France). Comparison with the natural communities. *Archiv für Hydrobiologie* 143 (1): 79-106.
- García de Emiliani, M. O.** 1990. Phytoplankton ecology of the Middle Paraná River. *Acta Limnologica Brasil* 3: 391-417.
- Gari, E. N.** 2002. *Deriva algal en la confluencia de arroyos serranos*. Tesis Doctoral UNRC, 133p.
- Gari N. & M. del C. Corigliano.** 2003. La estructura del perifiton y de la deriva algal en arroyos serranos. *Limnetica* 23 (1-2): 11-24.
- Germain, H.** 1981. *Flore des Diatomeés*. Ed. Boubeé. Paris, 448p.
- Ghosh, M. & J. P. Gaur.** 1998. Current velocity and the establishment of stream algal periphyton communities. *Aquatic Botany* 60 (1): 1-10.
- Hill, M. O.** 1979. *TWINSPAN. A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes*. Ecology and systematic. Cornell University, New York, 60p.
- Hynes, H. B. N.** 1970. *The Ecology of running waters*. University Press. Liverpool, 555p.
- Kawamura, T. & R. Hirano.** 1992. Seasonal changes in benthic diatom communities colonizing glass slides in Aburatsubo Bay, Japan. *Diatom Research* 7(2): 227-239.
- Krammer K. & H. Lange-Bertalot.** 1986. *Bacillariophyceae 2. Naviculaceae*. 2/1. G.F. Verlag, Jena, 875p.
- Krammer K. & H. Lange-Bertalot.** 1988. *Bacillariophyceae 2. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae 2/2*. En: Ettl H. *et al.* (eds.). *Süßwasserflora vom Mitteleuropa*. G. Fischer Verlag, Jena, 596p.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot.** 1991a. *Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. 2/3*. En: Ettl H. *et al.* (eds.). *Süßwasserflora vom Mitteleuropa*. G. Fischer Verlag, Jena, 576p.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot.** 1991b. *Bacillariophyceae 4. Teil: Achnantheaceae, kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema Gesamtliteraturverzeichnis 2/4*. En: Ettl H. *et al.* (eds.). *Süßwasserflora vom Mitteleuropa*. G. Fischer Verlag, Jena, 437p.
- Luque, M. E. & A. L. Martínez de Fabricius.** 2000. Ficoflora fitoplanctónica y epilítica del río Piedras Blancas (Córdoba, Argentina). *Boletín Sociedad Argentina Botánica* 35 (1-2): 21-32.
- Luque, M. E.; E. N. Gari & A. L. Martínez de Fabricius.** 1997. Fitoplancton y Fito-bentos de la cuenca superior del río Chocancharava (Ex Cuarto) (Córdoba, Argentina). *Revista Universidad Nacional Río Cuarto* 17 (1): 49-67.
- Martínez de Fabricius, A. L.** 1996. *Bacillariophyceae del río Cuarto, Provincia de Córdoba, Argentina*. Tesis Doctoral UNLP, 298p.
- Martínez de Fabricius, A. L. & M. del C. Corigliano.** 1989. Composición y distribución de comunidades algales en el río Calamuchita (Córdoba, Argentina). *Revista Universidad Nacional Río Cuarto*, 9 (1): 5-13.
- Nikora, V. I.; D.G. Goring & B. J. F. Biggs.** 1997. On stream periphyton-turbulence interactions. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 31 (4): 435-448.
- O'Farrell, I.** 1993. *Phytoplankton ecology and limnology of the Salado River (Buenos Aires, Argentina)*. *Hydrobiologia* 271: 169-178.
- Passy, S.I.; Y. D. Pan & R. L. Lowe.** 1999. Ecology of the major periphytic diatom communities from the Mista River Bulgaria. *Internationale Revue de Gesamten Hydrobiologie* 84 (2): 129-174.
- Patrick, R. & C. W. Reimer.** 1966. *The Diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii. Vol. 1*. Acad. Nat. Sci. Philadelphia. Monog. 13: 1-688.
- Patrick, R. & C. W. Reimer.** 1975. *The Diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii. Vol. 2*. Acad. Nat. Sci. Philadelphia. Monog. 13: 1-213.
- Poff, N. L.; N. J. Voelz; J. V. Ward & Relee.**

1990. Algal colonization under four experimentally-controlled current regimes in a high mountain stream. *J. of the North Am. Benthological Soc.* 9 (4): 303-318.
- Power, M. E. & A. J. Stewart.** 1987. Disturbance and recovery of an algal assemblage following flooding in an Oklahoma stream. *American Midland Naturalist* 117: 333-345.
- Prescott, G. W.** 1962. Algae of the Western Great lake area. Ed. Otto Koeltz Science. Germany, 977p.
- Round, F. E. & L. Bukhtiyarova.** 1996. Four new genera based on *Achnanthes* (*Achnantheidium*) together with a re-definition of *Achnantheidium*. *Diatom Research*. 11 (2): 345-361.
- Round, F. E.; R. M. Crawford & D. C. Mann.** 1990. The diatoms. Biology and morphology of the genera. Cambridge University Press, Cambridge, 747p.
- Shteinman, B.; Y. Kamenir & M. Gophen.** 1999. Effect of hydrodynamic factors on benthic communities in lake Kinneret. *Hydrobiologia* 409: 211-216.
- Silvester, N. R. & M. A. Sleight.** 1985. The forces on microorganisms at surfaces in flowing water. *Freshwater Biology* 15: 433-448.
- Solari, L. & C. Claps.** 1996. Planktonic and benthic algae of a pampean river (Argentina): comparative analysis. *Annales Limnologie* 32 (2): 89-95.
- Statzner, B. & B. Higler.** 1986. Stream hydraulics as a major determinant of benthic invertebrate zonation patterns. *Freshwater Biology* 16: 127-139.
- Stevenson, R. J.** 1983. Effects of current and conditions simulating autogenically changing microhabitats on benthic diatom immigration. *Ecology* 64 (6): 1514-1524.
- Stevenson, R. J.** 1990. Benthic algal community dynamics in a stream during and after a spate. *J. of the North Am. Benthological Soc.* 9 (3): 277-288.
- Stevenson, R. J. & C. G. Peterson.** 1989. Variation in Benthic Diatom (Bacillariophyceae) immigration with habitat characteristics and cell morphology. *J. Phycology* 25: 120-129.
- Stevenson, R. J.; C. G. Peterson; D. B. Kirschtel; C. C. King & N. C. Tuchman.** 1991. Density-dependent growth, ecological strategies, and effects of nutrients and shading on benthic diatom succession in streams. *J. Phycology* 27: 59-69.
- Strahler, A. N.** 1981. Geografía Física. Omega Barcelona, 767p.
- Tell, G. & V. Conforti.** 1986. Euglenophyta Pigmentadas de la Argentina. *Bibliotheca Phycologica* 75:1-301.
- Ter-Braak, C. J. F.** 1988-2002. CANOCO-A FORTRAN Program for Canonical Community Ordination Microcomputer Power. Ithaca, New York, USA, 118p.
- Townsend, C. R. & R. H. Riley.** 1999. Assessment of river health: accounting for perturbation pathways in physical and ecological space. *Freshwater Biology* 41 (2): 393-405.
- Van Landingham, S. L.** 1967-1979. Catalogue of the fossil and recent genera and species of diatoms and their synonyms. I-VIII. J. Cramer, Vaduz.
- Vannote, R. L.; G. W. Minshall; K. W. Cumming; J. R. Sedell & C. E. Cushing.** 1980. The River Continuum Concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sc.* 37: 130-137.
- Venrick, E. L.** 1995. Muestreo y submuestreo del fitoplancton marino y dulceacuicola. En: Alveal, K.; M. E. Ferrario; Oliveira, E. C. y E. Sar (eds.). *Manual de Métodos Ficológicos*. Univ. de Concepción, Chile, 200-218.
- Villafañe, V. E. & F. M. H. Reid.** 1995. Métodos de microscopía para la cuantificación del fitoplancton. En: Alveal, K.; M. E. Ferrario; Oliveira, E. C. y E. Sar (eds.). *Manual de Métodos Ficológicos*. Univ. de Concepción, Chile, 169-185.
- Wootton, J. T.** 1998. Effects of disturbance on species diversity: A multitrophic perspective. *American Naturalist* 152 (6): 803-825.