

LA COMUNIDAD ALGAL EPILÍTICA EN HÁBITAT DE RABIÓN EN UN ARROYO SERRANO

L. RODRÍGUEZ CATANZARO, E. LUQUE & N. GARI

Universidad Nacional de Río Cuarto. Dpto. Ciencias Naturales. Río Cuarto, Córdoba. C.P: 5800.
e-mail: rodriguezcatanzarolud@gmail.com

ABSTRACT. In flowing water habitats areas of turbulent erosion, oxygenated waters and heterogeneity can be distinguished, which are called riffles. The objective of this study was to determine the composition and structure of the epilithic algal community in riffle habitat of Arroyo Achiras (Córdoba, Argentina). Two sampling sites were selected along the longitudinal gradient, one in mountainous zone (A) and another one in piedmont (B). In 2005 and 2006 epilithic samples were collected during periods of low and high waters and physico-chemical and hydraulic variables were measured. At each site algal abundance and frequency were determined. Similarity index, taxonomic richness, species diversity (Shannon) and evenness were calculated. Differences between both zones were analyzed by two-way ANOVAs. A total of 175 taxa were determined. The greatest similarity (67%) was observed between high and low water hydrological periods at site B. Ochrophyta dominated over the other algal divisions. The highest algal density was recorded at site B during the period of low water. Significant differences between sites and hydrological periods were observed in all biological parameters, except for abundance.

Key words: stream; periphyton; epilithic algae; riffle.

Palabras clave: arroyo, perifiton; algas epilíticas; rabión.

INTRODUCCIÓN

Existe un creciente interés por conocer, proteger y estudiar los sistemas acuáticos continentales, conocer sus cambios en el tiempo y en el espacio, desarrollando para ello criterios físicos, químicos y biológicos que permitan estimar el efecto y magnitud de las intervenciones humanas (Bustamante Toro *et al.*, 2008).

En los ambientes de aguas corrientes se pueden distinguir áreas de erosión turbulenta, oxigenadas y heterogéneas denominadas "rabiones", que alternan con zonas con baja velocidad de corriente, los "pozones"; ambos presentan un sustrato muy variado que permite el establecimiento de organismos y suelen presentar elevada abundancia y riqueza (Moya *et al.*, 2003).

El perifiton, por su pronta respuesta a los cambios en las condiciones ambienta-

les, tales como disturbios antropogénicos, enriquecimiento de nutrientes, prácticas de manejo forestal, etc., sirve como un buen indicador de la calidad de agua de éstos cursos fluviales (Weilhoefer y Pan, 2006). Por otro lado, esta comunidad se ve afectada por variables hidrológicas, químicas y biológicas determinadas por el clima, la geología y la vegetación de la cuenca (Allan y Castillo, 2007). Una variable de gran importancia ecológica para las algas en estos ambientes es la velocidad de la corriente, que produce complejos modelos espaciales y temporales en las algas perifíticas. En algunos casos, aumentos en la velocidad de corriente determinan aumento de biomasa algal y disminución de la diversidad (Wellnitz y Rader, 2003).

En ambientes de ríton la comunidad de algas adheridas a rocas o comunidad

epilítica, es la única fuente de materiales orgánicos y forma parte de un sistema eficiente en el ciclo de nutrientes a un nivel microambiental. De todos los grupos de algas adheridas, las diatomeas son valiosos indicadores ambientales porque responden rápidamente a factores tales como la temperatura, velocidad de corriente, conductividad, etc. Además constituyen el principal componente y contribuyen a gran parte de la abundancia total de esta comunidad (Esquiús *et al.*, 2008; Ramírez y Plata-Díaz, 2008; Segura García *et al.*, 2012).

En los últimos años, en la provincia de Córdoba se han realizado estudios sobre la composición y estructura del perifiton en mesohábitat de corredera en arroyos serranos (Gari, 2002; Gari y Corigliano, 2007; Amaidén y Gari, 2011; Cibils Martina *et al.*, 2014). El propósito de esta investigación fue determinar la composición y estructura de la comunidad algal epilítica en mesohábitat de rabión del Arroyo Achiras (Córdoba, Argentina). Estos estudios servirán como base para futuras investigaciones comparativas entre los mesohábitat.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La zona de muestreo se encuentra al suroeste de la localidad de Río Cuarto, ubicada en un tramo de ritron del sistema endorreico Achiras-del Gato. El arroyo Achiras nace en la zona serrana, de la unión de los arroyos India Muerta y la Brava, y corre en dirección sur-este pasando por las inmediaciones de la Localidad de Achiras, alcanza un ancho de 10 a 12 metros en promedio y labra su lecho sobre rocas cristalinas. En la llanura cambia el nombre por el de arroyo del Gato, y luego de recorrer unos 100 km se derrama en los Bañados del Tigre Muerto (Caviglia, 2002). Es un curso de cuarto orden, situado entre 753 y 810 m snm. y entre los 33°09'19'' y 33°11'18'' S, y los

64°59'11'' y 64°56'54'' O, de carácter permanente dependiente del aporte freático, con variación de caudal debido a las precipitaciones y picos de creciente violentos pero de corta duración en la época estival (Fig. 1).

El régimen hídrico es de tipo pluvial; las lluvias generalmente comienzan en primavera tardía y se extienden hasta principios de otoño, y el caudal presenta dos períodos hidrológicos bien diferenciados, uno de aguas altas y otro de aguas bajas.

Muestreos y análisis de los datos

Durante los años 2005 y 2006 se seleccionaron dos sitios en el gradiente longitudinal del arroyo Achiras: Sitio A, en el área serrana natural, a unos 1800 metros río arriba y Sitio B, situado a unos 2000 metros río abajo en una zona agrícola-ganadera (Fig. 1). Se tomaron muestras en un mesohábitat de rabión, unas durante el período de aguas altas (diciembre) y otras en el período de aguas bajas (septiembre).

En cada sitio se tomaron tres muestras replicadas de perifiton de sustrato rocoso. Las muestras obtenidas, mediante el raspado de una superficie de 100 cm², se colocaron en un recipiente con agua libre de material biológico y posteriormente en el laboratorio, se fijaron con formaldehído al 4% (Whitton, 1991).

Se registraron las siguientes variables fisicoquímicas: temperatura del aire y del agua con termómetro digital HANNA HI98501, pH mediante el uso de P. Altronix M-20; conductividad con sensor Altronix CT2, y variables hidráulicas del canal: ancho seco y húmedo, utilizando cinta métrica; para medir la profundidad y velocidad de corriente, se utilizó correntómetro digital Global Flow Probe FP101- FP202.

Se fraccionaron alícuotas para la identificación de especies algales y cálculos de densidad. Para la identificación de las algas

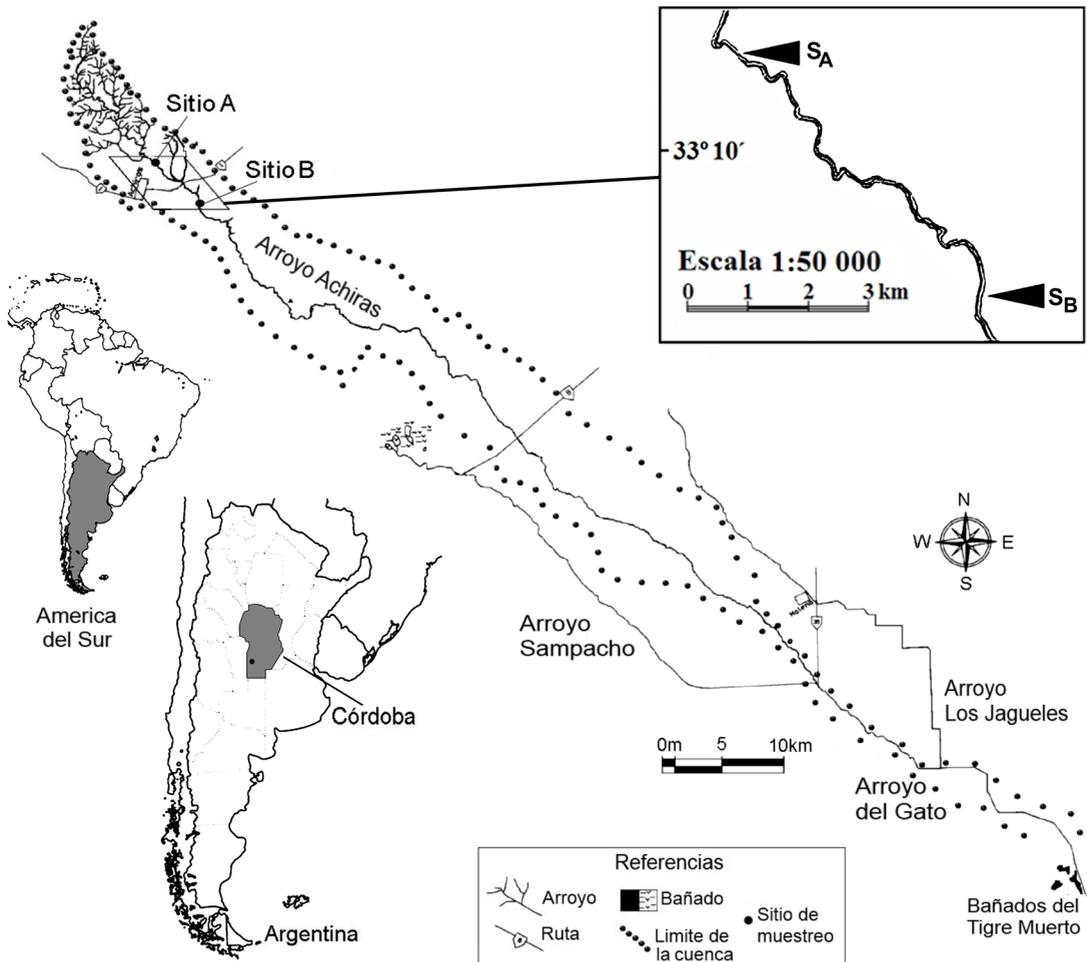


Figura 1. Cuenca del sistema Achiras-del Gato (Córdoba). Ubicación de los sitios de muestreo. Referencias: S.A: sitio A; S.B: sitio B.

se utilizó un microscopio Zeiss y bibliografía acorde para cada grupo taxonómico. Las diatomeas se trataron siguiendo el método de Battarbee (1986) para la eliminación de la materia orgánica y se realizaron preparados permanentes según técnicas recomendadas por Hasle (1978), utilizando ZRAX (1,7) ® como medio de montaje.

Para realizar identificaciones y conteos de diatomeas, se utilizaron preparados permanentes, considerando al menos 600 organismos a 1000 aumentos para obtener una abundancia relativa de las especies de este grupo. Se efectuaron los recuentos de todos

los grupos algales por métodos directos a 400 aumentos, siguiendo transectas a lo largo del cubreobjeto (Gómez *et al.*, 2009, Rimet y Bouchez, 2011). Para las algas filamentosas, una longitud de 10 µm fue contada como un organismo (Hill *et al.*, 2000). Para estimar la densidad algal se siguió a Villafañe y Reid (1995).

Se determinó el grado de similitud entre las muestras mediante la aplicación del Coeficiente de Asociación de Jaccard (CAJ). Se calculó riqueza de especies, índice de diversidad de Shannon-Wiener y equitatividad, utilizando el programa Biodi-

versity Professional versión 2 (Mc Aleece, 1997). Se compararon los atributos estructurales de la comunidad algal epilítica aplicando Análisis de la Varianza (ANOVA) de dos vías y test a posteriori SNK, comparando entre sitios, y períodos hidrológicos, mediante el uso de InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2011). Los valores de densidad fueron transformados aplicando raíz cuadrada para cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas.

RESULTADOS

Parámetros físico-químicos e hidráulicos

El caudal varió entre 0,004 m³ seg⁻¹ y 0,28 m³ seg⁻¹. El máximo valor de velocidad de corriente fue aproximadamente de

3,76 m seg⁻¹ en el sitio A, en el período de aguas altas.

El pH varió entre circumneutral a ligeramente alcalino con un valor máximo de 8,79 en el sitio A, en el período de aguas bajas. La conductividad fue de 144,32 μS cm⁻¹ en el sitio A en el período de aguas altas.

La temperatura del agua alcanzó un máximo de 22,5 °C, en el sitio A en aguas altas (diciembre 2005) y un valor mínimo de 15,5 °C, para el mismo sitio en aguas bajas (septiembre 2006). Las profundidades promedios del canal fluvial oscilaron entre 10 cm, aguas bajas sitio B (septiembre 2006) y 21,33 cm, en el sitio A en el período de aguas altas (diciembre 2005). (Tabla 1).

Tabla 1. Variables físico-químicas e hidráulicas registradas en los sitios A y B, durante los períodos hidrológicos de aguas altas (AA) y bajas (AB) correspondientes al mesohábitat de rabión, años 2005- 2006 en el arroyo Achiras. Referencia: s/d= sin dato

Período Hidrológico	Sitio	Fecha	Conduct. μS cm ⁻¹	Temp °C		Prof (cm)	Velocidad de Cte (m seg ⁻¹)	pH	Ancho Húmedo (m.)
				Aire	Agua				
AA	A	2005	144,32	32,1	22,5	21,33	3,76	8,14	3,6
	B	2005	s/d	35,4	21	s/d	s/d	7,13	s/d
AB	A	2006	s/d	24,8	15,5	17,5	0,34	8,79	0,725
	B	2006	s/d	20	16	10	3,06	7,87	2,6

Composición y estructura de la comunidad algal epilítica

La comunidad algal epilítica estuvo dominada por las Ochrophyta (66%), seguida de Chlorophyta (17%), Cyanobacteria (10%), Charophyta (6%) y Euglenozoa (1%) en ambos períodos hidrológicos. Se determinaron en total 175 taxones (Fig. 2).

Se identificaron 115 especies de diatomeas distribuidas en 35 géneros. Las especies que alcanzaron 100% de frecuencia en todos los muestreos fueron: *Achnantheidium minutissimum*, *Amphora perpusilla*, *Cocconeis pediculus*, *Cocconeis placentula*, *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Cocconeis placentula* var. *lineata*, *Diatoma*

vulgare, *Encyonema minutum*, *Epithemia sorex*, *Fragilaria capucina*, *Fragilaria vau-*

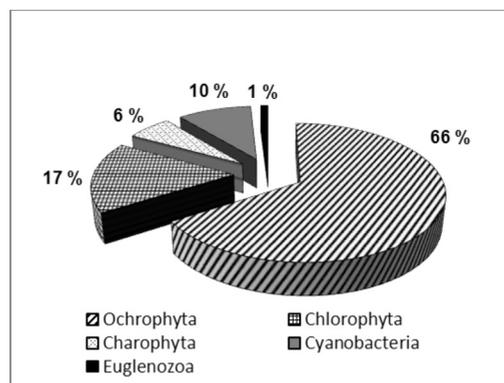


Figura 2. Frecuencia por divisiones algales en las muestras de perifiton del Arroyo Achiras, en los sitios A y B durante el período 2005-2006.

cheriae, *Gomphonema minutum*, *Geissleria decussis*, *Gomphonema parvulum*, *Karayevia clevei*, *Navicula cryptocephala*, *Navicula menisculus*, *Navicula radiosa*, *Navicula*

tripunctata, *Nitzschia dissipata*, *Nitzschia lacuum*, *Nitzschia sinuata* var. *tabellaria*, *Planothidium lanceolatum*, *Reimeria uniseriata*, *Ulnaria ulna*. (Tabla 2).

Tabla 2. Densidades de organismos, abundancias relativas y taxones con 100% de frecuencia en la comunidad algal epilítica del arroyo Achiras, durante el período 2005-2006.

	AGUAS ALTAS				AGUAS BAJAS				100% Fre- cuencia
	Sitio A		Sitio B		Sitio A		Sitio B		
	org. cm ⁻²	Abun. Rel.							
OCHROPHYTA									
<i>Achnantheiopsis delicatula</i> (Kütz.) Lange-Bertalot					122,24		1276,30	0,03	
<i>Achnantheiopsis dubia</i> (Grunow) Lange-Bertalot	66,83	0,10	2952,89	0,20			1552,57	0,04	
<i>Achnantes affinis</i> Grunow	43,31	0,07	2212,18	0,15					
<i>Achnantes lanceolata</i> ssp. <i>rostrata</i> (Oestrup) Lange-Bertalot					646,52	0,01			
<i>Achnantes lanceolata</i> var. <i>rostratiformis</i> Lange-Bertalot	129,93	0,20							
<i>Achnantes minutissima</i> var. <i>affinis</i> (Grunow) Lange-Bertalot					239,89	0,01			
<i>Achnantes ventralis</i> (Krasske) Lange-Bertalot					275,04	0,01			
<i>Achnanthidium exiguum</i> (Grunow) Czarmecki					166,75				
<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kütz.) Czarmecki	2463,00	3,83	50504,51	3,46	15229,57	0,33	110697,35	2,60	x
<i>Amphipleura lindheimeri</i> (Grunow)	165,29	0,26			3263,37	0,07	1185,71	0,03	
<i>Amphora perpusilla</i> (Grun.) Grunow	283,43	0,44	7271,01	0,50	2105,27	0,05	15920,45	0,37	x
<i>Amphora sabiniana</i> Reimer					323,26	0,01			
<i>Amphora</i> sp.			3672,90	0,25					
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen					1303,30	0,03			
<i>Cocconeis fluviatilis</i> J.H. Wallace					2199,95	0,05			
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	5120,90	7,97	4435,12	0,30	19639,86	0,43	21660,46	0,51	x
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	8994,24	14,00	18740,66	1,28	22244,33	0,48	39303,34	0,92	x
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehrenb.) Grunow	5571,73	8,67	18146,43	1,24	56696,01	1,23	20342,33	0,48	x
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehrenb.) Van Heurck	1876,49	2,92	10966,23	0,75	124727,92	2,70	21390,06	0,50	x
<i>Craticula buderi</i> (Hustedt.) Lange Bertalot			1960,10	0,13					
<i>Craticula cuspidata</i> (Kütz.) D.G. Mann					83,38				
<i>Craticula</i> sp.			1633,33	0,11					
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing			70341,99	4,82	392,68	0,01	517,52	0,01	
<i>Cyclotella striata</i> (Kützing) Grunow					869,63	0,02			
<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson & Godey) W. Smith	4,97	0,01	792,18	0,05	30,56				
<i>Cymbella minuta</i> var. <i>silesiaca</i> (Bleisch ex Rabenh.) C.W. Reimer			3712,63	0,25					
<i>Cycocyrla striata</i> (Kützing) Grunow					239,89	0,01			
<i>Cymbella tumida</i> (Bréb.) Van Heurck			544,44	0,04	1588,40	0,02	3756,57	0,09	
<i>Cymbella turgida</i> W. Gregory			217,78	0,01					
<i>Cymbella ventricosa</i> Kützing	16,71	0,03							
<i>Denticula</i> sp.			1415,55	0,10					
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	58,28	0,09	2274,49	0,16	1108,63	0,02	324795,70	7,62	x
<i>Diatoma vulgare</i> var. <i>breve</i> Grunow	16,71	0,03					378272,89		
<i>Diatoma vulgare</i> var. <i>linearis</i> Van Heurck							58712,70	1,38	
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse ex Rabenh.) D.G. Mann	488,29	0,76	10344,83	0,71	3077740,60	66,72	30557,11	0,72	x
<i>Epithemia adnata</i> (Kütz.) Brébisson	138,64	0,22			8833,36	0,19			
<i>Epithemia ocellata</i> (Ehrenb.) Kützing	16,71	0,03							

	AGUAS ALTAS				AGUAS BAJAS				100% Fre- cuencia
	Sitio A		Sitio B		Sitio A		Sitio B		
	org. cm ⁻²	Abun. Rel.							
<i>Epithemia sorex</i> Kützing	3145,22	4,90	1991,47	0,14	441644,00	9,57	4048,09	0,09	
<i>Epithemia turgida</i> (Ehrenb.) Kützing	25,06	0,04			1079,48	0,02			
<i>Epithemia</i> sp.	150,38	0,23							
<i>Fragilaria bidens</i> Heiberg			544,44	0,04	250,13	0,01	1185,71	0,03	
<i>Fragilaria brevistriata</i> Grunow					488,96	0,01	592,86	0,01	
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	131,82	0,21	12753,82	0,87	5074,68	0,11	19564,23	0,46	x
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>capitellata</i> (Grunow) Lange-Bertalot					545,48	0,01	56441,09	1,32	
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>mesolepta</i> Rabenhorst	83,54	0,13			2888,87	0,06	4381,43	0,10	
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>perminuta</i> (Grunow) Lange-Bertalot					239,89	0,01			
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton					1199,43	0,03			
<i>Fragilaria delicatissima</i> (W. Smith) Lange-Bertalot					91,68				
<i>Fragilaria parasitica</i> var. <i>constricta</i> Mayer			147,64	0,01					
<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kütz.) J.B. Petersen	397,99	0,62	12977,91	0,89	5569,48	0,12	50855,60	1,19	x
<i>Fragilaria</i> sp.	739,59	1,15	865,25	0,06	9187,36	0,20			
<i>Frustulia vulgaris</i> (Twaite) De Toni	50,13	0,08			239,89	0,01			
<i>Geissleria decussis</i> (Østrup) Lange-Bert. & Metzeltin	33,42	0,05	1083,02	0,07	152,80		1535,81	0,04	x
<i>Gomphonema abbreviatum</i> Agardh			5789,44	0,40			14881,04	0,35	
<i>Gomphonema demersum</i> E. Reichardt	326,28	0,51	17037,20	1,17			15236,46	0,36	
<i>Gomphonema entelejum</i> Oestrup	805,09	1,25	6385,33	0,44			103665,05	2,43	
<i>Gomphonema minutum</i> (Agardh) Agardh	4,97	0,01	692,09	0,05	9032,62	0,20	74172,45	1,74	x
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kützing	123,27	0,19	52621,13	3,60	528,88	0,01	40127,40	0,94	x
<i>Gomphonema pumilum</i> (Grunow) Reichardt & Lange-Bertalot					239,89	0,01	11169,29	0,26	
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg					1685,73	0,04	592,86	0,01	
<i>Gomphonema</i> sp.	402,96	0,63	11079,57	0,76			3105,13	0,07	
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst			147,64	0,01	362,12	0,01			
<i>Hippodonta hungarica</i> (Grunow) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski			2273,52	0,16			4289,34	0,10	
<i>Karayevia clevei</i> (Grunow in Cleve & Grunow) Round & Bukhtiyarova	1138,35	1,77	38202,75	2,62	1108,63	0,02	29399,04	0,69	x
<i>Melosira varians</i> Agardh			241587,95	16,54	6495,99	0,14	311894,52	7,32	
<i>Navicula capitatoradiana</i> Germain			14781,53	1,01	510,33	0,01	2070,09	0,05	
<i>Navicula capitallata</i> Cleve-Euler			8735,94	0,60					
<i>Navicula cryptocephala</i> Lange-Bertalot	303,83	0,47	9301,56	0,64	4323,41	0,09	29451,23	0,69	x
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot			10714,79	0,73			10153,33	0,24	
<i>Navicula elegans</i> W. Smith			25946,68	1,78					
<i>Navicula laterostrata</i> Hustedt			7664,27	0,52					
<i>Navicula menisculus</i> Schumann	467,84	0,73	47604,66	3,26	239,89	0,01	6067,91	0,14	x
<i>Navicula peregrinoides</i> ssp. <i>lagunarum</i> nov. ssp.					30,56				
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	247,81	0,39	12514,42	0,86	12335,91	0,27	1535,81	0,04	x
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing	4,97	0,01	7197,26	0,49			18971,37	0,45	
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müll.) Bory	21,68	0,03	7516,62	0,51	479,77	0,01	274902,76	6,45	x
<i>Navicula upsaliensis</i> (Grunow) M. Peragallo			21253,87	1,46	4246,75	0,09	35573,77	0,83	
<i>Navicula viridula</i> (Kütz.) Kützing					1000,17	0,02			
<i>Navicula viridula</i> var. <i>germainii</i> (J.H. Wallace) Lange-Bertalot			4242,93	0,29	916,79	0,02			
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow			1181,15	0,08			1185,71	0,03	
<i>Nitzschia calida</i> Grunow			644,54	0,04					
<i>Nitzschia communis</i> Rabenhorst					301,00	0,01			
<i>Nitzschia denticula</i> Grunow	208,55	0,32	9454,61	0,65	333,51	0,01			
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kütz.) Grunow	673,37	1,05	30343,06	2,008	1858,85	0,04	1468516,90	34,45	x
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow	251,96	0,39	4134,04	0,28	4919,94	0,11			

	AGUAS ALTAS				AGUAS BAJAS				100% Fre- cuencia
	Sitio A		Sitio B		Sitio A		Sitio B		
	org. cm ⁻²	Abun. Rel.							
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow	353,45	0,55	5320,09	0,36	18822,00	0,41			
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow							592,86	0,01	
<i>Nitzschia lacuum</i> Lange-Bertalot	9,94	0,02	1507,82	0,10	14968,47	0,32	592,86	0,01	x
<i>Nitzschia linearis</i> (C. Agardh) W. Smith	183,79	0,29			1679,20	0,04			
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith			56696,91	3,88	990,10	0,02	7772,64	0,18	
<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) M. Peragallo			4028,88	0,28			7727,82	0,18	
<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch					805,86	0,02			
<i>Nitzschia sinuata</i> var. <i>tabellaria</i> (Grunow) Grunow	38,39	0,06	10082,53	0,69	886,41	0,02	2220,75	0,05	x
<i>Nitzschia tabellaria</i> Grunow			7077,77	0,48					
<i>Nitzschia tubicola</i> Grunow			3477,26	0,24					
<i>Nitzschia</i> sp.	33,42	0,05	590,58	0,04					
<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg					30,56				
<i>Planothidium delicatulum</i> (Kütz.) Round & Bukhtiyarova	4,97	0,01			122,24				
<i>Planothidium dubium</i> (Grunow) Round & Bukhtiyarova			108,89	0,01					
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Bréb.) Round & Bukhtiyarova	159,86	0,25	15807,15	1,08	5903,87	0,13	79604,70	1,87	x
<i>Planothidium robustius</i> Lange-Bertalot	66,83	0,10	939,83	0,06					
<i>Psammothidium abundans</i> fo. <i>Rosenstockii</i> (Lange-Bert.) Bukhtiyarova					563,15	0,01			
<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	720,16	1,12	738,22	0,05					
<i>Reimeria uniseriata</i> Sala, Guerrero & Ferrario	2619,42	4,08	2829,24	0,19	23423,80	0,51	10810,75	0,25	x
<i>Rhicosphenia curvata</i> Grunow	308,14	0,48	13447,32	0,92			259980,87	6,10	
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenb.) O. Müller	76,78	0,12			8887,61	0,19			
<i>Rhopalodia gibba</i> var. <i>parallela</i> (Grunow) Holmboe	50,13	0,08			3838,16	0,08			
<i>Rhopalodia gibba</i> var. <i>ventricosa</i> (Kützing) H. Peragallo y M. Peragallo	93,44	0,15	147,64	0,01					
<i>Rhopalodia giberula</i> (Ehrenb.) O. Müller			147,64	0,01					
<i>Rossithidium linearis</i> (W. Sm.) Round & Bukhtiyarova	9,94	0,02							
<i>Synedra acus</i> Kützing			1633,33	0,11	353,82	0,01	5123,46	0,12	
<i>Synedra oxyrhynchus</i> Kützing			10874,64	0,74			18639,93	0,44	
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	2566,10	3,99	206137,04	14,11	57033,75	1,24	93780,09	2,20	x
CHLOROPHYTA									
<i>Akistrodesmus phalcatus</i> (Corda) Ralfs			220,84	0,02	2346,05	0,05			
<i>Ankistrodesmus spiralis</i> (Turner) Lemmermann					118,19				
Chlorococcales - colonia			50,65		53,19		2347,48	0,06	
Chlorophyceae - filamento			14435,93	0,99					
<i>Coelastrum astroideum</i> De-Not					159,56				
<i>Cylindrocapsa conferta</i> W. West					20103,94	0,44			
<i>Cylindrocapsa</i> sp.					268407,08	5,82	12961,01	0,30	
<i>Cylindrocapsa</i> sp ₁					3309,29	0,07			
<i>Kirchneriella obesa</i> var. <i>major</i> (Bernard) G.M. Smith					106,37				
<i>Kirchneriella</i> sp.			105688,52	7,24	101287,92	2,20	2655,58	0,06	
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korshikov) Hindák			654,48	0,05					
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová			405,22	0,03			522,31	0,01	
<i>Monoraphidium</i> sp.			11418,06	0,78	6435,39	0,14	7265,44	0,17	
<i>Monoraphidium</i> sp ₁					709,13	0,02	2934,35	0,07	
<i>Monoraphidium</i> sp ₂					1654,65	0,04			
<i>Oedogonium</i> sp.					6778,14	0,15	4283,17	0,10	
<i>Oedogonium</i> sp ₁ .					4845,75	0,11	220,08	0,01	
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turpin) Meneghini	17627,00	27,44	42,55		354,57	0,01			
<i>Pediastrum tetras</i> (Ehrenb.) Ralfs					239,33	0,01	170,19		
<i>Pediastrum tetras</i> var. <i>tetraodum</i> (Corda) Rabenhorst	30,70	0,05	42,55						
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lag.) Chodat			127,64	0,01	159,56				
<i>Scenedesmus acutus</i> Meyen	213,05	0,33	660,51	0,05	2100,81	0,05	440,15	0,01	x

	AGUAS ALTAS				AGUAS BAJAS				100% Fre- cuencia
	Sitio A		Sitio B		Sitio A		Sitio B		
	org. cm ⁻²	Abun. Rel.							
<i>Scenedesmus dimorphus</i> (Turp.) Kützing	126,94	0,20	2269,23	0,16	2080,13	0,05	430,37	0,01	x
<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ralfs) Chodat			202,61	0,01	2351,96	0,05			
<i>Scenedesmus obliquus</i> (Turpin) Kützing			1013,05	0,07			797,16	0,02	
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson	35,46	0,06			398,89	0,01			
<i>Scenedesmus sipinosus</i> Chodat			1126,51	0,08	1501,00	0,03	396,14	0,01	
<i>Scenedesmus</i> sp.			177,79	0,01					
<i>Stigeoclonium</i> sp.			1063,70	0,07	1772,83	0,04	794,23	0,02	
<i>Tetraedron minimum</i> (A. Braun) Hansgirg					150,69				
CHAROPHYTA									
<i>Closterium leibleinii</i> Kützing					118,19				
<i>Closterium maniliferum</i> (Bory) Ehrenberg			194,51	0,01					
<i>Closterium parvulum</i> Nägeli	35,46	0,06			1249,85	0,03			
<i>Closterium</i> sp.					236,38	0,01			
<i>Cosmarium trilobulatum</i> Reinsch					159,56	0,00			
<i>Cosmarium</i> sp.			50,65		354,57	0,01			
<i>Mougeotia</i> sp.					2062,40	0,04			
<i>Spuriogyra</i> sp.			44,32		904,15	0,02	4469,01	0,10	
<i>Staurastrum muticum</i> Brébisson					230,47				
<i>Stauroidesmus dickiei</i> Ralfs					239,33	0,01			
Zygnematales					70,91				
CYANOBACTERIA									
Chroococcales - Células							1056,36	0,02	
Chroococcales - Colonia			850,96	0,06					
<i>Chroococcus</i> sp.			8211,77	0,56	1134,61	0,02	850,96	0,02	
Cyanobacteria - colonia					1063,70	0,02			
Cyanobacteria - filamento			2260,36	0,15	1063,70	0,02	25162,02	0,59	
<i>Homoethrix</i> sp.					69453,73	1,51	624,04	0,01	
<i>Lyngbya</i> sp.					1116,89	0,02			
<i>Merismopedia elegans</i> A. Braun ex Kützing							1405,55	0,03	
<i>Nostoc</i> sp.	3692,41	5,75	4084,61	0,28	98764,59	2,14			
<i>Oscillatoria corallinae</i> (Küt.) Gomont					1223,26	0,03			
<i>Oscillatoria limosa</i> C. Agardh ex Gomont			595,67	0,04			6426,22	0,15	
<i>Oscillatoria subbrevis</i> Schmidle			2042,30	0,14	1772,83	0,04	40572,23	0,95	
<i>Oscillatoria</i> sp.							32407,90	0,76	
<i>Oscillatoria</i> sp ₁			1999,76	0,14	3782,05	0,08	1173,74	0,03	
<i>Oscillatoria</i> sp ₂			638,22	0,04	118,19	0,01			
<i>Oscillatoria</i> sp ₃			6860,87	0,47					
<i>Phormidium</i> sp.			108880,38	7,46					
<i>Rivularia mangini</i> Frey					2009,21	0,04			
EUGLENOPHYCEAE									
<i>Trachelomonas</i> sp.					53,19				

Referencias: org. cm⁻²: Organismos . cm⁻²; Abun. Rel: Abundancia Relativa.

La riqueza de las especies osciló entre 31 y 79 para el período de aguas altas (diciembre), y entre 53 y 84 en aguas bajas (septiembre); en este período se registró el mayor número de especies.

La mayor similitud se observó en el sitio B, entre los períodos hidrológicos de aguas altas y aguas bajas con un 67% (Fig. 3).

La mayor densidad se registró en el sitio A, con 1.536.929,05 org cm⁻² en aguas bajas, mientras que la menor correspondió al período de aguas altas con 21.416,6 org cm⁻² para el mismo sitio. La diversidad máxima fue de 1,45 bits cél⁻¹ en aguas altas sitio B y la mínima fue de 0,67 bits cél⁻¹ en el sitio A en el período de aguas bajas (Fig. 4).

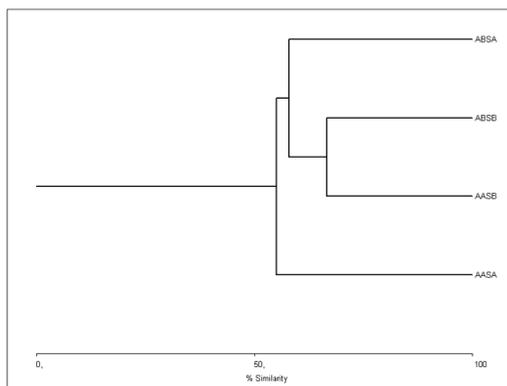


Figura 3. Dendrograma del Coeficiente de Asociación de Jaccard de las muestras. Referencias: SA: sitio A; SB: sitio B; AA: Aguas Altas; AB: Aguas Bajas.

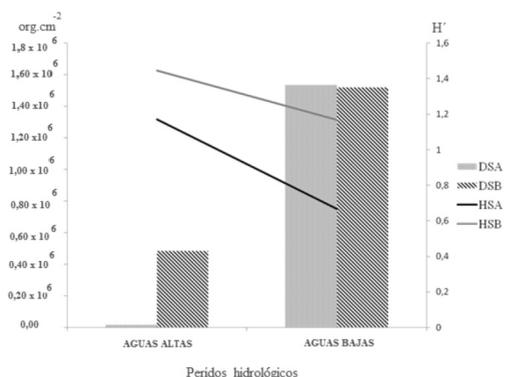


Figura 4. Densidad y diversidad de organismos presentes en el perifiton en dos sitios de muestreo en el arroyo Achiras, durante el período 2005-2006. Referencias: D: Densidad; H': índice de diversidad de Shannon-Wiener; SA: Sitio A; SB: Sitio B.

La especies más abundantes fueron: *C. placentula*, *C. placentula* var. *euglypta*, *E. minutum*, *E. sorex*, *Melosira varians*, *N. dissipata* y *U. ulna*. Estas especies varían en su proporción entre los sitios y períodos hidrológicos (Fig. 5).

En período de aguas altas, *C. placentula* fue la especie con mayor porcentaje de abundancia (21,17%) coincidiendo con el valor más elevado de velocidad de corriente para el sitio A. En el mismo sitio en aguas bajas se destacó *E. minutum* con 76,98%.

El ANOVA de dos vías realizado para evaluar la composición de la comunidad algal epilítica en relación a los sitios (A y

B) y períodos hidrológicos (aguas altas y aguas bajas) en el arroyo serrano, reveló diferencias significativas en la interacción período hidrológico por sitios para la riqueza, con un valor de $p: 0.0056$ y para sitio sobre la diversidad ($p: 0.0428$) y equitatividad ($p: 0.0278$), esta última fue significativa también para período hidrológico ($p: 0.0493$).

No se registraron diferencias estadísticamente significativas para sitio ni para período hidrológico sobre la abundancia. La mayor diversidad fue registrada en el sitio B en aguas altas con un valor de 1,347. La riqueza más alta se observó en el sitio B en aguas altas (79) y en el sitio A en aguas bajas (84). La mayor equitatividad se encontró en el sitio B (0,72) en el período hidrológico de aguas altas. El índice de diversidad de Shannon-Wiener fue mayor en el período de aguas altas en el sitio B, mientras que el menor valor se registró en el período de aguas bajas del sitio A (Tabla 3).

Tabla 3. ANOVAs de dos vías sobre los atributos estructurales de las algas epilíticas del Arroyo Achiras.

F.V.	gl	F	p-valor
DIVERSIDAD			
P. HIDRO	1	2,39	0,1607
Sitios	1	5,79	0,0428*
P.HIDRO* sitios	1	0,02	0,9003
ABUNDANCIA			
P. HIDRO	1	5,14	0,0530
Sitios	1	0,17	0,6899
P.HIDRO* sitios	1	0,11	0,7437
RIQUEZA			
P. HIDRO	1	1,80	0,2161
Sitios	1	1,96	0,1993
P.HIDRO* sitios	1	14,06	0,0056*
POT-EQUIDAD			
P. HIDRO	1	5,36	0,0493*
Sitios	1	7,20	0,0278*
P.HIDRO* sitios	1	0,03	0,8763

Referencia: * los valores de p significativos ($p \leq 0,05$). P. HIDRO: Período Hidrológico, F.V.: Fuente de variación; gl: grados de libertad.

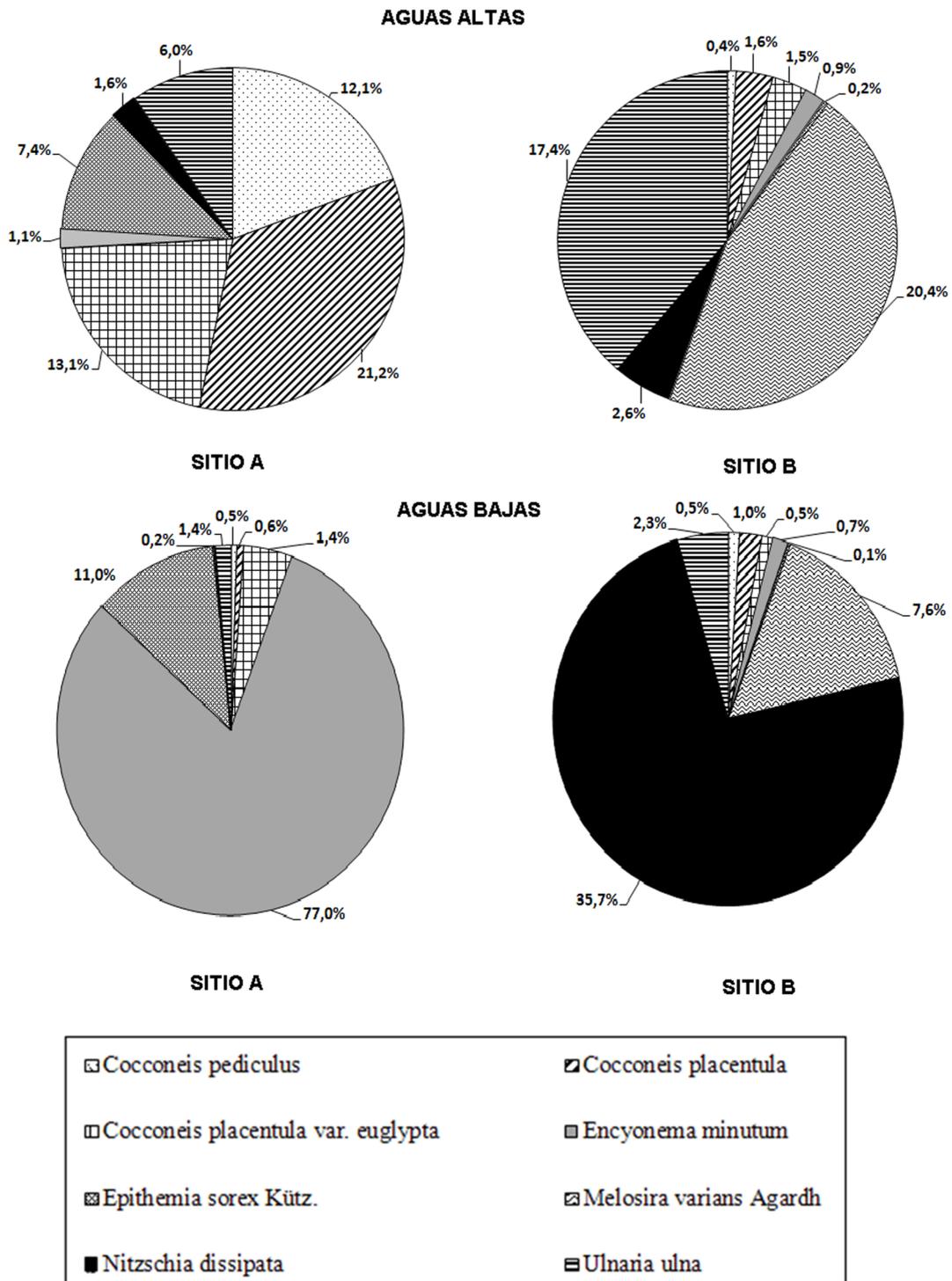


Figura 5. Ochrophyta con abundancias relativas mayores al 10% en los dos sitios de muestreos durante el período 2005-2006 en el arroyo Achiras.

DISCUSIÓN

Los sitios estudiados difieren con respecto a las variables fisicoquímicas e hidráulicas, alcanzando el sitio A valores más elevados de pH, temperatura, conductividad, velocidad de corriente, profundidad del cauce y ancho húmedo. Éstos resultados no concuerdan con los estudios previos realizados en el arroyo Achiras (Amaidén y Gari, 2011), donde se indica una evidente diferenciación del sitio B, con valores mayores de velocidad de corriente y profundidad. Estas variaciones suelen presentarse en ríos serranos de régimen pluvial, donde las precipitaciones juegan un papel preponderante (Zapata Anzola y Donato Rondon, 2005).

Las diatomeas predominaron en ambos períodos hidrológicos, al igual que lo observado por Gari (2002), Cibils Martina *et al.* (2014) y Amaidén y Gari (2011) para el perifiton en el mismo sitio de estudio, y en otras investigaciones realizadas en cursos lóticos de la provincia (Luque y Martínez de Fabricius, 2003; Gari y Corigliano, 2004; Martínez de Fabricius *et al.*, 2007) y en otras provincias (Esquiús *et al.*, 2008).

Cocconeis pediculus, *Cocconeis placentula*, *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Encyonema minutum*, *Epithemia sorex*, *Nitzschia dissipata* y *Ulnaria ulna* fueron las especies más frecuentes y abundantes en los dos sitios de muestreos; de las cuales *A. minutissimum* y *U. ulna* coinciden con los estudios de otros ríos serranos con igual régimen hidrológico y ubicados en un mismo piso altitudinal (Luque y Martínez de Fabricius, 2003; Gari y Corigliano, 2004; Martínez de Fabricius *et al.*, 2005). La menor densidad obtenida en el período de aguas altas puede ser consecuencia de disturbios físicos, químicos o bióticos recientes, coincidiendo con las afirmaciones de Esquiús *et al.* (2008).

El sitio B se caracterizó por una mayor diversidad, sin cambios en la composición

de las especies que determinen alteraciones en el río.

Las densidades de diatomeas predominaron en ambos períodos hidrológicos, destacándose *C. placentula* durante el período de aguas altas, donde la velocidad de corriente fue mayor, mientras que *E. minutum* lo hizo durante el período de aguas bajas, cuando se presentaron las menores velocidades de corriente.

La turbulencia provocada en áreas de rápidos es considerada uno de los mecanismos que produce el desprendimiento desde el sustrato de algas perifíticas y posterior ingreso en la deriva (Gari y Corigliano, 2004). No obstante *C. placentula* es una de las especies que crece en perifiton con hábito postrado, posee fuertes estructuras de adhesión que les permite persistir en el sustrato a pesar del fuerte estrés originado por la corriente. La deriva de esta especie parece estar relacionada, durante el ciclo anual, con factores abióticos como temperatura y caudales y en las diferentes horas de la fotofase, con el proceso de reproducción celular (Gari y Corigliano, 2007). Montoya Moreno *et al.* (2012) en sus estudios de diatomeas perifíticas manifiestan que este taxón se desarrolla bajo condiciones eurioicas.

Soininen (2004) plantea que la corriente es un factor importante en la estructuración de las diatomeas en ríos claros, donde se evidencia la necesidad de adaptaciones morfológicas para una mejor adherencia al sustrato. La velocidad de corriente podría constituir el factor de control determinante (Esquiús *et al.*, 2008). A pesar de que la corriente de un río, principalmente en rabinos, constituye un factor limitante para la presencia de una rica flora algal, el arroyo Achiras evidencia una alta diversidad florística, lo que puede estar relacionado con su ubicación geográfica y topografía (Montoya Moreno *et al.*, 2012).

El análisis de similitud separa los sitios A y B, lo que podría estar relacionado a que el sitio A presenta sedimentos de mayor tamaño y variaciones en la velocidad de corriente. La comunidad algal lótica está periódicamente sujeta a variaciones de la velocidad de corriente, que influye en su estructura y diversidad según su grado de desarrollo (Peterson y Stevenson, 1992; Soininen, 2004).

Estos resultados sobre la comunidad algal epilítica en mesohábitat de rabión, permitirán la realización de futuros estudios comparativos con otros mesohábitats.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UNRC (SECyT), por los subsidios otorgados para realizar esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Allan, J. D. y M.M. Castillo. 2007. Stream ecology. Structure and function of running waters. 2nd ed., XIV, 436 pp.
- Amaidén, M.A. y E.N. Gari. 2011. Perifiton en el mesohábitat de corredera de un arroyo serrano: dinámica estacional en relación a variables fisicoquímicas. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 46(3-4): 235-250.
- Battarbee, R.W. 1986. Diatom analysis. En: Berglund, B.E. (ed.) Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology, John Wiley & Sons, New York: 527-570.
- Bustamante Toro, C.A., C.A. Davila Mejía, S.L. Torres Cohecha y J.F. Ortíz Díaz. 2008. Composición y abundancia de la comunidad de fitoperifiton en el Río Quindío. Revista Universidad Del Quindío, 18: 15-21.
- Caviglia, M.L. 2002. Hidrología ambiental: Relación entre geología- calidad del agua superficial/ subterránea y grado de antropización de la Cuenca del arroyo Achiras- Del Gato, Provincia de Córdoba, Argentina. Tesis de Licenciatura, Dpto. de Geología, UNRC, 139 pp.
- Cibils Martina, L., R. Principe y N. Gari. 2014. Effect of a dam on epilithic algal communities of a mountain stream: before-after dam construction comparison. Journal of Limnology, 72(1): 79-94.
- Di Rienzo, J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C.W. Robledo. 2011. InfoStat versión 2011. Grupo Info-Stat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Esquiús, K.S., A.H. Escalante y L.C. Solari. 2008. Algas epífitas indicadoras de calidad del agua en arroyos vinculados a la Laguna de los Padres. Biología Acuática, 24.
- Gari, E.N. 2002. Deriva algal en la confluencia de arroyos serranos. Tesis Doctoral, UNRC, 133 pp.
- Gari, E.N. y M.C. Corigliano. 2004. La estructura del perifiton y de la deriva algal en arroyos serranos. Limnética, 23(1-2): 11-24.
- Gari, E.N. y M.C. Corigliano. 2007. Spatial and temporal variations of *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (Ehrenb.) 1854 Grunow, 1884 in drift and periphyton. Brazilian Journal of Biology, 67(4): 587-595.
- Gómez, N., J.C. Donato, A. Giorgi, H. Guasch, P. Mateo y S. Sabater. 2009. La biota de los ríos: los microorganismos autótrofos. En: Elosegí, A. y S. Sabater (eds.) Conceptos y técnicas en ecología fluvial, Fundación BBVA: 219-242.
- Hasle, G.R. 1978. Some specific preparations: Diatoms. En: Sournia, A. (ed.) Phytoplankton manual, UNESCO: 136-142.
- Hill, B.H., A.T. Herlihy, P.R. Kaufmann, R.J. Stevenson, F.H. McCormick y C.B. Johnson. 2000. Use of periphyton assemblage data as an index of biotic

- integrity. *Journal of North American Benthological Society*, 19(1): 50-67.
- Luque, M.E. y A.L. Martínez de Fabricius. 2003. Distribución temporal del fitoplancton y el epilíton en el río Piedra Blanca (Córdoba, Argentina). *Limnética*, 22(3-4): 19-34.
- Martínez de Fabricius, A.L., M.E. Luque y M. Boccolini. 2005. Diatomeas planctónicas de cursos de agua serranos. *Cuenca del Río Piedra Blanca (Córdoba, Argentina). Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 40(3-4): 183-198.
- Martínez de Fabricius, A.L., M.E. Luque, D. Lombardo y E. Bruno. 2007. Potamoplankton en la cuenca media del río Cuarto (Córdoba, Argentina). *Limnética*, 26(1): 25-38.
- McAleece, N. 1997. Biodiversity professional. Versión 2.0. The Natural History Museum and the Scottish Association for Marine Science. Web link: <http://www.sams.ac.uk/research/software>.
- Montoya-Moreno, Y., S.E. Sala, A.A. Vouilloud y N. Aguirre. 2012. Diatomeas (Bacillariophyta) perifíticas del Complejo Cenagoso de Ayapel, Colombia. *I. Caldasia*, 34(2): 457-474.
- Moya, N., E. Goitia y M. Sile. 2003. Tipología de ríos de la región del piedemonte andino en Cochabamba. *Revista boliviana de ecología y conservación ambiental*, 13: 95-115.
- Peterson, C.G. y R.J. Stevenson. 1992. Resistance and resilience of lotic algal communities: importance of disturbance timing and current. *Ecology*, 73(4): 1445-1461.
- Ramírez, C.A.M. e Y. Plata-Díaz. 2008. Diatomeas perifíticas en diferentes tramos de dos sistemas lóticos de alta montaña (Páramo de Santurbán, Norte de Santander, Colombia) y su relación con las variables ambientales. *Acta Biológica Colombiana*, 13(1): 199-216.
- Rimet, F. y A. Bouchez. 2011. Use of diatom life-forms and ecological guilds to assess pesticide contamination in rivers: Lotic mesocosm approaches. *Ecological Indicators*, 11: 489-499.
- Segura García, V., E.A. Cantoral-Uriza, I. Israde y N. Maidana. 2012. Epilithic diatoms (Bacillariophyceae) as indicators of water quality in the Upper Lerma River, Mexico. *Hidrobiológica*, 22(1): 16-27.
- Soininen, J. 2004. Assessing the current related heterogeneity and diversity patterns of benthic diatom communities in a turbid and a clear water river. *Aquatic Ecology*, 38(4): 495-501.
- Villafañe, V.E. y F.M.H. Reid. 1995. Métodos de microscopía para la cuantificación del fitoplancton. En: Alveal, K., M.E. Ferrario, E.C. Oliveira y E. Sar (eds) *Manual de Métodos Ficológicos*, Universidad de Concepción, Chile: 169-185.
- Weilhoefer, C.L. e Y. Pan. 2006. Diatom assemblages and their associations with environmental variables in Oregon Coast Range streams, USA. *Hydrobiologia*, 561: 207-219.
- Wellnitz, T. y R. Rader. 2003. Mechanisms influencing community composition and succession in mountain stream periphyton: interactions between scouring history, grazing, and irradiance. *Journal of the North American Benthological Society*, 22: 528-544.
- Whitton, B.A. 1991. Aims of monitoring. En: Whitton, B.A, E. Rott y G. Friedrich (eds.) *Use of algae for the monitoring rivers*, STUDIA Studentenforderungs-Ges.m.b.H, Austria: 5-7.
- Zapata Anzola, A.M. y J.C. Donato Rondon. 2005. Cambios diarios de las algas perifíticas y su relación con la velocidad de corriente en un río tropical de montaña (río Tota - Colombia). *Limnética*, 24(3-4): 327-338.