

Distribución estacional de las diatomeas de un río serrano. Su relación con las variables ambientales. San Luis, Argentina.



# COMITÉ EDITORIAL

## EDITOR EJECUTIVO:

**Dr. Eberto Novelo**

Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México  
enm@ciencias.unam.mx

## EDITORES ADJUNTOS:

**Dr. Abel Sentfies**

Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México  
asg@xanum.uam.mx

**Dr. Juan Manuel Lopez-Bautista**

Universidad de Alabama, United States of America  
jlopez@biology.as.ua.edu

## ASISTENTE EDITORIAL:

**M. en C. Alejandra Mireles Vázquez**

Fac. Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México  
alemiciencias@gmail.com

## EDITORES ASOCIADOS (COMITÉ EDITORIAL TEMÁTICO)

[Florística, Taxonomía, Filogenia y sistemática, Biogeografía y distribución:](#)

**Dr. Erasmo Macaya**

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Chile  
emacaya@oceanografia.udec.cl

**M. en C. Gloria Garduño Solórzano**

Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México  
ggs@servidor.unam.mx

**Dr. Luis E. Aguilar Rosas**

Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California  
aguilarl@uabc.edu.mx

**Dra. Visitación Conforti**

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad de Buenos Aires, Argentina  
conforti@bg.fcen.uba.ar

[Biología celular y Bioquímica, Fisiología y Ecofisiología:](#)

**Dra. Pilar Mateo Ortega**

Departamento de Biología, Universidad Autónoma de Madrid, España  
pilar.mateo@uam.es

[Algas tóxicas y FANs:](#)

**Dra. Marina Aboal Sanjurjo**

Facultad de Biología, Universidad de Murcia, España  
maboal@um.es

**Dr. Yuri Okolodkov**

Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana, México  
yuriokolodkov@yahoo.com

[Ecología de poblaciones y comunidades algales :](#)

**Dra. Ligia Collado Vides**

School of Environment, Arts and Society, Florida International University, United States of America  
Ligia.ColladoVides@fiu.edu

**Dra. Rosaluz Tavera**

Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México  
r\_tavera@ciencias.unam.mx

[Ficología aplicada y biotecnología:](#)

**Dra. Eugenia J. Olguín Palacios**

Instituto de Ecología, Centro CONACYT  
eugenia.olguin@inecol.mx

**Dra. Marcia G. Morales Ibarra**

División de Ciencias Naturales e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana – Cuajimalpa, México  
mmorales@correo.cua.uam.mx

[Nomenclatura](#)

**Dr. Francisco F. Pedroche**

Depto. Ciencias Ambientales, División CBS, UAM-Lerma  
e-mail:fpedroche@correo.ler.uam.mx

**Esta publicación es financiada totalmente por el Editor Ejecutivo. No recibe subsidios ni pagos.**

## CINTILLO LEGAL

*Cymbella* Revista de investigación y difusión sobre algas. -Vol. 6 Núm. 3, septiembre – diciembre de 2020, es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, México, a través del Laboratorio de Algas Continentales. Ecología y Taxonomía de la Facultad de Ciencias, Circuito exterior s/n, Ciudad Universitaria, Col. Copilco, Del. Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, Tel. (55) 56225430, <http://cymbella.mx/>, enm@ciencias.unam.mx. Editor responsable: Dr. Eberto Novelo Maldonado. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2016-112410454200. ISSN: 2448-8100. Responsable de la última actualización de este número, Laboratorio de Algas Continentales. Ecología y Taxonomía de la Facultad de Ciencias, Dr. Eberto Novelo Maldonado, Circuito exterior s/n, Ciudad Universitaria, Col. Copilco, Del. Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, fecha de la última modificación, 14 de junio de 2021.

Los artículos firmados son responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la opinión de los Editores ni de la Sociedad Mexicana de Ficología. El material publicado puede reproducirse total o parcialmente siempre y cuando exista una autorización de los autores y se mencione la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.

# DISTRIBUCIÓN ESTACIONAL DE LAS DIATOMEAS DE UN RÍO SERRANO. SU RELACIÓN CON LAS VARIABLES AMBIENTALES. SAN LUIS, ARGENTINA.

## SEASONAL DISTRIBUTION OF DIATOMS OF A MOUNTAIN RIVER. ITS RELATIONSHIP WITH ENVIRONMENTAL VARIABLES. SAN LUIS, ARGENTINA.

Griselda Jorgelina Daruich<sup>1\*</sup>, Bianca Camila De Giuseppe<sup>1</sup>, Gonzalo Zapico<sup>1</sup> y José Humberto Ulacco<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Luis, Fac. de Química, Bioquímica y Farmacia, <sup>2</sup>Fac. de Ciencias Exactas y Naturales Ejército de los Andes 951 2do piso Bloque 1 -4520300 internos: 1657. San Luis capital. Argentina. CP: 5700

\* E-mail: j.jorgelina@gmail.com

Daruich, G.J., B. C. De Giuseppe, G. Zapico, J. H. Ulacco. 2020. Distribución estacional de las diatomeas de un río serrano. Su relación con las variables ambientales. San Luis, Argentina. *Cymbella* 6(3): 115-129.

### RESUMEN

Las asociaciones de diatomeas pueden reflejar la estructura y funcionamiento de los ecosistemas lóticos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la distribución de las diatomeas en un río serrano de la provincia de San Luis, Argentina, en función de su diversidad y las variables ambientales. Se seleccionaron cuatro puntos distribuidos en el río Chico durante un ciclo anual. Se obtuvieron muestras de plancton, parámetros abióticos y mediciones de los principales nutrientes. Las diatomeas pennadas representaron la mayor riqueza de especies. La especie dominante fue *Cymbella affinis* en todos los sitios de muestreo durante el ciclo anual, la codominante *Cymbella cymbiformis*, la densidad de las especies asociadas varió estacionalmente. La riqueza se mantuvo constante, la diversidad aumentó en verano junto con equidad y la dominancia, asociado con la variabilidad de las condiciones. El importante recambio de especies permitió caracterizar este ambiente. Las variaciones de los factores fisicoquímicos influyeron en la com-

posición específica de diatomeas. La composición de especies se correspondió con el ecosistema, exhibiendo respuestas relacionadas directamente con las características ecológicas y climáticas particulares del ambiente, constituyendo una herramienta valiosa para medir la estabilidad de este y cuantificar los efectos que las perturbaciones podrían tener en los sistemas naturales.

*Palabras clave:* ambientes serranos, autoecología, ecosistemas lóticos, fitoplancton, taxocenosis

### ABSTRACT

The diatom assemblages can reflect the structure and functioning of the lotic ecosystems. Our goal was to evaluate the distribution of diatoms in a mountain stream from San Luis, Argentina, based on their diversity and environmental variables. Four points distributed in the Chico stream were selected during an annual cycle. Samples of plankton, physicochemical parameters and main nutrients were obtained. Pennate diatoms represented the greatest

species richness. The dominant species was *Cymbella affinis* at all sampling sites during the annual cycle, codominant *Cymbella cymbiformis* was found, while the associated species varied seasonally. Species richness remained constant, while diversity increased in summer along with equity and dominance, which is associated with the variability of conditions. An important exchange of species was observed in the period studied, which allowed characterizing this environment. The variations of the physicochemical factors influenced the specific composition of the taxocenosis of diatoms at each time of the year. The species composition corresponded to the ecosystem, exhibiting responses that relate directly to the particular ecological and climatic characteristics of the environment, constituting a valuable tool to measure its stability and quantify the effects that disturbances could have on natural systems.

**Keywords:** *autoecology, lotic ecosystems, mountain environments, phytoplankton, taxocenosis*

## INTRODUCCIÓN

Las variaciones en los factores físico-químicos generales en los ecosistemas lóticos presentan una amplia heterogeneidad espacio-temporal (Ward 1989). La interacción de estas variables ejerce una influencia sobre la distribución, interacciones y las adaptaciones de los organismos (Bojorge-García & Cantoral-Uriza 2007). Uno de los grupos más abundantes y representativos en los sistemas acuáticos dulceacuícolas está representado por las diatomeas (López & Altamirano 2011), de tal manera que en ríos suponen alrededor del 80-90 % de la comunidad de la comunidad fitoplanctónica (Rivas *et al.* 2010). Al igual que en otros organismos, la composición y distribución de las asociaciones de las diatomeas son el resultado de condiciones en el medio ambiente y en particular en los sistemas lóticos pueden reflejar la estructura y funcionamiento (Sabater *et al.* 1988). Debido a los atributos comunitarios de las diatomeas, i. e. distribución ubicuitaria, elevado número de especies, capacidad para colonizar diferentes ambientes y su respuesta a cambios del entorno, son consideradas como valiosos indicadores de la calidad del agua e importantes referentes geoambientales, que en conjunto con la disposición estratigráfica, estructural, el condicionamiento geomorfológico, el sistema de drenaje y las características provenientes de cada una de las etapas del desarrollo de la cuencas hidrográficas, conforman una interesante fuente de información que permite interpretar y contribuir al

conocimiento de las diatomeas de sistemas lóticos, así como establecer bases sólidas para los estudios futuros de monitoreo biológico y ambiental (Giaccardi *et al.* 2000).

En el centro de Argentina se han realizado estudios ficológicos en las cuencas de los ríos Tercero y Cuarto en la provincia de Córdoba, aportando conocimientos florísticos y autoecológicos (Luque *et al.* 1997; Luque & Martínez de Fabricius 2000; Martínez de Fabricius 1995; Martínez de Fabricius & Gari, 1996; Martínez de Fabricius *et al.* 2004). No obstante, hasta el presente existen escasos registros o estudios particulares del componente diatomológico de los ríos de San Luis, a excepción de los trabajos aportados por Daruich *et al.* 2005, 2013, 2017; por ende, se carece de una base florística robusta y confiable de diatomeas para nuestra provincia, la cual eventualmente permitiría hacer diagnósticos fundamentados sobre el estado ecológico de los sistemas lóticos locales y ofrecer un punto de referencia efectivo para la detección de eventualidades ambientales. Dada la abundancia de recursos hídricos y su importancia socioeconómica para la provincia de San Luis, y considerando los escasos antecedentes respecto al estudio de las diatomeas, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la distribución de las diatomeas de un río serrano de la provincia de San Luis, Argentina en función de su diversidad y las variables ambientales.

## ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica al Norte de la ciudad de San Luis, aproximadamente a 50 km, sobre la ruta provincial N° 3 (Fig. 1). La zona se extiende desde la localidad de Nogolí al Este y corresponde al escurrimiento superficial del flanco occidental de la Sierra de San Luis, representado por el río homónimo. La cuenca de este abarca una superficie de 300 km<sup>2</sup> aproximadamente, comprendida entre las coordenadas 66° 09' 13" - 66° 19' 19" O y 32° 48' 45" - 33° 01' 00" S; y está conformada por dos afluentes, Río del Molle y Río Chico. Sobre este último, se ha realizado el muestreo y desarrollado el presente estudio (Fig. 2). El sistema de drenaje responde a un patrón rectangular y paralelo en las porciones altas de la cuenca, luego adopta un patrón subdendrítico y por último uno entrelazado o distributivo. La altitud varía entre los 800 - 2000 m snm. Los sedimentos del río Chico, en general, están conformados por bloques menores a 0.5 m con un porcentaje aproximado de 10 %. Los clastos son subangulosos a redondeados y composicionalmente están conformados por esquistos y granitos en proporciones similares, con un predominio de los segundos.

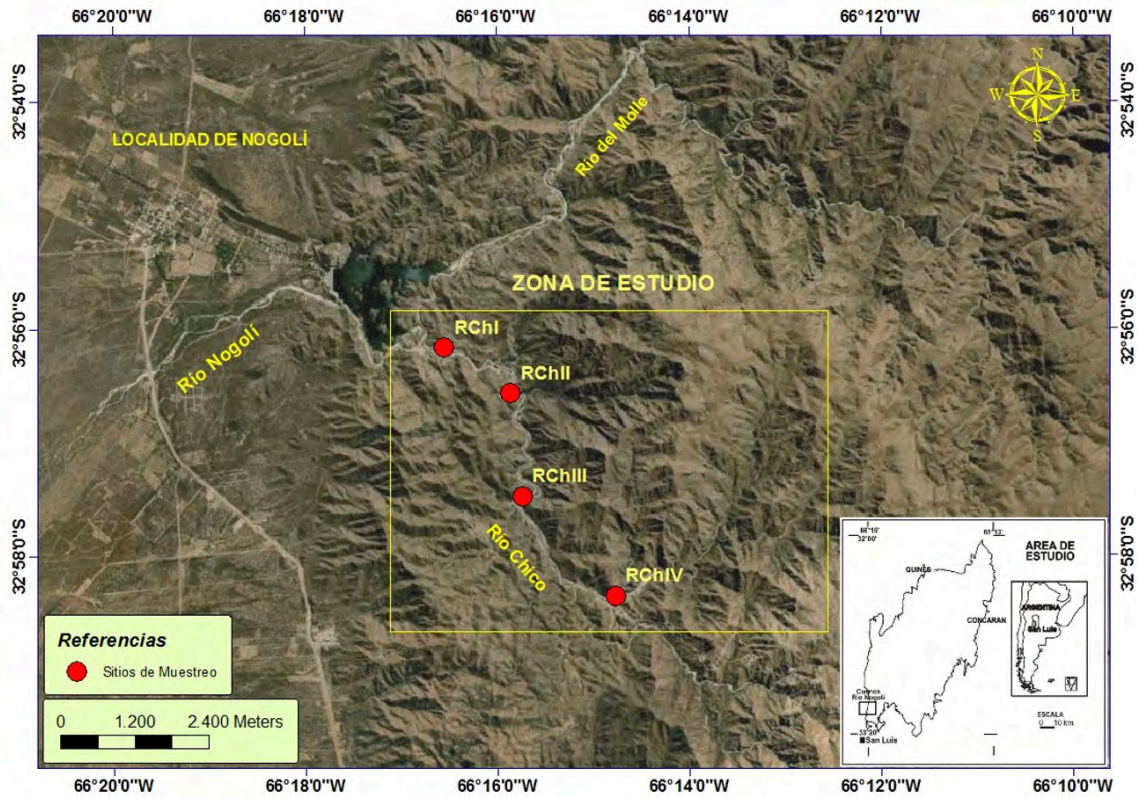


Figura 1. Área de estudio y localización de los sitios de muestreo.

Las fracciones predominantes en los sedimentos son las gravas con un porcentaje de 80 a 85 %, presentando un tamaño promedio de 6 cm y composicionalmente están formadas por granitos, metamorfitas y fragmentos de pegmatitas, predominado las dos primeras, sin embargo, los granitos se encuentran en proporciones de 50 a 70 %, aumentado su proporción río abajo. Las fracciones finas (arena, limo y arcilla) se encuentran en proporciones de 10 a 35 % en la masa de los sedimentos. Predomina la arena mediana, con variaciones gruesa a fina en sectores. Limo y arcilla se presentan en proporciones muy bajas. La composición de las arenas corresponde fundamentalmente a la composición de las rocas mencionadas, además, de cuarzo y feldespato (Ulacco *et al.* 2002).

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con muestras de plancton obtenidas en cuatro puntos distribuidos en el río Chico: RChI (río Chico I), RChII (río Chico II), RChIII (río Chico III) y RChIV (río Chico IV) (Fig. 2). La recolección se realizó con una periodicidad estacional, durante un ciclo anual desde invierno de 2000 a otoño de 2001. Se analizó un total de 16 muestras obte-

nidas en el cauce central del río con una red de plancton de 25  $\mu\text{m}$  de diámetro de abertura. Las muestras cuantitativas se obtuvieron por filtración de 100 litros de agua a través de red de igual abertura de malla. La colmatación de la red por la presencia de detritos y mucílago permite que organismos de menor tamaño queden retenidos en la red (Ferrario *et al.* 1995; Schwoerbel 1975). Simultáneamente se registraron parámetros físicos y químicos: temperatura, pH mediante el uso de P. Altronix M-206, conductividad con sensor Altronix CT2 y velocidad de corriente mediante el uso de un objeto flotante desplazado por el agua. Mientras que para la determinación de los sulfatos, nitratos, carbonatos, cloruro, sodio y potasio se siguieron las técnicas descritas en APHA-AWWA-WPCF (1992). En el laboratorio, las muestras planctónicas fueron fijadas con formaldehído al 4 %. Con el fin de facilitar y mejorar la identificación de las diatomeas fueron tratadas con agua oxigenada a 80 °C durante dos horas y posteriormente lavadas con agua destilada (Battarbee 1986). Los preparados permanentes se confeccionaron utilizando Naphrax® como medio de montaje (Hasle & Fryxell 1970). Los

**Cuadro 1 (a), (b).** Registros estacionales de las variables físico-químicas en los sitios de muestreo del río Chico, en el período Invierno 2000/Otoño 2001. Referencias: T°: Temperatura °C, Cond: Conductividad  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , Caud: Caudal  $\text{m}^3/\text{seg}$ , Vcte: Velocidad de la corriente  $\text{m}/\text{seg}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ : calcio;  $\text{Mg}^{++}$ : magnesio;  $\text{Na}^+$ : sodio;  $\text{K}^+$ : potasio ;  $\text{Cl}^-$ : cloruro;  $\text{CO}_3=$ : carbonato;  $\text{SO}_4=$ : sulfato;  $\text{NO}_3=$ : nitrato. Sitios de muestreo: RChIV: río Chico IV, RChIII: río Chico III, RChII: río Chico II, RChI: río Chico I.

	INVIERNO 2000				PRIMAVERA 2000			
(a)	RChIV	RChIII	RChII	RChI	RChIV	RChIII	RChII	RChI
T° agua	13.3	11.2	11.9	13.6	20.4	25	23	20.5
T° amb.	17	17	14	17	25	28	30	33
pH	8.21	8.46	7.9	8.53	8.4	8.5	8.46	8.23
Cond.	743	828	1006	920	790	851	347	328
Caud.	0.662	0.117	0.13	0.358	0.250	0.170	0.050	0.220
Vcte	0.625	0.363	0.495	0.182	0.390	0.470	0.430	0.680
$\text{Ca}^{++}$	107.7	125.6	93.34	84.36	91.58	85.60	37.83	36.50
$\text{Mg}^{++}$	26.2	42.57	14.19	24.01	28.65	30.67	14.93	10.49
$\text{Na}^+$	27.85	19.25	23.93	19.25	49.81	62.78	20.56	15.22
$\text{Cl}^-$	46.08	36.16	41.12	38.29	19.54	22.75	8.56	7.49
$\text{K}^+$	13.75	13.33	10.64	9.94	11.50	6.50	8.65	7.05
$\text{CO}_3=$	177.2	127.7	904.4	103.6	401.86	469.75	256.08	249.38
$\text{SO}_4=$	250	525	155	230	20.4	25	23	20.5
$\text{NO}_3=$	0.2	0.2	0.1	0.1	25	28	30	33

	VERANO 2001				OTOÑO 2001			
(b)	RChIV	RChIII	RChII	RChI	RChIV	RChIII	RChII	RChI
T° agua	24	27	23	26	10	8	8	12
T° amb.	27	29	27	30	12	10	12	15
pH	7,9	8,2	8,2	8,2	8.3	8.2	8.2	8.2
Cond.	929	700	850	844	862	862	850	920
Caud.	0,45	0,38	0,2	0,13	0.43	0.321	0.7	0.212
Vcte	0,3	0,33	0,39	0,3	0.7	0.54	0.574	0.649
$\text{Ca}^{++}$	109,3	73,27	87,8	89,06	96.22	53.75	107	72.51
$\text{Mg}^{++}$	33,42	20,74	30,73	48,78	37.13	23.41	29.4	22.75
$\text{Na}^+$	48,1	46,6	59,3	50	49.55	24	62	33.5
$\text{Cl}^-$	33,53	32,01	41,16	37	8.81	5.56	8.57	13
$\text{K}^+$	4,36	3,73	3,91	2,155	8.3	8.2	8.2	8.2
$\text{CO}_3=$	467,6	431	504,3	508,5	255.2	177.7	483.7	92.46
$\text{SO}_4=$	125	205	270	245	300	166.7	425	300
$\text{NO}_3=$	0,1	0,2	0,2	0,13	30	16.67	42.5	30

recuentos se realizaron por transectas según el método propuesto por Villafañe & Reid (1995). Se reemplazó la cámara Sedgwick-Rafter por un portaobjetos y un cubreobjetos de 24 x 50 mm, en el portaobjeto se sedimentó una alícuota de 0.3 mL y se predeterminaron tres transectas horizontales equidistantes evitando los efectos de bordes. Se contaron más de una cámara hasta obtener un promedio de organismos constante, el cual se alcanzó con tres cámaras, excepcionalmente se contaron cinco y los valores se expresan en org/mL. La concentración de organismos se obtuvo mediante  $N/Vb$ ; para la obtención del área barrida se integraron las superficies de las tres transectas (longitud de cubreobjetos por el ancho del campo visual a 400 X) y en el valor de densidad (org/mL) se utilizó la fórmula:  $C \times F'$  donde  $F' = \text{Vol. filtrado} / \text{Vol. inicial}$ . Para la identificación de especies se utilizaron trabajos de Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991) y varios de flora diatomológica regionales (Luque *et al.* 1997; Martínez de Fabricius & Gari 1996; Martínez & Corigliano 1989; Martínez *et al.* 2005). Para el ordenamiento sistemático se siguió la clasificación propuesta por Simonsen (1979). Además, se consultó la base de datos *AlgaeBase* (Guiry & Guiry 2020) para actualizaciones nomenclaturales.

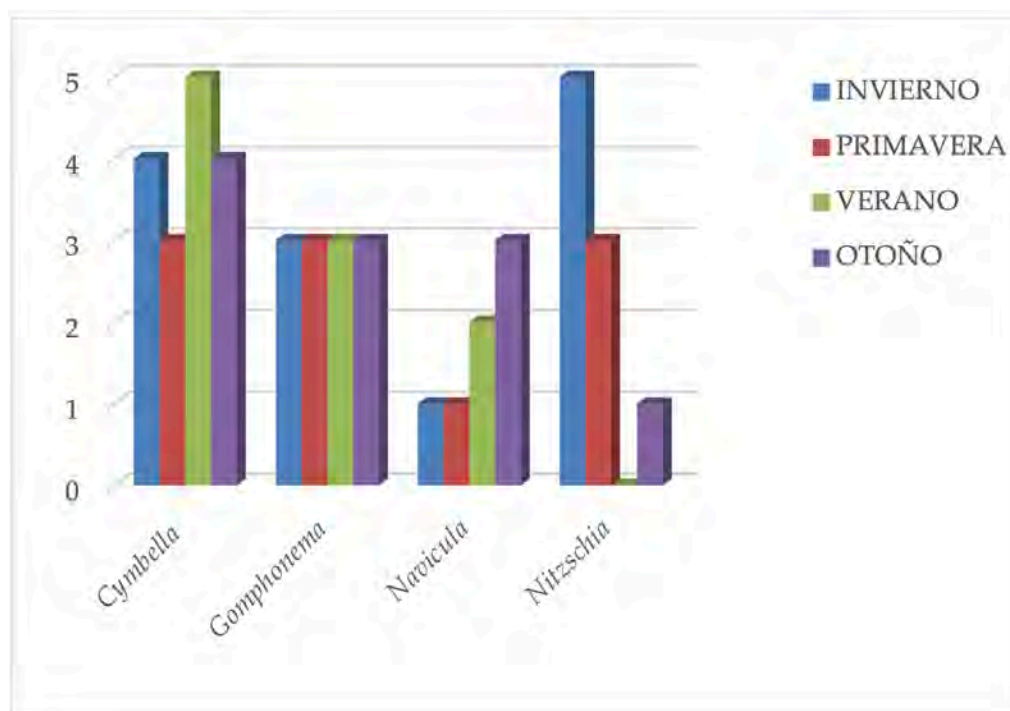
### ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de la  $\alpha$  Diversidad, se calcularon índices estándar tales como Shannon, Simpson y Margalef a partir de los cuáles se analizó la riqueza de especies y el número de individuos, a partir de los cuáles se analizó la riqueza de especies y la dominancia de éstas. Para complementar visualmente estos datos, se realizó un gráfico de SHE (Buzas & Hayek 1996; Hayek y Buzas 1997). Este análisis permite separar la contribución de la riqueza específica y la estructura de la comunidad en la diversidad alfa. En este análisis se descompone del índice de Shannon ( $H'$ ) para obtener la contribución del número de especies ( $S$ ) y la equidad de la comunidad ( $E$ ), de forma que  $H' = \ln S + \ln E$ . Para el cálculo de la  $\beta$  Diversidad, se utilizaron los índices de Cody y Whittaker, que se emplearon tanto de forma global (las cuatro estaciones en conjunto) como para todos los pares de estaciones. Se llevaron a cabo pruebas de T-Test de Diversidad (una versión optimizada de la prueba T de Student que emplea los índices de Shannon y Simpson), además de un Test de Permutación de Diversidad, para todos los pares de estaciones. Se realizaron dos análisis de correspondencia canónica (ACC) teniendo en cuenta la identificación a priori del gradiente estacional,

para las especies exclusivas de cada estación, así como para las comunes a partir de las variables ambientales. Finalmente, se realizó el método no paramétrico de Kruskal-Wallis (dado que los datos no presentaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas) teniendo como factor las cuatro estaciones contra el número de individuos, junto con sus correspondientes Post-Hoc empleando la U-Mann-Whitney. Todos los análisis fueron llevados a cabo empleando el software de análisis estadístico PAST v.2.0 (Hammer *et al.* 2001).

### RESULTADOS

Los resultados obtenidos de las variables ambientales se muestran en el Cuadro 1 (a), (b). El pH osciló entre 7.9 en RChII (río Chico II) y RChIV (río Chico IV) en invierno y en verano respectivamente y 8.53 en RChI (río Chico I) en invierno. La temperatura del agua varió en relación con los valores térmicos estacionales, registrándose las menores temperaturas en otoño e invierno y las temperaturas más altas en primavera y verano. La conductividad máxima se registró en RChII con 1006  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la estación de invierno. La velocidad de corriente fluctuó entre 0.7 m/seg en otoño y 0.18 m/seg en invierno. El caudal varió entre 0.050  $\text{m}^3/\text{seg}$  en primavera en RChII y 0.662  $\text{m}^3/\text{seg}$  en RChIV en invierno. Los valores de los aniones y cationes fueron más elevados en verano, alcanzando concentraciones importantes, en invierno. Los carbonatos fueron más elevados en verano en los cuatro sitios de muestreo, mientras que el nitrato en otoño, y el sulfato en invierno. Se determinaron un total de 53 taxones de especies de diatomeas de la Clase Bacillariophyceae. El Cuadro 2 (a), (b), (c) y (d) muestra la distribución de las abundancias totales y relativas observadas en las estaciones estudiadas. Las diatomeas pennadas representaron la mayor riqueza de especies constituyendo el 92.6 % de los taxones. También fueron dominantes en términos de abundancia sobre las centrales. Los géneros con mayor número de especies fueron *Gomphonema* (6) que se distribuyó en todas las estaciones; *Nitzschia* (5) se presentó en invierno, primavera y otoño; *Cymbella* (5) y *Navicula* (4) se observaron en todo el ciclo anual (Fig. 2). La especie dominante fue *Cymbella affinis* Kützing en todos los sitios de muestreo durante el ciclo anual. Como especie codominante *Cymbella cymbiformis*, en tanto que las especies asociadas variaron estacionalmente. En invierno las asociadas fueron *Diatoma vulgare* Bory, *Navicula radiosa* y *Ulnaria ulna*; en primavera *Cymbella cistula*, *Encyonema prostratum* y *Ulnaria ulna*. En verano, los taxones asociados estuvieron representadas por



**Figura 2.** Géneros con mayor número de especies durante el periodo de muestreo 2000-2001.

**Cuadro 2 (a, b, c, d).** Distribución estacional de las especies en los sitios estudiados. Sitios de muestreo: RChIV: río Chico IV, RChIII: río Chico III, RChII: río Chico II, RChI: río Chico I. AT: Abundancia total, AR: Abundancia relativa.

a)

INVIERNO 2000	RChIV	RChIII	RChII	RChI	AT	AR
<i>Caloneis amphisbaena</i> (Bory) Cleve				84	84	0.0007
<i>Cocconeis fluviatilis</i> J.H. Wallace			253	168	421	0.0036
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Grunow			126		126	0.0011
<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W. Smith				84	84	0.0007
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	11392	16582	10548	7594	46116	0.3949
<i>Cymbella cystula</i> (Ehrenberg) O. Kirchner	126				126	0.0011
<i>Cymbella cymbiformis</i> C. Agardh	9282	9915	19831	13924	52952	0.4534
<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) Van Heurck				168	168	0.0014
<i>Cymbopleura amphicephala</i> (Nägeli ex Kützing) Krammer		801	717		1518	0.0130
<i>Diatoma vulgaris</i> Bory	379	2658	548	928	4513	0.0386
<i>Encyonema prostratum</i> (Berkeley) Kützing		84			84	0.0007
<i>Epithemia argus</i> (Ehrenberg) Kützing			168		168	0.0014
<i>Epithemia gibba</i> (Ehrenberg) Kützing				42	42	0.0004
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg		1308		464	1772	0.0152
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Ehrenberg	15				15	0.0001
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	42		42		84	0.0007
<i>Halamphora normanii</i> (Rabenhorst) Levkov			42		42	0.0004



<i>Navicula radiosa</i> Kützing	42	2151	1729	253	4175	0.0357
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	84	84			168	0.0014
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Rabenhorst		84			84	0.0007
<i>Nitzschia linearis</i> W. Smith		126			126	0.0011
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	126				126	0.0011
<i>Nitzschia sinuata</i> (Thwaites) Grunow			126		126	0.0011
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot				126	126	0.0011
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grunow) D.M. Williams & Round			42		42	0.0004
<i>Reimeria uniseriata</i> S.E. Sala	253	84			337	0.0029
<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) D.M. Williams & Round			42		42	0.0004
<i>Surirella ovalis</i> Brébisson			126		126	0.0011
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	675	1392	632	295	2994	0.0256

**b)**

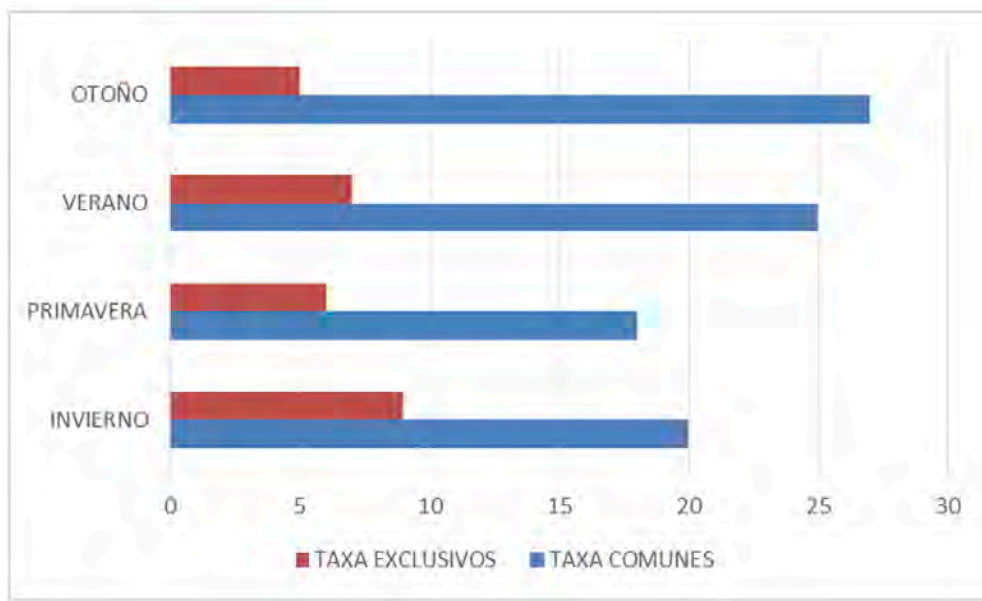
PRIMAVERA 2000	RChIV	RChIII	RChII	RChI	AT	AR
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen				7594	7594	0.2635
<i>Caloneis bacillum</i> (Grunow) Cleve			84		84	0.0029
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehrenberg) Van Heurck	42				42	0.0015
<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W. Smith			210	42	252	0.0087
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	16075	33333	30590	15274	95272	3.3061
<i>Cymbella cistula</i> (Ehrenberg) O. Kirchner	1265	126	87	67	1545	0.0536
<i>Cymbella cymbiformis</i> C. Agardh	1265	421	717	3585	5988	0.2078
<i>Encyonema prostratum</i> (Berkeley) Kützing	168	675	8016	8859		0.3074
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	842	421	632		1895	0.0658
<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson				84	84	0.0029
<i>Epithemia argus</i> (Ehrenberg) Kützing	843			1265	2108	0.0732
<i>Epithemia gibba</i> (Ehrenberg) Kützing	84				84	0.003
<i>Fragilariforma constricta</i> (Ehrenberg) D.M. Williams & Round			2320		2320	0.014
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg		253	1476		1729	0.0104
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing				675	675	0.0040
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg			42		42	0.0003
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory			126		126	0.0008
<i>Nitzschia lacuum</i> Lange-Bertalot			126		126	0.0008
<i>Nitzschia linearis</i> W. Smith		210	3502		3712	0.0222
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	126			464	590	0.0035
<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg			84		84	0.0005
<i>Pseudostaurosira parasitica</i> (W. Smith) E. Morales		42	42	42	126	0.0008
<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) Aboal		3164	1687		4851	0.0290
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	506	5611	886	21814	28817	0.1726

c)

VERANO 2001	RChIV	RChIII	RChII	RChI	AT	AR
<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	42				42	0.0009
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	84				84	0.0018
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	0	6962	42		7004	0.1479
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Grunow	84				84	0.0018
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehrenberg) Van Heurck	42				42	0.0009
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing			632	42	674	0.0142
<i>Cymbopleura amphicephala</i> (Nägeli ex Kützing) Krammer			8312	42	8354	0.1781
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	2531	11603			14134	0.2984
<i>Cymbella affinis</i> f. <i>venter</i> Martínez de Fabricius	126		42		168	0.0035
<i>Cymbella cistula</i> (Ehrenberg) O. Kirchner	42				42	0.0009
<i>Cymbella cymbiformis</i> C. Agardh		2531			2531	0.0534
<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) Van Heurck			42		42	0.0009
<i>Diatoma vulgaris</i> Bory	10337	1476			11813	0.2494
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G. Mann	42				42	0.0009
<i>Encyonema muelleri</i> (Hustedt) D.G. Mann	42				42	0.0009
<i>Encyonema prostratum</i> (Berkeley) Kützing					0	0.0009
<i>Epithemia gibba</i> (Ehrenberg) Kützing		126			126	0.0027
<i>Epithemia sorex</i> Kützing	84	42			126	0.0027
<i>Fragilariforma constricta</i> (Ehrenberg) D.M. Williams & Round		42	42		84	0.0018
<i>Geissleria decussis</i> (Østrup) Lange-Bertalot & Metzeltin	42				42	0.0018
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg		42	421		463	0.0098
<i>Gomphonema intricatum</i> Kützing	42				42	0.0009
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	210				210	0.0044
<i>Luticola mobiliensis</i> (C.S. Boyer) A. Mayama	42				42	0.0009
<i>Meridion anceps</i> (Ehrenberg) D.M. Williams			253		253	0.0009
<i>Navicula menisculus</i> Schumann		42			42	0.0009
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	42				42	0.0009
<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg	253				253	0.0053
<i>Pinnularia divergens</i> W. Smith	42				42	0.0009
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg		42			42	0.0009
<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) Aboal		0	210		210	0.0044
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère		126			126	0.0027

d)

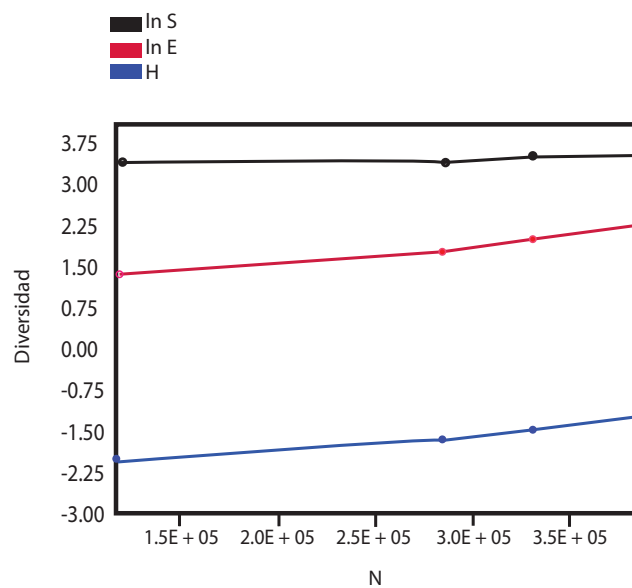
OTOÑO 2001	RChIV	RChIII	RChII	RChI	AT	AR
<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	6751	2531	632		9914	0.0278
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	84		42		126	0.0004
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehrenberg) Van Heurck	84	42			126	0.0004
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing			42		42	0.0001
<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W. Smith	253				253	0.0007
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	80168	54852	88607	78059	301686	0.8451
<i>Cymbella affinis</i> f. <i>venter</i> Martínez de Fabricius	42	253	42	42	379	0.0011
<i>Cymbella cistula</i> (Ehrenberg) O. Kirchner		42	42		84	0.0002
<i>Cymbella cymbiformis</i> C. Agardh	7088	2109	210	210	9617	0.0269
<i>Cymbopleura amphicephala</i> (Nägeli ex Kützing) Krammer	801	168	464	42	1475	0.0041
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	337	337	464	42	1180	0.0033
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G. Mann	42	42	84		168	0.0005
<i>Encyonema prostratum</i> (Berkeley) Kützing	84				84	0.0002
<i>Epithemia gibba</i> (Ehrenberg) Kützing		42			42	0.0001
<i>Fragilariforma constricta</i> (Ehrenberg) D.M. Williams & Round		42	42		84	0.0002
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg	42	126			168	0.0005
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	1139		126	42	1307	0.0037
<i>Gomphonema intricatum</i> Kützing	1054		379	42	1475	0.0041
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	42				42	0.0001
<i>Karayevia clevei</i> (Grunow) Bukhtiyarova	42				42	0.0001
<i>Luticola mobiliensis</i> (C.S. Boyer) Mayama	42				42	0.0001
<i>Meridion anceps</i> (Ehrenberg) D.M. Williams	1054	20337	1126		22517	0.0631
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain ex Gasse			42		42	0.0001
<i>Navicula radiosa</i> Kützing		210	84	42	336	0.0009
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory	253	42			295	0.0008
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow			42		42	0.0001
<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg			42		42	0.0001
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot		42	42	42	126	0.0004
<i>Reimeria uniseriata</i> S.E. Sala	15	42	42		99	0.0003
<i>Stausirella pinnata</i> (Ehrenberg) D.M. Williams & Round	42				42	0.0001
<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) Aboal	0	295	126	0	421	0.0012
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	1983	717	928	1054	4682	0.0131



**Figura 3.** Número de taxones comunes y exclusivos durante el periodo de muestreo 2000-2001.

**Cuadro 3.** Valores de los índices ecológicos observados durante el período de muestreo 2000-2001.

	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO
Taxa_S	29	24	32	32
Individuos	116787	167005	47369	286009
Simpson_1-D	0.6346	0.6366	0.7919	0.3404
Shannon_H'	1.34	1.57	1.852	0.8531
Margalef_D <sub>Mg</sub>	2.4	1.913	2.88	2.467
Equidad_J	0.3979	0.4941	0.5343	0.2462



**Figura 4.** Resultados del análisis SHE durante el periodo de muestreo 2000-2001.

*Aulacoseira granulata*, *Cymboppleura amphicephala* y *D. vulgaris*; en tanto que en otoño fueron *Achnanthydium minutissimum*, *Meridion anceps* y *Ulnaria ulna*. En la Fig. 3 se presentan los taxones comunes y exclusivos durante el ciclo anual. El número de taxones comunes presentó variación estacional, otoño presentó el mayor número de taxones comunes e inversamente, en esta estación se determinó el menor número de taxones exclusivos. Mientras que primavera presentó el menor número de especies comunes e invierno el mayor número de taxones exclusivos.

Se contabilizaron un total de 617, 170 valvas. Cabe señalar que, del total, sólo dos taxones contribuyeron a más del 80 % de las valvas contabilizadas: *C. affinis* con 457, 208 valvas (74 %) y *C. cymbiformis* con 71, 088 valvas (11.4 %), representando así, las especies más frecuentes y abundantes en los sitios de muestreo. Sin embargo, las asociaciones en todos los puntos de muestreo se caracterizaron por presentar pocas especies con elevadas abundancias. En el presente estudio, para fines prácticos, se consideró las especies representadas por un número de individuos (dos valvas) de 400 o más. En el Cuadro 3 se presentan los valores calculados de los índices ecológicos para todos los sitios de muestreo durante el ciclo anual. Los valores de diversidad (índice de Shannon ( $H'$ ), índice de Simpson:1-D) se compararon mediante el Test de diversidad no existiendo diferencias significativas ( $p = 0.0001$ ) durante el periodo estudiado. El test de Kruskal-Wallis no mostró diferencias significativas entre las estaciones de muestreo ( $p < 0.05$ ). La variación de los valores de riqueza ( $S$ ) para los sitios estudiados fue la siguiente: el mayor número de especies se registró en verano ( $S = 32$ ) y en otoño ( $S = 32$ ), el valor menor fue en primavera ( $S = 24$ ). Los valores más altos de diversidad, equidad y dominancia para todos los sitios muestreados se registraron en verano.

La representación gráfica del análisis SHE manifestó una riqueza uniforme ( $\ln S$ ) mientras que la equidad, aumentó ( $\ln E$ ) junto a la diversidad ( $H$ ) durante el período de muestreo (Fig. 4). La aproximación beta de la diversidad ( $\beta$ ), buscó estimar el recambio de especies durante el ciclo anual estudiado, mediante el cálculo de los índices de Whittaker ( $\beta_W = 1.0855$  y Cody ( $\beta_C = 45$ ). Los resultados indicaron que el recambio de especies fue alto y el mayor reemplazo de especies se dio entre la estación invierno y verano (Cuadro 4). El análisis de correspondencia canónico (ACC) se realizó sobre la distribución de las especies abundantes (400 valvas o más) respecto a las variables fisicoquímicas de cada estación durante el ciclo anual (Fig. 5). *Cymbella affinis* (CAFF), *Cymbella cymbiformis* (CCYM),

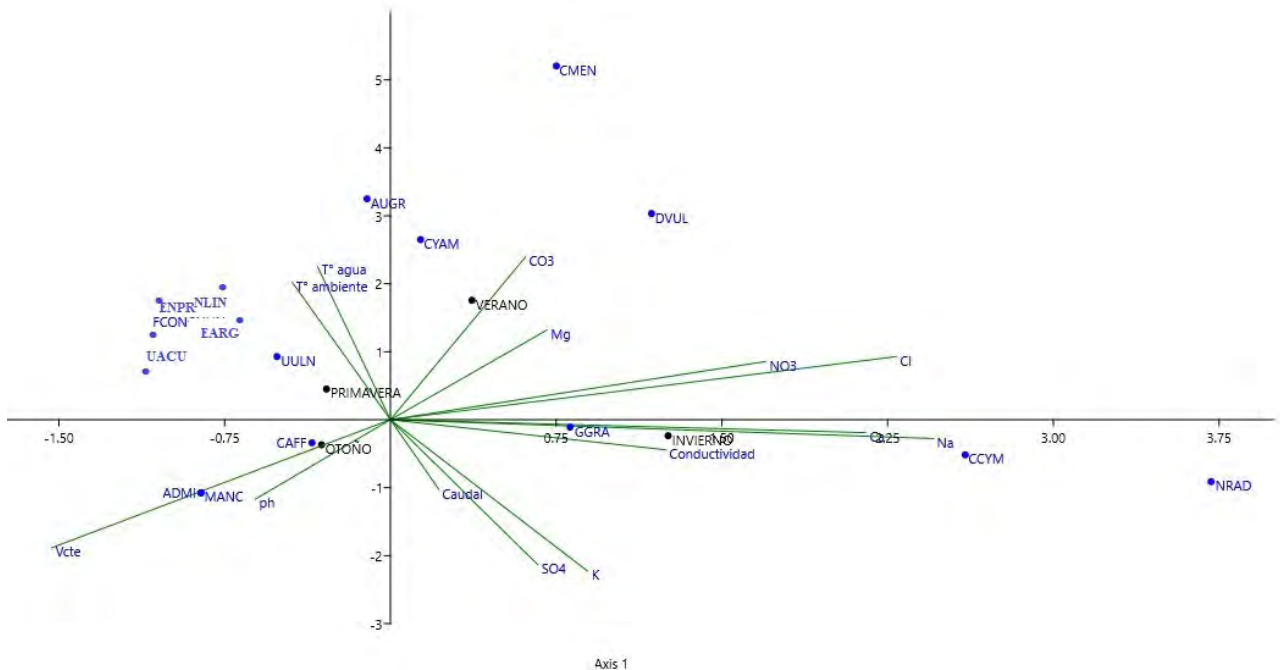
*Cymboppleura amphicephala* (CYAM), *Diatoma vulgaris* (DVUL), *Gomphonema gracile* (GGRA), *Navicula radiosa* (NRAD) y *Ulnaria ulna* (UULN) en invierno, estuvieron asociadas con la conductividad, caudal, cationes sodio y potasio, y sulfato. *Aulacoseira granulata* (AGRA), *Cymbella affinis* (CAFF), *Cymbella cymbiformis* (CCYM), *Cymbella cistula* (CCIS), *Cyclotella meneghiniana* (CMEN), *Diatoma vulgaris* (DVUL), *Encyonema prostratum* (ENPR), *Epithemia argus* (EARG), *Fragilariforma constricta* (FCON), *Gomphonema gracile* (GGRA), *Nitzschia linearis* (NLIN), *Ulnaria acus* (UACU) y *Ulnaria ulna* (UULN), en primavera se encontraron influenciadas por la temperatura. *Aulacoseira granulata* (AGRA), *Cymbella affinis* (CAFF), *Cymbella cymbiformis* (CCYM), *Cymboppleura amphicephala* (CYAM), *Cyclotella meneghiniana* (CMEN), *Diatoma vulgaris* (DVUL), en verano se asociaron al magnesio, cloruro, carbonato y nitrato. Por último, *Achnanthydium minutissimum* (ADMI), *C. affinis* (CAFF), *C. cymbiformis* (CCYM), *Cymboppleura amphicephala* (CYAM), *Diatoma vulgaris* (DVUL), *Gomphonema gracile* (GGRA), *Meridion anceps* (MANC) y *Ulnaria ulna* (UULN) con el pH y la velocidad de la corriente ( $V_{cte}$ ) en otoño.

## DISCUSIÓN

Las diatomeas pennales se destacaron sobre las centrales coincidiendo con lo registrado en otros ríos serranos de San Luis (Daruich *et al.* 2013) y del centro del país, donde las diatomeas centrales estuvieron poco representadas, típico de ambientes lóticos de bajo orden (Galea *et al.* 2014; Luque & Martínez de Fabricius 2003, 2005). Si bien el muestreo se basó en diatomeas planctónicas, existió una gran proporción de organismos procedentes del bentos. La escasa profundidad de ríos y arroyos serranos contribuye a que se encuentre un elevado número de especies comunes a ambas comunidades tanto planctónica como bentónica (Luque & Martínez de Fabricius 2002). Esto ocurrió en el río Chico con los géneros que aportaron mayor número de especies. La estructura de la comunidad mostró a través del análisis SHE que la riqueza de especies se mantuvo constante, en tanto que la diversidad aumentó en verano junto con la equidad y la dominancia, lo que se asoció con la variabilidad de las condiciones ambientales presentes en esa época. En otoño, *C. affinis* contribuyó a más del 95 % a la biomasa total aumentando considerablemente su abundancia, lo que trajo aparejado una disminución de la diversidad, equidad y dominancia respecto de las otras épocas del año. Se podría inferir, en términos generales, que la diversidad biológica en el río Chico se vio afectada por la variabilidad ambiental, lo que originó cambios

**Cuadro 4.** Resultados de los índices de  $\beta$  diversidad durante el periodo 2000-2001: Interpares de  $\beta W$  y  $\beta C$  estacionales

		INTERPARES			
		Otoño	Invierno	Primavera	Verano
$\beta W$	Otoño	0	0.5082	0.53571	0.34375
	Invierno	0.5082	0	0.50943	0.63934
	Primavera	0.53571	0.50943	0	0.57143
	Verano	0.34375	0.63934	0.57143	0
$\beta C$	Otoño	0	15.5	15	11
	Invierno	15.5	0	13.5	19.5
	Primavera	15	13.5	0	16
	Verano	11	19.5	16	0



**Figura 5.** Ordenamiento obtenido con el análisis de correspondencia canónica (ACC) que muestra la distribución de las especies dominantes con las variables fisicoquímicas. *A. granulata* (AGRA), *A. minutissimum* (ADMI), *C. affinis* (CAFF), *C. amphicephala* (CYAM), *C. cymbiformis* (CCYM), *C. meneghiniana* (CMEN), *D. vulgaris* (DVUL), *E. prostratum* (ENPR), *E. argus* (EARG), *F. constricta* (FCON), *G. gracile* (GGRA), *M. anceps* (MANC), *N. radiosa* (NRAD), *N. linearis* (NLIN) *U. acus* (UACU) y *U. ulna* (UULN), en función del caudal, pH, temperatura, conductividad, Vcte: Velocidad de la corriente, Ca<sup>++</sup>: calcio, Mg<sup>++</sup>: magnesio, Na<sup>+</sup>: sodio, K<sup>+</sup>: potasio, Cl<sup>-</sup>: cloruro, CO<sub>3</sub><sup>=</sup>: carbonato, SO<sub>4</sub><sup>=</sup>: sulfato, NO<sub>3</sub><sup>=</sup>: nitrato.

en los valores de la diversidad de las especies. Fue notable la predominancia de *Cymbella affinis* durante el ciclo anual. Esta especie alcalófila y oligohalobia, de amplia distribución en ríos y lagos en Argentina (Sala 1996), resultó ser representativa tanto en términos cualitativos y cuantitativos en el río estudiado, ya que junto con *Cymbella cymbiformis* representaron más del 80 % de la biomasa total. La asociación de especies dominantes y codominantes se mantuvo estable durante todo el periodo estudiado y podría interpretarse como un reflejo de un estado de equilibrio de este ecosistema (López-Mendoza *et al.* 2015). En contraposición con lo anterior, Buendía-Flores *et al.* (2019) proponen un sistema competitivo con períodos de estabilidad muy cortos para la diatomea bentónica *C. meneghiniana*. Esta especie observada en ríos y arroyos de Argentina (Galea *et al.* 2014; Luque & Martínez de Fabricius 2003, 2005), contribuyó con un 80 % de la abundancia total del lago estudiado, los autores relacionaron que la sostenida disminución de la diversidad se debe a condiciones de alteración urbana y agropecuaria del sitio, indicando que hay respuestas de cierto ajuste de las especies dominantes, que son continuas. El río Chico es considerado un ambiente prístino, alejado de asentamientos urbanos, la estructura de la taxocenosis de diatomeas observada en el mismo se asociaría con estados de estabilidad determinados por la abundancia continua de *Cymbella affinis* durante el ciclo anual.

La composición y estructura de las diatomeas del río Chico permitieron generar sucesiones de especies a través del ciclo anual. Los ensamblajes de las diatomeas tuvieron una composición general similar en los diferentes tramos del río, pero no significaron estar compuestas por las mismas especies; si bien las asociaciones son similares, su composición es particular a cada sitio. El mayor recambio de especies producido en verano favoreció el aumento de diversidad, reflejando condiciones óptimas para el desarrollo de las diatomeas planctónicas que se relacionan a factores hidrológicos y fisicoquímicos del río Chico de esa estación del año, por lo tanto, a través de la estimación beta se pudo definir apropiadamente el tramo del río en estudio (Koleff *et al.* 2003).

Las variaciones de los factores fisicoquímicos influyeron en la composición específica de la taxocenosis de diatomeas en cada época del año, permitiendo, además, la presencia de especies exclusivas en cada estación. La existencia de un elevado número de taxones esporádicos en los sitios de muestreo se ha presentado en otras regiones del país (Anselmi de Manavella & García de Emiliani 1995; Luque

*et al.* 1997; Taboada *et al.* 2015). *C. affinis*, la especie dominante en todo el ciclo anual registró su máxima abundancia en otoño, favorecida por valores altos de pH y velocidad de la corriente; mientras que la codominante *C. cymbiformis* en invierno se vio favorecida por el aumento del caudal, conductividad, sulfato y potasio. En primavera, la temperatura influyó en la permanencia y establecimiento de especies exclusivas que fueron abundantes como *N. linearis*, *F. constricta* y *E. argus*. Según Darley (1982) la temperatura provoca una fuerte influencia sobre el metabolismo de los organismos, por ejemplo, cambios en la tasa fotosintética y en los tiempos de reproducción sexual y asexual. *U. ulna*, si bien fue frecuente en todos los sitios de muestreo, considerada como asociada, mostró su dominancia en esta estación y a pesar de ser una especie reófila responde a un amplio intervalo de condiciones ambientales (Sala 1996; Salomoni *et al.* 2006; Sosa *et al.* 2011). En verano, el aumento de la diversidad incorporó diatomeas centrales como *A. granulata* y *C. meneghiniana*, concomitante con el aumento de los carbonatos y nitratos. *A. granulata* está adaptada a grandes variaciones de intensidades de luz y turbulencias (Zalócar de Domitrovic *et al.* 2007). Según Mangadze *et al.* (2017) las asociaciones de diatomeas son indicadores de las características hidromorfológicas, además de la conductividad y la composición iónica del agua.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de la distribución estacional de las diatomeas del río Chico, que forman parte de la cuenca alta del río Nogolí permitieron, por un lado, reconocer las especies que persisten en su recorrido y por otro, definir las asociaciones de diatomeas. Aun faltando elementos para explicar completamente la ecología de las diatomeas de toda la cuenca, se concluye que la composición de especies se correspondió al ecosistema. Las diatomeas dominantes exhibieron respuestas que se relacionaron de manera directa con las características ecológicas y climáticas e hidrogeoquímicas particulares del ambiente estudiado. La sustitución de las especies dominantes, codominantes y asociadas en el río Chico se correspondió con variaciones espaciales y temporales. Los cambios que sufrió la estructura de la comunidad y las diferencias que existieron en las formas de agrupación constituyen importantes instrumentos para la evaluación de las condiciones ambientales en estos sistemas lóticos. Si bien, la diversidad no es estrictamente una medida de impacto en los ríos, es una herramienta valiosa para medir la estabilidad de un ecosistema

y cuantificar los efectos que las perturbaciones podrían tener en los sistemas naturales.

## REFERENCIAS

- Anselmi de Manavella, M.I. & M.O. García de Emiliani. 1995. Composición y dinámica del fitoplancton en una sección transversal del Río Correntoso (Llanura aluvial del Río Paraná). *Revista Asociación Ciencias Naturales Litoral* 26: 39-54.
- APHA-AWWA-WPCF (American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation). 1992. *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Ediciones Díaz de Santos, S.A., Madrid.
- Battarbee, R.W. 1986. Diatom analysis. In: E. Berglund & M. Ralska-Jasiewiczowa (Eds.) *Handbook of Holocene Palaeoecology and palaeohydrology*. Wiley, Chichester, pp. 527-570.
- Bojorge-García, M.G. & E.A. Cantoral-Uriza. 2007. Estructura comunitaria de diatomeas asociadas a talos de Prasiola mexicana (Chlorophyta) en el río Magdalena, D.F. *Hidrobiológica* 17: 11-24.
- Buendía-Flores, M., R. Tavera, E. Novelo & S. Espinosa-Matías. 2019. Composición florística y diversidad de diatomeas bentónicas del lago Chalco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 90: e902794.
- Buzas, M.A. & L.C. Hayek. 1996. Biodiversity resolution: an integrated approach. *Biodiversity Letters* 3: 40-43.
- Darley, W.M. 1982. *Algal Biology: A physiological approach*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, London.
- Daruich, G.J., M.A. Gil & L.E. Moreno. 2017. Diatomeas empleadas en la evaluación de la calidad del agua en 3 cuencas de la provincia de San Luis (Argentina). *Natura Neotropicalis*. 2: 19-35.
- Daruich, J., A.L. Martínez de Fabricius & J.H. Ulacco. 2005. Epilithic algae from Nogolí River (San Luis, Province). *Biocell* 29: 360.
- Daruich, G.J., S. Tripole, M.A. Gil & A. Vallania. 2013. Algal and cyanobacterial communities in two rivers of the province of San Luis (Argentina) subjected to anthropogenic influence. *Acta Limnologica Brasiliensia* 25: 79-90.
- Ferrario, M.E., E. Sar & S. Sala. 1995. Metodología básica para el estudio del fitoplancton con especial referencia a las diatomeas. In: K. Alveal; M.E. Ferrario; E.C. Oliveira & E. Sar (Eds.) *Manual de Métodos Ficológicos*. Universidad de Concepción, Concepción, pp: 1-24.
- Galea, M.J., G.I. Bazán, S.B. Álvarez & A.L. Martínez de Fabricius. 2014. Estudio del fitoplancton aguas arriba y aguas abajo del dique embalse Casa de Piedra, río Colorado (La Pampa, Argentina). *Biología Acuática* 30: 287-300.
- Giaccardi, A., H. Ulacco & D. Aguilera. 2000. Caracterización geológica y estratigráfica de la Cuenca de Beazley, San Luis, Argentina. *2ª Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra*. 20, N° 3 de GEOS. México.
- Guiry, M.D. & G.M. Guiry. 2020. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>. (Acceso 5 de marzo de 2020).
- Hammer, O., D.A.T. Harper & P.D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistical software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica* 4: 1-9.
- Hasle, G.R. & A. Fryxel. 1970. Diatoms; Cleaning and mounting for light and electron microscopy. *Transactions of the American Microscopical* 89: 469-474.
- Hayek, C.L. & M.A. Buzas. 1997. Surveying natural populations. Columbia University Press, New York.
- Koleff, P., K.J. Gaston & J.J. Lennon. 2003. Measuring Beta diversity for presence-absence data. *Journal of Animal Ecology* 72: 367-382.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot. 1986. Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae. t A. Pascher, H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, & D. Mollenhauer (Eds.) *Süsswasserflora von Mitteleuropa*, 2: G. Fischer, Jena.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot. 1988. Bacillariophyceae 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: A. Pascher, H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, & D. Mollenhauer (Eds.) *Süsswasserflora von Mitteleuropa*, 2: G. Fischer, Jena.
- Krammer, K. and H. Lange-Bertalot. 1991. Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Unter Mitarbeit von H. Håkansson und M. Nörpel. In: A. Pascher, H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, & D. Mollenhauer (Eds.) *Süsswasserflora von Mitteleuropa*, 2. G. Fischer, Stuttgart, Jena.
- López F., O. & M.C. Altamirano. 2011. Diatomeas bentónicas de los oasis de Baja California Sur [Informe Final SNIB- CONABIO, Proyecto No. HJ032]. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz.
- López-Mendoza, Z., R. Tavera & E. Novelo. 2015. El fitoplancton de un canal de Xochimilco y la importancia de estudiar ecosistemas acuáticos urbanos. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* 18: 13-28.
- Luque, M.E., E.N. Gari & A.L. Martínez de Fabricius. 1997. Fitoplancton y fitobentos de la cuenca superior del río Chocancharava (ex Cuarto) (Córdoba, Argentina). *Revista Universidad Nacional de Río Cuarto* 17: 49-67.
- Luque, M.E. & A.L. Martínez de Fabricius. 2000. Ficoflora fitoplanctónica y epilítica del río Piedra Blanca (Córdoba, Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 35: 21-32.
- Luque, M.E. & A.L. Martínez de Fabricius. 2002. Distribución temporal de algas epilíticas en el río Piedra Blanca (Córdoba, Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 37: 29-39.
- Luque, M.E. & A.L. Martínez de Fabricius. 2003. Distribución temporal del fitoplancton y epilítion en el río Pie-



- dra Blanca (Córdoba, Argentina). *Limnetica* 22: 19-34.
- Luque, M.E. & A.L. Martínez de Fabricius. 2005. Algas fitoplanctónicas del Río Piedra Blanca (Córdoba, Argentina) y su relación con los factores ambientales. *Lilloa* 42: 69-79.
- Mangadze, T., R.J. Wasserman & T. Dalu. 2017. Use of diatom communities as indicators of conductivity and ionic composition in a small Austral temperate river system. *Water, Air, & Soil Pollution*, 228: 428.
- Martínez de Fabricius, A.L. 1995. Bacillariophyceae del río Cuarto (Córdoba), nuevas o raras para la Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 31: 41-47.
- Martínez de Fabricius, A.L. & M. del C. Corigliano. 1989. Composición y distribución de comunidades algales en el río Ctalamochita (Córdoba, Argentina). *Revista de la Universidad Nacional de Rio Cuarto* 9: 5-13.
- Martínez de Fabricius, A.L. & E.N. Gari. 1996. Estudios sistemáticos de las Bacillariophyceae del Río Grande (Depto. Calamuchita, Córdoba, Argentina). Pennales III. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 32: 21-35.
- Martínez de Fabricius, A.L., M.E. Luque & E.N. Gari. 2004. Estructura espacial y temporal del fitoplancton en ríos y arroyos serranos de la cuenca del río Cuarto (Argentina). Caracterización biológica de la calidad del agua. Resúmenes I Congreso Sudamericano de Ficología. I Congreso Peruano de Ficología: 25. Lima, Perú.
- Martínez de Fabricius, A.L., M.E. Luque & M. Boccolini. 2005. Diatomeas planctónicas de cursos de agua: Cuenca del Río Piedra Blanca (Córdoba, Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 40: 183-198.
- Rivas, A.W., R.E. Gómez & A.J. Monterrosa. 2010. Consideraciones generales para el estudio y monitoreo de diatomeas en los principales ríos de El Salvador. In: J.M. Sermeño & M. Springer (Eds.). *Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos*. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador.
- Sabater, S., F. Sabater & J. Armengol. 1988. Relationships between diatom assemblages and physico-chemical variables in the River Ter (N.E. Spain). *Internationale Revue gesamten Hydrobiologie* 73: 171-179.
- Sala, S.E. 1996. Flora diatomológica del embalse Paso de las Piedras (Argentina) I: Fam. Diatomaceae, Fam. Achnantaceae y Fam. Eunotiaceae (O. Pennales). *Darwiniana* 34: 251-266.
- Salomoni, S.E., O. Rocha, V.L. Callegaro & E.A. Lobo. 2006. Epilithic diatoms as indicators of water quality in the Gravati River, Rio Grande do Sul, Brazil. *Hydrobiologia* 559: 233-246.
- Schwoerbel, J. 1975. *Métodos de Hidrobiología*. Ed. Hermann Blume, Madrid.
- Simonsen, R. 1979. The Diatom System: ideas on phylogeny. *Bacillaria* 2: 9-71.
- Sosa, M., M. Novoa & A.L. Martínez de Fabricius. 2011. Ficoflora de la cuenca endorreica fluviolacustre Chucul (Córdoba, Argentina). *Biológicas* 13: 14-23.
- Taboada, M. de los A., M.L. Gultemirian, S.N. Martínez de Marco & B.C. Tracanna. 2015. Ficoflora epilítica y variables ambientales del Arroyo Calimayo (Tucumán-Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 50: 467-480.
- Ulacco, H., S. Rodríguez, M. Mallea, J. Daruich, & M. Garbagnati. 2002. Caracterización hidrogeoquímica y biológica de la cuenca del Río Nogolí, Provincia de San Luis, Argentina. *XV Congreso Geológico Argentino. Santa Cruz. Argentina*. Actas II, pp: 631-636.
- Villafañe, V.E & F.M.H. Reid. 1995. Métodos de microscopía para la cuantificación del fitoplancton. In: K. Alveal, M.E. Ferrario, E.C. Oliveira, E. Sar. (Eds.) *Manual de métodos ficológicos*. Universidad de Concepción, Concepción, p 169-185.
- Ward, J.V. 1989. The four-dimensional nature of lotic ecosystem. *Journal of the North American Benthological Society* 8: 2-8.
- Zalócar de Domitrovic, Y., M. Devercelli & M.O. García de Emiliani. 2007. Phytoplankton. In: M.H. Iriondo, J.C. Paggi & M.J. Parma (Eds.). *The middle Paraná river: limnology of a subtropical wetland*. Springer, Berlin-Heidelberg.

Sometido: 18 de septiembre de 2020

Revisado: 28 de noviembre de 2020

Corregido: 15 de diciembre de 2020

Aceptado: 19 de diciembre de 2020

# DIRECTORIO

## COMITÉ EJECUTIVO NACIONAL

Sociedad Mexicana de Ficología  
Mesa Directiva 2020-2022

### **Dr. Enrique Arturo Cantoral Uriza**

Presidente  
Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación  
Facultad de Ciencias (UMDI-FC-J-UNAM)  
Juriquilla, Querétaro  
somfico2022@gmail.com

### **Dra. Ileana Ortegón Aznar**

Vicepresidenta  
Universidad Autónoma de Yucatán (UADY)  
Mérida, Yucatán  
oaznar@correo.uady.mx

### **Dr. José Zertuche González**

Secretario Académico  
Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO-UABC)  
Ensenada, BC  
zertuche@uabc.edu.mx

### **Dra. Miriam G. Bojorge García**

Secretaria Administrativa  
Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación  
Facultad de Ciencias (UMDI-FC-J-UNAM)  
Juriquilla, Querétaro  
mbg@ciencias.unam.mx

### **Dr. José Antolín Aké Castillo**

Secretario de Difusión y Extensión  
Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías  
Universidad Veracruzana  
aake@uv.mx

## CRÉDITO DE FOTO DE LA PORTADA

Ambiente inframareal con un ensamble de macroalgas bentónicas, resaltando la población de *Cymopolia barbata* (Linnaeus) J. V. Lamouroux (alga verde), en Playa Paraíso, La Mancha, Veracruz, México.

Foto de A. Senties ©