
**RESPUESTA DE *Navicula rhynchocephala*
(BACILLARIOPHYCEAE) AL INCREMENTO DE NUTRIENTES
EN UN ARROYO ANDINO (COLOMBIA).**

**Response of *Navicula rhynchocephala*
(Bacillariophyceae) to Nutrient Enrichment
in an Andean Stream (Colombia).**

SILVIA JULIANA MORALES-DUARTE¹, Bióloga; JOHN CH. DONATO-RONDÓN¹, Ph. D.; MARÍA ISABEL CASTRO-REBOLLEDO¹, M.Sc.

¹ Departamento de Biología, Laboratorio de Diatomeas, Universidad Nacional de Colombia, Avenida (Carrera) 30 # 45-03 Bogotá, Colombia. jcdonator@bt.unal.edu.co

Presentado 6 de octubre de 2009, aceptado 29 de enero de 2010, correcciones 5 de agosto de 2010.

RESUMEN

Para evaluar el efecto de la adición de amonio (NH_4^+) y fosfatos (PO_4^{3-}) sobre la estructura de la comunidad de diatomeas en el sector medio del río Tota (Boyacá, Colombia), se cuantificó la densidad de 98 especies de diatomeas mediante la utilización de sustratos artificiales en dos tramos con condiciones ambientales similares (control e impacto) del sector medio del río Tota. Se incrementaron las concentraciones de amonio y fosfato en el tramo experimental a dos veces las del tramo control mediante la fertilización controlada. *Navicula rhynchocephala* disminuyó significativamente sus densidades en el tramo experimental, por lo que puede ser considerada como una especie que responde al incremento de nutrientes.

Palabras clave: adición de nutrientes, diatomeas, río tota, sustratos artificiales

ABSTRACT

To evaluate the effect of ammonium (NH_4^+) and phosphates (PO_4^{3-}) addition on the structure of the diatom community in the Tota stream (Boyacá, Colombia), diatom density was quantified on artificial substrates in two reaches (control and impact) with similar environmental conditions, along the Tota stream. Using a nutrient controlled enrichment in the impact reach, concentrations of ammonium and phosphates were increased to twice those in the control reach. *Navicula rhynchocephala* decreased its densities significantly, suggesting that is species that responds negatively to nutrient enrichment.

Key words: artificial substrates, diatom, nutrient enrichment, Tota stream.

INTRODUCCIÓN

En los sistemas fluviales, la mayoría de los sustratos que se encuentran sumergidos y que a su vez les llega luz, son recubiertos por asociaciones de microbios heterotróficos, algas bénticas y una matriz extracelular conocidas como perifiton o Biofilm (Allan y Castillo, 2007). Las diatomeas forman parte de esta comunidad, aportan información referente a las perturbaciones causadas al ecosistema y responden rápidamente a los cambios en las condiciones ambientales (Stevenson y Pan, 1999).

La estructura de la comunidad de diatomeas puede ser conocida mediante la estimación de la biomasa, composición taxonómica o la diversidad. Si bien, algunos estudios (Romaní *et al.*, 2004; Sabater *et al.*, 2005) evaluaron el efecto del tipo de sustrato natural (arena, roca y hojarasca) y el suministro de nutrientes (N y P) en la estructura de las comunidades Biofilm, se requiere información sobre la respuesta de las especies de diatomeas en sistemas tropicales particularmente en ríos y arroyos andinos.

El presente trabajo demostró el efecto de la fertilización controlada sobre la composición de diatomeas en un arroyo de montaña tropical y en especial se analizó la respuesta de *Navicula rhynchocephala* Kützing, 1844 al incremento de nutrientes.

MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

El río Tota, un arroyo de tercer orden se origina en la cordillera oriental de los Andes colombianos. El área de la cuenca de drenaje es de 340,6 km². La temperatura promedio anual es de 15 °C y la precipitación media es de 728 mm. Presenta un régimen bimodal de lluvias, los meses más secos comprenden de diciembre a febrero y registra una reducción de las lluvias de junio a septiembre (Castro y Donato, 2008). El tramo del experimento está situado en la parte media del río a 2.562 m (5° 35' 08" LN y 72° 59' 03" LO). Se encuentra intervenida ya que su vegetación natural ha sido reemplazada por pasturas para uso ganadero y en la riberas del río la vegetación está dominada por *Alnus acuminata*, *Eucaliptus globulus* y *Salix humboldtiana*.

DISEÑO METODOLÓGICO

La sección del arroyo seleccionado fue de 750 m aproximadamente. El tramo control localizado aguas arriba se mantuvo en condiciones naturales, mientras aguas abajo se fertilizó (tramo fertilizado) mediante el uso de un tanque de 500 L ubicado en las cercanías al lecho fluvial. En el tanque se diluyeron dos fertilizantes comerciales granulados, Nitron 26 (26-0-0) y Abocol (NPK) (10-30-10) los cuales se adicionaron durante diez meses de forma continua por medio de un sistema de goteo. En promedio se duplicó las concentraciones basales (naturales) de fosfatos (2,05 µg L⁻¹), amonio (5,42 µg L⁻¹), nitratos (10,50 µg L⁻¹) y nitritos (2,42 µg L⁻¹).

Para medir el efecto del incremento de los nutrientes sobre la comunidad de diatomeas, los dos tramos fueron monitoreados mediante un muestreo durante dos meses y medio antes de llevar a cabo la adición de nutrientes (oct 2007, feb 2008 y 04 abr 2008). Con el fin de establecer la respuesta de la comunidad de diatomeas al enriquecimiento de nutrientes, al inicio de la fertilización se efectuaron muestreos quincenales (23 abr 2008

y 11 mar 2008) y posteriormente mensuales (jun 2008, sep 2008, oct 2008, dic 2008 y ene 2009).

FASE DE CAMPO

En cada tramo (control e impacto) se colocaron al azar tres placas de concreto, sobre las cuales se adhirieron tres sustratos artificiales (cerámicas) de 1 cm² que se dejaron colonizar entre 15 días a dos meses. La recolección de las diatomeas en estos sustratos se realizó durante los meses mencionados. Paralelamente se tomaron muestras de agua de los tramos para el análisis posterior de los nutrientes.

FASE DE LABORATORIO

Los sustratos artificiales (cerámicas) se rasparon utilizando un cepillo de cerdas gruesas y agua destilada, depositándolas en un frasco con Transeau. Los frústulos de las diatomeas se limpiaron mediante la digestión de la materia orgánica en una solución de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) al 30% (100 volúmenes) y se cocinaron en una estufa a 60 °C durante doce horas. Posteriormente, se realizaron lavados sucesivos con agua desionizada para limpiar los restos de reactivo.

Una vez oxidada la materia orgánica de las muestras, se depositaron en frascos limpios con un volumen conocido de agua destilada. Las diatomeas se depositaron en un cubreobjeto y se procedió a realizar el montaje con Naphrax®. Se identificaron y contaron un total de 400 valvas por muestra con un microscopio de luz directa y de alta resolución. Las muestras se observaron siempre a 1.000x (Gómez *et al.*, 2009).

Se identificaron hasta el máximo nivel posible mediante las claves de Krammer y Lange-Bertalot, 1986, Krammer y Lange-Bertalot, 1991a, Krammer y Lange-Bertalot, 1991b, Lange-Bertalot, 1993, Lange-Bertalot, 2001, Kelly, 2000, Krammer, 2002, entre otras.

Las concentraciones de amonios (µg L⁻¹ NH₄⁺), fosfatos (µg L⁻¹ PO₄³⁻), nitratos (µg L⁻¹ NO₃) y nitritos (µg L⁻¹ NO₂), fueron estimadas siguiendo la técnica descrita por Butturini *et al.*, 2009.

FASE DE ANÁLISIS

Para determinar el efecto en el incremento de nutrientes y el sitio de muestreo sobre las diatomeas se realizó un análisis BACI (*Before-After-Control-Impacto*) usando el paquete estadístico SPSS 15.0. Se obtuvieron valores de densidad, riqueza, diversidad (índice de Shannon) y equidad, por medio del programa PAST 1.73.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los tramos, las especies más abundantes corresponden a *Rhoicosphenia abbreviata* (70,675 cél cm⁻²), *Nitzschia dissipata* (23,112 cél cm⁻²), *Cocconeis placentula* (11,308 cél cm⁻²), *Reimeria sinuata* (14,574 cél cm⁻²) y *Achnanthes minutissima* (3,896 cél cm⁻²). Estas especies son de amplia distribución geográfica (Oliveira *et al.*, 2001; Passy, 2001) y previamente se reportaron en el río Tota (Zapata y Donato, 2005; Pedraza *et al.*, en prensa) como especies que se desarrollan en sustratos artificiales y naturales, debido a la condición postrada y a las fuertes estructuras de adhesión que les permite sobreponerse a los fuertes perturbaciones del caudal (Stevenson y Peterson, 1989; Biggs y Smith, 2002).

Con respecto a los valores de densidad, riqueza, diversidad (índice de Shannon) y equidad de todas las especies encontradas (Tabla 1), los resultados del análisis BACI no mostraron diferencias estadísticamente significativas con relación a los puntos de muestreo y a la fertilización. Estos resultados apoyan la hipótesis planteada por Zapata y Donato, 2005, en el sentido que a nivel de la estructura de la comunidad, la diversidad de diatomeas esta expresada de distintas maneras no solo, con la disponibilidad de nutrientes, sino con el régimen hidrológico y la herbivoría.

Fecha	Sector	Riqueza (N.º especies)	Densidad (N.º Células cm ⁻²)	Shannon (H') (bits)	Equidad (J)
oct-07	Control	13	65.691	1,62	0,64
oct-07	Impacto	16	99.300	1,90	0,69
feb-08	Control	18	203.368	1,41	0,50
feb-08	Impacto	23	270.222	1,99	0,64
abr-08	Control	20	215.564	1,44	0,48
abr-08	Impacto	25	281.970	1,49	0,46
abr-08	Control	22	59.718	1,67	0,54
abr-08	Impacto	31	128.371	2,21	0,65
may-08	Control	20	23.021	1,64	0,58
may-08	Impacto	22	75.259	1,56	0,51
jun-08	Control	24	75.372	1,57	0,50
jun-08	Impacto	19	135.261	1,36	0,46
sep-08	Control	19	150.219	1,57	0,54
sep-08	Impacto	17	57.309	1,51	0,54
oct-08	Control	15	90.581	1,23	0,47
oct-08	Impacto	13	80.564	1,53	0,60
dic-08	Control	17	88.397	1,69	0,60
dic-08	Impacto	15	298.726	1,36	0,50
ene-09	Control	19	214.585	1,58	0,55
ene-09	Impacto	17	277.859	1,20	0,43

Tabla 1. Valores de riqueza, diversidad (índices de Shannon) y equidad de la comunidad de diatomeas en el sector de impacto y control antes y durante la fertilización. Datos antes de la fertilización (oct. 2007, feb. 2008 y 04 abr. 2008) y datos durante la fertilización (jun. 2008, sep. 2008, oct. 2008, dic. 2008 y ene. 2009).

Teniendo en cuenta las densidades de especies registradas en los tramos de estudio, el análisis BACI para la determinación espacial y temporal de la perturbación realizada, mostró diferencias significativas ($n=52$, $F= 4,657$; $p= 0,036$) en relación a las densidades de *Navicula rhynchocephala* con respecto al control e impacto, antes y después (o durante) de la intervención. Esta especie registró una mayor densidad a bajas concentraciones de nutrientes disminuyendo, hasta su desaparición en el transcurso del experimento, en respuesta a la adición de nutrientes (Fig. 1), por lo tanto, podemos aseverar que *Navicula rhynchocephala* disminuye sus densidades notablemente como una respuesta de sus poblaciones al incremento de nutrientes.

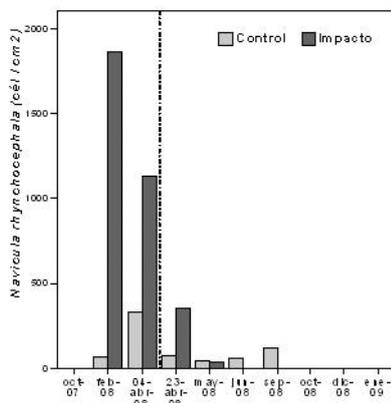


Figura 1. Densidad de *Navicula rhynchocephala* (cél cm⁻²) en los tramos de estudio. La línea punteada corresponde al inicio de la fertilización.

CONCLUSIONES

En general, la comunidad de diatomeas en el tramo fertilizado no mostró una respuesta al incremento de nutrientes. Sin embargo, *Navicula rhynchocephala* presentó un comportamiento diferencial debido a la disminución significativa en sus densidades (cél cm⁻²) con respecto a la fertilización realizada, lo que indica que esta especie responde de manera negativa al incremento de nutrientes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación de la Universidad Nacional de Colombia – COLCIENCIAS y la Fundación BBVA, en el marco del proyecto “Cambios Globales en los Sistemas Fluviales: Efectos sobre la red trófica, biodiversidad y aspectos funcionales” (GLOBRIO). A Hooz Angela Chaparro por su colaboración en campo y laboratorio. A los evaluadores anónimos del artículo por sus sugerencias y observaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLAN J, CASTILLO M. Stream ecology: structure and function of running waters. Springer. Dordrecht, The Netherlands; 2007.
- BIGGS B, SMITH R. Taxonomic richness of stream benthic algae: Effects of flood disturbance and nutrients. Limnol. Oceanogr. 2002;47:1175-1186.
- BUTTURINI A, SABATER S, ROMANÍ A. La química de las aguas. Los nutrientes. En: Elosegí A, Sabater S, editores. Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Fundación BBVA. España; 2009. p. 97-116.
- CASTRO M, DONATO J. El entorno natural del río Tota. En: Donato J, editor. Ecología de un río de montaña de los Andes colombianos (río Tota, Boyacá). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia; 2008. p. 73-79.
- GÓMEZ N, DONATO J, GIORGI A, GUASCH H, MATEO P, SABATER S. La biota

de los ríos: los microorganismos autótrofos. En: Elozegi A, Sabater S, editores. Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Fundación BBVA. España; 2009. p. 219-242.

KELLY M. Identification of Benthic Diatoms in rivers. *Field Studies*. 2000;9:583-700.

KRAMMER K, LANGE-BERTALOT H. Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae. Subwasserflora Von Mitteleuropa. Gustav Fischer Verlag Stuttgart. Jena, Germany; 1986.

KRAMMER K, LANGE-BERTALOT H. Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Subwasserflora Von Mitteleuropa. 1/4. Gustav Fischer Verlag Stuttgart. Jena, Germany; 1991(a).

KRAMMER K, LANGE-BERTALOT H. Bacillariophyceae 4. Teil: Achnantheaceae, Kritische, Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) Und Gomphomena. Subwasserflora Von Mitteleuropa. Gesamtliteraturverzeichnis. Teil 1-4. Gustav Fischer Verlag Stuttgart. Jena, Germany; 1991(b).

KRAMMER K. Diatoms of Europe, Volume 3: Diatoms of The European Inland Waters and Comparable Habitats. Host Lange-Bertalot (Editor). A. R. G Gantner Verlag K. G Stuttgart, Germany; 2002.

LANGE-BERTALOT H. 85 New Taxa Und Über 100 Weitere Neu Definierte Taxa Ergänzend Zur Subwasserflora Von Mitteleuropa. Vol 2/1-4. Bibliotheca Diatomologica, Brand 27,J. Cramer. Stuttgart, Germany; 1993.

LANGE-BERTALOT H. Diatoms of Europe. Diatoms of The European Inland Waters and Comparable Habitats. Diatoms Of Europe, Volume 2. Lange-Bertalot H, editor. A. R. G Gantner Verlag, Stuttgart, Germany; 2001.

OLIVEIRA M, TORGAN L, LOBO E, SCHARZBOLD A. Association of periphytic diatom species of artificial substrate in lotic environments in the arroio Sampaio Basin RS, Brazil: relationships with abiotic variables. *Braz J Biol*. 2001;61:523-540.

PASSY S. Spatial paradigms of lotic diatom distribution: A landscape ecology perspective. *J Phycol*. 2001;37:370-378.

PEDRAZA E, DONATO J, SABATER S. Distribution and diversity of diatom communities in a highland tropical stream (Colombian Andes). *Limnética*. En prensa.

ROMANÍ A, GIORGI A, ACUÑA V, SABATER S. The influence of substratum type and nutrient supply on biofilm organic matter utilization in stream. *Limnol. Oceanogr*. 2004;43:1713-1721.

SABATER S, ACUÑA V, GIORGI A, GUERRA E, MUÑOZ I, ROMANÍ A. Effects of nutrient inputs in forested Mediterranean stream under moderate light availability. *Arch Hydrobiol*. 2005;163:476-496.

STEVENSON R, PAN Y. Assessing environmental conditions in rivers and streams with diatoms. En: Stoermer EF, Smol JP, Editors. *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences*. Cambridge University Press, New York. 1999. p. 11-40.

STEVENSON R, PETERSON C. Variation in Benthic Diatom Immigration with Habitat Characteristics and Cell Morphology. *J Phycol*. 1989;25:120-129.

ZAPATA A, DONATO J. Cambios diarios de las algas perifíticas y su relación con la velocidad de corriente en un río tropical de montaña (río Tota-Colombia). *Limnética*. 2005;24:327-338.