



## Efectos del fenómeno hidroclimático de El Niño Oscilación del Sur (ENOS) sobre el fitoplancton de la Cuenca Matanza-Riachuelo: implicancias en el biomonitoreo

*Delia Elena Bauer<sup>1</sup>, María Belén Sathicq<sup>1</sup>, Jorge Luis Donadelli<sup>1</sup> y Nora Gomez<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Instituto de Limnología "Dr. R. Ringuelet" (UNLP-CIC-CONICET)-Boulevard 120 N° 1462 La Plata (1900) Buenos Aires, Argentina  
Email: nora@ihlla.edu.ar

### RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar las implicancias del fenómeno ENOS en el biomonitoreo de la cuenca Matanza-Riachuelo. Para esta finalidad se analizaron conjuntamente los cambios en la biomasa y composición específica del fitoplancton y variables ambientales, considerando arroyos tributarios y canal principal y las distintas fases de este fenómeno hidroclimático (Neutral, La Niña y El Niño). Los resultados demostraron diferencias significativas en el pH, turbidez, amonio, fosfato y en la biomasa y composición específica del fitoplancton. De acuerdo a la ubicación en la cuenca solo se hallaron diferencias significativas en la concentración de oxígeno disuelto, mayor en los tributarios. Las respuestas del fitoplancton al fenómeno ENOS alertan sobre la necesidad de considerar este factor hidroclimático en los programas de biomonitoreo, capturando así la variabilidad que introduce este fenómeno en la ecología de los ecosistemas acuáticos.

Palabras claves: FITOPLANCTON – EUTROFIZACION - ENOS (El Niño Oscilación del Sur)

### Introducción

Entre las comunidades acuáticas que habitan los ríos el fitoplancton es capaz de manifestar respuestas a factores ambientales de origen físico, químico, hidroclimático y biótico. El fitoplancton procesa grandes cantidades de energía y nutrientes y también se ve afectado indirectamente por los efectos del uso del suelo. Su alto grado de sensibilidad hace que sea un indicador útil para detectar y caracterizar cambios ambientales (Paerl et al., 2007). En tal sentido el aumento en la biomasa del fitoplancton es una respuesta ampliamente reconocida a la eutrofización en ríos (Smith, 2003), en tanto la composición específica de los ensamblajes pueden manifestar cambios ambientales tales como los que genera el fenómeno hidroclimático El Niño Oscilación del Sur (ENOS) (Sathicq et al., 2015). A su vez, por hallarse en suspensión en la columna de agua y ser transportado a lo largo de los ríos, es adecuado para evaluar a mediana y gran escala los cambios que suceden en las cuencas (Stevenson y White, 1995). Por lo tanto, resulta apropiada su incorporación en los programas de monitoreo de ríos.

En los sistemas fluviales de la llanura pampeana, con baja velocidad de corriente, el fitoplancton encuentra condiciones favorables para su desarrollo (Bauer, 2009). Entre ellos se

encuentra la cuenca Matanza-Riachuelo que abarca una de las zonas más densamente poblada de la Argentina con más de 5.000.000 de habitantes. Allí se localizan aproximadamente 4.000 establecimientos industriales y de servicios, de los cuales se estima que sólo el 40 % se encuentra conectado a la red cloacal, mientras que los restantes vuelcan sus efluentes directamente a los cursos de agua ([www.acumar.gov.ar](http://www.acumar.gov.ar))

Con la finalidad de evaluar las implicancias del fenómeno ENOS en el biomonitoreo de la cuenca, se analizaron los cambios en la biomasa y composición específica considerando arroyos tributarios y canal principal y las distintas fases de este fenómeno hidroclimático conjuntamente con variables ambientales.

### Materiales y métodos

Para esta investigación se analizó la información obtenida de 12 campañas de muestreo, realizadas entre los años 2008 y 2016, en 21 sitios de muestreo. De estos, 15 se localizaron en los tributarios (denominados como arroyos tributarios: AT) y los restantes en el canal principal (denominados canal principal: CP) (Fig. 1). Los muestreos realizados fueron clasificados según los períodos hidroclimáticos del fenómeno ENOS en Neutral/La Niña/El Niño, utilizando los

valores del Índice de Oscilación del Sur (IOS). A partir de esta información se seleccionaron tres campañas de muestreo (junio y noviembre de 2010 y noviembre de 2015) como representativas de los períodos Neutral, La Niña y El Niño (CN, CL y CE respectivamente) para analizar detalladamente la composición específica del fitoplancton.

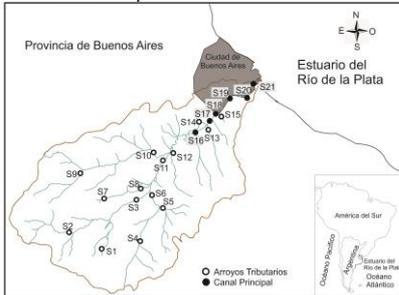


Fig.1. Localización de los sitios de muestreo.

En cada sitio de muestreo se midieron, con un sensor multiparamétrico (HORIBA U-50): pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad. También se colectaron muestras de agua para el análisis de clorofila. Las concentraciones de este pigmento se determinaron de acuerdo a Clesceri et al. (1998) y se clasificaron en oligo-meso-eutróficas (<10/10-30/>30µg/L) según Smith (2003) para ríos.

Durante los muestreos correspondientes a las campañas seleccionadas para analizar la composición específica en las 3 fases del ENOS se colectaron muestras destinadas al análisis del fitoplancton, que fue cuantificado con microscopio invertido. Para la identificación de las especies se empleó bibliografía específica. La composición de los ensamblajes fitoplanctónicos se analizó luego de seleccionar las especies que alcanzaron más del 1 % de abundancia relativa en la totalidad de las muestras y que tuvieron una frecuencia mayor al 5 %. En estas 3 campañas también se midió turbidez, y se extrajeron muestras de agua para la determinación de nutrientes disueltos (P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) (Mackereth et al., 1978).

### Análisis estadístico

Para analizar las diferencias entre el factor ubicación en la cuenca (AT y CP) y el factor fase del ENOS (CN, CL y CE) se utilizaron ANOVA de 2 factores (para variables ambientales y clorofila), ANOSIM y SIMPER (para composición específica). También se utilizó un ordenamiento multidimensional no métrico (MDS) para observar la distribución de los casos en las 3

fases del ENOS de acuerdo a la composición específica (Ramette, 2007).

## Resultados

### Variables ambientales

Como resultado del ANOVA, realizado a partir de los datos de las variables físico-químicas medidas durante las tres fases del ENOS, se observó que el pH ( $p < 0,001$ ) conjuntamente con la turbidez ( $p = 0,045$ ) fueron significativamente mayores en El Niño, mientras que las concentraciones de amonio ( $p < 0,001$ ) y fosfato ( $p = 0,02$ ) lo fueron durante La Niña (Tabla 1). La única variable que resultó significativamente distinta entre AT y CP fue el oxígeno disuelto ( $p = 0,002$ ), que fue mayor en los primeros.

Tabla 1. Promedio de variables físico-químicas correspondientes a 12 campañas de muestreo<sup>1</sup>, y a los 3 muestreos seleccionados para analizar la composición específica<sup>2</sup>.

	CN	CL	CE
<sup>1</sup> Temperatura (°C)	13,0	22,2	23,6
<sup>1</sup> pH	6,9	7,8	7,9
<sup>1</sup> Conductividad (µS/cm)	1192	1944	1537
<sup>1</sup> Oxígeno disuelto (mg/L)	4,6	3,9	4,6
<sup>2</sup> N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0,5	0,7	0,6
<sup>2</sup> N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0,1	0,4	0,3
<sup>2</sup> N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	1,0	5,0	2,3
<sup>2</sup> P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	0,5	1,8	1,1
<sup>2</sup> Turbidez (UNT)	49	48	108

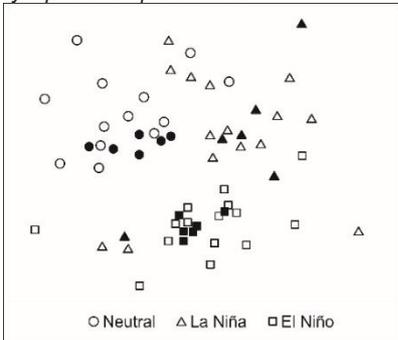
### Biomasa

Los valores de biomasa, expresados, como clorofila *a*, fluctuaron entre 0 y 540 µg/L.; la correlación de este descriptor del fitoplancton con el IOS fue positiva y significativa ( $R_s = 0,22$ ,  $p < 0,001$ ). Los valores promedio de biomasa resultaron 40,8, 53,5 y 29,1 µg/L para el CN, CL y CN respectivamente. En tanto las diferencias entre AT y CP (promedios 47,6 y 29,5 µg/L respectivamente) no fueron significativas. Los valores de las concentraciones de clorofila para las 12 campañas correspondieron 9,5% al rango de oligotróficos, 42,9% mesotróficos y 47,6% eutróficos. Dentro de cada fase del ENOS la cantidad de casos eutróficos fue CL>CN>CE.

### Composición específica

El análisis pormenorizado de los ensamblajes fitoplanctónicos en las 3 fases del ENOS permitió identificar un total de 222 taxa, 82 de ellos fueron seleccionadas para los análisis. Como resultado del análisis de similitud (ANOSIM) no se separaron significativamente los ensamblajes fitoplanctónicos entre AT y CP (R Global: -0,147). Sin embargo, si se observaron diferencias significativas entre las distintas fases del ENOS (R Global: 0,523;  $p = 0,001$ ).

Como resultado del análisis de porcentaje de semejanza (SIMPER) se diferenciaron CN vs CL un 78 %, CN vs CE un 77 % y CL vs CE un 78 %. Las especies que más contribuyeron a estos resultados fueron por ejemplo cianobacterias como *Jaaginema subtilissimum*, *Phormidium chlorinum*, diatomeas especialmente *Nitzschia palea* y clorofitas clorococales como *Dictyosphaerium pulchellum*.



**Fig. 2.** Diagrama de dispersión del ordenamiento multidimensional no métrico (MDS) realizado en base a la composición específica de los ensambles. Símbolos blancos: Arroyos Tributarios, símbolos negros: Canal Principal.

Como resultado del MDS se pudo apreciar la distribución de los casos correspondientes a las 3 fases del ENOS, ordenadas de acuerdo a la semejanza de los ensambles (Fig. 2).

### Discusión

El grado de contaminación alcanzado en toda la cuenca Matanza-Riachuelo se manifestó en las respuestas del fitoplancton que no demostraron diferencias significativas entre AT vs CP. Estos resultados revelan la pérdida de heterogeneidad espacial en los patrones de distribución de los ensambles fitoplanctónicos, propia de cuencas contaminadas (Bauer, 2009). Por otra parte, la influencia del fenómeno hidrológico ENOS, actuando a una escala regional, fue capaz de generar diferencias significativas entre CN, CL y CE, en las variables ambientales analizadas, como turbidez, pH y concentraciones de amonio y fosfato y en las características del fitoplancton analizadas (biomasa y composición).

De acuerdo a los rangos de concentración de clorofila propuestos por Smith (2003) la cuenca reúne valores compatibles con estados eutróficos en aproximadamente la mitad de todos los casos analizados, sin diferenciarse significativamente según su ubicación en la cuenca. Por otra parte, si se diferenciaron según las fases del ENOS, manifestándose menos eutrófica durante El Niño.

En relación a la composición específica, las especies con mayor representación en los ensambles estudiados fueron características de ambientes eutróficos y correspondieron a organismos tolerantes a la contaminación (Bauer, 2009).

Las respuestas del fitoplancton al fenómeno ENOS sobre la biomasa fitoplanctónica y en la composición específica, alertan sobre la necesidad de considerar este factor hidrológico en los diagnósticos de las cuencas para así obtener diagnósticos más certeros. Esta observación resulta relevante para los programas de monitoreo, enfatizando la necesidad de desarrollar estrategias de muestreo que permitan capturar la variabilidad que introduce el ENOS en la ecología de los ecosistemas acuáticos.

### Bibliografía

- Bauer, D.E. 2009. Tesis doctoral: Ecología del fitoplancton de arroyos pampeanos y su valor como indicador de la calidad del agua, tesis N° 1039, 226 p.
- Clesceri, L.S., Greenberg, A.E. and Eaton, A.D. (eds.) 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. APHA, American Public Health Association, Washington D.C.
- Mackereth, F.J., Heron, F.J.H. and Talling, J.F. 1978. Water analysis: some revised methods for limnologists. Freshwater Biological Association, Scientific Publication N° 36, 120 p.
- Paerl, H.W., Valdes-Weaver, L.M., Joyner, A.R. and Winkelmann, V. 2007. Phytoplankton indicators of ecological change in the eutrophying Pamlico Sound System, North Carolina. Ecological Applications, 17(5): 88-101.
- Ramette, A. 2007. Multivariate analyses in microbial ecology, FEMS Microbiology Ecology, 62 (2): 142-160.
- Sathicq, M.B., Bauer, D.E., and Gómez, N., 2015. Influence of El Niño Southern Oscillation phenomenon on coastal phytoplankton in a mixohaline ecosystem on the southeastern of South America: Río de la Plata estuary. Mar. Pollut. Bull. 98, 26-33.
- Smith, V.H. 2003. Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems. A global problem. Environmental Sciences and Pollution Research 10: 126-139.
- Stevenson, R.J. and White, K.D. 1995. A comparison of natural and human determinants of phytoplankton communities in the Kentucky River basin, USA. Hydrobiologia 297: 201-216.