



Encuentro
de JÓVENES
INVESTIGADORES

ANÁLISIS DE GRUPOS FUNCIONALES FITOPLANCTÓNICOS DEL RÍO SALADO EN EL ÁREA DE DESCARGA DE LIXIVIADOS GENERADOS EN LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU), SANTA FE (ARGENTINA)

Andrada, Daniela

Laboratorio de Ecotoxicología. Departamento de Ciencias Naturales. Facultad de Humanidades y Ciencias. Universidad Nacional del Litoral.

Director/a: Polla, Wanda.

Codirector/a: Regaldo, Luciana

Área: Ciencias Naturales

Palabras claves: fitoplancton, biovolumen, grupos funcionales

INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Salado se caracteriza por ser una zona con actividades principalmente agropecuarias e industriales, en donde el desarrollo socioeconómico trajo aparejado el deterioro ambiental, originando una disminución en la calidad de las aguas superficiales. Estos cursos de agua fueron empleados como receptores de efluentes urbanos (lixiviados y líquidos cloacales), industriales (curtiembres, lácteos, frigoríficos), desechos de tambos y criaderos de animales (Polla et al. 2010; Regaldo et al. 2020). Asociado a la cuenca del río Salado se encuentra el relleno sanitario de la ciudad de Santa Fe, donde se tratan todos los RSU húmedos y residuos industriales asimilables a RSU, que se generan en el ejido urbano de la propia ciudad, y de algunos municipios y comunas. El lixiviado generado es tratado en una serie de etapas: un tratamiento biológico conformado por lagunas anaeróbicas y una laguna aeróbica, para finalizar con un tratamiento fisicoquímico y desinfección, tal que permita cumplir con los parámetros de vuelco exigidos por la reglamentación ambiental vigente de la provincia. Es de interés avanzar en la efectividad de los tratamientos mencionados sobre el área de descarga de líquidos lixiviados. El fitoplancton constituye una herramienta valiosa como bioindicador de cambios ambientales que ocurren en zonas de descargas de efluentes urbanos e industriales. El biovolumen es un estimador de la biomasa y brinda información relevante sobre eventos de florecimientos de cianobacterias fitoplanctónicas que presentan el potencial de liberar cianotoxinas, ya que los niveles de alerta se basan en la relación “biomasa-toxina” (Chorus & Welker 2021; Bonilla & O’Farrell 2023).

Título del proyecto: “REMEDIACIÓN: USO DE MICROORGANISMOS PARA OPTIMIZAR LA EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE LÍQUIDOS LIXIVIADOS DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)”

Instrumento: CAI+D

Año convocatorio: 2016

Organismo financiador: Universidad Nacional del Litoral

Directora: Dra. Luciana Regaldo

OBJETIVO GENERAL

Estudiar la posible influencia del vuelco de líquidos lixiviados tratados en el relleno sanitario de la ciudad de Santa Fe, sobre la calidad del agua del tramo medio del río Salado, empleando la composición y estructura del ensamble fitoplanctónico como indicador de la calidad ambiental, en períodos de alta y baja temperatura ambiental y precipitaciones.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OE1.- Relevar la composición y estructura del fitoplancton del río Salado en la zona de influencia de descargas de lixiviados tratados en el relleno sanitario de la ciudad de Santa Fe, en períodos contrastantes de temperatura y precipitaciones. **OE2.-** Analizar los factores abióticos que intervienen en la estructuración de la comunidad fitoplanctónica del río Salado en la zona de influencia de descargas de lixiviados, en períodos contrastantes de temperatura y precipitaciones. **OE3.-** Determinar la presencia de cianobacterias potencialmente tóxicas para la salud humana y la calidad del ecosistema fluvial. **OE4.-** Aplicar la clasificación de grupos funcionales basados en la morfología (GFBM) para monitoreos de floraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas.

METODOLOGÍA

Se seleccionaron tres sitios de muestreo del río Salado: aguas arriba de la descarga de líquidos lixiviados (AAR), aguas abajo (AAB) y el punto de vuelco (PV), durante dos períodos de verano (VE) y dos de invierno (IN), durante 2018 y 2019. En cada sitio y período se midieron variables fisicoquímicas *in situ* y en laboratorio. Se determinaron las concentraciones de nutrientes (cloruro, nitrito y nitrato), plaguicidas e hidrocarburos (HC) en agua. Para el análisis cualitativo del fitoplancton se tomaron muestras de agua con red de 20 μm , colocadas y fijadas en frascos (formol al 2-4%), se examinó con microscopio óptico (aumento 40X) y se emplearon claves taxonómicas específicas. Las muestras cuantitativas se tomaron y se fijaron en frascos ámbar *in situ* con solución ácida de lugol y ácido acético al 1%. Para la cuantificación se utilizó la técnica de Utermöhl (1958) y los valores se expresaron en densidad (ind. mL^{-1}) y biovolumen ($\text{mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$). Se obtuvieron mediciones de las dimensiones celulares (25 individuos) de cada especie. Con estos valores se calculó un volumen medio por especie. El biovolumen se calculó como el producto de la densidad (ind. mL^{-1}) por el volumen medio estimado a partir de aproximaciones a la forma geométrica más similar (Hillebrand et al. 1999; Sun & Liu 2003). A partir de los valores de biovolumen registrados, se trabajó con los grupos funcionales según Kruk (2010), quien desarrolló una clasificación funcional basada en rasgos morfológicos (GFBM), lo cual agrupa al fitoplancton en 7 grupos a partir de 9 rasgos identificables (Kruk 2010; Kruk et al. 2010). Los datos fueron analizados utilizando el test de Kruskal Wallis debido a que no presentaban distribución normal.

RESULTADOS

En los distintos sitios y periodos, las variables fisicoquímicas mostraron los siguientes valores mínimos (Min.) y máximos (Máx.): temperatura Min.14,1 (AAR-IN18) – Máx. 28,9 °C (AAB-VE19); oxígeno disuelto Min.3 (AAR y PV-VE19) – Máx.10 mg L^{-1} (PV-VE18); pH Min. 7,46 (AAB-VE19) – Máx. 9,2 (PV-VE18); DQO Min. 39,9 (PV-IN18) – Máx. 447,7 mg L^{-1} (AAR-VE18); alcalinidad Min. 122,9 (AAR-VE19) – Máx. 310,3 mg L^{-1} (PV-IN18); cloruro Min. 54,9 (AAB-VE18) – Máx. 2318,4 mg L^{-1} (AAR-VE18); nitrato Min. 4,6 (AAB-VE19) - Máx. 13,9 mg L^{-1} (AAR-IN18); nitrito Máx. 0,41 mg L^{-1} (AAR-VE18); fósforo Min.

0,2 (AAR-VE18) - Máx 0,5 mg L⁻¹ (PV-VE18). En ambos períodos no se detectaron plaguicidas, mientras que HC se registraron solo en el invierno PVIN18 (30,85 mg L⁻¹). La densidad total del fitoplancton (ind. mL⁻¹) dio un valor menor en 2018 (4672) respecto a 2019 (4992). Los grupos taxonómicos fueron: Chlorophyta > Cyanobacteria > Bacillariophyta > Euglenophyta. En cuanto a los sitios, la densidad fue AAB>AAR>PV, siendo las especies más representativas: *Aphanocapsa delicatissima*, *Chroococcus limneticus*, *Monoraphidium griffithi*, *Chlorella vulgaris*, *Cyclotella meneghiniana* y *Nitzschia acicularis*. El biovolumen total (BVT) (mm³.L⁻¹) fue mayor en 2018 (674) respecto al 2019 (224) (p< 0,05). Las variables biológicas del fitoplancton registradas en la zona de influencia del vuelco de líquidos lixiviados sobre el río Salado (periodo 2018-2019) se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Valores mínimos (Min) y máximos (Max) de variables biológicas registradas (2018-19) en el área de descarga de lixiviados generados en la disposición final de RSU.

Variables biológicas	Min	Máx
Riqueza específica	4	25
Shannon H' (bits ind ⁻¹)	1,3	2,6
Densidad Total (grupos taxonómicos) (ind ml ⁻¹)	911	11037
Biovolumen Total (grupos taxonómicos) (mm ³)	16	357
Biovolumen Cyanobacteria	0,2	316
Biovolumen Chlorophyta	0,34	18
Biovolumen Bacillariophyta	0	66
Biovolumen Euglenophyta	0	6,53
Biovolumen GFI	0	111
Biovolumen GFIII	0	4,1
Biovolumen GFIV	0,02	17,4
Biovolumen GFV	0	6,9
Biovolumen GFVI	0	66,16
Biovolumen GFVII	0	280

Se han identificado un total de 6 GFBM: **I, II, IV, V, VI, VII** en los distintos sitios (**Fig. 1**). En el **sitio AAR**, en VE18 se registró el BV más alto para el GFBM **I**, representado por microalgas de crecimiento rápido, alta abundancia, como *Chlorella vulgaris* (Chlorophyta) y algunas especies productoras de toxinas con impactos negativos sobre la calidad del agua como *Aphanocapsa delicatissima* (cianobacterias). En IN18 el GFBM **VI** fue el de mayor BV, representado por microalgas de pared silíceas (ventaja contra la herbivoría), con buenas condiciones para la supervivencia en ríos, ejemplo *Cyclotella meneghiniana*, *Navicula* sp. y *Fragilaria ulna* (Bacillariophyta). En VE19, el GFBM **IV** fue el de mayor BV, integrado por microalgas pequeñas, de alta calidad como alimento para los herbívoros, como *Scenedesmus linearis* y *Pediastrum duplex* (Chlorophyta), mientras que IN19 los GFBM **I** y **VI** representaron los valores más elevados de BV.

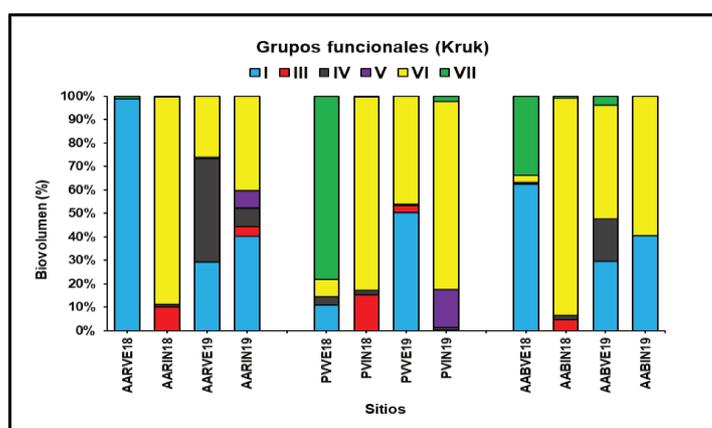


Figura 1. Variación interanual y estacional del biovolumen (mm³. L⁻¹) de grupos funcionales fitoplanctónicos en sitios: aguas arriba (AAR), punto de vuelco (PV) y aguas abajo (AAB). Cada color representa un grupo funcional.

En el **PV**, en VE18 se registró el BV más alto para el GFBM **VII**, representado por colonias grandes con mucílago, no palatables para los herbívoros, productoras

potenciales de toxinas, como *Microcystis aeruginosa* (cianobacterias) y otras no tóxicas como *Oocystis* spp. (Chlorophyta). Este grupo fue el más alto en todos los periodos, con un valor de 280 mm³. L⁻¹. En el mismo sitio, el BV de todos los demás GFBM no superaron los 40 mm³. L⁻¹. En el **sitio AAB**, en VE18 se registró el BV más alto para el GFBM **I**, mientras que en IN18 y VE-IN19 el GFBM **VI**. Los análisis estadísticos demostraron que para el sitio PV y AAB hay diferencias significativas entre el GFBM **VI** y **I**, con respecto al GFBM **III** (cianobacterias filamentosas) y GFBM **V** (flagelados unicelulares). En el sitio AAR no hay diferencias significativas entre los grupos funcionales.

CONCLUSIÓN

Las variables biológicas (riqueza, densidad total) son estimadoras de la composición y estructura fitoplanctónica, aunque se recomienda el uso de biovolumen como indicador de biomasa para el monitoreo de algunos grupos algales de importancia sanitaria. Los grupos más representativos fueron Cyanobacteria, Chlorophyta y Bacillariophyta, con variación en la dominancia de las especies según si utilizamos densidad o biovolumen. La variación temporal y espacial representada por el BV de los grupos funcionales, estimaron cómo los grupos se ven afectados por variables ambientales como temperatura y nutrientes, posiblemente por las actividades antrópicas. El estudio determinó la presencia de cianobacterias, con especies potencialmente tóxicas: *Microcystis aeruginosa* y *Aphanocapsa delicatissima*, incluidas en el GFBM **VII** y GFBM **I**, respectivamente. Los GFBM demuestran ventajas adaptativas de las microalgas en su hábitat y un riesgo para la calidad del agua debido al potencial de toxicidad de algunas especies. El sitio AAR de la descarga de lixiviados mostró deterioro de calidad ambiental, demostrando la necesidad de investigar otras posibles fuentes de contaminantes. Este aporte brinda información relevante sobre la calidad del agua del río Salado, en sitios de descarga de lixiviados de RSU, empleando como indicador a una comunidad clave para el mantenimiento de la salud ecosistémica.

BIBLIOGRAFIA

- Bonilla, S. & O'Farrell, I.** 2023. La importancia de usar el biovolumen en estudios de fitoplancton y monitoreo ambiental de cianobacterias. *Ecología Austral* 33:558-566.
- Chorus, I. & Welker, M.,** 2021. Toxic cyanobacteria in water. A guide to their public health consequences, monitoring and management. pp. 859 en In Chorus and M. Welker (eds.). 1st edition. CRC Press, on behalf of the World Health Organization, Geneva Boca Ratón (Florida).
- Hillebrand, H.; Durselen, C.; Kirschtel, D.; Pollinger, D. & Zohary T.,** 1999. Biovolumen calculation for pelagic and benthic microalgae. *Jornal Phycology.*, 35, 403–424.
- Kruk, C.** 2010. Morphology captures function in phytoplankton: a large-scale analysis of phytoplankton communities in relation to their environment. Doctoral Thesis. Netherlands: Wageningen University. ISBN 978-90-8585-617-7
- Kruk, C., Huszar, V., Peeters, E., Bonilla, S., Costa, L., Lüring, M., Reynolds C. & Scheffer, M.,** 2010. A morphological classification capturing functional variation in phytoplankton. *Freshwater Biology*, 55 (3), 614–627.
- Polla, W.; Salusso, M. & V. Fernández.** 2010. Estructura de la comunidad fitoplanctónica en el sistema aluvial río Salado del Norte (Santa Fe). *CIENCIA* 5 19:46-59.
- Regaldo, L., Reno, U., Romero, N., Avilés, A., Abdala Díaz, R.T., Polla, W. & Gagneten, A.M.** 2020. Multifunctional approach to evaluate the efficiency of landfill leachate treatments. En: Shah, M.P., (Ed.), *Removal of Toxic Pollutants through Microbiological & Tertiary Treatment*, New Perspective, Elsevier, Amsterdam, pp 612. ISBN: 9780128210147.
- Sun J. & Liu, D.** 2003. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. *Journal of plankton research*, 25 (11), 1331-1346.
- Utermöhl, H.** 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik: Mit 1 Tabelle und 15 abbildungen im Text und auf 1 Tafel. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie Mitteilungen*, 9 (1), 1–38.