



## CARACTERIZACIÓN BIOGEOQUÍMICA DE LA CUENCA DEL RÍO SALADO, BUENOS AIRES, ARGENTINA

### BIOGEOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE RÍO SALADO WATERSHED, BUENOS AIRES, ARGENTINA

Skorupka, C.N.<sup>1</sup>; Heguilor, S.<sup>1,2</sup>; Romero, C.<sup>1</sup>; Tatone, L.<sup>1,2</sup>; Migoya, C.<sup>1,2</sup>; Astoviza, M.<sup>1</sup>;  
Colombo, J.C.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Química Ambiental y Biogeoquímica, FCNyM, UNLP. <sup>2</sup>CONICET, <sup>3</sup>CIC.

[skcharlie@fcnym.unlp.edu.ar](mailto:skcharlie@fcnym.unlp.edu.ar)

#### Resumen

Con el objeto de estudiar las variaciones hidroquímicas en la cuenca del Río Salado se visitaron 21 estaciones para el registro de parámetros fisicoquímicos "in situ" y clorofila en aguas y para la determinación de granulometría, carbono orgánico total (COT) y nitrógeno total (NT) del material suspendido (MPS) y sedimentos. Los parámetros hidroquímicos muestran tendencia decreciente hacia la desembocadura (pH: 9,2-8,0; conductividad: 5-4 mS/cm; turbidez: 650-400 NTU; DO: 11-6 mg/L; MPS: 400-200 mg/L; COT: 9-3%; NT: 1-0,6 %; clorofila: 500-50 µg/L). La turbidez, el material particulado en suspensión y la clorofila son muy variables (>46%) reflejando diferencias entre lagunas, arroyos y cauce principal. En los sedimentos el patrón es distinto, el COT (1,4±1,1%), NT (0,16±0,10%) y C/NT (10±5,7) aumentan en el sector medio del río (COT: 1,3-3,9, C/N: 9,8-25), indicando aportes alóctonos.

**Palabras clave:** carbono orgánico, relación C/N, Río Salado, material particulado en suspensión, sedimentos.

#### Introducción

La composición química del agua resulta de la interacción de numerosos procesos físicos, químicos y biológicos en el medio terrestre circundante, los aportes de la cuenca alta, la zona ribereña del río y los sedimentos superficiales (Triska y Higler, 2009). El Río Salado (RS), con una longitud de 420 km, recorre una región con extensa actividad agrícola-ganadera. Estudios previos se desarrollaron en segmentos parciales del río con un número acotado de estaciones (p.ej. Fernández Cirelli y Miretzky, 2004, Gabellone et al. 2005). En este trabajo se presentan los resultados del estudio hidroquímico de aguas, MPS y sedimentos a lo largo de toda la cuenca.

#### Materiales y Métodos

El muestreo de la cuenca del Río Salado se realizó entre agosto y septiembre de 2018 en 21 estaciones a lo largo de toda la cuenca en la provincia de Buenos Aires (Fig. 1, Tabla 1). En cada sitio se registró la temperatura (°C), pH, oxígeno disuelto (mg/L), conductividad (mS/cm) y turbidez (NTU) con una sonda portátil (Horiba U-52-10) y se colectaron muestras de agua para la determinación de material particulado en suspensión (MPS), carbono orgánico particulado (COT), nitrógeno total particulado (NT) y clorofila a (Chl a). Las muestras de sedimentos fueron extraídas mediante una draga de acero inoxidable tipo Van-Veen marca Hydro-Bios. La composición granulométrica de MPS y sedimento se determinó con un analizador de tamaño de partículas por difracción láser (CILAS 990 L) con el agregado de hexametáfosfato de sodio. El MPS fue determinado gravimétricamente (filtros de nitrocelulosa 0,45 µm); el contenido de COT y NT se determinó en material seco (50 °C) obtenido por centrifugación (15 min a 3000 rpm) mediante combustión catalítica a alta temperatura (Flash EA 1112, ThermoFinnigan), previa acidificación (6N HCl). Las muestras de sedimento fueron liofilizadas (MicroModulyo, Thermo) y analizadas como el MPS. La Chl a, corregida por feopigmentos se determinó por espectrometría UV-VIS (Hitachi 2001) utilizando filtros de fibra de vidrio (Whatman GF/C) y extracción con acetona al 90% (Strickland y Parsons, 1972).

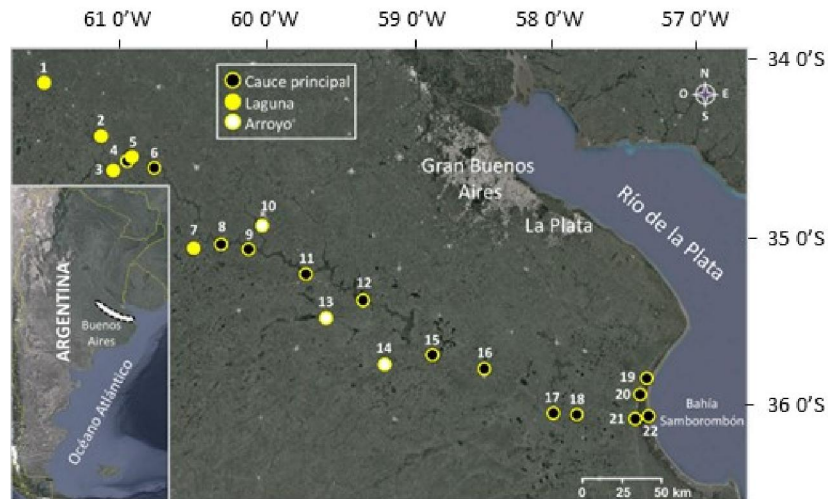


Fig. 1. Ubicación de las estaciones de muestreo y tipo de cuerpo de agua de cada una.

## Resultados

Tabla 4. Estaciones de muestreo, distancia a partir de la estación 1 con los valores de la variable analizadas.

Nro	Dist km	Estación	pH	Cond. mS/cm	OD mg/L	Turb. NTU	MPS mg/L	MPS Ø m	Chla µg/L	%COT MPS	%NT Sed.	C/N MPS	Sed.		
1	0	Lag. Chañar	9,2	2,8	11	667	439	9,4	439	8,8	0,89	1,4	0,15	7,2	6,9
2	50	Mar Chiquita	9,2	5,0	12	724	488	5,4	320	8,6	0,14	1,3	0,04	7,8	4,6
3	70	Lag Gómez	9,2	4,5	9,9	524	344	5,2	304	10,9	0,33	1,7	0,09	7,4	4,5
4	71	Junín	9,1	4,4	10	715	414	5,4	330	9,8	0,07	1,5	0,02	7,4	5,1
5	72	Lag. Carpincho	9,2	4,5	12	716	442	5,8	343	10	0,14	1,6	0,04	7,3	3,7
6	87	O'Higgins	9,1	4,1	13	587	340	6,5	288	10,3	1,3	1,8	0,15	6,9	9,8
7*	140	Lag Bragado	9,0	11	8,6	207	200	5,3	174	7,6	3,4	1,3	0,36	6,9	11
8	150	Alberti	9,3	4,7	11	660	461	8,5	250	9,8	3,1	1,3	0,19	8,8	19
9	160	Chivilcoy	9,2	6,6	11	536	409	7,3	224	8,7	3,9	1,3	0,39	8,0	12
10*	165	Ay Chivilcoy	8,7	2,8	9,1	45,9	70	11,5	20	6,8	2,3	0,7	0,21	11	12
11	200	Ries	8,8	6,8	9,0	492	363	7,4	253	8	2,7	1,1	0,18	8,4	18
12	240	RQP	8,7	6,2	8,2	731	535	7,8	150	7,2	2,6	1,0	0,18	8,4	17
13*	230	Saladillo	8,7	4,6	11	300	188	6,2	101	6,9	0,76	1,0	0,07	7,7	12
14*	280	Ay Flores	8,9	4,3	14	62,6	89	9,5	128	9,7	1,0	1,9	0,10	5,9	12
15	290	Monte	8,7	5,8	11	564	464	6,9	144	5,2	0,57	0,8	0,04	7,9	16
16	325	Belgrano	8,5	6,0	8,8	507	374	6,3	139	5,9	0,77	0,8	0,15	8,6	6,2
17	375	Lezama	8,5	5,2	8,2	210	192	6,5	85	5,5	0,78	0,9	0,14	7,1	6,5
18	390	Guerrero	8,5	5,2	9,0	240	205	6,4	80	5,8	1,4	0,7	0,06	9,4	25
19	420	Canal 15	8,3	4,7	5,9	178	159	7,1	93	4,9	0,34	0,8	0,10	7,2	4,0
20	416	Aliv. Salado	8,0	6,0	7,0	356	193	4	32	2,7	1,3	0,4	0,29	8,3	6,4
21	415	Salado	7,7	3,4	6,3	784	595	6,2	27	2,0	1,4	0,3	0,17	6,9	9,3
Media			8,8	5,2	9,8	467	332	6,9	187	7,4	1,4	1,1	0,15	7,8	10,6
Desviación estándar			0,4	1,8	2,1	237	151	1,7	119	2,5	1,2	0,4	0,10	1,1	5,9
Coefficiente de variación (%)			5	34	22	51	46	25	64	33	83	39	68	14	56

\* Estaciones afluentes del Río Salado. El tipo de cuerpo de agua se indica en la Fig. 1.

Los valores promedios, desviaciones estándares y coeficientes de variación (CV) se resumen en la Tabla 1. En general las aguas de la cuenca del RS son alcalinas ( $pH = 8,8 \pm 0,4$ ), bien oxigenadas ( $9,8 \pm 2,1$  mg  $O_2$  /L), turbias ( $467 \pm 237$  NTU y  $332 \pm 151$  mg MPS/L) con MPS dominado por limos finos y muy finos (media geométrica:  $6,9 \pm 1,7$  µm) con un contenido relativamente elevado de COT y NT ( $7,4 \pm 2,5$  y  $1,1 \pm 0,4\%$ , respectivamente). Estos contenidos de COT y NT corresponden a concentraciones por litro de  $25 \pm 15$  mg COT/L y  $3,8 \pm 2,2$  mg NT/L con una relación C/N baja ( $7,8 \pm 1,1$ ) evidenciando una importante contribución fitoplanctónica ( $C/N = 6,6$ ; Redfield, 1958), consistente con los muy elevados valores de Chl a ( $23-518$ ;  $236 \pm 31$  µg/L). Los CV más elevados se registraron para la Chl a, turbidez y SPM (Tabla 1), que

presentan diferencias significativas entre los cuerpos de agua (Prueba de Mann-Whitney,  $p < 0,05$ ).

La Chl a ( $20-438 \mu\text{g/L}$ ) es muy elevada, respecto a resultados publicados en décadas previas (Gabellone et al., 2005) correspondiendo a aguas eutróficas-hipereutróficas (Wetzel, 2001; Moscuza et al., 2007). Excepto la relación C/N y el tamaño de las partículas del MPS, todos los parámetros del agua presentan una tendencia decreciente longitudinal hacia la desembocadura (Fig. 2 y Tabla 3), considerando únicamente las estaciones ubicadas en el cauce principal y descartando la estación 21 por presentar aguas muy someras. Estos gradientes evidencian una variación longitudinal, que muestran una disminución desde la naciente a la desembocadura, reflejando la transición entre la cabecera más eutrofizada con descarga de acuíferos alcalinos y la baja cuenca con aportes de aguas superficiales.

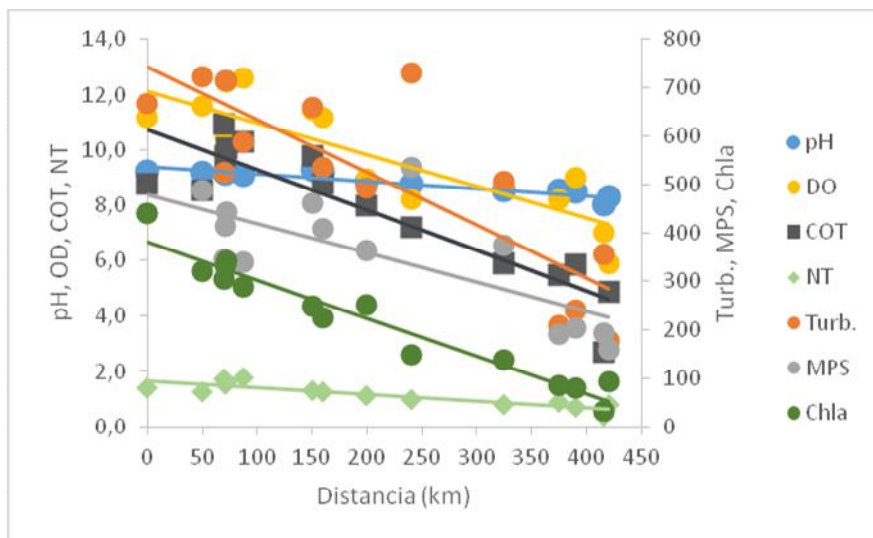


Fig. 2. Variación de Chl a, MPS, Turbidez, COT, pH y OD con respecto a la distancia desde la cabecera.

Tabla 3: Regresión lineal entre distancia (km) y variables hidroquímicas (n=16).

Variable dependiente	a	S <sub>a</sub>	b	S <sub>b</sub>	r <sup>2</sup>	p
pH	9,4	0,061	-0,0026	0,00025	0,89	<0,0001
Turbidez (NTU)	745	50	-1,06	0,20	0,67	0,0001
MPS(mg/L)	480	39	-0,56	0,16	0,48	0,0031
OD (mg/L)	12	0,54	-0,011	0,0022	0,64	0,0002
%COT	11	0,48	-0,015	0,0019	0,81	<0,0001
%NT	1,7	0,08	-0,0025	0,00032	0,82	<0,0001
Chla ( $\mu\text{g/L}$ )	380	13	-0,78	0,051	0,94	<0,0001

a y b: ordenada en el origen y pendiente; S<sub>a</sub> y S<sub>b</sub>: errores estándares respectivos

El tamaño promedio de las partículas del MPS no difiere significativamente entre los cuerpos de agua, pero generalmente se registra un tamaño mayor en los arroyos ( $9,0 \pm 2,7 \mu\text{m}$ ) que en el río ( $6,7 \pm 1,2 \mu\text{m}$ ) y lagunas ( $6,2 \pm 1,8 \mu\text{m}$ ). Las altas concentraciones de COT y NT, y bajos valores de C/N, próximos a la relación Redfield (6,6; Redfield 1958) evidencian que la materia orgánica del MPS es de origen principalmente fitoplanctónico. En los sedimentos, la composición granulométrica difiere significativamente entre los cuerpos de agua ( $p=0,007$ ), las estaciones ubicadas en el río presentaron un tamaño granulométrico menor ( $24 \pm 11 \mu\text{m}$ ), respecto de las lagunas ( $55 \pm 26 \mu\text{m}$ ) con valores intermedios ( $39 \pm 23 \mu\text{m}$ ) en los arroyos. Estas diferencias no se ven reflejadas en el contenido de COT, NT y relación C/N (Tabla 4). Además, las lagunas, que presentan sedimentos con un mayor porcentaje de arenas ( $54 \pm 31\%$ ) que los arroyos ( $43 \pm 30\%$ ) y los sedimentos del río ( $23 \pm 22\%$ ), presentan valores relativamente más bajos de COT (Tabla 4) relacionados con una menor adsorción de materia orgánica.



Tabla 4 Concentración de COT, NT y relación C/N en SPM y sedimentos.

		General	Río	Arroyos	Lagunas
%COT	MPS	7,6±2,2	7,0±2,4	7,8±1,6	9,2±1,3
	Sedimentos	1,4±1,1	1,5±1,1	1,4±0,80	0,97±1,4
%NT	MPS	1,2±0,40	1,03±0,38	1,2±0,62	1,5±0,19
	Sedimentos	0,16±0,10	0,17±0,10	0,13±0,075	0,14±0,13
C/N	MPS	7,9±1,05	8,0±0,78	8,2 ± 2,5	7,3±0,35
	Sedimentos	10±5,7	11±6,4	12±0,42	6,1±2,9

El COT, NT y C/N de los sedimentos (Tabla 1) no presentaron variación longitudinal consistente, aunque se observaron altos valores de COT (>2%) y C/N (>7) en sectores intermedios del RS (Tabla 1). La discriminación entre aportes autóctono vs. alóctono de la materia orgánica para los sedimentos fue evaluada mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{Autóctono} = \frac{C/N_{\text{aloc}} - C/N_{\text{muestra}}}{C/N_{\text{aloc}} - C/N_{\text{autoc}}} \times 100, \text{ donde } C/N_{\text{autoc}} = 6,6 \text{ y } C/N_{\text{aloc}} = 16, \text{ en macrófitos acuáticos (Skorupka, et al. 2014).}$$

El resultado pone en evidencia que las estaciones ubicadas en el sector medio del RS, entre las estaciones 8 y 15 (Tabla 1), presentan una contribución significativa de aportes alóctonos de materia orgánica, entre 10 a 100%, que puede estar constituida por restos vegetales o desechos domésticos degradados (Parnaudau et al., 2004; Jouraiphy et al. 2005).

## Conclusiones

Las aguas del RS presentan elevadas concentraciones de clorofila *a* evidenciando un estado eutrófico-hipereutrófico. La Chl *a*, turbidez y MPS son las únicas variables que difieren entre los distintos cuerpos de agua mientras que el pH, turbidez, MPS, COT, NT y Chl *a* evidencian una variación longitudinal, que muestran una disminución desde la naciente a la desembocadura reflejando la transición entre la cabecera más eutrofizada. En el sector medio del RS, los sedimentos evidencian una contribución importante de materia orgánica alóctona de origen vegetal y/o humano.

## Bibliografía

- Fernández Cirelli, A., Miretzky, P.** 2004. Ionic relations: a tool for studying hydrogeochemical processes in Pampean shallow lakes (Buenos Aires, Argentina). *Quaternary Int.*, 114: 113–121.
- Gabellone, N. A., Claps, M. C., Solari, L. C., Neschuk, N. C.** 2005. Nutrients, conductivity and plankton in a landscape approach to a Pampean saline lowland river (Salado River, Argentina). *Biogeochemistry* 75: 455–477.
- Jouraiphy, A., Amir, S., El Gharous, M., Revel, J.C., Hafidi, M.** 2005. Chemical and spectroscopic analysis of organic matter transformation during composting of sewage sludge and green plant waste. *Int. Biodet. Biodegr.*, 56: 101-108.
- Moscuzza, C., Volpedo, A.V., Ojeda, C., Fernández Cirelli, A.** 2007. Water quality index as a tool for river assessment in agricultural areas in the pampean plains of Argentina. *J. Urban Environ. Eng.* 1: 18-25.
- Parnaudau, V., Nicolardot, B., Pages, B.** 2004. Relevance of Organic Matter Fractions as Predictors of Wastewater Sludge Mineralization in Soil. *J. Environ. Qual.*, 33: 1885-1894.
- Redfield A. C.** 1958. The biological control of chemical factors in the environment. *Am. Sci.* 46: 205–221.
- Skorupka, C.N.; Bilos, C.; Tatone, L.; Cappelletti, N.; Migoya, C.; Astoviza, M. y Colombo, J.C.** 2014. Caracterización de fuentes de materia orgánica mediante composición elemental y grupos funcionales en material particulado en suspensión y sedimentable. VI Congreso Argentino de Limnología. Agua, Ambiente y Sociedad. La Plata, septiembre 2014. *Biología Acuática* N°29: 339
- Strickland, J.D. y Parsons, T.R.** 1972. *Bulletin 167 (2<sup>nd</sup> Edition). A practical handbook of seawater analysis.* Fisheries Research Board of Canada, Ottawa.
- Triska, F.J. y Higler L.W.G.** 2009. Biogeochemical processes in River Systems. En: James C.I. Dooge (Ed.): *Fresh Surface Water – Vol II.* EOLSS Publisher/UNESCO, Oxford. 340 pp.
- Wetzel, R.** 2001. *Limnology, 3<sup>rd</sup> Edition. Lake and Rives Ecosystems.* Academic Press. 1006 pp.