

ASPECTOS PRELIMINARES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL ARROYO TAPALQUÉ EN LA CIUDAD DE OLAVARRÍA, PROVINCIA DE BUENOS AIRES

O. Díaz^{1,4}, V. Colasurdo^{1,4}, L. Guzmán^{1,4}, F. Grosman^{2,3,4} y P. Sanzano^{3,4}

1. Facultad de Ingeniería. UNCPBA. Avda. Del Valle 5737. Olavarría.
2. Fac. de Agronomía. UNCPBA. Avda. República de Italia 780. Azul.
3. Fac. de Ciencias Veterinarias. UNCPBA. Paraje Arroyo Seco s/n. Tandil.
4. Instituto Multidisciplinario sobre Ecosistemas y Desarrollo Sustentable.

odiaz@fio.unicen.edu.ar

ABSTRACT. In Tapalqué stream, different recreational and farming activities are developed, and on its way through Olavarría city, it receipts rainwater and sewage residues previously treated. The aim of this study is to evaluate the quality of the resource, through the determination of conventional physicochemical and bacteriological parameters, heavy metals and organochloride derivatives. Four sampling stations were monitored each 45 days (2009-2010), before and after the city, after the treatment plant and downstream near Sierra Chica town. The water was classified as oligohaline and sodium bicarbonated. Hypoxia is common at stations 3 and 4. Metals as Pb, Cd and Hg were not detected. Arsenic exceeded the allowed limits for some applications, decreasing its concentration downstream. Organochlorides substances were detected in two points, in one of them Aldrin and in the other Heptachlor and/or its derivates with values above the permitted limits. An important increase in the number of total and fecal coliform organisms in downstream stations was detected.

KEY WORDS: water quality, Tapalqué stream, contamination.

PALABRAS CLAVE: calidad de agua, arroyo Tapalqué, contaminación

INTRODUCCIÓN

La cuenca del Arroyo Tapalqué tiene forma arriñonada, con ejes N-S de 55 km y E-O de 35 km aproximadamente, abarcando un área cercana a 1700 km². El Arroyo Tapalqué, colector principal de las aguas superficiales de dicha cuenca, nace en terrenos de la estancia La Nutria Chica. Su cauce se orienta al NO-N con una pendiente media de 1,6 m/km. Aguas abajo presenta sobre ambas márgenes, barrancas continuas de 1 a 2 m de desarrollo vertical y una pendiente de 1,2

m/km. Finalmente en su cuenca inferior va desviando progresivamente su curso hacia el NE, dirección con la que atraviesa la ciudad de Olavarría (111500 habitantes según censo 2010), manteniendo el carácter barrancoso de sus orillas. Continúa el curso hasta que desemboca en el Canal 11 atravesando asimismo la ciudad de Tapalqué (9200 habitantes) (Auge, 1993).

En los últimos años, el aumento de las actividades industriales, junto con la expansión de la agricultura intensiva ha aumentado el impacto humano en

los cuerpos lóticos pampeanos, pero hay poca información disponible para utilizar como base para proponer medidas de mitigación o de gestión (Feijoó y Lombardo, 2007).

Estudios previos realizados por miembros de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, permitieron identificar y caracterizar sectores del arroyo con diferente calidad de agua, sometidos a diversos usos, como por ejemplo agrícola, recreativo y recepción de efluentes cloacales urbanos previamente tratados (Díaz *et al.*, 1995). En base a ello, fue posible indicar que la calidad de las aguas del Arroyo Tapalqué experimentaba un deterioro en los parámetros indicativos de contaminación por materia orgánica en el tramo posterior al vuelco de la planta depuradora de líquidos cloacales. Esto era debido a que la misma, operativamente, era insuficiente para tratar todos los residuos generados en la ciudad (Díaz *et al.*, 2000). En septiembre del año 2000 se llevó a cabo una ampliación y optimización de la planta, a cargo del concesionario del servicio sanitario, la empresa Coopelectric Cooperativa Ltda. de Consumo de Electricidad y Servicios Anexos de Olavarría. Esta obra permitió tratar el 100% de los residuos ingresantes, estimados en $750 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. En concordancia con ello, los parámetros de calidad monitoreados sobre el arroyo evidenciaron una notable mejora (Díaz y Colasurdo, 2003).

Un gran número de sustancias químicas presentes en el medio ambiente tienen capacidad de alterar la homeostasis hormonal de los seres vivos, conocién-

dose con el nombre de disruptores hormonales o endocrinos. Estos se dividen en diferentes grupos en función de sus propiedades químicas: organohalogenados, plaguicidas, metales pesados, alquilfenoles y otros compuestos difícilmente biodegradables y alta persistencia en el ambiente (Martínez Vidal *et al.*, 2004).

Con la intención de verificar la afectación del volcado del efluente cloacal al Arroyo Tapalqué, y en forma indirecta estimar el funcionamiento de la planta a su cargo, Coopelectric solicitó realizar un seguimiento de diferentes estimadores de calidad ambiental a la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA, estableciendo un convenio entre las dos instituciones. El objetivo del presente trabajo es caracterizar la calidad del agua para diferentes usos del Arroyo Tapalqué en su tramo urbano y post-urbano, a través de la determinación de parámetros fisicoquímicos convencionales, recuentos bacteriológicos e incluyendo en este ciclo metales pesados y derivados organoclorados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Desde fines de 2009 y durante 2010 fueron monitoreadas cada 45 días aproximadamente, 4 estaciones de muestreo de agua superficial sobre el cauce del Arroyo Tapalqué, como se muestra en la imagen satelital de la Figura 1; E_1 = preurbano ($36^{\circ}54'05.22''\text{S}$, $60^{\circ}20'35.31''\text{O}$; 176 msnm); E_2 = post-urbano, sobre el puente de la Ruta Nacional N° 226 ($36^{\circ}52'30.27''\text{S}$, $60^{\circ}18'21.25''\text{O}$; 157 msnm); E_3 se sitúa a 300 m de distancia aguas abajo del vuelco de la planta depuradora de líquidos cloacales, ($36^{\circ}50'02.02''\text{S}$,

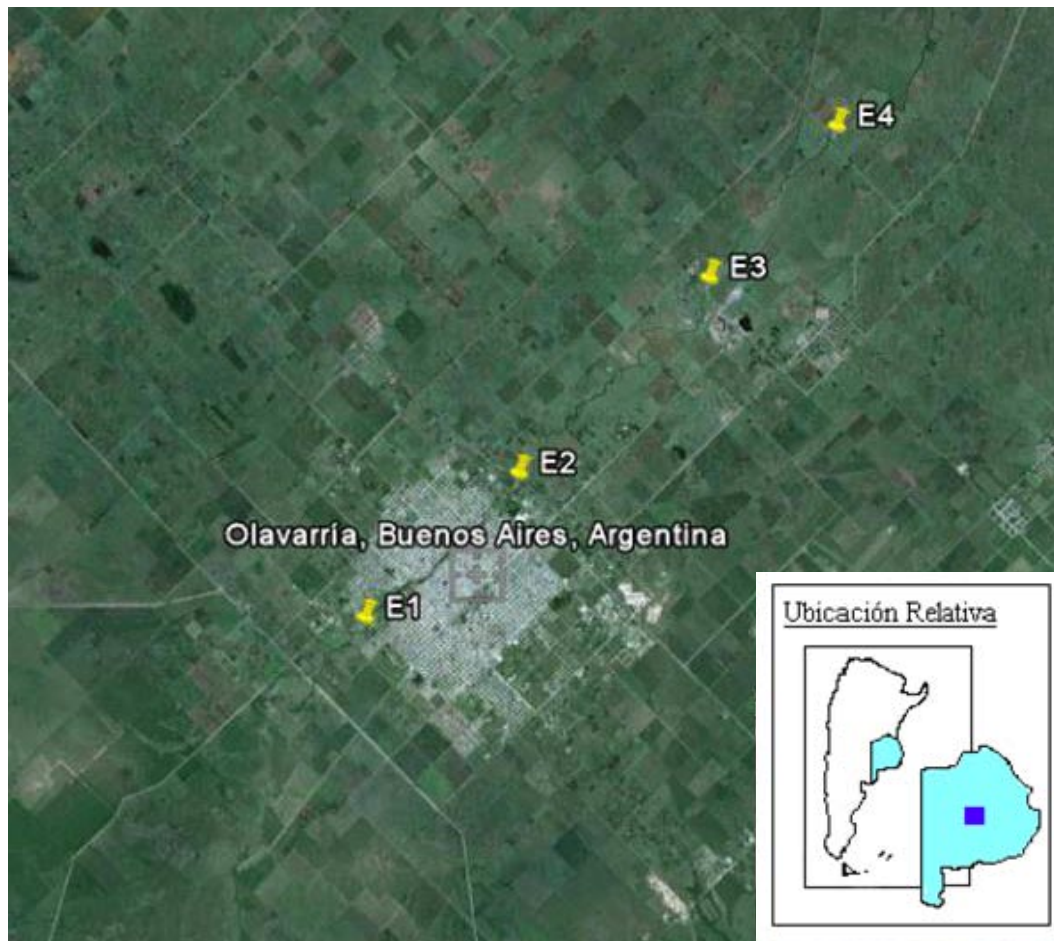


Figura 1. Mapa satelital del área de estudio y ubicación de los puntos de muestreo.

60°15'22.81"O; 150 msnm) y E₄ en Paso López, aguas abajo de la localidad de Sierra Chica (36°48'09.96"S, 60°13'28.68"O; 144 msnm). La distancia entre las estaciones extremas es de aproximadamente 15 km.

La toma de agua se realizó sobre un margen del arroyo donde corría libremente, evitando de esta forma el agua con menor circulación. Las mediciones de pH, conductividad eléctrica (CE) y oxígeno disuelto (OD) fueron determinadas *in situ* con medidor multiparamétrico Hach Sen-sion 156. El resto de las determinaciones fueron llevadas a cabo en el laboratorio,

siguiendo la metodología descrita por métodos estandarizados (APHA, AWWA, WPCF, 1992). Carbonato (CO₃²⁻) y bicarbonato (HCO₃⁻) por titulación con ácido clorhídrico, sodio (Na⁺) y potasio (K⁺) por fotometría de llama con fotómetro Zeltec ZF 240, calcio (Ca²⁺) y magnesio (Mg²⁺) por titulación con EDTA, cloruros (Cl⁻) por titulación con nitrato de plata y sólidos totales y disueltos (ST y SD) por secado a 103-105°C y sulfato (SO₄²⁻) por gravimetría. Nitrato (NO₃⁻), nitrito (NO₂⁻) y amonio (NH₄⁺) por espectrofotometría. Arsénico (As) por espectrometría de emisión atómica por plasma de acoplamiento

inductivo (ICP-AES) Shimadzu secuencial modelo III en línea con generador de hidruros volátiles, según norma EPA 2007; plomo (Pb), cadmio (Cd), cinc (Zn), manganeso (Mn), hierro (Fe) por espectrometría de emisión atómica por plasma de acoplamiento inductivo (ICP-AES) Shimadzu 9000 simultáneo de alta resolución según norma EPA 2007; mercurio (Hg) por espectroscopía de absorción atómica Hitachi Zeeman Z-6100 en línea con generador de vapor frío, según norma SM 3500. Compuestos organoclorados mediante cromatografía gaseosa con detector de captura electrónica, según normas EPA 508 y 8081. Análisis bacteriológicos: coliformes totales NMP/100 mL, ausen-

cia/presencia de *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli* /100 mL.

Se analizaron los estadísticos descriptivos (media, desvío estándar, máximo y mínimo) de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos evaluados. Para la clasificación de las aguas según su composición iónica, se utilizó el diagrama de Piper y el diagrama de Schöeller-Berka-loff (Custodio, 1976). Se analizó calidad de agua para diferentes usos de acuerdo a Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SRHRA, 2005) y para riego conforme a criterios de la FAO (Ayers y Westcot, 1985) y U.S. Salinity Laboratory Staff (1954) a través del cálculo del RAS ($RAS = [Na^+] / [(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2]^{1/2}$).

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de los diferentes parámetros medidos en cada estación. Composición iónica en $mg.L^{-1}$, CE en $\mu S.m^{-1}$, SD en $mg.L^{-1}$, ST en $mg.L^{-1}$, DT en $mg.L^{-1}$ de $CaCO_3$, coliformes totales en NMP/100 mL.

		Ca2+	Mg2+	Na+	K+	Cl-	NO3-	SO4=	CO3=	HCO3-	F-
E1	Media	24.1	14.8	188.6	1.7	37.4	5.4	43.6	24.1	522.7	3.5
	Mín.	13.9	10.2	149.1	1.5	31.0	1.7	39.1	0.0	481.7	2.2
	Máx.	40.0	22.8	210.3	2.3	44.0	11.9	47.3	70.6	614.9	4.8
	Desv. estándar	8.8	5.1	22.6	0.3	4.6	3.5	2.5	28.6	44.5	1.0
E2	Media	28.5	19.9	179.3	1.6	38.4	19.9	37.6	9.7	541.2	2.9
	Mín.	4.2	14.3	142.1	1.2	35.0	10.1	32.5	0.0	497.0	2.4
	Máx.	40.5	32.8	200.9	2.2	41.5	31.8	44.0	37.8	579.0	4.2
	Desv. estándar	11.8	6.4	19.8	0.3	2.1	8.0	3.8	14.6	31.3	0.6
E3	Media	36.7	16.5	154.4	1.9	39.8	21.7	33.9	0.0	556.9	2.3
	Mín.	33.8	13.9	121.1	1.6	38.0	1.5	23.5	0.0	512.4	1.7
	Máx.	40.9	19.8	167.7	2.3	43.0	41.3	41.6	0.0	588.7	3.0
	Desv. estándar	2.8	2.6	15.9	0.2	1.7	14.3	7.4	0.0	25.6	0.4
E4	Media	35.2	17.1	151.9	1.8	39.7	16.3	34.1	2.9	532.8	2.4
	Mín.	31.4	13.8	104.8	1.5	31.0	4.8	28.0	0.0	461.2	2.0
	Máx.	40.2	23.3	172.4	2.5	50.0	30.5	39.1	20.0	589.3	3.2
	Desv. estándar	3.3	3.2	21.9	0.3	5.8	10.7	4.1	7.5	49.7	0.4
		NO2-	NH4+	DT	pH	SD	ST	CE	T	OD	Coli totales
E1	Media	0.1	0.5	121.7	8.2	601.9	644.0	997.6	15.6	9.4	1458.6
	Mín.	0.0	0.3	79.8	7.9	545.0	624.0	903.0	6.5	5.8	23.0
	Máx.	0.2	0.9	194.0	8.7	649.0	661.0	1132.0	23.2	14.4	4300.0
	Desv. estándar	0.0	0.2	42.1	0.3	35.7	18.7	85.0	6.2	3.2	1859.9
E2	Media	0.2	0.4	153.8	7.9	593.7	592.0	975.6	15.4	7.4	2008.0
	Mín.	0.1	0.0	132.0	7.2	557.0	568.0	860.0	7.1	4.5	540.0
	Máx.	0.6	0.9	190.6	8.4	674.0	626.0	1120.0	24.1	10.2	2400.0
	Desv. estándar	0.2	0.4	23.5	0.4	39.9	30.3	86.6	5.7	1.9	821.8
E3	Media	2.0	7.9	160.6	7.8	557.3	589.0	1003.4	16.4	4.0	5283.3
	Mín.	0.0	1.0	147.2	7.3	490.0	569.0	811.0	7.2	2.5	150.0
	Máx.	9.3	13.5	181.4	8.1	593.0	610.0	1233.0	26.4	6.2	24000.0
	Desv. estándar	3.4	4.2	13.1	0.3	34.1	20.5	130.9	6.5	1.3	9229.8
E4	Media	1.2	3.8	159.2	7.8	547.7	595.7	962.3	16.4	4.8	2540.0
	Mín.	0.1	0.4	144.2	7.3	422.0	573.0	698.0	7.0	2.3	1200.0
	Máx.	4.1	8.8	194.0	8.1	585.0	618.0	1093.0	26.3	9.2	4300.0
	Desv. estándar	1.4	3.2	17.6	0.3	56.5	22.5	134.1	6.6	2.3	1112.7

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se detallan los respectivos mínimos, máximos, medias y desvíos estándar para cada una de las estaciones de muestreo. Debido a la uniformidad de los datos obtenidos en las diferentes fechas, se trabajó sobre los valores promedio de las variables.

El pH en cada una de las estaciones osciló entre 7,8 y 8,2. El rango aceptable para peces es entre 6,5 y 9; valores fuera del intervalo, durante períodos largos pueden afectar la reproducción y su desarrollo (Boyd, 1982). Las aguas son oligohalinas. La temperatura osciló entre un

mínimo de 6,5°C (invierno) y un máximo de 26,4°C (verano). El OD presenta una marcada relación con la temperatura, aumentando en los meses fríos y disminuyendo en los cálidos.

Para caracterizar el agua de cada una de las estaciones de muestreo de acuerdo al contenido iónico, se construyó el diagrama de Piper (Fig. 2). Las aguas se clasificaron como bicarbonatadas sódicas. Se observa además la composición similar del agua en todas las estaciones a través del diagrama de Schöeller-Berkaloff (Fig. 3) y se confirma la clasificación establecida.

Para analizar los parámetros de contaminación relacionados con materia orgánica

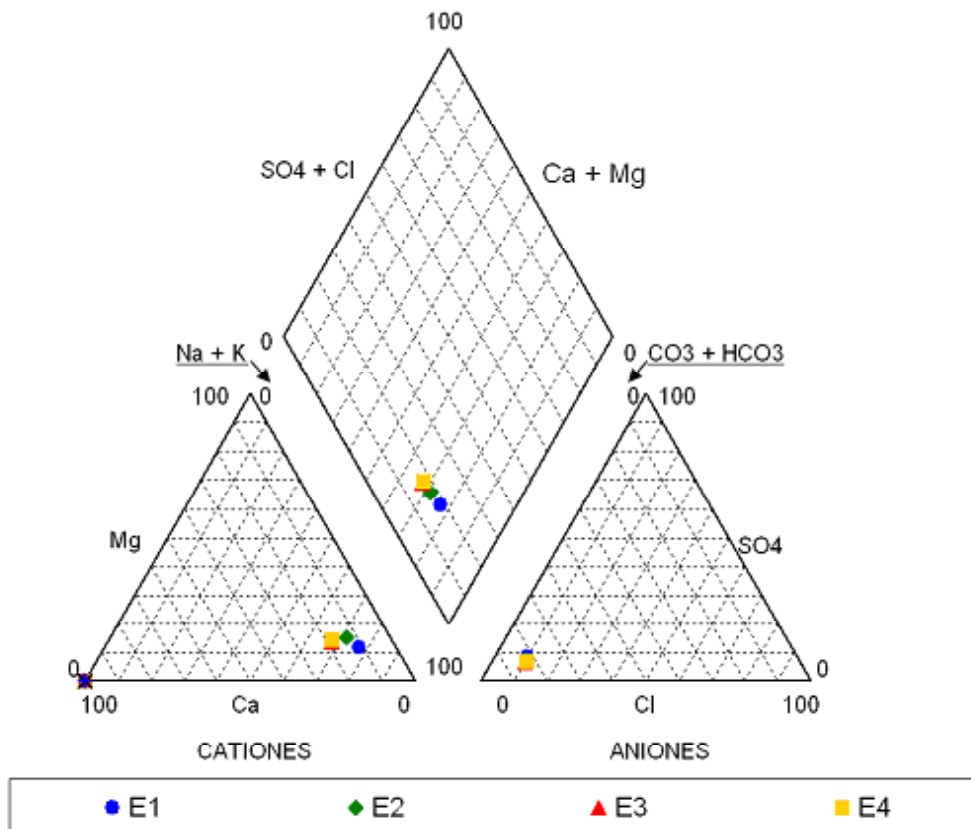


Figura 2. Distribución de las estaciones de monitoreo en el Diagrama de Piper.

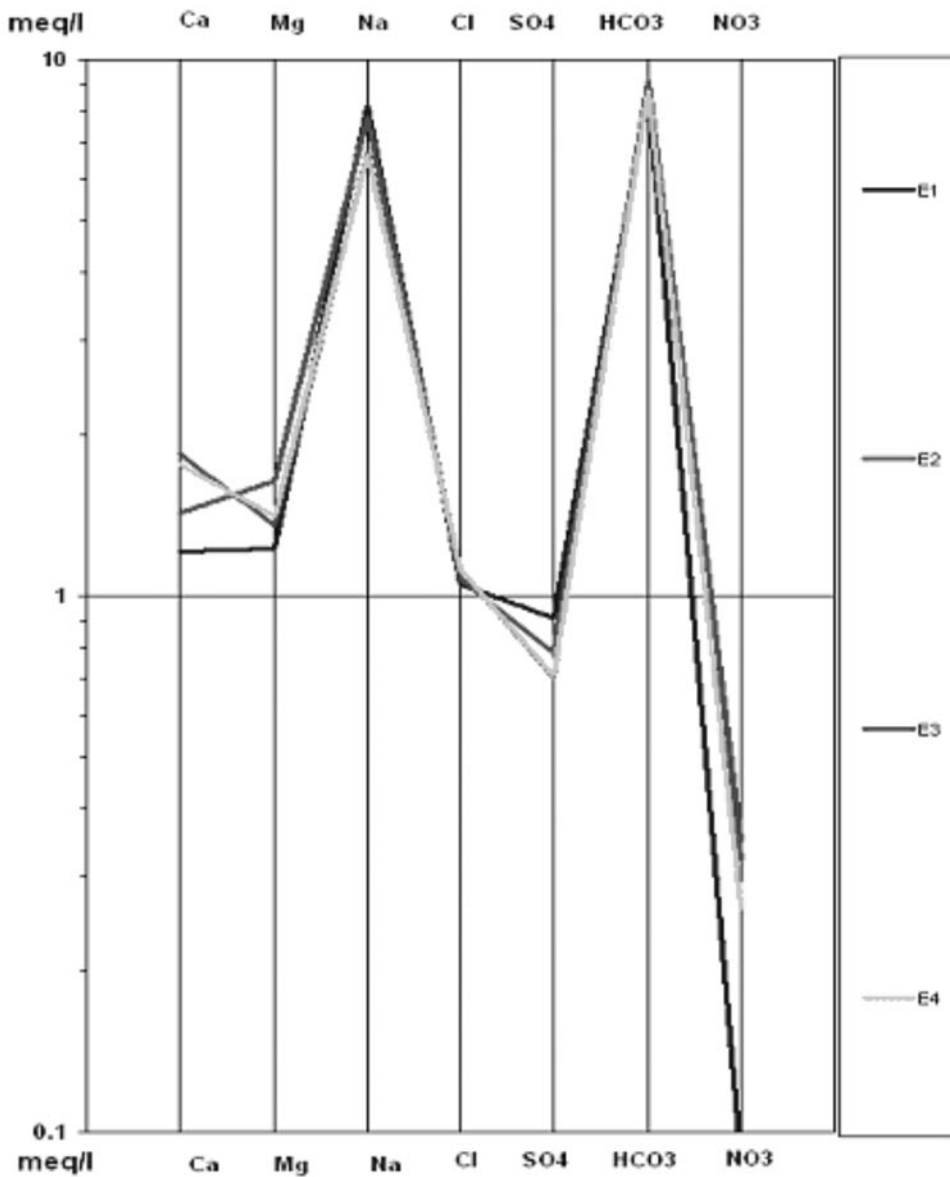


Figura 3. Diagrama de Shöeller-Berkaloff que muestra las concentraciones de los principales iones en cada estación de monitoreo.

nica se consideraron las concentraciones promedio de los siguientes parámetros medidos: OD, NO_2^- , NH_4^+ y coliformes totales (Fig. 4). Los valores para NH_4^+ en las estaciones 3 y 4 superan el valor límite para Protección de Biota Acuática (0,60 mg/L) establecido por SRHRA.

El $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ no supera en ninguna estación el límite (10 mg/L N- $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) para Fuentes de Provisión de Agua para Consumo Humano con Tratamiento Convencional (SRHRA). El OD no se encuentra reglamentado, pero internacionalmente se acepta un valor mínimo

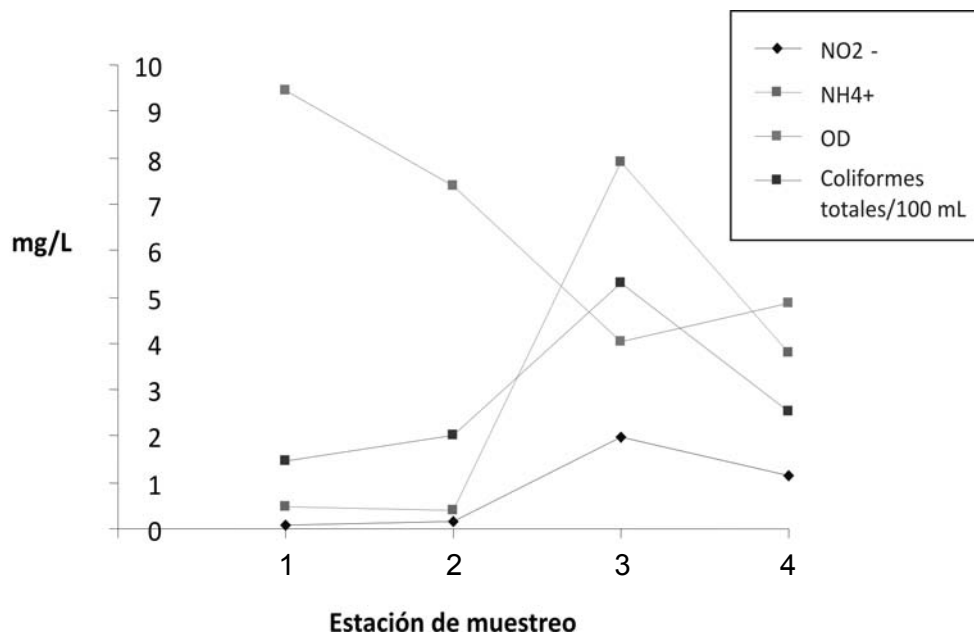


Figura 4. Variación de parámetros indicativos de contaminación con materia orgánica.

de 5 mg/L como indicador de no contaminación; los valores promedios registrados en el A° Tapalqué son levemente menores en las estaciones 3 y 4.

Los promedios de coliformes totales también fueron representados (Fig. 4); la SRHRA sólo reglamenta *Escherichia coli* y en la Provincia de Buenos Aires la Resolución ADA 336/03 (Ministerio de Obras y Servicios Públicos, 2003), indica un valor ≤ 2000 para coliformes fecales. Se detectaron valores superiores a los establecidos en las estaciones 3 y 4, y también presencia esporádica de *Escherichia coli*. Puede observarse el impacto de las descargas de la planta depuradora en la estación 3 y posteriormente la tendencia a la normalización de los valores por la acción depuradora del cuerpo de agua, marcado por el aumento de OD y la disminución de la concentración de NH_4^+

y NO_2^- . Cabe mencionar la observación en E3 durante el invierno del desarrollo masivo de la bacteria *Sphaerotilus natans*, la cual es frecuente de producirse siempre que la provisión de OD sea suficiente (Lau *et al.*, 1984).

En cuanto al uso del agua para riego se consideraron criterios basados en el contenido de sales disueltas en ella. Según la clasificación propuesta por la FAO, todos los valores registrados de CE y STD, caen en el mismo rango e indican que existe riesgo de ligero a moderado de producirse problemas de salinidad. Según U.S. Salinity Laboratory Staff basado en la relación de adsorción de sodio (RAS) se trata de un agua en las estaciones 1 y 2 tipo C3-S2 (Fig. 5), con valores en CE correspondientes al rango C3 (entre 0,75 y 2,25 $\mu\text{S}/\text{m}$) que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drena-

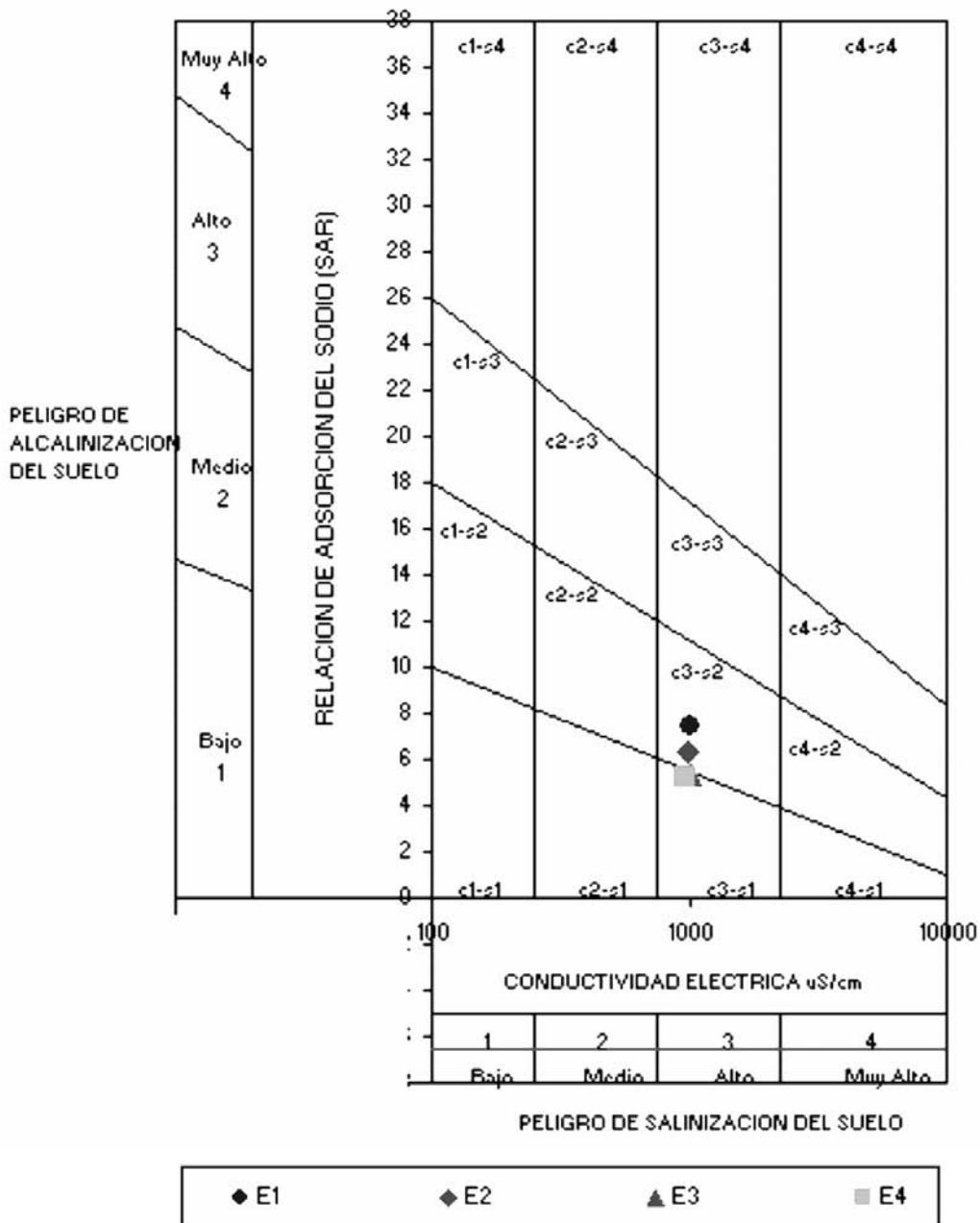


Figura 5. Calidad del agua para riego según U. S. Salinity Laboratory Staff de las diferentes estaciones de monitoreo.

je, empleando volúmenes en exceso para lavar el suelo y con cultivos tolerantes a la salinidad. El rango S2 indica agua con un contenido medio de sodio, y por lo

tanto con cierto peligro de acumulación de este mineral en el suelo, especialmente en aquellos de textura fina (arcilloso y franco-arcilloso) y de baja permeabili-

dad. En las estaciones 3 y 4 el agua fue tipo C3-S1, esto indica agua con bajo contenido de sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.

Los metales pesados y arsénico, sólo fueron determinados en algunas de las fechas de muestreo, en forma alternada, por lo que no se analizan los estadísticos descriptivos, debido al escaso número de datos disponibles. Del conjunto de metales pesados analizados (Pb, Cd, Hg, Fe, Zn y Mn), los tres primeros no fueron detectados; el Fe fue encontrado en tres estaciones pero en ningún caso supera el valor límite (1,37 mg/L). Mn y Zn fueron encontrado en dos estaciones pero tampoco en ningún caso superan el valor límite (0,8 mg/L y 8,6 mg/L respectivamente) para los diferentes usos.

El As determinado superó los valores fijados por la SRHRA para Protección de Biotas Acuáticas (0,015 mg/L) en todas las estaciones y para Bebida de Especies de Producción Animal (0,067 mg/L) en E1, mostrando un descenso en los valores desde E1 hacia aguas abajo (Tabla 1). El origen de este metaloide sería natural.

Los organoclorados fueron analizados en una única oportunidad, en la cual se detectaron pequeñas concentraciones en dos estaciones. En E2 se halló Aldrin (0,00026 mg/L) mientras que en E4 se encontraron concentraciones de Heptacloro y su derivado Epóxido de heptacloro, cuya suma superó el límite establecido ($\leq 0,02$ mg/L) para Protección de la Biotas Acuáticas.

CONCLUSIONES

Los resultados demuestran la importancia del monitoreo periódico de este curso de agua superficial de amplio uso por parte de la comunidad olavariense, para ampliar el conocimiento que se tiene sobre su calidad ambiental. A partir de los resultados obtenidos se plantea continuar con estos análisis, incorporando nuevas estaciones de muestreo en la cuenca alta y baja, así como otros parámetros indicadores de contaminación, para buscar una explicación a su origen, y la posibilidad si cabe, de su remediación.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA y a la empresa Cooelectric Cooperativa Ltda. de Consumo de Electricidad y Servicios Anexos de Olavarría por el apoyo económico brindado.

BIBLIOGRAFÍA

- APHA-AWWA-WPCF. 1992. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. Ediciones Díaz de Santos. S. A. Madrid. España.
- Auge, M. 1993. Hidrografía. En: Consejo Federal de Inversiones. Abastecimiento de Agua potable a la Ciudad de Olavarría Informe Final. Municipalidad de Olavarría. Obras Sanitarias de la Provincia de Buenos Aires. CFI, La Plata, 19-21.

- Ayers, R. S. y D. W. Westcot. 1985. Water quality for agriculture. FAO, Irrigation and drainage. Paper N° 29, Roma.
- Boyd, C. 1982. Water quality management for pond fish culture. Elsevier. New York, EEUU. 318 pp.
- Custodio, E. 1976. Sección 10: Hidrogeoquímica en Hidrología Subterránea. E. Custodio y R. M. Llamas (Eds). Omega. Barcelona. 2359 pp.
- Díaz, O. y V. Colasurdo. 2003. El Impacto de los Residuos Cloacales Urbanos Sobre la Calidad del Arroyo Tapalqué en la Ciudad de Olavarría. Cuadernos del Curiham, 9: 153-161.
- Díaz, O., E. Usunoff, V. Colasurdo, E. Álvarez, J. Velásquez, N. Quiroga, R. Tyberg y T. Attademo. 1995. Estudio Físico-Químico-Bacteriológico del Arroyo Tapalqué en la Ciudad de Olavarría e Hidroquímica de las Aguas Subterráneas de la Región. Actas IV Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses, Junín, 2: 285-289.
- Díaz, O., V. Colasurdo y S. Vaira. 2000. Caracterización Témporo-Espacial de Parámetros Físicoquímicos en Aguas del Arroyo Tapalqué en la Ciudad de Olavarría. Cuadernos del Curiham, 6: 27-33.
- Feijoó, C. y R. Lombardo. 2007. Baseline water quality and macrophyte assemblages in Pampean streams: A regional approach. Water Research 41, 1399-1410.
- Lau, A., P. Storm y D. Jenkins. 1984. Growth kinetics of *Sphaerotilus natans* and a floc former in pure and dual continuous culture. Journal (Water Pollution Control Federation) 56(1):41-51.
- Martínez Vidal, J.L., M.J. González Rodríguez, A. Belmonte y A. Garrido Frenich. 2004. Estudio de la Contaminación por pesticidas en aguas ambientales de la provincia de Almería. Ecosistemas 13(3): 30-38.
- Ministerio de Obras y Servicios Públicos. Provincia de Buenos Aires. 2003. Autoridad del Agua. Resolución 336/03.
- SRHRA. 2005. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. Niveles Guía Nacionales de Calidad de Agua Ambiente. República Argentina.
- U.S. Salinity Laboratory. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Agric. Handb. 60. U.S. Gov. Print. Office, Washington DC.