



Parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua en el área de regadío del río Mendoza

Leandro Martín^{a-b}, Adriana Mariani^a, Rocío Hernández^{a-b}, José Morábito^{a-b}

^a*Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Andino, Argentina, Mendoza,*
amariani@ina.gob.ar

^b*Universidad Nacional de Cuyo – Facultad de Ciencias Agrarias, Argentina Mendoza*

RESUMEN: La preocupación de investigadores, administradores y usuarios de los oasis regadíos de la provincia de Mendoza (Argentina), frente a los pronósticos de cambio climático y su impacto sobre la disponibilidad de los recursos hídricos, generó la necesidad de implementar monitoreos sistemáticos de la calidad del agua para riego. El propósito del trabajo fue analizar las variaciones temporales de los principales parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua (conductividad eléctrica, temperatura, pH, aniones y cationes, relación de absorción de sodio, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno, bacterias aerobias mesófilas, bacterias coliformes totales y fecales) en diferentes sitios de las áreas regadías del río Mendoza. El análisis de regresión lineal simple de los parámetros del agua en función del caudal y del año de muestreo, indicó que a mayor caudal circulante, disminuye la salinidad y las concentraciones de sodio, cloruros, nitratos y fosfatos, siendo ello atribuible a un efecto de dilución. En cuanto a la evolución de algunos parámetros en el tiempo (cloruros, nitratos, OD) se detectó un desmejoramiento de la calidad del agua que afectará no solo a la biodiversidad, sino también a la producción agrícola. Las causas del deterioro de la calidad del agua se asociaron a distintas actividades (urbana, industrial, agrícola, recreativa.).

PALABRAS CLAVE: contaminación, recurso hídrico, tendencias.

1 INTRODUCCIÓN

En las zonas áridas y semiáridas, la vida y la economía toda giran en torno a la disponibilidad de agua en cantidad suficiente y con una calidad tal que permita la sustentabilidad del modelo agrícola. El río Mendoza, de origen nival, junto al río Tunuyán inferior conforman el denominado Oasis Norte. En su área de influencia se concentra la población del Gran Mendoza (más de 1.000.000 de habitantes) y la mayor parte de la actividad agrícola e industrial de la provincia. Con un caudal de $50 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ se riegan –aproximadamente- 80.000 ha cultivadas. Además, el río alimenta un importante acuífero subterráneo.

Numerosos estudios sobre calidad del agua se han realizado en la cuenca del río Mendoza. Morábito et al (2005) observan la existencia de un grado diferencial de contaminación en el río y en los distintos canales de la red de riego en función de las características de la zona que atraviesan (densidad de población, topografía, asentamientos industriales, agricultura intensiva, etc.). Destacando además que la calidad del agua del río Mendoza y de la red de canales, disminuye a lo largo de su recorrido. En cuanto a la presencia de nitratos en las aguas superficiales del área

regadía del río Mendoza, Morábito et al (2009) confirman la hipótesis de contaminación nitrogenada del agua del río y de la red de riego, aguas abajo de la cabecera del sistema., siendo el valor máximo promedio observado de $6,2 \text{ mg.L}^{-1}$. Estudios más recientes en la zona, Mariani et al (2017), confirman un grado diferencial de la contaminación en la cuenca del río Mendoza entre los distintos sitios analizados empeorando a lo largo de su recorrido, con variaciones de pH (7,3 a 7,7), de CE ($0,87 \text{ dS.m}^{-1}$ a $5,07 \text{ dS.m}^{-1}$) y de RAS (1,06 hasta 5,33). Por ello, sugieren controlar o evitar que los vuelcos de aguas superficiales urbanas alcancen los cauces de riego y mejorar la calidad de los efluentes industriales y cloacales que se mezclan con las aguas de riego en algunos puntos distales de la cuenca.

La preocupación de investigadores, administradores y usuarios de los oasis regadíos de la provincia de Mendoza (Argentina) frente a los pronósticos de cambio climático y su impacto sobre la disponibilidad de los recursos hídricos, obliga a realizar monitoreos sistemáticos de la calidad del agua para riego y analizar sus variaciones temporales. Importantes estudios realizados en relación a la estimación de los impactos del cambio climático global sobre los Andes centrales sudamericanos -en los que se encuentra Mendoza- predicen escenarios de escasez del recurso hídrico para los años 2021 al 2030, con una reducción promedio del 10 % de los caudales en los ríos provinciales (Villalba et al., 2008). La reducción de caudales superficiales impactará también en el recurso hídrico subterráneo aumentando la concentración de algunos parámetros químicos. Específicamente en referencia a las concentraciones de nitratos en las napas freáticas, Mariani et al (2018) observaron seis zonas en el área regadía del río Mendoza con niveles en la freática superiores a 50 mg.L^{-1} , los cuales estarían más relacionados con la actividad urbana que con la agrícola. Estos altos contenidos podrían ingresar a la red drenaje y afectar la calidad del agua circulante.

2 OBJETIVO

Analizar los principales parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua en distintos sitios de muestreo del oasis norte de la provincia de Mendoza (área regadía del río Mendoza), en función del tiempo y del caudal circulante.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron dieciséis (16) sitios de muestreo estratégicamente ubicados en la cuenca del río Mendoza, tres (3) sobre el río propiamente dicho, cinco (5) en la red de canales y ocho (8) en la red de drenaje (identificados con letras R, C y D, respectivamente). El sitio RI -cabecera del sistema de riego- está localizado en el dique Cipolletti. En él existen impactos menores de las actividades urbanas, recreativas y agrícolas realizadas en la cuenca aguas arriba de este punto. El punto RII, ubicado aguas abajo de RI, recibe aportes provenientes de los vuelcos del Parque Industrial Provincial (PIP) del Departamento Luján de Cuyo (petróleo-gas y central térmica), de los desagües de riego de la zona y de efluentes domésticos originados en asentamientos urbanos que se encuentran en las márgenes del río. El sitio RIII, corresponde a la cola del río en la zona baja del oasis, y recibe el agua que pasó por RII sumada a la de vuelcos provenientes de la planta Paramillos (depuradora de efluentes domésticos) y a los desagües de un área con cultivos restringidos (ACRE Paramillos) que se riega con ella.

Respecto de la red de canales, el punto CI está ubicado al final del canal Cacique Guaymallén antes de su división en dos nuevos canales: Jocolí y Auxiliar Tulumaya. El canal Cacique Guaymallén, único canal-colector de la ciudad de Mendoza -a la que recorre en su totalidad de sur a norte- tiene una doble función: transporta agua de riego desde el dique Cipolletti (RI) hasta la Cuarta Zona de Riego (CI) y colecta los desagües urbano-pluviales del Gran Mendoza. El punto CII, ubicado sobre el canal Jocolí en el Distrito 3 de mayo, contiene agua del punto CI más efluentes domésticos provenientes de la planta depuradora Campo Espejo y del ACRE del mismo nombre que se riega con ellas. El sitio CIII, sobre el canal San Martín a la altura de Gustavo André (Departamento Lavalle) y muy próximo al RIII, recibe agua del dique Cipolletti a través de un canal totalmente revestido y –teóricamente- con muy baja presión antrópica. El punto CIV está ubicado en la margen derecha del río, sobre el Canal Flores (Agrelo- Luján de Cuyo), donde la presión antrópica es mayoritariamente agrícola. Por último, el punto CV, ubicado sobre el canal Auxiliar Tulumaya, recibe agua de CI (Cacique Guaymallén) y del colector de efluentes industriales Pescara.

Los puntos DII, DIII, DIV, DV, DVI y DVII, están ubicados en zonas bajas y salinas, sobre drenes agrícolas que constituyen el egreso de agua de la zona regadía. DI y DVIII están localizados sobre el colector Pescara, DI recibía (hasta el año 2004) aguas industriales, causando graves problemas de contaminación a una importante zona agrícola del cinturón verde de la ciudad, muy densamente poblada. A partir de esa fecha (DI04) los efluentes se incorporan a una tubería que los conduce hasta una cámara en la que son diluidos en forma automática -con agua subterránea de buena calidad- cuando su salinidad excede los $1,8 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$. Por lo tanto, desde 2004 el punto DI recibe –mayoritariamente- desagües agrícolas. El sitio de muestreo DVIII, agregado después de la inauguración de la planta de dilución, está ubicado aguas abajo de aquélla y permite evaluar la eficiencia de su funcionamiento. El sitio CV a partir de la misma fecha (mediados de 2004) recibía los efluentes que pasaban por DI sin diluir y a partir de esa fecha los recibe diluidos y se ha identificado como CVO4. La figura 1 muestra un mapa del área sujeta a estudio y la ubicación de los sitios de muestreo.

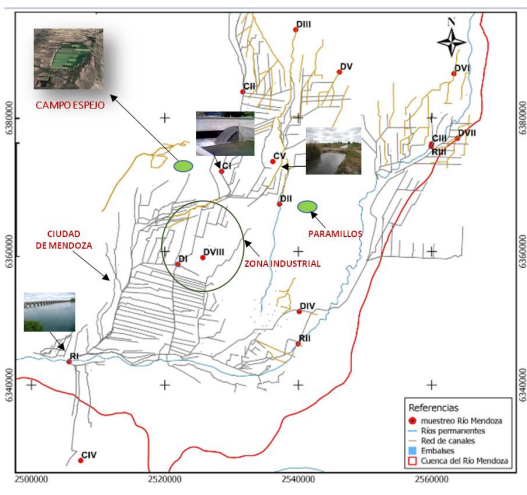


Figura 1: Mapa del área regadía del río Mendoza con los sitios de muestreo.

Los análisis físico-químicos y microbiológicos realizados fueron en a) río y canales: conductividad eléctrica actual a 25°C (CE), temperatura, pH, aniones (cloruros (Cl^{-}), sulfatos (SO_4^{-2}) carbonatos (CO_3^{-2}), bicarbonatos (CO_3H^{-}), nitratos (NO_3^{-}), fosfatos (PO_4^{-3}) y fósforo (P) y cationes (sodio (Na^{+}), potasio (K^{+}), calcio (Ca^{+2}), magnesio (Mg^{+2})), relación de absorción de sodio (RAS) por cálculo, oxígeno disuelto (OD), demanda química de oxígeno (DQO), bacterias aerobias mesófilas (BAM), bacterias coliformes totales (CT) y fecales (CF), y en b) drenes: todos los análisis

antes citados a excepción de los microbiológicos, oxígeno disuelto y DQO. Todos los análisis se realizaron por medio de técnicas oficiales y por el Standard Methods (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

Con los resultados de los análisis, se determinaron con el programa estadístico Infostat (Di Rienzo et al, 2017), los principales parámetros estadísticos.

Se realizó además, el análisis de regresión lineal simple de los parámetros físico-químicos-microbiológicos del agua en función del caudal circulante y del año de muestreo en cada uno de los sitios evaluados. Se analizó el nivel de significancia del modelo de regresión, el coeficiente de correlación ajustado (r^2) y la tendencia de los datos.

4 RESULTADOS

Del análisis de todas las variables en todos los sitios, en función del año de muestreo, se determinó que la concentración de Cl^- se incrementó significativamente en los sitios RI y CIV, y los niveles de OD disminuyeron en RI, CI y CII en los últimos 15 años ($p < 0,05$). Por ejemplo, en la cabecera del sistema (RI) esta situación podría deberse al aumento de las actividades recreativas que ocurren aguas arriba del dique Cipolletti (figura 2 A y B). Similar tendencia en CIV estaría vinculada a la presencia de viviendas próximas a los cauces y a la actividad agrícola. En cambio, los menores niveles de OD en CI y CII se asociarían al incremento de materia orgánica principalmente por los escurrimientos superficiales de la ciudad de Mendoza hacia el canal Cacique Guaymallén y los vuelcos de aguas urbanas tratadas de Campo Espejo antes del cuádruple comparto en el canal Jocolí.

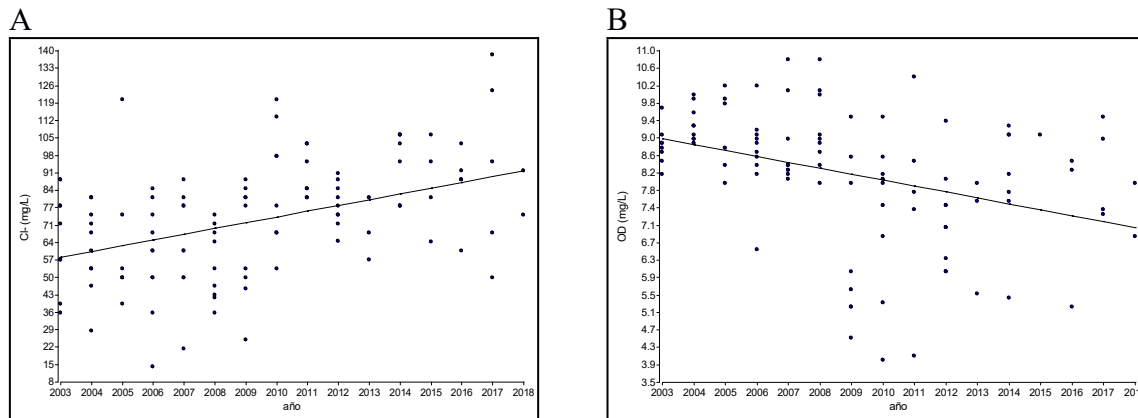


Figura 2: Concentración de cloruros (Cl^- , $n=115$) y de oxígeno disuelto (OD, $n=102$) en función del año de muestreo en el sitio RI del área regadía del río Mendoza durante el periodo 2003-2018. Ecuación del modelo ajustado: $\text{Cl}^- = -4530,37 + 2,29 * \text{año}$ ($r^2_{\text{aj}} = 0,16$; $p < 0,0001$); $\text{OD} = 276,84 - 0,13 * \text{año}$ ($r^2_{\text{aj}} = 0,13$; $p = 0,0001$).

Por otro lado, en ciertos sitios del río y en canales y drenes, se observó que a mayor caudal circulante, disminuye significativamente la salinidad y la concentración de ciertos iones ($p < 0,05$). Por ejemplo, esta tendencia se observó en RI (CE y Cl^-), en CII (Na^+ , Cl^- , PO_4^{3-} y NO_3^-) (figura 3 A), en CIV (Cl^-), en CV04 (Cl^-), y en DIII (CE , Na^+ , Cl^-) y se atribuye a un efecto dilución. Sin embargo, en DIII ocurrió lo contrario con NO_3^- , debido a que se incrementó la concentración de este anión al aumentar el caudal circulante por el dren (figura 3 B). Este dren se abastece esencialmente de aguas freáticas, y al haber más escurrimiento sub-superficial hacia el mismo, hay más arrastre de NO_3^- provenientes de la napa freática contaminada (de zonas suburbanas sin red cloacal) y de las fertilizaciones agrícolas.

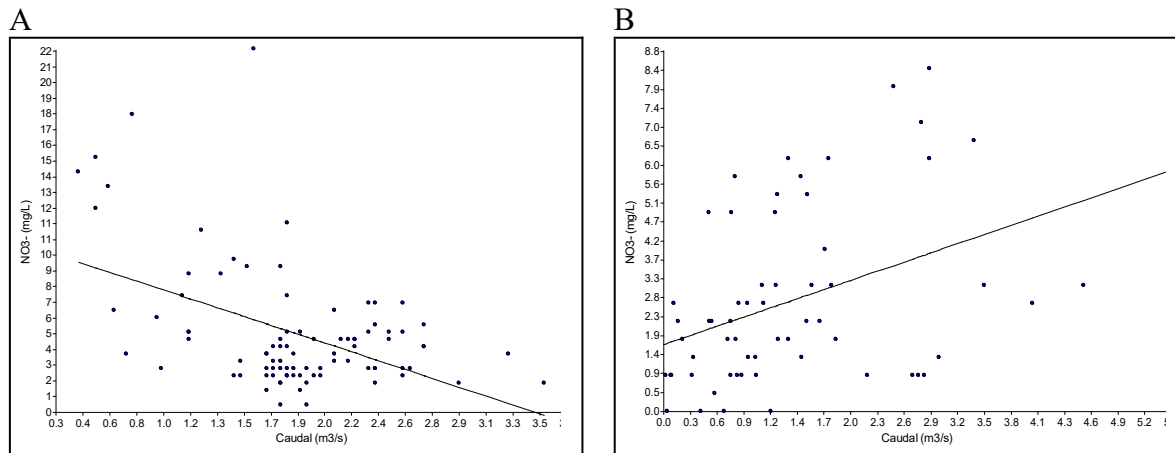


Figura 3: Concentración de nitratos (NO_3^-) en función del caudal circulante en el sitio CII (A) y DIII (B) del área regadía del río Mendoza durante el periodo 2003-2018. Ecuación del modelo ajustado: NO_3^- (CII) = $10,39 - 3,02 * \text{caudal}$ ($r^2_{\text{aj}} = 0,21$; $p < 0,0001$); NO_3^- (DIII) = $1,65 + 0,78 * \text{caudal}$ ($r^2_{\text{aj}} = 0,13$; $p < 0,05$).

La Tabla 1, muestra los estadígrafos obtenidos de las figuras presentadas anteriormente e incluye los parámetros máximos permitidos y tolerados para los vertidos directos e indirectos al dominio público hidráulico de la resolución 778 del Departamento General de Irrigación de Mendoza (DGI 778-96). Es importante destacar que, si bien, en la mayoría de los casos los valores del anión nitrato registrados en el río y en ambas redes (de riego y de drenaje) están muy por debajo del límite máximo permitido por la legislación, se considera este valor excesivo. Se recomienda revisar la Resolución teniendo en cuenta los cursos de agua (río, canales y drenes).

Tabla 1: Tamaño de muestra (n), media (M), desviación estándar (D.E.), valores mínimo y máximo (min. y max) y mediana (Med) en los sitios que presentaron tendencias significativas del área regadía del río Mendoza (período 2003 al 2018).

Variable (mg.L ⁻¹)	Sitio	n	M	D.E.	Mín.	Máx	Med	Máximos permitidos	Máximos tolerados
Cl ⁻	RI	115	72,17	23,79	0,35	138,29	74,47	200	400
	CIV	85	74,74	21,51	14,18	124,11	78,01		
OD	RI	102	8,21	1,46	4,0	10,8	8,45	Sin dato	Sin dato
	CI	96	8,17	1,9	0,9	11,6	8,4		
	CII	102	7,43	1,42	3,1	10,2	7,75		
NO_3^-	DIII	62	2,76	2,14	0	8,42	2,22	<45	45

5 CONCLUSIONES

Este trabajo ha permitido observar que algunos parámetros, que tienen incidencia sobre la calidad del agua en la cuenca del río Mendoza, tienden a incrementarse en el tiempo, desmejorándola. Específicamente esto se observa con la conductividad eléctrica, los cloruros y los nitratos acompañados por una tendencia en la reducción del oxígeno disuelto. Este deterioro en la calidad del agua afectará no solo a la biodiversidad, sino también a la producción agrícola. Por ello es importante continuar con el monitoreo y realizar un adecuado control de las distintas actividades que se desarrollan en la cuenca (urbana, agrícola, industrial y recreativa) para asegurar una adecuada gestión de los recursos hídricos.

6 AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de un proyecto financiado por la Corporación Vitivinícola Argentina (COVIAR) y la Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado de la UNCuyo (SECTyP)

7 BIBLIOGRAFÍA

- APHA-AWWA-WPCF. (1992). Métodos normalizados para el análisis de agua potables y residuales. Ediciones Días de Santos, SA. XVII edición.
- DGI (Departamento General de Irrigación). 1996. “Reglamento general para el control de contaminación hídrica”– Resolución 778. Mendoza – Argentina.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2017. Grupo INFOSTAT, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>.
- Mariani A., Bermejillo A., Hernández R., Stocco A. y Morábito M. (2017). Variability of chemical parameters of irrigation water in Mendoza’s northern and central oases. GIESCO 2017. Mendoza, Argentina,
- Mariani A, Bermejillo A, Morsucci A, Rodríguez C, Morábito J (2018). Deterioro de la calidad del agua freática en el oasis norte de Mendoza. Informe técnico INA CRA, Mendoza, Argentina. Morábito, J.A.; Salatino, S.; Medina De Dias, R.; Zimmermann, M.; Filippini, M.F.; Bermejillo, A.; Nacif, N.; Campos, S.; Dediol, C.; Genovese, D.; Pizzuolo, P.; Mastrantonio, L. (2005). Calidad del agua en el área regadía del río Mendoza, Argentina. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza: UNCuyo. 2005 vol. n°1. p1 - 23. ISSN 0370-4661.
- Morábito, J.A.; Salatino, S.; Medina De Dias, R.; Zimmermann, M.; Filippini, M.F.; Bermejillo, A.; Nacif, N.; Campos, S.; Dediol, C.; Genovese, D.; Pizzuolo, P.; Mastrantonio, L. 2005. Calidad del agua en el área regadía del río Mendoza, Argentina. Revista De La Facultad De Ciencias Agrarias De La Universidad Nacional De Cuyo. Mendoza: UNCuyo. vol. n°1. p1 - 23. ISSN 0370-466
- Morábito, J.; S. Salatino, M. Filippini y A. Bermejillo. (2009). Presencia de nitratos en agua en los oasis Norte y Centro de Mendoza, Argentina: áreas regadías de los ríos Mendoza y Tunuyán Superior”. International Workshop: “Towards new method to manage nitrate pollution within the Water Framework Directive, UNESCO, Paris, France.10 – 11 Diciembre 2009.
- Villalba R (2008). Cambio climático, oferta hídrica y agricultura en el oeste argentino. IV Jornadas de riego y Ferti-riego 2008, Argentina, Mendoza.