

## RÍO MENDOZA: 12 AÑOS DE REGISTROS DE CALIDAD DE AGUA. ANÁLISIS EVOLUTIVO DE LA CONTAMINACIÓN.

**Santa Salatino<sup>1</sup>, José Morábito<sup>1-2</sup>, Adriana Bermejillo<sup>2</sup>, Cora Dediol<sup>2</sup>, Alicia Stocco<sup>2</sup>, Olga Tapia<sup>2</sup>, Susana Miralles<sup>2</sup>, Rocío Hernández<sup>1-2</sup>, Leandro Mastrantonio<sup>2</sup> y Noelia Ortiz<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Andino: Belgrano 210 Oeste – 3er Piso- (5500) – Mendoza. Email: [ssalatino@ina.gob.ar](mailto:ssalatino@ina.gob.ar). Tel/FAX: (+54 261 4286993).

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Cuyo – Facultad de Ciencias Agrarias: Alte. Brown 500 – Chacras de Coria – Luján de Cuyo – Mendoza

### RESUMEN

Desde agosto de 2003 a la fecha, investigadores del Centro Regional Andino del INA y la Facultad de Ciencias Agrarias (UNCuyo) han venido conformando una importante base de datos de calidad físico-química-microbiológica del agua de riego del río Mendoza (Oasis Norte de la provincia homónima). Con aportes para investigación de la SECTYP (UNCuyo) y del INA se seleccionaron 16 sitios de muestreo, de lectura mensual, estratégicamente ubicados en río, canales y drenes de la cuenca. La selección fue hecha de forma que permitiera comprobar la existencia o no de un desmejoramiento de la calidad del recurso -aguas abajo de su derivación a la red de riego- a consecuencia del aumento de las actividades antrópicas (agrícolas, industriales y urbanas) y su impacto negativo sobre la misma. A la luz de los resultados disponibles (estadígrafos, box-plot, indicadores, etc.) resulta de interés analizar la variación de los principales parámetros responsables de la contaminación físico-química: (salinidad, RAS, nitratos y fosfatos) y microbiológica (bacterias coliformes fecales), así como la de los indicadores DQO y oxígeno disuelto, a lo largo de los dos extremos de la serie de datos (2003 – 2014) analizada. Además de visualizar la evolución de la calidad del recurso desde cabecera del sistema hasta sus últimas derivaciones para riego los resultados permiten (1) detectar el/los parámetros de mayor incidencia sobre el deterioro de la calidad para una futura estimación del impacto económico de esta pérdida y (2) relacionar los niveles de contaminación con el uso del territorio para contribuir a una mejor gestión de los recursos naturales por los encargados de la administración del agua de riego -a nivel estatal y de organismos de usuarios- contribuyendo así a la sustentabilidad de la cuenca.

**Palabras clave:** oasis Norte, riego y contaminación antrópica, tendencias, gestión

## **INTRODUCCIÓN - ANTECEDENTES**

Después de más de una década de muestreos y registros continuos de parámetros de calidad del agua de riego en uno de los ríos más importantes de la provincia resulta interesante hacer una pausa para el análisis retrospectivo, las comparaciones de rigor y la meditación sobre cómo aprovechar de la mejor manera posible la riqueza de la información recopilada. La temática del aprovechamiento sustentable de los recursos -con énfasis en el agua de riego, insumo esencial de la agricultura de nuestras zonas áridas y semiáridas- no por repetitiva deja de tener relevancia para la investigación, en función de la trascendencia de sus resultados sobre la vida toda de la sociedad que se desarrolla en ellas (asentamiento poblacional, agricultura, industrias vinculadas, uso público y recreación, ecología, ambiente, etc.).

El disponer de una valiosa base de datos de calidad de agua a lo largo del tiempo permite caracterizar el recurso hídrico de una cuenca determinada, conocer sus particularidades y comparar valores actuales e iniciales para visualizar tendencias y/o mecanismos de contaminación, sean éstos puntuales o difusos. Este conocimiento permitirá, además, sumar -a nivel de organizaciones de usuarios y administración central- criterios de gestión basados en mediciones a campo, que permitan ajustar cada vez con mayor precisión las acciones tendientes a la preservación del recurso asegurando así un futuro de explotación continua y racional.

El río Mendoza, de origen nival da lugar (junto al Tunuyán inferior) al 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 módulo de  $50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  se riegan -aproximadamente- unas 80.000 ha. Además, el río alimenta un importante acuífero subterráneo, reserva que asegura la sostenibilidad del modelo mediterráneo de cultivos (vid, frutales de carozo, olivo y hortalizas) desarrollado por los inmigrantes en la primera mitad del siglo XX.

Una importante base de datos disponible de calidad de agua (años 2003/2014) ha podido ser conformada gracias al trabajo conjunto de investigadores del Centro Regional Andino del INA -responsables del proyecto y a cargo de las tareas de muestreo a campo- y de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCuyo, que llevan a cabo la determinación analítica y colaboran en la interpretación de los valores de los distintos parámetros. Durante todos estos años el proyecto ha contado y cuenta con financiación de la Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado de la UNCuyo (SECTYP). Sus resultados parciales han sido presentados en diferentes foros nacionales e internacionales y puestos a disposición de sus destinatarios naturales en la provincia de Mendoza.

## **OBJETIVOS**

El presente trabajo se propone responder a los siguientes objetivos: disponer de una base de datos de registros mensuales (doce años) de parámetros físico-químicos y micro-biológicos; caracterizar al recurso hídrico de la cuenca; identificar las fuentes de contaminación de mayor impacto asociándolas con la actual ocupación territorial del oasis; analizar la evolución temporal y espacial de la contaminación y aportar elementos para elaborar pautas de gestión destinadas a políticas de prevención y/o mitigación de los efectos negativos de la misma.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Dado los acotados recursos disponibles para la investigación fue necesario seleccionar cuidadosamente los sitios de muestreo, de modo de asegurar su representatividad para identificar - en cada uno de ellos y en la totalidad de la cuenca- el origen/causas de la contaminación (urbano-pluvial, agrícola o industrial). Se optó por dieciséis (16) sitios los que fueron debidamente georeferenciados e identificados: tres (3) sobre el río propiamente dicho; cinco (5) en la red de canales y ocho (8) en la red de drenaje (letras R, C y D, respectivamente, todas seguidas por números romanos). El muestreo responde a una frecuencia mensual y es acompañado con la medición de la temperatura a campo y la determinación del caudal pasante en cada sitio. Al respecto, los caudales correspondientes al sitio R I fueron suministrados por el Departamento General de Irrigación (Subdelegación río Mendoza, Dique Cipolletti, Luján de Cuyo) y en los sitios restantes, obtenidos a partir de las curvas de gasto de los aforadores localizados en ellos. En el caso de los drenes, se usó el método de “sección y velocidad” con flotador. Cabe aclarar que el muestreo se interrumpía en vacaciones de verano, corta de invierno para limpieza de canales y/o cortas no previstas.

Para la determinación en laboratorio de los siguientes parámetros se siguió en todos los casos la metodología del Standard Methods (AWWA, WPCF APHA, 1992). Si bien la base de datos comprende los parámetros que figuran a continuación, en el presente trabajo sólo se analizaron los que figuran con un asterisco (\*).

- **físico-químicos:** temperatura, sólidos en suspensión 2 hs y sólidos sedimentables compactados 10' (por cono de Imhoff), conductividad eléctrica a 25°C (CE)\*, pH, relación de adsorción de sodio (RAS)\*, cloruros, sodio, potasio, calcio, magnesio, carbonatos y bicarbonatos, nitratos\*, fosfatos\* y fósforo

- **micro-biológicos:** bacterias aerobias mesófilas (BAM)\* y Coliformes totales y fecales\* (NMP /100 mL<sup>-1</sup>)

- **DQO\* y oxígeno disuelto (OD)\*:** indicadores de contaminación microbiológica

Los valores medios de los parámetros elegidos como representativos de la calidad del agua de riego -y sus estadígrafos- obtenidos para el período analizado (12 años), se presentan en un mapa de la cuenca (mediante el sistema de coordenadas Posgard 94 para Argentina del IGM), utilizando como software el programa QGIS, en el que cada sitio de muestreo está identificado con un punto rojo.

Los resultados fueron sometidos -además- a un análisis estadístico no paramétrico (Kruskal Wallis) debido a que no cumplen el supuesto de homocedasticidad que requiere un análisis de varianzas. La hipótesis nula ( $H_0$ ) establece que  $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_a$ , donde  $\mu_i$  representa la esperanza del  $i$ -ésimo tratamiento, con  $i=1, 2, \dots, a$ . Se compararon entre sí los registros de los cuatro primeros y los cuatro últimos años de medición.

Un indicador de evolución temporal de la contaminación ( $I_{ev}$ ) definido como el cociente: valor medio de los *últimos* años / valor medio de los *primeros* años, de cada parámetro, permite analizar cualitativamente el avance de cada parámetro en la cuenca.

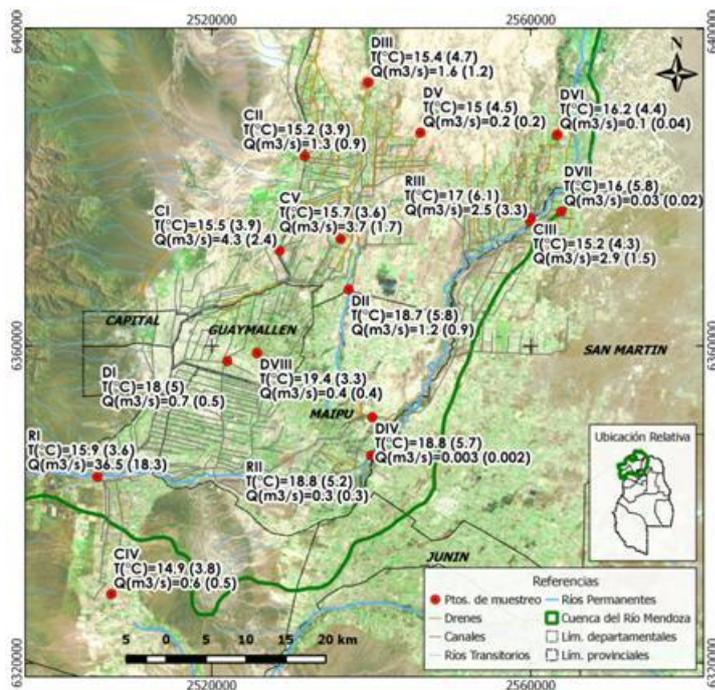
## RESULTADOS

Los resultados de este trabajo se presentan en forma gráfica, de modo de visualizar la variación espacial y temporal de los valores medios de los diferentes parámetros analizados. En las distintas figuras (1 a 5) puede verse -georeferenciados por sitio de muestreo- el valor medio de la variable analizada y su desviación standard. Se evidencia así la evolución de la contaminación del agua en el sistema, desde el origen de la derivación y en el sentido aguas abajo de la red de riego y/o drenaje. Para facilitar la valoración de la calidad a través de sus diferentes parámetros la tabla 1 hace referencia a los valores máximos permitidos por la legislación vigente en Mendoza para el vertido de efluentes a sus cuerpos de agua (dado que la Reglamentación arriba mencionada no incluye al oxígeno disuelto, se tomó como valor límite al sugerido por la bibliografía:  $5 \text{ mg L}^{-1}$ ).

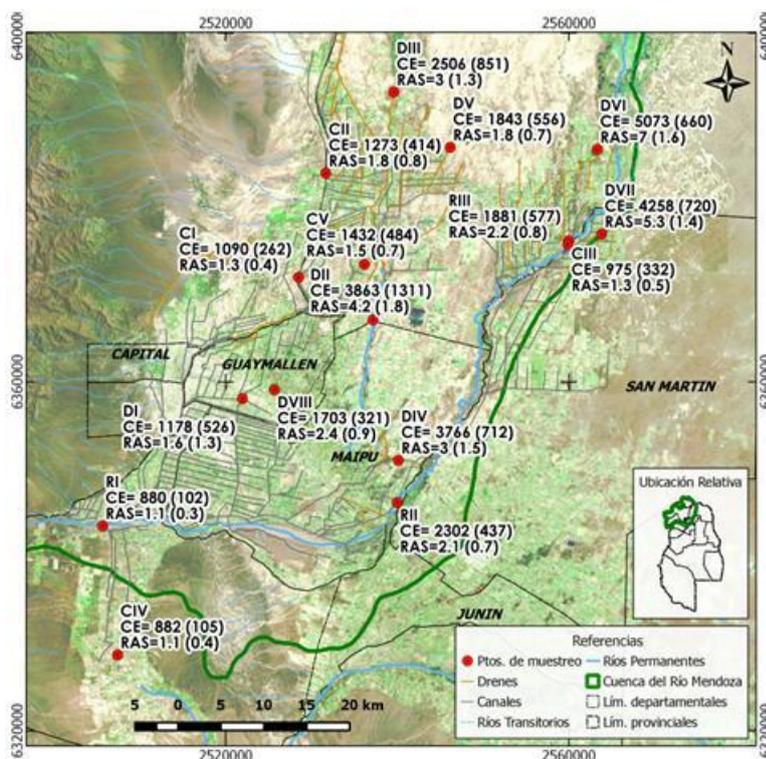
**Tabla 1: máximos permitidos para vertido a cuerpos de agua (DGI, Reglamentación 778/96)**

Parámetro	Unidad	Valor límite elegido
Temperatura	°C	30
Conductividad eléctrica (CE)	$\mu\text{S cm}^{-1}$ a 25°C	900
Relación de Adsorción de Sodio (RAS)	-	6
Nitratos ( $\text{NO}_3$ )	$\text{mEq L}^{-1}$	45
Fosfatos ( $\text{PO}_4$ )	$\text{mEq L}^{-1}$	0,4
Coliformes fecales	u/100mL	200
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	$\text{mg L}^{-1} \text{O}_2$	75

La figura 1 presenta los valores medios de *caudal* y *temperatura* a campo. Estos parámetros están relacionados directa e indirectamente con todos los demás y pueden explicar algunas variaciones y/o valores puntuales. Como puede verse, las temperaturas medias oscilan entre  $14,9 \text{ °C}$  (C IV) y  $18,8 \text{ °C}$  (D VI). Respecto del parámetro *salinidad* (figura 2) los registros muestran diferencias importantes entre el punto de partida del sistema (río en el sitio R I), su punto medio (R II) y el límite norte del oasis (sitio R III) con valores medios de conductividad eléctrica (C.E.): 880, 2.302 y  $1.881 \mu\text{S cm}^{-1}$ , respectivamente, evidenciando que la salinidad aumenta a medida que el río se aleja aguas



**Figura 1:** valores medios de temperatura (°C) y caudal (m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>)



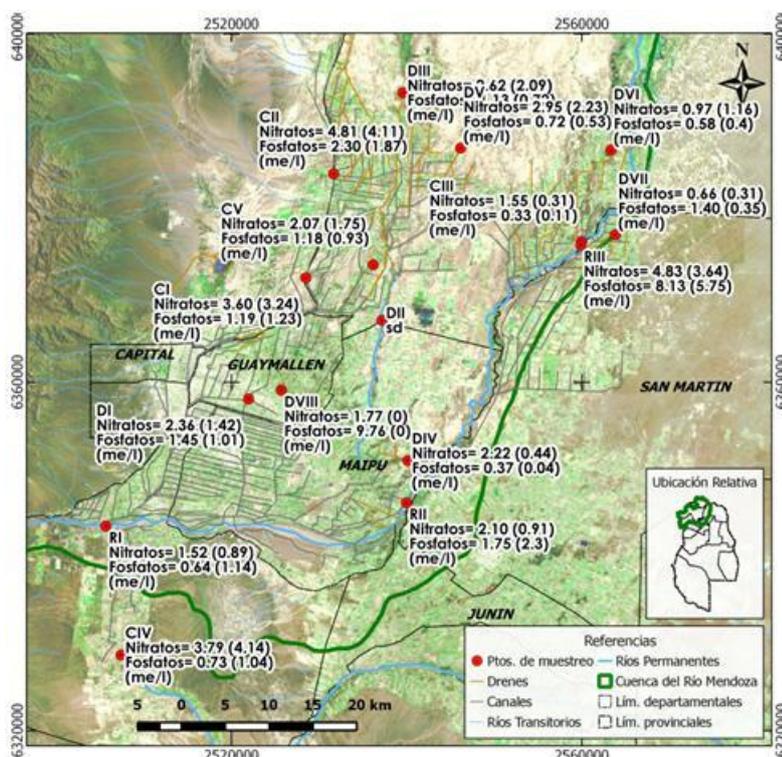
**Figura 2:** valores medios de conductividad eléctrica (μS cm<sup>-1</sup>) y RAS

abajo del dique derivador. Un mismo análisis, dentro de la red de canales de riego, muestra idéntica tendencia: la contaminación salina aumenta en relación a R I, en el siguiente orden: C I (1.090 μS cm<sup>-1</sup>), C II (1.273 μS cm<sup>-1</sup>), C V (1.432 μS cm<sup>-1</sup>).

A su vez, este incremento permite separar las causas predominantes de la contaminación: urbano-pluviales en C I, ocasionales vertidos de la planta de tratamiento de efluentes domésticos Campo Espejo en C II y una

suma de contaminación urbano-agrícola e industrial en C V. Los sitios C IV (canal Flores, margen derecha) y C III -el más alejado y recientemente impermeabilizado en todo su recorrido- registran un valor muy similar al de R I (inferior a  $1.000 \mu\text{S cm}^{-1}$ ). La *sodicidad* del agua, expresada como relación de adsorción de sodio (RAS), muestra valores muy pequeños ( $\approx$  de 1,5) tanto en la red de riego como en el río propiamente dicho y algo más elevados -sin que impliquen peligrosidad alguna- en la red de drenes. Uno de los valores más altos se registra en el sitio D VI (RAS = 7), dren situado en la salida del oasis que presenta un caudal muy pequeño ( $0,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ).

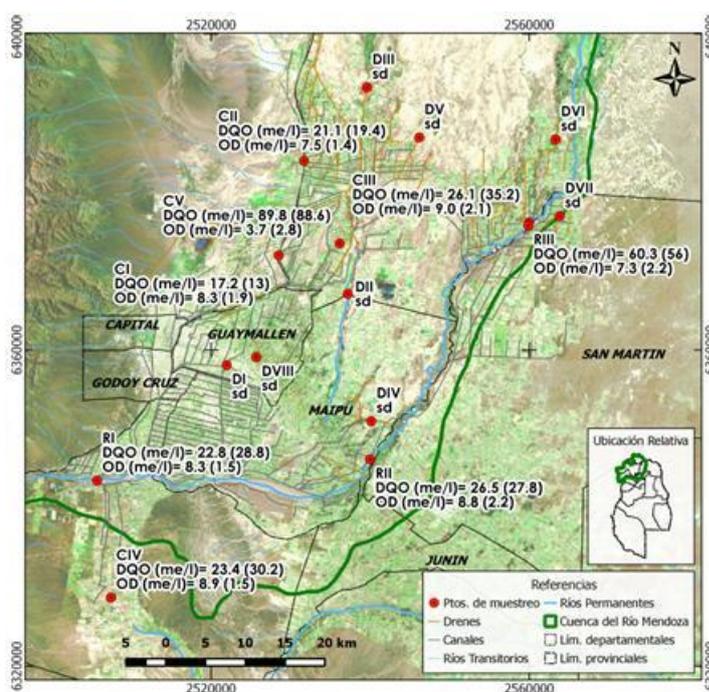
Del conjunto de aniones y cationes resulta interesante analizar el contenido de *nitratos* y *fosfatos* (figura 3), directamente asociados con la presencia de materia orgánica y contaminación de origen antrópica (prácticas de fertilización periódica de cultivos hortícolas como ajo, cebolla, tomate y de frutales y vid, en menor grado). En el río, los *nitratos* evidencian una tendencia creciente en el sentido aguas abajo: el sitio R III ( $4,83 \text{ me L}^{-1}$ ) triplica el valor del origen del sistema (R I =  $1,52$ ). En la red de canales de riego, en cambio, el valor más alto se registra en el sitio C II ( $4,81 \text{ me L}^{-1}$ ) y es consecuencia de los ocasionales vuelcos recibidos de la planta de tratamiento de efluentes ya mencionada. Le sigue el sitio C IV (margen derecha del río) y probablemente su causa sea producto de las fertilizaciones agrícolas que se realizan en propiedades ubicadas al oeste del canal. En relación al contenido de *fosfatos* el río se comporta de igual manera que para los nitratos pero en este caso el valor encontrado en R III fue mucho más alto que en los dos sitios restantes ( $8,13 \text{ me L}^{-1}$  para R III vs  $1,75 \text{ me L}^{-1}$  para R II y  $0,64$  para R I). La causa de ello es el vuelco de aguas urbanas tratadas en la planta Paramillos. En la red de canales los valores más altos se encuentran en C II ( $2,3 \text{ me L}^{-1}$ ) y su responsable es la planta Campo Espejo.



**Figura 3:** valores medios de nitratos y fosfatos ( $\text{me L}^{-1}$ )

La figura 4 grafica la evolución espacial de los parámetros *demanda química de oxígeno* (DQO) y *oxígeno disuelto* (OD). Es interesante destacar aquí que si bien se trata de agua para uso agrícola, en los sitios más alejados de los núcleos urbanos, los pobladores la utilizan en sus casas (lavado de

ropa y enseres) y como bebida para el ganado/mascotas familiares. Respecto del *DQO* puede verse que los sitios R I (origen del sistema) y RII (punto medio del devenir del curso que marca el cambio de aductor a colector de desagües agrícolas) presentan valores muy similares (22,8 y 26,5 me L<sup>-1</sup>, respectivamente) mientras el sitio R III, el más distal, triplica este valor (*DQO* = 60 me L<sup>-1</sup>). Esto puede explicarse porque el sitio recibe vertidos de la antes mencionada planta de tratamientos “Paramillos”. En la red de canales de riego se repite la tendencia general de presencia de contaminación y el valor más alto (90 me L<sup>-1</sup>), casi cuatro veces mayor que el resto, se encuentra en el sitio C V. En referencia al *oxígeno disuelto* (OD), el parámetro sigue -en el río- la misma tendencia (R I 8,3, R II 8,8 y R III 7,3 me L<sup>-1</sup>). En la red de canales la mejor calidad se encuentra en los sitios C III y C IV (ambos con OD = 9 me L<sup>-1</sup>) y el sitio más contaminado es C V (3,7 me L<sup>-1</sup>).



**Figura 4:** valores medios de *DQO* y *OD* (me L<sup>-1</sup>)

Por último, en relación a los parámetros representativos de la contaminación de origen microbiológica: *bacterias aerobias mesófilas* (*BAM*) y *Coliformes fecales*, los mismos indican altos contenidos y muy alta variabilidad (figura 5). Los valores más altos de *BAM* en el río se ubican en los sitios medio (R II = 22.360 u/100 mL) y terminal (R III = 91.600 unidades), siendo el sitio de mayor recuento el correspondiente a C V (1.900.000 u/100 mL), con un contenido que supera en más de 20 veces los valores del resto de los canales de la red de riego. Todo ello resulta bastante lógico y explicable en función de las causas de la contaminación que afectan a cada sitio de muestreo. A su vez la presencia de *Coliformes fecales* resultó mínima en el origen del sistema (R I = 72 u/100 mL), y máxima (438.700 u/100 mL) también en el canal C V. Este valor resulta 100 veces más alto que el recuento obtenido en C II (4500 u/100 mL), el más alto de los sitios restantes de la red de canales. Resulta interesante destacar que -afortunadamente- en el sitio R I, ubicado en el Dique derivador Cipolletti no se registra contaminación bacteriana lo que debe llevar tranquilidad a los encargados de la distribución del agua a la red de riego ya que la misma abastece, también, a las plantas potabilizadoras del Gran Mendoza.

En un intento de análisis más detallado de la información disponible se dividió el período de registros considerando *los primeros cuatro* (2003 - 2006) y *los últimos cuatro años del muestreo* (2011 - 2014). Una vez realizada esta separación temporal se procedió a calcular -para cada uno de



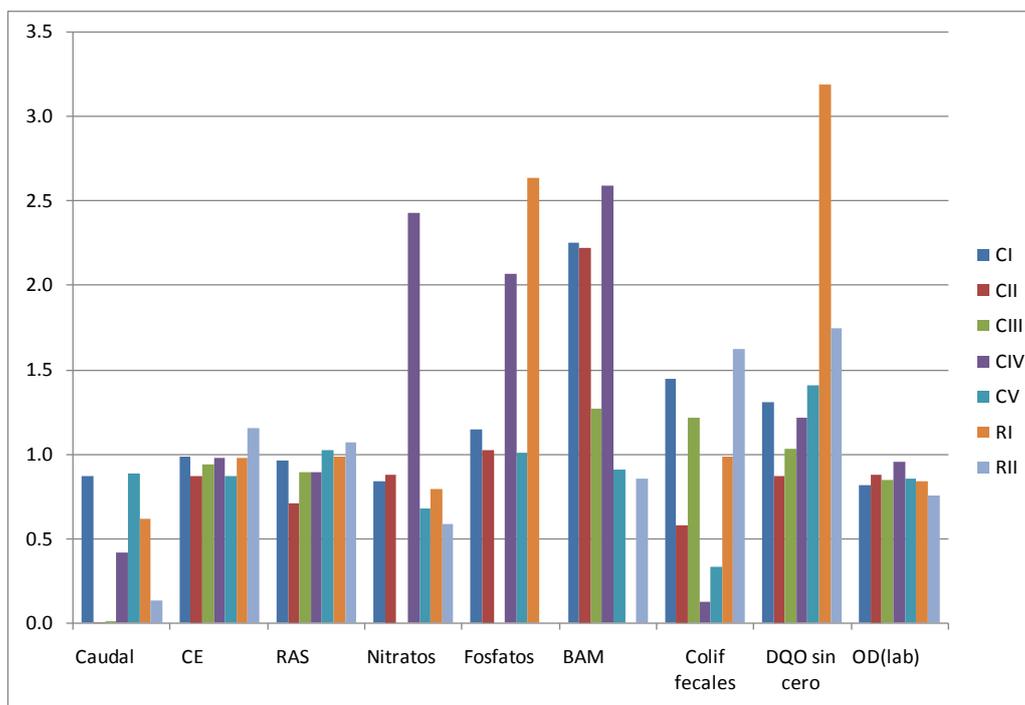


Figura 6: índice de variación temporal ( $I_{ev}$ ) por parámetro y sitio de muestreo

Tabla 2: comparación estadística de variables (años 2003/2006 vs 2011/2014)

Variable	Medias		Valor p
	Serie 2003-2006	Serie 2011-2014	
Temperatura (°C)	16.16	17.18	0.0009 *
CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	2242	1735	<0.0001 *
RAS	2.68	2.12	<0.0001 *
Caudal ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	3.73	3.76	0.0014 *
Nitratos ( $\text{mg}/\text{L}$ )	2.71	2.07	0.0051 *
Fosfatos ( $\text{mg}/\text{L}$ )	2.29	1.24	0.0877 ns
DQO ( $\text{mg}/\text{L}$ )	33.99	34.97	0.9062 ns
OD ( $\text{mg}/\text{L}$ )	8.49	6.71	<0.0001 *
BAM (UFC/ml)	204479	339401	0.0423 *
Colif. Fec. (NPMcel%ml)	35865	15835	0.0061 *

Nota: (\*) significativo  $\alpha = 0.05$ ; (ns) no significativo

Los resultados del presente análisis temporal de la contaminación del agua del oasis, consecuencia de las actividades antrópicas que en él se desarrollan, resultan consistentes con los de otros análisis anteriores obtenidos por el mismo equipo de investigación. Así, Morábito et al (2007 y 2009) refieren un aumento de las variables *CE*, *fosfatos* y *bacteriología* en el sentido aguas arriba-aguas abajo, a raíz del aumento de las actividades industriales y agrícolas y del crecimiento poblacional urbano concentrados en torno al conglomerado del Gran Mendoza. La presencia de *los iones nitrato* y *fosfato*, específicamente analizada por Morábito et al (2009) y Lavie et al (2009 y 2010), son la lógica resultante de los escurrimientos superficiales contaminados de la ciudad a los que se suma el vertido de efluentes -producto de la baja eficiencia de operación de las plantas de tratamiento existentes- a la red de riego. En cuanto a la presencia de *nitratos* en los distintos sitios de muestreo se piensa también en el aporte de la fertilización (figura 3, RI vs C IV) de los principales cultivos aunque esto deba ser todavía debidamente comprobado. Los *fosfatos*, por su parte, aparecen

extendidos en la superficie del oasis y superan siempre los 0,1 me L<sup>-1</sup> considerados como un límite aceptable.

## CONCLUSIONES

A la luz de los resultados se puede concluir que los mismos permiten caracterizar las aguas de riego de este importante oasis productivo. Se comprueba asimismo la hipótesis de pérdida de la calidad del recurso en el sentido aguas arriba-aguas abajo, como consecuencia del crecimiento de las actividades de origen antrópico y se pueden separar las distintas causas de contaminación (agrícola, urbana e industrial) en la mayoría de los sectores de la cuenca.

La cuantificación de los contenidos de los diferentes parámetros seleccionados para su análisis a lo largo de doce años de muestreo permitió evidenciar la evolución temporal de la contaminación y su vinculación con la dinámica de la ocupación territorial del oasis (red de riego que atraviesa de suroeste a noreste el Gran Mendoza e impacta sobre la calidad del agua).

Afortunadamente, los resultados muestran que -hasta el momento- las áreas regadías todavía lo están siendo con aguas de calidad *bueno o aceptable* (Lavié et al, 2014). Tanto los indicadores de evolución temporal ( $I_{ev}$ ) como el análisis estadístico reflejan una reducción de la salinidad, sodicidad y nitratos en los últimos cuatro años de registros analizados. No obstante, el desmejoramiento de la calidad del agua del oasis se ha visto reflejado en los contenidos de OD y BAM.

Los parámetros de calidad más problemáticos de las aguas del río Mendoza: presencia de fosfatos, BAM, DQO y OD -y sus contenidos- están relacionados con la interacción de la ocupación poblacional de las ciudades y la red de riego que las atraviesa en su camino desde el dique derivador hasta las unidades productivas (propiedades agrícolas). Las posibles acciones para mitigar o solucionar definitivamente estos problemas si bien no son conceptualmente demasiado complejas tampoco resultan demasiado fáciles de implementar en la práctica. Están relacionadas -básicamente- con concretar una mayor eficiencia en el manejo de las plantas de tratamiento de efluentes y aumentar su capacidad operativa (lo que exige importantes inversiones por parte de las arcas provinciales). Otras acciones de mitigación serían el insistir en una mayor efectividad de la actual “policía del agua” a cargo del DGI destinada a controlar los vertidos industriales y/o urbano-domésticos a la red de riego e intensificar campañas de concientización ciudadana -para la sociedad toda- en relación al cuidado del recurso hídrico, evitando fundamentalmente la contaminación de canales y acequias con los residuos sólidos que ella produce.

## 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.

**Lavie E.; J. Morábito; S. Salatino; A. Bermejillo y M. Filippini.** (2010). “Contaminación por fosfatos en el oasis bajo riego del río Mendoza”. Rev. FCA UNCuyo. Tomo 42, n° 1, Pág. 169-184. Mendoza – Argentina.

**Lavie, E.** (2009) “Activités anthropiques et qualité de l’eau dans l’oasis de Mendoza (Argentine): diagnostic, enjeux et durabilité”. Tesis de doctorado en geografía .Universidad de Burdeos, 385 p.

**Lavie, E.; J. Morábito y S. Salatino** (2014). “Application of an Integrated Water Quality Index in the Argentine Andean Piedmont”. *Water Technology and Sciences*. Vol.V, No. 4, July-August, 2014, pp. 23-37.

**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.

**Morábito, J.; Salatino, S.; Filippini, M.; Bermejillo, A.; Valdés, A. y Aburre, V. (2008).** Indicadores físico químicos de desempeño ambiental: área regadía del río Mendoza, Argentina (Primera Parte) II Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento integral del Agua. Universidad Nacional de Córdoba y Fundación PRODTI. 5 al 7 de Noviembre. Córdoba, Argentina.

**Morábito J.; S. Salatino; R. Medina; M. Zimmermann; M. Filippini; A. Bermejillo; N. Nacif; S. Campos; C. Dediol; P. Pizzuolo; D. Genovese; L. Mastrantonio y A. Valdés.** (2007) “Calidad del agua en el área regadía del río Mendoza: temperatura, pH, iones solubles y sólidos”. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo. Tomo XXXIX # 1. pp 9-20.

**QGIS. Un Sistema de Información Geográfica libre y de Código Abierto.** 2015. <http://www.qgis.org>