

Calidad del agua en zonas bajo riego: situación del Cinturón Verde de Mendoza, Argentina

Daniela Cónsoli⁽¹⁾, Jose Zuluaga^(1,2), Alejandro Drovandi^(1,2), Emilio Rearte⁽¹⁾

(1)Facultad de Ciencias Agrarias – UNCuyo; (2) Instituto Nacional del Agua INA-Centro Regional Andino

E-mail: dconsoli@fca.uncu.edu.ar

RESUMEN:

El Oasis Norte de Mendoza ha soportado un gran crecimiento urbano-industrial, donde no siempre se depuran los efluentes y se desarrolla una agricultura intensiva, principalmente en la zona del “Cinturón Verde”, que demanda grandes cantidades de agua para riego, plaguicidas y fertilizantes, cuyos excesos provocan un impacto negativo aguas abajo, donde el recurso se usa para riego y consumo humano. Esta zona es monitoreada por este grupo de investigación desde 1999, evaluando parámetros de calidad del agua de riego superficial y subterránea, así como de drenaje a lo largo del ciclo agrícola. Con financiamiento del INA-CRA y de la SECTYP-UNCuyo para el bienio diciembre 2013 – diciembre 2015, se han evaluado 7 muestreos en 11 sitios diferentes, para monitorear nitratos, fosfatos, pH y conductividad, etc. Las relaciones existentes entre los diversos parámetros permiten determinar la calidad del agua y dar recomendaciones para un manejo más sustentable del área. Para una mejor interpretación se analizó la tendencia desde agosto de 2012. En general, los valores de pH están comprendidos entre 7 y 8, siendo característicos de las aguas de Mendoza. Las aguas analizadas se agrupan en tres de las categorías de Riverside. Las subterráneas, con los menores valores de salinidad, pertenecerían a la categoría C3 (categoría 1 según FAO). Las de drenaje corresponden a la categoría C4 (categoría 2 de FAO), excluyendo al Arroyo Leyes, que pertenece a la categoría C5 o categoría 3 según FAO. Analizando RAS y CEA, a este punto le corresponde la categoría C5S1, de “baja peligrosidad sódica y muy alta salinidad”. El resto de las aguas, en general, se encuentran en la categoría C3S1, de “salinidad media a alta y baja peligrosidad sódica”, cuyo uso para el riego debería restringirse a suelos de moderada a buena permeabilidad y en cultivos de mediana tolerancia a la salinidad.

Palabras clave: cinturón verde, Mendoza, calidad del agua

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha observado en el sector agropecuario un aumento de la productividad acompañado de una reducción de la superficie cultivada, debido al avance de los centros urbanos (Pizzi *et al.*, 1997) Al mismo tiempo, en función de los requerimientos del consumidor, se presenta la necesidad de ofrecer en el mercado productos de elevada calidad, de bajo costo y en cantidad suficiente. Este uso intensivo de los suelos, la tendencia al monocultivo, los grandes aportes de nutrientes, la lixiviación de éstos hacia los

acuíferos, la aplicación masiva de fitoquímicos, y los importantes volúmenes de agua empleados, hacen de la agricultura moderna una actividad de alto impacto ambiental.

Durante los últimos tiempos, el Oasis Norte de Mendoza viene soportando un gran crecimiento urbano-industrial, con el que no siempre se depuran correctamente los efluentes, a lo que deben sumarse los efectos de un tipo de agricultura intensiva. Dentro de este oasis se encuentra una zona especializada en la producción de hortalizas, que constituye el llamado “Cinturón Verde”, ubicado alrededor de la Ciudad, y que demanda grandes cantidades de agua para riego, como así también importantes aportes de plaguicidas y fertilizantes (Pizzi *et al*, 1997) cuyos excesos se lixivian hacia los acuíferos, provocando un impacto negativo en las zonas ubicadas aguas abajo, las cuales usan este recurso para riego y consumo humano.

A partir del año 2003, la puesta en funcionamiento de la presa Embalse Potrerillos ha producido un sustancial cambio en el manejo del riego. Por un lado se modificaron las entregas de agua en los meses de primavera, lográndose así paliar los habituales déficit de ese periodo, pero se ha modificado la recarga del acuífero, que constituye la fuente más importante de abastecimiento del sector. Además, se ha modificado la calidad del recurso al desaparecer casi en su totalidad los sólidos en suspensión, lo que provoca un aumento en la infiltración en gran parte de los canales. De esta forma se modifica el drenaje de las tierras agrícolas y aumentando la contaminación salina de los suelos (Zuluaga *et al*, 2007). La hipótesis general de esta investigación se basa en que desde las actividades agrícolas y urbano-industriales se generan efluentes y residuos contaminantes que provocan efectos negativos sobre el agroecosistema de la zona.

OBJETIVOS

El objetivo general del trabajo fue evaluar la calidad del agua de riego superficial, subterránea y de drenaje a través del estudio de la variación de los distintos contaminantes de este agroecosistema a lo largo del ciclo agrícola en el Cinturón Verde de Mendoza a través del monitoreo periódico de distintos parámetros físico-químicos. Como objetivos específicos se planteó, 1) monitorear periódicamente los contaminantes más importantes, como nitratos, fosfatos, pH, CEA y RAS, 2) analizar las relaciones existentes entre los diversos parámetros que definen la calidad de agua de uso agrícola y 3) dar las recomendaciones para un manejo sustentable del agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio pertenece al área administrada por la Asociación de Inspectores de la 3ra Zona de Riego del Río Mendoza, en donde se ubica el Cinturón Verde del área metropolitana, caracterizado por la producción intensiva de hortalizas. Comprende los distritos: Los Corralitos, La Primavera, Kilómetro 8, Mundo Nuevo y Las Violetas. La ubicación de los puntos de muestreo puede apreciarse en la Figura 1.

El área recibe en forma permanente los aportes de vertientes y, eventualmente, desagües industriales, pluviales y de drenaje. Hay un gran aporte de agua subterránea en el período comprendido entre mayo y octubre, y se reciben refuerzos de dotación desde el Río Mendoza. El aporte de aguas de vertientes se realiza

a través del canal Vertiente Corralitos, del Arroyo Fernández y del Canal Tulumaya, sistema que se une al canal Chachingo por el canal Lechería. A nivel de propiedades, el muestreo usado fue estadístico aleatorio, teniendo en cuenta aquellas propiedades que emplean agua superficial y subterránea. Se han tomado muestras de agua en puntos fijos correspondientes a cuatro sectores que se analizaron en forma independiente y luego en conjunto: Canal Pescara, Canal Chachingo, aguas de drenaje y aguas de origen subterráneo. Los puntos de muestreo determinados fueron los siguientes:

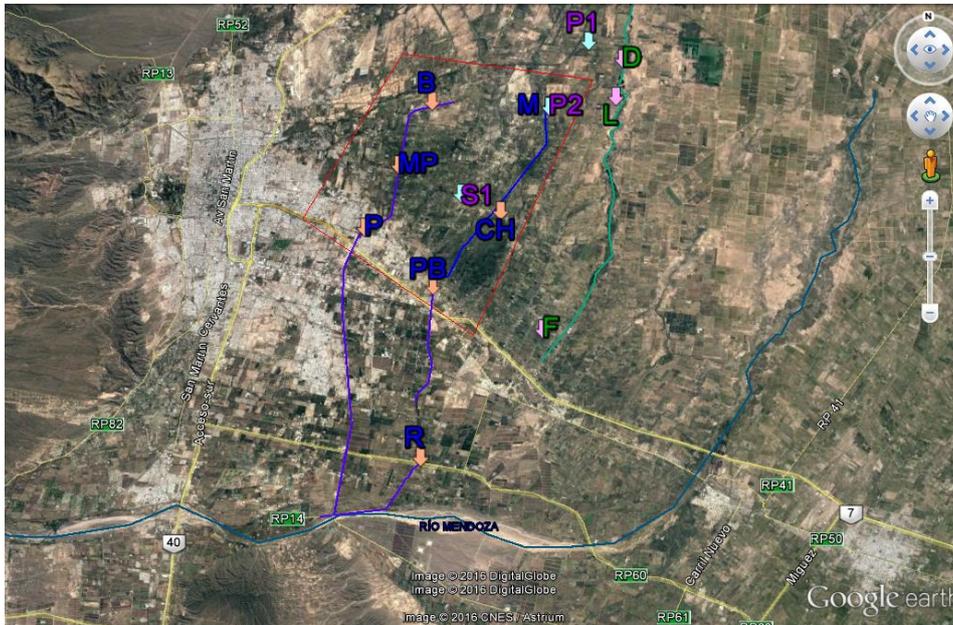


Figura 1. Imagen satelital mostrando la zona y los puntos de muestreo.

En el sur se observa el río Mendoza del cual nacen los canales Chachingo y Pescara que discurren de sur a norte (color azul). En verde se resalta el Arroyo Leyes (dren) y en rojo el área del Cinturón Verde de Mendoza.

Sobre el Canal Pescara. (Figura N°2)

- R: Este punto se incluyó desde el 2003 y permite evaluar la calidad inicial del agua proveniente del Río Mendoza en el ingreso a los canales Chachingo y Pescara (que se produce unos 3 kilómetros más arriba), tomándose solo en un punto (sobre Canal Chachingo y la intersección con la Ruta N°60) pero considerándose como situación inicial de los dos canales. Cabe mencionar que en ensayos anteriores se ha observado que en no hay diferencias en estos 3 km que los separan del Río Mendoza.
- P: en la entrada del canal Pescara a la zona, en la intersección con Carril Nacional.
- MP: la salida de la planta de tratamiento de residuos industriales del DGI. Desde junio 2013.
- B: al final del área de estudio, en el punto llamado Becasés.



Figura 2. Foto del canal Pescara tomada a la altura del punto P.

Sobre el Canal Chachingo o Canal Vertientes Corralitos. (Figura N°3)

- R: al ingreso en la intersección con la Ruta N°60. Este punto se incluyó desde el 2003 y permite evaluar la calidad inicial del agua proveniente del Río Mendoza en el ingreso a los canales Chachingo y Pescara (unos 3 kilómetros más arriba).
- PB: en la intersección del carril Nacional, donde ingresa al cinturón verde.
- CH: en el tramo medio, frente a la villa de Corralitos.
- M: al final de su recorrido, donde nace la Hijuela Montenegro.



Figura 3. Foto del canal Chachingo tomada a la altura del punto R.

En aguas de drenaje

- F: en el dren ubicado al inicio del sistema, donde se encuentra la finca de Fuster y cuyas aguas son de reuso agrícola.
- L: en el Arroyo Leyes, a la altura de la Escuela Las Violetas.
- D: en el dren ubicado en la finca El Monte Negro, donde se encuentra una red de drenaje subterráneo en que se puede medir la calidad del agua que egresa de los drenes parcelarios antes de ingresar al Arroyo Leyes. Este punto se considera ya que se viene trabajando en el área desde 1999, pero en ninguna de las ocasiones consideradas en este trabajo estuvo con agua.

En aguas de origen subterráneo

- P1: perforación ubicada en la finca El Monte Negro, que se abastece del 1er nivel del acuífero semiconfinado, a unos 40 metros de profundidad.
- S1: surgente ubicado en el primer nivel de explotación, ubicado en la finca García, que extrae agua del acuífero confinado. Si bien está en el mismo nivel de explotación que el pozo P1, al tener diferente tipo de confinamiento y al haberse observado algunas diferencias en los análisis químicos de ambos se decidió proseguir monitoreándolos.
- P2: pozo para riego ubicado en la finca El Monte Negro, el cual posee 160 metros de profundidad, extrayendo agua del mismo acuífero que la perforación del D.G.I., construida en el año 2001 al inicio del Canal Montenegro, para refuerzo de la dotación en años secos.

Cabe aclarar que de este punto se disponen pocos datos debido a su escaso uso por la abundancia de agua superficial en los últimos diez años, aunque en los tres ciclos agrícolas, debido a la escasez de nevadas en cordillera, fue más utilizado.

A campo, en cada muestreo, se midió conductividad eléctrica actual (CEA), pH, temperatura y oxígeno disuelto, asentando el horario de toma de muestra y otras observaciones. Se tomaron muestras de agua en cada punto, una para el análisis en laboratorio, donde se valoró: salinidad total a través de la CEA, pH, RAS, NO₃⁻ (método colorimétrico por HACH) y PO₄⁻³ (método colorimétrico con sulfo-vanado molíbdico). Los análisis se realizaron según los “Métodos Normalizados para el Análisis de aguas potables y residuales (APHA - AWWA – WPCF, 1992).

RESULTADOS Y ANÁLISIS

pH

Prácticamente la totalidad de los valores de pH, tanto en aguas de origen superficial como subterráneas y de drenajes, estuvieron comprendidos entre 6,5 y 8,5 por lo que están dentro de la amplitud Normal para aguas de riego que establece el EPAS. Dichos valores son característicos de las aguas naturales de Mendoza. Como excepciones a lo anterior en el canal Chachingo se presentaron algunas muestras en el punto “Puente Blanco” (ver Figura 4) con valores inferiores a 6,5, encontrando el máximo descenso en marzo de 2014 donde se midió 5,72, estando muy cercano tenor mínimo Permitido por el Departamento General de Irrigación para el vertido de efluentes en canales de riego (Resolución N° 778/96 del DGI), debido probablemente a que este sitio recibe los vertidos de varias industrias agroalimentarias, como se viene indicando en diferentes investigaciones (Cónsoli, D., 2015; Zuluaga J. et al, 2011 a y b). Sin embargo, en el Canal Pescara los valores encontrados en los puntos “Matus – Pescara” y “Becases” son generalmente inferiores, destacándose un valor muy bajo (4,64) en Marzo de 2013 en el punto “Matus-Pescara” que corresponde al punto de monitoreo aguas debajo de la planta de tratamiento de efluentes industriales y que corrobora el vuelco de industrias de la zona sobre el Canal Pescara, tal como lo indican algunos trabajos (Cónsoli, D., 2015). Las disminuciones de pH en los dos canales generalmente aparecieron en los meses de marzo y junio.

Se coincide con lo observado en trabajos que incluyen series de mas años (Cónsoli, D., 2015), donde que encontraron diferencias significativas para el punto “Puente Blanco” entre los meses comprendidos entre mayo a diciembre, siendo los meses de intensificar los controles sobre el canal Chachingo; sin embargo en este periodo no aparecieron disminuciones tan importantes de pH en el mes de julio sobre el punto “Pescara” como resulta habitual en algunos trabajos anteriores (Cónsoli, D.; 2015; Zuluaga J. et al, 2007).

Por el contrario, los valores de pH que sobrepasan el límite 8,5 o en algunas oportunidades 9 de las reglamentaciones vigentes (EPAS y DGI) aparecen sólo en el punto “Ruta 60” y principalmente en los meses de septiembre u octubre.

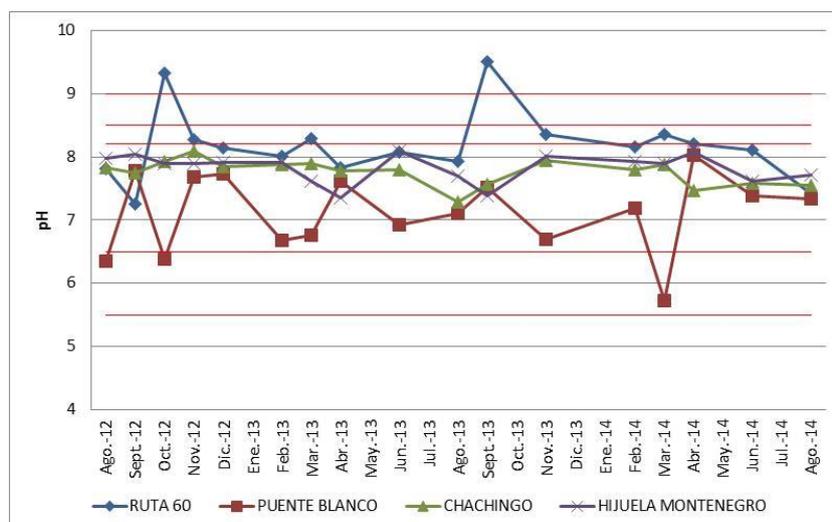


Figura 4. Variación de los valores de pH en el Canal Chachingo.

Las líneas horizontales rojas marcan los límites de la Amplitud Normal para aguas de riego del EPAS (6,5-8,5) y los máximos de la Resol. 778 del DGI (Máx. Permitido 6,5-8,2 y Máx. Tolerable 5,5-9)

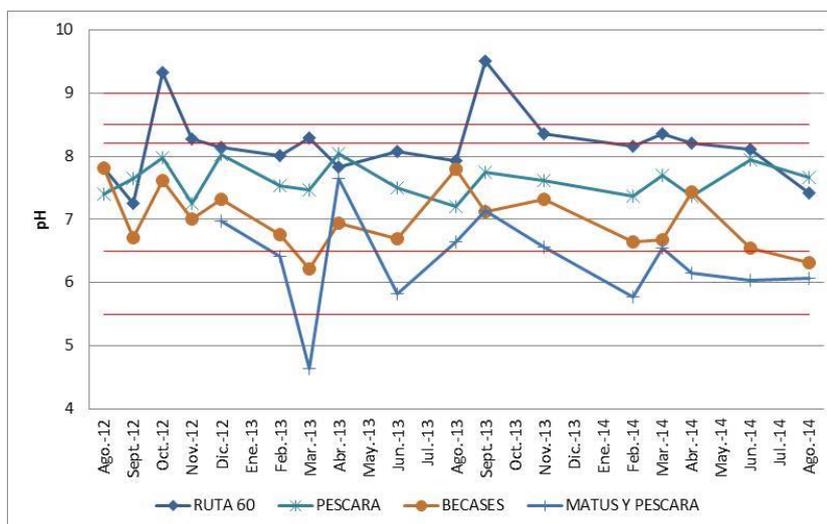


Figura 5. Variación de los valores de pH en el Canal Pescara

Las líneas horizontales rojas marcan los límites de la Amplitud Normal para aguas de riego del EPAS (6,5-8,5) y los máximos de la Resol. 778 del DGI (Máx. Permitido 6,5-8,2 y Máx. Tolerable 5,5-9)

Las aguas de perforaciones, tanto surgentes como subterráneas, como las aguas de drenes, presentaron una baja variación del pH en el tiempo, con valores que oscilaron entre 7 y 8. Puede mencionarse que en el período analizado, los valores registrados de pH no mostraron picos extremos, tal como se observara en períodos anteriores, especialmente en la etapa previa a la regulación del Embalse Potrerillos (Zuluaga et al., 2007)

Conductividad Eléctrica Actual (C.E.A.)

Analizando los contenidos salinos en los canales de riego se destaca el Canal Chachingo (ver Figura 6), en el que en su recorrido desde la Ruta 60 hasta el nacimiento de la Hijuela Montenegro, se observa que los valores correspondientes a la Hijuela Montenegro son los que más frecuentemente superaron los 1800 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Resolución 778/DGI), lo cual indica un desmejoramiento de la calidad de este cauce, ya que en el bienio 2009-2011 nunca se había superado dicho valor (Zuluaga et al, 2013). La particularidad del actual ciclo agrícola es que la Hijuela Montenegro ha recibido escasos caudales debido a la emergencia hídrica que rige en la provincia desde 2010.

Dentro de los muestreos del canal Pescara (ver Figura 7) en su tramo final (“Becases”) también superó en varias oportunidades el máximo tolerable de 1800 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ establecido por la Resolución 778/96 del Departamento General de Irrigación (D.G.I., 1996) para el vertido de efluentes. Las determinaciones en el punto denominado “Matus - Pescara”, aguas abajo de la planta de tratamiento de efluentes industriales, indica que en general no se supera la normativa mencionada, y que la planta cumple con su objetivo de calidad para agua de riego.

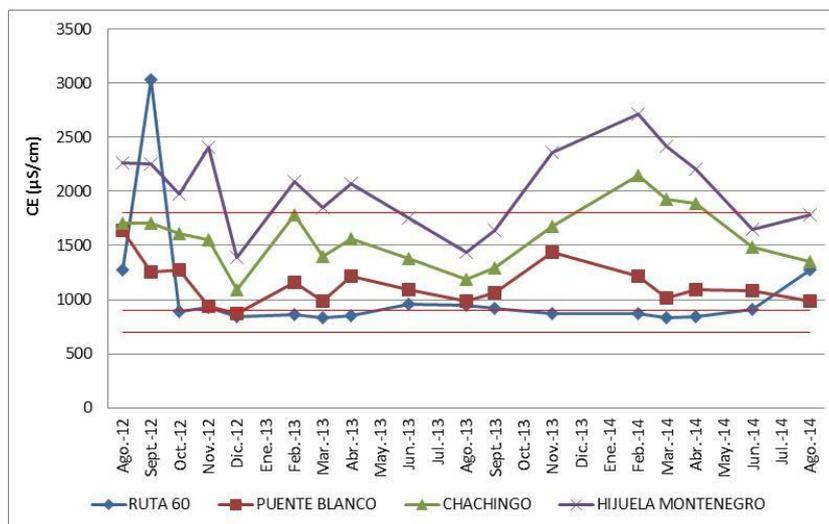


Figura 6. Variación de los valores de CEA en el Canal Chachingo

Las líneas horizontales rojas marcan el límite del EPAS ($700 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) para no tener restricciones para riego y los máximos de la Resol. 778 del DGI (Máx. Permitido $900 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ y Máx. Tolerable $1800 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)

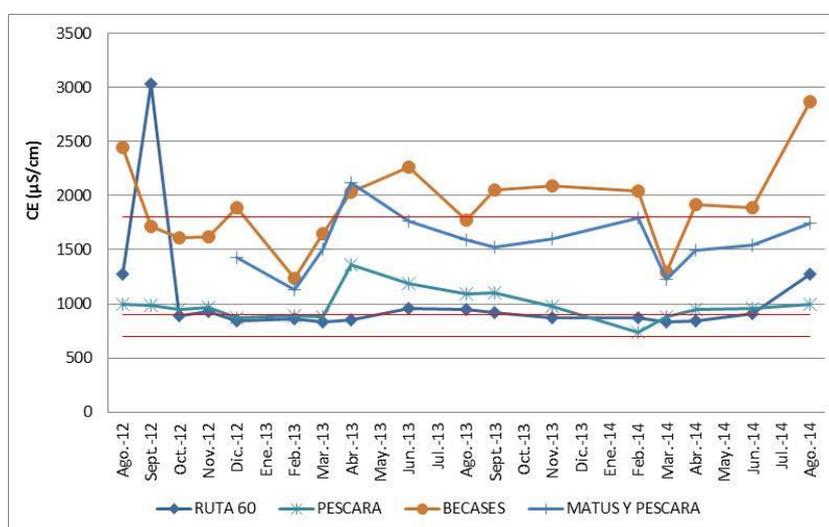


Figura 7. Variación de los valores de CEA en el Canal Pescara

Las líneas horizontales rojas marcan el límite del EPAS ($700 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) para no tener restricciones para riego y los máximos de la Resol. 778 del DGI (Máx. Permitido $900 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ y Máx. Tolerable $1800 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)

Respecto a las aguas de drenaje, como se observa en la Figura 8, los valores registrados en el sitio “Fuster”, correspondientes a este dren parcelario, en donde se vierten sus aguas en el inicio del sistema a un canal de riego para su reutilización en fincas aguas abajo. Allí los valores se han mantenido durante todo el período de muestreo por encima de la normativa. Lamentablemente, en la zona el agua de dicho dren constituye la única fuente de agua superficial para uso agrícola.

Un párrafo aparte merece el Arroyo Leyes (Figura 8), que si bien actúa como colector zonal del área, sus aguas constituyen la principal fuente para riego de muchas fincas del Departamento de Lavalle; en él los valores máximos llegaron a algo más de $6000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en noviembre de 2012, mayor que el pico máximo anteriormente registrado, de $5000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ de abril de 2010 (Zuluaga et al, 2013), y registrando en general valores elevados, por encima de lo normado, significando ello una seria limitación a la productividad de los cultivos regados con este recurso. La otra particularidad es que en algunos meses el Arroyo estaba totalmente seco

(febrero, marzo y diciembre de 2012 y en julio y noviembre de 2013) situación que prácticamente se registra durante los últimos años, lo cual corrobora que la Provincia de Mendoza transita su quinto año consecutivo de emergencia hídrica, ya que los drenes parcelarios y secundarios no aportan agua a los colectores zonales.



Figura 8. Variación de los valores de CEA en aguas de drenaje

Las líneas horizontales rojas marcan el límite del EPAS ($700 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) para no tener restricciones para riego y los máximos de la Resol. 778 del DGI (Máx. Permitido $900 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ y Máx. Tolerable $1800 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)

Las aguas de origen subterráneo se presentaron como de buena calidad (CEA entre 800 y $1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) sin presentar grandes oscilaciones a lo largo del tiempo. Los muestreos correspondientes al acuífero confinado del primer nivel de explotación, denominado Pozo Finca 1 (nivel estático a 40 m de profundidad) y el del segundo nivel de la finca El Monte Negro (Pozo segundo Nivel), mostraron aguas de mejor calidad para este parámetro que los correspondientes a Surgente García.

En general, las aguas en estudio se pueden agrupar en dos de las categorías de la clasificación de Riverside modificado por Thorne y Peterson. El Arroyo Leyes presenta los valores más altos en sales totales, ubicándose en la categoría C5 “salinidad muy alta”. La gran mayoría de las aguas superficiales pueden clasificarse como C3 “salinidad media”, cuyo uso debería hacerse en suelos de moderada a buena permeabilidad y con cultivos de mediana tolerancia a la salinidad. Las aguas de perforaciones, si bien presentan los valores más bajos de CEA, aún se clasificarían en la categoría C3. En cuanto a las aguas de drenaje, que se reutilizan para riego, los datos obtenidos las ubicarían en la categoría C4 (alta salinidad). Según la clasificación de FAO (Ayers y Westcot, 1976) y las directrices de calidad de agua de riego del EPAS para , el Arroyo Leyes se encuentra en la categoría 3 (“aguas con problemas serios” para su empleo en el riego) El resto de los cursos de agua superficiales, según las mismas referencias, corresponden a categoría 2 (“aguas que presentarían problemas crecientes” o “leves restricciones para riego”) mientras que las aguas subterráneas corresponden a la categoría 1 (“sin problemas”).

Peligrosidad Sódica (RAS)

En cuanto a la peligrosidad sódica, medida a través del RAS, en general las aguas corresponden a la categoría S1 de la clasificación de Riverside modificado por Thorne y Peterson (baja peligrosidad sódica).

Sin embargo, se debe destacar el Arroyo Leyes, que posee los tenores más elevados con referencia a los demás cauces de riego y drenaje, pero pertenece a la Clase S1 “Baja peligrosidad sódica” ya que su RAS es de alrededor de 6 (ver Figura 9). Un dato interesante se produjo en abril de 2010 (Zuluaga et al, 2011) ya que el RAS alcanzó el valor máximo histórico de 22 (categoría S3, de “alta peligrosidad sódica”) superando a los máximos anteriormente registrados (RAS 10, en las primaveras de 2008 y de 2009) en este punto de muestreo, este valor hizo prácticamente inutilizable el agua para el riego durante dicho período. Analizando el RAS y la CEA en forma conjunta, el Arroyo Leyes quedaría categorizado como C5S1, con “muy alta salinidad y baja sodicidad”. Las aguas subterráneas provenientes del acuífero del primer nivel son levemente más sódicas que las de Surgente García, pero nunca llegan a superar el valor 2,5 de RAS.

De los valores medidos en los canales Pescara y Chachingo, el punto “Becases” es en el que aparecen los mayores valores, coincidiendo con estudios investigaciones anteriores que le atribuyen sodicidad por encima de la media (Cónsoli, D., 2015).

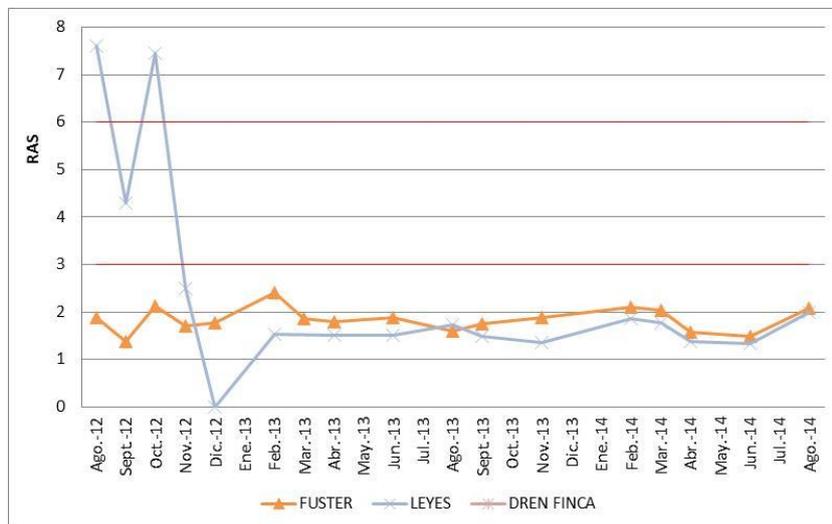


Figura 9. Variación de los valores de RAS en aguas de drenaje

Las líneas horizontales rojas marcan el límite del EPAS (3) para no tener restricciones para riego y el máximo Permitido de la Resol. 778 del DGI (6)

Nitratos

De acuerdo a la Resolución 461/1998 del Departamento General de Irrigación, el valor máximo tolerado en los vertidos a canales de riego no debe superar los 45 mg.L⁻¹ de nitratos. Solamente en los puntos “Ruta 60” y “Chachingo” se registraron valores muy superiores a dicho tenor (de 675 mg. L⁻¹ en febrero de 2014 en el punto en “Ruta 60” y entre 66 a 110 mg.L⁻¹ en el punto “Chachingo” en agosto, septiembre y octubre de 2012). Sobre el Canal Chachingo, aguas arriba de la Ruta 60 se ubica una villa inestable que vuelca residuos domiciliarios a dicho canal. En la Figura 10 se presentan todos los resultados para los dos canales, observado que los mayores valores en canales de riego se presentaron en el punto “Chachingo”, por los aportes de lixiviados de los agroquímicos usados en los cultivos hortícolas, sobrepasando en prácticamente todos los muestreos el valor de 5 mg.L⁻¹ que indica el EPAS. Cabe destacar que en la figura 10 el eje y se ha graficado

hasta 45 mg.L⁻¹ aunque existieron algunos valores que sobrepasaron ampliamente este valor, como se indicó previamente.

Los altos valores de nitratos encontrados en el canal Chachingo, corroboran lo que se repite en investigaciones anteriores donde incluso se indica que con posterioridad al funcionamiento del Embalse Potrerillos en el año 2003, estos valores han aumentado (Cónsoli, D., 2015; Bermejillo A. et al, 2009; Zuluaga J. et al, 2008; Bermejillo A. et al, 2008), siendo importante continuar con los monitoreos futuros.

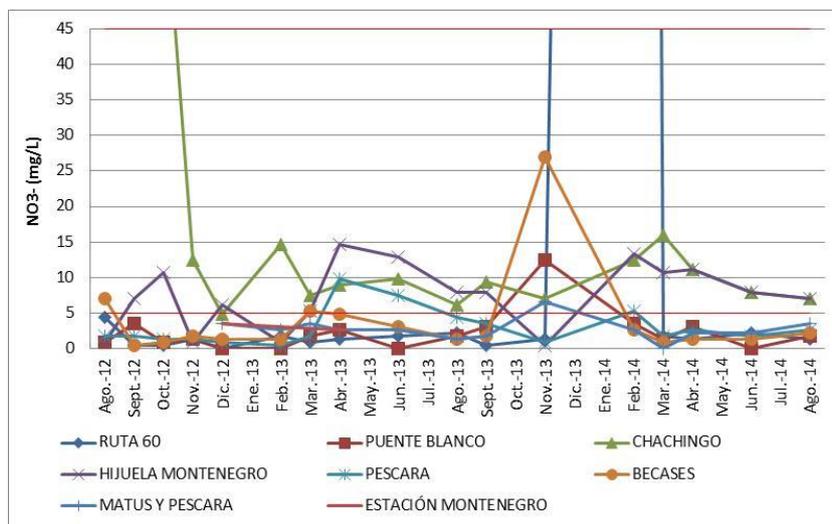


Figura 10. Variación de los valores de Nitratos en aguas superficiales (Canales Chachingo y Pescara).

Escala entre 0 a 45 mg.L⁻¹ (los valores que lo superan se especificaron en el texto del trabajo)

Las líneas horizontales rojas marcan el límite del EPAS (5 mg.L⁻¹) para no tener restricciones para riego y el máximo Tolerable de la Resol. 778 del DGI (45 mg.L⁻¹).

Los tenores en aguas surgentes apenas superan los 6 mg.L⁻¹ en un muestro, descendiendo a valores de 3 mg.L⁻¹ ó menos en las perforaciones del primer nivel de explotación, que extraen agua subterránea de mejor calidad y están menos expuestas a la contaminación por la actividad agrícola (Figura 11).

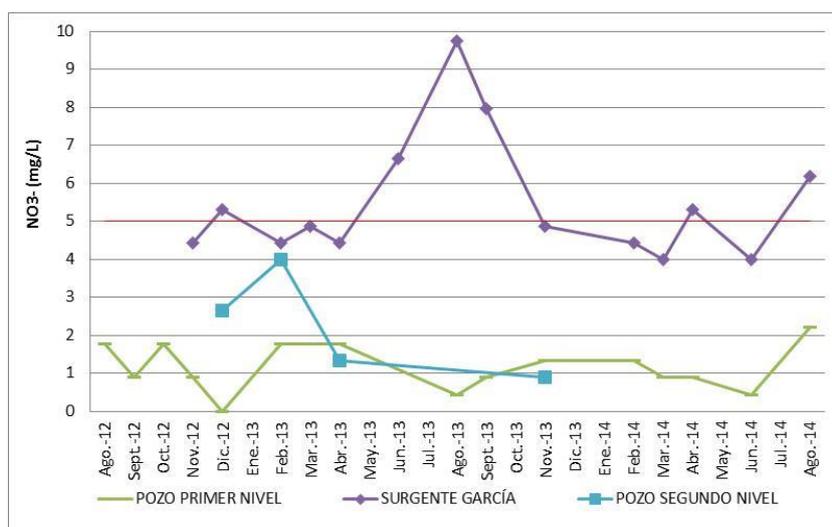


Figura 11. Variación de los valores de Nitratos en aguas subterráneas.

La línea horizontal roja marca el límite del EPAS (5 mg.L⁻¹) para no tener restricciones para riego.

Fosfatos

Como se observa en la figura 12, los mayores valores de fosfatos, que superan el límite de $0,7 \text{ mg.L}^{-1}$ dado por la Resolución 778 del DGI, se dieron en noviembre de 2013 y agosto de 2014 sobre el Canal Pescara en el punto “Matus y Pescara”, donde se registraron picos de 19 y 17 mg.L^{-1} . En el tramo final del canal (“Becases”) los valores hallados estuvieron cerca de 10 mg.L^{-1} en 4 oportunidades (24% de las muestras), repitiéndose en el mes de noviembre de los dos años. Esto coincide con trabajos anteriores donde se han detectado en el canal Pescara, altos valores de fosfatos en diferentes momentos lo cual se atribuye al uso de detergentes en las industrias de la zona, debiendo controlarse los efluentes (Cónsoli D. et al, 2015).

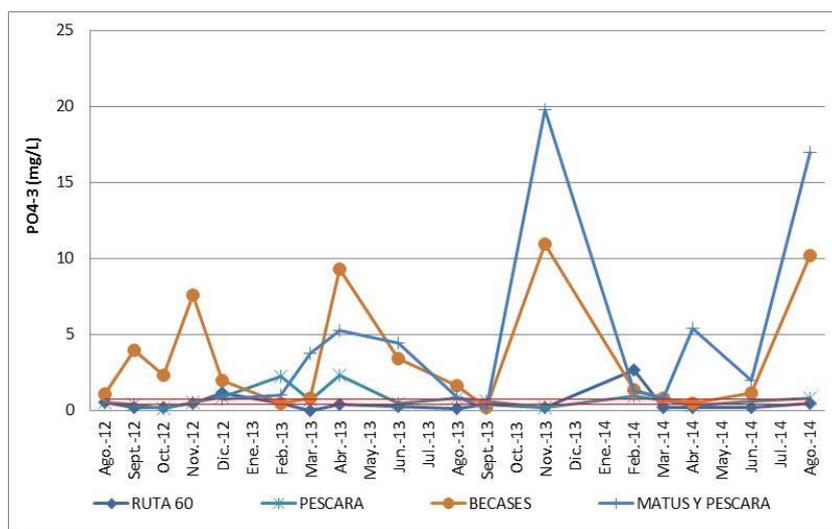


Figura 12. Variación de los valores de Fosfatos en el canal Pescara.

El Canal Chachingo, los valores de fosfato son menores a los del canal Pescara, encontrando solo un valor extremo en el punto “Hijuela Montenegro”, pero en este caso a la inversa de lo explicado antes, los mayores tenores de fosfatos se registraron en los primeros tramos del canal a la altura del “Puente Blanco”, debido probablemente a la contaminación de origen industrial que se produce aguas arriba (Figura 13).

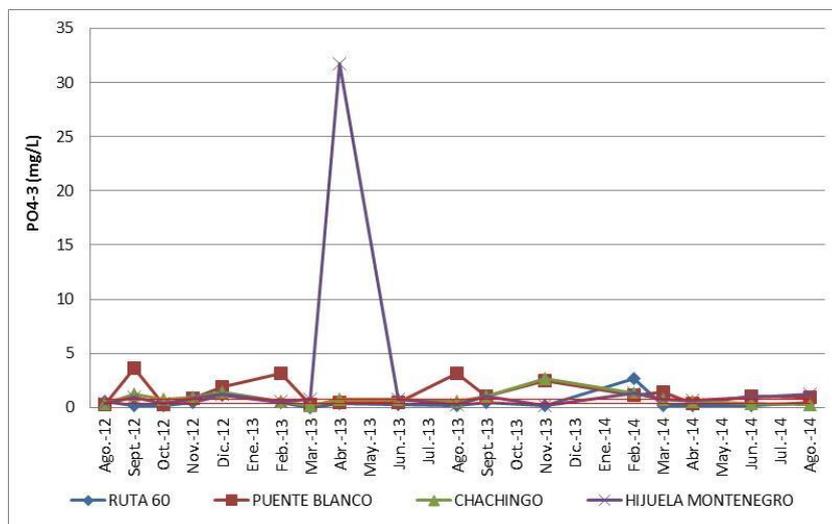


Figura 12. Variación de los valores de Fosfatos en el canal Chachingo.

Las aguas de origen subterráneo (figura 13) presentan escasa presencia de fosfatos en Surgente García, pero a diferencia de lo ocurrido en el bienio 2011-2013 (Zuluaga et al, 2013) donde ningún muestreo mostró valores que superaran el límite de la normativa, en el primer nivel de explotación de la Finca Monte Negro se han presentado en más del 50% de las muestras valores superiores a 0,7 mg. L⁻¹. Solo en una oportunidad, se han superado los 2 mg.L⁻¹, lo cual sucedió en el “pozo del primer nivel” en agosto de 2013 donde se determinaron 4,5 mg.L⁻¹. Aun así, resulta importante que el segundo nivel de explotación no ha recibido contaminación hasta el presente, superando solo en una oportunidad el valor de 0,7 mg.L⁻¹ dado por la Resolución 778 del DGI.

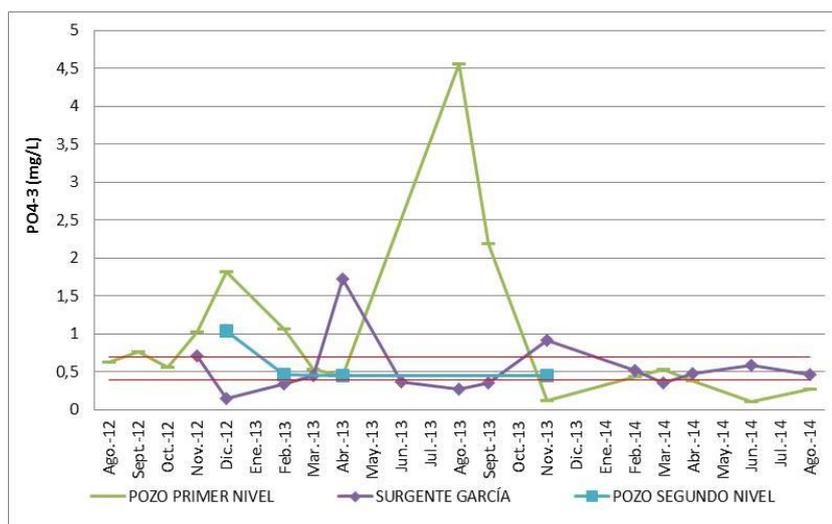


Figura 13. Variación de los valores de Fosfatos en aguas subterráneas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados, se aprecia una clara distinción entre la calidad del agua de origen subterráneo, superior a la de origen superficial y con menores variaciones estacionales. Además, los acuíferos libres y confinados cercanos a la superficie aparecen como más contaminados que los profundos.

En general las aguas corresponden a la categoría S1 de la clasificación de Riverside modificado por Thorne y Peterson “baja peligrosidad sódica”, sin embargo el Arroyo Leyes es el que presenta los mayores peligros sódicos.

Se observa un desmejoramiento de la calidad de los cauces, ya que existe un aumento de salinidad a medida que el agua avanza en su recorrido. La gran mayoría de las aguas superficiales pueden clasificarse como C3 “salinidad media” según la clasificación de Riverside modificada por Thorne y Peterson, cuyo uso debería hacerse en suelos de moderada a buena permeabilidad y con cultivos de mediana tolerancia a la salinidad. Para prevenir acumulaciones salinas peligrosas es necesario aplicar regularmente riegos de lavado. Deben elegirse cultivos de moderada a buena tolerancia a la salinidad. Se destaca que en el bienio 2009-2011 nunca se había superado superaron los 1800 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ (Resolución 778/DGI), lo cual si se ha producido en este

periodo y es atribuido a la crisis hídrica que atraviesa la provincia de Mendoza (emergencia hídrica desde 2010).

Por los valores de conductividad eléctrica observados punto “Matus y Pescara”, aguas abajo de la planta de tratamiento de efluentes industriales, se observa que la planta cumple con su objetivo de calidad para agua de riego.

En los drenes “Fuster” y “Leyes” los valores de salinidad resultan elevados, generando serias restricciones para su uso en riego, sin embargo y lamentablemente, estas aguas son usadas para riego de fincas ubicadas aguas abajo, significando ello una seria limitación a la productividad de los cultivos regados con este recurso. Estas aguas corresponden a C4 (“salinidad alta”) según la clasificación de Riverside modificada por Thorne y Peterson, e incluso en el Arroyo Leyes se presentan valores más altos de sales totales, llegando a la categoría C5 “salinidad muy alta”.

Los valores más altos de pH aparecen en el punto “Ruta 60”, pero se corroboran contaminaciones industriales que hacen descender el pH en el canal Pescara, principalmente en los puntos “Matus-Pescara” y “Becases” y hacia la zona media del Canal Chachingo, en el punto “Puente Blanco”, siendo éstas las zonas donde deberían intensificarse los controles. En aguas subterráneas y drenes los valores de pH se encontraron siempre dentro de los rangos normales (7 a 8).

La contaminación aumenta a medida que el agua avanza por la red de riego y lo hace de manera diferencial según el cauce, lo cual estaría asociado a la zona por la cual transita el agua. El canal Pescara presenta mayor contaminación de tipo industrial a la que debe prestarse atención futura, mientras que en el canal Chachingo se observa altos contenidos de nitratos provenientes del uso intensivo de fertilizantes en fincas de la zona, sobrepasando en prácticamente todos los muestreos el valor de 5 mg.L^{-1} que indica el EPAS. A futuro se deberá prestar atención a los contenidos de nitratos, principalmente asociados al canal Chachingo, donde aparecen en los últimos años valores puntuales elevados.

Si bien los valores de nitratos y fosfatos en aguas subterráneas son bajos, la perforación surgente es la que presenta mayores valores de nitratos (cerca de 5 mg.L^{-1}) debido a encontrarse más susceptibles a la contaminación agrícola y la perforación del primer nivel es donde han aparecido algunos valores de fosfatos más elevados que en años anteriores, por lo que es importante su control futuro.

Se hace necesario dar continuidad al seguimiento y el control de la calidad del agua en la zona evaluada, y a partir de las investigaciones realizadas podrían concentrarse los monitoreos en los puntos y épocas detectadas como más críticas.

REFERENCIAS

APHA - AWWA - WPCF. (1992). *“Métodos Normalizados para el Análisis de aguas potables y residuales”*; Ediciones Díaz de Santos, S.A.; 17 Ed.

- Ayers, R.S. y Westcot, D.W. (1976) *“Calidad del agua para la agricultura”*. Estudio FAO: Riego y Drenaje 29.
- Cónsoli, D. 2015. “Evolución de la contaminación del agua de riego y clasificación de su calidad dentro del cinturón verde de Mendoza”. Tesis presentada para optar al grado de Magister Scientae, Maestría en Riego y Drenaje, Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Agrarias.
- BERMEJILLO, A. et al (2008) Modificación de la calidad del agua de riego y riesgo freático en el cinturón verde de Mendoza. IV Jornadas Riego y Fertilización. 4 y 5 de diciembre de 2008. Mendoza, Argentina
- BERMEJILLO, A. et al (2009). Modificación de la calidad del agua de riego y riesgo freático en el cinturón verde de Mendoza. Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas- CLICAP . 18 al 20 de marzo de 2009. In: Memorias del Congreso CD ISBN 978-987-575-079-1
- Departamento General de Irrigación (DGI) (1996). *“Descripción preliminar de la cuenca del río Mendoza”*. Departamento General de Irrigación. Mendoza.
- Departamento General de Irrigación (DGI). (1996). *“Reglamento General para el Control de Contaminación Hídrica”*. Resolución Nº 778 (Public: BOP.30-31/12/96 y 2/1/97) Mendoza.
- ENTE PROVINCIAL DEL AGUA Y SANEAMIENTO (EPAS). 1995. Normas de calidad de aguas. Documento preliminar. Mendoza. Argentina.
- Pizzi, D.; E. Bardossy; E. Antonioli; K. Hiramatsu (1997). *“Identificación económica y distribución geográfica de los oasis irrigados de Mendoza”*. Tucumán, setiembre de 1997.
- Zuluaga, J. et al (2008) Calidad del agua de riego y riesgo freático en el cinturón verde de Mendoza. II Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua. 5, 6 y 7 de noviembre de 2008. Córdoba, Argentina. ISBN: 978-84-96776-48-7
- Zuluaga, J. et. al (2007) *“Monitoreo de los contaminantes del agua en la 3ra zona de riego del Río Mendoza con el nuevo escenario de operación del Embalse Potrerillos”*. Congreso Nacional del Agua. 15 al 19 de mayo de 2007. Tucumán, Argentina.
- Zuluaga, J. et al (2010) *“Calidad del agua de riego superficial y subterránea en el Cinturón Verde de Mendoza”*. III Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua. Córdoba, Argentina. 6 al 8 de Octubre de 2010.
- Zuluaga, J. et al (2011a) Diagnóstico de la calidad del recurso hídrico en el cinturón verde de Mendoza, Argentina. XVI Congreso Nacional de Irrigación. Asociación Nacional de Especialistas en Irrigación Desarrollado en Culiacán, Sinaloa, México, del 6 al 9 de setiembre de 2011
- Zuluaga, J. et al (2011b) *“Evolución de la contaminación del recurso hídrico en el Cinturón Verde de Mendoza. Congreso Nacional del Agua “CONAGUA 2011”*. Resistencia, Chaco. 22 al 25 de junio de 2011.
- Zuluaga, J. et al (2013) *“Evolución de la contaminación del recurso hídrico en el cinturón verde de Mendoza”*. Presentado en el Congreso Nacional del Agua CONAGUA 2013. San Juan, Argentina, del 14 al 18 de octubre de 2013.