

EVOLUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN EL CINTURÓN VERDE DE MENDOZA

**José Zuluaga⁽¹⁻²⁾; Emilio Rearte⁽¹⁾; Alejandro Drovandi⁽¹⁻²⁾; Adriana Bermejillo⁽¹⁾;
María F. Filippini⁽¹⁾; Daniela Cónsoli⁽¹⁾; Carlos Salcedo⁽¹⁾; Analía Valdes⁽¹⁾;
Aldo Morsucci⁽²⁾; Marcelo Pereyra⁽³⁾**

⁽¹⁾Facultad de Ciencias Agrarias (UNCuyo); ⁽²⁾Centro Regional Andino (INA)
Belgrano 210 (Oeste) 5500, Mendoza. Telefax 0261-4288251; ⁽³⁾Inspección Desaguantes Industriales
Colector Pescara
e-mail: jzuluaga@ina.gov.ar

RESUMEN

En las últimas décadas, el Oasis Norte de Mendoza ha soportado un gran crecimiento urbano-industrial, donde no siempre se depuran correctamente los efluentes, sumado a los efectos de un tipo de agricultura intensiva. En este oasis se encuentra el “Cinturón Verde”, que demanda grandes cantidades de agua para riego, plaguicidas y fertilizantes, cuyos excesos se lixivian hacia los acuíferos, y superficialmente 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.

En este trabajo se evaluaron 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 2011-2013, se han realizado entre marzo de 2011 y mayo de 2012 un total de 8 muestreos en 10 sitios diferentes, para evaluar nitratos, fosfatos, pH, CEA y los metales pesados Cd, Pb, Cu y Zn.

Se analizaron las relaciones existentes entre los diversos parámetros que determinan la calidad del agua, permitiendo dar recomendaciones para un manejo más sustentable del área.

En general, los valores de pH están comprendidos entre 7 y 8, siendo estos valores característicos de las aguas de Mendoza. Sin embargo, en algunos puntos aparecieron valores inferiores, probablemente debido al vertido de efluentes industriales.

Las aguas analizadas se pueden agrupar en tres de las categorías de Riverside. Las subterráneas, con los menores valores de salinidad, pertenecerían a la categoría C3. Las de drenaje corresponden a la categoría C4, excluyendo al Arroyo Leyes, que alcanza los mayores valores de salinidad (categoría C5) 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: calidad de agua – cinturón verde - Mendoza

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 nutrimentos, 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.

Este sector también se ve afectado por la contaminación de las aguas debido a otras actividades antropogénicas y por la competencia en el uso del recurso hídrico en sectores más remunerativos. Más compleja aún es la situación en zonas áridas como Mendoza, donde las actividades agrícolas, urbanas e industriales se asientan en cinco áreas (oasis) bajo riego.

Durante los últimos tiempos, el Oasis Norte de Mendoza viene soportado 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 Este del mencionado Cinturón Verde. Además, se ha modificado la calidad del recurso, al desaparecer casi en su totalidad los sólidos en suspensión, provocando un aumento en la infiltración en gran parte de los canales, modificándose así 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 de estudio.

OBJETIVOS

El objetivo general del trabajo fue evaluar la calidad del agua de riego superficial y subterránea a lo largo del ciclo agrícola en el Cinturón Verde de Mendoza a través del monitoreo periódico de los siguientes parámetros: salinidad, pH, nitratos, fosfatos y metales pesados (Cd, Pb, Cu, Zn) en aguas de riego (superficiales y subterráneas) y de drenaje.

En esta investigación se ha continuado con la evaluación de los parámetros físico-químicos mencionados, relacionados con la calidad del agua en el área de estudio, los que se

modificaron sustancialmente a partir de la puesta en funcionamiento de la Presa de Embalse Potrerillos. Con esto se modificaron también las entregas de agua, fundamentalmente en los meses de primavera, paliando el habitual déficit de ese período. Con ello se ha modificado también la recarga del acuífero subterráneo, el que constituye una de las principales fuentes de abastecimiento de agua en la zona de estudio.

Otra consecuencia del nuevo escenario de operación del río ha sido, como ya se mencionó, la modificación de la calidad del recurso por la desaparición de la casi totalidad de los sólidos en suspensión. Con ello se ha producido un aumento de la infiltración en gran parte de los canales de la red, modificándose así el drenaje de las tierras y aumentando los riesgos de contaminación salina en los suelos.

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.

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 periodo comprendido entre mayo y octubre, y se reciben refuerzos de dotación desde el Río Mendoza. El aporte de aguas de vertiente 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. El área recibe en forma permanente los aportes de vertientes y eventualmente desagües industriales, pluviales y de drenaje.

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 analizarán en forma independiente y luego en conjunto: Canal Pescara, Canal Chachingo, aguas de drenaje y aguas de origen subterráneo. Los puntos de muestreo determinados, que pueden apreciarse en la Figura 1, fueron los siguientes:

Sobre el Canal Pescara

- 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 pocos kilómetros más arriba).
- P: en la entrada del canal Pescara a la zona de estudio, en la intersección con el Carril Nacional.
- B: al final del área de estudio, en el punto llamado Becasés.

Sobre el Canal Chachingo o Canal Vertientes Corralitos

- 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 pocos 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 Higuera Montenegro.

En aguas de drenajes

- 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.

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 de origen superficial en los últimos años, aunque en el último ciclo agrícola, 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 también el horario de toma de muestra y otras observaciones. Se tomaron dos muestras de agua en cada punto, y a una de ellas se le adicionó ácido nítrico (1+1) para poder luego valorar metales pesados en laboratorio. Las muestras fueron acondicionadas y refrigeradas para su traslado a laboratorio.

En el laboratorio se valoró: salinidad total a través de la CEA, pH, RAS, NO_3^- (método colorimétrico por HACH), PO_4^{3-} (método colorimétrico con sulfo-vanado molíbdico) y los metales pesados Cd, Pb, Cu y Zn (mediante la técnica APHA - AWWA - WPCF., 1992).

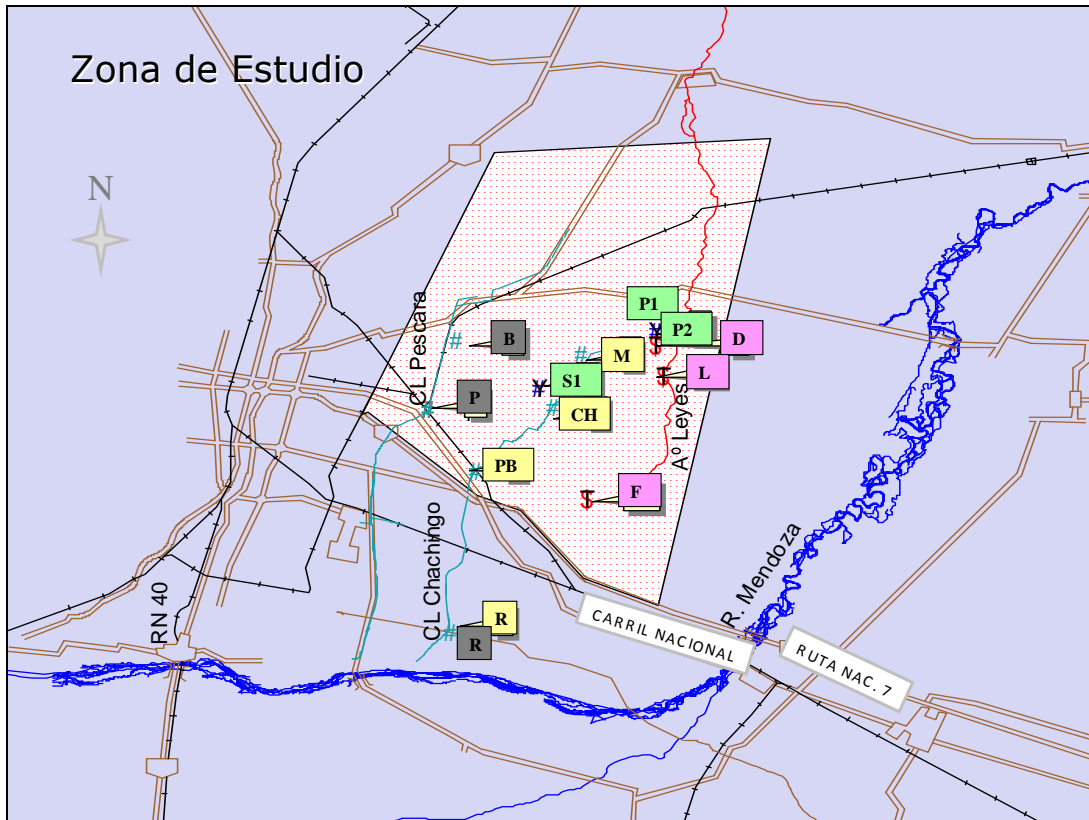


Figura 1. Área de estudio y puntos de muestreo

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 y 8,5. Dichos valores son característicos de las aguas naturales de Mendoza. Las únicas excepciones a lo anterior se presentaron en la muestra de octubre de 2011 en el sitio “Puente Blanco” (ver Figura 2) el que corresponde al inicio del Canal Chachingo. El mismo recibe los vertidos de varias industrias agroalimentarias. Este valor se ubica por debajo del valor de 6, tenor mínimo de pH establecido por el Departamento General de Irrigación para el vertido de efluentes en canales de riego (Resolución N° 778/96 del DGI). El otro caso se produjo en marzo de 2012 en el sitio Becases del Canal Pescara (ver Figura 3).

Las aguas de perforaciones, tanto surgentes como subterráneas, presentaron una baja variación del pH en el tiempo, con valores que oscilaron entre 7 y 8.

Puede mencionarse que en el período analizado, a partir de marzo de 2009, 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).

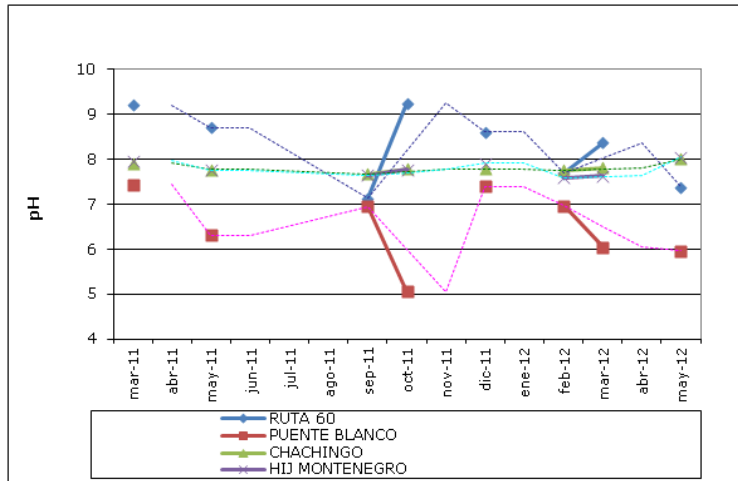


Figura 2. Variación de los valores de pH en el Canal Chachingo

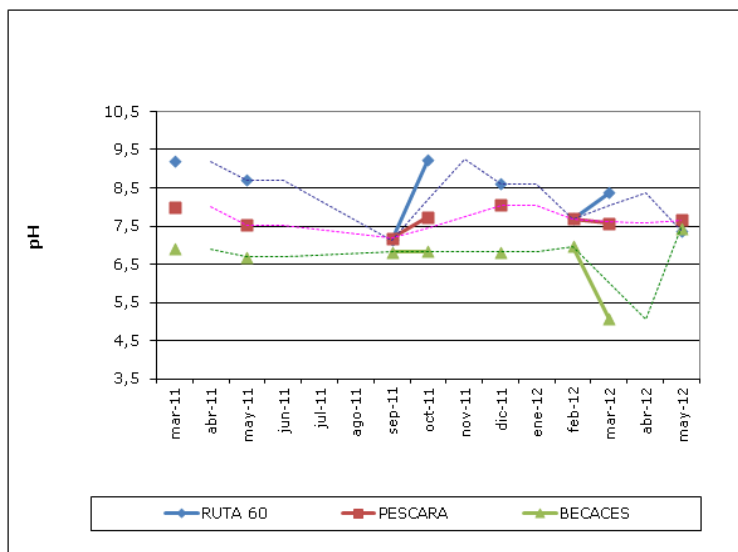


Figura 3. Variación de los valores de pH en el Canal Pescara

Conductividad Eléctrica Actual (C.E.A.)

Analizando los contenidos salinos en los canales de riego se destaca el Canal Chachingo (ver Figura 4), en el que en su recorrido desde la Ruta 60 hasta el nacimiento de la Hijuela Montenegro, los valores nunca superaron los $1800 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Resolución 778/DGI). Ello indica una mejora significativa en la calidad del recurso respecto a años anteriores, en los que se superaban los límites dados por normativa (Zuluaga *et al.*, 2007). La particularidad de este ciclo agrícola fue que la Hijuela Montenegro superó, entre setiembre de 2011 y mayo de 2012, los límites normativos debido a una sensible disminución de los caudales superficiales, respecto al ciclo agrícola 2009/2010.

Dentro de los muestreos del canal Pescara (ver Figura 5) en su tramo final (Becases) también superó 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.

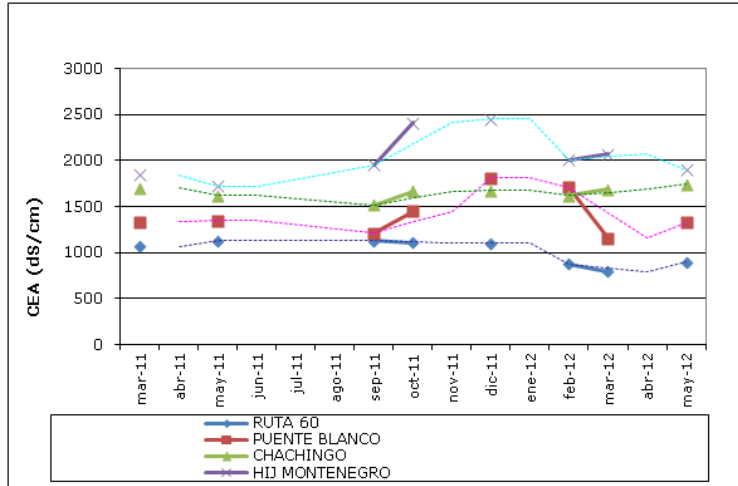


Figura 4. Variación de los valores de CEA en el Canal Chachingo

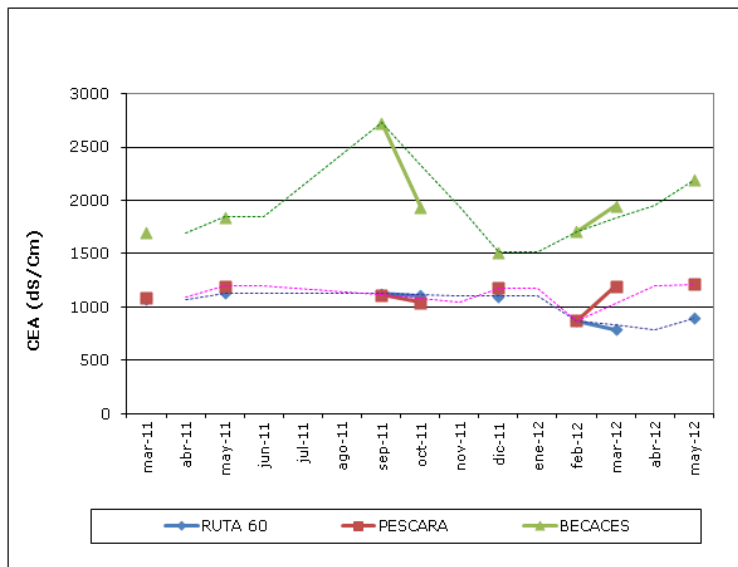


Figura 5. Variación de los valores de CEA en el Canal Pescara

Respecto a las aguas de drenaje, se observan en la Figura 6 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. En este punto los resultados mostraron que los valores se han mantenido durante todo el período de muestreo por encima de la normativa.

Un párrafo aparte merece el Arroyo Leyes (ver la misma Figura 6) 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 $5800 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en octubre de 2011, mayor que el pico máximo anteriormente registrado, de 5000 de abril de 2010 (Zuluaga *et al*, 2011), y registrando siempre 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 febrero y marzo de 2012 el Arroyo estaba totalmente seco, situación que no se registraba prácticamente durante los últimos 10 años.

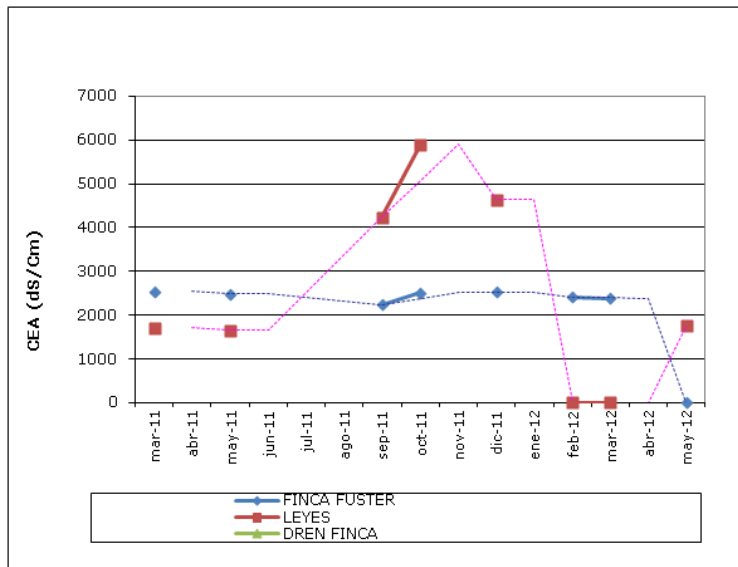


Figura 6. Variación de los valores de CEA en aguas de drenaje

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, como se observa en la Figura 5. Los muestreos correspondientes al acuífero confinado del primer nivel de explotación (nivel estático a 40 m de profundidad) y el del segundo nivel de la finca El Monte Negro, mostraron aguas de mejor calidad para este parámetro que los correspondientes a Surgente García (ver Figura 7).

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).

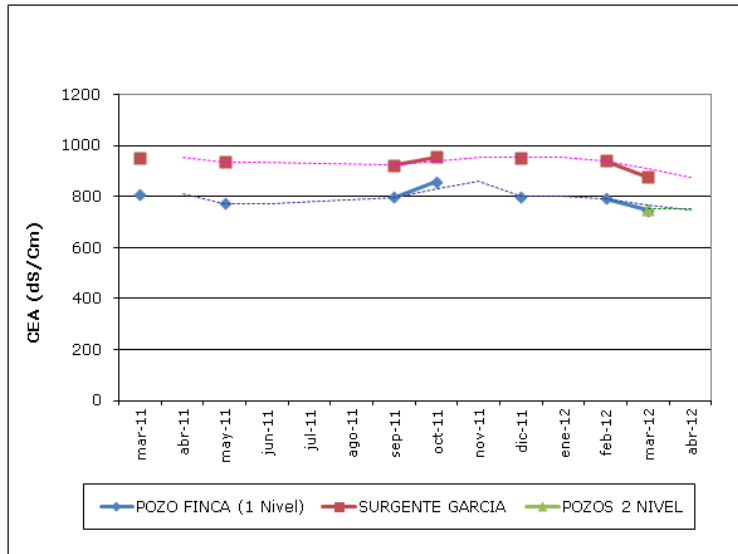


Figura 7. Variación de los valores de CEA en aguas subterráneas

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, quien 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 cercano a6 (ver Figura 8). 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 de explotación son levemente más sódicas que las de Surgente García, pero nunca llegan a superar el valor 2,5 de RAS.

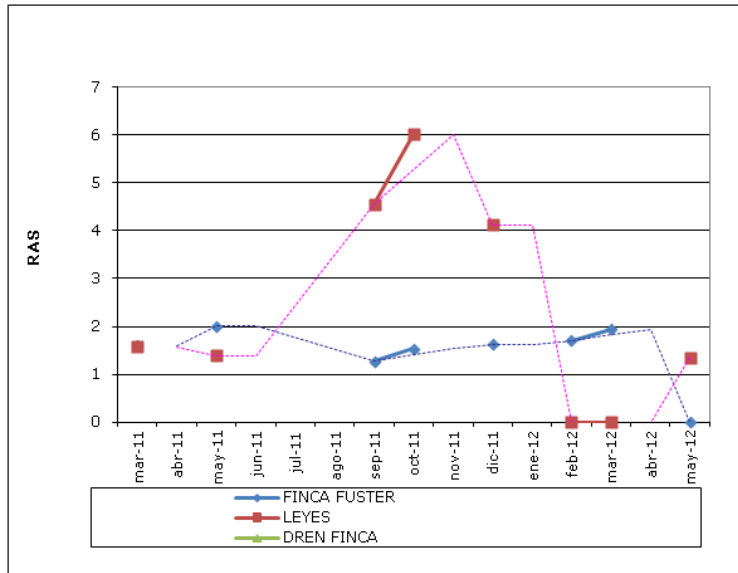


Figura 8. Variación de los valores de RAS en aguas de drenaje

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. En ningún caso los valores medidos han alcanzado dicho tenor, destacándose solamente el dren de la Finca Fuster, que alcanzó los 14 mg.l^{-1} , ya que este cauce recibe los lixiviados de propiedades en donde realizan riegos por goteo con fertirrigación. 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.

Los mayores valores en canales de riego (6 mg.l^{-1}) se alcanzaron en el tramo medio del Canal Pescara, debido a los aportes de lixiviados de los agroquímicos usados en los cultivos hortícolas.

Fosfatos

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 mayo de 2011 sobre el Canal Pescara en su tramo final (Becases) con valores que superaron los 21 mg.l^{-1} .

Le sigue en carga contaminante el Canal Chachingo, 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.

Las aguas de origen subterráneo presentan escasa o nula presencia de fosfatos, mientras que en los drenes, solamente en el caso del dren Fuster los valores se aproximan al valor límite, en el mes de diciembre de 2011, alcanzando tenores de $0,65 \text{ mg.l}^{-1}$.

Metales pesados

En cuanto a Plomo, en ninguno de los muestreos los valores registrados superaron el valor de 5 mg.l^{-1} que establece la norma de calidad de agua para riego (EPAS, 1995).

Respecto del cobre, en ninguno de los muestreos los valores registrados superaron el valor de $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$ que establece la norma de calidad de agua para riego (EPAS, 1995).

En cuanto al cinc, en ninguno de los muestreos los valores registrados superaron el valor de 2 mg.l^{-1} que establece la norma de calidad de agua para riego (EPAS, 1995).

Respecto del Cadmio, prácticamente en todos los muestreos sus valores superaron los tenores máximos de $0,01 \text{ mg.l}^{-1}$ que establece la Resolución 778, así como el valor establecido por el Anexo 3 del EPAS para aguas de riego. Los mayores valores de Cadmio se alcanzaron en las aguas de drenaje, especialmente en el dren Fuster.

Entre los canales de riego, el Pescara fue el que mostró mayor carga de Cadmio con $0,32 \text{ mg.l}^{-1}$ en octubre de 2011. Sin embargo, a partir del año 2009 se ha notado un considerable descenso en la concentración de este metal, con respecto al pico de $0,23 \text{ mg.l}^{-1}$ medido en el mes de abril de 2008 (Zuluaga, J., 2010) Este descenso también se ha notado tanto en aguas superficiales como subterráneas y de drenaje.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados, se ve claramente una distinción entre la calidad del agua de origen subterráneo, que es superior a la de origen superficial y con menores variaciones estacionales. Se observa una mayor susceptibilidad a la salinización y a la contaminación con nitratos, fosfatos y cadmio en las napas surgentes respecto a los acuíferos más profundos, que por el contrario presentan una sodicidad algo mayor pero dentro de valores normales.

En cuanto al pH, los valores variaron entre 6 y 8,5. Las únicas excepciones se presentaron en la muestra de octubre de 2011 en el sitio "Puente Blanco", el que corresponde al inicio del Canal Chachingo. El mismo recibe los vertidos de varias industrias agroalimentarias. Este valor se ubica por debajo del valor de 6, tenor mínimo de pH establecido por el Departamento General de Irrigación para el vertido de efluentes en canales de riego (Resolución N° 778/96 del DGI). Algo similar ocurrió en marzo de 2012 en el sitio Becases, correspondiente al tramo final del Canal Pescara.

Por su parte, las aguas de perforaciones, tanto surgentes como subterráneas, presentaron una baja variación del pH en el tiempo, con valores que oscilaron entre 7 y 8.

Respecto de los nutrientes (nitratos y fosfatos) el único valor a destacar, para este último parámetro, es en el tramo final del Canal Pescara (Becases) debido a los aportes de lixiviados de los agroquímicos usados en los cultivos hortícolas, con valores de fosfatos que llegaron a los 21 mg.l^{-1} .

En cuanto a la salinidad (medida a través de la CEA) dentro de los cauces de riego superficiales, el canal Pescara en su tramo final (Becases) fue el que más ampliamente superó 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.

Respecto de las aguas de drenaje, se observa que los valores registrados en el sitio “Fuster”, que corresponde al vuelco de un dren parcelario que vierte sus aguas a un canal de riego para su reutilización en fincas aguas abajo, se han mantenido durante todo el período de muestreo por encima de los valores de la normativa.

Un párrafo aparte merece el Arroyo Leyes, 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 $5000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en abril de 2010 y registrando siempre valores elevados, por encima de lo normado, llegando a 5800 en octubre de 2011) lo que implica una seria limitación a la productividad de los cultivos regados con el recurso.

En general, las aguas en estudio se pueden agrupar en tres 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. El agua de los drenes corresponde a C4 (“salinidad alta”).

Las aguas de origen subterráneo se presentaron como de buena calidad (CEA entre 800 y $1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) y no presentaron grandes oscilaciones a lo largo del tiempo. Los muestreos correspondientes al acuífero confinado del primer nivel de explotación (nivel estático a 40 m de profundidad) y del segundo nivel (nivel estático a 120 m) de la finca “El Monte Negro”, mostraron aguas de mejor calidad para este parámetro que los correspondientes a Surgente García. Las aguas de perforaciones, si bien presentan los valores más bajos de CEA, aún se clasificarían en la categoría C3.

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 destacó el Arroyo Leyes, por poseer los tenores más elevados con referencia a los demás cauces de riego y drenaje, lo cual hace prácticamente inutilizables sus aguas 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 de explotación son levemente más sódicas que las de Surgente García, pero nunca llegan a superar el valor 2,5 de RAS.

En cuanto a los metales pesados analizados, tanto los tenores de plomo, como los de cobre y zinc, en general se mantuvieron por debajo de los límites dados por la normativa (EPAS, 1995).

Respecto del cadmio, prácticamente en todos los muestreos sus valores superaron los tenores máximos de 0,01 mg.l⁻¹ que establece la Resolución 778, así como el valor establecido por el Anexo 3 del EPAS para aguas de riego. Sus mayores valores se alcanzaron en las aguas de drenaje, especialmente en el dren Fuster. Entre los canales de riego, el Pescara fue el que mayor carga contaminante mostró (0,32 mg.l⁻¹ de Cadmio en octubre de 2011). Sin embargo, a partir del 2009 se está notando un considerable descenso en la concentración de este metal, con respecto al pico de 0,23 mg.l⁻¹ medido en el mes de abril de 2008 (Zuluaga, J., 2010) lo cual se explicaría por la entrada en funcionamiento de la planta de tratamiento de efluentes industriales que vuelcan en dicho canal. De todas formas, como recomendación, se debería continuar monitoreando este metal pesado, ya que en los últimos años su contenido ha ido en aumento, tanto en las aguas superficiales como subterráneas y de drenaje.

Como recomendación para optimizar el manejo del agua de riego, tanto las Asociaciones de Usuarios de esta 3^a Zona, como las del Departamento de Lavalle, deberían monitorear la calidad del agua durante los meses de primavera, que es cuando se concentran la mayoría de los contaminantes, tratando de usar aguas de origen subterráneo ó mezclando estas con las de origen superficial a fin de diluirlas. Un ejemplo de ello es la particularidad observada en el muestreo de diciembre de 2010, cuando por primera vez en 10 años el Arroyo Leyes, que actúa como dren zonal, no cumplía con esa misión debido a las restricciones hídricas impuestas por la escasa disponibilidad de caudales en todo el Oasis Norte. Para el Departamento General de Irrigación ese año fue considerado como “año seco” para el Oasis del Río Mendoza (55% respecto al año medio) (Zuluaga *et al*, 2011). El ciclo 2011/2011, si bien mejoró algo, llegando a la categoría de “pobre” (70% respecto del año medio) las restricciones hídricas fueron considerables,. Cabe aclarar que en febrero/marzo de 2012 los muestreos del Arroyo Leyes no se pudieron realizar por encontrarse totalmente seco el cauce.

BIBLIOGRAFÍA

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

Zuluaga, J. (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 (2011) *“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