

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

Zuluaga, J. <sup>(1-2)</sup>; Drovandi, A. <sup>(1-2)</sup>; Bermejillo, A. <sup>(1)</sup>; Cónsoli, D. <sup>(1)</sup>; Valdés, A. <sup>(1)</sup>; Salcedo, C. <sup>(1)</sup>; Morsucci, A. <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Fac.Cs. Agrarias, U.N. de Cuyo. Alte. Brown 500 Chacras de Coria. Mendoza

<sup>(2)</sup> INA-CRA; Belgrano 210 Oeste (5500) Mendoza

[jzuluaga@ciudad.com.ar](mailto:jzuluaga@ciudad.com.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 (Chambouleyron, J. et al., 2002) En este oasis se encuentra el llamado “Cinturón Verde”, en el que se demandan grandes cantidades de agua para riego, plaguicidas y fertilizantes, cuyos excesos se lixivian hacia los acuíferos, provocando un impacto negativo en zonas aguas abajo, donde el recurso se usa para riego y consumo humano. Esta zona es monitoreada por este grupo de investigación desde el año 1999.

La puesta en funcionamiento del embalse Potrerillos ha significado que se paliaran los habituales déficit de primavera, habiéndose modificado la recarga del acuífero. Al desaparecer los sólidos en suspensión, se ha provocado un aumento en la infiltración en los canales, modificándose el drenaje de las tierras agrícolas y aumentando la contaminación salina de los suelos.

En este trabajo se evaluaron parámetros de calidad del agua de riego, superficial, subterránea y de drenaje en el Cinturón Verde de Mendoza a lo largo del ciclo agrícola. Con financiamiento del CRA-INA y la SECTYP-UNCuyo para el bienio 2009-2011, se han realizado, desde marzo de 2009, 6 muestreos para evaluar nitratos, fosfatos, pH, CEA y algunos metales pesados en muestras de agua. Se analizaron las relaciones existentes entre los diversos parámetros que determinan la calidad del agua, permitiendo dar recomendaciones para un manejo más sustentable del recurso hídrico en el área.

En general, los valores de pH están comprendidos entre 7 y 8, característicos de las aguas de Mendoza. Sin embargo, en algunos puntos aparecen valores inferiores, probablemente debido al vertido de efluentes industriales. Las aguas en estudio se pueden agrupar en tres de las categorías de Riverside. Las subterráneas, si bien presentaron los menores valores de salinidad, pertenecerían a la categoría C3. Las aguas de drenaje corresponden a la categoría C4, incluyendo el caso del Arroyo Leyes, que es el que alcanza los mayores valores de salinidad. Analizando RAS y CEA, le corresponde C4S1, con “baja peligrosidad sódica y alta salinidad”. El resto de las aguas en estudio, en general se encontrarían en la categoría de C3S1, con “salinidad media a alta y baja peligrosidad sódica”, cuyo uso debería hacerse en suelos de moderada a buena permeabilidad y con cultivos de mediana tolerancia a la salinidad.

**Palabras claves:** contaminantes – agua de riego – Cinturón Verde – Mendoza

## INTRODUCCIÓN

En las dos últimas décadas el Oasis Norte de Mendoza ha soportado un gran crecimiento urbano-industrial, donde 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”, el cual se ubica alrededor de la Ciudad, el cual 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 única fuente 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, 2005)

El objetivo general de este proyecto es evaluar parámetros de calidad del agua de riego, superficial, subterránea y de drenaje en el Cinturón Verde de Mendoza a lo largo del ciclo agrícola. Por su parte, los objetivos específicos son monitorear periódicamente los contenidos de nitratos, fosfatos, pH, Conductividad Eléctrica Actual (CEA) y algunos metales pesados.

La hipótesis general se basa en que desde las actividades agrícolas y urbano-industriales se generan efluentes y residuos contaminantes con efectos negativos sobre el agroecosistema de la zona de estudio.

## 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, donde se ubica el Cinturón Verde del área metropolitana, caracterizado por la producción intensiva de hortalizas. Comprende los distritos: Los Corralitos, La Primavera, Km 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 a octubre y se reciben refuerzos de dotación a partir del Río Mendoza.

El aporte de aguas de vertiente se realiza a través del canal Vertiente Corralitos, Arroyo Fernández y 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 será 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 escenarios que se analizarán en forma independiente y luego en conjunto: canal Pescara, canal Chachingo, aguas de drenaje y aguas de origen subterráneo (ver Figura 1)

Los puntos de muestreo determinados son los siguientes:

#### A. 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

#### B. 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 Hijuela Montenegro.

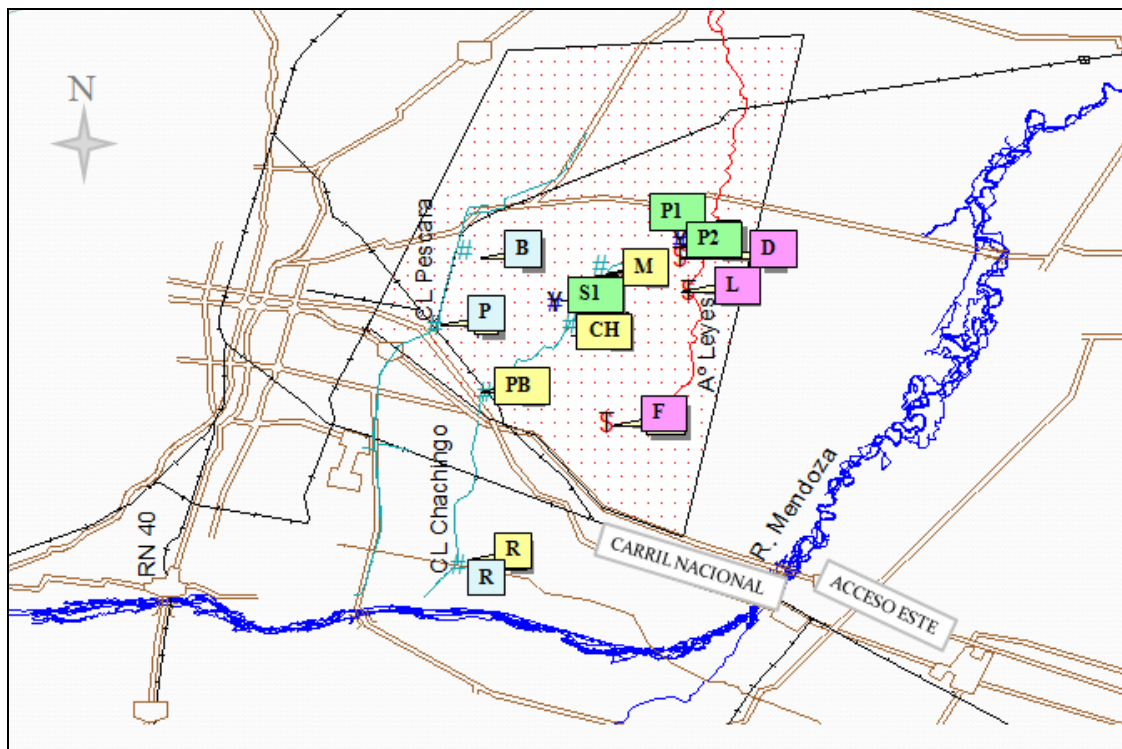
#### C. EN AGUAS DE DRENAJES:

- 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

#### D. 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 escasa utilización por la abundancia de agua de origen superficial en los últimos años



**Figura 1. Área de estudio y puntos de muestreo**

A campo, en cada muestreo, se midió conductividad eléctrica actual (CEA), pH, temperatura y oxígeno disuelto, asentando también horario y algunas 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 hasta su traslado a laboratorio.

En el laboratorio se valoró: salinidad total a través de la CEA, pH, RAS,  $\text{NO}_3^-$  (método colorimétrico por HACH),  $\text{PO}_4^{3-}$  (método colorimétrico con sulfo-vanado molíbdico) y metales pesados: Cd, Pb, Cu y Zn (mediante la técnica APHA - AWWA - WPCF., 1992)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### pH

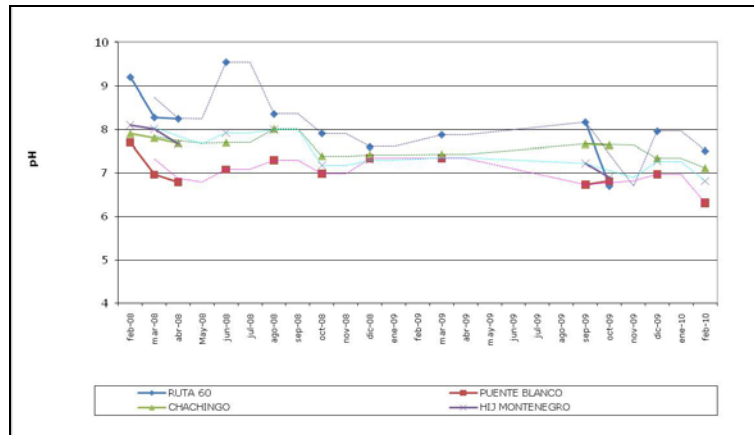


Figura 2. Variación de los valores de pH en el Canal Chachingo

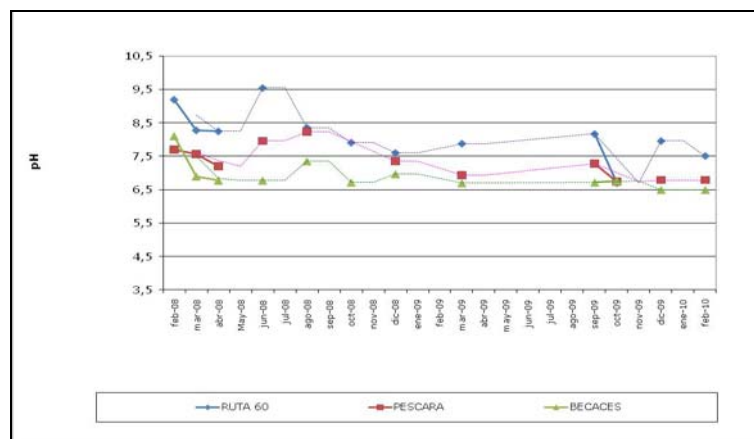


Figura 3. Variación de los valores de pH en el Canal Pescara

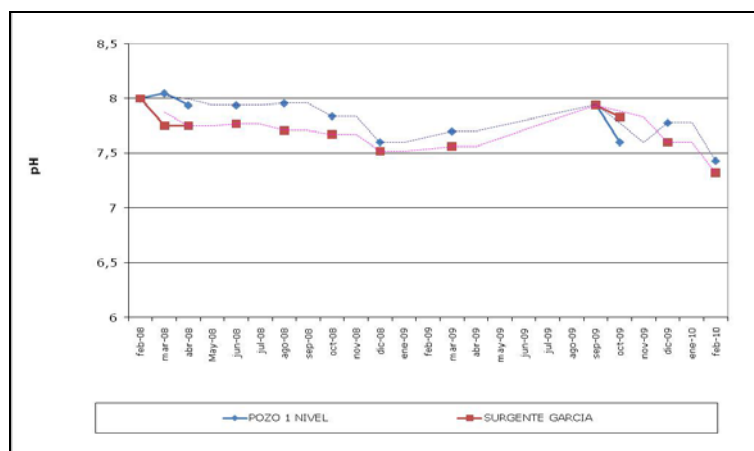


Figura 4. Variación de los valores de pH en aguas subterráneas



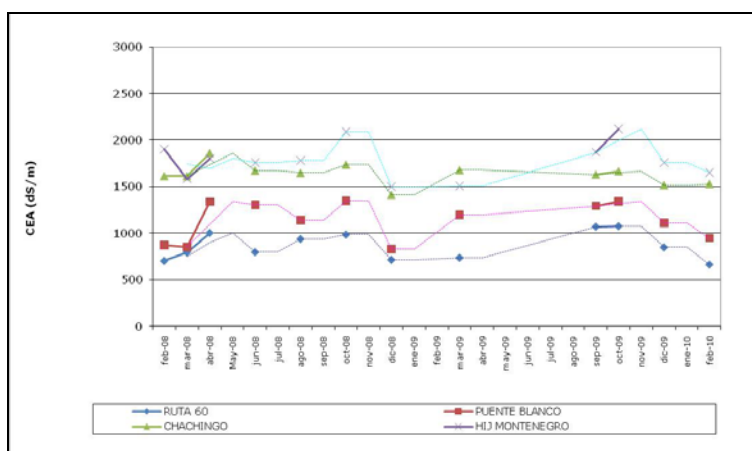
**Figura 5. Variación de los valores de pH en aguas de drenaje**

La mayoría de los valores de pH están comprendidos entre 6 y 8, tal como se muestra en las figuras 2 a 5. Dichos valores son característicos de las aguas naturales de Mendoza. Los valores de pH en el Canal Pescara se aproximan, en general, a 6,5 aunque en ningún caso se ubican por debajo de 6, según establece el Departamento General de Irrigación para el vertido de efluentes en canales de riego.

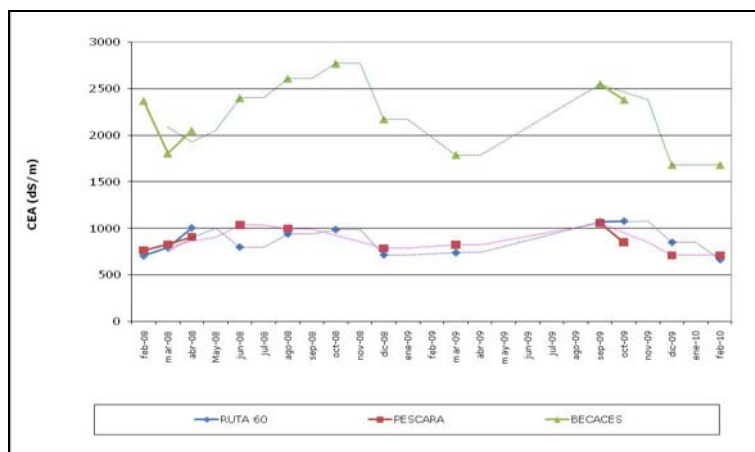
Las aguas de perforaciones, tanto surgentes como subterráneas, presentan una menor variación del pH en el tiempo, con valores entre 7 y 8.

Puede mencionarse que en el período analizado, a partir de julio de 2009, los valores registrados de pH no muestran picos extremos, como se observó en períodos anteriores, especialmente en la etapa previa a la regulación del embalse Potrerillos (Zuluaga, J. et al., 2007)

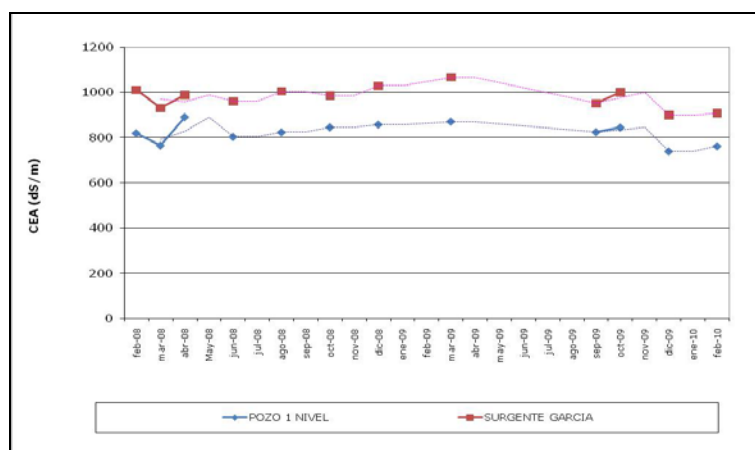
### CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ACTUAL (C.E.A.)



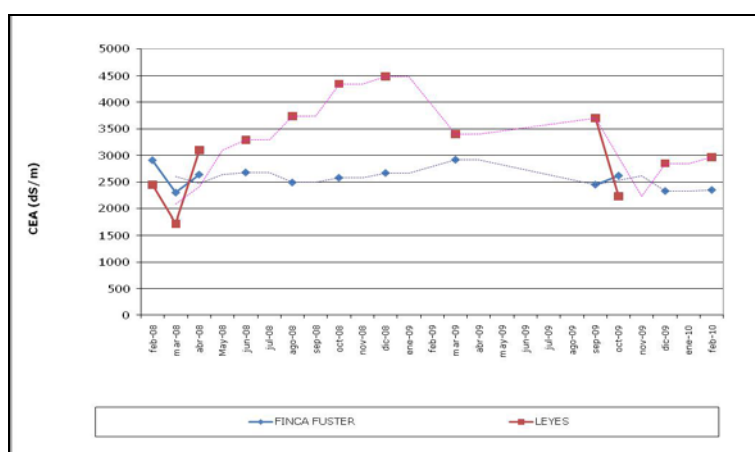
**Figura 6. Variación de los valores de CEA en el Canal Chachingo**



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



**Figura 8. Variación de los valores de CEA en aguas subterráneas**



**Figura 9. Variación de los valores de CEA en aguas de drenaje**

Los valores observados variaron entre 849 y 3700  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  por lo que es necesario un análisis detallado según el origen de las aguas. En general, en aguas de origen superficial los tenores más altos de salinidad se produjeron en el mes de setiembre de 2009, cuando los caudales

distribuidos eran menores; además, se observó en todos los muestreos un creciente aumento (alrededor del 150%) de la salinidad, a medida que se avanza en la red de riego, desde la ruta 60 hasta la hijuela Montenegro pasando por la villa de Corralitos (Canal Chachingo) Ello se debe a que el cauce recoge aguas de drenaje de las fincas cercanas. Esas aguas de drenaje alcanzaron valores que superaban los  $1800 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (Resolución 778/DGI) alcanzándose un valor máximo de 2680 en octubre de 2009, el que corresponde a un dren parcelario (finca Fuster) cuando se lixivian las sales del suelo agrícola antes de iniciar un nuevo ciclo.

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; los valores máximos alcanzaron los  $3700 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  en octubre de 2009, para luego estabilizarse en  $2700 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  sin llegar a picos de  $4500 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  como sucedió en diciembre de 2008.

Las aguas de origen subterráneo se presentaron como de buena calidad (CEA entre 800 y  $1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) no presentando grandes oscilaciones a lo largo del tiempo. Los muestreos correspondientes al acuífero confinado del primer nivel de explotación (85 a 120 m de profundidad) de la finca El Monte Negro, 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 C4 “salinidad 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 CE, 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).

Dentro de los cauces de riego superficiales, la Hijuela Montenegro y el canal Pescara fueron los que más ampliamente superaron 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.

## PELIGROSIDAD SÓDICA (RAS)

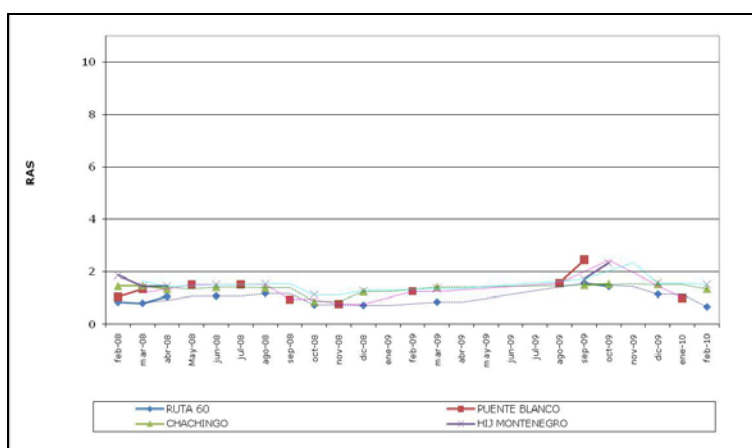
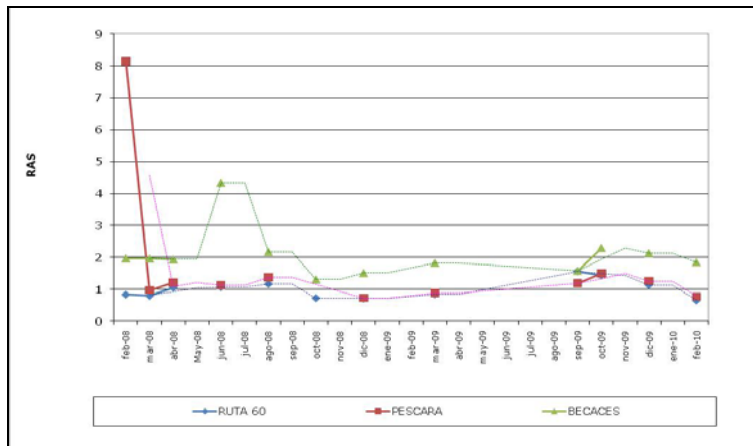
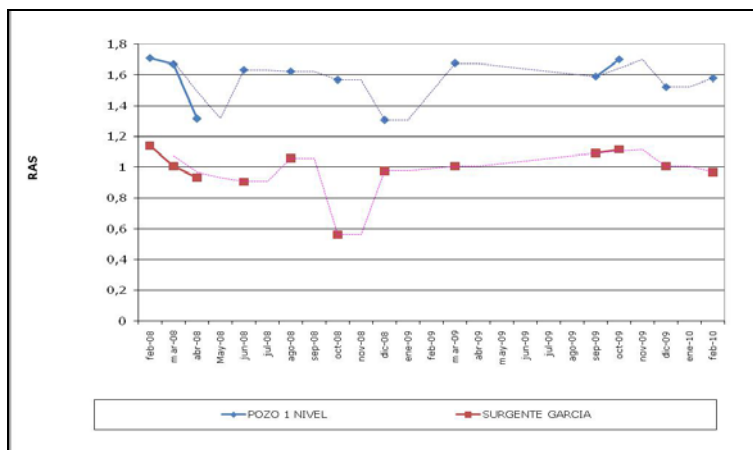


Figura 10. Variación de los valores de RAS en el Canal Chachingo

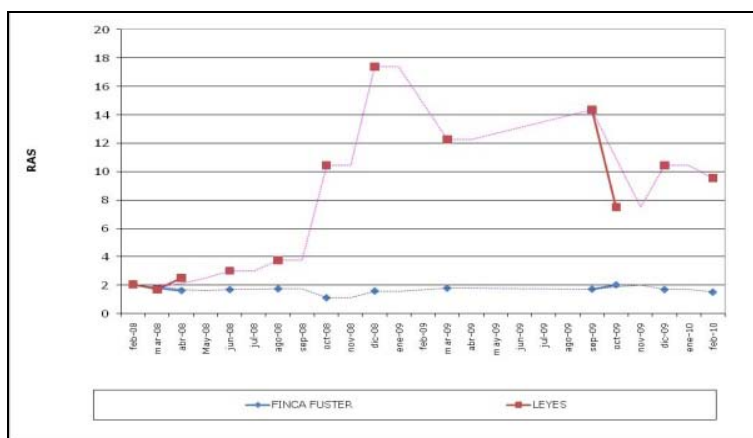




**Figura 11. Variación de los valores de RAS en el Canal Pescara**



**Figura 12. Variación de los valores de RAS en aguas subterráneas**



**Figura 13. Variación de los valores de RAS en aguas de drenaje**

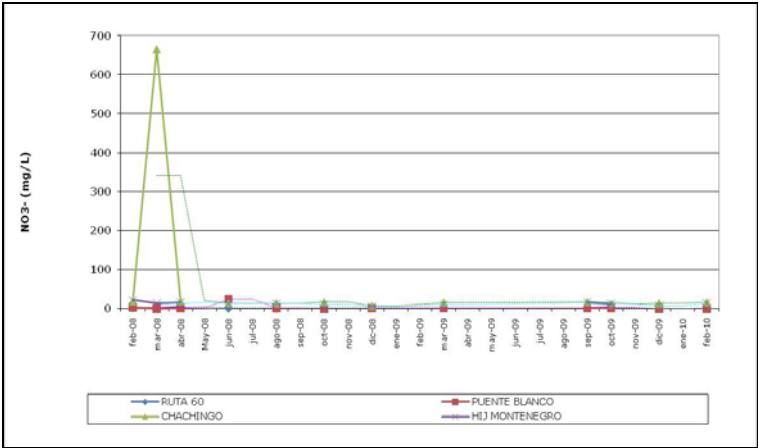
En cuanto a la peligrosidad sódica, medida a través del RAS, analizando los datos de las figuras 10 a 13, puede apreciarse que las aguas corresponden a la categoría S1 de la clasificación de Riverside modificado por Thorne y Peterson (baja peligrosidad sódica). Es de

destacar el Arroyo Leyes, que posee los tenores más elevados con referencia a los demás cauces de riego y drenaje, y lo más interesante es que en los últimos muestreos no se ha superado al valor de RAS de 10, como ocurriera en la primavera de 2008 y de 2009, cuando el agua pasaba a la categoría de mediana peligrosidad sódica, lo cual restringía aún más su reuso para la agricultura en el Departamento de Lavalle.

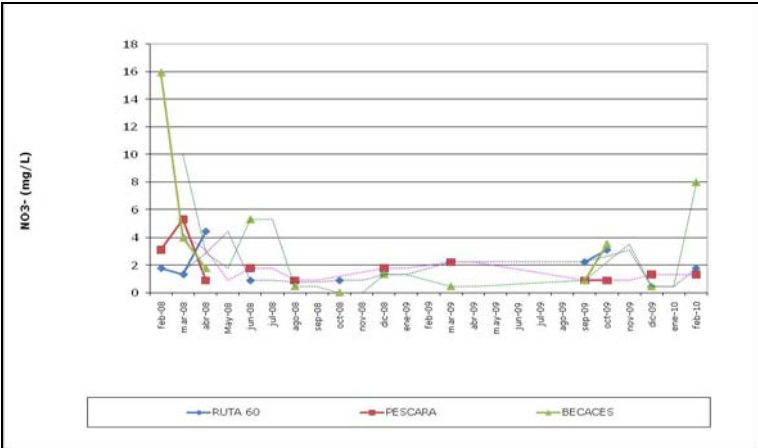
Analizando el RAS y la CEA en forma conjunta, el Arroyo Leyes quedaría categorizado como C4S1, con “alta salinidad y baja sodicidad”. De los cauces superficiales, se destacan los valores para los muestreos en Puente Blanco y Becases, donde se supera en setiembre de 2009 el valor de 2 de RAS, clasificándose a todos los cursos superficiales en la categoría C3S1 (mediana 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 de RAS.

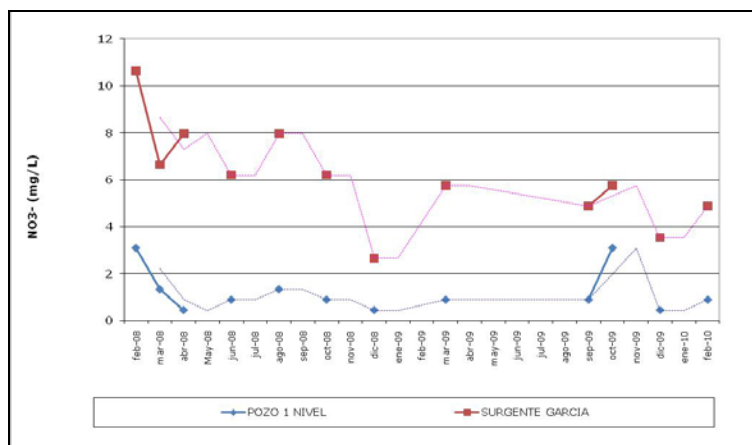
**NITRATOS**



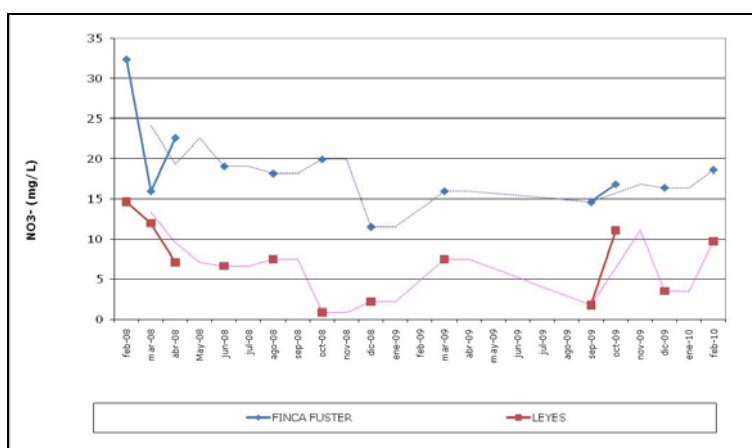
**Figura 14. Variación de los valores de nitratos en el Canal Chachingo**



**Figura 15. Variación de los valores de nitratos en el Canal Pescara**



**Figura 16. Variación de los valores de nitratos en aguas subterráneas**



**Figura 17. Variación de los valores de nitratos en aguas de drenaje**

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<sup>-1</sup> de nitratos. En ningún caso, según puede observarse en las figuras 14 a 17, los valores medidos han alcanzado dicho tenor, destacándose solamente el dren de la Finca Fuster, que alcanzó los 20 mg.l<sup>-1</sup>, ya que este cauce recibe los lixiviados de propiedades donde se realiza riego por goteo con fertirrigación. Los tenores en aguas surgentes no superan los 6 mg.l<sup>-1</sup> descendiendo a menos de 4 mg.l<sup>-1</sup> 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 (8 mg.l<sup>-1</sup>) se alcanzaron en el tramo final del Canal Pescara, debido a los aportes de los lixiviados de los agroquímicos usados en los cultivos hortícolas.

## FOSFATOS

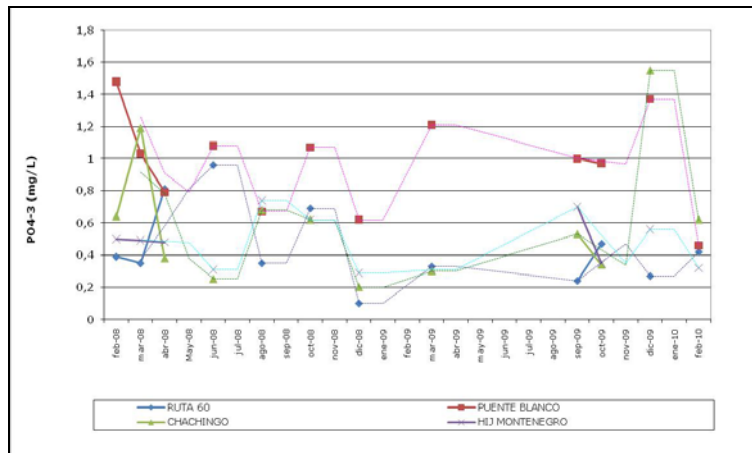


Figura 18. Variación de los valores de fosfatos en el Canal Chachingo

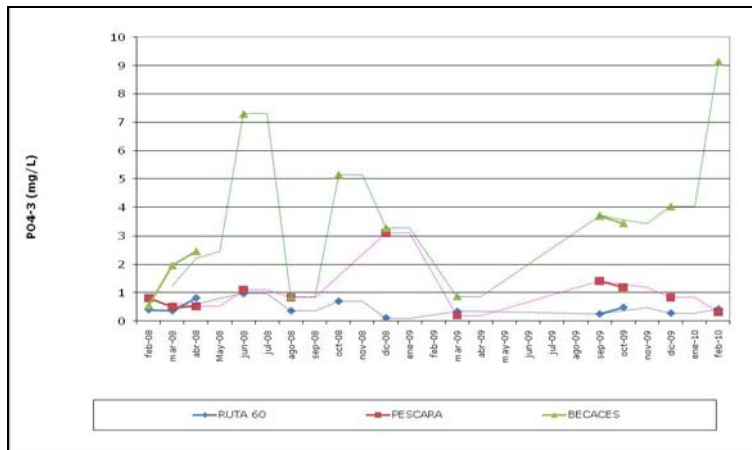


Figura 19. Variación de los valores de fosfatos en el Canal Pescara

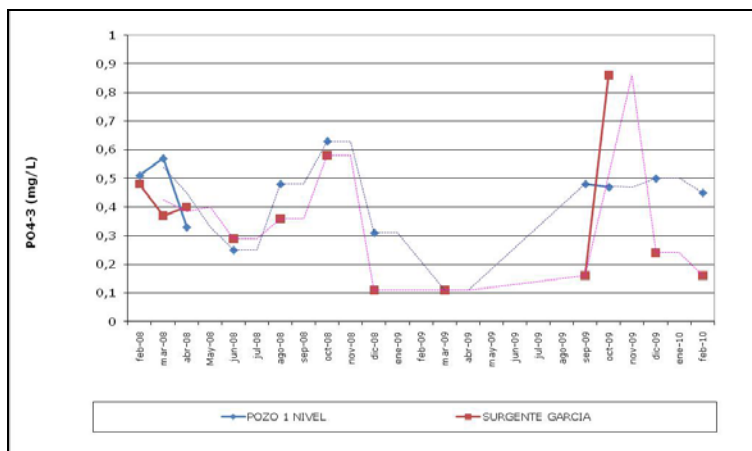
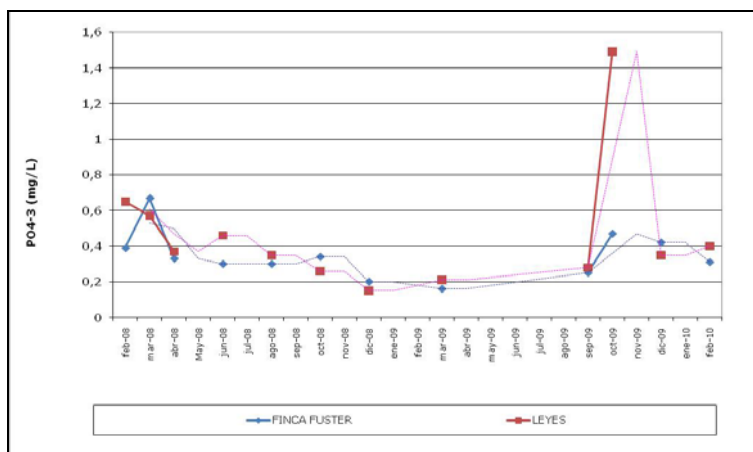


Figura 20. Variación de los valores de fosfatos en aguas subterráneas

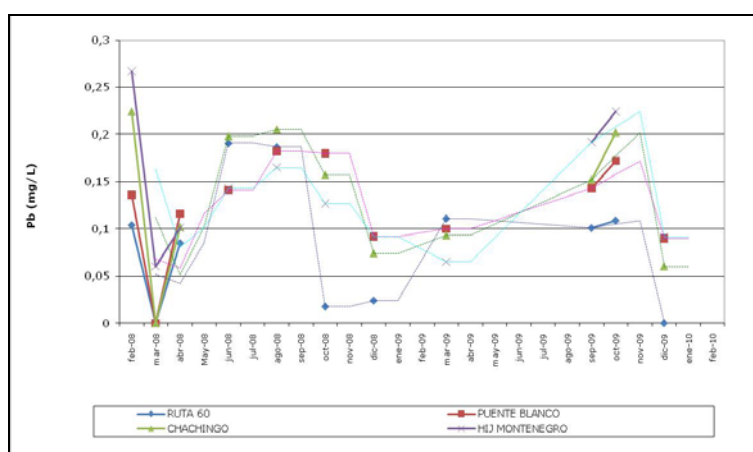


**Figura 21. Variación de los valores de fosfatos en aguas de drenaje**

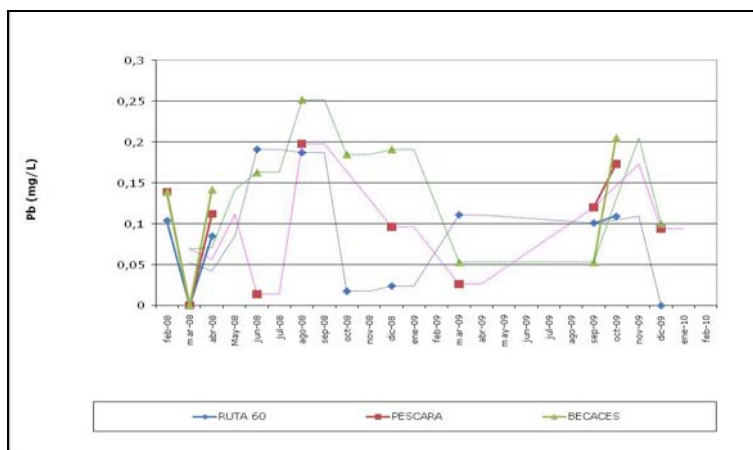
Los mayores valores de fosfatos, que superan el límite de  $0,7 \text{ mg.l}^{-1}$  dado por la Resolución 778 del DGI, según se observa en la figura 19, se dio sobre el Canal Pescara, que a la entrada de la zona de estudio supera levemente ese valor, pero alcanza al final de su recorrido los  $10 \text{ mg.l}^{-1}$ . Le sigue en carga contaminante el Canal Chachingo (ver Figura 18), 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 Arroyo Leyes los valores superaron el valor límite para fosfatos, en el mes de setiembre de 2009 (Figura 21)

## METALES PESADOS

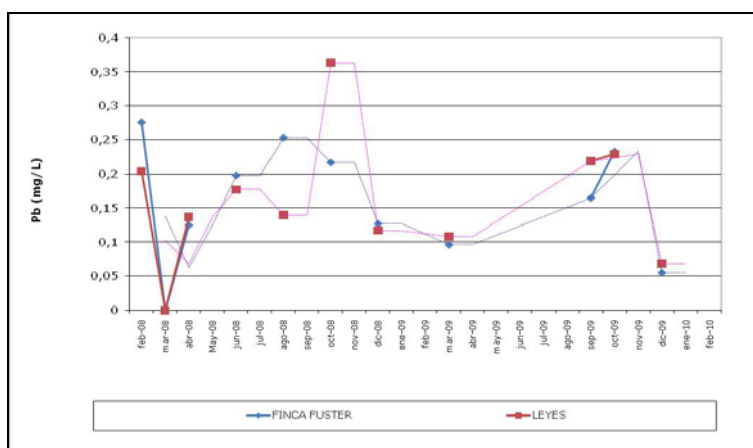
### Plomo



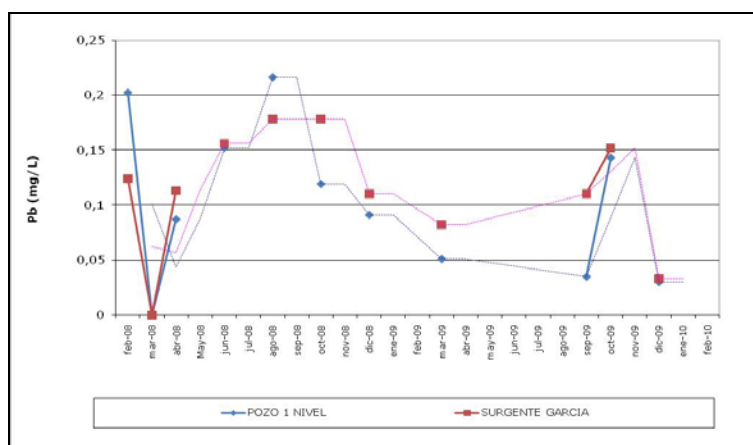
**Figura 22. Variación de los valores de plomo en el Canal Chachingo**



**Figura 23. Variación de los valores de plomo en el Canal Pescara**



**Figura 24. Variación de los valores de plomo en aguas subterráneas**



**Figura 25. Variación de los valores de plomo en aguas de drenaje**

En cuanto a Plomo (ver Figuras 22 a 25), en ninguno de los muestreos los valores registrados superaron el valor de  $5 \text{ mg.l}^{-1}$  que establece la norma de calidad de agua para riego (EPAS, 1995)

# Cobre

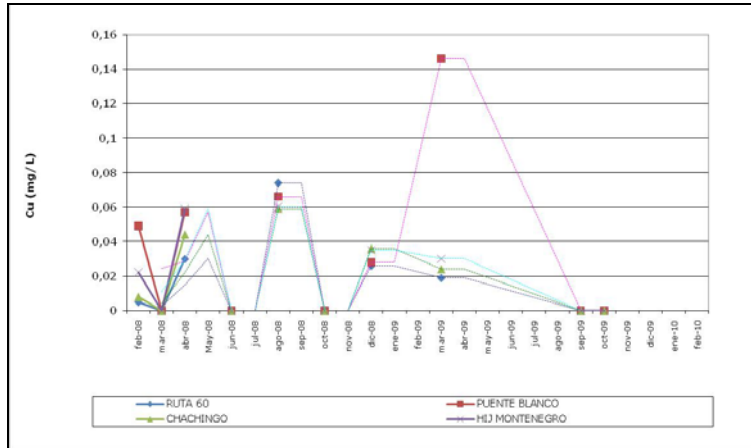


Figura 26. Variación de los valores de cobre en el Canal Chachingo

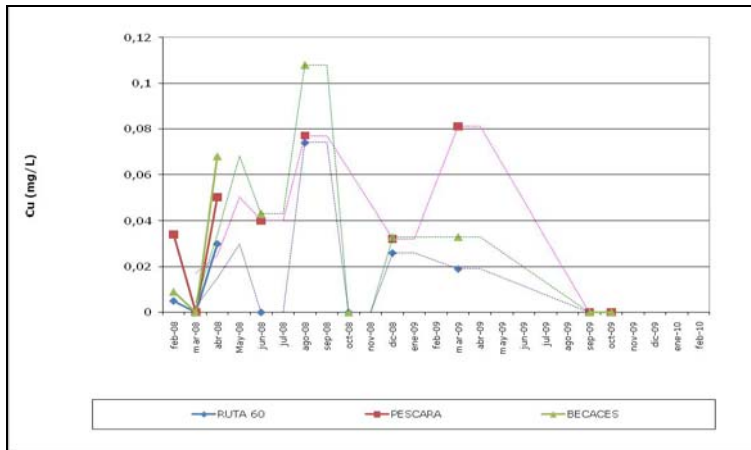


Figura 27. Variación de los valores de cobre en el Canal Pescara

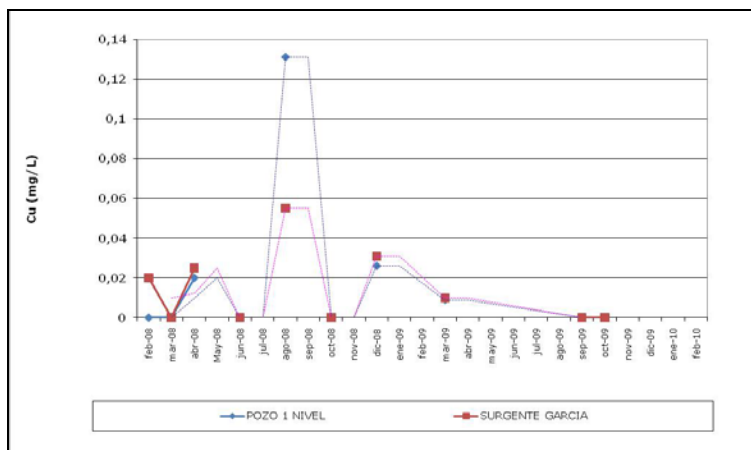
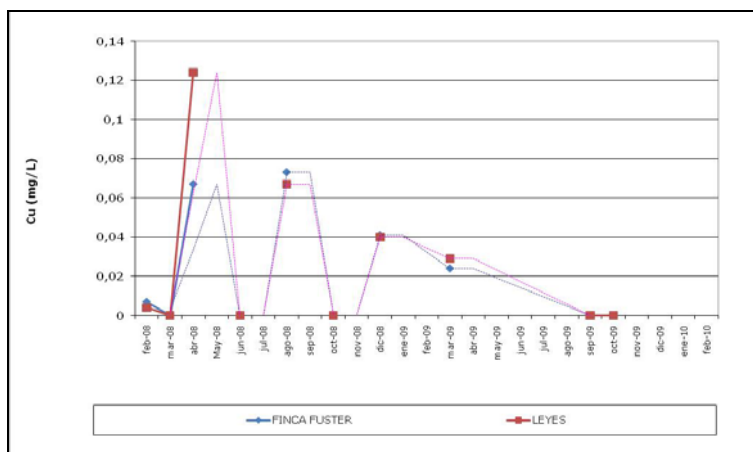


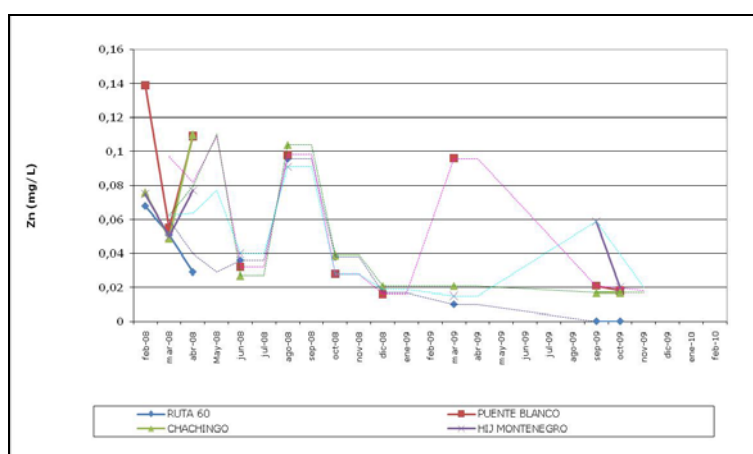
Figura 28. Variación de los valores de cobre en aguas subterráneas



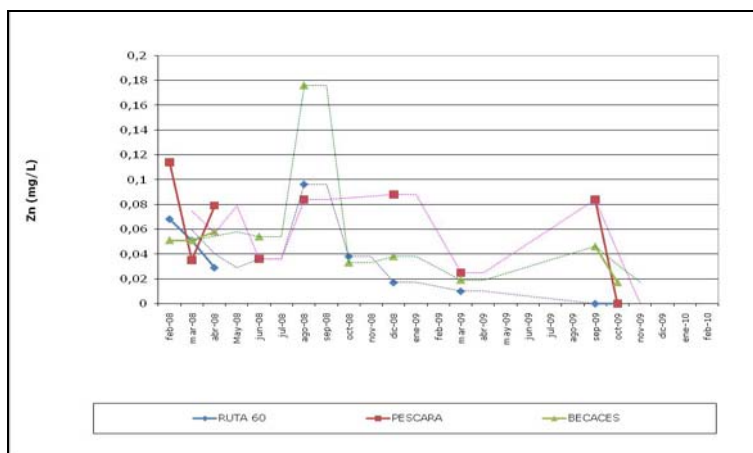
**Figura 29. Variación de los valores de cobre en aguas de drenaje**

Respecto del cobre (ver Figuras 26 a 29), en ninguno de los muestreos los valores registrados superaron el valor de  $0,2 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  que establece la norma de calidad de agua para riego (EPAS, 1995)

## Cinc

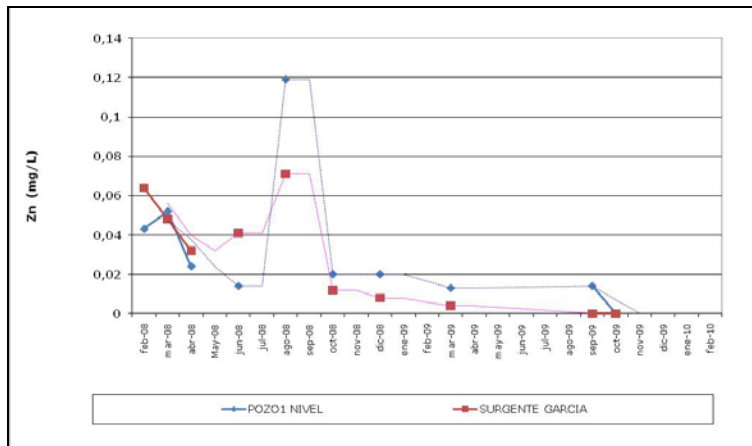


**Figura 30. Variación de los valores de cinc en el Canal Chachingo**

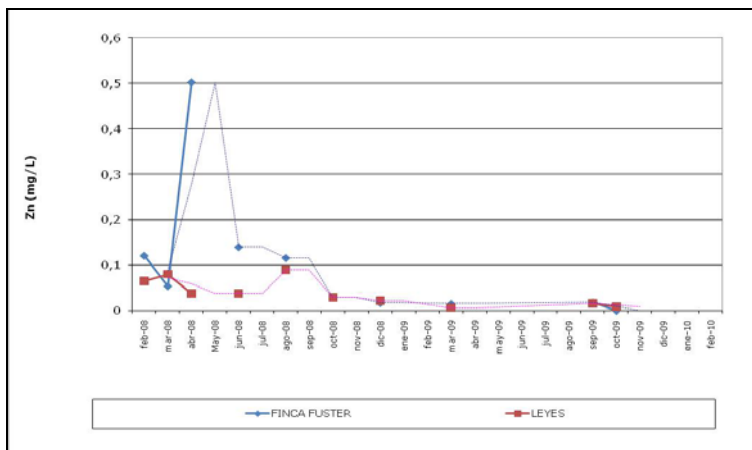


**Figura 31. Variación de los valores de cinc en el Canal Pescara**





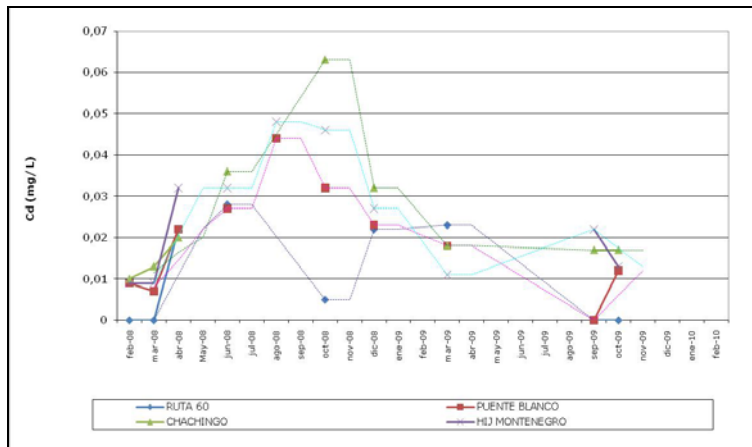
**Figura 32. Variación de los valores de cinc en aguas subterráneas**



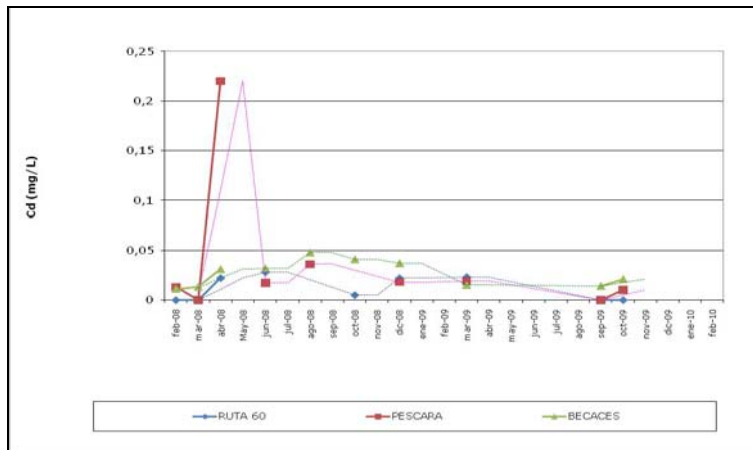
**Figura 33. Variación de los valores de cinc en aguas de drenaje**

En cuanto al cinc (ver Figuras 30 a 33), en ninguno de los muestreos los valores registrados superaron el valor de  $2 \text{ mg.l}^{-1}$  que establece la norma de calidad de agua para riego (EPAS, 1995)

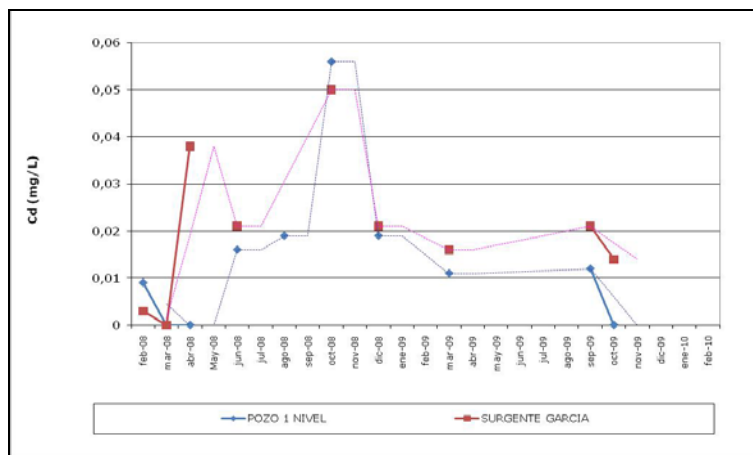
### Cadmio



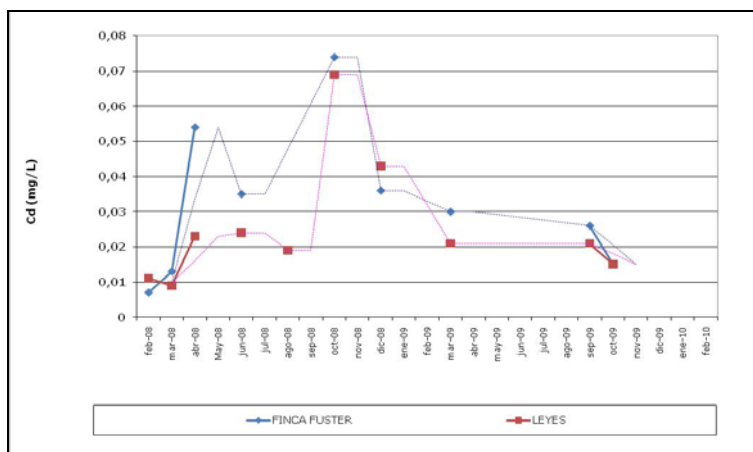
**Figura 34. Variación de los valores de cadmio en el Canal Chachingo**



**Figura 35. Variación de los valores de cadmio en el Canal Pescara**



**Figura 36. Variación de los valores de cadmio en aguas subterráneas**



**Figura 37. Variación de los valores de cadmio en aguas de drenaje**

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 (ver Figuras 34 a 37) Los mayores valores de Cadmio

se alcanzaron en las aguas de drenaje, especialmente en el Arroyo Leyes. Entre los canales de riego, el Canal Pescara fue el que mayor carga contaminante mostró, pero a partir del año 2009 se ha notado un considerable descenso en la concentración de este metal, tanto en aguas superficiales, como subterráneas y de drenaje.

## 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.

Dentro de las aguas superficiales se destaca el canal Pescara por su alta contaminación, sobre todo al final de su recorrido (Finca Becases) ya que posee un pH significativamente inferior al resto de los canales, lo que corrobora la presencia de efluentes industriales. No obstante ello, nunca se registró un valor inferior al mínimo tolerable. El valor de referencia es el límite inferior sugerido por FAO para “aguas de riego”, lo que a su vez coincide con el límite de pH 6 que establece la resolución 461/98 del Departamento General de Irrigación para el vertido de efluentes en dicho canal.

Además, se nota en este canal un pico importante en la cantidad de fosfatos debido al vuelco de efluentes industriales conteniendo principalmente sustancias de tipo detergentes. Los valores de nitratos son bajos debido a que este canal recibe poca contaminación de origen agrícola. Entre los metales pesados, solamente se sobrepasan los valores tolerables de Cadmio.

En segundo lugar por su carga contaminante se encuentra el Canal Montenegro, que excede sólo los límites de Cadmio y de salinidad, superando durante la mayor parte del año el máximo tolerable, de  $1800 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , establecido por la Resolución 778/96 del Departamento General de Irrigación para el vertido de efluentes.

En general, los restantes canales de riego presentan los tenores más altos de salinidad en los meses primaverales; además, se nota en todos los muestreos un creciente aumento de la salinidad a medida que se avanza en la red de riego, desde la Ruta 60 hasta la hijuela Montenegro, pasando por la villa de Corralitos (canal Chachingo) debido a que el cauce de riego recoge aguas de drenaje de las fincas cercanas. Según la clasificación de Riverside modificada por Thorne y Peterson, pueden clasificarse como C3 S1 (salinidad media y baja sodicidad), cuyo uso debería restringirse a suelos de moderada a buena permeabilidad y con cultivos de mediana tolerancia.

En cuanto a las aguas de drenaje agrícola, los datos obtenidos las ubicarían en la categoría C4 S1 (alta salinidad y baja sodicidad) permitiendo su reuso agrícola con limitaciones. Un párrafo aparte merece el estudio del Arroyo Leyes, el que si bien actúa como colector zonal del área, sus aguas constituyen la principal fuente para riego en muchas fincas del Departamento de Lavalle. El valor más alto de salinidad se produjo en setiembre de 2009, cuando llegó a  $3700 \text{uS}\cdot\text{cm}^{-1}$  para luego estabilizarse en valores cercanos a  $3000 \text{uS}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

Analizando el RAS y la CEA en forma conjunta, la clasificación para este Arroyo correspondería a C4S1, de “salinidad alta y baja peligrosidad sódica”. En contraparte, este cauce no excede los contenidos de Nitratos, pero sí los de Fosfatos, y en cuanto a metales pesados se superan los valores límite en Cadmio.

Es de destacar que con el funcionamiento de la planta de tratamiento de efluentes industriales que vuelcan al canal Pescara ha contribuido a disminuir la contaminación de este cauce, pero aún presenta períodos de alta contaminación con fosfatos, a fines de primavera. Por ello, se debería continuar con muestreos periódicos en este canal.

En general, haciendo un análisis histórico de los datos de contaminación con el nuevo escenario de operación del embalse de Potrerillos, se ha observado una notable disminución de la carga contaminante en los meses de primavera, sobre todo en lo referido a salinidad, sodicidad y pH, tanto en canales de riego como en aguas de drenaje con reuso agrícola.

Como recomendación de manejo del agua de riego, tanto las asociaciones de usuarios de esta 3° zona, como las del Departamento. de Lavalle, deberán 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 o mezclando éstas con las de origen superficial a fin de diluirlas.

Dentro de los metales pesados monitoreados, un aspecto positivo es que todos ellos han disminuido considerablemente su concentración. Sin embargo en el caso del Cadmio, debido a que se siguen superando los valores límite previstos, de 0,01 mg.l<sup>-1</sup> en aguas superficiales, drenes y aguas subterráneas, se recomienda que se continúe monitoreando su contenido.

## BIBLIOGRAFÍA

- APHA - AWWA - WPCF.** (1992). “*Métodos Normalizados para el Análisis de aguas potables y residuales*”; Ediciones Díaz de Santos, S.A.; 17 Ed.
- Chambouleyron, J. et al.** (2002) “*Conflictos ambientales en tierras regadías. Evaluación de Impactos en la cuenca del río Tunuyán, Mendoza, Argentina*”. Editorial Eon. Mendoza, Argentina.
- Departamento General de Irrigación (DGI)** (1996). “*Descripción preliminar de la cuenca del río 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. Iramatsu** (1997). “*Identificación económica y distribución geográfica de los oasis irrigados de Mendoza*”. Tucumán, setiembre de 1997.

- Zuluaga, J. et al.** (2001) “*Impacto de los contaminantes del agua de riego en la calidad intrínseca de las hortalizas cultivadas en el cinturón verde de Mendoza*”. Simposio Internacional “Riego y Relaciones Hídricas en viñedos y frutales”
- Zuluaga, J. et al.** (2002) “*Monitoreo de la calidad del agua de riego superficial y subterránea en el Cinturón Verde de Mendoza*”. Congreso Nacional del Agua 2002. Córdoba, Argentina.
- 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.