

MONITOREO DE LOS CONTAMINANTES DEL AGUA EN LA 3ª ZONA DE RIEGO DEL RÍO MENDOZA CON EL NUEVO ESCENARIO DE OPERACIÓN DEL EMBALSE POTRERILLOS

Zuluaga, J. ⁽¹⁻²⁾; Filippini, M. ⁽²⁾; Drovandi, A. ⁽¹⁻²⁾; Bermejillo, A. ⁽²⁾; Morsucci, A. ⁽¹⁾; Valdés, A. ⁽²⁾; Vega, G. ⁽²⁾; Nuñez, M. ⁽¹⁾

INA-CRA ⁽¹⁾; Fac. de Ciencias Agrarias, U.N. de Cuyo ⁽²⁾
Belgrano 210 Oeste, Mendoza - Tel. (0261)4286998 - jzuluaga@ciudad.com.ar

RESUMEN

La puesta en funcionamiento del Embalse Potrerillos, ha producido un sustancial cambio en el manejo del riego en el oasis Norte de Mendoza. Se han modificado tanto las entregas de agua, paliando los habituales déficits primaverales, como la recarga del acuífero. Además, al desaparecer los sólidos en suspensión, ha aumentado la infiltración en los canales, modificándose el drenaje de las tierras y aumentando el riesgo de contaminación salina en los suelos.

El objetivo del presente trabajo es evaluar la calidad del agua de riego en un área piloto de la 3ª Zona de Riego del Río Mendoza. Se han monitoreado mensualmente, a partir de marzo de 2003 y hasta julio de 2004: salinidad, pH, nitratos, fosfatos y metales pesados (Cobre, Cadmio, Plomo y Zinc) en aguas de riego de origen superficial y subterráneo, y de drenaje.

Los resultados de las determinaciones muestran que el pH varió entre 5,86 y 9,31 con los valores más bajos en el Canal Pescara, debido al vuelco de contaminantes industriales. En cuanto a salinidad, 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, variando desde “salinidad muy alta” a “excesivamente salina” (categorías C5 y C6). La gran mayoría de las aguas superficiales pueden clasificarse como C3, 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).

Los valores de nitratos en aguas subterráneas oscilaron entre 1,08 y 17,98 mg.l⁻¹; en aguas superficiales alcanzaron un máximo de 32,7 mg.l⁻¹, mientras que en drenes se llegó a 78,42 mg.l⁻¹ superando el máximo tolerable de 45 mg.l⁻¹. El contenido de Fosfatos varió desde 0 a 2,127 mg.l⁻¹ el valor máximo corresponde al canal Pescara y supera los límites tolerables.

Dentro de los metales pesados, los tenores de Plomo y Cinc no superaron los límites tolerables, pero en el último año se notan incrementos en sus valores, tanto en aguas superficiales como subterráneas. El Cobre ha aumentado su concentración en todos los muestreos de agua, pero generalmente sin superar los máximos tolerables, salvo recientemente en dos oportunidades en el canal Pescara, y una vez en el Puente Blanco. Por último, el Cadmio ha sido el metal que en el escenario actual ha aumentado su concentración, superando los máximos permitidos en canales superficiales, drenes y aguas subterráneas.

Palabras clave: contaminantes, aguas de riego y drenaje, 3ra zona del Río Mendoza

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, se ha observado en el sector agropecuario, un aumento de la productividad, apoyada por la mecanización, la biotecnología y el uso de fertilizantes y plaguicidas. Todo esto acompañado de una reducción de la superficie cultivada debido al avance de los centros urbanos (Pizzi et al., 1997). Además, existe la necesidad de ofrecer en el mercado productos de elevada calidad, en función de los requerimientos del consumidor, a bajo costo y en cantidad suficiente.

Este uso intensivo de los suelos, la tendencia al monocultivo, los grandes aportes de nutrimentos y 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 y del aire 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 bajo riego (Chambuleyron et al., 1996). El oasis norte del Río Mendoza es el más desarrollado de la provincia; en él se han sistematizado para el riego unas 116.000 has de las cuales actualmente se riegan 75.000: un 35% lo hace con agua superficial, un 30% con agua subterránea y el 35% restante utiliza ambos recursos. Este río posee un caudal medio anual de 50 m³/s, y cuenta con el valioso aporte del acuífero subterráneo que en el sector occidental se subdivide en libre (de mayor rendimiento y gran profundidad) y en confinado (menos productivo pero más cercano a la superficie). En la transición de ambos acuíferos existe un área de surgencia de unos 250 km², con más de 1.600 perforaciones cuya profundidad varía entre 70 y 250 m, extrayéndose un volumen promedio de 380 hm³/año. Bajo la superficie se almacenan unos 15.000 hm³; esta reserva hídrica es un recurso complementario en años hidrológicos pobres por lo que su uso se debe planificar y preservar de la contaminación, salinización y sobreexplotación.

La zona de estudio del presente trabajo se localiza en la 3^a Zona de Riego del Río Mendoza, donde se ubica gran parte del Cinturón Verde del área metropolitana, caracterizado por la producción intensiva de hortalizas. El estudio se ha centrado en los principales contaminantes que afectan la calidad del agua (salinidad, Nitrógeno, Fósforo, metales pesados, etc.)

Si bien las fuentes de contaminación por nitratos en suelos y aguas (tanto superficiales como subterráneas) pueden ser muy diversas, se asocian principalmente a actividades agrícolas y ganaderas. Además, en determinadas áreas, también pueden aparecer asociadas a ciertas actividades industriales, especialmente las relacionadas con el sector agrícola. No obstante, también existe una contaminación por nitratos de tipo puntual; en este caso la fuente de contaminación es más fácil de identificar ya que se suelen localizar en zonas de extensión restringida y frecuentemente se asocian con vertidos urbanos o industriales.

El uso indiscriminado de fertilizantes solubles vía fertirrigación durante varios años, tal y como suele tener lugar en las producciones intensivas, origina concentraciones muy altas de nitratos en el suelo, y consecuentemente eleva de forma notable el riesgo de lixiviación de estos.

Son numerosos los compuestos de Nitrógeno que se pueden formar en las distintas fases que componen su ciclo. Aunque algunos de ellos tienen una procedencia natural, la formación de muchos de estos compuestos se ve fuertemente incentivada de forma artificial debido a la acción del hombre, constituyendo importantes fuentes de contaminación; tal es el caso de los nitratos.

Son varias las formas en que los fosfatos llegan al agua. Los fosfatos se encuentran presentes cuando se arrojan desechos humanos y animales a los cuerpos acuáticos, ya sea por medio de aguas negras que no han sido tratadas o por medio de tuberías rotas o de los escurrimientos. Algunos residuos industriales también contienen fosfatos, los cuales caen en el agua. La erosión de la tierra como resultado de la tala de árboles o el corte del césped, es otra causa de fosfato en el

agua. Cuando llueve, gran parte del fosfato que contienen los fertilizantes usados en áreas urbanas y en la agricultura terminan en los cauces.

El inconveniente se magnifica cuando se ha desechado un detergente fosfatado; los fosfatos son arrastrados por el drenaje y la mayoría de las plantas de tratamiento de aguas negras no están diseñadas para eliminar fosfatos y por lo tanto, éstos pasan al medio ambiente acuático a través del efluente de las aguas negras. Se calcula que alrededor del 50% de los fosfatos de las aguas negras provienen de los detergentes, el porcentaje restante se deriva de compuestos de desechos humanos y animales y fertilizantes. El problema de los fosfatos es que actúa como elemento nutritivo para algas y plantas acuáticas, lo que a su vez provoca la degradación de las aguas naturales.

Entre los principales problemas causados por los fosfatos se menciona (i) la producción de espuma; (ii) toxicidad en la agricultura, se inhibe el crecimiento de ciertas plantas; (iii) favorece el proceso de eutrofización, proceso de envejecimiento de los cuerpos de agua.

La denominación de metales pesados se emplea para aquellos elementos cuya densidad es superior a 5 g.cm^{-3} ; los de densidad inferior se denominan ligeros y a su vez ambos, según en la cantidad que se encuentren (menor de 1000ppm) se conocen como elementos trazas.

La presencia de metales pesados en el agua está íntimamente ligada a sus contenidos edáficos; pueden quedar retenidos en el suelo, ya sea disueltos en la solución o bien fijados por procesos de adsorción, complejación y precipitación, pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas, pueden pasar a la atmósfera por volatilización y también movilizarse a las aguas superficiales o subterráneas. Su mayor o menor disponibilidad dependerá de factores como materia orgánica, pH, textura, etc.

A pesar de la amplia variedad de fuentes, la mayoría de los contaminantes metálicos terminan por incorporarse a las aguas superficiales y subterráneas. Los vertidos provenientes de diversas operaciones industriales conteniendo metales, rápidamente alcanzan las aguas naturales. Además de esas descargas directas se liberan al aire cantidades significativas de muchos metales, que de manera eventual se establecen en la superficie o son arrastrados hacia allí junto con las aguas de lluvia. Los metales que contienen residuos sólidos son lixiviados de la zona de eliminación por el agua que se infiltra. Las soluciones de los compuestos metálicos se mezclan, a veces, con las aguas superficiales o subterráneas. La escorrentía agrícola, los residuos mineros y el alcantarillado doméstico contribuyen también a las concentraciones de metales que pueden encontrarse en las aguas naturales.

La persistencia en el ambiente de los metales presenta dificultades especiales. A diferencia de los contaminantes orgánicos, los metales no pueden degradarse ni biológica ni químicamente en la naturaleza. La estabilidad de los mismos permite que sean transportados a distancias considerables, tanto por aire como por agua. Uno de los resultados más graves de su persistencia es la amplificación biológica de los metales en las cadenas tróficas. Como consecuencia de este proceso, los niveles de metales en los miembros superiores de la cadena pueden alcanzar valores muchas veces mayores a los que se encuentran en el aire o el agua.

En las aguas, los metales pesados se presentan en diferentes formas físico-químicas: en solución al estado iónico o como constituyentes de compuestos inorgánicos simples o de compuestos orgánicos de bajo peso molecular; adsorbidos por partículas coloidales orgánicas o minerales, precipitados como metales o como constituyentes de minerales, o inmovilizados en organismos animales o vegetales vivos o muertos. Entre las diversas formas existen equilibrios dinámicos en los cuales el pH del agua cumple un papel de gran importancia. Una vez en el suelo, de dicho parámetro depende su contaminación de productos destinados al consumo puede a veces no manifestarse en forma perceptible, lo cual induce al uso de aguas contaminadas con grave riesgo a la salud humana. Los elementos metálicos de mayor peligro potencial parecerían ser el Cd y el Cu y en menor medida el Zn y el Pb.

De lo expuesto anteriormente, en el presente estudio se establecieron los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar la calidad del agua de riego superficial y subterránea a lo largo del ciclo agrícola, en la 3ª Zona de Riego del Río Mendoza con el nuevo escenario de funcionamiento del Embalse Potrerillos.

Objetivos específicos:

Monitorear periódicamente en la 3ª Zona de Riego los contenidos de: salinidad, pH, nitratos, fosfatos y metales pesados (Cd, Pb, Cu, Zn) en aguas de riego (superficiales y subterráneas) y de drenaje.

Comparar los parámetros de calidad de aguas entre el escenario actual y el anterior, sin la operación del embalse Potrerillos, para dar recomendaciones de manejo sustentable del área.

Hipótesis de trabajo

La puesta en funcionamiento de la Presa de Embalse Potrerillos, a partir del año 2002, ha producido un sustancial cambio en el manejo del riego en el oasis Norte de Mendoza. Por un lado se han modificado las entregas de agua, fundamentalmente en los meses de primavera, paliando los habituales déficit de este período, con lo que se ha modificado la recarga del acuífero subterráneo, el que constituye una de las principales fuentes de abastecimiento de agua de la zona de estudio.

Además, se habría modificado la calidad del recurso, al desaparecer la casi totalidad de los sólidos en suspensión. Con ello aumentaría 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 MÉTODO

La zona de estudio corresponde a la Tercera Zona de Riego del río Mendoza, ya que este Organismo concentra la totalidad de las Inspecciones de Cauce que tienen derecho de riego de “arroyos y vertientes”. Esto determina un gran caudal de aportes subterráneos durante los meses de mayo a octubre, uso de aguas de perforación en los meses de septiembre a noviembre y “refuerzos de verano” del río Mendoza en los meses de diciembre a marzo. El aporte de aguas de vertientes se realiza a través del canal Vertientes-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. Esta zona cuenta, además, con el importante aporte de agua de perforaciones surgentes, al estar asentada en un acuífero confinado y bastante superficial. Su origen proviene principalmente de un flujo ascendente y de las pérdidas de agua producidas a nivel de finca y de la red de riego, por lo que su análisis permite diagnosticar el grado de contaminación de este primer nivel de explotación del acuífero.

Las localidades de Los Corralitos, La Primavera, Kilómetro 8, Mundo Nuevo y Las Violetas, conforman el Cinturón Verde, donde se produce la mayoría de las hortalizas que se consumen en Mendoza y otras provincias. Las parcelas poseen de 3 a 5 has y en ellas se hace un uso intensivo del suelo rotando 2 o 3 cultivos por año, con gran requerimiento de abonos orgánicos y químicos y de mano de obra. Este modelo agrícola es posible porque existe agua disponible durante todo el año, de buena calidad, con bajo costo de energía para su extracción.

Otra característica importante de la zona es que los excesos de agua utilizados en el riego de las fincas drenan naturalmente al arroyo Leyes el cual en sus últimos tramos es utilizado en fincas de Lavalle. Por ello el análisis de estas aguas ha permitido conocer la carga contaminante con que sale de esta área hortícola y los posibles riesgos para la salud de la población rural, que la consume aguas abajo.

Para identificar el área de estudio se recurrió a la información cartográfica disponible del IGM escala 1:50.000, fotografías aéreas, información suministrada por tomeros e inspectores y los datos satelitales del Landsat Tm. Con todo ello se delimitó la superficie actual del Cinturón, mediante combinación de bandas para generar el falso color compuesto y algunos índices de vegetación.

Posteriormente se decidió focalizar el muestreo en el área de influencia de la hijuela Montenegro, la cual riega unas 500 has y posee la particularidad de utilizar aguas de vertientes, de perforaciones subterráneas y del río Mendoza. Además los excedentes de riego y drenaje vuelcan al Arroyo Leyes, el que actúa como desagüe natural del Cinturón y a su vez estas aguas se reutilizan en la zona baja para el riego de fincas en departamento de Lavalle.

En base a las fotografías aéreas e imágenes satelitales se actualizó el uso del suelo para identificar los cultivos hortícolas y diseñar el muestreo estadístico de propiedades en las que se analizaron las características del suelo y del agua superficial y subterráneas.

Como sitios fijos de muestreo se seleccionaron los siguientes lugares (ver Figura 1):

- Arroyo Leyes, a la altura de la Escuela de Las Violetas como punto de salida de la zona.
- Canal Vertientes Corralitos o Chachingo, en cuatro puntos: en la intersección de la ruta 60, en la intersección con el carril Nacional, en el tramo medio frente a la villa de Corralitos y al final donde nace la hijuela Montenegro, con lo que se tiene una visión de la calidad del agua a lo largo de todo el recorrido.
- El canal Pescara en su intersección con el carril Nacional y al final de su recorrido, frente a la finca Becases. Este cauce es de suma importancia por la carga contaminante que traslada desde la zona industrial al área del Cinturón Verde.

Para la caracterización del agua subterránea se ha elegido el pozo para riego de la finca “El Monte Negro”, que está cercano a una perforación de uso comunitario del D.G.I., que extrae agua del mismo acuífero, a 160 m. de profundidad y también posee otra perforación que se abastece del primer nivel, ubicado a una profundidad de unos 40 m. Además, en esta propiedad, existe una red de drenaje subterráneo donde se puede medir la calidad del agua que sale de los drenes parcelarios antes de ingresar al arroyo Leyes. A todos los puntos de muestreo se les determinó su ubicación geográfica mediante un posicionador satelital; lo que facilitó su ubicación en la cartografía digital generada y en las imágenes del satélite Landsat.

Además de estos puntos fijos, en cada una de las salidas a campo (13/03/03, 25/04/03; 04/06/03; 11/07/03; 01/09/03; 02/10/03; 05/11/03, 30/12/03; 20/02/04; 22/03/04; 26/04/04; 31/05/04; 28/06/04; 30/07/04) se han extraído muestras del agua utilizada en cultivos de lechuga, ya sea de origen superficial como subterráneo. También se han recolectado plantas en estado de madurez comercial para su análisis en laboratorio, a fin de determinar el contenido de nitratos en hojas, los cuales se analizarán en una etapa posterior de este proyecto. En cada finca se confeccionó una encuesta relevando las prácticas culturales referidas al manejo del cultivo.

En el laboratorio se han realizado análisis de agua de los puntos citados anteriormente, determinando la salinidad total mediante la conductividad eléctrica (CEA), la sodicidad a través del RAS, análisis iónico completo, pH y residuo salino. También se han determinado nitratos, fosfatos y como metales pesados se han investigado Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Cobre (Cu) y Zinc (Zn).

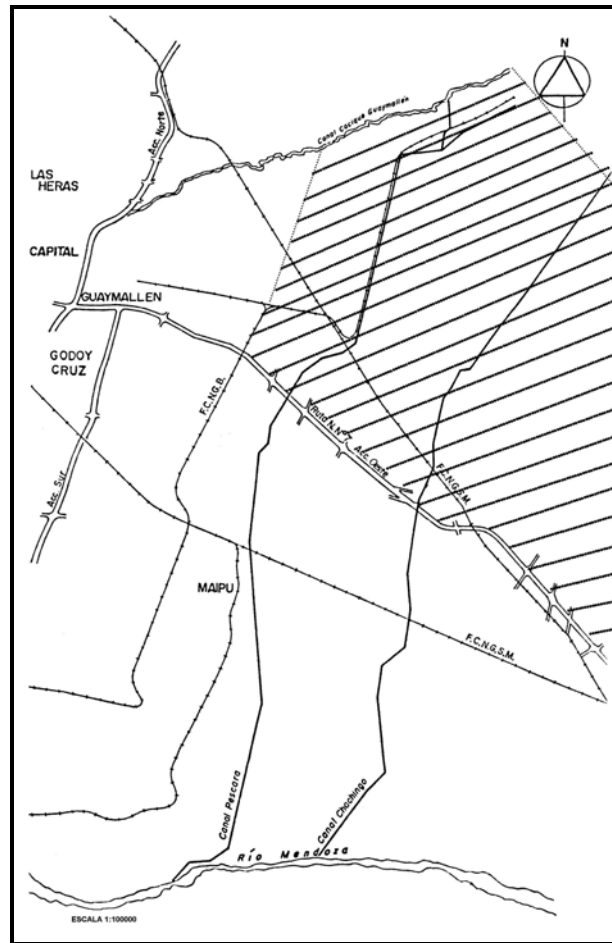


Fig. 1 - Ubicación del área de estudio en el Cinturón Verde de Mendoza

RESULTADOS

pH

La mayoría de los valores de pH están comprendidos entre 7 y 8,8 como muestra la Tabla 1. Dichos valores son característicos de las aguas naturales de Mendoza. No obstante ello entre los meses de abril y octubre del 2000 se observan valores muy bajos de pH que indican presencia de vertidos contaminantes en la red de canales y colectores lo que sumado al escaso caudal propio de la época hacen que estas aguas sean poco aptas para riego. Entre las aguas de origen superficial, el menor valor de pH (5,86) se registró en mayo del 2004 en el canal Pesca, ubicándose en el límite inferior de los valores sugeridos por FAO para “aguas de riego” y por debajo al límite de 6 que establece la resolución 461/98 del Departamento General de Irrigación para el vertido de efluentes en canales de riego. Entre las aguas de drenaje usadas para riego se destaca que los valores del dren de la finca Fuster que son siempre ligeramente inferiores a los valores del arroyo Leyes. Las aguas de perforaciones, tanto surgentes como subterráneas, presentan una menor variación del pH en el tiempo y dentro de valores normales entre 7 y 8.

Tabla 1. Variación temporal de valores de pH

PH	Mar. 03	Abr. 03	Jun. 03	Jul. 03	Set. 03	Oct. 03	Nov. 03	Dic. 03
Canal Pescara	6,77	6,42	7,36	6,12	7,17	6,39	6,60	6,91
Finca Becases	7,05	6,76	7,55					
Hijuela Montenegro	7,91	7,64	8,20	7,46	7,98	8,01	8,26	7,67
Canal Chachingo	7,81	7,74	8,04	6,97	7,91	7,89	8,07	7,76
C. Chachingo y Ruta 60		6,66	8,87		8,95	9,31	8,17	8,15
Puente Blanco	7,14	6,37	7,49	7,17	7,38	7,31	7,50	7,50
Surgente García	7,76	7,62	8,04	7,40	7,64	7,79	7,98	7,85
El Monte Negro freát.. pisc.	7,68	7,56	8,14	7,42	7,70	7,86	8,04	7,60
El Monte Negro perf. riego	7,92							
El Monte Negro freát. casa	7,94							
A° Leyes	7,70	7,83	8,04	7,96	7,88	7,97	8,05	7,45
Dren Fuster	7,42	7,41	7,91	7,32	7,69	7,28	7,58	7,69
El Monte Negro dren						7,33	8,18	

pH	Feb. 04	Mar. 04	Abr. 04	May. 04	Jun. 04	Jul. 04		
Canal Pescara	6,99	6,84	6,67	5,86	6,41	6,11		
Finca Becases				6,78	6,94			
Hijuela Montenegro	7,79	7,84	7,95	7,29	8,13	7,75		
Canal Chachingo	7,65	7,73	7,81	7,49	8,02	7,75		
C. Chachingo y Ruta 60	8,19	6,45	7,97	7,94	8,20	8,41		
Puente Blanco	7,19	7,25	7,26	7,08	6,44	6,92		
Surgente García	7,76	7,98	7,92	7,58	8,08	7,90		
El Monte Negro freát.. pisc.	7,86	7,92	7,95	7,56	7,94	7,83		
El Monte Negro perf. riego		8,05						
El Monte Negro freát. casa								
A° Leyes	7,82	8,12	8,06	7,25	7,98	7,90		
Dren Fuster	7,33	7,68	7,48	7,15	7,80	7,48		
El Monte Negro dren		7,81						

Conductividad Eléctrica Actual

Los valores de la conductividad eléctrica actual (C.E.A). obtenidos (ver Tabla 2) varían entre 720 y 6630 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ 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 producen entre los meses de octubre y noviembre donde los caudales son menores, además se nota en todos los muestreos un creciente aumento de la salinidad a medida que avanzamos 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. Estas aguas de drenaje tienen valores que oscilan entre 2660 y 5820 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ alcanzándose los valores máximos entre octubre y noviembre del 2003 que es, cuando se lixivian las sales del suelo agrícola antes de iniciar un nuevo ciclo. Un párrafo aparte merece el estudio del arroyo Leyes que si bien actúa como colector zonal del área, sus aguas son la única fuente para riego de muchas fincas del departamento de Lavalle; los valores oscilan en general entre 4100 y 6630 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. descendiendo a valores cercanos a 2000 sólo entre los meses de marzo y abril en que la zona recibe mayores aportes provenientes del río Mendoza que aporta agua de mejor calidad.

Las aguas de origen subterráneo son de buena calidad y no presentan grandes oscilaciones a lo largo del tiempo. Los muestreos correspondientes al acuífero confinado, entre dos capas de tosca (surgente García) si bien se origina en la recarga que se produce en el lecho del río Mendoza en las

cercanías de Palmira, varían entre 910 y 1260 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ y lo hacen más vulnerable a la contaminación salina que la napa ubicada a partir de 40 m de profundidad de la que extrae agua la perforación del DGI y la finca “El Monte Negro”, la cual muy rara vez supera los 910 $\mu\text{S.cm}^{-1}$

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, variando desde “salinidad muy alta” a “excesivamente salina” (categorías C5 y C6). La gran mayoría de las aguas superficiales pueden clasificarse como C3, 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, el canal Montenegro es el que más ampliamente supera el máximo tolerable, de 1800 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, establecido por la Resolución 778/96 del Departamento General de Irrigación para el vertido de efluentes. Valores cercanos al referido se presentan durante la mayor parte del año en este cauce.

Tabla 2. Variación temporal de valores de CEA

C.E.A. $\mu\text{S.cm}^{-1}$	2003							
	Mar.	Abr.	Jun.	Jul.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Canal Pescara	1087	1060	1630	1970	1371	1510	1390	1540
Finca Becases	1125	1380	2220					
Hijuela Montenegro	1608	1730	1810	1590	1807	2080	2360	1880
Canal Chachingo	1526	1780	1760	1460	1527	1810	1930	
Cl. Chachingo y Ruta 60		810	880		955	1147	910	1292
Puente Blanco	1072	1320	1560	1130	1379	1540	1030	1322
Surgente García	1101	990	1110	1000	1011	990	910	979
El Monte Negro freát. Pisc.	720	750	910	760	757	767	750	776
El Monte Negro perf. riego	740							768
El Monte Negro freát. casa	952							
A° Leyes	2340	2060	5350	4130	4120	4850	6630	1826
Dren Fuster	2980	2930	3140	2940	2630	2860	2840	2660
El Monte Negro dren						5550	5820	

C.E.A. $\mu\text{S.cm}^{-1}$	2004						
	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	
Canal Pescara	1063	1362	1619	1393	1520	1650	
Finca Becases				2110	2270		
Hijuela Montenegro	1548	1457	1921	2050	2067	2060	
Canal Chachingo		1250	1708	2000	1909	1893	
Cl. Chachingo y Ruta 60	788	764	900	1040	1107	1080	
Puente Blanco	846	814	1202	1432	1415	1465	
Surgente García	1106	1263	1012	1091	1110	1022	
El Monte Negro freát. Pisc.	809	763	780	856	826	794	
El Monte Negro perf. riego		1378					
El Monte Negro freát. casa							
A° Leyes	1754	1970	1970	4380	4070	4090	
Dren Fuster	2970	2990	2950	3070	3090	2890	
El Monte Negro dren		3540					

Peligrosidad Sódica

La peligrosidad sódica (RAS) varía entre 0,40 y 7,51 para los distintos sitios de muestreo y para distintas épocas, como se aprecia en Tabla 3. Es de destacar el arroyo Leyes con los tenores más elevados llegando a 7,51 en noviembre de 2003 pero desciende a valores cercanos a 1,00 en los meses de verano cuando hay aportes importantes de agua el río Mendoza a la zona. Analizando el RAS y la CEA en forma conjunta, la calificación de este agua correspondería a C5S2, con “media peligrosidad sódica”. De los cauces superficiales le sigue en sodicidad el canal Pescara con valores de 2,80 para julio del 2003. El canal Vertientes Corralitos o Chachingo presenta una mayor sodicidad a medida que se avanza desde la ruta 60 hacia la hijuela Montenegro alcanzando un máximo de 2,04 en septiembre del 2003.

En cuanto a las aguas de drenaje, en los muestreos de octubre, noviembre del 2003, el dren de la finca “El Monte Negro” da “muy alta peligrosidad salina” y “peligrosidad sódica media”, lo cual indica que el sistema de drenaje cumple eficientemente con su finalidad, pero el agua extraída no es apta para su reutilización. En cambio, las aguas de drenaje de la finca Fuster, se califican como C4S1, “alta peligrosidad salina” y “peligrosidad sódica baja”, permitiendo su reuso agrícola.

Las aguas subterráneas provenientes del acuífero ubicado a partir de 40 m de profundidad tienen un RAS que varía entre 0,89 y 2,40 mientras que las surgentes tienen un RAS menor que oscila entre 0,72 y 1,13.

Tabla 3. Variación temporal de valores de RAS

RAS	2003							
	Mar.	Abr.	Jun.	Jul.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Canal Pescara	1,22	0,93	2,32	2,80	2,23	1,73	1,60	0,67
Becases	0,99	1,39	2,10					
Hijuela Montenegro	1,25	1,40	1,48	1,21	2,04	1,63	1,87	0,43
Canal Chachingo	1,30	1,34	1,41	1,36	0,90	1,27	1,48	0,45
C.Chachingo y Ruta 60		1,04	1,07		2,12		1,19	0,40
Puente Blanco	1,00	1,31	2,19	1,04	1,31	1,32	1,29	0,47
Surgente García	0,92	1,02	1,02	0,87	1,06	0,97	1,01	0,43
El Monte Negro freat. pisc.	1,64	1,43	2,40	1,45	2,06	1,54	1,57	0,89
El Monte Negro perf. riego	1,37							0,80
El Monte Negro freat. casa	1,50							
Arroyo Leyes	2,71	1,44	6,51	3,66	4,13	4,36	7,51	0,53
Drenaje Fuster	1,74	1,78	1,76	1,54	1,83	1,68	1,56	0,43
Dren El Monte Negro						5,18	5,46	

RAS	2004							
	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Sep.	Oct.
Canal Pescara	1,82	1,26	2,32	1,20	1,65	1,59		
Becases				1,51	1,75			
Hijuela Montenegro	1,76	1,00	1,74	1,32	1,63	1,66		
Canal Chachingo	1,76	0,90	1,56	1,24	1,46	1,65		
C.Chachingo y Ruta 60	0,72	0,65	1,24	1,16	1,32	1,26		
Puente Blanco	1,18	0,69	1,35	1,17	1,63	1,38		
Surgente García	1,01	0,72	1,13	0,91	1,10	1,03		
El Monte Negro freat. pisc.	1,28	1,21	1,76	1,53	1,79	1,64		
El Monte Negro perf. riego		0,94						
El Monte Negro freat. casa								
Arroyo Leyes	1,75	1,14	1,80	3,13	2,98	4,11		
Drenaje Fuster	2,18	1,50	1,94	1,50	1,80	1,96		
Dren El Monte Negro		2,31						

Nitratos

Los valores de Nitratos oscilan entre 0,93 y 78,42 mg.l⁻¹ (ver Tabla 4). Los mayores registros en canales de riego se presentaron en abril del 2003, en el canal Chachingo a la altura de la villa de Corralitos donde los tenores (32,7 mg.l⁻¹) son superiores a los de aguas arriba (puente Blanco) y a los de aguas abajo que siguen en magnitud (hijuela Montenegro). Esto se debería a los aportes de los lixiviados de agroquímicos utilizados en los cultivos hortícolas de la zona. En cuanto al canal Pescara, los valores máximos llegan sólo en julio de 2004, a superar los 10 mg.l⁻¹, ya que aquí predomina la contaminación industrial sobre la agrícola; de acuerdo a la Resolución 461/1998 del Departamento General de Irrigación, el valor máximo tolerado en los vertidos a este canal no debe superar los 45 mg.l⁻¹ de nitratos. Los tenores en aguas surgentes varían entre 2,94 y 34,10 mg.l⁻¹ descendiendo a menos de 8,06 en las perforaciones de 40 m. de profundidad que extraen agua subterránea de mejor calidad y menos expuesta a la contaminación agrícola.

En cuanto al agua de drenaje de reuso, el mayor tenor que supera las normas de vertido del D.G.I (78,42 mg.l⁻¹ para abril del 2003) se observa en los drenes agrícolas de la finca Fuster, que funcionan lavando los excesos de sales y lixiviando los restos de fertilizantes aplicados a los cultivos.

Tabla 4. Variación temporal de valores de Nitratos

Año	2003							
	Mar.	Abr.	Jun.	Jul.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
NO ₃ ⁻ mg.l ⁻¹								
Canal Pescara	2,63	1,55	5,27	3,56	2,01	3,10	1,86	3,72
Finca Becases	2,79	0,93	2,63					
Hijuela Montenegro	14,10	18,75	11,93	23,09	16,58	17,20	6,04	7,44
Canal Chachingo	12,40	32,70	6,82	24,02	22,78	19,37	14,41	16,43
Cl. Chachingo y Ruta 60		1,86	1,08		1,55	3,87	3,72	6,51
Puente Blanco	2,94	2,48	5,89	12,71	10,23	2,94	3,25	1,39
Surgente García	8,99	34,10	4,65	17,98	9,76	9,14	7,44	6,20
El Monte Negro freát. pisc.	2,79	3,25	1,86	9,14	7,13	4,03	8,06	2,95
El Monte Negro perf. riego	4,65							2,63
El Monte Negro freát. casa	4,49							
A° Leyes	3,25	26,97	2,48	11,00	11,00	3,87	1,86	2,48
Dren Fuster	34,41	78,42	33,17	19,99	48,97	41,07	26,35	8,68
El Monte Negro dren						11,16	5,11	

Año	2004							
	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Set.	Oct.
NO ₃ ⁻ mg.l ⁻¹								
Canal Pescara	9,45	2,33	1,71	2,64	2,48	10,85		
Finca Becases				3,57	2,02			
Hijuela Montenegro	2,17	6,82	11,93	7,59	5,89	5,73		
Canal Chachingo	1,39	4,49	16,43	8,21	6,82	12,86		
Cl. Chachingo y Ruta 60	1,70	2,17	2,17	9,61	1,40	3,72		
Puente Blanco	2,17	1,86	6,20	6,35	2,64	2,17		
Surgente García	2,94	3,10	6,82	5,42	3,41	5,89		
El Monte Negro freát. pisc.	1,08	6,35	2,79	3,72	1,86	1,86		
El Monte Negro perf. riego		4,80						
El Monte Negro freát. casa								
A° Leyes	2,17	2,64	7,59	5,58	2,64	7,59		
Dren Fuster	5,42	7,13	6,51	5,89	2,95	13,33		
El Monte Negro dren		4,49						

Fosfatos

En general el contenido de fosfatos en las aguas ha variado entre 0 y 2,127 mg.l⁻¹, tal como se observa en la Tabla 5. Los mayores valores corresponden a los muestreos de los meses de junio 2003 y mayo del 2004 del canal Pescara que atraviesa al zona industrial, superando el valor máximo tolerable de 0,70 mg.l⁻¹ de la Resolución 778 del DGI. Sigue en orden de magnitud el canal Montenegro que supera los límites en noviembre de 2003 y mayo de 2004 (entre 1,1 y 1,6 mg.l⁻¹). Las aguas de origen subterráneo presentan escasa o nula presencia de fosfatos.

Tabla 5. Variación temporal de valores de Fosfatos

Fosfatos mg.l ⁻¹	2003							
	Mar.	Abr.	Jun.	Jul.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Canal Pescara	0,740	0,147	2,082	0,464	0,552	0,552	0,868	0,218
Finca Becases	0,000	0,306	0,885	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Hijuela Montenegro	0,019	0,104	0,466	0,562	0,078	0,245	1,678	0,019
Canal Chachingo	0,098	0,283	0,067	0,057	1,079	0,224	0,557	0,303
C. Chachingo y Ruta 60	0,000	0,041	0,000	0,000	0,181	0,289	0,278	0,156
Puente Blanco	0,578	0,259	0,853	0,038	0,000	0,039	0,557	0,000
Surgente García	0,119	0,126	0,000	0,115	0,404	0,202	0,308	0,038
El Monte Negro freát. Pisc.	0,267	0,214	0,493	0,370	0,000	0,181	0,430	0,019
El Monte Negro perf. Riego	0,358	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,057
El Monte Negro freát. casa	0,224	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,176
A° Leyes	0,358	0,147	0,067	0,038	0,039	0,098	0,220	0,038
Dren Fuster	0,381	0,403	0,113	0,370	0,657	0,245	0,623	0,038
El Monte Negro dren	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Fosfatos mg.l ⁻¹	2004							
	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Set.	Oct.
Canal Pescara	0,000	0,308	0,000	2,127	0,093	0,839		
Finca Becases	0,000	0,000	0,000	1,021	0,018	0,000		
Hijuela Montenegro	0,000	0,045	0,428	1,119	0,018	0,151		
Canal Chachingo	0,348	0,113	0,383	0,295	0,055	0,132		
C. Chachingo y Ruta 60	0,019	0,022	0,000	0,074	0,112	0,000		
Puente Blanco	0,038	0,090	0,037	0,597	0,055	0,232		
Surgente García	0,096	0,067	0,032	0,253	0,037	0,037		
El Monte Negro freát. Pisc.	0,000	0,160	0,074	0,622	0,074	0,000		
El Monte Negro perf. Riego	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
El Monte Negro freát. casa	0,000	0,045	0,000	0,000	0,000	0,000		
A° Leyes	0,038	0,090	0,522	0,274	0,310	0,498		
Dren Fuster	0,348	0,090	0,622	0,989	0,102	0,074		
El Monte Negro dren	0,000	0,359	0,000	0,000	0,000	0,000		

Metales pesados

Como ya se mencionó, los metales pesados se presentan en las aguas en diferentes formas físico-químicas: en solución al estado iónico o como constituyentes de compuestos inorgánicos simples o de compuestos orgánicos de bajo peso molecular; adsorbidos por partículas coloidales orgánicas o minerales, precipitados como metales o como constituyentes de minerales, o inmovilizados en organismos animales o vegetales vivos o muertos. Entre las diversas formas existen equilibrios dinámicos en los cuales el pH del agua cumple un papel de gran importancia. Una vez en el suelo, de dicho parámetro depende su contaminación de productos destinados al consumo puede a veces no manifestarse en forma perceptible, lo cual induce al uso de aguas contaminadas con grave riesgo a la salud humana. Los elementos metálicos de mayor peligro potencial parecerían ser el Cd y el Cu y en menor medida el Zn y el Pb.

Plomo (Pb)

Con respecto a este metal el mayor contenido (0,496 mg.l⁻¹) se registró en el canal Chachingo a la altura del Puente Blanco, en la extracción de febrero de 2004, seguido del Canal Pescara (0,458 mg.l⁻¹) En cuanto a los desagües, el arroyo Leyes y el Dren Fuster superan los 0,4 mg.l⁻¹. En ninguno de los muestreos los valores de Pb superaron los 5 mg.l⁻¹ que establece la norma de calidad de agua para riego (EPAS, 1995)

Tabla 6. Variación temporal de valores de Plomo

Año	2003								
	Pb mg.l ⁻¹	Mar.	Abr.	Jun.	Jul.	Set.	Oct.	Nov.	Dic
Canal Pescara		0,197	0,297	0,321	0,120	0,216	0,240	0,200	0,324
Finca Becases		0,177	0,282	0,258					
Hijuela Montenegro		0,200	0,269	0,349	0,120	0,122	0,360	0,200	0,381
Canal Chachingo		0,152	0,246	0,239	0,200	0,172	0,240	0,160	0,419
C. Chachingo y Ruta 60			0,278	0,296		0,148	0,240	0,200	0,419
Puente Blanco		0,172	0,282	0,214	0,120	0,159	0,200	0,160	0,267
Surgente García		0,161	0,373	0,341	0,160	0,147	0,200	0,120	0,381
El Monte Negro freát. pisc.			0,347	0,176	0,120	0,141	0,120	0,120	0,400
El Monte Negro perf. riego		0,140							0,343
El Monte Negro freát. casa		0,159							0,419
A° Leyes		0,189	0,362	0,415	0,160	0,209	0,240	0,240	0,400
Dren Fuster		0,215	0,306	0,417	0,200	0,172	0,160	0,360	0,381
El Monte Negro dren							0,320	0,200	

Año	2004								
	Pb mg.l ⁻¹	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Set.	Oct.
Canal Pescara		0,458	0,160	0,200	0,250	0,300	0,400		
Finca Becases					0,150	0,300			
Hijuela Montenegro		0,419	0,160	0,160	0,250	0,200	0,350		
Canal Chachingo		0,477	0,200	0,160	0,100	0,250	0,400		
C. Chachingo y Ruta 60		0,477	0,120	0,160	0,100	0,150	0,200		
Puente Blanco		0,496	0,200	0,200	0,200	0,250	0,250		
Surgente García		0,419	0,200	0,120	0,150	0,150	0,300		
El Monte Negro freát. pisc.		0,477	0,200	0,160	0,050	0,100	0,350		
El Monte Negro perf. riego			0,080						
El Monte Negro freát. casa									
A° Leyes		0,439	0,240	0,200	0,250	0,200	0,300		
Dren Fuster		0,458	0,240	0,240	0,300	0,200	0,400		
El Monte Negro dren			0,160						

Cadmio(Cd)

Como se observa en la Tabla 7, este metal es el que más frecuentemente supera los tenores máximos de 0,01 mg.l⁻¹ que establece la Resolución 778 del DGI así como el valor establecido por el Anexo 3 del EPAS (1995) para aguas de riego. Se detectó frecuentemente en drenes y en el Arroyo Leyes; los canales más afectados a lo largo de todo el ciclo agrícola fueron el Pescara y el Chachingo, a la altura del Puente Blanco. También este metal se registró en aguas surgentes y en pozos con napas a poca profundidad.

Tabla 7. Variación temporal de valores de Cadmio

Año	2003							
	Mar.	Abr.	Jun.	Jul.	Set.	Oct.	Nov .	Dic.
Cd mg.l ⁻¹								
Canal Pescara	0,004	0,026	0,036	0,058	0,011	0,066	0,049	0,049
Finca Becases	0,008	0,023	0,035					
Hijuela Montenegro	0,006	0,030	0,032	0,058	0,008	0,058	0,066	0,066
Canal Chachingo	0,007	0,020	0,022	0,049	0,009	0,049	0,058	0,058
C. Chachingo y Ruta 60		0,029	0,023		0,010	0,049	0,058	0,049
Puente Blanco	0,006	0,034	0,016	0,049	0,010	0,058	0,066	0,058
Surgente García	0,005	0,034	0,026	0,058	0,011	0,049	0,058	0,058
El Monte Negro freát. pisc.		0,031	0,016	0,066	0,011	0,058	0,058	0,066
El Monte Negro perf. riego	0,004							0,049
El Monte Negro freát. casa	0,008							0,058
A° Leyes	0,009	0,037	0,043	0,066	0,011	0,066	0,066	0,058
Dren Fuster	0,010	0,031	0,036	0,058	0,012	0,066	0,074	0,058
El Monte Negro dren						0,074	0,058	

Año	2004							
	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Set.	Oct.
Cd mg.l ⁻¹								
Canal Pescara	0,016	0,016	0,033	0,025	0,025			
Finca Becases				0,000	0,012			
Hijuela Montenegro	0,025	0,025	0,041	0,025	0,025			
Canal Chachingo	0,041	0,016	0,041	0,025	0,037			
C. Chachingo y Ruta 60	0,033	0,025	0,025	0,012	0,000			
Puente Blanco	0,033	0,016	0,025	0,037	0,025			
Surgente García	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025			
El Monte Negro freát. pisc.	0,033	0,016	0,025	0,000	0,012			
El Monte Negro perf. riego		0,025						
El Monte Negro freát. casa								
A° Leyes	0,033	0,033	0,033	0,025	0,050			
Dren Fuster	0,049	0,041	0,041	0,025	0,050			
El Monte Negro dren		0,025						

Cobre(Cu)

El análisis de la Tabla 8 muestra que el Cobre, a pesar de su difundido uso como anticriptogámico en la agricultura intensiva practicada en los oasis bajo riego de Mendoza, aparece en concentraciones muy bajas y sólo supera el máximo tolerable para aguas de riego (EPAS, 1995) de 0,2 mg.l⁻¹ en el canal Pescara, entre abril y junio de 2004.

Tabla 8. Variación temporal de valores de Cobre

Año	2003							
	Mar.	Abr.	Jun.	Jul.	Set.	Oct.	Nov .	Dic.
Cu mg.l ⁻¹								
Canal Pescara	0,036	0,042	0,043	0,103	0,158	0,158	0,123	0,155
Finca Becases	0,032	0,033	0,038					
Hijuela Montenegro	0,037	0,027	0,040	0,120	0,034	0,034	0,017	0,155
Canal Chachingo	0,037	0,024	0,026	0,120	0,088	0,088	0,017	0,086
C. Chachingo y Ruta 60		0,035	0,089		0,193		0,000	0,137
Puente Blanco	0,037	0,030	0,022	0,103	0,158	0,158	0,035	0,103
Surgente García	0,030	0,039	0,035	0,120	0,052	0,052	0,017	0,068
El Monte Negro freát. pisc.		0,039	0,022	0,086	0,052		0,070	0,068
El Monte Negro perf. riego	0,025							0,051
El Monte Negro freát. casa	0,030							0,068
A° Leyes	0,035	0,045	0,046	0,103	0,052	0,052	0,052	0,103
Dren Fuster	0,040	0,034	0,052	0,120	0,070	0,070	0,017	0,068
El Monte Negro dren					0,070	0,070	0,070	

Año	2004							
	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Set.	Oct.
Cu mg.l ⁻¹								
Canal Pescara	0,120	0,184	0,586	0,280	0,280	0,100		
Finca Becases				0,060	0,080			
Hijuela Montenegro	0,086	0,138	0,034	0,080	0,060	0,075		
Canal Chachingo	0,120	0,076	0,051	0,040	0,060	0,050		
C. Chachingo y Ruta 60	0,068	0,046	0,034	0,060	0,040	0,025		
Puente Blanco	0,086	0,122	0,051	0,120	0,280	0,075		
Surgente García	0,086	0,107	0,034	0,040		0,025		
El Monte Negro freát. pisc.	0,068	0,061	0,034	0,080	0,060	0,050		
El Monte Negro perf. riego		0,076						
El Monte Negro freát. casa								
A° Leyes	0,120	0,076	0,155	0,060	0,060	0,075		
Dren Fuster	0,120	0,184	0,034	0,260	0,040	0,125		
El Monte Negro dren		0,107						

Comparación de parámetros entre escenarios

Para este análisis se recurrió a la información del trabajo realizado por Zuluaga J. et al (2002) sobre la calidad de agua de riego del Cinturón Verde de Mendoza, en donde se realizaron muestreos entre noviembre de 1999 y diciembre del 2001, los que constituyen el escenario anterior a la puesta en funcionamiento de la presa Potrerillos, ocurrida en el año 2002.

Con respecto a las mediciones de pH, actualmente se nota una disminución en la frecuencia de los valores de pH inferiores a 6 en los meses invernales, y la ausencia de esos valores en primavera, tanto para el canal Pescara como para el Chachingo a la altura del Puente Blanco.

Los valores de salinidad en los canales de riego en el escenario actual, alcanzan picos de menor intensidad que en la situación previa, y sólo en invierno, disminuyendo su frecuencia en primavera y verano. En cuanto a las aguas de drenaje es notoria la disminución de sus valores de salinidad a lo largo de todo el año, tanto en el caso del dren Fuster como en el del Arroyo Leyes. Además, este último disminuyó notoriamente su sodicidad, lo cual mejora las posibilidades de reuso agrícola. En el caso de las aguas subterráneas los valores de salinidad se mantuvieron estables.

En cuanto a los nitratos, actualmente estos compuestos han aumentado su concentración en los canales de riego y en aguas subterráneas a lo largo de todo el año, aunque sin superar los máximos tolerables. Algo similar sucede en el Arroyo Leyes; en el caso del dren Fuster solamente en una ocasión se sobrepasó el límite máximo tolerable.

Los tenores de fosfatos tolerables sólo han sido superados en dos oportunidades en el canal Pescara, pero con una concentración inferior a la del escenario previo a la operación de la presa. En los demás canales de riego y drenaje, así como en aguas subterráneas, se nota un incremento de sus valores a lo largo del año, pero sin superar los máximos tolerables.

Dentro de los metales pesados, los tenores de Plomo y Cinc no superaron los límites tolerables en ninguno de los escenarios, pero en el actual se notan incrementos en sus valores, tanto en aguas superficiales como subterráneas. El Cobre ha aumentado su concentración en todos los muestreos de agua superficial y subterránea, generalmente sin superar los máximos tolerables, salvo recientemente en dos oportunidades en el canal Pescara, y una vez en el Puente Blanco. Por último, el Cadmio ha sido el metal que en el escenario actual ha aumentado su concentración, superando los máximos permitidos en canales superficiales, drenes y aguas subterráneas, mientras que en el escenario anterior sólo excedió el valor de $0,01 \text{ mg.l}^{-1}$ en el dren Fuster y en el Arroyo Leyes.

CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados, se ve claramente una distinción entre la calidad del agua de origen subterráneo, 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, ya que posee un pH significativamente inferior al resto de los canales, lo que corrobora la presencia de efluentes industriales. Solamente en una ocasión (mayo de 2004) se registró un valor inferior al mínimo tolerable (mientras que en el 2000 ello ocurrió en dos oportunidades) 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 Dpto. Gral. de Irrigación para el vertido de efluentes en dicho canal.

Además, se nota en este canal un pico importante en la cantidad de fosfatos. de $0,74 \text{ mg.l}^{-1}$ en mayo de 2003 (muy inferior a los $12,3 \text{ mg.l}^{-1}$ de setiembre de 1999) 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. A su vez se sobrepasan los valores tolerables de Cadmio y Cobre

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 invernales cuando los caudales son menores; 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 modificado por Thorne y Peterson pueden clasificarse como C3 S1 (salinidad media-alta y baja sodicidad), cuyo uso debería hacerse en 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. Sin embargo, en octubre y noviembre de 2003, el dren de la Finca “El Monte Negro” registra valores que ubican al agua como de “muy alta peligrosidad salina” y “peligrosidad sódica media”, lo cual demuestra que el diseño y funcionamiento del sistema de drenaje es muy eficiente, y el vuelco de los drenes se hace al Arroyo Leyes. Aguas de estas características sino son diluídas previamente son inaptas para su reutilización. Respecto al contenido de nitratos, sólo el dren Fuster supera el límite de $45 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ya que en abril de 2003 alcanzó $78,42 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

Un párrafo aparte merece el estudio del Arroyo Leyes, el que si bien actúa como colector zonal del área, sus aguas son la única fuente para riego de muchas fincas del Dpto. de Lavalle. El valor más alto de sodicidad (7,51 de RAS) se produjo en Noviembre de 2003, como así también la salinidad que llegó en ese mes a $6630 \text{uS}\cdot\text{cm}^{-1}$, descendiendo a valores cercanos a $2000 \text{uS}\cdot\text{cm}^{-1}$ sólo entre los meses de febrero y abril. Analizando el RAS y la CEA en forma conjunta, la clasificación para este Arroyo correspondería a C5 S2, con “salinidad muy alta y mediana peligrosidad sódica”. En contraparte, este cauce no excede los contenidos de nitratos y fosfatos y sólo se superan los valores límite en Cadmio.

Si bien la obra de la presa de Potrerillos aún no ha sido concluída, ni su embalse ha llegado a la cota máxima, en el verano 2003-2004 se han erogado aproximadamente $80 \text{m}^3\cdot\text{seg}^{-1}$ de manera prácticamente constante para abastecer el Oasis Norte de Mendoza. Con este plan de manejo se han solucionado los tradicionales déficits primaverales que sufría la 3ª Zona de riego. Este cambio en la operación también ha modificado la recarga de los acuíferos subterráneos, lo que se manifiesta con un retardo de seis meses, por lo que en primavera-verano del 2004 se debería continuar con los muestreos de calidad de agua y prestar atención a los niveles freáticos de la zona de estudio. Es de destacar, que la reciente inauguración de la planta de tratamiento de efluentes industriales que vuelcan al canal Pescara, disminuirá la contaminación de este canal y sería necesario cuantificar la mejora con muestreos periódicos.

En general, con el nuevo escenario de operación del embalse Potrerillos, se ha notado una 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. Se mantienen aún los mayores picos en los meses de invierno y se observa una notable mejoría en los meses de verano y otoño.

Como recomendación de manejo del agua de riego, tanto las asociaciones de usuarios de esta Tercera Zona, como las del Dpto. de Lavalle, deberán monitorear la calidad del agua durante los meses invernales, 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. Además, se deberá prestar atención a los contenidos de nitratos, que si bien en este nuevo escenario

no han superado los valores máximos tolerables, han mostrado un aumento en su concentración tanto en canales de riego y drenaje como en aguas subterráneas.

Dentro de los metales pesados, todos han aumentado levemente su concentración, pero el Cadmio es el que ha superado el límite máximo previsto, de $0,01 \text{ mg.l}^{-1}$, en aguas superficiales, drenes y aguas subterráneas, por lo que habrá que continuar monitoreando su contenido.

BIBLIOGRAFÍA

- CHAMBOULEYRON, J. ET AL.** (1996). "Evaluación de la contaminación del agua de riego en el oasis del Río Tunuyán Inferior, Mendoza". XVI Congreso Nacional del Agua. San Martín de los Andes, octubre de 1996.
- 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 DE SANEAMIENTO (EPAS)** (1995). "Normas de calidad de aguas". Documento Preliminar. Mendoza, República Argentina.
- PIZZI, D.; BARDOSSY, E.; ANTONIOLLI, E.; HIRAMATSU, K.** (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.