

CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL USADA PARA RIEGO EN EL ÁREA DE LAS INSPECCIONES DE CAUCES ASOCIADAS DE SAN MARTÍN, MENDOZA

BERMEJILLO, A.; CÓN SOLI, D.; SALCEDO, C.; MARTÍ, L.; LIPINSKI, V.;
FILIPPINI, M.F.; VENIER, M.; VALDÉS, A.

Facultad de Ciencias Agrarias. Cátedra de Química Agrícola - Departamento de Ingeniería Agrícola.
Teléfono/Fax: 0261-4135010 interno 1225. E-mail: abermejillo@fca.uncu.edu.ar

RESUMEN

La subcuenca del Río Tunuyán Inferior se inicia a partir del Embalse El carrizal, donde existen 101.438 ha con derechos de riego superficial y la red de riego posee una longitud de 2.588 km, siendo una zona mayoritariamente vitícola (64% vid, 24% frutales).

El manejo y distribución del agua es a través de inspecciones de cauces, dependientes del D.G.Irrigación. Las Inspecciones de Cauces Asociadas de San Martín, incluye 5 inspecciones de cauces y abarca más de 13.500 ha empadronadas.

Con el objetivo de evaluar la calidad del agua de riego a lo largo del ciclo agrícola, se han realizado desde octubre de 2011 hasta abril del 2012, 7 muestreos en 13 puntos fijos estratégicamente establecidos y georreferenciados, de los cuales 11 están dentro de la zona de riego de la Asociación San Martín, 1 en el inicio de la red del Tunuyán Inferior (dique Benegas) y 1 en el nacimiento del Canal Matriz San Martín (Medrano). En cada uno de los muestreos, se evaluaron caracteres físico-químicos: CEA, CEE, pH, aniones y cationes, RAS, residuo salino, coeficiente de álcali, nitratos, fosfatos, y algunos metales pesados.

La CE aumenta a medida que se avanza en la red de riego, pero la diferencia total no llega a un 10%. Se trata de aguas sulfatadas cálcicas, de bajo riesgo sódico (S1), donde existen contenidos importantes de sales de mediana solubilidad que hacen que la CEE disminuya un 30% respecto a la CEA en el agua de desagüe y hasta un 15% en los canales de riego.

Las aguas analizadas se clasificaron mayoritariamente como C3 de Riverside y C4 según Wainstein, excepto las aguas del Desagüe Moyano, pertenecientes a la categoría C5 de Wainstein. Éstas últimas, son solo usadas para riego luego de ser mezcladas con el agua del Canal Matriz San Martín, con lo cual se obtiene nuevamente agua C4 de Wainstein, presentando en promedio solo un 5% más de CEA que los valores con los que llega el agua a la zona de estudio.

La evolución en el tiempo (hasta la corta anual realizada a fin de abril) mostró una paulatina disminución de la CE, cercana al 30%.

Los caracteres analizados se encuentran dentro de los valores normales, no superando los tenores que establecen las normativas de aguas para riego. Las mismas pueden ser utilizadas en todos los cultivos, incluso en los sensibles a salinidad, cuando exista óptima permeabilidad de los suelos.

Palabras claves: riego, calidad de agua, Tunuyán inferior

INTRODUCCIÓN

Mendoza es la provincia con mayor superficie irrigada del país (360.000 hectáreas), lo que representa el 25% del total nacional (Banco Mundial: Argentina, 2000). La importancia atribuida al agua en esta zona, se explica por las condiciones propias de su clima árido y la consiguiente necesidad de sistematizar los limitados recursos hídricos disponibles, ya que es uno de los factores para el crecimiento provincial. (plan director DGI, 2006).

El agua en esta provincia, es administrada por el Departamento General de Irrigación (DGI), quien reglamenta y fiscaliza su uso. Cada uno de los ríos provinciales constituye una unidad de administración y la extensa red de riego y drenajes es administrada por organizaciones de usuarios, llamados Inspecciones de Cauces, con amplias facultades en el manejo y la administración de la red hídrica secundaria y terciaria, las mismas se agrupan en asociaciones. La red primaria le compete al DGI.

En Mendoza, la actividad agrícola se concentra en 4 oasis bajo riego, de acuerdo a los principales ríos, que ocupan sólo el 3,4% de la superficie y en ellos se desarrolla la mayor parte de la actividad económica y humana (plan director DGI, 2006). Uno de los cuales es el oasis del río Tunuyán que está dividido en dos sectores, el Tunuyán Superior (TS) y el Tunuyán Inferior (TI), siendo el punto de división el embalse Carrizal.

El TS riega la zona del Valle de Uco, en cambio el TI riega, junto con el río Mendoza, el oasis Norte. El río TS, mientras transita por el Valle de Uco, colecta agua de sus afluentes y drena agua subterránea del embalse subterráneo del Valle de Uco, vale decir que el derrame de este río a la salida de la Precordillera (542 hm^3) es menor que a la salida del Valle de Uco (1.065 hm^3).

El río TI tiene un derrame anual de 1.065 hm^3 -medido a la salida del embalse Carrizal, que tiene una capacidad de 385 hm^3 , para la regulación de las aguas. Dispone aguas abajo del dique derivador Tiburcio Benegas que tiene una capacidad de derivación de $60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, y del dique derivador Phillips. A partir de estos diques derivadores nace una red de canales primarios y secundarios de 1.570 km de extensión, dando origen a los canales Reducción (margen derecha) y Gran Matriz San Martín (margen izquierda). De este último, nacen los canales Matriz San Martín, Matriz Independencia, Cobos, Constitución y Chacabuco-Árboles.

La subcuenca del TI abarca una superficie de 101.438 ha con derechos de riego superficial, dentro de las cuales existen 26 Inspecciones de cauce. En el área involucrada, el 34% es utilizada para actividades agrícolas, y el resto está ocupada básicamente por vegetación natural (64%), construcciones e infraestructura (1%) y cuerpos de agua (1%). Esta subcuenca es netamente vitícola (64%), a diferencia del TS, pero también se desarrolla una zona frutícola importante (24%) y otra hortícola que abarca un 4%. (Caracterización Agroeconómica de la Cuenca del Río Tunuyán, 2003).

Dentro de esta subcuenca se ubica la zona de estudio, que incluye las Inspecciones de Cauces Asociadas de San Martín. El planteo de este trabajo se centra en el estudio de los principales contaminantes que pueden afectar la calidad del agua que irriga a los cultivos de la zona (salinidad, sodicidad, contenidos de nitratos, fosfatos metales pesados, etc.).

La calidad y la disponibilidad del agua es un tema de gran interés desde el punto de vista económico, político y ecológico. Es por eso importante hacer eficiente el uso conjunto de los recursos superficiales y subterráneos, teniendo en cuenta la conservación y preservación de las fuentes de agua dulce.

El 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 (Zuluaga et al, 2007). 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. (Bermejillo et al, 2008).

Considerando el constante agravamiento de los problemas hídricos antes mencionados y el creciente impacto negativo de los mismos sobre la economía agraria de la provincia de Mendoza, este trabajo adquiere singular relevancia para los organismos públicos y privados responsables de la gestión de los recursos naturales y económicos en esa región. El objetivo general de este trabajo es evaluar la calidad del agua de riego superficial a lo largo de dos ciclos agrícolas en la zona de influencia de la Asociación de Inspecciones de Cauces de San Martín.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprende la zona de Las Inspecciones de cauces Asociadas de San Martín, la cual incluye: a) El Canal Matriz San Martín que es un cauce primario que conduce el agua a los siguientes derivados: Rama Norte Alto Verde, Rama Sur Alto Verde, Canal Norte e Higuera Guevara, Higuera Directas y Rama Montecaseros, involucrando 22.000 ha. b) La Rama Sur Alto Verde nace en la llamada Horqueta Chica y discurre de oeste a este en su nacimiento paralela a calle Espejo y recorre un trayecto de 23 km hasta el Departamento de Santa Rosa con un total 3981 has. c) El canal Norte nace casi en calle Quiroga, frente al Frigorífico Baigorria (Buen Orden) y recorre 12 Km. Abarca un total de 2408 ha. d) La Rama Norte Alto Verde que incluye 36 higuera derivadas. Su recorrido nace en la llamada Horqueta de calles Espejo y Corvalán (ex Horqueta Grande) y recorre un trayecto de 23,4 km ingresando en el Departamento de Santa Rosa donde se encuentran las higuera 35, 36 y 37. Con un total de 5500 ha. e) La Inspección Higuera Directas incluye las higuera que nacen directamente desde el Canal Matriz San Martín, que distribuyen el agua en un total de 3390 ha.

Se recorrieron las zonas de cada canal a lo largo de toda su trayectoria, se determinaron los puntos críticos, se tuvieron en cuenta los problemas que han detectado los encargados de cada canal (inspectores de cauce, personal técnico de la Asociación San Martín y distribuidores de agua). En función de ello, se seleccionaron 13 puntos fijos estratégicamente establecidos y distribuidos a lo largo de la red de riego, los cuales fueron georreferenciados. Los primeros dos puntos representan el punto de partida, ya que se localizan en el inicio de la red del Tunuyán Inferior (dique Benegas) y en el nacimiento del Canal Matriz San Martín en Medrano. Los 11 restantes están dentro de la zona de riego de la Asociación San Martín, distribuidos en los cauces de agua de las 5 inspecciones incluidas en dicha Asociación: Inspección Canal Matriz San Martín y Desagüe Cañada Moyano, Inspección Rama Norte Alto

Verde, Inspección Rama Sur Alto Verde, Inspección Hijuelas Directas del Canal San Martín e Inspección Canal Norte e Hijuela Guevara unificada. A cada punto de lo ha identificado con un nombre que hace referencia a su ubicación dentro de la zona, como se indica a continuación y en la figura 1.

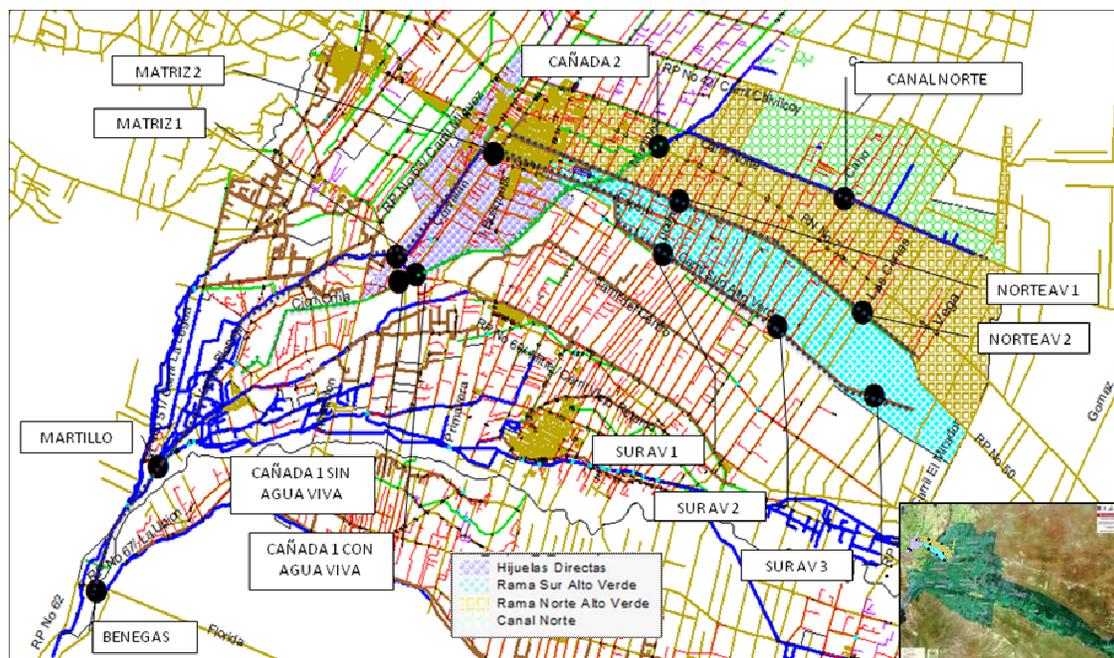


Figura 1. Zona de estudio con la red de riego, las inspecciones de cauces involucradas y los puntos de muestreo seleccionados

- **Benegas:** ubicado en el Dique Benegas, siendo el punto de inicio del Tunuyán Inferior.
- **Martillo:** ubicado en el Martillo II, que es el punto de Inicio del Canal Matriz San Martín.
- **Matriz 1:** ubicado sobre el Canal Matriz San Martín, en la intersección con la Ruta 60, siendo el punto de ingreso del canal Matriz San Martín a la zona de la Asociación San Martín y con la que riegan las propiedades pertenecientes a la Inspección de las Hijuelas Directas del Canal Matriz San Martín.
- **Matriz 2:** ubicado en las calles Corvalán y Espejo, a la salida de Inspección de las Hijuelas Directas del Canal Matriz San Martín, donde se da inicio de los canales Rama Sur Alto Verde y Rama Norte Alto Verde.
- **Sur AV1:** ubicado sobre la Rama Sur Alto Verde, luego de atravesar la zona urbano-industrial, en la intersección del Carril Sud Alto Verde y calle Lucero.
- **Sur AV2:** ubicado en la zona media del Canal Sur Alto Verde (fin de la obra de impermeabilización), en la intersección del Carril Sud Alto Verde y calle de la Estación.
- **Sur AV3:** ubicado en la parte final del canal Sur Alto verde, sobre el Carril Sud Alto Verde, donde el agua es utilizada para riego de las últimas propiedades de la Inspección Rama Sur Alto Verde, hijuela llamada Confin.
- **Norte AV1:** ubicado en la zona media del Canal Norte Alto Verde, en la intersección de la Ruta Prov. 50 y Robert, en el distrito de Ingeniero Giagnoni.

- **Norte AV2:** ubicado en la zona final de la Rama Norte Alto Verde, en el punto de intersección de la Ruta Prov. 50 y calle Las Corias, donde se inicia la hujuela 32 de la Inspección Rama Norte Alto Verde.
- **Cañada 1 sin agua viva:** ubicado en el desagüe Cañada del Moyano, unos 50 metros aguas arriba de la intersección con la Ruta 60, ya que en ese punto se vuelca agua del Canal Matriz San Martín, indicando con esta muestra las características del agua del desagüe cuando ingresa a la zona de la Asociación San Martín y previo a recibir el agua del canal (agua viva).
- **Cañada 1 con agua viva:** ubicado en el desagüe Cañada del Moyano, aguas abajo de la intersección con la Ruta 60, luego de mezclarse con agua viva del Canal Matriz San Martín. De esta forma, continúa su recorrido, atraviesa la zona urbano industrial de San Martín, para ser usada para riego en la zona de la Inspección Canal Norte e Higuera Guevara unificada.
- **Cañada 2:** ubicado en el desagüe Cañada del Moyano, en la intersección con Ruta 7, luego de recorrer la zona-urbano industrial de San Martín, dando posteriormente inicio al Canal Norte y la Higuera Guevara.
- **Canal Norte:** ubicado hacia el final del canal Norte, en la intersección del Carril Norte y calle Cano.

Se han realizado 7 muestreos, desde octubre de 2011 hasta abril del 2012 y en cada uno se realizaron análisis físico-químicos: conductividad eléctrica: actual (CEA) y efectiva (CEE), residuo salino y sales totales, pH, cationes: calcio y magnesio (por complexometría); sodio y potasio (por fotometría de llama), aniones: carbonato y bicarbonato (por volumetría ácido base, método Warder); cloruro (por volumetría, método Mohr) y sulfato (volumétrico con clorhidrato de bencidina), calificación de aptitud por escala Riverside [modificación Thorne-Peterson] y calificación de aptitud regional de Wainstein, calificación por K (coeficiente de álcali, Hardman-Miller); RAS (relación de absorción de Sodio), Durezas: Total, Temporaria y Permanente, Nitratos (reducción con Cadmio, empleando kits del laboratorio HACH) y fosfatos (método colorimétrico del ácido salicílico (APHA, AWWA, WPCF, 1992), en espectrofotómetro HACH DR/2010), metales pesados como Cu, Cd, Zn, Pb (AOAC, 1984; Standard Methods, 1995) empleando un espectrofotómetro de absorción atómica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a los valores de CEA, los cuales se presentan en la Figura 2, se pueden identificar 3 grupos de aguas con valores similares. El primer grupo corresponde a los puntos de muestreo que están sobre canales que no tiene aporte de desagüe: Benegas, Martillo, Matriz 1, Matriz 2, Sur AV 1, Sur AV 2, Sur AV3, Norte AV1 y Norte AV2, donde, como era de esperar se encontraron los mejores valores de conductividad y muy similares entre sí (cerca de $1400 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ de CEA), mostrando que no se incrementa la cantidad de sales a medida que el agua transcurre por los canales de riego estudiados. El segundo está formado por los puntos Cañada 1 con agua viva, Cañada 2 y Canal Norte, ubicados con posterioridad a la mezcla de agua del desagüe La Cañada y del Canal Matriz San Martín, a la altura de la Ruta Provincial 60, en los cuales se observa un aumento de los valores respecto al primer grupo entre un 5-10%, con promedios alrededor de $1500 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ de CEA. Por último el tercer grupo que incluye, solo por un punto de muestreo, Cañada 1 sin agua viva, donde aparecen los valores más altos de CEA (promedio $3195 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) debido a que se trata exclusivamente de agua del desagüe Cañada del Moyano, oscilando entre 3100 y $3300 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ de CEA.

Respecto a la evolución en el tiempo, en el primer muestreo realizado en octubre se encontró que el punto de partida fue de $1500 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para las aguas del primer grupo, $1700 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para las aguas del segundo grupo y $3100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para el tercero. Posteriormente se registraron los valores máximos en noviembre, de $1650 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, $1750 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ y $3300 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, respectivamente. A partir de esta fecha la CEA fue disminuyendo hasta el mes de abril, llegando a valores en el orden de $1150 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ y $1350 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para las aguas del primer grupo y segundo grupo respectivamente y para el tercer grupo el mínimo valor se encontró en mayo ($3110 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).

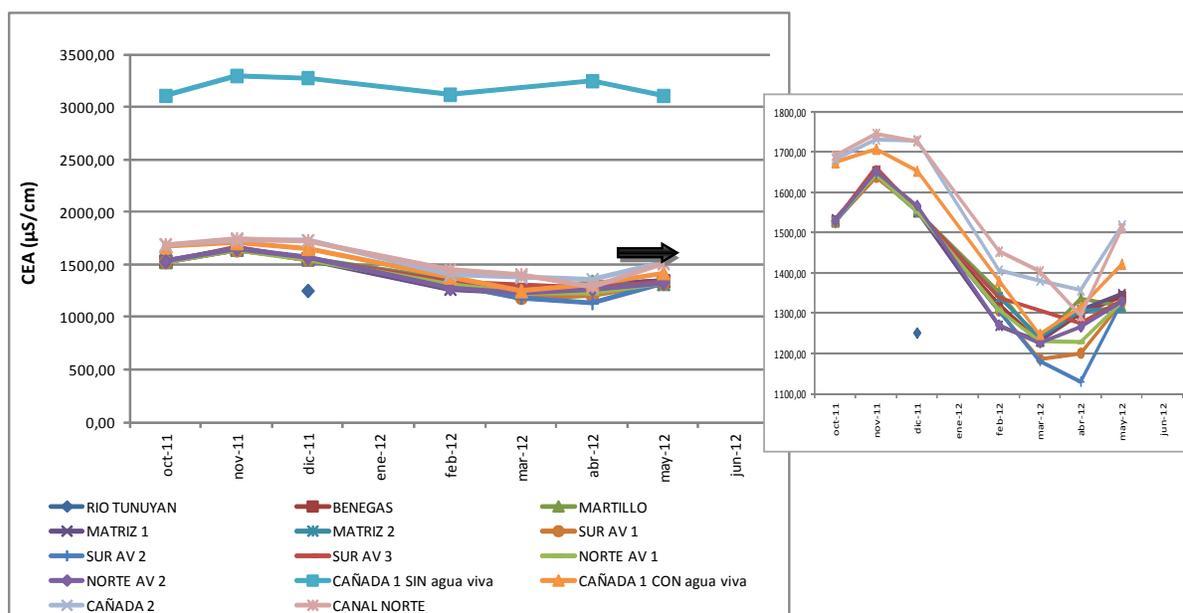


Figura 2. Evolución de la CEA en los puntos de muestreo, ampliando la escala entre 1100 a $1800 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$

En el mes de diciembre se tomó una muestra del Río Tunuyán antes de la entrada al dique el carrizal, la cual presentó $1250 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ de CEA, observando que aguas abajo los valores aumentan respecto a este punto, en el orden del 25% para el primer grupo y hasta un 38% para el segundo grupo.

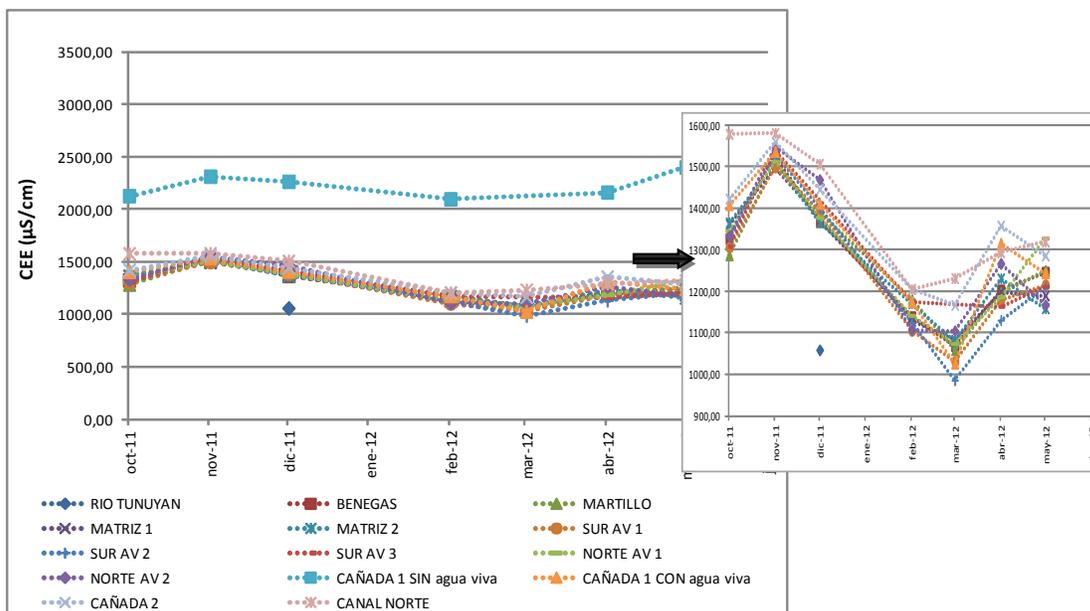


Figura 3. Evolución de la CEE en los puntos de muestreo, ampliando la escala entre 900 a 1600 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$

En la figura 3, se analiza la conductividad eléctrica teniendo en cuenta el tipo de sales, que permite obtener los valores de CEE para los distintos grupos enunciados anteriormente, esta baja notablemente respecto a la CEA, debido a la presencia de sales de mediana solubilidad, haciendo que los grupos 1 y 2 se aproximen. La disminución de la CEE respecto a la CEA es de aproximadamente un 10% para todos los puntos, salvo para el agua del desagüe (Cañada 1 sin agua viva) donde la disminución es cercana al 30%.

La variación de la CEA y CEE a través del tiempo se puede atribuir a que al inicio de temporada el agua acarrea todas las sales o contaminantes depositados durante el invierno en los distintos canales de riego y por otro lado, los volúmenes de escurrimiento (deshielos) no son elevados (los máximos se producen generalmente en enero).

En la figura 4 se observan los valores de pH, los cuales siempre estuvieron dentro de los valores admisibles para aguas de riego, con promedios entre 7,3 a 7,95 para todos los puntos muestreados. Sin embargo, los valores más bajos encontrados del orden de 6,5-6,7 se dieron en los puntos Canal Norte y Cañada 2 en los meses de febrero y marzo del 2012. Esto podría deberse a vuelco de efluentes urbano-industriales hacia el Desagüe Cañada del Moyano, probablemente productos de industrias que se encuentran en la zona (desde la Ruta Provincial 60 hasta el Carril Norte).

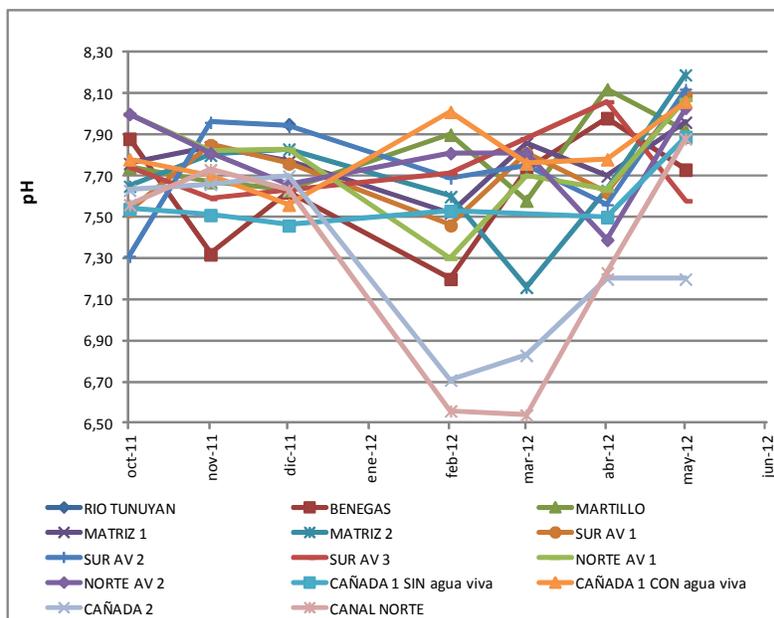


Figura 4. Evolución del pH en los puntos de muestreo

En todos los puntos muestreados se calculó el RAS, los valores obtenidos acusan un bajo riesgo sódico con promedios entre 1,8 a 1,9, salvo el agua proveniente del desagüe, que como era de esperar, fueron más elevados, encontrando en promedio valores de 2,9. Relacionando la CEA y el RAS se observa todas las aguas se clasificaron como S1 “baja peligrosidad sódica”. Analizando la evolución del RAS en el tiempo, en todos los canales se encontró un comportamiento similar a lo acontecido para la CEA y CEE, hallándose los valores máximos en el mes de noviembre (2,5), a partir del cual sufren un leve descenso progresivo hasta el mes de marzo, donde se registraron los valores más bajos (alrededor de 1,5). Para el desagüe el comportamiento fue similar pero el pico se registró en el mes de diciembre (3,2).

El Coeficiente de Álcali (K), tiene la ventaja de calificar las aguas simultáneamente por su peligro salino y por su peligro sódico. Para su determinación se relacionan las concentraciones de sodio con la de los aniones con que puede estar combinado, formando las respectivas sales, además se asigna una toxicidad dependiendo del anión que lo acompaña. El 29% de las aguas analizadas tuvieron K mayor a 18,1, clasificado como Bueno, lo que indica que se la puede utilizar con éxito durante muchos años sin tener necesidad de tomar precauciones para impedir la acumulación de sales. Cabe recalcar que todas estas aguas correspondieron a muestras tomadas en los meses de febrero, marzo y abril. En el resto, un 70% de las muestras el K fue Tolerable, al igual que todos los promedios realizados en cada punto de muestreo, lo cual indica que es generalmente necesario poner especial cuidado para impedir acumulación de sales, excepto en suelos con buen drenaje. Solo un el muestreo (1%) tomado en del desagüe (sin agua viva) en el mes de octubre dio un K = 4, clasificado como mediocre. La única muestra tomada del río Tunuyán antes del ingreso al dique Carrizal dio K bueno.

Si se categoriza la aptitud del agua para riego siguiendo la clasificación de Riverside [modificación Thorne-Peterson], se tiene en cuenta los parámetros CEA y RAS y si usa la calificación de aptitud regional de Wainstein se considera además la CEE. En general en todos los puntos de muestreo correspondientes a aguas que son directamente usadas para riego

se clasificaron como C3 de Riverside [modificación Thorne-Peterson], “salinidad media”, debiendo ser usadas únicamente en suelos de moderada a buena permeabilidad y para prevenir acumulaciones salinas peligrosas es necesario aplicar regularmente riegos de lavado. Dichas aguas según Wainstein se clasifican como C4, “medianamente salina” recomendando su uso para cultivos de moderada a buena tolerancia a la salinidad.

Estas aguas son aptas para el riego de todos los cultivos. Si las plantas son sensibles a la salinidad, el suelo debe poseer condiciones óptimas de permeabilidad, que permitan normalmente un buen drenaje. En suelos poco permeables es preferible excluir a estas plantas, pudiendo cultivarse en cambio las medianamente tolerantes y aplicar periódicamente riegos abundantes para el lavado de las sales.

Cabe destacar que las muestras obtenidas en el punto Cañada 1 sin agua viva se clasificaron como C4 de Riverside [modificación Thorne-Peterson], “salinidad alta”, debiendo solo utilizarse en suelos de buena permeabilidad, y donde pueda lixiviarse regularmente para impedir acumulación salina. Únicamente los cultivos de buena tolerancia a la salinidad deben ser regados con estas aguas. Según Wainstein se clasifican como C5, “agua francamente salina”, que solo puede usarse para cultivos de tolerancia buena o media a la salinidad, siempre que el suelo sea medianamente permeable y permita el lavado adecuado.

En la tabla 1 se presentan valores medios de los iones (en mg/L) en cada punto de muestreo, con los cuales se modelizó un agua tipo y se calculó la CEE. Se indican en color rojo y verde los 3 valores máximos y mínimos de cada parámetro para las aguas utilizadas para riego. Cabe mencionar que los puntos cañada 1 sin agua viva y Río Tunuyán no son aguas usadas directamente para el riego en la zona.

Tabla 1. Valores medios de los iones (en mg/L) presentes en cada punto de muestreo, en función de lo cual se calculó la CEE (en $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).

PUNTO	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	M ⁺⁺ g	CO ₃ ⁻²	CO ₃ H ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	CEE
BENEGAS	100,74	6,03	191,14	24,49	0	128,10	117,66	512,43	1270
MARTILLO	100,05	5,98	192,00	24,15	0	124,61	119,18	507,43	1269
MATRIZ 1	98,08	6,09	192,00	24,84	0	135,07	119,69	493,92	1275
MATRIZ 2	100,67	5,92	191,71	23,97	0	132,46	118,16	510,86	1286
SUR AV 1	100,08	5,98	189,43	21,54	0	128,10	119,69	488,91	1250
SUR AV 2	100,25	5,98	185,14	21,71	0	123,74	118,67	493,71	1256
SUR AV 3	98,99	6,02	191,60	24,32	0	130,54	119,28	504,00	1295
NORTE AV 1	99,72	6,20	189,43	21,89	0	148,14	120,70	477,26	1268
NORTE AV 2	104,03	5,87	185,14	22,24	0	135,07	124,76	481,23	1310
CAÑADA 1 CON agua viva	104,72	6,54	202,00	26,58	0	136,81	125,26	534,86	1311
CAÑADA 2	115,26	7,15	211,71	25,88	0	166,44	132,87	547,89	1356
CANAL NORTE	112,73	7,93	202,86	30,40	0	156,86	130,84	543,77	1397
CAÑADA 1 SIN agua viva	255,6	13,0	504,0	55,9	0	343,6	308,9	1220,0	2170
RIO TUNUYAN	89,7	5,1	192,0	41,3	0	122,0	99,4	585,6	1058

En la tabla 2 se presentan los valores medios de pH, CEA y RAS para los diferentes puntos de muestreo. Según los mismos y la CEE calculada (según valor medio de las sales) se clasificó por Riverside (R), Wainstein (W) y Salinidad (S). Se indican en color rojo y verde los 3 valores máximos y mínimos de cada parámetro para las aguas utilizadas para riego.

En cuanto a los tenores de nitratos y metales pesados analizados, los tenores en general se mantuvieron por debajo de los límites tolerables, no mostrando que el agua presente contaminaciones a través del camino que recorre desde la cabecera del sistema (Dique Benegas), hasta el final de la zona de riego de la Asociación San Martín. Como se indicó con el pH, también se han encontrado valores elevados de fosfato, provenientes de ocasionales vertidos de efluentes urbano-industriales que deberán identificarse para poder controlarlos.

Tabla 2. Valores medios de pH, CEA y RAS para los diferentes puntos de muestreo. En función de lo cual se calculó CEE (según valor medio de las sales) y se clasificó por Riverside (R), Wainstein (W) y Salinidad (S). Se han sombreado los 3 valores máximos y mínimos de cada parámetro.

PUNTO	pH	CEA ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	CEE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	CEE/CEA	RAS	R	W	S	K
BENEGAS	7,637	1418	1270	90%	1,81	C3	C4	S1	15,70
MARTILLO	7,704	1423	1269	89%	1,80	C3	C4	S1	16,51
MATRIZ 1	7,773	1413	1275	90%	1,76	C3	C4	S1	16,57
MATRIZ 2	7,694	1418	1286	91%	1,81	C3	C4	S1	16,07
SUR AV 1	7,731	1392	1250	90%	1,83	C3	C3	S1	16,49
SUR AV 2	7,761	1381	1256	91%	1,85	C3	C4	S1	16,97
SUR AV 3	7,736	1428	1295	91%	1,79	C3	C4	S1	16,42
NORTE AV 1	7,764	1403	1268	90%	1,82	C3	C4	S1	16,36
NORTE AV 2	7,387	1406	1310	93%	1,92	C3	C4	S1	15,80
CAÑADA 1 CON agua viva	7,807	1486	1311	88%	1,83	C3	C4	S1	15,76
CAÑADA 2	7,276	1544	1356	88%	1,98	C3	C4	S1	14,64
CANAL NORTE	7,304	1547	1397	90%	1,94	C3	C4	S1	14,87
CAÑADA 1 SIN agua viva	7,6	3195	2170	68%	2,88	C4	C5	S1	6,5
RIO TUNUYAN	8,0	1251	1058	85%	1,53	C3	C4	S1	19,1

Se considera de suma importancia continuar con el seguimiento que se está llevando a cabo para ratificar lo que se está observando y analizar con mayor detalle las causas de algunos valores que podrían indicar algún tipo de contaminación en la zona, a la vez que poder ratificar la evolución en el tiempo de la calidad del agua utilizada para riego, sirviendo como base de dato de referencia respecto a la calidad del agua de la zona.

BIBLIOGRAFÍA

- Avellaneda, M; Bermejillo, A; Mastrantonio, L. (2004) “Aguas de riego calidad y evaluación de su factibilidad de uso”. ISBN: 950-39-0030-1 Editorial EDIUNC. Mendoza, Argentina.
- A.P.H.A. (1965). “Standard Method for the Examination of Water and Wastewater”. 13th Edition.
- AOAC (1980). Official Methods of Analysis-Water and Salts”. 30th Edition. 547-565.
- Bermejillo; Adriana; Zuluaga, J.; Drovandi, A.; Filippini, M.; Cónsoli, D.; Martí Luis H.; Valdés, A.; Morsucci, 2008 A. Calidad del agua de riego y riesgo freático en el cinturón verde de Mendoza. II Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua. - Córdoba. ISBN: 978-84-96776-48-7
- Chambouleyron, J. et al. (2002) “Conflictos ambientales en tierras regadías. Evaluacion de Impactos en la cuenca del río Tunuyán, Mendoza, Argentina”. Editorial Eon. Mendoza, Argentina.

- Cubillos, A. (1988). “Calidad del Agua y Control de la Polución”. CIDIAT. Serie: Ambiente y Recursos Naturales Renovables AR-14. Mérida, Venezuela.
- 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.
- Departamento General de Irrigación (DGI). 2006. “Plan Director del Río Tunuyán” Proyecto PNUD/FAO/ARG/00/008. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación. Gobierno de Mendoza.
- Departamento General de Irrigación - Proyecto PNUD-FAO/ARG/00/008. Caracterización Agroeconómica de la Cuenca del Río Tunuyán. (2003). Modernización del Menejo de los Recursos Hídricos.
- Ente Provincial del Agua y Saneamiento (EPAS) (1995). “Normas de calidad de aguas”. Documento Preliminar. Mendoza, República Argentina.
- Fasciolo, G. Proyecto PICT RED 2002 “Evaluación de impacto ambiental en acuíferos: contaminación producida por actividades de saneamiento y disposición de efluentes) – Centro de Economía Legislación y Administración del Agua – Centro Regional Andino – Universidad Nacional de Cuyo – Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria.
- Marti, L., Filippini, M., Salcedo, C., Drovandi, A., Troilo, S., Rey, E., Campos, S., Valdes, A. (2000), “Metales pesados en suelos: contaminantes potenciales del agua en los oasis irrigados de Mendoza” Publicado en los anales del XVIII Congreso Nacional del Agua. Santiago del Estero.
- Plan Hídrico Provincial. (1999). Bases y propuestas para el consenso de una política de estado.
- Zuluaga, J. et.al. (2006) “Calidad del agua de riego en la 3ra zona del Río Mendoza, Argentina (2005-2006). I Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del agua. UN de Córdoba, 26 al 28 de abril de 2006.
- 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. Presentado al Congreso Nacional del Agua a realizarse en Tucumán, mayo 17 al 19 de 2007. y XX Jornadas de Investigación y II Jornada de Posgrado de la UN de Cuyo. Setiembre de 2006.