

# IMPACTOS DE LAS OBRAS HUMANAS SOBRE LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL OASIS REGADIO DEL RIO MENDOZA: “IMPERMEABILIZACION DEL CANAL MATRIZ SAN MARTIN”

José Morábito<sup>1-2</sup>, Santa Salatino<sup>2</sup>, Emilie Lavie<sup>3</sup>, María Filippini<sup>1</sup>, Adriana Bermejillo<sup>1</sup>, Rosa Medina<sup>1</sup>, Mónica Zimmermann<sup>1</sup>, Susana Campos<sup>1</sup>, Norma Nacif<sup>1</sup>, Cora Dediol<sup>1</sup>, Dora Genovese<sup>1</sup>, Pablo Pizzuolo<sup>1-2</sup> y Leandro Mastrantonio<sup>1-2</sup>

1 – Facultad de Ciencias Agrarias (UNCuyo). Alte Brown 500 – 5505 – Chacras de Coria. Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina.

2 – INA – CRA. Belgrano Oeste 210 – 3er Piso – 5500 – Mendoza, Argentina ([jmorabito@lanet.com.ar](mailto:jmorabito@lanet.com.ar))

3 - Universidad de Bordeaux 3, LGPA et ADES DyMSET, Domaine Universitaire. 33607 PESSAC, Francia

## RESUMEN

El oasis del río Mendoza es un espacio de vida y de agricultura, totalmente artificial, en medio de un desierto. Este oasis, ubicado al pie de Los Andes en la provincia de Mendoza - Argentina, constituye un medio fabricado pieza por pieza por el hombre. Los mendocinos tienen la costumbre de decir que todo árbol y toda planta, a excepción de la jarilla (vegetación natural de este desierto), han sido puestos por la mano del hombre con el auxilio del río Mendoza, uno de los cinco cursos de agua alimentado por la fundición de las nieves andinas y de los glaciares. Ya en el oasis el agua es desviada y utilizada con fines domésticos, agrícolas, industriales, recreativo, energéticos, etc.

A su vez, dentro de cada uso los usuarios son numerosos y cada uno espera que el agua sea de buena calidad. Sin embargo, en la realidad, cada sector produce una importante cantidad y diversidad de desechos los que, vertidos a la red de riego, tienen un solo destino: las áreas de cultivo. Queda entonces claro que la problemática de la calidad del recurso es una problemática agrícola ya que en la cola del sistema, los agricultores reciben agua contaminada tanto por la ciudad como por las industrias.

El Departamento General de Irrigación, organismo encargado de la distribución, cuidado y mantenimiento del recurso hídrico en la provincia de Mendoza, emprendió una serie de obras de infraestructura tendientes a mejorar la calidad de las aguas de uso agrícola. Una de ellas fue la impermeabilización del Canal Matriz San Martín (terminada en 2002), que riega la Quinta y Sexta Zona permitiendo el acceso de una importante superficie regadía (las áreas bajas del río Mendoza) a un recurso hídrico de mejor calidad.

En este trabajo se ha creído interesante -una vez realizadas las obras de impermeabilización- evaluar el efecto de las mismas sobre la calidad del agua de riego. Para ello se trabajó con la información disponible obtenida de un banco de datos de muestreo que se viene alimentando desde el año 2002 hasta el presente, en forma conjunta entre el INA-CRA y la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo.

Del presente trabajo surge como conclusión que la impermeabilización del Canal San Martín (5to y 6to tramos) ha posibilitado la distribución de agua de riego de buena calidad muy especialmente en la Quinta Zona de Riego (Departamento Lavalle) que, en estos días, recibe aguas de calidad similar a las derivadas en la cabecera del sistema (Dique Cipolletti, departamento Luján de Cuyo, 1era Zona de Riego).

**Palabras clave:** contaminación, evaluación, impacto, obras.

## INTRODUCCION

El oasis del río Mendoza es un espacio de vida y de agricultura, totalmente artificial, en medio de un desierto. Este oasis, ubicado al pie de Los Andes en la provincia de Mendoza (Región Cuyo) de Argentina, constituye un medio fabricado pieza por pieza por el hombre. Los mendocinos tienen la costumbre de decir que todo árbol y toda planta, a excepción de la jarilla (vegetación natural de este desierto), han sido puestos por la mano del hombre. A partir del río Mendoza, río andino alimentado por la fundición de las nieves y de los glaciares, el agua es desviada y utilizada con fines antrópicos. A excepción de perforaciones provenientes del acuífero subterráneo, más de la mitad del agua del oasis proviene así del río Mendoza. Si se piensa en que la población del Gran Mendoza (Dptos. Capital, Las Heras, Godoy Cruz, Guaymallén, Maipú y Luján) sobrepasa actualmente los 800.000 habitantes, es fácil imaginar los conflictos de usos que actualmente existen y que pueden surgir en el futuro, a partir de esta situación.

Acompañando al río en su camino hacia el oasis desde el valle superior hasta el embalse del Dique Potrerillos, el primer uso es de orden recreativo (rafting, baño, navegación a vela, etc.). Cuando el río se aproxima a la llanura (Blanco Encalada – Luján de Cuyo) encuentra en primer lugar un inmenso complejo petrolero y gasífero. Uno o dos kilómetros más abajo, el río está nuevamente cortado por el Dique Cipolletti que es el derivador del agua de riego para la totalidad del oasis.

Una parte del agua derivada en Cipolletti es tratada para el consumo humano y conducida por una red que abastece prácticamente todo el Gran Mendoza. El resto, circula a través de un particular sistema de acequias a cielo abierto (amplia red que supera los 500 Km), paralela a las calles de la ciudad, abasteciendo a los árboles de las calles –verdadero patrimonio ambiental de Mendoza- a la par que conduciendo el recurso hacia las zonas regadías.

Una parte importante del recurso es desviado hacia la red de riego a través de dos canales principales: el Cacique Guaymallén y el Matriz San Martín. Estos canales tienen como usos predominantes -entre otros- el agrícola (riego de vid, olivo, frutales de carozo y hortalizas) y el industrial, dado que existen en el área numerosas industrias mayoritariamente de base agro-alimentaria y conservera.

Dentro de cada uso, los usuarios son numerosos y cada uno espera del agua que sea de buena calidad. Sin embargo, en la realidad, cada uno produce una importante cantidad y diversidad de desechos los que, vertidos a la red de riego, tienen un solo destino: las áreas de cultivo. Queda entonces claro que la problemática de la calidad del recurso es, ante todo, una problemática agrícola, ya que en la cola del sistema, los agricultores reciben agua contaminada por la ciudad y las industrias.

El Instituto Nacional del Agua (INA) a través del Programa de Riego y Drenaje del Centro Regional Andino (CRA), conjuntamente con la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo, inició en el 2002 un proyecto de investigación, apuntando a evaluar la calidad del recurso hídrico del oasis. En el marco del mismo se han realizado varias campañas de muestreo y –en cada una de ellas- análisis físico-químico-microbiológicos que permiten conocer los contenidos y la evolución de los diversos parámetros analizados.

Paralelamente el Departamento General de Irrigación emprendió una serie de obras de infraestructura tendientes a mejorar la calidad del agua de uso agrícola. Una de ellas fue la impermeabilización del Canal Matriz San Martín, para permitir el acceso de las áreas regadías bajas del río Mendoza a un recurso hídrico de mejor calidad.

Como puede verse en la Figura 1, desde el dique Cipolletti casi toda el agua del río Mendoza es desviada hacia el oasis, vía dos canales principales: el Caci que Guaymallén y el Matriz San Martín. Éste, después de cruzar las Zonas de riego 2 y 3, paralelamente al río Mendoza, abastecía a dichas zonas a través de una red de canales secundarios de orientación sur-norte y cruzaba el río Mendoza para luego abastecer a la 6ta Zona. Los agricultores de la 5ta Zona no tenían canales que vinieran directamente del dique Cipolletti. El agua era vertida al cauce del río Mendoza -aguas abajo de Palmira- y recién después era canalizada un poco antes del punto RIII (Costa de Araujo, Dpto. Lavalle) desde donde se la derivaba al riego de las propiedades de la zona. Sin embargo, el agua no sólo estaba contaminada en parte por los desagües agrícolas de las Zonas 1, 2 y 3 sino que, -además- recibía los ocasionales vertidos de la planta depuradora de residuos cloacales de la ciudad (Establecimiento Paramillos), efluentes que eran volcados al río en el espacio comprendido entre los sitios RII y RIII.

Sabemos que el río Mendoza tiene una buena capacidad de auto-depuración, gracias a sus manchas palustres y sus numerosas ramificaciones. Esta auto-depuración necesita un mínimo de cinco (5) kilómetros, distancia que el río no alcanzaba a recorrer antes de su re-canalización hacia las Zonas 5 y 6. Los agricultores de la Quinta y Sexta Zonas de riego (las zonas más bajas de la cuenca), recibían entonces agua de mala calidad.

La importante obra de impermeabilización del canal Matriz San Martín (5to y 6to Tramos), realizada por el Gobierno de Mendoza con el auxilio de créditos blandos del BID (año 2002), completó la impermeabilización ya existente desde el dique Cipolletti. Esta red de riego, ahora impermeabilizada sin interrupción hasta la cabecera de la 5ta y 6ta Zona, permite hoy a los agricultores disponer de un agua cuya calidad respecto de la salinidad es similar a la que se deriva en R\_I (Dique Cipolletti), con mínimos aportes de residuos urbano-industriales pero -lo más importante- libre de los vertidos de los efluentes cloacales de la planta Paramillos.

## **OBJETIVO**

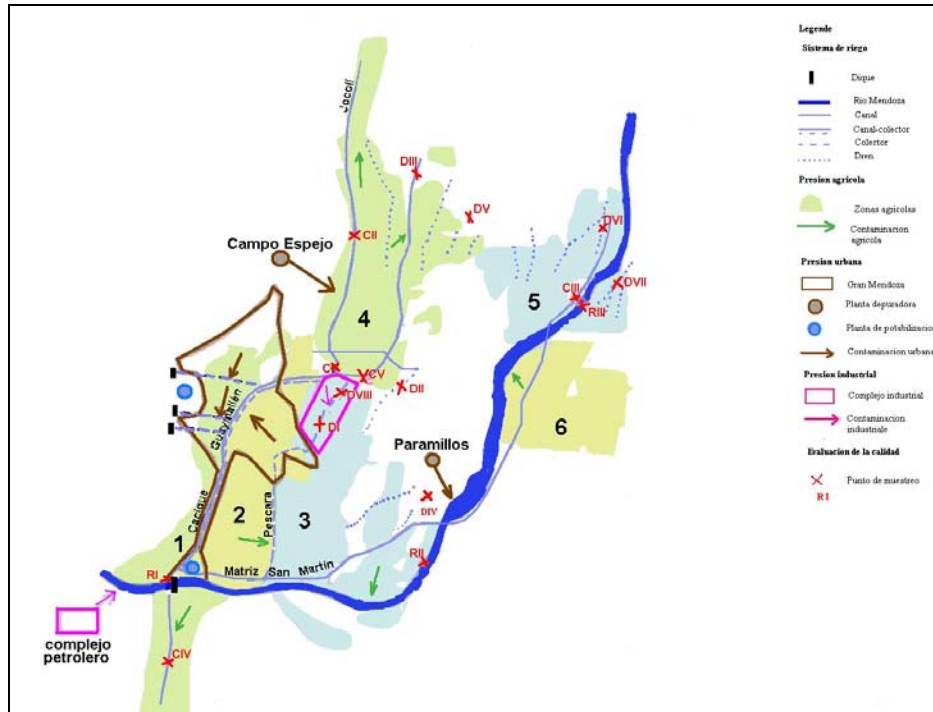
El objetivo del trabajo es evaluar la mejora cualitativa del recurso hídrico que actualmente llega a las áreas bajas del río Mendoza como consecuencia de las obras ejecutadas por el Departamento General de Irrigación (impermeabilización del 5to y 6to tramo del canal San Martín).

La hipótesis planteada en el trabajo es que la calidad del agua que hoy reciben los agricultores de la 5ta y 6ta Zona de riego del río Mendoza ha mejorado significativamente a partir de la obra de impermeabilización del 5to y 6to tramo del canal San Martín.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para conocer la evolución de la calidad del agua en el sistema, fueron seleccionados (georeferenciándolos) varios sitios de muestreo. Los mismos se localizaron a lo largo del río y de la red de canales de riego y drenaje teniendo en cuenta los posibles distintos agentes contaminantes y los lugares de vuelco de los mismos, de modo de obtener representatividad física del problema e

identificación de la contaminación (para facilitar su futuro control). Los puntos de muestreo quedaron limitados –por razones presupuestarias- a 15, distribuidos de la siguiente manera: río (3 = denominados R\_I, R\_II y R\_III), canales de riego (5 = C\_I hasta C\_V) y drenes (8 = D\_I hasta D\_VIII). Así se definieron 16 puntos de muestreo en la totalidad de la zona regadía.



Fuente: E. Lavie, 2006

**Figura 1: El sistema regado y los posibles ingresos de contaminación.**

El punto R\_I que constituye la cabeza del sistema brinda una valiosa información sobre el estado cualitativo del agua a su ingreso al área regadía. (No obstante, el río viene recibiendo antes de este punto ocasionales desechos y contaminantes de los diversos asentamientos poblacionales y turísticos de la zona alta del valle que, en este estudio no han podido ser considerados).

El punto R\_II, ubicado en la salida de las Zonas de riego 1, 2 y 3, recibe -a su vez- desechos de tipo mayoritariamente agrícolas (desagües) y también urbanos, ya que en la zona existen asentamientos marginales -del tipo «villas miserias»- que se instalan cada vez más cerca de este río, casi seco, pensando estar al abrigo de las crecidas y, por supuesto, sin ningún tipo de red de tratamiento de recuperación de los residuos cloacales.

En R\_III, estamos prácticamente a la salida del sistema. Este punto nos permite entonces evaluar la auto-depuración del río Mendoza ya que el mismo suma a su posición terminal ocasionales vuelcos de la planta depuradora “Establecimiento Paramillos”, ubicada aguas abajo de R\_II.

Respecto de la red de canales de riego, el punto C\_I, ubicado sobre el Canal Jocolí, constituye el punto final del Canal Cacique Guaymallén, que atraviesa de norte a sur a la Ciudad de Mendoza. Éste es un canal de doble función: colector pluvial y de aguas urbanas y aductor de agua de riego desde R\_I hasta la 4ta. Zona de riego (Departamento Lavalle). El canal recibe, entre otras, aguas de cuatro principales cauces aluvionales (localmente denominados Zanjones): Maure, Frías, Papagallos y De los Ciruelos (canales de evacuación de las aguas pluviales que sirven de protección de la ciudad frente a las crecidas producidas por las lluvias torrenciales en el pedemonte) y también

de la red de acequias de la ciudad. A éstas se suman las aguas provenientes de los vuelcos domésticos de villas miserias que se asientan sobre sus márgenes (y aún dentro del cauce) y de desagües de las explotaciones agrícolas.

C\_II está aguas abajo de la primera planta depuradora de la ciudad de Mendoza, denominada “Campo Espejo”. Ocasionales vuelcos a la red de riego constituyen un contaminante de origen urbano-cloacal que se añade a lo ya enumerado en CI.

C\_III está ubicado sobre el segundo canal principal, el Matriz San Martín. Hasta hace poco tiempo el agua que hoy es conducida por este canal se volcaba al río Mendoza, aguas abajo de Palmira (R\_II) y luego era derivada para regar la 5ta Zona. La reciente construcción del Quinto y Sexto tramo del canal San Martín (año 2002) lo ha transformado en un canal totalmente impermeabilizado (desde su nacimiento) por lo que es dado suponer que la calidad del agua en este punto no debería evidenciar contaminación ni diferenciarse mucho de la calidad del punto origen (R\_I).

C\_IV es un punto ubicado sobre la margen derecha del río Mendoza y riega parte de la 1era Zona. Aparentemente sólo recibiría aportes de desagües de la agricultura regadía y del crecimiento demográfico de las ciudades y pueblos de los alrededores.

Por último C\_V, ubicado sobre el canal Auxiliar Tulumaya, se encuentra ubicado de modo tal que recibe todos los aportes aguas abajo de C\_I (Cacique Guaymallén) siendo colector de desagües agrícolas y de vertientes, de efluentes urbanos y -muy especialmente- de efluentes industriales del Canal Pescara (D\_I y D\_VIII). Esta es el agua con la que se riega una gran parte de la 4ta. Zona.

Respecto de la red de drenaje ubicada en el área de influencia del río Mendoza, exceptuando los puntos D\_I y D\_VIII, ubicados sobre el Canal Pescara, los puntos D\_II, D\_III, D\_IV, D\_V, D\_VI, y D\_VII, son drenes agrícolas, construidos para evacuar los desagües y drenajes sub-superficiales de riego de las zonas bajas y muy salinizadas hacia el desierto, muy cercano. La medición de la calidad de sus aguas nos indica el estado del agua en la salida del sistema regado, especialmente en lo referido a las Zonas 3, 4 y 5.

Se ha logrado conformar hasta el momento un interesante banco de parámetros hidro-químicos (bastante numerosos), físico-químicos y bacteriológicos. Para estos últimos se eligió como parámetros indicadores a las bacterias aerobias mesófilas, y a las coliformes fecales y totales. Entre los parámetros físico-químicos, se analizan los SES, los sólidos sedimentarios en 10 min., los sólidos totales, fijos y volátiles.

Los parámetros químicos incluyen la demanda química de oxígeno (DQO), la salinidad a través de la conductividad eléctrica (CE), la temperatura, el oxígeno disuelto, el pH, los nitratos, fosfatos, sodio, potasio, calcio, magnesio, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, y metales pesados (cromo, cinc, cadmio, plomo, cobre).

La frecuencia media de muestreo es mensual teniéndose un registro de valores mensuales desde febrero del 2003 hasta el presente. No obstante, existen algunos vacíos: un par de veces por año no hay agua en la red (junio/julio) pues el sistema está cortado para que los agricultores y/o el DGI realicen las tareas de limpieza de los cauces (“cupos”). Éstas son obligatorias y coinciden con el receso vegetativo invernal. Tampoco se extrae agua en el mes de enero pues coincide con la época de vacaciones de verano, en la que no hay posibilidades de hacer los análisis (se hacen en los Laboratorios de la Facultad de Ciencias Agrarias). Por último, existe un período de 6 meses sin

datos en el primer semestre de 2004 que se debió a la finalización de un Proyecto (y subsidio) y el inicio de otro, actualmente en vigencia.

Se realizó el análisis estadístico de los datos de calidad de agua obtenidos antes y después de la obra de impermeabilización. La variable respuesta analizada es la salinidad del agua según sitio y momento del muestreo. Se calculó la media aritmética y la desviación estándar y se graficó la evolución temporal de la misma variable según el sitio de muestreo.

Se aplicó análisis de la varianza de efectos fijos para encontrar posibles diferencias entre momentos y sitios de muestreo:

Hipótesis:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t$  Todas las medias son iguales

$H_1: \mu_i \neq \mu_k$  Al menos una de las medias es distinta del resto

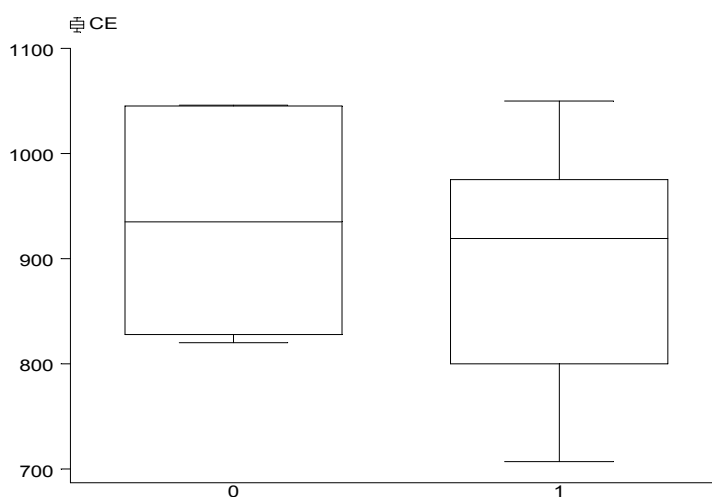
Si el estadígrafo  $F$  resulta significativo para  $\alpha=0,05$ , se aplica la prueba de comparaciones Tukey con  $\alpha=0,05$ .

## RESULTADOS

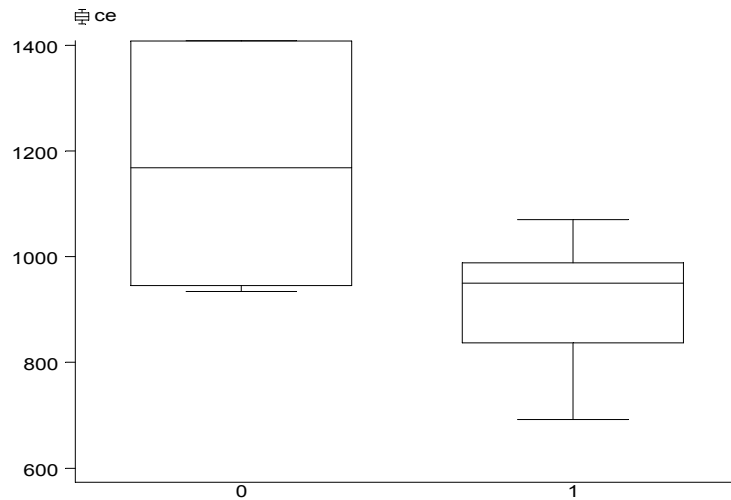
En la tabla 1 y en las figuras 2 a 4 se observa que la salinidad del agua se ha mantenido constante en el río y ha disminuido sensiblemente en el punto C\_III ubicado sobre el canal San Martín a partir de la impermeabilización del mismo. Además, una vez impermeabilizado el punto C\_III, la calidad del agua en éste es muy similar a la de R\_I.

**Tabla 1: Descripción de la conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) del agua según sitio y momento de muestreo**

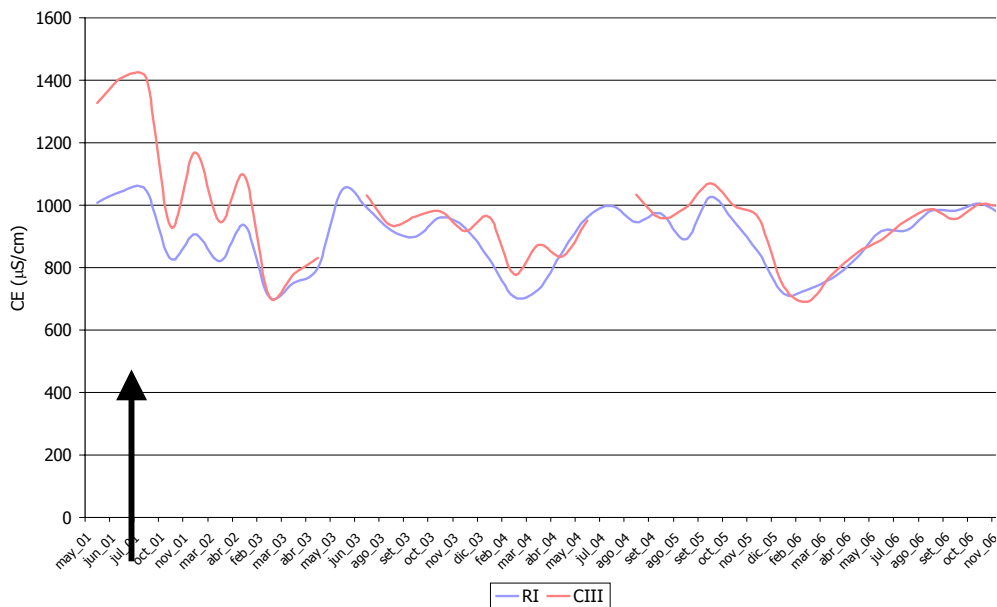
Sitio	Estadígrafo ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Momento de muestreo	
		Antes	Después
R_I	Media	941	888
	Desv. Est.	96	105
C_III	Media	1183	910
	Desv. Est.	204	103



**Figura 2: Diagrama de caja de conductividad eléctrica de R\_I según momento de muestreo (0=antes, 1=después)**



**Figura 3: Diagrama de caja de conductividad eléctrica de C\_III según momento de muestreo (0=antes, 1=después)**



**Figura 4: Evolución temporal de la conductividad eléctrica según sitio de muestreo. (La flecha indica el antes y después de la obra)**

El análisis de la varianza arroja que no existen diferencias significativas en la salinidad del agua del río antes y después de la obra de impermeabilización. Sí existen diferencias significativas en la salinidad del C\_III (antes-después) y también si se compara el antes del C\_III respecto a los dos momentos del R\_I.

**Tabla 2: Prueba de comparaciones de Tukey**

Tratamientos		CE
Tiempo	Sitio	
antes	RI	941 a
después	RI	888 a
antes	CIII	1183 b
después	CIII	910 a

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

## CONCLUSIÓN GENERAL

La impermeabilización del Canal San Martín (5to y 6to tramos) mejora la calidad del agua superficial que llega a las Zonas 5 y 6, es decir que –actualmente- en la cuenca del río Mendoza el abastecimiento de las Zonas 1, 2, 3, 5 y 6 desde el dique Cipolletti está asegurando a los usuarios la recepción de agua de buena calidad, si se considera la variable salinidad.

En este oasis, donde las necesidades de agua aumentan rápidamente (Salomón, Prat, 2004), es indispensable manejar el recurso con cuidado. Bajo esta perspectiva, la impermeabilización del Matriz San Martín resultó una alternativa válida a la limitación que supone la existencia de pérdidas cuali-cuantitativas de rendimientos a causa de la salinidad del agua de riego (aumento de la eficiencia potencial).

Sería interesante la realización -paralelamente a los resultados hidro-químicos obtenidos hasta el momento- de un estudio económico integral que contemple la evaluación de las consecuencias medio-ambientales, financieras y sobre la calidad de vida de los mendocinos en relación a la obra estudiada. A no dudar, el costo del mejoramiento de la calidad de vida o del medio ambiente sería muy alto. Sin embargo, no pasaría lo mismo si se pudiera medir el beneficio sobre el aumento de los rendimientos agrícolas, las consecuencias de una mejor calidad de los productos sobre los precios y sobre la revalorización de los inmuebles situados en las cercanías de los canales y colectores.

Argentina, como ha sido dicho, está saliendo de una crisis económica grande y busca por todos los medios desarrollarse. Es por esto que los poderes públicos no pueden permitirse una política agresiva de obligatoriedad destinada a que el sector industrial invierta en el corto plazo en tecnologías respetuosas del medio ambiente, bajo pena de asfixiarlas o de obligarlas a cerrar. Es en este contexto socio-económico difícil (especialmente los últimos 5-6 años) que se han agudizado numerosos conflictos de uso del recurso hídrico relacionados tanto a su escasez (uso cuantitativo) como a su calidad (uso cualitativo).

Si se toma el ejemplo de la 4ta Zona de riego, los agricultores ubicados en el oeste de la misma reciben aguas del Canal Jocolí y los situados al este, aguas del Auxiliar Tulumaya. En los dos casos, este agua proviene originariamente del Canal Cacique Guaymallén que está contaminado por la ciudad (basuras, asentamientos marginales sin servicios de red cloacal, etc.) pero -además de este tipo de contaminación- el Canal Jocolí recibe ocasionales vuelcos provenientes de la planta depuradora de Campo Espejo y el Auxiliar Tulumaya una muy importante contaminación de su afluente, el Colector Pescara. Imaginemos así los conflictos de uso entre ciudadanos vs agricultores y agricultores vs industriales que resultan de este situación.

Es en este ámbito de conflictos de uso en una determinada Zona de riego con probabilidades de mejorar la calidad del recurso y obtener mayor rendimiento por metro cúbico de agua empleada asegurando la calidad final de productos agrícolas de alta demanda (cinturón verde del Gran Mendoza), que el INA debería alertar a los poderes públicos a través de la difusión de los resultados de sus investigaciones.



## BIBLIOGRAFÍA

- Chambouleyron, J. et al.** (1982) Evaluación y optimización de uso del agua en grandes redes de riego . Roma, INCyTH-IILA, 176p.
- Departamento General de Irrigación.** (1977). Descripción preliminar de la Cuenca del Río Mendoza. DGI, Mendoza, 111p. + anexos.
- Departamento General de Irrigación** (1999). Plan hídrico para la Provincia de Mendoza. Documento de avance. DGI, Mendoza.
- Lavie E.** (2006). Impactos de las obras humanas sobre la mejora de la calidad del agua en el oasis regadío del río Mendoza. Informe de beca en el INA-CRA. Mendoza – Argentina.
- Miguel, Gérard ; Revol, Henri.** *La qualité de l'eau et de l'assainissement* en France. Paris, RAPPORT 215 tome 2 – Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. (2002-2003). [documento Internet].
- Morábito, J. A.**(1977) Introducción al Riego. El riego en el mundo, Argentina y Mendoza. INA, Mendoza,1997. 37 p.
- Morábito, J. A.**(2003) Desempeño del riego por superficie en el área de riego del río Mendoza. Tesis de Maestría. INA, UNC/FCA, Mendoza,. 91 p.
- Morábito, J. A.** (2004) Informe de avance, proyecto « eficiencia de riego y evaluación de la calidad del agua en el área regadía del río Mendoza. Recomendaciones para un aprovechamiento racional y sustentable. INA, Mendoza, 2004.
- Morábito, J. A. et al.** (2005) *Calidad del agua en el área regadía del río Mendoza (Argentina)*. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Tomo XXXVII. Mendoza, UNC, pp. 1-24.
- ProDIA, Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Mendoza.** Colector Pescara, la solución definitiva. Prospectus. Sin fecha (cerco de 2003).
- Rauek, T. et al.** Saneamiento del colector Pescara. Sistema centralizado de reuso en riego de efluentes líquidos agroindustriales. DGI, MAOP, Mendoza, sin fecha, 15 p.
- Salomón, J. N.; M. C. Prat, Dir.** (2004) *El piedemonte andino argentino: medioambiente, riesgos y expectativas* . Numero especial de la revista : Travaux du LGPA. Burdeos, 2003. 229 p.