

¹INDICADORES QUÍMICO-MICROBIOLÓGICOS DE CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RÍO TUNUYÁN SUPERIOR (MENDOZA, ARGENTINA)

Morábito J.¹⁻², S. Salatino ², R. Medina ¹, S. Miralles ¹, C. Dediol ¹, N. Nacif ¹, L. Mastrantonio ¹, N. Ortíz ¹, V. Burgos ²

¹ *Facultad de Ciencias Agrarias – UNCuyo, Alte. Brown 500- Chacras de Coria – Luján de Cuyo, Mendoza.*

² *Instituto Nacional del Agua (INA) – Centro Regional Andino (CRA). Belgrano 210 – Oeste – 5500, Mendoza.*

jmorabito@ina.gov.ar

RESUMEN

La importancia económica actual del área de estudio (54.000 ha regadías, grandes inversiones, moderna viticultura para vinos de exportación de variedades emblemáticas como Malbec), obliga al conocimiento y permanente control de la calidad del agua del río Tunuyán superior para vigilar la sostenibilidad del modelo productivo de ambas cuencas. Criterios internacionales aconsejan establecer *indicadores de desempeño* que faciliten a los encargados de la administración del recurso hídrico una rápida toma de decisiones. Los indicadores químico-microbiológicos aquí seleccionados surgen como cocientes entre los valores de las variables consideradas respecto de los valores límite de la normativa vigente (el Departamento General de Irrigación de Mendoza, a través de la Resolución 778/96 establece dos (2) límites: “*máximo permitido*” y “*máximo tolerable*” para el vertido directo e indirecto a los cuerpos receptores) permitiendo el análisis espacio-temporal de la evolución de la calidad del agua de riego. Mediante GIS y utilizando Arc View se obtuvo, para cada uno de los seis (6) sitios de muestreo de la cuenca (cuatro de ingreso y dos de egreso) un diagrama de barras que permite, de un rápido vistazo, saber en qué momento se registra un pico de contaminación y su importancia, facilitando una inmediata respuesta de mitigación y/o control. Los muestreos fueron mensuales, acompañados del aforo y/o estimación del caudal pasante y el análisis en laboratorio de los distintos parámetros respondió a la metodología propuesta por Standard Methods: AWWA, WPCF APHA, 1992. Las variables analizadas en este estudio fueron: DQO, sólidos en suspensión, sedimentables (10 minutos y 2 horas) y totales (fijos y volátiles), bacterias aerobias mesófilas y coliformes (totales y fecales). De los resultados obtenidos se destacan los sólidos sedimentables 10' con altos contenidos de los sitios Dique Valle de Uco y Costa Anzorena y la disminución - por debajo de los límites exigidos- de los valores de DQO. Las variables microbiológicas presentan -en general- una alta variabilidad y los valores de coliformes fecales registrados respectivamente en Costa Anzorena y Dique Tiburcio Benegas (antes y después del embalse El Carrizal), superan los valores máximos permitidos y tolerados sugeridos por la normativa provincial vigente.

Palabras clave: contaminación, polución, riego, recurso hídrico.

ANTECEDENTES E INTRODUCCIÓN

Este estudio se inscribe en la línea de investigación de calidad de uso del recurso hídrico en la provincia de Mendoza que el mismo equipo de investigación desarrolla desde 1999. La elección del oasis regadío del río Tunuyán superior como área de estudio se fundamenta en la enorme importancia económica actual del área de estudio (moderna viticultura, variedades emblemáticas, grandes inversiones foráneas asociadas con capitales locales, etc.) y en la constante expansión de su superficie cultivada. El modelo de cultivo adoptado (viticultura y fruticultura de calidad) con la incorporación de tecnologías de avanzada (sistemas de riego presurizado localizado) está básicamente asociado a la explotación del agua subterránea. Esto obliga -a aquellos preocupados por un uso racional del agua- al conocimiento y permanente control de su calidad atendiendo a la sostenibilidad de los modelos productivos no sólo de la cuenca alta sino del oasis inferior del río Tunuyán. En efecto, aquél da

¹ Presentado al CLICAP 2012 - San Rafael - Mendoza

origen a dos subcuencas separadas por el dique de embalse El Carrizal (360 hm³): la superior, con 54.000 ha en el denominado Valle de Uco y la inferior, con 80.000 ha, en el este provincial (departamentos San Martín, Rivadavia y Junín, entre otros). El Departamento General de Irrigación (DGI) deriva para el oasis superior sólo el 17 % del caudal del río (30.6 m³ s⁻¹) mientras que el resto se aprovecha en el oasis inferior. El panorama del uso de los recursos hídricos en la zona se hace más complejo si se tiene en cuenta las 2.500 perforaciones existentes en la zona alta para extraer agua subterránea de los acuíferos profundos. Estudios anteriores (Chambouleyron et al, 2002) muestran una tendencia progresiva al aumento de la salinización del agua (1.4 dS.m⁻¹) y de los suelos de la cuenca inferior como consecuencia de la fuerte expansión de la subcuenca superior.

Desde el punto de vista de la calidad, el proceso de seguimiento y evaluación en un determinado sistema regadío es universal y está relacionado con la protección de la salud y los factores socioeconómicos de la población. Día a día se toma -a nivel de país- mayor conciencia de la necesidad de obtener datos de calidad de agua para evaluar sus impactos y diseñar su uso con el fin de satisfacer las crecientes demandas de cantidad y calidad del recurso (UNESCO, 2006). En Argentina el riego representa el 70 % del agua extraída de las diferentes fuentes y su eficiencia global de uso es inferior al 40 %. Por su parte, en la provincia de Mendoza la agricultura es la mayor demandante del recurso agua, compitiendo con los otros usos (consumo humano, industrial y energético). Esta demanda puede transformarse en una limitante para el desarrollo y exige a los responsables de la administración del agua de riego extremar las medidas que permitan conservar su actual calidad físico-química-microbiológica y preservar su calidad futura. La actividad antropogénica derivada del crecimiento del “oasis centro” no sólo utiliza el recurso disminuyendo el caudal disponible aguas abajo sino que le aporta un gran número de contaminantes químicos (sales, fertilizantes, plaguicidas, metales pesados) y microbiológicos (bacterias). Para que la sustentabilidad del sistema no sea puesta en riesgo es necesario planificar una estrategia de monitoreo continuo de la evolución de la calidad del agua sobre la base de la selección de puntos críticos de contaminación, identificar posibles fuentes (puntuales y no puntuales) y elaborar políticas de supresión o mitigación de los impactos negativos de la misma. Criterios internacionales aconsejan establecer indicadores de desempeño que faciliten a los encargados de la administración del recurso hídrico una rápida toma de decisiones. Los indicadores químico-microbiológicos aquí seleccionados surgen como cocientes entre los valores de las variables consideradas respecto de los valores límite de la normativa vigente (el Departamento General de Irrigación de Mendoza, a través de la Resolución 778/96 establece dos (2) límites: “máximo permitido” y “máximo tolerable” para el vertido directo e indirecto a los cuerpos receptores) permitiendo el análisis espacio-temporal de la evolución de la calidad del agua de riego. Por razones de espacio, en este trabajo se hace referencia sólo a los indicadores físico-químico-microbiológicos: sólidos sedimentables 10 minutos (compactados) y 2 horas, DQO y coliformes fecales.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Partiendo de la hipótesis de un paulatino desmejoramiento de la calidad del agua de la sub-cuenca alta (arroyos aportantes y río Tunuyán en Valle de Uco) respecto al punto de salida del oasis y de entrada a la sub-cuenca inferior (río en Costa Anzorena) y del lógico deterioro temporal de la calidad en los últimos diez años, los objetivos del presente trabajo son: (a) aportar mediante el uso de indicadores una herramienta que permita una rápida respuesta de parte de los administradores del agua frente a las variaciones espacio-temporales de calidad (b) identificar posibles causas u orígenes de la misma y (c) contribuir a la actualización de una base convenientemente sistematizada de datos de calidad físico-química-microbiológica del agua. Razones de espacio llevan a presentar aquí sólo indicadores químico-microbiológicos de calidad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la obtención de los indicadores se partió de una base de datos (Morábito et al, 2010) con registros de cada uno de los seis (6) puntos de muestreo estratégicamente seleccionados en el área de estudio (Fig. 1): tres de ingreso a la cuenca: LT (Dique Las Tunas), VU (Dique Valle de Uco) y A (Arroyo Aguanda) en la localidad de Paso de las Carretas y tres de egreso: Y (Dique Yaucha), CA (Costa Anzorena) y TB (Dique Tiburcio Benegas). Los indicadores analizados fueron *físicos* (sólidos en suspensión (ISS), sólidos sedimentables compactados (ISSC)) y *biológicos* (oxígeno disuelto IOD, demanda química de oxígeno (IDQO) y coliformes fecales (If). Se obtuvieron dividiendo *el valor medio obtenido para cada variable por el valor de los límites máximo permitido y máximo tolerado* para el vertido de agua directo e indirecto a los cuerpos, exigidos por la normativa vigente en la provincia (Resolución 778/96 del Departamento General de Irrigación, DGI). Los indicadores, tomados de Excel de modo gráfico se insertaron como vínculo en el mapa base del área de estudio, utilizando ArcGIS, permitiendo analizar espacialmente la evolución temporal de cada variable. Se confeccionaron mapas para cada uno de los indicadores seleccionados en los que pueden verse -en correspondencia con los sitios de muestreo previamente georeferenciados- distintos gráficos que muestran *la variación temporal* (diagrama de barras azules) y los *límites máximos permitidos y tolerados* (líneas de color rojo).

RESULTADOS

La figura 1 muestra los sitios de muestreo seleccionados, el Dique El Carrizal que separa las dos sub-cuencas, la ubicación relativa del oasis Centro y la parte Este del oasis Norte con las principales ciudades que en ellos se asientan. A continuación se presentan los indicadores obtenidos para el área de estudio en base a los siguientes parámetros analizados:

- Sólidos en suspensión y Sedimentables compactados: obtenidos por sedimentación en cono de Imhoff en un tiempo prefijado: 2 horas para los *sólidos en suspensión* ó 10 minutos *para los sólidos sedimentables compactados*. En grandes concentraciones pueden ocasionar efectos negativos o no deseables como la reducción de la fotosíntesis del ecosistema acuático, la destrucción o modificación de los sitios de alimentación y desove de peces, el relleno de lagos, estanques, embalses artificiales, la obstrucción de canales de riego, etc.

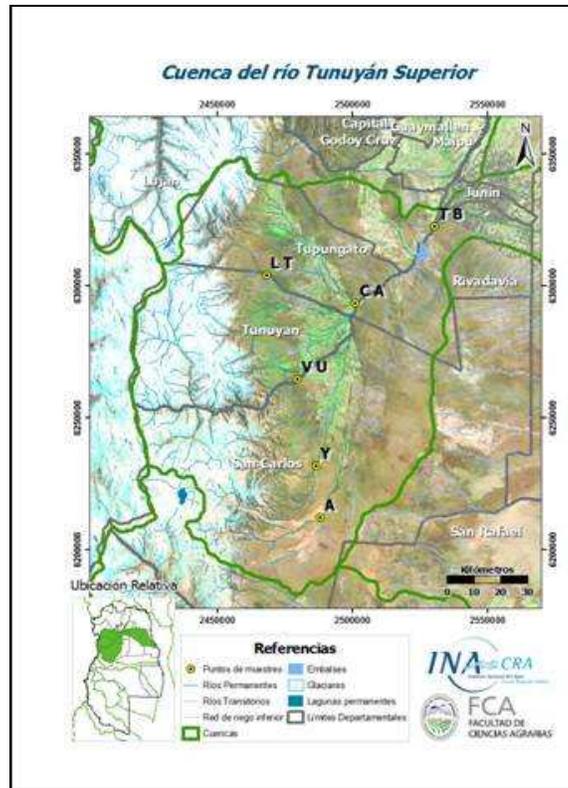
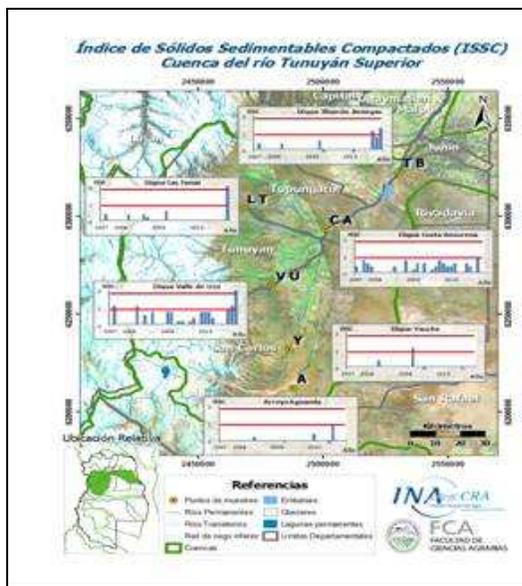
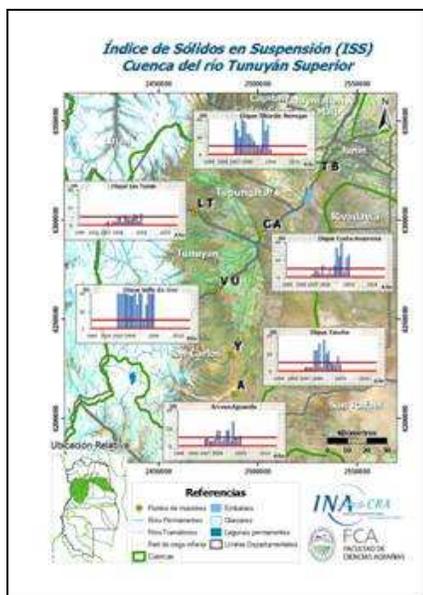


Fig. 1: Ubicación de los puntos de muestreo en el área de estudio

Como puede verse en la figura 2, en todos los puntos de muestreo, se observa un alto nivel de sólidos sedimentables en suspensión (*el valor cero corresponde a ausencia de datos*). Los mayores registros se encuentran en VU (altas pendientes y tipo de suelo) y en TB (podría atribuirse a los sucesivos vuelcos de caudal desde el embalse El Carrizal al lecho del río causados por las turbinas de hidrogenación (Morábito et al., 2011). Si se comparan los valores del indicador ISS entre los sitios VU y CA se observa una notable disminución de sólidos en suspensión que podría atribuirse a la brusca disminución de la pendiente topográfica entre esos dos sitios facilitando el depósito de los mismos. También respecto del ISSC (figura 3), pueden observarse valores más altos entre VU y CA, probablemente ocasionados por los altos caudales registrados durante los muestreos en esos lugares (Morábito et al., 2011) y -en el caso de VU- por la topografía del lugar (fuertes pendientes). Por el contrario, los valores de ISSC obtenidos en TB son bastante menores ya que el material en suspensión que decanta antes de los 10 minutos queda retenido en el Embalse El Carrizal.

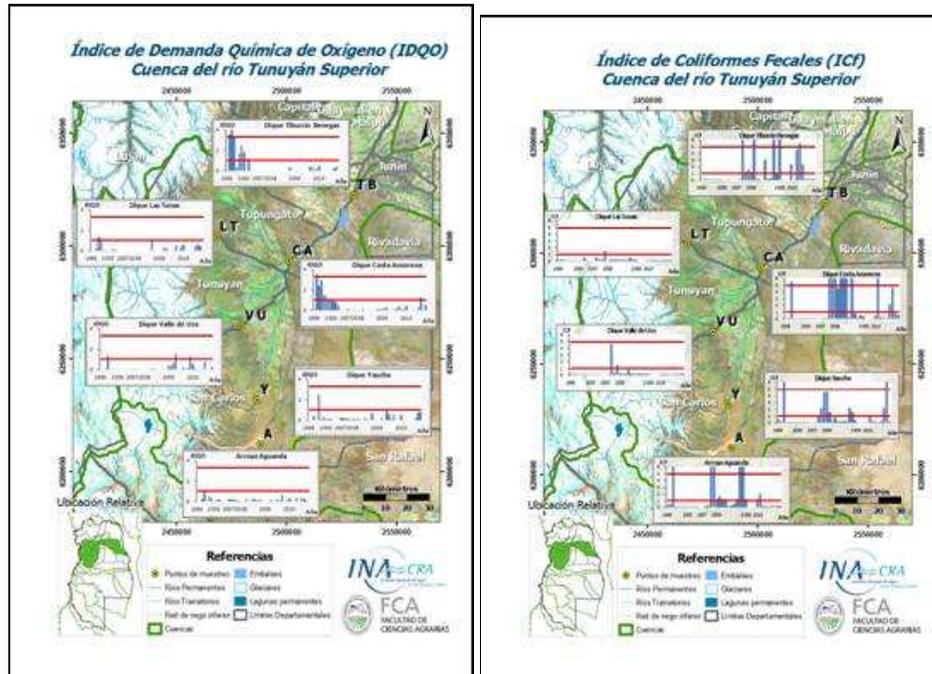


Figuras 2 y 3: Valores temporales de ISS y ISSC para los distintos sitios de muestreo

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** su determinación permite estimar la cantidad de materia oxidable presente en el agua, tanto de origen orgánico como mineral. A partir de la DQO se puede inferir contaminación por vertido de aguas residuales domésticas, estiércol, residuos alimenticios y/o residuos industriales. Altos valores de DQO en el agua se corresponden con la existencia de patógenos, malos olores y condiciones de eutrofización del ecosistema acuático (con la consecuente muerte de sus organismos). La figura 4 está indicando que -en general- los lugares de muestreo que se encuentran aguas arriba de la zona agrícola, urbana e industrial (VU, A, Y y LT) presentan valores de IDQO menores a 1 (con muy pocas excepciones). Por otro lado, los valores de DQO registrados en los sitios CA y TB -que en la campaña del año 1999 fueron muy superiores a los valores máximos permitidos e incluso, a veces, superiores a los máximos tolerados, actualmente nunca superaron el límite máximo permitido (con una sola excepción en CA). Este cambio puede deberse a continuas mejoras de los procesos operativos en la planta de tratamiento de efluentes urbanos de la ciudad de Tunuyán o al aumento del caudal del río entre los años 2007 y 2009. Desafortunadamente los resultados obtenidos en el índice de coliformes fecales (ICf) no acompañan esta tendencia.

- **Coliformes fecales:** son los indicadores más adecuados para detectar la presencia de contaminación antrópica de origen fecal. La Resolución 778/96 del DGI establece como máximo permitido un número más probable (NMP) de 200 células cada 100 ml de agua (200 NMP % ml-1) y tolera hasta 1000 (NMP % ml-1). La normativa no autoriza el mezclado de líquidos cloacales con residuales y establece valores más estrictos para aquellos casos en que el agua se utilice para bebida. En todos los casos, se encontró presencia de coliformes fecales (*el valor cero corresponde a la falta de muestra*). Los resultados obtenidos (figura 5) indican que sólo los sitios LT y VU, de muy baja actividad antrópica, poseen niveles de contaminación inferiores a la normativa (con excepciones entre 2007/08). En los sitios Y y A -contrariamente a lo que pasa con la mayoría de los otros parámetros analizados- el índice fue superior, en numerosos muestreos, al del valor máximo permitido. En la zona baja de la cuenca la situación no es mucho mejor: los altos valores registrados en el sitio CA se originan

en vuelcos ocasionales de la planta de tratamiento de efluentes urbanos, situada entre los sitios de muestreo VU y CA, en la margen izquierda del río. El índice ICf disminuye en TB respecto de CA por lo que se infiere que el embalse podría estar funcionando como una laguna de estabilización /oxidación.



Figuras 4 y 5: variación temporal del IDQO e ICf en los distintos sitios de muestreo

CONCLUSIONES

En el futuro debe ponerse énfasis en la profundización del estudio de las causas de los elevados índices de sólidos en suspensión (*ISS e ISSC*) y coliformes fecales para poder llevar a cabo en forma racional la aplicación de las necesarias medidas correctoras. En ese sentido sería aconsejable un manejo más racional de la cuenca (menor sobre-pastoreo, corrección de torrentes, etc.). La actual disminución del *IDQO* resulta un aliciente para continuar en la tarea de implementar un manejo operativo racional de los vertidos al cuerpo del río.

El monitoreo y control de los indicadores de calidad del agua en una zona como la del área del estudio constituye una herramienta de gran utilidad para la toma de decisiones de los encargados de la administración del agua. Su continuidad y perfeccionamiento permitirá el mantenimiento de los actuales niveles de calidad del recurso hídrico y será garante de sostenibilidad para el desarrollo armónico del actual modelo agrícola

BIBLIOGRAFÍA

- APHA-AWWA-WPCF. (1992). Métodos normalizados para el análisis de agua potables y residuales. Ediciones Días de Santos, SA. XVII edición.
- Chambouleyron J.; Salatino, S.; Drovandi, A.; Filippini, M.; Medina, R.; Zimmermann, M.; Nacif, N.; Dediol, C.; Camargo, A.; Campos, S.; Genovese, D.; Bustos, R.; Marre, M. y Antonioli, E. (2002). Conflictos ambientales en tierras regadías. Evaluación de impactos en la cuenca del río Tunuyán, Mendoza, Argentina. Primera edición. UNCuyo- FONCYT-INA. Mendoza, Argentina
- Bermejillo, A. (2010). El aprovechamiento del agua en el cinturón verde de la provincia de Mendoza: análisis de la calidad hídrica e impacto ambiental. Plataforma de información para políticas públicas (PiPP). Disponible en <http://politicaspublicas.uncu.edu.ar/articulos/index/el-aprovechamiento-del-agua-en-el-cinturon-verde-de-la-provincia-de-mendoza-analisis-de-la-calidad-hidrica-e-impacto-ambiental->. Consulta: 4/10/2011
- Delgado, C.; Fall, E.; Quentin, M.; Jiménez M. y otros. (2003). Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. Capítulo 20. Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua (RIPDA-CYTED) y Centro Interamericano de Recursos del Agua, Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México (CIRA-UAEM). Libro Digital, disponible en <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/index.html>. Consulta: 4/10/2011.
- Departamento General de Irrigación (DGI) (1996). Reglamento general para el control de contaminación hídrica - Resolución 778. Mendoza, Argentina.
- Departamento General de Irrigación (DGI) (2004). Plan Director de Ordenamiento de Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Tunuyán. Gobierno de Mendoza, DGI, Proyecto PNUD-FAO/ARG/00/08. 119 p.
- Morábito, J.; Salatino S.; Medina R.; Zimmermann M.; Filippini, M.; Bermejillo, A.; Nacif, N.; Campos, S.; Dediol, C.; Genovese, D.; Pizzuolo, P y Mastrantonio, L. (2005) Calidad del agua en el área regadía del río Mendoza, Argentina. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. UNCUIYO. Vol. 37, no. 1, p. 1-23.
- Morábito, J.; Salatino, S.; Filippini, M.; Bermejillo, A.; Valdés, A. y Abaurre, V. (2008). Indicadores físico químicos de desempeño ambiental: área regadía del río Mendoza, Argentina (Primera Parte) II Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento integral del Agua. Universidad Nacional de Córdoba y Fundación PRODTI. 5 al 7 de Noviembre. Córdoba, Argentina.
- Morábito, J.; Salatino, S.; Bermejillo, A.; Filippini, M.; Nacif, N.; Campos, S.; Dediol, C.; Medina, R.; Genovese, D.; Mastrantonio, L. y Stocco, A. (2011) Contaminación antrópica en el río Tunuyán, Mendoza, Argentina. Tendencias y escenarios futuros. XVI Congreso Nacional de Irrigación "La agricultura de riego ante el cambio climático global", 6-9 de setiembre, Culiacán, Sinaloa, México.
- UNESCO. 2006. 2º Informe de la ONU sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo