



## **CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO: SITUACIÓN HISTÓRICA Y ACTUAL DEL RÍO COLORADO (COMUNICACIÓN BREVE)**

*Maria Luján Masseroni<sup>1</sup>*  
*Carolina Manuela Aumassanne<sup>1</sup>*  
*Paolo Daniel Sartor<sup>1</sup>*  
*Carlos Damian Zamora<sup>1</sup>*  
*Dardo Roy Fontanella<sup>1</sup>*

(Manuscrito recibido el 19 de julio de 2018, en versión final 9 de noviembre de 2018)

### **Para citar este documento**

Masseroni, M. L., Aumassanne, C. M., Sartor, P.D., Zamora, C.D. & Fontanella, D.R. (2018). Calidad del agua para riego: situación histórica y actual del río Colorado. *Boletín geográfico*, 40 (2), 44-53.

### **Resumen**

La calidad del agua para riego está condicionada por las sales (cantidad y tipo) y sedimentos que la constituyen. Las características del agua destinada al riego influyen en las propiedades edáficas, el rendimiento de los cultivos, las obras del sistema de riego y el funcionamiento de los equipos de riego presurizados.

El objetivo de este trabajo fue comparar los datos actuales (2014-2017) y los de la serie histórica (1969-2007) de conductividad eléctrica (CE), total de sólidos disueltos (TSD) y pH en el Sistema de Aprovechamiento Múltiple del Río Colorado en 25 de Mayo (La Pampa). Estos parámetros se determinaron de forma periódica, en el canal matriz, el cual conduce el agua a la zona de regadío de 25 de Mayo. Se analizó el comportamiento anual e interanual de los parámetros en este período respecto a los valores medios mensuales de la serie histórica que pertenecen al Ente Provincial del Río Colorado (Gobierno de La Pampa).

Los resultados analizados indican que la CE y el TSD medio mensual de los últimos tres años son superiores al promedio histórico mensual. El pH resultó superior al promedio histórico mensual durante el año 2014, a excepción de los meses de noviembre y diciembre. En 2015 y 2016 los valores registrados fueron inferiores a los históricos. Del análisis de los cambios observados se infiere que el aumento de la

---

<sup>1</sup> Agencia de Extensión Rural –INTA- 25 de Mayo, La Pampa. Estación Experimental Anguil. General Pico, 720. CP: 8201 \*masseroni.maria@inta.gob.ar

salinidad (CE y TSD) es debido, principalmente, a la disminución del caudal que se viene registrando en los últimos años.

**Palabras clave:** riego, caudal, conductividad eléctrica, pH

## **WATER QUALITY FOR IRRIGATION: HISTORICAL AND CURRENT SITUATION OF THE COLORADO RIVER**

### **Abstract**

The quality of water for irrigations is conditioned by salt (amount and type) and the sediment it has. The characteristics of the water destined for irrigation influence the edaphic properties, the yield of the crops, the infrastructure of the irrigation systems and the durability of pressurized irrigation systems.

The objective of this work was to compare the current data (2014-2017) and those from the historical series (1969-2007) of electrical conductivity (CE), total dissolved solids (TSD) and pH in the Multiple Use System of the Colorado River in 25 de Mayo (La Pampa). These parameters were periodically determined, on the matrix channel, which leads the water to the irrigated area of 25 de Mayo. The annual and inter annual behavior of the parameters in this period was analyzed regarding the monthly average values of the historical series that belong to the Ente Provincial del Río Colorado (Government of La Pampa).

The analyzed results indicate that the monthly average of the EC and TSD of the last four years are higher than the monthly historical average. The pH was higher than the monthly historical average during 2014, except for the months of November and December. In 2015 and 2016, the registered values were lower than the historical ones. The changes of the analyzed results, specifically the salinity (EC and TSD), could be due mainly to the decrease in the flow that has been registered in the last years.

**Keywords:** irrigation, flow, electrical conductivity, pH

### **Introducción**

En las zonas áridas y semiáridas, la vida y la economía giran en torno a la disponibilidad de agua en cantidad y una calidad que permita la sustentabilidad de un modelo agrícola determinado (Morábito et al., 2007). La calidad del agua para riego está condicionada por las sales (cantidad y tipo) y sedimentos que la constituyen. Es de suma importancia conocer sus características, ya que influye en las propiedades edáficas, aumentando su salinidad y, en consecuencia, afectando el rendimiento de los cultivos. En este sentido, la tolerancia a la sal es un rasgo agrónomicamente importante que está recibiendo cada vez más atención entre los diferentes grupos de investigación en el mundo. Por otra parte, los sedimentos arrastrados por el agua

obstruyen las obras del sistema de riego y el funcionamiento de los equipos de riego presurizados (aspersores y bombas), lo que conlleva a una disminución de la vida útil de estos sistemas, asociado a una pérdida económica para el productor y los entes administradores del agua.

La agricultura bajo riego ha incrementado la extensión de áreas salinizadas en el mundo al expandirse permanentemente, con el desarrollo de grandes proyectos hidrológicos que han provocado cambios en el balance de agua y sales de los sistemas hidrogeológicos. La proporción de suelos afectados por salinidad se cifra en un 10% del total mundial, y se estima que entre 25 y 50 % de las zonas de regadío están salinizadas (Rhoades, Kandiah & Mashali, 1992). Los suelos de las regiones áridas y semiáridas suelen ser salinos debido principalmente a que el lavado de sales es de naturaleza local y las sales solubles no pueden ser transportadas muy lejos (Allison et al., 1954) sumado a que la evapotranspiración supera a la precipitación.

En los oasis de riego en la cuenca del río Colorado, la agricultura es la mayor demandante del recurso agua y puede llegar a competir con el consumo humano (agua potable y saneamiento), el industrial y el energético, entre otros (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado [COIRCO], 2015). En la región árida pampeana, los suelos son de origen aluvional y presentan poco desarrollo; sin horizontes definidos y con escasos niveles de materia orgánica, nitrógeno y fósforo. Son suelos ligeramente alcalinos (pH 7 - 8,5) y si bien son considerados pobres en cuanto a nutrientes, los problemas de salinidad son poco frecuentes y no hay peligro de sodicidad. El material eólico arenoso que se encuentra es no salino, aunque el contenido de sales aumenta con la transición a la capa aluvial intermedia entre el material eólico arenoso y el ripio. Estas acumulaciones salinas no son el resultado de procesos pedogenéticos, sino que es debida de los sedimentos de transporta el río Colorado (INTERCONSUL S.A., ADE S.A. & FRANKLIN CONSULTORA S.A., 1982). Por la alta permeabilidad del suelo y subsuelo, existen buenas condiciones para la lixiviación de las sales, y además la presencia de altas cantidades de calcio en forma de carbonatos y yeso eliminan futuro peligro de sodificación que pudiera provocarse por el permanente lavado de sales (INTERCONSUL et al., 1982).

Otro parámetro a tener en cuenta en suelos áridos con actividad agrícola bajo riego es el pH. Al tener influencia sobre el crecimiento vegetal, por afectar directamente la disponibilidad de nutrientes, es un parámetro fundamental para monitorear tanto en el suelo como en el agua de riego (Conti & Giuffré, 2014). En este sentido el agua del río Colorado presenta un pH ligeramente alcalino (Richter & Reinaudi, 2010) al igual que los suelos de la región (INTERCONUL et al., 1982). Estos valores no afectan la disponibilidad de nutrientes, aunque en algunos casos puede afectar la actividad de ciertos agroquímicos, tales como herbicidas y fertilizantes que se incorporan con el agua de riego.

El aprovechamiento sustentable de los recursos -con énfasis en el agua de riego, insumo esencial de la agricultura de zonas áridas y semiáridas- es relevante para la investigación. Disponer de registros continuos de parámetros de calidad del agua de riego en la cuenca media del río Colorado es sumamente importante ya que constituye la mayor área de agricultura bajo riego en la provincia de La Pampa y plantea la

posibilidad de un análisis retrospectivo de la información recopilada que permite visualizar la evolución de la calidad del agua en tiempo y espacio.

El objetivo de este trabajo fue realizar un análisis comparativo de los datos actuales (2014, 2015, 2016 y 2017) y los de la serie histórica (1969-2007) de parámetros que definen la calidad del agua para riego en el Sistema de Aprovechamiento Múltiple del Río Colorado en 25 de Mayo (La Pampa). Para ello se compararon los valores promedios mensuales actuales obtenidos en el laboratorio de la Agencia de Extensión Rural de INTA-25 de Mayo y los promedios mensuales históricos generados por el Ente Provincial del río Colorado (Gobierno de La Pampa). Este análisis comparativo permite comprender cómo es el comportamiento de dichos parámetros y cuál podría ser la situación de la calidad del agua para riego en un futuro cercano.

## **Área de estudio**

La cuenca del río Colorado está comprendida por sectores de las provincias de Mendoza, Neuquén, La Pampa, Río Negro y Buenos Aires y cuenta con un recorrido total de 1.200 km. El río Colorado tiene un derrame anual promedio de 4.380 hm<sup>3</sup> y la superficie total de su cuenca es de 47.459 km<sup>2</sup>. Su caudal medio anual es de 138,8 m<sup>3</sup>/s, presentando una marcada estacionalidad primavero-estival, atribuida a su régimen nival (COIRCO, 2013). Su nombre hace referencia a su tonalidad, la cual se debe a los sedimentos que provienen de secuencias clásticas (areniscas, pelitas y conglomerados). Estas unidades sedimentarias están intensamente afectadas por el proceso de erosión fluvial, por cursos estacionales, tributarios locales del río, al cual llegan en general mediante extensos conos aluviales. Esta condición se mantiene hasta el embalse de Casa de Piedra, donde la carga clástica transportada se deposita (Halcrow, 2013).

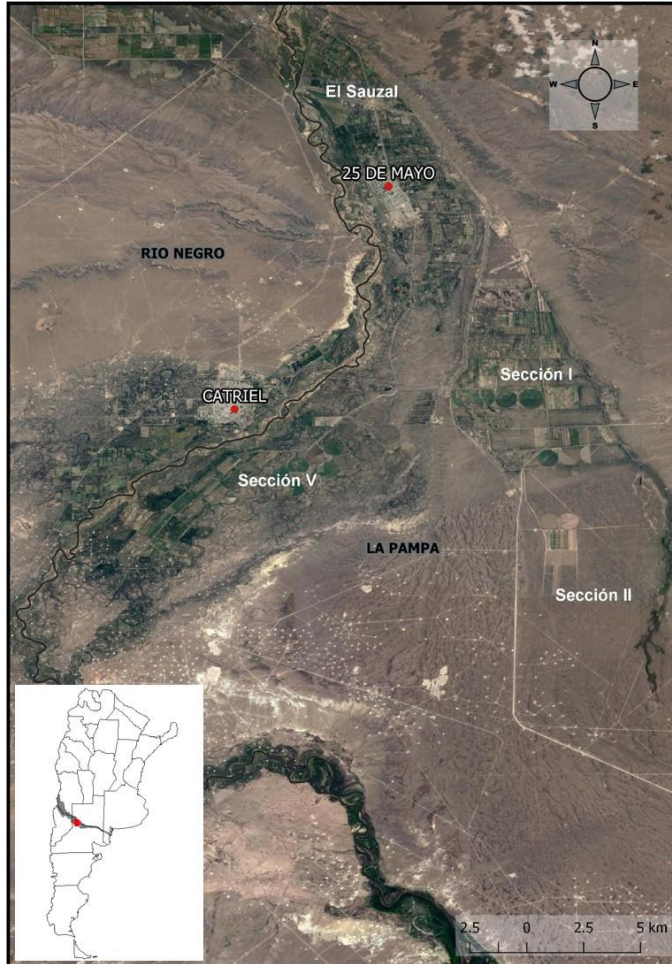
El área de estudio corresponde al Sistema de Aprovechamiento Múltiple (SAM) del río Colorado, en el sudoeste de la provincia de La Pampa (Figura 1). En el mismo se cuenta con obras e infraestructura para regar 82.000 ha, según el programa de habilitación de áreas de riego y distribución de caudales del río Colorado.

La zona agrícola del sudoeste pampeano presenta características climáticas áridas, con marcada continentalidad (temperaturas bajas en invierno y altas en verano) y una temperatura media anual de 15 °C, aunque se registran amplitudes térmicas diarias y anuales elevadas. El promedio de precipitaciones oscila en 250 mm, siendo los meses más lluviosos los de octubre a marzo. Debido a su condición de aridez, la actividad agrícola del sudoeste pampeano se desarrolla mediante riego integral, con el aporte de agua proveniente del río Colorado.

Actualmente, se encuentran en producción 5.000 ha, siendo el cultivo principal la alfalfa y en menor proporción el maíz, bajo riego gravitacional y presurizado. En los últimos años se ha expandido la instalación de equipos de riego presurizado, pivote central, sobre tierras vírgenes o en reemplazo de riego gravitacional.

Trabajos anteriores (1969-2009) del laboratorio de EPRC realizados sobre aguas recolectadas a la altura del Puente Dique, indican que la CE promedio del periodo

resultó de  $875 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  y el TSD de  $606 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  (Richter & Reinaudi, 2010). Por otro lado, para el pH del mismo periodo se obtuvo un promedio general de 7,8. Para esos valores, según el diagrama de Riverside adaptado por Thorne y Peterson a las zonas áridas, para suelos francos y métodos de riego superficiales, es un agua para riego clase C3-S1 indicando un riesgo de salinidad media a elevada y una Relación de Adsorción de Sodio (RAS) baja (Richter & Reinaudi, 2010).



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio sobre la cuenca del río Colorado: Sistema de Aprovechamiento Múltiple (SAM) del río Colorado.

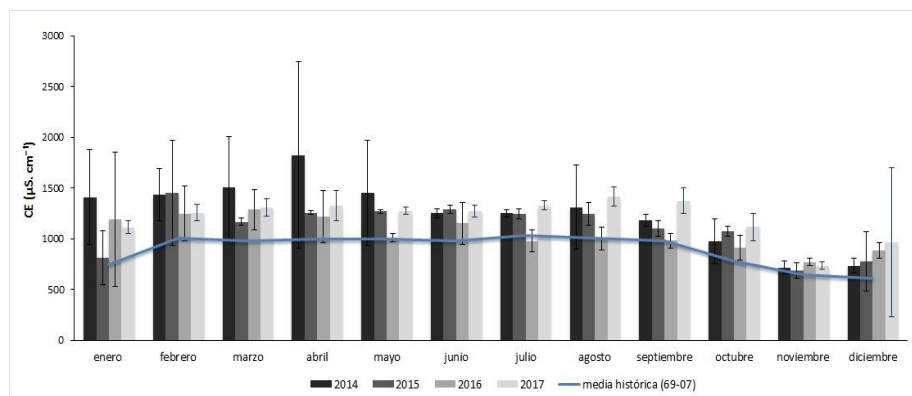
## Materiales y métodos

Para este trabajo, las muestras de agua fueron colectadas en el canal matriz que conduce el agua a toda la zona de regadío de 25 de Mayo, a la altura de la ruta provincial N° 34 a 12,3 km del río ( $-37.784530^{\circ}$   $-67.666533^{\circ}$ ), sobre el centro de canal a 0,5 m de profundidad. Se realizaron tres muestreos por semana para determinar pH, Conductividad eléctrica (CE) y el total de sólidos disueltos (TSD). Las determinaciones se realizaron en el laboratorio de la Agencia de Extensión Rural de INTA 25 de Mayo. Las mediciones de pH, la CE y el TSD se determinaron con el analizador multiparamétrico Water Quality Meter (Sper Scientific LTD mod. 850081).

Luego, se analizó el comportamiento anual e interanual de los parámetros entre enero de 2014 y diciembre de 2017, respecto a los valores medios mensuales de la serie histórica que corresponden a los años comprendidos entre 1969 y 2007 que pertenecen al Ente Provincial del Río Colorado (Gobierno de La Pampa).

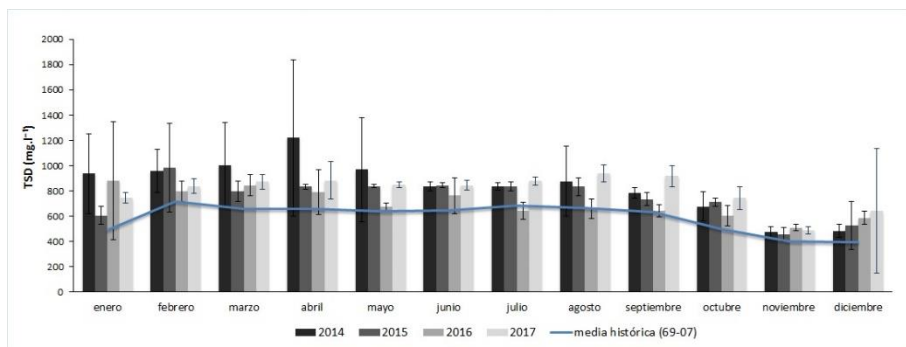
## Resultados y discusión

En general, durante los cuatro años analizados, la CE y el TSD resultaron mayores a los valores medios mensuales de la serie histórica de datos (Figuras 2 y 3). Además, se puede observar que durante el periodo estival se registraron las mayores variaciones de CE y TSD, esto ocurre por mediciones puntuales elevadas probablemente provocadas por eventos de precipitaciones intensas en la cuenca alta, aguas arriba del área bajo estudio. Estas crecidas instantáneas repercuten directamente sobre la calidad del agua que pasa por la cuenca media. Por otro lado, el aumento general en la salinidad de agua se relaciona directamente con la disminución del caudal registrado en la estación de aforo de Buta Ranquil (Neuquén) (Figura 4).



**Figura 2.** Conductividad eléctrica (CE) expresada en  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . En la figura se grafica con barras la CE media mensual obtenida de 2014 a 2017 y con una curva la CE media mensual de la serie histórica.

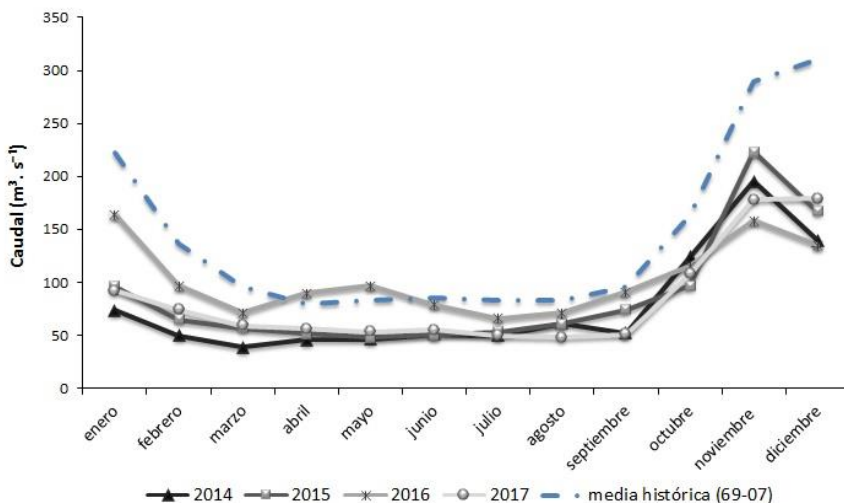
Según las Bases para el Acuerdo Interprovincial de COIRCO en el año 1976, el límite máximo tolerable de salinidad en aguas para riego es de  $1.800 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (COIRCO, 2013). En este sentido, a lo largo de los años analizados, se encontraron valores superiores en escasas ocasiones y siempre en el periodo estival. Esto indica que, si bien el agua del río Colorado está incrementando su salinidad producto de su reducido caudal, los valores monitoreados no superan los límites tolerables para su uso para riego, con algunas excepciones puntuales provocadas por grandes crecidas.



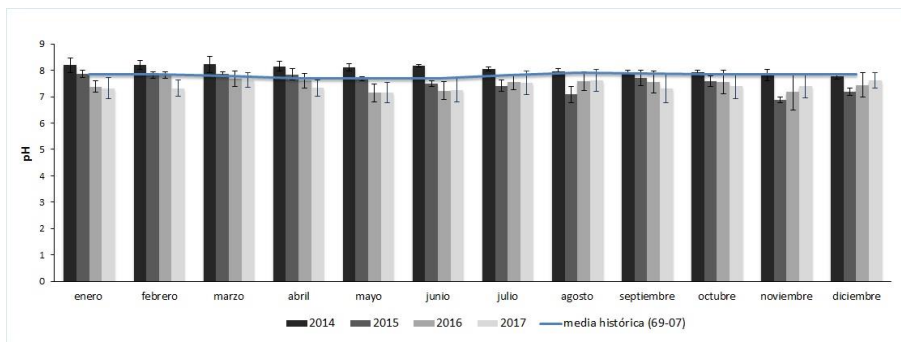
**Figura 3.** Total de sólidos disueltos (TSD) expresada en  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . En la figura se grafica con barras el TSD medio mensual obtenido de 2014 a 2017 y con una curva el TSD medio mensual de la serie histórica.

Los datos de caudales analizados, provenientes de la estación aforo de Buta Ranquil (Neuquén) muestran una importante reducción en los meses de otoño-invierno y un incremento en la época primavera-estival (Figura 4). Esto coincide con el régimen histórico del caudal del río Colorado debido a su origen principalmente nival, el cual se relaciona de manera inversa con la CE y el TSD. Como se mencionó anteriormente, la serie histórica presenta los mayores valores de CE y TSD durante los meses de otoño-invierno (Figura 2 y 3), con valores promedios de  $875 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  respecto a los meses de primavera y verano donde los valores descienden a  $606 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Los promedios actuales registrados fueron de  $119 \text{ m}^3/\text{s}$  para primavera-verano y de  $60,4 \text{ m}^3/\text{s}$  para las estaciones otoño-invierno. Claramente se puede observar que el régimen sigue siendo el mismo, aunque la CE se incrementó en la actualidad.

El pH presenta valores entre 7 y 8,4 lo que se corresponde con aguas básicas. Este parámetro no mostró variaciones considerables intra e interanuales (Figura 5). En este sentido, resultó levemente superior al promedio histórico mensual durante el año 2014, a excepción de los meses de noviembre y diciembre. Desde 2015 a 2017 los valores registrados resultaron inferiores a los históricos.



**Figura 4.** Variación media mensual del caudal del río Colorado expresado en  $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ . En esta figura se puede observar la variación del caudal en 2014, 2015, 2016, 2017 y en la serie histórica (línea azul).



**Figura 5.** pH. En la figura se grafica con barras el pH medio mensual obtenido de 2014 a 2017 y con una curva el pH medio mensual de la serie histórica.

## Conclusiones

Si bien en los últimos años el caudal del río Colorado está aumentando, dichos valores no alcanzan los valores medios ( $146 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ) registrados en la serie histórica de datos, lo que representa un 40 % por debajo. Esto influye directamente en la calidad del agua para riego debido al aumento de su salinidad que pasó de tener un promedio histórico de  $896 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$  a  $1156 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ . En este sentido, aunque en la actualidad la cantidad de sales es mayor, no ha superado los límites establecidos por el comité de



cuenca. Esto indica que es apta para riego, aunque puede afectar a cultivos sensibles como los frutales de pepita y de carozo, el trébol forrajero, etc. (Allison et al., 1954).

El monitoreo periódico de la calidad de agua es fundamental para el manejo sustentable de las áreas bajo riego. Tener datos actualizados de la calidad del agua permite poner en marcha estrategias que reduzcan el daño a los cultivos, causado por la acumulación de sales en los suelos de estas áreas vulnerables.

En la zona agrícola bajo riego de 25 de mayo, predomina el cultivo de alfalfa y en segundo lugar el maíz, este tipo de cultivos con moderada tolerancia a la salinidad, se desarrolla de excelente manera, alcanzado rendimientos de 19 (Zamora et al., 2016) y 13 tn/ha (Beget et al., 2016) respectivamente. Estos rendimientos demuestran que además de satisfacerse la demanda hídrica de los cultivos, el agua utilizada para riego es adecuada. Además, la zona presenta óptimas condiciones climáticas para el desarrollo de estas especies.

Contar o disponer de una base de datos de calidad de agua para riego durante un largo período de registros permite caracterizar al recurso hídrico superficial de la cuenca del río Colorado. En este caso, la cuenca media cuenta con información desde 1969 a 2007 y actual de los últimos 4 años (2014 al 2017). Esta información permite conocer sus particularidades y comparar valores actuales e iniciales para visualizar tendencias, lo que resulta de suma importancia para las organizaciones de usuarios y administradores del recurso. Los criterios de gestión basados en mediciones a campo tendientes a una mayor precisión, repercuten positivamente en las acciones de preservación de la calidad del agua para su uso de manera sustentable.

#### *Agradecimientos*

Agradecemos al Ente Provincial del río Colorado (EPRC) por facilitarnos el registro histórico de datos.

#### **Bibliografía**

- Allison, L.E., Bernestein, L., Bower, C.A., Brown, J.W., Fireman, M., Hatcher, J.T., Hayward, W.H.E., Pearson, G.A., Reeve, R.C., Richards, L.A. & Wilcox, L.V. (1954). Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Secretaria de Agricultura y Ganadería, INIA, México.
- Beget, M.E.; Di Bella, C.; Aumassanne, C.; Fontanella, D.; Sartor, P.; Lambert, M.J. (2016). *Evaluación de la eficiencia del uso de agua de riego en un cultivo de maíz*. Primera Reunión Científica del Programa Nacional Recursos Naturales, Gestión Ambiental y Ecorregiones del INTA (PNNAT). INTA Ediciones.
- Comité Interjurisdiccional del Río Colorado (COIRCO) (2013). Reglamento y Estatuto COIRCO.  
<http://www.coirco.gov.ar/download/institucionales/institucionales-coirco/Reglamento%20y%20Estatuto%20Coirco.pdf> (Fecha de consulta: noviembre de 2017).

- Comité Interjurisdiccional del Río Colorado (COIRCO) (2014). Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado–Calidad del Medio Acuático. Informe Técnico. Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario. Disponible en: [www.coirco.com.ar](http://www.coirco.com.ar) (Fecha de consulta: enero 2018).
- Conti, M.E. & Giuffré, L. (2014). *Edafología, bases y aplicaciones ambientales Argentinas*. Ed. Facultad de Agronomía, UBA.
- Halcrow, (2013). Cuenca del río Colorado, Determinación de Áreas de Riesgo Hídrico. Programa Multisectorial de Preinversión III. Tomo I.
- INTERCONSUL S.A., ADE S.A. & FRANKLIN CONSULTORA S.A. (1982). Estudio de revisión y actualización del sistema de aprovechamiento múltiple del Río Colorado en Colonia 25 de Mayo - La Pampa. Informe Final. Sumario Plan de Desarrollo. Consejo Federal de Inversiones. II: C51 - C55.
- Morábito, J., Salatino, S., Medina, R., Zimmermann, M., Filippini, M., Bermejillo, A., Campos, S., Nacif, N., Dediol, C., Genivese, D., Pizzuolo, P., Mastrantonio, L. & Valdés, A. (2007). Calidad del agua en el área regadía del río Mendoza: temperatura, pH, iones solubles y sólidos. *Rev. FCA UNCuyo*. 39(1): 9-20.
- Richter, A. & Reinaudi, L. (2010). *Estudio de la salinidad y de macroiones del río Colorado*. III Congreso Pampeano del Agua, Santa Rosa, La Pampa.
- Rhoades J.D., Kandiah A. & A.M. Mashali. (1992). The use of saline waters for crop production. FAO. *Irrigation and Drainage*. Paper 48, Rome, Italy.
- Zamora, C.D., Sartor, P., Fontanella, D., Aumassanne, C., Fontana, L. & Ruiz, M.A. (2016). *Evaluación de la producción de materia seca en variedades de alfalfa (Medicago sativa) de diferentes grados de reposo invernal, en el área bajo riego de La Pampa*. 39° Congreso de la Asociación Argentina de Producción Animal – RAPA, 36 (1): 332.