

APORTES PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO DE LA PROVINCIA DE CATAMARCA

Aybar, Vanesa; Gómez, Patricia; Segovia, Federico.

Cátedra de Química Analítica- Departamento de Ciencias Básicas- Facultad de Ciencias Agrarias- Universidad Nacional de Catamarca.

CONTRIBUTIONS FOR THE CHARACTERIZATION OF WATER QUALITY FOR IRRIGATION OF THE PROVINCE OF CATAMARCA

ABSTRACT

The importance of water as a resource for territorial development mainly in its socio-productive dimension is considered a turning point for some countries when enforcing policies. In Argentina, although efforts for integrated water resource management are made, there are no database systems solid enough so as to allow a proper assessment of this resource. Assessing water quality and quantity will allow defining priorities of the resource. The province of Catamarca has mainly an arid and semiarid climate a reason to base its agro-productive strategy in the use of irrigation water from surface and groundwater sources. In spite of this, it still suffers from systematic studies of resource quality that allow decision making. The Faculty of Agricultural Sciences, an institution committed to train professionals who will work in this context, has understood that this problem should be part of the curricula from the Basic Cycle, since it is a fundamental aspect to be approached by Agricultural Engineering students. Besides, students are provided with scientific tools and techniques that allow interpreting their reality and actively participate to improve it. For this reason, the aim of this paper is to provide information for the characterization of rivers, streams and springs water quality in Catamarca, making an assessment of their suitability for irrigation. This study involves the Analytical Chemistry students' participation.

KEY WORDS: Water resources, water quality, irrigation suitability.

RESUMEN

La importancia del agua como recurso para el desarrollo territorial, fundamentalmente en su dimensión socio-productiva, es considerada un punto determinante en la política de algunos países. En Argentina, aunque se realizan esfuerzos para la gestión integral del recurso hídrico, aún no se cuenta con bases de datos completas que permitan su valoración. La determinación de la calidad y la cantidad permitirá la jerarquización del recurso. La Provincia de Catamarca, que mayoritariamente se encuentra bajo régimen de clima árido y semiárido, basa su estrategia agro-productiva en el aprovechamiento del agua de fuentes superficiales y subterráneas para el riego y, sin embargo, adolece de estudios sistemáticos de calidad del recurso que permitan la toma de decisiones. La Facultad de Ciencias Agrarias comprometida con la formación de profesionales que se desempeñarán en este contexto, entiende como aspecto fundamental el acercamiento del estudiante de Ingeniería Agronómica a esta problemática desde el ciclo básico de la Carrera, a la vez que le proporciona herramientas científicas y técnicas que le permitan interpretar su realidad y participar activamente para mejorarla. Por este motivo, el objetivo de este trabajo es aportar información para la caracterización del agua de ríos, arroyos, vertientes y embalses de Catamarca, haciendo una valoración de su aptitud para el riego, con la participación de alumnos de la asignatura Química Analítica de la carrera Ingeniería Agronómica de la UNCA.

PALABRAS CLAVE: Recursos acuíferos, calidad de agua, aptitud para riego.

INTRODUCCIÓN

La agricultura es el sector económico de mayor consumo de agua del total mundial ya que alcanza el 70%, con respecto al consumo humano (para bebida y aseo) y al de la industria, con 10 y 20 % respectivamente (revisado por Parada-Puig, 2012). A pesar de los esfuerzos para mejorar la eficiencia de producción, la escasez de agua es un factor restrictivo para la producción de cultivos en muchos países. En América Latina, la agricultura industrial de exportación es cada vez más demandante de agua para sostener y hacer más eficiente su productividad; en este sentido, Argentina se encuentra entre los diez principales países exportadores de agua (Hoekstra, 2003) calificación asociada al concepto de agua virtual y huella hídrica. Estos conceptos ponen de relevancia la importancia estratégica de la caracterización del recurso que es esencial, limitado y que determina políticas de producción y comerciales en muchos países y además advierte la necesidad de considerarlos al momento de definir planes de manejo del agua y de cuencas.

Según las conclusiones del Congreso Nacional del Agua del 2013 (Dölling, 2013) la jerarquización de los sistemas hídricos, va de la mano de la toma de conciencia del impacto antrópico sobre la dinámica hidrológica e hidroquímica de las cuencas, la necesidad de poner en valor los datos históricos y de mejorar el conocimiento existente de las relaciones clima-precipitación-escurrimiento-acumulación-evaporación en las cuencas es un tema obligado por la alta vulnerabilidad social ligada a la falta de exactitud de la que adolecen los balances hídricos integrados y la calidad de aguas y suelos, que se presentan hoy como los principales factores de conflicto social. El monitoreo continuo de variables y la disponibilidad de la mejor tecnología, es una realidad necesaria a implementar en el mejoramiento del uso del agua en las cuencas.

En Argentina aún no se dispone de una base de datos sistematizada de caracterización del recurso desde el punto de vista de su cantidad y calidad, considerando que la calidad se expresa no solo en términos de variables físicas, químicas y biológicas, sino que varían en función de su uso (FAO 2003). Entre las acciones emprendidas por Argentina, existe el Consejo Hídrico Federal (COHIFE) constituido formalmente en el año 2004, que cuenta con un sitio denominado Base de datos Hidrológica Integrada (<http://bdhi.hidricosargentina.gov.ar/>).

A nivel provincial, aunque Catamarca adhiere al COHIFE, no se exhibe en ese sitio información de parámetros cualitativos para los ríos más importantes de la Provincia. El Equipo de Trabajo Interinstitucional de Sistemas de Información Geográfica (ETISIG) cuenta con información de disponibilidad y calidad de agua de Catamarca en un mapa general de caracterización que adolece de datos a niveles más específicos como los ríos principales de cada cuenca. Esto reviste mayor gravedad si se toma en cuenta que Catamarca se caracteriza por el régimen continental y su orografía provoca que la mayor parte del territorio presente condiciones desérticas o semidesérticas; en este contexto las actividades productivas predominantes como la ganadería con rumiantes menores y bovinos, hortalizas, frutales y aromáticas, dependen del riego, que en un alto porcentaje se aprovisionan del agua superficial proveniente de las nueve cuencas hídricas del territorio provincial (ETISIG, 2010).

La zona Centro-Este de la provincia tiene aprovisionamiento de agua para todos los usos a partir de embalses. En el resto de la provincia el agua de fuentes naturales es captada por presas de derivación, diques a parrilla, galerías filtrantes y tomas libres; luego la distribución se hace a partir de canales hasta redes compuestas por canales primarios, secundarios y acequias. La provincia cuenta con 160 distritos de riego, que en su mayoría se aplica con métodos gravitacionales por

superficie (Gobierno de Catamarca, 2008) caracterizados por su baja eficiencia (eficiencia inferior al 30%, según Chambouleyron y col, 1982). Carrizo y Amorena en su documento "Catamarca Riego PROCISUR abril 09" mencionan como un desafío para la gestión del recurso hídrico, la necesidad de inventarios y estudios de calidad de aguas, entre otros.

El objetivo de este trabajo es aportar información acerca de la calidad de aguade ríos, arroyos, vertientes y diques de Catamarca, valorando su aptitud para el riego.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el muestreo se seleccionaron sitios y fuentes de agua de interés agronómico en la provincia, por tratarse de cauces que riegan una importante área productiva, en comunidades de las que forman parte las familias de los alumnos, correspondientes a 10 departamentos de Catamarca (Tabla 1).

Las muestras fueron tomadas con la colaboración de los estudiantes que cursaron Química Analítica en los ciclos académicos 2013 y 2014. Las fechas de muestreo se ubicaron entre el 29 y 31 de agosto de 2013 y el 30 de agosto y 3 de setiembre de 2014. Sobre las muestras se determinaron, pH, conductividad eléctrica y sales totales por métodos electrométricos; contenido de cloruros, dureza total, concentración de calcio, concentración de magnesio, alcalinidad como carbonato, concentración del ion carbonato, alcalinidad como bicarbonato, concentración de bicarbonato y materia orgánica por métodos volumétricos. También se analizó el contenido de Na por fotometría de llama. Los valores de RAS (Relación de Adsorción de Sodio) y RAS ajustado (adj RAS) se calcularon de acuerdo a metodología FAO (Ayers y Westcot, 1977). Los valores de °F (grado hidrométrico francés) y su implicancia en la calificación de la dureza del agua, se basó en el trabajo de Rodríguez y Rodríguez (2010). Las determinaciones analíticas se realizaron en los laboratorios de Química y de Edafología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCA.

La evaluación de muestras de agua se hizo según criterios de la FAO en cuanto a, pH, conductividad eléctrica, adjRAS, cloruros y bicarbonatos (Ayers y Westcot, 1977) que enfocan la interpretación de aptitud para riego en directrices. Estas directrices apuntan el análisis de aspectos que materialmente afectan a la producción agrícola. Las directrices se fundan en hipótesis que permiten limitar el alcance de las conclusiones como herramienta de decisión. Las condiciones en las que se han obtenido las muestras no difieren significativamente de las que describen las hipótesis. Estas directrices valoran al agua por su aptitud para el riego desde cuatro categorías generales asociadas a los problemas más frecuentes de la agricultura que son, salinidad en su efecto

sobre la disponibilidad de agua para la planta, permeabilidad del suelo afectado por la conductividad eléctrica y adjRAS, toxicidad iónica específica sobre la planta y otros de menor incidencia como el contenido de bicarbonatos. Además, se han sumado algunos valores de referencia de otros autores para casos específicos que se mencionan en la discusión.

Muestra	Procedencia	Localidad	Departamento
1	Acequia de Las Juntas	Las Juntas	Ambato
2	Río Los Nogales	El Rodeo	Ambato
3	Vertiente	Las Juntas	Ambato
4	Río Ambato	Huaycama	Ambato
5	Río Ambato	El Rodeo	Ambato
6	Río Los Nacimientos	Belén	Belén
7	Río Los Angeles	Los Angeles	Capayán
8	Arroyo El Suncho	Los Angeles	Capayán
9	Canal dependiente del Dique Las Pirquitas	Colonia del Valle	Capayán
10	Río Guayamba	Guayamba	El Alto
11	Río La Merced	La Merced	Paclín
12	Acequia La Merced - Paclín	La Merced	Paclín
13	Vertiente del Manchao	Siján	Pomán
14	Río Pajanguillo	Santa María	Santa María
15	Vertiente Alijilán - Santa Rosa	Alijilán	Santa Rosa
16	Canal de Riego	Alijilán	Santa Rosa
17	Red de Agua Potable	Palo Blanco	Tinogasta
18	Río Colorado	Palo Blanco	Tinogasta
19	Dique nivelador del Río Abaucan	San José	Tinogasta
20	Canal dependiente del Dique Las Pirquitas	Sumalao	Valle Viejo

Tabla 1: Procedencia de las muestras de agua analizadas

RESULTADOS Y RECOMENDACIONES

En la Tabla 2 se detallan los valores de los parámetros analizados sobre las 20 muestras de agua, de acuerdo con sus lugares de procedencia.

Muestra	Año	Procedencia	pH	Conductividad (mmhos/cm)	Contenido Salino (mg/l)	Cloruro (meq/l)	Dureza (mg/l Carbonato de calcio)	Calcio (meq/l)	Magnesio (meq/l)	Carbonatos (meq/l)	Bicarbonatos (meq/L)	Alcalinidad (mg/l)	Sodio (meq/l)	RAS	adj RAS
1	2014	Acequia Las Juntas - Ambato	7,33	0,41	248,40	0,28	97,00	1,46	0,48	0,00	3,95	197,50	1,75	1,77	3,19
2	2014	Río Los Nogales - El Rodeo - Ambato	8,06	0,12	85,00	0,11	20,00	0,34	0,06	0,00	1,05	52,50	0,42	0,93	0,56
3	2014	Vertiente Las Juntas - Ambato	7,92	0,49	0,29	0,17	132,00	2,36	0,28	0,00	1,60	244,00	2,10	1,82	2,73
4	2013	Río Ambato - Huaycama - Ambato	8,30	0,30	177,96	0,17	82,00	2,40	0,44	0,12	2,56	6,00	1,37	1,14	2,06
5	2013	Río Ambato - El Rodeo - Ambato	6,67	0,23	139,74	0,14	8,90	1,36	0,41	0,00	2,64	0,00	0,81	0,85	1,28
6	2013	Río Los Nacimientos - Belen	8,05	0,48	289,86	0,90	93,10	1,50	0,36	0,00	3,39	0,00	2,36	2,44	4,15
7	2014	Río Los Angeles - Capayán	8,10	0,18	109,62	0,39	63,00	0,84	0,41	0,00	1,65	82,50	0,63	0,80	0,96
8	2014	Arroyo El Suncho - Capayán	8,13	0,21	125,28	0,11	65,00	0,71	0,20	0,00	1,94	194,00	0,69	1,02	1,32
9	2014	Canal Dique Las Piriquitas - Capayán	8,07	0,30	262,80	0,28	92,50	1,48	0,32	0,00	2,69	269,00	1,17	1,23	1,97
10	2014	Río Guayamba - El Alto	7,06	0,32	193,14	0,14	138,00	2,00	0,76	0,00	3,53	354,76	0,91	0,77	1,54
11	2013	La Merced - Paclín	8,00	0,35	209,94	0,11	134,30	1,56	2,03	3,33	1,92	84,07	2,62	1,96	4,31
12	2013	Acequia La Merced - Paclín	7,87	0,38	225,60	0,17	139,00	1,92	0,83	0,91	3,57	46,04	1,30	1,11	2,11
13	2013	Vertiente Sijan - Poman	8,22	0,14	83,90	0,17	49,39	0,78	0,20	0,00	1,24	0,00	0,59	0,84	0,92
14	2013	Santa Maria	7,80	0,23	139,02	0,34	104,00	1,20	1,00	0,00	2,28	0,00	0,51	0,49	0,78
15	2014	Vertiente Alijilán - Santa Rosa	7,80	0,76	504,00	0,23	200,70	3,45	0,56	0,00	6,38	319,00	2,15	1,52	3,49
16	2014	Canal de Riego, Alijilán - Sta Rosa	6,82	0,24	146,00	0,00	92,00	1,32	0,51	0,00	2,35	117,00	0,66	0,68	1,10
17	2014	Palo Blanco (red de agua potable)	7,76	0,24	146,00	0,23	102,00	1,38	0,68	0,00	0,95	95,50	0,49	0,48	0,62
18	2014	Río Colorado - Palo Blanco - Tinogasta	8,17	0,61	367,20	2,14	196,00	1,82	2,09	0,00	2,63	131,50	1,84	1,32	2,50
19	2013	Dique nivelador de Tinogasta	8,15	0,12	805,33	4,22	220,00	2,81	1,59	0,71	5,58	18,01	4,34	2,92	6,43
20	2014	Canal de Riego Sumalao - Valle Viejo	7,76	0,23	140,40	0,39	40,00	0,68	0,00	0,00	1,76	88,00	0,58	0,99	0,99

Tabla 2: Parámetros físico-químicos de muestras de agua procedentes de fuentes empleadas para riego de 10 departamentos de la provincia de Catamarca.

Las primeras cinco muestras de la Tabla 2, provenientes del departamento Ambato, presentan valores de pH dentro cercanos a los límites normales para el uso en riego (6,5 a 8,4). La conductividad eléctrica menor a 0,7 mmhos/cm, indica que su uso para riego por superficie o aspersión no hay potenciales problemas de salinidad en relación a la disponibilidad de agua para la planta. En el caso de las muestras 1 y 3 provenientes de la acequia y vertiente de Las Juntas, corresponden a la clase C2 (Cerana, 1972) que, si bien en suelos de buena permeabilidad pueden usarse en casi todos los cultivos exceptuando aquellos extremadamente sensibles, en suelos de baja permeabilidad conviene elegir cultivos de moderada tolerancia a la salinidad. Acerca de efectos de la conductividad eléctrica sobre la permeabilidad del suelo, todas las muestras analizadas indican problemas crecientes para uso de esas fuentes para riego por superficie o aspersión debido a la baja concentración de sales (valores entre 0,2 y 0,5mmhos/cm), estas aguas de baja salinidad producirían la disolución de las fuentes de calcio existentes en el suelo superficial y la obturación de sus poros por la dispersión de las partículas más finas; en cambio los valores de adjRAS no muestran riesgos de afectar la permeabilidad del suelo (valores menores a 6). Otra consideración agronómica de importancia es la toxicidad específica, las muestras no presentan restricciones de uso por el contenido de cloruros (valores inferiores a 3 meq/l), tampoco por la presencia de sodio(valores inferiores a 3 meq/l) para el uso en riego por aspersión; solamente debe tenerse precaución en el uso del agua proveniente de la acequia de Las Juntas en riego por superficie porque excede el límite de admisibilidad (adjRAS superior a 3) por lo que cultivos muy sensibles podrían resultar afectados en sus rendimientos. El riego por aspersión con las fuentes representadas por las muestras 1, 4 y 5 debe aplicarse con precaución por el contenido medio de bicarbonatos, ya que sus valores se encuentran por encima del límite inferior (1,5 meq/l) lo que representa un “problema creciente” según FAO.

Según Canovas Cuenca (1986), la dureza de las muestras 1, 3, 4 y 5 se clasifican como blandas (valores entre 7 y 14 grados hidrométricos franceses es decir 70 a 140 mg/l de carbonato de calcio); la muestra 2 se clasifica como muy blanda (dureza menor o igual a 7 grados hidrométricos franceses). La composición y variabilidad entre muestras es normal en aguas provenientes de distintos ríos, e inclusive en un mismo río, en este caso del Ambato, porque podría estar asociado a los distintos materiales con los que se encuentra durante el recorrido de su cauce (revisado por Rodríguez y Rodríguez, 2010).

La muestra 6, proveniente del departamento Belén presenta valor de pH cercano al límite superior al recomendado. Su uso para riego por superficie o aspersión no tiene restricciones en cuanto a la conductividad eléctrica, ni en su efecto en la disponibilidad de agua para la planta, ni en la permeabilidad del suelo. El parámetro adjRAS indica problemas crecientes por la toxicidad de sodio, en el caso de aplicarse a riego por superficie, aunque para riego por aspersión no hay problemas de toxicidad por sodio (menor a 3 meq/l de sodio). En cuanto a la dureza del agua, la calificación de las muestras es blanda.

Para las muestras 7 a 9 que riegan parcelas del Departamento Capayán y provienen tanto de cauces naturales como del Dique Las Pirquitas, los valores de pH se encuentran cercanos al límite superior del rango recomendado. Se observa que los problemas de permeabilidad del suelo son crecientes para el riego por el bajo contenido de sales del agua; en el caso de uso del agua del arroyo El Suncho y el Canal, pero reviste gravedad en el caso del empleo de agua del Río Los Ángeles, en este último se deberán extremar las medidas de manejo para evitar la impermeabilización por el lavado de sales. No se detectan problemas de toxicidad específica por cloruros, ni sodio; solamente se debe tener en cuenta que para el uso de riego por aspersión podría haber problemas con la presencia de bicarbonatos. La dureza del agua de las muestras 7 y 8 las califican como muy blandas, en el caso de la muestra 9 como blanda.

Para la única muestra proveniente del departamento El Alto (muestra 10), el único parámetro analizado que muestra un problema potencial es el de bicarbonatos que puede ser inconveniente para el riego por aspersión. Los valores de pH, conductividad, toxicidad por cloruros y sodio, no presentan recomendaciones de precaución particulares, sino que están dentro del rango de valores normales. La muestra es calificada como agua blanda.

La muestra del departamento Paclín presenta un problema creciente en cuanto a la toxicidad específica por sodio (adjRAS) en el caso que el agua sea utilizada para riego por superficie y un problema potencial por valores de bicarbonato. Los valores de pH, conductividad, toxicidad por cloruros y sodio para riego por aspersión, no presentan recomendaciones de precaución particulares, sino que están dentro del rango de valores normales. Para ambas muestras la calificación es de agua blanda, aunque muy cercana al límite de agua dura.

La muestra 13, proveniente del departamento Pomán, tomada del cauce del Río Pomán en la localidad de Siján, tiene características distintivas al conjunto de muestras hasta aquí descritas. Tanto por los valores de conductividad eléctrica, que hace presumir excesivo lavado de sales y por el elevado de adjRAS, se reconoce un problema grave para la permeabilidad del suelo. No se

muestran problemas potenciales por el contenido de bicarbonatos y los demás parámetros se encuentran dentro de los rangos normales. La dureza corresponde a una calificación de muy blanda.

La muestra 14 del departamento Santa María, presenta los parámetros dentro de valores normales, excepto para el valor de bicarbonatos para uso del agua en riego por aspersión. La dureza del agua corresponde a una calificación de blanda.

Las muestras 15 y 16, del departamento Santa Rosa tienen valores de bicarbonato que hacen presumir problemas potenciales para su uso en aspersión. En la muestra 15 se detectan también problemas de elevados conductividad y adjRAS. La dureza para el caso de la muestra 15, la califica como medianamente blanda, diferente a la calificación de agua blanda de la muestra 16.

En el departamento Tinogasta se tomaron las muestras 17 a 19 y se detectaron problemas crecientes para el agua proveniente de Palo Blanco en cuanto al parámetro de adjRAS (por su incidencia negativa en la permeabilidad del suelo) y el contenido de bicarbonatos para el uso en riego por aspersión. Esta muestra califica en clase C2, según Cerana, (1972) que, si bien en suelos de buena permeabilidad pueden usarse en casi todos los cultivos exceptuando aquellos extremadamente sensibles, en suelos de baja permeabilidad conviene elegir cultivos de moderada tolerancia a este parámetro. Para la toxicidad de cloruros, si bien el análisis de FAO propone que recién a partir de 3 meq/l existe un problema creciente, estudios de sensibilidad de especies de uso agrícola (Román, 2002) muestran que los cultivos muy sensibles como la zanahoria y la cebolla pueden mostrar síntomas leves a moderados de toxicidad. Los problemas en la muestra del Dique Nivelador son mayores, ya que se exceden los rangos normales en cuanto a conductividad, contenido salino, adjRAS (riesgo de toxicidad en riego por superficie), de cloruros y bicarbonatos. Los cultivos moderadamente sensibles a toxicidad por cloruros, como tomate y vid pueden mostrar efectos sustanciales. La dureza obtenida califica al agua de Palo Blanco en blanda, en medianamente blanda a la muestra 18 y a la 19 como medianamente dura.

Para la muestra 20, tomada en el departamento Valle Viejo es proveniente del Dique Las Pirquitas, al igual que la descrita en el departamento Capayán (muestra 9), los valores obtenidos son similares en ambos puntos, con consideraciones de precaución su valor de bicarbonatos; ambas muestras también son normales para el resto de los parámetros estudiados; esto podría implicar que a lo largo del recorrido de los canales de distribución del agua no existen fuentes que modifiquen las características evaluadas. La calificación por el valor de dureza es de muy blanda.

En todos los casos se debe tener en cuenta que el muestreo de aguas se realizó en invierno. Esto tiene implicancias en el análisis de la regularidad de los parámetros químicos durante el año debido a que en las aguas superficiales existen variaciones de calidad y cantidad en el tiempo por las condiciones climáticas, régimen hídrico y de eventuales contaminantes. En el caso de los arroyos de Catamarca, trabajos anteriores (Salas, 2004) muestran que la tendencia de los parámetros, pH, conductividad eléctrica, dureza total, calcio y magnesio, aumentan hacia la estación seca (otoño-invierno-primavera) con lo que probablemente los valores que se muestran en este trabajo sean los máximos anuales esperables para los sitios de muestreo.

CONCLUSIONES

La mayoría de las muestras analizadas tienen una calificación integral de buena aptitud para el riego por superficie con precauciones de manejo del suelo por posibles inconvenientes en la permeabilidad del mismo. Para el uso de riego por aspersión pueden presentarse problemas crecientes que requieran algunas prácticas de manejo para evitar depósitos salinos en las hojas de plantas por el contenido de bicarbonatos. Sin embargo, para el uso en riego por superficie, las alertas más importantes aparecen en las muestras provenientes del río La Merced, río Los Nacimientos, vertiente en Alijilán y Dique Nivelador de Tinogasta, por su alto valor de $adjRAS$ que hace presumir efectos de toxicidad por sodio en cultivos sensibles y efectos negativos sobre la permeabilidad del suelo, además para la última muestra se suma la baja conductividad que incrementa los problemas por lixiviación excesiva de sales. La toxicidad por cloruros solo requiere precaución en la muestra proveniente del Dique Nivelador. Las muestras analizadas se califican por su dureza en el rango de muy blandas a medianamente blandas.

BIBLIOGRAFÍA

Ayers RS y Westcot DW. 1977. Estudio FAO: Riego y Drenaje. Calidad del Agua para la Agricultura. Tomo N° 29. Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación. 85 p.

Canovas Cuenca J. 1986. Calidad Agronómica de las Aguas de Riego. Servicio de Extensión Agraria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Chambouleyron, J., Fomero, L., Morabito, J., Menenti, M., Stefanini, L., 1982. Evaluation y optimización del uso del agua en grandes redes de riego. INCYTH, IILA, Roma, 1982, 175 pp. Cerana L. 1972. Análisis Químico de Aguas destinadas a usos agropecuarios. Información necesaria e interpretación. IDIA N° 299. P: 1-14.

Carrizo JA y Amorena J. Amorena. 2009. Catamarca Riego PROCISUR abril 09. Documento Interno INTA

Dölling, O. Anales del Congreso. Resúmenes de trabajos presentados al XXIV° Congreso Nacional del Agua.- Tomo I - 1° edición-

Equipo de Trabajo Interinstitucional de Sistemas de Información Geográfica (ETISIG)-Gobierno de la Provincia de Catamarca. 2010. Atlas de Catamarca. www.atlascatamarca.gov.ar

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2003. Review of World Water Resources by Country. N°23. www.fao.org/landandwater/aglw/aquastat/water_res/index.stm

Gobierno de la Provincia de Catamarca. 2008. Plan Estratégico Territorial de la Provincia de Catamarca- Informe de Avance- Año 2008.

Gómez P, Aybar V, Salim C, Gómez E, Reales N. 2011. El método investigativo: una propuesta metodológica para la enseñanza de Química Analítica en Ingeniería Agronómica. Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA. VII de Ciencia y Tecnología de Facultades del NOA. Tomo I. P: 173-177

Hoekstra AY. 2003. Virtual Water. An Introduction. En: Virtual Water Trade. Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual water Trade. Value of Water Research Report Series No.12. Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE Institute for Water Education. p. 13- 23

Parada – Puig, G. 2012. El Agua Virtual: conceptos e implicaciones. ORINOQUIA - Universidad de los Llanos - Villavicencio, Meta. Colombia Vol. 16 - No 1.

Rodríguez SA y Rodríguez R. 2010. La Dureza del Agua. Facultad Regional de Bahía Blanca- Universidad Tecnológica Nacional. EduTecNe. www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza_agua.pdf

Salas, L., Gómez P., Arjona M. y Aybar V. 2004. Physical-Chemical and Biological Quality of water for human consumption and irrigation. Pampichuelas Stream. Concepcion. Catamarca”. Biocell Vol 28 N° 1: 51.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ing. Agrón. Pablo Demin (INTA Catamarca) por sus aportes y a los alumnos que regularizaron la asignatura Química Analítica de Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCA en los años lectivos 2013: Acosta Rizzardo, Exequiel; Barot, Luz ; Berrino, Emanuel Albano; Cáceres, Albana; Calderón, Alexis; Campos Olmos, María; Carrizo, Miriam; Castro Moreno, Veronica; Centeno Toledo, Fernando; Cruz, Héctor; Denett, Gabriel; Espeche, Lucas; Fagonde, María; Flores, Diego; Francisci, Ana; Giménez Adriana; Gordillo, Guadalupe; Herrera, Matías; Hidalgo, Noelia; Jalil, Fernando; Montalván, Jesús; Morales, David; Muñoz, Gabriel; Nieva, Martin; Ríos Rasgido, Elber; Rivarola, Ada; Rugani, Ana; Santillan, Cinthya; Segovia, Yamila; Solohaga, Carlos; Soto, Jonatán; Vega Jorgey **2014:** Aguirre, Joaquín ; Ahumada Herrera, Laura; Ahumada Herrera, Mauricio; Artero, María; Barros, Agustina; Barros, Lucas; Bazán, José; Canelo, Ángel; Cativa, Nicasio; Colliva, Antonella; Coronel, María; Delgado, Dalila; Flores, Luis ; González, Miguel; Ledesma, Néstor; Luque Gómez, Lucas; Murua Parodi, Federico; Olmedo, Lis; Olmos, Maximiliano; Ramírez, Ramón; Reinoso, Leonardo; Sánchez Lobo, Luis; Seco, Vanesa; Singh, Rolando; Solohaga, Melina; Vega Vera, Gabriel; Vries, Juan.