

Análisis geoquímico de la calidad de agua en el Valle de Chaschuil – Catamarca

Erlinda del Valle Ortiz^{1,2}; Adriana E. Niz¹; Marcelo E. Savio¹; Cinthia A. Lamas¹; Nazaria R. Barbieri¹,
Pablo R. Duchowicz³

(1) Instituto de Monitoreo y Control de la Degradación Geoambiental - IMCoDeG; Fac. de Tecnología y Cs. Aplicadas – Universidad Nacional de Catamarca

valleortiz@tecono.unca.edu.ar

(2) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - CONICET.

(3), Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas – INIFTA, CONICET, Universidad Nacional de La Plata

Fecha de recepción del trabajo: 29/11/17

Fecha de aceptación del trabajo: 07/12/2017

RESUMEN: El agua es uno de los recursos más significativos de consumo en todo el planeta y especialmente en zonas áridas, como las localidades del departamento Tinogasta, donde las áreas de cultivos presentan una actividad alternativa para el desarrollo de la región. Dado que la cantidad y calidad de agua disponible para diferentes usos es variable, la calidad de agua del acuífero fue evaluado para el uso en cultivos. Por ello, se realizó un estudio para analizar la distribución espacial del acuífero de acuerdo a los parámetros de calidad y para identificar lugares con la mejor calidad basado en el análisis fisicoquímico de las muestras. Los resultados fueron comparados con los valores recomendados por la Organización Mundial de la Salud para el consumo y salud pública. Del análisis realizado se puede clasificar las muestras como Aceptable para el riego con moderada restricción de uso, teniendo en cuenta la concentración de carbonatos/bicarbonatos encontrada.

PALABRAS CLAVES: Calidad de agua – Valle de Chaschuil – Análisis fisicoquímico.

HYDROGEOLOGICAL ANALYSIS OF WATER QUALITY IN THE VALLE DE CHASCHUIL – CATAMARCA

ABSTRACT: Water is one of the most significant consumption resources in the whole planet, especially in arid areas, such as the localities from Tinogasta Department, where crop areas represent an alternative activity for regional development. Since the quantity and quality of water available for different uses is variable, water quality of the aquifer was evaluated for use in crops. Therefore, a study was carried out to analyze the spatial distribution of the aquifer according to quality parameters and to identify places with the best quality based on the physicochemical analysis of the samples. Results were compared with the values recommended by the World Health Organization for public health and consumption. From the analysis carried out, the samples could be classified as acceptable for irrigation with moderate restriction of use, taking into account the carbonate / bicarbonate concentration found.

KEYWORDS: Water quality – Valle de Chaschuil - Physicochemical analysis

1 INTRODUCCION

La investigación dirigida a la calidad del agua y su uso es muy importante porque con él se estima el destino para el consumo personal y agrícola, entre otros. El análisis sobre la calidad del agua de riego es fundamental para examinar la producción y la calidad en la agricultura, el mantenimiento del suelo de manera sostenible y el estudio futuro de la conservación de recursos y la protección del medio ambiente. Alrededor del 40% de los alimentos del mundo se produce en tierras irrigadas y representan casi el 90% del consumo global de agua desarrollada (Döll, 2002). Además, el aumento de la población humana ha provocado un aumento de la demanda de agua para fines urbanos y agrícolas. (Letey, 2011).

La Organización Mundial de la Salud, en un estudio de la FAO realizado en 93 países en desarrollo encontró

que en 18 de ellos la agricultura de regadío ocupa más del 40 por ciento de la superficie cultivable; 18 países riegan entre el 20 y el 40 por ciento de su tierra cultivable (FAO, 2015).

El agua utilizada para el riego puede variar mucho en calidad dependiendo del tipo y la cantidad de sales disueltas que están presentes en proporciones relativamente pequeñas pero significativas. En general, estas sales, se originan a partir de la disolución o la erosión de las rocas y el suelo, incluyendo la disolución de la cal, yeso y otros minerales que se disuelven lentamente. En el caso de la irrigación, las sales se aplican con el agua y permanecen en el suelo cuando el agua se evapora. (Ayers, 1994). Con la mala calidad del agua, se pueden esperar varios problemas del suelo y de cultivo para el desarrollo productivo. Las prácticas de manejo especiales pueden ayudar a mantener la plena

productividad de los cultivos. Si el agua es de buena calidad, no debería haber problemas que afecten a la productividad.

El contenido alto de sodio o de calcio en el suelo o en el agua reduce la velocidad a la que el agua de riego penetra en el suelo, hasta el punto en que no puede ser suficientemente infiltrado para ser suministrado al cultivo de manera adecuada. Por lo tanto, es importante determinar los componentes químicos que se disuelven en los afluentes y los efectos que tienen cuando se usa en la parte agrícola, como el principal consumidor de recursos de agua dulce.

Un problema de la salinidad relacionada con la calidad del agua se ocasiona si la cantidad total de sal en el agua de riego es lo suficientemente elevado, por ejemplo, de acuerdo a FAO (2002) un valor de C.E. $>$ 3 mS/cm tiene un alto riesgo de salinización, y pueden producir que las sales se acumulan en la zona radicular del cultivo a medida en que los rendimientos se ven afectados. Como las cantidades sucesivas de solubles se acumulan en la zona de las raíces, el cultivo tiene gran dificultad en la extracción de agua suficiente de la solución del suelo salado. Debido a que las sales proporcionadas por el agua de riego son a menudo la principal causa de la salinización del suelo, lo que dificulta la absorción de agua a los cultivos y reduce su rendimiento, es necesario llevar a cabo un estudio preliminar para el uso en áreas seleccionadas.

Un inconveniente con la permeabilidad en relación con la calidad del agua se produce cuando la tasa de infiltración de agua a través del suelo se reduce por el efecto de las sales específicas o falta de sales en el agua, hasta el punto de que el cultivo no se abastece adecuadamente con agua y el rendimiento se reduce. La permeabilidad se evaluó por primera vez a partir de sales totales, ya que el agua baja en sal puede resultar en baja permeabilidad del suelo debido a la enorme capacidad de agua pura para disolver y eliminar el calcio y otras sustancias solubles en el suelo; y en segundo lugar, a partir de una comparación de un contenido relativo de sodio (Na) en calcio (Ca) y magnesio (Mg) en el agua. Sin embargo, los problemas de permeabilidad también se relacionan con el carbonato (CO_3) y bicarbonato (HCO_3) del contenido de agua de riego, que no fue considerado en el cálculo de SAR. El efecto del carbonato y bicarbonato, cuando los suelos están secos, durante el riego, una parte de CO_3 y HCO_3 precipitados de Ca-MgCO_3 , eliminan el calcio y el magnesio del agua del suelo y aumenta la proporción relativa de Na a Ca-Mg.

Una alta concentración de sodio en el suelo produce toxicidad en algunos cultivos y puede acelerar la degradación de la estructura del suelo. La medida más común para evaluar sodicidad en agua y suelo se llama la proporción de adsorción de sodio (SAR), que define

sodicidad en términos de la concentración relativa de sodio en comparación con la suma de calcio y los iones de magnesio en una muestra. El SAR evalúa el potencial de problemas de infiltración debido a un desequilibrio de sodio en el agua de riego. (Hamid, 2012)

La toxicidad normalmente se produce cuando ciertos iones se absorben en el suelo-agua y se acumulan en las hojas durante la transpiración a un grado que resulta dañino a la planta. Los iones tóxicos habituales en el agua de riego son cloruro, sodio y boro. El daño puede ser causado por cada uno, de forma individual o en combinación. Pero no todos los cultivos son igualmente sensibles a estos iones tóxicos. Los iones tóxicos del sodio y el cloruro también pueden ser absorbidos directamente en la planta a través de las hojas humedecidas durante el riego por aspersión. Esto ocurre normalmente durante los períodos de alta temperatura y baja humedad. La toxicidad más común es a partir de cloruro en el agua de riego. El cloruro no es adsorbido o retenido por los suelos, por lo tanto se mueve fácilmente con el agua del suelo, es tomado por el cultivo, se mueve en la corriente de transpiración, y se acumula en las hojas. Si la concentración de cloruro en las hojas excede la tolerancia de los cultivos $>$ 10meq/l- los síntomas de lesiones se desarrollan tales como quemaduras en las hojas o el secado de tejido de la hoja. (Ayers 1994).

La calidad del agua puede ser determinada mediante un análisis fisicoquímico de laboratorio. Los factores más importantes a tener en cuenta para determinar la calidad del agua usada para los fines agrícolas específicos son pH; - Riesgo de salinidad; - Riesgo de sodio (Relación de absorción de sodio o RAS; en inglés se conoce con las siglas SAR); Riesgo de carbonato y bicarbonato en relación con el contenido en Ca y Mg.

En el presente trabajo se pretende determinar si el agua de la zona de estudio es apta para el desarrollo agrícola, determinado en función de la localización espacial y temporal de los parámetros fisicoquímicos, los cuales determinan en gran medida la calidad de las aguas para riego.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

La zona de estudio, Valle de Chaschuil, se encuentra al Oeste de la localidad de Fiambalá a 65 km aproximadamente, Departamento Tinogasta de la Provincia de Catamarca. Fig. 1. El Valle de Chaschuil se encuentra delimitado hacia el Norte con la Cordillera de San Buenaventura, al Este con Sierras Las Planchadas, al Oeste Limite Internacional con la República de Chile y al Sur con la Sierra de Narváez. Esta cuenca, situada en la región occidental y a más de

3500m de altura sobre el nivel del mar y recibe aguas permanentes de los ríos Las Peladas, Las Lozas y del Cazadero. A lo largo del eje del valle existen áreas de surgencias naturales (vegas), motivadas por estrechuras morfológicas; éstas se presentan donde los cordones montañosos se aproximan y rocas impermeables cierran, subterráneas y transversalmente, las aguas del subsuelo. Las principales vegas son las de Las Lozas, Cazadero Grande y Chaschuil (Tezon, 1963). La cabecera de la cuenca se encuentra en las vegas de San Francisco y el cierre austral en el río de La Troya. El río Chaschuil es portador de abundante caudal, por cuanto el valle presenta una excelente zona con buenas posibilidades para el asentamiento de una población estable y con la actividad el cultivo como desarrollo sustentable.

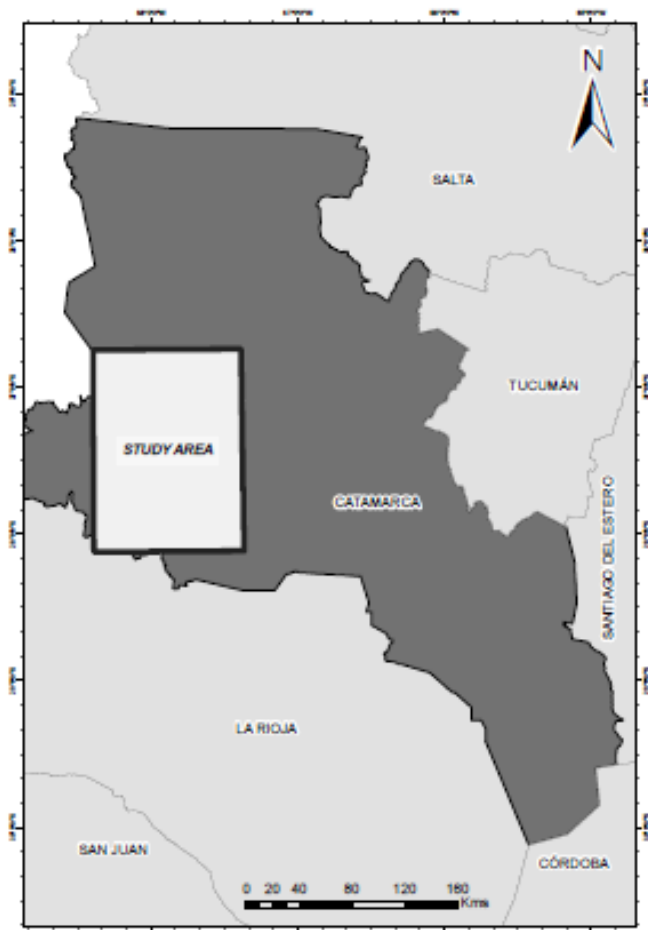


Figura 1. Ubicación del área de estudio

2.2 Metodología

A lo largo de la cuenca se seleccionaron diez (10) puntos más distintivos para el levantamiento de las muestras en el mes de noviembre de 2015, escogidas por la unidad geológica predominante o cambios que se producen en el cauce del mismo. Fig.2.

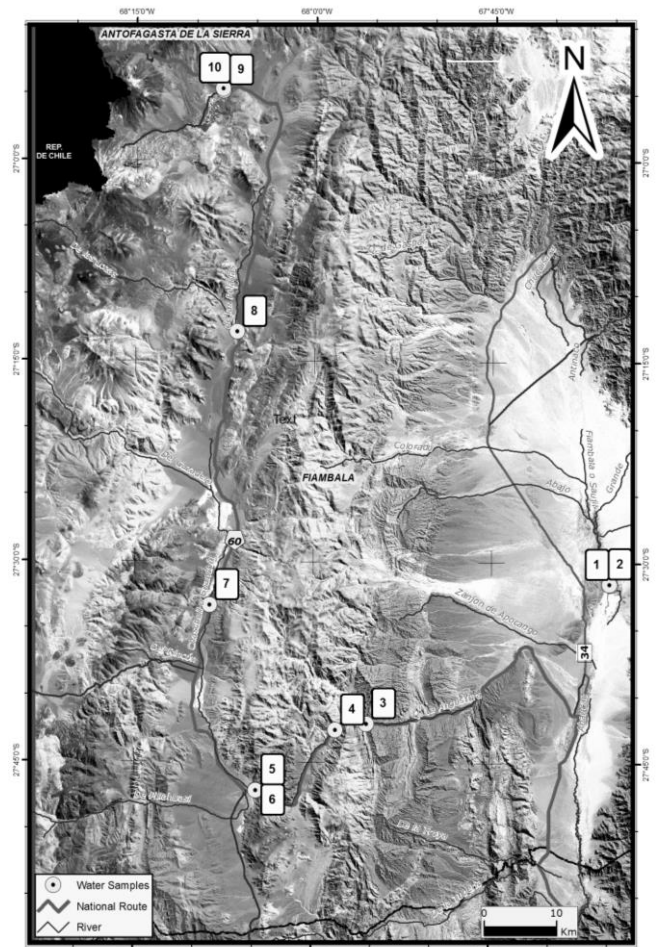


Figura 2. Ubicación de los puntos de muestreo

Se tomaron en cada punto una única muestra representativa en envases de plástico esterilizados nuevos y se realizaron tres enjuagues previos con el agua de sondeo antes del llenado, cierre y etiquetación. Los envases fueron resguardados de la luz almacenados en una conservadora con refrigerante evitando que la muestra se caliente y luego entregados en el laboratorio de Suelo de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Catamarca. En cada muestra se analizó conductividad eléctrica, relación de absorción de sodio (RAS), pH, calcio, magnesio, sodio, potasio, carbonatos, bicarbonato, sulfato, cloruro, total de sólidos disueltos (TDS) y dureza total.

Las determinaciones analíticas en laboratorio fueron: el pH, determinado con peachímetro, conductividad eléctrica con conductímetro; sodio y potasio, por fotometría en llama, calcio y magnesio por titulación con EDTA; cloruro por el método de Mohor, sulfato por el método Cromato de Barrio, carbono y bicarbonato por titulación con ácido sulfúrico; se calcularon RAS, TDS y dureza. Los indicadores de calidad y los métodos se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Indicadores de calidad de las aguas que se evaluaron

Indicador	Unidades	Método
Conductividad Eléctrica	$\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C	Conductímetro
pH	1-14	Peachimetro
Calcio	mg/l	Titulación con EDTA
Magnesio	mg/l	Titulación con EDTA
Sodio	mg/l	Fotometría en llama
Potasio	mg/l	Fotometría en llama
Carbonatos	mg/l	Titulación con ácido sulfúrico
Bicarbonato	mg/l	Titulación con ácido sulfúrico
Sulfato	mg/l	Cromato de Bario
Cloruro	mg/l	Método de Mohor
TDS	mg/l	-
Dureza Total	mg/l	Suma de cationes
SAR	-	Fórmula (1)

El cálculo de la relación de adsorción de sodio (1) como “índice de sodio” o “peligro de sodificación” se realizó para analizar el agua de riego de acuerdo a la relación entre concentraciones de iones de sodio, calcio y magnesio dada por la expresión:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} \quad (1)$$

Donde Na es la concentración de sodio, Ca es la concentración de calcio y Mg la concentración de magnesio.

La relación entre las concentraciones está dada por:

$$Na^+ = \text{meq/l} = \text{mg/l} \times 0.0434 \quad Ca^{+2} = \text{meq/l} = \text{mg/l} \times 0.0499 \\ Mg^{+2} = \text{meq/l} = \text{mg/l} \times 0.0822$$

Con los resultados de los diferentes indicadores de calidad de agua se realizó un análisis comparativo con las clasificaciones de aguas para riego propuestas por Ayers (1994), y las Normas Riverside (Manage, 1987) para valorar la calidad en función de la salinidad y sodio y la dureza y así clasificar a las muestras para el riego.

2.3 Georeferenciación

La georeferenciación de los mismos se realizó mediante la toma de coordenadas con GPS. El equipo utilizado es un GPS Garmin Etrex Legend, provisto por la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas.

En la Tabla 2 se presentan detalles de los lugares de muestreo, junto con su latitud y longitud. La ubicación de la muestra recogida se seleccionó sobre la base de la unidad geológica y los cambios por diferente patrón en el cauce y para el uso de la tierra.

Tabla 2. Puntos de localización en latitud y longitud

N° de Muestra	Location	Latitud			Longitud			Este (m)	Norte (m)	Elevation (m)		
		°	'	“	°	'	“					
1	Medanitos	-	27	31	36,8019	-	67	34	59,1643	2639980,992	6955152,004	1616,000
2	Medanitos	-	27	31	34,9759	-	67	35	1,7392	2639910,964	6955209,027	1617,000
3	Quebrada La Angostura	-	27	42	8,6842	-	67	55	25,1894	2606163,438	6936038,178	2542,793
4	Quebrada La Angostura	-	27	42	37,2178	-	67	58	1,5198	2601872,606	6935196,435	2748,995
5	Chaschuil	-	27	47	8,7181	-	68	4	42,7479	2590817,279	6926925,668	3073,437
6	Chaschuil	-	27	47	9,1189	-	68	4	42,9151	2590812,609	6926913,366	3075,360
7	Cortaderas	-	27	33	18,8485	-	68	8	41,4877	2584458,025	6952519,35	3371,444
8	Las Lozas	-	27	12	51,9577	-	68	6	30,1076	2588332,917	6990260,832	3731,214
9	Las Grutas	-	26	54	40,7458	-	68	7	46,6063	2586459,822	7023864,371	4039,075
10	Las Grutas	-	26	54	49,0620	-	68	7	45,1289	2586498,827	7023608,114	4041,958

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3 se detallan las determinaciones de laboratorio y los cálculos necesarios para evaluar la calidad de agua para riego.

La conductividad eléctrica de las aguas continentales superficiales oscilan entre 15 y 3300 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 1993) considera que el agua potable no debe tener una conductividad superior a 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Las aguas de conductividad superior a 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ se consideran no utilizables para el riego.

Los valores entre 250-750 $\mu\text{S}/\text{cm}$, están comprendidos con un peligro de salinización moderado y entre 750-2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ se encuentran con peligro de salinización medio. Los valores de este estudio están comprendidos entre 549 y 1405 $\mu\text{S}/\text{cm}$ lo que nos indica que el agua analizada tiene un contenido de sales disueltas bajo, que la hace aceptable para muchas de sus aplicaciones. Según la OMS, la concentración de sales disueltas en el agua se encuentran por debajo de los límites perjudiciales.

Tabla 3. Datos de los parámetros analizados en los 10 puntos de muestreo.

Puntos	C.E.	SAR	PH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	TDS	CO ₃ Ca
1	825	4.9	8	40.4	8.2	130.7	0.4	12	207.5	61.5	78	528	134.6
2	849	4.3	7.7	40.4	16.3	129.3	0.4	24	470.9	78.3	63.8	543.4	168.5
3	1344	3.9	8.3	44.9	59.9	171.4	14.7	48	231.9	134.4	145.3	860.2	359.9
4	1403	4	8.1	49.4	54.5	171.9	15	36	280.7	136.8	163.1	897.92	348.6
5	1389	4.3	8.2	58.4	40.9	175.8	--	36	146.4	183.4	148.9	889	314.7
6	1405	4.1	8.2	40.4	62.6	177.2	17.3	36	268.5	137.3	159.5	899.2	359.9
7	1334	3.8	8.2	44.9	62.6	166.8	16.7	48	244.1	124.4	159.5	853.8	371.1
8	1268	3.6	8.2	62.8	43.6	151.6	5	36	231.9	121.5	184.3	811.5	337.2
9	549	1.6	8.3	35.9	30	54.2	0	36	158.6	40.9	7.1	351.4	213.6
10	605	1.6	8.2	44.9	30	57.8	--	40	162.7	53.9	--	387.2	236
WHO	400*		6.5-8.5*		50*		12*					100.0*	

El valor pH en el agua varió de 7.7 a 8.3, son moderadamente alcalinas, los cuales están dentro de los estándares de calidad de WHO y quienes consideran el parámetro óptimo comprendido entre 7.0-8.5 (WHO, 2004). Para este estudio, a lo largo de la cuenca presenta un alto valor de pH debido a litofacies integrantes de una sección lávica piroclásticas (Formación Filo Negro) y acarros de sedimentos terciarios –cuaternarios (Formación Gaunchin) producto de la erosión de cuerpos plutónicos de composición calcoalcalina diferenciados en dos entidades con discordancias en piso y techo de acuerdo al orden de deposición.

La dureza del agua, CO₃Ca en las muestras analizadas obtienen valores comprendidos entre 134.6 y 371.1 mg/l. El valor medio es de 284.41 mg/l, de CaCO₃. Un valor superior a 100 mg/l de CaCO₃ es adecuado, porque si hubiese acidificación del agua por algún tipo de contaminación, la alcalinidad que posee lograría estabilizar el pH. Al analizar la relación con el pH se observa que los valores de pH se corresponden con los valores de alcalinidad. Por otro lado, también existe una relación entre la conductividad y la alcalinidad ya que los valores más bajos de conductividad van

acompañados de valores bajos de alcalinidad. Este análisis se repite en todos puntos a lo largo del río.

Los valores observados para cloruros oscilan entre 7.1 – 184.3 mg /L. Podemos suponer que este incremento en el contenido de cloruros en las muestras se debe al hecho de que en zonas aledañas a la captación se observa la surgencia de sulfatos de sodio y una predominancia de carbonato de sodio que los lugareños lo denominan coipa. Igualmente, el alto pH (7.87) en comparación con los otros puntos evaluados permite estimar que existe la presencia de aniónicas que podrían incrementar este pH. Los valores de cloruros encontrados se encuentran dentro de lo establecidos por la norma (máx. 600ppm o mg/l; WHO,2004).

En cuanto a la toxicidad por aniones, no se observan alteraciones, ya que se encuentran dentro de los valores considerados “aceptables”. Requiriendo un mayor estudio en la presencia de bicarbonatos (HCO₃) que a partir de los 1.5meq/l puede afectar a la adecuada absorción y traslocación de éste nutrientes en el caso de la utilización para riego.

De acuerdo con la conductividad eléctrica y la relación de sodio (SAR) según la clasificación de Riverside, se consideran en general del tipo C3S1, es decir “Medianamente salinas” y “Baja peligrosidad sódica”,

salvo en las muestras 9 y 10 que son del tipo C2 “Moderadamente salinas”.

C3: debe ser usada únicamente en suelos de moderada a buena permeabilidad. Para prevenir acumulaciones salinas peligrosas, es necesario aplicar regularmente riegos de lavado. Debe elegirse cultivos de moderada a buena tolerancia a la salinidad.

S1: Puede usarse en casi todos los suelos sin peligro que el nivel de sodio intercambiable suba demasiado. Sin embargo, plantas muy sensibles al sodio pueden llegar a acumular cantidades nocivas de este catión.

C2: puede usarse para riego de todos los cultivos, salvo los extremadamente sensibles a la salinidad, cuando éstos se hallan en suelos de alta a mediana permeabilidad. Con suelos de baja permeabilidad deberá, ocasionalmente, efectuarse algún lavado; y es conveniente la elección de cultivos de moderada tolerancia a la salinidad. En condiciones normales, la práctica común del riego es suficiente para la lixiviación requerida.

3 CONCLUSIONES

Del estudio realizado se pudo analizar la calidad de agua del Valle de Chaschuil y en base a los resultados de las muestras se concluye que:

De acuerdo con la clasificación de Riverside sólo dos de las muestras presentan características “moderadamente salinas”, se puede utilizar para riego de todos los cultivos.

El resto de las muestras se clasifican como “medianamente salinas”, que pueden ser utilizadas en suelos de moderada a buena permeabilidad.

Todas las muestras presentan baja peligrosidad sódica.

De acuerdo a los resultados del análisis de cada punto de muestreo, en general, son aguas aceptables para el riego con moderada restricción de uso teniendo en cuenta la concentración de carbonatos/bicarbonatos encontrada.

El comportamiento geoquímico – geológico presente se relaciona con la litología aflorante del área que se corresponde a una zona con características semiáridas... El actual estudio se continuará con un seguimiento de control y una ampliación de puntos de muestreo

teniendo en cuenta las características presentes del agua.

4 REFERENCIAS

- Ayers, R. S. y Westcot, D. W. (1987) La Calidad del agua en la agricultura. Estudio FAO. Riego y Drenaje. No. 29, Rev. 21. Roma: FAO, 174 p. ISBN: 92-5-302263-9
- Ayers R.S., Westcot D.W. (1994) Water quality for agriculture- FAO IRRIGATION AND DRAINAGE PAPER, 29 Rev. 1
- Balairón, L. (2000) Gestión de Recursos Hídricos. Ed. Univ. Politécnica de Cataluña, Barcelona., 478 p.
- Carricaburu, J. (1998) Calidad de agua para riego básico. Montevideo, Uruguay: Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca., 30 p.
- Döll, P., Siebert, S. (2002). Global modeling of irrigation water requirements. Water Resour. Res. 38 (8), doi:10.1029/2001WR000355.
- FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Agua y cultivos: logrando el uso óptimo del agua en la agricultura (2002). Roma, Italia
- Hamid, I.; Tak, Y. B.; Ahmad, F. and Inam, A. (2012). Effluent Quality Parameters for Safe use in Agriculture, Water Quality, Soil and Managing Irrigation of Crops, Dr. Teang Shui Lee (Ed.), ISBN: 978-953-51-0426-1.
- Letey, J., Hoffman, G.J., Hopmans, J.W., Grattan, S.R., Suarez, D., Corwin, D.L., Oster, J.D., L. Wua, C. Amrhein (2011). Evaluation of soil salinity leaching requirement guidelines. Agricultural Water Management (98) 502-506p.
- Niz, A.; Savio, M. (2017) Geomorfología General de la Provincia de Catamarca. RelatorioXX CGA “Ciencias de la Tierra y Recursos Naturales del NOA. Tucumán.
- Organización Mundial de la Salud: Guías para la calidad del agua potable (1993) 98pp., Volumen 1, Recomendaciones.
- Pérez P., J.; Hernández C., G.; González R., F. y López S., T. (2008) Alternativas para conocer el comportamiento de la calidad del agua en un tramo del arroyo guachinango. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 17, No. 3.
- Tezon, R. (1963). Texto Explicativo del Mapa Hidrogeológico de la República Argentina. Dir. Nac. De Geología y Minería. Buenos Aires.
- WHO (2004). Guidelines for drinking water quality: training pack. WHO, Geneva, Switzerland
- WU, L., Amrhein, C. (2011). Evaluation of soil salinity leaching requirement guidelines. Agric. Water Manage. 98, 502–506