

Anejo N° 5

**Calidad
del agua de riego**

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA PARA RIEGO	3
2.1. Interpretación del análisis	3
2.2 Caracterización de la calidad agronómica del agua	8
3. CONCLUSIONES	10
4. DOCUMENTACIÓN CONSULTADA	10

1. INTRODUCCIÓN

Este anejo tiene por objetivo el estudio detallado de la calidad agronómica del agua de riego disponible para el estudio del cultivo, su clasificación, así como de las características físico-químicas de la misma, atendiendo en todas ellas a la normativa existente. El agua procedente del pozo de la Comunidad de Regantes "Los Llanos".

Desde 2008 está siendo utilizado de manera eficiente para regar la Vega de Celín y Dalias mediante un sistema de riego a presión y a la demanda. El informe del análisis del agua de riego lo ofreció gentilmente la comunidad de regantes. El análisis se realizó en noviembre del 2009 por el laboratorio CUAM, situado en El Ejido.

2. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA PARA RIEGO

Resultados análisis.

		mg/L	mmolc/L
ANIONES	Cloruros (Cl^-)	8,9	0,25
	Sulfatos (SO_4^{2-})	11,2	0,23
	Nitratos (NO_3^-)	5,5	0,09
	Bicarbonatos (CO_3H^-)	180,8	2,96
	Carbonatos (CO_3^{2-})	0	0
CATIONES	Calcio (Ca^{2+})	30,9	1,54
	Magnesio (Mg^{2+})	20,8	1,71
	Sodio (Na^+)	6,4	0,28
	Potasio (K^+)	1,0	0,03
	Boro (B^{3+})	<0.2	---

pH	7,78
CE ($dS\ m^{-1}$) a 25°C	0,32
Sales (C.T.S.) en $g\ L^{-1}$	0,27

2.1 Interpretación del análisis.

2.1.1 Veracidad del análisis

Conviene señalar que existen algunas relaciones que pueden obtenerse a partir de las determinaciones anteriores. Las relaciones que muestran mayor interés son las siguientes:

- La suma de cationes ha de ser igual a la suma de aniones. Se admite una variación máxima del 5%.

$$\text{Suma de Aniones: } 3,53 \text{ mmol/l} \quad \text{Suma de Cationes: } 3,56 \text{ mmol/l}$$

La diferencia entre ambos valores es de 0,003, valor inferior a la variación máxima permitida, 5% de la suma de los Cationes.

El análisis es válido

- La relación entre la cantidad total de sales disueltas (SD), expresada en g/l, y la conductividad eléctrica del agua de riego (CE_{ar}), en dS/m, es una recta que pasa por el origen de coordenadas y tiene como pendiente 0,64.

$$SD \text{ (g/L)} / CE \text{ (dS/m)} = 0,64 \rightarrow CE = 0,5 \text{ dS m}^{-1}$$

$$CE \text{ medida} \approx CE \text{ teórica}$$

- La relación entre la conductividad eléctrica y la suma de cationes o de aniones expresada en meq/l es aproximadamente igual a 100.

$$CE \text{ (dS/m)} / \sum \text{ cationes} \approx 100 \rightarrow 320 / 3,56 = 89,88 < 100$$

$$CE \text{ (dS/m)} / \sum \text{ aniones} \approx 100 \rightarrow 320 / 3,53 = 90,65 < 100$$

2.1.2 Sales probablemente existentes

Las sales existentes en el agua pueden determinarse a partir de los valores de los iones obtenidos en el análisis. Generalmente las sales que podemos encontrar son las que se citan a continuación:

- Cloruro sódico y magnésico (NaCl y MgCl_2)
- Sulfatos sódico, cálcico y magnesico (Na_2SO_4 , CaSO_4 y MgSO_4)
- Carbonato sódico [$\text{Na}_2(\text{CO}_3)$]
- Bicarbonato cálcico y magnésico [$\text{Ca}(\text{CO}_3\text{H})_2$ y $\text{Mg}(\text{CO}_3\text{H})_2$]

Para determinar la existencia y contenido en sales procederemos del siguiente modo:

- Sumar por separado los milimoles de calcio y magnesio, y los de sulfatos y bicarbonatos.

$$A = (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{1+}) = 1,54 + 1,71 = 3,25 \text{ mmol/l}$$

$$B = (\text{SO}_4^{-} + \text{HCO}_3) = 0,23 + 2,96 = 3,19 \text{ mmol/l}$$

- La menor de estas sumas se toma como representativa del contenido en bicarbonatos más sulfatos de calcio y magnesio.

$$[\text{CaSO}_4 + \text{MgSO}_4 + \text{Ca}(\text{CO}_3\text{H})_2 + \text{Mg}(\text{CO}_3\text{H})_2] = 3,19 \text{ meq L}^{-1}$$

Como en las sumatorias anteriores los cationes superan a los aniones ($A > B$), el exceso se atribuye al cloruro magnésico y se interpreta como que no hay sulfato sódico. La cantidad de Mg Cl_2 es la diferencia entre los aniones y los cationes anteriores. Entonces tenemos lo siguiente:

Na_2SO_4	0 <i>mmol/l</i>
Mg Cl_2	0.006 <i>mmol/l</i>

- Si hubiese carbonatos (CO_3^-), todos ellos se atribuyen al carbonato sódico. En nuestro caso no hay.
- La diferencia entre los cloruros dados por el análisis y los posibles cloruros magnésicos calculados antes, se atribuyen al cloruro sódico.

$$\text{NaCl} = \text{Cl}^- - \text{Mg Cl}_2 = 0,19 \text{ meq L}^{-1}$$

Resumen del total de sales obtenido:

Sales	<i>mmol/l</i>
Na_2SO_4	0
Mg Cl_2	0,06
$\text{Na}_2(\text{CO}_3)$	0
NaCl	11,09
$\text{CaSO}_4 + \text{MgSO}_4 + \text{Ca}(\text{CO}_3\text{H})_2 + \text{Mg}(\text{CO}_3\text{H})_2$	13,19

2.1.3 Determinación de parámetros de calidad

En este apartado se calculan diferentes parámetros que ayudarán a caracterizar la calidad del agua, así como para clasificarla según su aptitud para el riego de los cultivos.

- Presión osmótica

Indicará la capacidad de absorción de agua por la raíz de la planta y aumenta a medida que lo hace su concentración salina. La relación es lineal y puede calcularse por la fórmula siguiente:

$$\text{P.O.} = \text{CE (dS/m)} - 0,36 \text{ P.O. (atm)} = 0,32 \text{ dS/m} - 0,36 = 0,1152 \text{ atm}$$

▪ Dureza del agua de riego

Esta característica del agua se define mediante la siguiente ecuación:

$$\text{DUREZA} = (2.5 \text{ CA}^{2+} + 4,12\text{MG}^{2+}) / 10$$

Los valores de calcio y magnesio se sustituirán en la fórmula en mg /L, obteniéndose un valor de dureza en grados franceses (°F).

$$\text{Dureza} = (2,5-30,9 + 4,12-20,8) / 10 = 16,29 \text{ °HTF}$$

El resultado se interpretará en función de la siguiente tabla, por la cual se puede catalogar al agua como "Mediana-Dulce".

°F	Tipo de agua
<7	muy Dulce
7-14	Dulce
14-22	Mediana-Dulce
22-32	Mediana-Dura
32-54	Dura
>54	muy Dura

▪ Índice de Langellier

Este índice puede predecir problemas de precipitación por carbonato cálcico. Se define como la diferencia entre el pH del agua y el pH calculado.

$$\text{IL} = \text{PHA} - \text{PHC}$$

El pH calculado representa la tendencia de un agua de riego para disolver o precipitar carbonato cálcico en el suelo. Se calcula mediante la ecuación:

$$\text{pHc} = (\text{pK}'_2 - \text{pK}'_1) + \text{p} (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) + \text{p} (\text{Alk})$$

Los diferentes términos de esta ecuación se obtienen a partir de las concentraciones de sodio, calcio, magnesio, carbonatos y bicarbonatos aportados por el análisis químico del agua.

$$\text{pH}_c = 3,56 + 2,79 + 2,53 = 8,88$$

$$\text{pH}_a = 7,78$$

$$\text{IL} = 8,88 - 7,78 = 1,1$$

Valores positivos indican tendencia a precipitar (lo que sucede en este caso) y los negativos sugieren que el carbonato cálcico se mantienen en disolución.

- Carbonato sódico residual (CSR)

Indica la peligrosidad del sodio una vez que han reaccionado los cationes de calcio y magnesio con los aniones de carbonato y bicarbonato. Se calcula a partir de los valores obtenidos en los análisis.

$CSR = (CO_3^{2-} + CO_3H^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$ $(mmol/l)$	$CSR = (0 + 2,96) - (1,54 + 1,71) = -0,29$ $(mmol/l)$
--	---

El criterio para calcular las aguas de riego según este índice es:

$CSR > 2,5 \text{ mmol/l}$	no son buenas
$1,25 \text{ mmol/l} < CSR < 2,5 \text{ mmol/l}$	dudosas
$CSR < 1,25 \text{ mmol/l}$	buenas

Se trata de un agua buena para el riego.

- Relación de adsorción de sodio corregido (S.A.R°)

Con este índice se pretende evaluar el riesgo de alcalinización con la consecuente pérdida de permeabilidad del suelo y se calcula con la siguiente fórmula:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

Existe una relación directa entre el SAR y lo que se conoce como SAR° o SAR ajustado. Esta fue descrita por Sposito & Mattigug (1977), la cual nos dice que:

$$\text{SAR}^\circ = 0,08 + 1,115 \text{ SAR} = 0,325$$

Agua no alcalina

2.2 Caracterización de la calidad agronómica del agua.

Para caracterizar el agua de riego utilizaremos dos criterios:

2.2.1 Coeficiente de Scott

Este índice define "la altura de agua expresada en pulgadas, que al evaporarse, dejaría en el suelo en un espesor de cuatro pies, una cantidad de sales suficiente para convertirlo en un medio perjudicial". Se calcula a partir del valor que alcanza la relación: $\text{Na}^+ - 0,65 \text{Cl}^-$, expresando sus componentes en mg/l.

$$\text{Na}^+ - 0,65 \text{Cl}^- = 0,615 \quad ; \quad 0,48 \text{SO}_4^{2-} = 5,376$$

$$(0 < \text{Na}^+ - 0,650 > 0,48 \text{SO}_4^{2-})$$

$$K_2 = 6.620 / (\text{Na}^+ + 2,6 \text{Cl}^-) = 224,1$$

Calidad del agua	Valores del Índice de Scott
Buena	> 18
Tolerable	18-6
Mediocre	6-1,2
Mala	< 2

Según la clasificación de Scott nos encontramos con Buena agua.

2.2.2 Evaluación de la calidad del agua según los criterios de R.S. Ayers y D. W. Wescot (1987)

R.S. Ayers y D.W. Wescot (1987) efectúan una revisión de los antiguos criterios publicados por la F.A.O. y proponen unas directrices para la determinación de la calidad del agua de riego, y estas son:

- SALINIZACIÓN: La conductividad eléctrica en este caso es de 0.32 dS/m, valor que se encuentra por debajo de 0.7 dS/m, por lo cual no tenemos problema de salinización.
- ALCALINIZACIÓN: En este caso con un SAR° de 0.325 y una CE de 0.32dS/m, no se van a presentar problemas de alcalinización, ya que se encuentra dentro de unos valores normales, y como consecuencia pérdida de permeabilidad del suelo.
- TOXICIDAD IÓNICA ESPECÍFICA: Se considera la fitotoxicidad originada por boro, sodio y cloruros en el agua de riego.
 - Fitotoxicidad por boro: Con un contenido en boro de 1.38 mg/l, el agua de riego no presentará un problema creciente. En cualquier caso, dichos problemas serán muy diferentes en función de la sensibilidad o tolerancia que ofrezca cada cultivo.
 - Fitotoxicidad por sodio: Con un SAR° de 0.325, el agua de riego no presentará un problema creciente, pero está en función del sistema de riego empleado. En nuestro caso no se presentan problemas específicos al ser riego por goteo.
 - Fitotoxicidad por cloruros: Con un contenido en cloruros de 8,9 mg/l, estaremos exentos de problemas debido a este elemento, ya que se encuentra en unos niveles fuera del riesgo de toxicidad.
 - Fitotoxicidad por nitratos: No presenta ningún riesgo ya que sus niveles se encuentran dentro de los parámetros normales.

3. CONCLUSIÓN

Tras los estudios realizados, cabe decir que nos encontramos ante un agua bastante apropiada para el riego. Presenta una conductividad eléctrica de $0,32 \text{ dS m}^{-1}$, es un agua medianamente dulce y tolerable para el cultivo. Tiene un nivel bajo de boro. No es necesario aplicar fracción de lavado a la hora del fertirriego.

4. BIBLIOGRAFÍA

- AYERS, R.S. y WESTCOT, D.W. (1987). **La calidad del agua en la agricultura**. Estudios FAO. Serie Riego y Drenaje. N°29. Ed. FAO Roma.
- PORTA CASENELLAS, J., LÓPEZ-ACEVO REGUERÍN, M. Y ROQUERO DE LABURU, C. 1994. **Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente**. Ed. - Mundi-Prensa. Madrid.
- URBANO TERRÓN, P. (1992). **Tratado de Fitotecnia General**. Ed. MundiPrensa. Madrid.