



## CALCULO DEL RAS EN AGUAS DE RIEGO

La mayoría de las aguas de riego contienen bases intercambiables que pueden incrementar la alcalinidad de los suelos. En este sentido, el sodio (Na) provoca la separación de los coloides del suelo cuando interacciona y desplaza los cationes divalentes presentes ( $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$ ), reduciendo así, el acceso y flujo de agua y oxígeno en el perfil del suelo. La aplicación de aguas con elevadas concentraciones de sodio al suelo disminuyen la fertilidad del mismo debido a la reducción de la aireación, aumento del pH y baja disponibilidad de hierro (Fe) y cinc (Zn) (Castellanos y Ojodeagua, 2011).

La sodicidad se expresa como la concentración relativa de sodio comparada con el calcio y magnesio y existen dos formas de representarla: relación de adsorción de sodio (RAS) y relación de adsorción de sodio ajustada (RAS aj). La fórmula para determinar el RAS del agua es:

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

Donde:

RAS= Relación de adsorción de sodio (adimensional);

Ca= Concentración de calcio en el agua (me/L) y

Mg= Concentración de sodio en el agua (me/L).

### Cálculo

El primer paso para el cálculo de la RAS del agua es determinar las concentraciones de calcio, magnesio y sodio, el cual se realiza a través del análisis químico del agua de riego (Cuadro 1) y con los resultados se obtienen los valores requeridos.

Cuadro 1. Resultados de un análisis químico de agua de riego.



Parámetro	Conductividad Eléctrica (CE)	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Carbonatos (CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> )	Sodio (Na)	Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> )
Unidad	dS/m	me/L					
Valor	0.91	2.77	1.33	5.20	0.00	4.70	1.71

El segundo paso para el cálculo de la RAS es aplicar la fórmula mencionada anteriormente asegurandonos que los valores obtenidos se encuentren en las unidades solicitadas que son miliequivalentes por litro (me/L).

$$RAS = \frac{4.70}{\sqrt{\frac{(2.77 + 1.33)}{2}}} = 3.3$$

El valor obtenido se compara con los valores ideales del agua de riego presentados en el Cuadro 2, el cual nos indica que tenemos un grado de restricción de leve a moderada. Sin embargo, los bicarbonatos presentes en el agua puede precipitar el calcio, incrementandose el efecto negativo del sodio en el suelo. Por lo tanto, se requiere considerar además de la concentración de sodio, calcio y magnesio, los bicarbonatos presentes en el agua y este valor se ha denominado RAS ajustada.

Cuadro 2. Parámetros de calidad del agua de riego para uso agrícola (Nakayama, 1982; Ayers y Wescot, 1985).

Parámetro de calidad	Unidades	Grado de restricción		
		Ninguno	Leve a moderado	Severo
<b>Salinidad</b>				
Conductividad eléctrica (CE)	dS/m	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
Sólidos disueltos totales (TDS)	mg/L	< 450	450 – 2000	> 2000
<b>Efecto de iones específicos</b>				
Relación de adsorción de sodio (RAS)		< 3.0	<b>3.0 – 9.0</b>	> 9.0
Sodio (Na <sup>+</sup> )	meq/L	< 5	5 – 10	> 10
Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	meq/L	< 1.5	1.5 – 8.5	> 8.5
Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	meq/L	< 4.0	4.0 – 10.0	> 10
Boro (B <sup>3+</sup> )	mg/L	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
Manganeso (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	< 0.1	0.1 – 1.5	> 1.5
Hierro (Fe <sup>2+</sup> )	mg/L	< 0.1	0.1 – 1.5	> 1.5
Sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	mg/L	< 0.5	0.5 – 2.0	> 2.0



Para el cálculo de la RAS ajustada se requiere el valor ajustado de la concentración de calcio, el cual se obtiene del Cuadro 3 con datos de concentración de calcio, bicarbonatos y conductividad eléctrica. Para esto, calculamos primero la relación  $\text{HCO}_3^-/\text{Ca}$ , la cual junto con el valor de conductividad eléctrica nos indica el valor de la concentración de calcio ajustada.

Así, calculamos la relación  $\text{HCO}_3^-/\text{Ca}$ , con los datos del Cuadro 1:

$$\frac{\text{HCO}_3^-}{\text{Ca}} = \frac{5.20}{2.77} = 1.9$$

Con el valor obtenido entramos al cuadro para obtener el valor ajustado de la concentración de calcio, el cual mediante una regresión de los datos se obtiene el valor real de este (Cuadro 4.1). Este proceso se utiliza para calcular el valor final de la concentración de calcio con 0.91 dS/m de conductividad eléctrica, resultando en 1.4 .

Cuadro 3. Valores ajustados de calcio para calcular la RAS ajustada.

Relación $\text{HCO}_3^-/\text{Ca}$	Salinidad del agua aplicada al suelo CE (dS/m)								
	0.1	0.3	0.5	0.7	1	1.5	2	3	4
0.05	13.20	13.90	14.40	14.80	15.30	15.90	16.40	17.30	18.00
0.1	8.30	8.80	9.10	9.30	9.60	10.00	10.40	10.90	11.30
0.2	5.20	5.50	5.70	5.90	6.10	6.30	6.50	6.90	7.10
0.3	4.00	4.20	4.40	4.50	4.60	4.80	5.00	5.20	5.40
0.4	3.30	3.50	3.60	3.70	3.80	4.00	4.10	4.30	4.50
0.5	2.80	3.00	3.10	3.20	3.30	3.40	3.50	3.70	3.90
1	1.80	1.90	2.00	2.00	2.10	2.20	2.20	2.40	2.50
2	1.10	1.20	1.20	1.30	1.30	1.40	1.40	1.50	1.50
3	0.90	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.10	1.10	1.20
4	0.70	0.80	0.80	0.80	0.80	0.90	0.90	0.90	1.00
5	0.60	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.80	0.80	0.80
10	0.40	0.40	0.40	0.40	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
20	0.20	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
30	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.30

Cuadro 3.1 Valores ajustados de la concentración de calcio.

Relación HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /Ca	Salinidad del agua aplicada al suelo CE (dS/m)								
	0.1	0.3	0.5	0.7	1	1.5	2	3	4
1.9	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.6

Finalmente, con el valor ajustado de la concentración de calcio obtenemos el valor de la RAS ajustada (4.0):

$$RAS = \frac{4.70}{\sqrt{\frac{(1.4 + 1.33)}{2}}} = 4.0$$

El valor de la RAS ajustada muestra un mismo criterio de interpretación que el valor anterior; es agua con un grado de restricción de uso agrícola de leve a moderado, lo que permite utilizarla para el riego de los cultivos sin efectos negativos considerables en la productividad.

***Todas las aguas presentan cantidades diferentes de sales, las cuales según su tipo y concentración determinan la calidad de ésta para usarse en el riego de los cultivos. Esto evidencia la necesidad de analizar el agua que se utilizará para el riego, ya que de no hacerlo, podemos afectar la fertilidad de nuestro suelo y con ello, una reducción considerable del rendimiento final.***

### Fuentes

Ayres, R. S. y D. W. Wescot. 1985. Water quality for Agriculture. FAO. Irrigation and Drainage paper No. 29 174 p.

Castellanos, J. Z. y J. L. Ojodeagua. 2011. Formulación de la solución nutritiva. En: Manual para la producción de tomate en invernadero. J. Z. Castellanos (Ed.). Intagri, S. C. Guanajuato, México. 131-156 pp.



Nakayama, F. S. 1982. Water analysis and treatment techniques to control emitter plugging. Proc. Irrigation Association Conference. 21-24 Feb. Portland, Oregon. EE. UU.