

**ANEJO N° 9**

**CALIDAD DEL**

**AGUA DE RIEGO**



**“Calidad del agua de riego”**

**1.- RESULTADOS DEL ANÁLISIS.**

pH = 7,24

C.E. ( dS /m ) = 0,29.

Tabla: 88 **“Resultado del análisis”**

|  | mg/l  | Meq/l |                                      | mg/l  | Meq/l |
|--|-------|-------|--------------------------------------|-------|-------|
| <b>Cloruros <math>CL^-</math></b>        | 6,745 | 0,19  | <b>Calcio <math>Ca^{2+}</math></b>   | 30    | 1,50  |
| <b>Sulfatos <math>SO_4^{2-}</math></b>   | 34,56 | 0,72  | <b>Magnesio <math>Mg^{2+}</math></b> | 6     | 0,5   |
| <b>Carbonatos <math>CO_3^-</math></b>    | 0     | 0     | <b>Sodio <math>Na^+</math></b>       | 31,74 | 1,38  |
| <b>Bicarbonatos <math>CO_3H^-</math></b> | 176,9 | 2,90  | <b>Potasio <math>K^+</math></b>      | 2,74  | 0,07  |
| <b>Nitratos <math>NO_3^-</math></b>      | 0,62  | 0,01  | <b>Boro <math>B^{3+}</math></b>      | ..... | ..... |

**2.- INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS. ÍNDICES Y CLASIFICACIONES.**

**2.1-RIESGO DE SALINIZACIÓN.**

Se evalúa normalmente mediante la determinación de la conductividad eléctrica del agua (C.E) y afecta a la disponibilidad de agua por el cultivo.

Según Urbano Terron P, (1995): R.S Ayers y D.W. Westcot (1976 y revisión 1987) para los problemas de salinización, utilizando la conductividad eléctrica (CE) del agua, se propone la siguiente escala:

- CE ≤ 0,7 milimhos/cm: No hay problema
- 0,7 < CE ≤ 3,0 milimhos/cm: Problema creciente.
- CE > 3,0 milimhos/cm: Problema grave.

Como la C.E. =0,29 dS/m \*, **No hay problema.**

\* 1 milimhos/cm (mmho/cm) = 1 dS/m.



“Calidad del agua de riego”

2.2.- PROBLEMAS DE PERMEABILIDAD.

Se expresa mediante la relación de absorción de sodio (S.A.R.), parámetro que representa la posible influencia del ión sodio, presente en el agua de riego, sobre el suelo: una elevada proporción relativa de sodio respecto a los iones calcio y magnesio en el agua de riego puede inducir cambios de estos iones por los de sodio en los suelos, provocando la degradación del mismo con la consiguiente pérdida de estructura y permeabilidad.

$$S.A.R = Na^+ / (\sqrt{((Ca^{2+} + Mg^{2+}) / 2)}) = 1,38 / (\sqrt{((1,5 + 0,5) / 2)}) = 1,38$$

El uso del S.A.R. corregido resulta más real que el anterior, ya que considera que el calcio precipita con los bicarbonatos.  $S.A.R.^0 = Na^+ / (\sqrt{([Ca^0] + Mg^{2+}) / 2})$

$$[HCO_3] / [Ca^{2+}] = 2,90 / 1,50 = 1,93$$

C.E.=0,29. Según el cuadro 12.7 *“Determinación del calcio corregido [Ca<sup>0</sup>]”* (Urbano Terron P, 1995):  $[Ca^0] = 1,22$

$$S.A.R.^0 = 1,38 / (\sqrt{((1,22 + 0,5) / 2)}) = 1,49$$

2.3.- DUREZA DEL AGUA.

El grado de dureza permite clasificar el agua de riego en función del catión calcio.

$$Dureza = ([Ca^{+2}] \times 2,5 + [Mg^{+2}] \times 4,2) / 10 = ((30 \times 2,5) + (6 \times 4,2)) / 10 = 10,02 \text{ } ^\circ F$$

Tabla: 89 *“Clasificación del agua en función de los °F”*

| TIPO DE AGUA       | Grados Hidrométricos Franceses (°F) |
|--------------------|-------------------------------------|
| Muy dulce          | <7                                  |
| Dulce              | 7 - 14                              |
| Medianamente dulce | 14 - 22                             |
| Medianamente dura  | 22 - 32                             |
| Dura               | 32 - 54                             |
| Muy dura           | >54                                 |

Fuente: Ros Orta. S, (2001)



*“Calidad del agua de riego”*

Si se tiene 10,02 °F, se encuentra ante un agua **DULCE**.

2.4.- CARBONATO SÓDICO RESIDUAL (ÍNDICE DE EATON).

Predice la acción degradante del agua sobre las plantas y suelo, y se calcula mediante la expresión:

$$C.S.R = (CO_3^{2-} + CO_3H^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

$$C.S.R. = (0 + 2,90) - (1,50 + 0,50) = 0,90 \text{ meq/l}$$

Según Urbano Terron P, (1995): No son buenas las aguas que contienen más de 2,5 meq/l, son dudosas las que presentan un contenido 1,25 y 2,5 meq/l; y son buenas si este contenido es inferior a 1,25 meq/l.

Según la clasificación anterior, es un **AGUA BUENA**, desde el punto de vista del carbonato sódico residual.

2.5.- COEFICIENTE ALCALIMÉTRICO (ÍNDICE DE SCOTT).

Este índice valora la calidad agronómica del agua en función de las concentraciones entre ión cloruro, sulfato y sodio, pudiendo definirse como la altura del agua expresada en pulgadas (1 pulgada = 2,54 cm) que, después de la evaporación, dejaría en un terreno vegetal, de cuatro pies de espesor (1 pie = 0,3048 m), álcali suficiente para imposibilitar el desarrollo normal de las especies vegetales más sensibles. Es decir, en realidad este coeficiente **k**, evalúa la toxicidad que pueden producir las concentraciones de los cloruros y sulfatos, aportadas con el agua de riego y que permanecen en el suelo tras formar cloruro o sulfato de sodio, respectivamente. El cálculo de este índice se basa en tres axiomas, uno de los cuales obedece al análisis, se deduce a partir del valor que alcanza la relación  $Na^+ - 0,65 Cl^-$ , expresando sus componentes en mg/l.

-Si  $Na^+ - 0,65 Cl^- \leq 0$ . Se aplicará la expresión  $K_1 = (6.049 / Cl^-)$



“Calidad del agua de riego”

Sustituyendo:

$$31,74 - (0,65 \times 6,745); 27,35 > 0, \text{ No cumple el primer axioma.}$$

-Si  $0 < \text{Na}^+ - 0,65 \text{Cl}^- < 0,48 \text{SO}_4^{2-}$ . Se aplicará  $K_1 = (6.620 / (\text{Na}^+ + 2,6 \text{Cl}^-))$

Sustituyendo:

$$0 < 31,74 - (0,65 \times 6,745) > 16,59, \text{ No cumple el segundo axioma.}$$

- Si  $0 < \text{Na}^+ - 0,65 \text{Cl}^- > 0,48 \text{SO}_4^{2-}$ .

Sustituyendo:

$$0 < 31,74 - (0,65 \times 6,745) > (0,48 \times 34,56)$$

$$0 < 27,35 > 16,59 \text{ Sí cumple.}$$

El valor de **k** se calcula mediante la expresión:

$$K = \frac{662}{\text{Na}^+ - 0,32 \text{Cl}^- - 0,48 \text{SO}_4^{2-}} = \frac{662}{31,74 - (0,32 \times 6,745) - (0,48 \times 34,56)} = 50,9$$

Según Urbano Terron P, (1995) la clasificación de Stabler caracteriza los siguientes tipos de agua:

- $K_1 \geq 18$  *Agua buena:* No es necesario tomar precauciones.
- $6 \leq K_1 < 18$  *Agua tolerable:* Emplear con precauciones.
- $1,2 \leq K_1 < 6$  *Agua peligrosa:* Emplear solamente en suelos con muy buenas condiciones de drenaje
- $K_1 < 1,2$  *Agua no utilizable.*

Como  $k = 50,9 > 18$  es un agua **BUENA**.



## 2.6.- RELACIÓN DE CALCIO O ÍNDICE DE KELLY

Se utiliza junto con el Índice de Eaton para determinar el riesgo de alcalinización. Se define mediante la siguiente ecuación:

$$I.K. = (Ca) / (Ca + Mg + Na) \times 100 = (1,50) / (1,50 + 0,5 + 1,38) \times 100 = 44,37\%$$

$$C.S.R. = (0 + 2,90) - (1,50 + 0,50) = 0,90 \text{ meq/l}$$

Kelly establece que aquellas aguas cuyo valor es superior a un 35% son buenas para su utilización en el riego, **I.K= 44,37% >35% → BUENA.**

## 2.7.- NORMAS COMBINADAS.

### 2.7.1.- Normas H. Greene (F.A.O.).

Toma como base la concentración total de sales expresadas en meq/l con relación al porcentaje de sodio (este porcentaje se calcula respecto al contenido total de cationes expresados en meq/l).

$$([Na^+] / (\sum \text{cationes})) \times 100 = ((1,38) / (1,50 + 0,5 + 1,38 + 0,07)) \times 100 = 40\%$$

$$[\sum \text{sales}] = [\sum \text{cationes}] + [\sum \text{aniones}] = 3,45 + 3,82 = 7,27 \text{ meq/l}$$



"Calidad del agua de riego"

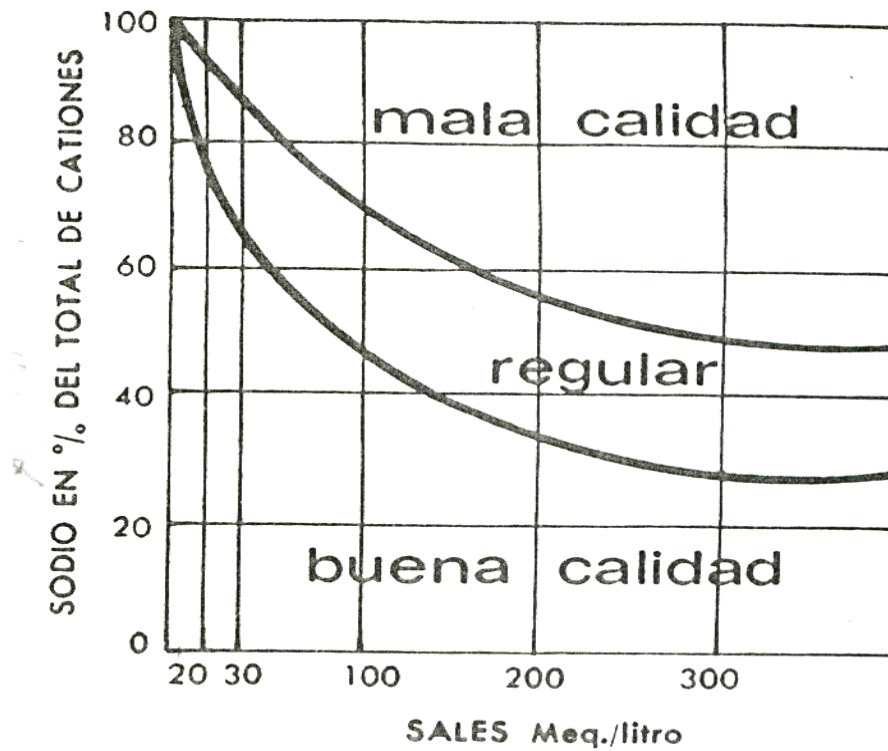


Figura: 62 "Diagrama para la interpretación del valor de un agua de riego.

(Adaptado de Utilización de tierras salinas, H. Greene, F.A.O.)"

Fuente: [http://www.zonanosaturada.com/publics/ZNS05/area\\_5/06.pdf](http://www.zonanosaturada.com/publics/ZNS05/area_5/06.pdf)  
Consultando en la tabla, se dispone de un agua de **buena calidad**.



“Calidad del agua de riego”

2.7.2.- Norma Riverside.

Establece la clase de agua en función del riesgo de salinización (mediante la C.E.) y alcalinización (mediante el S.A.R.<sup>0</sup>) que puede originar su uso. Se establecen categorías de clases de aguas enunciadas según las letras C y S.

C.E. ( dS /m ) = 0,29 y S.A.R.<sup>0</sup> = 1,49

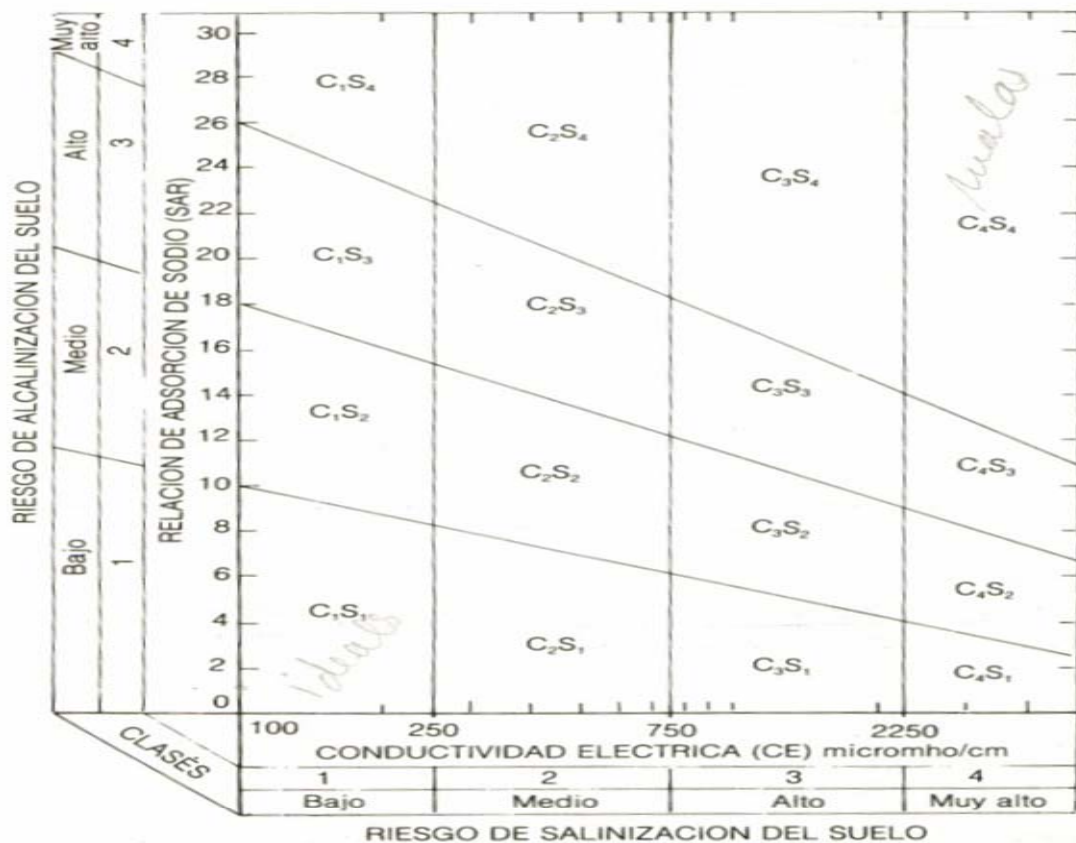


Figura: 63 “Diagrama para clasificar las aguas de riego según el U.S. Salinity Laboratory Staff (1954)”.

Fuente: Urbano Terron P, (1995)

Se tiene un agua correspondiente al tipo C2 – S1 que indica que se trata de un **agua de salinidad media apta para el riego**, aunque puede ser necesario, en ciertas ocasiones, utilizar volúmenes en exceso o cultivos tolerantes a la salinidad. Además, es un agua con bajo contenido en sodio apta para el riego, aunque podría presentar problemas en cultivos muy sensibles al sodio.



“Calidad del agua de riego”

2.7.3.- Normas Wilcox.

Considera como índices para la clasificación de aguas el porcentaje de sodio respecto al de cationes y la CE:

$$C.E. (dS/m) = 0,29 \text{ y } Na^+ (\%) = 40\%$$

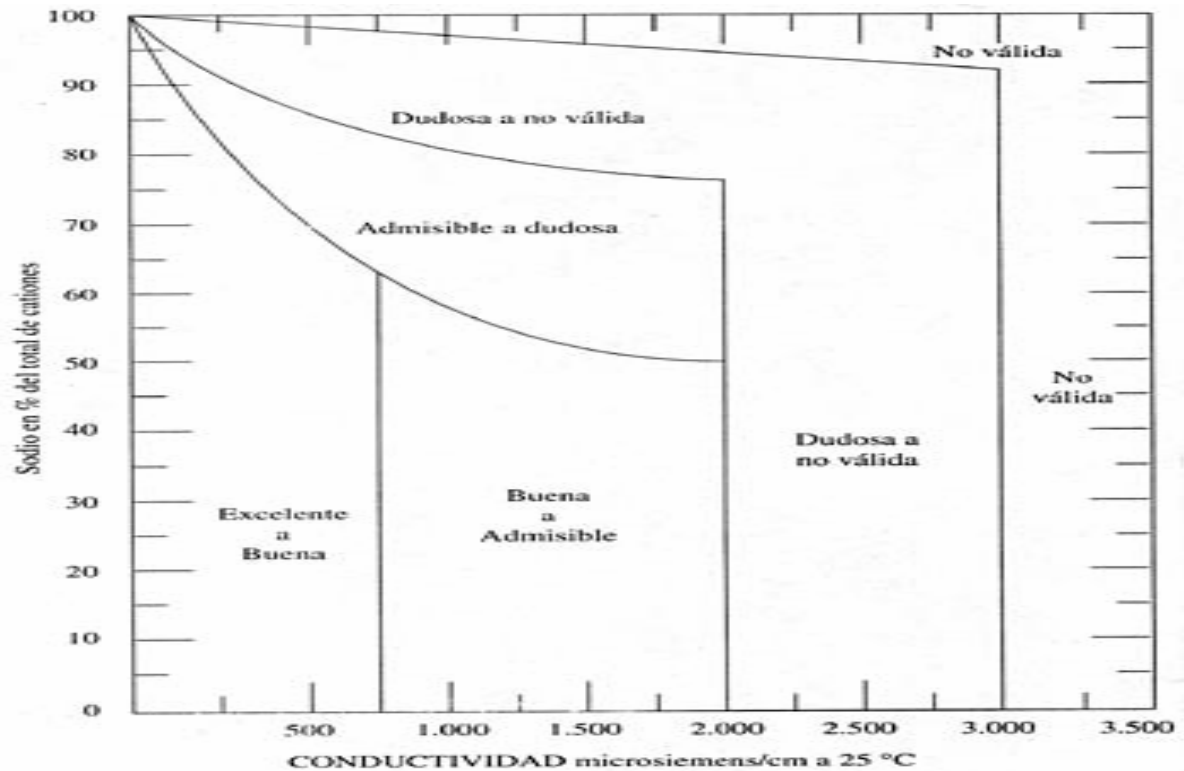


Figura: 64 “Diagrama para la interpretación del valor de un agua de riego. (Adaptado de “The Quality fo water for Irrigation USE”, U.S.D.A)”

Fuente: [http://www.zonanosaturada.com/publics/ZNS05/area\\_5/06.pdf](http://www.zonanosaturada.com/publics/ZNS05/area_5/06.pdf)

Consultando la tabla, se obtiene una clasificación del agua como **excelente a buena**

3.- CONCLUSIÓN.

Así pues, reunidos todos los datos obtenidos a partir de los distintos índices y normas para la clasificación del agua, se llega a la conclusión de que este agua es **BUENA** para riego, utilizable en cualquier suelo y en todo tipo de cultivos sin ningún problema.