

ÍNDICE SUBANEJO 2.2: ANÁLISIS DE AGUAS

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 2 |
| 2. ANÁLISIS DEL AGUA DE RIEGO..... | 2 |
| 3. INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS DE AGUA..... | 3 |
| 3.1. pH: | 3 |
| 3.2. Iones:..... | 3 |
| 3.2.1. Contenido en iones | 3 |
| 3.2.2. Contenido en cationes: | 4 |
| 3.3. Concentración de sales disueltas: | 4 |
| 3.3.1. Clasificación del agua de riego según la salinidad | 5 |
| 3.4. Permeabilidad | 6 |
| 3.5. Relación de adsorción de Sodio (S.A.R.) | 6 |
| 3.6. Índice de Eaton o índice de carbonato sódico residual (C.S.R.)..... | 7 |
| 3.7. Dureza del agua | 7 |
| 4. CRITERIOS PARA CARACTERIZAR LA CALIDAD DEL AGUA..... | 8 |
| 4.1. Criterio del Departamento de Agricultura de USA (USDA)..... | 8 |
| 4.1.1. Diagrama de clasificación (Normas Riverside) (1954)..... | 8 |
| 4.1.2. Fitotoxicidad debida al Boro u otros elementos tóxicos | 8 |
| 4.2. Normas de H.Greene (FAO)..... | 9 |
| 5. CONCLUSIÓN | 10 |

1. INTRODUCCIÓN

El agua utilizada para el cultivo se obtendrá del pozo existente en la parcela, propiedad del Ayuntamiento de Santiago de Compostela, con un diámetro de 1,5 metros.

El agua es el elemento más limitante en el cultivo sin suelo, al proporcionar una solución nutritiva a las plantas debe ser de calidad para que la captación por parte de las mismas sea la idónea. Al hacer el análisis se pretende conocer la aportación de sales y otros elementos que lleva disueltos y que puedan ser beneficiosos o perjudiciales para las plantas.

2. ANÁLISIS DEL AGUA DE RIEGO

La calidad del agua de riego viene determinada principalmente por la concentración y composición de las sales disueltas en el agua.

En la siguiente tabla se representan los valores más importantes:

| Características físico-químicas | Muestra | Muestra |
|---------------------------------|-----------------------------|--------------|
| pH | 5,59 | |
| CE | 440 μ mhos/cm | |
| Dureza | 194 mg CO ₃ Ca/l | |
| Calcio | 49,5 mg/l | 2,48 meq/l |
| Cloruros | 35,15 mg/l | 0,99 meq/l |
| Magnesio | 17,02 mg/l | 1,40 meq/l |
| Sodio | 5,06 mg/l | 0,22 meq/l |
| Sulfatos | 116,16 mg/l | 2,42 meq/l |
| Nitratos | 11,9 mg/l | 0,19 meq/l |
| Carbonatos | Despreciable | Despreciable |
| Bicarbonatos | 59,78 mg/l | 0,98 meq/l |
| Potasio | 10,95 mg/l | 0,28 meq/l |
| Boro | Despreciable | Despreciable |

Tabla 1: Datos obtenidos del análisis del agua del pozo.

La cantidad de sólidos disueltos (SD) que hay en el agua se determina a partir de la siguiente relación:

$$\boxed{\text{SD (mg/l)} / \Sigma \text{ aniones (meq/l)} = 64}$$

$$\text{SD} / (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{-2} + \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}) = \text{SD} / 4,93 = 64$$

$$\text{SD} = 280,96 \text{ mg/l} = 0,281 \text{ g/l}$$

3. INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS DE AGUA

3.1. pH:

El pH es un factor limitante a tener en cuenta, ya que determina la absorción de los nutrientes por parte de las plantas. Según la especie cultivada absorbe mejor con un valor de pH u otro, para el cultivo sin suelo en lámina de disolución nutritiva se recomienda que el valor esté comprendido entre 5,5 – 6,5.

En este caso el valor del pH del agua del pozo es de 5,59, presente dentro de los márgenes recomendados. Ha de estar controlado, esto se regulará con un controlador de pH. Si el pH es muy básico puede causar problemas de precipitación que podrán obturar los canales.

3.2. Iones:

3.2.1. Contenido en iones

3.2.1.1. Cloruros:

No existe problema con la concentración de cloruros ya que el valor es de 35,15 mg/l = 0,035 g/l, lo máximo admitido en agua de riego es de 0,5 g/l, ya que un valor superior causa clorosis foliares.

3.2.1.2. Sulfatos:

En este caso se trata de 116,16 mg/l < 300-400 mg/l, por lo que no existe ningún problema en el agua de riego con respecto al contenido en sulfatos.

3.2.1.3. Carbonatos y bicarbonatos:

La calidad del agua según las concentraciones de carbonatos y bicarbonatos se mide mediante el Índice de Eaton. La cantidad de carbonatos es despreciable y la de bicarbonatos es de 59,78 mg/l = 0,98 meq/l.

3.2.2. *Contenido en cationes:*

3.2.2.1. Potasio:

La concentración de potasio en el agua de riego es baja (10,95 mg/l = 0,28 meq/l), por lo que habrá que tener muy en cuenta este dato a la hora de planificar la solución nutritiva.

3.2.2.2. Calcio y magnesio:

Los valores de calcio y magnesio se estudian conjuntamente para determinar así la dureza del agua.

3.3. Concentración de sales disueltas:

El conjunto formado por las sales disueltas recibe el nombre de *extracto seco*. Para medir la concentración de estas sales se emplea el procedimiento de la conductividad eléctrica, que será tanto mayor como el número de sales solubles ionizadas.

El contenido en sales disueltas y la conductividad eléctrica se relacionan con la siguiente fórmula:

$$c = 0,64 \cdot C.E.$$

c = contenido en sales disueltas (ppm = mg/l)

C.E. = conductividad eléctrica (1 μ mos/cm = 10^{-3} mmhos/cm = ds/m)

$$c = 0,64 \cdot 440 \mu\text{mos/cm} = 281,6 \text{ ppm} = 0,282 \text{ g/l}$$

Al ser $0,282 \text{ g/l} < 2 \text{ g/l}$ se considera AGUA DULCE

Por lo que la presión osmótica (P) será:

$$P = 0,36 \cdot C.E.$$

$$P = 0,36 \cdot 0,44 \text{ mmhos/cm} = 0,16 \text{ atm}$$

3.3.1. *Clasificación del agua de riego según la salinidad*

3.3.1.1. Problemas de salinización según R.S.Ayers y D.W.Westcot (FAO):

| Conductividad (mmhos/cm) | Problemas de utilización |
|--------------------------|------------------------------|
| $C.E. \leq 0,7$ | No hay problema (agua buena) |
| $0,7 < C.E. \leq 3$ | Problema creciente |
| $C.E. > 3$ | Problema grave (agua mala) |

Tabla 2: problemas de CE.

La $C.E. = 440 \mu\text{mhos/cm} = 0,440 \text{ mmhos/cm} < 0,7 \text{ mmhos/cm}$, por tanto el agua utilizada **no presenta ningún problema de salinidad (agua buena)**.

3.3.1.2. Clasificación de Richards

| Índice de salinidad | C.E. ($\mu\text{mhos/cm}$) | Riesgo de salinidad |
|---------------------|------------------------------|---------------------|
| 1 | 100 – 250 | Bajo |
| 2 | 250 – 750 | Medio |
| 3 | 750 – 2250 | Alto |
| 4 | > 2250 | Muy alto |

Tabla 3: clasificación de Richards.

$C.E. = 440 \mu\text{mhos/cm}$, valor comprendido entre 250 y 750, por tanto tiene un **riesgo de salinidad medio**.

3.4. Permeabilidad

Cuando se produce un exceso o un defecto en la concentración de sales la permeabilidad se verá afectada. Atendiendo a los criterios de la FAO:

| Conductividad (mmhos/cm) | Permeabilidad |
|--------------------------|--------------------|
| > 0,5 | No hay problema |
| 0,5 – 0,2 | Problema creciente |
| < 0,2 | Problema grave |

Tabla 3: relación conductividad y permeabilidad.

En este caso se trata de un agua de riego con **un problema creciente de permeabilidad.**

3.5. Relación de adsorción de Sodio (S.A.R.)

El S.A.R. nos indica el grado de alcalinidad del agua. La alcalinidad se determina según la relación entre el sodio, calcio y el magnesio.

$$S. A. R. = \frac{Na^+}{\sqrt{Ca^{+2} + Mg^{+2}} / 2} = \frac{0,22}{\sqrt{2,48 + 1,40} / 2} = 0,158$$

| S.A.R. | Alcalinidad |
|---------|-------------|
| 0 – 10 | Baja |
| 10 – 18 | Media |
| 18 – 26 | Alta |
| 26 – 30 | Muy alta |

Tabla 4: Grados de alcalinidad en función del S.A.R.

En este caso 0,158 es un **agua de riego de baja alcalinidad.**

3.6. Índice de Eaton o índice de carbonato sódico residual (C.S.R.)

Este índice indica la peligrosidad del Sodio una vez que han reaccionado los cationes de calcio y magnesio con los aniones de carbonato y bicarbonato.

$$\text{C.S.R.} = (\text{CO}_3^{-2} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})$$

$$\text{C.S.R.} = (0 + 0,98) - (2,48 + 1,40) = -2,90 \text{ meq/l} < 0$$

Atendiendo a la siguiente tabla:

| C.S.R. | Tipo de agua |
|---------------------------------|---------------|
| C.S.R. > 2,5 meq/l | Aguas malas |
| 1,25 meq/l ≤ C.S.R. ≤ 2,5 meq/l | Aguas dudosas |
| C.S.R. < 1,25 meq/l | Aguas buenas |

Tabla 5: Tipo de agua en función del carbonato sódico residual.

Por tanto según el C.S.R. es agua de buena calidad.

3.7. Dureza del agua

La dureza del agua nos indica la cantidad de calcio existente en la misma. Se expresa en grados franceses según la siguiente expresión:

$$^{\circ}f = (\text{Ca}^{+2} \cdot 2,5 + \text{Mg}^{+2} \cdot 4,12) / 10$$

$$^{\circ}f = (49,6 \cdot 2,5 + 17,02 \cdot 4,12) / 10 = 19,41$$

Teniendo en cuenta la siguiente tabla:

| $^{\circ}f$ | Tipo de agua |
|-------------|--------------------|
| < 7 | Muy dulce |
| 7 – 14 | Dulce |
| 14 – 22 | Medianamente dulce |
| 22 – 32 | Medianamente dura |
| 32 – 54 | Dura |
| > 54 | Muy dura |

Tabla 6: dureza del agua.

Se considera por tanto agua medianamente dulce

En el análisis de agua realizado, también aparece el parámetro de la dureza, pero en este caso se mide por la presencia de carbonato cálcico en el agua, y es de **194 mg CO₃Ca/l** ($1^\circ f = 10 \text{ mg CO}_3\text{Ca/l}$).

4. CRITERIOS PARA CARACTERIZAR LA CALIDAD DEL AGUA

4.1. Criterio del Departamento de Agricultura de USA (USDA)

Consta de tres partes:

- Diagrama de clasificación del agua de riego.
- Índice de carbonato sódico residual (C.S.R.) (Ya estudiado).
- Fitotoxicidad debida al Boro u otros elementos tóxicos,

4.1.1. Diagrama de clasificación (Normas Riverside) (1954)

La clasificación USDA tiene diversas clases de agua en función de la salinización y de la alcalinización. El riesgo de alcalinización se determina mediante el S.A.R., y el riesgo de salinización mediante la conductividad eléctrica.

Teniendo en cuenta los distintos gráficos de USDA, y teniendo en cuenta que la C.E. = 440 $\mu\text{mos/cm}$ y el S.A.R. = 0,158, el **agua de riego pertenece al grupo C₂S₁**. Esto indica el riesgo de salinización del suelo, debido a que en este proyecto el sistema de cultivo es sin suelo, no supone un riesgo.

4.1.2. Fitotoxicidad debida al Boro u otros elementos tóxicos

La FAO establece la siguiente tabla para caracterizar el posible riesgo de toxicidad del agua:

| Iones | Problemas existentes | Problemas crecientes | Problemas graves |
|-----------------|----------------------|----------------------|------------------|
| Na^+ | < 3 | 3 – 9 | > 9 |
| Cl^- | < 4 | 4 – 10 | > 10 |
| B^{+3} | < 0,7 | 0,7 – 2 | > 2 |

Tabla 7: problemas derivados de la concentración de iones.

En este caso:

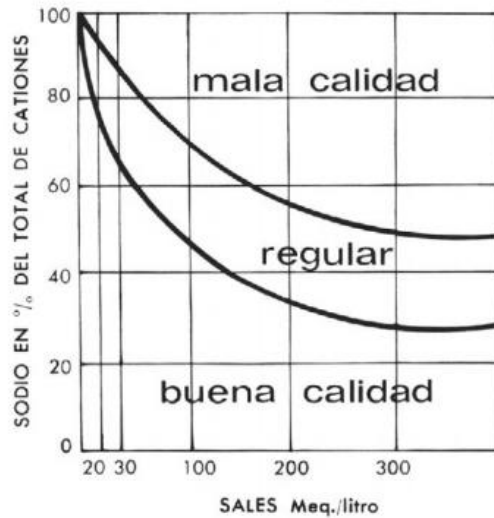
| Iones | Cantidad (meq/l) | Problema |
|-----------------|------------------|--------------|
| Na^+ | 0,22 | Sin problema |
| Cl^- | 0,99 | Sin problema |
| B^{+3} | Despreciable | Sin problema |

4.2. Normas de H.Greene (FAO)

Se basan en la relación existente entre la concentración total de sales en el agua y el porcentaje de sodio sobre el total de cationes:

- Suma de aniones:
 $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{-2} + \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2} = 0,99 + 2,42 + 0,98 + 0 = 4.39$
 meq/l
- Suma de cationes:
 $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ = 2,48 + 1,40 + 0,28 + 0,22 = 4.38$ meq/l
- Cantidad total de sales:
 $4,39 + 4,38 = 8,77$ meq/l
- Porcentaje de sodio sobre el total de cationes:
 $0,22/4,38 = 0,05 = 5\%$

Mediante la siguiente gráfica se determina que es un **agua de buena calidad**:



5. CONCLUSIÓN

El agua que se utilizará mala el cultivo sin suelo como se ha podido comprobar con los distintos índices, tablas, calificaciones, clasificaciones, etc., no presenta ningún riesgo apreciable que ponga en peligro la solución nutritiva que irá incluida en la misma.

No obstante al tratarse de un sistema de cultivo sin suelo, con sólo el agua más la solución nutritiva, la cual debe estar controlada en todo momento, es aconsejable realizar controles periódicos del agua de cara a reducir problemas futuros.