ANEJO 10

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO

ÍNDICE:

1. INTRODUCCIÓN 1
2. ÁNALISIS DE LA MUESTRA DE AGUA DEL CANAL HIDRÁULICA DE ARIDANE 1
2.1. Interpretación de los resultados 2
2.2. Determinación de parámetros de calidad 4
2.3. Dureza del agua de riego 5
2.4. Problemas de infiltración 6
2.5. Nutrientes 7
2.6. Turbidez 9
2.7. Conclusiones 9
3. ÁNALISIS DE LA MUESTRA DE AGUA DE LA GALERÍA LAJA AZUL 9
3.1. Interpretación de los resultados 10
3.2. Dureza del agua de riego 12
3.3. Problemas de infiltración 13
3.4. Nutrientes 14
3.5. Turbidez 16
3.6. Conclusiones 16
4. ÁNALISIS DE LA MUESTRA DE AGUA DE LA CONDUCCIÓN DE TABERCORADE 16
4.1. Interpretación de los resultados 17
4.2. Dureza del agua de riego 19
4.3. Problemas de infiltración 20
4.4. Nutrientes 21
4.5. Turbidez 23
4.6. Conclusiones 23
5. ÁNALISIS DE LA MUESTRA DE AGUA DE LA CONDUCCIÓN DE LAS BREÑAS – EL PASO 23
5.1. Interpretación de los resultados 24
5.2. Dureza del agua de riego 26
5.3. Problemas de infiltración 27
5.4. Nutrientes 28
5.5. Turbidez 30
5.6. Conclusiones 30
6. CONCLUSIÓN 30

1. INTRODUCCIÓN

Se redacta el presente anejo para valorar la calidad del agua que abastecerá a la futura Balsa de El Paso (Isla de La Palma) la cual es objeto de este proyecto, **"BALSA DE EL PASO",** localizada en la zona de El Riachuelo, en el T.M. de El Paso, entre el barranco de Tenisca y la carretera insular LP- 302 a La Cumbrecita, aproximadamente unos 2 km al Noreste del núcleo de El Paso.

Los objetivos perseguidos son el análisis de su calidad, su clasificación, caracterización biológica, así como las características físico-químicas del agua, según la normativa vigente.

Los parámetros más relevantes que se han de analizar para determinar si el agua utilizada es apta para regadío son las sales disueltas, toxicidad por iones, contenido de sodio y posibilidad de irrigación.

Las muestras de agua analizadas a continuación, fueron tomadas de las siguientes conducciones:

- Canal Hidráulica de Aridane A.G. ø 6".
- Conducción Galería Laja Azul A.G. ø 4".
- Conducción Tabercorade A.G. ø 3".
- Conducción Las Breñas – El Paso F.D.C. ø 250 mm.

2. ÁNALISIS DE LA MUESTRA DE AGUA DEL CANAL HIDRÁULICA DE ARIDANE

Se ha realizado una analítica del agua en el "Canal Hidráulica de Aridane". La muestra fue tomada por el Consejo Insular de Aguas de La Palma y ha sido analizada por un laboratorio externo. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

Parámetros	Resultados	Unidades
ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO		
Turbidez	<0.30	U.N.F.
Conductividad a 20ºC	182	µS/cm
pH	8.2	U. pH.
Aniones por Cromatografía Iónica		
Nitratos	<5	mg/l
Fosfatos	<0.5	mg/l
Sulfatos	<10	mg/l
Cloruros	10.8	mg/l
Boro	0.00	mg/l
Cationes por Cromatografía Iónica		
Sodio	25	mg/l
Potasio	6.3	mg/l
Amonio	<0.07	mg/l
Calcio	4.5	mg/l
Magnesio	4.6	mg/l
Carbonatos	<5	mg CaCO3/l
Bicarbonatos	110	mg CaCO3/l

Tabla 1: Resultados análisis físico-químico muestra Canal Hidráulica de Aridane. Fuente: Laboratorio externo

2.1. Interpretación de los resultados

En este epígrafe se analizarán los resultados obtenidos en las tablas anteriores, atendiendo al cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos para el agua de riego según la *Food and Agriculture Organization* (F.A.O.) redactado por R.S. Ayers y D.W. Westcot en 1985.

2.1.1. Salinidad

El contenido y composición de las sales disueltas en el agua de riego es crucial, ya que éstas se incorporarán al terreno de cultivo, influyendo en el desarrollo de la plantación, en la estructura del suelo y en el sistema de riego a implantar.

A continuación, se obtiene el Contenido Total en Sales (C.T.S.) a partir de la conductividad eléctrica de la muestra de agua:

$$CTS = CE \times 0{,}64$$

$$CTS = 0.182\ dS/m \times 0{,}64 = 0{,}1164\ g/L$$

Donde,

CE: Conductividad eléctrica en dS/m.
CTS: Contenido Total en Sales en g/l.

Siendo el contenido total de sales disueltas de **0,1164 g/L.**

2.1.2. pH

El pH es una medida que indica la acidez o la alcalinidad del agua y se define como la concentración de iones hidrógeno en el agua. Con una disminución del pH, el agua se hace más ácida y con un aumento, se hace más básica.

Se ha obtenido del valor de pH en torno a 8 U. pH., lo cual indica que nos encontramos ante una solución que se clasifica como débilmente básica o alcalina.

2.1.3. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica indica la facilidad con la que una corriente eléctrica pasa a través del agua, de forma que aumenta linealmente a medida que se eleva su concentración salina.

La muestra tomada presenta una C.E. de 182 µS/cm (microSiemens por centímetro) a 20ºC, lo que corresponde a 0,182 dS/m (deciSiemens por metro). Dada la conductividad obtenida de la disolución, se puede determinar según los parámetros establecidos en la "*Tabla 2: Parámetros de calidad del agua. Fuente: FAO.*" (epígrafe 2.2), que la muestra de agua analizada se encuentra en el rango usual determinado para agua de riego (< 0.7 dS/m.), por lo que **no hay que tomar restricciones para su utilización.**

2.1.4. Boro

El boro es un elemento esencial para el desarrollo de las plantas. Sin embargo, la diferencia entre la concentración requerida por la planta (0,3-0,5 mg/l) y la toxicidad (0,6-1,0 mg/l en la mayoría de las plantas cultivadas) es muy pequeña, por lo que se debe tener especial cuidado con este elemento. Los síntomas de toxicidad se presentan generalmente como zonas amarillentas en las hojas, parecidas a quemaduras, partiendo de las puntas y difundiéndose hacia la base.

La muestra tomada presenta una concentración de boro en el agua de 0,00881 mg/l según FAO en Ayers y Westcot (1985)[1], **no hay que tomar restricciones para su utilización.**

2.1.5. Iones. Cationes y aniones

Con el fin de analizar cuál es la sal dominante en el agua analizada, a continuación se lleva a cabo el análisis de los cationes y aniones presentes en la misma.

[1] *Ayers, R.S & Westcot, D.W. (1985). Water quality for agriculture (Vol. 29, p. 174). Rome: Food and agriculture Organization of the United Nations.*

2.1.5.1. Cloruros

El contenido de cloruros del agua de estudio presenta un valor de 10.8 mg/L, lo que equivale a 0.30 me/l, encontrándose por debajo de los 3 me/l establecidos por la F.A.O., los cultivos más sensibles al cloro no tendrán problemas.

2.1.5.2. Sodio

Para la mayoría de las plantas cultivadas no se ha demostrado que el sodio (Na^+) sea esencial. Los síntomas de toxicidad del sodio en las hojas son manchas necróticas de color pardo. El efecto perjudicial del sodio sobre los cultivos es, en la mayoría de los casos, indirecto, debido a la influencia negativa que tiene este catión sobre la estructura del suelo.

La concentración de sodio en el agua analizada es de 25 mg/L, lo que corresponde a 1.08 me/l, ya que es inferior a 3 me/l, **no existirá problema de toxicidad por sodio con cultivos sensibles.**

2.2. Determinación de parámetros de calidad

Existen diferentes parámetros con los que se puede caracterizar la calidad del agua y si es apta o no para uso en regadío. A continuación, se muestra una tabla con los parámetros considerados como normales en las analíticas de agua de riego, según Ayers y Westcot (1985):

Potential Irrigation Problem	Units	Degree of Restriction on Use		
		None	Slight to Moderate	Severe
Salinity *(affects crop water availability)*[2]				
EC_w	dS/m	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
(or)				
TDS	mg/l	< 450	450 – 2000	> 2000
Infiltration *(affects infiltration rate of water into the soil. Evaluate using EC_w and SAR together)*[3]				
SAR = 0 – 3 and EC_w =		> 0.7	0.7 – 0.2	< 0.2
= 3 – 6 =		> 1.2	1.2 – 0.3	< 0.3
= 6 – 12 =		> 1.9	1.9 – 0.5	< 0.5
= 12 – 20 =		> 2.9	2.9 – 1.3	< 1.3
= 20 – 40 =		> 5.0	5.0 – 2.9	< 2.9
Specific Ion Toxicity *(affects sensitive crops)*				
Sodium (Na)[4]				
surface irrigation	SAR	< 3	3 – 9	> 9
sprinkler irrigation	me/l	< 3	> 3	
Chloride (Cl)[4]				
surface irrigation	me/l	< 4	4 – 10	> 10
sprinkler irrigation	me/l	< 3	> 3	
Boron (B)[5]	mg/l	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
Trace Elements (see Table 21)				
Miscellaneous Effects *(affects susceptible crops)*				
Nitrogen (NO_3 – N)[6]	mg/l	< 5	5 – 30	> 30
Bicarbonate (HCO_3) *(overhead sprinkling only)*	me/l	< 1.5	1.5 – 8.5	> 8.5
pH		Normal Range 6.5 – 8.4		

Tabla 2: Parámetros de calidad del agua. Fuente: Ayers y Westcot (1985).

2.3. Dureza del agua de riego

La dureza del agua de riego se establece según el contenido en calcio (Ca^{2+}), ésta se calcula mediante la siguiente formulación:

$$\textbf{Dureza (mg/L) } CaCO_3 = 2{,}50\,[Ca^{2+}] + 4{,}16\,[Mg^{2+}]$$

La dureza se suele expresar en grados hidrométricos franceses (G.H.F.), para transformar la dureza (mg/L) a GHF basta con dividir la relación expuesta entre 10.

$$\textbf{Dureza (GHF) } CaCO_3 = (2{,}50\,[Ca^{2+}] + 4{,}16\,[Mg^{2+}])\,/10$$

A continuación se muestra una clasificación de tipología de agua según su dureza, establecida por Juan Cánovas Cuenca (1978):

Tipo de agua	G.H.T.
Muy dulce	<7
Dulce	7-14
Medianamente dulce	14-22
Medianamente dura	22-32
Dura	32-54
Muy dura	>54

Tabla 3: Tipología de agua según su dureza (GHF). Fuente: Cánovas Cuenca (1978).

Obteniéndose así una dureza de 3.03 G.H.F, lo que corresponde según la tabla anterior con un **agua muy dulce.**

2.4. Problemas de infiltración

Cuando la velocidad de infiltración es muy baja, puede ocurrir que el agua infiltrada no baste para cubrir las necesidades del cultivo. Esto puede deberse a que el sodio (Na^+) se incorpora al suelo y deteriora su estructura. Los agregados del suelo se disparan en partículas pequeñas que tapan los poros y evitan que el agua pueda circular e infiltrarse con facilidad.

Por ello, para evaluar los problemas de infiltración, se ha establecido el índice S.A.R. (Relación de Absorción de Sodio), definido por la siguiente formulación:

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

Elemento	***Peso Molecular***	***Carga***	***Peso Equivalente***
Sodio (Na^+)	22.99	1	22.99
Calcio (Ca^{+2})	40.07	2	80,14
Magnesio (Mg^{+2})	24.30	2	48,60

En la muestra de agua analizada, obtiene un índice SAR de 1.97, debido a que es inferior a 10, se puede considerar que es **no es alcalinizante.**

Según la siguiente gráfica, que relaciona la conductividad eléctrica con la relación de absorción de sodio (SAR), indica para este caso, que la tasa de infiltración se ve reducida de forma severa.

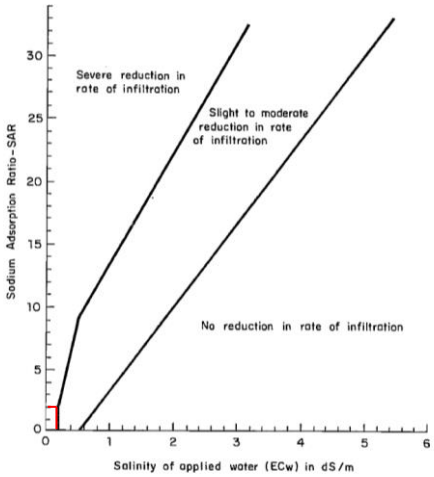

Fig. 21 Relative rate of water infiltration as affected by salinity and sodium adsorption ratio (Adapted from Rhoades 1977; and Oster and Schroer 1979)

Debido a que como se ha indicado con anterioridad, esta agua es una de las fuentes que abastecerán a la balsa, sometiéndose a un proceso de mezclado en la misma previo al punto de entrega en la parcela, lo cual mejora las características de esta agua.

2.5. Nutrientes

2.5.1. Nitrato

El **nitrato** es un compuesto químico cuyo componente principal es el nitrógeno. Forma parte de los suelos y las aguas de manera natural, siendo un **nutriente fundamental tanto para las plantas** como para una gran variedad de seres vivos.

El nitrato del suelo se mueve disuelto en agua, por lo que, en sistemas de regadío, la pérdida de nitratos desde la zona ocupada por las raíces del cultivo, infiltrándose hasta zonas más profundas, contaminan el agua de los acuíferos existentes.

Este proceso se conoce como **lixiviación o lavado de nitratos** y está originado por la filtración profunda o percolación producida con el riego. Dependiendo del método de riego y a su vez de los distintos tipos, el lavado de nitratos será muy variable, pero en general se puede afirmar que **existe mayor riesgo en riego por superficie y en riego por aspersión** en los que la percolación del agua puede ser elevada, mientras es muy raro que se produzca en riego localizado.

Para evitar que el agua pase a zonas más profundas del suelo en cantidades excesivas, es necesario evitar en lo posible las pérdidas por percolación y realizar el riego con alta uniformidad. También es preciso **tener en cuenta el contenido en nitratos del agua que se usa para regar**.

La muestra de agua de estudio, indica valores de nitratos próximos a 5 mg/L, encontrándose muy por debajo de la recomendación de 50 mg/l establecido por la Comunidad Europea para agua potable.

Una vez recibida el agua en la parcela, el agricultor ha de tener en consideración la totalidad de nutrientes que contiene el agua en la aplicación de fertilizantes en el terreno de cultivo.

2.5.2. Amonio

El amoniaco es un nutriente que contiene nitrógeno e hidrógeno. Su fórmula química es NH_3 en su estado sin ionizar y NH_4^+ en la forma ionizada. La suma de NH_3 y NH_4^+ constituye el amoniaco, que se mide analíticamente en el agua.

El amoniaco es también uno de los contaminantes más importantes, aunque es bastante común, puede llegar a ser tóxico, disminuyendo la reproducción y el crecimiento.

La muestra de agua de estudio, indica valores de amonio inferiores a 0.07 mg/L, estando por debajo del umbral de 5 mg/L, por lo que estamos ante **agua de calidad no contaminada por amonio.**

2.5.3. Fosfato

El fósforo se encuentra en los suelos tanto en forma orgánica como inorgánica y su solubilidad en el suelo es baja. Existe un equilibrio entre el fósforo en la fase sólida del suelo y el fósforo en la solución del suelo.

El exceso de fósforo interviene, en su mayor parte, con la absorción de otros elementos, tales como el hierro, el manganeso y el zinc.

La muestra de agua de estudio, indica valores de fosfatos de inferiores a 0.50 mg/L, estando por debajo del umbral de 2 mg/L, por lo que estamos ante **agua no contaminada por fosfatos.**

2.5.4. Potasio (K+)

El contenido en potasio de este elemento en el agua, queda en el suelo como nutriente. Por ello debe de tenerse en cuenta para aportar en un mayor o menor grado de nutrientes al suelo de cultivo. En este caso, se dispone de 6,3 mg/L.

2.6. Turbidez

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez.

La medida de partículas se pueden relacionar con la contaminación microbiana, pudiendo interferir con la desinfección, deposiciones y la obstrucción de los sistemas de regadío.

La muestra de agua de estudio, presenta un indicador de turbidez de 0,30 UNF (Unidades Nefelométrias de Turbidez), estando muy por debajo del umbral de 1 UNF, por lo que estamos ante un **agua con índice de partículas en suspensión baja.**

2.7. Conclusiones

Tras el análisis de los resultados de la muestra de agua recogida el "Canal Hidráulica de Aridane" y la determinación de los parámetros de su calidad, podemos concluir que nos encontramos en un **agua apta para riego**.

3. ÁNALISIS DE LA MUESTRA DE AGUA DE LA GALERÍA LAJA AZUL

Se ha realizado una analítica del agua en la "Galería Laja Azul". La muestra fue tomada por el Consejo Insular de Aguas de La Palma y ha sido analizada por un laboratorio externo. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

Parámetros	Resultados	Unidades
ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO		
Turbidez	1.35	U.N.F.
Conductividad a 20ºC	272	µS/cm
pH	8.3	U. pH.
Aniones por Cromatografía Iónica		
Nitratos	<5	mg/l
Fosfatos	<0.5	mg/l
Sulfatos	<10	mg/l
Cloruros	11.8	mg/l
Boro	0.00	mg/l
Cationes por Cromatografía Iónica		
Sodio	28.8	mg/l
Potasio	7.1	mg/l
Amonio	<0.07	mg/l
Calcio	10.3	mg/l
Magnesio	11.2	mg/l
Carbonatos	<5	mg CaCO3/l
Bicarbonatos	177	mg CaCO3/l

Tabla 4: Resultados análisis físico-químico muestra Galería Laja Azul. Fuente: Laboratorio externo

3.1. Interpretación de los resultados

En este epígrafe se analizarán los resultados obtenidos en las tablas anteriores, atendiendo al cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos para el agua de riego según la *Food and Agriculture Organization* (F.A.O.) redactado por R.S. Ayers y D.W. Westcot en 1985.

3.1.1. Salinidad

El contenido y composición de las sales disueltas en el agua de riego es crucial, ya que éstas se incorporarán al terreno de cultivo, influyendo en el desarrollo de la plantación, en la estructura del suelo y en el sistema de riego a implantar.

A continuación, se obtiene el Contenido Total en Sales (C.T.S.) a partir de la conductividad eléctrica de la muestra de agua:

$$CTS = CE \times 0{,}64$$

$$CTS = 0.272\ dS/m \times 0{,}64 = 0{,}1740\ g/L$$

Donde,

CE: Conductividad eléctrica en dS/m.
CTS: Contenido Total en Sales en g/l.

Siendo el contenido total de sales disueltas de **0,1740 g/L.**

3.1.2. pH

El pH es una medida que indica la acidez o la alcalinidad del agua y se define como la concentración de iones hidrógeno en el agua. Con una disminución del pH, el agua se hace más ácida y con un aumento, se hace más básica.

Se ha obtenido del valor de pH en torno a 8 U. pH., lo cual indica que nos encontramos ante una solución que se clasifica como débilmente básica o alcalina.

3.1.3. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica indica la facilidad con la que una corriente eléctrica pasa a través del agua, de forma que aumenta linealmente a medida que se eleva su concentración salina.

La muestra tomada presenta una C.E. de 272 µS/cm (microSiemens por centímetro) a 20ºC, lo que corresponde a 0,272 dS/m (deciSiemens por metro). Dada la conductividad obtenida de la disolución, se puede determinar según los parámetros establecidos en la "*Tabla 2: Parámetros de calidad del agua. Fuente: FAO.*" (epígrafe 2.2), que la muestra de agua analizada se encuentra en el rango usual determinado para agua de riego (< 0.7 dS/m.), por lo que **no hay que tomar restricciones para su utilización.**

3.1.4. Boro

El boro es un elemento esencial para el desarrollo de las plantas. Sin embargo, la diferencia entre la concentración requerida por la planta (0,3-0,5 mg/l) y la toxicidad (0,6-1,0 mg/l en la mayoría de las plantas cultivadas) es muy pequeña, por lo que se debe tener especial cuidado con este elemento. Los síntomas de toxicidad se presentan generalmente como zonas amarillentas en las hojas, parecidas a quemaduras, partiendo de las puntas y difundiéndose hacia la base.

La muestra tomada presenta una concentración de boro en el agua de 0,00872 mg/l según FAO en Ayers y Westcot (1985)[2], no **hay que tomar restricciones para su utilización.**

3.1.5. Iones. Cationes y aniones

Con el fin de analizar cuál es la sal dominante en el agua analizada, a continuación se lleva a cabo el análisis de los cationes y aniones presentes en la misma.

[2] *Ayers, R.S & Westcot, D.W. (1985). Water quality for agriculture (Vol. 29, p. 174). Rome: Food and agriculture Organization of the United Nations.*

3.1.5.1. Cloruros

El contenido de cloruros del agua de estudio presenta un valor de 11.8 mg/L, lo que equivale a 0.30 me/l, encontrándose por debajo de los 3 me/l establecidos por la F.A.O., los cultivos más sensibles al cloro no tendrán problemas.

3.1.5.2. Sodio

Para la mayoría de las plantas cultivadas no se ha demostrado que el sodio (Na^+) sea esencial. Los síntomas de toxicidad del sodio en las hojas son manchas necróticas de color pardo. El efecto perjudicial del sodio sobre los cultivos es, en la mayoría de los casos, indirecto, debido a la influencia negativa que tiene este catión sobre la estructura del suelo.

La concentración de sodio en el agua analizada es de 28.8 mg/L, lo que corresponde a 0.812 me/l, ya que es inferior a 3 me/l, **no existirán problemas de toxicidad por sodio con cultivos sensibles.**

3.2. Dureza del agua de riego

La dureza del agua de riego se establece según el contenido en calcio (Ca^{2+}), ésta se calcula mediante la siguiente formulación:

$$\textbf{Dureza (mg/L) } CaCO_3 = 2{,}50\ [Ca^{2+}] + 4{,}16\ [Mg^{2+}]$$

La dureza se suele expresar en grados hidrométricos franceses (G.H.F.), para transformar la dureza (mg/L) a GHF basta con dividir la relación expuesta entre 10.

$$\textbf{Dureza (GHF) } CaCO_3 = (2{,}50\ [Ca^{2+}] + 4{,}16\ [Mg^{2+}])\ /10$$

A continuación se muestra una clasificación de tipología de agua según su dureza, establecida por Juan Cánovas Cuenca (1978):

Tipo de agua	G.H.T.
Muy dulce	<7
Dulce	7-14
Medianamente dulce	14-22
Medianamente dura	22-32
Dura	32-54
Muy dura	>54

Tabla 5: Tipología de agua según su dureza (GHF). Fuente: Cánovas Cuenca (1978).

Obteniéndose así una dureza de 7.23 G.H.F, lo que corresponde según la tabla anterior con un **agua dulce.**

3.3. Problemas de infiltración

Cuando la velocidad de infiltración es muy baja, puede ocurrir que el agua infiltrada no baste para cubrir las necesidades del cultivo. Esto puede deberse a que el sodio (Na^+) se incorpora al suelo y deteriora su estructura. Los agregados del suelo se disparan en partículas pequeñas que tapan los poros y evitan que el agua pueda circular e infiltrarse con facilidad.

Por ello, para evaluar los problemas de infiltración, se ha establecido el índice S.A.R. (Relación de Absorción de Sodio), definido por la siguiente formulación:

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

Elemento	***Peso Molecular***	***Carga***	***Peso Equivalente***
Sodio (Na^+)	22.99	1	22.99
Calcio (Ca^{+2})	40.07	2	80,14
Magnesio (Mg^{+2})	24.30	2	48,60

En la muestra de agua analizada, obtiene un índice SAR de 1.47, debido a que es inferior a 10, se puede considerar que es **no es alcalinizante.**

Según la siguiente gráfica, que relaciona la conductividad eléctrica con la relación de absorción de sodio (SAR), indica para este caso, que la tasa de infiltración se ve reducida de forma leve a moderada.

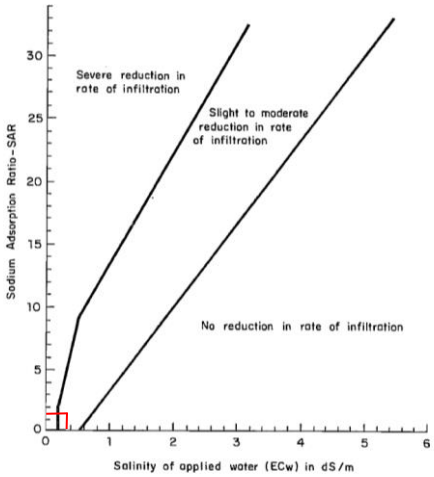

Fig. 21 Relative rate of water infiltration as affected by salinity and sodium adsorption ratio (Adapted from Rhoades 1977; and Oster and Schroer 1979)

Debido a que como se ha indicado con anterioridad, esta agua es una de las fuentes que abastecerán a la balsa, sometiéndose a un proceso de mezclado en la misma previo al punto de entrega en la parcela, lo cual mejora las características de esta agua.

3.4. Nutrientes

3.4.1. Nitrato

El **nitrato** es un compuesto químico cuyo componente principal es el nitrógeno. Forma parte de los suelos y las aguas de manera natural, siendo un **nutriente fundamental tanto para las plantas** como para una gran variedad de seres vivos.

El nitrato del suelo se mueve disuelto en agua, por lo que, en sistemas de regadío, la pérdida de nitratos desde la zona ocupada por las raíces del cultivo, infiltrándose hasta zonas más profundas, contaminan el agua de los acuíferos existentes.

Este proceso se conoce como **lixiviación o lavado de nitratos** y está originado por la filtración profunda o percolación producida con el riego. Dependiendo del método de riego y a su vez de los distintos tipos, el lavado de nitratos será muy variable, pero en general se puede afirmar que **existe mayor riesgo en riego por superficie y en riego por aspersión** en los que la percolación del agua puede ser elevada, mientras es muy raro que se produzca en riego localizado.

Para evitar que el agua pase a zonas más profundas del suelo en cantidades excesivas, es necesario evitar en lo posible las pérdidas por percolación y realizar el riego con alta uniformidad. También es preciso **tener en cuenta el contenido en nitratos del agua que se usa para regar**.

La muestra de agua de estudio, indica valores de nitratos próximos a 5 mg/L, encontrándose muy por debajo de la recomendación de 50 mg/l establecido por la Comunidad Europea para agua potable.

Una vez recibida el agua en la parcela, el agricultor ha de tener en consideración la totalidad de nutrientes que contiene el agua en la aplicación de fertilizantes en el terreno de cultivo.

3.4.2. Amonio

El amoniaco es un nutriente que contiene nitrógeno e hidrógeno. Su fórmula química es NH_3 en su estado sin ionizar y NH_4^+ en la forma ionizada. La suma de NH_3 y NH_4^+ constituye el amoniaco, que se mide analíticamente en el agua.

El amoniaco es también uno de los contaminantes más importantes, aunque es bastante común, puede llegar a ser tóxico, disminuyendo la reproducción y el crecimiento.

La muestra de agua de estudio, indica valores de amonio inferiores a 0.07 mg/L, estando por debajo del umbral de 5 mg/L, por lo que estamos ante **agua de calidad no contaminada por amonio.**

3.4.3. Fosfato

El fósforo se encuentra en los suelos tanto en forma orgánica como inorgánica y su solubilidad en el suelo es baja. Existe un equilibrio entre el fósforo en la fase sólida del suelo y el fósforo en la solución del suelo.

El exceso de fósforo interviene, en su mayor parte, con la absorción de otros elementos, tales como el hierro, el manganeso y el zinc.

La muestra de agua de estudio, indica valores de fosfatos de inferiores a 0.50 mg/L, estando por debajo del umbral de 2 mg/L, por lo que estamos ante **agua no contaminada por fosfatos.**

3.4.4. Potasio (K+)

El contenido en potasio de este elemento en el agua, queda en el suelo como nutriente. Por ello debe de tenerse en cuenta para aportar en un mayor o menor grado de nutrientes al suelo de cultivo. En este caso, se dispone de 7,1 mg/L.

3.5. Turbidez

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez.

La medida de partículas se pueden relacionar con la contaminación microbiana, pudiendo interferir con la desinfección, deposiciones y la obstrucción de los sistemas de regadío.

La muestra de agua de estudio, presenta un indicador de turbidez de 1,35 UNF (Unidades Nefelométrias de Turbidez), estando en el rango entre 1 y 5 UNF (según O.M.S. para consumo humano), por lo que estamos ante un **agua con índice de partículas en suspensión baja.**

3.6. Conclusiones

Tras el análisis de los resultados de la muestra de agua recogida el "Galería Laja Azul" y la determinación de los parámetros de su calidad, podemos concluir que nos encontramos en un **agua apta para riego**.

4. ÁNALISIS DE LA MUESTRA DE AGUA DE LA CONDUCCIÓN DE TABERCORADE

Se ha realizado una analítica del agua en la "Conducción de Tabercorade". La muestra fue tomada por el Consejo Insular de Aguas de La Palma y ha sido analizada por un laboratorio externo. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

Parámetros	Resultados	Unidades
ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO		
Turbidez	<0.3	U.N.F.
Conductividad a 20ºC	143	µS/cm
pH	8.1	U. pH.
Aniones por Cromatografía Iónica		
Nitratos	<5	mg/l
Fosfatos	<0.5	mg/l
Sulfatos	<10	mg/l
Cloruros	11.1	mg/l
Boro	0.00	mg/l
Cationes por Cromatografía Iónica		
Sodio	15.4	mg/l
Potasio	5.6	mg/l
Amonio	<0.07	mg/l
Calcio	3.5	mg/l
Magnesio	5.8	mg/l
Carbonatos	<5	mg CaCO3/l
Bicarbonatos	92	mg CaCO3/l

Tabla 6: Resultados análisis físico-químico muestra Conducción de Tabercorade. Fuente: Laboratorio externo

4.1. Interpretación de los resultados

En este epígrafe se analizarán los resultados obtenidos en las tablas anteriores, atendiendo al cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos para el agua de riego según la *Food and Agriculture Organization* (F.A.O.) redactado por R.S. Ayers y D.W. Westcot en 1985.

4.1.1. Salinidad

El contenido y composición de las sales disueltas en el agua de riego es crucial, ya que éstas se incorporarán al terreno de cultivo, influyendo en el desarrollo de la plantación, en la estructura del suelo y en el sistema de riego a implantar.

A continuación, se obtiene el Contenido Total en Sales (C.T.S.) a partir de la conductividad eléctrica de la muestra de agua:

$$CTS = CE \times 0{,}64$$

$$CTS = 0.143\ dS/m \times 0{,}64 = 0{,}0915\ g/L$$

Donde,

CE: Conductividad eléctrica en dS/m.
CTS: Contenido Total en Sales en g/l.

Siendo el contenido total de sales disueltas de **0,0915 g/L.**

4.1.2. pH

El pH es una medida que indica la acidez o la alcalinidad del agua y se define como la concentración de iones hidrógeno en el agua. Con una disminución del pH, el agua se hace más ácida y con un aumento, se hace más básica.

Se ha obtenido del valor de pH en torno a 8 U. pH., lo cual indica que nos encontramos ante una solución que se clasifica como débilmente básica o alcalina.

4.1.3. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica indica la facilidad con la que una corriente eléctrica pasa a través del agua, de forma que aumenta linealmente a medida que se eleva su concentración salina.

La muestra tomada presenta una C.E. de 143 µS/cm (microSiemens por centímetro) a 20ºC, lo que corresponde a 0,143 dS/m (deciSiemens por metro). Dada la conductividad obtenida de la disolución, se puede determinar según los parámetros establecidos en la "*Tabla 2: Parámetros de calidad del agua. Fuente: FAO.*" (epígrafe 2.2), que la muestra de agua analizada se encuentra en el rango usual determinado para agua de riego (< 0.7 dS/m.), por lo que **no hay que tomar restricciones para su utilización.**

4.1.4. Boro

El boro es un elemento esencial para el desarrollo de las plantas. Sin embargo, la diferencia entre la concentración requerida por la planta (0,3-0,5 mg/l) y la toxicidad (0,6-1,0 mg/l en la mayoría de las plantas cultivadas) es muy pequeña, por lo que se debe tener especial cuidado con este elemento. Los síntomas de toxicidad se presentan generalmente como zonas amarillentas en las hojas, parecidas a quemaduras, partiendo de las puntas y difundiéndose hacia la base.

La muestra tomada presenta una concentración de boro en el agua de 0,006464 mg/l según FAO en Ayers y Westcot (1985)[3], no **hay que tomar restricciones para su utilización.**

4.1.5. Iones. Cationes y aniones

Con el fin de analizar cuál es la sal dominante en el agua analizada, a continuación se lleva a cabo el análisis de los cationes y aniones presentes en la misma.

[3] *Ayers, R.S & Westcot, D.W. (1985). Water quality for agriculture (Vol. 29, p. 174). Rome: Food and agriculture Organization of the United Nations.*

4.1.5.1. Cloruros

El contenido de cloruros del agua de estudio presenta un valor de 11.1 mg/L, lo que equivale a 0.30 me/l, encontrándose por debajo de los 3 me/l establecidos por la F.A.O., los cultivos más sensibles al cloro no tendrán problemas.

4.1.5.2. Sodio

Para la mayoría de las plantas cultivadas no se ha demostrado que el sodio (Na^+) sea esencial. Los síntomas de toxicidad del sodio en las hojas son manchas necróticas de color pardo. El efecto perjudicial del sodio sobre los cultivos es, en la mayoría de los casos, indirecto, debido a la influencia negativa que tiene este catión sobre la estructura del suelo.

La concentración de sodio en el agua analizada es de 15.4 mg/L, lo que corresponde a 0.434 me/l, ya que es inferior a 3 me/l, **no existirán problemas de toxicidad por sodio con cultivos sensibles.**

4.2. Dureza del agua de riego

La dureza del agua de riego se establece según el contenido en calcio (Ca^{2+}), ésta se calcula mediante la siguiente formulación:

$$\textbf{Dureza (mg/L) } CaCO_3 = 2{,}50\,[Ca^{2+}] + 4{,}16\,[Mg^{2+}]$$

La dureza se suele expresar en grados hidrométricos franceses (G.H.F.), para transformar la dureza (mg/L) a GHF basta con dividir la relación expuesta entre 10.

$$\textbf{Dureza (GHF) } CaCO_3 = (2{,}50\,[Ca^{2+}] + 4{,}16\,[Mg^{2+}])\,/10$$

A continuación se muestra una clasificación de tipología de agua según su dureza, establecida por Juan Cánovas Cuenca (1978):

Tipo de agua	G.H.T.
Muy dulce	<7
Dulce	7-14
Medianamente dulce	14-22
Medianamente dura	22-32
Dura	32-54
Muy dura	>54

Tabla 7: Tipología de agua según su dureza (GHF). Fuente: Cánovas Cuenca (1978).

Obteniéndose así una dureza de 3.28 G.H.F, lo que corresponde según la tabla anterior con un **agua muy dulce.**

4.3. Problemas de infiltración

Cuando la velocidad de infiltración es muy baja, puede ocurrir que el agua infiltrada no baste para cubrir las necesidades del cultivo. Esto puede deberse a que el sodio (Na^+) se incorpora al suelo y deteriora su estructura. Los agregados del suelo se disparan en partículas pequeñas que tapan los poros y evitan que el agua pueda circular e infiltrarse con facilidad.

Por ello, para evaluar los problemas de infiltración, se ha establecido el índice S.A.R. (Relación de Absorción de Sodio), definido por la siguiente formulación:

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

Elemento	***Peso Molecular***	***Carga***	***Peso Equivalente***
Sodio (Na^+)	22.99	1	22.99
Calcio (Ca^{+2})	40.07	2	80,14
Magnesio (Mg^{+2})	24.30	2	48,60

En la muestra de agua analizada, obtiene un índice SAR de 1.17, debido a que es inferior a 10, se puede considerar que es **no es alcalinizante.**

Según la siguiente gráfica, que relaciona la conductividad eléctrica con la relación de absorción de sodio (SAR), indica para este caso, que la tasa de infiltración se ve reducida de forma leve a moderada.

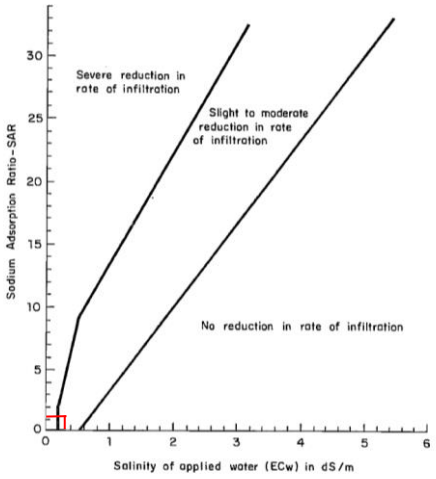

Fig. 21 Relative rate of water infiltration as affected by salinity and sodium adsorption ratio (Adapted from Rhoades 1977; and Oster and Schroer 1979)

Debido a que como se ha indicado con anterioridad, esta agua es una de las fuentes que abastecerán a la balsa, sometiéndose a un proceso de mezclado en la misma previo al punto de entrega en la parcela, lo cual mejora las características de esta agua.

4.4. Nutrientes

4.4.1. Nitrato

El **nitrato** es un compuesto químico cuyo componente principal es el nitrógeno. Forma parte de los suelos y las aguas de manera natural, siendo un **nutriente fundamental tanto para las plantas** como para una gran variedad de seres vivos.

El nitrato del suelo se mueve disuelto en agua, por lo que, en sistemas de regadío, la pérdida de nitratos desde la zona ocupada por las raíces del cultivo, infiltrándose hasta zonas más profundas, contaminan el agua de los acuíferos existentes.

Este proceso se conoce como **lixiviación o lavado de nitratos** y está originado por la filtración profunda o percolación producida con el riego. Dependiendo del método de riego y a su vez de los distintos tipos, el lavado de nitratos será muy variable, pero en general se puede afirmar que **existe mayor riesgo en riego por superficie y en riego por aspersión** en los que la percolación del agua puede ser elevada, mientras es muy raro que se produzca en riego localizado.

Para evitar que el agua pase a zonas más profundas del suelo en cantidades excesivas, es necesario evitar en lo posible las pérdidas por percolación y realizar el riego con alta uniformidad. También es preciso **tener en cuenta el contenido en nitratos del agua que se usa para regar**.

La muestra de agua de estudio, indica valores de nitratos próximos a 5 mg/L, encontrándose muy por debajo de la recomendación de 50 mg/l establecido por la Comunidad Europea para agua potable.

Una vez recibida el agua en la parcela, el agricultor ha de tener en consideración la totalidad de nutrientes que contiene el agua en la aplicación de fertilizantes en el terreno de cultivo.

4.4.2. Amonio

El amoniaco es un nutriente que contiene nitrógeno e hidrógeno. Su fórmula química es NH_3 en su estado sin ionizar y NH_4^+ en la forma ionizada. La suma de NH_3 y NH_4^+ constituye el amoniaco, que se mide analíticamente en el agua.

El amoniaco es también uno de los contaminantes más importantes, aunque es bastante común, puede llegar a ser tóxico, disminuyendo la reproducción y el crecimiento.

La muestra de agua de estudio, indica valores de amonio inferiores a 0.07 mg/L, estando por debajo del umbral de 5 mg/L, por lo que estamos ante **agua de calidad no contaminada por amonio.**

4.4.3. Fosfato

El fósforo se encuentra en los suelos tanto en forma orgánica como inorgánica y su solubilidad en el suelo es baja. Existe un equilibrio entre el fósforo en la fase sólida del suelo y el fósforo en la solución del suelo.

El exceso de fósforo interviene, en su mayor parte, con la absorción de otros elementos, tales como el hierro, el manganeso y el zinc.

La muestra de agua de estudio, indica valores de fosfatos de inferiores a 0.50 mg/L, estando por debajo del umbral de 2 mg/L, por lo que estamos ante **agua no contaminada por fosfatos.**

4.4.4. Potasio (K+)

El contenido en potasio de este elemento en el agua, queda en el suelo como nutriente. Por ello debe de tenerse en cuenta para aportar en un mayor o menor grado de nutrientes al suelo de cultivo. En este caso, se dispone de 5.6 mg/L.

4.5. Turbidez

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez.

La medida de partículas se pueden relacionar con la contaminación microbiana, pudiendo interferir con la desinfección, deposiciones y la obstrucción de los sistemas de regadío.

La muestra de agua de estudio, presenta un indicador de turbidez inferior a 0.30 UNF (Unidades Nefelométrias de Turbidez), estando en por debajo de 1 UNF por lo que estamos ante un **agua con índice de partículas en suspensión baja.**

4.6. Conclusiones

Tras el análisis de los resultados de la muestra de agua recogida el "Conducción de Tabercorade" y la determinación de los parámetros de su calidad, podemos concluir que nos encontramos en un **agua apta para riego**.

5. ÁNALISIS DE LA MUESTRA DE AGUA DE LA CONDUCCIÓN DE LAS BREÑAS – EL PASO

Se ha realizado una analítica del agua en la "Conducción Las Breñas-El Paso". La muestra fue tomada por el Consejo Insular de Aguas de La Palma y ha sido analizada por un laboratorio externo. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

Parámetros	Resultados	Unidades
ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO		
Turbidez	<0.1	U.N.F.
Conductividad a 20ºC	279	µS/cm
pH	7.8	U. pH.
Aniones por Cromatografía Iónica		
Nitratos	2.5	mg/l
Fosfatos	0.7	mg/l
Sulfatos	3	mg/l
Cloruros	16	mg/l
Boro	0.01	mg/l
Cationes por Cromatografía Iónica		
Sodio	22.7	mg/l
Potasio	4.7	mg/l
Amonio	<0.07	mg/l
Calcio	3.5	mg/l
Magnesio	23	mg/l
Carbonatos	<2	mg CaCO3/l
Bicarbonatos	173	mg CaCO3/l

Tabla 8: Resultados análisis físico-químico muestra Conducción Las Breñas – El Paso. Fuente: Laboratorio externo

5.1. Interpretación de los resultados

En este epígrafe se analizarán los resultados obtenidos en las tablas anteriores, atendiendo al cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos para el agua de riego según la *Food and Agriculture Organization* (F.A.O.) redactado por R.S. Ayers y D.W. Westcot en 1985.

5.1.1. Salinidad

El contenido y composición de las sales disueltas en el agua de riego es crucial, ya que éstas se incorporarán al terreno de cultivo, influyendo en el desarrollo de la plantación, en la estructura del suelo y en el sistema de riego a implantar.

A continuación, se obtiene el Contenido Total en Sales (C.T.S.) a partir de la conductividad eléctrica de la muestra de agua:

$$CTS = CE \times 0{,}64$$

$$CTS = 0.279\ dS/m \times 0{,}64 = 0{,}1785\ g/L$$

Donde,

CE: Conductividad eléctrica en dS/m.
CTS: Contenido Total en Sales en g/l.

Siendo el contenido total de sales disueltas de **0,1785 g/L.**

5.1.2. pH

El pH es una medida que indica la acidez o la alcalinidad del agua y se define como la concentración de iones hidrógeno en el agua. Con una disminución del pH, el agua se hace más ácida y con un aumento, se hace más básica.

Se ha obtenido del valor de pH en torno a 8 U. pH., lo cual indica que nos encontramos ante una solución que se clasifica como débilmente básica o alcalina.

5.1.3. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica indica la facilidad con la que una corriente eléctrica pasa a través del agua, de forma que aumenta linealmente a medida que se eleva su concentración salina.

La muestra tomada presenta una C.E. de 279 µS/cm (microSiemens por centímetro) a 20ºC, lo que corresponde a 0,279 dS/m (deciSiemens por metro). Dada la conductividad obtenida de la disolución, se puede determinar según los parámetros establecidos en la "*Tabla 2: Parámetros de calidad del agua. Fuente: FAO.*" (epígrafe 2.2), que la muestra de agua analizada se encuentra en el rango usual determinado para agua de riego (< 0.7 dS/m.), por lo que **no hay que tomar restricciones para su utilización.**

5.1.4. Boro

El boro es un elemento esencial para el desarrollo de las plantas. Sin embargo, la diferencia entre la concentración requerida por la planta (0,3-0,5 mg/l) y la toxicidad (0,6-1,0 mg/l en la mayoría de las plantas cultivadas) es muy pequeña, por lo que se debe tener especial cuidado con este elemento. Los síntomas de toxicidad se presentan generalmente como zonas amarillentas en las hojas, parecidas a quemaduras, partiendo de las puntas y difundiéndose hacia la base.

La muestra tomada presenta una concentración de boro en el agua de 0.01 mg/l según FAO en Ayers y Westcot (1985)[4], **no hay que tomar restricciones para su utilización.**

5.1.5. Iones. Cationes y aniones

Con el fin de analizar cuál es la sal dominante en el agua analizada, a continuación se lleva a cabo el análisis de los cationes y aniones presentes en la misma.

[4] *Ayers, R.S & Westcot, D.W. (1985). Water quality for agriculture (Vol. 29, p. 174). Rome: Food and agriculture Organization of the United Nations.*

5.1.5.1. Cloruros

El contenido de cloruros del agua de estudio presenta un valor de 11.1 mg/L, lo que equivale a 0.30 me/l, encontrándose por debajo de los 3 me/l establecidos por la F.A.O., los cultivos más sensibles al cloro no tendrán problemas.

5.1.5.2. Sodio

Para la mayoría de las plantas cultivadas no se ha demostrado que el sodio (Na^+) sea esencial. Los síntomas de toxicidad del sodio en las hojas son manchas necróticas de color pardo. El efecto perjudicial del sodio sobre los cultivos es, en la mayoría de los casos, indirecto, debido a la influencia negativa que tiene este catión sobre la estructura del suelo.

La concentración de sodio en el agua analizada es de 16 mg/L, lo que corresponde a 0.451 me/l, ya que es inferior a 3 me/l, **no existirán problemas de toxicidad por sodio con cultivos sensibles.**

5.2. Dureza del agua de riego

La dureza del agua de riego se establece según el contenido en calcio (Ca^{2+}), ésta se calcula mediante la siguiente formulación:

$$\textbf{Dureza (mg/L) } CaCO_3 = 2{,}50\,[Ca^{2+}] + 4{,}16\,[Mg^{2+}]$$

La dureza se suele expresar en grados hidrométricos franceses (G.H.F.), para transformar la dureza (mg/L) a GHF basta con dividir la relación expuesta entre 10.

$$\textbf{Dureza (GHF) } CaCO_3 = (2{,}50\,[Ca^{2+}] + 4{,}16\,[Mg^{2+}])\,/10$$

A continuación se muestra una clasificación de tipología de agua según su dureza, establecida por Juan Cánovas Cuenca (1978):

Tipo de agua	G.H.T.
Muy dulce	<7
Dulce	7-14
Medianamente dulce	14-22
Medianamente dura	22-32
Dura	32-54
Muy dura	>54

Tabla 9: Tipología de agua según su dureza (GHF). Fuente: Cánovas Cuenca (1978).

Obteniéndose así una dureza de 11.19 G.H.F, lo que corresponde según la tabla anterior con un **agua dulce.**

5.3. Problemas de infiltración

Cuando la velocidad de infiltración es muy baja, puede ocurrir que el agua infiltrada no baste para cubrir las necesidades del cultivo. Esto puede deberse a que el sodio (Na^+) se incorpora al suelo y deteriora su estructura. Los agregados del suelo se disparan en partículas pequeñas que tapan los poros y evitan que el agua pueda circular e infiltrarse con facilidad.

Por ello, para evaluar los problemas de infiltración, se ha establecido el índice S.A.R. (Relación de Absorción de Sodio), definido por la siguiente formulación:

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

Elemento	***Peso Molecular***	***Carga***	***Peso Equivalente***
Sodio (Na^+)	22.99	1	22.99
Calcio (Ca^{+2})	40.07	2	80,14
Magnesio (Mg^{+2})	24.30	2	48,60

En la muestra de agua analizada, obtiene un índice SAR de 0.94, debido a que es inferior a 10, se puede considerar que es **no es alcalinizante.**

Según la siguiente gráfica, que relaciona la conductividad eléctrica con la relación de absorción de sodio (SAR), indica para este caso, que la tasa de infiltración se ve reducida de forma leve a moderada.

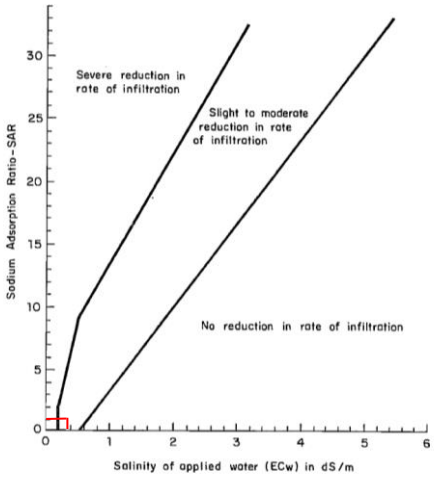

Fig. 21 Relative rate of water infiltration as affected by salinity and sodium adsorption ratio (Adapted from Rhoades 1977; and Oster and Schroer 1979)

Debido a que como se ha indicado con anterioridad, esta agua es una de las fuentes que abastecerán a la balsa, sometiéndose a un proceso de mezclado en la misma previo al punto de entrega en la parcela, lo cual mejora las características de esta agua.

5.4. Nutrientes

5.4.1. Nitrato

El **nitrato** es un compuesto químico cuyo componente principal es el nitrógeno. Forma parte de los suelos y las aguas de manera natural, siendo un **nutriente fundamental tanto para las plantas** como para una gran variedad de seres vivos.

El nitrato del suelo se mueve disuelto en agua, por lo que, en sistemas de regadío, la pérdida de nitratos desde la zona ocupada por las raíces del cultivo, infiltrándose hasta zonas más profundas, contaminan el agua de los acuíferos existentes.

Este proceso se conoce como **lixiviación o lavado de nitratos** y está originado por la filtración profunda o percolación producida con el riego. Dependiendo del método de riego y a su vez de los distintos tipos, el lavado de nitratos será muy variable, pero en general se puede afirmar que **existe mayor riesgo en riego por superficie y en riego por aspersión** en los que la percolación del agua puede ser elevada, mientras es muy raro que se produzca en riego localizado.

Para evitar que el agua pase a zonas más profundas del suelo en cantidades excesivas, es necesario evitar en lo posible las pérdidas por percolación y realizar el riego con alta uniformidad. También es preciso **tener en cuenta el contenido en nitratos del agua que se usa para regar**.

La muestra de agua de estudio, indica valores de nitratos de 0.05 mg/L, encontrándose muy por debajo de la recomendación de 50 mg/l establecido por la Comunidad Europea para agua potable.

Una vez recibida el agua en la parcela, el agricultor ha de tener en consideración la totalidad de nutrientes que contiene el agua en la aplicación de fertilizantes en el terreno de cultivo.

5.4.2. Amonio

El amoniaco es un nutriente que contiene nitrógeno e hidrógeno. Su fórmula química es NH_3 en su estado sin ionizar y NH_4^+ en la forma ionizada. La suma de NH_3 y NH_4^+ constituye el amoniaco, que se mide analíticamente en el agua.

El amoniaco es también uno de los contaminantes más importantes, aunque es bastante común, puede llegar a ser tóxico, disminuyendo la reproducción y el crecimiento.

La muestra de agua de estudio, indica valores de amonio inferiores a 0.05 mg/L, estando por debajo del umbral de 5 mg/L, por lo que estamos ante **agua de calidad no contaminada por amonio.**

5.4.3. Fosfato

El fósforo se encuentra en los suelos tanto en forma orgánica como inorgánica y su solubilidad en el suelo es baja. Existe un equilibrio entre el fósforo en la fase sólida del suelo y el fósforo en la solución del suelo.

El exceso de fósforo interviene, en su mayor parte, con la absorción de otros elementos, tales como el hierro, el manganeso y el zinc.

La muestra de agua de estudio, indica valores de fosfatos de inferiores a 0.70 mg/L, estando por debajo del umbral de 2 mg/L, por lo que estamos ante **agua no contaminada por fosfatos.**

5.4.4. Potasio (K+)

El contenido en potasio de este elemento en el agua, queda en el suelo como nutriente. Por ello debe de tenerse en cuenta para aportar en un mayor o menor grado de nutrientes al suelo de cultivo. En este caso, se dispone de 4.7 mg/L.

5.5. Turbidez

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez.

La medida de partículas se pueden relacionar con la contaminación microbiana, pudiendo interferir con la desinfección, deposiciones y la obstrucción de los sistemas de regadío.

La muestra de agua de estudio, presenta un indicador de turbidez inferior a 0.10 UNF (Unidades Nefelométrias de Turbidez), estando en por debajo de 1 UNF por lo que estamos ante un **agua con índice de partículas en suspensión baja.**

5.6. Conclusiones

Tras el análisis de los resultados de la muestra de agua recogida en la "Conducción Las Breñas – El Paso" y la determinación de los parámetros de su calidad, podemos concluir que nos encontramos en un **agua apta para riego**.

6. CONCLUSIÓN

Tras el análisis de los resultados de las muestras de agua recogidas en las diferentes fuentes que alimentarán la Balsa de El Paso y la determinación de los parámetros de su calidad, podemos concluir que nos encontramos ante un **agua apta para riego**.