

ANEJO 10

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO

1.	OBJETO	1
2.	DEPÓSITO DE LOS MOCANES	1
2.1.	DESCRIPCIÓN	1
2.2.	ORIGEN DE LAS FUENTES	1
2.2.1	Pozo de Los Padrones	1
2.2.2	Estación Desaladora de Agua Marina (EDAM) de El Golfo	2
2.3.	ANÁLISIS DE LA MUESTRA DE AGUA	3
2.4.	INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	5
2.4.1	Salinidad	6
2.4.2	Ph	6
2.4.3	Conductividad eléctrica	6
2.4.4	Boro	6
2.4.5	Iones. Cationes y aniones	7
2.4.6	Dureza del agua de riego	7
2.4.7	Problemas de infiltración	8
2.4.8	Nutrientes	9
2.5.	CONCLUSIÓN	11

Índice de imágenes

Imagen 1.	Ubicación del Pozo de Los Padrones. Fuente: GRAFCAN	2
Imagen 2.	Ubicación de la EDAM de El Golfo. Fuente: GRAFCAN	2
Imagen 3.	Módulos de postratamiento por lechos de calcita. Fuente: CIAEH	3

Índice de tablas

Tabla 1.	Resultados analítica muestra en Depósito Los Mocanes. Fuente: Laboratorio externo	3
Tabla 2.	Parámetros de calidad del agua. Fuente: Ayers y Westcot (1985)	5
Tabla 3.	Tipología de agua según su dureza (GHF). Fuente: Cánovas Cuenca (1978).	8

1. OBJETO

Se redacta el presente anejo para valorar la calidad del agua que va a ser utilizada para abastecer la red de riego de El Golfo (isla de El Hierro).

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.

La muestra de agua analizada en este documento fue tomada en el **depósito Los Mocanes**.

2. DEPÓSITO DE LOS MOCANES

2.1. DESCRIPCIÓN

Durante la fase de redacción de este proyecto, la Balsa de El Golfo, se encuentra fuera de servicio debido a que se están realizando trabajos para el cambio de la lámina impermeabilizante y para la colocación de una cubierta.

Es por ello que actualmente, se está utilizando el depósito de Los Mocanes para realizar la mezcla de agua que abastecerá a la red de riego de El Golfo. La mezcla de agua se sigue realizando en la misma proporción que en la Balsa, obteniendo así un agua de mezcla de características similares.

2.2. ORIGEN DE LAS FUENTES

Las fuentes de agua que alimentan la balsa de El Golfo y posteriormente la red de riego, son el Pozo de Los Padrones y la Estación Desaladora de Agua Marina (E.D.A.M.) de El Golfo. A continuación, se procede a la descripción de cada una de ellas:

2.2.1 Pozo de Los Padrones

El Pozo de Los Padrones está ubicado en el Valle de Frontera y es un pozo-galería de tipo canario con 6 metros de diámetro y 54 metros de profundidad, la galería de fondo de la que han sido perforados 760 metros hacia el interior del risco. Tiene un drenaje natural y un bombeo que cuenta con dos bombas sumergibles de 60 y 35 litros por segundo.

Actualmente es la captación de agua subterránea de mejor calidad que existe en la isla de El Hierro.



Imagen 1. Ubicación del Pozo de Los Padrones. Fuente: GRAFCAN.

2.2.2 Estación Desaladora de Agua Marina (EDAM) de El Golfo

La EDAM ubicada en El Golfo cuenta con un módulo de desalación por Ósmosis Inversa y cuatro pozos de captación de profundidades que oscilan entre los 41 y 49 metros y cuyo nivel estático se sitúa en torno a 35 metros de profundidad, de los cuales actualmente sólo se está explotando uno de ellos por medio de una bomba sumergible.



Imagen 2. Ubicación de la EDAM de El Golfo. Fuente: GRAFCAN

El agua tras la salida de la desaladora recibe un postratamiento a través del paso por una planta de lechos de calcita, la cual forma parte de un proyecto en paralelo del Consejo Insular de Aguas de El Hierro (C.I.A.E.H.). A continuación, se muestra una ilustración de la planta general de este sistema:

PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y MEJORA DE LA RED DE RIEGO DEL GOLFO,
T.M. LA FRONTERA, ISLA DE EL HIERRO (SANTA CRUZ DE TENERIFE).
ANEJO 10. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO

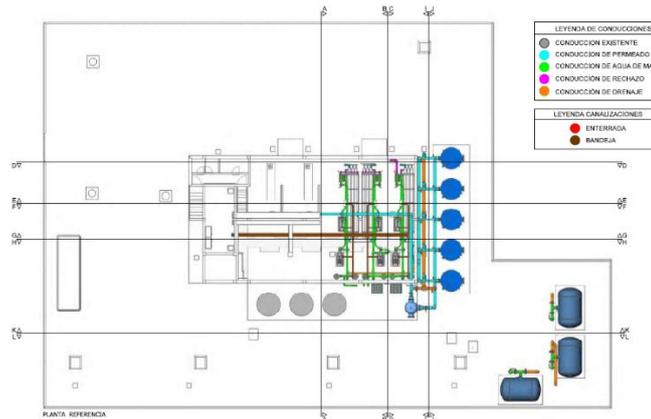


Imagen 3. Módulos de postratamiento por lechos de calcita. Fuente: CIAEH.

2.3. ANÁLISIS DE LA MUESTRA DE AGUA

Se ha realizado una analítica en el **depósito Los Mocanes**. La muestra fue tomada por el Consejo Insular de Aguas de El Hierro y ha sido analizada por un laboratorio externo. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

Tabla 1. Resultados analítica muestra en Depósito Los Mocanes. Fuente: Laboratorio externo

Análisis Físico-Químico	Resultados
Amonio Método: Método interno	
Amoníaco (NH ₃)	<0.19 mg/l
Amonio (NH ₄)	<0.26 mg/l
Nitrógeno amónico NH ₄ -N	<0.2 mg/l
Turbidez Método: Método Interno AG-TM6696	
Turbidez	<0.5 NTU
Propiedades básicas	Resultados
Temperatura Método: metodo interno	
Temperatura	17.0 °C
pH Método: C5110012 Potenciometría	
pH	7.9
Conductividad eléctrica a 25°C Método : Conductimetría	
Conductividad eléctrica 25 °C	0.663 dS/m
Aniones	Resultados

Nitratos (NO3) Método: Cromatografía iónica		
Nitratos	0.138	mEq/l
Cloruros (Cl) Método: Cromatografía iónica		
Cloruros	1.61	mEq/l
Sulfatos (SO4) Método: Cromatografía iónica		
Sulfatos	0.773	mEq/l
Fluoruros (F) Método: Cromatografía iónica		
Fluoruro	0.023	mEq/l
Alcalinidad total Método: Método interno Valoración potenciométrica		
Alcalinidad total	205.3	mg CaCO3/l
Carbonatos Método: Método Interno Titulometría		
Carbonatos (CaCO3)	<0.06	mEq/l
Bicarbonatos Método: Método Interno Titulometría		
Bicarbonatos (HCO3)	4.13	mEq/l
Relaciones de interés	Resultados	
Presión osmótica Método : Método Interno - Cálculo		
Presión Osmótica	0.239	atm
Carbonato Sódico Residual Método : Método Interno - Cálculo		
Carbonato Sódico Residual	1.33	mEq/l
S.A.R. Método : C5110186 Cálculo		
Relación Absorción de Sodio (SAR)	2.97	
Índice de Scott Método : Método interno por cálculo		
Índice de Scott	14.20	mg/l
Índice de Langelier Método : Método Interno - Cálculo		
Índice de Langelier	-0.20	
Índice de Ryznar Método : Método Interno - Cálculo		
Índice de Ryznar	8.0	
Suma de Cationes Método : Método Interno - Cálculo		
Suma de cationes	6.7	mEq/l
Suma de aniones Método : Método Interno - Cálculo		
Suma de aniones	6.7	mEq/l
Dureza Método : Cálculo		
Dureza	14.0	° French
Dureza cálcica Método : Método Interno - Cálculo		
Dureza Calcica		mg CaCO3/l
Elementos Disueltos	Resultados	
Boro disuelto (B) Método : Espectrometría ICP-OES		
Boro (B) disuelto	Detec. (<0.25)	mg/l
Calcio disuelto (Ca) Método : Espectrometría ICP-OES		
Calcio (Ca) disuelto	0.836	mEq/l
Cobre disuelto (Cu) Método : Espectrometría ICP-OES		
Cobre (Cu) disuelto	<0.05	mg/l
Fósforo disuelto (P) Método : Espectrometría ICP-OES		
Fósforo (P) disuelto	0.078	mg/l
Hierro disuelto (Fe) Método : Espectrometría ICP-OES		
Hierro Disuelto	<0.1	mg/l
Magnesio disuelto (Mg) Método : Espectrometría ICP-OES		
Magnesio disuelto (Mg)	1.97	mEq/l
Manganeso disuelto (Mn) Método : Espectrometría ICP-OES		
Manganeso disuelto (Mn)	<0.1	mg/l

Potasio disuelto (K) Método : Espectrometría ICP-OES		
Potasio disuelto (K)	0.340	mEq/l
Sodio disuelto (Na) Método : Espectrometría ICP-OES		
Sodio disuelto (Na)	3.51	mEq/l
Zinc disuelto (Zn) Método : Espectrometría ICP-OES		
Zinc disuelto (Zn)	<0.05	mg/l

2.4. 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.

A continuación, se muestra una tabla con los parámetros citados, considerados como normales en las analíticas de agua de riego:

Potential Irrigation Problem	Units	Degree of Restriction on Use		
		None	Slight to Moderate	Severe
Salinity (<i>affects crop water availability</i>) ²				
EC_w (or)	dS/m	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
TDS	mg/l	< 450	450 – 2000	> 2000
Infiltration (<i>affects infiltration rate of water into the soil. Evaluate using EC_w and SAR together</i>) 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 (<i>affects sensitive crops</i>)				
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 (<i>affects susceptible crops</i>)				
Nitrogen (NO₃ – N)⁶	mg/l	< 5	5 – 30	> 30
Bicarbonate (HCO₃) (<i>overhead sprinkling only</i>)	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).

2.4.1 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:

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

$$\text{CTS} = 0,663 \text{ dS/m} \times 0,64 = 0,42432 \text{ g/L}$$

Donde,

CE: Conductividad eléctrica en dS/m.

CTS: Contenido Total en Sales en g/l.

Siendo el contenido total de sales disueltas de **0,42432 g/L**.

2.4.2 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 7.9 U. pH., lo cual indica que nos encontramos ante una **solución que se clasifica como débilmente básica o alcalina**.

2.4.3 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 **663 µS/cm** (microSiemens por centímetro) a 25°C, lo que corresponde a 0,663 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 2.4), que la muestra de agua analizada se encuentra en el rango < 0.7 dS/m., por lo que hay **no que tomar restricciones para su utilización**.

2.4.4 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 PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y MEJORA DE LA RED DE RIEGO DEL GOLFO, T.M. LA FRONTERA, ISLA DE EL HIERRO (SANTA CRUZ DE TENERIFE).
ANEJO 10. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO

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 inferior a **0,25 mg/l** y según FAO en Ayers y Westcot (1985), **no hay que tomar ligeras restricciones para su utilización.**

2.4.5 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.

- Cloruros:

El contenido de cloruros del agua de estudio presenta un valor de **1.61 meq/l**, encontrándose por debajo de los 3 me/l establecidos por la F.A.O., por lo que **no se requieren restricciones para su uso.**

- 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 **3.51 meq/l**, ya que es superior a 3 me/l, **se podrían tener problemas por toxicidad de sodio con cultivos sensibles.**

2.4.6 Dureza del agua de riego

La dureza del agua de riego se establece según el contenido en calcio (Ca²⁺), ésta se calcula mediante la siguiente formulación:

$$\text{Dureza (mg/L) CaCO}_3 = 2,50 [\text{Ca}^{2+}] + 4,16 [\text{Mg}^{2+}]$$

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.

$$\text{Dureza (GHF) CaCO}_3 = (2,50 [\text{Ca}^{2+}] + 4,16 [\text{Mg}^{2+}]) / 10$$

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 14 G.H.F, lo que corresponde según la tabla anterior con un **agua dulce**.

2.4.7 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 2.97**, debido a que es inferior a 10, se puede considerar que es **no 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**.

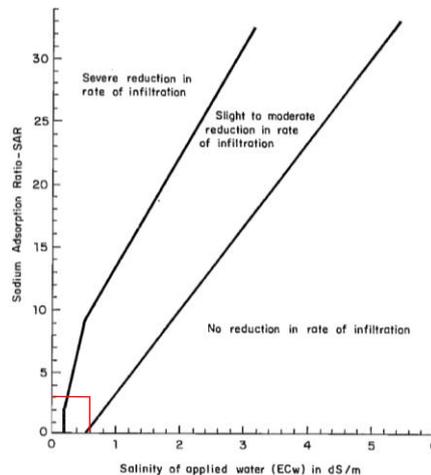


Fig. 21 Relative rate of water infiltration as affected by salinity and sodium adsorption ratio (Adapted from Rhoades 1977; and Oster and Schroer 1979)

2.4.8 Nutrientes

2.4.8.1 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 8.69 mg/L**, encontrándose muy por debajo del límite 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.**

2.4.8.2 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 **0.19 mg/L**, estando por debajo del umbral de 5 mg/L, por lo que estamos ante **agua no contaminada por amonio.**

2.4.8.3 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 **0.078 mg/L**, estando por debajo del umbral de 2 mg/L, por lo que estamos ante **agua no contaminada por fosfatos.**

2.4.8.4 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 0.34 meq/l, lo que corresponde a **13,26 mg/L**.

2.4.8.5 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.

Las medidas 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 **0.50 UNF** (Unidades Nefelométricas 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**.

2.5. CONCLUSIÓN

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