



CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA LA INTERPRETACIÓN DE UN ANÁLISIS DE AGUA

Ing. Agr. Ana L. ALURRALDE - Cátedra de Edafología - Departamento Clima, Suelo y Agua – FCA.

Este trabajo es un compendio de consideraciones a tener en cuenta cuando se necesita determinar la calidad del agua para riego. Si bien se puede profundizar mucho más en la temática, al estar dirigida principalmente a productores se consideró oportuno referirse solo a aquellas cuestiones prioritarias y que están al alcance del sector.

Mail de referencia: ani_animal@hotmail.com

Agua de Buena Calidad: ¿Qué queremos significar cuando decimos que el agua es de “buena calidad”?

*Cuando permite cumplir con las funciones básicas de la planta
garantizando un rendimiento óptimo sin producir efectos*

Suelo – Planta - Agua

MUESTREO DE AGUA

• Agua subterránea

- ✓ Se debe bombear unos minutos para recién tomar la muestra.
- ✓ Asegurarse que no hay fertilizantes u otros productos que alteren sus características.

• Agua superficial

- ✓ Tomar la muestra de la parte media y a profundidad media del curso de agua.

• Aguas meteóricas (agua de lluvia o deshielo)

Cuidados a tener en cuenta:

- Debe recolectarse en un envase plástico y limpio.
- Enjuagar varias veces el recipiente con el agua a muestrear.
- Debe taparse herméticamente sin dejar aire en el recipiente.
- Llevar de inmediato al laboratorio. Si no fuera posible, conservarlo en un lugar fresco.

- Identificar la muestra especificando lugar y fecha; tipo de agua; sistema de riego; cultivo a regar.
- Si se requiere, determinar nitratos, el agua debe conservarse y transportarse refrigerada hasta llegar al laboratorio.
- **Frecuencias y puntos de muestreo**
 - ✓ La composición química del agua puede variar con los períodos de lluvia, cambios de estación, agregados, etc.
 - ✓ Es recomendable verificar la calidad de agua que llega a la planta después del sistema de riego.

Parámetros para la clasificación

Lo importante a tener en cuenta:

- ✓ Salinidad – pH - Alcalinidad
- ✓ Proporción Aniones – Cationes
- ✓ Sales probables – Toxicidades.
- ✓ Salinidad – Sodicidad – Dureza.

UNIVERSIDAD NAC CATAMARCA
FAC. DE CIENCIAS AGRARIAS
CATEDRA DE EDAFOLOGÍA

MINISTERIO PRODUCCION Y DESARROLLO
DIRECCION PROV DE AGRICULTURA
LABORATORIO DE SUELOS

San Fernando del Valle de Catamarca, 03 diciembre de 2013

ANALISIS DE AGUA

Interesada: Ing. Agr. Sergio Pereyra
Provincia: Catamarca

Localidad: La Brea

M n°	1	
Característica	Pozo	
C.E. $\mu\text{S/cm. a } 25^\circ\text{C}$	1785	
RAS	3,10	
pH	8,0	
	meq/l	ppm
Ca ⁺⁺	2,78	55,41
Mg ⁺⁺	0,55	8,72
Na ⁺	10,43	239,88
K ⁺	0,34	13,38
B ⁻⁻⁻	x	x
CO ₃ ⁻⁻⁻	-	-
HCO ₃ ⁻	5,00	305,10
SO ₄ ⁻⁻⁻	9,92	478,45
Cl ⁻	5,00	108,35
TDS (mg/l)	1129,60	
Dureza (CO ₃ , Ca ppm)	168,51	
CO ₃ , Na ₂ residual (meq/l)	1,68	

(x) Elemento no analizado

Fecha de muestreo: 19/11/13

(-) Elemento no hallado

Métodos:

La determinaciones analíticas en laboratorio en agua, fueron: el potencial hidrógeno o pH, determinado en pesapipeta; conductividad eléctrica, conductímetro; sodio y potasio, por fotometría en llama, calcio y magnesio por titulación con EDTA, cloruro, por el método de Mohor; sulfato, método cromato de bario, carbonato y bicarbonato, por titulación con ácido sulfúrico; se calcularon: la relación de absorción de sodio (RAS), carbonato de sodio residual (CSR), total de sólidos disueltos (TSD) y dureza.

Salinidad – pH - Alcalinidad

Proporción Aniones – Cationes

Sales probables

Toxicidades

Salinidad – Sodicidad - Dureza

pH

Indica la concentración de H^+ .

Grado de acidez o basicidad

pH	Calificación	Cultivos	Rango pH ideal
< 4,5	Extremadamente ácido		
4,6 – 5	Muy fuertemente ácido		
5,1 - 5,5	Fuertemente ácido		
5,6 – 6	Moderadamente ácido		
6,1 -6,5	Levemente ácido		
6,6 - 7,3	Neutro		
7,4 - 7,8	Levemente alcalino	Nogal	6 - 8
7,9 - 8,4	Moderadamente alcalino	Olivo	6 - 8
8,5 - 9,0	Fuertemente alcalino	Vid	5,4 – 6,8
>9,1	Muy fuertemente alcalino		

Salinidad del agua

La conductividad eléctrica es la más utilizada en la estimación de la salinidad, es proporcional con las sales disueltas en el agua.

$$1S = 1\text{mhos}$$

$$1\mu\text{S/cm} = 1\mu\text{mhos/cm}$$

$$1\mu\text{S/cm} = 0,1\text{dS/m} = 0,1\text{mS/cm}$$

$$1000\mu\text{S/cm} = 1\text{dS/m} = 1\text{mS/cm}$$



Existen diferentes tolerancias de los cultivos

Tolerancia a la salinidad (dS/m) - Rendimiento					
Cultivos	100%	90%	75%	50%	0 %
Olivo	2,7	3,8	5,5	8,4	14
Nogal	1,7	2,3	3,3	4,8	8
Vid	1,5	2,5	4,1	6,7	12

Sodicidad del Agua

Relación de Absorción de Sodio (RAS)

- El (Na⁺) es uno de los iones más tóxicos para la planta.
- El aporte de sodio al suelo, produce deterioro a su estructura y permeabilidad. Es unión dispersante.
- Se lo evalúa a través del RAS (iones solubles (meq/l)).

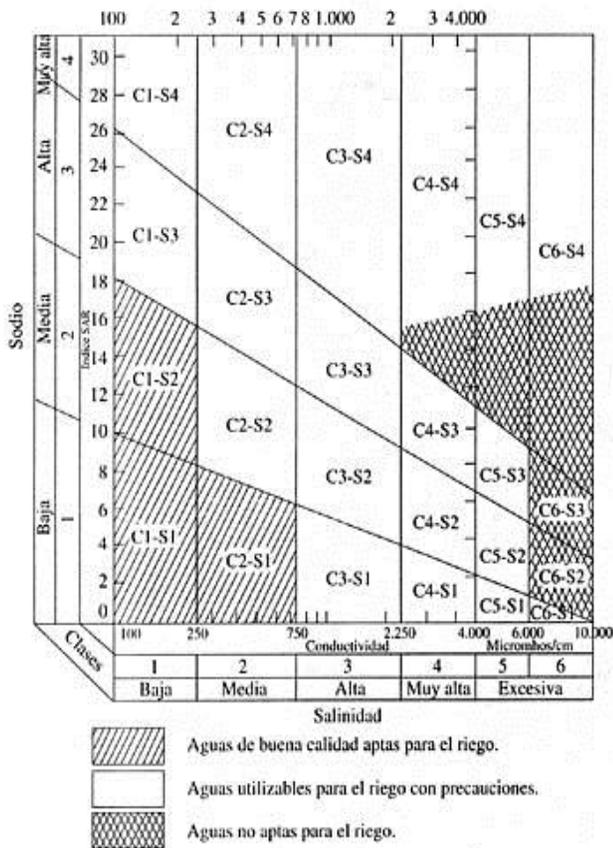
$$RAS = \frac{Na (meq/l)}{\sqrt{Ca} + Mg (meq/l)/2}$$

SALINIDAD y SODICIDAD

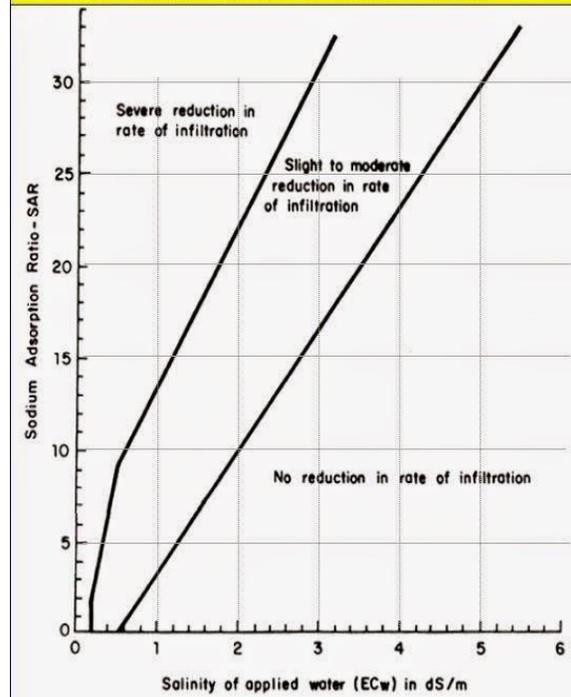
Thorne y Peterson modificaron el criterio de Riverside

Categoría	C.e.µS/ cm a25°C.	Clasificación
C1	<250	Salinidad Baja
C2	250 -750	Moderada
C3	750 -2250	Mediana
C4	2250 -4000	Alta
C5	4000 -6000	Muy Alta
C6	>6000	Excesiva

Clase	RAS	Clasificación
S1	10 a 2	Baja peligrosidad sódica
S2	10-18 a 2-	Mediana peligrosidad
S3	18-26 a 6-	Alta peligrosidad sódica
S4	>26 a >10	Muy alta peligrosidad



REDUCCIÓN DE LA INFILTRACIÓN DEL SUELO EN FUNCIÓN DE LA C.E. Y EL SAR DEL AGUA DE RIEGO



TOXICIDAD DE IONES ESPECÍFICOS

Cloro (Cl)

Es la toxicidad más común por su alta solubilidad. La planta lo absorbe y se acumula en sus hojas (hojas quemadas, necrosis en los bordes, caída de flores). Afecta a especies sensibles alrededor del 0,3 - 1% Peso seco.

Sodio (Na)

Altera el balance nutricional del cultivo produciendo deficiencias de calcio. En cultivos sensibles la toxicidad se observa entre 0,25 - 0,50% peso seco.

Boro (B)

Es un elemento esencial, sin embargo a partir de 1 ppm ya es tóxico para los cultivos más sensibles. Los síntomas aparecen primero en hojas más viejas, manchas amarillentas, marchitamiento y necrosis desde el borde al centro de la hoja.

Sulfatos: Su efecto es principalmente osmótico.

Carbonatos/Bicarbonatos: Provocan efectos nutricionales, deficiencia de hierro.

Existen diferentes sensibilidades de los cultivos:

TOLERANCIA AL BORO		
Clasificación	Boro ppm	Cultivos
Sensibles	0,3 -1	Vid, Nogal, Manzano, etc.
Semi tolerantes	1 -2	Olivo, Algodón, etc.
Tolerantes	2-4	Alfalfa, Remolacha, etc.

Toxicidad por Cl-Na



Toxicidad por boro



Solubilidad de sales

Ordenamiento de sales de acuerdo al efecto sobre la vegetación

Perjudiciales, muy solubles

Inofensivas, poco solubles

	Na+	K+	Mg++	Ca++
CO ₃ ⁼	Na ₂ CO ₃	K ₂ CO ₃	MgCO ₃	CaCO ₃
	NaHCO ₃	KHCO ₃	Mg(HCO ₃) ₂	Ca(HCO ₃) ₂
SO ₄ ⁼	Na ₂ SO ₄	K ₂ SO ₄	Mg ₂ O ₄	CaSO ₄
Cl ⁻	NaCl	KCl	MgCl ₂	CaCl ₂

Carbonato de Sodio Residual (RSC)

Es el riesgo potencial de sodificar el suelo, cuando hay abundantes carbonatos/bicarbonatos una ves que reacciona con el calcio y magnesio.

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 = (\text{CO}_3^{=} + \text{HCO}_3^{-}) - (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})$$

Na ₂ CO ₃ meq/l	Clasificación
< 1,25	Buena para el riego
1,25 - 2,5	Dudosa para el riego
> 2,5	Mala para el riego

DUREZA

Es la concentración de iones alcalino térreos (calcio, magnesio, bario estroncio) en forma de carbonatos y bicarbonatos.

Las aguas duras no tienen la capacidad de formar espuma con detergentes y representan problemas de obturación en los sistemas de riego presurizado.

Cálculo

$$\text{ppm CO}_3\text{Ca} = \text{ppm Ca}^{++} \times 2,5 + \text{ppm Mg}^{++} \times 4,132$$

$$\text{ppm CO}_3\text{Ca} = \text{meq/l Ca} \times 50,1 + \text{meq/l Mg} \times 50,2$$

TIPOS DE DUREZA

ppm CO ₃ Ca	Clasificación
0– 70	Muy Blanda
70– 140	Blanda
140– 210	Semidura
210 – 320	Medianamente Dura
320– 540	Dura
540– 1000	Muy Dura
1000-2500	Sumamente Dura

Sales Totales

Los sólidos disueltos, se determinan por gravimetría (estufa hasta total evaporación) y se expresa en mg/l.

Puede calcularse también a partir de la conductividad eléctrica

$$\text{TSD (mg/l)} = \text{Cond. Eléctrica } (\mu\text{S/cm}) \times 0,64$$

$$\text{TSD (mg/l)} = \text{Cond. Eléctrica (dS/m)} \times 640$$

La calidad del agua de Riego

Puede considerarse apta o no apta y con distintas restricciones de uso según:

- Las propiedades del suelo
- La tolerancia del cultivo
- El sistema de riego

Algunos datos útiles

Tabla de conductividad del Agua	
Agua ultra pura	0,055 $\mu\text{S/cm}$
Agua destilada	0,5 $\mu\text{S/cm}$
Agua de montaña	1,0 $\mu\text{S/cm}$
Agua doméstica	500 a 800 $\mu\text{S/cm}$
Max. Para agua potable	1055 mS/cm
Agua de mar	56 mS/cm
Agua salobre	100 mS/cm

pH < 4,2 ----- No hay alcalinidad

pH 4,2 – 8,3 ----- Presencia de HCO_3^-

pH 7 – 9 ----- CO_3^{2-} y HCO_3^-

pH > 9 ----- CO_3^{2-} y OH^-

RANGOS PARA ESTABLECER CALIDAD DE AGUA DE RIEGO

Clase	TSD mg/l	Clmeq /l	SO ₄ meq/l	HCO ₃ meq/l	NO ₃ meq/l	Na RAS	Boro ppm	Dureza mg/l	pH	Restricción de uso
1	< 175	< 4	< 4				<0,3	0- 200	6,5- 8,4	Ninguna
2	175- 525	4-7	4-7	< 1,5	<5	<3	0,3-0,7	200- 400		Moderada
3	525-1400	7-12	7-12	1,5- 8,5	5-30	3-9	0,7-3	400- 500		
4	1400-2100	12-20	12-20					500- 1000	< 6,5 >8,5	Severa
5	>2100	> 20	> 20	> 8,5	>30	> 9	>3	> 1000		

Clase: 1- Excelente; 2- Buena; 3 – Aceptable; 4 – Dudosa; 5 - Inapropiada

Cultivo: Período crítico sensible a la escasez de agua

Cítricos ----- Floración – cuaje

Olivo ----- Inicio floración – endurecimiento hueso

Manzano, peral ----- Cuaje – engorde de fruto

Vid ----- Floración – cuaje y envero

Fresa ----- Desarrollo del fruto

Trigo, cebada, avena - - Dos semanas antes del espigado

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Acevedo H.A. Análisis y calidad de aguas. 1995. Ministerio de Educación y Justicia, UNNE, FACENA.
- Apuntes Fac. Cs Agrarias - UNCa. Cátedra de Edafología. 2017
- Castellanas Jaime Porta. Edafología para la agricultura y el medioambiente. 2003. Mundi Prensa libros. ISBN 84-8476-148-7. 929p.
- Consentino, D. Prácticas Edafológicas con fines didácticos. 2013. Ed. Facultad de Agronomía. ISBN 978-987-29338-6-9-1. 256p.
- Galetto M L. 1997. Análisis Químicos de suelo, vegetales y aguas. International plant Nutrition Institute. 4R de la Nutrición de Plantas; 2013. ISBN 978-987-24977-5-0-
- Métodos de laboratorio. INTA Pergamino.
- Peinemann, Norman. Formación, Clasificación, Manejo y Recuperación de suelos Salinos y Sódicos. 1997. Ediciones sur. ISBN 950-9715-41-7. 120p.
- Teleisnik, Edith. La salinización de suelos en Argentina: su impacto en la producción agropecuaria. 2007. Ed. Universidad Católica de Córdoba. ISBN 978-987-626-013-8. 120p.



Secretaría de Investigación y Vinculación Tecnológica

Av. Belgrano y Mtro. Quiroga s/n - Campus Universitario
San Fernando del V. de Catamarca - Argentina
TE: 03834 – 430504 / 03834 – 435955- int 101
Editor responsable: Ing. Juan Ramón SEQUI
Email: sivitecfa@gmail.com