

# GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS EN EL MANEJO DEL RIEGO AGRÍCOLA



## VOLUMEN 1 CALIDAD DEL AGUA

**Agricultura  
es mucho más**

ASESORAMIENTO INTEGRAL  
POR LA SOSTENIBILIDAD



CONSEJERÍA  
DE SECTOR PRIMARIO,  
SOBERANÍA  
ALIMENTARIA Y  
SEGURIDAD HÍDRICA



**ACCEDE AL  
DOSSIER DE  
SERVICIOS**



**FORMA  
PARTE DEL  
PROGRAMA**

Desde COAG Canarias, en el marco del programa **Agricultura es Mucho Más** promovido por el Cabildo de Gran Canaria se ofrece asistencia técnica a aquellas personas productoras que lo soliciten en cuanto a sistemas y formas de manejo que faciliten una mejor gestión, eficiencia y ahorro de los recursos hídricos disponibles. Además, se realizan otras actuaciones como son las mediciones de la uniformidad de riego y el manejo de las diferentes herramientas digitales disponibles para el cálculo de las necesidades de riego de los cultivos.

---

#### **Autores**

Servicio Técnico de COAG Canarias

---

#### **Agradecimientos**

A la Granja Agrícola Experimental y al Laboratorio Agroalimentario y Fitopatológico del Cabildo de Gran Canaria por su contribución y colaboración para el desarrollo de los ensayos realizados tanto en campo como en el laboratorio.

# Índice

<b>1</b>	<b>Clasificación de las aguas de uso agrícola</b>	<b>5</b>
	1.1. Criterio de salinidad	5
	1.2. Criterio de sodicidad	7
	1.3. Criterio de toxicidad	7
	1.4. Dureza del agua	8
	1.5. pH	9
<b>2</b>	<b>Valores normales en aguas de riego (FAO). Restricciones en el agua de riego</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Soluciones a los problemas de salinidad, infiltración y toxicidad</b>	<b>13</b>
	3.1. Soluciones a los problemas de salinidad	13
	3.2. Soluciones a los problemas de infiltración	13
	3.3. Soluciones a los problemas de toxicidad	14
	3.4. Ejemplo de cálculo de lavado de sales	14
<b>4</b>	<b>Importancia del pH en cuanto a la disponibilidad/asimilación de nutrientes</b>	<b>16</b>
	4.1. Ejemplos de dosificación de diferentes ácidos en aguas con pH alcalino	17
	<b>Bibliografía</b>	<b>22</b>



# Introducción


Teniendo en cuenta que el agua es considerada como un recurso renovable pero limitado y que, según el Plan de Regadíos de Canarias, en los últimos años los periodos de sequía sufridos han ido aumentando y que tanto la agricultura como la ganadería son grandes consumidoras de agua, se ha puesto en valor la racionalidad en el uso y distribución de los recursos hídricos para poder garantizar la disponibilidad y el buen uso de esta riqueza.

Según este plan, el Archipiélago Canario es actualmente una región con escasos recursos hídricos ya que en muchas ocasiones la extracción de los acuíferos supera la recarga de los mismos. Por esta razón, es de vital importancia llevar a cabo las medidas necesarias para paliar las limitaciones de uso impuestas por la cada vez más escasa disponibilidad de los recursos hídricos y que van encaminadas hacia un uso racional de los recursos disponibles y la aplicación de criterios de **gestión integrada del agua**.

Aunque los sistemas de desalinización y depuración de agua solventan parte de este déficit hídrico, suponen un alto coste tecnológico y energético.

Por esta razón, se considera esencial ofrecer una guía sobre el buen manejo de este bien tanpreciado en la cual quedan expuestas las actuaciones de mejora de la eficiencia y ahorro de agua propuestas que faciliten una mejor gestión de los recursos hídricos de la unidad de producción.

En términos generales, la eficiencia de riego final va a depender de las infraestructuras de riego disponibles y de los conocimientos del agricultor/a. Es por ello que, en esta guía, se pretende recoger recomendaciones e informaciones básicas y prácticas para que los agricultores realicen un manejo eficiente del agua en sus explotaciones.





# 1 Calidad del Agua de Riego

## CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS DE USO AGRÍCOLA

Mediante el análisis químico de un agua podemos conocer su composición iónica. En función de las concentraciones existentes se puede evaluar la calidad de ésta para su uso en agricultura.

### 1.1. Criterio de salinidad

Para evaluar de una forma rápida el contenido de sales del agua se recurre a un conductivímetro, que es un instrumento que mide la conductividad eléctrica (CE), en el agua para riego. Dará valores más altos cuanto mayor sea el contenido de sales del agua.

La conductividad está relacionada con la presión osmótica y la capacidad de absorción de agua por la raíz de la planta, a mayor presión osmótica, mayor dificultad para la absorción de agua por el cultivo.

La unidad de medida en la que se expresa la conductividad es el Siemens metro (S/m), pero es un valor muy grande por lo que se utilizan submúltiplos, las más comunes son:


$$1 \text{ dS/m} = 1 \text{ mmho/cm} = 1.000 \text{ }\mu\text{S/cm}$$

Las cantidades de las diferentes sales presentes, vienen expresados en el análisis en miliequivalentes/litro (meq/l) o en miligramos/litro (mg/l), habiendo, para cada sal, un factor de conversión para pasar de miliequivalentes a miligramos.

**Tabla 1. Rendimientos de los diferentes cultivos según la conductividad del suelo y del agua de riego.**

Rendimientos (Conductividad eléctrica en dS/m)	100%		90%		75%		50%		0%	
	Extracto saturado CEe	Agua riego CEw	Extracto saturado CEe	Agua riego CEw	Extracto saturado CEe	Agua riego CEw	Extracto saturado CEe	Agua riego CEw	Extracto saturado CEe	Agua riego CEw
<b>EXTENSIVOS</b>										
Cebada	8	5,3	10	6,7	13	8,7	18	12	28	19
Algodón	7,7	5,1	9,6	6,4	13	8,4	17	12	27	18
Remolacha	7	4,7	8,7	5,8	11	7,5	15	10	24	16
Trigo 4,6	6	4	7,4	4,9	9,5	6,3	13	8,7	20	13
Soja	5	3,3	5,5	3,7	6,3	4,2	7,5	5	10	6,7
Arroz	3	2	3,8	2,6	5,1	3,4	7,2	4,8	11	7,6
Caña de azúcar	1,7	1,1	3,4	2,3	5,9	4	10	6,8	19	12
Maíz	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10	6,7
Haba	1,5	1,1	2,6	1,8	4,2	2	6,8	4,5	12	8
Alubia	1	0,7	1,5	1	2,3	1,5	3,6	2,4	6,3	4,2
<b>HORTALIZAS</b>										
Calabacín	4,7	3,1	5,8	3,8	7,4	4,9	10	6,7	15	10
Remolacha roja	4	2,7	5,1	3,4	6,8	4,5	9,6	6,4	15	10
Brócoli, Brécol	2,8	1,9	3,9	2,6	5,5	3,7	8,2	5,5	14	9,1
Tomate	2,5	1,7	3,5	2,3	5	3,4	7,6	5	13	8,4
Pepino	2,5	1,7	3,3	2,2	4,4	2,9	6,3	4,2	10	6,8
Espinaca	2	1,3	3,3	2,2	5,3	3,5	8,6	5,7	15	10
Apio	1,8	1,2	3,4	2,3	5,8	3,9	9,9	6,6	18	12
Col	1,8	1,2	2,8	1,9	4,4	2,9	7	4,6	12	8,1
Patata	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10	6,7
Maíz dulce	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10	6,7
Boniato	1,5	1	2,4	1,6	3,8	2,5	6	4	11	7,1
Pimiento	1,5	1	2,2	1,5	3,3	2,2	5,1	3,4	8,6	5,8
Lechuga	1,3	0,9	2,1	1,4	3,2	2,1	5,1	3,4	9	6
Rábano	1,2	0,8	2	1,3	3,1	2,1	5	3,4	8,9	5,9
Cebolla	1,2	0,8	1,8	1,2	2,8	1,8	4,3	2,9	7,4	5
Zanahoria	1	0,7	1,7	1,1	2,8	1,9	4,6	3	8,1	5,4
Judía	1	0,7	1,5	1	2,3	1,5	3,6	2,4	6,3	4,2
Nabo	0,9	0,6	2	1,3	3,7	2,5	6,5	4,3	12	8
<b>FRUTAS</b>										
Palmera datilera	4	2,7	6,8	4,5	11	7,3	18	12	32	21
Pomelo	1,8	1,2	2,4	1,6	3,4	2,2	4,9	3,3	8	5,4
Naranja	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2	4,8	3,2	8	5,3
Melocotón	1,7	1,1	2,2	1,5	2,9	1,9	4,1	2,7	6,5	4,3
Albaricoque	1,6	1,1	2	1,3	2,6	1,8	3,7	2,5	5,8	3,8
Uva (Vitus sp.)	1,5	1	2,5	1,7	4,1	2,7	6,7	4,5	12	7,9
Almendra	1,5	1	2	1,4	2,8	1,9	4,1	2,8	6,8	4,5
Ciruela	1,5	1	2,1	1,4	2,9	1,9	4,3	2,9	7,1	4,7
Mora (Rubus sp.)	1,5	1	2	1,3	2,6	1,8	3,8	2,5	6	4
Fresa (Fragaria sp.)	1	0,7	1,3	0,9	1,8	1,2	2,5	1,7	4	2,7

Fuente: Prismab

### Tipos de sales en el agua

Aumenta problema

1. Sulfato de calcio, CaSO<sub>4</sub>
2. Sulfato de magnesio, MgSO<sub>4</sub>
3. Bicarbonato de calcio, Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>
4. Cloruro de calcio, CaCl<sub>2</sub>
5. Sulfato de sodio, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
6. Bicarbonato de sodio, NaHCO<sub>3</sub>
7. Cloruro de sodio, NaCl

Fuente: Fertilab.com

## 1.2. Criterio de sodicidad

Un contenido alto del catión sodio (Na ) en el agua, puede afectar negativamente la estructura del suelo (actúa dispersando las partículas del mismo, provocando que el suelo se torne polvoriento). Para evaluar la sodicidad se emplea el índice RAS (Relación de Adsorción de Sodio) que hace referencia a la proporción relativa de sodio frente a otros elementos como el calcio (Ca) o el magnesio (Mg) y que contrarrestan el efecto nocivo del sodio.

## 1.3. Criterio de toxicidad

La toxicidad de algunos elementos es clave al producirse un sobrepasamiento de las concentraciones límite, provocando un serio problema para algunos cultivos. Es el caso concreto del Boro (B), del Sodio (Na) y del Cloro (Cl).

Actúan de distinta manera ya que a diferencia del sodio, que puede ser intercambiado en el suelo, el ion cloruro no lo es. Existe una gran diferencia en su tolerancia de unas especies a otras.

**Tabla 2. Niveles de toxicidad de Cloro (Cl) y Sodio (Na) en el cultivo.**

ELEMENTO	SIN PROBLEMAS EN EL CULTIVO	LIGEROS PROBLEMAS EN EL CULTIVO	PROBLEMAS EN EL CULTIVO
Cl	< 142 mg/L	142 - 355 mg/L	>355 mg/L
Na	< 69 mg/L	69 - 207 mg/L	>207 mg/L

+

A diferencia del sodio, que es un elemento innecesario en el desarrollo de la planta y el cloruro que sí es imprescindible, aunque en cantidades muy pequeñas, el **boro** es un elemento esencial. Las necesidades de la planta en cuanto a este elemento son pequeñas, pero su ausencia provoca claros síntomas de deficiencia.

**Tabla 3. Niveles de toxicidad del Boro (B) en el cultivo.**

ELEMENTO	SIN PROBLEMAS EN EL CULTIVO	LIGEROS PROBLEMAS EN EL CULTIVO	PROBLEMAS EN EL CULTIVO
B	< 0,7 mg/L	0,7 - 3 mg/L	> 3 mg/L

## 1.4. Dureza del agua

La dureza del agua de riego hace referencia, principalmente, a su contenido en calcio y magnesio. Se expresa como miligramos por litro (mg/l) de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) ó en grados hidrométricos franceses y en la siguiente tabla se muestran los distintos tipos de agua en función de la dureza que presente.

**Tabla 4. Clasificación de la dureza del agua según grados hidrométricos franceses.**

TIPO DE AGUA	MG. DE CARBONATO CÁLCILO	GRADOS H. FRANCESES
Muy blanda	< 70	< 7
Blanda	70 - 140	7 - 14
Semi blanda	140 - 220	14 - 22
Semidura	220 - 320	22 - 32
Dura	320 - 540	32 - 54
Muy dura	> 540	> 54

El efecto más conocido en los que el agua para riego presenta una elevada dureza es la formación de incrustaciones calcáreas. Altas concentraciones de calcio, magnesio y bicarbonatos en el agua de riego, aumentan el riesgo de taponamientos. Los depósitos aumentan con la subida del pH por algunos fertilizantes aplicados a través del sistema de riego.



## 1.5. pH

Valores alcalinos o ácidos en el agua de riego, afectarán a la asimilación o no de los nutrientes por los cultivos. Hay que conocer no sólo el valor en el agua, sino también cuáles son los pH idóneos para el cultivo que se tenga y así regularlo.

**Tabla 5. Rango idóneo de pH del suelo para diferentes cultivos.**

CULTIVOS	RANGO IDÓNEOS DE PH DEL SUELO
Aguacatero	5,5 - 6,5
Batata	5,6 - 7,5
Brécol	6 - 6,8
Cebolla	6 - 7
Cítricos	5,5 - 7
Coliflor	5,5 - 7
Lechuga	6,5 - 7,5
Papa	5,5 - 6,5
Papayero	5,5 - 6,5
Piña tropical	4,5 - 5,5
Platanera	6,5 - 7,5
Tomatera	6 - 6,8

## 2 Valores normales en aguas de riego (FAO). Restricciones en el agua de riego

En la siguiente tabla se exponen los valores considerados como normales en los análisis de riego:

**Tabla 6. Parámetros de calidad del agua de riego y sus valores normales según FAO.**

PARÁMETRO DE CALIDAD DEL AGUA	SÍMBOLO	UNIDADES	INTERVALO NORMAL EN EL AGUA DE RIEGO
<b>SALINIDAD</b>			
Contenido en sales			
Conductividad eléctrica	$CE_w$	dS/m	0 - 3
Sólidos Disueltos Totales	SDT	mg/l	0 - 2.000
Cationes y aniones			
Calcio	$Ca^{2+}$	meq/l	0 - 20
Magnesio	$Mg^{2+}$	meq/l	0 - 5
Sodio	$Na^+$	meq/l	0 - 40
Carbonato	$CO_3^{2-}$	meq/l	0 - 0,1
Bicarbonato	$HCO_3^-$	meq/l	0 - 10
Cloro	$Cl^-$	meq/l	0 - 30
Sulfato	$SO_4^{2-}$	meq/l	0 - 20
<b>NUTRIENTES</b>			
Nitratos	$NO_3^-$	mg/l	0 - 10
Amonio	$NH_4^+$	mg/l	0 - 5
Fosfatos	$PO_4^{3-}$	mg/l	0 - 2
Potasio (*)	$K^+$	mg/l	0 - 2
<b>OTROS ANÁLISIS</b>			
pH (*)	pH		6 - 8,5
Boro	B	mg/l	0 - 2
Acidez	pH		6,0 - 8,5
Relación de Adsorción de Sodio	RAS	meq/l	0 - 15

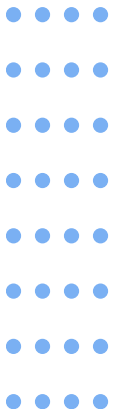
Fuente: Ayers y Westcot (1995); (\*) según Pastor (2005).

- En general, para muchos de los parámetros, lo deseable sería tener valores bajos.



- A mayor conductividad eléctrica, mayor riesgo de salinización de suelos; mayores limitaciones para abonar vía riego; mayor riesgo de daños en cultivos, sobre todo en épocas de calor; limitaciones del uso del agua para aplicaciones foliares.
- Altos contenidos de sodio y cloro, aparecen en aguas con altas conductividades.
- Niveles altos de bicarbonatos, implican mayor dureza del agua y causan precipitados calcáreos que obturan filtros, conducciones y emisores. Pueden inducir clorosis férrica en frutales. En cultivos de hoja, el exceso de bicarbonato, unido a niveles de calcio ligeramente altos, puede originar depósitos de carbonato cálcico sobre la superficie de la hoja. en riego por aspersion.
- Niveles altos de SAR (relación de absorción de sodio), disminuyen la porosidad del suelo, causando problemas de infiltración.
- Niveles muy bajos de salinidad,  $CE < 0,2$  dS/m, crean graves problemas de infiltración debido a su gran poder de disolución hasta de las arcillas del suelo.
- Nitratos: se ha de valorar el aporte total de nitrógeno con el agua de riego, para descontarlo del plan de fertilización y evitar problemas en los cultivos por excesiva cantidad del mismo.
- Boro, contenidos por encima del máximo sólo presentaría problemas en cultivos sensibles.

A continuación, se comparan los índices de calidad FAO con valores medios de los parámetros que determinan la calidad de las diferentes aguas de riego (aguas de pozos; aguas desalinizadas; de nacientes, aguas depuradas y aguas de presa) que se disponen en Gran Canaria. Los niveles encontrados en las aguas de la isla se han obtenido del resultado de las muestras de agua enviadas al Laboratorio Agroalimentario y Fitopatológico del Excmo. Cabildo de Gran Canaria.



**Tabla 7. Calidad del agua según su origen y niveles encontrados en análisis agrícolas.**

ORIGEN / CALIDAD DEL AGUA*				NIVELES ENCONTRADOS MÍNIMOS Y MÁXIMOS**				
	UNIDAD	ÓPTIMOS	MÁXIMO	POZO	DESALADA	NACIENTE	REGENERADA	PRESA
pH		6 - 7,5	8,5	7,6 - 9	7 - 8,9	7,6 - 8,9	7,3 - 8	7,8 - 8,7
Conductividad	microS/cm	< 700	3000	190 - 2800	400 - 1000	280 - 1700	760 - 1800	680 - 1000
Bicarbonatos	mg/L	< 91 (aspers.)	518 (asp.)	75 - 1400	< 20 - 170	80 - 160	58 - 490	86 - 350
Alcalinidad	mg <sup>3</sup> CaCO <sub>3</sub> /L			62 - 1100	< 15 - 140	85 - 130	48 - 400	71 - 290
Sodio	mg/L	69 (aspersión)	69 (asp.)	13 - 370	60 - 190	40 - 220	130 - 200	68 - 150
Potasio	mg/L			3,1 - 32	3,6 - 14	5,9 - 15	12 - 37	3,6 - 13
Calcio	mg/L			13 - 130	< 5 - 12	8 - 52	< 5 - 54	9,4 - 58
Magnesio	mg/L			7,9 - 120	< 5 - 6,1	5,4 - 40	< 5 - 15	5,4 - 32
Cloruros	mg/L	< 142	142	18 - 250	92 - 190	16 - 410	170 - 270	51 - 220
Nitratos	mg/L	< 5	30	7,4 - 81	< 5 - 17	< 5 - 14	< 5 - 40	< 5 - 22
Boro	mg/L	< 0,7	3	< 0,02 - 0,74	0,95 - 1,65	< 0,02 - 12	0,46 - 1,21	0,04 - 1
Sales disueltas	mg/L	< 450	2000	140 - 2465	221 - 640	241 - 895	434 - 1060	518 - 745
RAS	meq/L	< 3	9	0,69 - 5,63	4,36 - 16,0	2,35 - 5,49	6,13 - 17,7	2,03 - 9,95
Dureza	mg/L	50	200	64 - 862	12 - 42	42 - 294	23 - 196	46 - 253

\*Según la tabla Valores indicativos de calidad de agua para riego (FAO).

\*\*Según los resultados de las muestras de aguas de riego llevadas a analizar en el Laboratorio Agroalimentario y Fitopatológico del Cabildo de Gran Canaria.

Las aguas de pozo, sobre todo los que se encuentran en cotas bajas, han empeorado su calidad, desde el punto de vista agrícola, debido a la baja pluviometría de los últimos años y la sobre extracción de agua en los mismos lo cual ocasiona una intrusión de agua marina y causa una alta salinización de este tipo de agua.

Actualmente, tanto las aguas desaladas como regeneradas, presentan valores más adecuados en cuanto a conductividad, pH, contenido total de sales, dureza, contenido en nitratos etc. desde el punto de vista agrícola.

La calidad del agua de las presas irá empeorando en los años en los que la pluviometría sea menor. Al no entrar agua en la presa y debido a la evaporación de la que ya hay se genera más concentración de sales en la misma.



# 3 Soluciones a los problemas de salinidad, infiltración y toxicidad

## 3.1. Soluciones a los problemas de salinidad

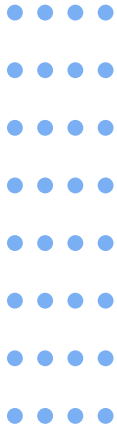
Los tratamientos para solucionar los problemas de salinidad causados por el agua de riego son:

- Lixiviación o lavado de las sales a capas más profundas del suelo. Esto supone aumentar la dosis de riego.
- Mantener la disponibilidad de agua en la zona radicular en todo momento. Esto se consigue aumentando la frecuencia de riego, o sea, regando más a menudo.
- Asegurar el drenaje correcto del agua de riego para evitar que el nivel freático sea alto. Así se evita que el agua ascienda por capilaridad a la zona radicular.
- Labrar el suelo mediante subsolador o arado profundo para romper las costras superficiales de arcilla y favorecer la lixiviación de sales.
- Realizar una fertilización correcta, considerando los nutrientes que ya están siendo aportados por un agua de riego salina.
- Establecer cultivos más tolerantes a la salinidad.
- Mezclar el agua salina con otra de menor salinidad o sustituir aquella por otra de mejor calidad.
- Incorporación de acolchados para mantener la humedad.

## 3.2. Soluciones a los problemas de infiltración

Para prevenir, corregir o retrasar los problemas de infiltración causados por la mala calidad del agua se recurre a diversos procedimientos:

- Incorporación de materia orgánica al suelo, con lo cual se favorece su estructura, aumenta su porosidad y en consecuencia, la infiltración.



- Incorporación de enmiendas que modifiquen la composición química del agua o del suelo. Normalmente estas enmiendas van encaminadas a aumentar el contenido en calcio, con lo cual se rebaja la SAR y se aumenta la salinidad.
- Mezcla de aguas de distinta calidad, si fuera posible.
- Laboreo superficial y aradas profundas.
- Manejo adecuado del riego, haciéndolo más frecuente pero en dosis que sean inferiores a la velocidad de infiltración para evitar escorrentías y/o encharcamientos en el suelo.

### 3.3. Soluciones a los problemas de toxicidad

La forma más eficaz para prevenir los problemas de toxicidad es utilizar un agua para el riego que no tenga una concentración excesiva de estos iones. Pero, cuando esto no es posible, las alternativas que se ofrecen para mitigar estos efectos son las siguientes:

- Lixiviar o lavar estos iones con el agua de riego.
- Mezclar con aguas de menor peligrosidad o potencial de toxicidad para disminuir su concentración.
- Utilizar plantas más tolerantes a estos iones.
- No utilizar el riego por aspersión para evitar la absorción foliar.

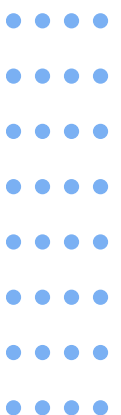
### 3.4. Ejemplo de cálculo de lavado de sales

Las necesidades de lavado constituyen la cantidad de agua que se tiene que aportar de más en el riego para disolver las sales del suelo y desplazarlas de la zona donde se desarrollan las raíces hasta capas del suelo más profundas.

Es importante realizar el cálculo para evitar los daños que se pueden producir en raíces y hojas por la acumulación de sales, sobre todo, en aquellos cultivos que presentan menor tolerancia a la salinidad (p.e: aguacateros, judías, zanahorias...).

Cuanta más salina sea el agua, más cantidad de agua de lavado hay que aportar.

Hay que tener en cuenta la permeabilidad del suelo y un drenaje eficiente para evacuar el exceso de sales a eliminar.



El cálculo de las necesidades de lavado se realiza en función de la salinidad del agua de riego y el umbral de tolerancia que presentan los cultivos a la salinidad.

La estimación de la cantidad de agua necesaria para el lavado de sales se realiza de la siguiente forma:

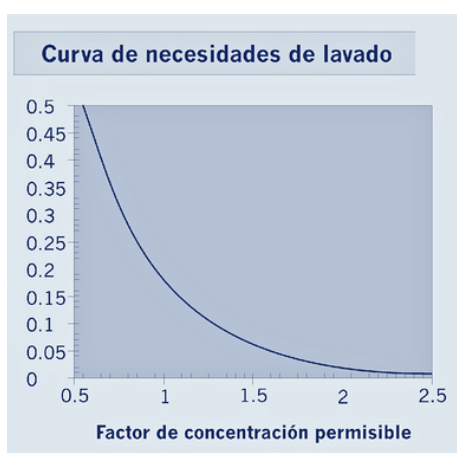
1. Cálculo del factor de concentración permisible (F) que se obtiene de dividir el umbral de tolerancia a la salinidad de un cultivo (UTS) por la salinidad que tiene el agua de riego (CE) (obtenida a partir del análisis de agua de riego).

$$\text{Factor de concentración permisible (F)} = \frac{\text{umbral de tolerancia del cultivo (UTS)}}{\text{salinidad del agua de riego (CEw)}}$$

2. Se lleva el valor del factor de concentración permisible a la curva de necesidades de lavado y se obtiene, en tanto por ciento, la cantidad de agua de más a usar como mínima fracción de lavado compatible con el máximo rendimiento del cultivo.

Si un cultivo presenta una necesidad de lavado de 0,1 significa que el agricultor debe aplicar con cada riego un 10% más de agua que la necesaria para cubrir las necesidades del cultivo.

**Gráfico 1. Curva de necesidades de lavado según el factor de concentración permisible.**



**Ejemplo** Determinar las necesidades de lavado de un cultivo de tomate en riego localizado.

Conociendo los datos de:

UTS = Umbral de tolerancia a la salinidad del tomate = 2,5 dS/m  
CE = Salinidad del agua de riego = 3,2 dS/m.

$$\text{Factor de concentración permisible (F)} = \frac{\text{umbral}}{\text{salinidad}} = \frac{2,5}{3,2} = 0,78$$

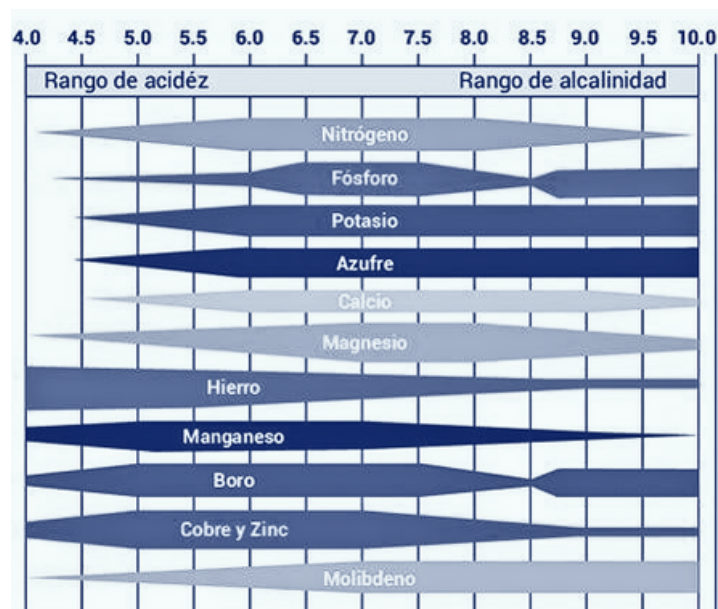
Finalmente, las necesidades de lavado = 0,3 = 30%

El agricultor debe **aportar con cada riego un 30% más de agua** que la estrictamente necesaria para cubrir las necesidades del cultivo de tomate.

# 4 Importancia del pH en cuanto a la disponibilidad/asimilación de nutrientes

Las aguas de riego pueden provocar alteraciones y problemas a los cultivos a causa de su **pH**.

**Gráfico 2. Relación entre el pH y la disponibilidad de nutrientes en los cultivos**



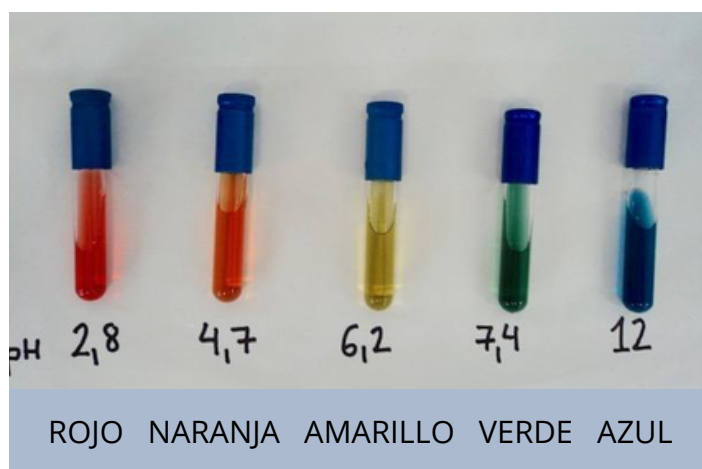
Valores de pH y asimilación de los nutrientes (imagen extraída de Intagri.com)

- Un valor alto de pH en el agua (**pH mayor a 7,0**) vendrá a reducir la disponibilidad de diversos nutrientes, en mayor medida cuanto más alto sea el pH. Lo cual se traduce en la aparición de síntomas de deficiencia nutritiva en las plantas.
- Con menor frecuencia, un pH bajo (**inferior a pH 5,0**) puede dar como resultado altos niveles tóxicos de hierro y manganeso. Generalmente, se encuentra en combinación con una baja alcalinidad. Los problemas de pH bajo se pueden corregir empleando fertilizantes de tipo básico o suplementando el aporte de calcio al medio de cultivo.



Así, para corregir los problemas derivados de un pH alto se lleva a cabo un ajuste del agua con ácidos. Lo que se puede hacer mediante bombas inyectoras con sonda de pH conectadas al sistema de riego, para cultivos de cierta extensión y dispongan de automatización.

Otra forma, a pequeña-mediana escala es, ajustar manualmente el valor pH de la mezcla de fertilizantes, previamente diluidos en agua, con la que se vaya a realizar el abonado. O bien, directamente acidificar el agua mediante el aporte de ácidos. Para ello se necesitará conocer el volumen de agua empleado en cada riego para definir la cantidad de ácido a aportar.

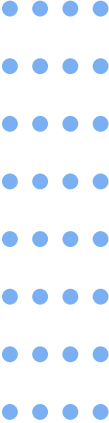


Escala de colores en función del pH del agua de riego realizado con un test de pH en gotas, siendo el reactivo el Isopropyl alcohol.

#### 4.1. Ejemplos de dosificación de diferentes ácidos en aguas con pH alcalino

El empleo de ácidos resulta una excelente herramienta para bajar el pH del agua de riego, ajustar la alcalinidad y corregir el exceso de dureza.

Los ácidos más comunes que se utilizan para bajar el pH y reducir la alcalinidad del agua suelen ser los ácidos: sulfúrico, nítrico, fosfórico, cítrico y acético.



1. **Ácido sulfúrico.** Proporciona azufre en forma de sulfato, lo que es necesario para las plantas y, a menudo, escaso en las fuentes de agua y los programas de abonado. Tener en cuenta que se trata de un ácido altamente corrosivo y requiere protección individualizada en su manipulación. Está autorizado su uso en agricultura ecológica.

2. **Ácido nítrico.** Este ácido añade nitrógeno en forma nítrica al cultivo. Dependiendo de la cantidad empleada, conviene reducir posteriormente la dosis de nitrógeno que se vaya a aportar con los fertilizantes.

3. **Ácido fosfórico.** Su uso implica un aporte extra de fósforo al cultivo, tenerlo en cuenta ya que una dosis elevada puede provocar ralentización del crecimiento. Bajo riesgo de manipulación.

4. **Ácido cítrico.** Su aplicación es la más segura y se suele emplear en agricultura ecológica, dado que el ácido cítrico está autorizado para ello. No aporta ninguna cantidad significativa de ningún nutriente.

5. **Ácido acético.** Al igual que el ácido cítrico es un ácido débil, volátil y permitido en agricultura ecológica.

También tienen efecto sobre el pH del agua de riego, el **peróxido de hidrógeno** (agua oxigenada) y el **biol de penca de tunera** (pencabiol) como ayuda para acidificar el agua.

El pH del agua de riego debe estar comprendido entre 6,5 - 7,5 siendo éste el intervalo ideal para que la mayoría de los nutrientes se encuentren en condiciones adecuadas de disponibilidad para las plantas.

En nuestras condiciones, lo más frecuente es disponer de aguas de riego alcalinas (pH > 7,5). Por esta razón, se ha llevado a cabo un ensayo en laboratorio para realizar un ajuste de pH de un agua de riego alcalina (pH 8,5 - 8,7). Las cantidades de los diferentes ácidos que se exponen son para acidificar hasta un pH 7 y para realizar tratamientos fitosanitarios (pH entre 5 - 7) mediante el empleo de los ácidos más utilizados en las explotaciones agrícolas.

El procedimiento que se ha llevado a cabo es el siguiente:

1. Se parte de un volumen de agua de riego conocido al que se le mide el pH con la ayuda de un peachímetro para conocer el pH de partida.
2. En una bureta graduada se añade el ácido a medir.
3. A continuación se deja caer, lentamente, el ácido; se agita la disolución y se va midiendo el pH hasta llegar al deseado, tomando como referencia un valor de **7** (para acidificar) y entre **5 y 7** (para tratamientos fitosanitarios de acuerdo a las recomendaciones del fabricante).
4. Finalmente se determina en la escala de la bureta la cantidad de ácido utilizada para alcanzar los valores de pH deseados.



Calibración de la bureta



Dosificación del ácido



Medición del pH

La finalidad del ensayo fue determinar dosis orientativas sobre la cantidad de ácido a utilizar, que en el caso de disponer de un **agua de riego con pH 8,5 – 8,7 y con presencia de materia orgánica**, son las siguientes:

**Tabla 8. Dosis orientativas de ácido para aguas de riego con pH 8,5 - 8,7 y presencia de materia orgánica.**

DOSIS DE ÁCIDO (cc/1000 litros)							
	ÁCIDO SULFÚRICO 96 %	ÁCIDO NÍTRICO 54 %	ÁCIDO FOSFÓRICO 72 %	ÁCIDO ACÉTICO 8 %	ÁCIDO CÍTRICO	PERÓXIDO DE HIDRÓGENO 35-49 %	PENCABIOL
pH 7	22,5 cc	75 cc	58,7 cc	670 cc	880 cc	10.000 cc	16.000 cc
pH 5	100 cc	312,5 cc	375 cc	3.100 cc	5.280 cc	inviable	inviable

En el caso de un **agua de riego con pH 8,5 – 8,7 y que no presente turbidez (baja presencia de materia orgánica)** las cantidades a aportar de ácido son:

**Tabla 9. Dosis orientativas de ácido para aguas de riego con pH 8,5 - 8,7 y baja presencia de materia orgánica.**


DOSIS DE ÁCIDO (cc/1000 litros)								
	ÁCIDO SULFÚRICO 96%	ÁCIDO NÍTRICO 54%	ÁCIDO FOSFÓRICO 72%	ÁCIDO ACÉTICO 20%	ÁCIDO ACÉTICO 8%	ÁCIDO CÍTRICO	PERÓXIDO DE HIDRÓGENO 35-49%	PENCABIOL
pH 7	12,5 cc	18,7 cc	58,7 cc	180 cc	250 cc	160 cc	1.700 cc (1,70 litros)	2.790 cc (2,79 litros)
pH 5	18,7 cc	52,5 cc	312,5 cc	660 cc	550 cc	940 cc	40.000 cc (4 litros)	10.790 cc (10,79 litros)

\*El ácido acético utilizado fue: vinagre de limpieza al 8%, además de vinagre de uso agrícola (producto comercial) que posee un 20% de concentración, el ácido cítrico fue obtenido de zumo concentrado de limón pero también se produce comercialmente y el pencabiol se obtuvo del líquido resultante de un biol elaborado de forma anaeróbica con pencas de tunera.



## Conclusiones:

- Se recomiendan los diferentes ácidos ensayados para acidificar el agua de riego.
- En el caso de utilizar el peróxido de hidrógeno como ayuda para acidificar el pH, el gasto es mucho mayor. Esta materia activa está más indicada para la limpieza del sistema de riego de restos de materia orgánica.
- El pencabiol (biol de pencas de tuneras), también supone un gasto para acidificar las aguas de riego que presenten mayor turbidez, sin embargo se recomienda su uso como ayuda para bajar el pH, ya que al ser un material que se puede encontrar con facilidad tanto en los bordes de las explotaciones como por fuera de ellas, el único gasto que supone es el tiempo ocupado en su elaboración. Por otro lado, el uso de este recurso conlleva un aporte de nutrientes (sobre todo en potasio, calcio y magnesio) para los diferentes cultivos.



**Para cada caso particular, multiplicando la cantidad de ácido utilizado por el volumen de agua empleado en cada riego (número de goteros x caudal del gotero) se obtiene la cantidad total de ácido a utilizar para alcanzar el pH deseado.**



# Bibliografía



1. Calidad y sostenibilidad en el cultivo de la platanera en Canarias. 2012. Asociación de Organizaciones de Productores de Plátanos de Canarias (ASPROCAN).



2. Manual FAO nº 56. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.



3. Interpretación análisis agua de riego  
<https://csrlaboratorio.es/laboratorio/aguas/aguas-de-riego/riego-v-interpretacion-analisis-agua-de-riego/>



4. Renz González, Osvaldo. Enero 2020. Manejo eficiente del riego. Información técnica. Agrocabildo - Cabildo de Tenerife.





**Agricultura  
es mucho más**

ASESORAMIENTO INTEGRAL  
POR LA SOSTENIBILIDAD



CONSEJERÍA  
DE SECTOR PRIMARIO,  
SOBERANÍA  
ALIMENTARIA Y  
SEGURIDAD HÍDRICA

