

# DIAGNÓSTICO DE AGUAS DE RIEGO



*Antonio L. Alarcón Vera*

*Dpto. Ciencia y Tecnología Agraria. ETSIA*

*Universidad Politécnica de Cartagena*

# Aguas de riego

## • **Introducción**

- ✓ **La calidad del agua de riego depende de muchos factores**

## • **Toma de muestras**

- ✓ **Representatividad y consideraciones según la procedencia del agua**
- ✓ **Recipientes a emplear, volumen, almacenamiento e identificación de las muestras**

## • **Criterios para evaluar la calidad de un agua de riego**

- ✓ **Problemas de salinidad: efectos sobre el suelo y los cultivos**
- ✓ **Problemas de infiltración**
- ✓ **Problemas de toxicidad específica: cloruros, sodio y boro**
- ✓ **Otros problemas: mantenimiento de instalaciones en riego localizado, riesgo de obstrucciones**

# CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

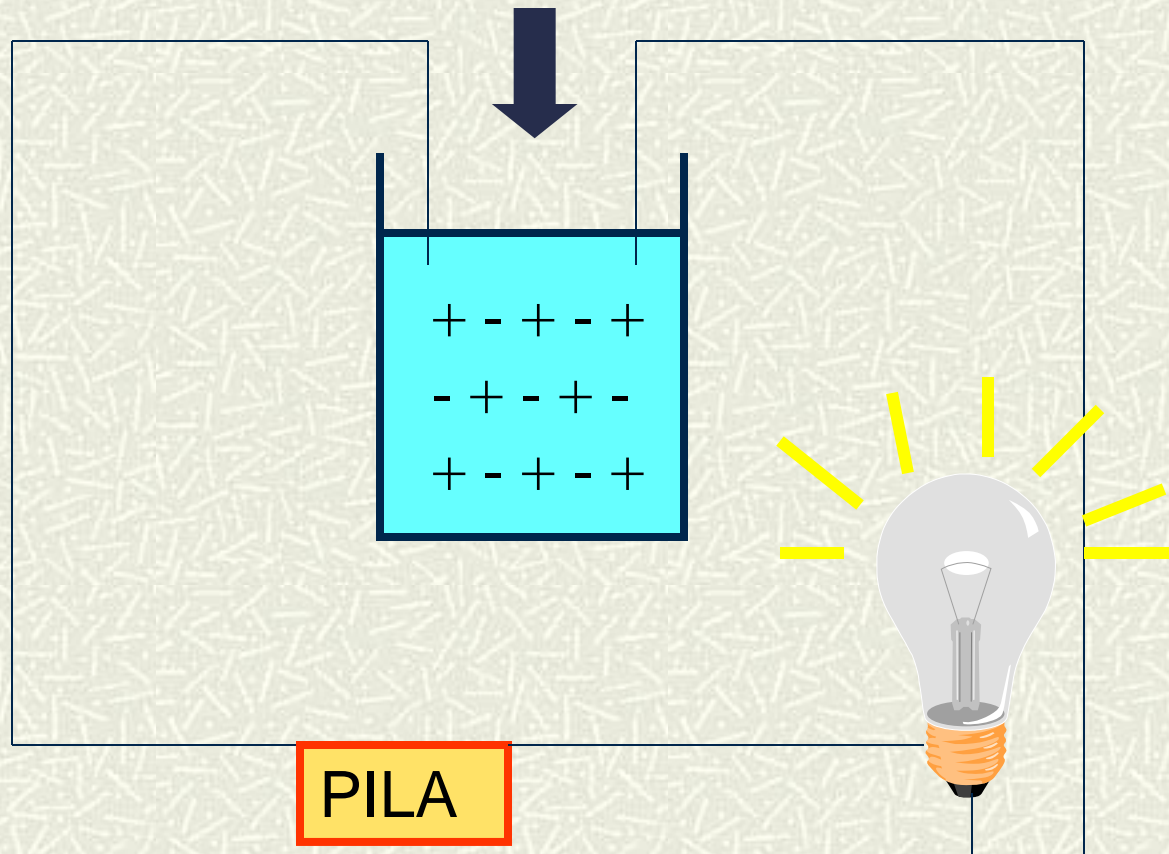


# SALINIDAD



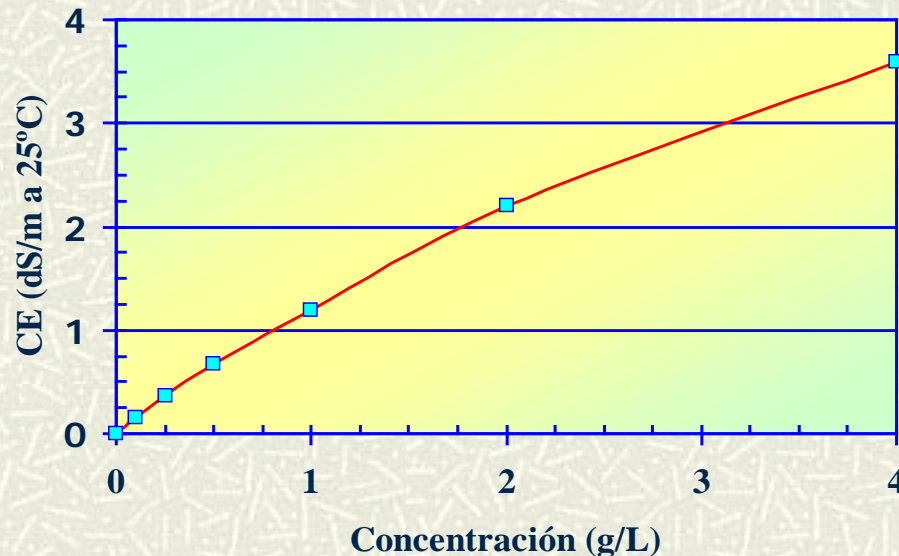
# CONCEPTO DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (C.E.)

## CONCEPTO



# CONCEPTO DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (C.E.)

- $\text{Cl}^-$  vs  $\text{SO}_4^{-2}$
- ¿Es correcta la relación  $\text{TDS (g/l)} = 0,64 \times \text{CE}$  ?
- ¿Por qué la CE no es lineal?



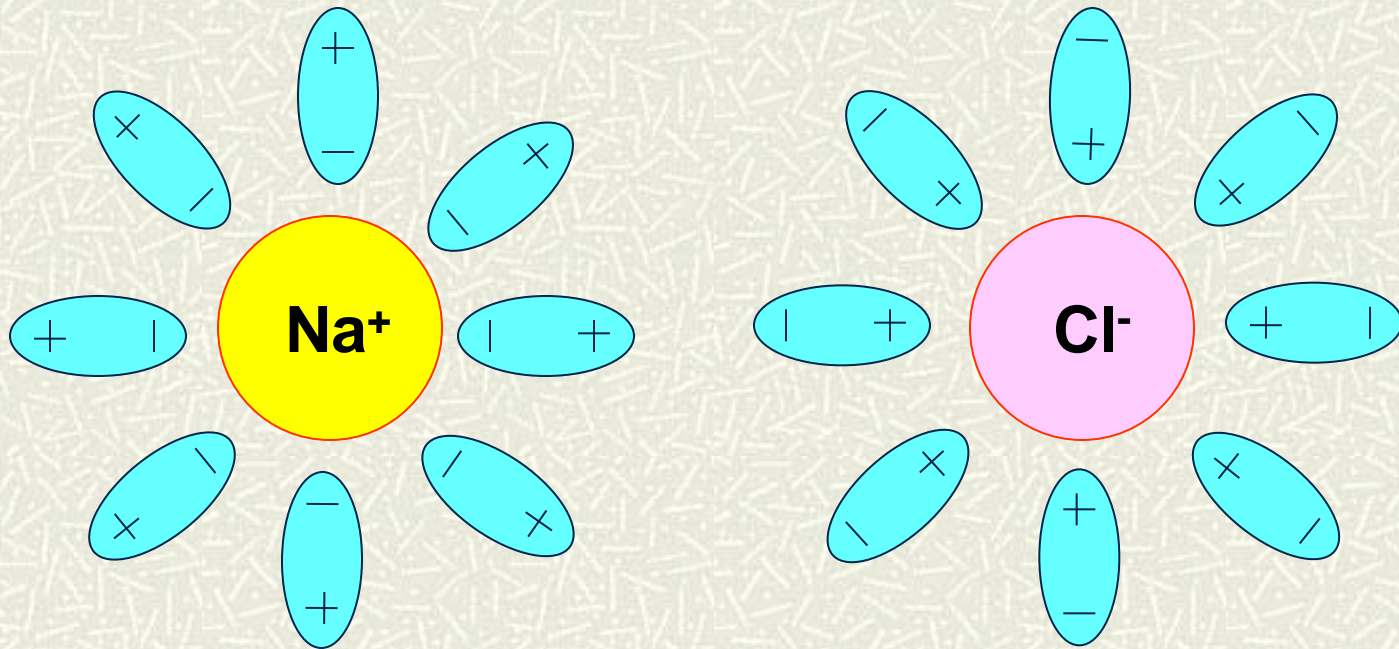
- La CE aumenta sobre un 2% con cada °C. Es necesario referirla a una Temperatura de referencia (20 o 25°C)

# CONDUCTANCIAS EQUIVALENTES IÓNICAS A DILUCIÓN INFINITA ( $\mu\text{S/cm}$ por cada $\text{mmol/l}$ )

Cationes	$\lambda^{\circ}_{+}$	Aniones	$\lambda^{\circ}_{-}$
$\text{H}^{+}$	349,7	$\text{OH}^{-}$	198,0
$\text{Na}^{+}$	50,1	$\text{Cl}^{-}$	76,3
$\text{K}^{+}$	73,5	$\text{NO}_3^{-}$	71,4
$\text{NH}_4^{+}$	73,5	$\text{HCO}_3^{-}$	44,5
$\text{Mg}^{+2}$	26,5	$\text{CO}_3^{-2}$	34,7
$\text{Ca}^{+2}$	29,8	$\text{SO}_4^{-2}$	40,0
		$\text{HPO}_4^{-2}$	16,5
		$\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$	33,0

# SIGNIFICACIÓN AGRÍCOLA DE LA CE

- Los fertilizantes también son sales (excepto la urea)
- Aumento de la presión osmótica en el medio radicular

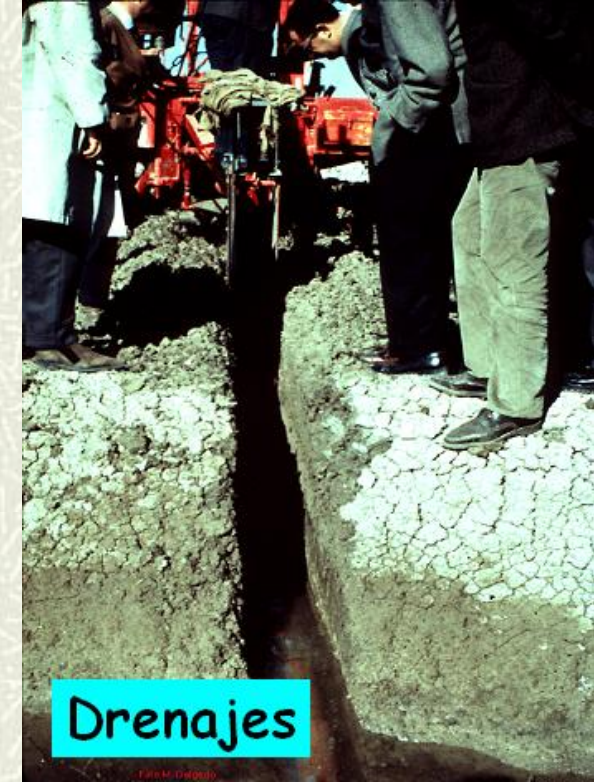




# PROBLEMAS DE SALINIDAD

## • Efectos sobre el suelo

- ✓ **Proceso de salinización de un suelo**
- ✓ **Suelo salino > 4 dS/m en extracto saturado**
- ✓ **Recuperación de suelos salinos: costosa**
- ✓ **Control de la salinidad del suelo:**
  - Agua de riego adecuada.
  - Sistema de evacuación de drenajes.
  - Sistema de riego apropiado.
  - Camas de cultivo elevadas.
  - Mejora y mantenimiento de la estructura del suelo.
  - Control del sodio de cambio.
  - Acolchados para evitar encostramiento superficial.
  - Volúmenes de agua adecuados y repartidos en cuantas más veces mejor.
  - Abonado en cantidades pequeñas y frecuentes.
  - Control exhaustivo de la CE del medio.



# PROBLEMAS DE SALINIDAD

- **Valores según sistema de riego**

- ✓ **Aspersión < 2 dS/m**
- ✓ **Inundación < 2,5 dS/m**
- ✓ **Goteo < 4 dS/m**

- **Efectos sobre la planta**

- ✓ **Cada planta tiene una sensibilidad a la salinidad**
- ✓ **Más sensibles plantas jóvenes y en verano**
- ✓ **Valores umbrales (pérdidas de rendimiento 10%)**
- ✓ **Atención la salinidad real es la presente en la solución del suelo**
- ✓ **En salinidad la planta cierra estomas (nivel de quinetina bajo y alto de ABA), tiene un menor rendimiento fotosintético, gasta más E, etc.**



CULTIVOS HORTÍCOLAS	CE umbral		CULTIVOS	CE umbral		CULTIVOS	CE umbral	
	CEs	CEa	FRUTALES	CEs	CEa	EXTENSIVOS	CEs	CEa
Fresa	1,3	0,9	Aguacate	1,8	1,2	Fríjoles	1,5	1,0
Judía	1,5	1,0	Banana	2,0	1,3	Alfalfa	3,4	2,2
Zanahoria	1,7	1,1	Morera	2,2	1,5	Lino	3,4	2,3
Cebolla	1,8	1,2	Albaricoquero	2,2	1,5	Cacahuete	3,5	2,4
Lechuga	2,0	1,3	Almendro	2,2	1,5	Habas	3,7	2,9
Rábano	2,0	1,3	Ciruelo	2,2	1,5	Caña de azúcar	4,4	3,0
Pepino	2,1	1,4	Melocotonero	2,2	1,5	Lenteja	4,6	3,0
Berenjena	2,5	1,7	Manzano	2,3	1,5	Arroz	4,8	3,1
Pimiento	2,5	1,7	Naranja	2,4	1,6	Maíz	5,7	3,5
Patata	2,5	1,7	Limonero	2,4	1,6	Soja	6,0	3,7
Col	2,8	1,9	Peral	2,4	1,6	Avena	6,0	3,8
Sandía	3,3	2,2	Nogal	2,4	1,6	Trigo	6,4	4,0
Melón	3,5	2,4	Pomelo	2,5	1,6	Sorgo	6,4	4,0
Tomate	3,8	2,5	Vid	3,5	2,2	Girasol	7,0	4,0
Calabaza	3,8	2,6	Granado	3,8	3,0	Azafrán	7,0	4,8
Brócoli	3,8	2,6	Algarrobo	3,9	3,1	Colza	9,5	5,5
Apio	4,0	2,8	Higuera	4,0	3,2	Remolacha az.	10,0	6,5
Espinaca	4,2	2,9	Olivo	4,3	3,5	Algodón	10,0	6,7
Espárrago	4,5	3,2	Palmera datilera	7,0	4,8	Cebada	11,0	7,5

# PROBLEMAS DE SALINIDAD

- **Consideraciones en fertirrigación:**
  - ✓  **$NL = (CEa / CEmáx) \times 100$**
  - ✓ **Frecuencia, dosis y localización de los riegos**
  - ✓ **Intervalo entre riegos**
  - ✓ **Subida de la concentración salina 4-10 veces**
  - ✓ **Frecuencia vs aireación**
  - ✓ **Diseño agronómico del riego adecuado**
  - ✓ **Interacciones entre nutrientes vs salinidad:  $Na^+$  vs  $Ca$ ,  $K$ ,  $Cl^-$  vs  $NO_3^-$**

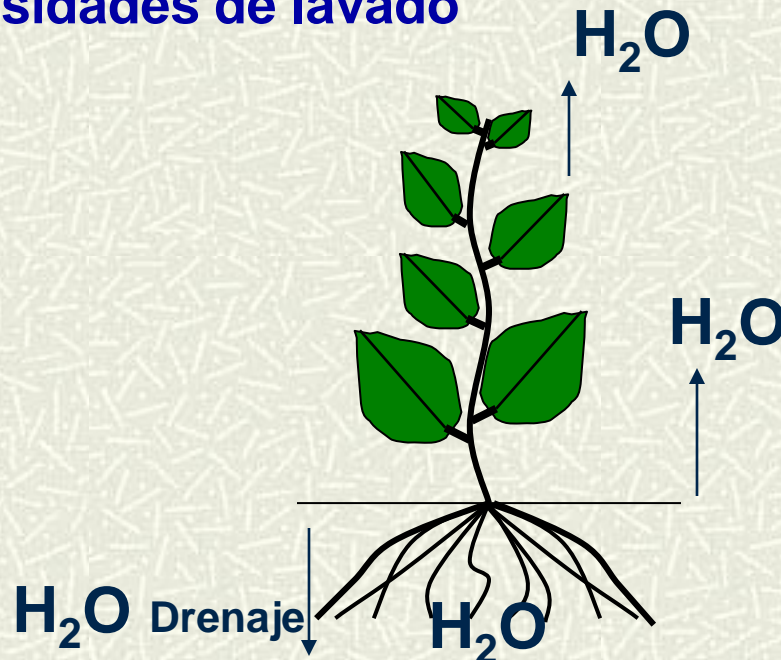
<b>HORTÍCOLAS</b>	<b>CE máx</b>	<b>FRUTALES</b>	<b>CE máx</b>	<b>EXTENSIVOS</b>	<b>CE máx</b>
<b>Fresa</b>	<b>4,5</b>	<b>Aguacate</b>	<b>6,0</b>	<b>Fríjoles</b>	<b>6,0</b>
<b>Judía</b>	<b>6,0</b>	<b>Banana</b>	<b>7,0</b>	<b>Alfalfa</b>	<b>16,0</b>
<b>Zanahoria</b>	<b>8,0</b>	<b>Morera</b>	<b>8,0</b>	<b>Lino</b>	<b>11,0</b>
<b>Cebolla</b>	<b>8,0</b>	<b>Albaricoquero</b>	<b>7,0</b>	<b>Cacahuete</b>	<b>7,0</b>
<b>Apio</b>	<b>9,0</b>	<b>Almendro</b>	<b>7,5</b>	<b>Habas</b>	<b>13,0</b>
<b>Lechuga</b>	<b>10,0</b>	<b>Ciruelo</b>	<b>7,5</b>	<b>Caña de azúcar</b>	<b>15,0</b>
<b>Rábano</b>	<b>10,0</b>	<b>Melocotonero</b>	<b>7,0</b>	<b>Lenteja</b>	<b>15,0</b>
<b>Pepino</b>	<b>11,0</b>	<b>Manzano</b>	<b>8,5</b>	<b>Arroz</b>	<b>13,0</b>
<b>Berenjena</b>	<b>12,0</b>	<b>Naranja</b>	<b>9,0</b>	<b>Maíz</b>	<b>11,0</b>
<b>Pimiento</b>	<b>10,0</b>	<b>Limonero</b>	<b>9,0</b>	<b>Soja</b>	<b>11,0</b>
<b>Patata</b>	<b>11,0</b>	<b>Peral</b>	<b>8,5</b>	<b>Avena</b>	<b>15,0</b>
<b>Col</b>	<b>12,0</b>	<b>Nogal</b>	<b>9,0</b>	<b>Trigo</b>	<b>22,0</b>
<b>Sandía</b>	<b>15,0</b>	<b>Pomelo</b>	<b>9,0</b>	<b>Sorgo</b>	<b>20,0</b>
<b>Melón</b>	<b>16,0</b>	<b>Vid</b>	<b>13,0</b>	<b>Girasol</b>	<b>18,0</b>
<b>Tomate</b>	<b>14,0</b>	<b>Granado</b>	<b>15,0</b>	<b>Azafrán</b>	<b>16,0</b>
<b>Calabaza</b>	<b>16,0</b>	<b>Algarrobo</b>	<b>15,0</b>	<b>Colza</b>	<b>20,0</b>
<b>Brócoli</b>	<b>14,0</b>	<b>Higuera</b>	<b>15,0</b>	<b>Remolacha az.</b>	<b>26,0</b>
<b>Espinaca</b>	<b>16,0</b>	<b>Olivo</b>	<b>15,0</b>	<b>Algodón</b>	<b>30,0</b>
<b>Espárrago</b>	<b>20,0</b>	<b>Palmera datilera</b>	<b>35,0</b>	<b>Cebada</b>	<b>32,0</b>

# NECESIDADES HÍDRICAS

**FACTORES QUE GOBIERNAN LAS NECESIDADES HÍDRICAS DE LAS PLANTAS:** Especie y estado fenológico, medio de cultivo y condiciones climáticas

## EL PROCESO TRANSPIRATIVO

**NECESIDADES DE RIEGO:** Pérdidas por evapotranspiración + necesidades de lavado



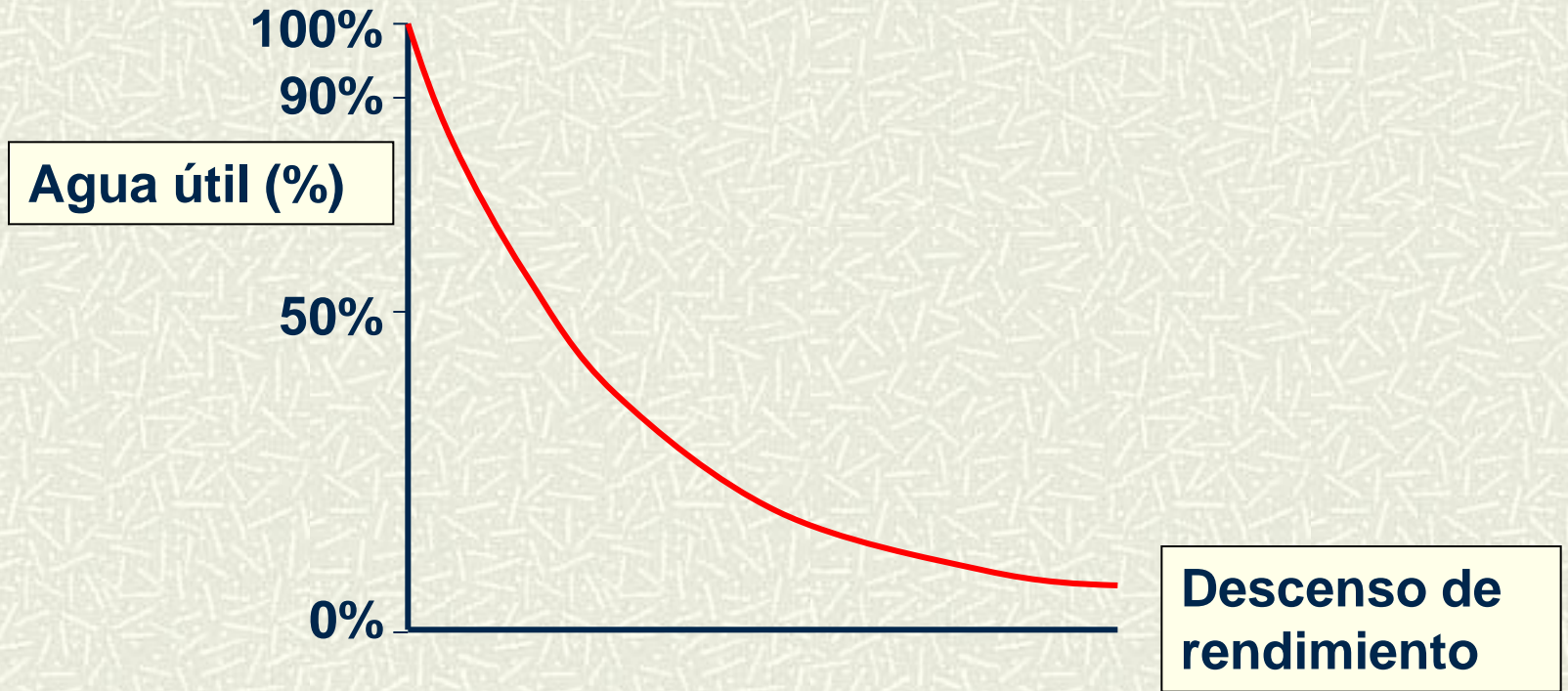
# MANEJO DEL RIEGO

**DOSIS DE RIEGO:** Capacidad de retención de agua útil del suelo o sustrato

**FRECUENCIA DE RIEGO:** Cuando se agote cierta proporción (5-10%) de la capacidad de retención de agua útil, siempre que se consigan las adecuadas condiciones de aireación del medio radicular (en suelos pesados mayor %)



# MANEJO DEL RIEGO

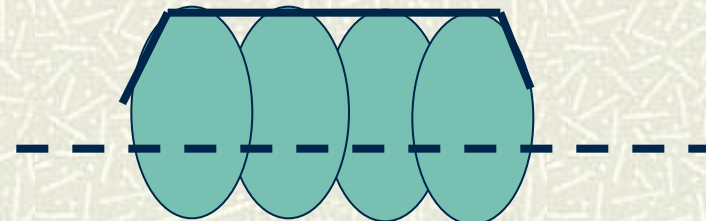
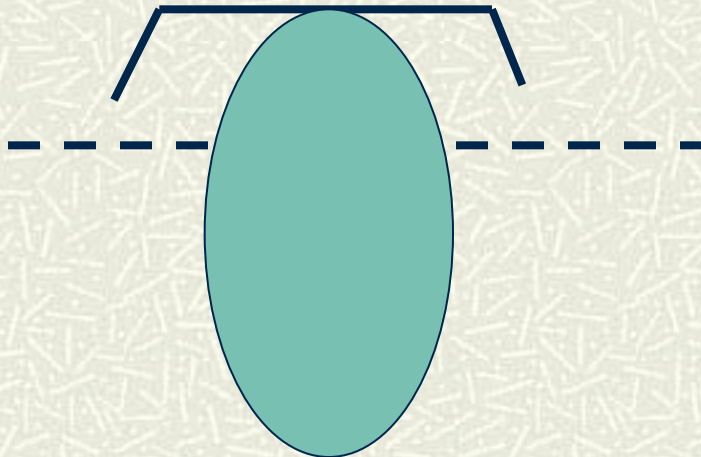
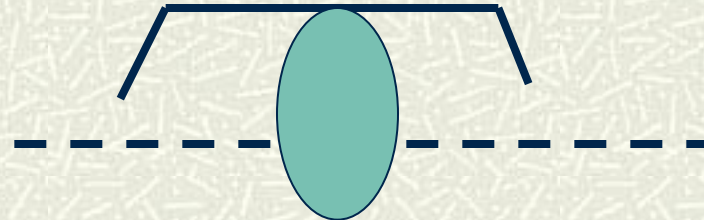
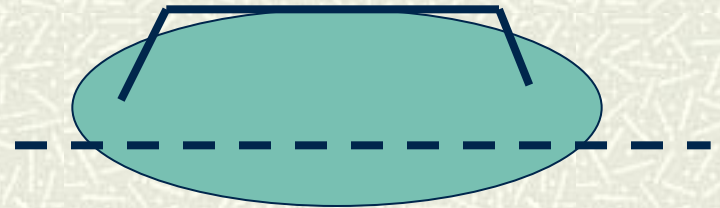
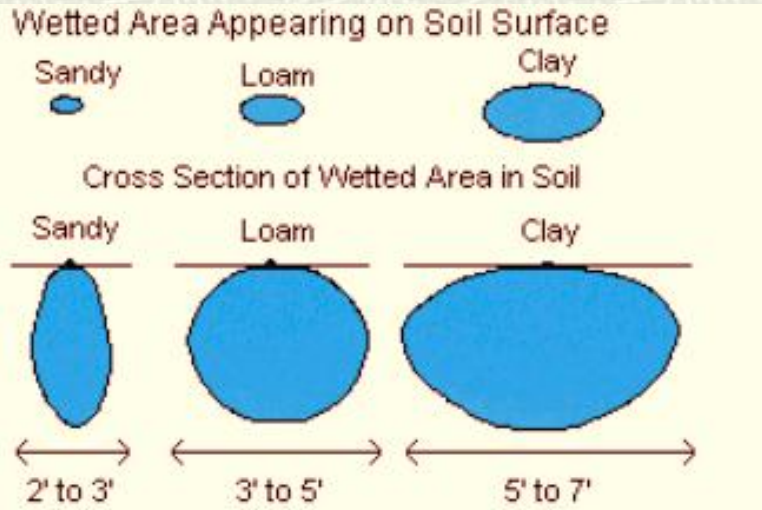


**AJUSTE PRÁCTICO DE DOSIS:**  
Traslape efectivo de bulbos,  
mojamiento completo de camas



# MANEJO DEL RIEGO

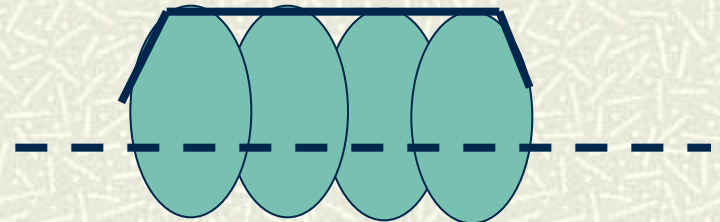
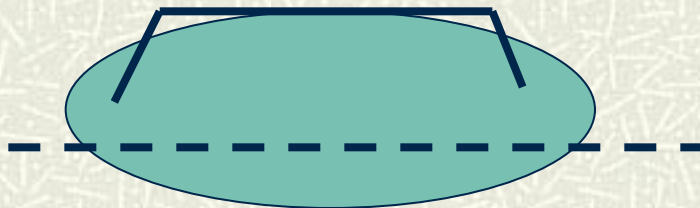
## AJUSTE PRÁCTICO DE DOSIS DE RIEGO: Traslape efectivo de bulbos



# MANEJO DEL RIEGO

## ES NECESARIO DRENAJE (LAVADO)?

- ¿Cuándo hay que potenciarlo?
- ¿Cómo se logra?
- Profundidad de mojamiento efectivo de la cama de cultivo
- Importancia de un mojamiento uniforme
- Prioridades en agricultura intensiva
- Diseño hidráulico y agronómico del riego en suelos arenosos y arcillosos



# DISEÑO AGRONÓMICO DEL RIEGO

## SOLAPAMIENTO DE BULBOS

- Diseño hidráulico vs consideraciones agronómicas y edafológicas
- Cultivos de alta densidad de plantación vs hortícolas vs leñosos



# DISEÑO AGRONÓMICO DEL RIEGO

## SOLAPAMIENTO DE BULBOS



# DISEÑO AGRONÓMICO DEL RIEGO

## SOLAPAMIENTO DE BULBOS



# DISEÑO AGRONÓMICO DEL RIEGO

## SOLAPAMIENTO DE BULBOS

- Dificultad del uso de fórmulas
- Recurrir a la práctica: pruebas de campo
- Necesidad de solapamiento del 15-30% para obtener una franja continua de humedad
- Aproximación del diámetro mojado (cm) para emisor de 4 l/h y profundidad de raíz de 80 cm (Keller):

Textura del de suelo	Grado de estratificación del suelo		
	Homogéneo	Estratificado	En capas
Ligera	50	80	110
Media	100	125	170
Pesada	110	170	200

# DISEÑO AGRONÓMICO DEL RIEGO

## SOLAPAMIENTO DE BULBOS

Fórmulas aproximadas (Schwartzman y Zur):

Emisores discretos  $d = 1,32 (zq/Ks)^{1/3}$

d: diámetro (cm)

z: profundidad radicular (cm)

q: caudal de descarga del emisor (cm<sup>3</sup>/h)

Ks: Conductividad hidráulica a saturación (cm/h)

Espacio entre emisores. Suelo arcilloso: Ks = 1 cm/h

Profundidad raíz (cm)	Caudal (l/h)				
	1	2	4	8	12
30	31	39	49	62	70
60	39	49	62	78	89
90	44	56	70	89	102
120	49	62	78	98	112

# DISEÑO AGRONÓMICO DEL RIEGO

## SOLAPAMIENTO DE BULBOS

Fórmulas aproximadas (Schwartzman y Zur):

Emisores discretos  $d = 1,32 (zq/Ks)^{0.33}$

d: diámetro (cm)

z: profundidad radicular (cm)

q: caudal de descarga del emisor (cm<sup>3</sup>/h)

Ks: Conductividad hidráulica a saturación (cm/h)

Espacio entre emisores. Suelo arenoso: Ks = 10 cm/h

Profundidad raíz (cm)	Caudal (l/h)				
	1	2	4	8	12
30	14	18	23	29	33
60	18	23	29	36	41
90	21	26	33	41	47
120	23	29	36	45	52



# DISEÑO AGRONÓMICO DEL RIEGO

## ESPACIAMIENTO ENTRE EMISORES

Fórmulas aproximadas (Schwartzman y Zur):

Emisores discretos  $d = 1,32 (zq/Ks)^{0,33}$

d: diámetro (cm)

z: profundidad radicular (cm)

q: caudal de descarga del emisor (cm<sup>3</sup>/h)

Ks: Conductividad hidráulica a saturación (cm/h)

Espacio entre emisores. Suelo franco: Ks = 5 cm/h

Profundidad de mojado (raíz) (cm)	Caudal del emisor (l/h)				
	1	2	4	8	12
30	22	28	36	45	51
60	28	36	45	57	65
90	32	41	51	65	74
120	36	45	57	71	82

# DISEÑO AGRONÓMICO DEL RIEGO

## SOLAPAMIENTO DE BULBOS

Fórmulas aproximadas (Schwartzman y Zur modificada):

$$\text{Franja húmeda} = 1,7z^{0,8} (q/Ks)^{0,2}$$

d: anchura de la franja húmeda (cm)

z: profundidad radicular (cm)

q: caudal de descarga de la tubería (cm<sup>3</sup>/h/cm)

Ks: Conductividad hidráulica a saturación (cm/h)

Ancho franja húmeda continua. Suelo arcilloso: Ks = 1 cm/h

Profundidad raíz (cm)	Caudal (l/h/m)				
	1	2	4	8	12
30	40	45	50	60	65
60	70	80	90	105	115
90	95	110	130	145	160
120	120	140	160	185	200

# DISEÑO AGRONÓMICO DEL RIEGO

## SOLAPAMIENTO DE BULBOS

Fórmulas aproximadas (Schwartzman y Zur modificada):

$$\text{Franja húmeda} = 1,7z^{0,8} (q/Ks)^{0,2}$$

d: anchura de la franja húmeda (cm)

z: profundidad radicular (cm)

q: caudal de descarga de la tubería (cm<sup>3</sup>/h/cm)

Ks: Conductividad hidráulica a saturación (cm/h)

Ancho franja húmeda continua. Suelo arenoso: Ks = 10 cm/h

Profundidad raíz (cm)	Caudal (l/h/m)				
	1	2	4	8	12
30	25	28	33	36	40
60	45	50	55	65	70
90	60	70	80	90	100
120	75	85	100	115	125

# DISEÑO AGRONÓMICO DEL RIEGO

## ANCHO FRANJA HÚMEDA

Fórmulas aproximadas (Schwartzman y Zur modificada):

$$\text{Franja húmeda} = 1,7z^{0,8} (q/Ks)^{0,2}$$

d: anchura de la franja húmeda (cm)

z: profundidad radicular (cm)

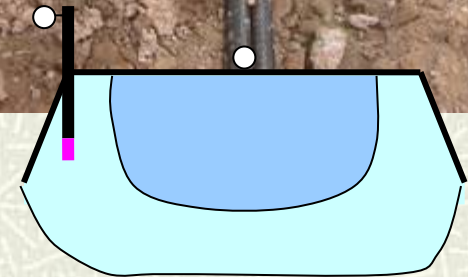
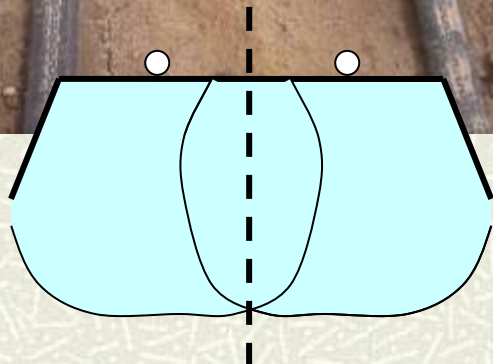
q: caudal de descarga de la tubería (cm<sup>3</sup>/h/cm)

Ks: Conductividad hidráulica a saturación (cm/h)

Ancho franja húmeda continua. Suelo franco: Ks = 5 cm/h

Profundidad de mojado (raíz) (cm)	Caudal de descarga de la cinta o manguera (l/h/m.l.)				
	1	2	4	8	12
30	32	36	40	45	50
60	55	65	70	85	90
90	75	90	105	115	130
120	95	110	130	150	160

# Manejo del riego y diseño agronómico vs salinidad



# EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

## PROBLEMAS DE INFILTRACIÓN

- Efectos sobre el suelo
- PSI, problemas 5-10-15%
- Aguas de baja salinidad
- Relación de adsorción de sodio (Richards, 1954)

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

- RAS ajustado y RAS corregido

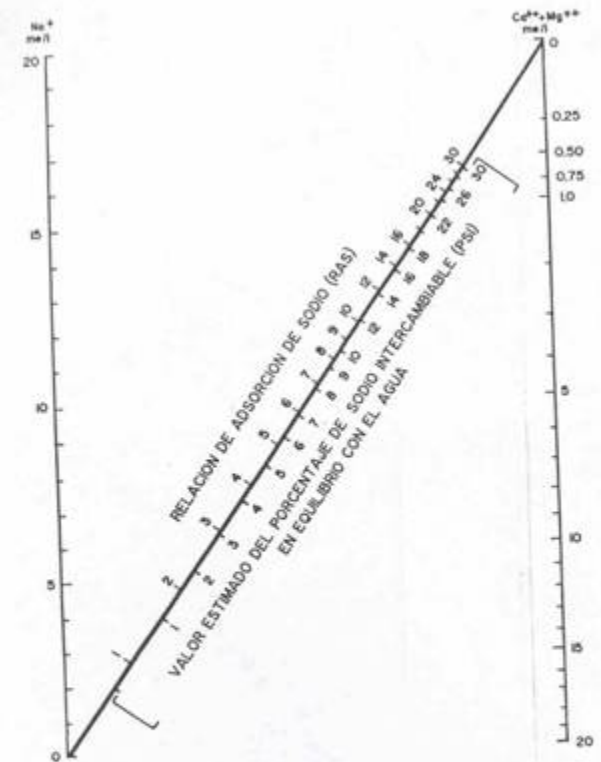


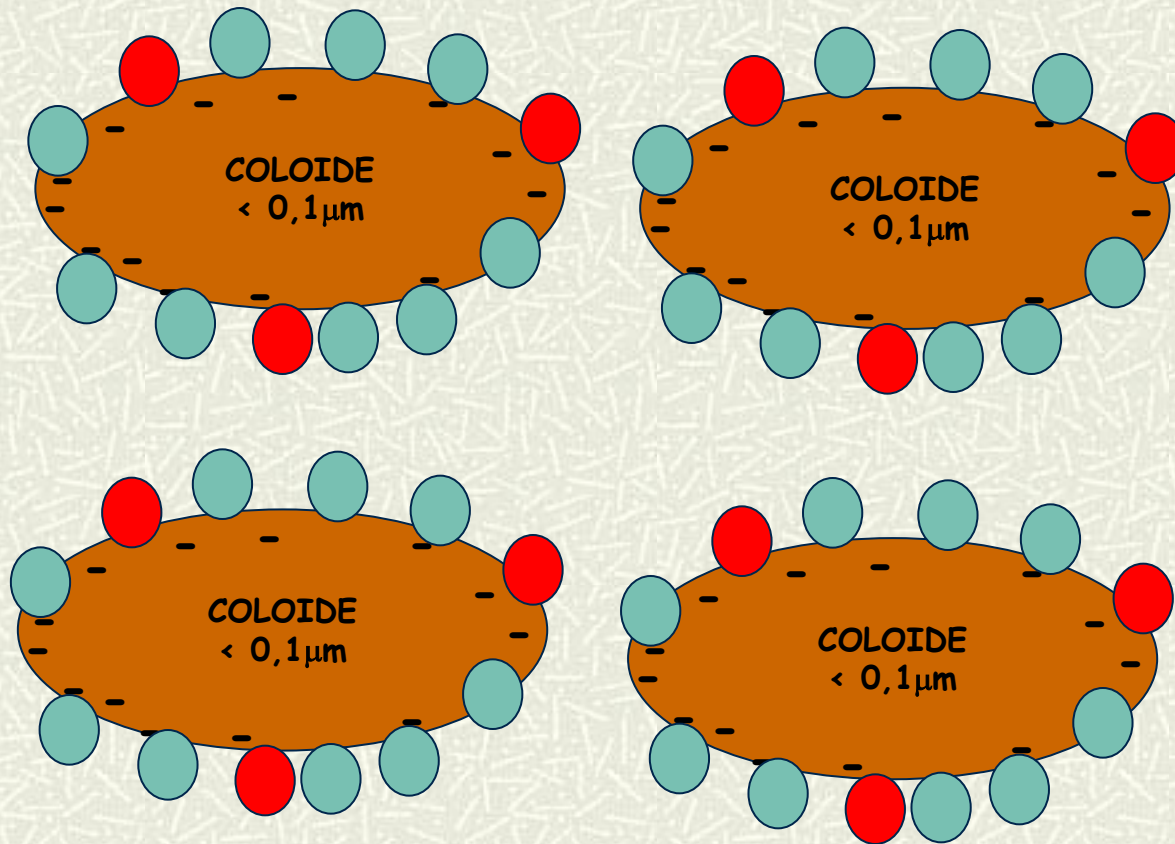
Figura 1 Monograma para determinar el RAS de las aguas de riego y para estimar el valor correspondiente del PSI del suelo en equilibrio con el agua (Richards 1954)



Catión divalente ( $\text{Ca}^{2+}$ )



Sodio ( $\text{Na}^+$ )

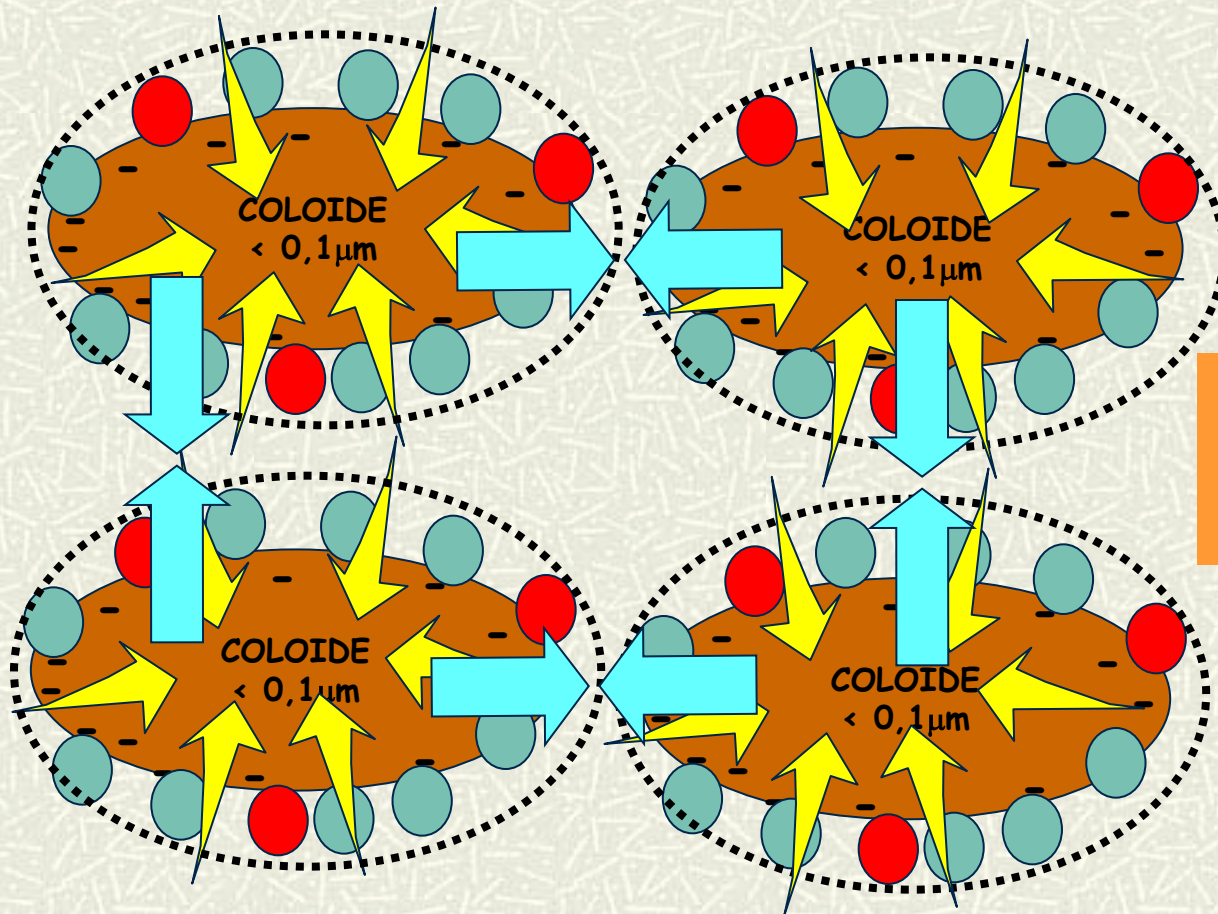




Catión divalente ( $\text{Ca}^{2+}$ )



Sodio ( $\text{Na}^+$ )



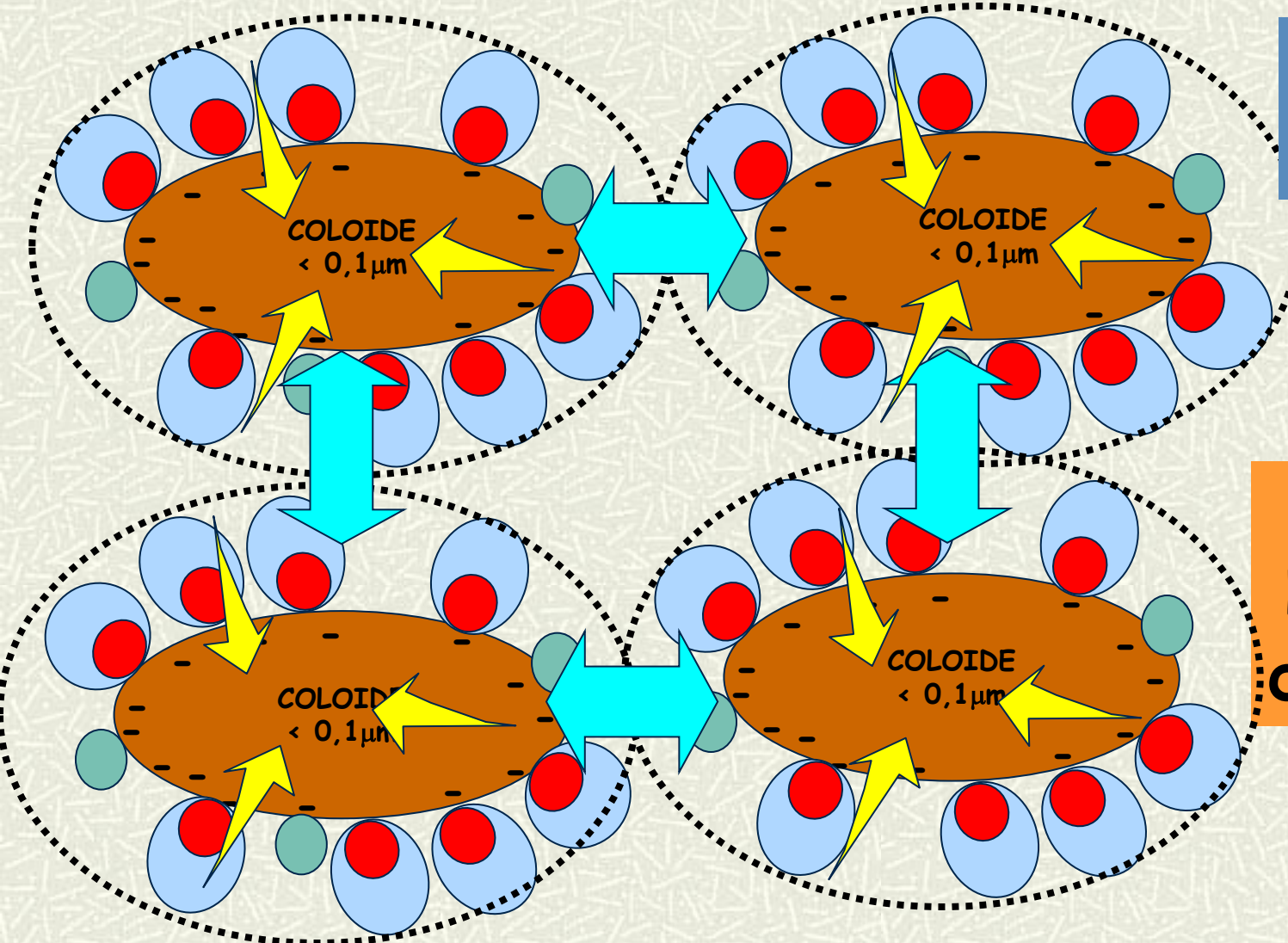
Estructura  
floculada



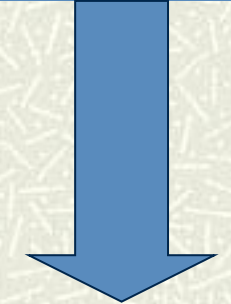
● Cation divalente ( $\text{Ca}^{2+}$ )

● Sodio ( $\text{Na}^+$ )

●  $\text{Na}^+ - \text{H}_2\text{O}$



Sodización (>%15)



Riesgo de Dispersión de coloides

# PROBLEMAS DE INFILTRACIÓN



# **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO**

## **PROBLEMAS DE TOXICIDAD ESPECÍFICA**

- **Toxicidad por cloruros**
- **Toxicidad por sodio**
- **Toxicidad por boro**
- **Otras toxicidades**

# EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

## PROBLEMAS DE TOXICIDAD ESPECÍFICA: Cloruros

- Muy móvil en planta y suelo.
- Síntomas: Tonos bronceados y necrosis en ápices y bordes. Defoliación



# EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

## PROBLEMAS DE TOXICIDAD ESPECÍFICA: Sodio

- Para valorarla también se utiliza el RAS y el PSI, además de la cantidad relativa de sodio.
- Síntomas: Quemaduras o necrosis iniciadas en bordes o zonas próximas al borde de hojas viejas.
- Altera el balance de absorción de Ca, K y Mg.



# Altos Niveles de Na<sup>+</sup> impiden la absorción de Ca<sup>+2</sup> y K<sup>+</sup>

NaCl mM	Na%	K%	Cl%	N%
0	0.2 d	10.9 a	0.2 d	5.0 a
50	1.6 c	9.1 a	2.9 c	4.5 b
75	2.5 b	6.5 b	4.3 b	4.2 b
100	3.2 a	5.9 b	4.8 a	4.0 b

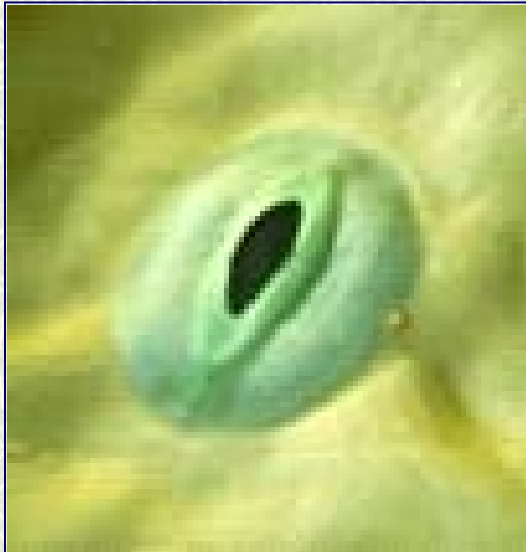


Gunes and Alpasian, 1996.



# Altos niveles de salinidad disminuyen el rendimiento fotosintético

- ✓ Presión osmótica, aumento de respiración radicular
- ✓ Desaprovechamiento de azúcares generados
- ✓ Competencia en la absorción
- ✓ Economía hídrica de la planta, cierre estomático
- ✓ Adecuado balance de  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{K}^{+}$  pueden ayudar a mitigar el problema



# EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

## PROBLEMAS DE TOXICIDAD ESPECÍFICA: Cloruros y sodio

Tolerancia a cloruros y sodio en solución del suelo (meq/l) para agua de riego factor 1,5 (goteo), 4-10 (inundación)

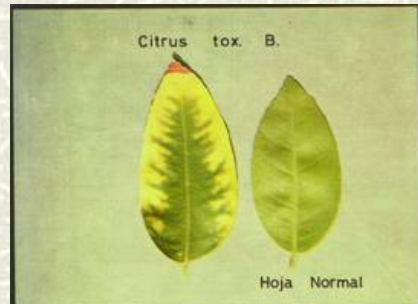
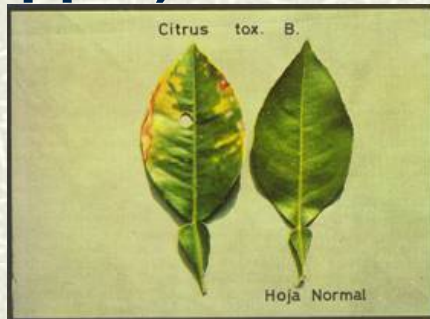
CULTIVO	CLORUROS / SODIO ADMITIDOS	CULTIVO	CLORUROS / SODIO ADMITIDOS
Aguacate	4	Lechuga	8
Judía	4	Pimiento	8
Limón	4,5	Geranio	8
Tabaco	4,5	Pepino	10
Fresa	6	Tomate	13
Naranja	7	Palma	18
Arroz	7	Algodón	20
Sorgo	7,5	Remolacha	25



# EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

## PROBLEMAS DE TOXICIDAD ESPECÍFICA: Boro

- Con 0,2-0,4 ppm de B en agua suficiente.
- Síntomas de exceso: Necrosis e puntas y bordes de hojas viejas, con moteado amarillo o pardo en el limbo.
- Especies sensible muestran síntomas con niveles bajos de B en agua (0,5-1 ppm)



# Tolerancia relativa de diferentes cultivos al boro presente en el agua de riego, expresado en mg/l

CULTIVOS HORTÍCOLAS	NIVEL CRÍTICO	CULTIVOS FRUTALES	NIVEL CRÍTICO	CULTIVOS EXTENSIVOS	NIVEL CRÍTICO
Zarzamora	0.5	Limonero	0.4	Cacahuete	1.3
Pimiento	1.3	Pomelo	0.5	Avena	1.5
Calabaza	1.4	Aguacate	0.6	Maíz	1.7
Guisante	1.9	Naranja	0.7	Trigo	1.8
Rábano	2.0	Albaricoquero	0.8	Cebada	1.8
Tomate	2.1	Melocotonero	0.8	Girasol	2.5
Patata	2.4	Cerezo	0.8	Tabaco	2.9
Pepino	2.4	Níspero	0.9	Trébol dulce	2.9
Zanahoria	2.5	Caqui	1.0	Sorgo	3.0
Lechuga	2.6	Higuera	1.0	Alfalfa	3.5
Coliflor	2.7	Vid	1.0	Veza	3.5
Col	2.7	Manzano	1.1	Remolacha	3.6
Apio	2.7	Peral	1.1	Algodón	3.8
Nabo	2.8	Nogal	1.1		
Alcachofa	2.8	Ciruelo	1.1		
Melón	2.9	Olivo	1.8		
Cebolla	3.0	Palmera	3.8		
Haba	3.2				
Espárrago	4.0				

**Interpretación del nivel de boro asimilable en suelo**

B soluble en agua hirviendo	B en extracto saturado	Interpretación
< 0.2 ppm	< 0.2 ppm	Muy bajo
0.2-0.5 ppm	0.2-0.7 ppm	Bajo
0.5-3 ppm	0.7-1.5 ppm	Normal
> 3 ppm	> 1.5 ppm	Excesivo (tóxico)

# **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO**

## **PROBLEMAS DE TOXICIDAD ESPECÍFICA: Otras**

- **Sulfatos a grandes concentraciones: Más que un efecto tóxico directo limitan la absorción de Ca y favorecen la de Na y K.**
- **Bicarbonatos y Magnesio: También más que un efecto tóxico directo, pueden limitar la asimilación del Ca.**
- **Toxicidad por micronutrientes o elementos traza: Por contaminación industrial o edáfica, pueden generarse riesgos de toxicidad para el cultivo y para el consumidor.**
- **Otros problemas menos habituales: altos niveles de nitratos, carga orgánica elevada, sólidos en suspensión, contaminación por patógenos, etc.**

# PROBLEMAS DE TOXICIDAD ESPECÍFICA: Otras

- Máxima concentración permisible de elementos traza en agua de riego para no tener toxicidad en cultivos y/o consumidores:

ELEMENTO	CONCENTRACIÓN MÁXIMA PERMISIBLE (ppm)
Aluminio (Al)	5,0
Arsénico (As)	0,1
Cadmio (Cd)	0,01
Berilio (Be)	0,1
Cinc (Zn)	2,0
Cobalto (Co)	0,05
Cobre (Cu)	0,3
Cromo (Cr)	0,1
Flúor (F)	1,0
Hierro (Fe)	5,0
Litio (Li)	2,5
Manganeso (Mn)	3,0
Molibdeno (Mo)	0,2
Níquel (Ni)	0,3
Plomo (Pb)	5,0
Selenio (Se)	0,05
Vanadio (V)	0,2

# Aguas de riego: Comprobación del análisis e índices de 1<sup>er</sup> grado

## Evaluación de los parámetros analíticos

### ✓ Comprobación del análisis

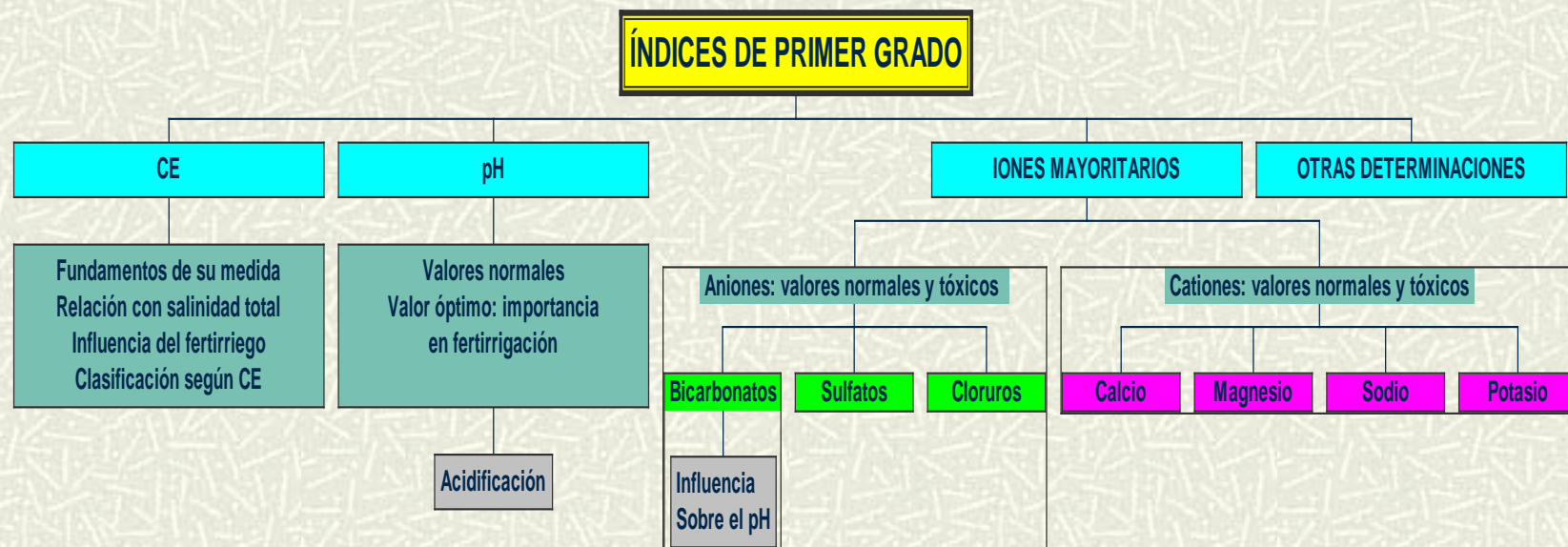
- meq/l de aniones = meq/l de cationes

- Error máximo permitido 5%

- Sales (meq/l) = CE x f                      f = 10-12

### ✓ Índices de primer grado

# COMPOSICIÓN DE UN AGUA DE RIEGO: ÍNDICES DE PRIMER GRADO

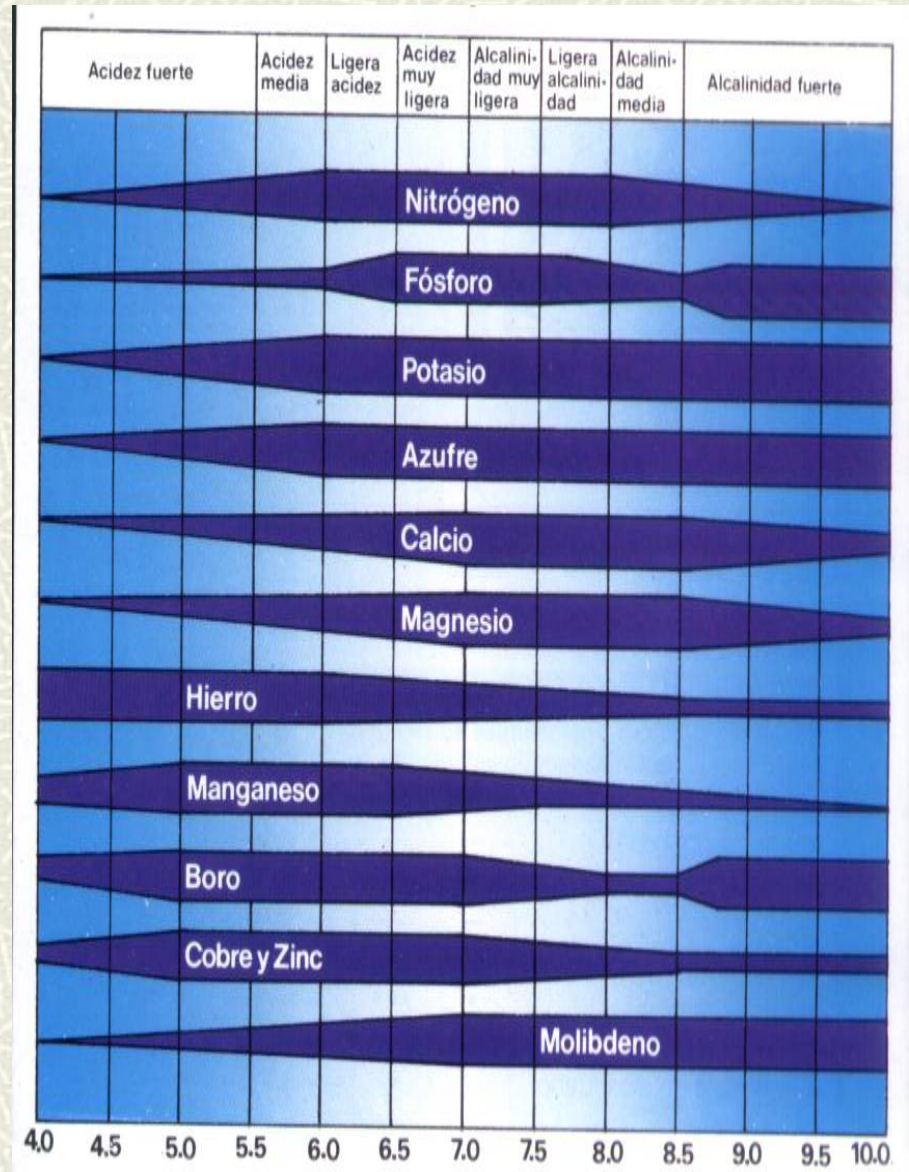
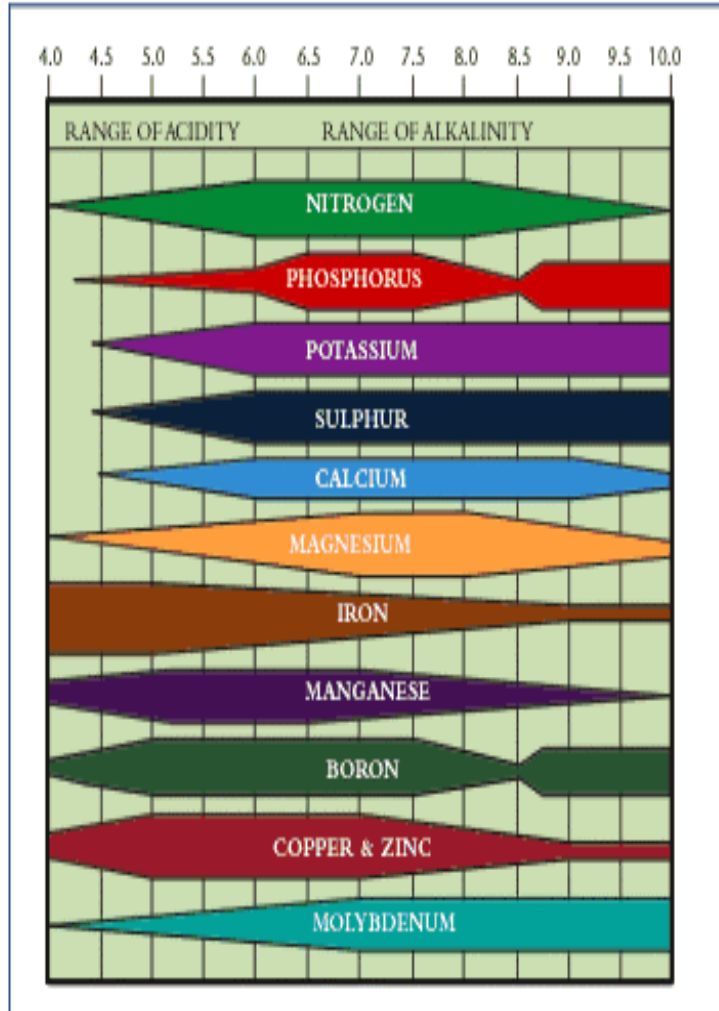


BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	REFERENCIA
0.10 - 0.25	0.25 - 0.75	0.75 - 2.25	> 2.25	Richards, 1954
< 0.75	0.75 - 1.50	1.50 - 3.00	> 3.00	Univ. California, 1972
< 0.70	0.70 - 3.00	> 3.00		Ayers & Westcot, 1987
< 1.20	1.20 - 3.50	> 3.50		Cerdá, 1980

# Influencia del pH del suelo sobre la facilidad de asimilación de los distintos elementos

Figure 1

The Influence of Soil pH on Nutrient Availability



# Acidificación del agua de riego

- Ventajas de la acidificación

- ✓ pH óptimo de absorción de nutrientes
- ✓ Prevención / eliminación de obstrucciones

- Poder tampón de las aguas de riego: ion  $\text{HCO}_3^-$

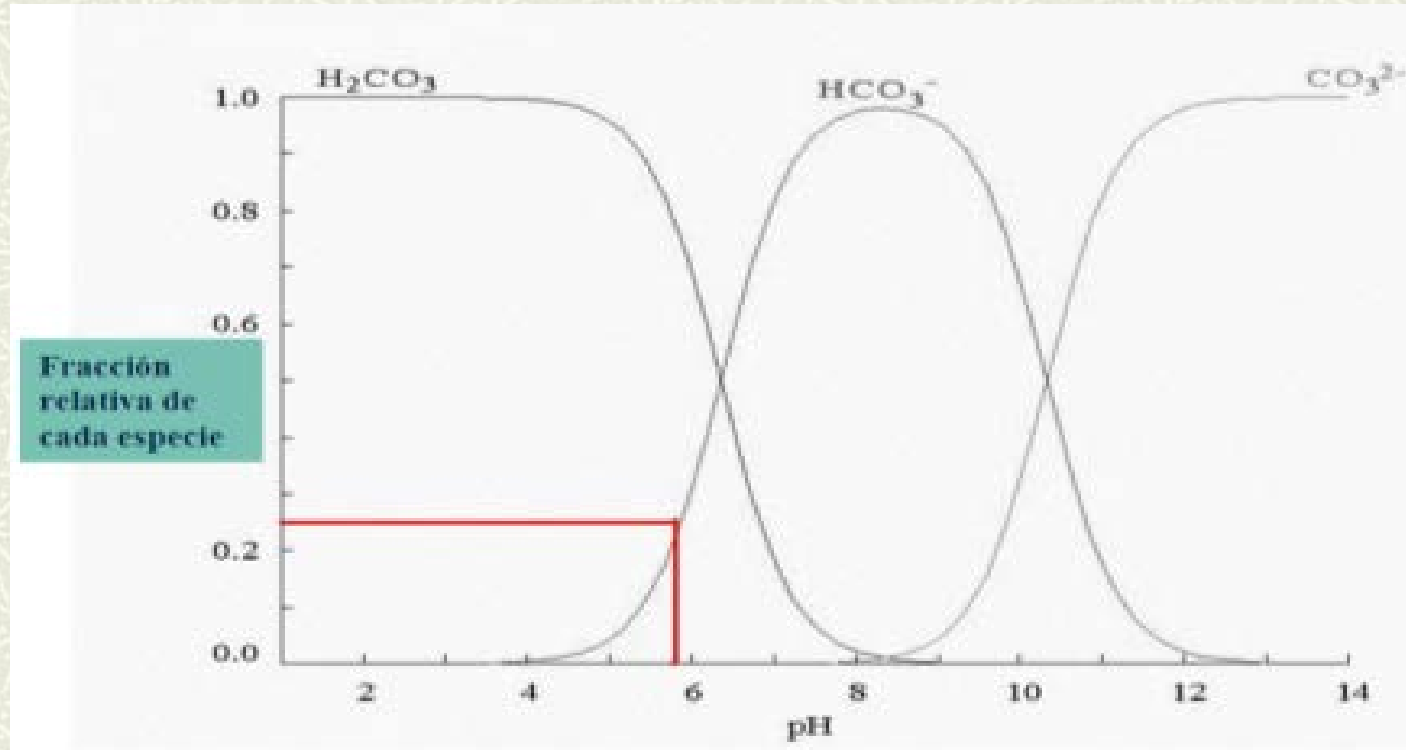
- Reacción de neutralización



PRODUCTO	VOLUMEN	PESO	MILIEQUIVALENTES DE ÁCIDO
$\text{H}_3\text{PO}_4$ 75% blanco	1 cm <sup>3</sup>	1,57 g	12,0
$\text{H}_3\text{PO}_4$ 72% verde	1 cm <sup>3</sup>	1,61 g	11,8
$\text{H}_3\text{PO}_4$ 85%	1 cm <sup>3</sup>	1,71 g	14,8
$\text{HNO}_3$ 59%	1 cm <sup>3</sup>	1,36 g	12,7
$\text{HNO}_3$ 54%	1 cm <sup>3</sup>	1,33 g	11,4
$\text{H}_2\text{SO}_4$ 98%	1 cm <sup>3</sup>	1,84 g	36,8



# Acidificación del agua de riego

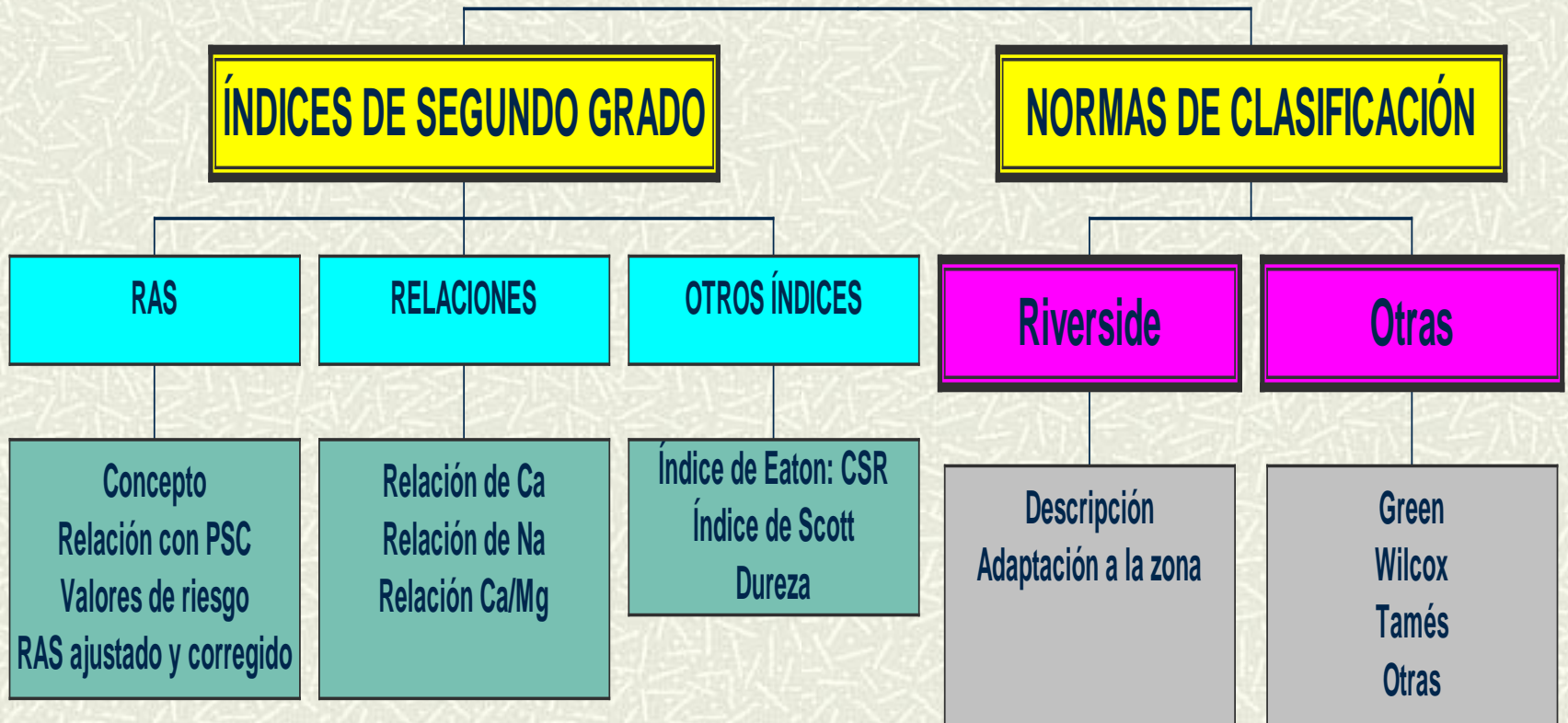


- pH 5,5: neutralizar 75-80% de los bicarbonatos
- pH 6,0: neutralizar 65-70% de los bicarbonatos
- pH 6,5: neutralizar 45-50% de los bicarbonatos

# Estimación de valores para cultivo medianamente sensible a la salinidad

PARÁMETRO	VALORES NORMALES	VALORES ÓPTIMOS	VALORES DE RIESGO	ACCIONES PREVENTIVAS O DE CORRECCIÓN
pH	7,0-8,3	5,5-6,5	> 7,5	<ul style="list-style-type: none"> <li>‡ Acidificación</li> <li>‡ Aporte de S o encalado</li> </ul>
CE (dS/m)	0,5-5,0	< 2,0	> 3,0	‡ Riegos frecuentes con adecuado drenaje (si es factible)
CALCIO (mM)	Hasta 10	3-6 y, sobre todo equilibrado con resto de iones	< 3 o desequilibrio con resto de iones (Mg <sup>+2</sup> , Na <sup>+</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>‡ Aporte de calcio</li> <li>‡ Acidificación</li> <li>‡ Aporte de magnesio</li> </ul>
MAGNESIO (mM)	Hasta 8	1,5-3 y, sobre todo equilibrado con resto iones (Ca <sup>+2</sup> )	< 1,5 o desequilibrio con otros cationes (Ca <sup>+2</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>‡ Aporte de magnesio</li> <li>‡ Aporte de calcio</li> <li>‡ Adecuado drenaje y frecuencia de riego</li> </ul>
SODIO (mM)	Hasta 20	Lo más bajo posible	> 8 o exceso relativo frente a Ca <sup>+2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>‡ Aporte de calcio</li> <li>‡ Aporte de materia orgánica</li> <li>‡ Adecuado drenaje y frecuencia de riego</li> </ul>
POTASIO (mM)	Hasta 1	Es un nutriente a aportar	Que exceda las necesidades del cultivo	‡ Ajuste a las necesidades del cultivo
BICARBONATOS (mM)	Hasta 10	0,5-1,0 (que asegure un valor óptimo de pH)	> 3, aunque depende de las concentraciones de otros iones (Ca <sup>+2</sup> )	‡ Acidificación
SULFATOS (mM)	Hasta 15	1,5-5	< 1,5 o > 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>‡ Aporte de azufre o sulfatos</li> <li>‡ Adecuado drenaje y frecuencia de riego</li> <li>‡ Aporte de calcio</li> </ul>
CLORUROS (mM)	Hasta 20	Lo más bajo posible	< 8	<ul style="list-style-type: none"> <li>‡ Adecuado drenaje y frecuencia de riego</li> <li>‡ Mayor aporte de nitratos</li> </ul>
BORO (mg/l)	Hasta 3	0,2-0,4	< 0,2 o > 0,7	<ul style="list-style-type: none"> <li>‡ Aporte de boro</li> <li>‡ Adecuado drenaje y frecuencia de riego</li> <li>‡ Mayor aporte de nitrógeno y calcio</li> </ul>

# ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE UN AGUA DE RIEGO II



# **EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS ANALÍTICOS**

**•Índices de segundo grado: valores normales, interpretación de resultados y acciones para optimizar un agua dada**

- RAS, RAS ajustado y RAS corregido**
- Relación de calcio**
- Relación de sodio**
- Carbonato sódico residual (índice de Eaton)**
- Dureza**
- Coeficiente alcalimétrico (índice de Scott)**

# RAS

- Relación de adsorción de sodio (Richards, 1954)

$$\text{RAS} = \text{Na} / \sqrt{(\text{Ca} + \text{Mg})/2}$$

- > 10 valores de alto riesgo

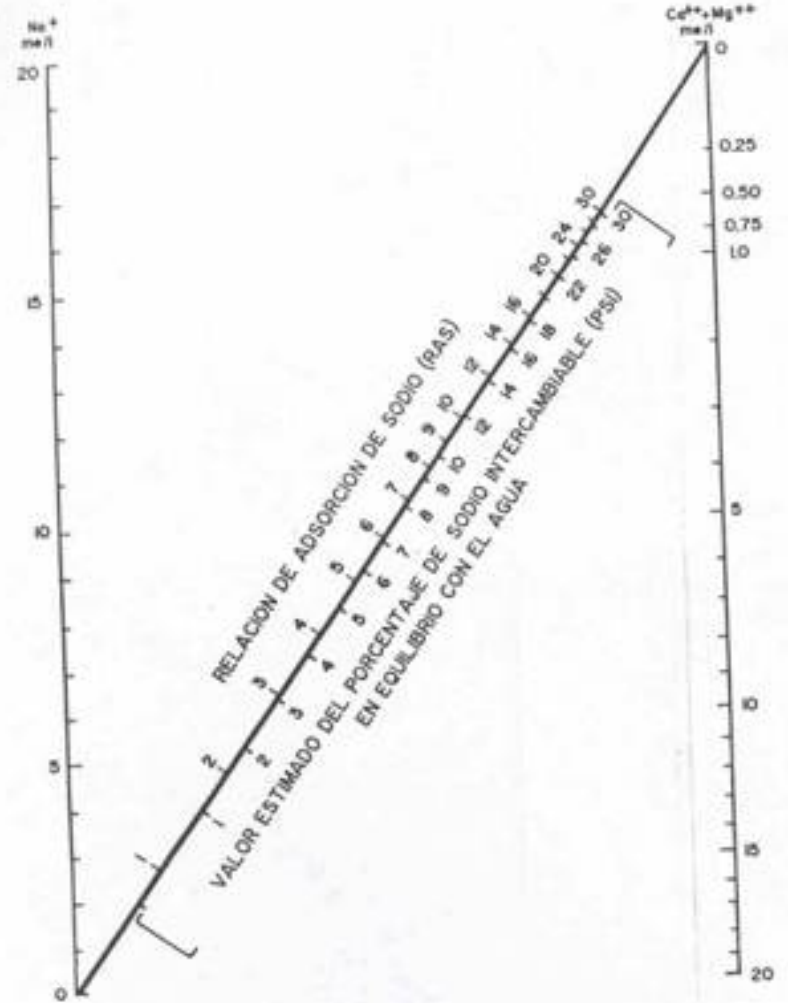


Figura 1 Homograma para determinar el RAS de las aguas de riego y para estimar el valor correspondiente del PSI del suelo en equilibrio con el agua (Richards 1954)

## RAS ajustado

- **Ayers y Wescott (1976)**

$$\text{RAS ajustado} = \text{RAS} [1 + (8,4 - \text{pHc})]$$

- **pHc es el valor teórico del pH del agua**

$$\text{pHc} = (\text{pK}_2 - \text{pK}_c) + \text{p}(\text{Ca} + \text{Mg}) + \text{pAlk}$$

- **Valores de riesgo depende de la CE: para agua de 0,5 dS/m alto riesgo de alcalinización con RAS ajustado > 10. Para agua de 2 dS/m alto riesgo de alcalinización con RAS > 25**

# Cálculo de $pH_c = (pK_2 - pK_c) + p(Ca+Mg) + pAlk$

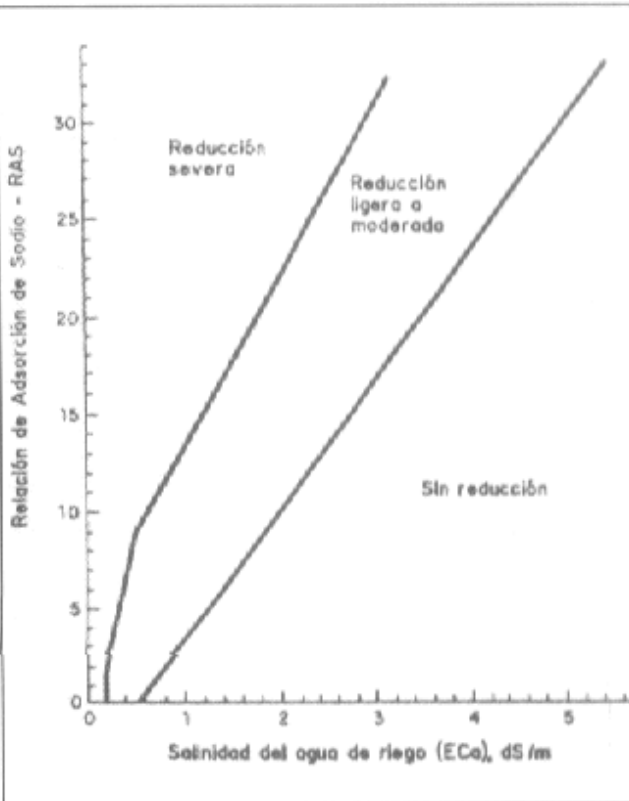
$\Sigma$ iones (meq/l)	$(pK_2 - pK_c)$ $Ca^{+2}+Mg^{+2}+Na^+$	$p(Ca+Mg)$ $Ca^{+2}+Mg^{+2}$	$pAlk$ $HCO_3^-+CO_3^{-2}$
0,05	2,0	4,6	4,3
0,10	2,0	4,3	4,0
0,15	2,0	4,1	3,8
0,20	2,0	4,0	3,7
0,25	2,0	3,9	3,6
0,30	2,0	3,8	3,5
0,40	2,0	3,7	3,4
0,50	2,1	3,6	3,3
0,75	2,1	3,4	3,1
1,00	2,1	3,3	3,0
1,25	2,1	3,2	2,9
1,50	2,1	3,1	2,8
2,00	2,2	3,0	2,7
2,50	2,2	2,9	2,6
3,00	2,2	2,8	2,5
4,00	2,2	2,7	2,4
5,00	2,2	2,6	2,3
6,00	2,2	2,5	2,2
8,00	2,3	2,4	2,1
10,00	2,3	2,3	2,0
12,50	2,3	2,2	1,9
15,00	2,3	2,1	1,8
20,00	2,4	2,0	1,7
30,00	2,4	1,8	1,5
50,00	2,5	1,6	1,3
80,00	2,5	1,4	1,1

# RAS corregido

$$RAS^o = Na / \sqrt{(Ca^o + Mg)/2}$$

## • Suárez (1981)

HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> / Ca <sup>+2</sup> (meq/l)	CE del agua de riego (dS/m)											
	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0
0,05	13,20	13,61	13,92	14,40	14,75	15,26	15,91	16,43	17,28	17,97	19,07	19,94
0,10	6,31	6,57	8,77	9,07	9,31	9,62	10,02	10,35	10,89	11,32	12,01	12,56
0,15	6,34	6,54	6,69	6,92	7,11	7,34	7,65	7,90	8,31	8,64	9,17	9,58
0,20	5,24	5,40	5,52	5,71	5,87	6,06	6,31	6,52	6,86	7,13	7,57	7,91
0,25	4,51	4,65	4,76	4,92	5,06	5,22	5,44	5,62	5,91	6,15	6,52	6,82
0,30	4,00	4,12	4,21	4,36	4,48	4,62	4,82	4,98	5,24	5,44	5,77	6,04
0,35	3,61	3,72	3,80	3,94	4,04	4,17	4,35	4,49	4,72	4,91	5,21	5,45
0,40	3,30	3,40	3,48	3,60	3,70	3,82	3,98	4,11	4,32	4,49	4,77	4,98
0,45	3,05	3,14	3,22	3,33	3,42	3,53	3,66	3,80	4,00	4,15	4,41	4,61
0,50	2,84	2,93	3,00	3,10	3,19	3,29	3,43	3,54	3,72	3,87	4,11	4,30
0,75	2,17	2,24	2,29	2,37	2,43	2,51	2,62	2,70	2,84	2,95	3,14	3,28
1,00	1,79	1,85	1,89	1,96	2,01	2,09	2,16	2,23	2,35	2,44	2,59	2,71
1,25	1,54	1,59	1,63	1,68	1,73	1,78	1,86	1,92	2,02	2,10	2,23	2,33
1,50	1,37	1,41	1,44	1,49	1,53	1,58	1,65	1,70	1,79	1,86	1,97	2,07
1,75	1,23	1,27	1,30	1,35	1,38	1,43	1,49	1,54	1,62	1,68	1,78	1,86
2,00	1,13	1,16	1,19	1,23	1,26	1,31	1,36	1,40	1,48	1,54	1,63	1,70
2,25	1,04	1,08	1,10	1,14	1,17	1,21	1,26	1,30	1,37	1,42	1,51	1,56
2,50	0,97	1,00	1,02	1,06	1,09	1,12	1,17	1,21	1,27	1,32	1,40	1,47
3,00	0,85	0,89	0,91	0,94	0,96	1,00	1,04	1,07	1,13	1,17	1,24	1,30
3,50	0,78	0,80	0,82	0,85	0,87	0,90	0,94	0,97	1,02	1,06	1,12	1,17
4,00	0,71	0,73	0,75	0,78	0,80	0,82	0,86	0,88	0,93	0,97	1,03	1,07
4,50	0,66	0,68	0,69	0,72	0,74	0,76	0,79	0,82	0,86	0,90	0,95	0,99
5,00	0,61	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	0,74	0,76	0,80	0,83	0,88	0,93
7,00	0,49	0,50	0,52	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,64	0,67	0,71	0,74
10,00	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,45	0,47	0,48	0,51	0,53	0,56	0,58
20,00	0,24	0,25	0,26	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37
30,00	0,18	0,19	0,20	0,20	0,21	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28





## Relación de Calcio

Ca

-----

Ca+Mg+Na

en meq/l (valor de riesgo si  $< 0,35$ )

## Relación de Sodio

Na

-----

Ca+Mg+Na

en meq/l (interesa que sea lo menor posible, preferiblemente  $< 0,20$ )

## Relación Calcio / Magnesio

**Ca**  
-----  
**Mg**            en meq/l (valor de riesgo si  $< 1$  o  $> 3$ .  
                  Valor óptimo 2)

## Carbonato sódico residual (CSR) o Índice de Eaton

$$\text{CSR} = (\text{CO}_3^{-2} + \text{HCO}_3^{-}) - (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})$$

en meq/l

**Aguas recomendables CSR  $< 1,25$**

**Poco recomendables  $1,25 < \text{CSR} < 2,5$**

**No recomendables CSR  $> 6,25$**

## Coeficiente alcalimétrico o Índice de Scott

Si meq/l de  $\text{Na}^+ \leq$  meq/l de  $\text{Cl}^-$  :

$$k = 57,5 / \text{Cl}^-$$

Si meq/l de  $\text{Na}^+ >$  meq/l de  $\text{Cl}^-$  pero  $\leq$  meq/l de  $\text{SO}_4^{2-}$  :

$$k = 288 / (\text{Na}^+ + 4 \cdot \text{Cl}^-)$$

Si meq/l de  $\text{Na}^+ >$  meq/l  $\text{Cl}^- +$  meq/l de  $\text{SO}_4^{2-}$  :

$$k = 28,8 / (\text{Na}^+ - 0,5 \cdot \text{Cl}^- - 0,9 \cdot \text{SO}_4^{2-})$$

Todo en meq/l. Desde el punto de vista de este índice, la calidad del agua de riego se considera buena ( $k > 18$ ), tolerable (18-6), mediocre (6-1,2) o mala ( $<1,2$ )

# Dureza

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

$\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$  en mg/l

## Clasificación:

Muy dulces: < 7

Dulces: 7-14

Medianamente dulces: 14-22

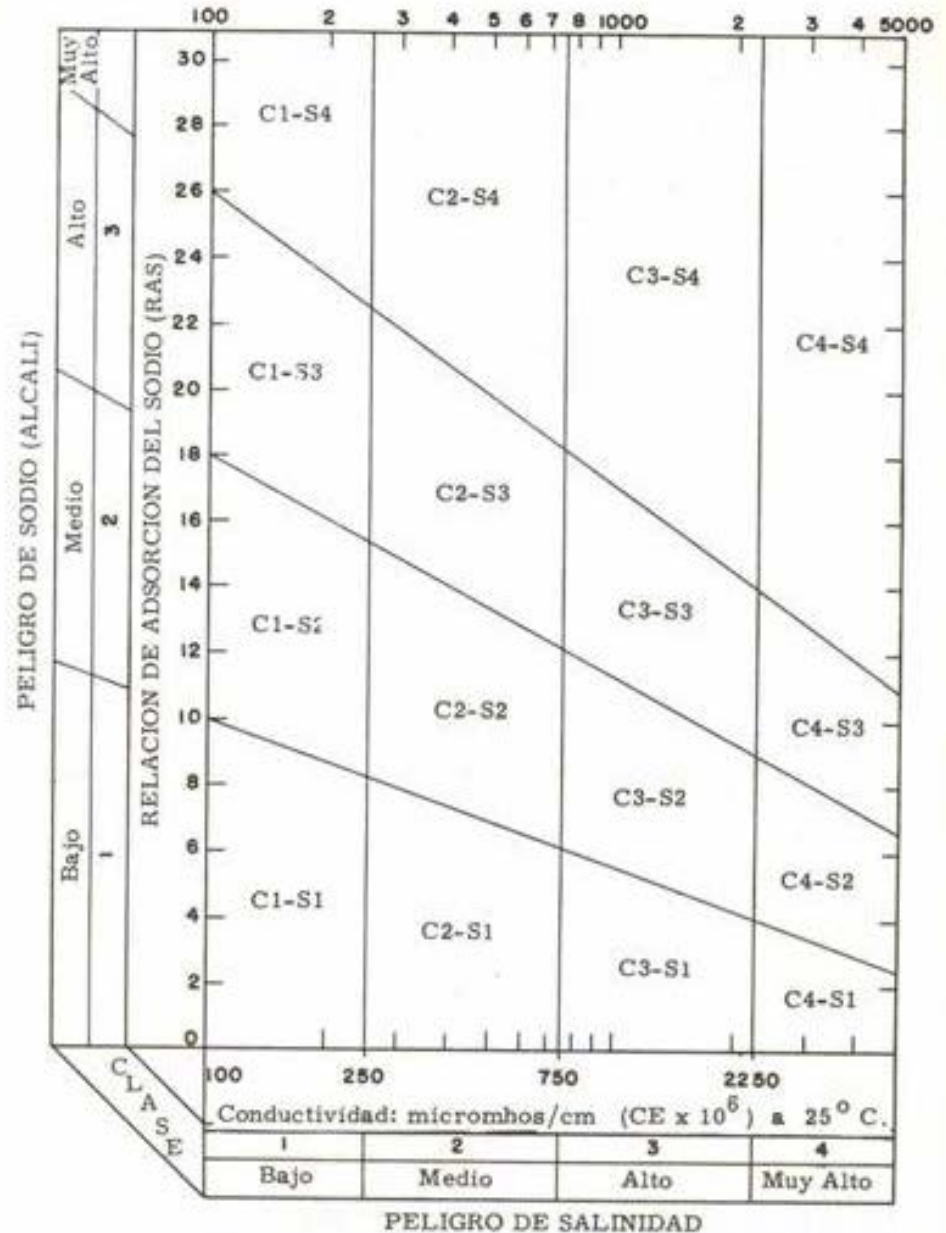
Medianamente duras: 22-32

Duras: 32-54

Muy duras: > 54

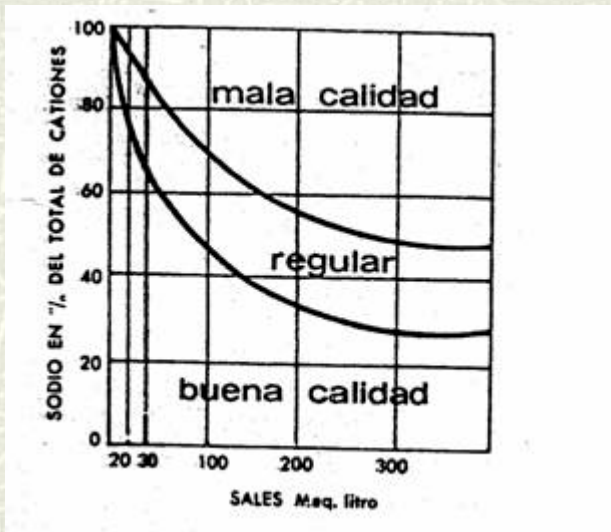
# NORMAS COMBINADAS DE CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS DE RIEGO

- Norma de Riverside (Richards, 1954)



# NORMAS COMBINADAS DE CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS DE RIEGO

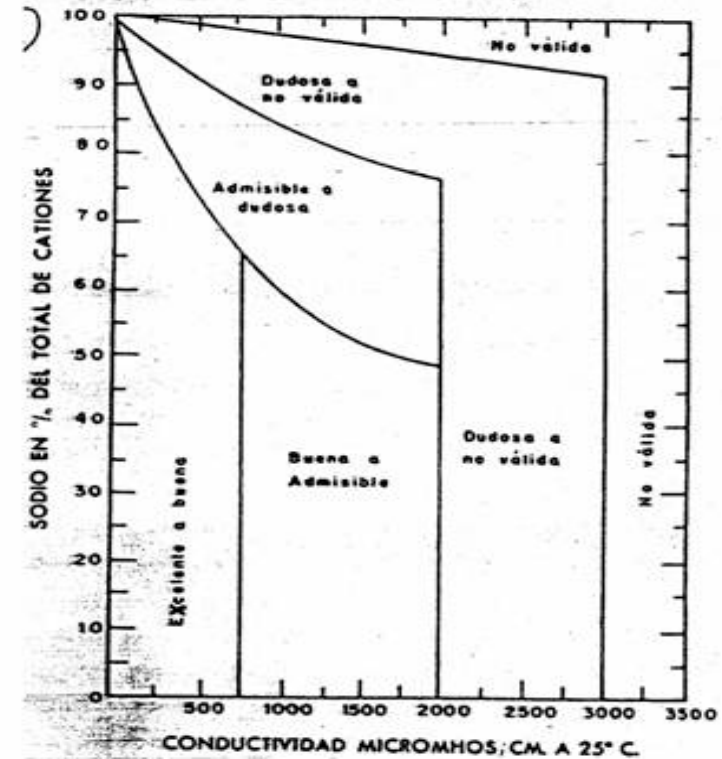
## • Norma de Greene



## • Norma de Wilcox

## • Recomendaciones de Tamés

- Aguas de buena calidad ( $CE < 0,8$  dS/m,  $CSR < 1,25$  meq/l,  $B < 0,33$  ppm y Relación de Ca  $> 0,35$ )
- Aguas de mala calidad ( $CE > 20$  dS/m ó  $CSR > 2,5$  meq/l ó  $B > 3,75$  ppm ó Relación de Ca  $< 0,35$ )
- Resto de aguas intermedias evaluar según clima, suelo y cultivo.



# MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES DE RIEGO

## • INTRODUCCIÓN

- Elementos que necesitan mantenimiento: Cabezal de filtrado, bombeo, red de riego y emisores, equipo de fertirriego.

## • AGENTES Y CAUSAS DE LOS PROCESOS DE OBSTRUCCIÓN

- Físicas: Sólidos en suspensión
- Químicas: Formación de precipitados
- Biológicas u orgánicas: Algas, bacterias, MO, etc.

## • CAUSAS FÍSICAS

- Arenas. Aguas de pozo.
- Partículas finas: limos y arcillas. Aguas superficiales, depósitos en régimen laminar.
- Raspaduras de plástico.

## • PREVENCIÓN DE OBSTRUCCIONES DE TIPO FÍSICO

- Floculación: Agentes floculantes, sulfato de Al, cloruro férrico, aluminatos, sulfato ferroso, cal, polímeros orgánicos, etc.
- Prefiltrado: Mallas, rejillas, decantadores, hidrociclones.
- Filtros de arena: Tres acciones simultáneas. Filtran hasta 1/10 del diámetro efectivo.
- Filtros de malla y de anillas: Efectivos con partículas orgánicas.
- Emisores de flujo turbulento.

# MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES DE RIEGO

## SISTEMAS DE FILTRADO A INSTALAR SEGÚN TIPO DE AGUA

- AGUA DIRECTA DE POZO

*Con presencia de arena*

Hidrociclón + Filtro de anillas

*Sin presencia de arena*

Filtro de anillas + Filtro de malla

- AGUA DE EMBALSE

Prefiltro + Filtro de arena + Filtro de anillas

- AGUA DE CORRIENTES

*Sin arcillas o algas*

Filtro de anillas sobredimensionado

*Con algas, fangos y*

*carga orgánica*

Filtro de arena + Filtro de anillas

- AGUA DE COMPOSICIÓN

PROBLEMÁTICA

Tratamiento químico + Filtro de arena  
+ Filtro de anillas

- AGUAS RESIDUALES

Según casos



# MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES DE RIEGO

## • CAUSAS QUÍMICAS

### - Sales disueltas:

- Carbonato cálcico: Índice de Langelier positivo, dureza elevada.
- Otras sales: yeso, carbonato de magnesio, etc.

### - Precipitados por oxidación:

- Hierro
- Manganeso
- Sulfuros

### - Precipitados debidos a fertilizantes: Compatibilidades, Fe, pH.

## • PREVENCIÓN DE OBSTRUCCIONES DE TIPO QUÍMICO

### - Adecuado manejo del agua de riego y los fertilizantes: Compatibilidades, prerriego y postrriego, etc.

### - Acidificación: Precipitados de Carbonato cálcico (prevención, eliminación), precipitados de Fe, Mn y sulfuros (prevención, eliminación)

# MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES DE RIEGO

## • CAUSAS BIOLÓGICAS

- Algas y bacterias: Aguas superficiales.
- Fosfatos como factor limitante.
- Caso del hierro, manganeso y sulfuros

## • PREVENCIÓN DE OBSTRUCCIONES DE TIPO BIOLÓGICO

- Conducciones de color oscuro o enterradas, cubiertas.
- Filtros de anillas.
- Tratamientos con productos químicos:
  - Productos alguicidas: Sulfato de cobre ( $0.3-3 \text{ g/m}^3$ , cada 15 días en verano y cada 30 en primavera y otoño).
  - Cloración: pH 5.5-6, cantidad a aportar.
  - Otros productos: ozono, acroleína, sales de amonio cuaternario, yodo, bromo, permanganato potásico.

## EVALUACIÓN DEL RIESGO DE OBSTRUCCIONES SEGÚN EL ANÁLISIS DEL AGUA DE RIEGO

Determinación	Evaluación de riesgo		
	Bajo	Medio	Alto
Sólidos en suspensión (ppm)	<50	50-100	>100
Sólidos disueltos (ppm)	<500	500-2000	>2000
pH	<7	7-8	>8
Indice de Langelier	<0.0	0.0-0.5	>0.5
Hierro (ppm)	<0.1	0.1-1.5	>1.5
Manganeso (ppm)	<0.1	0.1-1.5	>1.5
Sulfuro de hidrógeno (ppm)	<0.5	0.5-2.0	>2.0
Población bacteriana (nº/ml)	<10000	10000-50000	>50000

# • CÁLCULO DEL ÍNDICE DE LANGELIER

$$I_s = pH_a - pH_c$$

$pH_a$  = pH del agua de riego.

$$pH_c = (pK_2' - pK_c') + p(Ca+Mg) + pAlk$$

$\Sigma$ iones (meq/l)	$(pK_2' - pK_c')$	$Ca^{+2}+Mg^{+2}+Na^+$	$p(Ca+Mg)$	$Ca^{+2}+Mg^{+2}$	$pAlk$	$HCO_3^-+CO_3^{-2}$
0,05	2,0		4,6			4,3
0,10	2,0		4,3			4,0
0,15	2,0		4,1			3,8
0,20	2,0		4,0			3,7
0,25	2,0		3,9			3,6
0,30	2,0		3,8			3,5
0,40	2,0		3,7			3,4
0,50	2,1		3,6			3,3
0,75	2,1		3,4			3,1
1,00	2,1		3,3			3,0
1,25	2,1		3,2			2,9
1,50	2,1		3,1			2,8
2,00	2,2		3,0			2,7
2,50	2,2		2,9			2,6
3,00	2,2		2,8			2,5
4,00	2,2		2,7			2,4
5,00	2,2		2,6			2,3
6,00	2,2		2,5			2,2
8,00	2,3		2,4			2,1
10,00	2,3		2,3			2,0
12,50	2,3		2,2			1,9
15,00	2,3		2,1			1,8
20,00	2,4		2,0			1,7
30,00	2,4		1,8			1,5
50,00	2,5		1,6			1,3
80,00	2,5		1,4			1,1

# OPERACIONES PRÁCTICAS DE MANTENIMIENTO

## • CONSIDERACIONES GENERALES

- **Carácter preventivo**
- **Toma de agua en embalses abiertos: profundidad > 2 m y a más de 0,5 m del fondo.**
- **Cubiertas de embalses.**
- **Peces / patos.**
- **Filtros de malla tras inyectores de fertilizantes a la red de riego.**
- **Color de precipitados para conocer su origen: Blancos (carbonatos), marrón (óxidos de Fe), microorganismos (color oscuro y aspecto grasiento).**
- **Componentes de color oscuro.**
- **Incompatibilidades entre fertilizantes**

## • MANTENIMIENTO DEL CABEZAL DE FILTRADO

- **Filtro de arena**
  - ¿Cuándo limpiar? pérdida de carga 4-6 m.c.a.
  - ¿Cómo limpiar? Contralavado con agua limpia.
  - Otras labores: Reponer anualmente la arena y remover la costra superior.
- **Filtros de malla y anillas**
  - ¿Cuándo limpiar? pérdida de carga 4-6 m.c.a.
  - ¿Cómo limpiar? Según su propio sistema. Periódicamente extraer el cartucho y limpiar con agua a presión y un cepillo. Las anillas con nítrico diluido una vez al año.

# OPERACIONES PRÁCTICAS DE MANTENIMIENTO

## MANTENIMIENTO DE LA RED DE RIEGO Y EMISORES

### ➤ Tratamientos de obstrucciones debidas a microorganismos:

- Cloración preventiva: 0,5-1,0 ppm de cloro libre durante 45 minutos por el emisor más alejado.
- Recuperación de emisores obstruidos: Dificultosa, supercloración: 250-500 ppm durante 12 horas.

### ➤ Tratamientos de obstrucciones debidas a carbonato cálcico:

- Acidificación preventiva: pH 5,5-6,0 o índice de Langelier 0 o negativo.
- Limpieza: Agua a pH 2 a baja presión hasta llenar red de riego durante 1 hora. Abrir extremos y aplicar gran presión. Por último agua a presión por emisores ½ hora.

### ➤ Tratamientos de obstrucciones debidas a Fe, Mn y S:

- Acidificación preventiva: pH 5,5-6,0.
- Prevención mediante oxidación y precipitación (aireando, hipoclorito a razón de 1 ppm cada 0,7 ppm de Fe) antes de filtros.
- Limpieza: Como en carbonato cálcico.

# OPERACIONES PRÁCTICAS DE MANTENIMIENTO

## • MANTENIMIENTO DE EMBALSES

- Cubrir para evitar la incidencia de luz.
- Colocación de aspiraciones.
- Aplicación de sulfato de cobre (2-3 ppm).
- Aplicación de permanganato potásico (2-3 ppm).

## • MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE FERTIRRIGACIÓN

- Elementos de inyección fertilizantes:
  - Chequear caudales de venturis.
  - Limpieza de filtros de seguridad de venturis y depósitos fertilizantes.
  - Anualmente desmontar y limpiar venturis y electroválvulas.
  - Sustitución anual de válvula inyectora de ácido y cada dos años de válvulas de inyección de fertilizantes.
- Sondas y cuadro de maniobra:
  - Sustitución anual de sonda de pH.
  - Desmontar y limpiar anualmente sonda de CE y temperatura.
  - Comprobación periódica y calibración de sondas de CE y pH.
  - Comprobar consumos y tensiones de motores, soplantes, etc.

