

II JORNADA TÉCNICA **RIEGOS DEL ALTO ARAGÓN**

**Gestión eficaz del riego por aspersión:
últimos avances técnicos y medioambientales**

- **Calidad del agua y riego por aspersión: efectos sobre suelos y plantas**

Índice de la presentación

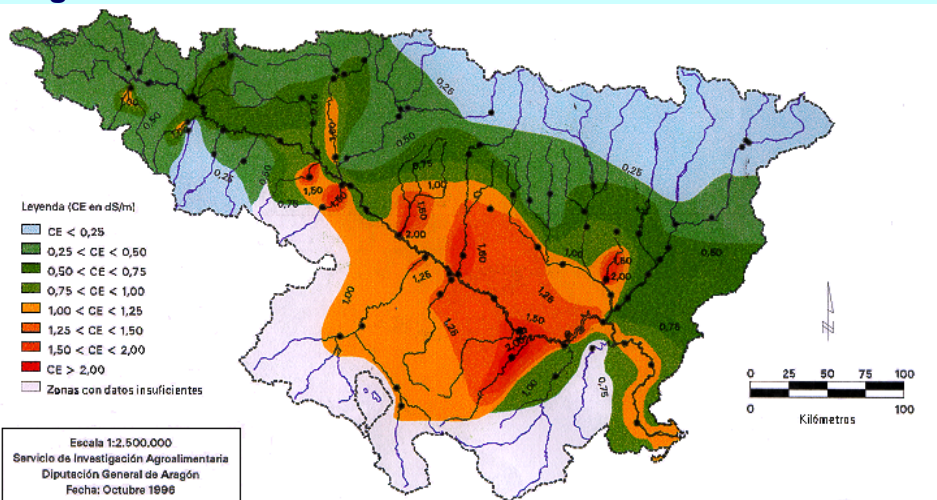
- **Variables que definen la calidad del agua para riego**
- **Aptitud de las aguas para riego en la cuenca del Ebro**
- **Efectos de la calidad del agua sobre los suelos**
- **Efectos de la calidad del agua sobre los cultivos**
- **Síntesis y conclusiones**

VARIABLES QUE DEFINEN LA CALIDAD DEL AGUA PARA EL RIEGO

- 1 - **SALINIDAD:** Conductividad eléctrica (CE, dS/m)
- 2 - **SODICIDAD:** Relación de adsorción de sodio (RAS)
- 3 - **ALCALINIDAD:** pH
- 4 - **TOXICIDAD IÓNICA ESPECÍFICA:** Na, Cl (en particular en riego por aspersión)
- 5 - **TOLERANCIA DE LOS CULTIVOS A LA SALINIDAD:** CE umbral, CE₅₀, ...
- 6 - **TOLERANCIA DE LOS SUELOS A LA SALINIDAD (CE) - SODICIDAD (RAS) - pH**
- 7 - **MANEJO DEL RIEGO:** Sistema de riego y Fracción de lavado (FL)

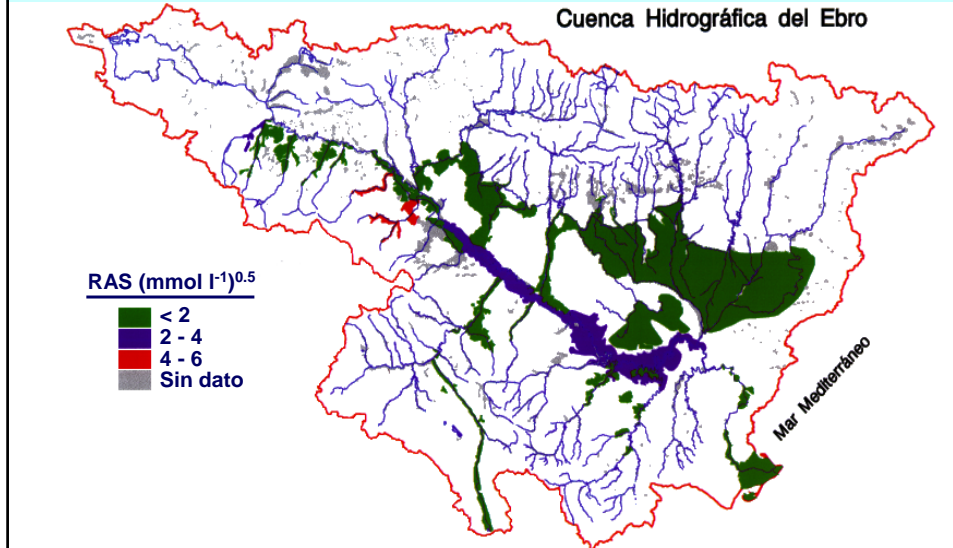
● Salinidad de las aguas superficiales

La salinidad de las aguas se mide a través de la CE (conductividad eléctrica). Los valores de CE en la cuenca del Ebro son en general bajos y de buena calidad para el riego de los cultivos



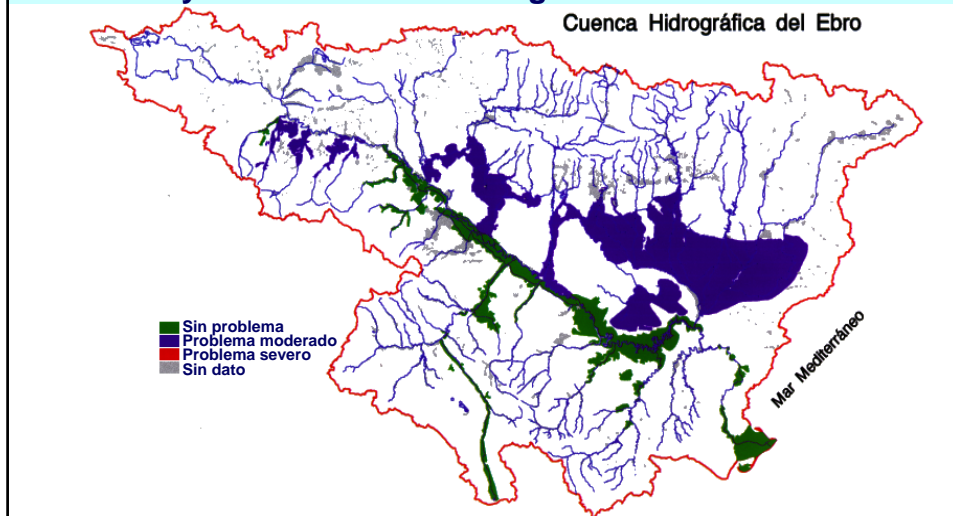
● Sodicidad de las aguas superficiales

La sodicidad de las aguas se mide a través de la relación de adsorción de sodio (RAS). Los valores son bajos y de buena calidad para el riego

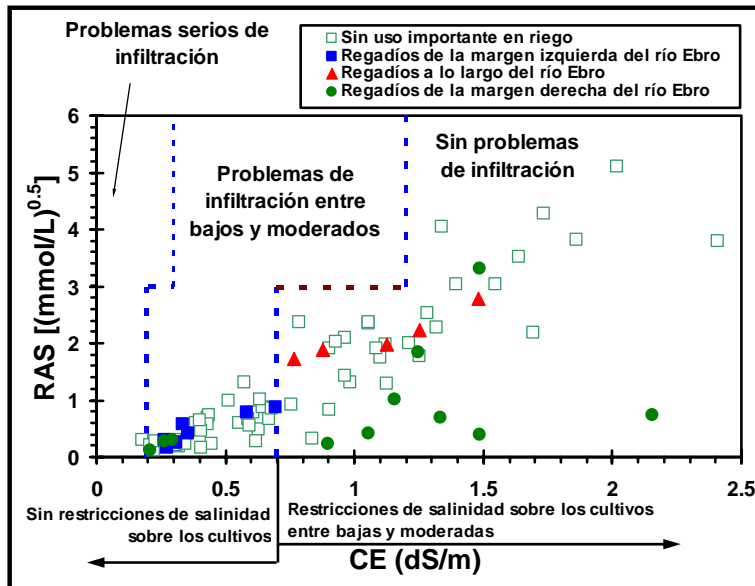


● Problemas de degradación estructural del suelo

Medidos mediante la combinación de los valores de CE y RAS. La baja CE de las aguas de la margen izquierda del Ebro puede crear problemas moderados-serios de dispersión de arcillas y encostramiento en algunos suelos.



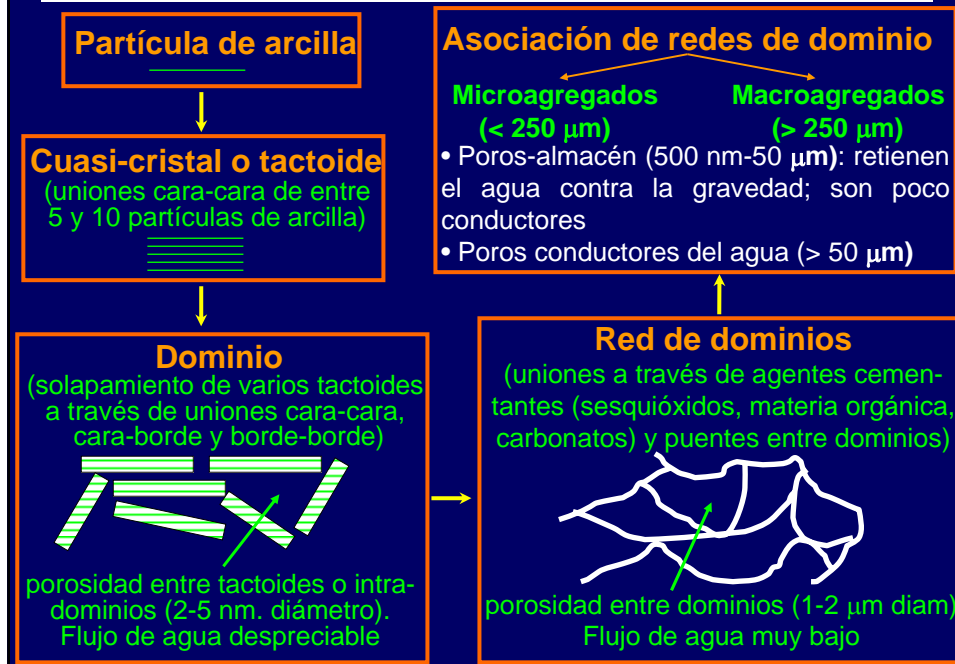
Aptitud de las aguas para riego en la cuenca del Ebro: síntesis de efectos



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA DE ARAGÓN

**Efectos de la calidad del agua
sobre los suelos**

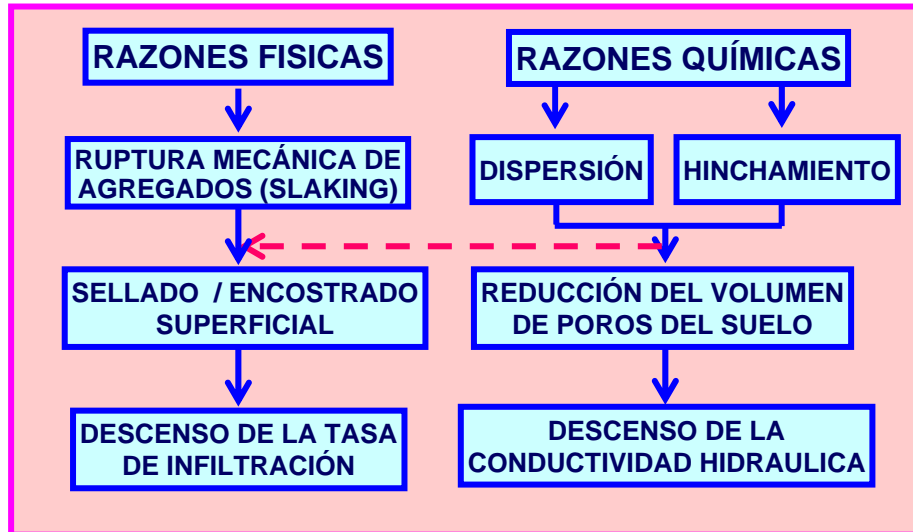
ESQUEMA DE AGREGACIÓN DE LOS SUELOS



¿Porqué es importante la estructura de los suelos y su estabilidad?

- **Determina la distribución del tamaño de poros y agregados, por lo que condiciona:**
 - **La retención y transmisión de fluidos (agua, aire).**
 - **El desarrollo y actividad de microorganismos.**
 - **El desarrollo de los cultivos:**
 - **Germinación de semillas.**
 - **Emergencia de plántulas.**
 - **Densidad y crecimiento de raíces.**
 - **El laboreo.**
 - **La compactación del suelo.**
 - **La erosión del suelo.**

¿Porqué se desestabilizan los suelos?



Efectos de la calidad del agua en los suelos:

1- ¿cuándo son relevantes?

2- ¿qué opciones de manejo existen?

1. La inestabilidad estructural de los suelos es relevante en:

- Aguas de muy baja salinidad.
- Suelos / aguas de elevada sodicidad.
- Suelos / aguas de elevado pH.
- Suelos con baja materia orgánica y elevado limo.
- Aplicaciones de agua de elevada intensidad.

2. Opciones de manejo químicas, físicas y biológicas:

- Yeso, fosfoyeso, carboyeso, polímeros (PAM)...
- Laboreo superficial para romper la costra.
- Adición de residuos de cultivos (aumento de la MO).
- Uso de cultivos de cubierta temprana y acolchado superficial (intercepción del impacto cinético de las gotas de lluvia y aspersión).

137 cm

Prof. (cm)

200 cm

Hojaldre = material originario salino-sódico (PSC >30%), laminado horizontalmente, con alternancia de capas milimétricas limosas y arcillosas, de muy baja CH vertical

Muy inestable al saturarse con agua: Dispersión de arcillas

Detalle de Hojaldre en Fraella (Huesca): se observan las laminaciones características de este material

(Foto: Herrero et al., 1989)

Colmatación de drenes

En suelos sódicos: dispersión de arcillas y limos finos transportados por el agua al interior del dren, rellenándolo y taponándolo mas o menos parcialmente

(Foto: Herrero et al., 1989)

Corte transversal en un dren


“Trocós” causados por sufosión (piping): erosión por flujo subsuperficial o túnel

La iniciación se puede producir por presencia de elevados contenidos de Na^+ en el suelo: Dispersión química de arcillas

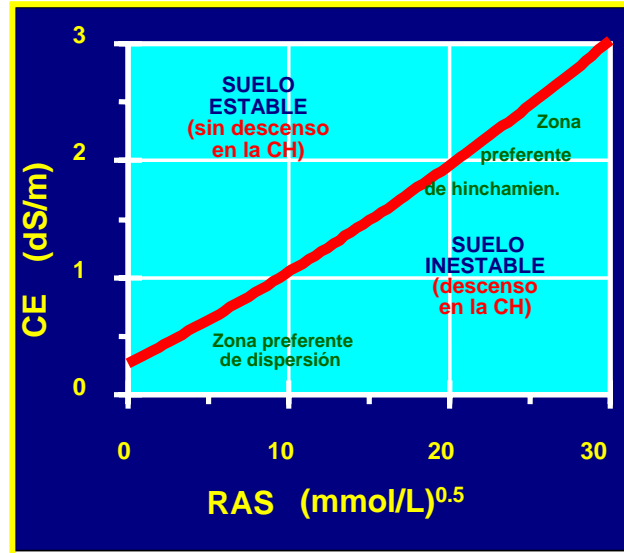


“Troco”: agujero que se desarrolla en suelos no consolidados: se originan al concentrarse el flujo de agua por discontinuidades naturales (galerías, fauna, etc.) o artificiales (tubos enterrados, etc.). Originan cárcavas (regueros) y producen la erosión de suelo

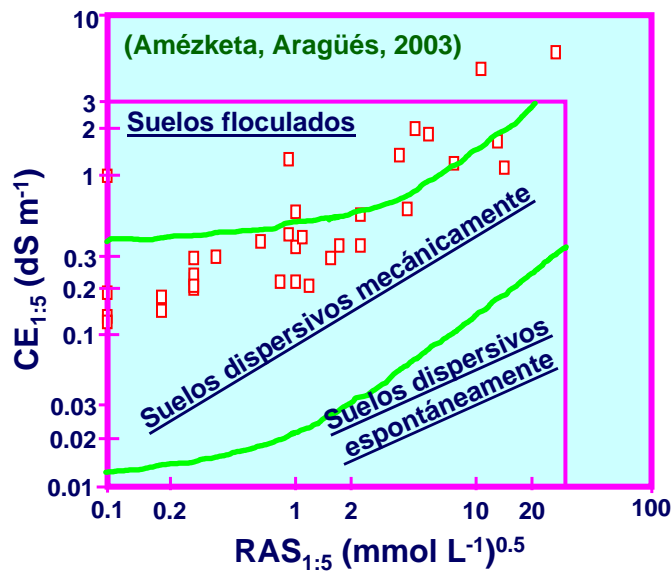
Suelo encostrado que impide o limita la emergencia y el establecimiento del maíz



Curvas de estabilidad de los suelos: relación entre la conductividad hidraulica del suelo (CH) y la salinidad (CE) y sodicidad (RAS) del agua de riego



Relación entre estabilidad estructural (test de dispersión), salinidad (CE) y sodicidad (RAS) del suelo para 36 suelos de la cuenca del Ebro



Encostramiento de los suelos y prácticas de control

ENCOSTRAMIENTO (sellado/secado de la superficie del suelo)

DESCENSO DE LA EMERGENCIA DE PLANTAS

DESCENSO DE LA INFILTRACIÓN

DESCENSO PRODUCCIÓN CULTIVOS

INCREMENTO ESCORRENTÍA Y EROSIÓN

PRÁCTICAS DE CONTROL

- Ruptura mecánica
- Uso de agentes químicos
- Riegos frecuentes
- Resiembra

⇒ **INCREMENTO COSTES PRODUCCIÓN**

Efecto de la salinidad y sodicidad del suelo sobre una plantación de olivos en Callén (Huesca)



(Aragüés et al., 2004)

Manejo de los suelos con tendencia al encarado

- (1) Ruptura mecánica de la costra.
- (2) Añadir enmiendas químicas (yeso, polímeros...).
- (3) Añadir residuos de cultivos (aumento de la materia orgánica).
- (4) Acolchar el suelo o utilizar cultivos que cubran el suelo rápida y totalmente (alfalfa...).
- (5) Mojar la costra (riegos frecuentes y ligeros: aspersión).



ENSAYO DE EMERGENCIA DEL MAIZ EN UN SUELO CON TENDENCIA AL ENCARADO: EFECTO BENEFICIOSO DE LA APLICACIÓN DE 5 T/HA DE YESO EN SUPERFICIE

En síntesis, la Estabilidad Estructural de los suelos aumenta conforme:

- ✓ **MAYOR** es la salinidad (CE)
- ✓ **MENOR** es la sodicidad (RAS)
- ✓ **MENOR** es el pH
- ✓ **MENOR** es la velocidad de humectación del suelo
- ✓ **MAYOR** es el contenido de MO/biomasa microbiana
- ✓ **MENOR** es la energía cinética del agua de riego:
 - goteo < inundación < surcos < aspersión
 - suelo cubierto (acolchado) < suelo desnudo

Respuesta de los suelos al riego por aspersión **¿cómo regar?**

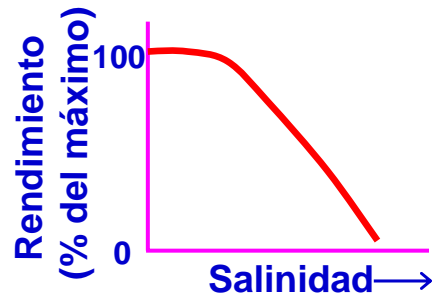
- 1. Elevada uniformidad de aplicación (CU del 90% y mayor) que induzca un perfil de agua y un lavado de sales similar en el suelo. Problemas: el viento y el encostramiento del suelo.**
- 2. Bajo impacto de las gotas (pequeño tamaño) para prevenir la formación de costras y la salpicadura de los agroquímicos aplicados con el riego.**
- 3. Bajos caudales de aplicación (menores que la infiltración del agua en el suelo) para evitar escorrentía/erosión y favorecer la uniformidad del agua en el suelo y su aireación.**
- 4. Elevada frecuencia del riego para evitar el secado de las costras de suelo (“encarado”)**



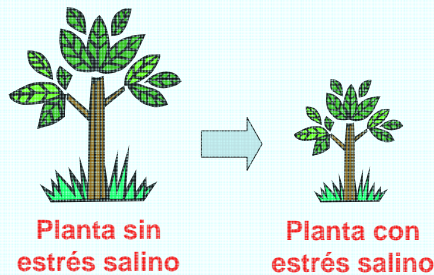
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA DE ARAGÓN

**Efectos de la calidad del agua
sobre los cultivos**

Tolerancia de los cultivos a la salinidad: estrés salino



- Efecto neto: reducción en el crecimiento de las plantas.
- Con frecuencia, no existen otros síntomas visuales si solo existe el estrés salino



Tablas de tolerancia de los cultivos a la salinidad

Clasificación cualitativa, ordenada por clases (Tolerante, Moderadamente Tolerante, Moderadamente Sensible y Sensible)

Cultivos de fibra, semilla, industrial

Algodón-T
Arroz-MS
Avena-MT
Cacahuete-MS
Cártamo-MT
Caña de azúcar-MS
Cebada-T
Centeno-MT
Girasol-MS
Guayule-S
Haba-MS
Jjoba-T
Judía-S
Lino-MS
Maíz-MS
Mijo-MS

Remolacha-T
Ricino-MS
Sésamo-S
Soja-MT
Sorgo-MT
Trigo-MT
Trigo duro-MT
Triticale-MT

Cultivos pratenses y forrajeros

Agropiro-T
Agropiro alargado-T
Agrostide estolonífera-MS
Alfalfa-MS
Avena-MS
Ballico-MT
Bersim-MS

Clasificación cualitativa, ordenada por clases (Tolerante, Moderadamente Tolerante, Moderadamente Sensible y Sensible)

Bromo de Hungría-MS
 Caguazo-MS
 Cebada-MT
 Centeno-MS
 Colza-MT
 Colza de zorra-MS
 Dactylo-MS
 Festuca-MT
 Fleo-MS
 Fresa de burro-MS
 Grama-T
 Hierba cinta-MT
 Lastón azul-MT
 Loto de los pantanos-MS
 Loto de los prados-MT
 Maíz-MS
 Pasto del Sudán-MT
 Pimpinela menor-MS
 Rabillo de cordero-MT

Trébol Blanco-MS
 Trébol de Santa María-MT
 Trébol híbrido-MS
 Trébol violeta-MS
 Trigo-MT

Cultivos hortícolas

Apio-MS
 Batata-MS
 Berenjena-MS
 Brócoli-MS
 Calabaza-MS
 Calabaza-MT
 Cebolla-S
 Chirivía-S
 Col de Bruselas-MS
 Espárrago-T
 Espinaca-MS
 Judía-S

Clasificación cualitativa, ordenada por clases (Tolerante, Moderadamente Tolerante, Moderadamente Sensible y Sensible)

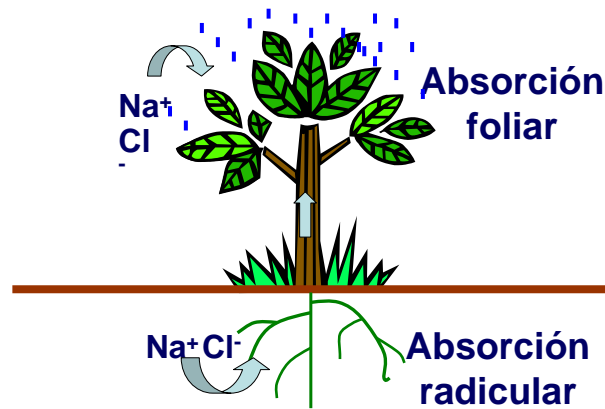
Lechuga-MS
 Melón-MS
 Nabo-MS
 Pataca-MT
 Patata-MS
 Pepino-MS
 Pimiento-MS
 Rábano-MS
 Remolacha-MT
 Repollo-MS
 Sandía-MS
 Tomate-MS
 Zanahoria-S

Cultivos frutales

Aguacate-S
 Albaricoquero-S
 Almendro-S
 Cerezo-S

Ciruelo-S
 Chirimoyo-S
 Clementino-S
 Granada-MT
 Grosellero-S
 Higuera-MT
 Lima-S
 Limón-S
 Mango-S
 Manzano-S
 Melocotonero-S
 Olivo-MT
 Palmera datilera-T
 Papaya-MT
 Peral-S
 Piña-MT
 Pomelo-S
 Uva-MS
 Zarzamora-S

Riego por aspersión



El riego por aspersión con aguas salinas es muy negativo para los cultivos debido al efecto combinado de la absorción radicular y foliar

Efecto de la salinidad sobre los cultivos: riego por aspersión



Toxicidad iónica específica: sensibilidad de los frutales al Cl

- La acumulación excesiva de Cl (y Na) en las hojas produce quemaduras en las hojas. Los frutales se vuelven más sensibles después de 2-3 años.
- La tolerancia de los frutales a la salinidad depende mucho de la variedad y del patrón.
- El tamaño de los frutos disminuye con la salinidad. En algunos casos, la salinidad puede incrementar el contenido en azúcares y mejorar el sabor de los frutos.
- En general, valores en hoja (peso seco) superiores al 0,2% de Na y 0,5% de Cl producen necrosis.



Quemaduras en los márgenes de hojas de maíz

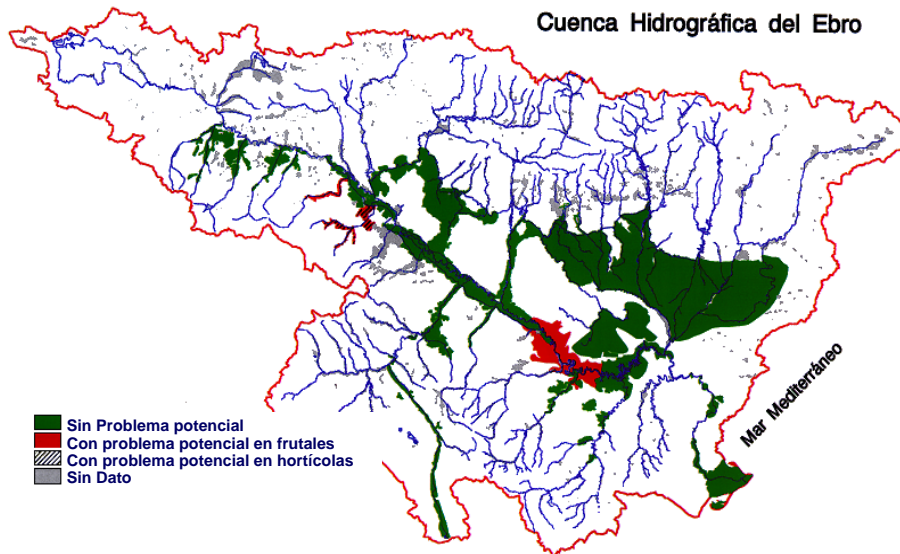


Concentración de Na⁺ o Cl⁻ (meq/l) en el agua de riego por aspersión que produce daño foliar

< 5	5 - 10	10 - 20	> 20
<ul style="list-style-type: none"> •Almendro •Albaricoquero •Cítricos •Ciruelo 	<ul style="list-style-type: none"> •Viña •Pimiento •Patata •Tomate 	<ul style="list-style-type: none"> •Alfalfa •Cebada •Maíz •Pepino •Sorgo 	<ul style="list-style-type: none"> •Coliflor •Algodón •Remolacha •Girasol

- El grado de daño foliar depende también de las condiciones atmosféricas, tamaño de las gotas de agua, estado de desarrollo del cultivo y de ciertas prácticas de manejo
- La tolerancia de los cultivos a absorción foliar no coincide en general con la tolerancia a absorción radicular. Por ello, debe evaluarse tanto la salinidad del agua de riego como la del suelo.

Problemas de toxicidad iónica específica del agua de riego por Na⁺ y/o Cl⁻ en frutales y hortícolas regados por aspersión



¿Cómo se puede reducir el daño foliar derivado del riego por aspersión con aguas salinas?

- ✓ Evitar el mojado de las hojas
- ✓ Regar por la noche (¿?)
- ✓ Regar menos frecuentemente utilizando mayores tiempos de riego
- ✓ Desplazar los aspersores en la dirección del viento (máquinas laterales, pivotes)
- ✓ Aplicar pre- y post-riegos con agua dulce



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA DE ARAGÓN

Calidad del agua y Riego por Aspersión: Síntesis y Conclusiones

- 1- Variables fundamentales del agua de riego: CE, Na y Cl
- 2- Excelente calidad de las aguas superficiales en la cuenca del Ebro... algunos problemas de suelo por baja CE riego
- 3- Manejo aspersión y suelos: elevada uniformidad, pequeño tamaño de gotas, baja pluviometría, elevada frecuencia
- 4- Manejo aspersión y plantas: evitar la absorción foliar de sales (evitar mojado hojas), riegos nocturnos, post-riegos con agua dulce, baja frecuencia

Contacto:

Ramón Aragüés

raraques@aragon.es

976 716 357