

JORNADA SOBRE AGUAS REGENERADAS. APLICACIÓN PARA EL REGADÍO.

24 abril 2025



IMPLICACIONES AGRONÓMICAS DEL RIEGO CON AGUAS REGENERADAS

CRISTINA ROMERO TRIGUEROS

Científica Titular CSIC
Departamento de Riego (CEBAS-CSIC)
e-mail: cromero@cebas.csic.es



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



LINEA DE INVESTIGACIÓN GENERAL → DEPARTAMENTO DE RIEGO

Desarrollada bajo escenarios:



Cambio climático →

Dividida en 2 sublineas:

1ª. Mejora de EUA y Economía Circular

RHNC y RDC
(cultivos mediterraneos)

Gestión sostenible y eficiente del agua/fertilizantes en agricultura

2ª. Gestión eco-sostenible del fertirriego

Apoyo Innovación tecnológica:
validación nuevos sensores
y productos nutricionales

Estudio ≠ manejos cultivos en ZVN



Contaminación ambiental →

JORNADA SOBRE AGUAS REGENERADAS.
APLICACIÓN PARA EL REGADÍO.
24 abril 2025

1 Contextualización: Valoración agronómica de las aguas regeneradas utilizadas para riego.

2 Casos prácticos de estudios agronómicos en cultivos leñosos:

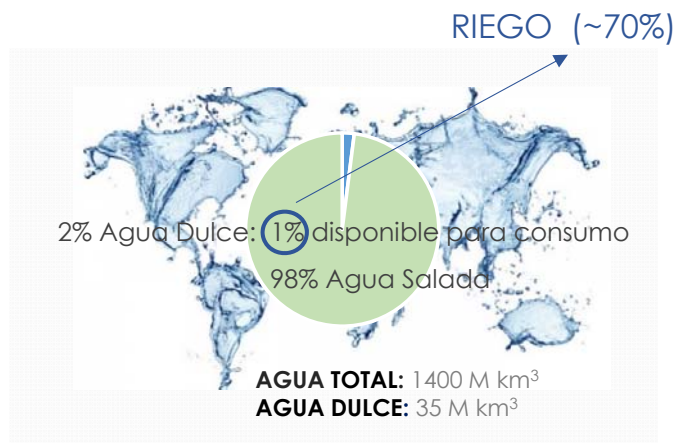
- **CÍTRICOS**

- Calidad agronómica del AR.
- Riego con AR durante todo el ciclo vegetativo. Producción.
- Riego con alternancia de fuentes de agua de distinta calidad. Producción.
- Indicadores del estado hídrico del cultivo regado con AR y umbrales de fitotoxicidad.

- **ALMENDRO Y OLIVO**

3 Proyectos de investigación y líneas futuras.





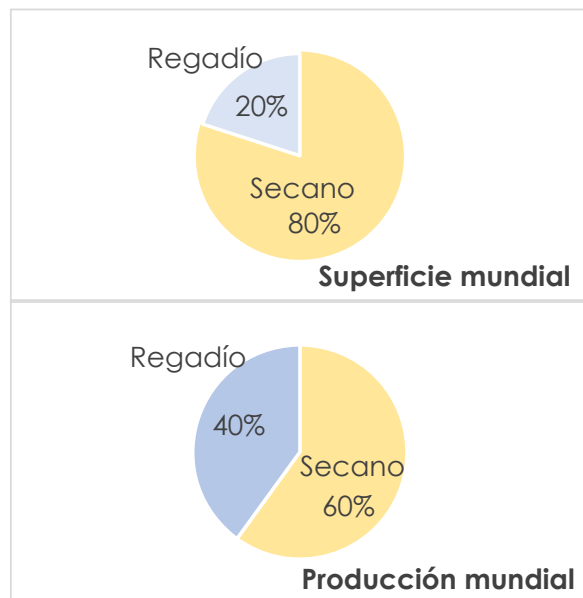
FAO, 2023

AGUA: RECURSO ESENCIAL LIMITADO

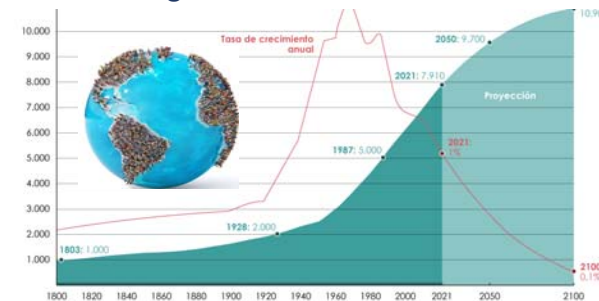
papel clave



56% en áreas con estrés hídrico FAO, 2022



Asegurar demanda mundial



2050: 10.000 M hab

WORLD BANK, 2023

RHNC

AR: garantiza seguridad hídrica en sistemas agrarios

Mundial

Extracción agua: 3.928 km³/año
AQUASTAT, FAO, s.f.b

44% Agua consumida:

56% Agua residual:



España



- ❑ **Líder europeo** en reutilización de agua: 500 hm³/año (11% del a. residual tratada) (2-5% países europeos)
- ❑ **6º país a nivel mundial:** Israel 90%, Singapur 35%, China/Australia/California 14%
- ❑ **2.100 EDARs** → 27% Tratamiento terciario
- ❑ **España Circular 2030** → alineada con los 2 planes de acción de economía circular de UE
- ❑ **Plan DSEAR** (Depuración, Saneamiento, Eficiencia, Ahorro y Reutilización) → Instrumento de gobernanza que pretende impulsar el uso del AR en los planes hidrológicos del 3 ciclo (2022-2027).

CE ~ 1 dS · m⁻¹

Sureste español

Referentes internacionales

Castellón: 42% agua reutilizada.
Valencia: 56% agua reutilizada.
Alicante: 69% agua reutilizada.

❑ **487 EDARs** → 447 hm³/año
EPSAR, 2024

Murcia: >98% agua reutilizada, (90% destinado a riego agrícola)

❑ **100 EDARs** → 110 hm³/año (>Tto terciario)
ESAMUR, 2024

Buen manejo

93% CE > 2 dS · m⁻¹
37% CE > 3 dS · m⁻¹

Optimización de los RRHH en la agricultura para generar menos drenaje y reutilizar las aguas residuales

Beneficios del AR:

> Cantidad nutrientes

< Escasez hídrica, < Descarga de a. residual al m.a.,
proporciona estabilidad al sistema

Revisión: Qadir y col., 2021

*Type of crops	**Source of nutrients	Water applied	Reclaimed water nutrients content	Annual fertilizers requirements	% nutrients saving ***
		mm	kg/ha	kg/ha	10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
Olive (Israel)	Nitrogen (N)	548	94-124	200	
	Phosphorus (P)	548	26-34	30	
	Potassium (K)	548	146-193	300	
Grapefruit (España)	Nitrogen (N)	594	30	215	
	Phosphorus (P)	594	4	110	
	Potassium (K)	594	110	150	
Mandarin (España)	Nitrogen (N)	794	40	215	
	Phosphorus (P)	794	5.2	100	
	Potassium (K)	794	147	90	
Nectarine (Italia)	Nitrogen (N)	361	115	150	
	Phosphorus (P)	361	17	50	
	Potassium (K)	361	67	120	
Grapevine (Francia)	Nitrogen (N)	50-93	21-39	70	
	Phosphorus (P)	50-93	0.6-1.1	10	
	Potassium (K)	50-93	15-28	70	
Almond (Italia)	Nitrogen (N)	434	16	80	
	Phosphorus (P)	434	1.9	60	
	Potassium (K)	434	80	70	

Estudios → cultivos regados con AR de ≠ países

- El sector agrícola puede compensar alrededor del **15% N, 7% P y 19% K** de la demanda mundial de dichos fertilizantes (ingresos: 14 mil M \$ a nivel global)

Riesgos del AR:

Suelo

Salinización/sodificación:

- < infiltración
- < Difusión de O₂ a las raíces
- Trastornos nutricionales
- Susceptibilidad a enfermedades

Sobrefertilización

Planta

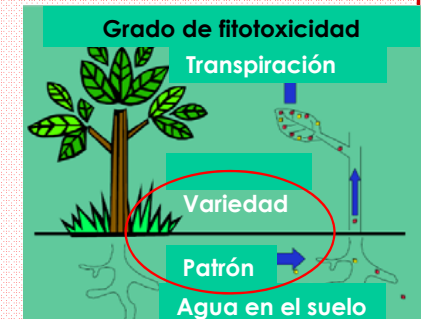
Fitotoxicidad:

- Acumulación Na/Cl/B en tejidos
- Desequilibrios nutricionales

Grieve y col., 2012



Muyen y col., 2011
Romero-Trigueros y col., 2014



RHNC

RIEGO DEFICITARIO → Mejora EUA

Estrategias de riego deficitario	Definición	Referencia
Riego suplementario o complementario	Aplicación de <u>solo 2 o 3 eventos de riego en la temporada de riego.</u>	Abd-Eel-Rahman y El-Sharkawi (1974) Lavee et al. (1990) Proietti et al. (2012)
Riego deficitario baja frecuencia (RDBF)	<u>Aplicación de riego hasta CC una vez el suelo se deja secar hasta que se consume el agua fácilmente disponible.</u>	Lavee y Wodner (1991)
Riego Deficitario Sostenido (RDS)	Una <u>fracción fija de las necesidades de agua del cultivo se aplica durante toda la temporada de riego.</u>	Goldhamer et al. (1994) Grattan et al. (2006) Ramos y Santos (2010)
Desecación Parcial Raíz (DPR)	<u>Similar a RDS, pero el agua se aplica a la mitad de la zona de la raíz y se cambia a la otra mitad</u>	Dry et al. (1995) Fernández et al. (2006)
Riego Deficitario Controlado (RDC)	Dosis de riego en <u>periodos sensibles: cubre las necesidades del cultivo</u> Dosis de riego en <u>periodos f. no sensibles: reducción o incluso supresión</u>	Chalmers et al. (1981) Goldhamer (1994) Fernández et al. (2013) Kassaye et al. (2020)

✓ **Gran demanda de cómo gestionarlo de forma más eficaz**

Agricultores de zonas infradotadas de RRHH → obligados a realizar RD

JORNADA SOBRE AGUAS REGENERADAS.
APLICACIÓN PARA EL REGADÍO.
24 abril 2025

1 Contextualización: Valoración agronómica de las aguas regeneradas utilizadas para riego.

2 Casos prácticos de estudios agronómicos en cultivos leñosos:

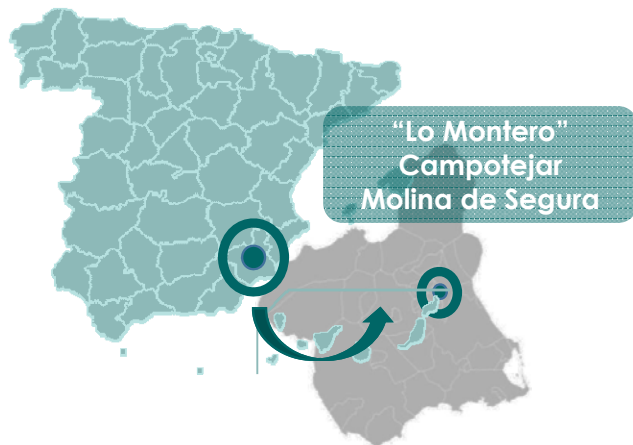
- **CÍTRICOS**

- Calidad agronómica del AR.
- Riego con AR durante todo el ciclo vegetativo. Producción.
- Riego con alternancia de fuentes de agua de distinta calidad. Producción.
- Indicadores del estado hídrico del cultivo regado con AR y umbrales de fitotoxicidad.

- **ALMENDRO Y OLIVO**

3 Proyectos de investigación y líneas futuras.





CÍTRICOS

FINCA EXPERIMENTAL

Suelo : Franco-arenoso
 Riego : Localizado, 4 goteros árbol⁻¹, 4 l h⁻¹
 Programación riego : Semanal $ET_c = ET_0 * K_c$

Mandarino Orogrande (*Citrus clementina*)
 Porta injerto : Carrizo
 Año plantación : 2000 (8 años en 2007)
 Marco : 5 x 3.5 m
 Parcela : 0.5 ha

Pomelo Star Ruby (*Citrus paradisi* Macf)
 Porta injerto : *Citrus Macrophylla*
 Año plantación : 2004 (4 años en 2007)
 Marco : 6 x 4 m
 Parcela : 0.5 ha



Mandarino



Pomelo

CÍTRICOS

FUENTES DE AGUA Y TRATAMIENTOS DE RIEGO

Agua Trasvase Tajo-Segura (AT) (TW, English)

CE $\sim 1 \text{ dS m}^{-1}$

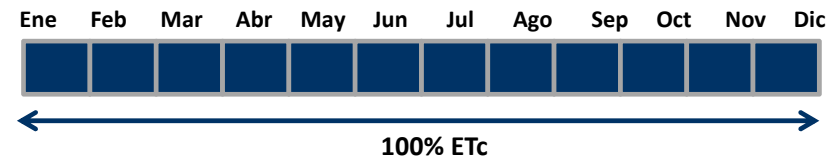


Agua EDAR Molina de Segura (AR) (RW, English)

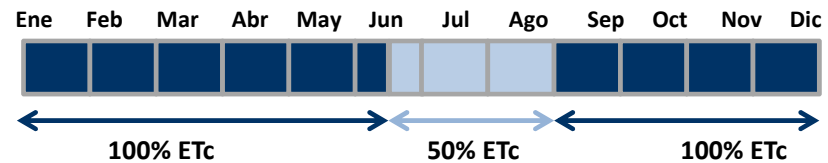
CE $> 3 \text{ dS m}^{-1}$



Control (C)
(100% ET_c)



RDC (RDI, English)
(50% ET_c)

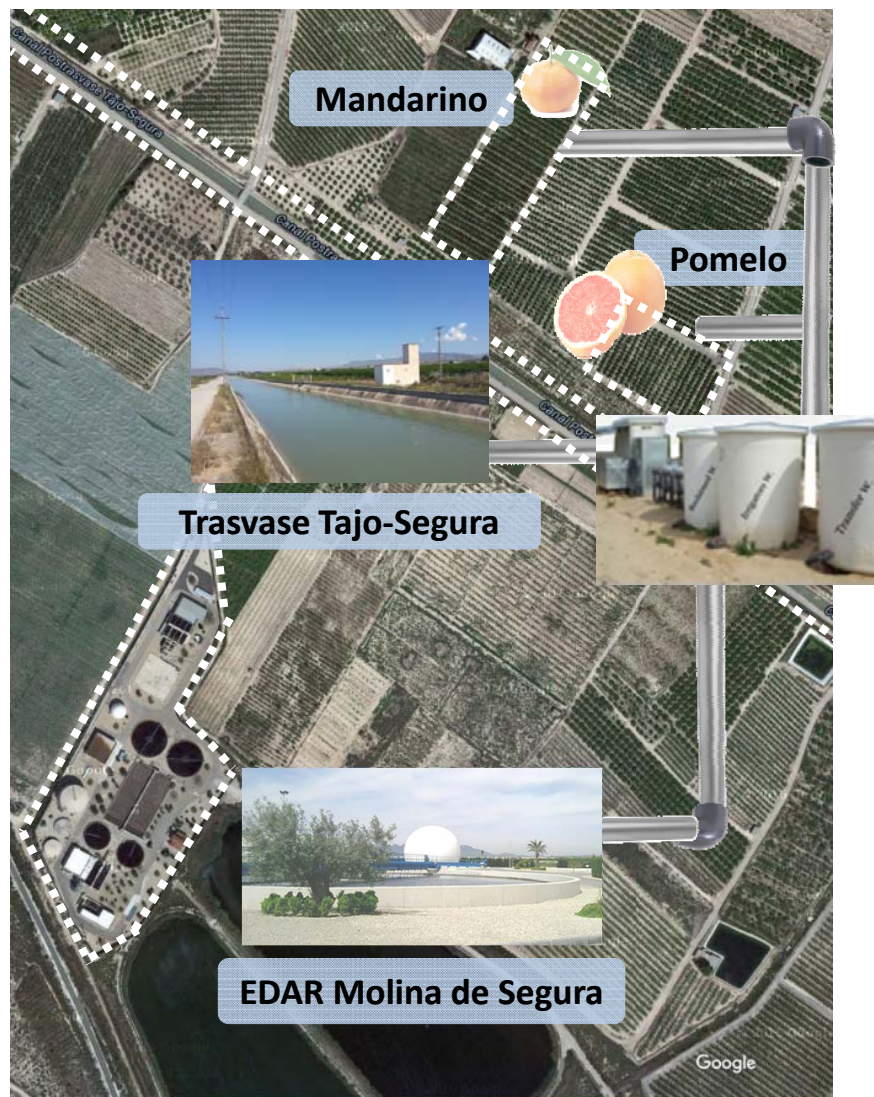


(English)
AT-C → **TW-C**
AT-RDC → **TW-RDI**
AR-C → **RW-C**
AR-RDC → **RW-RDI**

CONTROL

CÍTRICOS

DISEÑO EXPERIMENTAL



JORNADA SOBRE AGUAS REGENERADAS.
APLICACIÓN PARA EL REGADÍO.
24 abril 2025

- 1 Contextualización: Valoración agronómica de las aguas regeneradas utilizadas para riego.
- 2 Casos prácticos de estudios agronómicos en cultivos leñosos:
 - CÍTRICOS
 - Calidad agronómica del AR.
 - Riego con AR durante todo el ciclo vegetativo. Producción.
 - Riego con alternancia de fuentes de agua de distinta calidad. Producción.
 - Indicadores del estado hídrico del cultivo regado con AR y umbrales de fitotoxicidad.
 - ALMENDRO Y OLIVO
- 3 Proyectos de investigación y líneas futuras.



Análisis del agua

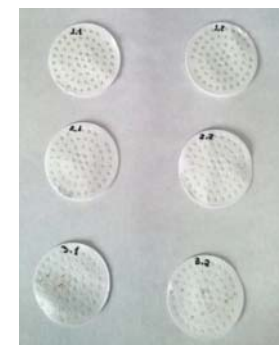
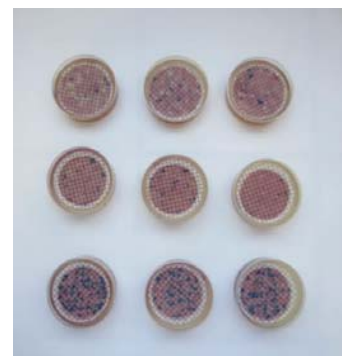
➤ Análisis físico-químicos

- Macronutrientes, micronutrientes y metales pesados
- pH
- Conductividad eléctrica
- Turbidez
- Sólidos en suspensión



➤ Análisis microbiológico

- Determinación de *E. coli*



NORMATIVA AR

CÍTRICOS

Reglamento UE 2020/741 (nuevo) → RD 1085/2024

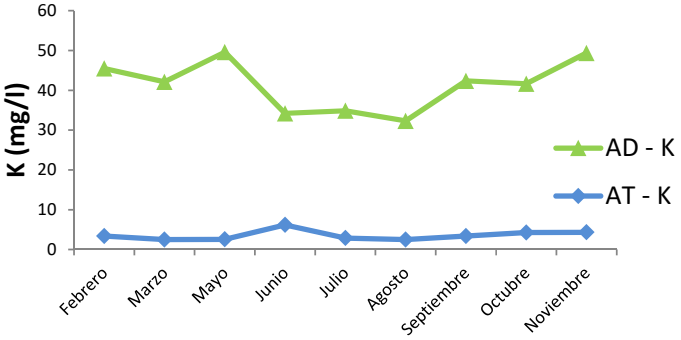
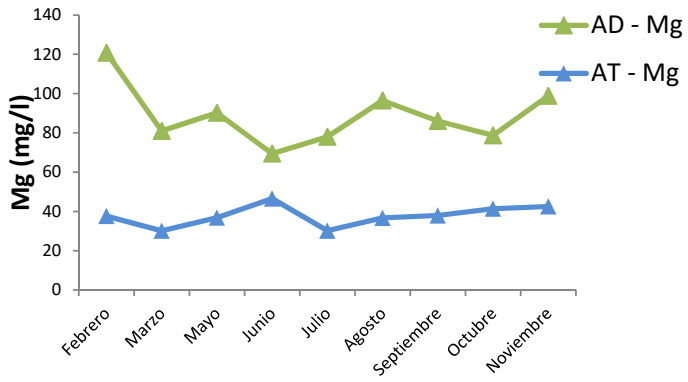
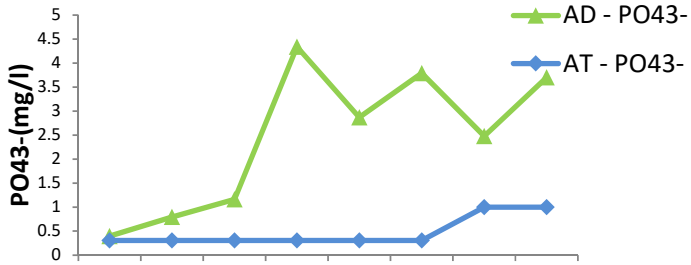
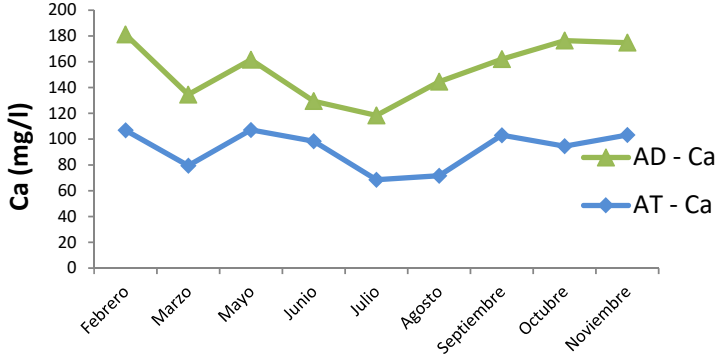
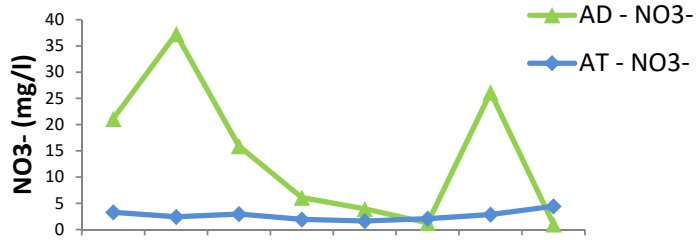
VS

Real Decreto 1620/2007 (derogado)

Reglamento UE 2020/741								RD 1620/2007				COMPARATIVA entre Reglamento UE y RD 1620/2007			
Categoría cultivo	Calidad mínima AR	Método de riego	Criterios de calidad (valores límite)					Calidad Agua/ Categoría cultivos	Valores máximos admisibles						
			E. coli (UFC/100 ml)	SST (mg/l)	Turbidez (UNT)	DBO5 (mg/l)	Otros criterios		E. coli (UFC/100 ml)	SST (mg/l)	Turbidez (UNT)		Otros criterios		
Cultivos de alimentos que se consumen crudos en los que la parte comestible está en contacto directo con las AR y tubérculos que se consumen crudos	Clase A	Todos los métodos de riego	10 (1 vez / semana)	10 (1 vez / semana)	5 (Continuo)	10 (1 vez / semana)	Legionella spp.: < 1 000 UFC/l cuando exista un riesgo de aerosolización (2 veces / mes)	2.1 a)	Riego de cultivos con sistema de aplicación del agua que permita el contacto directo del AR con las partes comestibles para alimentación humana en fresco	100 (1 vez / semana)	20 (1 vez / semana)	10 (1 vez / semana)	Legionella spp: 1000 UFC/l si riesgo aerosolización 1 huevo nemátodo/10 l (2 veces / mes)	E. Coli, SST y Turbidez más restrictivos en Reglamento UE	
Cultivos de alimentos que se consumen crudos cuando la parte comestible se produce por encima del nivel del suelo y no está en contacto directo con las AR	Clase B	Todos los métodos de riego	100 (1 vez / semana)	35	-	25*		2.3 a)	Riego localizado de cultivos leñosos que impida el contacto del AR con los frutos consumidos en la alimentación humana	10000 (1 vez / semana)	35 (1 vez / semana)	-	1 huevo nemátodo/10 l (2 veces / mes)	E. Coli más restrictivo en Reglamento EU En RD no se mencionan "cultivos sin contacto", sólo los leñosos	
	Clase C	Riego por goteo**	1000 (2 veces / mes)	35*	-	25*									
Cultivos de alimentos transformados	Clase B	Todos los métodos de riego	100 (1 vez / semana)	35*	-	25*		Nematodos intestinales (huevos de helmintos): ≤ 1 huevo/l para el riego de pastos o forraje (2 veces / mes o como determine el operador de la estación regeneradora de aguas en función del número de huevos en las aguas residuales que entran en la EDAR)	2.2 a)	Riego de productos para consumo humano con sistema de aplicación que no evita el contacto directo del AR con las partes comestibles (consumo no en fresco, sino con tratamiento posterior	1000 (1 vez / semana)	35 (1 vez / semana)	-	1 huevo nemátodo/10 l (2 veces / mes)	-E. Coli más restrictivo en Reglamento EU (solo permite por goteo con la calidad de E.Coli permitida según el RD). Habrá que bajar a 100 para cualquier tipo de riego. -El RD especifica que el sistema permite el contacto directo con partes comestibles y el Reglamento EU no.
	Clase C	Riego por goteo**	1000 (2 veces / mes)	35*	-	25*									
Cultivos no alimenticios, incluidos cultivos utilizados para alimentar a animales productores de carne o leche	Clase B	Todos los métodos de riego	100 (1 vez / semana)	35*	-	25*	2.2 b)		Riego de pastos para consumo de animales productores de leche o carne	1000 (1 vez / semana)	35 (1 vez / semana)	-	1 huevo nemátodo/10 l (2 veces / mes)	-E. Coli más restrictivo en Reglamento EU (solo permite por goteo con la calidad de E.Coli permitida según el RD). Habrá que bajar a 100 para cualquier tipo de riego	
	Clase C	Riego por goteo**	1000 (2 veces / mes)	35*	-	25*									
Cultivos destinados a la industria y a la producción de energía y de semillas	Clase D	Todos los métodos de riego	10000 (2 veces / mes)	35*	-	25*	2.3 c)		Riego de cultivos industriales no alimentarios, vivero, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas	10000 (1 vez / semana)	35 (1 vez / semana)	-	1 huevo nemátodo/10 l (2 veces / mes)	Igual RD que Reglamento EU	

*De conformidad con la Directiva 91/271/CEE (anexo I, cuadro 1). ** u otro método de riego que evite el contacto directo con la parte comestible.

APORTES NUTRICIONALES DEL AGUA DE RIEGO



ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL AGUA DE RIEGO

A. TRASVASE	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiemb	Octubre	Noviemb	Diciemb	Promedio
C.E (dS/m)	1,1	0,9	0,9	1,2	1,2	1,1	0,7	1,3	1,2	0,9	0,9	0,9	1,0
pH	8,3	8,6	8,2	8,4	8,4	8,5	8,1	8,2	8,2	8,1	8,1	8,1	8,3
Sólidos Suspensión (mg/L)	60,7	159,8	322,8	30,5	32,5	29,4	237,0	36,5	19,7	12,0	46,0	39,0	85,5
Turbidez (UNT)	31,0	113,0	157,0	18,7	17,6	16,9	130,0	18,9	11,0	4,7	23,0	19,0	46,7
E.Coli (UFC/100 mL)	220,0	189,0	152,0	174,0	135,0	166,0	150,0	155,0	39,0	140,0	> 300	229,0	159,0

SÓLIDOS SUSPENSIÓN

Calidad 2.3: Límite = 35 ppm

Clase C: Límite = 35 ppm

TURBIDEZ

Calidad 2.3: No se fija

Clase C: No se fija

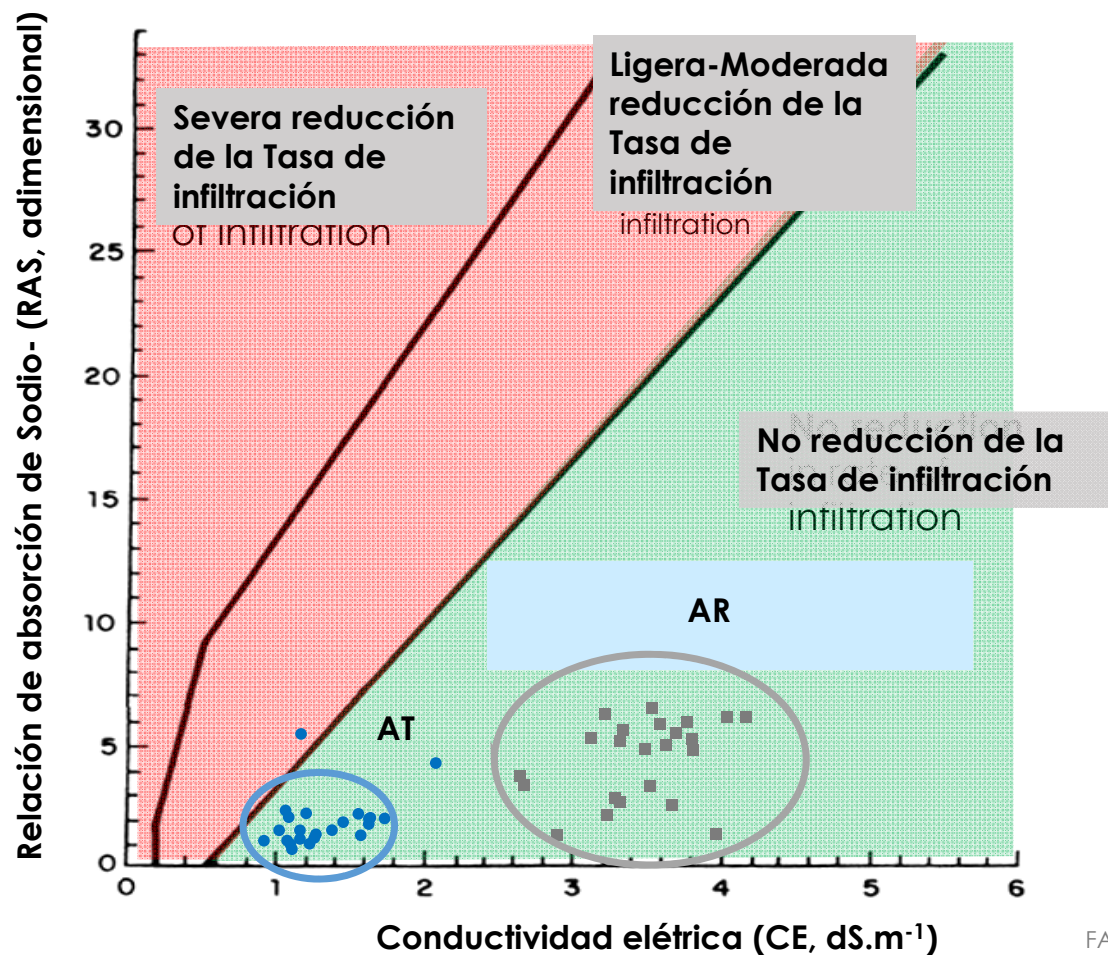
E-Coli

Calidad 2.3: Límite=10.000 UFC / 100 mL

Clase C: Límite = 1.000 UFC / 100 mL

A. REGENERADA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiemb	Octubre	Noviemb	Diciembre	Promedio
C.E (dS/m)	3,4	3,0	3,2	2,9	2,8	2,5	2,6	2,4	2,2	2,5	2,1	2,7	2,7
pH	7,7	7,8	7,1	7,9	8,0	8,0	7,9	8,1	8,2	7,8	7,7	7,9	7,8
SS (mg/L)	3,0	1,3	0,8	3,1	2,3	2,6	0,7	1,5	1,0	9,0	6,1	1,5	2,7
Turbidez (NTU)	0,0	0,0	0,1	0,7	0,8	0,6	1,1	0,9	0,9	3,0	1,6	0,9	0,9
E.Coli (UFC/100 mL)	36,0	46,0	51,0	86,0	74,0	64,0	5,0	40,0	7,0	80,0	125,0	75,0	57,4

Los **procesos de salinización/sodificación** en suelo afectan directamente a los cultivos al destruir la estructura del suelo (infiltración, aireación, resistencia mecánica).



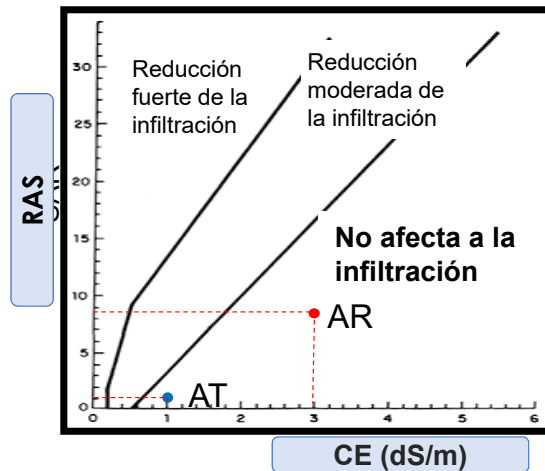
FAO, 1989

Reto: Necesidad de una nueva relación de cationes

- ❑ Aumento de concentraciones elevadas de K en el suelo por el uso de AR
- ❑ Los **criterios tradicionales de la RAS (Na, Mg y Ca) deben ser reemplazados por CROSS (K, Na, Mg y Ca)**, que explica con > precisión las contribuciones dispersivas del K y el poder de floculación reducido del Mg.

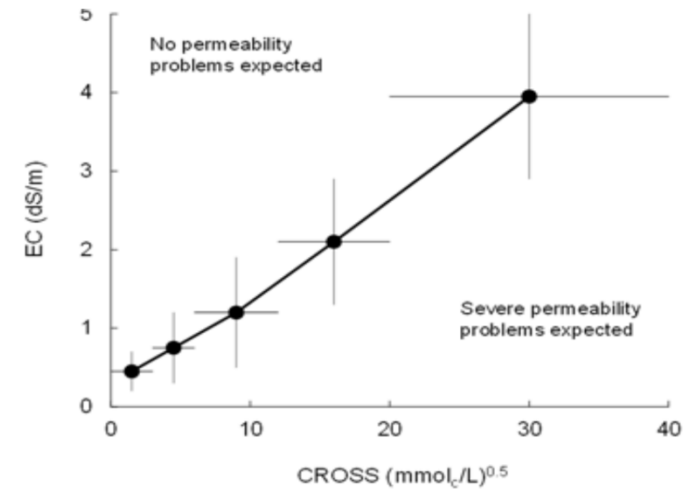
Relación de Absorción de Sodio

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$



Ratio de cationes de estabilidad estructural del suelo (CROSS)

$$CROSS = \frac{(Na^+ + 0.56K^+)}{\sqrt{\left[\frac{Ca^{++} + 0.6Mg^{++}}{2}\right]}}$$



JORNADA SOBRE AGUAS REGENERADAS.
APLICACIÓN PARA EL REGADÍO.
24 abril 2025

- 1 **Contextualización: Valoración agronómica de las aguas regeneradas utilizadas para riego.**
- 2 **Casos prácticos de estudios agronómicos en cultivos leñosos:**
 - CÍTRICOS
 - Calidad agronómica del AR.
 - **Riego con AR durante todo el ciclo vegetativo. Producción.**
 - Riego con alternancia de fuentes de agua de distinta calidad. Producción.
 - Indicadores del estado hídrico del cultivo regado con AR y umbrales de fitotoxicidad.
 - ALMENDRO Y OLIVO
- 3 **Proyectos de investigación y líneas futuras.**





Pomelo (Macrophylla) es más sensible al estrés hídrico que al estrés salino del AR

Mandarino (Carrizo Citrange) es más sensible a la salinidad que al estrés hídrico

JORNADA SOBRE AGUAS REGENERADAS.
APLICACIÓN PARA EL REGADÍO.
24 abril 2025

1 Contextualización: Valoración agronómica de las aguas regeneradas utilizadas para riego.

2 Casos prácticos de estudios agronómicos en cultivos leñosos:

- **CÍTRICOS**

- Calidad agronómica del AR.
- Riego con AR durante todo el ciclo vegetativo. Producción.
- **Riego con alternancia de fuentes de agua de distinta calidad. Producción.**
- Indicadores del estado hídrico del cultivo regado con AR y umbrales de fitotoxicidad.

- **ALMENDRO Y OLIVO**

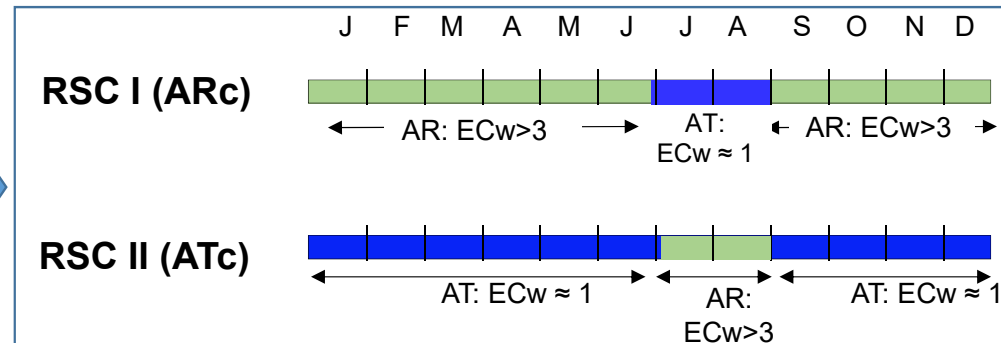
3 Proyectos de investigación y líneas futuras.



ALTERNANCIA DE FUENTES

2 Tratamientos NUEVOS (2013-Actualmente) Riego Salino Controlado (RSC)

100% ET_c



ACUMULACIÓN DE SALES EN EL SUELO

Mandarino

		Invierno			Verano		
		CE _s	RAS _s	CROSS _s	CE _s	RAS _s	CROSS _s
2013-2018	AT-C	1,5±0,1a	3,0±0,3a	3,7±0,5a	1,6±0,1a	3,0±0,2a	3,6±0,2a
	AR-C	2,9±0,4b	5,1±0,5b	6,1±0,7b	3,0±0,5b	6,8±0,6c	8,3±0,7d
	RSC I (ARc)	1,8±0,2a	2,9±0,3a	3,9±0,4a	2,9±0,1b	5,4±0,6b	6,2±0,6b
	RSC II (ATc)	3,1±0,4b	6,1±0,7b	7,2±0,8b	2,6±0,6b	4,8±0,2b	5,5±0,8b

Pomelo

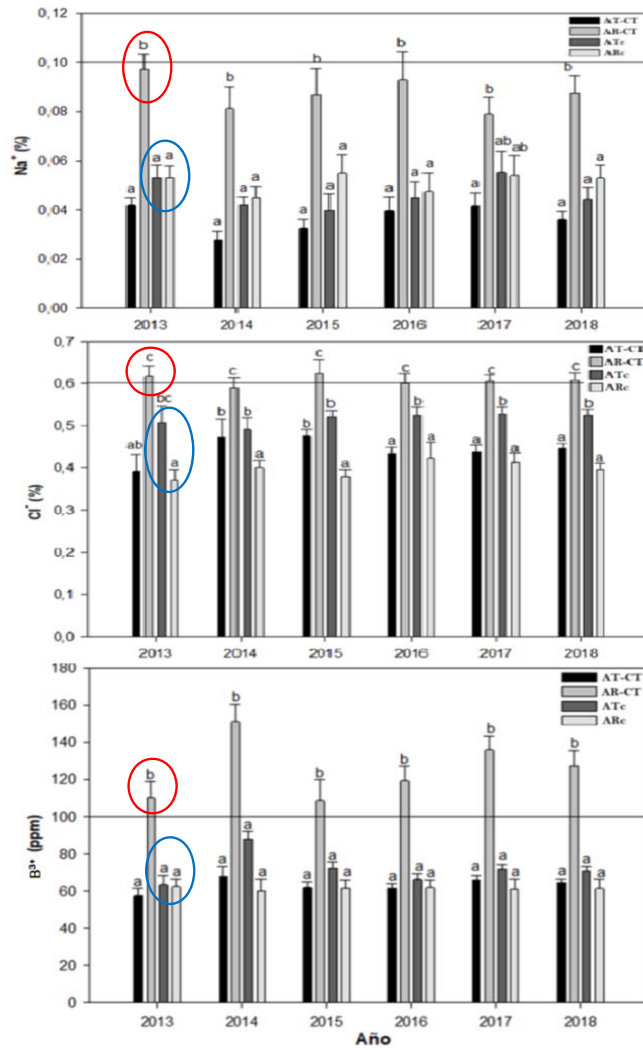
		Invierno			Verano		
		CE _s	RAS _s	CROSS _s	CE _s	RAS _s	CROSS _s
2013-2018	AT-C	1,6±0,1a	2,1±0,1a	2,7±0,1a	2,3±0,1a	5,3±0,2a	6,0±0,2a
	AR-C	3,4±0,1c	4,4±0,2c	5,7±0,2c	3,9±0,1c	7,8±0,2d	9,1±0,3d
	RSC I (ARc)	2,0±0,1b	3,5±0,1b	4,3±0,1b	4,4±0,1d	7,0±0,2c	8,2±0,2c
	RSC II (ATc)	3,6±0,1c	7,5±0,1d	9,1±0,2d	2,7±0,1b	5,9±0,2b	7,2±0,2b

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

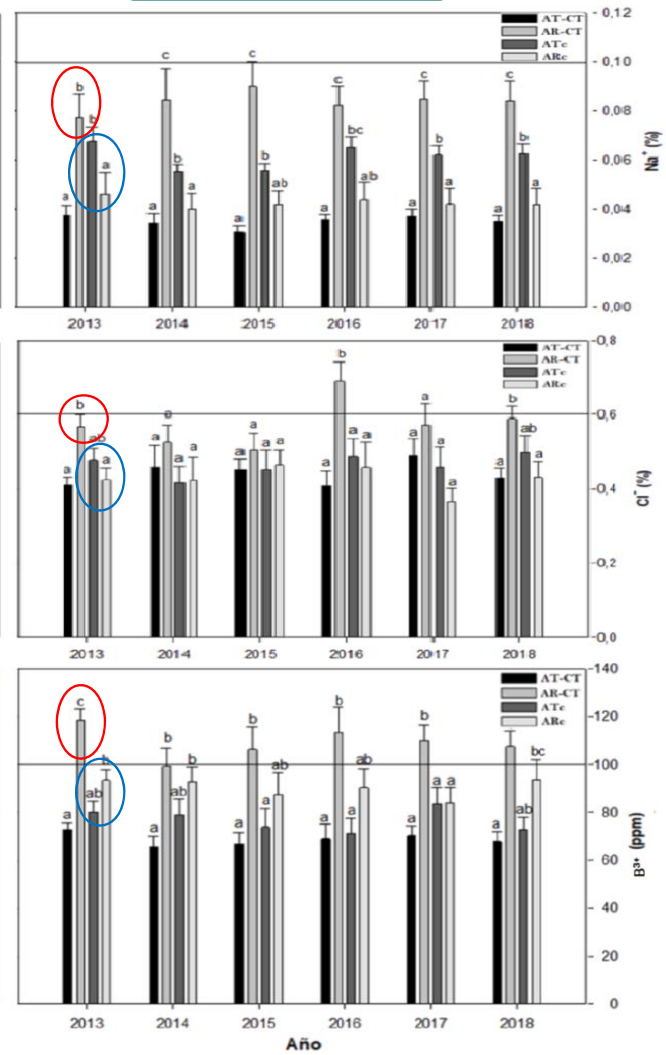
$$CROSS = \frac{(Na^+ + 0.56K^+)}{\sqrt{\left[\frac{Ca^{++} + 0.6Mg^{++}}{2}\right]}}$$

ELEMENTOS FITOTÓXICOS EN HOJA

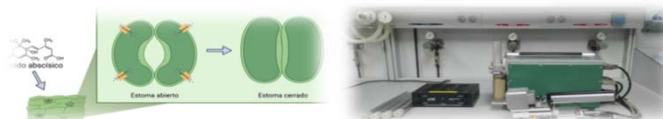
Mandarino



Pomelo



INTERCAMBIO GASEOSO



Mandarino

Junio

Septiembre

		A	g_s	EUA	A	g_s	EUA
2013-2018	AT-C	5,6±0,3b	0,06±0,004ns	102,5±4,9ns	9,5±0,2c	0,09±0,002b	106,3±3,9ns
	AR-C	4,4±0,3a	0,05±0,003	94,6±4,7	7,8±0,2a	0,08±0,003a	107,2±4,8
	ATc	5,3±0,2b	0,06±0,002	103,1±4,5	8,7±0,2b	0,10±0,003b	101,1±5,4
	ARc	5,3±0,3b	0,05±0,003	110,2±3,3	10,1±0,2d	0,11±0,004c	97,9±6,9

Pomelo

Junio

Septiembre

		A	g_s	EUA	A	g_s	EUA
2013-2018	AT-C	9,0±0,7bc	0,13±0,1b	93,6±6,7ns	12,2±0,4a	0,14±0,1ab	89,0±3,1a
	AR-C	7,6±0,7ab	0,09±0,1a	93,7±6,1	12,0±0,4a	0,13±0,1a	102,0±2,2c
	ATc	7,0±0,4a	0,08±0,1a	102,0±3,3	15,0±0,2b	0,16±0,1b	97,9±1,2b
	ARc	7,4±0,5ab	0,09±0,1a	98,8±4,6	14,0±0,2b	0,15±0,1b	96,4±1,0b

JORNADA SOBRE AGUAS REGENERADAS.
APLICACIÓN PARA EL REGADÍO.
24 abril 2025

- 1 **Contextualización: Valoración agronómica de las aguas regeneradas utilizadas para riego.**
- 2 **Casos prácticos de estudios agronómicos en cultivos leñosos:**
 - **CÍTRICOS**
 - Calidad agronómica del AR.
 - Riego con AR durante todo el ciclo vegetativo. Producción.
 - Riego con alternancia de fuentes de agua de distinta calidad. Producción.
 - **Indicadores del estado hídrico del cultivo regado con AR y umbrales de fitotoxicidad.**
 - **ALMENDRO Y OLIVO**
- 3 **Proyectos de investigación y líneas futuras.**



Caracterización cultivo



Planta



Parcela

(ESCALADO TAMAÑO DE FINCA)

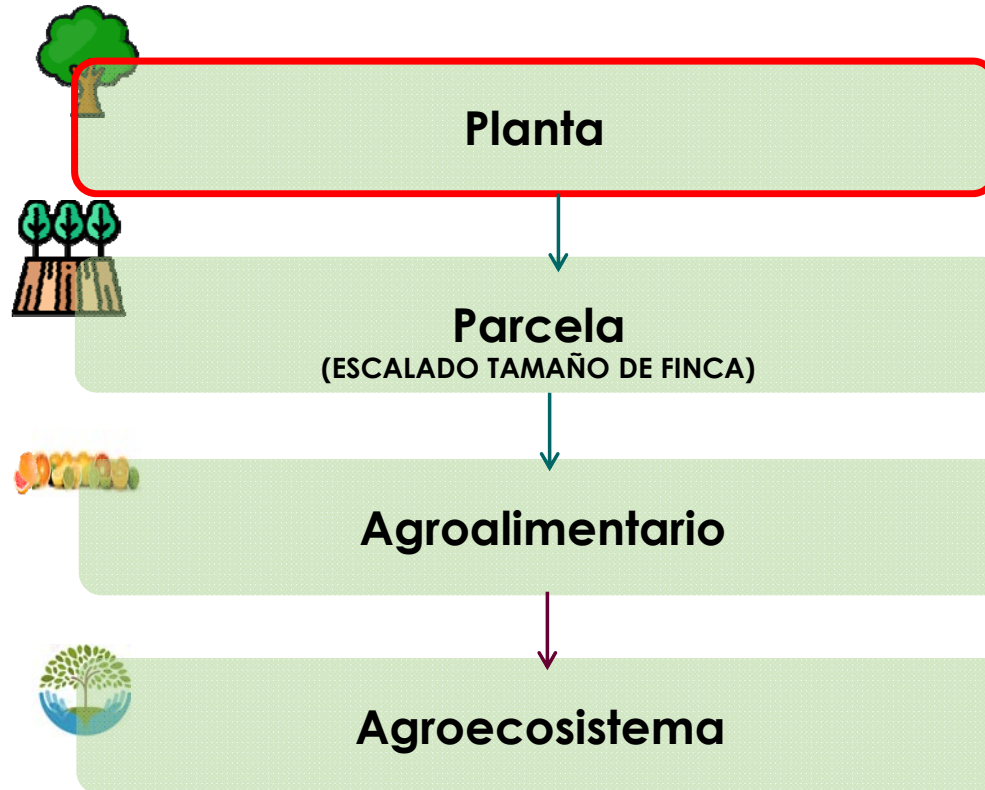


Agroalimentario



Agroecosistema

Caracterización cultivo



INDICADORES FISIOLÓGICOS



Equipo portátil de fotosíntesis
(LI-6800 Li-Cor)

Intercambio gaseoso (A , g_s)



Cámara de presión
(Modelo 3000, Soil Moisture Equipment)

Potencial hídrico tallo (Ψ_s)

Scholander et al. (1965) y Shackel et al. (1997)



$$\Psi_p = \Psi_s - \Psi_\pi$$

Gucci et al. (1991)

Osmómetro de
presión de vapor
(WESCOR 5520)

Potencial osmótico (Ψ_π) y presión (Ψ_p)



Medidor de área
(LI-3100 Leaf Meter, Li-Cor)

Estructura foliar
(peso fresco y seco, área)

PEF

AEF

$N_{\text{área}}$



Espectrofotómetro
(Thermo Spectronic)

Inskeep and Bloom (1985)

Clorofila (a, b y T):



CI Metrohm

LecoTruSpec

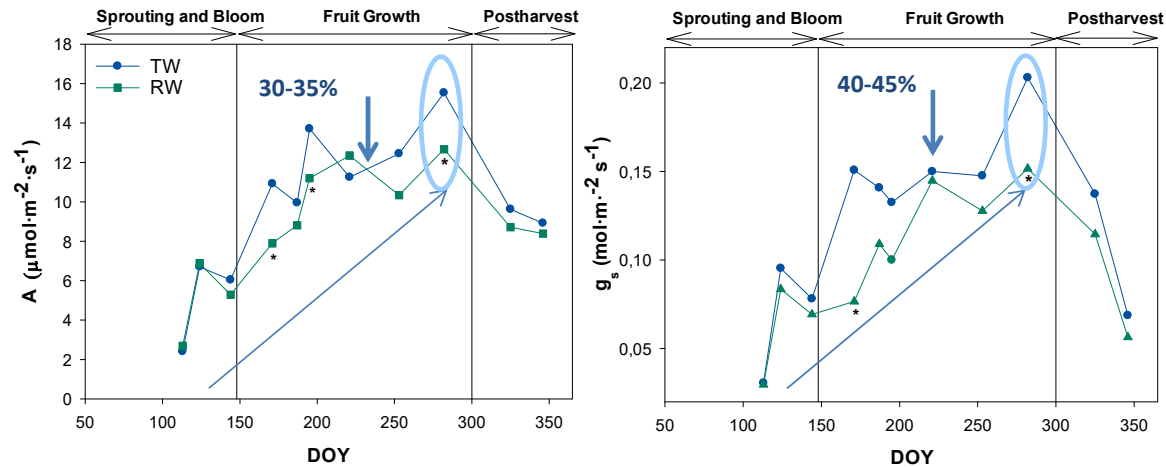
ICP-iCAP

Estado nutricional

Servicio
Ionómicas
CEBAS-CSIC
Aniones (Cl),
elementos totales
(Na, B), análisis
elemental (N)

1. INTERCAMBIO GASEOSO FOLIAR Y POTENCIAL HÍDRICO DE TALLO

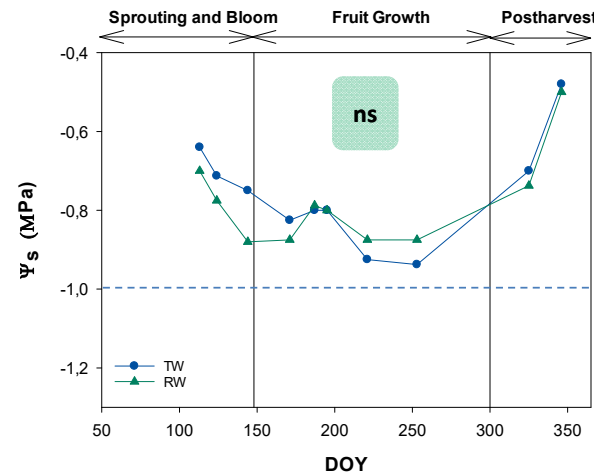
Intercambio gaseoso



AR: $< g_s$ --- Na, Cl, y B
 Melgar (2008)
 Hussain et al. (2012)

EUA → Pomelo es
 tolerante a la salinidad

Potencial hídrico tallo (Ψ_s)

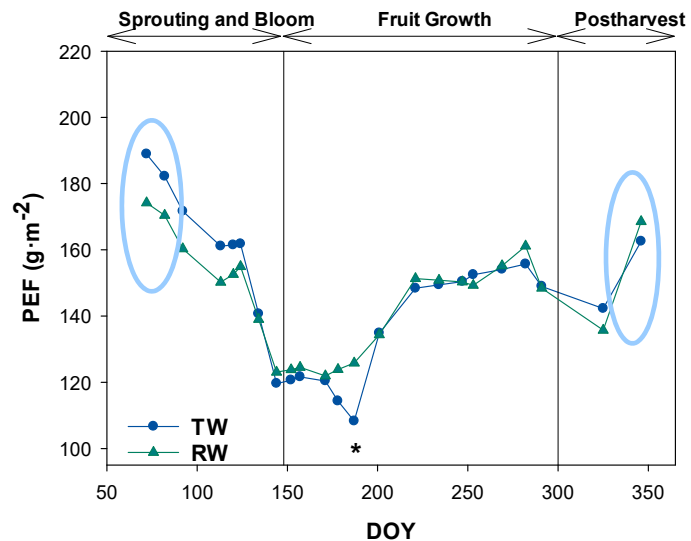


AR reduce la fracción disponible de
 agua → raíz estrés osmótico y
 toxicidad iónica → limitó la g_s y la
 disminución del Ψ_s .
 Mounzer et al. (2013)

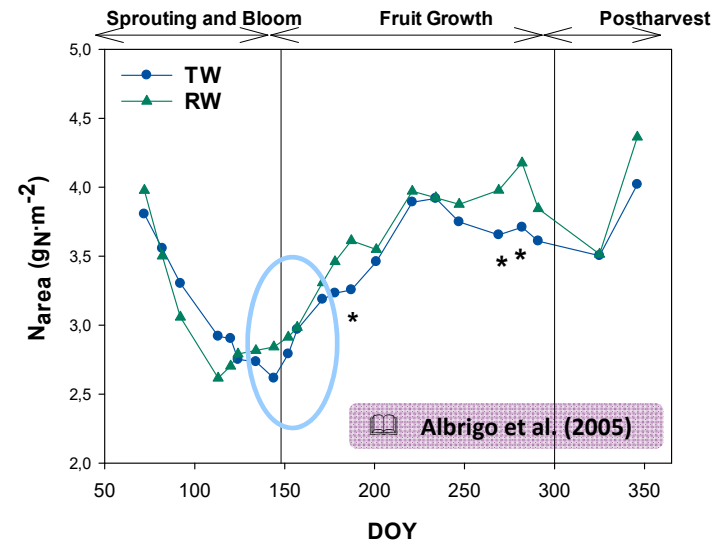
Indicador no adecuado

2. ESTRUCTURA FOLIAR

RESULTADOS PUBLICACIÓN Nº 1



Periodo acumulación carbohidratos



Translocación del N a los nuevos brotes

Egea et al. (2009)

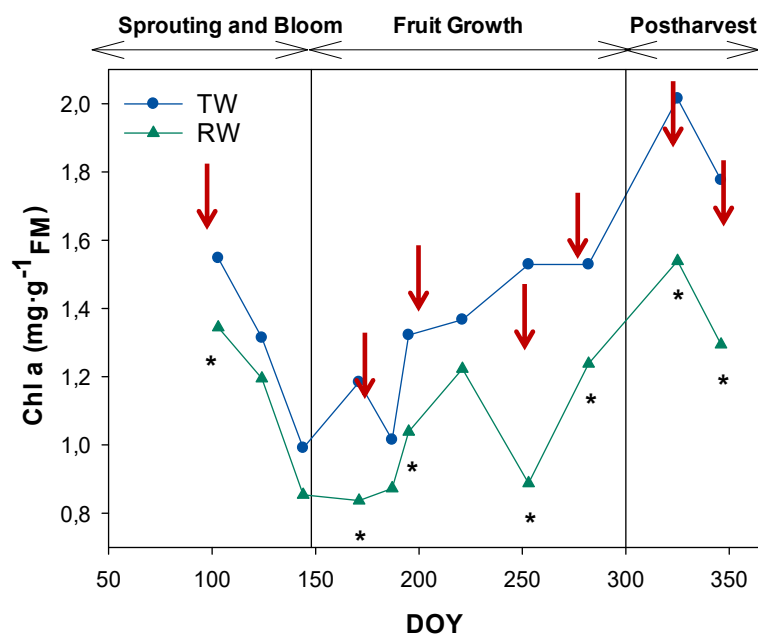
Tejido foliar del pomelo juega un papel clave como órgano de reserva de asimilados

ns



Indicador no adecuado

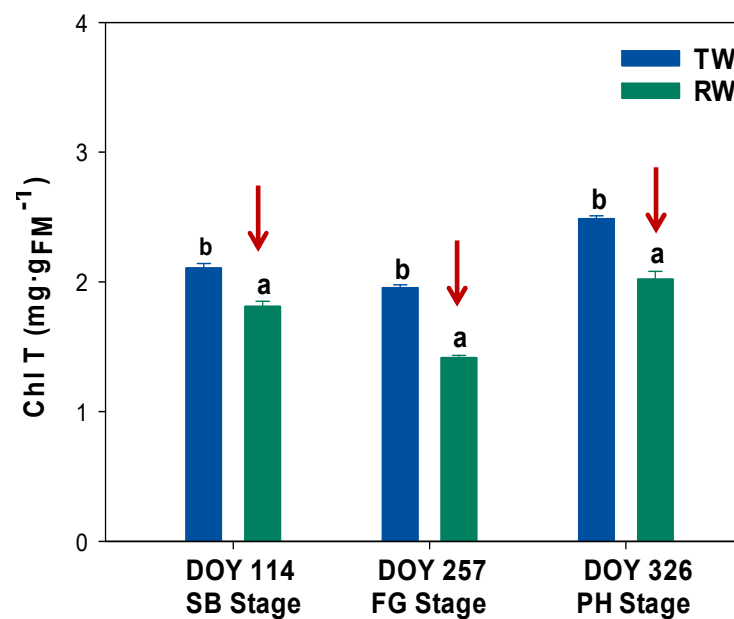
2. ESTRUCTURA FOLIAR



Reducción Intercambio gaseoso

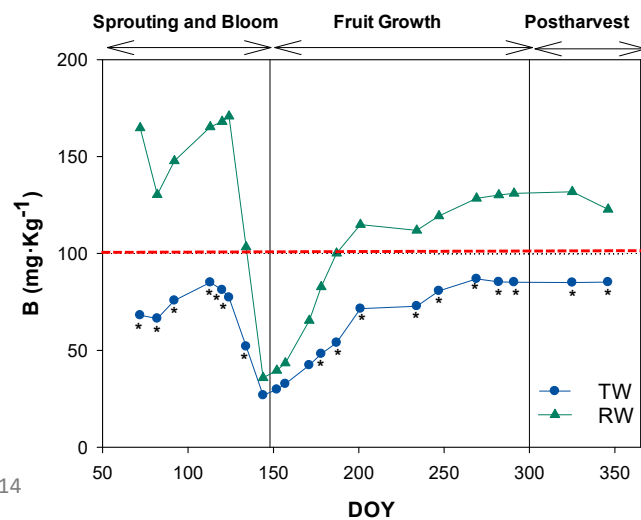
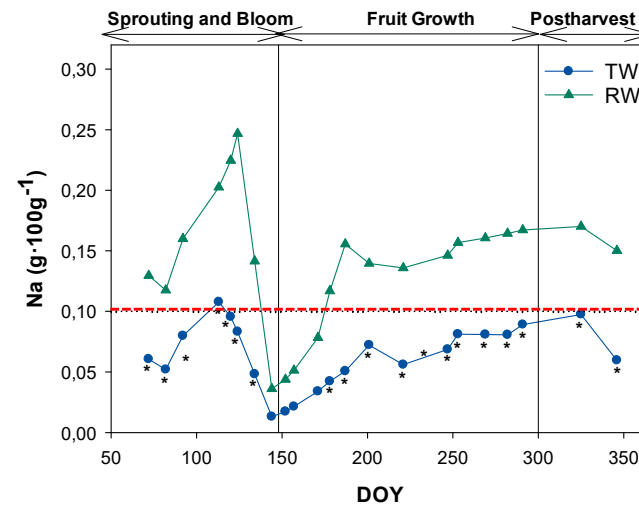
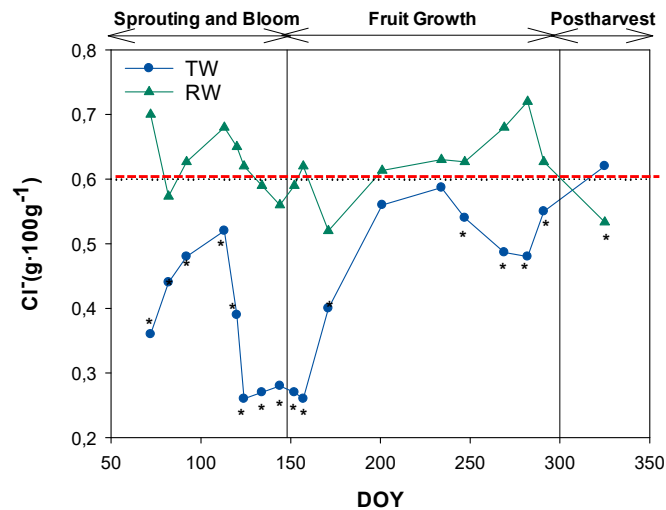
Levy y Syvertsen (2004)

Papadakis et al. (2004a,b)



Idoneidad de la medida de Chl foliar como indicador de sostenibilidad/diagnóstico del estrés salino en cítricos regados con AR

3. ELEMENTOS FITOTÓXICOS (UMBRALES DE SALINIDAD FOLIAR)



Disparidad umbrales fitotóxicos:

- 📖 Grattan (2013)
- 📖 Emblenton et al. (1973)
- 📖 Labanauskas y Bitters (1974)

Umbrales fitotóxicos

Cl⁻: 0.6 g·100g⁻¹

Na: 0.1 g·100g⁻¹

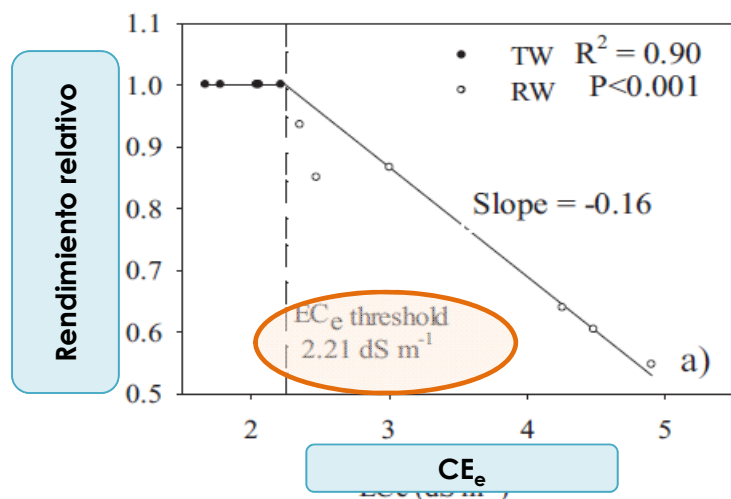
B: 100 ppm

Romero-Trigueros et al. (2014)



4. UMBRALES DE SALINIDAD EN SUELO PARA CÍTRICOS

(Nivel de salinidad del suelo a partir de los cuales, la producción puede reducirse)

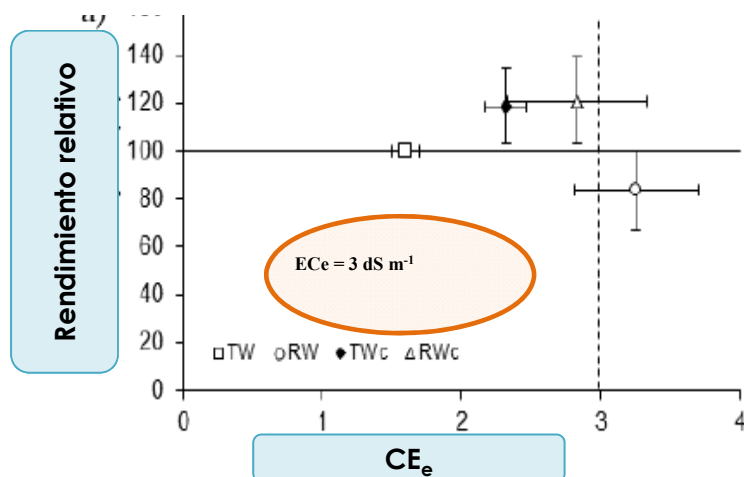


Con AR durante todo el ciclo:

$CE_e: 2,21 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$

Nicolás et al., 2016

Aprox. a:
1,7 dS/m
(Ayers y Westcot)

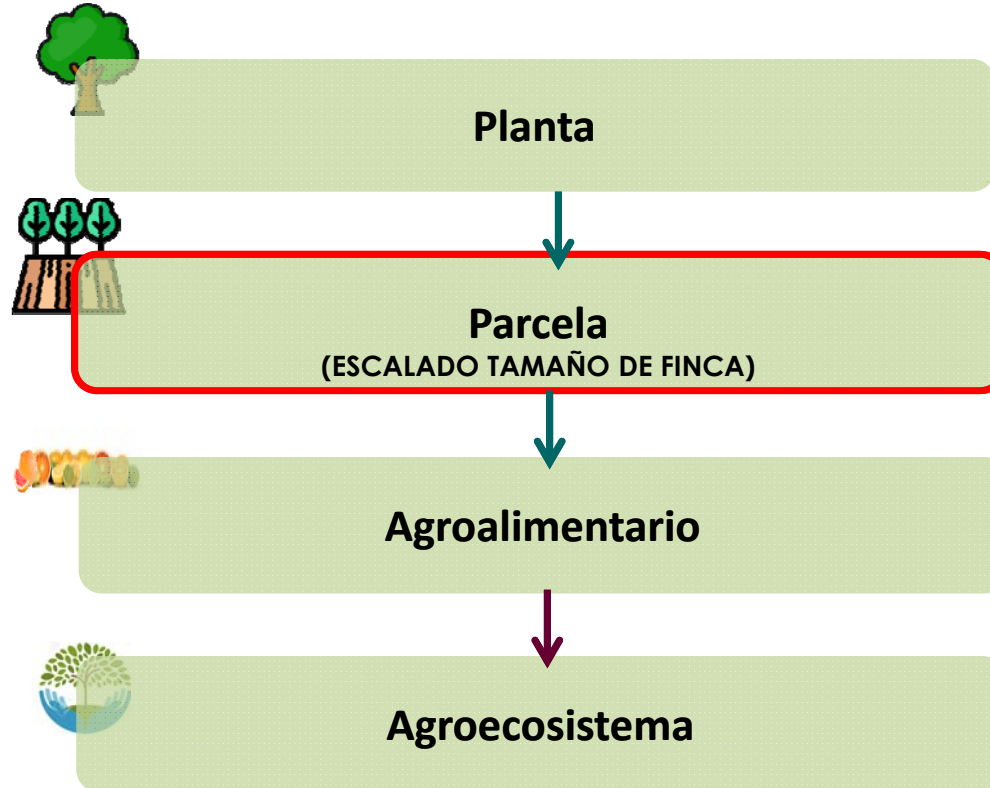


Con alternancia de fuentes de agua (AT y AR)
en el mismo ciclo:

$CE_e: 3 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$

Romero-Trigueros et al. 2024

Caracterización cultivo



1. TELEDETECCIÓN

La adquisición de la respuesta espectral del dosel vegetal con técnicas de control remoto es un método:

Rápido y no destructivo que determina las señales de estrés de un cultivo

Útil y económico comparado con técnicas basadas en el muestreo foliar más laboriosas y que consumen más tiempo

Se basa en la reflectancia de longitudes de onda:
Banda espectral del visible (R)
Banda espectral no visible (NIR)

Índice de vegetación diferencial normalizado
 $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$

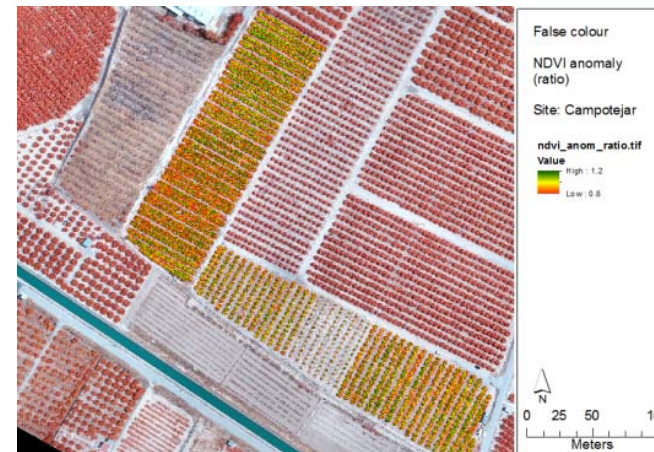
Validar con datos reales a nivel de hoja

📖 Berni et al., 2009b; Contreras et al., 2014; González-Dugo et al., 2013, 2015; Zarco-Tejada et al., 2012



R (600-700 nm) ↓ → ↑ Clorofila

NIR (700-900 nm) ↑ → ↑ Pared celular



1. TELEDETECCIÓN

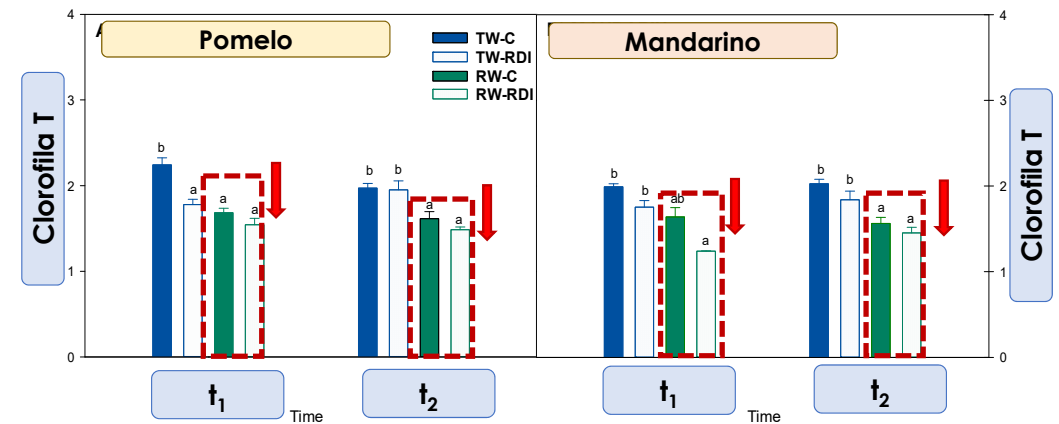
Objetivo: Evaluar los efectos del riego AR y RDC → **Teledetección** • ¿Validar uso con medidas conv. foliares?

Resultados:

Medidas foliares

❑ AR reduce significativamente la Chl T

✓ Chl T: Mejor indicador estrés salino
Cítricos con AR



❑ Mandarino: AR → ajuste osmótico → Δ Turgor foliar_(a medio día-DPV)

Mandarino (t ₂)		
	ψ_{π}	ψ_p
AT-C	-1.73±0.03 b	0.83±0.04 a
AT-RDC	-1.64±0.08 b	0.79±0.03 a
AR-C	-1.85±0.05 a	1.06±0.04 b
AR-RDC	-1.80±0.01 a	1.04±0.05 b



Romero-Trigueros C et al., 2017

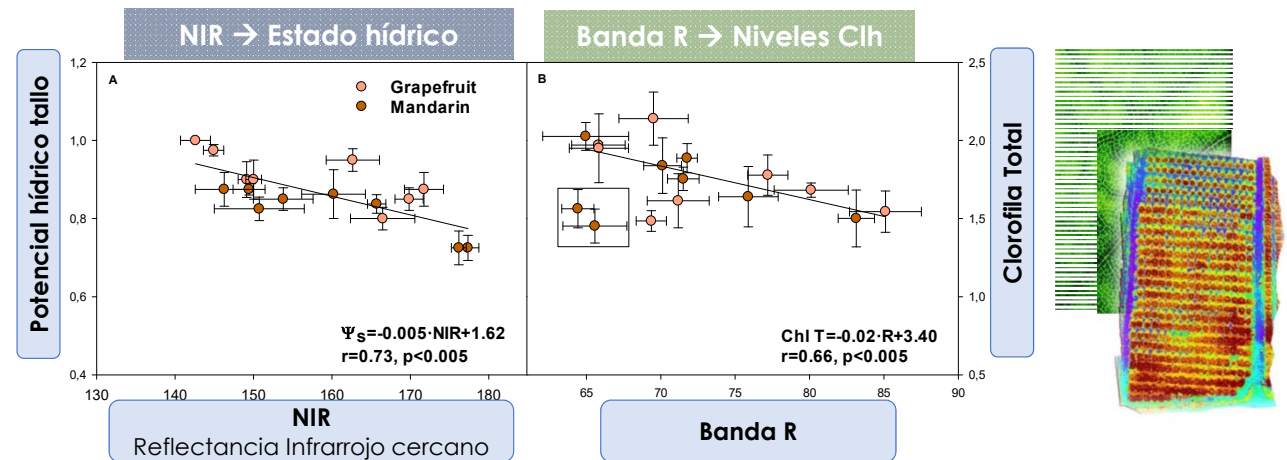
1. TELEDETECCIÓN

CORRELACIONES ENTRE INDICADORES ESPECTRALES Y MEDIDAS EN PLANTA PARA AMBOS CULTIVOS

Resultados:

Medidas multispectrales

- ☐ Sí reflejaron cambios fisiológicos medidos a nivel foliar
- ☐ NIR y R: mejores indicadores



Impacto:

- ☒ **Teledetección UAV validada** como herramienta efectiva para estimar Chl (papel clave Clh como indicador estrés) a $\neq$ horas del día.

2. TERMORADIÓMETROS



Article

Determination of Crop Water Stress Index by Infrared Thermometry in Grapefruit Trees Irrigated with Saline Reclaimed Water Combined with Deficit Irrigation

Cristina Romero-Trigueros ^{1,*}, José María Bayona Gambín ², Pedro Antonio Nortes Tortosa ², Juan José Alarcón Cabañero ² and Emilio Nicolás Nicolás ²

Romero-Trigueros et al., 2019

Remote Sens. **2019**, *11*, 757; doi:10.3390/rs11070757

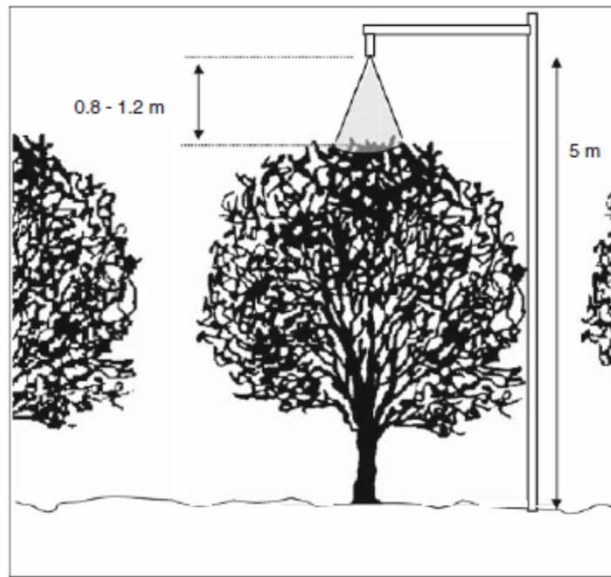


Fig. 1 Mounting position of the infrared thermometers over the trees

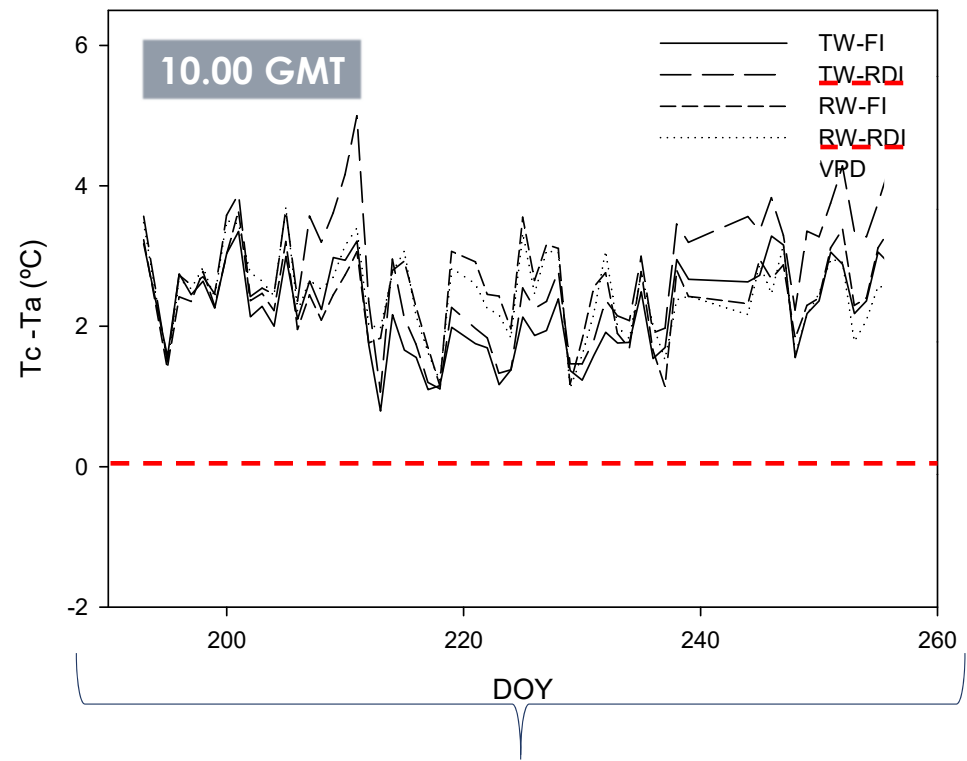
Tª DOSEL VEGETAL



2. TERMORADIÓMETROS



Tª COPA – Tª AIRE

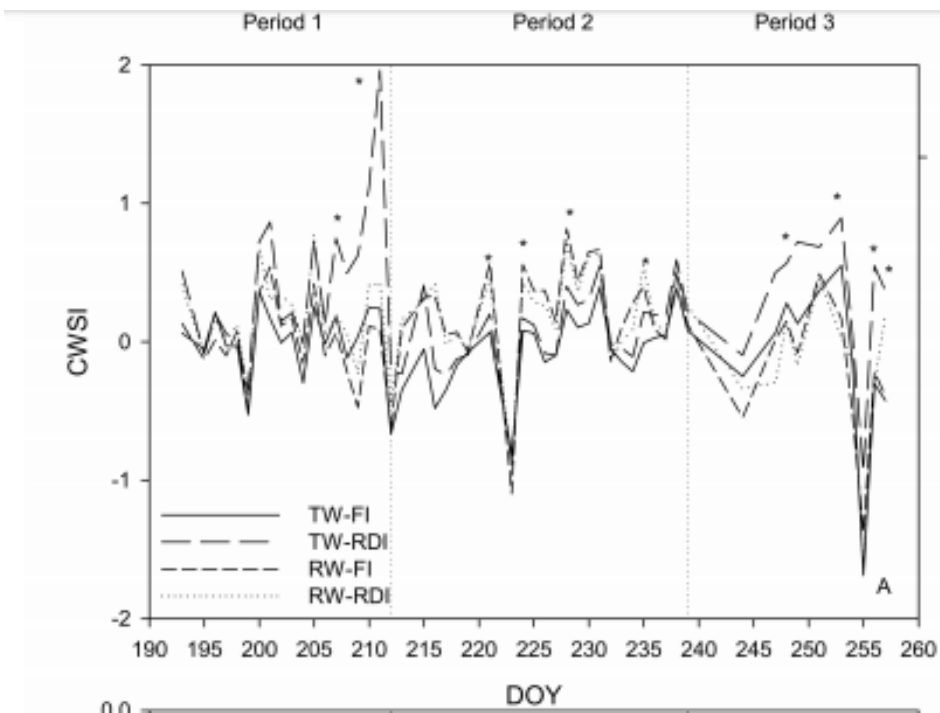


Periodo RDC

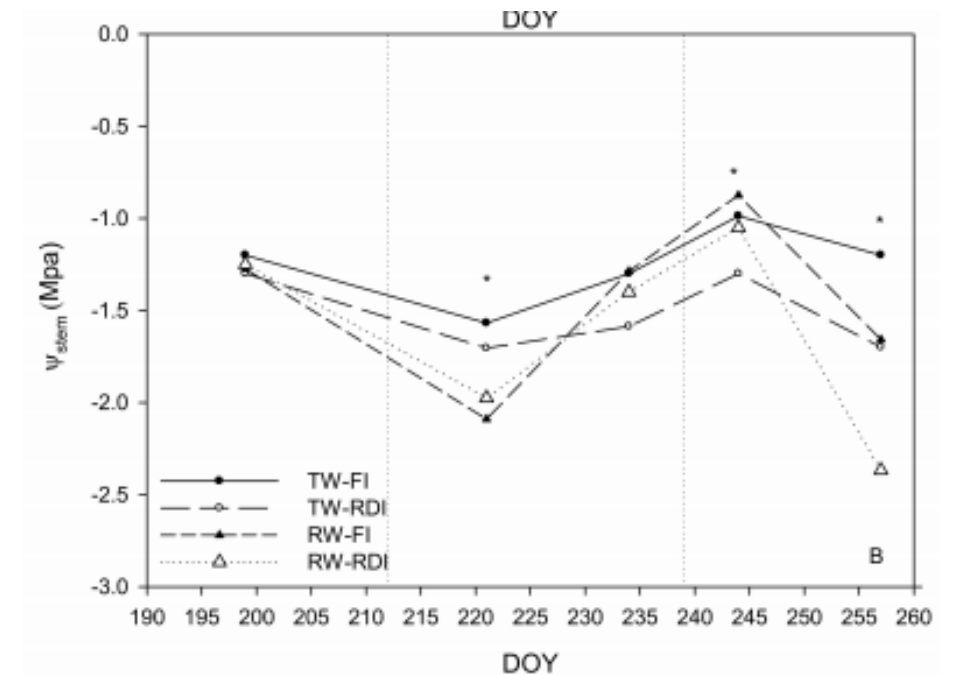
2. TERMORADIÓMETROS

Crop Water Stress Index (CWSI)

$$CWSI = \frac{(T_c - T_a) - (T_c - T_a)_{LL}}{(T_c - T_a)_{UL} - (T_c - T_a)_{LL}}$$



Potencial hídrico tallo



2. TERMORADIÓMETROS

Indicadores térmicos	Slope (a)	Intercept (b)	R	P
Tc versus Ψ_{stem}	−0.15	3.56	0.57	<0.005
Tc-Ta versus Ψ_{stem}	−0.33	−0.64	0.63	<0.005
CWSI versus Ψ_{stem}	−0.65	−1.47	0.74	<0.005
CWSI versus Tc-Ta	+0.97	2.41	0.51	<0.01



2. TERMORADIÓMETROS

ANTECEDENTES:

✓ **Potencial hídrico tallo (Ψ_{stem}):** estimado mediante IRT
(Correlaciones significativas índices termometría infrarroja vs g_s)
Romero-Trigueros et al. (2019) Q1

✓ **Conductancia estomática (g_s):** mejor indicador estado hídrico
(Pomelo: comportamiento isohídrico)
Romero-Trigueros et al. (2021) Q1

Objetivos: i) Evaluar utilidad de Termometría infrarroja (IRT) para estimar la g_s en pomelo regados con AR y RDC

2 ciclos vegetativos



□ Índices térmicos: T_c , $T_c - T_a$, CWSI
$$CWSI = \frac{(T_c - T_a) - (T_c - T_a)_{LL}}{(T_c - T_a)_{UL} - (T_c - T_a)_{LL}}$$

Estimar

□ Conductancia estomática (g_s)

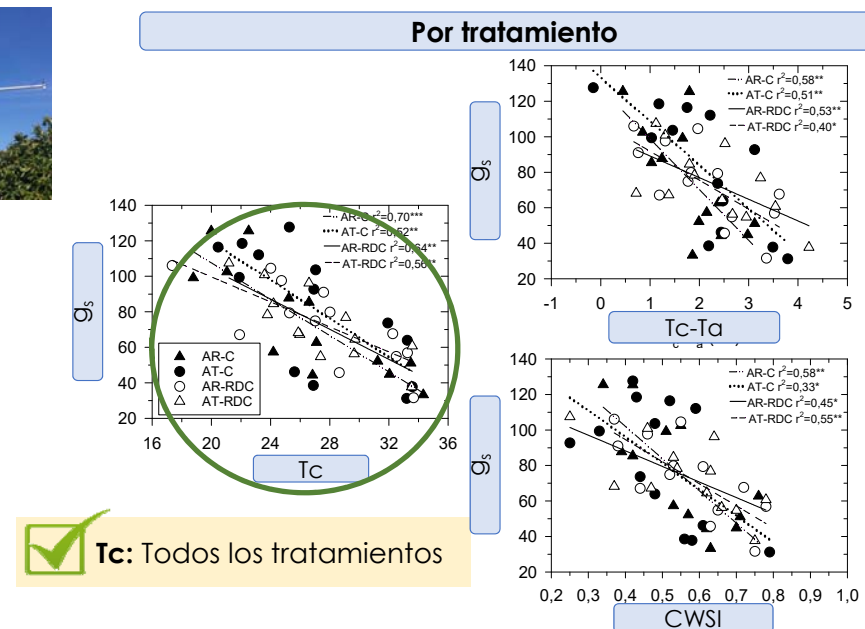
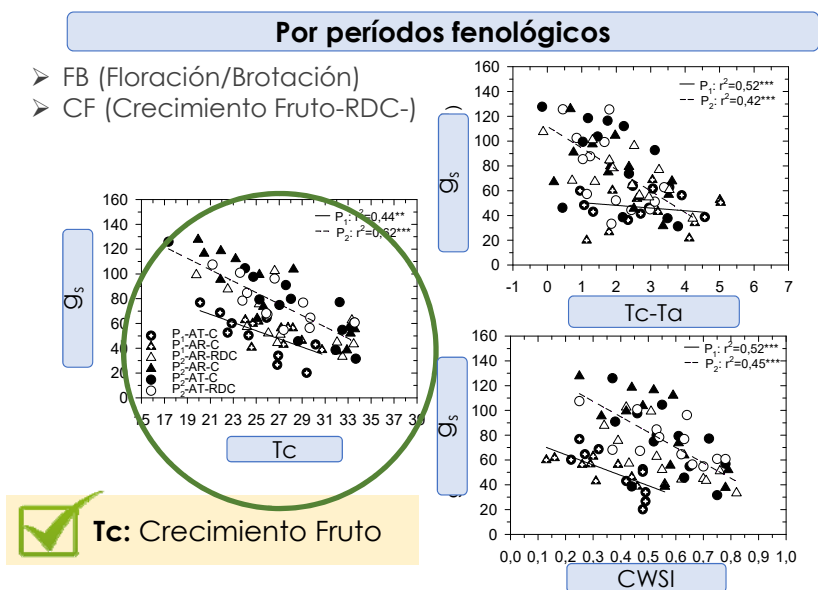


Equipo de fotosíntesis portátil



2. TERMORADIÓMETROS

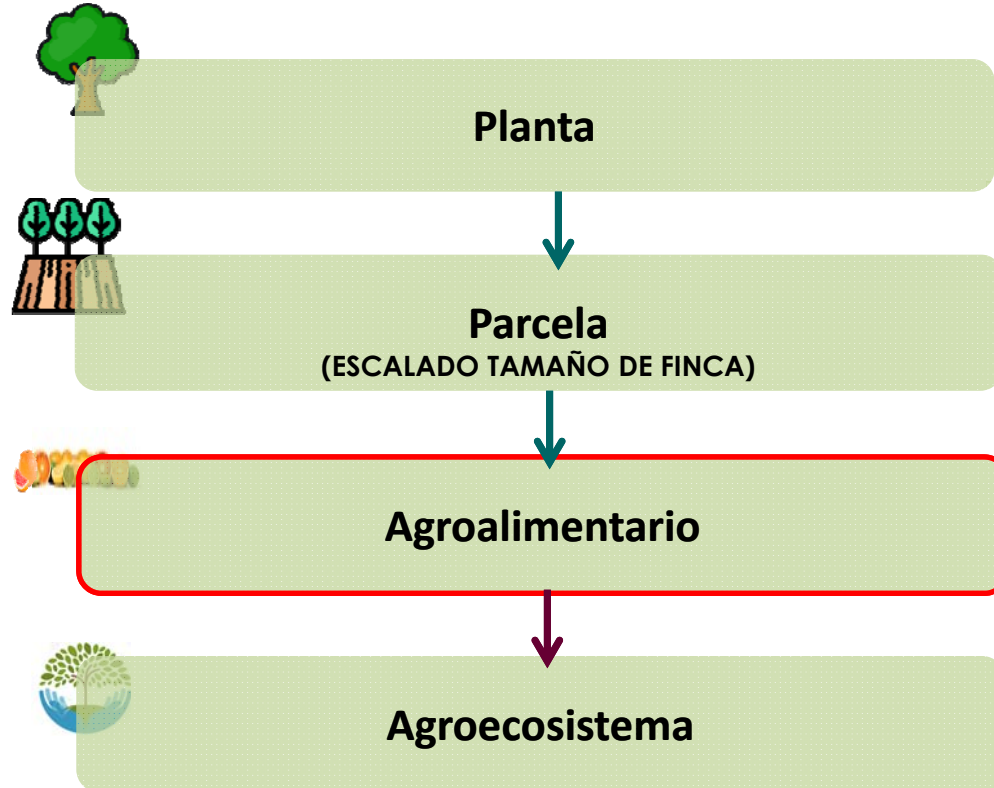
Resultados: Indicador más idóneo



Impacto:

✓ Conocer las necesidades hídricas del cultivo en tiempo real → ventaja para el “riego de precisión”.

Caracterización cultivo

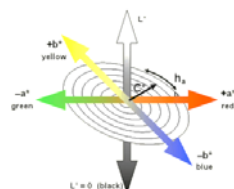


MEDIDAS AGROALIMENTARIAS



Peso

Nº frutos



Peso y diámetro fruto,
espesor corteza y color



IC= (a x 1000) / (L x b)
parámetros Hunterlab L, a y b
Jiménez-Cuesta et al. (1981)

Colorímetro
(Minolta CR-300))



Contenido zumo =
(peso del zumo / peso del fruto) x 100



SST: Refractómetro (Atago N1)

TA: Valorador (Metrohm)

Contenido zumo, SST, TA,
ratio SST/TA

Calidad fruto



Objetivo: Determinar los efectos del riego con AR y RDC sobre producción y calidad del fruto de pomelo y mandarino durante 8 ciclos anuales.

Periodo 2008-2015		PRODUCCIÓN	CALIDAD FRUTO			
	Mandarino	Kg/árbol	Índice de madurez	Peso fruto	Espesor corteza	
		RDC < 6%	RDC = IM (>CSS, >AT)	RDC = Peso	RDC = Corteza	
		AR < 17,3%	AR < IM (>CSS, >>AT)	AR > Peso	AR < Corteza	
		AR-RDC < 15,3%	AR-RDC = IM (<IM, algún año)	AR-RDC > Peso	AR-RDC < Corteza	
Estrategias +viables		Kg/árbol	Índice de madurez	Peso fruto	Espesor corteza	
 	Pomelo	RDC < 7,7%	RDC > IM (>CSS, =AT) algún año	RDC = Peso	RDC = Corteza	
		AR < 2,0 %	AR = IM (=CSS, =AT)	AR > Peso	AR < Corteza	
		AR-RDC < 14,4%	AR-RDC = IM (o > IM, > SST, algún año)	AR-RDC = Peso	AR-RDC = Corteza	



Estándares
(UNECE STANDARD)



Romero-Trigueros C* et al., 2020.



Conocimiento:

Estrategia de riego:

RDC
AR
AR-RDC

en función

Producción y calidad del fruto

en función

Sistema variedad-patrón:

Mandarino-Carrizo
Pomelo-Macrophylla

Principal Impacto:

- ✓ **Avance** significativo para consolidar el uso de estas estrategias en el sector agrícola.

Transferencia y valorización de resultados: El adecuado manejo del riego con AR y RDC, puede aumentar la comercialización de los cultivos mediante diferentes mecanismos:

- mayor precocidad
- frutos de mayor calibre (aclareo natural)
- mejora de otros parámetros de calidad (interna/externa) de fruto, etc...



LECCIONES APRENDIDAS

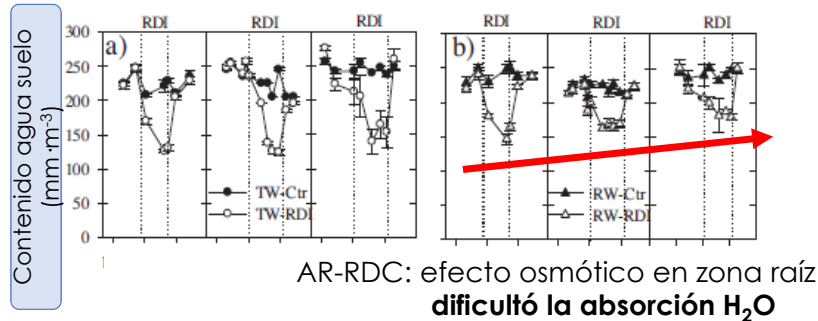


✓ En **POMELO** (2008-2024, 17 años de estudio)

El riego con AR: viable a largo plazo

Patrón *Macrophylla* resistente a estrés salino.

Combinación con RDC → opción no recomendable (reduce producción 19%)



Pomelo: RDC recomendable con agua de buena calidad.

Pomelo: Romero-Trigueros et al., 2014, 2017, 2020, Nicolás et al., 2018, Pedrero et al., 2015



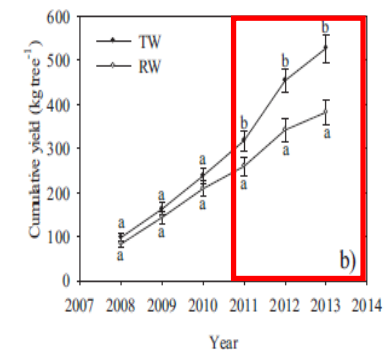
✓ En **MANDARINO** (2008-2018, 11 años de estudio)

No viable a largo plazo:

Efectos potencialmente irreversibles:

Pérdida media del 20% de producción y reducción del IM.

Pérdidas en producción:
< sig. a partir del 5º año



Patrón Carrizo fue sensible a la salinidad
(comprometida su permanencia a largo plazo)

Mandarino: Romero-Trigueros et al. 2017, 2023, Nicolás et al., 2016, 2018, Abadía et al., 2021

Especial atención a la salinización del suelo, principalmente después de varios años de riego con AR

Caracterización cultivo



Planta



Parcela

(ESCALADO TAMAÑO DE FINCA)



Agroalimentario

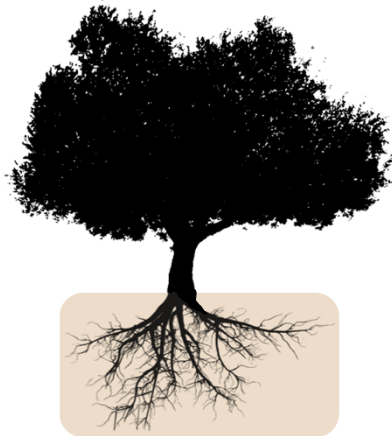
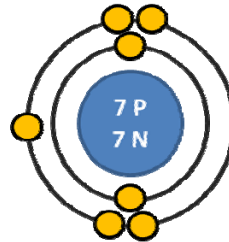


Agroecosistema

2 ESTUDIOS PRÁCTICOS EN SISTEMAS AGRARIOS

EUN → TÉCNICAS DE DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICAS

Átomo de Nitrógeno
(modelo Bohr)



LEÑOSO



Aguas regeneradas



HORTÍCOLA

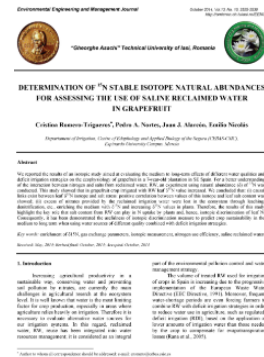


ZVN (acuífero Cuaternario del Mar Menor)
Aguas de riego: mezcla

LEÑOSO - CÍTRICO

Determinación de las abundancias naturales de isótopos estables ^{15}N para evaluar el uso de agua salina regenerada en pomelo

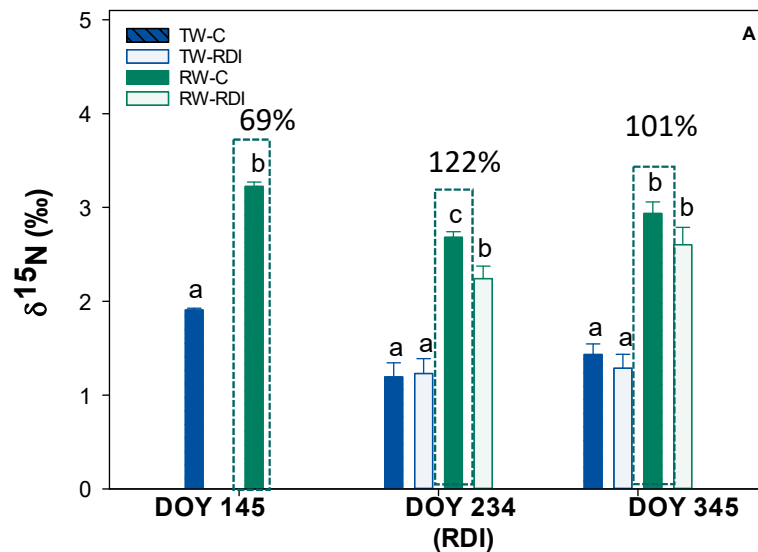
Agua riego: AR  **(Nitratos)**



* Author to whom all correspondence should be addressed. e-mail: marco@maths.uq.edu.au

CAMBIO ESTACIONAL DEL $\delta^{15}\text{N}$ FOLIAR

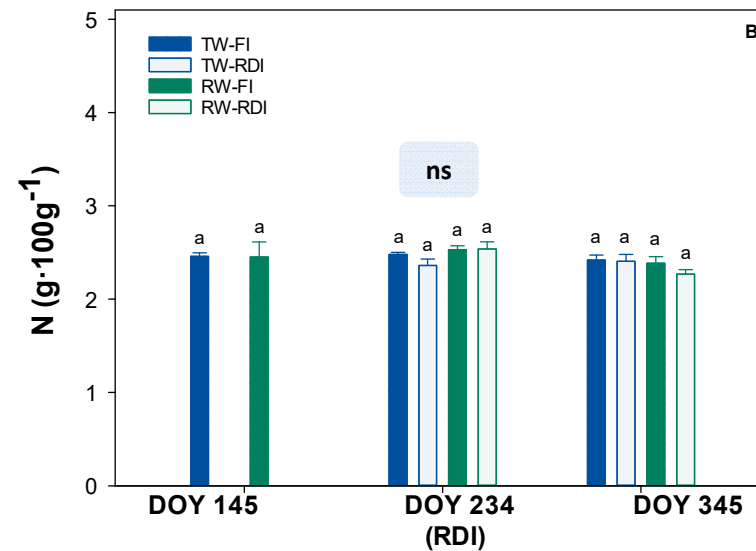
VALORES DE ^{15}N



La $> [\text{NO}_3^-]$ del AR no aumentó la absorción de N por parte de la planta en ninguna fase fenológica

📖 Khelil et al. (2013b)

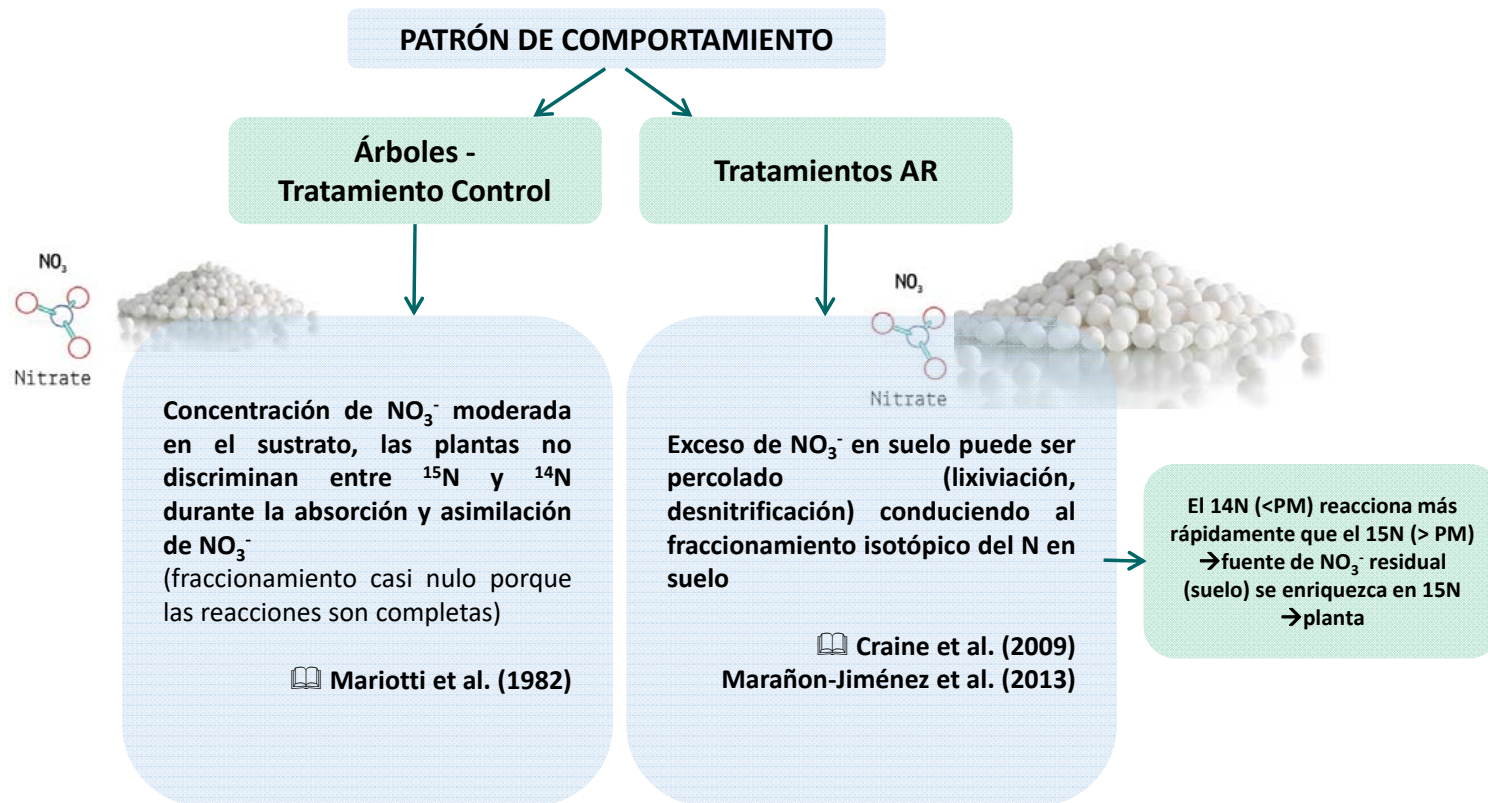
VALORES DE N TOTAL



La absorción de N depende de factores internos relacionados con la demanda de N de la planta más que con la disponibilidad de NO_3^- en el suelo

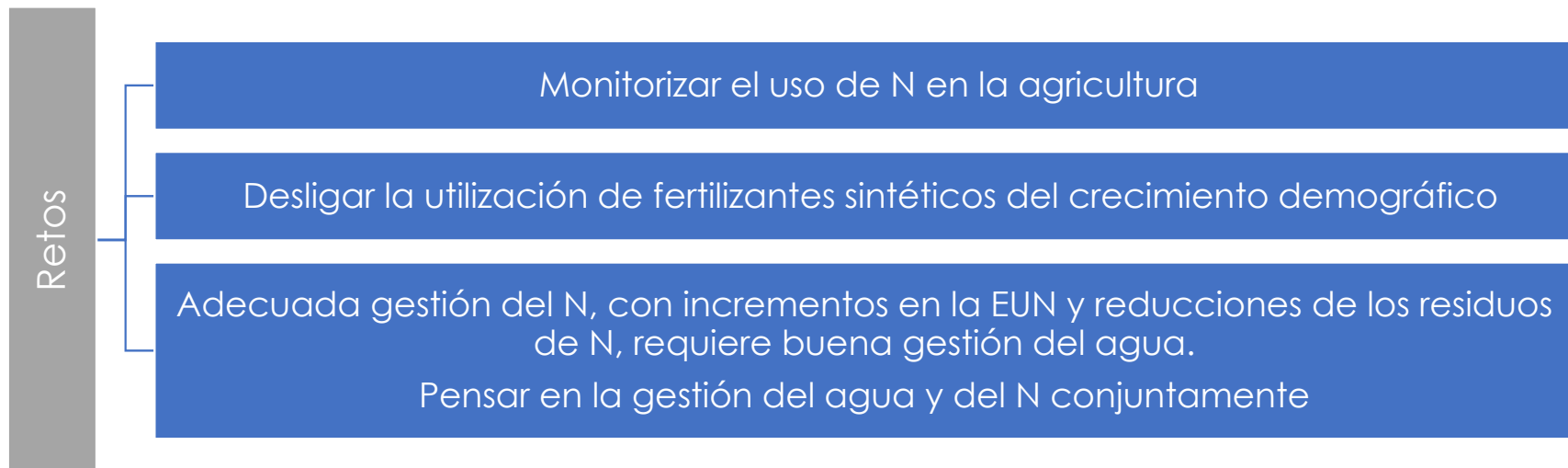
📖 Cerezo et al. (2007)

CAMBIO ESTACIONAL DEL $\delta^{15}\text{N}$ FOLIAR



Discriminación isotópica del N: indicador de sostenibilidad y de la eficiencia en el uso del N en los sistemas agrarios

Retos para mejorar la EUN en sistemas agrarios que emplean aguas regeneradas.



JORNADA SOBRE AGUAS REGENERADAS.
APLICACIÓN PARA EL REGADÍO.
24 abril 2025

1 Contextualización: Valoración agronómica de las aguas regeneradas utilizadas para riego.

2 Casos prácticos de estudios agronómicos en cultivos leñosos:

- **CÍTRICOS**

- Calidad agronómica del AR.
- Riego con AR durante todo el ciclo vegetativo. Producción.
- Riego con alternancia de fuentes de agua de distinta calidad. Producción.
- Indicadores del estado hídrico del cultivo regado con AR y umbrales de fitotoxicidad.

- **ALMENDRO Y OLIVO**

3 Proyectos de investigación y líneas futuras.



DESERT



Low cost water DEsalination and SEnsor Technology compact module



ALMENDRO Y OLIVO
PLATAFORMA EXPERIMENTAL

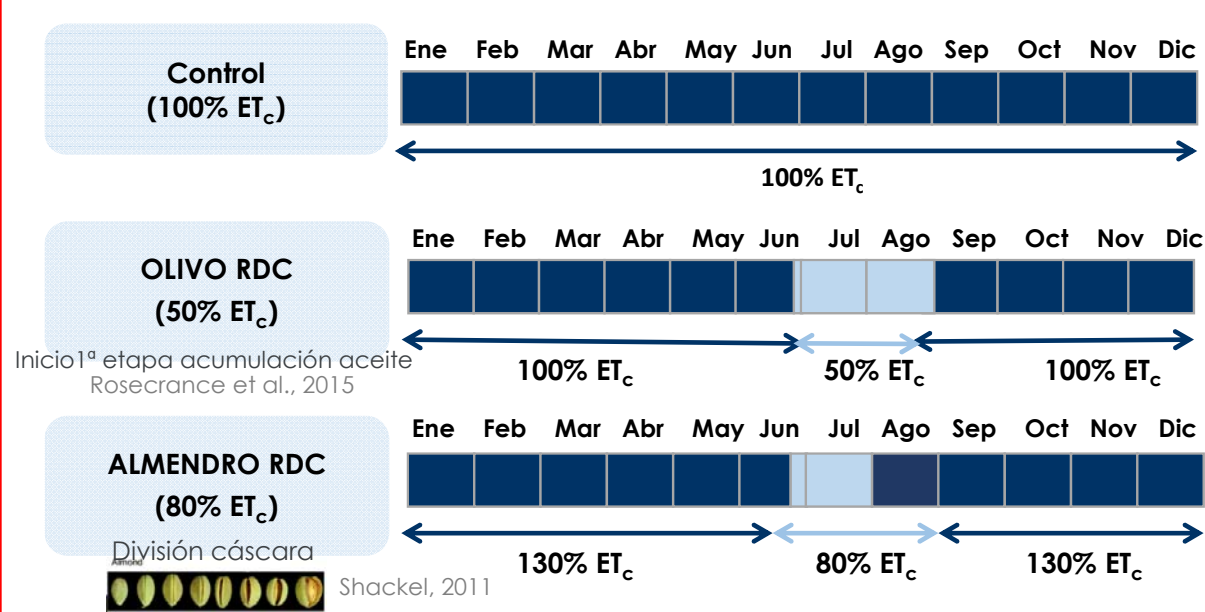
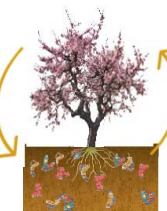


UNIBA, Italia

• Ensayos:



ALMENDRO Y OLIVO DISEÑO EXPERIMENTAL



Agua Regenerada (AR)
CE_w ≈ 3 dS m⁻¹



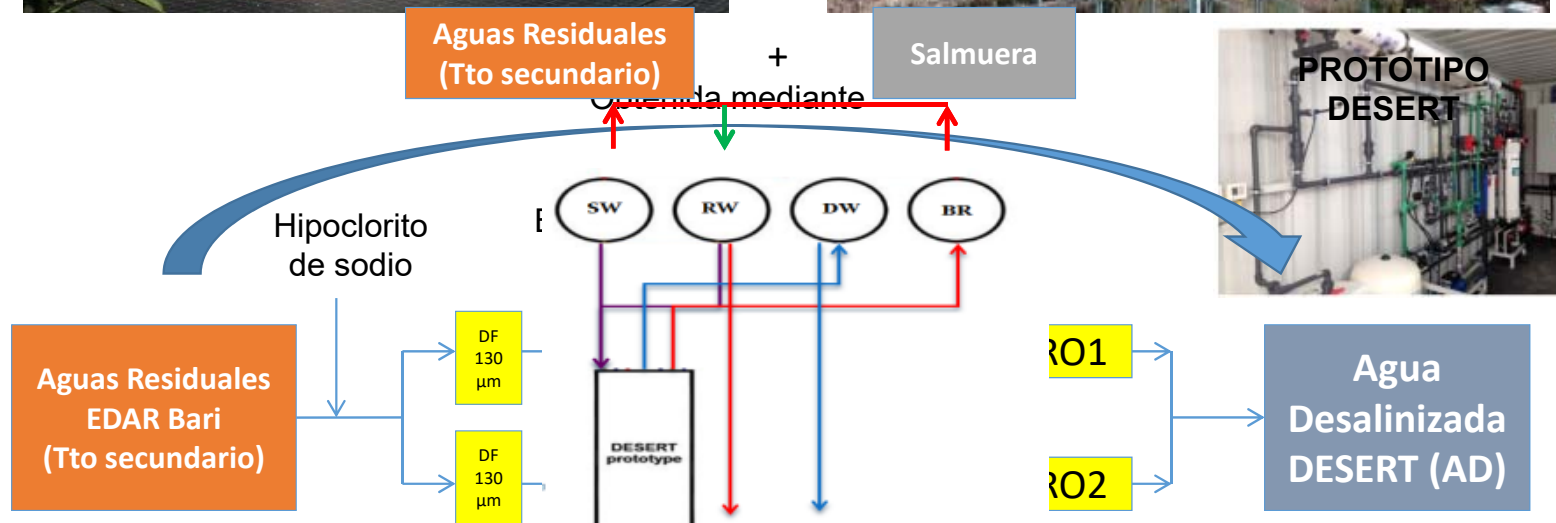
Agua Desalada DESERT (AD)
CE_w ≈ 1 dS m⁻¹



Agua Desalinizada DESERT (AD)
 $CE_w \approx 1 \text{ dS m}^{-1}$



Agua Regenerada (AR)
 $CE_w \approx 3 \text{ dS m}^{-1}$



Análisis fuentes de agua de riego
(promedio 12 muestreos)

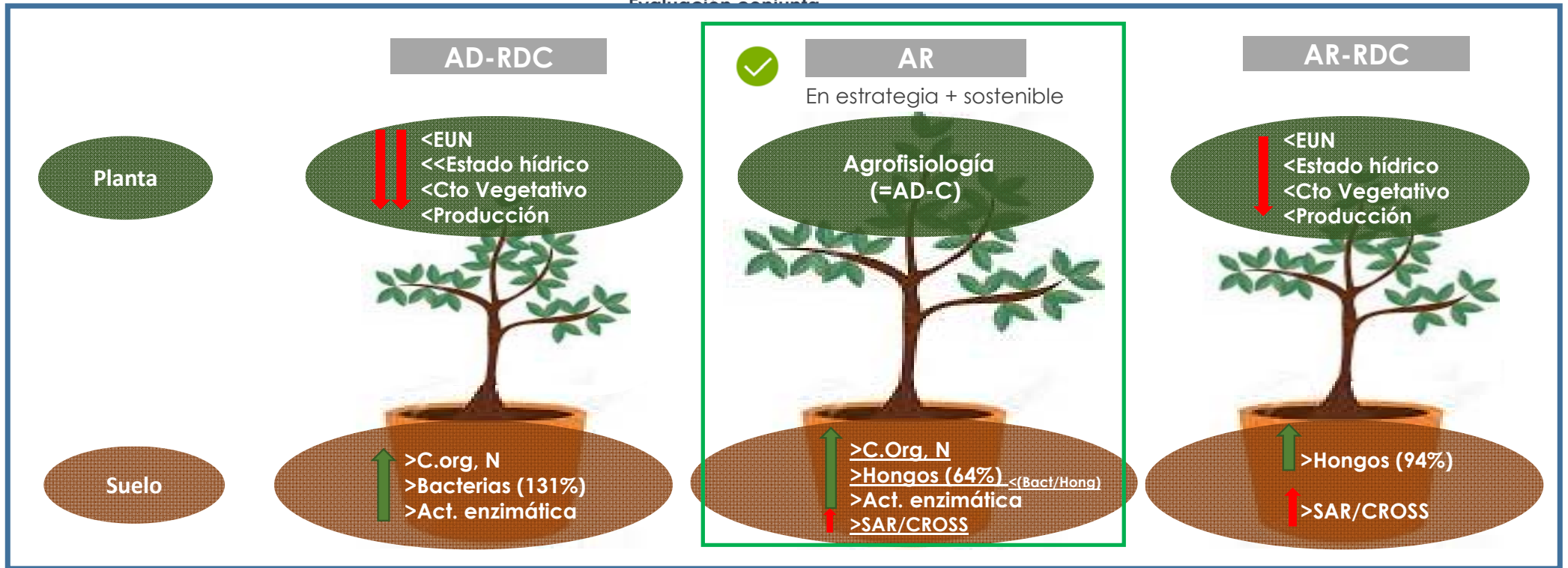
Propiedad	Unidad	AD	AR	Límites D.L. 185/2003
pH		8.11±0.32	8.44±0.34	6 – 9.5
CE _w	dS·m ⁻¹	1.13±0.61	3.00±0.89	3
SAR		4.79±1.94	5.69±1.62	10
Ca	mg L ⁻¹	50.76±21.52	108.05±57.15	-
Mg	mg L ⁻¹	18.31±8.12	35.96±16.82	-
K	mg L ⁻¹	20.37±9.77	33.54±12.60	-
Na	mg L ⁻¹	160.10±85.67	270.66±126.36	-
B	mg L ⁻¹	0.13±0.05	0.14±0.04	1.00
Mn	mg L ⁻¹	0.09±0.03	0.17±0.06	-
Zn	mg L ⁻¹	0.03±0.02	0.04±0.01	-
Fe	mg L ⁻¹	0.07±0.06	0.13±0.12	-
Cu	mg L ⁻¹	0.009±0.005	0.015±0.001	-
Al	mg L ⁻¹	0.06±0.03	0.09±0.06	-
Ni	mg L ⁻¹	0.022±0.023	0.114±0.176	-
NO ₃ ⁻	mg L ⁻¹	28.39±25.08	42.70±19.93	-
PO ₄ ³⁻	mg L ⁻¹	2.01±0.52	2.51±1.45	2
SO ₄ ⁻²	mg L ⁻¹	92.37±66.11	144.92±92.15	500
F ⁻	mg L ⁻¹	0.22±0.12	0.30±0.17	-
Cl ⁻	mg L ⁻¹	199.77±184.71	380.18±181.33	250

Reglamento italiano
normas técnicas para
la reutilización de aguas residuales





Evaluación conjunta



Ninguna estrategia redujo Biomasa/Act. Enzimática
Todas modificaron composición de la comunidad

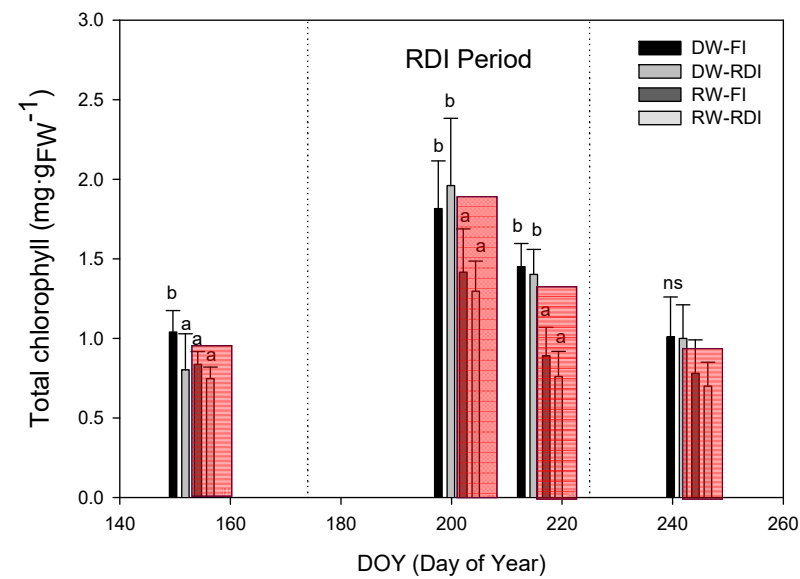
Impacto:

Se mejoró el conocimiento del funcionamiento de las interacciones suelo-planta
(poco estudiado)

Romero-Trigueros* C et al., 2021.

Pigmentos foliares

Clorofila Total



➤ AR reduce el contenido de clorofila foliar en todas las etapas fenológicas





2 ciclos vegetativos



PRODUCCIÓN FRUTO



Olivo

AD-RDC = (<< peso fruto, firmeza durante RDC y >> n° frutos)

AR > 35% (>peso fruto y n° frutos)

AR-RDC = (< peso fruto y > n° frutos)

Ninguna estrategia redujo

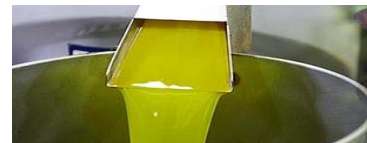


PROPIEDADES INDUSTRIALES ACEITE

AD-RDC << extractabilidad, rendimiento grasa, acidez
> rendimiento aceite, contenido aceite/peso seco

AR = todo

AR-RDC < extractabilidad, rendimiento grasa, rendimiento aceite, contenido aceite por peso seco



CALIDAD ACEITE

AD-RDC >polifenoles (21%) 
<peróxido y acidez

AR > polifenoles (29%) 
< oleico, > $\omega 6$, > $\omega 6/\omega 3$ ratio (10%)

AR-RDC >> polifenoles (37%) 
<< oleico y >> $\omega 6$, > $\omega 6/\omega 3$ ratio

Mejóro calidad sensorial/Valor nutraceútico



JORNADA SOBRE AGUAS REGENERADAS.
APLICACIÓN PARA EL REGADÍO.
24 abril 2025

1 Contextualización: Valoración agronómica de las aguas regeneradas utilizadas para riego.

2 Casos prácticos de estudios agronómicos en cultivos leñosos:

- **CÍTRICOS**

- Calidad agronómica del AR.
- Riego con AR durante todo el ciclo vegetativo. Producción.
- Riego con alternancia de fuentes de agua de distinta calidad. Producción.
- Indicadores del estado hídrico del cultivo regado con AR y umbrales de fitotoxicidad.

- **ALMENDRO Y OLIVO**

3 Proyectos de investigación y líneas futuras.



Calibración y validación de nuevos sensores de medida de N-P-K en la solución del suelo.

Centro Agrotecnológico Experimental SLU (CEATEX). 41.745 €. Octubre 2022–Octubre 2025. IP: Nicolás, E., Romero-Trigueros, C

Contrato soporte tecnológico

Reto agricultura precisión



Objetivo: Evaluación en laboratorio de **nuevos sensores** para la medición de N-P-K en la solución del suelo

No metodologías/equipos validados en continuo



¡¡ Exigidas en normativas actuales !!



Impacto:

- ❑ Labor de transferencia hacia empresas que innovan en nuevas metodologías tecnológicas más respetuosas con m.a
 - ❑ Sensores de calidad comercialmente disponibles → para mejorar EUF

✓ *Contribuir a la transición ecológica y digital*

Dos proyectos competitivos de I+D concedidos

ECOFERTIQUAL

ECO-sustainable management of smart FERTIgation under different irrigation water QUALity or wastewater sub-products and vulnerability to nitrate contamination scenarios (TED 2021-130501B-I00). AEI. 229.195 €. 2023-2024. IP: Nicolás, E., Romero-Trigueros, C.

Nacional



AGRISEN

Sustainable and efficient management of fertigation in Mar Menor area by Smart AGRiculture SENSors (21962/JLI/22). Fundación Séneca. ACyTRM (Evaluada por MICINN). 49.940 €. 2023-2024. IP: Romero-Trigueros, C

Regional



LOGRAR

Plataformas de demostración
INTENSIFICACIÓN SOSTENIBLE AGRICULTURA

Cómo implementar

Estrategias de fertirrigación

Fomentan la economía circular

Uso de agua y fertilizantes inorgánicos

Riesgo de contaminación por nitratos

Respondiendo

Cumplir
recientes y exigentes regulaciones

Uso de productos y subproductos EDARs
(AR, lodos y cenizas)

Evaluación eco/agro/fisiológica → se emplea Un nuevo sistema integrado

Técnicas convencionales

- Muestreo agua riego
- Muestreos suelos
- Muestreos planta/fruto
- Indicadores estrés

Nuevas tecnologías

- Sensores suelo
- Sensores planta
- Discriminación isotópica
- Indicad. biológicos suelo

FERTECO **(FERTIRRIGACIÓN ECOSOSTENIBLE EN LA CUENCA VERTIENTE DEL MAR MENOR)**



CONVOCATORIA DE AYUDAS PARA LA RESTAURACIÓN Y MEJORA AMBIENTAL EN EL ÁMBITO AGRÍCOLA PARA CONTRIBUIR A LA RECUPERACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD ECOLÓGICA DEL MAR MENOR

EMILIO NICOLÁS NICOLÁS y CRISTINA ROMERO TRIGUEROS

OBJETIVO GENERAL:

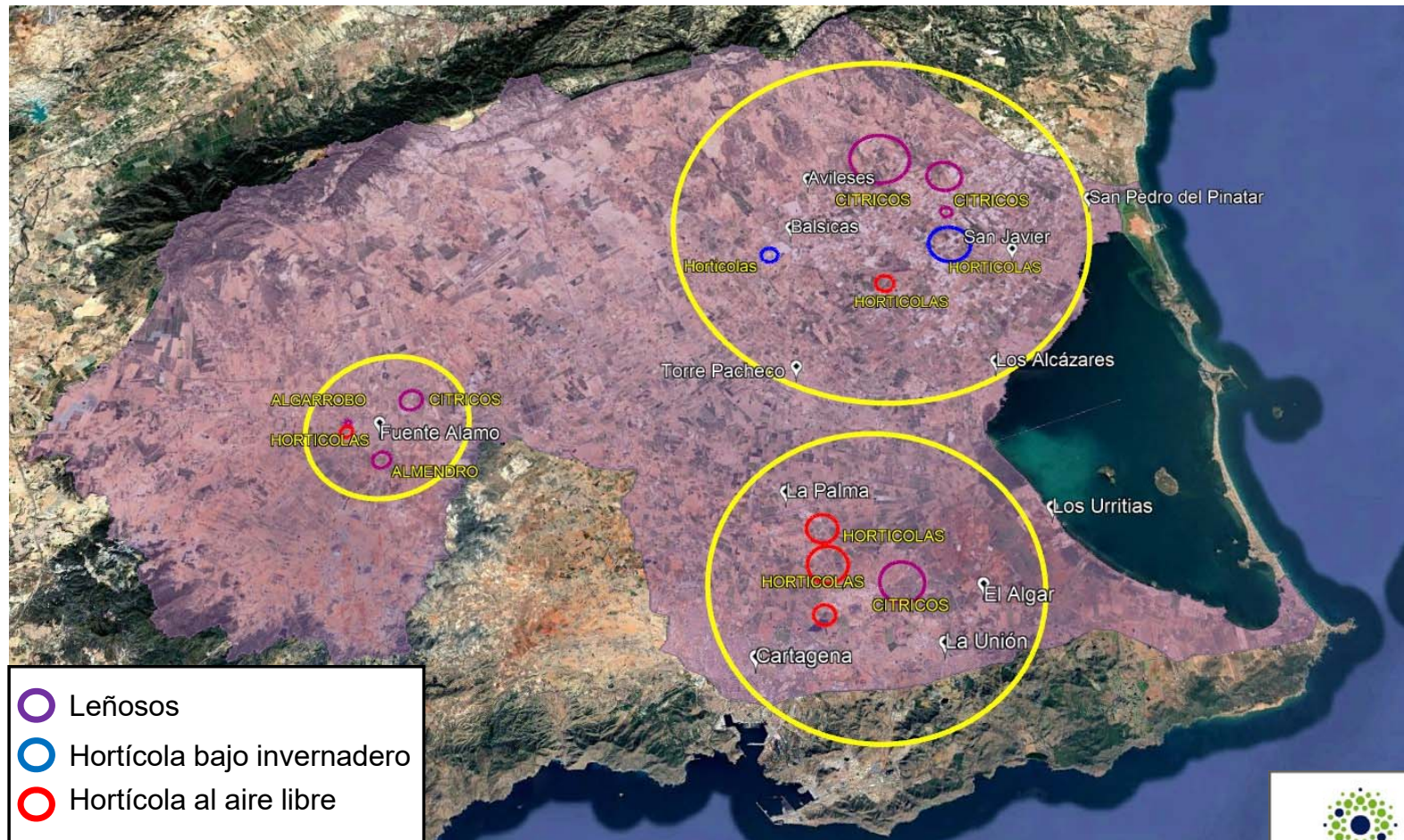
VALIDACIÓN E IMPLANTACIÓN DE TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN ECOSOSTENIBLES RELACIONADOS CON LA ECONOMÍA CIRCULAR Y CON BIOSOLUCIONES DE ORIGEN NATURAL EN LOS PRINCIPALES CULTIVOS DE LA CUENCA VERTIENTE DEL MAR MENOR.



ACCIONES

- A1, A11. Selección de parcelas representativas de cultivos hortícolas y leñosos (CH y CL).
- A2, A12. Establecimiento de tratamientos de fertilización en CH y CL.
- A3, A13. Tratamientos para mejorar la calidad del agua en CH y CL.**
- A4, A14. Fertirriego ecosostenible de precisión en CH y CL.
- A5, A15. Calidad y funcionalidad del suelo en CH y CL.
- A6, A16. Utilización de técnicas de discriminación isotópica en CH y CL.
- A7, A17. Rendimiento y calidad del fruto en CH y CL.
- A8, A18. Barreras vegetales naturales espontáneas en CH y CL.
- A9, A19. Mejora de la biodiversidad en CH y CL.
- A10, A20. Estudio de bioeconomía: Análisis de ciclo de vida y huella ambiental de los nuevos modelos implantados en CH y CL.
- A21, A22. Guías de Buenas Prácticas de Gestión para la fertilización en CH y CL.
- A23. Guías de Buenas Prácticas de Gestión para la fertirrigación ecosostenible.
- A24. Plan de difusión y comunicación de resultados al sector productivo.
- A25. Gestión documental justificativa científica y económica del proyecto.

DISTRIBUCIÓN - ENSAYOS CON SENSORES



MAPA PARCELAS EXPERIMENTALES





iRAIN (MIG-20232038)

“INVESTIGACIÓN EN LA REGENERACIÓN DEL AGUA Y LA APLICACIÓN DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA UNA AGRICULTURA RESILIENTE FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA ESCASEZ HÍDRICA”

Subvencionado:

Centro para el Desarrollo tecnológico e Industrial (CDTI) y apoyado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades en el marco de la iniciativa Misiones Ciencia e Innovación 2023 (TransMisiones).

Objetivo:

Investigación y desarrollo de un innovador sistema de gestión avanzada de recursos hídricos combinando novedosos tratamientos para la regeneración y reutilización del agua residual y sus nutrientes, junto con su monitorización y aplicación agrícola controlada y segura por medio de innovadores sistemas de monitorización hibridados junto a sistemas de aprovechamiento y gestión de recursos basados en inteligencia artificial mediante la fusión de datos de satélites, drones, robots agrícolas y redes de sensores.





G.O. SUBALMA

MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD Y SOSTENIBILIDAD DE SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO SUBTERRÁNEO QUE APROVECHAN EL RESIDUO DE ALMAZARAS COMO FERTILIZANTE MEDIANTE EL USO DE NANOBURBUJAS

Objetivo:

Desarrollar las herramientas necesarias para permitir su aprovechamiento en la fase de producción agrícola consiguiendo así reducir la inversión en insumos, mejorando la eficiencia hídrica de la práctica de riego y generando diversos beneficios agronómicos.

G.O. Subalma promueve la modernización de regadíos, aumenta la productividad, la sostenibilidad y la competitividad de los olivares y fomenta la difusión del conocimiento para universalizar el uso de estas técnicas.





NPOWER

BALANCING NITROGEN AND PHOSPHORUS FLOWS BY BUDGETING AT REGIONAL SCALE

Convocatoria:

HORIZON-CL6-2024-ZEROPOLLUTION-01

Objetivo:

Controlar, limitar y reequilibrar los flujos regionales de nitrógeno (N) y fósforo (P) en 5 sectores económicos clave, la agricultura, acuicultura, gestión de aguas, energía y transporte y otros sectores industriales. Esto se conseguirá a través de un conjunto de soluciones innovadoras que demuestren la limitación de emisiones de N/P y reequilibren los flujos regionales a nivel socioeconómico de las regiones. Para ello se elaborará un inventario de flujos de N/P en la Región de Murcia y se demostrarán 6 tecnologías innovadoras de recuperación y tratamiento de nutrientes, produciendo 8 fertilizantes circulares recuperados que se demostrarán en campos de cultivo de la Región de Murcia.





CICLICA

“Smart agriCulture optimlization to CLImate Change Adaptation”. Spanish study cases

3 áreas principales:

- a) Estrategias de ahorro hídrico, incluyendo el uso de recursos hídricos no convencionales para riego, acolchado orgánico y el uso de tecnologías para el riego de precisión;
- b) Técnicas biotecnológicas (gestión de la cantidad y calidad del agua de riego con polímeros superabsorbentes);
- c) utilizando la regulación genética de la tolerancia hídrica para la introducción de nuevos cultivos alternativos, aumento de nuevos servicios ecosistémicos, mejora de la salud del suelo y del impacto sobre el medio ambiente.



“This project is part of the PRIMA programme supported by the European Union”



FARMWISE

Future Agricultural Resource Management and Water Innovations for a Sustainable Europe

GA 101135533 – FARMWISE

Tipo de acción: HORIZON-RIA

Duración: 36 meses

Presupuesto: 6M EUR

Fecha de inicio: 01.01.2024

El proyecto FARMWISE desarrollará herramientas mejoradas basadas en la inteligencia artificial (IA) para una política y toma de decisiones europeas más eficientes en materia de aguas, basadas en tecnologías basadas en la investigación para resolver los problemas de contaminación del agua más acuciantes.

JORNADA SOBRE AGUAS REGENERADAS. APLICACIÓN PARA EL REGADÍO.

24 abril 2025



¡MUCHAS GRACIAS!

CRISTINA ROMERO TRIGUEROS

Científica Titular CSIC
Departamento de Riego (CEBAS-CSIC)
e-mail: cromero@cebas.csic.es



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES

