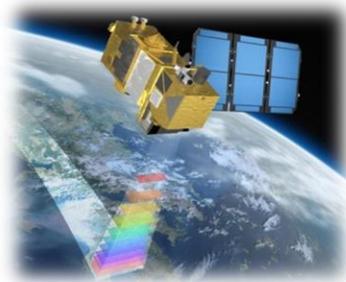


# LOS GRUPOS OPERATIVOS COMO INSTRUMENTOS PARA TRANSFERIR LAS INNOVACIONES PARA OPTIMIZAR LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA DE RIEGO EN PARCELA.



## Diego Intrigliolo

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura

Unidad IVIA Asociada al CSIC “Riego en la agricultura mediterránea”

e-mail: [dintri@cebas.csic.es](mailto:dintri@cebas.csic.es)

Tel. 656682880

**CEBAS-CSIC:** J.J. Alarcón, I. Buesa, A Yeves, F. Sanz, A. Martinez, M.A. Martinez, M. Parra, J.S. Rubio, E. Perez, J.M. Ramirez, D. Hortelano,

**IVIA, UPCT, UPV, ITAP UMH:** J. Maestre, L. Bonet, M.A Jiménez-Bello, E. Badal, H. Puerto, R. López

## Financiación

### Agencia Estatal de Investigación

RiegoAsesor, RiegoTeL, Preciriego, Phertilizer, Nitrogrape

### Unión Europea

JPI-WATER IRIDA, LIFE2014+ CLIMATREE, H2020 Shui

Interreg Triple-C, RiskAquaSoil

### Regionales Murcia y Valencia

Vid4Vino, Teleriego, ECOBOBAL

### MAPA GO

AQUA y CITRUS 4.0

### Contratos con empresa

Cajamar, Azud, DO Utiel-Requena,



**1. Sostenibilidad en el uso del agua**

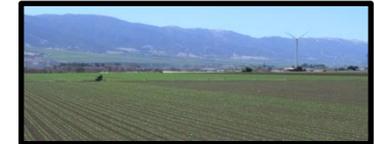
**2. Eficiencia en el uso del agua**

**3. Técnicas agronómicas para un uso eficiente del agua en parcela**

**a) Riego de precisión**

**b) Riego deficitario controlado**

**4. Transferencia. GO MAPA**



# 1. Sostenibilidad en el uso del agua

## Contabilidad del agua

*Fuentes, usuarios, consumos, re-utilización*



## Establecer los límites en el consumo (sostenibilidad)

*Productividad del agua, análisis medio-ambiental y social, priorización*



## Uso eficiente del agua

*Tecnologías, agronomía y gobernanza*



# 1. Sostenibilidad en el uso del agua

## Disponibilidad de recursos hídricos para la agricultura en las cuencas

	Cuenca hidrográfica					
	Guadiana	Guadalquivir	Segura	Júcar	Tajo	Ebro
Superficie en regadío (ha)	335.590	602.965	276.316	384.800	201.336	738.663
Superficie infradotada (ha)	30.424	350.963	74.856	108.790	79.380	241.657
Superficie infradotada frente al total (%)	9	58	27	28	39	32
Recursos hídricos destinados a la agricultura (%)	89	87	88	79	66	69

Fuente: MAGRAMA 2008. Plan nacional de regadíos. pp 1-486

# 1. Sostenibilidad en el uso del agua

## Balance hídrico en la cuenca del Segura. Escenario 2015

Fuente



Demanda

Fuentes	hm <sup>3</sup> /año
Superficial	436
Bombeos	517
Azarbe	69
Reutilización	139
Desalación	139
Trasvases externos	320
<b>Total</b>	<b>1635</b>

Usos	hm <sup>3</sup> /año
Agraria	1.518,7
Urbana	191,0
Industrial no conectada	11,5
Usos recreativos (Golf)	11,3
Mantenimiento de humedales	29,6
<b>Total</b>	<b>1762</b>

Fuente: Memoria PHDS 2015/21

**Nuevos escenarios debidos a:** cambio climático, nuevos usuarios y necesidades, nuevas tecnologías, continuidad de los trasvases, mayor protección del medio-ambiente

## Calidad del agua de riego

- Salinidad del agua empleada para el riego
- Contaminación del agua y los flujos de retorno

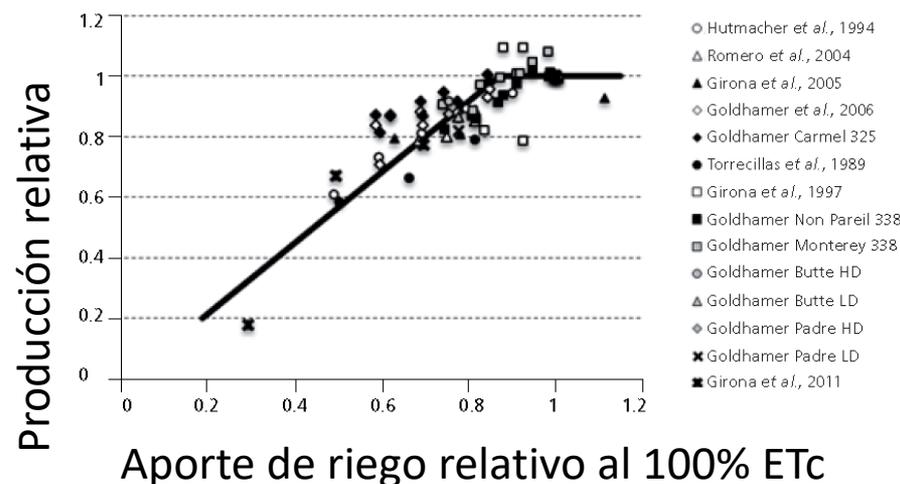


# 1. Sostenibilidad en el uso del agua

## Productividad del agua de riego

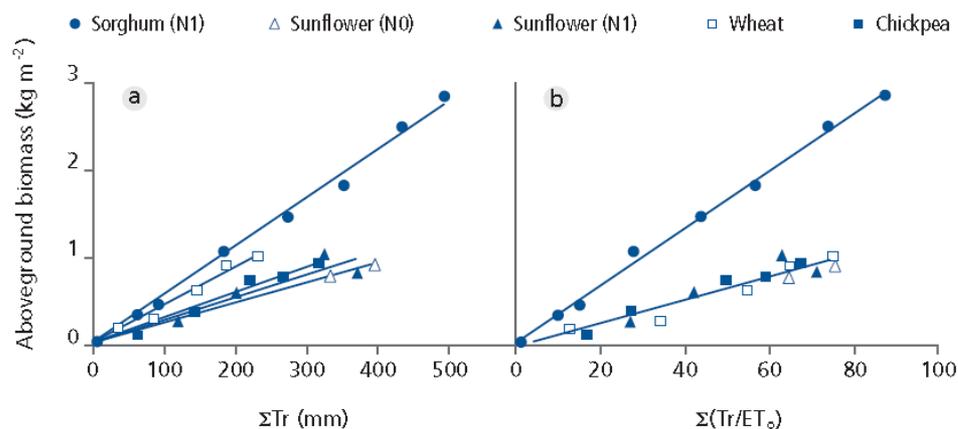
Tipo de cultivo	€/m <sup>3</sup>
Extensivos (Maíz)	0,14
Hortícolas aire libre	1,6
Frutales	2,5
Fresa	3,5
Hortícolas de invernadero	13,5

## Funciones de producción



Fuente: Elaboración propia a partir de varias fuentes

Fuente: Steduto et al. 2012. Crop yield responses to water



- La respuesta de los cultivos al régimen de riego varía en función del tipo de cultivo
- Se establecen funciones de producción

1. Sostenibilidad en el uso del agua

2. Eficiencia en el uso del agua

3. Técnicas agronómicas para un uso eficiente del agua en parcela

a) Riego de precisión

b) Riego deficitario controlado

4. Transferencia. GO MAPA



## 2. Eficiencia en el uso del agua

### Definición

EUA =

$\frac{\text{Output}}{\text{Input}}$

=

$\frac{\text{Producción}}{\text{Agua aportada}}$



En los cultivos más competitivos de la agricultura del sureste, la producción no suele siempre reflejar el valor económico de la cosecha.

**Productividad del agua (PA)**

PA =

$\frac{\text{Valor económico de la cosecha}}{\text{Agua aportada}}$



# 2. Eficiencia en el uso del agua

## Aproximación sistemática y cuantitativa<sup>1</sup>

$$\text{EUA} = \frac{\text{Agua recibida en parcela}}{\text{Agua captada en la fuente}} \times \frac{\text{Agua evapotranspirada}}{\text{Agua recibida en parcela}} \times \frac{\text{Agua transpirada}}{\text{Agua evapotranspirada}} \times \frac{\text{CO}_2 \text{ asimilado}}{\text{Agua transpirada}} \times \frac{\text{Materia fresca acumulada}}{\text{CO}_2 \text{ asimilado}} \times \frac{\text{Cosecha}}{\text{Materia fresca acumulada}}$$

$$\text{EUA} = E_{\text{hidráulica}} \times E_{\text{aplicación}} \times E_{\text{transpiración}} \times E_{\text{asimilación}} \times E_{\text{crecimiento}} \times E_{\text{cosecha}}$$













<sup>1</sup> Adaptado a partir de: Hsiao et al. 2007. A systematic and quantitative approach to improve water use efficiency. *Irrig Sci* 25:209-231

## 2. Eficiencia en el uso del agua

$$\text{EUA} \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = E_{\text{hidráulica}} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right) \times E_{\text{aplicación}} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right) \times E_{\text{transpiración}} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right) \times E_{\text{asimilación}} \left( \frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^3} \right) \times E_{\text{crecimiento}} \left( \frac{\text{kg}}{\text{kg CO}_2} \right) \times E_{\text{cosecha}} \left( \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \right)$$

Eficiencia uso agua (EUA)	Situación de partida	Incremento en un 25% en 1 componente	Incremento en un 5% en 5 componentes
$E_{\text{hidráulica}}$ ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ )	0.70	0.70	0.70
$E_{\text{aplicación}}$ ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ )	0.60	0.60	0.63 (+5%)
$E_{\text{transpiración}}$ ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ )	0.60	0.75 (+25%)	0.63 (+5%)
$E_{\text{asimilación}}$ ( $\text{kg CO}_2/\text{m}^3$ )	9	9	9.45 (+5%)
$E_{\text{crecimiento}}$ ( $\text{kg}/\text{kg CO}_2$ )	1.20	1.20	1.26 (+5%)
$E_{\text{cosecha}}$ ( $\text{kg}/\text{kg}$ )	0.95	0.95	0.99 (+5%)
<b>EUA</b> ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	2.6	3.23 (+25%)	3.30 (+27%)

# 2. Eficiencia en el uso del agua

## Condicionantes

Uso de redes colectivas (Comunidad de Regantes)



Tecnología del riego empleada



Cultivos. Tipos y manejos



Condicionantes socio-económicos y estructurales

1. Sostenibilidad en el uso del agua

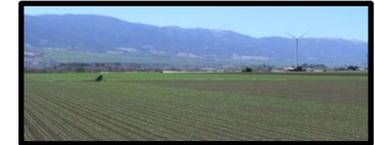
2. Eficiencia en el uso del agua

**3. Técnicas agronómicas para un uso eficiente del agua en parcela**

**a) Riego de precisión**

b) Riego deficitario controlado

4. Transferencia. GO MAPA



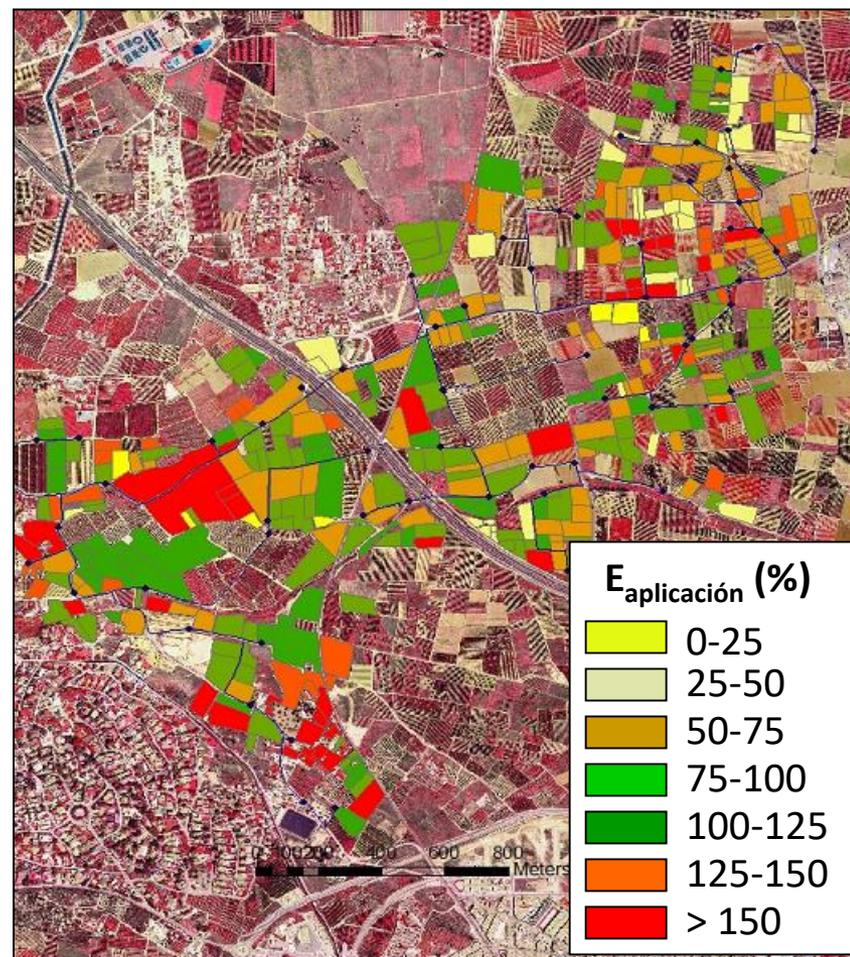
# 3. Riego de Precisión

Determinación de la  $E_{\text{aplicación}}$  en una comunidad de regantes de Levante  
(Necesidades riego)/(Riego aportado)\*100

Para el conjunto de la comunidad de regantes la  $E_{\text{aplicación}} = 95\%$

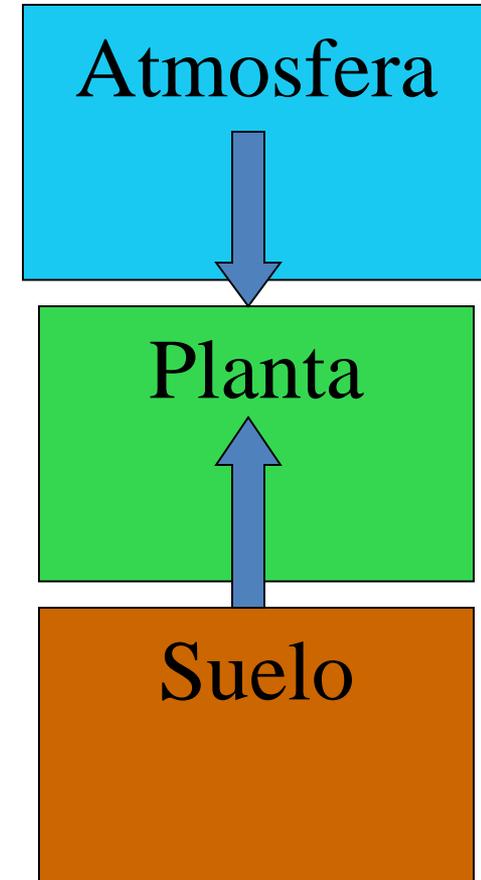
Hay grandes variaciones en la  $E_{\text{aplicación}}$  entre parcelas

$E_{\text{aplicación}}$	# Parcelas
<50 ↑↑↑	114
50-75	69
75-125	122
125-150	69
>150 ↓↓↓	237



Jiménez-Bello et al. 2012. Use of remote sensing and geographic information tools for irrigation management. *Opt Méditerran* 67. 147-160.

# 3. Riego de precisión





# 3. Riego de Precisión

... pero cada parcela tiene su propio Kc



## Modelo “Riego Asesor”

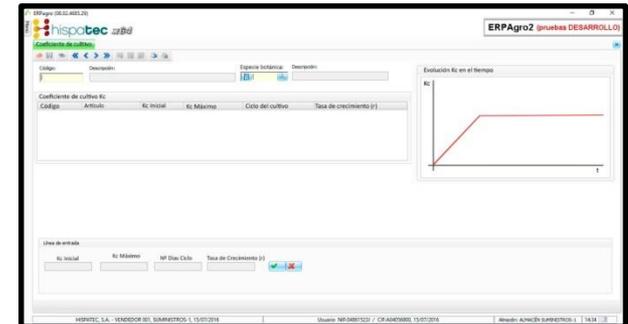
Registrado bajo el título “Algoritmo para el cálculo de dosis de riego en cultivos hortícolas” (AN4020-2017)



Evaporación desde el suelo a partir de Ritchie 1972



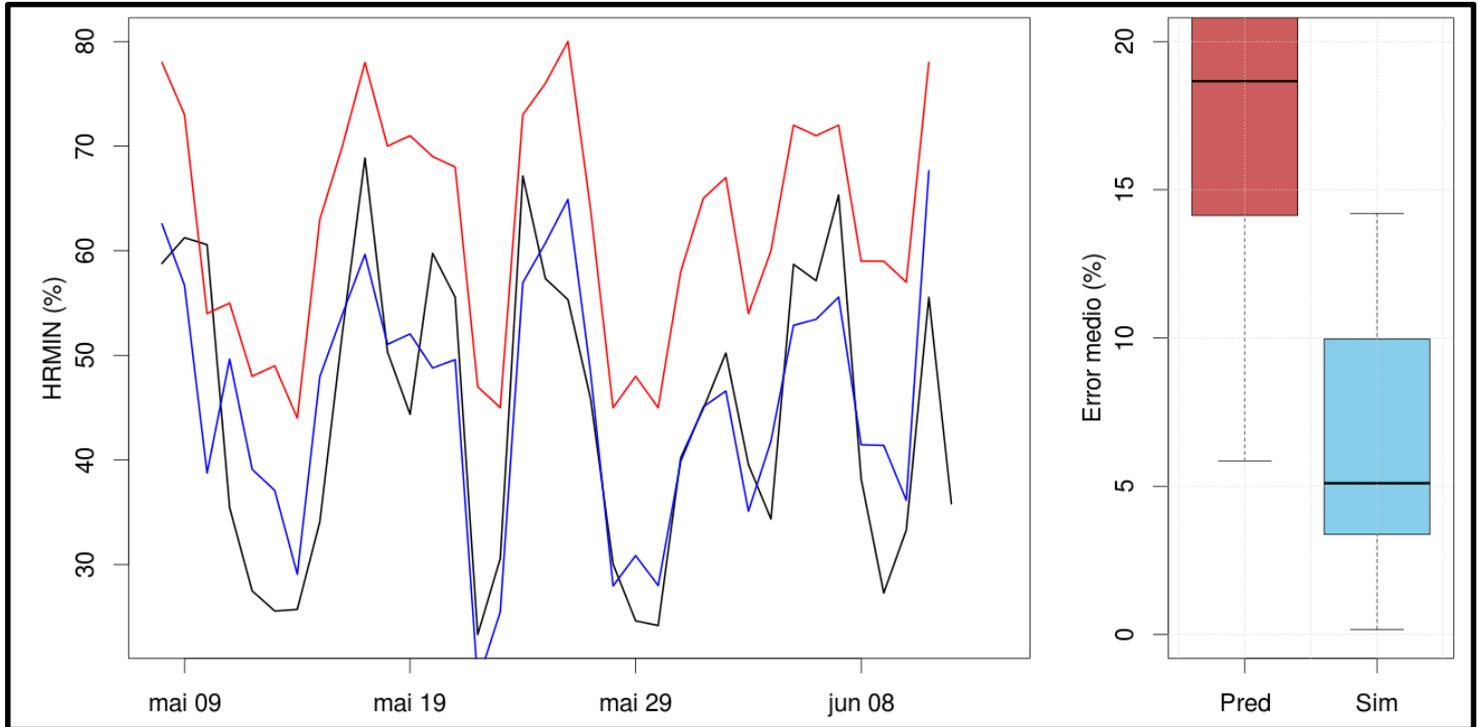
Trasnpiración simulada a partir de Rana and Katerji 2009



Implementado en un sistema de ayuda a la toma de decisiones por Hispatec en el marco del proyecto RTC-2015-3453-2

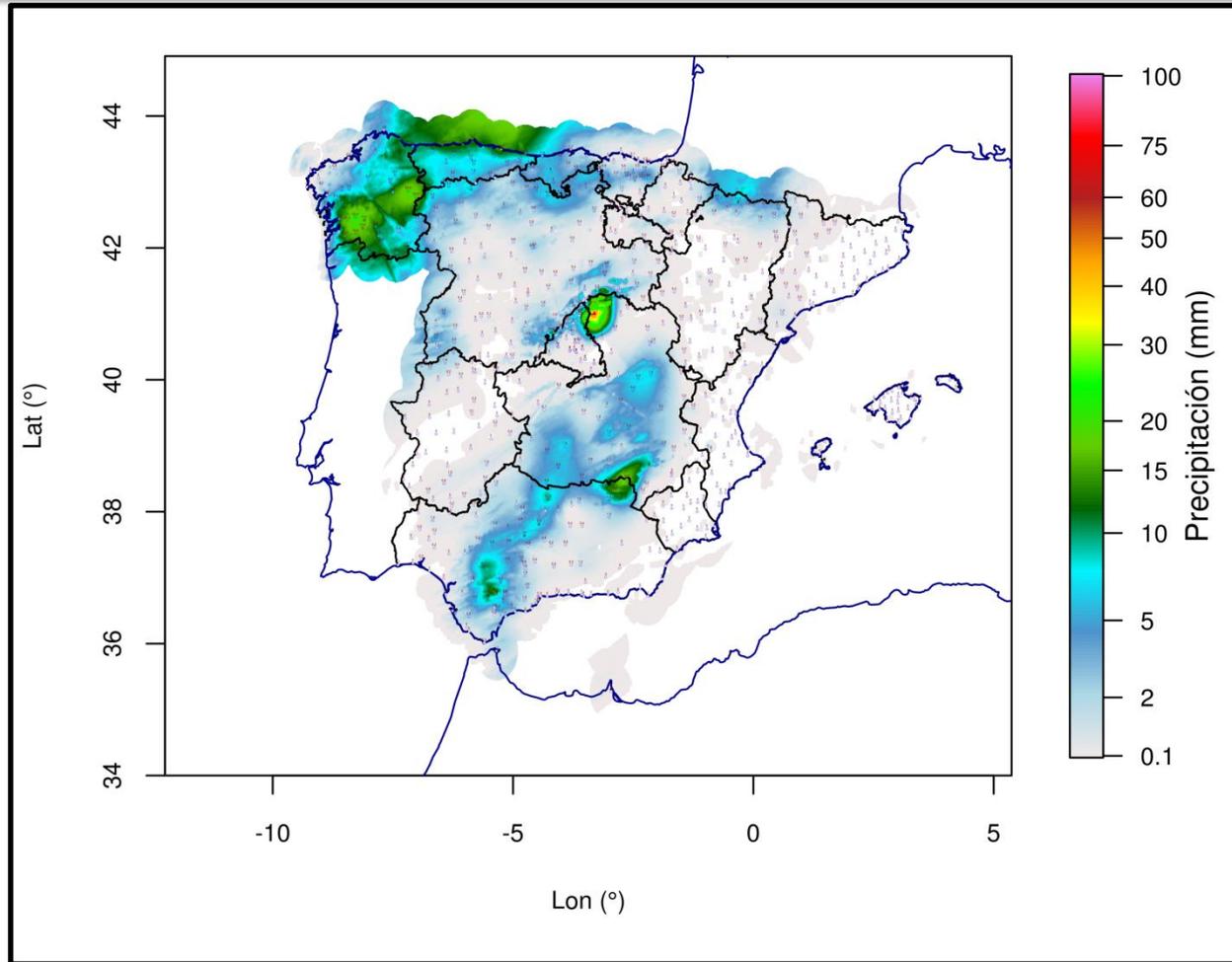
# 3. Riego de Precisión

**Es posible predecir la ETo y la precipitación a 12-36 horas vista y hacer una programación del riego a futuro**



Fuente: Ribalaygua et al. 2016. Humedad mínima observada (línea negra), predicha (línea roja) y simulada con el método RiegoAsesor propuesto (línea azul) (Dcha). Diagrama de cajas del error absoluto medio obtenido según la predicción estándar (caja roja) y la simulada tras las predicciones de Riego-Asesor (caja azul).

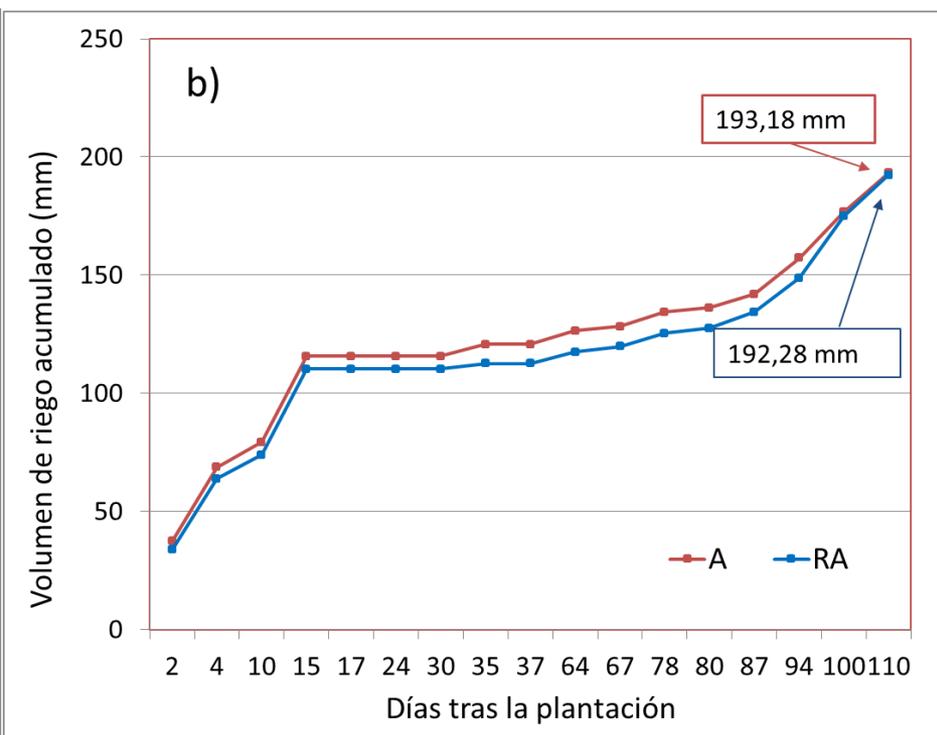
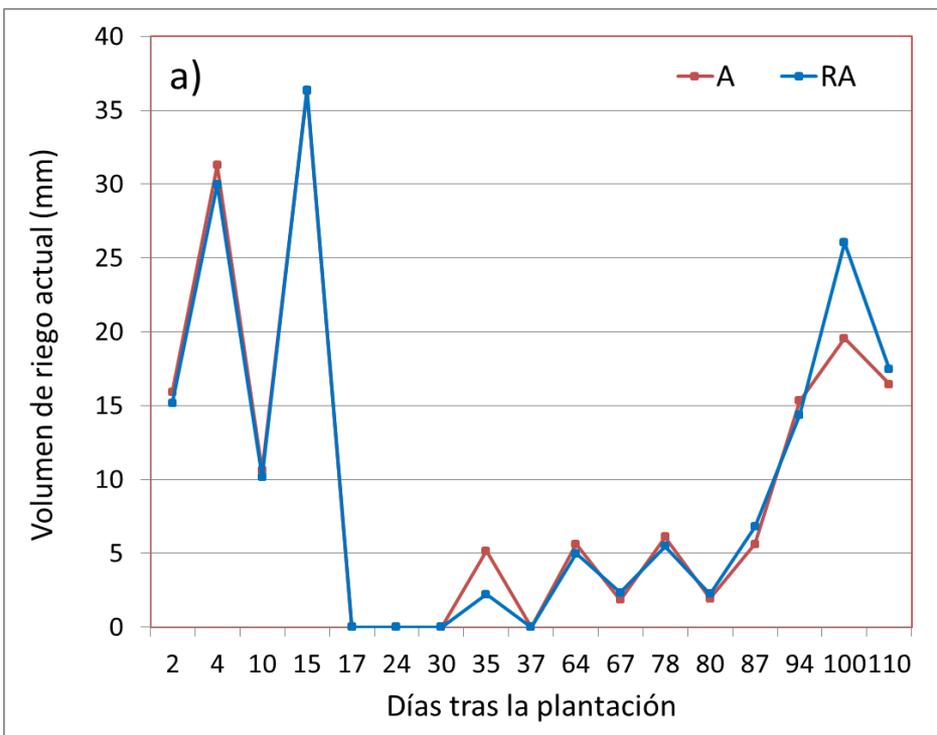
# 3. Riego de Precisión



Fuente: Ribalaygua et al. 2016. **Estimación de la lluvia** obtenida a partir de la combinación de los radares meteorológicos y la red de pluviómetros automáticos de la AEMET. Resultados del proyecto RIEGO-ASESOR

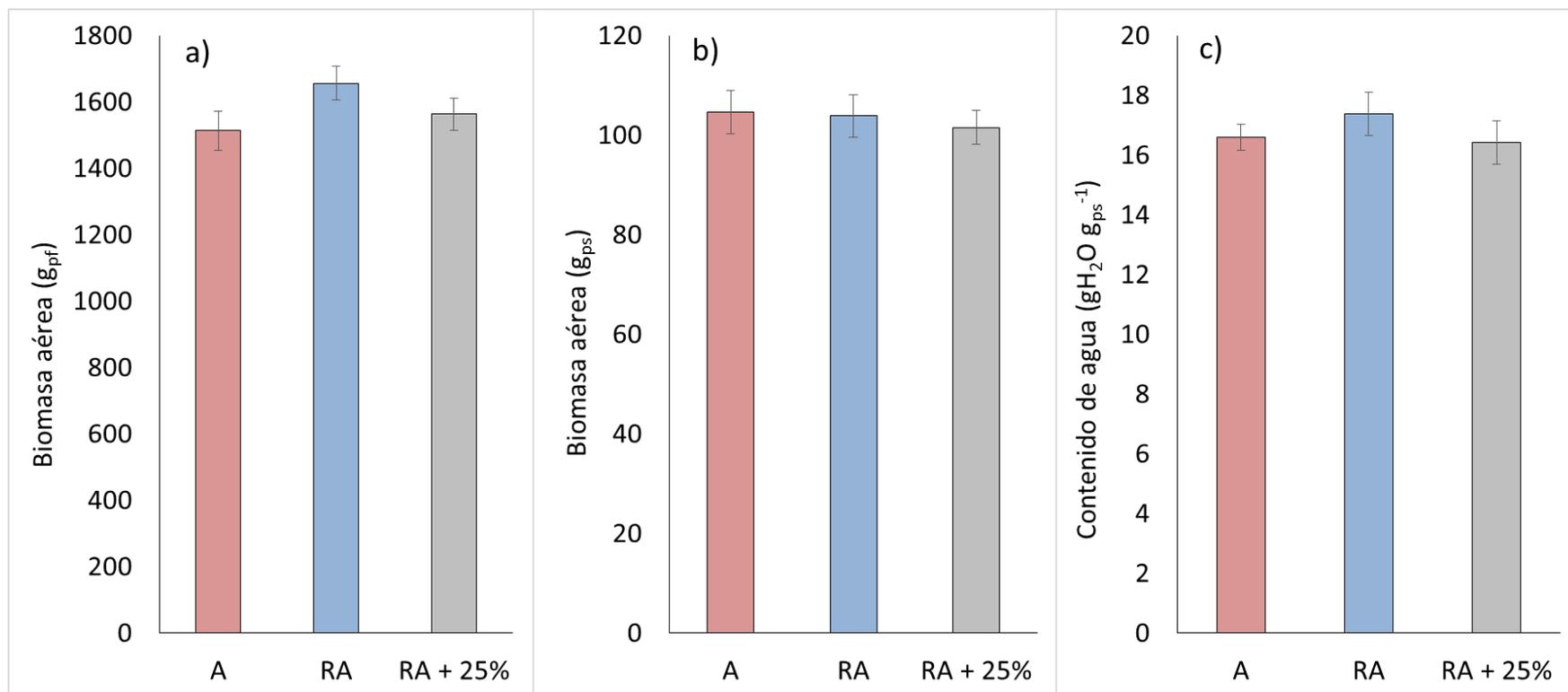
# 3. Riego de Precisión

Comparación del volumen de riego aportado por un agricultor experimentado del **Campo de Cartagena (A)** y el modelo Riego Asesor (**RA**) en una campo de **escarolas**



# 3. Riego de Precisión

Comparación de la producción obtenida por un agricultor experimentado del **Campo de Cartagena (A)**, el modelo Riego Asesor (RA) y RA+25% (con un 25% más de riego que RA) en una campo de **escarolas**



### 3. Riego de Precisión

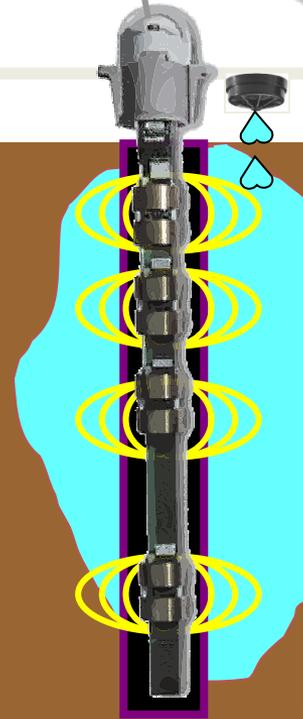
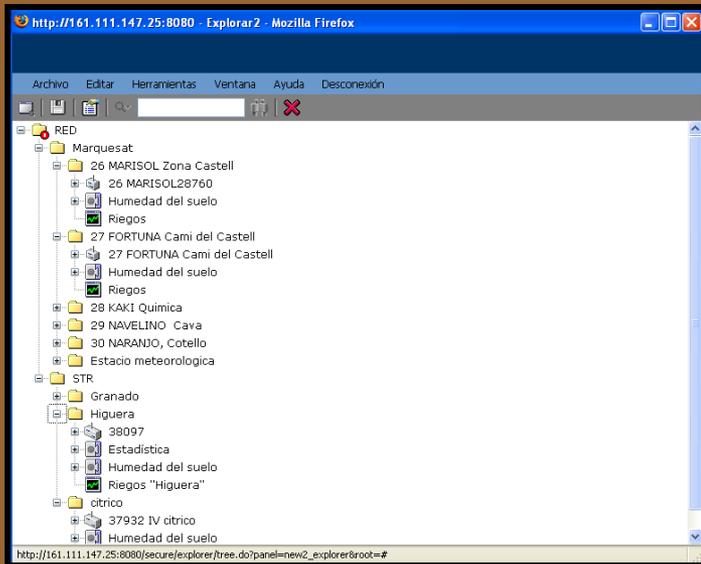
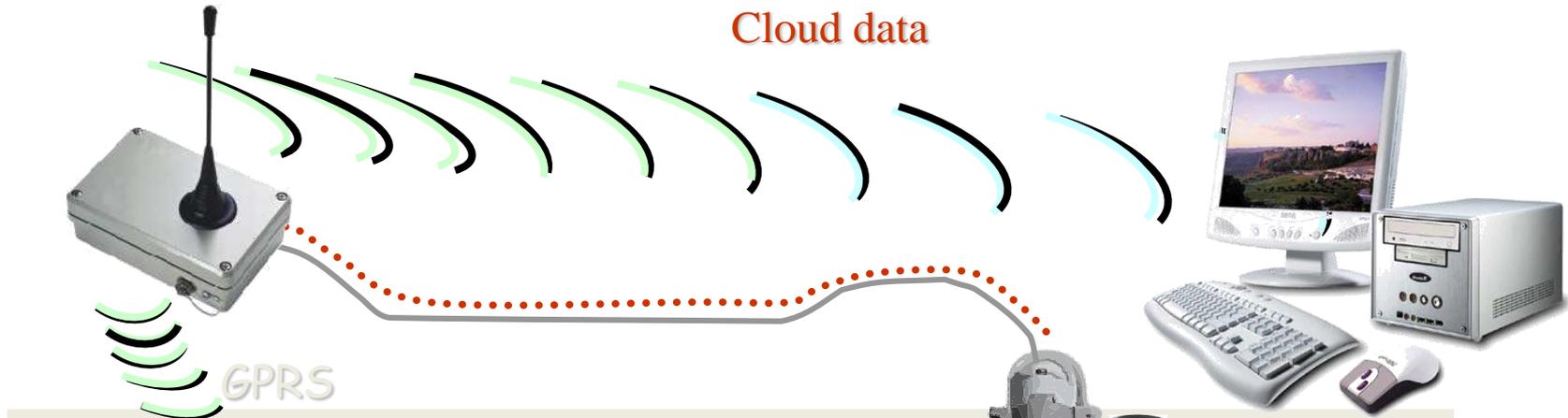
1. No tiene en cuenta de la variabilidad espacial
2. No da información sobre la frecuencia de los riegos a aportar



Mes	Dosis de riego	Frecuencia de los riego
Abril	2 h 35 min	3 días/semana
Mayo	2 h 20 min	5 días/semana
Junio	2 h 30 min	6 días/semana
Julio	3 h	6 días/semana
Agosto	3 h	6 días/semana
Septiembre	2 h 30 min	2 días/semana

# 3. Riego de Precisión

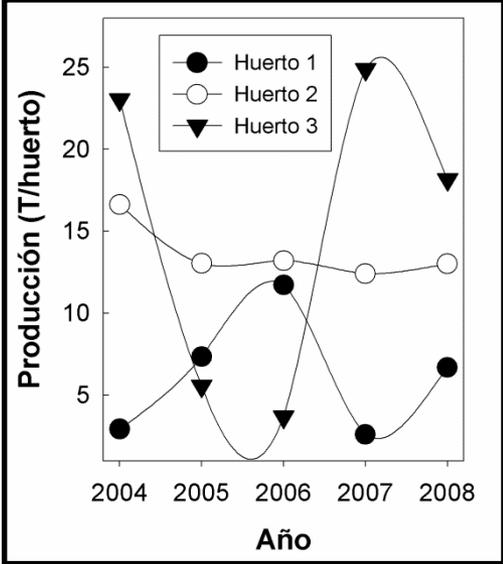
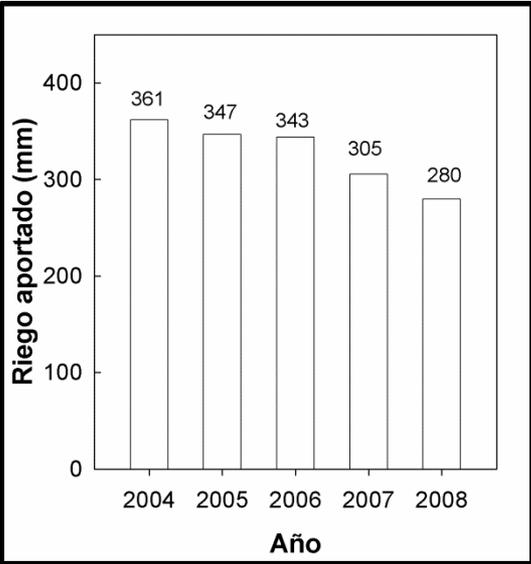
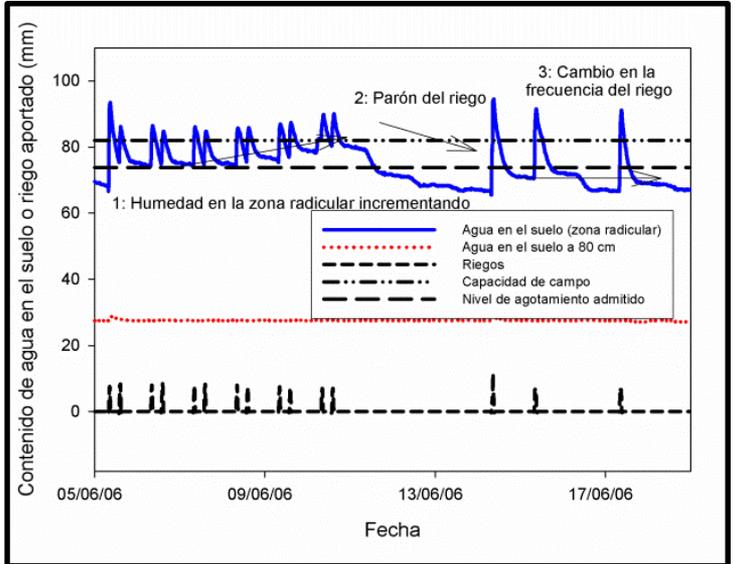
Cloud data



**Determinaciones del contenido de humedad del suelo (tendencias) a distintas profundidades**

# 3. Riego de Precisión

## Riego de precisión mediante sondas FDR de medida de la humedad del suelo<sup>1</sup>



El análisis de las tendencias de la humedad del suelo a distintas profundidades permite optimizar la frecuencia de los riegos

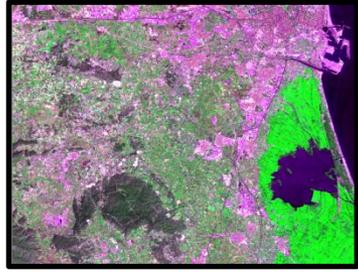
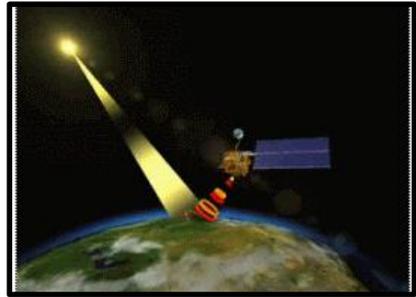
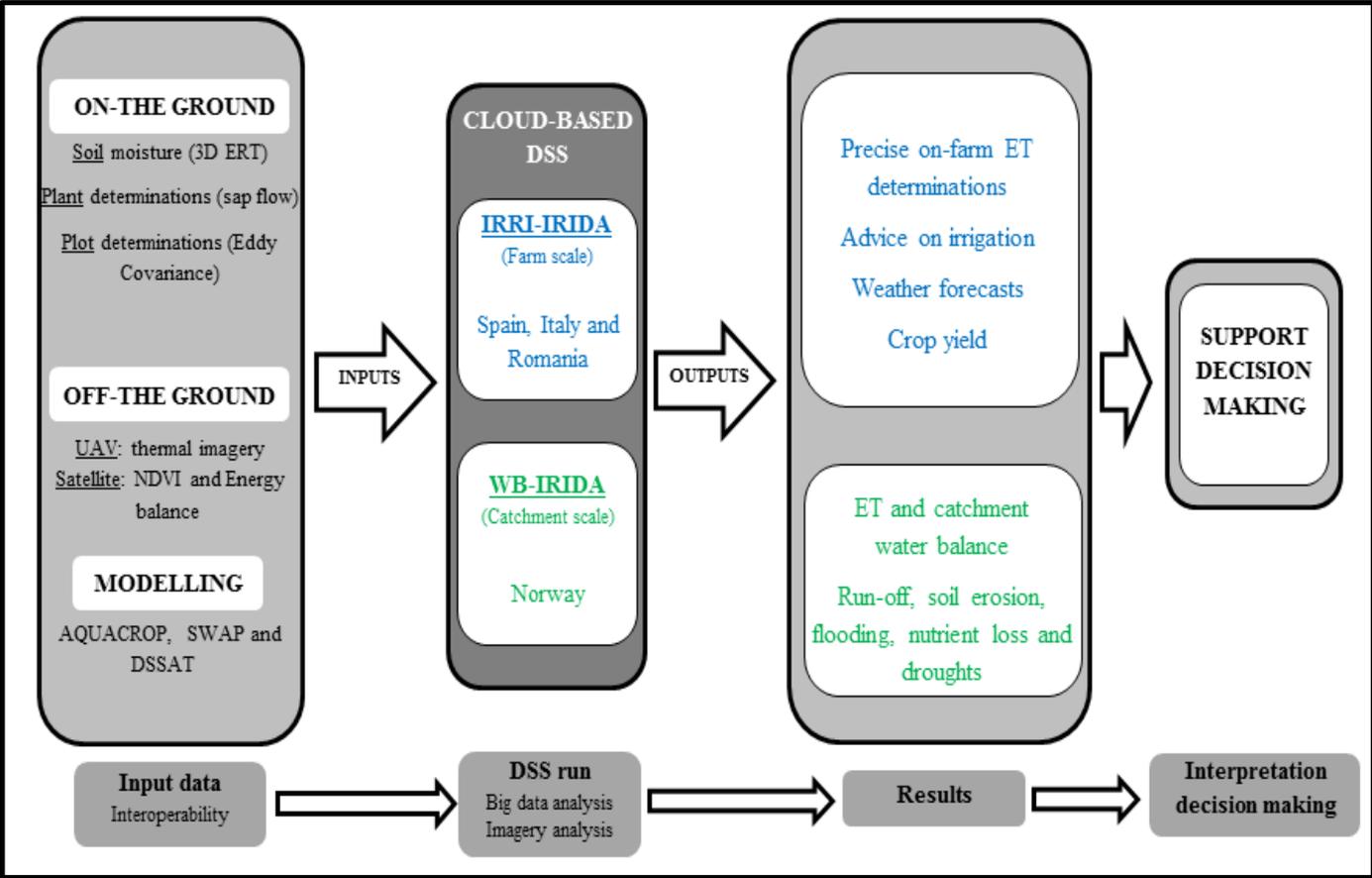
Hay una reducción del riego aportado sin afectar negativamente a la producción.

**Ahorro de agua de un 23%**

<sup>1</sup> Bonet et al. 2010. Soil capacitance sensors and stem dendrometers. Useful tools for irrigation scheduling? *Span J Agr Res* S2:S52-S65.

# 3. Riego de Precisión

## JPI Water Works 2014 INNOVATIVE REMOTE AND GROUND SENSORS, DATA AND TOOLS INTO A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR AGRICULTURE WATER MANAGEMENT (IRIDA)

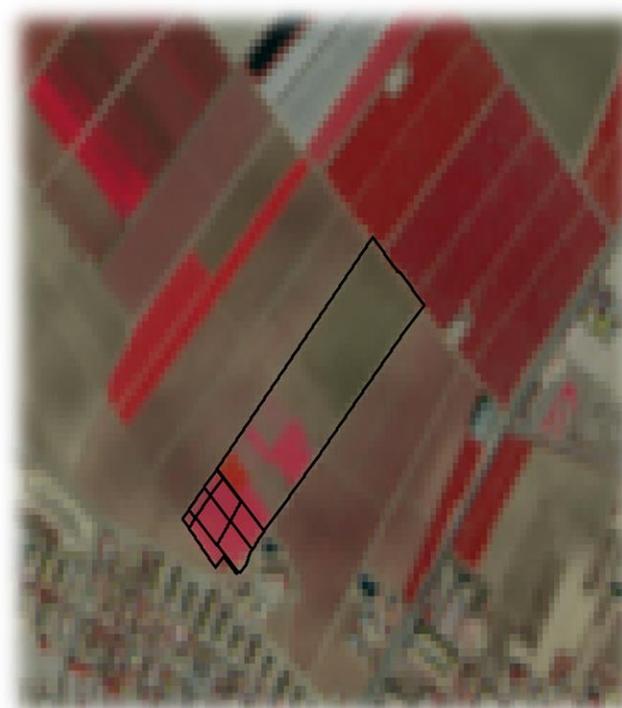


# 3. Riego de Precisión

Parcela	
Agricultor	Agrícola Galindo
Localización	Los Alcázares
Área de estudio	3600 m <sup>2</sup>

Crop characteristics	
Crop	Lechuga (Little gem)
Plantación	24/09/2016
Cosecha	11/11/2016

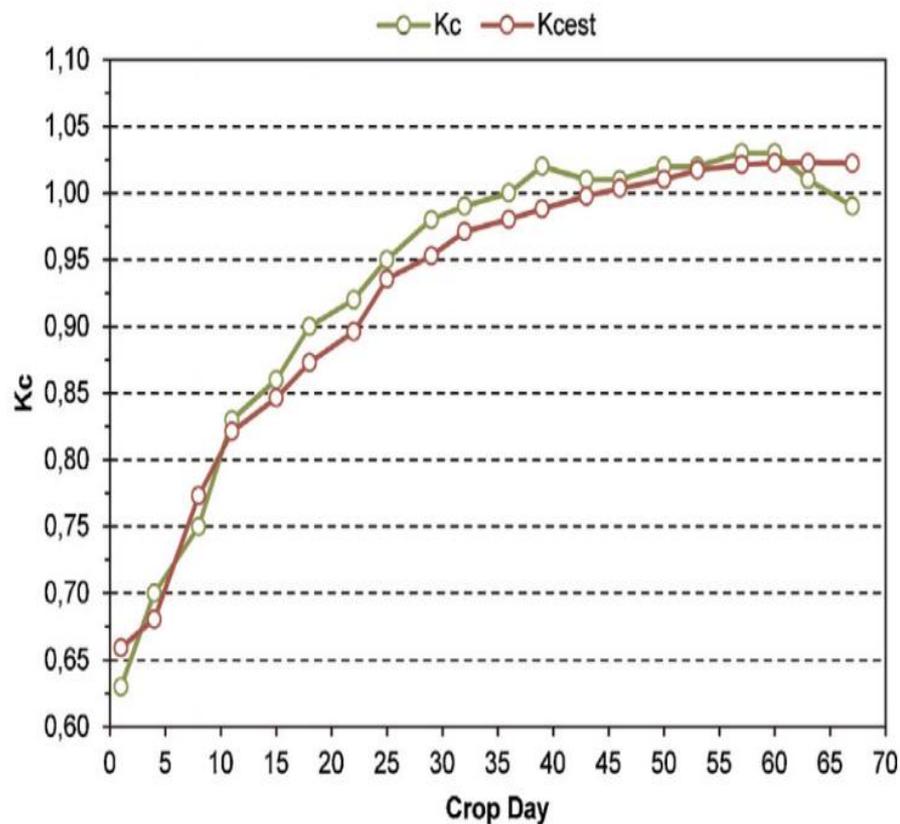
Fecha	DOY	Satellite
2016/09/29	273	Landsat 8 OLI/TIRS
2016/10/07	281	Landsat 7 ETM+
2016/10/08	282	Sentinel 2
2016/10/15	289	Landsat 8 OLI/TIRS
2016/10/23	297	Landsat 7 ETM+
2016/10/31	305	Landsat 8 OLI/TIRS
2016/11/07	312	Sentinel 2
2016/11/08	313	Landsat 7 ETM+







# 3. Riego de Precisión



Crop Day	Kc EH2015	Kc teledetección
0	0.63	0.59
10	0.80	0.58
20	0.90	0.87
30	0.98	1.08
40	1.03	1.14
50	1.04	1.01

Escarbajal-Henarejos et al. (2015)

1. Sostenibilidad en el uso del agua

2. Eficiencia en el uso del agua

**3. Técnicas agronómicas para un uso eficiente del agua en parcela**

a) Riego de precisión

**b) Riego deficitario controlado**

4. Transferencia. GO MAPA

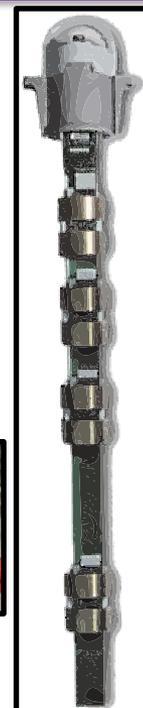


# 3. Riego deficitario controlado

## Riego deficitario controlado (RDC)

1. Riego inferior a las necesidades hídricas potenciales del cultivo
2. Control del déficit de riego impuesto
  - a) Periodo fenológico
  - b) Nivel de estrés hídrico impuesto

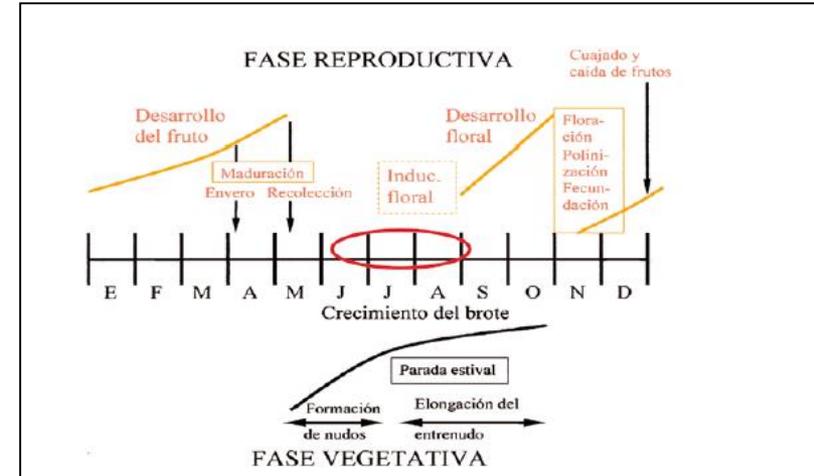
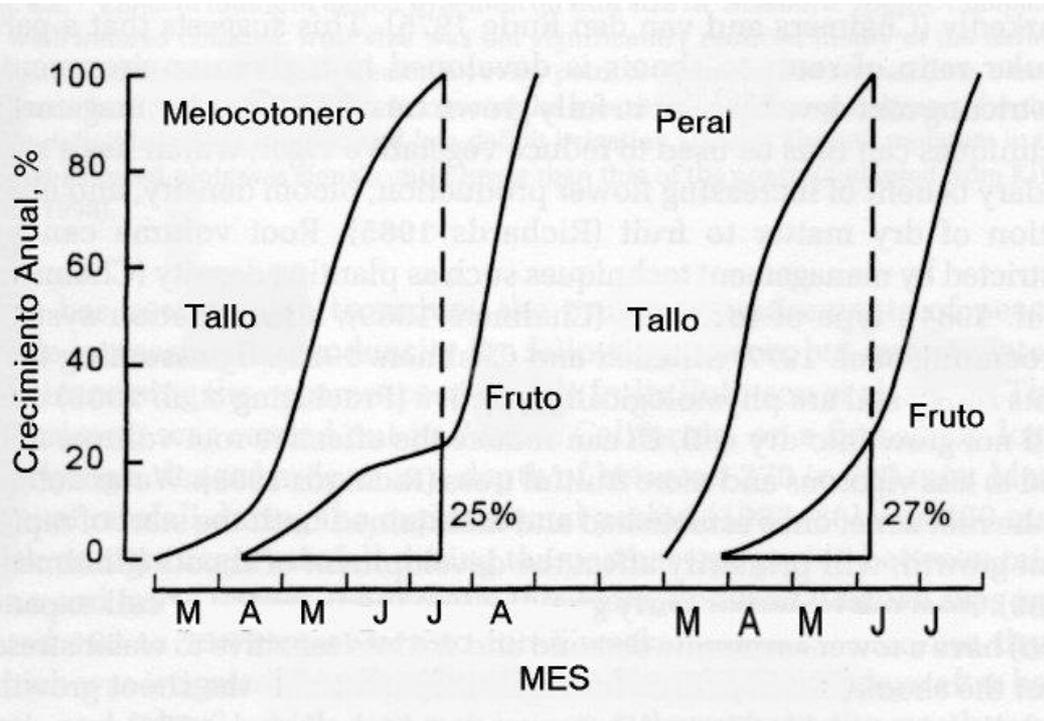
Ejemplo de riego deficitario controlado en cítricos  
Comparación con el riego deficitario continuo



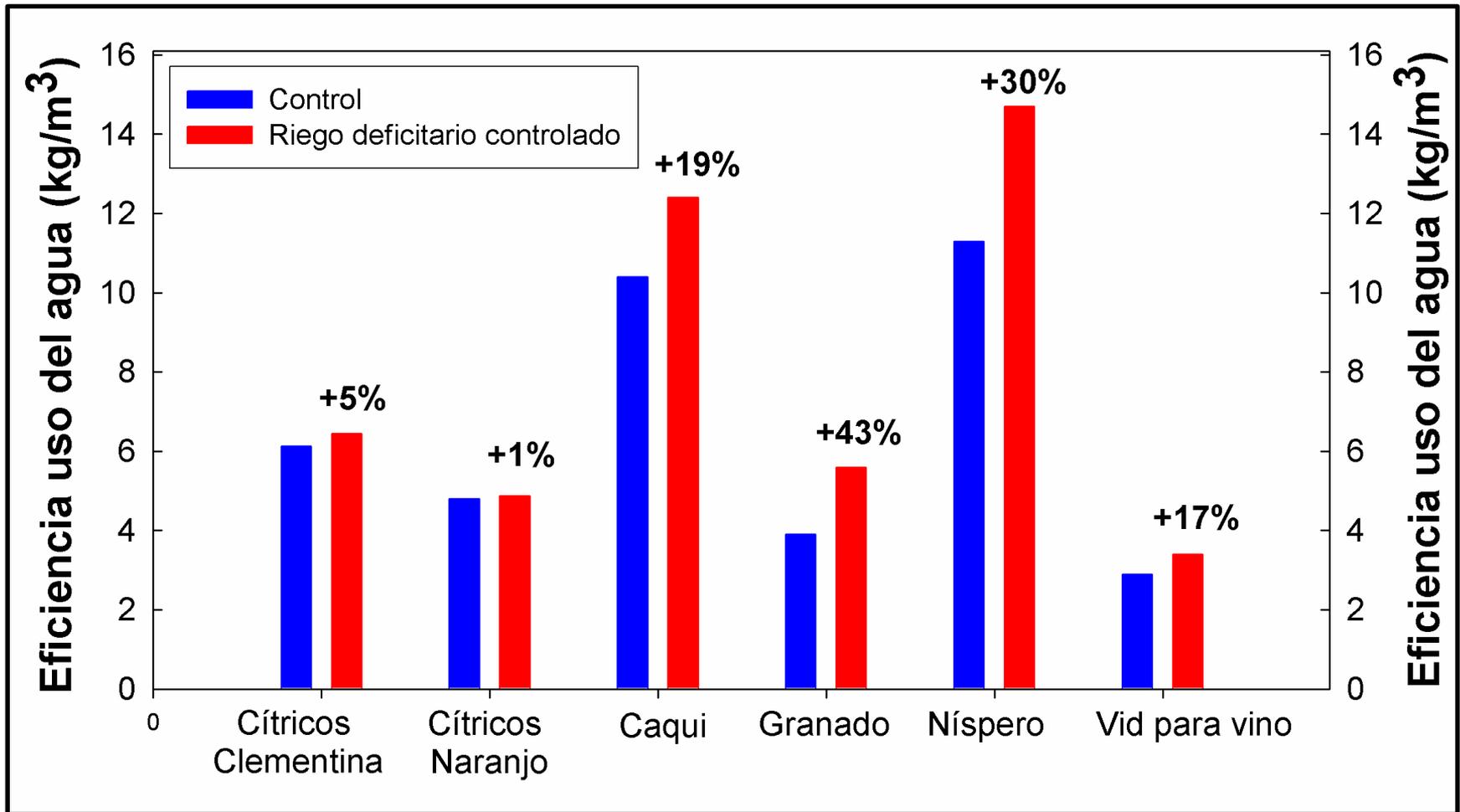
	Flor-Cuaje (May-Jun)	Fase II crec. lineal del fruto (Jul-Ago)	Fase III crec. fruto y maduración (Sept-Oct)
Riego deficitario controlado	100% ET	50% ET	100% ET
Riego deficitario continuo	75% ET	75% ET	75% ET

# 3. Riego deficitario controlado

Separación temporal entre crecimiento vegetativo y del fruto

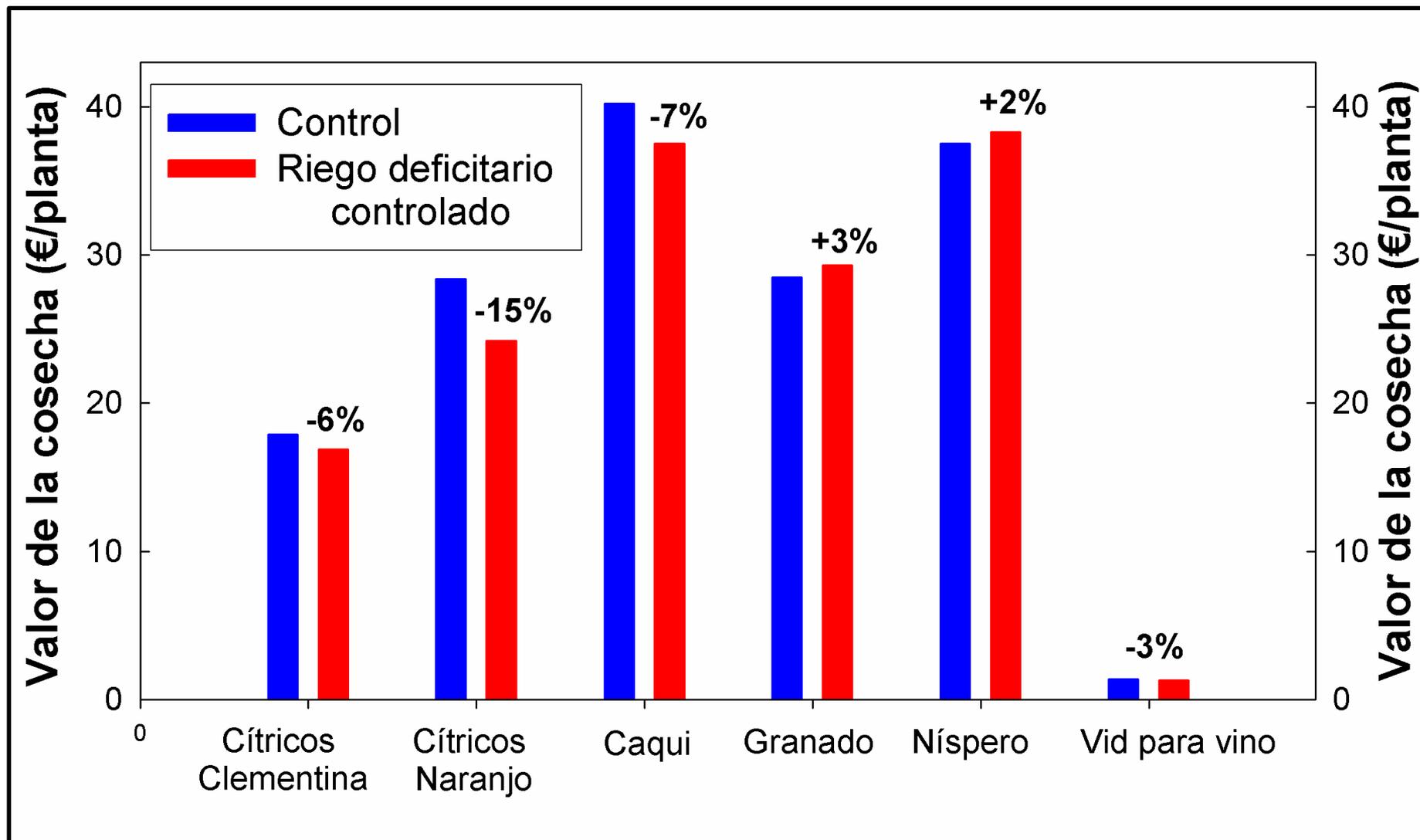


# 3. Riego deficitario controlado



Elaborado a partir de resultados de propios en ensayos de campo de 3-4 años de duración

# 3. Riego deficitario controlado



# 3. Riego deficitario controlado

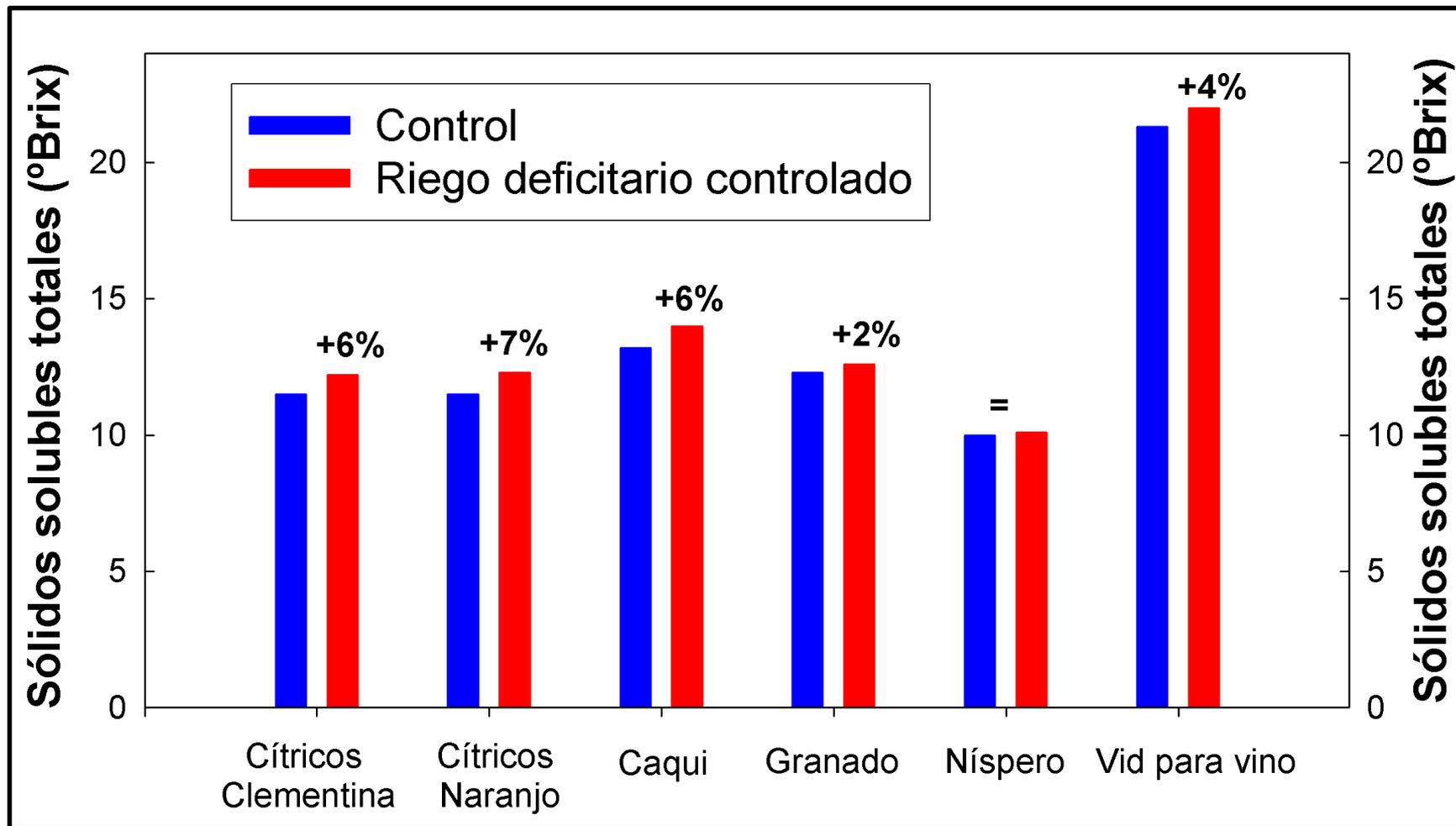


Control



Después de 3 años de RDC

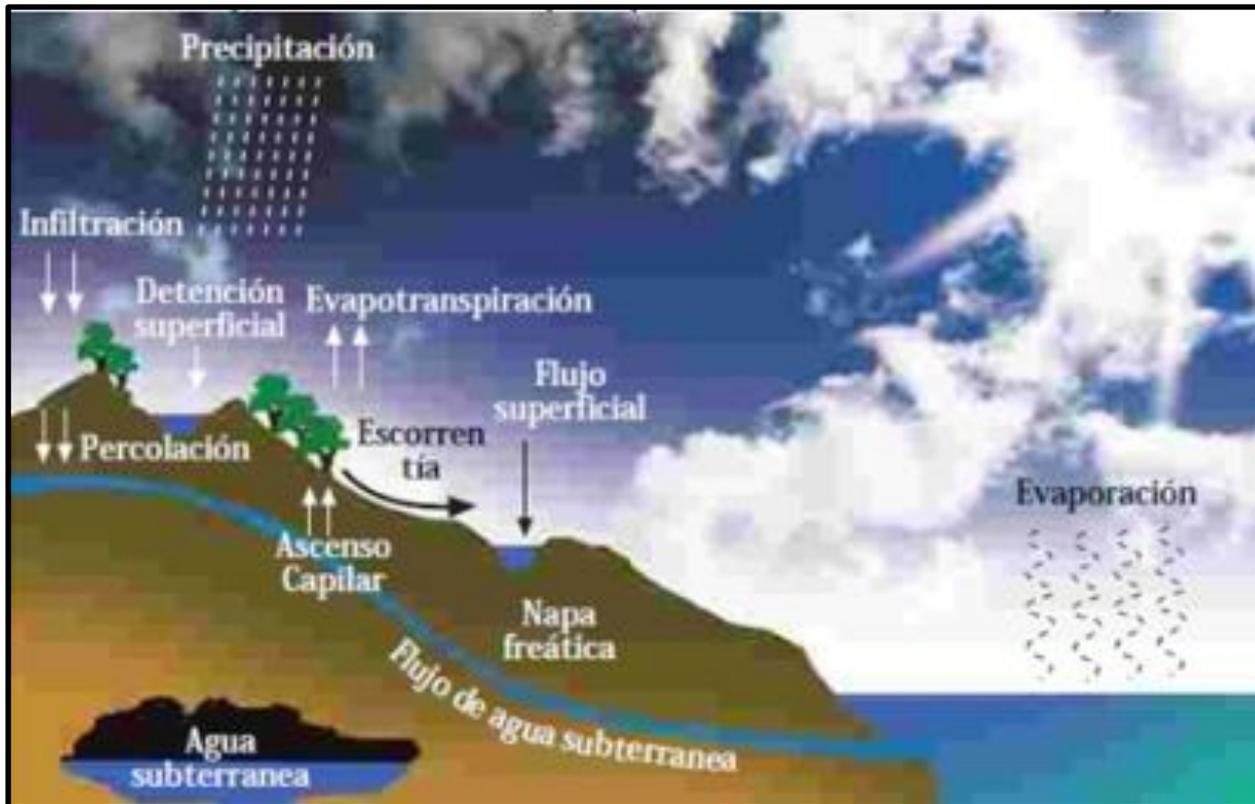
# 3. Riego deficitario controlado



# 3. Riego deficitario controlado

Analizando a escala de cuenca para incrementar la EUA es necesaria reducir la ET. El resto de herramientas no reducen el consumo de agua

Existen otras técnicas agronómicas para reducir la ET



- Riego subterráneo
- Acolchado del suelo
- Mallas de sombreo
- Nuevos materiales vegetales
- Épocas de siembra
- Diseño de plantaciones

1. Sostenibilidad en el uso del agua

2. Eficiencia en el uso del agua

3. Técnicas agronómicas para un uso eficiente del agua en parcela

a) Riego de precisión

b) Riego deficitario controlado

**4. Transferencia. GO MAPA**

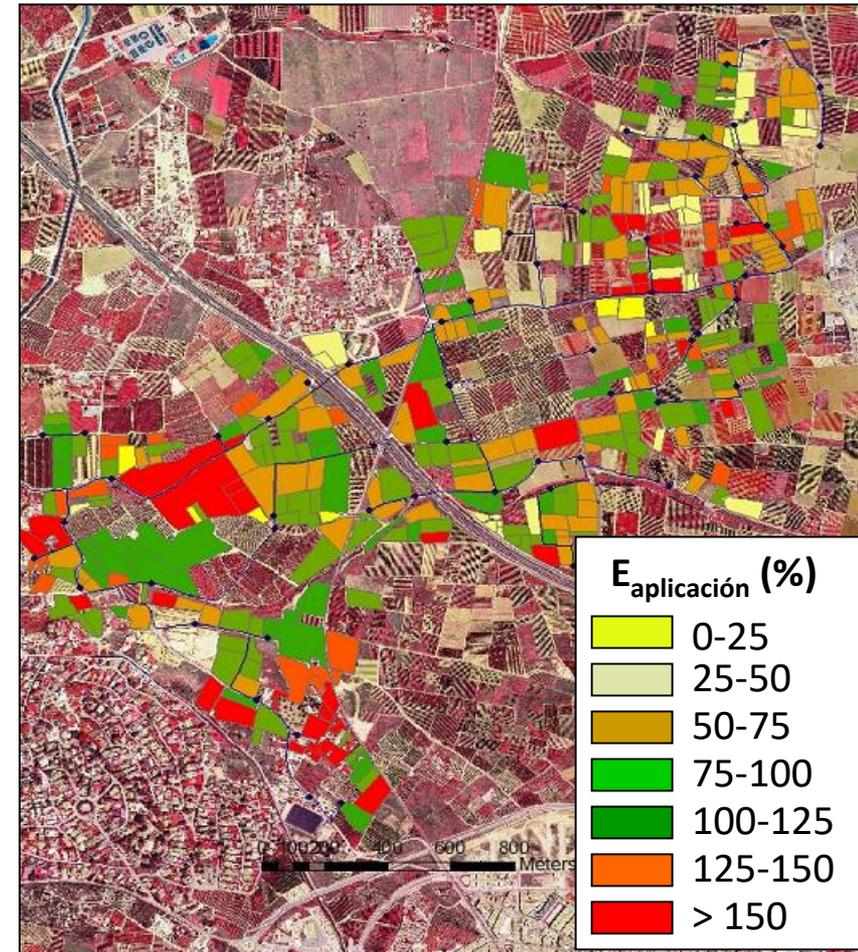
# 4. Transferencia

Determinación de la  $E_{\text{aplicación}}$  en una comunidad de regantes de Levante  
(Necesidades riego)/(Riego aportado)\*100

Para el conjunto de la comunidad de regantes la  $E_{\text{aplicación}} = 95\%$

Hay grandes variaciones en la  $E_{\text{aplicación}}$  entre parcelas

$E_{\text{aplicación}}$	# Parcelas
<50 ↑↑↑	114
50-75	69
75-125	122
125-150	69
>150 ↓↓↓	237



Jiménez-Bello et al. 2012. Use of remote sensing and geographic information tools for irrigation management. *Opt Méditerran* 67. 147-160.

# 4. Transferencia

## ¡El problema!

Los servicios de extensión agraria y transferencia están desapareciendo

En la mayoría de los proyectos de investigación e innovación no hay participación directa de los usuarios finales (los regantes)

En los organismos públicos de investigación la promoción del personal se basa en las publicaciones científicas (Los sexenios de transferencia se han reconocido hace menos de 1 año)

El sector privado en España invierte en el I+d menos que en otros países de nuestro entorno

Las innovaciones en el regadío son de más difícil incorporación por los usuarios finales debido a condicionantes sociales, hidráulicos, de gobernanza del agua....

# 4. Transferencia

¡La solución! Los grupos operativos supra-autonómicos

La financiación disponible podría no ser acorde a la magnitud de los retos a los que se enfrenta el sector agrario y su importancia en la economía nacional

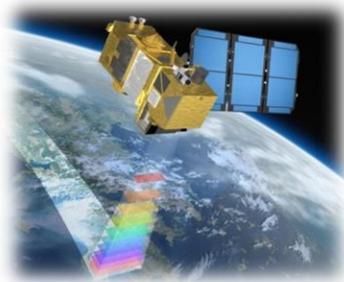
Podría existir cierta fragmentación/solape entre DO supra-autonómicos y los autonómicos. ¿atomización de la oferta y demanda?

¿es necesario crear el grupo operativo como tal? ¿podría ser más eficiente financiar directamente los proyectos?

¿Cuál es el papel de los OPIs y Universidades? ¿puede haber innovación sin la implicación directa de los OPIs?

¿Cómo hacer que se impliquen más y mejor los usuarios finales? ¿quiénes son? ¿Cómo se agrupan? Es un sector muy atomizado. No es fácil llegar a todos ellos.

# LOS GRUPOS OPERATIVOS COMO INSTRUMENTOS PARA TRANSFERIR LAS INNOVACIONES PARA OPTIMIZAR LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA DE RIEGO EN PARCELA.



## Diego Intrigliolo

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura

Unidad IVIA Asociada al CSIC “Riego en la agricultura mediterránea”

e-mail: [dintri@cebas.csic.es](mailto:dintri@cebas.csic.es)

Tel. 656682880