

Jornada: “La investigación agroalimentaria en Aragón. Sus inicios con Rodríguez Ayuso

# Pasado y presente de los riegos en Aragón

**José M Faci Unidad de Suelos y Riegos  
(Unidad Asociada EEAD-CSIC), CITA**



1

**Los orígenes  
del riego**

# El riego en la antigüedad

- Hace unos **9000 años** las poblaciones primitivas comenzaron las actividades de agricultura y ganadería y se hicieron más sedentarias.
- El **riego** surgió de la necesidad de **asegurar las cosechas**, produjo el asentamiento de poblaciones y fue el origen de las antiguas civilizaciones.
- Los registros más antiguos del uso del riego son de hace unos 7000 años en el **Valle del Nilo**.
- Según datos bibliográficos se construyeron importantes obras hidráulicas en los Valles del **Tigris y del Eufrates** hace unos 6500 años.
- El código de Hammurabi (1780 a.C.) contiene normas de uso del agua en cultivos.

# El riego en la antigüedad

- Los **romanos** realizaron grandes obras hidráulicas en las distintas zonas de su imperio y muchas de ellas todavía se conservan.
- En América también las civilizaciones antiguas construyeron obras hidráulicas y conducciones de riego (**Inca, Indios americanos** en Río Salado en Arizona).
- En España hay que destacar la importante aportación de los **árabes** en tecnología de riegos, organización y legislación sobre aguas.
- Durante la dominación árabe se mejoraron las redes de riego de los romanos y se desarrolló una agricultura próspera en las vegas de los ríos. Se construían presas, se derivaban canales y se inundaban parcelas rodeadas de caballones.

# Algunos hitos del riego en Aragón

- La construcción del **Canal de Tauste** se inició hacia el año 1250 y acabó el año 1444.
- La construcción del **Canal Imperial de Aragón** se inició en 1529 en el reinado de Carlos I y finalizó dos siglos después, durante el reinado de Carlos III.
- **Primer Congreso Nacional de Riegos** en 1913 en Zaragoza. (Se recuerda el fallecimiento de Rodríguez Ayuso y se reconoce su labor)
- Creación de **Confederaciones** (CHE), comunidades de regantes
- Embalses y canales de riego: **Bardenas, Monegros y Aragón y Cataluña**

# Los regadíos de interés nacional

- En el siglo XX se produce en España un fuerte **incremento de la superficie regada** (1.000.000 ha) con una interrupción en los años de la Guerra Civil.
- Se desarrollaron **riegos por superficie** en todo tipo de tierras. Algunas de ellas no adecuadas para el riego por superficie. La **eficiencia** del riego en muchas zonas **era baja por alta permeabilidad del suelo y bajos caudales de riego**.
- El objetivo principal de estos regadíos era la producción de alimentos sobre todo de trigo para **alimentar a la población**.
- Recientemente: **Plan de modernización del regadío**

# Nivelación para riego por superficie



# 2

## **El regadío en la actualidad en Aragón**



# ¿Qué sistemas de riego tenemos en Aragón en la actualidad?

- Tenemos una gran **variabilidad** de sistemas de riego
- Conviven desde sistemas de riego de superficie del **tiempo de los árabes** hasta **modernos** sistemas de riego a presión con la tecnología más avanzada en el mundo
- Esta variabilidad crea **necesidades diferentes**. Los riegos tradicionales tienen problemas graves de falta de eficiencia y de empleo de mucha mano de obra para las labores de riego. Los sistemas a presión demandan información técnica sobre la programación del riego, manejo y labores de mantenimiento de los sistemas.

## Modernas infraestructuras (Canal de Monegros)



## Infraestructuras antiguas con más de 200 años (Canal Imperial de Aragón, Tudela)



# Infraestructuras con más de 200 años (Canal Imperial de Aragón, Tudela)



# Casa de Compuertas del El Bocal (hace 100 años)



# Casa de Compuertas del El Bocal (actualidad)



# Sala de mecanismos de El Bocal (hace 180 años)

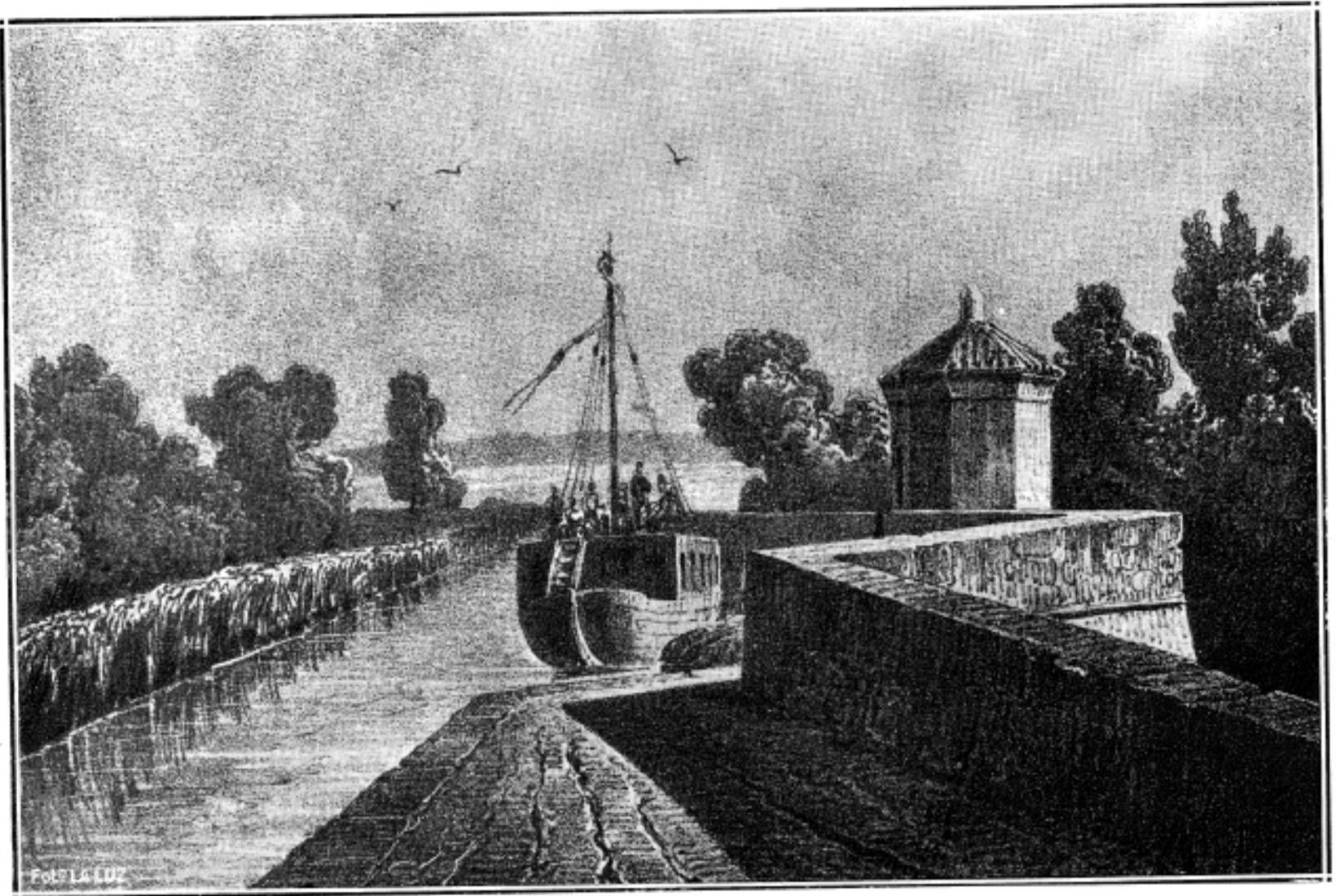


*Sala de mecanismos del Bocal, para dobles compuertas de palastro, en 10 vanos de 1,95 mts. de luz y 2,60 metros de altura.*

# Sala de mecanismos de El Bocal (actualidad)



# Acueducto sobre el Jalón, Grisén (grabado de 1831)



*Acueducto sobre el Jalón (reproducción de un grabado de 1831).*



# Acueducto sobre el Jalón, Grisén (actualidad)



## ¿Qué superficies de riego hay en Aragón? (MAPA, 1980; ESYRCE, 2012)

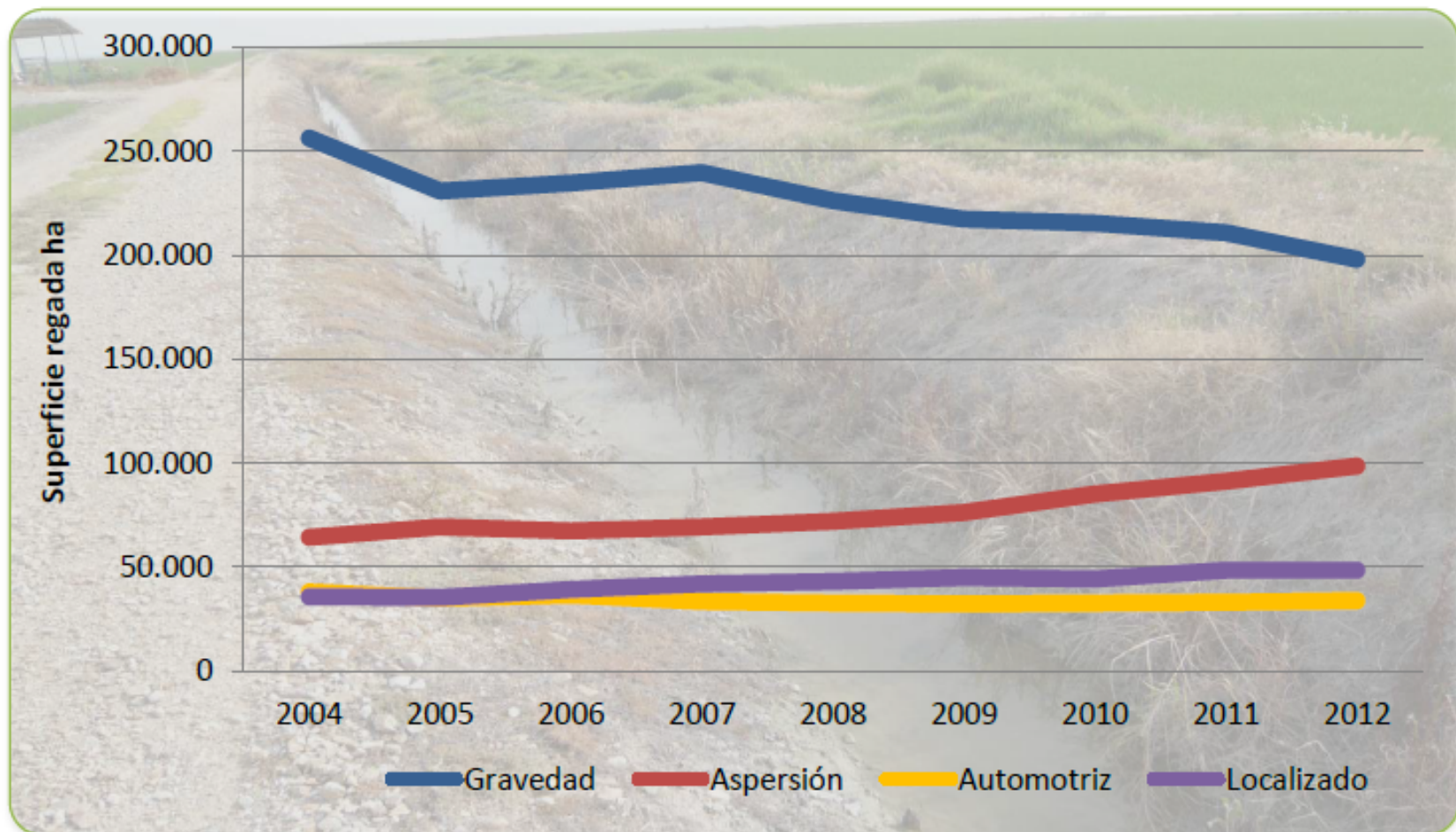
Tipo de regadío	Año 1975		Año 2011	
	ha regadío	%	ha regadío	%
Gravedad	317100*	91*	<b>197.970</b>	<b>52</b>
Aspersión	30.000* móviles	9*	<b>132.758</b> <b>fijas y pivots</b>	<b>35</b>
Localizado	0*	0*	<b>48.568</b>	
Total	<b>347.100</b>	100	<b>379.296</b>	<b>100</b>

•No se separaban riegos de aspersión y de superficie.

El **cambio a sistemas presurizados** ha sido espectacular ya que hace 50 años casi todo era riego por superficie

# Evolución superficie de riego en Aragón (ESYRCE, 2012).

Gráfico 14: Evolución de la superficie regada en Aragón. Años 2004-2012



## Porcentajes de la superficie de regadío respecto a la labrada (ESYRCE, 2012)

Comunidad Autónoma	Sup. regadío/Sup. labrada x 100
Andalucía	25 %
<b>Aragón</b>	<b>21 %</b>
Castilla y León	12 %
Castilla-La Mancha	12 %
Cataluña	29 %
Comunidad Valenciana	49 %
Región de Murcia	38 %
Media en España	20 %

En Aragón es un 21 %

# ¿Como se organizan los regantes?

- Hay casi **1000 comunidades de regantes**.
- De tamaño muy **variable** desde varios miles de ha a solamente unas decenas de ha. La comunidad mayor es la Comunidad General de Riegos del Alto Aragón que comprende más de 110.000 ha de regadío.
- Hay comunidades **muy tecnificadas** con riegos a presión que hacen una gestión del riego muy eficiente.
- Sin embargo quedan un número elevado de pequeñas comunidades de base que **requieren una modernización y mejora** de gestión y manejo del riego.

# ¿Qué se cultiva en los regadíos de Aragón? (ESYRCE, 2012)

Cultivos en regadío	Aragón (ha)
<b>Cereales grano</b>	<b>186.913</b>
Leguminosas grano	1.421
Cultivos industriales	6.129
<b>Forrajeras</b>	<b>91.409</b>
Hortalizas	3.882
<b>Frutales</b>	<b>46.131</b>
Viñedo	10.231
Olivar	11.465

**El maíz es el cultivo mayoritario (en sistemas de superficie y aspersión)**

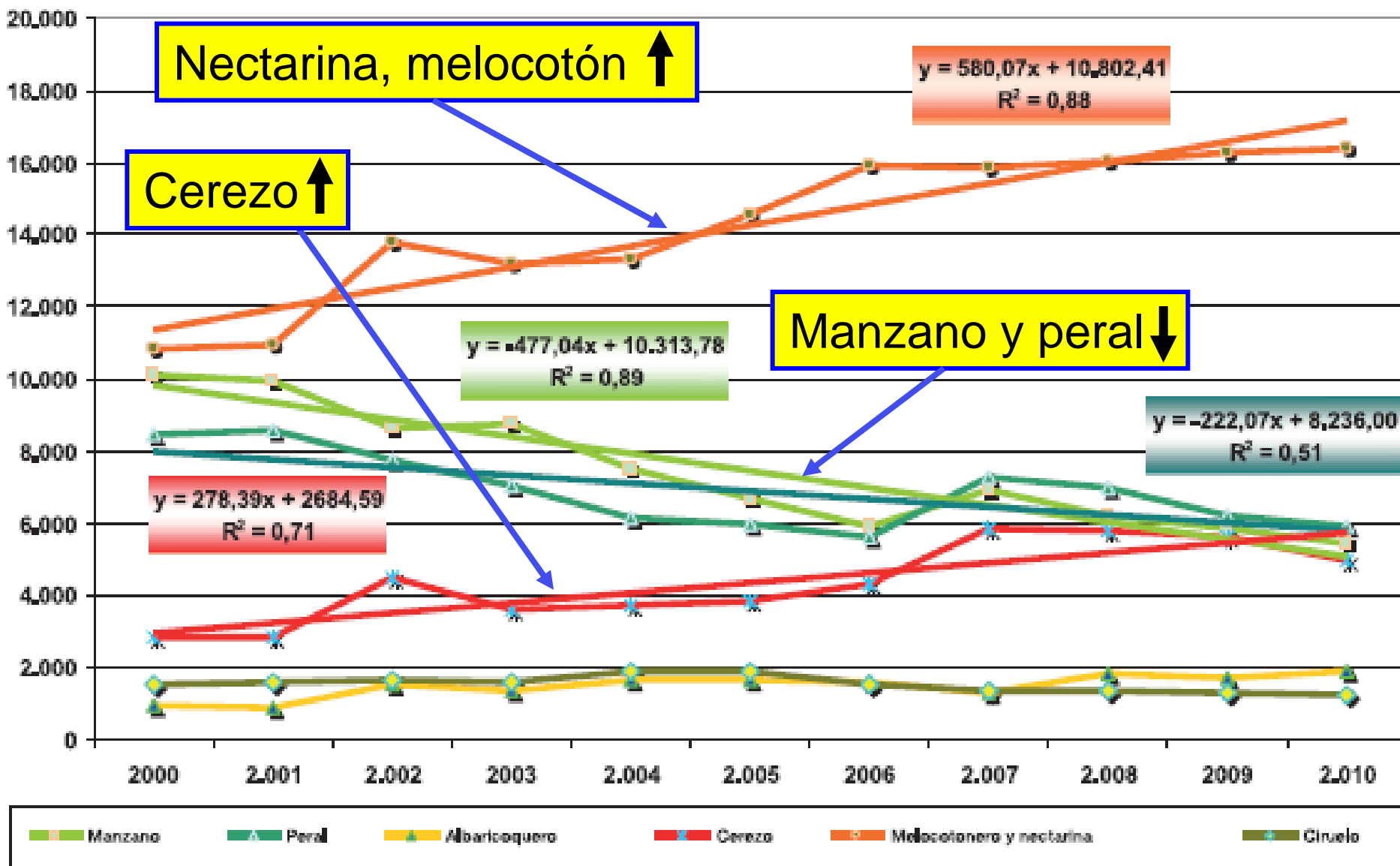


**La alfalfa es el segundo cultivo (en sistemas de superficie y aspersión)**





# Los frutales son el tercer grupo de cultivos (goteo) (Anuario estadístico Agrario de Aragón 2010/2011)



# ¿Qué calidad de agua tenemos?

- En los regadíos de la margen izquierda del Ebro la calidad es **muy buena**
  - Canales de Monegros y Bardenas
  - Canal del Cinca
  - Canal de Aragón y Cataluña
- En los regadíos que toman el agua del Ebro es bastante peor
  - PEBEA
  - **Limitaciones en aspersión**
- En regadíos que toman el agua de acuíferos hay problemas de salinidad y nitratos (zonas vulnerables).

# 3

**Investigaciones sobre  
riegos del CITA en los  
últimos 30 años en  
colaboración con EEAD**

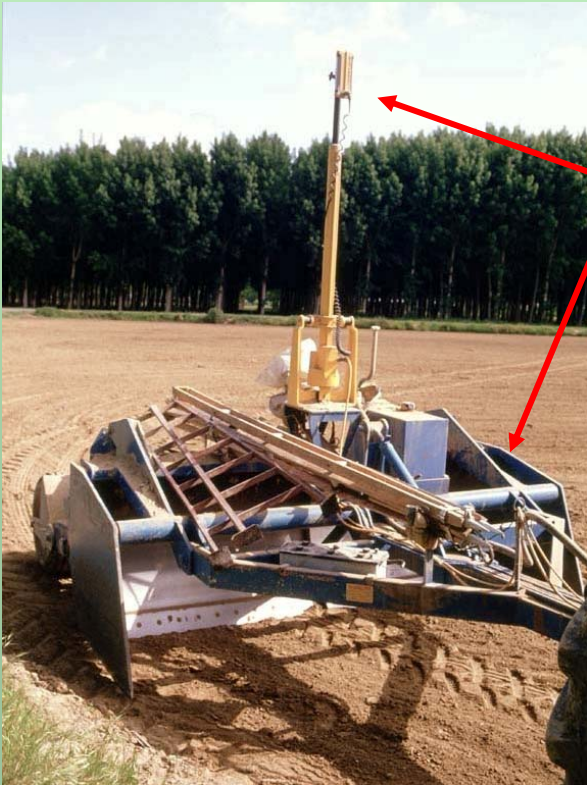
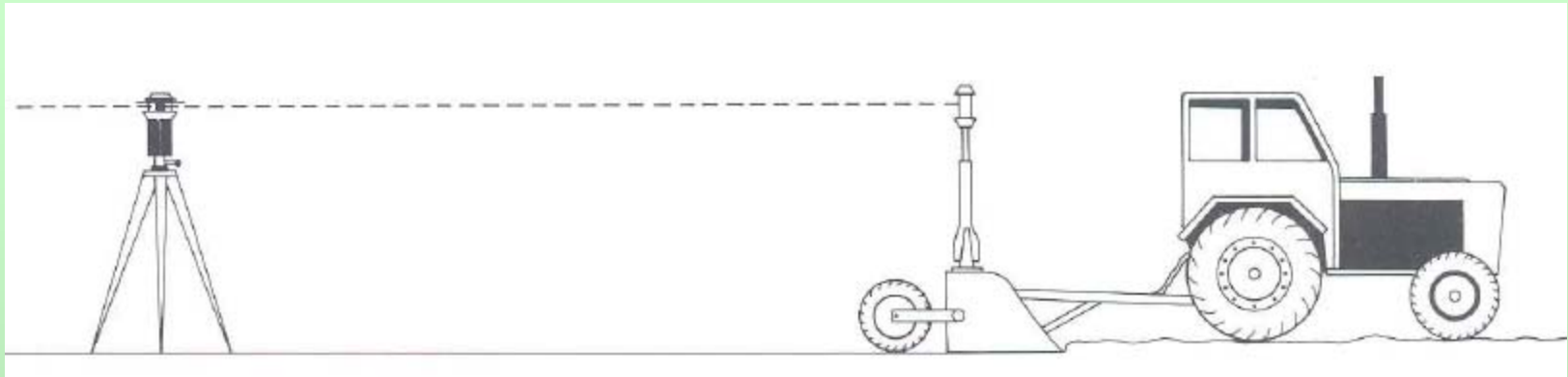
# 1. Mejora de la determinación de las necesidades hídricas de los cultivos

- En los años 1990 se instalaron en la finca del CITA unos **lisímetros de pesada** que han permitido la calibración de los métodos de cálculo de la evapotranspiración de referencia (**ET<sub>o</sub>**) y la obtención de los coeficientes de cultivo (**K<sub>c</sub>**) para la determinación fiable de las **necesidades hídricas de los cultivos**.
- Se han determinado las **necesidades de riego** de los principales cultivos en las distintas comarcas agrarias de Aragón.

## 2. Mejora de la eficiencia del riego por gravedad.

- La introducción de **la nivelación láser** en los regadíos de gravedad en Aragón ha supuesto una mejora agronómica de los cultivos y un importante ahorro de agua en los regadíos tradicionales con riego por superficie.
- La nivelación láser es **totalmente recomendable** e incluso podríamos decir que imprescindible para el riego eficiente por superficie.
- Asimismo la introducción de los **modelos de simulación del riego por superficie** junto con las **evaluaciones** del riego han sido herramientas de trabajo relevantes para la mejora del manejo y diseño de los riegos por gravedad.

# El equipo láser



Receptor de rayo láser y niveladora

Emisor de rayo láser en trípode



Consola de control

# Equipo nivelación láser



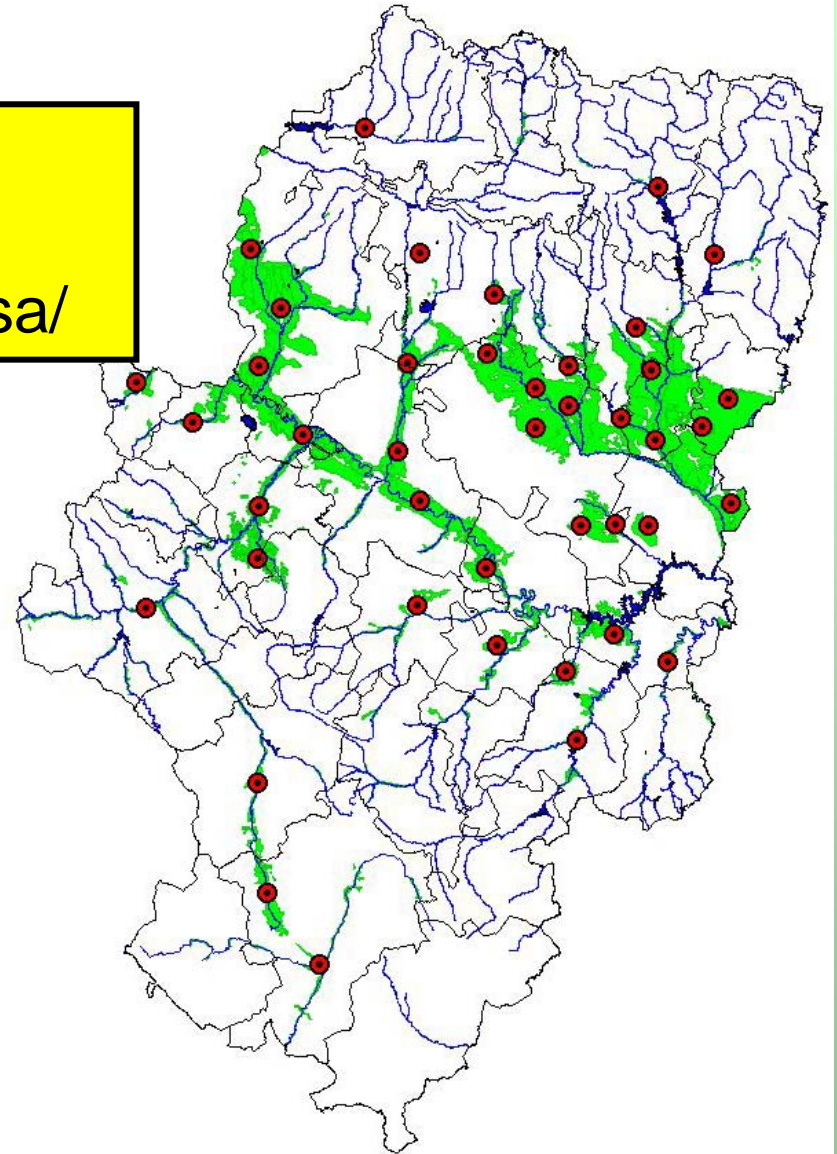
### 3. Puesta en marcha de la Oficina del Regante de Aragón

- La Oficina del Regante de Aragón (OdR) se creó en el año 2001 en el CITA y actualmente está ubicada en la empresa pública aragonesa SARGA.
- Desde su creación la OdR colabora activamente con los regantes de Aragón para la mejora del uso del agua en nuestros regadíos.
- El MAPA en colaboración con la OdR instaló la red de estaciones meteorológicas en los regadíos aragoneses (red SIAR del regadío).
- La OdR está siendo una útil herramienta para la mejora del uso del agua. La OdR facilita las necesidades de riego a tiempo real de los principales cultivos en las distintas estaciones agrometeorológicas de la red SIAR en su portal Web.



# Estaciones de la red SIAR en Aragón

Portal Web de la Oficina del  
Regante:  
<http://servicios.aragon.es/oresa/>





## NUEVO!! Boletín al m@il del Regante Nº32

En este número aparecen los siguientes artículos: Actualidad : La nueva PAC. Horizonte 2020 Sistemas de riego : Riego por goteo subterráneo Legislación : Exacción de deudas por la vía del apremio Noticias Este boletín se distribuye a los inscritos en la Oficina del Regante de SARG...

[ver más]

## Convocadas subvenciones para las obras de mejora y modernización de infraestructuras de regadío, para el año 2014.



Con fecha 17 de febrero han sido publicadas las convocatorias de las subvenciones para las obras de mejora y modernización de infraestructuras de regadío en el marco del Programa de Desarrollo Rural para Aragón 2007-2013 , para el año 2014. Desde SARGA nos ponemos a disposición de las Comunidades...

[ver más]

## MARZO. JORNADA TÉCNICA: INNOVACIÓN ENERGÉTICA EN EL REGADÍO

La Comunidad Gral. Regantes del Canal de Aragón y Cataluña ha organizado una jornada técnica en "Innovación energética en el regadío", tendrá lugar en Binefar (Huesca) el próximo 19 de marzo. En el enlace adjunto se puede ver el programa de esta jornada. Aforo ...

[ver más]

 **Datos Meteorológicos**  **Centro de interpretación del regadío y la agricultura**  **Necesidades Hídricas** 

## 4. Mejora de la gestión del riego. Programa informático “Ador”

- El proyecto Ador:
  - Se inició en el año 1997
  - Desarrollado por investigadores de:
    - Estación Experimental Aula Dei (CSIC) y del CITA.
- Objetivo:
  - Desarrollar un programa informático que ayude a la **gestión** del agua de las Comunidades de Regantes, cualesquiera sean sus sistemas de distribución de agua y su nivel de gestión
- El programa se ha **implantado** en muchas comunidades de regantes de Aragón.



# Ador

Versión 1.3.3. © Un Programa de Ordenador para la Gestión de Comunidades de Regantes

Derechos de explotación del programa registrados a favor del CSIC en la oficina provincial del registro de propiedad intelectual de Madrid, con los números 97.999 y 98.000. Estos derechos no incluyen al contenido del menú de gráficos desarrollado por Prodevelop.

## El programa Ador se creó y está siendo desarrollado dentro de los proyectos de investigación

"Ador: una familia de programas de ordenador para la gestión y la planificación del uso del agua de riego y sus implicaciones medioambientales". Financiado por y el Plan Nacional de I+D+I y los fondos FEDER de la Unión Europea (1999-2001)

"Desarrollo de un programa informático para la gestión avanzada de comunidades de regantes". Financiado por el Plan Nacional de I+D+I (2001-2003)

En estos proyectos participaron:

Departamento de Genética y Producción Vegetal, Estación Experimental de Aula Dei, CSIC

Unidad de Suelos y Riegos, Servicio de Investigación Agroalimentaria, Diputación General de Aragón



Comunidad de Regantes V de Bardenas y L'2 y asociados, Ejea de los Caballeros, Zaragoza



Prodevelop, Valencia

Con la colaboración del Proyecto I3P del Fondo Social Europeo y el CSIC (2002-2004)

Usa Ador y dínos qué opinas de él.

## El programa Ador está siendo desarrollado y aplicado a la gestión de las comunidades de base de la Comunidad General de Riegos del Alto Aragón, gracias a una subvención del Gobierno de Aragón.



En esta actividad participan las empresas:



**Supraweb, S.L.**



## La Oficina del Regante de la Diputación General de Aragón desarrolla Ador y lo aplica a las comunidades de regantes de Aragón que lo soliciten.

La Oficina está cofinanciada por los fondos FEOGA de la Unión Europea

oficinaregante@aragon.es, <http://oficinaregante.aragon.es>

## En el desarrollo de Ador han intervenido muchas personas.

Entre ellas, cabe destacar a Ignacio Mantero (diseño y programación), Enrique Playán y José Caverio (coordinadores), y Raquel Salvador (aplicación). Para contactar con cualquiera de ellos: [imantero@aragob.es](mailto:imantero@aragob.es), [playan@eead.csic.es](mailto:playan@eead.csic.es), [jcavero@eead.csic.es](mailto:jcavero@eead.csic.es), [rsalvador@aragob.es](mailto:rsalvador@aragob.es)

Dirección: EEAD-CSIC. Apdo. 202. 50080 Zaragoza. Teléfono: 976 716 100, Fax 976 716 145

Continuar

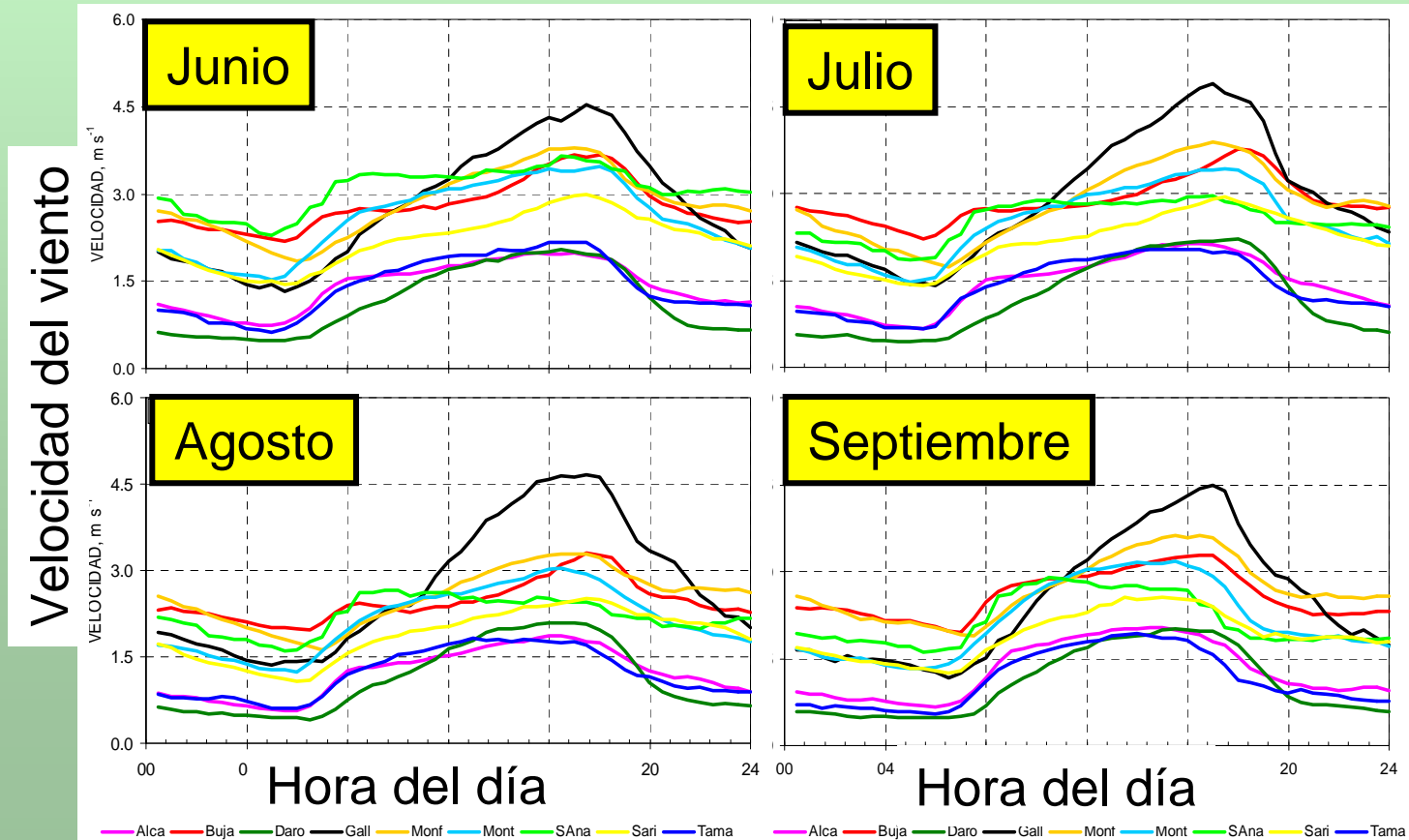
## 5.1. Riego por aspersión. Trabajos en los últimos 10 años (Evaluaciones)

- Evaluaciones de distintos sistemas de aspersión en distintos regadíos en Aragón.



## 5.2. Riego por aspersión. Viento

- Estudios del viento y sus efectos en la aspersión (Martínez-Cob et al., 2006)

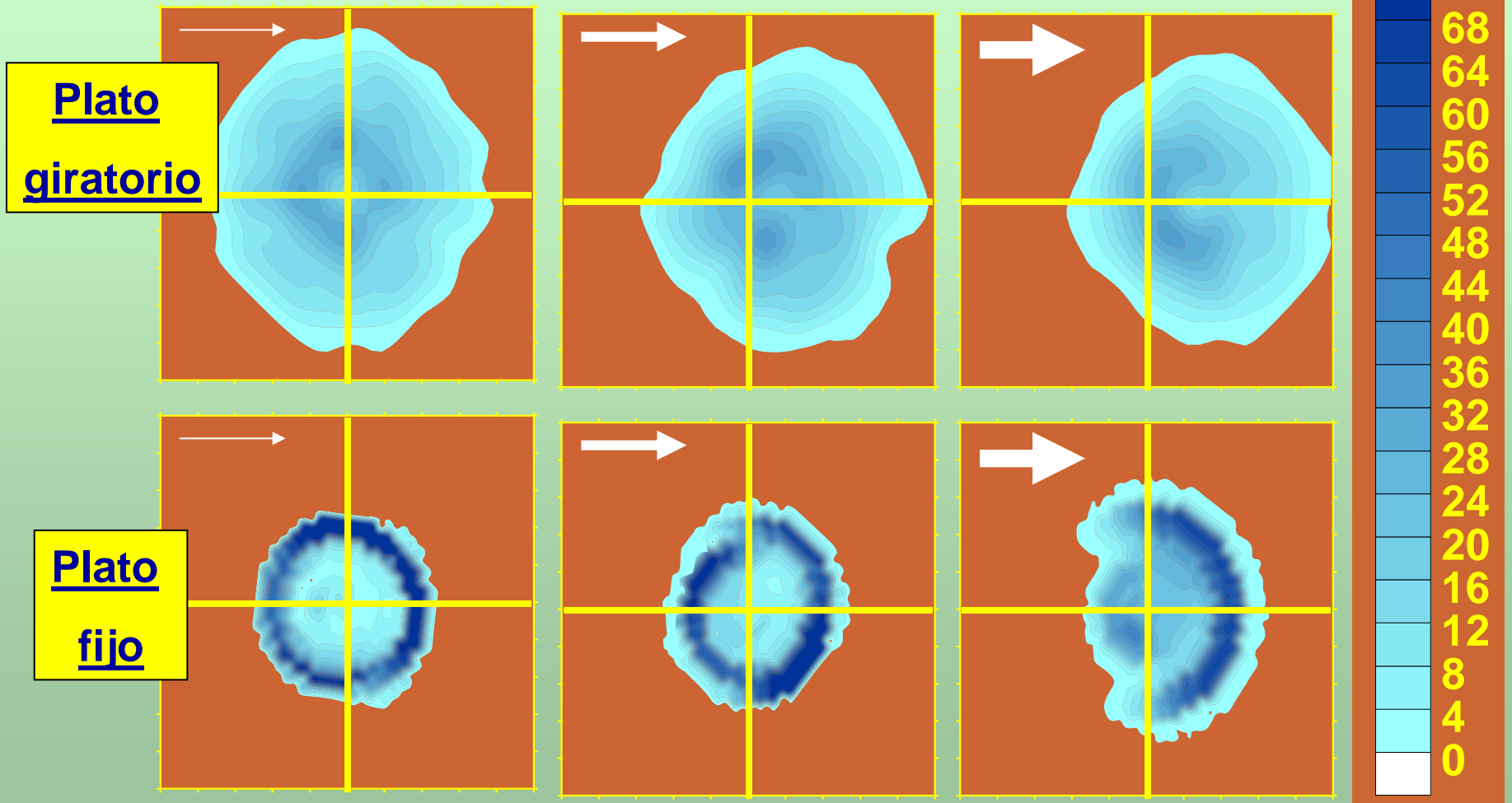


## 5.3. Riego por aspersión. Emisores

- Estudios de aspersores y emisores para pivots. Máquina experimental de riego por aspersión.



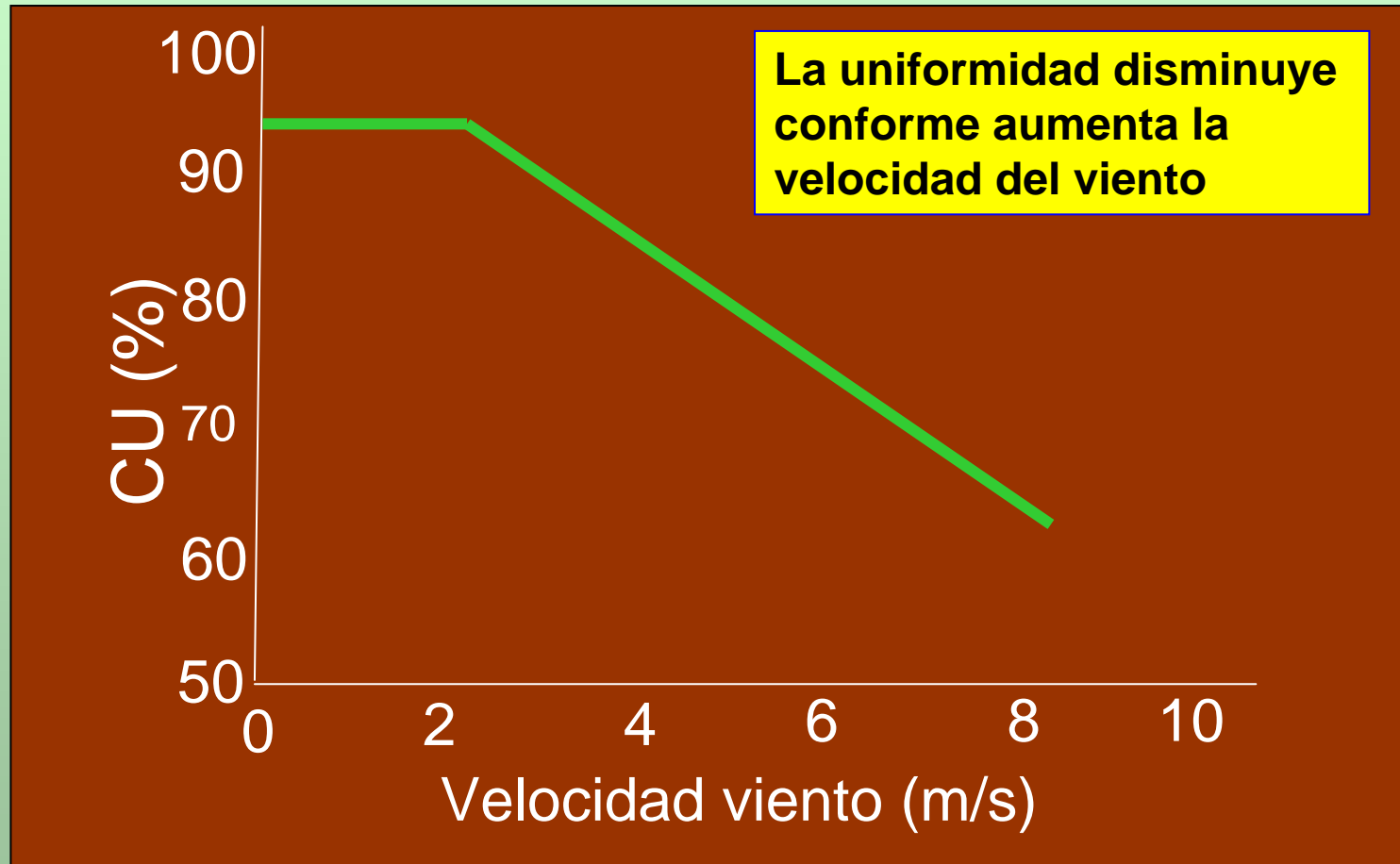
## 5.3. Riego por aspersión. Efecto de la velocidad del viento en emisores



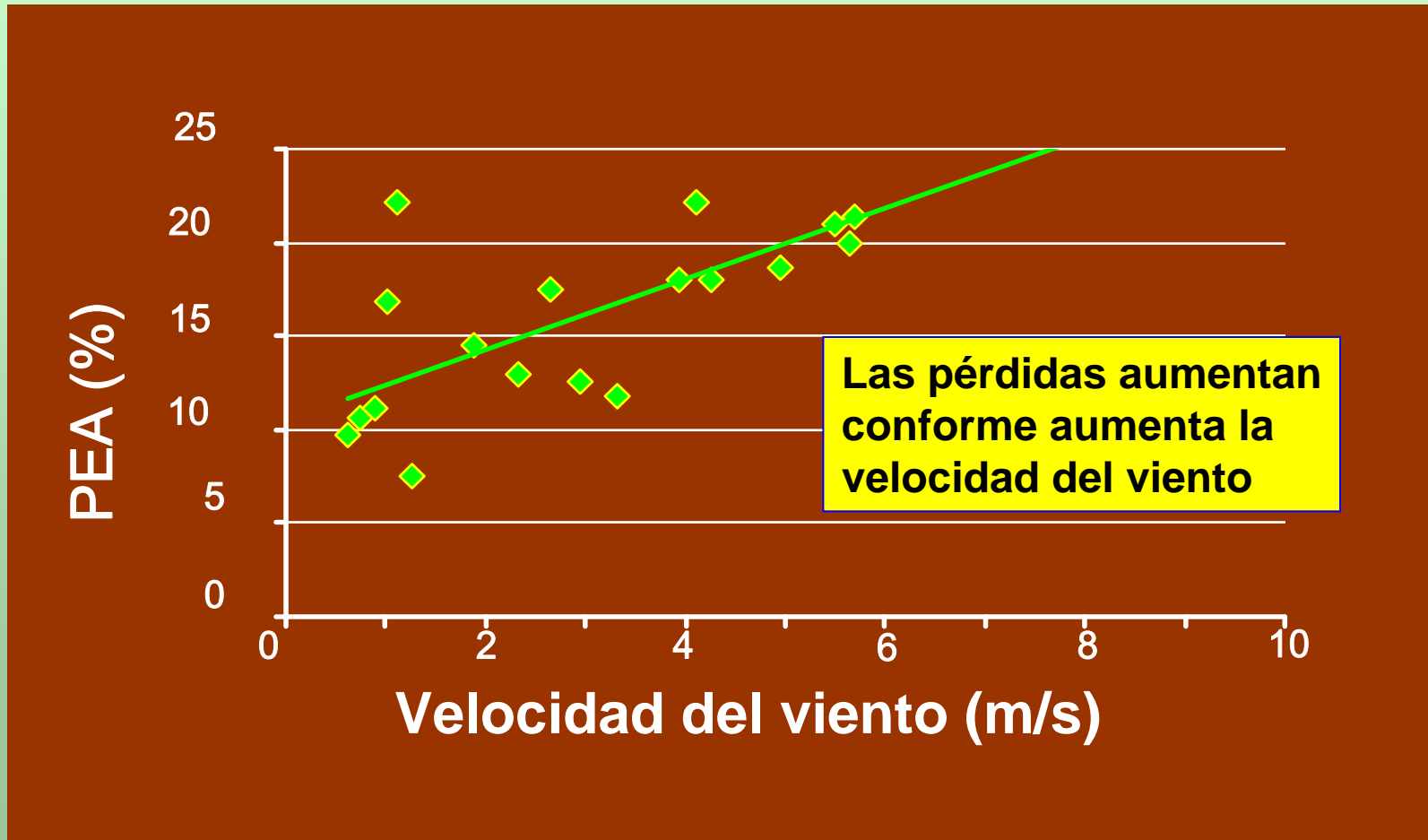
Ensayo:  $D = 7,9 \text{ mm}$   $h = 1 \text{ m}$



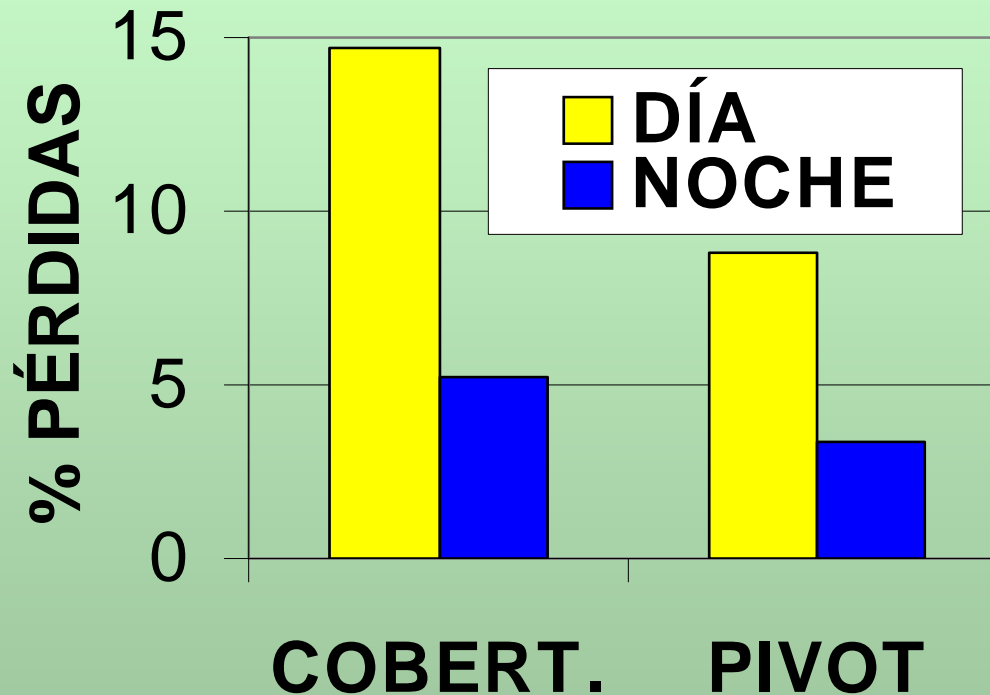
## 5.4. Riego por aspersión. Efecto de la velocidad del viento en el coeficiente de uniformidad



## 5.5. Riego por aspersión. Efecto de la velocidad del viento en las pérdidas de evaporación (PEA)



## 5.6. Riego por aspersión. Pérdidas de evaporación durante el riego diurno y nocturno



Se recomienda el riego por aspersión en horas nocturnas

## 6.1. Riego localizado subterráneo en cultivos extensivos.

- Trabajo reciente iniciado en 2011.
- Se ha efectuado una amplia revisión de literatura del sistema de riego localizado enterrado en extensivos (Salvador y Aragüés, 2013)
- Se ha desarrollado un proyecto con un ensayo de campo con Serviejea .
- Variables que influyen:
  - Profundidad de ramales, distancia entre ramales, distancia entre goteros, caudal del gotero, frecuencia de riego,.....
- Nos preocupa la nascencia del cultivo (maíz) con el riego (se puede gastar mucho agua en ese riego inicial)

## 6.2. Ensayo en el CITA de riego localizado subterráneo.

Ramal goteo enterrado



1 hora riego (8mm)



2 horas riego



5 horas riego



7 horas riego



11 horas riego (85mm)



19 horas riego (148mm)



En un suelo seco se necesitaron unos 100 mm de riego para humedecer toda la superficie

# Resumen

- Los regantes de Aragón han realizado un gran **esfuerzo en modernizar** sus instalaciones de riego y aplicar estas nuevas tecnologías. Son regadíos sostenibles y se hace un uso eficiente del agua.
- Hay incertidumbres o amenazas
  - **Falta regulación**. Es especialmente grave en los años de sequía
  - Hay una alta variabilidad de **precios agrarios**
  - Se ha producido un fuerte incremento de los **costes energéticos** (tarifas muy complejas) y complejidad de tarifas obliga a ser muy eficiente en el riego
- **Todavía queda mucho por hacer.....**

# Retos de la investigación en riegos en el futuro

- En los últimos 30 años se han producido importantes avances tecnológicos en los sistemas de riego.
- Los regantes de Aragón han realizado un gran esfuerzo en modernizar sus instalaciones de riego.
- Son regadíos sostenibles y se hace un uso eficiente del agua.
- Quedan importantes retos en investigación sobre riegos.
- Hay que **modernizar** las CCRR con riegos por gravedad.
- Hay que **mejorar el funcionamiento** del riego por aspersión en las condiciones del Valle del Ebro (viento).
- Hay que **optimizar el consumo** energético en las CCRR.
- Hay necesidad de estudiar el **riego a baja presión** para disminuir los gastos de riego (aspersión).
- Hay que **ajustar el riego** a las necesidades hídricas en zonas regables y jardines públicos y privados (frutales).

# Incertidumbres en el regadío



- Hay **incertidumbres** o amenazas
  - Falta **regulación**. Es especialmente grave en los años de sequía
  - Hay una alta **variabilidad** de precios agrarios
  - Hay altos **costes energéticos**. Se ha producido un fuerte incremento de los costes de electricidad con tarifas muy complejas y caras. Los altos precios de la energía (electricidad y diesel obligan a ser muy eficientes en el riego.
- **Todavía queda mucho por hacer.....**



# Gracias

La investigación  
**agroalimentaria**  
en Aragón

“ Sus inicios con  
**Rodríguez  
Ayuso** ”



Salón Goya. Edificio del  
Departamento de  
Agricultura, Ganadería y  
Medio Ambiente.  
Gobierno de Aragón.  
Plaza de S. Pedro Nolasco s/n  
ZARAGOZA

**EXPOSICIÓN**  
Del 31 de marzo al 11 de abril,  
de 10.00 a 14.00 y de 16.00 a 18.30

**CICLO DE CONFERENCIAS**  
31 de marzo de 10 a 11:20 h.  
11 de abril de 10 a 13:10 h.

Colaboran



Organiza

