



Jornada : El Regadío frente a la Sequía
(Estrategias de Riego Deficitario para enfrentarse a la Sequía)
(Proyecto RIDECO-CONSOLIDER)
CENTER, San Fernando de Henares (Madrid)
26 de Junio de 2012

Riego deficitario en cultivos herbáceos

J. M. Faci, I. Farré
Unidad de Suelos y Riegos (Unidad Asociada EEAD-CSIC)
CITA de Aragón



Introducción

1. En general el riego deficitario en los cultivos herbáceos se traduce en un descenso productivo cuando el agua almacenada en el suelo y la lluvia no llegan a cubrir las necesidades hídricas del cultivo.
2. El conocimiento de las relaciones entre el rendimiento y la ET de los cultivos (funciones de producción) es esencial para optimizar el uso del agua de riego.
3. El momento, duración e intensidad del estrés hídrico son factores de gran importancia que afectan a la relación rendimiento-agua de riego.
4. En cereales es bien conocido que la fase más sensible al estrés hídrico es la de floración.



Introducción

5. En cultivos forrajeros un estrés hídrico no es tan grave ya que se traduce en un descenso productivo proporcional al descenso de la ET.
6. Se han hecho muchos trabajos de respuesta de los cultivos al riego deficitario. Generalmente se estudia el efecto de un estrés hídrico continuado o en las distintas fases fenológicas sobre el rendimiento (Doorenbos y Kassam, 1979).
7. Con la información local de las funciones de producción, el regante puede establecer estrategias de riego para la optimización del uso del agua en condiciones de sequía.



Trabajos en riego deficitario en el CITA

1. Se ha estudiado la respuesta al riego deficitario continuado en **maíz y sorgo** en riego por **aspersión**.
2. Se ha estudiado la respuesta del **maíz** al riego deficitario por **inundación** en distintas fases de su desarrollo.
3. Se ha estudiado la respuesta al riego variable por **aspersión** de un cultivo de **arroz**.
4. En 2012 Hemos comenzado el estudio de la respuesta de **alfalfa** en **aspersión** a diversas dosis de riego (55, 70, 85, 100, 115 y 130% de NHn).



Trabajos en riego deficitario en el CITA

1. Se ha estudiado la respuesta al riego deficitario continuado en **maíz y sorgo** en riego por **aspersión**.
2. Se ha estudiado la respuesta del **maíz** al riego deficitario por **inundación** en distintas fases de su desarrollo.
3. Se ha estudiado la respuesta al riego variable por aspersión de un cultivo de arroz (tres años).
4. En 2012 Hemos comenzado el estudio de la respuesta de alfalfa en aspersión a diversas dosis de riego (55, 70, 85, 100, 115 y 130% de NHn).



1.

Respuesta del maíz (*Zea mays* L.) y sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) al riego deficitario.



Introducción

- Maíz

- Cultivo extendido en el Valle del Ebro.
- Es sensible al estrés hídrico.
- Alcanza altos rendimientos bajo condiciones no limitantes de agua y nutrientes.
- Dificultad del manejo del agua de riego limitante sin incurrir en importantes descensos de rendimiento

- Sorgo

- Muy poco cultivado en el Valle del Ebro.
- Mantiene rendimientos con reducciones de riego.
- El sorgo podría ser una alternativa al maíz en condiciones de agua de riego limitante



Objetivos

- Comparar la respuesta productiva del maíz y sorgo al riego deficitario continuado.
- Obtener información acerca del sorgo como posible alternativa al maíz bajo condiciones de riego limitado en el Noreste de España.

Material y métodos

- Dos ensayos de campo realizados en la finca experimental del CITA en Zaragoza en 1994 y 1995.
- Se utilizó la técnica de la fuente lineal de aspersion (Hanks et al., 1976) que produce un gradiente de agua aplicada.

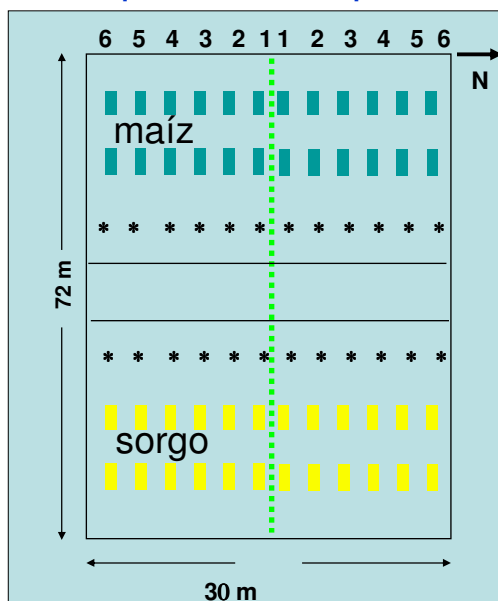


Material y métodos

- Suelo aluvial Typic Xerofluvent con una capa de gravas a 100-120 cm y de textura Franco arenosa a Franca
- En 1994 hubo salinidad moderada en el suelo con valores que superaron los umbrales de tolerancia de ambos cultivos:
umbral del sorgo CEe = 6,8 dS m⁻¹
umbral del maíz CEe = 1,7 dS m⁻¹
- En 1995 se dieron riegos adicionales para el lavado de sales del suelo y los valores de salinidad se mantuvieron:
< umbral del sorgo en todos los tratamientos
> umbral del maíz en los tratamientos más deficitarios.



Esquema de la parcela experimental



Fuente lineal de aspersión (E-W) en el centro de la parcela 6 puntos de control a ambos lados.

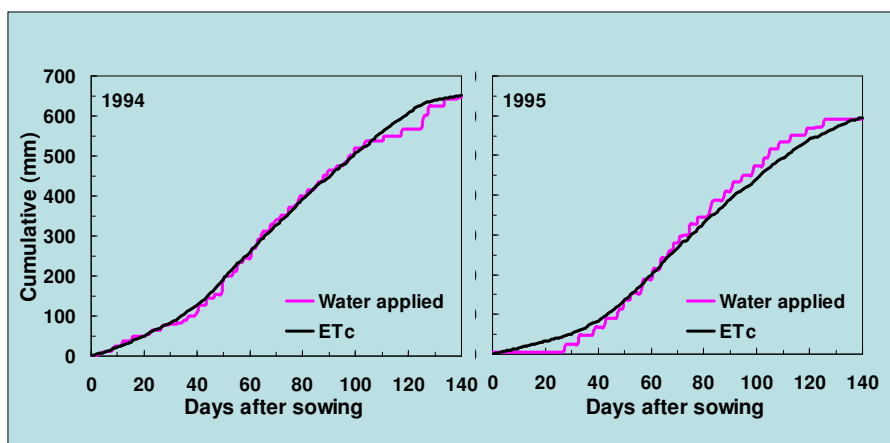
Dos líneas de pluviómetros.

Se aplicaron riegos ligeros y frecuentes (2-4 días) en calma.

* Pluviómetro

--- Fuente lineal de aspersión

Agua aplicada- ETc en tratamiento T-1



$$ETc = ETo \text{ Penman-Monteith} \times Kc$$

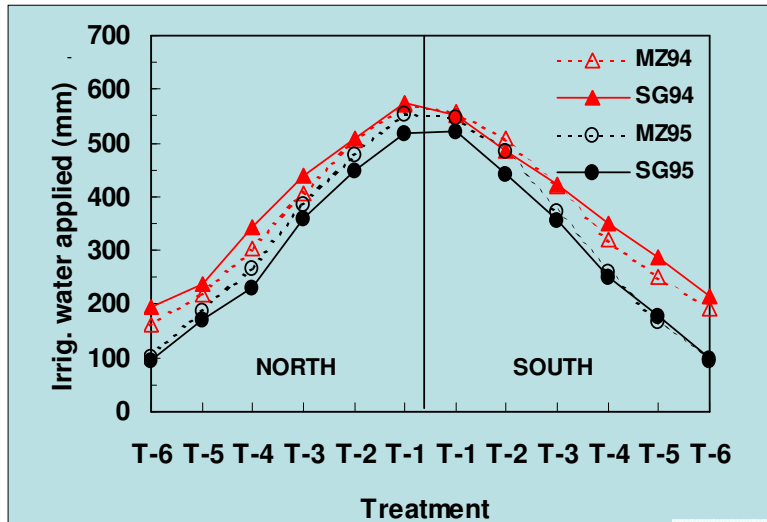


Medidas

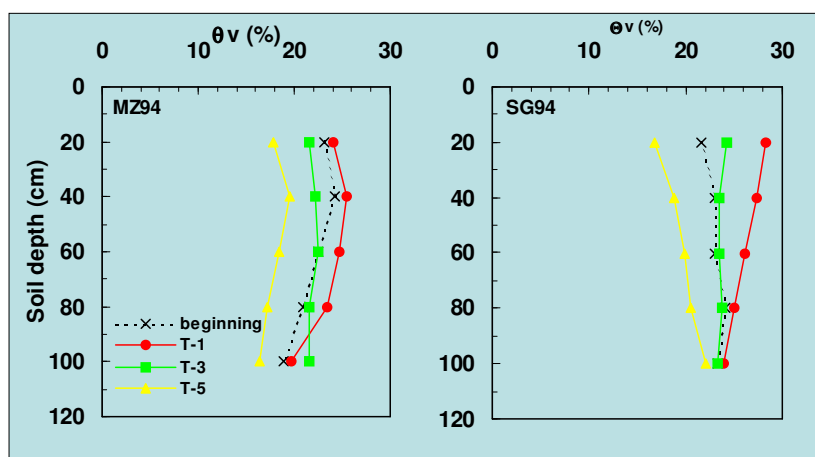
- Agua de riego aplicada en cada riego
- Contenido volumétrico de la humedad del suelo con sonda de neutrones y muestreo gravimétrico suelo
- Fenología
- Altura de planta
- Cosecha final
 - Materia seca aérea, rendimiento en grano, IC
 - Componentes del rendimiento



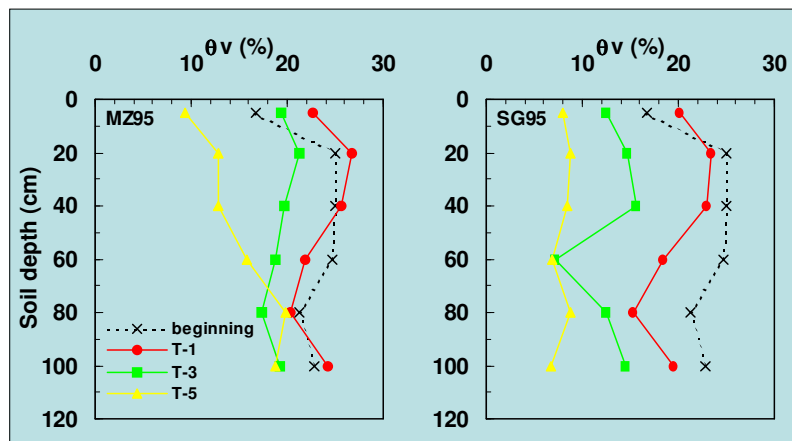
Agua de riego aplicada



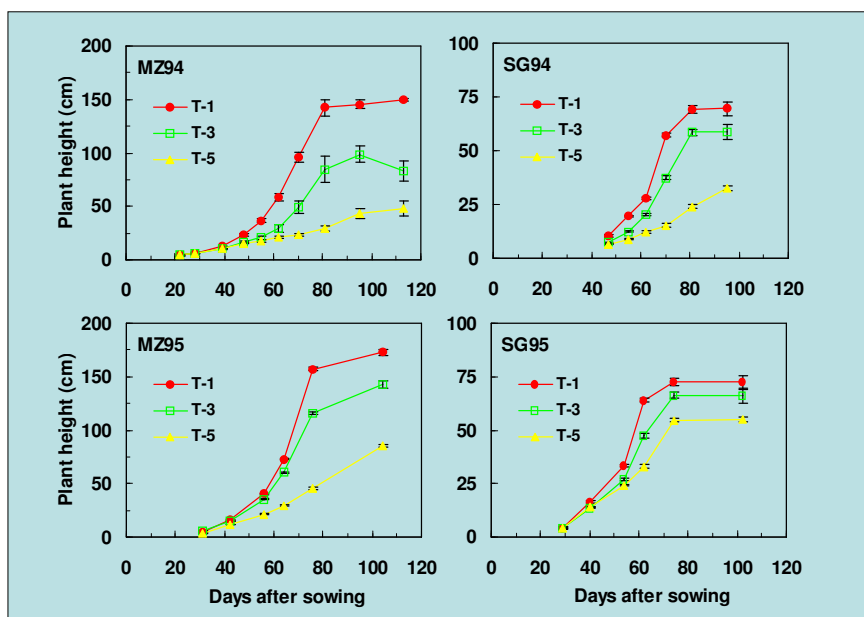
Humedad suelo al inicio y final en 1994



Humedad suelo al inicio y final en 1995



Altura de planta



Vista de la parcela de sorgo



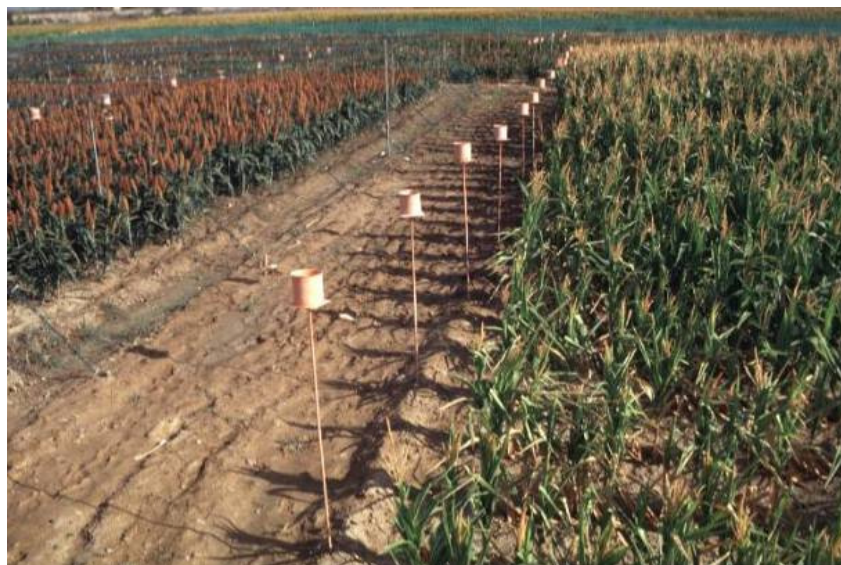
Panículas de sorgo en madurez



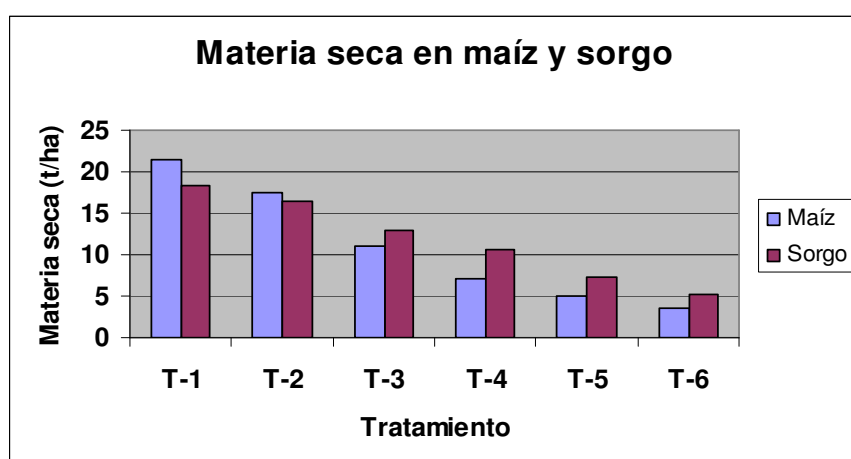
Cosecha del sorgo

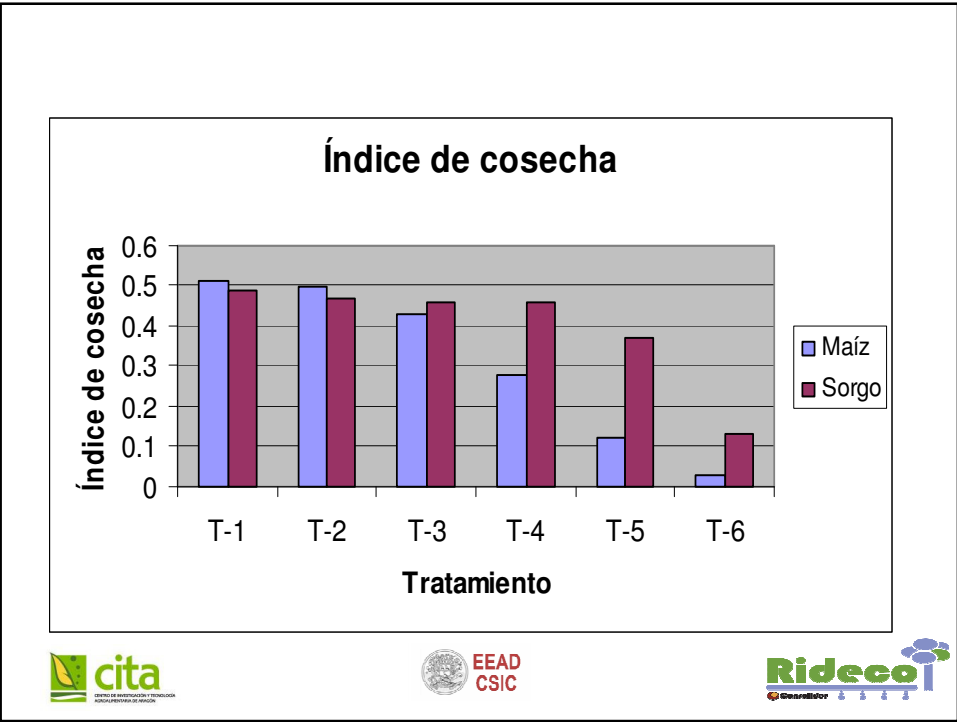
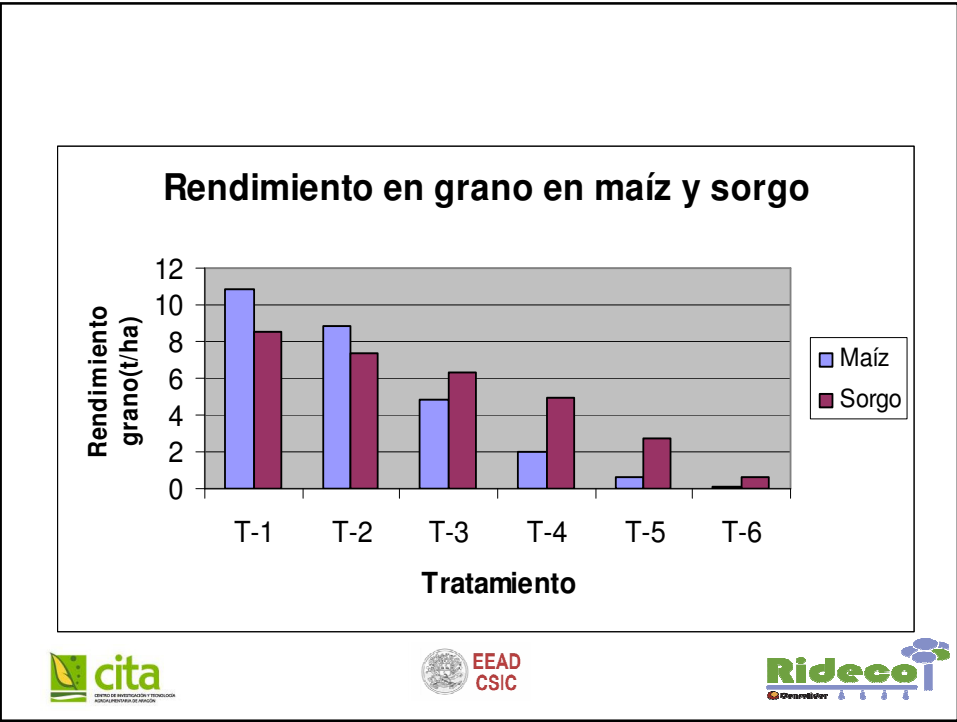


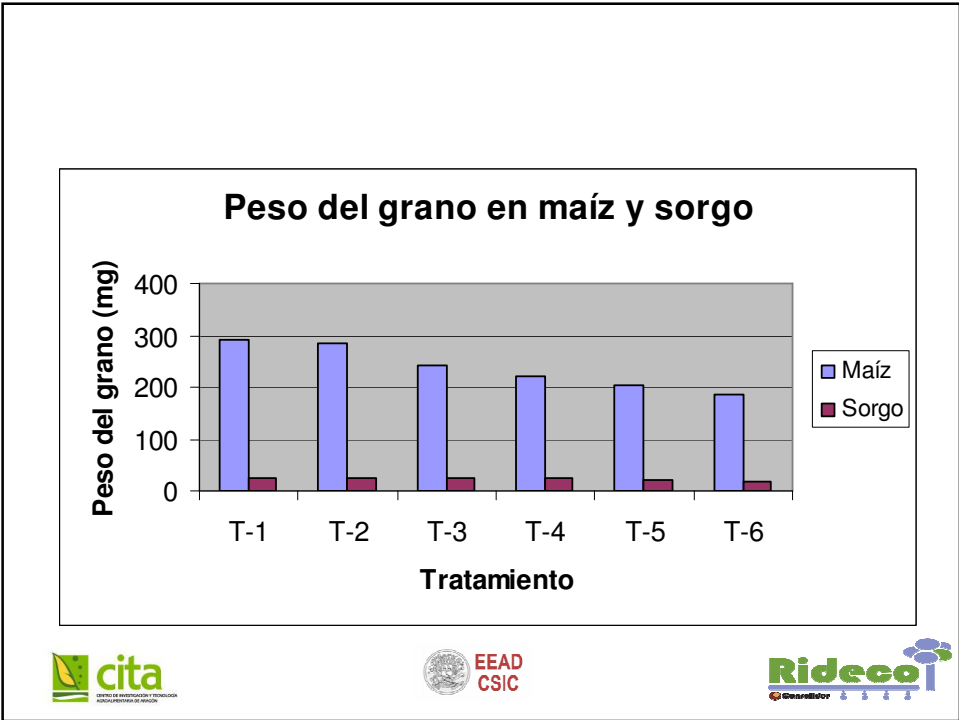
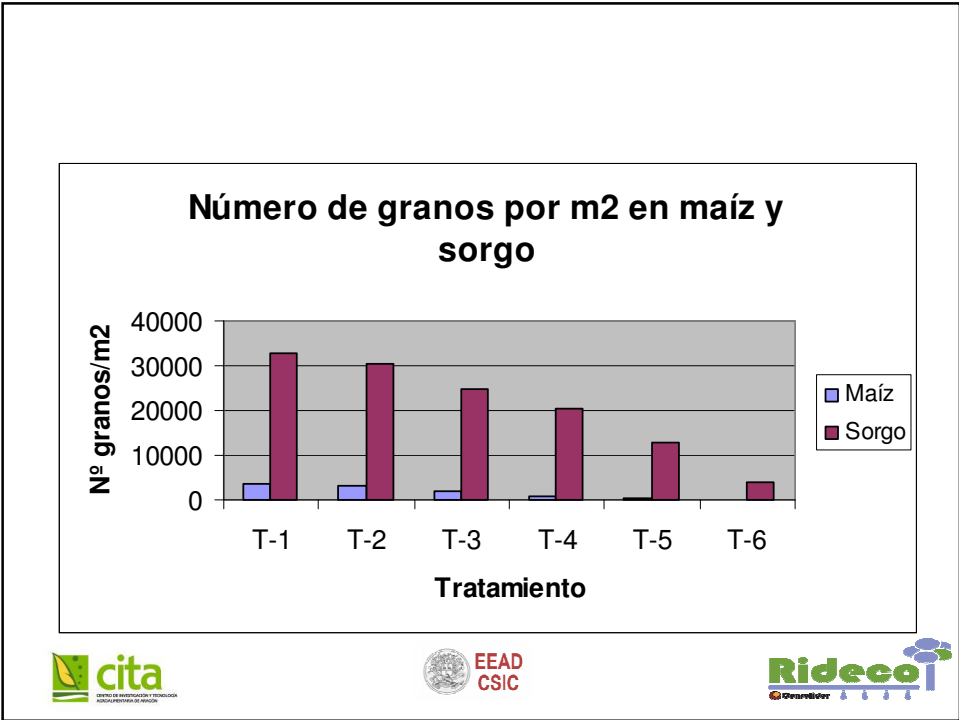
Línea de pluviómetros



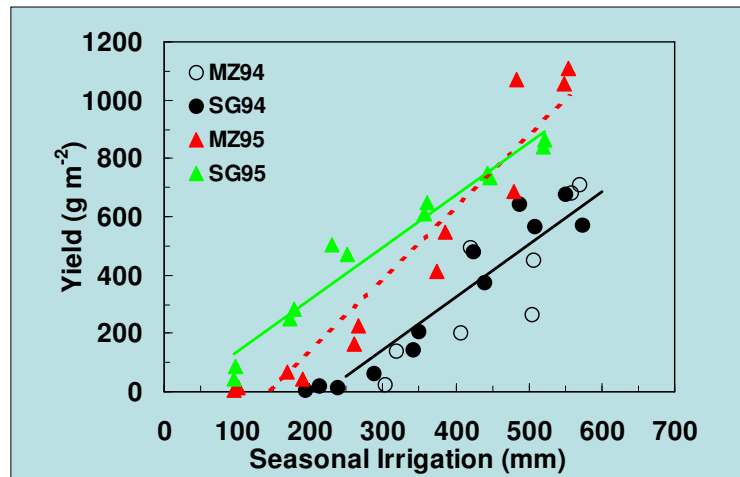
Vista de la parcela de maíz



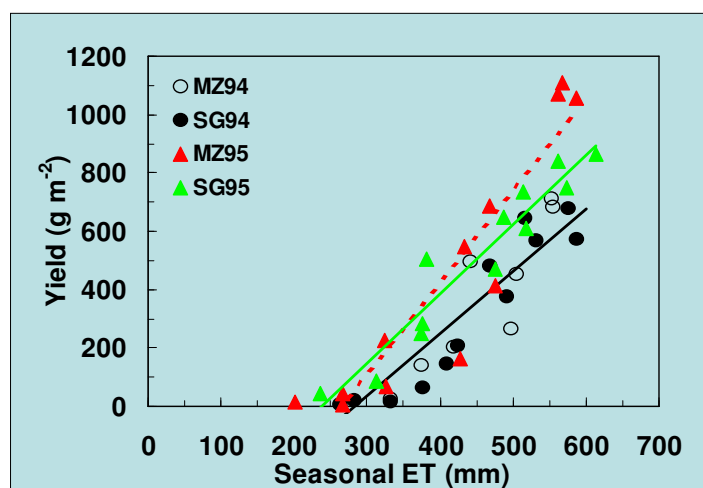




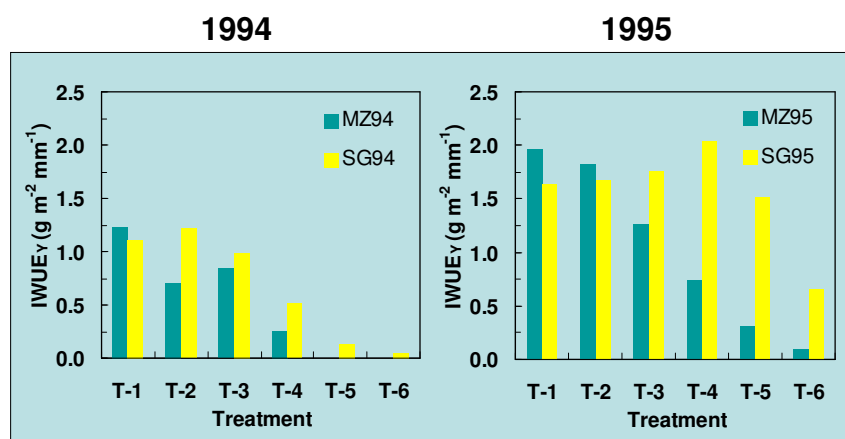
Funciones de producción respecto al riego



Funciones de producción respecto a la ET



Eficiencia en el uso del agua de riego



Conclusiones

- El gradiente de agua aplicado mediante la fuente lineal de aspersión, produjo un descenso del rendimiento en ambos años y cultivos
- En 1994, la combinación de estrés hídrico y salino afectó severamente al desarrollo y rendimiento de ambos cultivos.
- En 1995, el riego deficitario produjo mayores reducciones de crecimiento y rendimiento en maíz que en sorgo. El rendimiento del maíz fue superior al del sorgo en condiciones de riego completo, mientras que el sorgo superó al maíz en condiciones de riego deficitario.



Conclusiones

- Las reducciones de rendimiento en ambos cultivos fueron asociadas principalmente a la reducción en el número de granos por m²
- El riego deficitario redujo el índice de cosecha en ambos cultivos
- La eficiencia en el uso de agua de riego disminuyó en maíz con el riego deficitario y se mantuvo estable en sorgo para un amplio rango de riego deficitario
- Asumiendo precios iguales por unidad de rendimiento para ambos cultivos:
 - el maíz sería preferible bajo condiciones de agua no limitante y el sorgo podría ser una alternativa viable al maíz bajo condiciones de agua limitante.



2.

Respuesta del maíz al riego deficitario por inundación en distintas fases de su desarrollo



Introducción

- El maíz en riego por superficie es muy abundante en el Valle del Ebro.
- La sequía se traduce en un mayor intervalo entre riegos.
- En los riegos por superficie ya se producen déficits hídricos en el maíz que son mucho más acusados cuando se aumenta el intervalo entre riegos.
- El efecto de un déficit hídrico moderado producido por un mayor espaciamiento entre riegos en maíz ha sido poco estudiado.



Objetivos

- Estudiar el efecto de un déficit hídrico moderado en distintas fases del ciclo del maíz en riego por superficie
- Obtener información adicional respecto a la adopción de estrategias de riego deficitario en maíz en condiciones limitantes de agua

Material y métodos

- Dos ensayos de campo realizados en la finca experimental del CITA en Zaragoza en 1995 y 1996.
- Suelo aluvial Typic Xerofluvent con una capa de gravas a 100-120 cm y de textura Franco arenosa a Franca



Material y métodos

- Se estableció un diseño de bloques al azar con 9 tratamientos de riego y tres bloques. La parcela elemental de 5 m x 10 m (50 m²)
- Se midió el agua de riego aplicada en los distintos tratamientos con contador volumétrico.
- Se midió la humedad del suelo al inicio y al final del ensayo.
- Se midió la altura de la planta
- Cosecha final
 - Materia seca aérea, rendimiento en grano e índice de cosecha
 - Componentes del rendimiento



Tratamientos de riego deficitario

- Para el establecimiento de los tratamientos de riego el ciclo de cultivo se dividió en tres fases:

Fase I	Vegetativa	(60 días)
Fase II	Floración	(30 días)
Fase III	Llenado grano	(50 días)
- Se establecieron 9 tratamientos de riego:

8 tratamientos consistieron en combinaciones de R (riego = ETmaíz) y s (riego = 1/3 ETmaíz) en las tres fases de cultivo (RRR,RRs,RsR,sRR,Rss,ssR,sRs,sss)

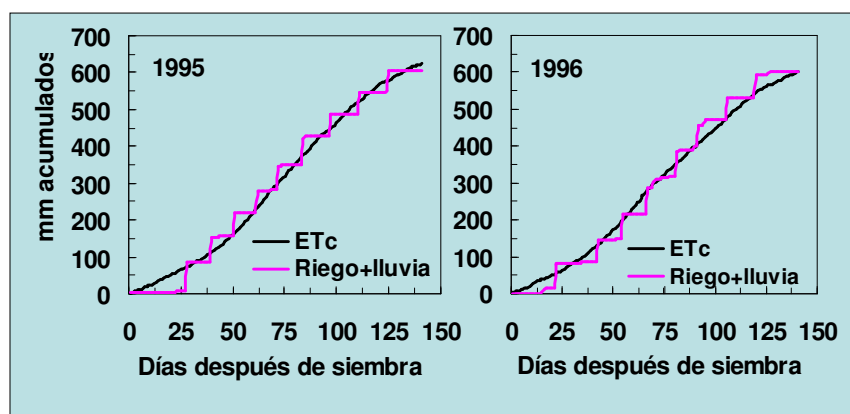
El tratamiento restante (rrr) consistió en riego =1/2 ETmaíz en las tres fases.



Tratamientos de riego deficitario en 1996

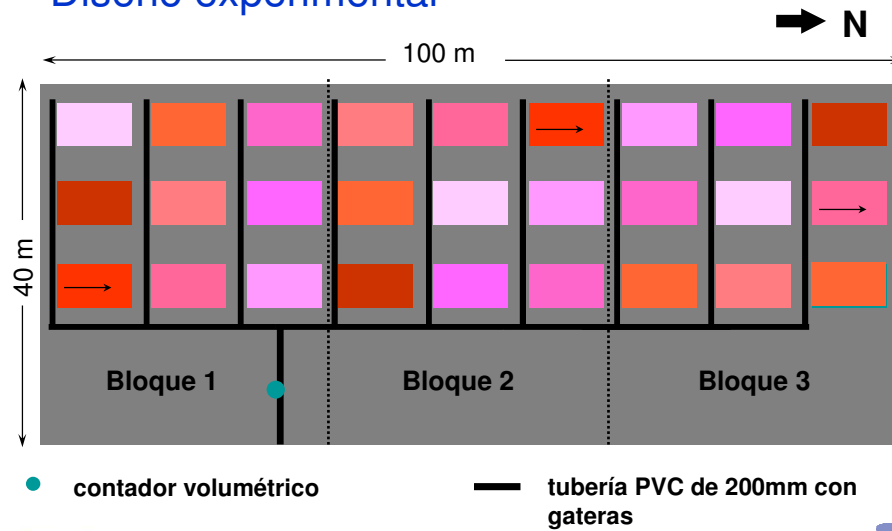
Trat. Riego	Fase I			Fase II		Fase III			Total (mm)	Nº riegos
	1	2	3	4	5	6	7	8		
R R R	X	X	X	X	X	X	X	X	505	8
R R s	X	X	X	X	X		X		388	6
R s R	X	X	X		X	X	X	X	401	7
s R R		X		X	X	X	X	X	372	6
R s s	X	X	X		X		X		283	5
s s R		X			X	X	X	X	268	5
s R s		X		X	X		X		255	4
r r r	X	X			X		X		259	4
s s s		X			X		X		150	3

Agua aplicada y ETc en el tratamiento RRR



$$ETc = ETo \text{ Penman Monteith} \times Kc$$

Diseño experimental



Preparación de las parcelas después del establecimiento del cultivo



Instalación de las tuberías de riego





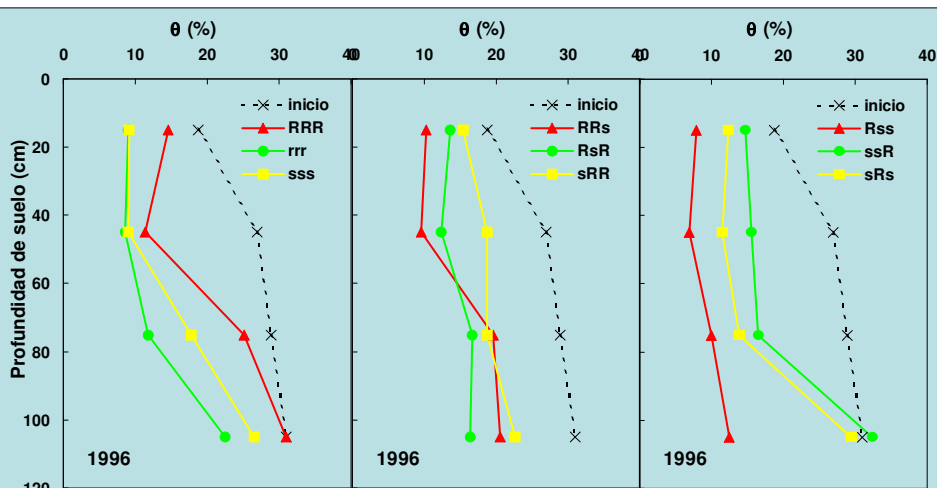
Vista general de la parcela experimental



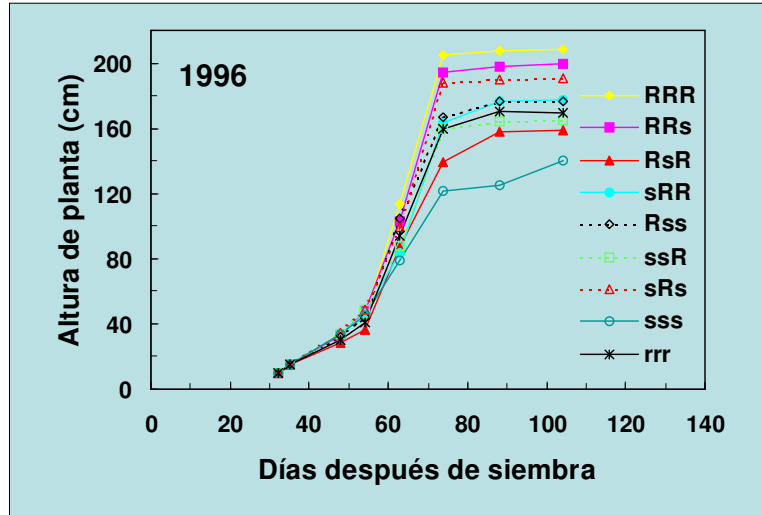
Parcela elemental (5 m x 10 m)



Agotamiento del agua del suelo en 1996



Altura de planta en 1996



Efecto del riego deficitario en MS, rendimiento en grano e IC

	Tr.	MS (g m ⁻²)		GRANO (g m ⁻²)		IC (-)	
		95	96	95	96	95	96
Veg.	R --	2257 a	1794 a	874 a	907 a	0,41 a	0,49 a
	s --	1660 b	1894 a	721 b	1013 a	0,39 a	0,53 a
Flo.	- R -	2058 a	2053 a	1015 a	1123 a	0,51 a	0,55 a
	- s -	1823 a	1611 b	605 b	777 b	0,31 b	0,47 b
Llen.	-- R	2073 a	1912 a	831 a	1004 a	0,42 a	0,52 a
	-- s	1712 a	1764 a	727 a	907 a	0,38 a	0,50 a



Efecto del riego deficitario en componentes del rendimiento

	Tr.	Peso del grano (mg)		Nº granos m ⁻²	
		95	96	95	96
Veg. R - -		299 a	304 a	2930 a	2749 a
s - -		283 b	312 a	2462 b	3229 a
Flo. - R -		297 a	323 a	3408 a	3531 a
- s -		284 b	297 a	2071 b	2588 b
Llen. - - R		299 a	313 a	2776 a	3184 a
- - s		277 b	302 a	2517 a	2756 a



Conclusiones

- El crecimiento vegetativo hasta floración no se vio significativamente afectado por los tratamientos de riego, excepto en el tratamiento más deficitario (sss).
- Se encontraron diferencias entre años para el rendimiento e IC, debido a las diferencias en climatología entre los dos años de ensayo.
- La fase de floración (fase II) fue la más sensible al déficit hídrico, con reducciones significativas de rendimiento, IC y componentes del rendimiento.
- Las reducciones en el rendimiento se asociaron a la reducción del número de granos por m² ambos años y a un menor peso del grano en 1995.



Gracias

