

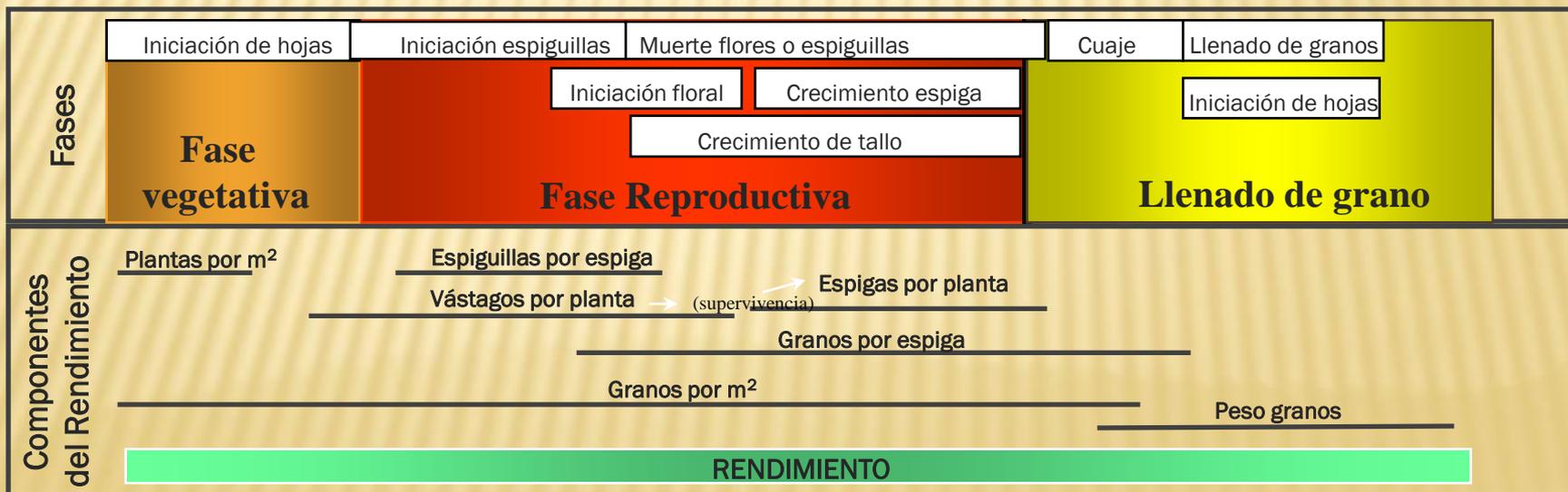
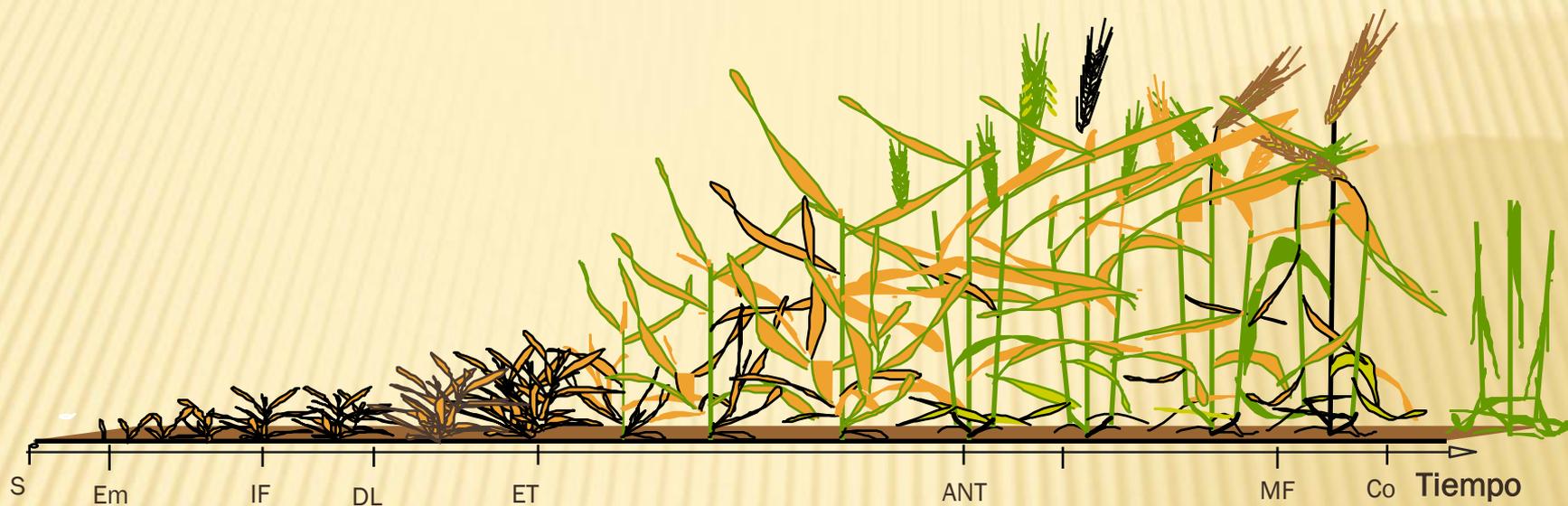


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MEXICO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS AVANZADOS  
EN FITOMEJORAMIENTO**



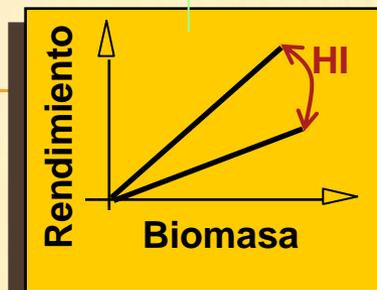
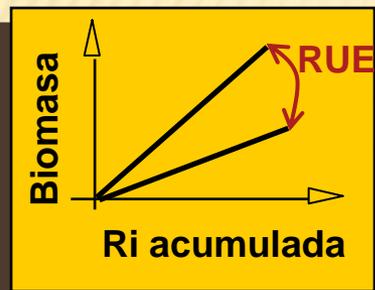
**EFFECTO DEL ESTRÉS HIDRÍCO EN TRITICALE Y TRIGO**

Gaspar Estrada Campuzano  
Daniel Julio Miralles  
Gustavo Ariel Slafer



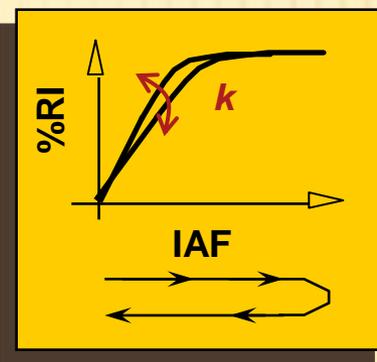
**Biomasa  
aérea**

**Rendimiento**

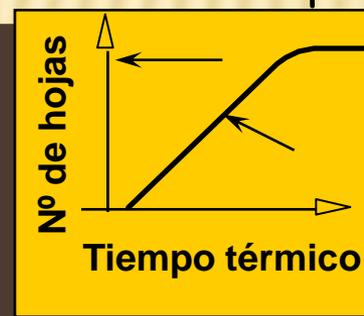
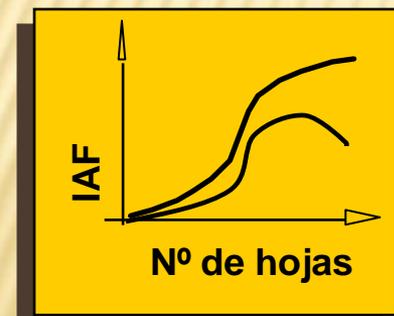


**Radiación  
interceptada  
acumulada**

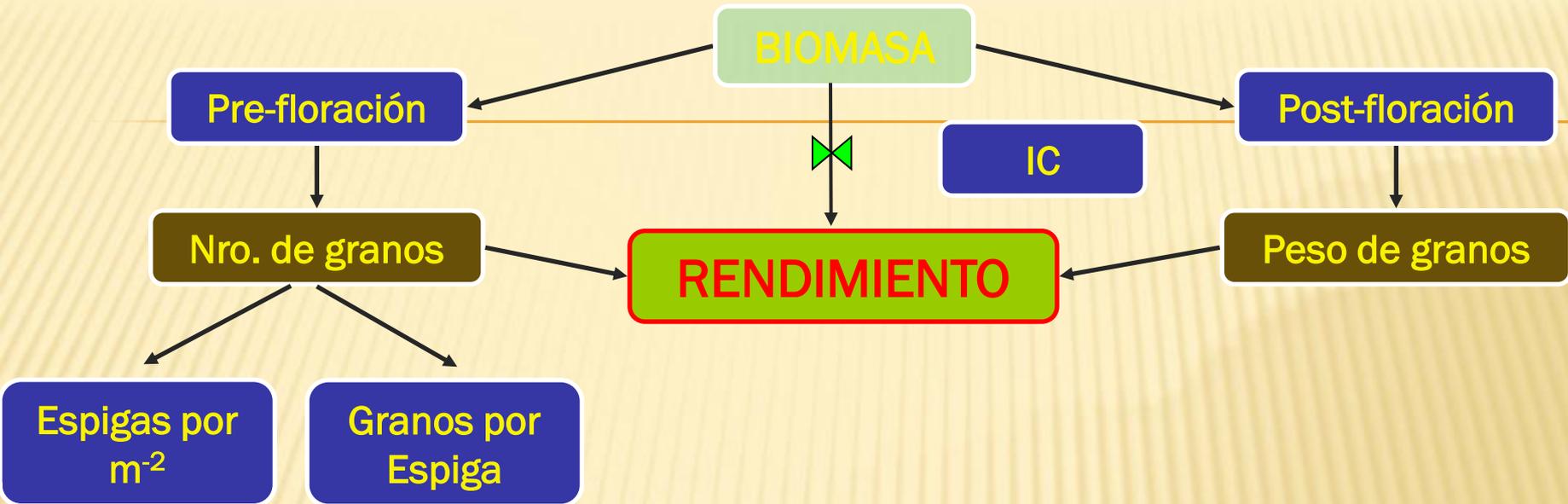
**Indice de  
área foliar**



**Aparición  
de hojas (y  
macollos)**



→  
*Intervención  
directa del  
desarrollo*



Si bien las evidencias muestran que triticale produce más biomasa que trigo (Sutton y Dubbelde, 1980; Graham et al., 1983; Winzeler et al., 1989), incluso en ambientes tipo Mediterráneos se ha confirmado dicha superioridad (López-Castañeda y Richards, 1994a; Royo y Tribó, 1997; Zubaidi et al., 1999).

No obstante lo anterior, poco se ha estudiado sobre los cambios en los componentes fisiológicos de la biomasa cuando ambas especies crecen simultáneamente en ambientes limitantes de agua.

# MATERIALES Y METODOS

- Dispositivo Automático (apertura y cierre)
- Equipado con sensor de lluvia
- Cubierta de policarbonato
- Secciones independientes

➤ Experimento de 11 cultivares de triticale (2004).

## Cultivares Argentinos:

1. Remedios

2. Tehuelche

3. Presto

4. Yagan

5. Genú

6. Quiñe

7. Ñinca

8. Tizne

10. Boaglio

## Cultivares Mexicanos:

9. Cerrillo

11. Maravilla

Disponibilidad de Agua: Riego (700 mm) y Sequía (300 mm)

La disponibilidad de humedad fue controlada por una central de riego.

La parcela experimental consistió de 4 hileras de 1.4 m de largo separadas a 0.175 m. 150 kg N aplicado.

# MATERIALES Y METODOS

## Experimentos del 2005 (Bajo Rainshelter IFEVA)

Dos Cultivares de triticale (Tizne y Yagan) un Trigo (Escudo): Riego (530 mm) , sequía (250 mm) y dos niveles de fertilización nitrogenada ( $N_0=115$  y  $N_1=217$  kg N ha<sup>-1</sup>) (Experimento 1).

Cultivar	Tiempo a antesis (°Cd)	Rendimiento (g m <sup>-2</sup> )	
		Riego	Sequía
Yagan	1699	1029a	421b
Tizne	1605	827a	762a
Escudo	CRONOTRIGO		

Experimento 2: Triticale (Tizne y Yagan) y trigo (Escudo). Riego hasta antesis (380 mm) (Mediterráneo) y Sequía hasta antesis (180 mm +150 mm) (Monzonico), estos tratamientos fueron comparados con sus controles riego y sequía todo el ciclo del experimento 1.

Experimento 3: Para determinar el periodo critico dos cultivares de triticale (Yagan y Presto). 5 momentos de sombreo (reduciendo 65 % la radiación incidente) y un control. Sin limitaciones Hídrica ni nutricionales.

## Las variables de desarrollo consideradas fueron:

➤ Fenología (en días calendario y en tiempo térmico  $T_{base} = 0^{\circ}\text{C}$ ):

Espiguilla Terminal, Inicio de encañazon, aparición hoja bandera, numero de hojas aparecidas (Haun, 1973) y Filocrono, Floración, Madurez fisiológica.

## Variables de crecimiento:

➤ Producción de biomasa (antesis y madurez fisiológica en 2004, y en 6 momentos durante el 2005, Macollaje, Primer nudo, Hoja bandera, antesis, mitad de llenado y madurez fisiológica ).

➤ Radiación Fotosintéticamente Activa Interceptada y Eficiencia en el uso de la Radiación

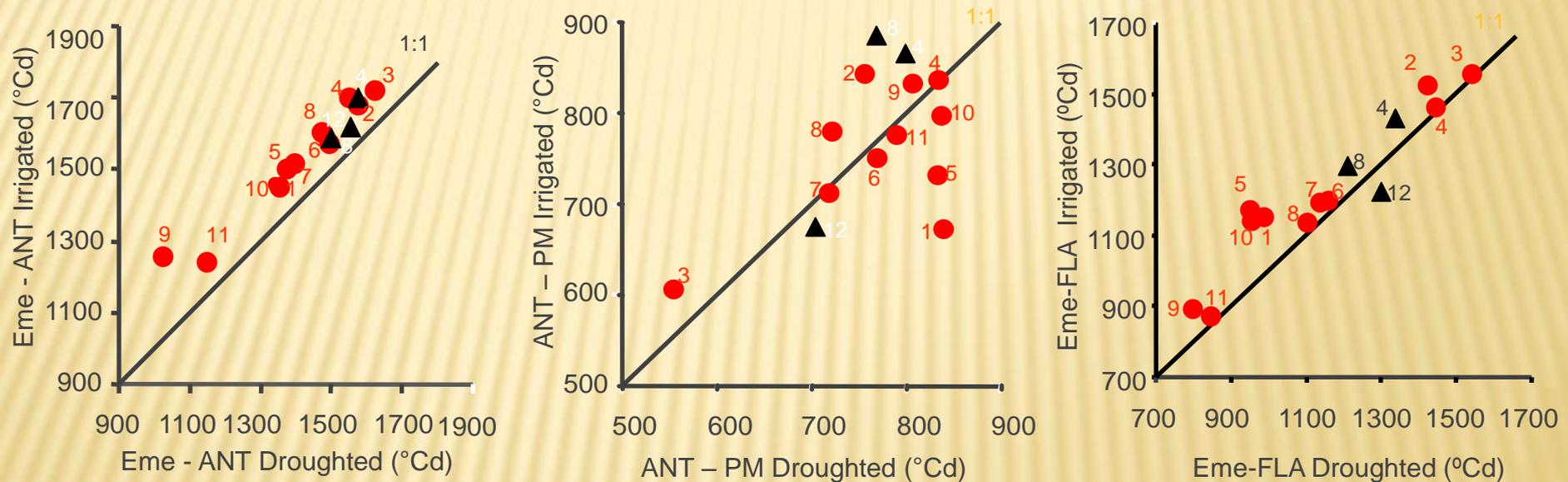
➤ Rendimiento y sus componentes numéricos (numero y peso de granos, NGPE, NEPE, NGPE, EFE, Cuaje).

# Cantidad de agua aplicada en las principales etapas de desarrollo (datos 2005)

Experimento	Tratamiento	Emergencia a primer nudo visible	Primer nudo visible a antesis	Antesis a Madurez
1	Riego	300 mm (65 d)	251 mm (45 d)	149 mm (34 d)
	Sequía	124 mm (58 d)	150 mm (40 d)	76 mm (31 d)
2	Riego	253 mm (67 d)	127 mm (48 d)	150 mm (41 d)
	Sequía	123 mm (62 d)	57 mm (46 d)	70 mm (36 d)
3	Mediterráneo	253 mm (67 d)	127 mm (50 d)	0 mm (34 d)
	Monsonico	123 mm (64 d)	57 mm (46 d)	150 mm (37 d)

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

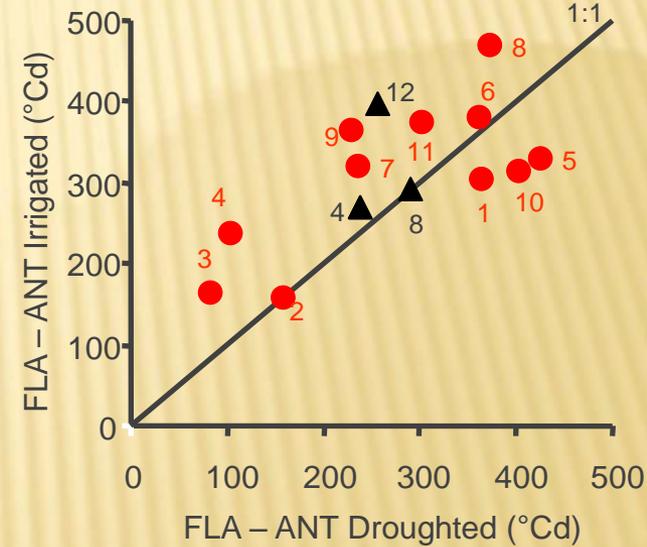
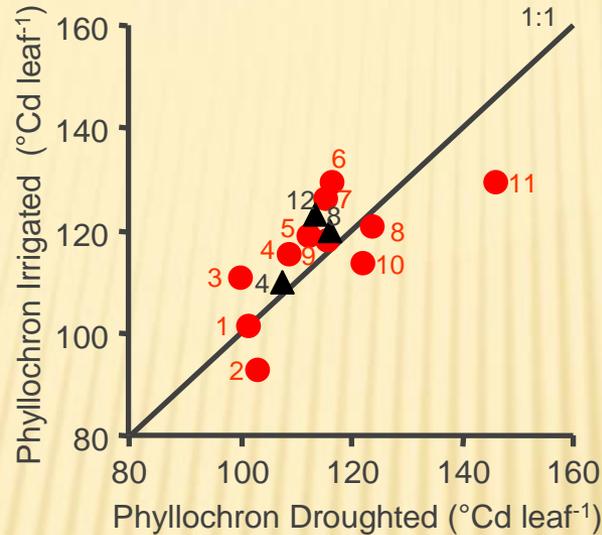
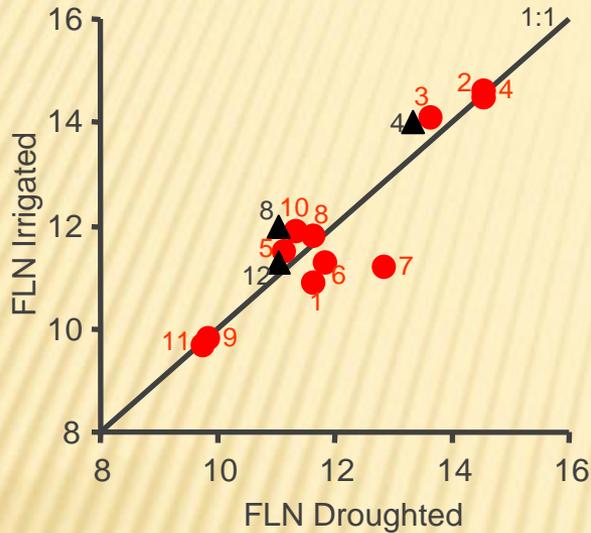
Variabilidad genotípica y respuesta al estrés de agua en la duración de las etapas pre y post-antesis en triticale y trigo.



Bajo riego los cultivares duraron en promedio 125 °Cd mas para llegar a antesis en ambos años. La duración ANT-PM no existió una tendencia definida.

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Componentes de la duración del tiempo a antesis.



El numero final de hojas y el filocrono no fueron modificados por efecto del estrés hídrico, con excepción de la elongación del pedúnculo. Esta mayor duración de este periodo explica en gran medida la mayor duración del periodo Eme-ANT. Excepto en Remedios, Genú y Boaglio.

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tiempo térmico desde Antesis a Madurez fisiológica para 4 regímenes de humedad (año 2005)

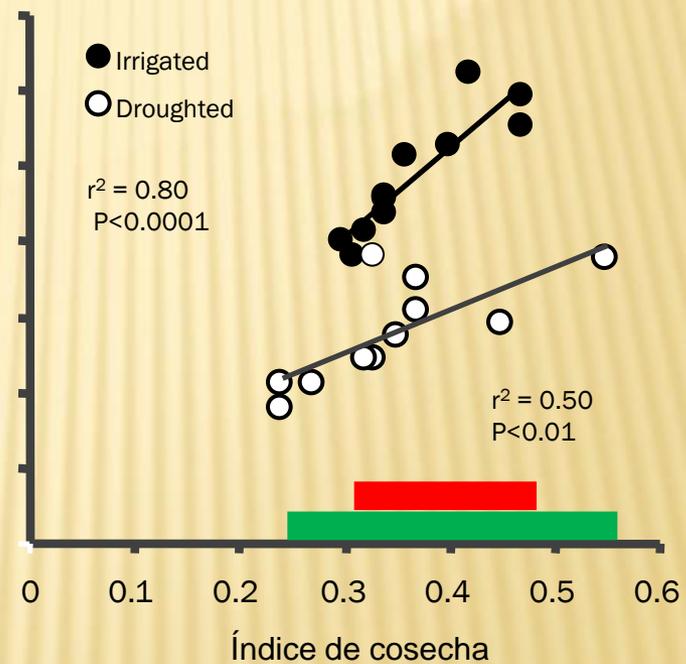
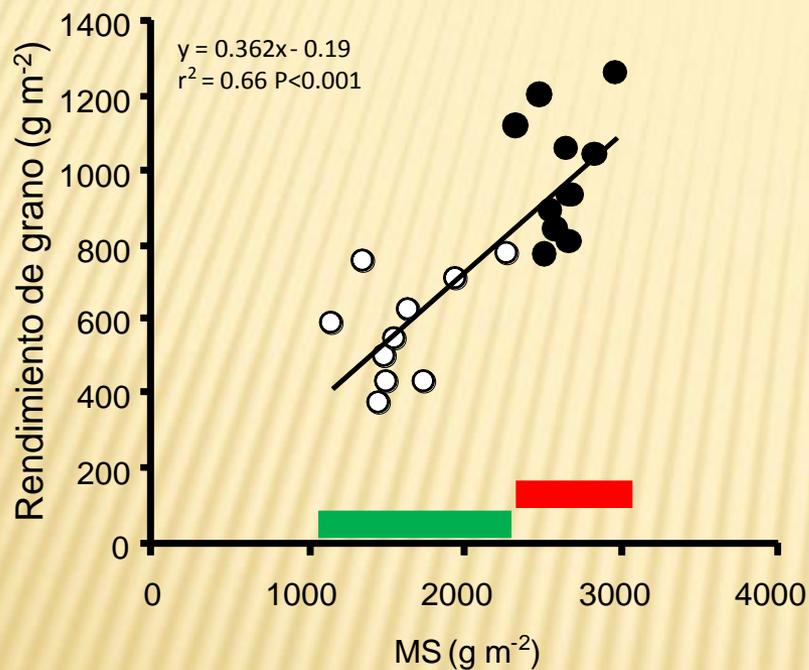
Treatments		Cultivars			
		Esc	Tiz	Yag	Mean
I <sub>pre</sub> →	I <sub>post</sub> 15%	692.3	846.5 15%	898.2 15%	812.3 a
	D <sub>post</sub> ↓	583.4	749.9 11%	738.2 ↓	690.5 b
D <sub>pre</sub> →	I <sub>post</sub>	714.2	746.8	798.3	753.1 a
	D <sub>post</sub>	692.0	745.0 =	780.1	739.3 a

Cultivares bajo I<sub>pre</sub> y pasaron a D<sub>post</sub> se redujo el tiempo a madurez en 15 % comparado con el irrigado todo el ciclo.

Cultivares bajo D<sub>pre</sub> y pasaron a I<sub>post</sub> el tiempo térmico desde antesis a madurez no fue modificado significativamente.

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

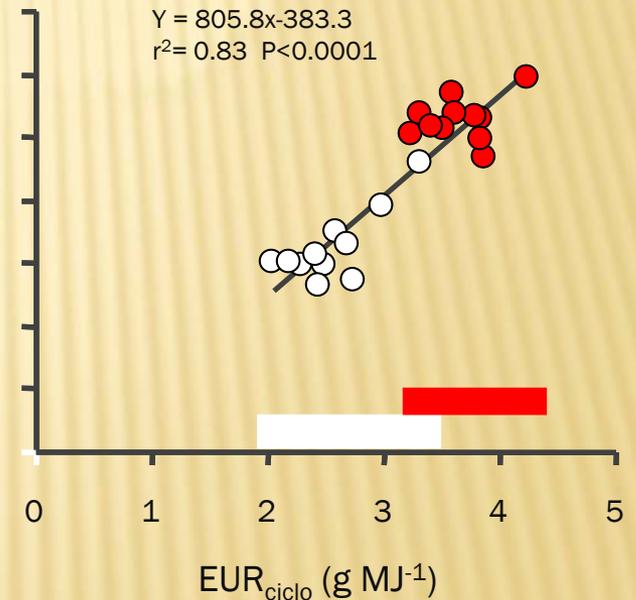
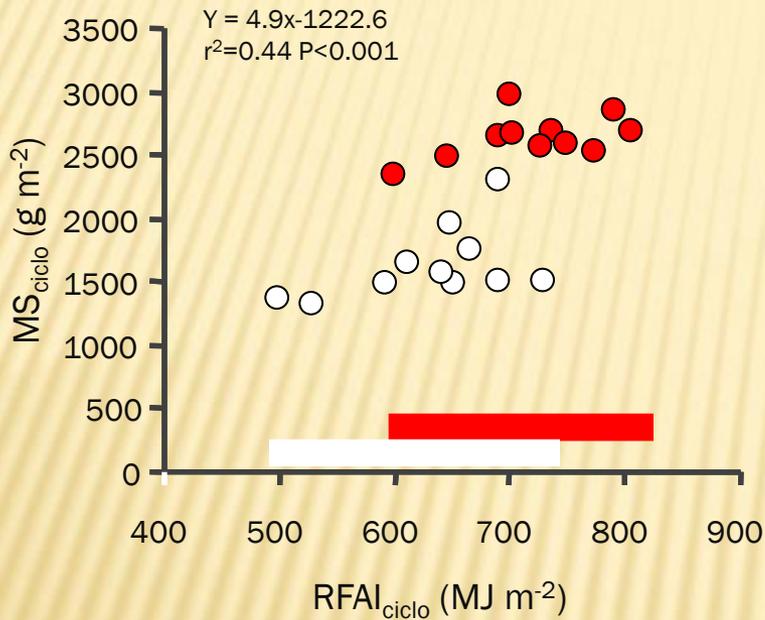
## Cambios en los componentes fisiológicos del rendimiento de grano



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Variabilidad en los componentes eco fisiológicos de la biomasa en triticale

### Experimento 1



Las variaciones en la producción de biomasa fueron principalmente explicadas por cambios en la EUR más que por cambios en la RFAI.

# Efecto de la sequía y nitrógeno sobre el rendimiento, producción de biomasa y sus componentes fisiológicos

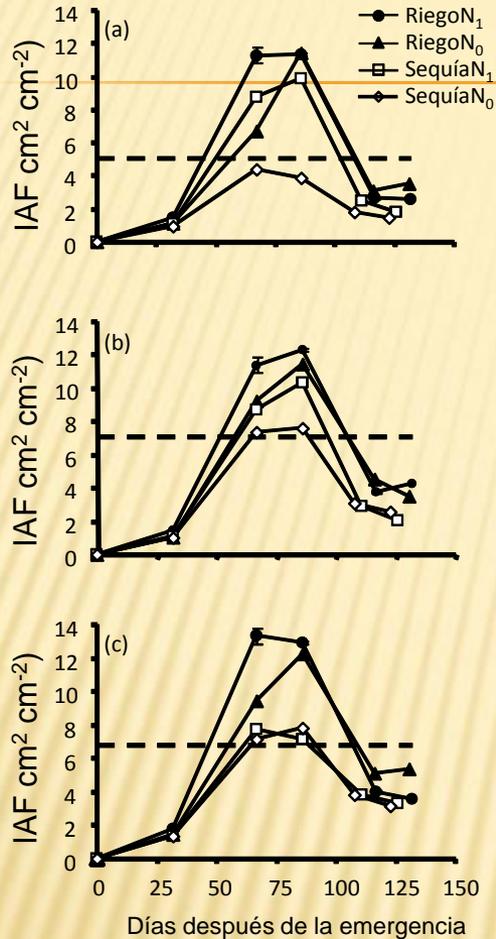
Nitrogen	Cultivar	Grain yield (Mg ha <sup>-1</sup> )		AGDM <sub>cycle</sub> (Mg ha <sup>-1</sup> )		HI		IPAR <sub>cycle</sub> (MJ m <sup>-2</sup> )		RUE <sub>cycle</sub> (g MJ <sup>-1</sup> )	
		I	D	I	D	I	D	I	D	I	D
N <sub>1</sub>	Escudo	7.1c*	<b>4.6d</b> <sup>†</sup>	26.2c	<b>16.9d</b>	0.27ab	0.28ab	1174.0a	1178.9a	2.5c	<b>1.6d</b>
	Tizne	10.0b	<b>8.8a</b>	42.3a	<b>27.3b</b>	0.24b	<b>0.32a</b>	1149.9a	<b>1016.0b</b>	3.6a	<b>3.0a</b>
	Yagan	13.4a	<b>9.7a</b>	42.0a	<b>33.2a</b>	0.32a	0.29ab	1146.3a	<b>1002.1b</b>	3.7a	<b>3.2a</b>
	Mean	10.2a <sup>‡</sup>	7.7a	36.9a	26.1b	0.27a	0.29b	1156.7a	1065.7a	3.3a	2.6b
N <sub>0</sub>	Escudo	8.4c	<b>6.1c</b>	24.1d	<b>16.1d</b>	0.35ab	0.38a	1178.8a	<b>728.3d</b>	2.2c	2.1c
	Tizne	10.8b	<b>6.9b</b>	36.6b	<b>22.3c</b>	0.29c	0.31bc	1059.1b	<b>801.3d</b>	3.4b	<b>2.8b</b>
	Yagan	10.3b	<b>7.5b</b>	40.5b	<b>26.2b</b>	0.26c	0.29c	1051.9b	<b>914.7c</b>	3.8a	<b>2.7b</b>
	Mean	9.9a	6.8b	33.7a	21.5c	0.30a	0.32b	1096.6a	814.8b	3.1b	2.5b

\* Medias con la misma letra comparando cultivares dentro de regímenes de agua en algún nivel de nitrógeno no difieren significativamente ( $\alpha=0.05$ ) con la prueba de Tukey.

<sup>†</sup> Medias en negritas comparando el mismo cultivar entre regímenes de agua son estadísticamente diferentes ( $\alpha=0.05$ ) con la prueba de Tukey.

<sup>‡</sup> Medias con la misma letra promediando entre cultivares en cada régimen de agua y nivel de nitrógeno no difieren significativamente ( $\alpha=0.05$ ) con la prueba de Tukey.

# Cambios en el coeficiente de atenuación lumínica en función de la disponibilidad de agua y nitrógeno



Nitrógeno	Cultivar	k	
		I	D
N <sub>1</sub>	Escudo	0.68a*	<b>0.59a†</b>
	Tizne	0.46b	<b>0.35b</b>
	Yagan	0.50b	0.48a
N <sub>0</sub>	Media	0.55a‡	0.47b
	Escudo	0.67a	<b>0.34a</b>
	Tizne	0.51b	<b>0.32a</b>
	Yagan	0.45b	<b>0.34a</b>
	Media	0.54a	0.33b

\*Medias seguidas por la misma letra comparando cultivares dentro de regímenes de agua en algún nivel de nitrógeno no difieren significativamente con intervalos de confianza al 95%.

† Medias en negritas para el mismo cultivar comparando regímenes de agua son significativamente diferentes con intervalos de confianza al 95%.

‡ Medias con la misma letra promediando entre cultivares en cada régimen de agua y nivel de nitrógeno no difieren significativamente con intervalos de confianza al 95%.

# Relación entre la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y la eficiencia de uso de la radiación (EUR)

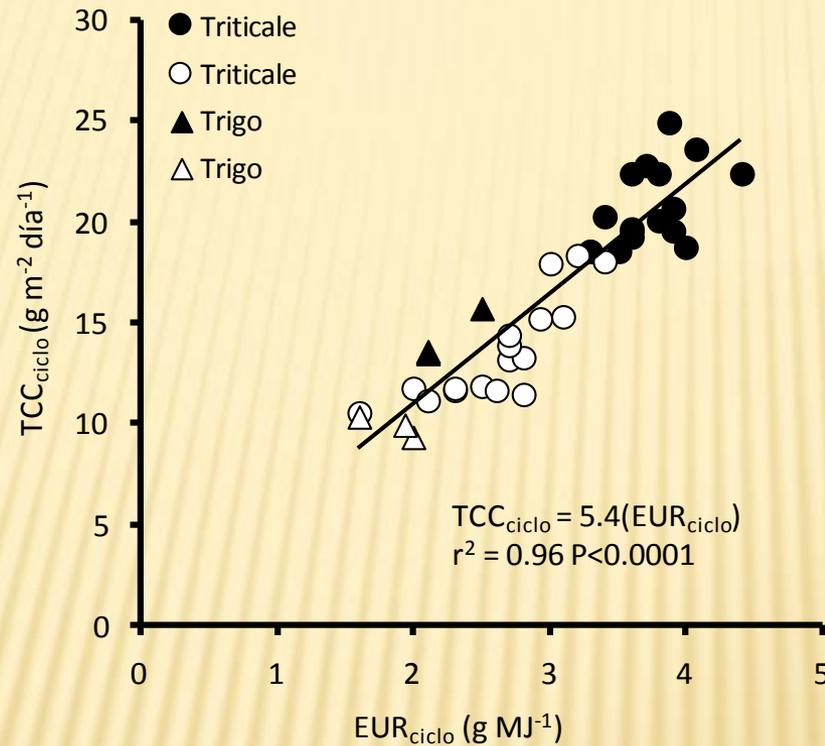


Fig 3. relación entre la tasa de crecimiento del cultivo ( $TCC_{ciclo}$ ) y eficiencia de uso de la radiación ( $EUR_{ciclo}$ ) durante el ciclo del cultivo para diferentes cultivares de triticale (círculos) y trigo (triángulos) crecidos bajo condiciones de riego (símbolos llenos) y sequía (símbolos vacíos). Datos correspondientes a los tres experimentos.

## Rendimiento de grano, producción de biomasa y sus componentes fisiológicos en dos ambientes contrastantes de humedad.

Ambiente	Cultivar	Rend. (Mg ha <sup>-1</sup> )	MS <sub>ciclo</sub> (Mg ha <sup>-1</sup> )	IC	RFAI <sub>ciclo</sub> (MJ m <sup>-2</sup> )	EUR <sub>ciclo</sub> (g MJ <sup>-1</sup> )
Mediterráneo	Escudo	5.6b* (-22)	22.5c	0.25a	1145.4a	2.1b
	Tizne	9.7a (-4)	39.1b	0.25a	979.9b	4.0a
	Yagan	10.6a (-21)	42.2a	0.25a	1069.8a	3.8a
	Media	8.6a <sup>‡</sup>	34.6a	0.25b	1065.0a	3.3a
Monsonico	Escudo	4.7b (-34)	15.3c	0.30a	866.8c	1.9b
	Tizne	3.9b (-61)	18.3b	0.21b	1172.5a	1.6c
	Yagan	8.8a (-34)	29.7a	0.29a	1012.9b	2.9a
	Media	5.8b	21.1b	0.27a	1017.5a	2.1b

\*Medias seguidas por la misma letra dentro de regímenes de agua no difieren significativamente con la prueba de Tukey al 0.05.

<sup>‡</sup> Medias con la misma letra promediando entre cultivares en cada régimen de agua no difieren significativamente con la prueba de Tukey al 0.05.

# Consideraciones generales

1. Existió variabilidad genotípica en la duración del tiempo antesis. El efecto de la sequía se vio manifestado en un acortamiento de éste periodo (125 °Cd), asociado a una menor duración del periodo FLA-ANT, no existiendo cambios en el NFH ni en el filocrono. En la duración del periodo ANT-MF no existió una tendencia clara, excepto bajo sequía terminal, en donde la duración de éste periodo se redujo.
2. La variación en rendimiento de triticale entre ambientes hídricos fue explicada por variaciones en biomasa más que por cambios en el IC, sin embargo, dentro de cada ambiente el índice de cosecha explicó mejor el rendimiento. Las caídas en biomasa por efecto del estrés hídrico para la comparación de cultivares de triticale fueron debidas a reducciones en la EUR más que en la RIA.
3. El rendimiento del triticale fue superior al del trigo en ambos ambientes, debido principalmente a su mayor producción de biomasa ya que no varió el IC. La mayor biomasa se asoció con mayores EUR (+ 50%) más que a mayores RIA (+8%).
4. Las reducciones de la EUR por efecto de la restricción hídrica estuvieron asociadas a reducciones en la tasa de crecimiento del cultivo.
5. La mayor eficiencia en el uso de la radiación en triticale respecto de trigo pudo ser debida a que el primero obtuvo valores de k más bajos.
6. En la comparación entre especies (Trigo y Triticale) las reducciones en biomasa por efecto del estrés hídrico se debieron a mayores caídas en la RIA (cuando se consideró todo el ciclo) que en la EUR.