

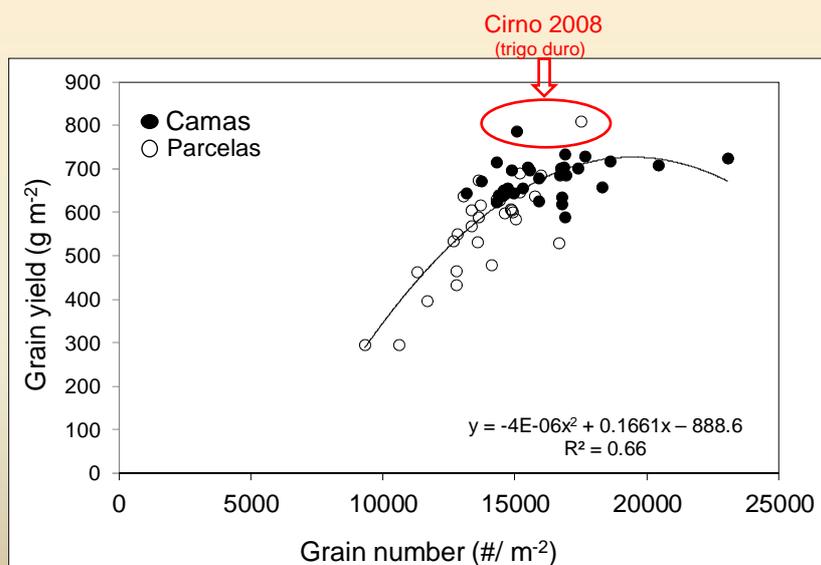
Determinantes Fisiológicos y Genéticos del Peso de Grano en Trigo

Daniel F. Calderini, Carolina Lizana y Manuel Muñoz
Instituto de Producción y Sanidad Vegetal
Universidad Austral de Chile

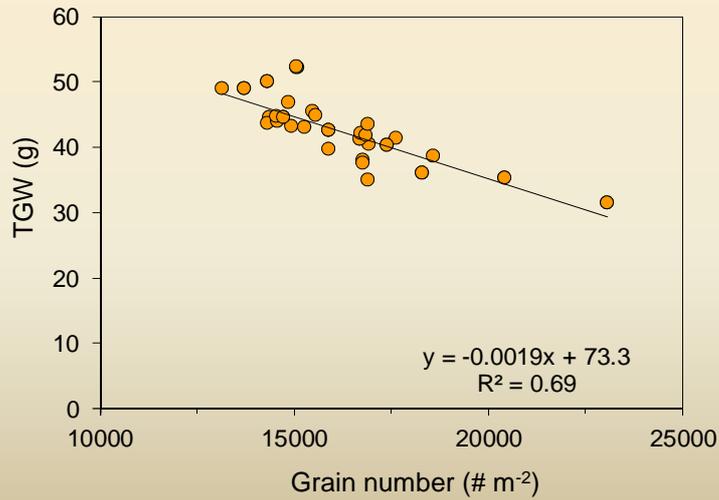


Red CYTED, Balcarce
Agosto 2013

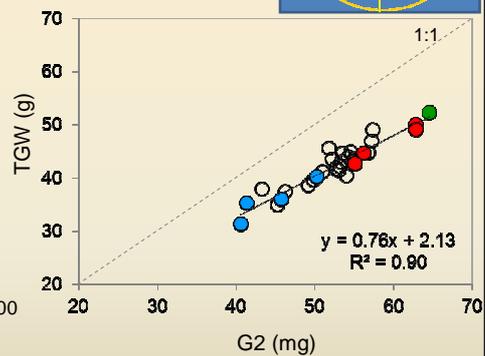
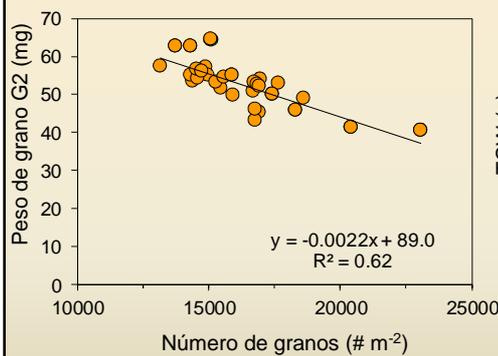
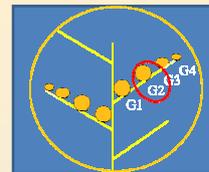
Relación entre rendimiento y número de granos en cultivares y líneas de CIMMYT

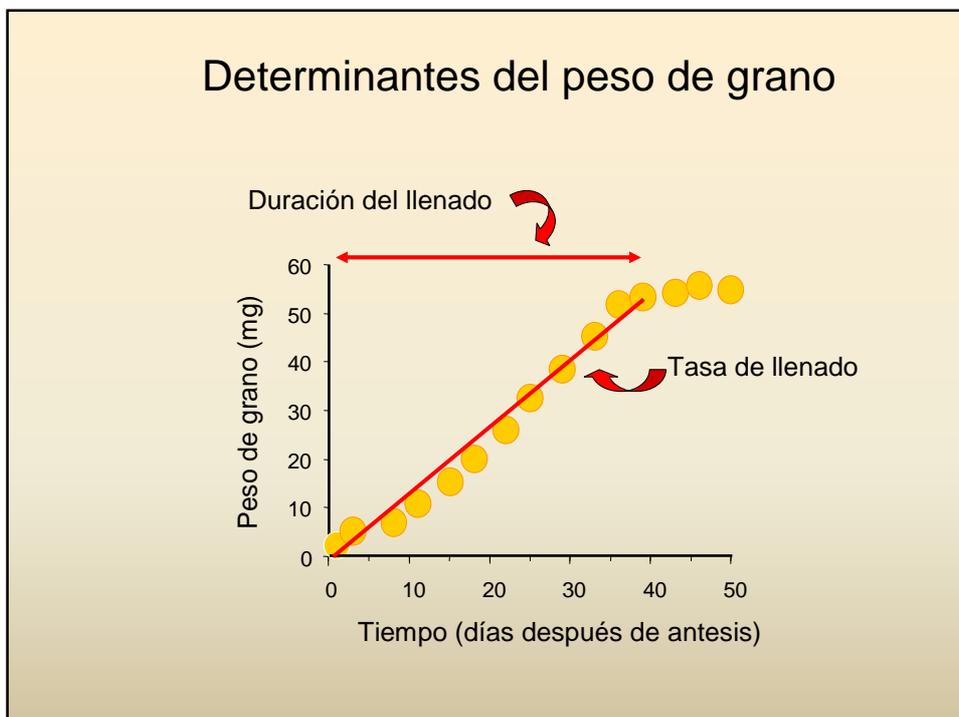
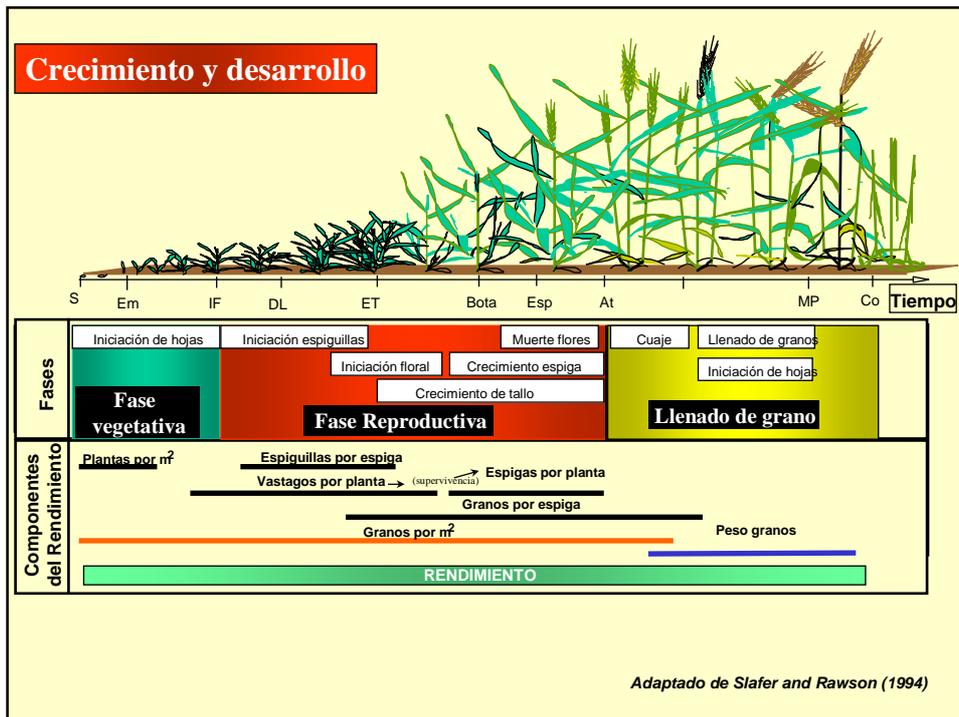


Relación negativa entre el peso de mil granos y el número de granos en cultivares y líneas de CIMMYT

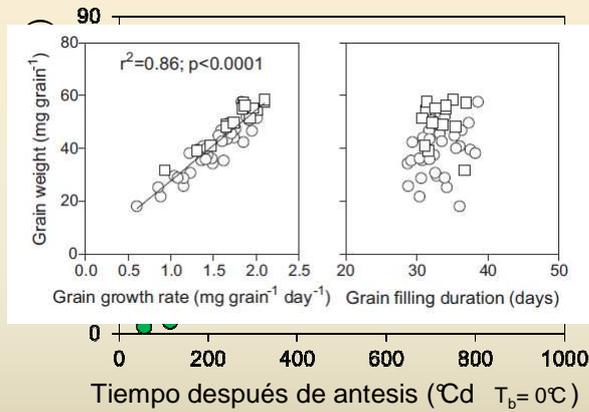


Aún en posiciones particulares de la espiga se encontró relación negativa entre peso y número de granos





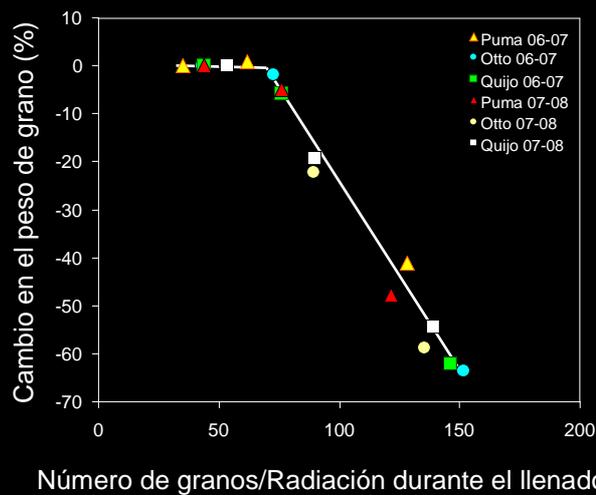
Cultivares contrastantes en peso de grano



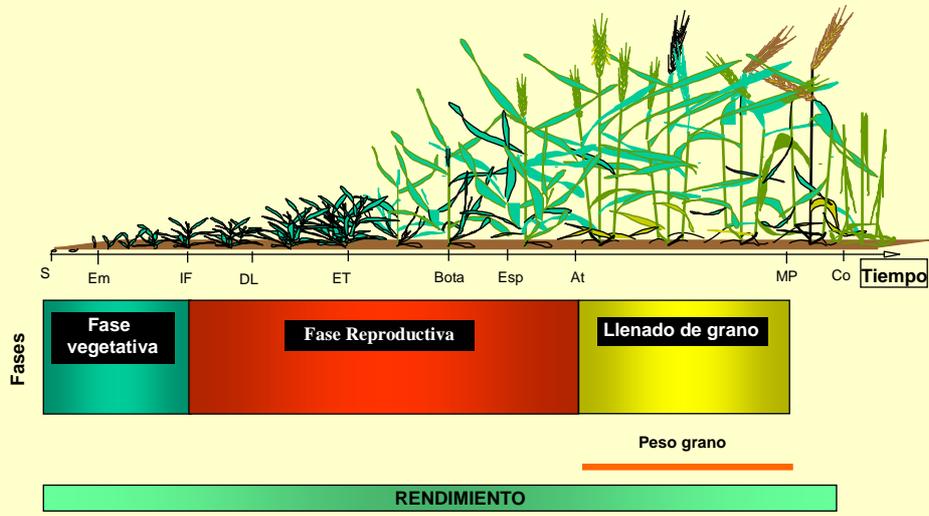
La tasa de llenado es explicativa del peso de grano. Existe variabilidad genética en el peso potencial de los granos la que generalmente se explica por una mayor tasa de llenado.

Serrago et al. (2013)
Field Crops Res.

Respuesta del peso de grano a la relación Fuente:Destino



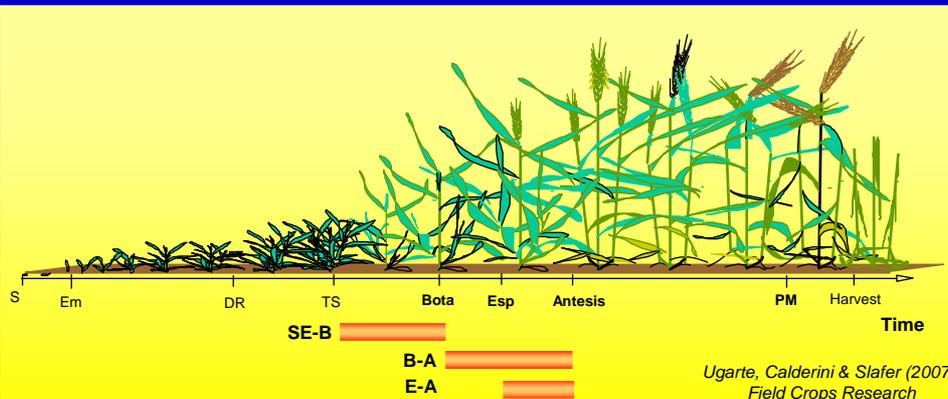
Ciclo del Cultivo de Trigo y Período de Crecimiento de Granos



Adaptado de Slafer y Rawson (1994)

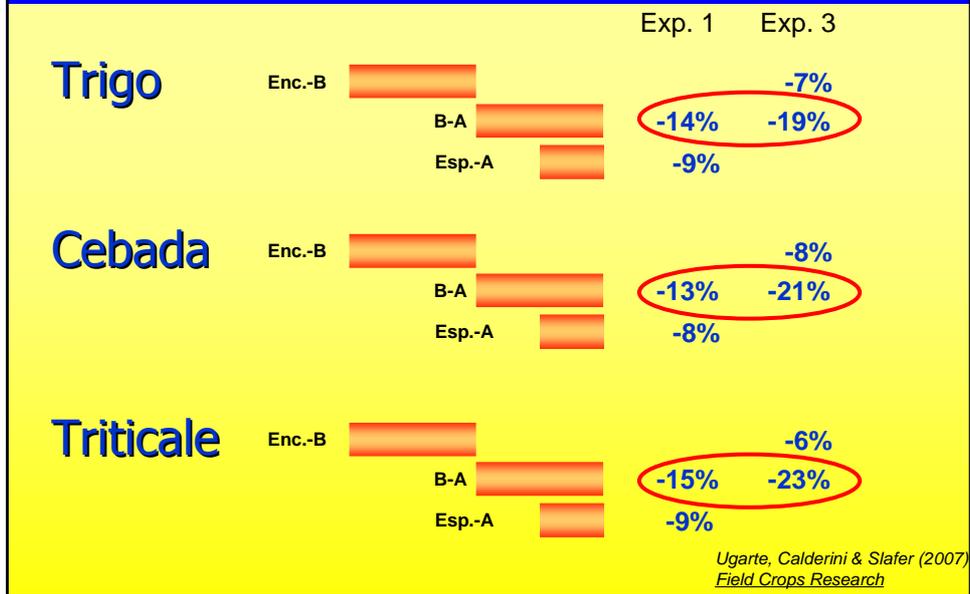
Efecto de la temperatura anterior a antesis sobre el peso de grano

La temperatura se incrementó (5.5°C) en diferentes momentos del ciclo de trigo, cebada y triticale

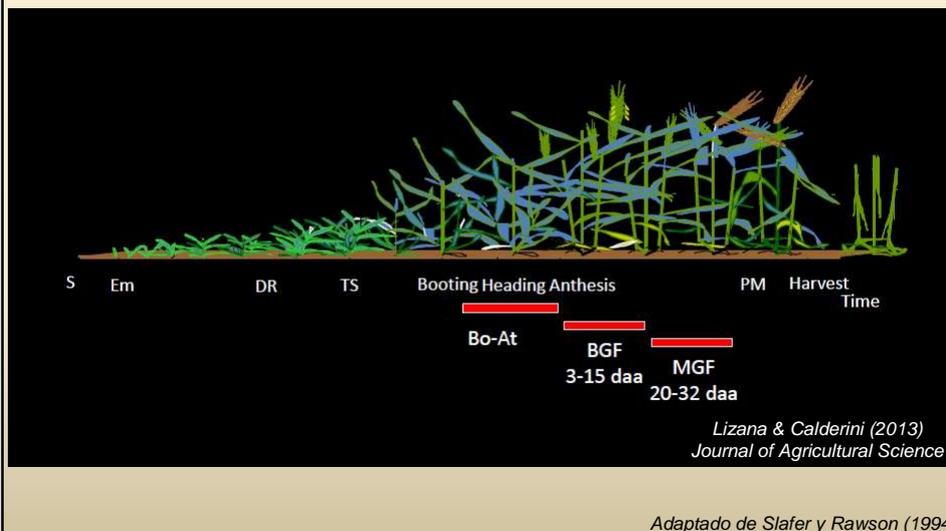


Ugarte, Calderini & Slafer (2007)
Field Crops Research

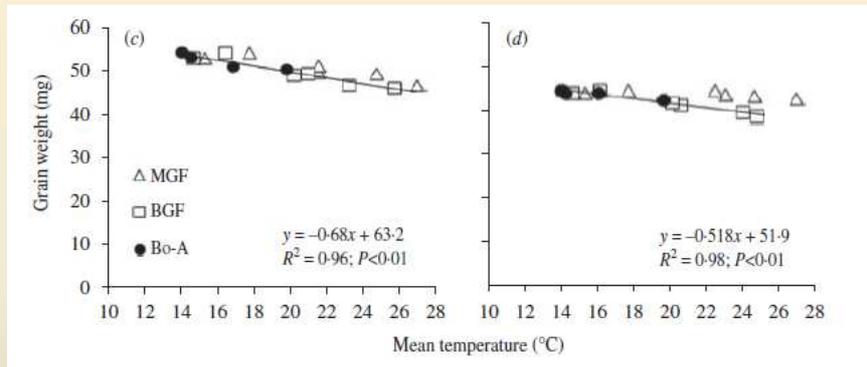
Incremento térmico pre-antesis sobre el peso de granos



Impacto de temperaturas pre- y post-antesis sobre el peso de los granos de trigo

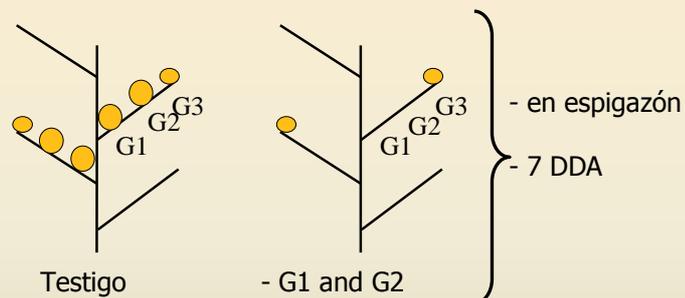


Relación entre el peso final de grano y la temperatura durante el tratamiento



Lizana & Calderini (2013)
Journal of Agricultural Science

Remoción de flores o granos en pre- y post-anthesis



Remoción de flores/granos en pre- y post-antesis

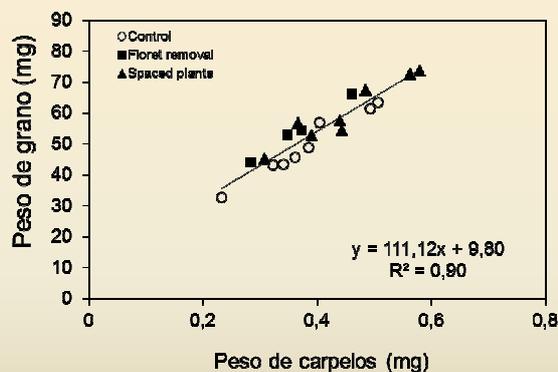
Línea	Peso de grano G3 (mg)		
	Pre-antesis	Testigo	Post-antesis
1	52,5**	46,9	47,0
2	72,9***	59,5	60,8
3	71,2***	62,0	59,8

Calderini & Reynolds (2000)
Australian Journal of Plant Physiology

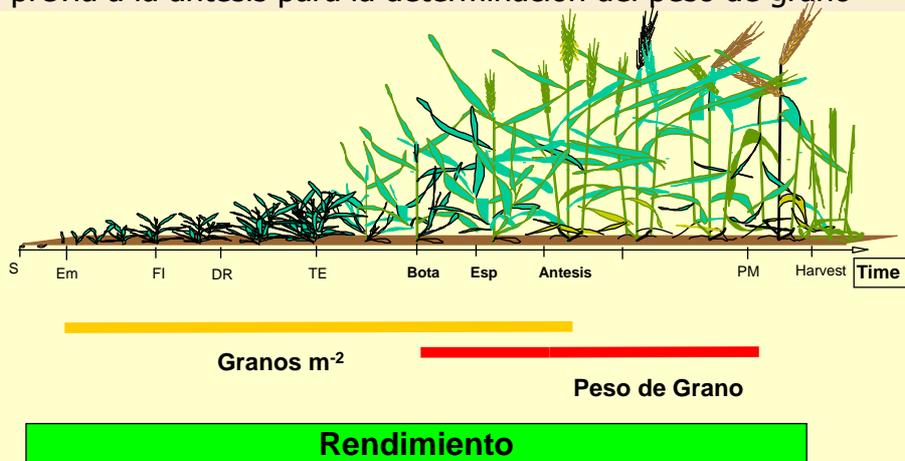
Peso de grano en respuesta a tratamientos fuente-destino

Cultivar	F:D	Peso de grano (mg)			
		G1	G2	G3	G4
Bacanora	Testigo	48.94	53.70	48.79	39.34
	Rem. flores	-	-	56.37	50.89
	Densidad	57.97	62.94	56.77	50.07
	10 DDA	52.59	58.73	52.44	44.16
Kambara	Testigo	64.15	67.94	60.96	45.96
	Rem. flores	-	-	70.37	59.27
	Densidad	73.38	76.21	70.41	62.36
	10 DDA	66.86	69.85	63.74	51.55

Relación entre el peso de grano y el peso de los carpelos florales en polinización



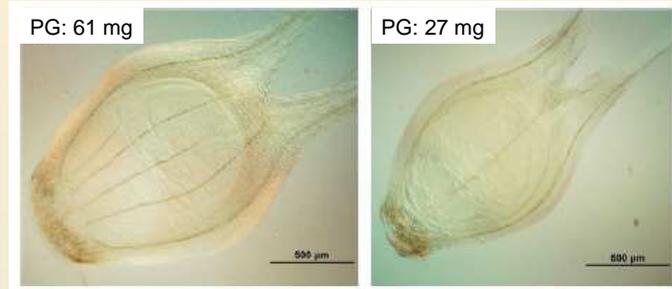
Esta evidencias junto con otras en trigo (e.g. Wardlaw, 1994; Duggan & Fowler, 2006; Ferrise et al., 2010) y en cultivos como cebada (Scott et al., 1983), girasol (Cantagallo et al., 2004; Lindström et al., 2006) y sorgo (Yang et al., 2009) muestran la importancia de la etapa inmediatamente previa a la antesis para la determinación del peso de grano



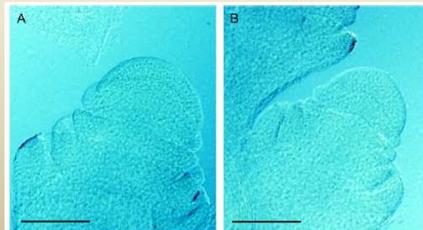
Adaptado de Slafer y Rawson (1994)

Peso de grano y tamaño de las estructuras florales en sorgo

Ovario floral

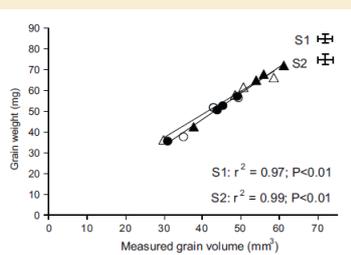


Primordio floral

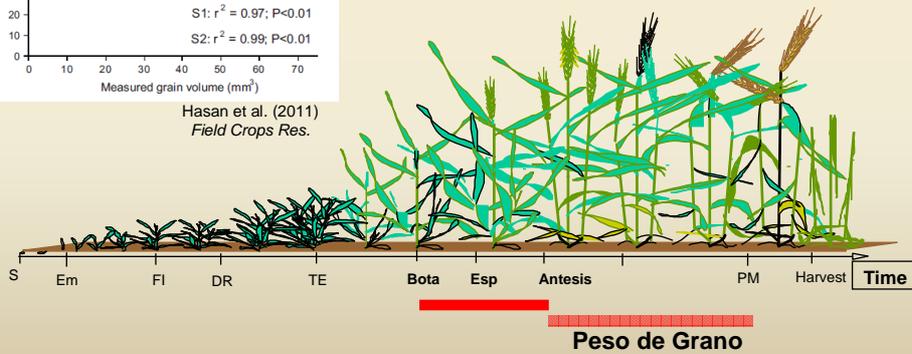


Yang et al. (2009)
J. Exp. Bot.

Los carpelos florales constituyen el pericarpio de los granos y el crecimiento de éste impondría un límite máximo al volumen, y consecuentemente al peso de los granos



Hasan et al. (2011)
Field Crops Res.



Adaptado de Slafer y Rawson (1994)

Las células del endosperma se generan en la etapa inicial del llenado, existiendo antecedentes de asociación entre el peso final de los granos y el número de células del endosperma en cebada (Brocklehurst, 1977) y trigo (e.g. Gleadow et al., 1982).

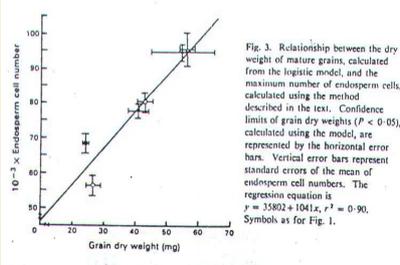
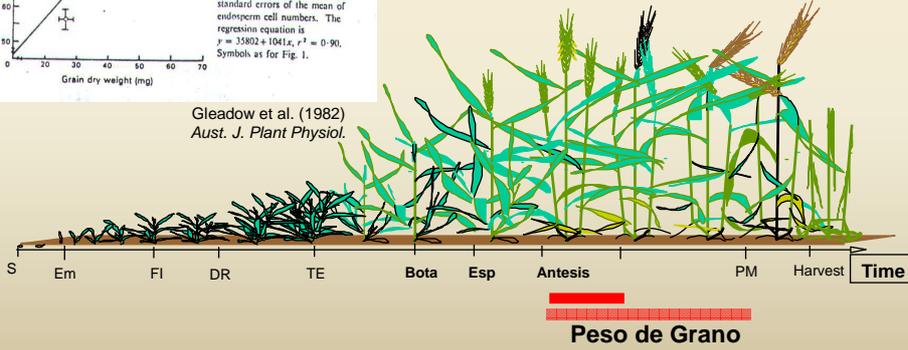


Fig. 3. Relationship between the dry weight of mature grains, calculated from the logistic model, and the maximum number of endosperm cells, calculated using the method described in the text. Confidence limits of grain dry weights ($P < 0.05$), calculated using the model, are represented by the horizontal error bars. Vertical error bars represent standard errors of the mean of endosperm cell numbers. The regression equation is $y = 33802 + 1041x$, $r^2 = 0.90$. Symbols as for Fig. 1.

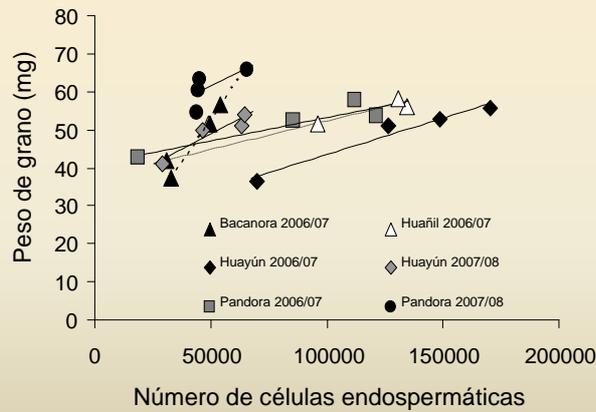
El numero de células se considera un determinante del peso de grano pudiendo ser alternativo o complementario al pericarpio

Gleadow et al. (1982)
Aust. J. Plant Physiol.



Adaptado de Slafer y Rawson (1994)

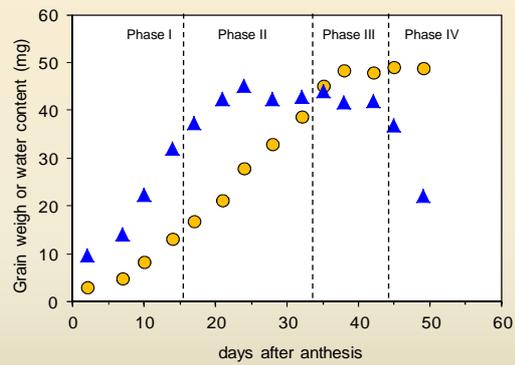
Peso de grano y número de células del endosperma



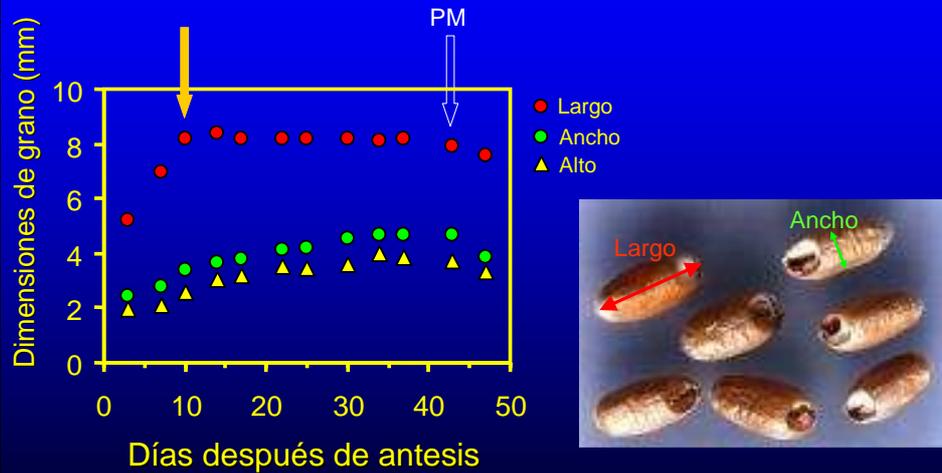
Asociación
entre el peso y
el largo (C, D) y
el contenido
hídrico (E, F) de
los granos



Dinámicas de agua y materia seca de los granos



Dinámica de las dimensiones de grano



Lizana et al. (2010)
Journal of Experimental Botany

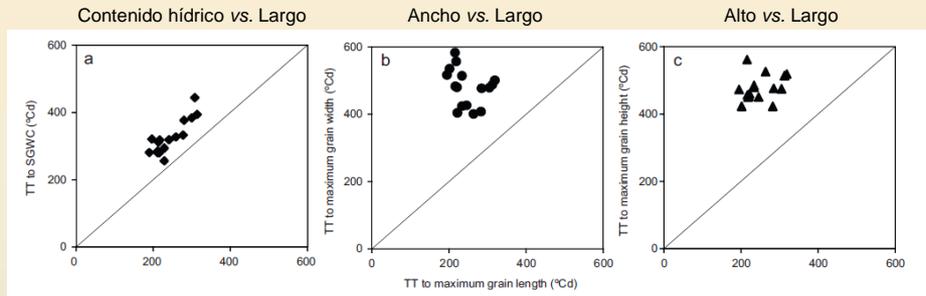
Tiempo térmico hasta largo máximo (FGL), contenido hídrico estabilizado (SGWC) y volumen máximo (MV)

Thermal units (°Cd) to reach:		
FGL	SGWC	MV
222 b	275 b	426 b
246 ab	319 ab	613 a
264 a	327 a	668 a
8.223	10.85	41.97
0.089	0.082	0.014

El largo máximo de grano se alcanza antes que el contenido hídrico estabilizado

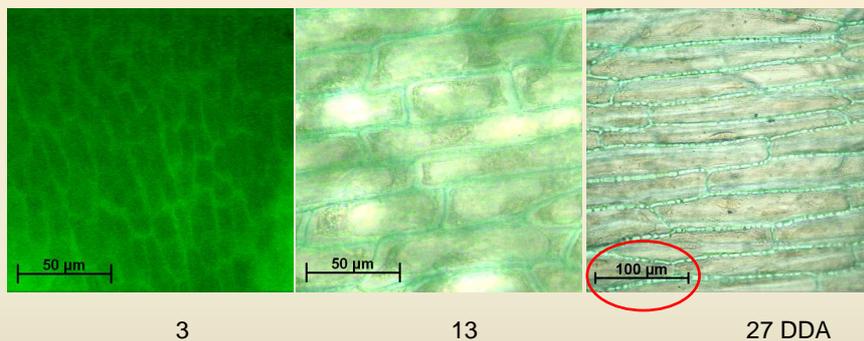
Lizana et al. (2010)
Journal of Experimental Botany

El largo de grano se determina antes que el contenido hídrico máximo, el ancho y el alto

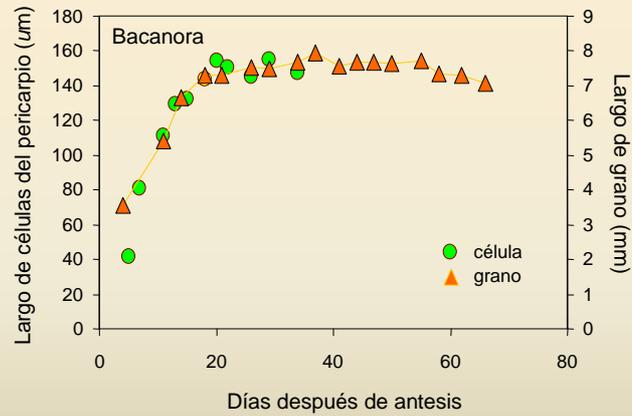


Hasan et al. (2011)
Field Crops Res.

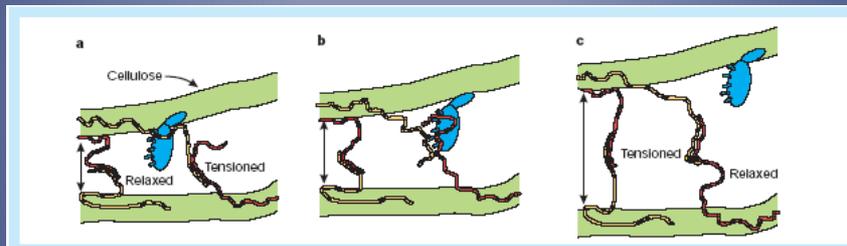
Células del pericarpio a los 3, 13 y 27 días después de antesis



Dinámicas del largo de las células del pericarpio y el largo de grano



Las expansinas provocan la soltura y extensión de paredes celulares, desestabilizando enlaces no covalentes (enlaces hidrógeno) entre microfibrillas de celulosa y glicanos de la matriz, adheridos a las microfibrillas



Las expansinas rompen las uniones entre glicanos y microfibrillas de celulosa o entre glicanos.

Bajo el estrés mecánico inducido por la turgencia se produce el desplazamiento de los polímeros de la pared y un deslizamiento en los puntos de adhesión del polímero

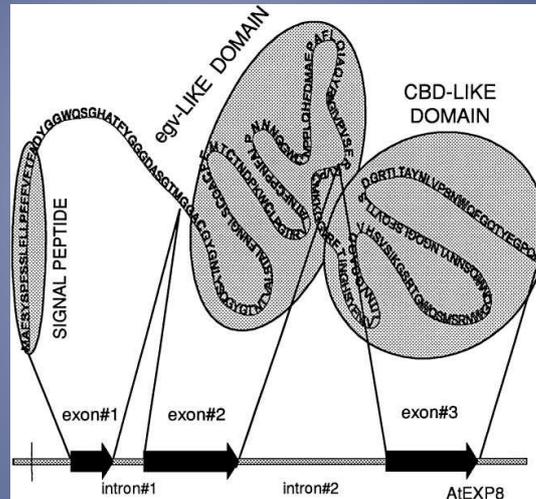
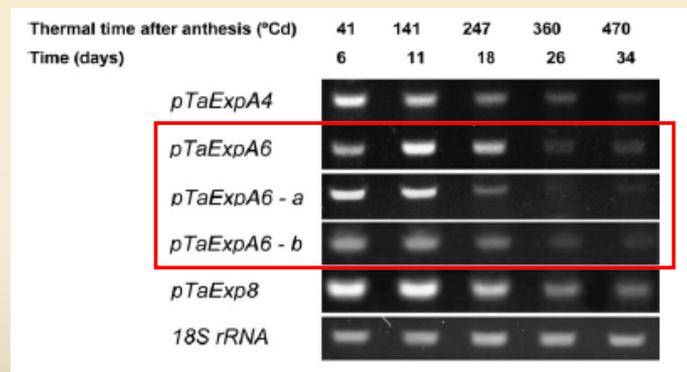


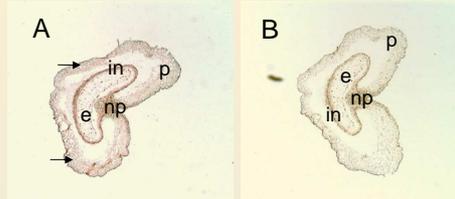
Figure 3 Structure of the expansin gene and protein. The Arabidopsis EXPANSIN8 (AtEXP8) gene contains three exons that encode three potential domains of the protein, including the signal peptide and the N terminus of the mature protein (exon#1), the endoglucanase-like core region (exon#2), and a domain (encoded by exon#3) with some structural resemblance to microbial cellulose-binding domains (CBD).

La expresión de expansinas (especialmente ExpA6) mostró una dinámica similar al alargamiento de los granos

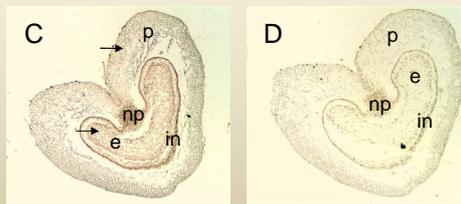


Hibridización de la ExpA 6 en granos después de antesis

5 días



10 días

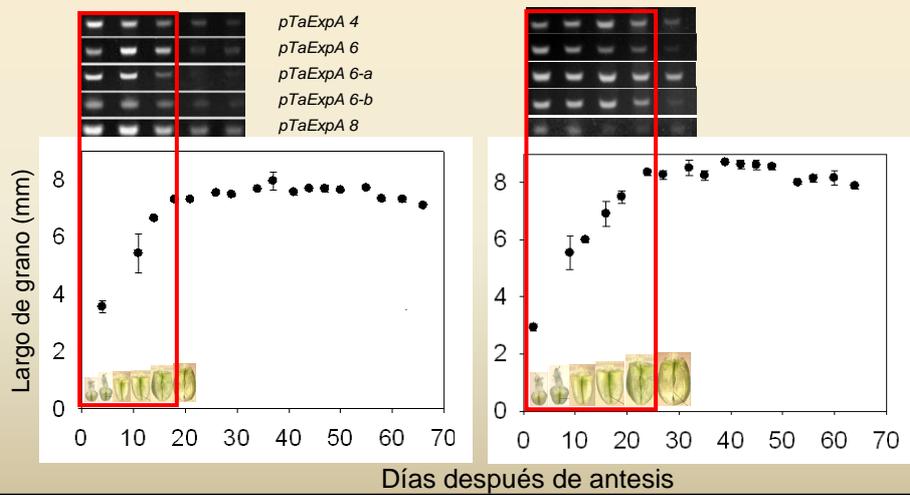


Lizana et al. (2010)
Journal of Experimental Botany

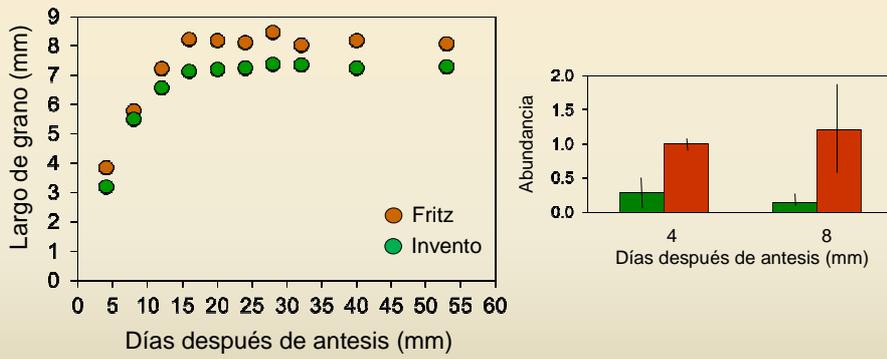
Dinámica de largo de grano y expresión de ExpA 6 en G2 de dos genotipos de trigo contrastantes

Bacanora (G2: 56 mg)

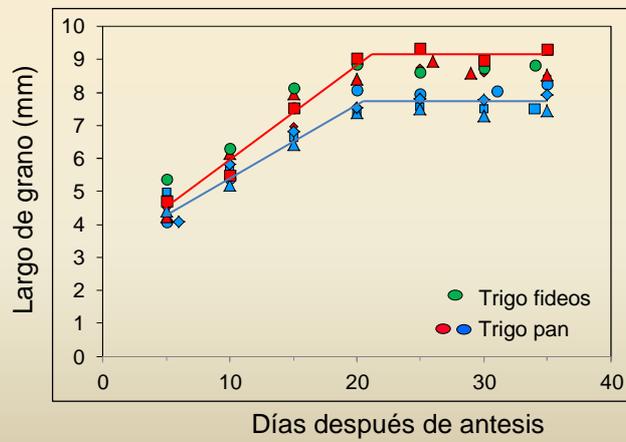
Kambara (G2: 66 mg)



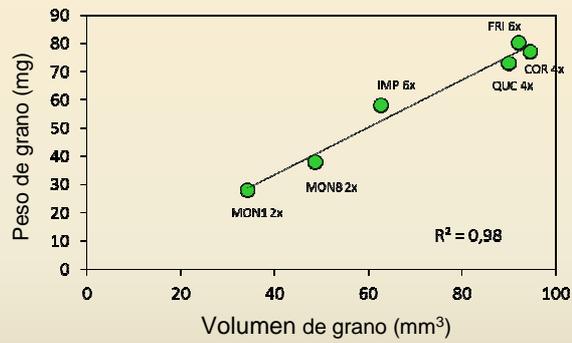
Dinámica de largo de grano y expresión de ExpA 6 (qPCR) en G2 de dos genotipos de trigo contrastantes



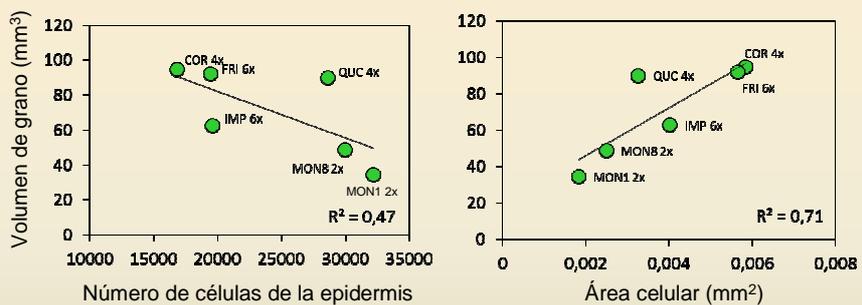
Dinámica de alargamiento de grano en 7 genotipos de trigo



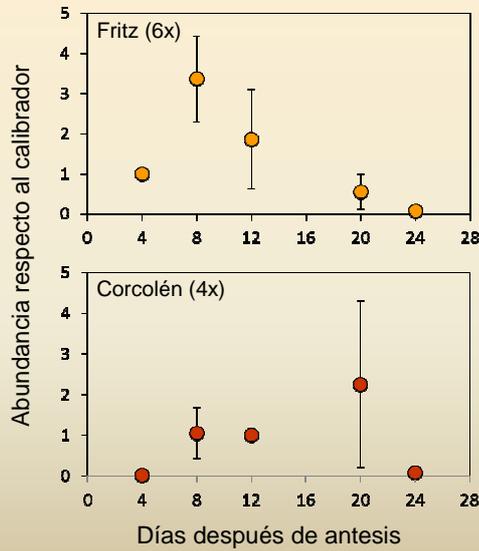
Relación entre peso y volumen de grano en trigos diploides tetraploides y hexaploides



El área de las células de la epidermis estuvo más relacionada con el volumen de grano que el número de células



Expresión de genes *XTH 5* (qPCR) en el pericarpio de granos de trigos hexa y tetraploides

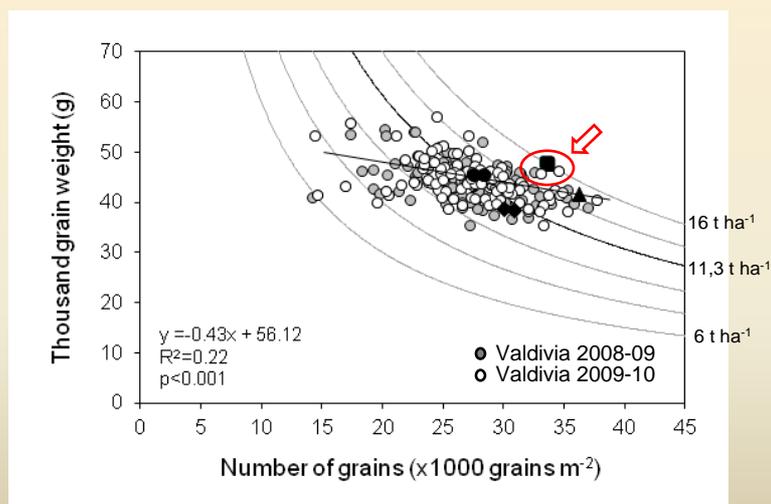


Los genotipos diploides no mostraron expresión para estos *primers*

¿Genes *XTH 5* de los trigos hexaploides provenientes del genoma B?

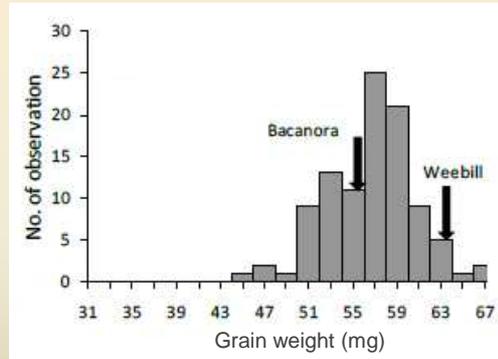
XTH: xyloglucanosendotransglicosilasa/hidrolasa

Relación entre el P1000 y el número de granos en 105 líneas doble haploides (Bacanora x Weebil)



Bustos, Hasan, Reynolds & Calderini (2013)
Field Crops Research

Histograma del peso individual de grano (G2) medido en 105 líneas DH (Bacanora x Weebil)

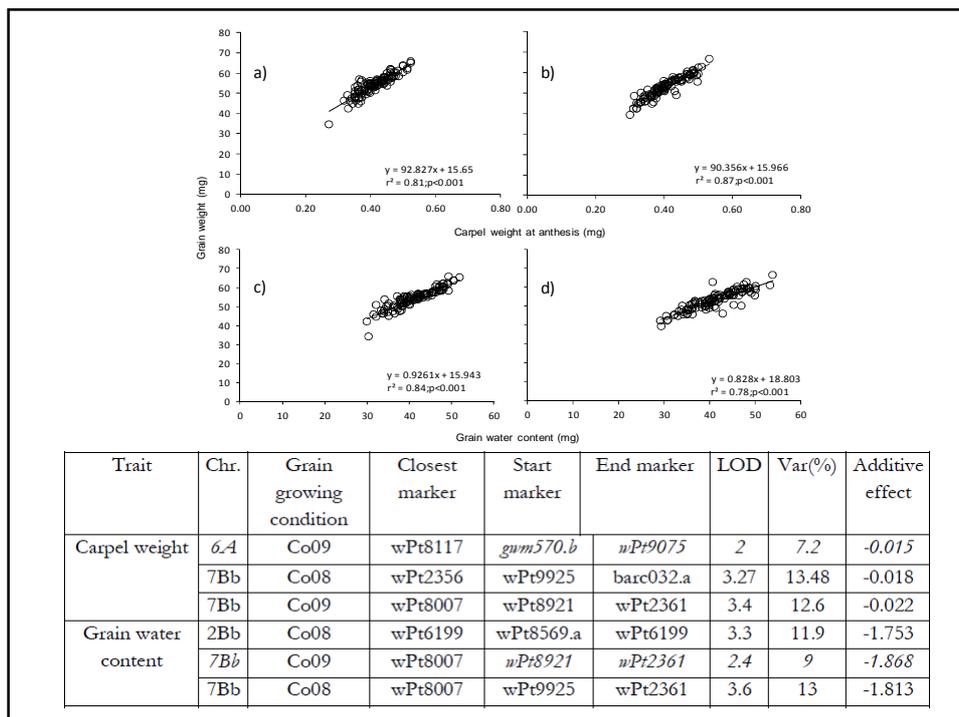


A.K. Hasan (2011)
PhD. thesis

Análisis de QTL del G2 en 92 líneas doble haploides (Bacanora x Weebil)

Trait	Chromosome	Grain growing condition	Closest marker	Start marker	End marker	LOD	Var (%)
Grain weight	6A	Pr09	wPt7127.a	gwm570.b	wPt9075	2.8	9.9
	7Ab	PD08	wPt6429	wmc083.a	wPt4744	3.2	10.2
	7Bb	PD08	wPt2356	wPt9925	wPt2361	2.9	9.3
	7Bb	PD09	wPt8007	wPt9925	wPt2361	3.1	11.8
	7Bb	Po08	wPt8007	wPt9925	wPt2361	2.6	10.1
	7Bb	Po09	wPt8007	wPt9925	wPt1069	2.6	9.0
	7Bb	Pr08	wPt8007	wPt9925	wPt1069	3.0	11.2
	7Bb	Pr09	wPt8007	wPt9925	wPt1069	3.7	13.3
Grain length	1B	Po08	wPt9857.a	gwm413	wPt9809	3.9	10.4
	1B	PD08	wPt9857.a	gwm413	wPt9809	3.2	9.4
	1B	Co08	gwm011	gwm413	wPt6975	3.2	8.5
	2Ba	Po09	wmc264.b	wmc264.b	wPt0100.b	3.8	9.6
	2Bb	Co08	wPt7757	wPt8569.a	wPt6199	3.0	8.0
	2Bb	PD08	wPt7757	wPt4210	wPt6199	3.2	7.9
	6A	Pr09	wPt7127.a	gwm570.b	wPt7938	3.9	12.6
	6A	Po09	wPt7127.a	gwm570.b	wPt7938	5.4	14.1
	7Bb	Po09	wPt8007	wPt9925	wPt2361	4.2	10.5
	7Bb	Pr08	wPt8007	wPt9925	wPt2361	2.8	8.9
	7Bb	Co08	wPt8007	wPt9925	wPt2361	3.5	9.4
	7Bb	PD09	wPt8007	wPt9925	wPt1069	5.3	16.6
Grain volume	7Bb	PD09	wPt8007	wPt9925	barc032.a	5.0	16.8
	7Bb	Po09	wPt8007	wPt9925	wPt2361	3.5	13.2
	7Bb	Po08	wPt8007	wPt9925	wPt2361	3.5	12.6
	7Bb	Pr09	wPt8007	wPt9925	wPt1069	4.5	15.0
	7Bb	Co08	wPt8007	wPt9925	wPt1069	3.3	11.1
	7Bb	Co09	wPt8007	wPt9925	wPt1069	3.5	14.2
	7Bb	Pr08	wPt8007	wPt9925	wPt1069	4.3	16.2

A.K. Hasan (2011)
Tesis doctoral

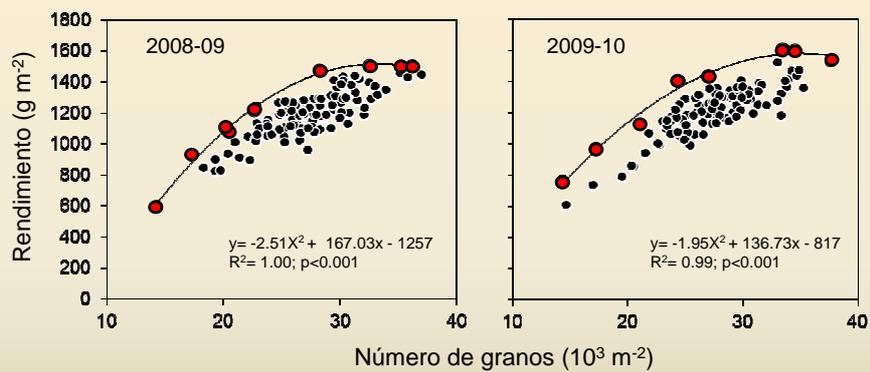


Conclusiones

- El período inmediatamente previo a la antesis es clave para la determinación del peso potencial de grano en trigo
- El peso de grano se asocia con el peso de los carpelos florales al momento de la polinización, con el largo, el contenido hídrico y el volumen de grano
- El largo de grano queda definido antes que el contenido hídrico estabilizado
- La expresión de expansinas (ExpA 6) mostró una dinámica similar a la del largo de grano
- Se encontró expresión de XTH 5 durante el alargamiento de grano en genotipos hexa y tetraploides
- El análisis de QTL relacionó a varios de los caracteres mencionados con el cromosoma 7B

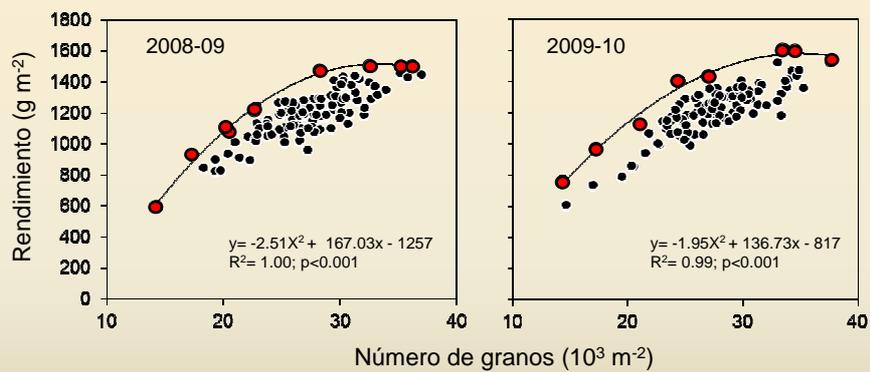
¡Muchas gracias!

Respuesta curvilínea del rendimiento al número de granos en 105 DH lines (Bacanora x Weebil)

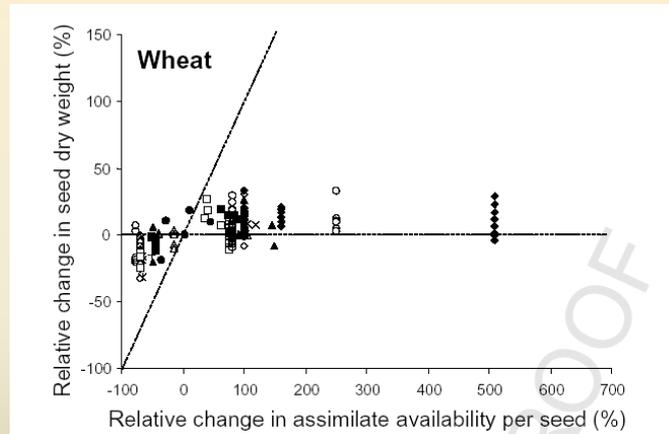




Respuesta curvilínea del rendimiento al número de granos en 105 DH lines (Bacanora x Weebil)



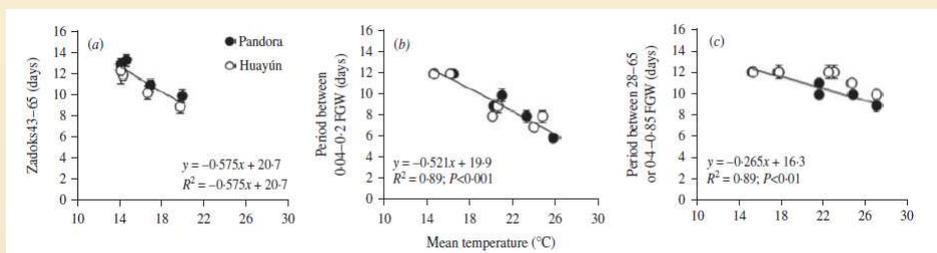
El cultivo de trigo está poco limitado por la fuente de asimilados durante el llenado de granos



Borrás et al. (2004)
Field Crops Research

Otras evidencias: e.g., Slafer & Savin (2004), Sarrago et al. (2013)

El incremento térmico redujo la duración de la etapa en pre- y post antes



Lizana & Calderini (2013)
Journal of Agricultural Science

Dinámicas del Grano

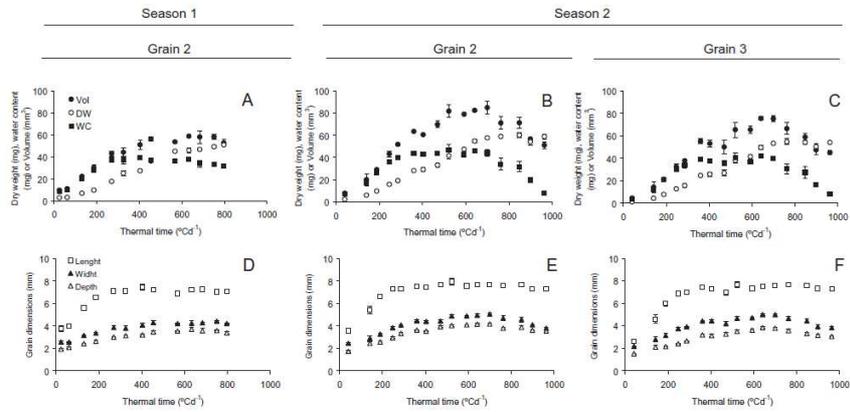


Fig. 1. Volume (filled circles), dry weight (open circles), water content (filled squares), and grain dimensions [length (open squares), width (filled triangles), and height (open triangles)] of grain position 2 in growing seasons 1 (A, D) and 2 (B, E) and grain position 3 (C, F) in season 2.