

CURSO INTERNACIONAL

La Fisiología de Cultivos como Herramientas para la Mejora de los Sistemas de Producción de Trigo y Cebada

Red 110RT0394. Mejorar la eficiencia en el uso de insumos y el ajuste fenológico en cultivos de trigo y cebada (METRICE)
Valdivia, 16, 17 y 18 de diciembre de 2013

Universidad Austral de Chile



Temario:
Fenología y rendimiento potencial de los cultivos de trigo y cebada

Desarrollo fenológico. Principales etapas. Generación de hojas, espiguillas y flores

Modelos de simulación de la fenología en los cultivos de trigo y cebada. Generación de modelos simples para uso en la producción

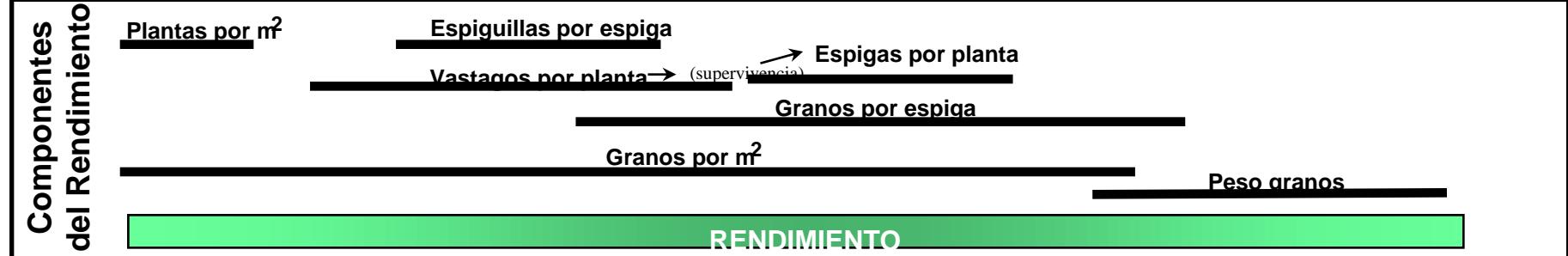
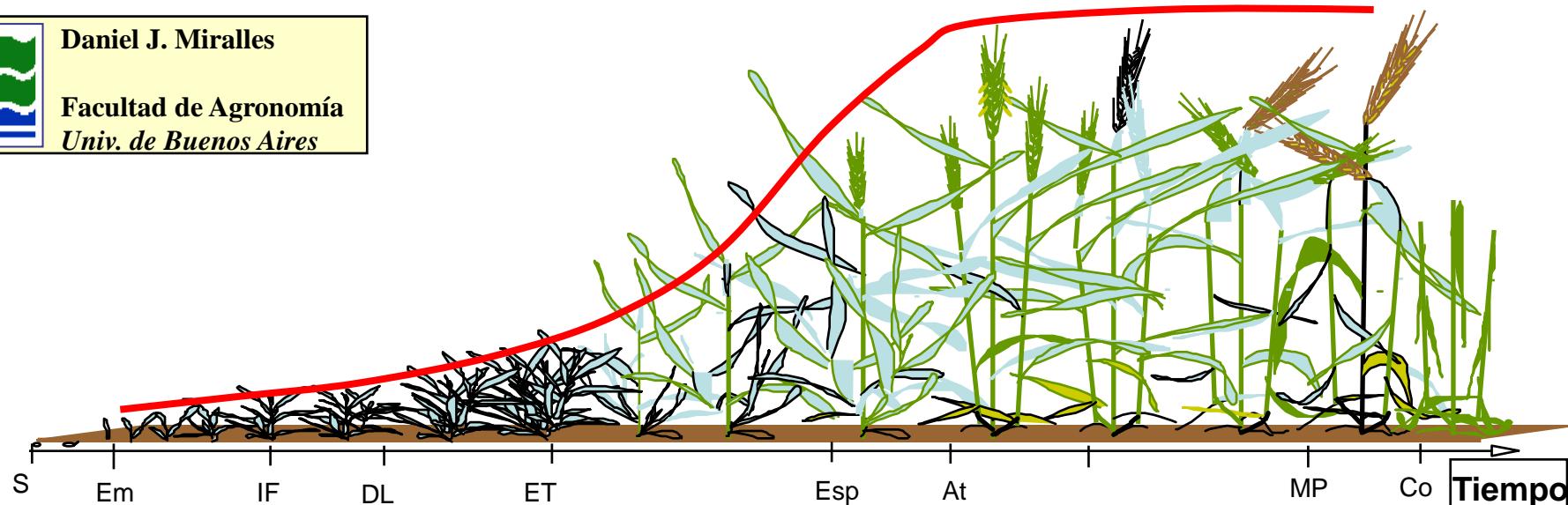
Los modelos Crono-trigo y Crono-cebada

Desarrollo y generación del rendimiento



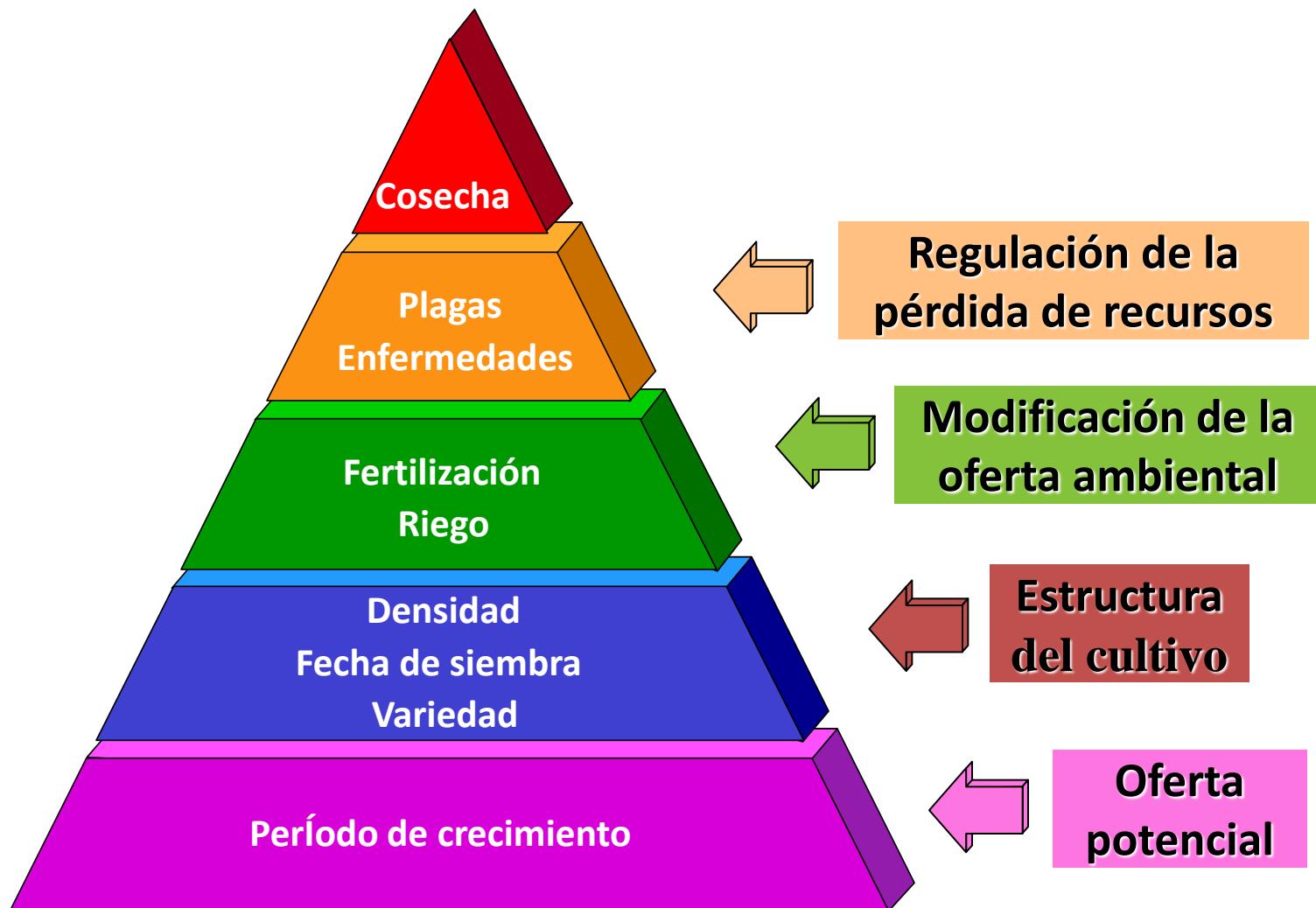
Daniel J. Miralles

Facultad de Agronomía
Univ. de Buenos Aires





ESQUEMA DE TOMA DE DECISIONES

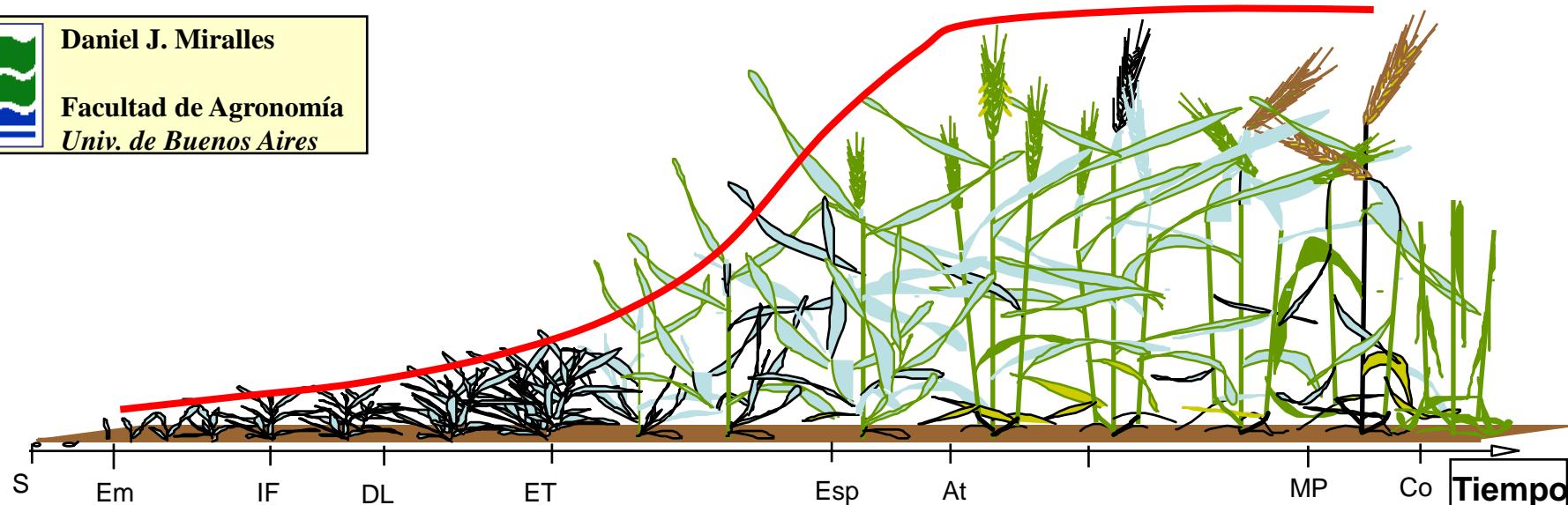


Desarrollo y generación del rendimiento

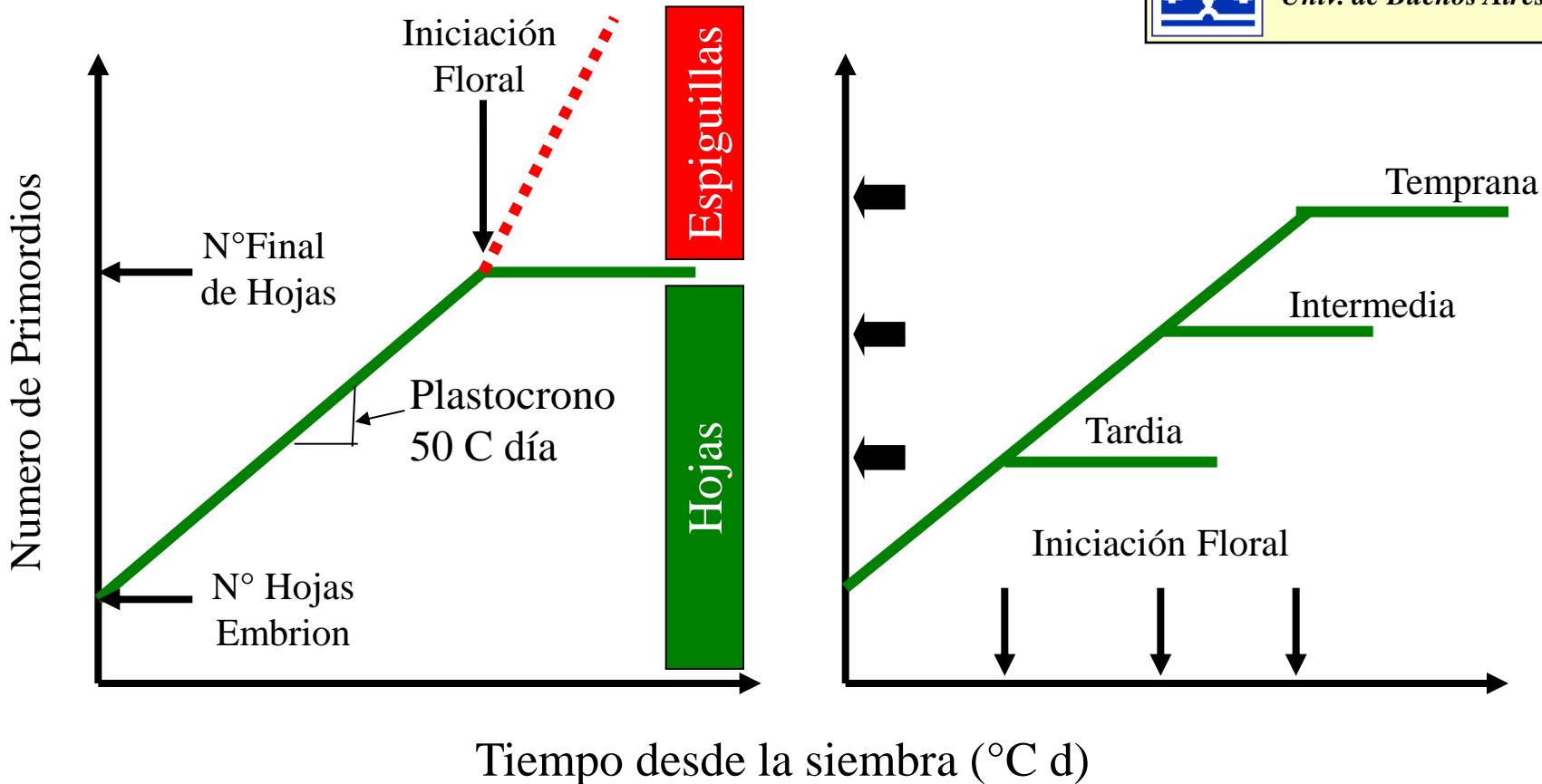


Daniel J. Miralles

Facultad de Agronomía
Univ. de Buenos Aires



Dinamica de aparición de hojas

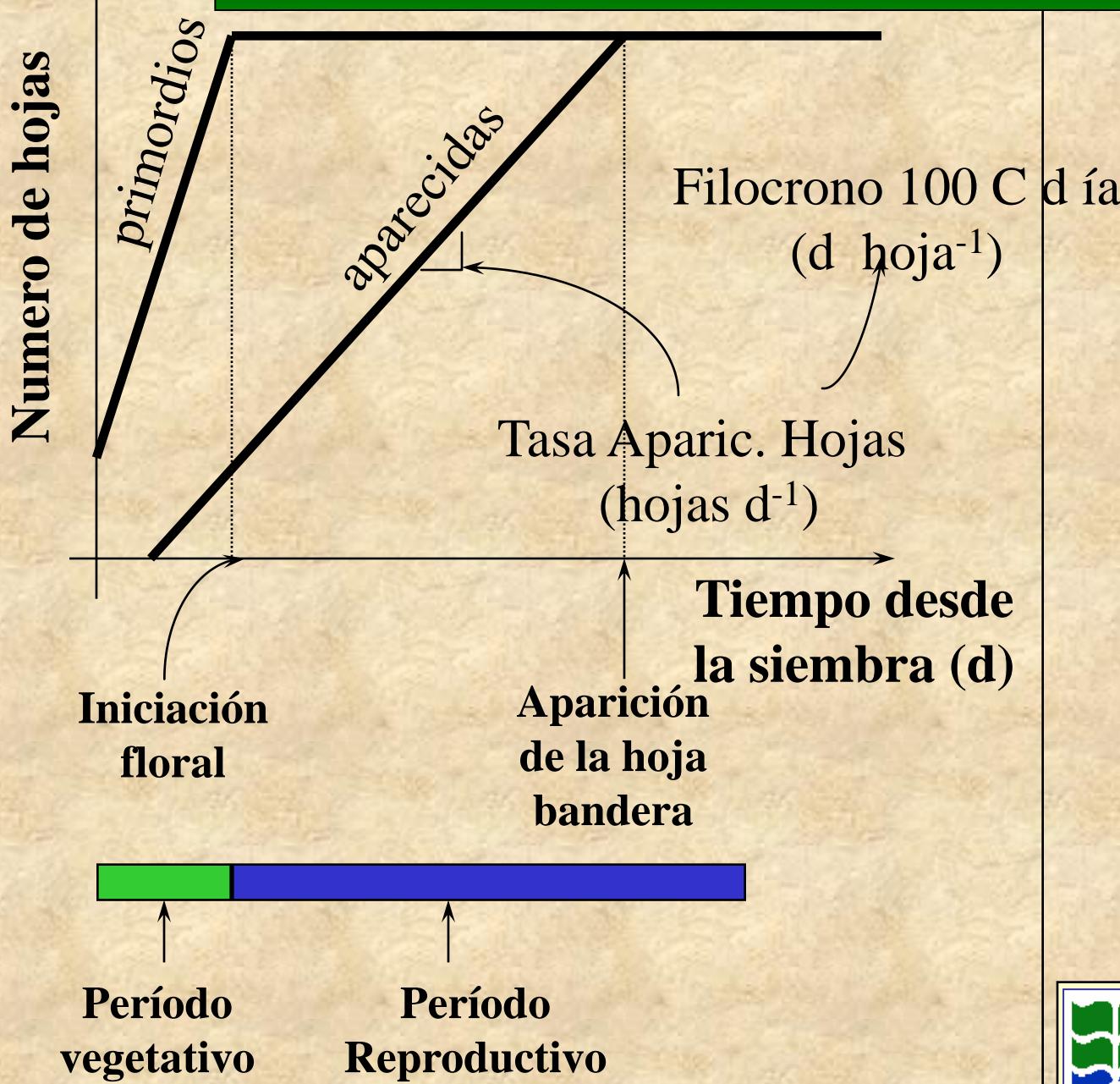


- El numero de hojas iniciadas por el cultivo depende de las condiciones ambientales durante las primeras semanas. En general cuanto más largos son los dias menor será el numero final de hojas producidas



Daniel J. Miralles
Facultad de Agronomía
Univ. de Buenos Aires

Diferenciación y aparición de hojas





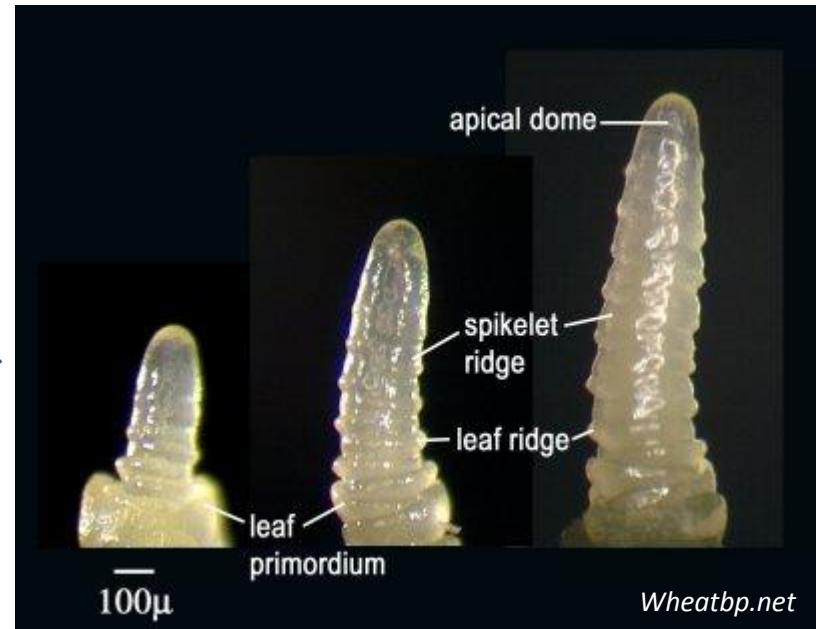
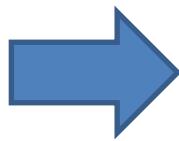
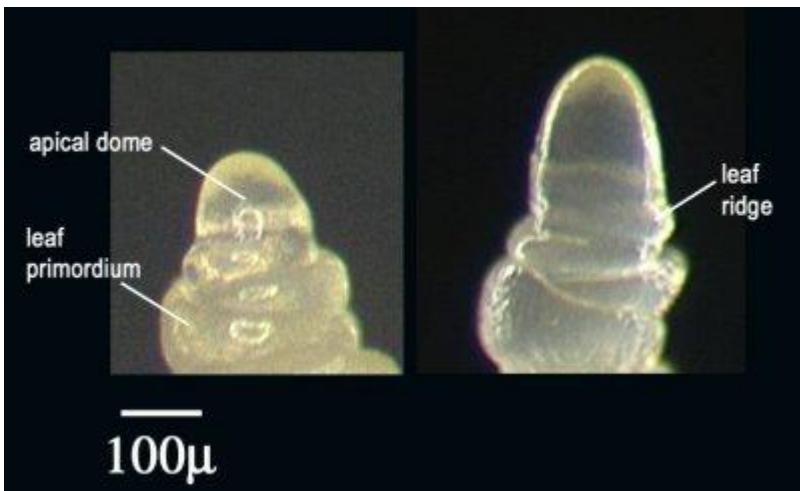
Cambios en el ápice de crecimiento

Iniciación foliar

Etapa

Vegetativa

Trigo





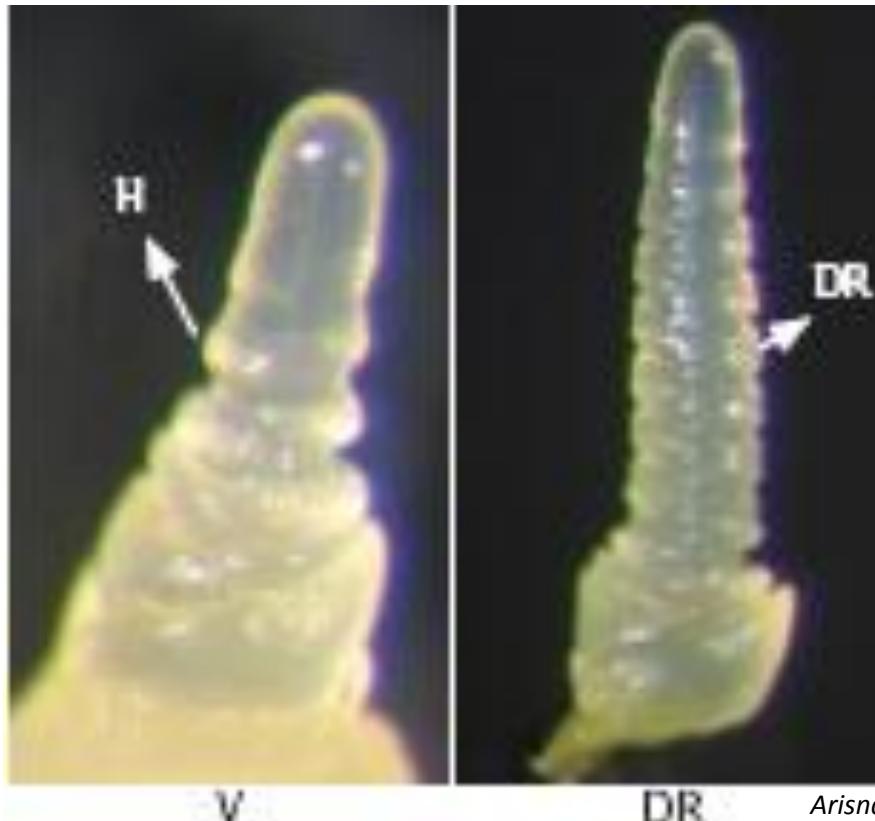
Cambios en el ápice de crecimiento

Iniciación foliar

Etapa

Vegetativa

Cebada



Arisnabarreta, 2008

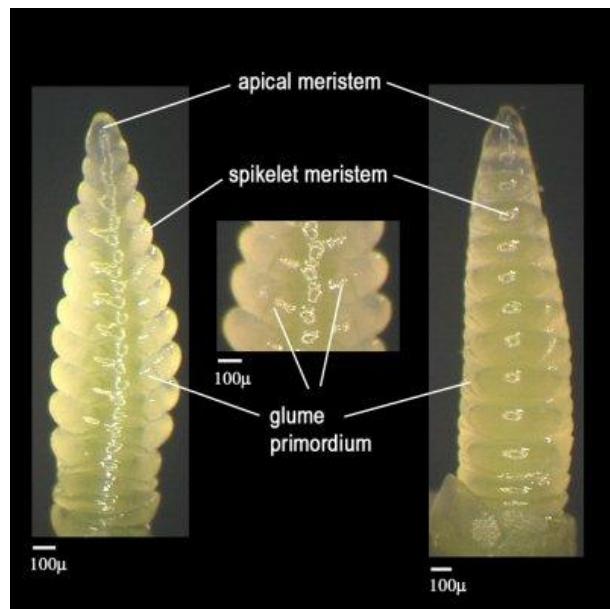


Cambios en el ápice de crecimiento

Iniciación espiguillas

Etapa Reproductiva

Trigo



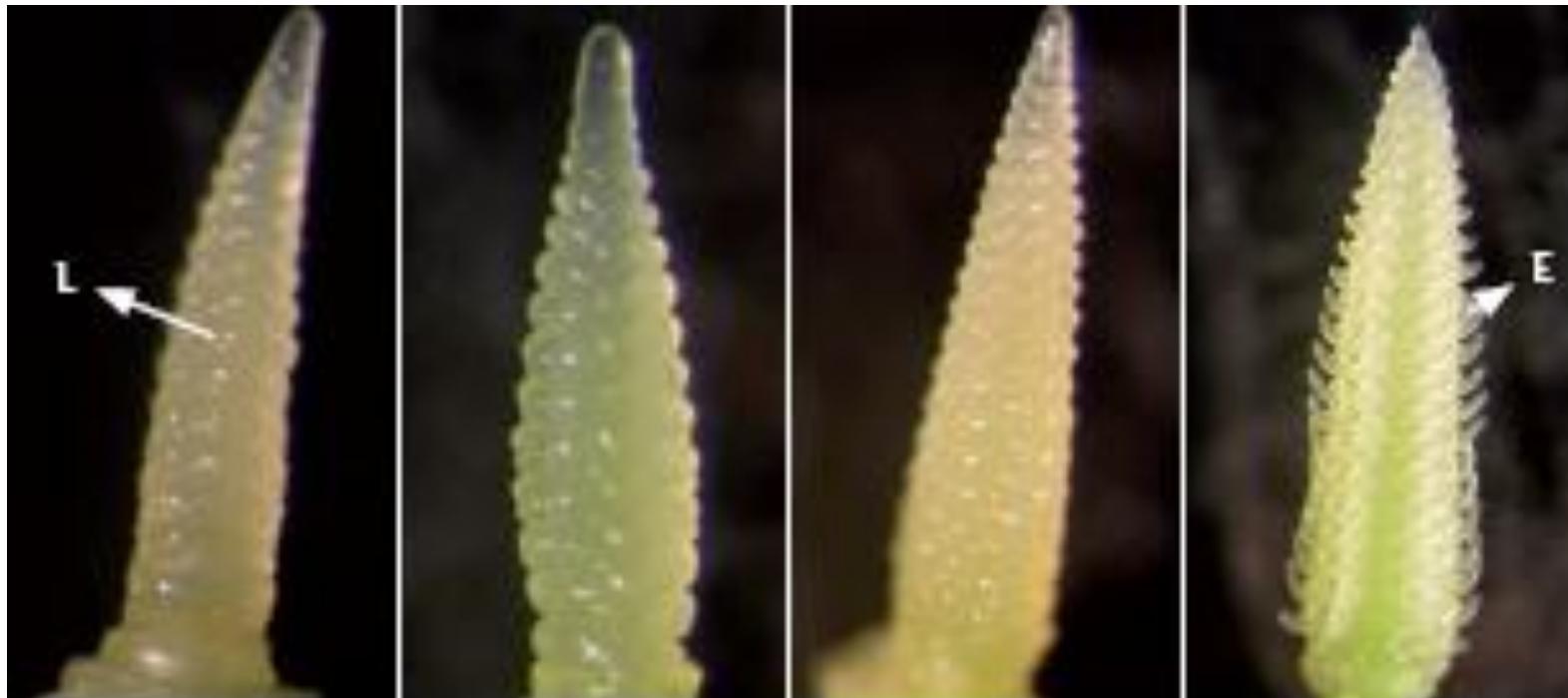


Cambios en el ápice de crecimiento

Iniciación espiguillas

Etapa Reproductiva

Cebada



Diferenciación
primordio lemma

Triple mound

Primordios
de aristas

Inicio elongación
aristas

Arisnabarreta, 2008



Cambios en el ápice de crecimiento

Iniciación espiguillas

Etapa Reproductiva

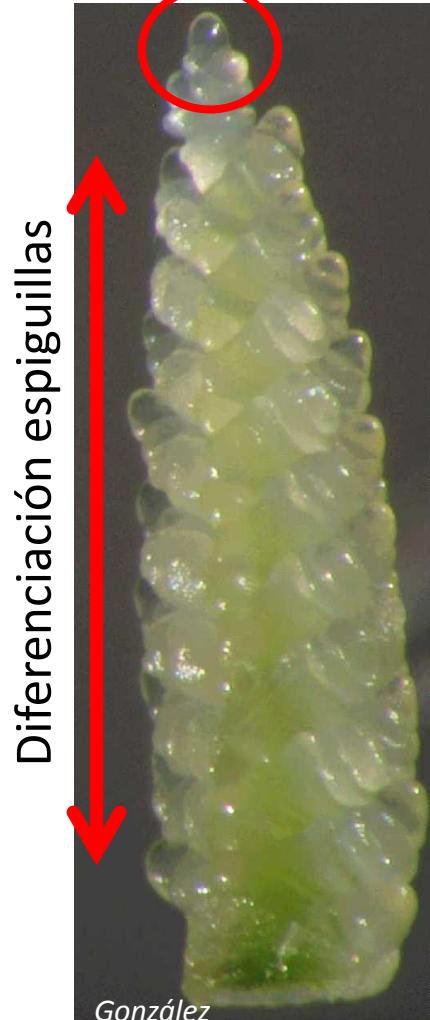
Trigo



Primer nudo detectable(DC3.1)



Espiguilla
Terminal



González

Cambios en el ápice de crecimiento

Iniciación espiguillas

Etapa Reproductiva

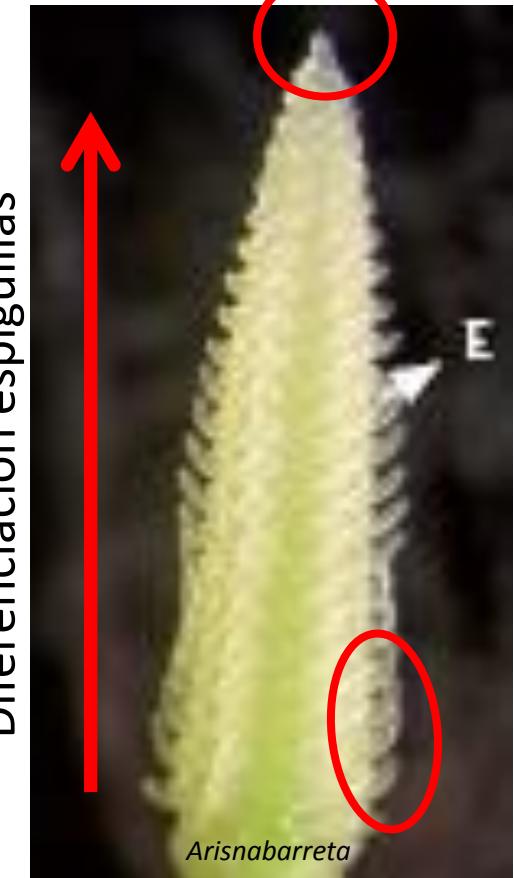
Cebada



Primer nudo detectable(DC3.1)



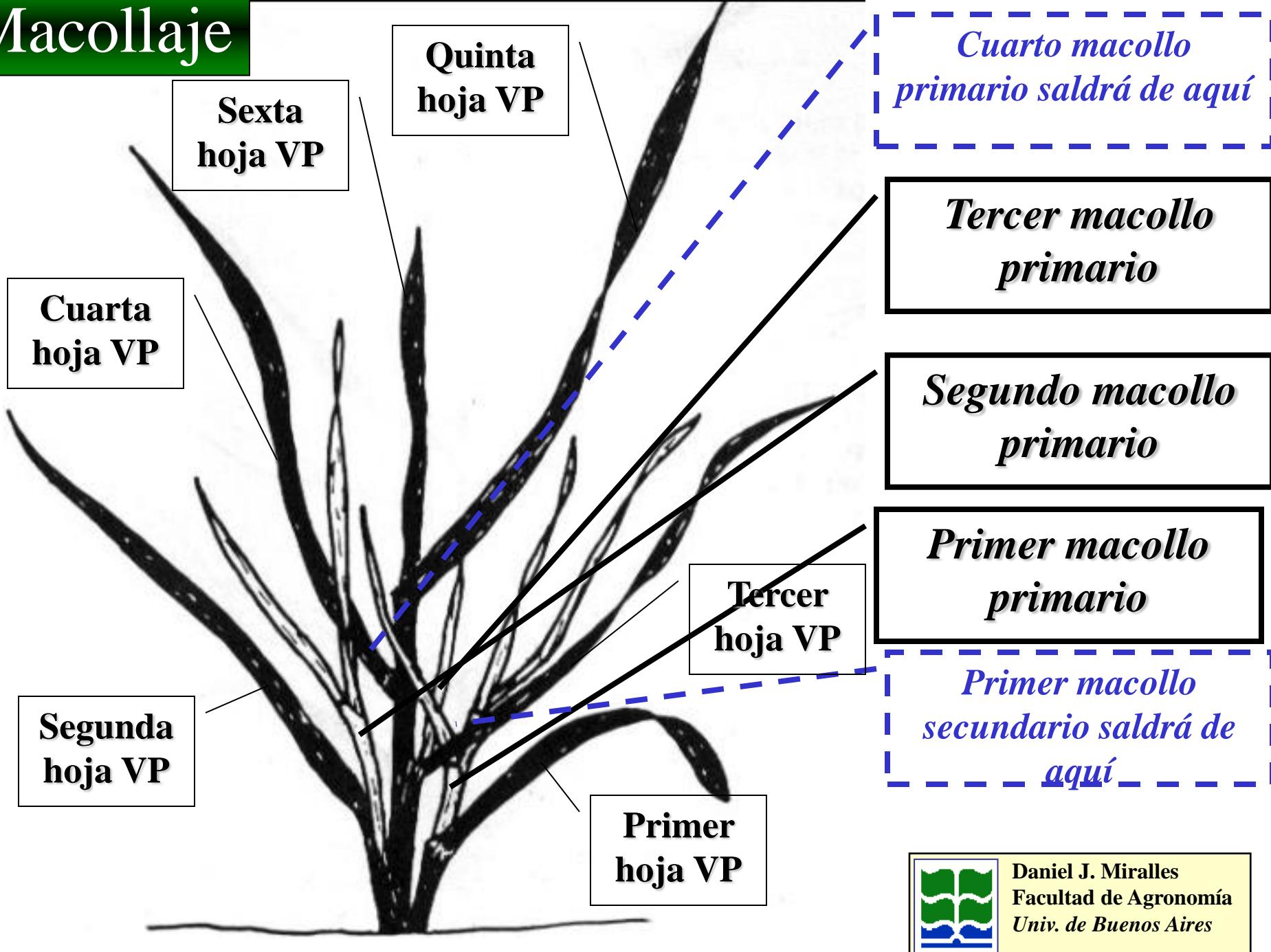
Máximo Número
de Primordios



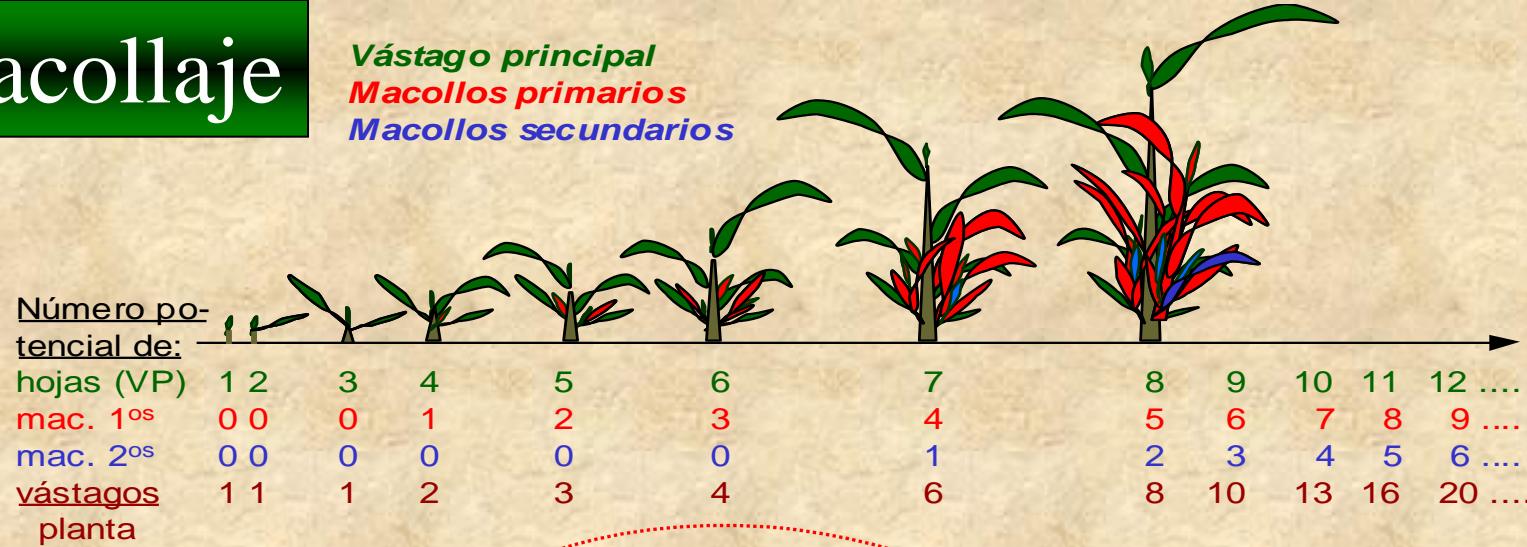
Diferenciación espiguillas

Inicio elongación
aristas

Macollaje



Macollaje

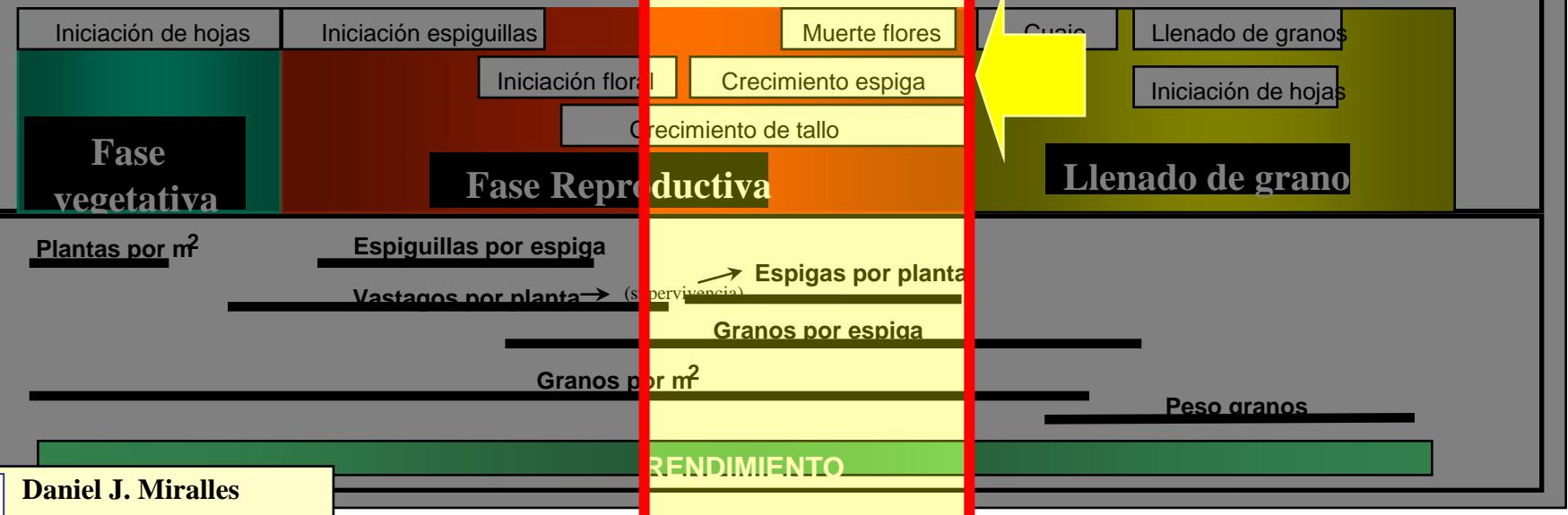
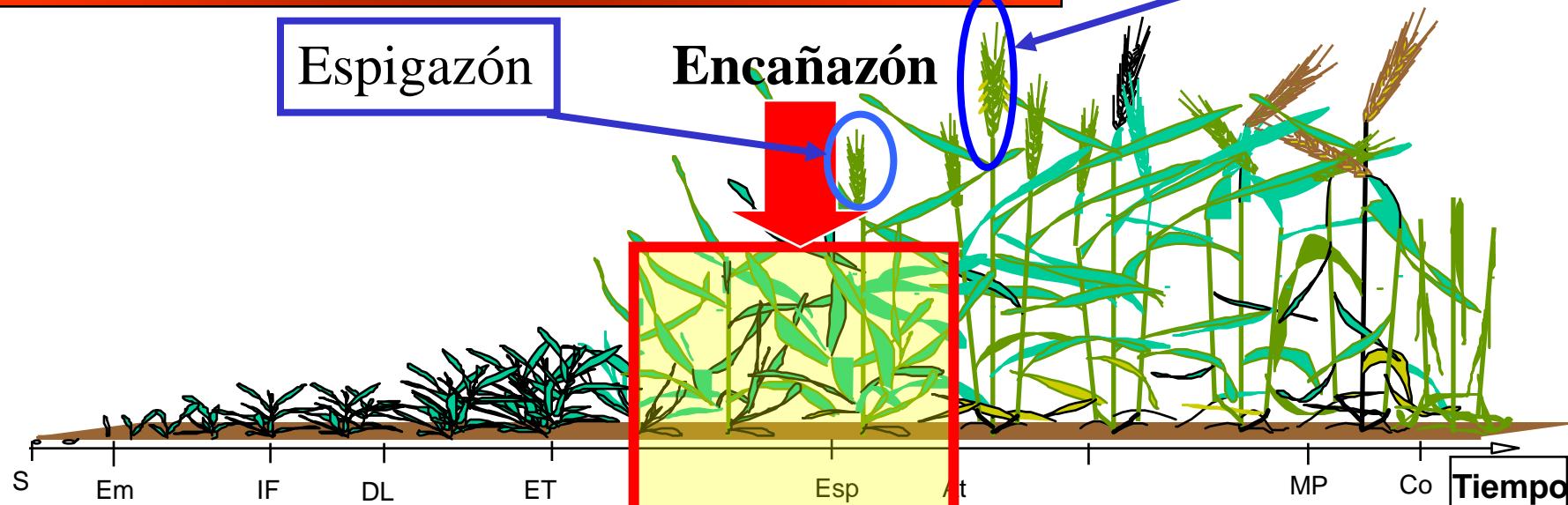


Generación del rendimiento

Antesis

Espigazón

Encañazón



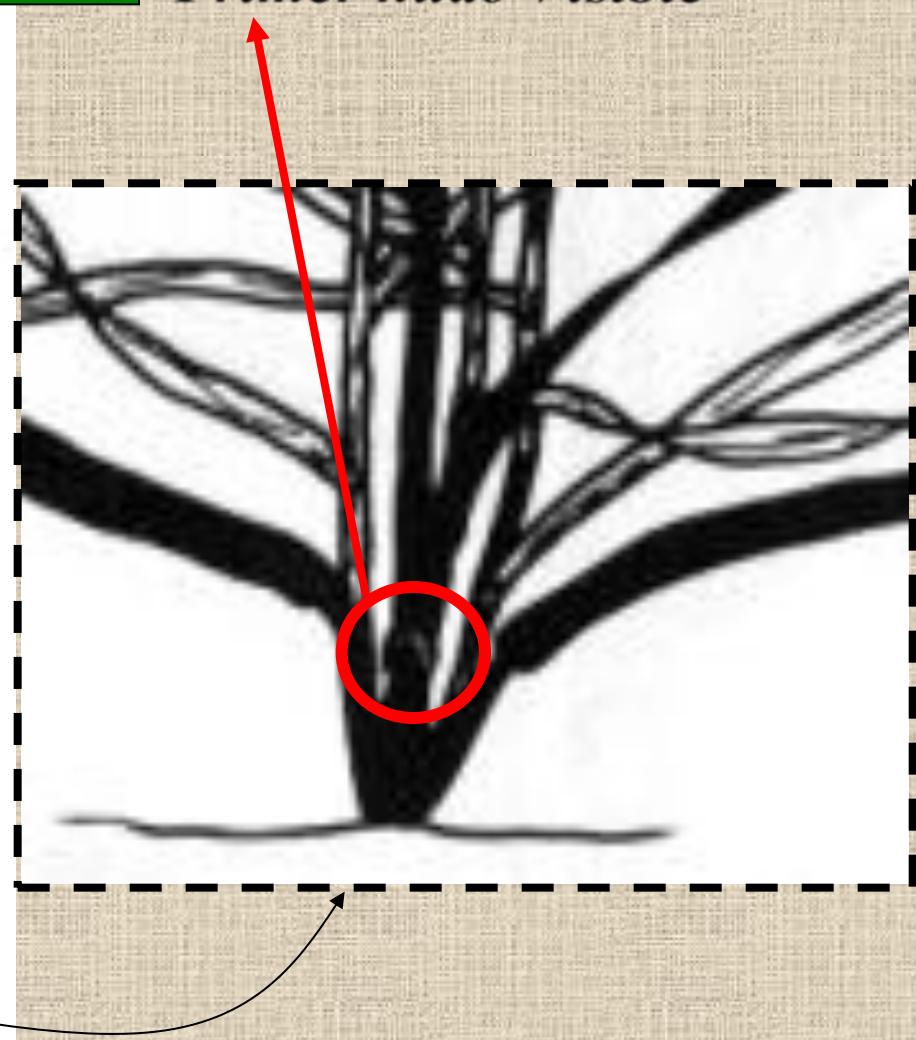
Daniel J. Miralles

Facultad de Agronomía
Univ. de Buenos Aires

Adaptado de Slafer and Rawson (1994)

Encañazon

Primer nudo Visible



El primer nudo visible indica el momento de elongación del tallo.



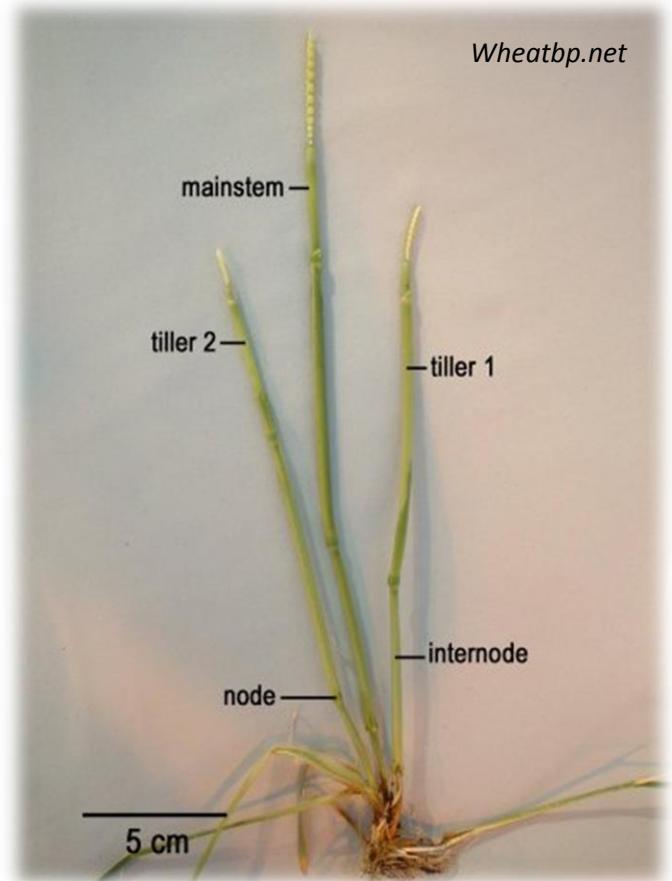
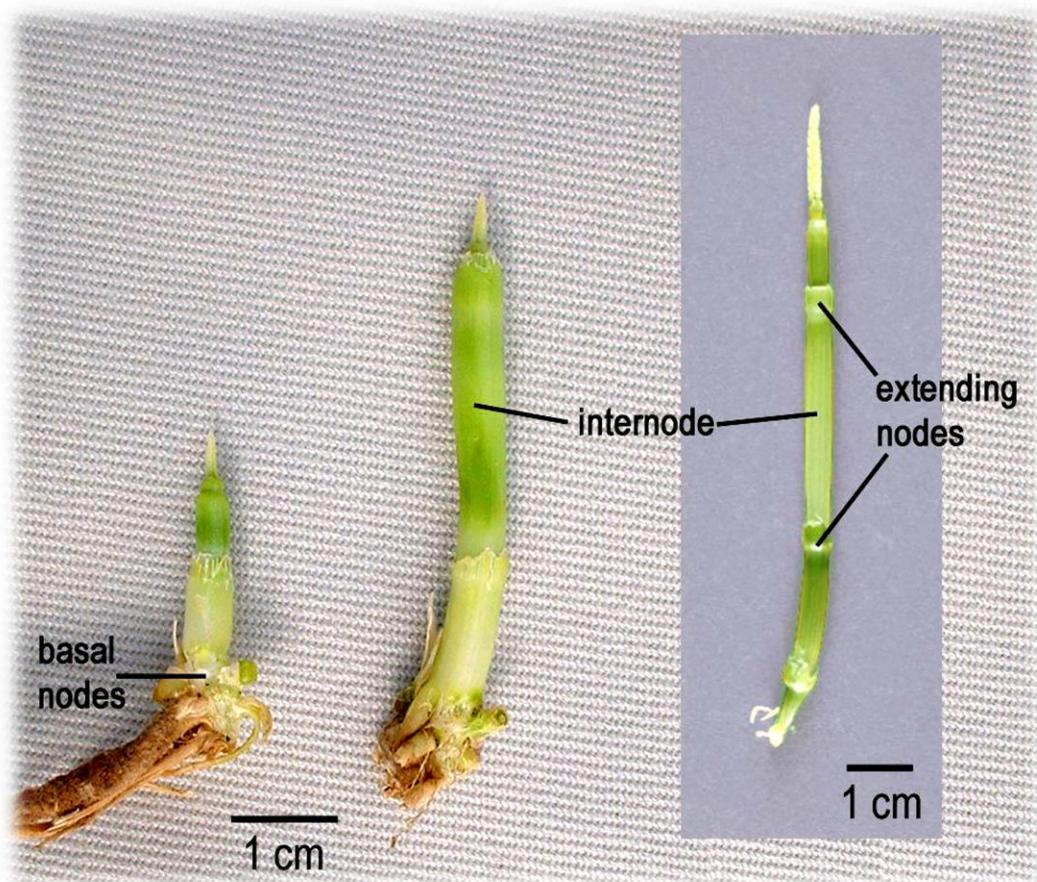
Daniel J. Miralles

Facultad de Agronomía
Univ. de Buenos Aires

Cambios en la morfología externa

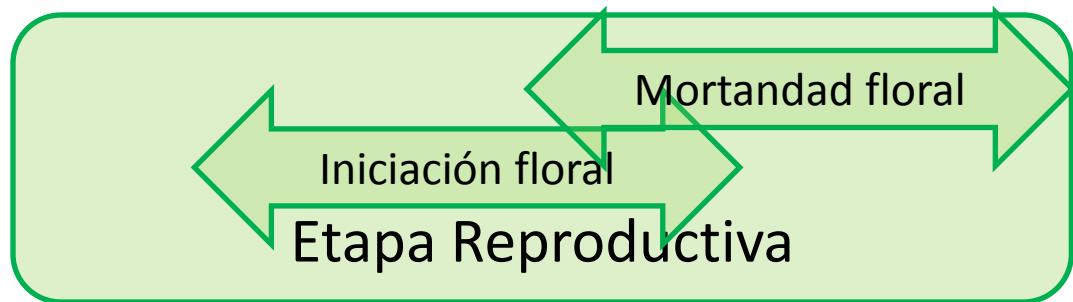
Encañazón / Floración

Primer Nudo Detectable - Espigazón

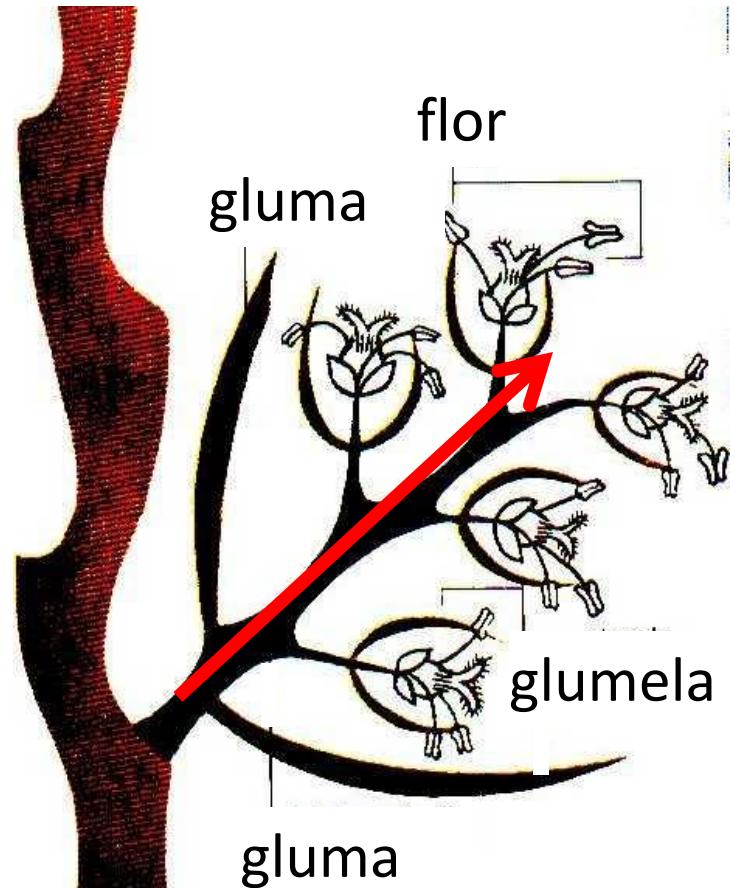
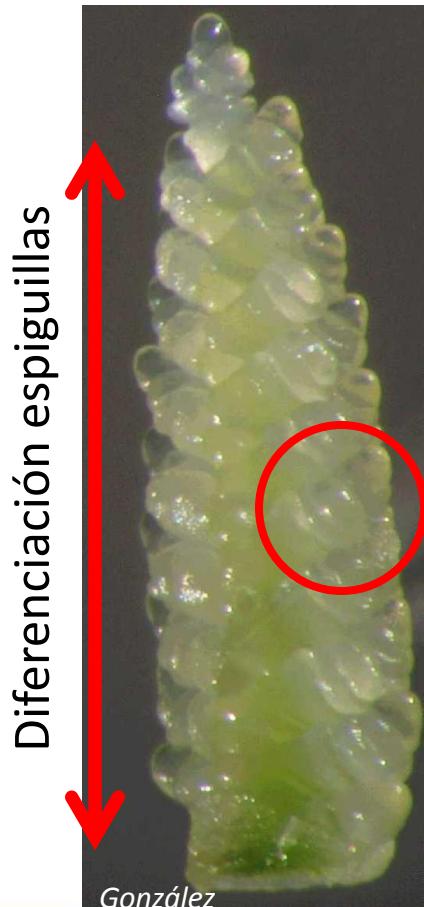




Diferenciación floral

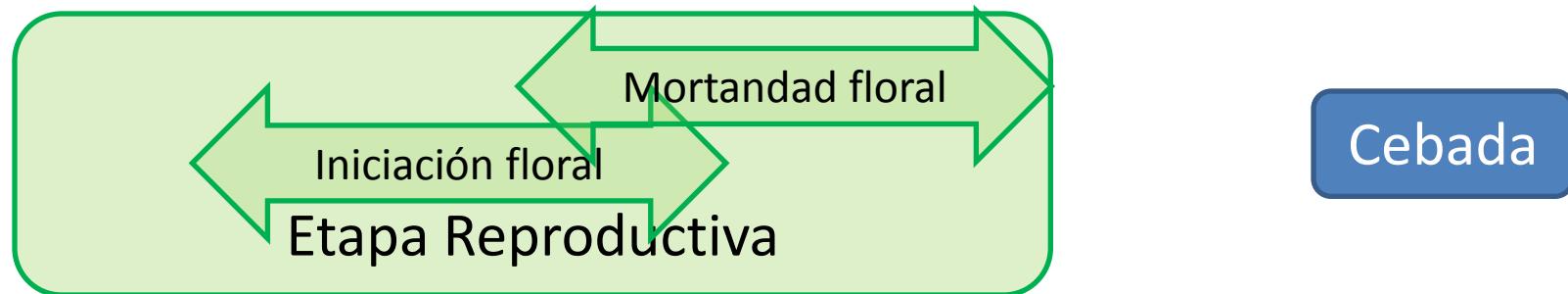


Trigo

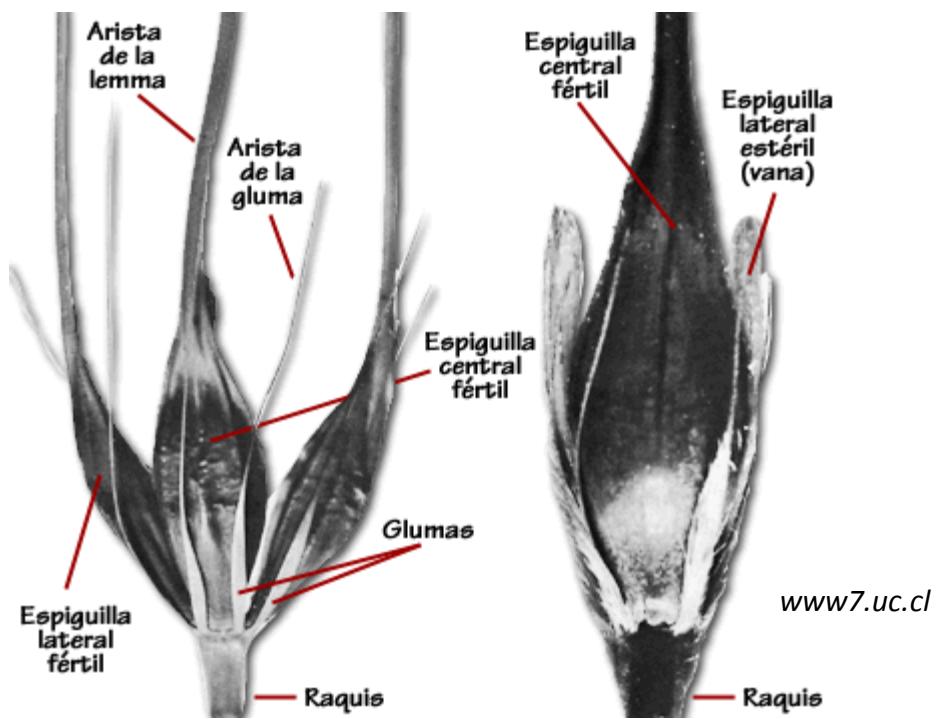
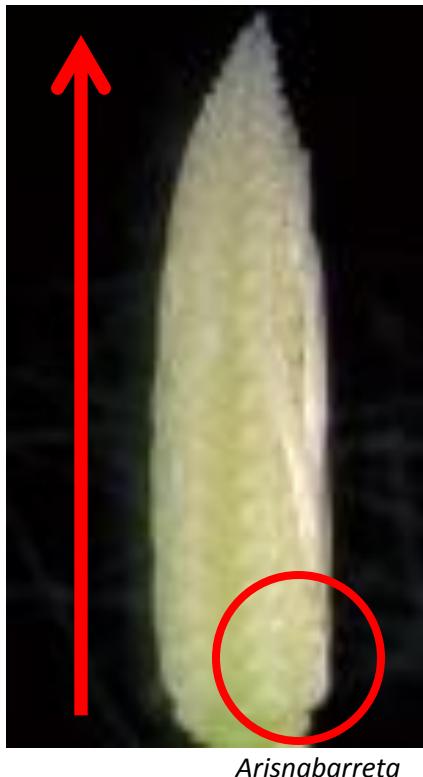




Diferenciación floral



Diferenciación espiguillas



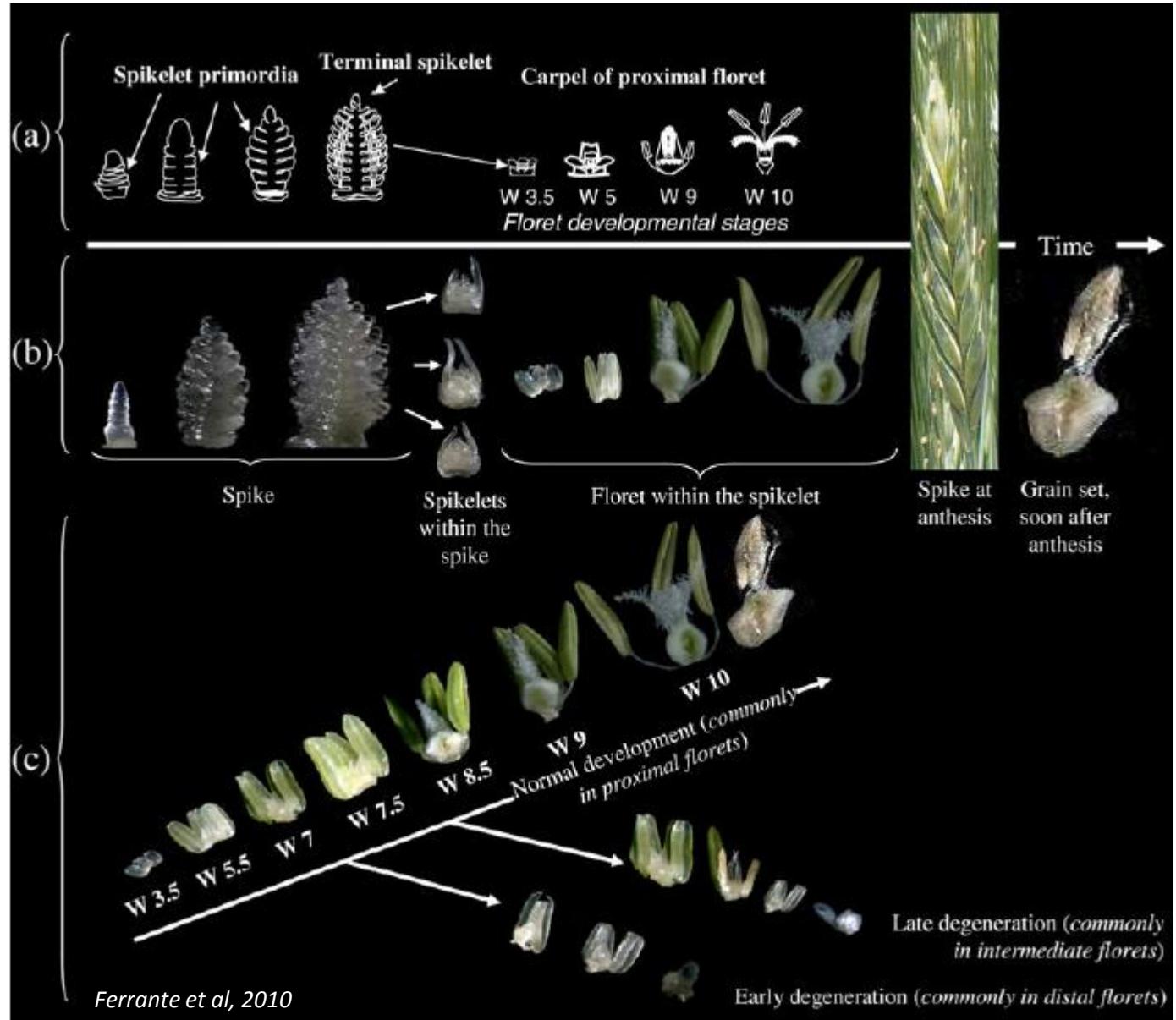
Forrajera (6 hileras)

Cervecera (2 hileras)



Ciclo ontogénico

Trigo





Ciclo ontogénico

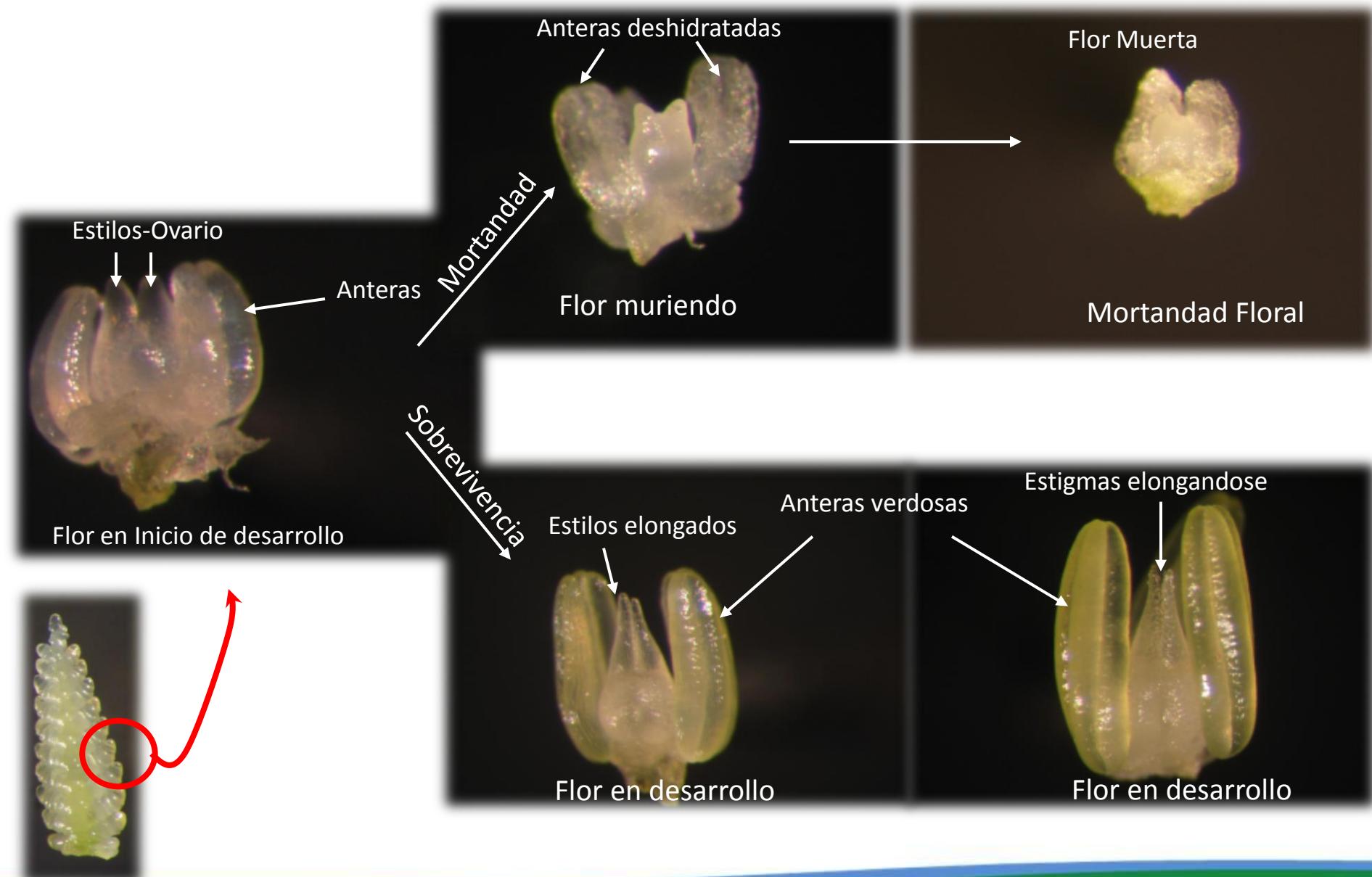
Cebada



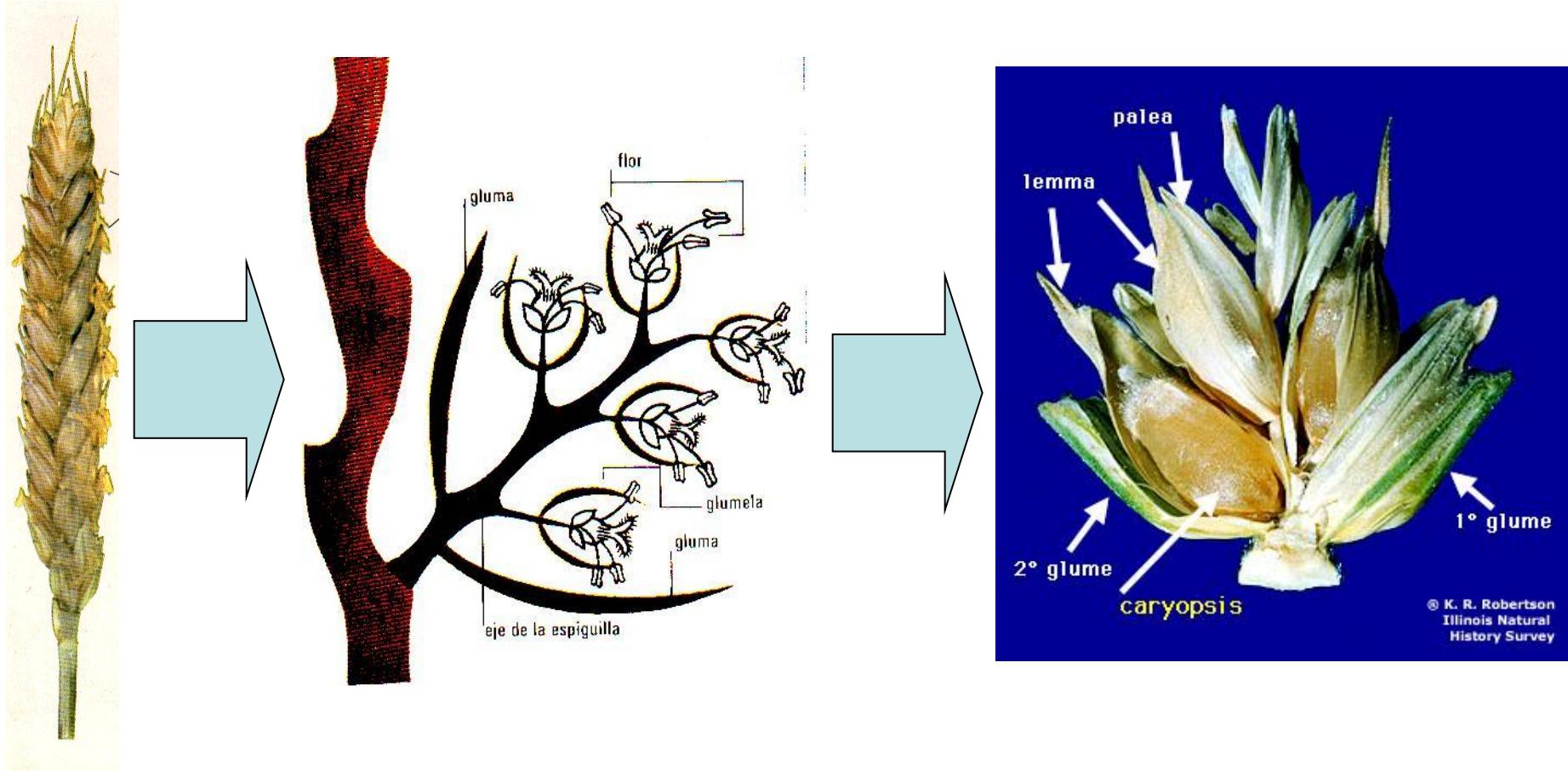
aparición del primordio de carpelo ($W_{4.5}$), canal de estílocerrándose ($W_{5.5}$), canal de estílo casi cerrado (W_6), estílo elongándose (W_7), estílo y ramificaciones del estigma elongándose (W_8), estílo y ramificaciones del estigma expandiéndose (W_9), polinización (W_{10}). Las letras dentro de las figuras indican, primordio foliar (H), doble lomo (DL), primordio de lemma (L), primordio de espiguilla (E), primordio de arista (Ar), primordio de antera (A), ovario con las paredes del carpelo aún abiertas (O), y granos de polen (P) (Arisnabarreta, 2008).



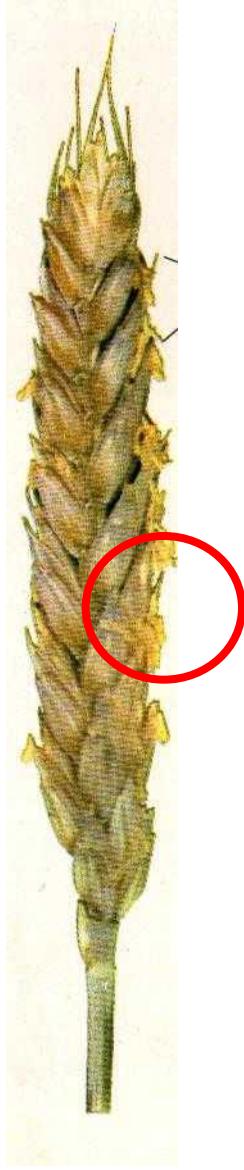
Desarrollo floral



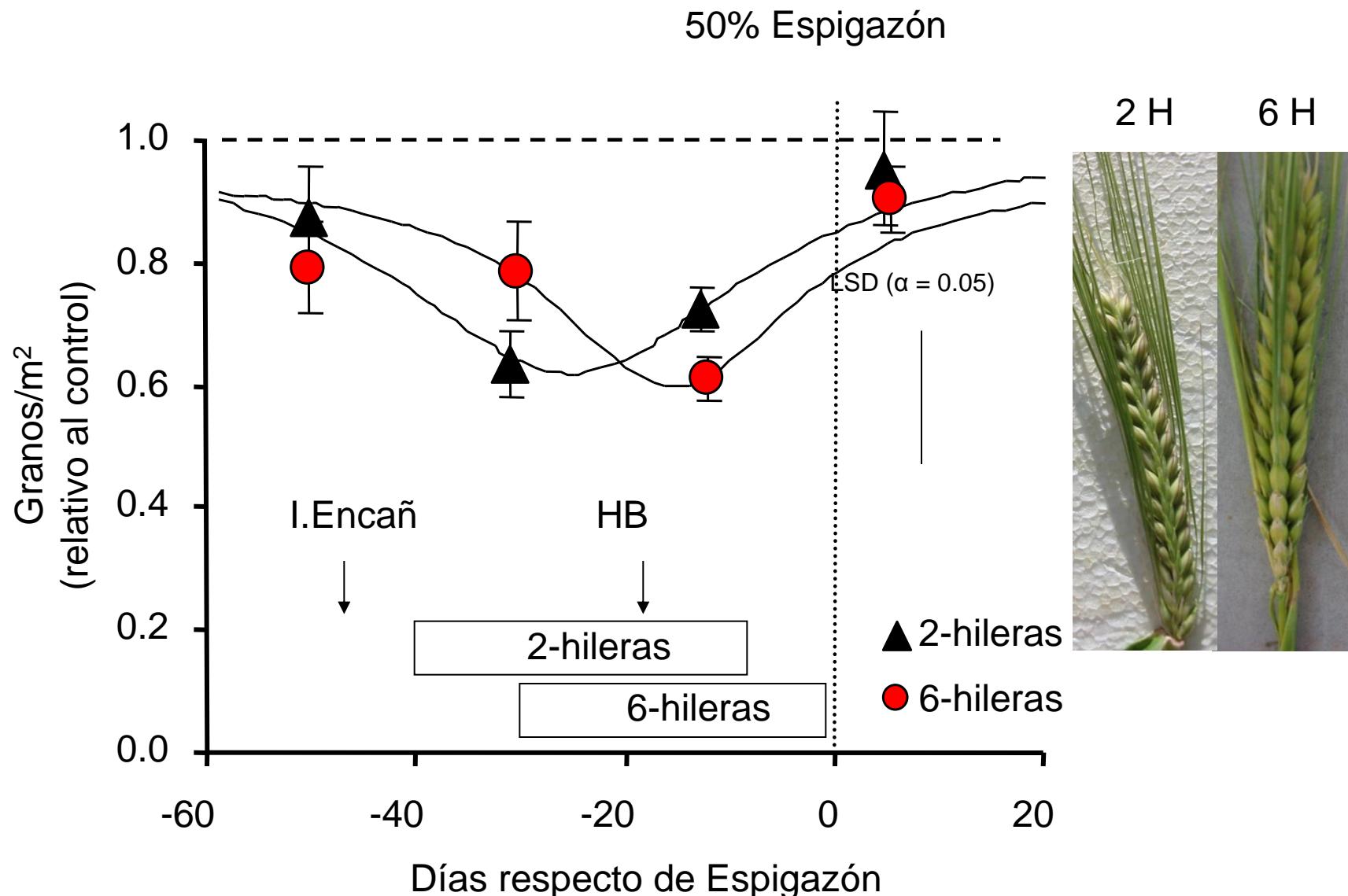
Floración: Flores fertiles y cuaje de granos

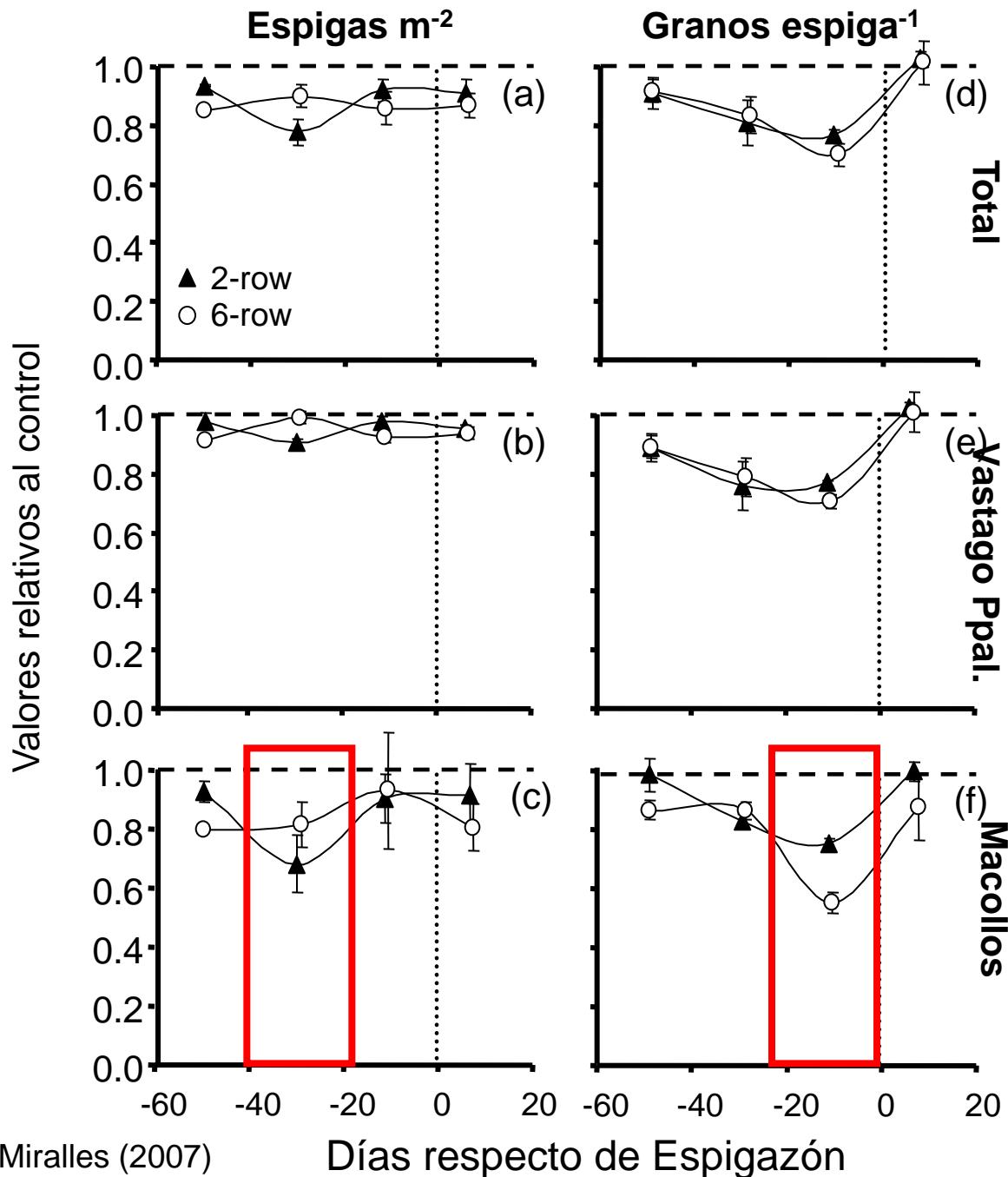


Floracion y antesis : Diferencias entre especies

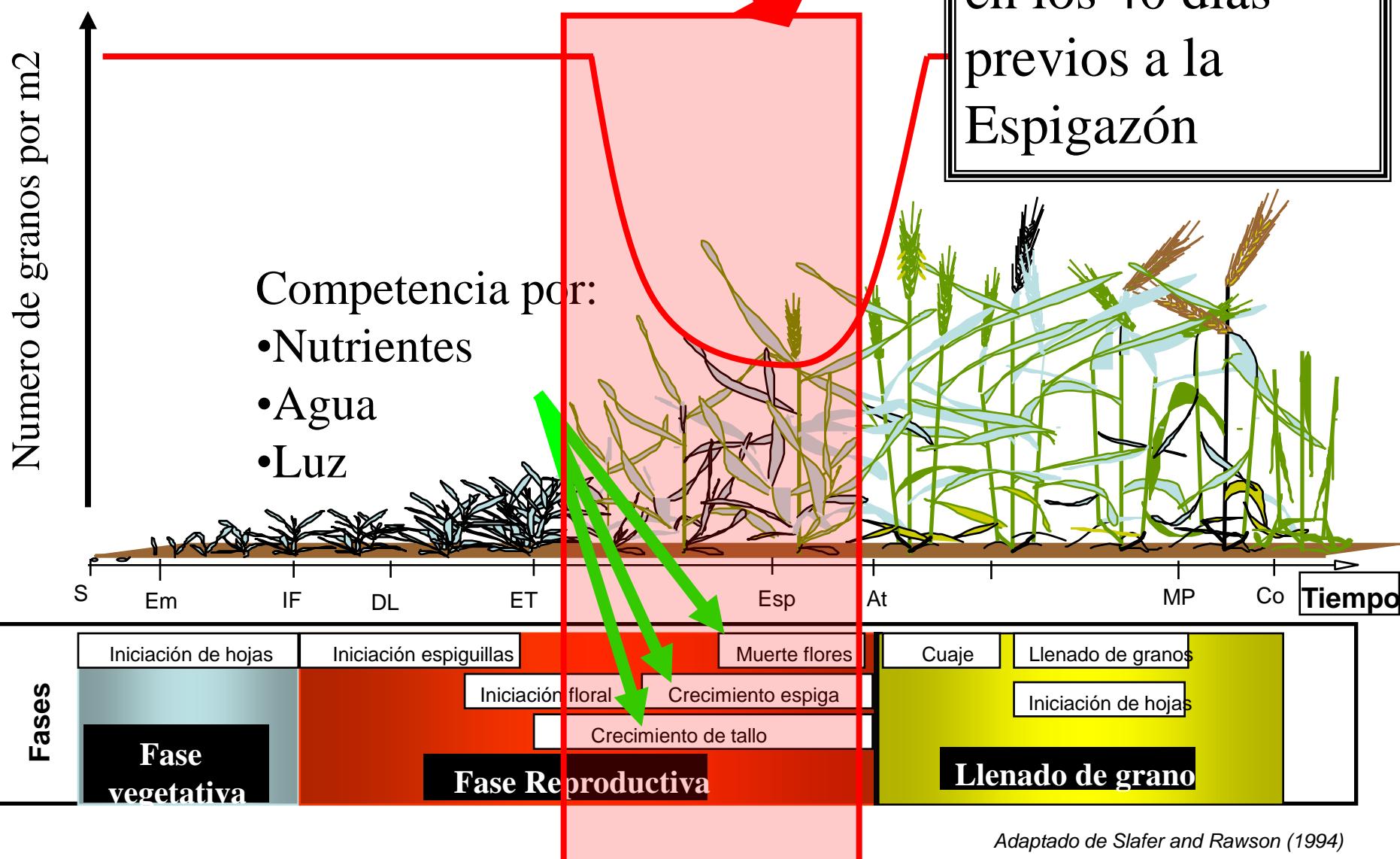


Periodo Crítico

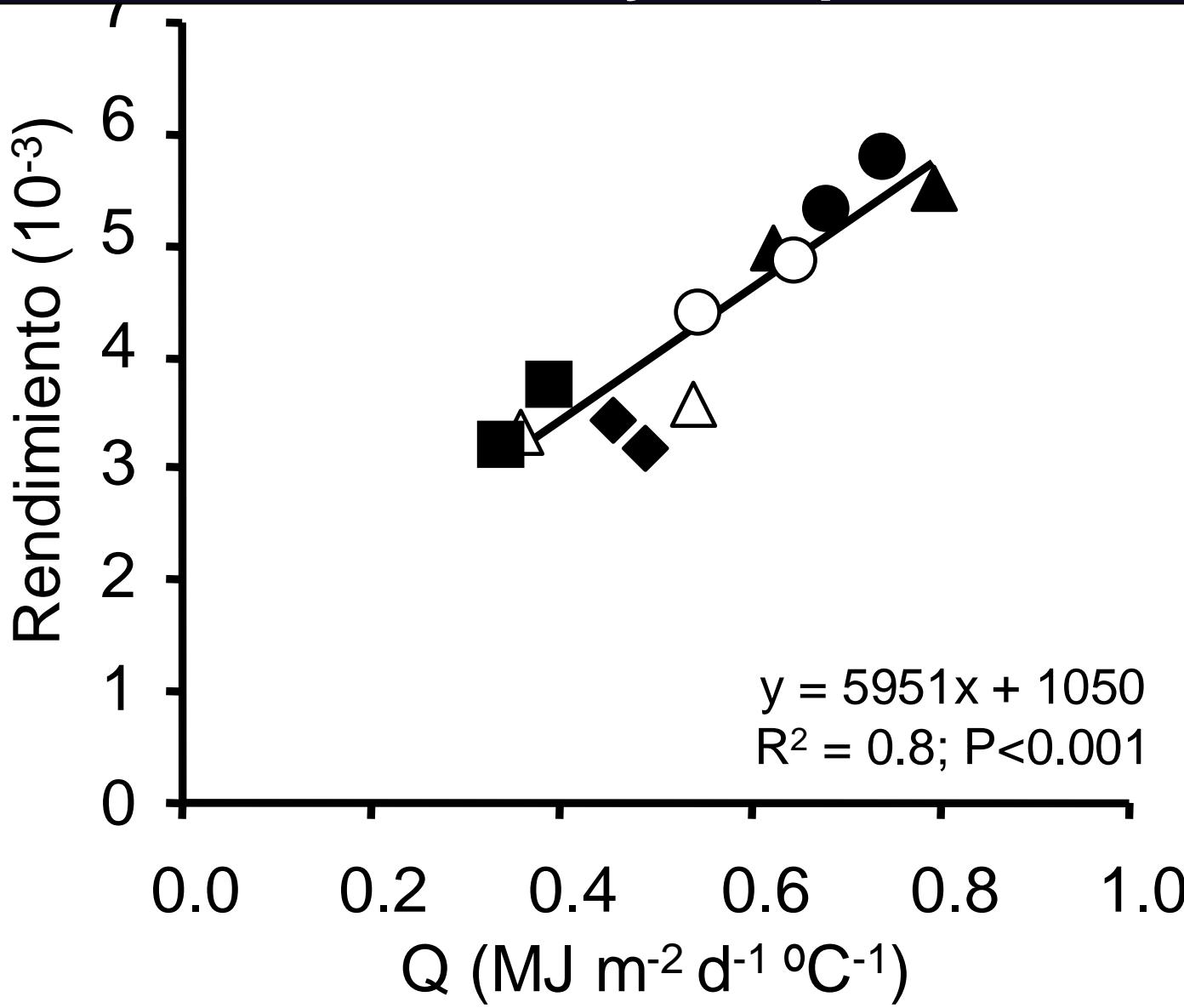




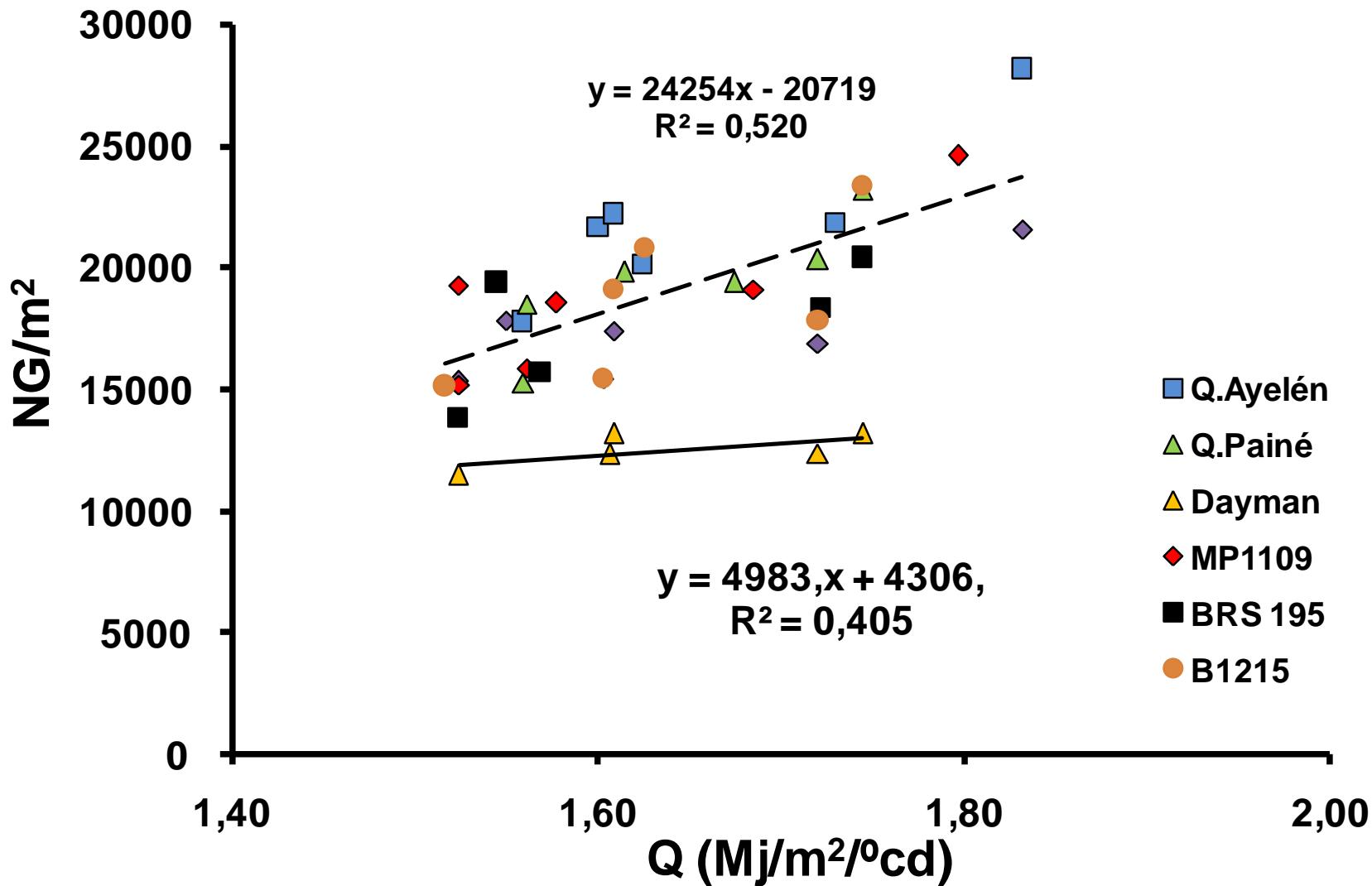
Periodo Crítico



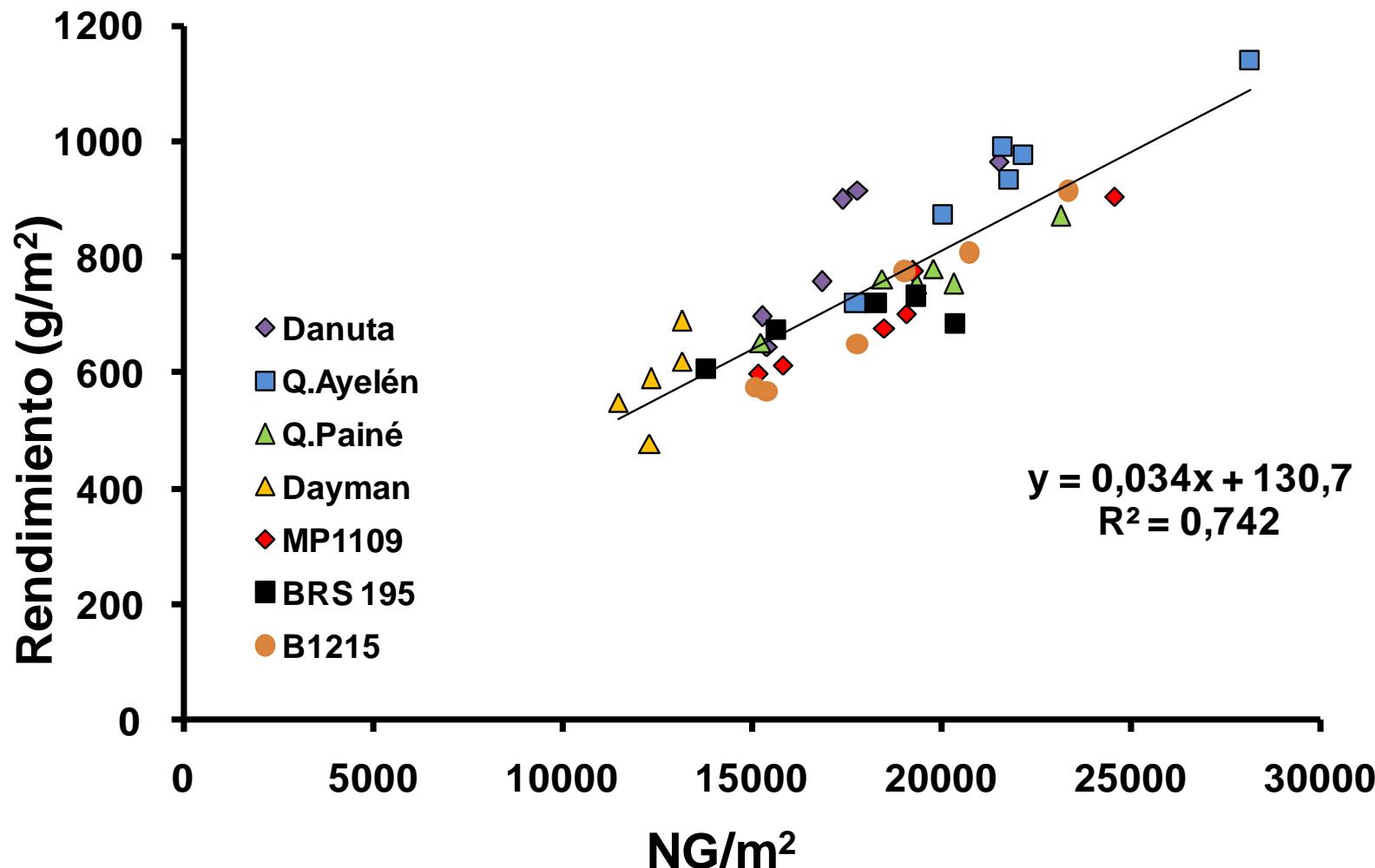
Rendimiento y Componentes



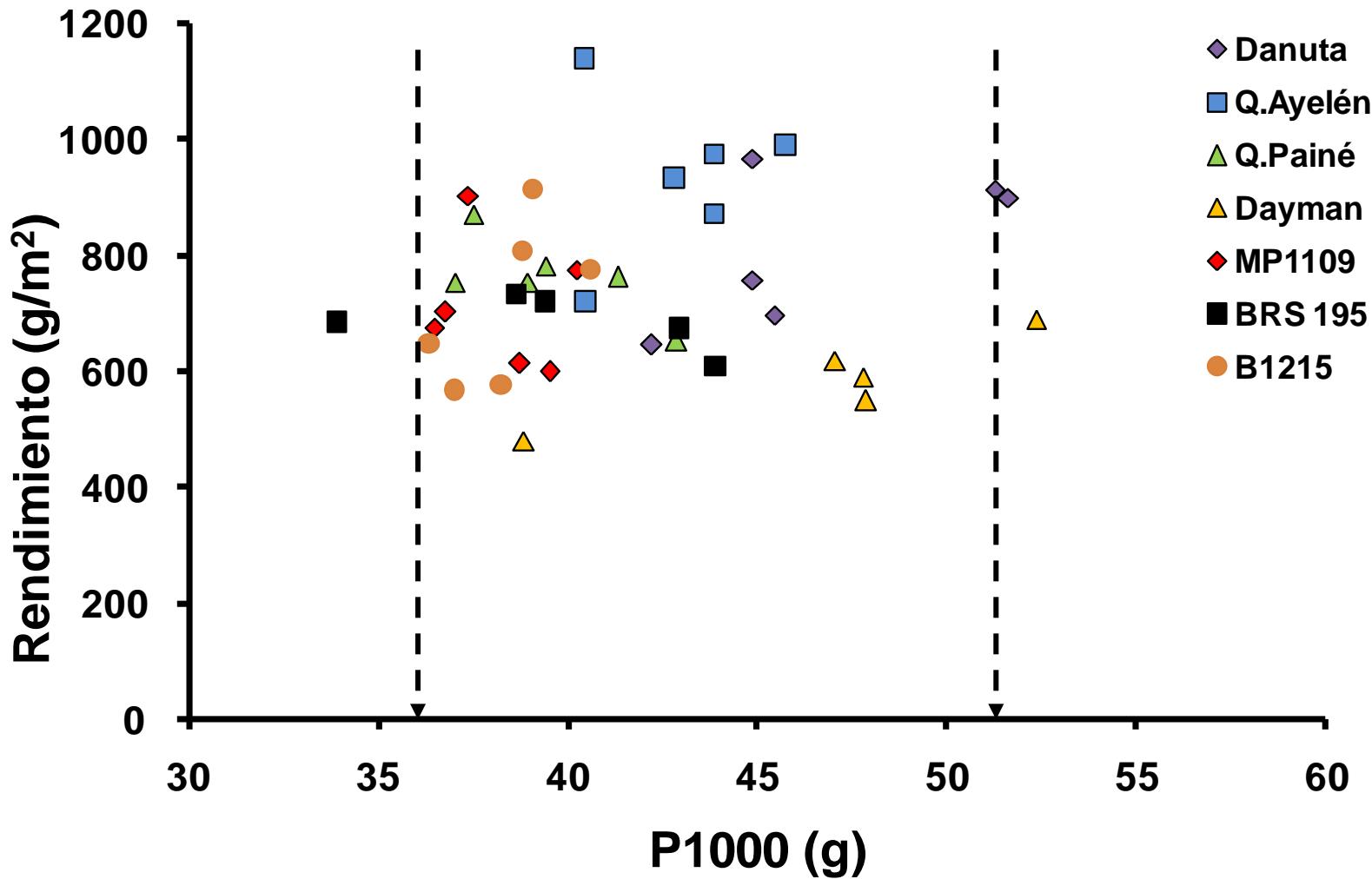
Rendimiento y Componentes



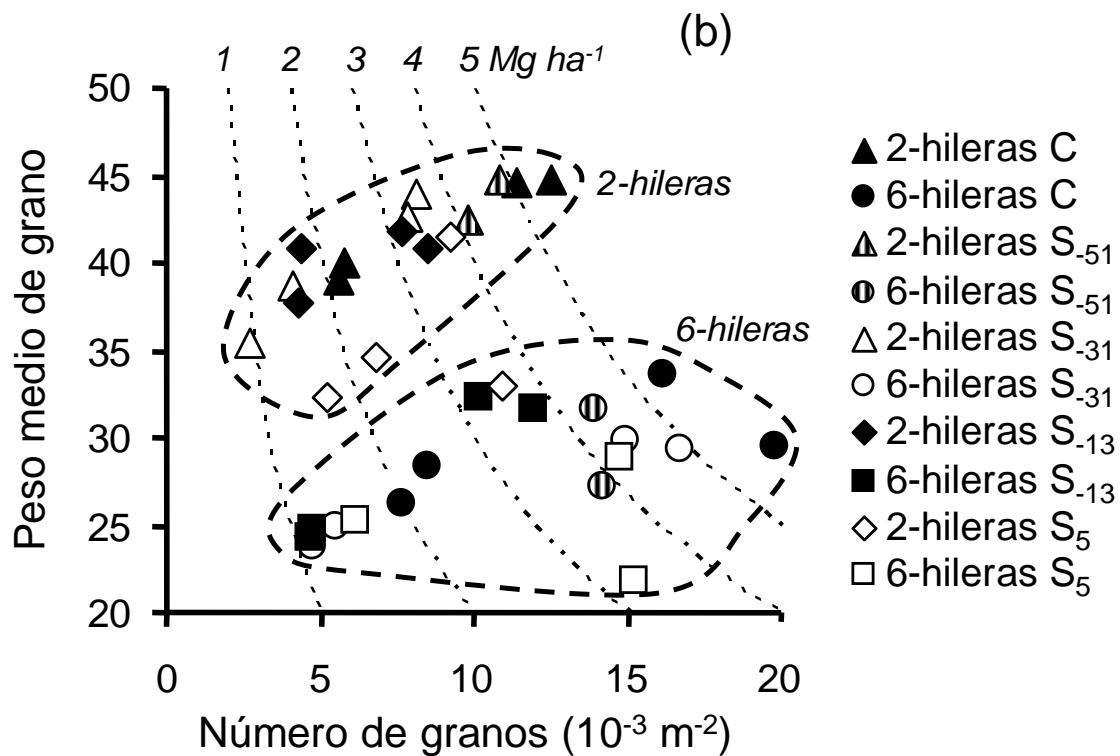
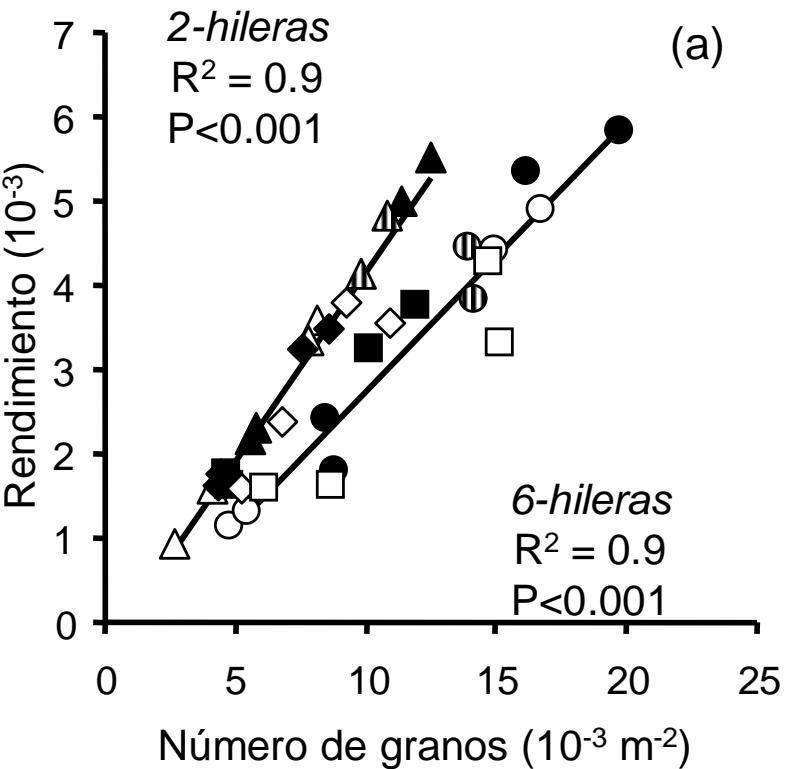
Rendimiento y Componentes



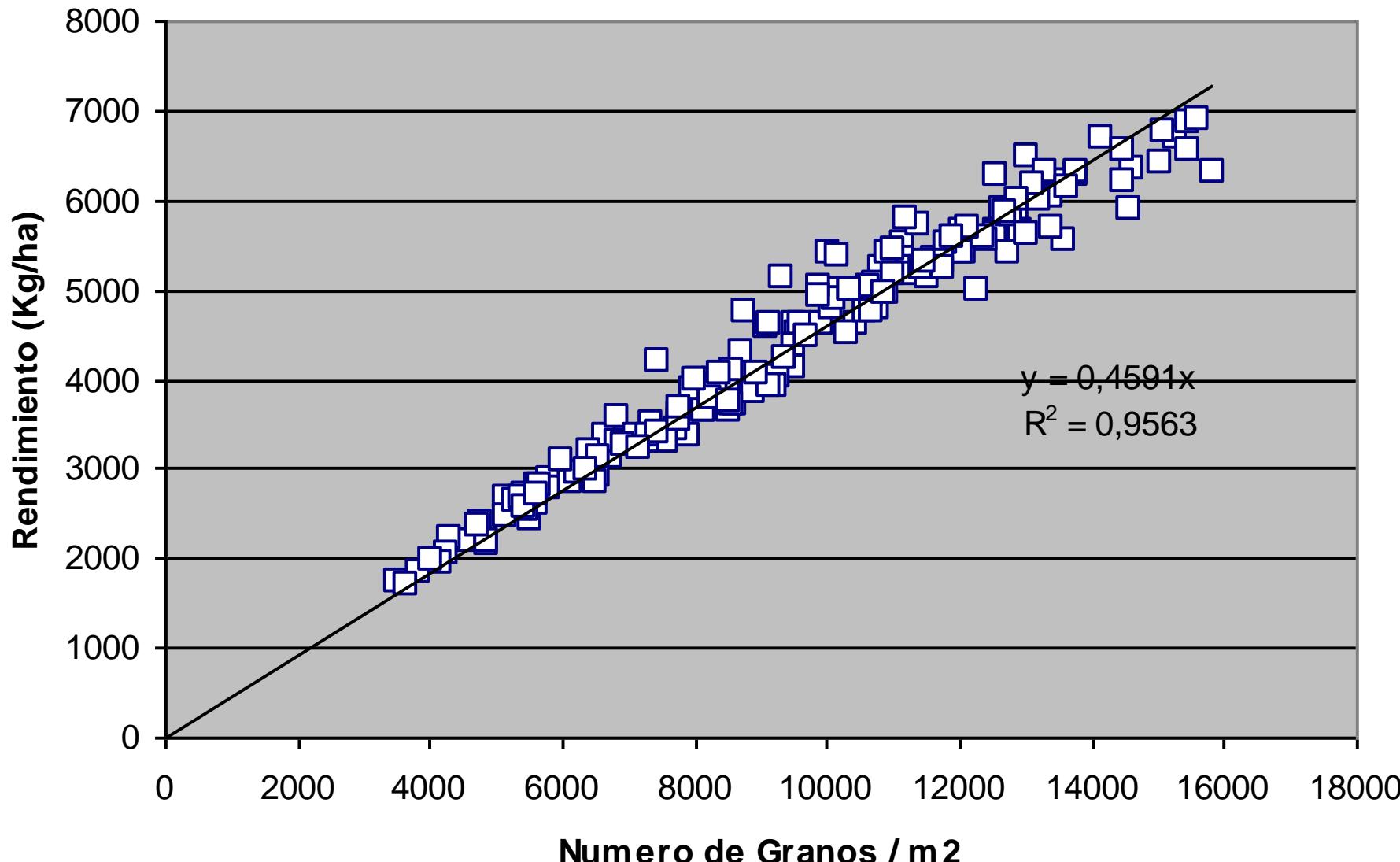
Rendimiento y Componentes



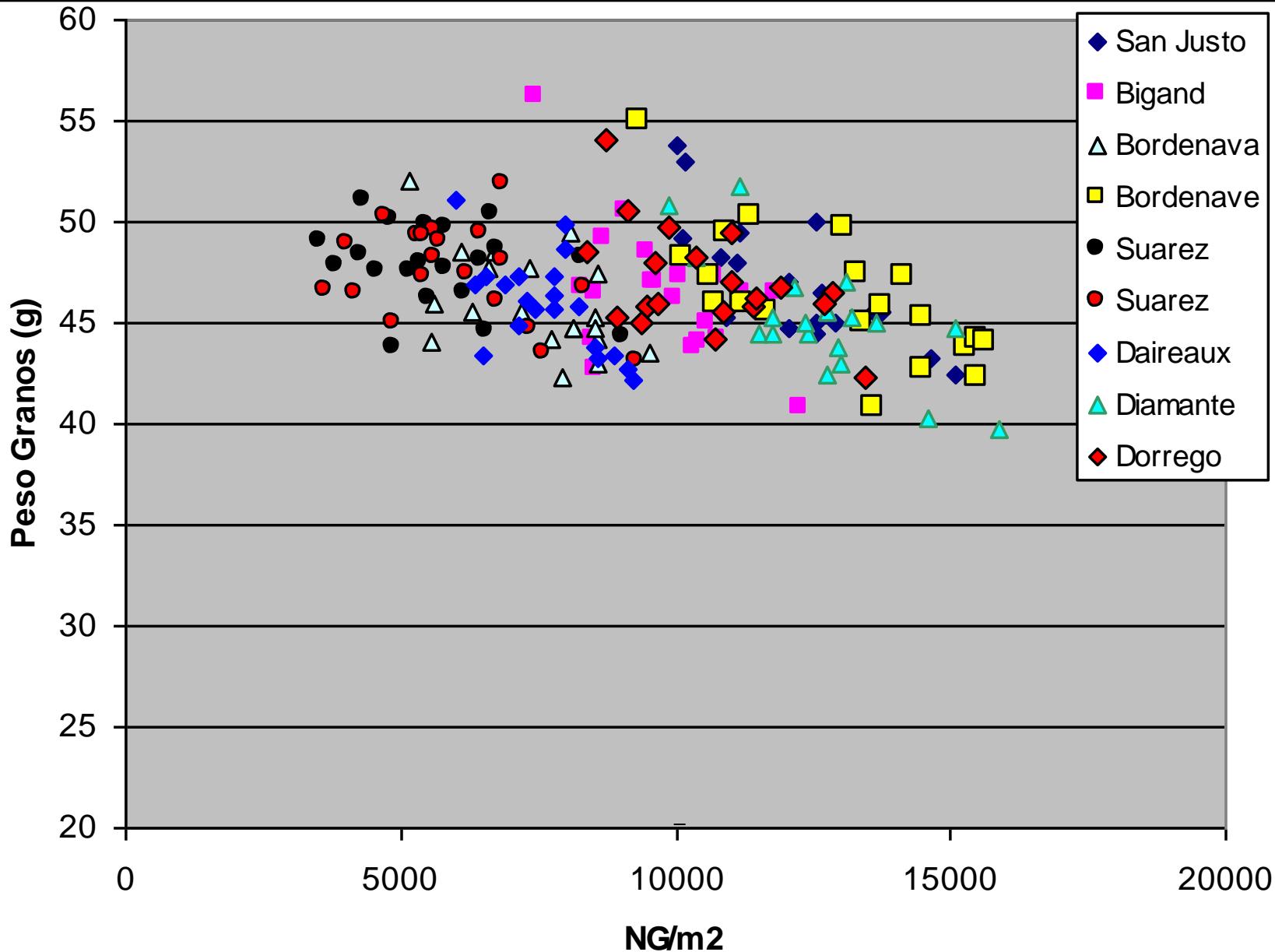
Rendimiento y Componentes



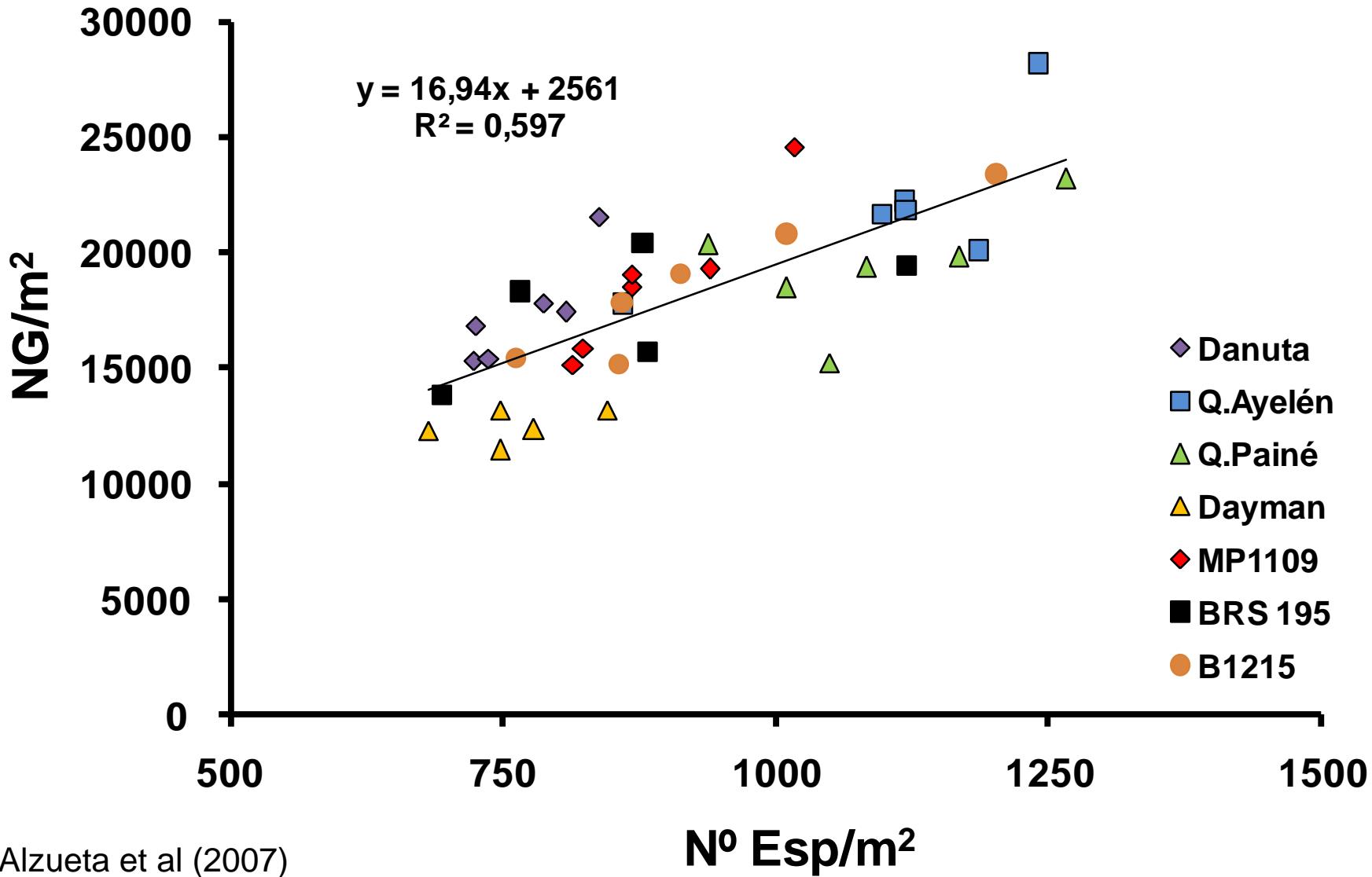
Rendimiento y Componentes Cebada RET 2007/08



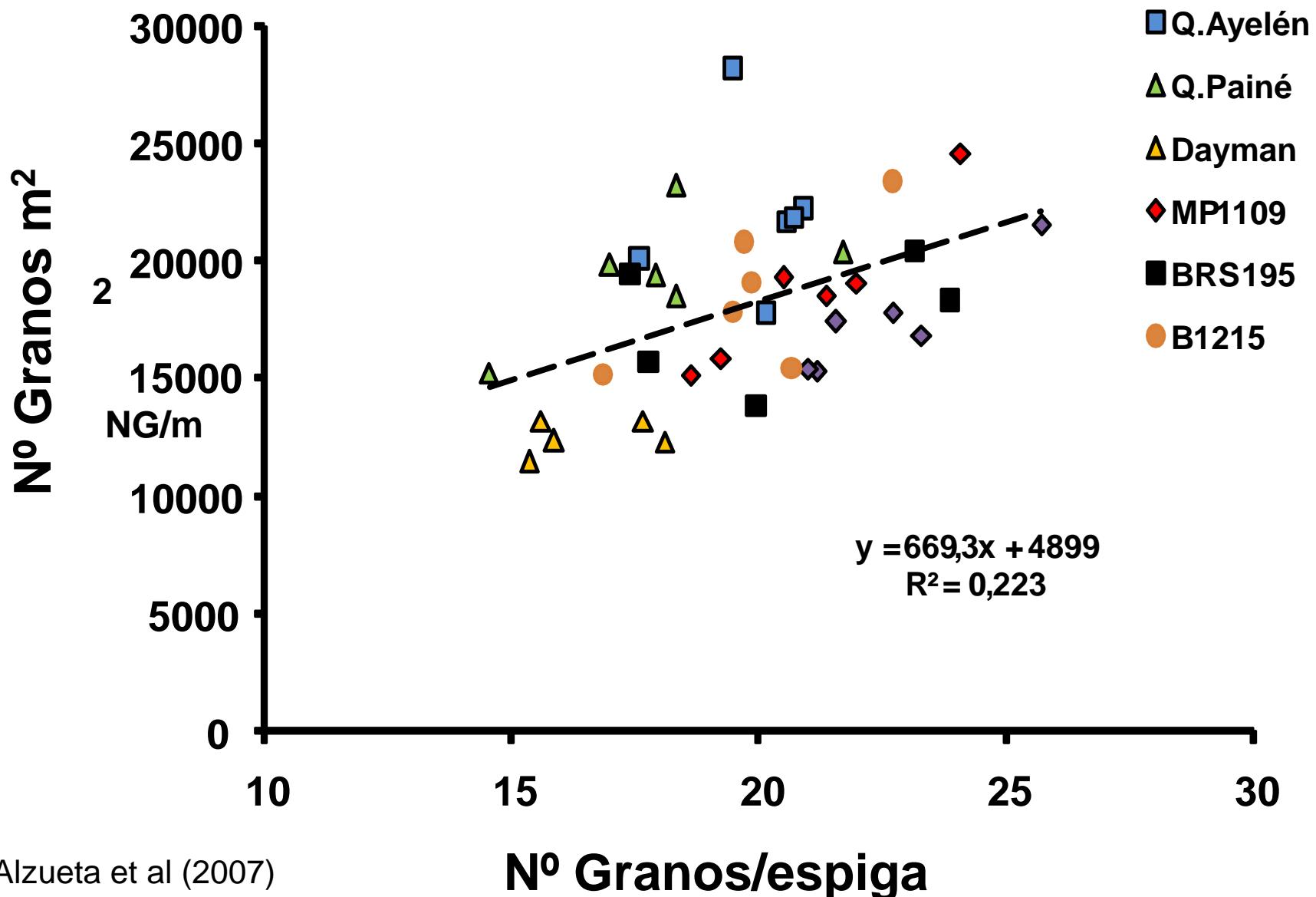
Rendimiento y Componentes: Cebada



Rendimiento y Componentes

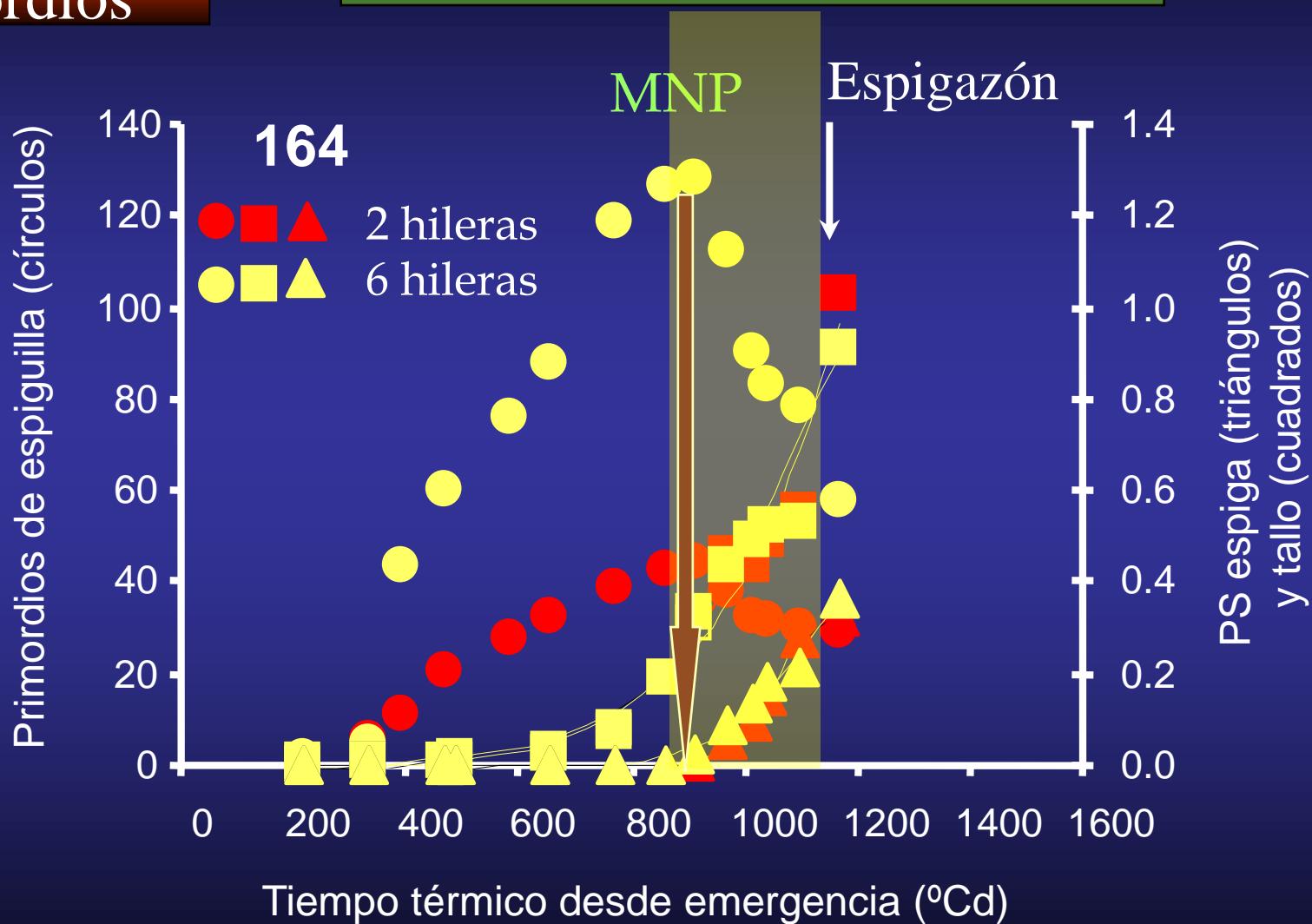


Rendimiento y Componentes

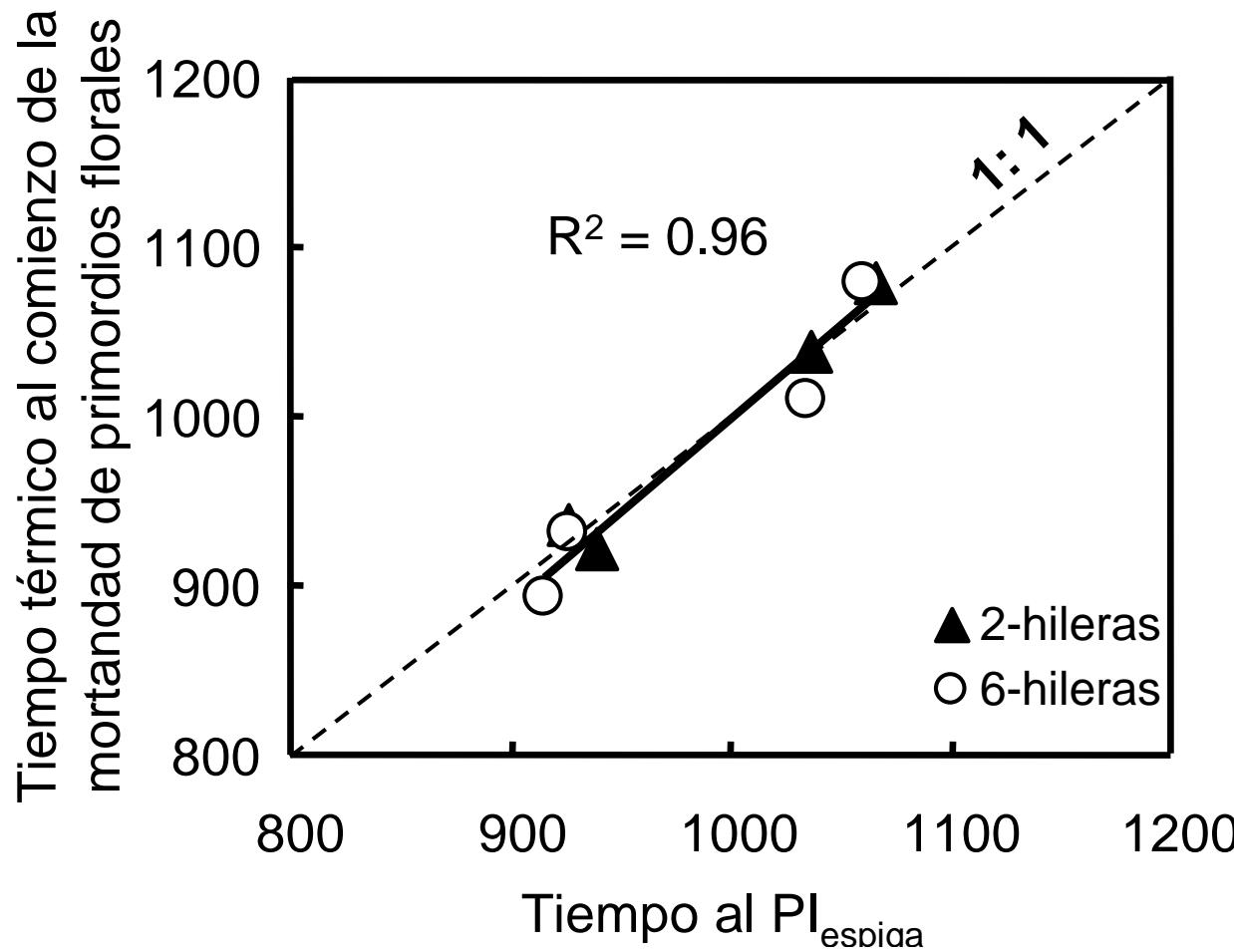


Máximo número de primordios

La mortandad de los primordios de espiguilla ocurre cuando crece activamente la espiga y el tallo



Mortandad de Primordios y crecimiento de la espiga

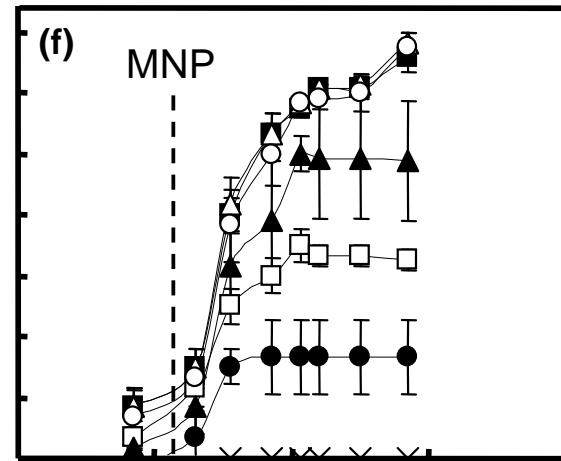
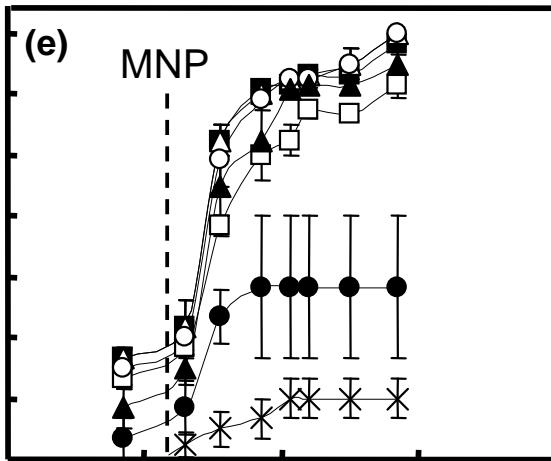
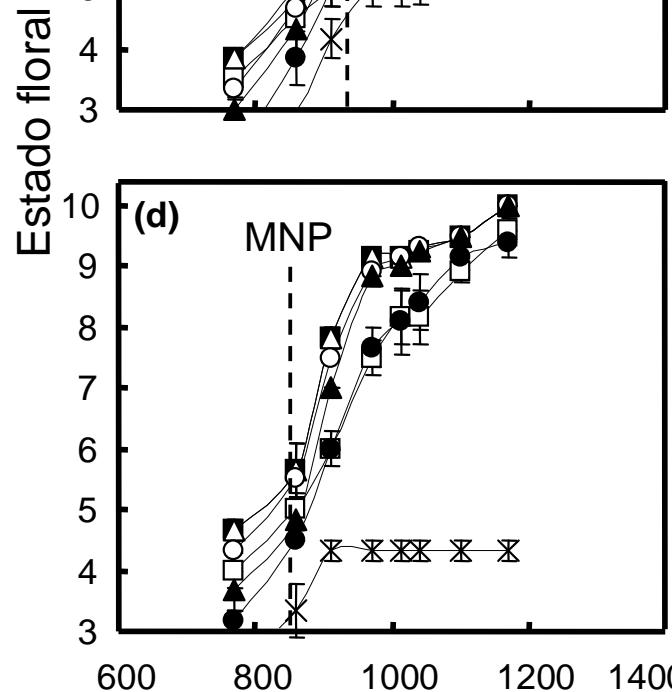
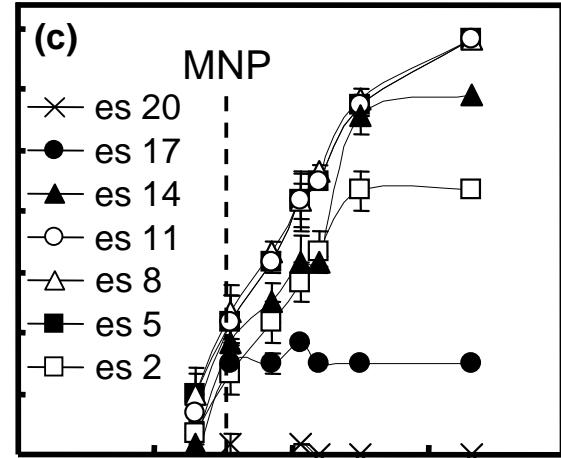
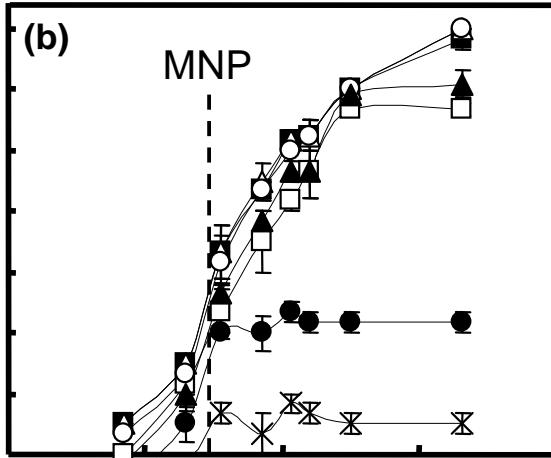
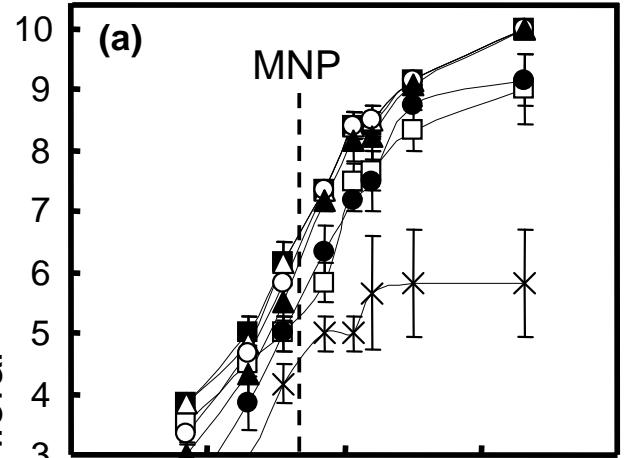


Espiguillas Centrales

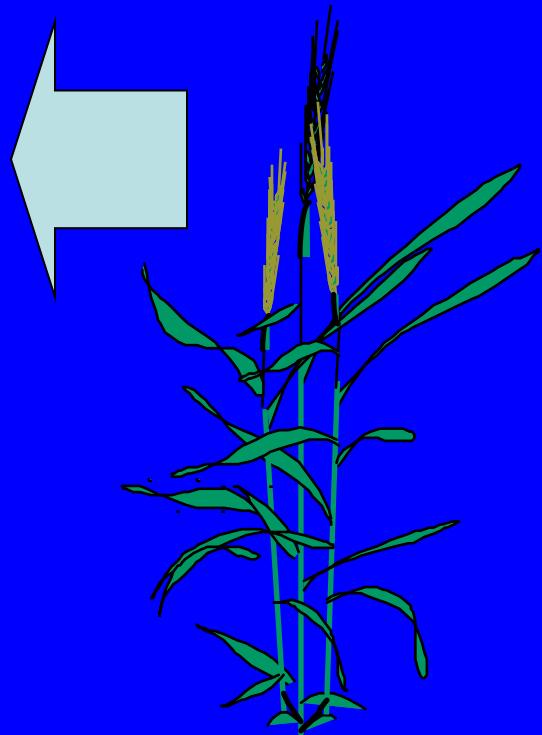
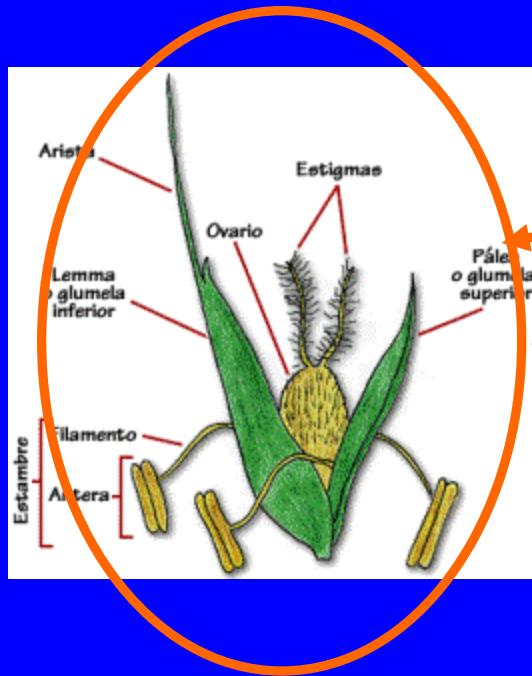
N1

N0

Espiguillas Laterales



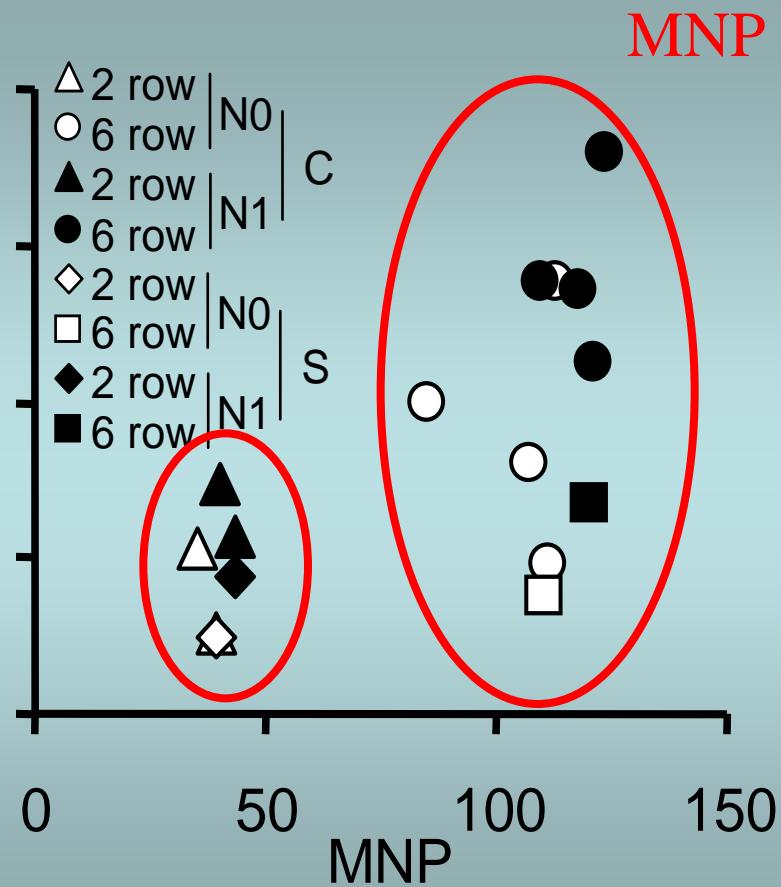
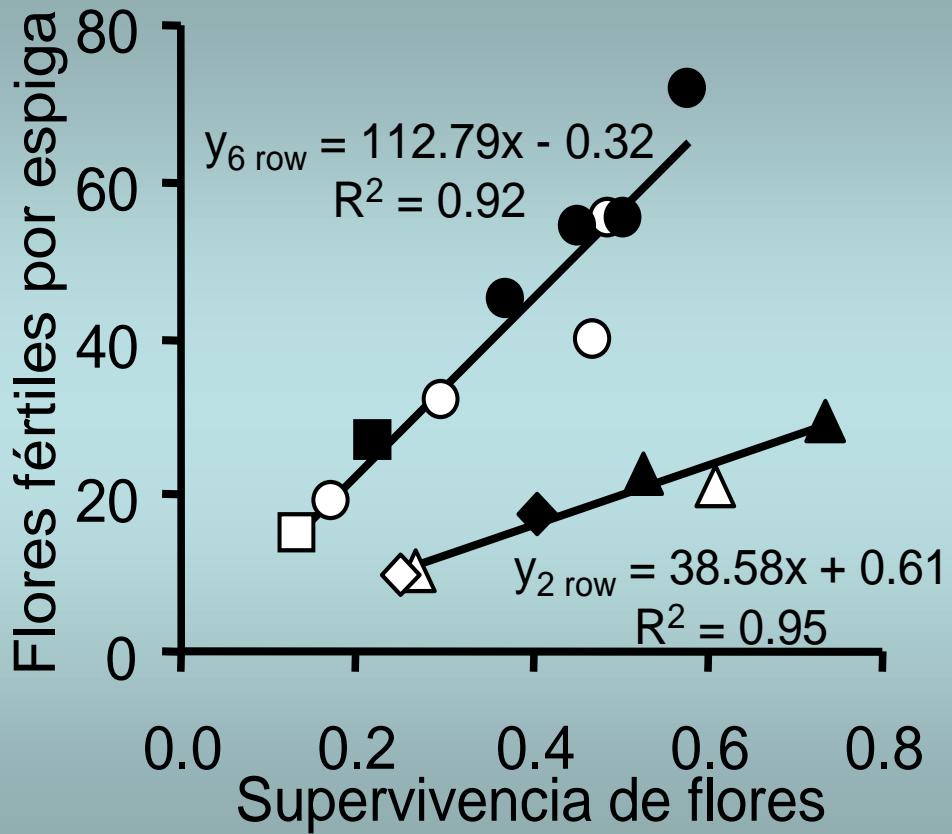
MAYOR NUMERO DE GRANOS: La clave es la supervivencia de las flores.



MNP

Solo alcanzan el estado de flor fértil entre el 40-70 % de los primordios iniciados.
El cuaje de las flores fértils logradas a granos es de entre el 70 y 90%

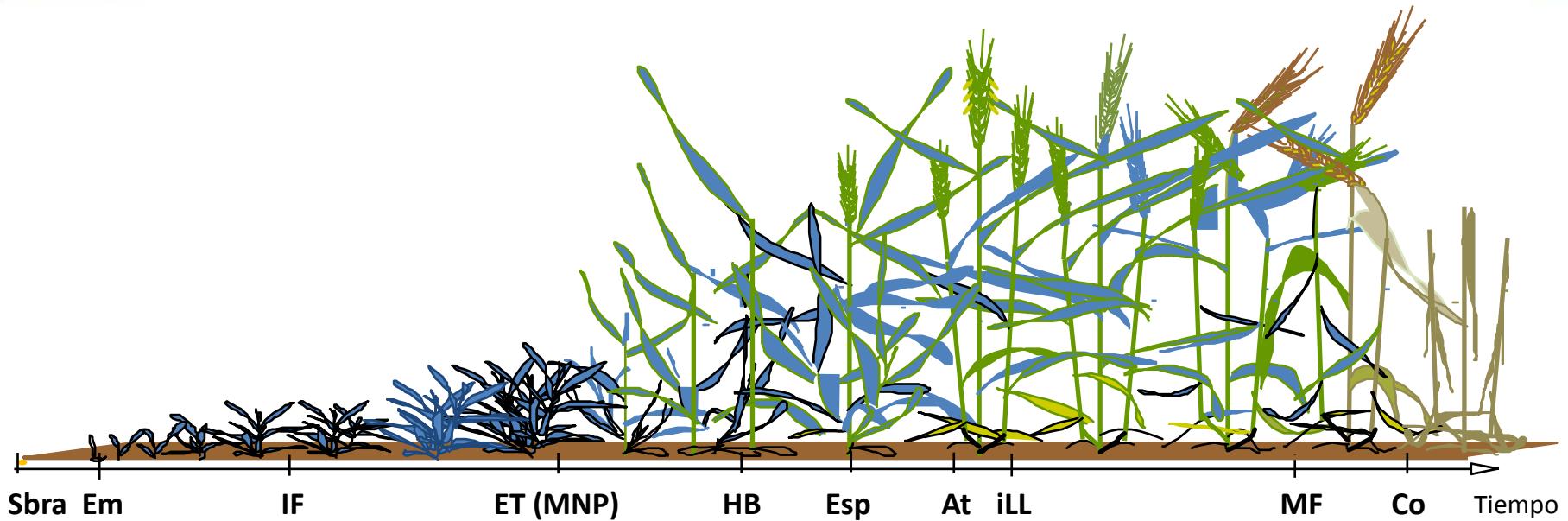
MAYOR NUMERO DE GRANOS: La clave es la supervivencia de las flores.



A mayor supervivencia de flores, mayor número de flores fértiles.
Cambios en el MNP, no modifican las flores fértiles por espiga



Ciclo ontogénico



Adaptado de Slafer & Rawson ,1994

Llenado de Granos/Cosecha

Cuaje	Llenado
Iniciación foliar	
Llenado de granos	

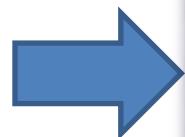
Llenado de granos/Cosecha

Antesis (Espigazón) - Madurez fisiológica

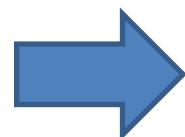
Crecimiento de los granos y aceleración progresiva de la senescencia foliar.



Antesis(DC6.5)



Cuaje(DC7.0)



Grano lechoso(DC7.x)



Grano maduro(DC9.x)



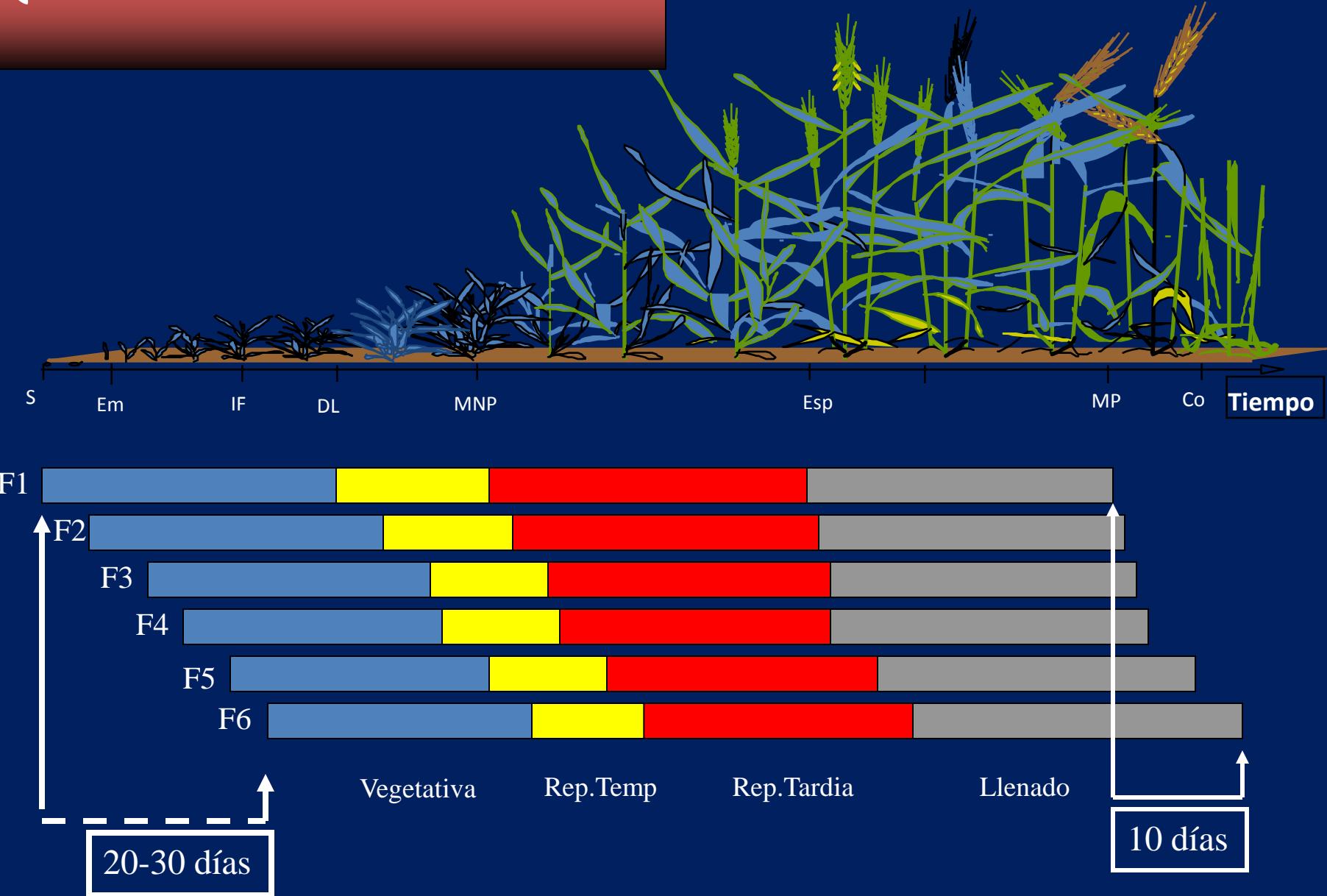
Grano pastoso(DC8.x)



La fenología como condicionante del rendimiento

Elección de Fecha de siembra

¿Qué ocurre en las fechas tardías?





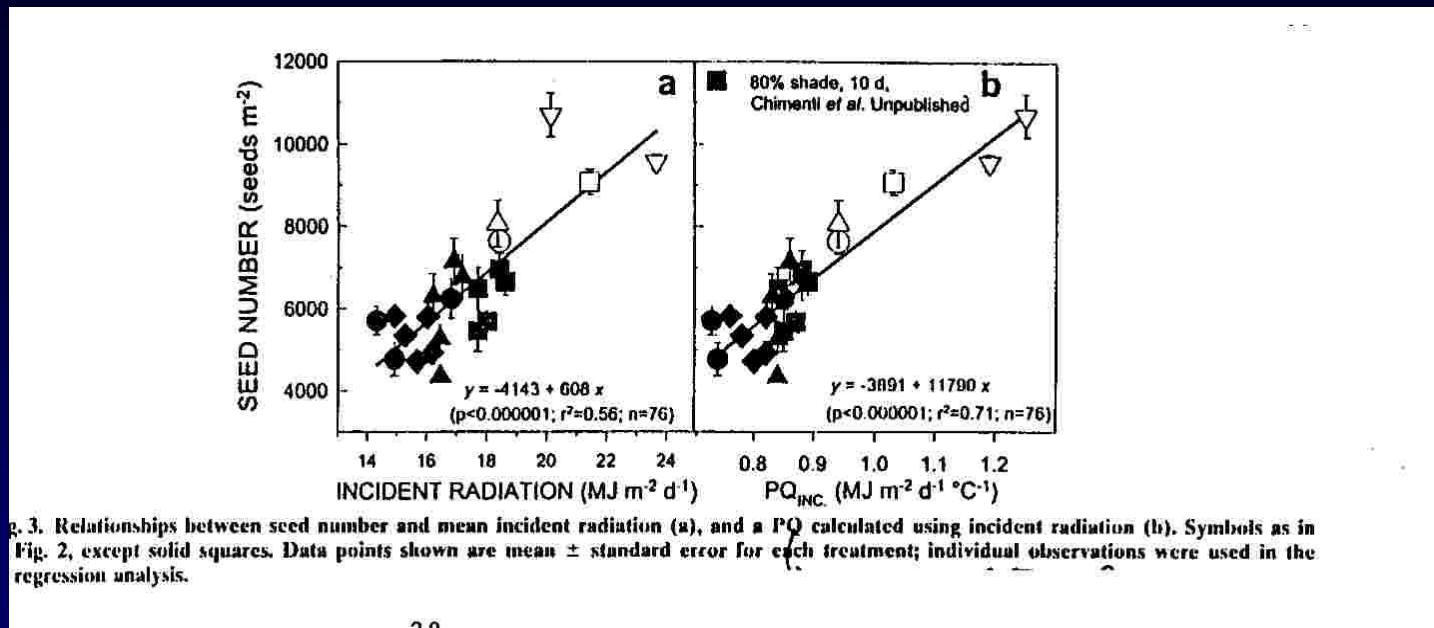


Fig. 3. Relationships between seed number and mean incident radiation (a), and a PQ calculated using incident radiation (b). Symbols as in Fig. 2, except solid squares. Data points shown are mean \pm standard error for each treatment; individual observations were used in the regression analysis.

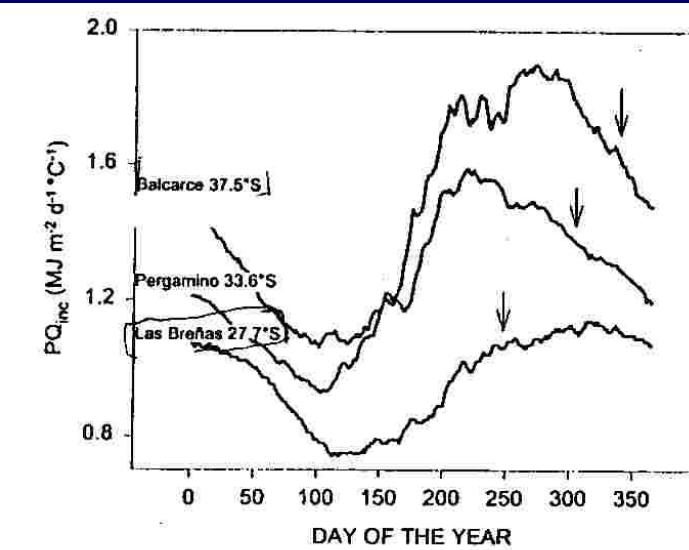
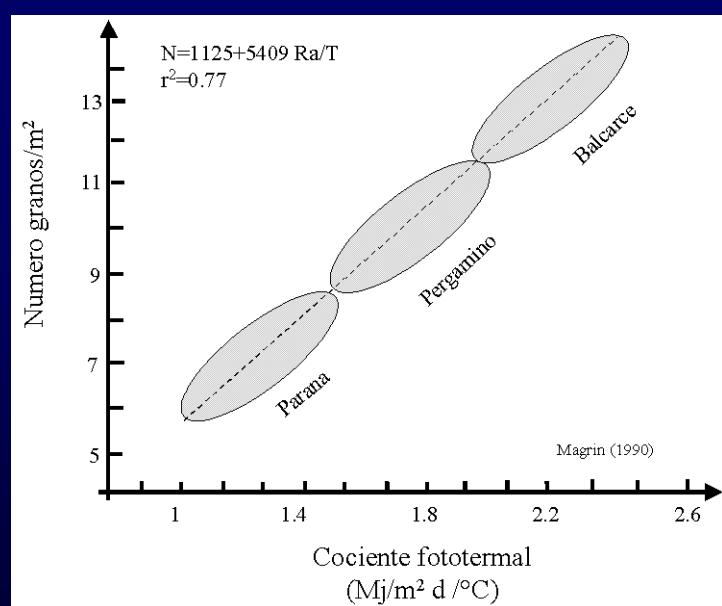
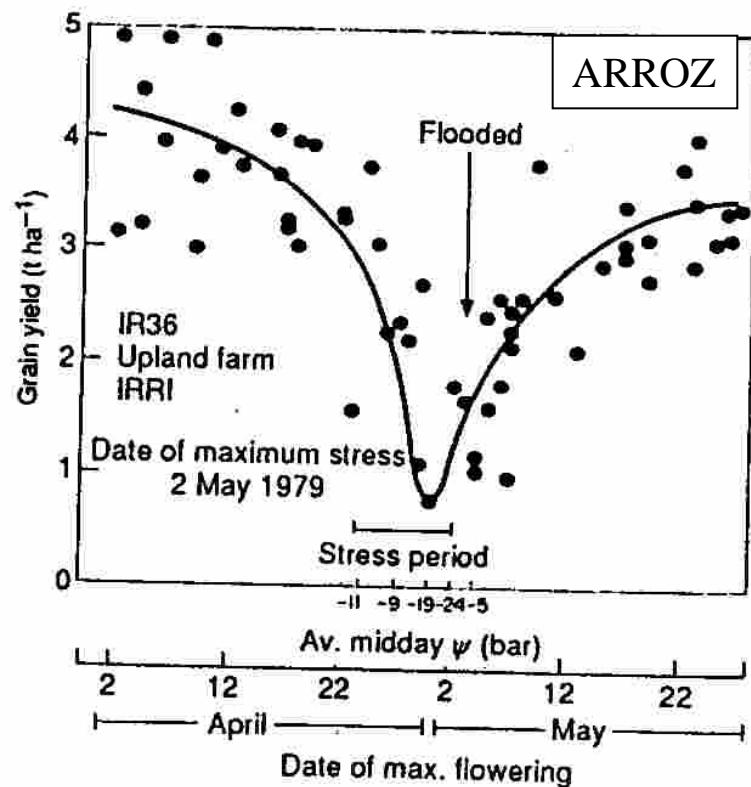


Fig. 5. Dynamics of $PQ_{INC.}$ for 3 sites in Argentina (means of 10 yr). The values of PQ shown were calculated using mean incident radiation and mean temperature for the 30 d before and 20 d after each day of the year. Arrows show the day at which mean temperature of the critical period becomes greater or equal to $18^\circ C$, the start of the optimal temperature plateau for photosynthesis in sunflower (Warren Wilson, 1966; Horie, 1977; Paul et al., 1990; Paul et al., 1991).



Número de granos
(% respecto del testigo sin sombra)

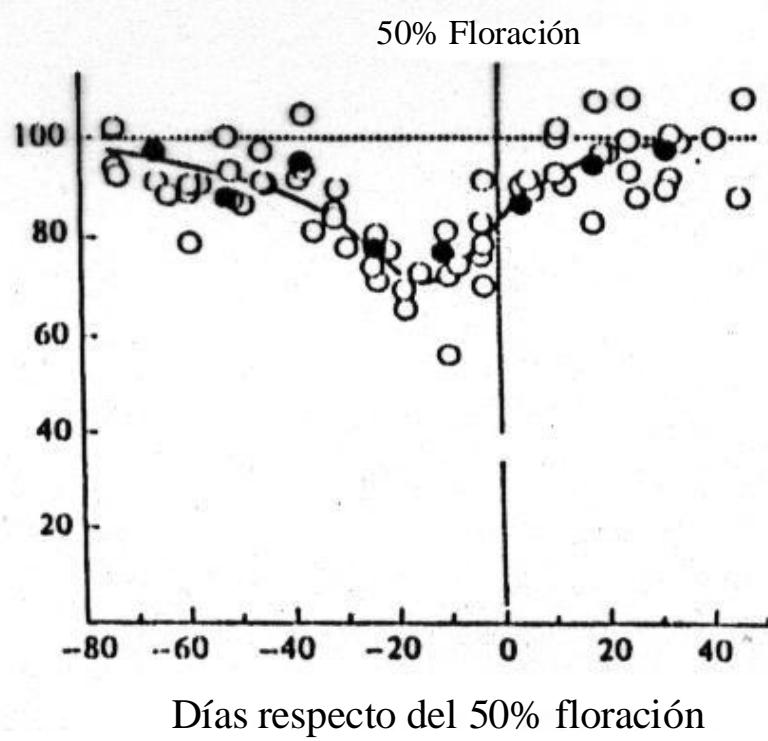
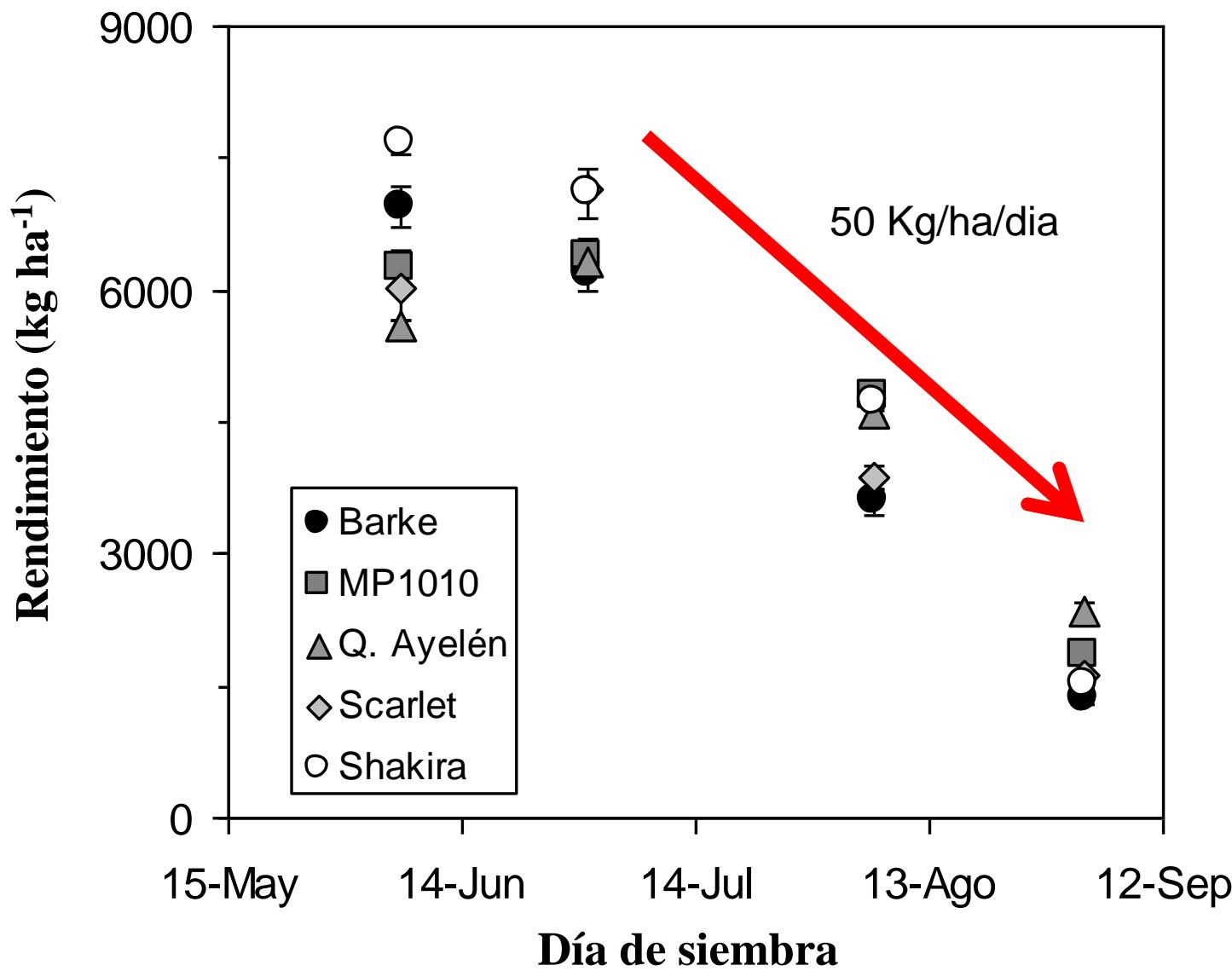


Figure 4.11. Effect on the yield of IR36 rice of the timing of a period of water stress in relation to the time of flowering as shifted by planting date (O'Toole, 1982). Crops which flowered on 2 April were near to maturity during the stress period, whereas those flowering on 22 May were near to panicle initiation during the stress period.

Reducción en el rendimiento debido a atrasos en la fecha de siembra



Control ambiental del desarrollo

TEMPERATURA FOTOPERIODO VERNALIZACION

El control del desarrollo depende fuertemente de los efectos de la temperatura el cual es universal actuando a lo largo del ciclo del cultivo.

El fotoperíodo y la vernalización puede afectar el desarrollo en algunas etapas del desarrollo dependiendo de la especie y/o cultivar.

Cálculo del tiempo térmico

Para valores de temperatura entre T_{base} y T_{optima}

$$\text{Tiempo térmico (TT)} : \sum_{\text{dia= i}}^{\text{dia= n}} (T_{diaria} - T_{base})$$

Donde T_{diaria} es temperatura media diaria.

Se requieren tratamientos más complejos para situaciones en que $T > T_{opt}$ ó $T < T_{base}$ durante todo o parte del día.

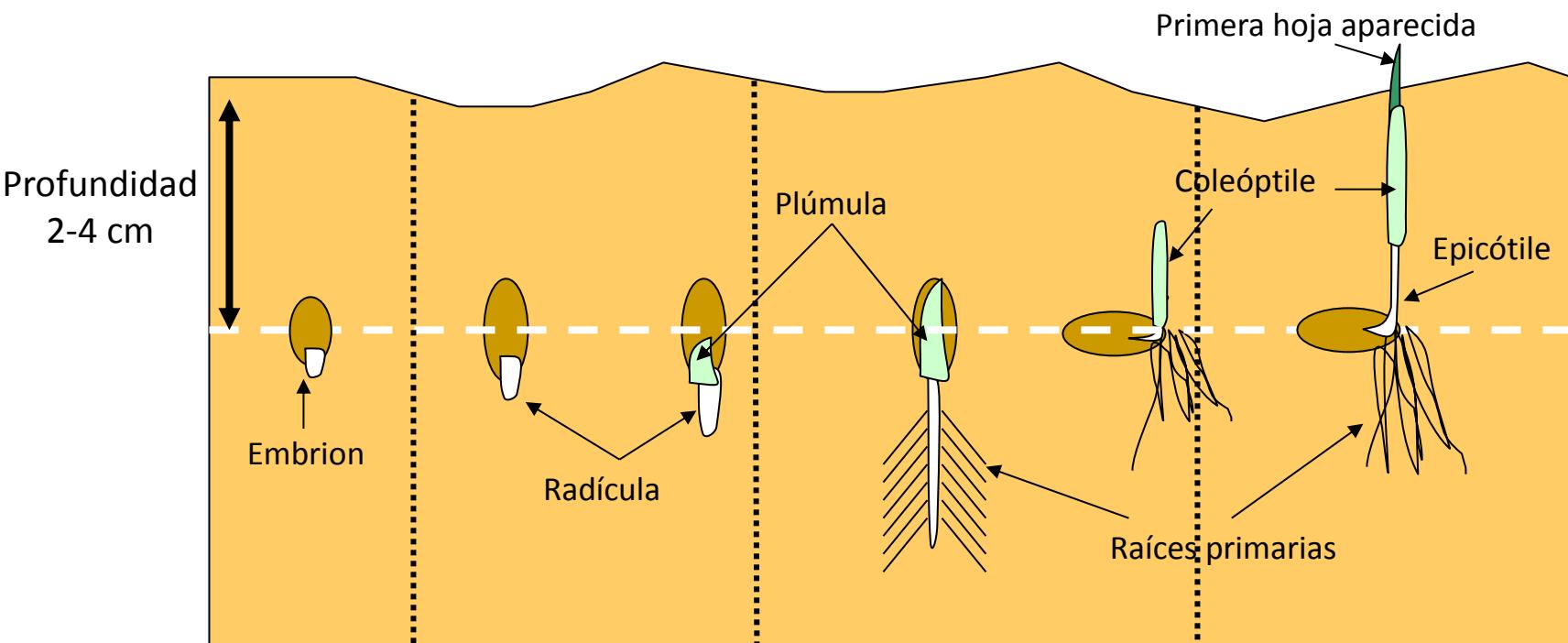
CONSECUENCIA: El uso del TT permite comparar el desarrollo de cultivos que crecen bajo regímenes térmicos diferentes, superando las debilidades inherentes en el uso de tiempo calendario, que no contempla los efectos fisiológicos de la temperatura.



Establecimiento / Macollaje

Siembra - Emergencia

Diferenciación de 2-3 hojas, más 3-4 pre-diferenciadas en el embrión.
Disponibilidad de agua, profundidad de siembra, y temperatura.



Imbibición

Germinación

Emergencia

Sobrevivencia

Modelo de tiempo térmico

Temperatura

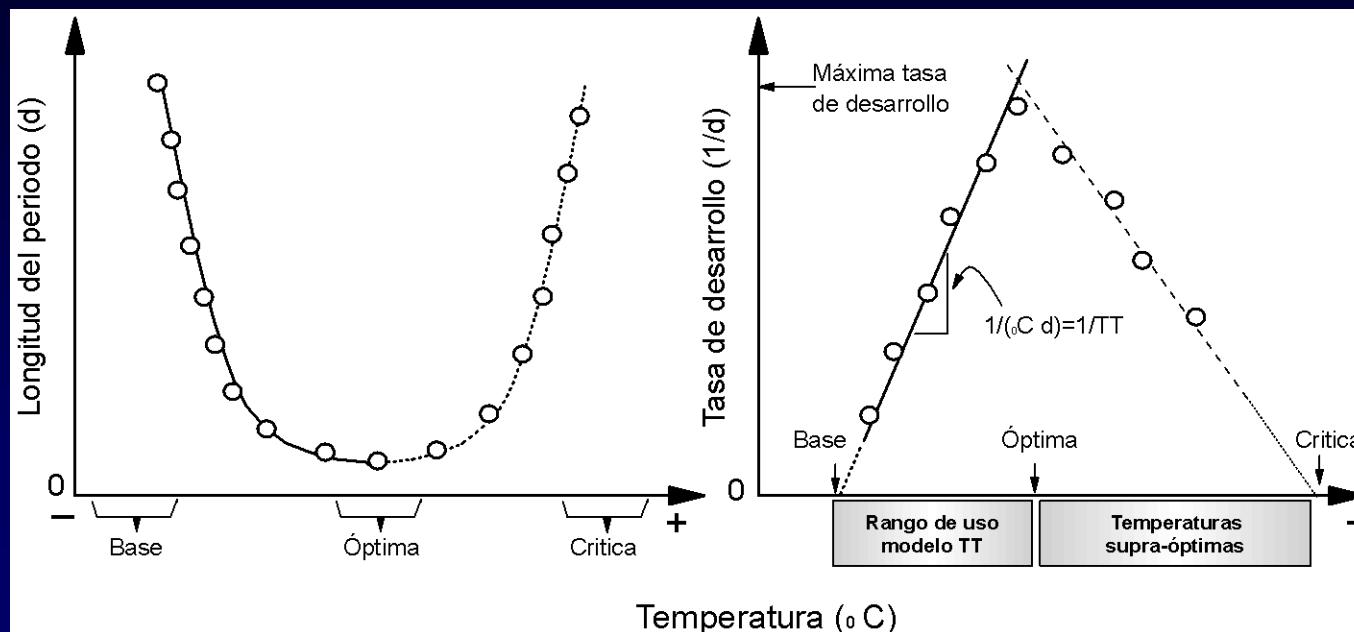


Table 5.5 Thermal units (TU) calculated above base temperature (T_b) for the establishment of various agricultural species

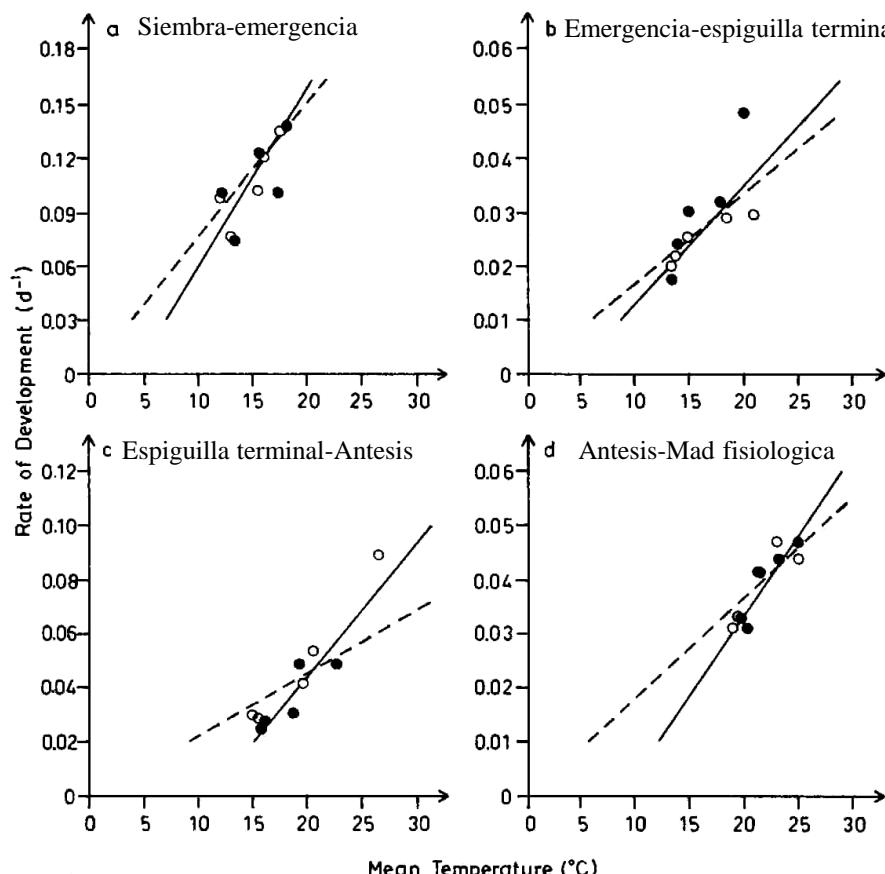
Species	TU	T_b	R^2 (%)
Wheat	78	2.6	46
Barley	79	2.6	39
Oat	91	2.2	32
Maize	61	9.8	91
Sorghum	48	10.6	96
Pearl millet	40	11.8	97
Field pea	110	1.4	10
Soybean	71	9.9	87
Peanut	76	13.3	99
Navy bean	52	10.6	86
Rapeseed	79	2.6	45
Safflower	70	7.4	68
Sunflower	67	7.9	73
Linseed	89	1.9	37
Buckwheat	37	11.1	90
Amaranthus	32	11.7	86

Source: Adapted from Angus *et al.* (1981)

TABLE 1. Maximum and minimum temperatures and photoperiod (including civil twilight) for the phenological phases studied (Sw, sowing; Em, emergence; TS, terminal spikelet; An, anthesis; and Mt, physiological maturity) averaged over cultivars, in Buenos Aires during 1989 growing season

Sowing date	Mean temperature (°C)				Photoperiod (h:min)		
	Sw-Em	Em-TS	TS-An	An-Mt	Em-TS	TS-An	An-Mt
11 July	13.3	22.4	16.3	19.7	12:29	14:12	15:36
31 July	14.7	14.8	16.7	20.2	13:13	14:28	15:50
29 August	12.8	15.2	18.2	22.0	13:56	15:18	16:19
28 September	16.5	18.0	21.5	24.7	15:02	16:21	16:44
23 October	19.0	21.9	25.3	26.6	15:55	16:58	16:49

Slafer and Savin—Developmental Base Temperature in Wheat 1079



Slafer & Savin
J. Exp. Bot 1991

FIG. 1. Relationship between rate of development (a) from sowing to emergence, (b) from emergence to terminal spikelet, (c) from terminal spikelet to anthesis, (d) from anthesis to physiological maturity, and mean temperature in those phases for two mediterranean wheat cultivars (Marcos Juarez INTA, open symbols and Las Rosas INTA, closed symbols) grown in Buenos Aires. The solid and broken lines represent the regression lines fitted with a free intercept and forced through the origin (intercept = 0 °C), respectively.

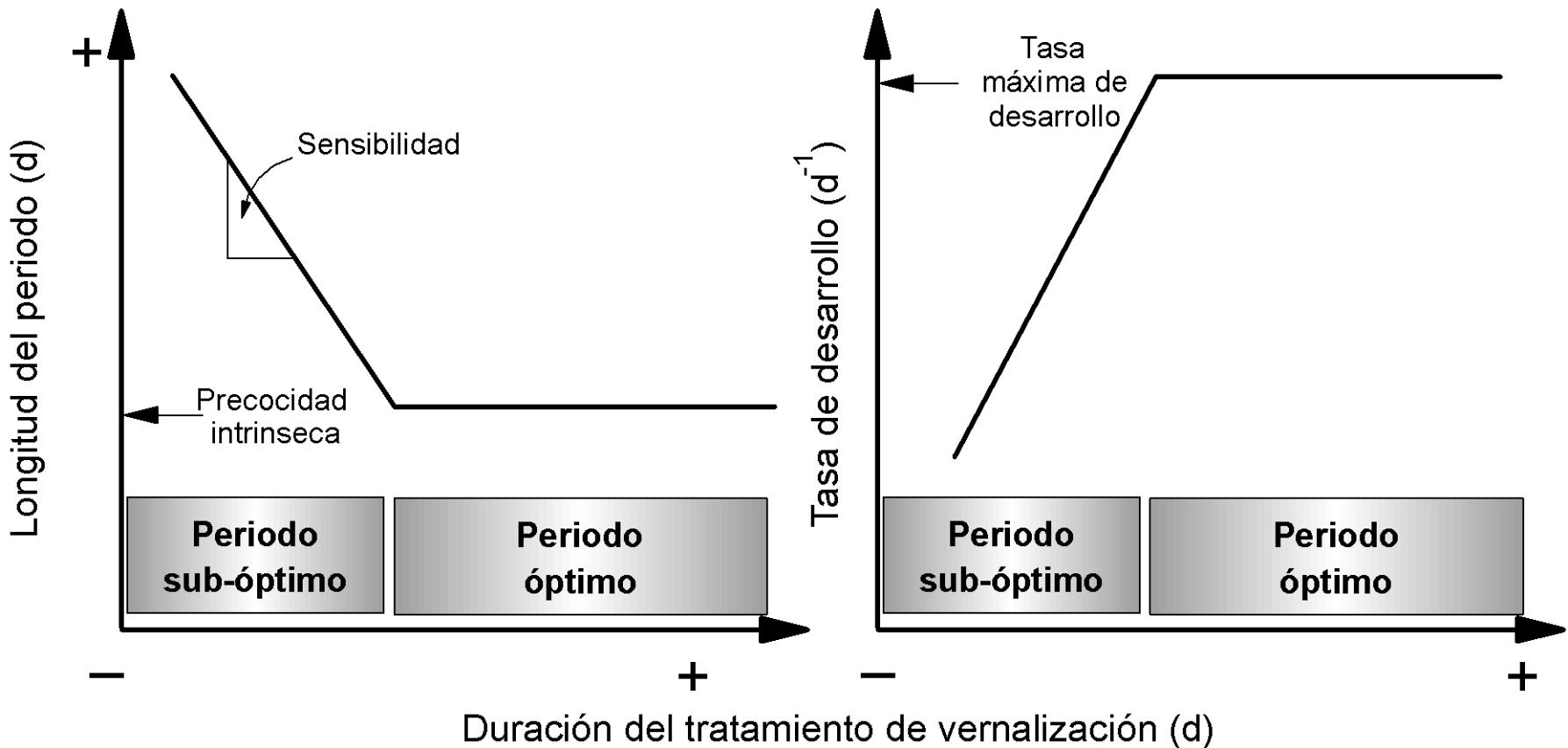
Slafer and Savin—Developmental Base Temperature in Wheat

TABLE 3. Comparative values of developmental base temperatures in different phenological phases (Sw, sowing; Em, emergence; DR, double ridge; TS, terminal spikelet; An, anthesis; and Mt, physiological maturity) of wheat crops obtained by different authors using winter, spring and mediterranean wheats

Group	Base temperature (°C)					Reference
	Sw-Em	Em-DR	DR-TS	TS-An	An-Mt	
Winter 1	0·1	—	2·0	3·5	5·7	Porter <i>et al.</i> (1987)
Spring 2	2·6	3·3	—	—	8·9	Angus <i>et al.</i> (1981 <i>a, b</i>)
Spring 5	2·8	—	2·0	6·4	10·1	Del Pozzo <i>et al.</i> (1987)
Mediterranean 2	4·0	—	4·1	10·6	8·2	This paper

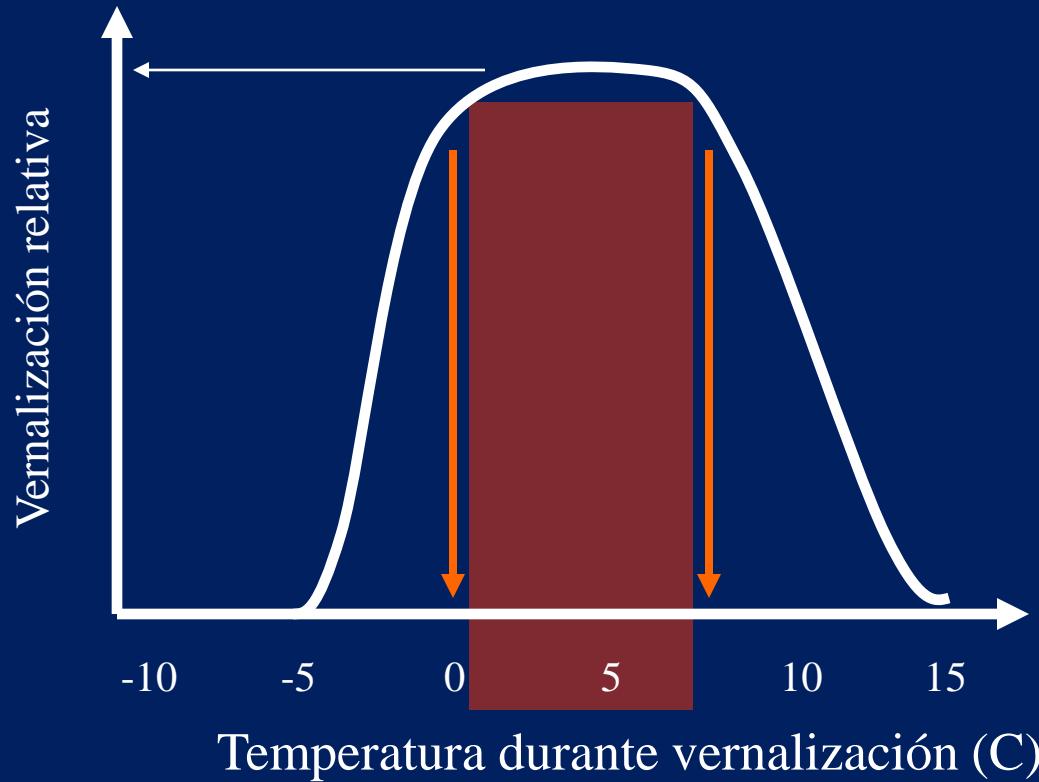
The number following the wheat groups are the number of genotypes used in each experiment. When the authors considered more than one of the phases included in this table as only one longer phase (Em-TS or DR-An) the corresponding base temperatures were placed in the middle of those phases.

Vernalización: Conceptos básicos



A medida que el cultivo satisface sus requerimientos de vernalización la tasa de desarrollo se acelera y se acorta la duración de las etapas.

Vernalización: temperaturas óptimas



Las temperaturas de entre 3 y 7 °C son las más efectivas para cubrir los requerimientos de vernalización

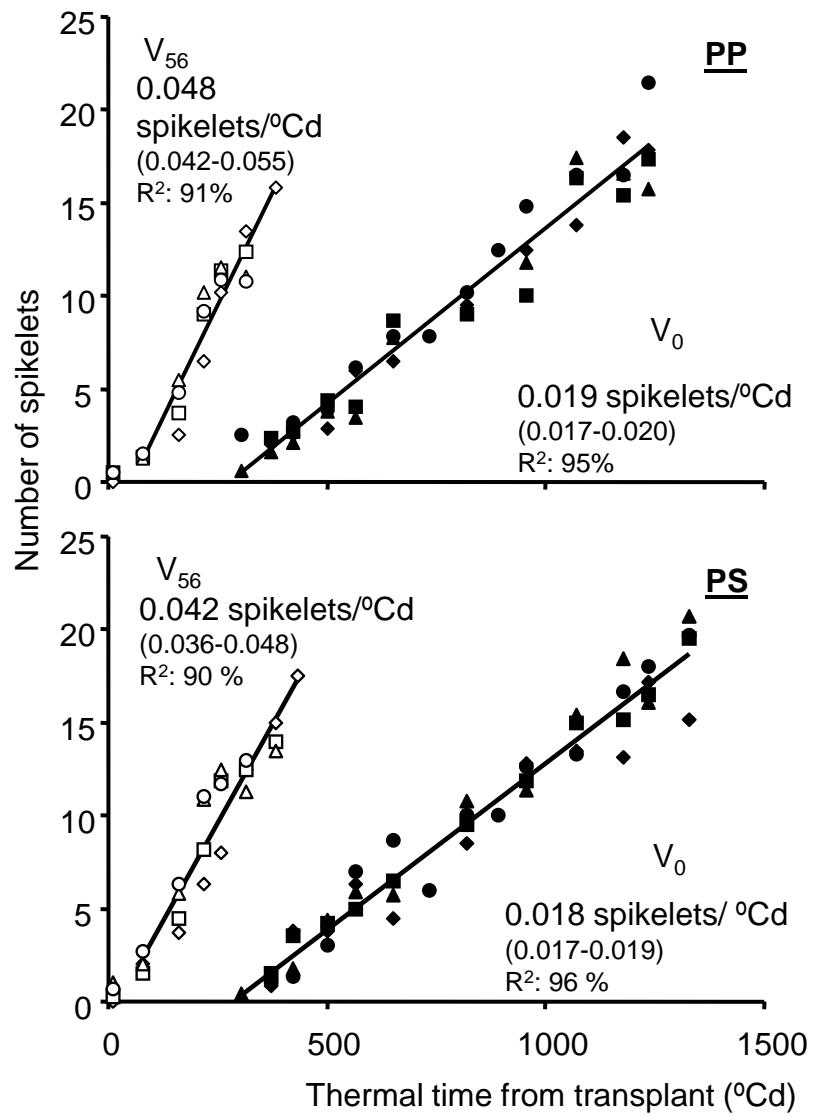


Table 1

Percentage of fertile emerged spikes [(number of plants with fertile emerged spikes/total number of plants) $\times 100$] at the end of the experiment (i.e. 2,560 $^{\circ}\text{C d}$ from transplant)

Treatments	Cultivars		
	Vernalization	Photoperiod	Klein Pegaso
V_{56}	NP + 0	100	100
	NP + 2	100	100
	NP + 4	100	100
	NP + 6	100	100
V_0	NP + 0	25	24
	NP + 2	24	31
	NP + 4	33	40
	NP + 6	33	53

Figure 4: Dynamics of spikelet initiation in ProINTA Puntal (PP) and ProINTA Super (PS) in vernalized (open symbols) and unvernalized plants (closed symbols). Different symbols inside each vernalization treatment represent the photoperiod treatments: (◊, ◆) NP+0, (□, ■) NP+2, (△, ▲) NP+4, (○, ●) NP+6. The spikelet initiation rates with their 95% confidence intervals are provided inset.

La vernalización es un proceso reversible: los efectos se pueden revertir si el período de bajas temperaturas es interrumpido.

Gregory y Purvis (1948) → > 30°C

Purvis y Gregory (1952) Ray -grass

Dubert et al. (1992) → > 20 °C

Slafer (1995) → > 18°C

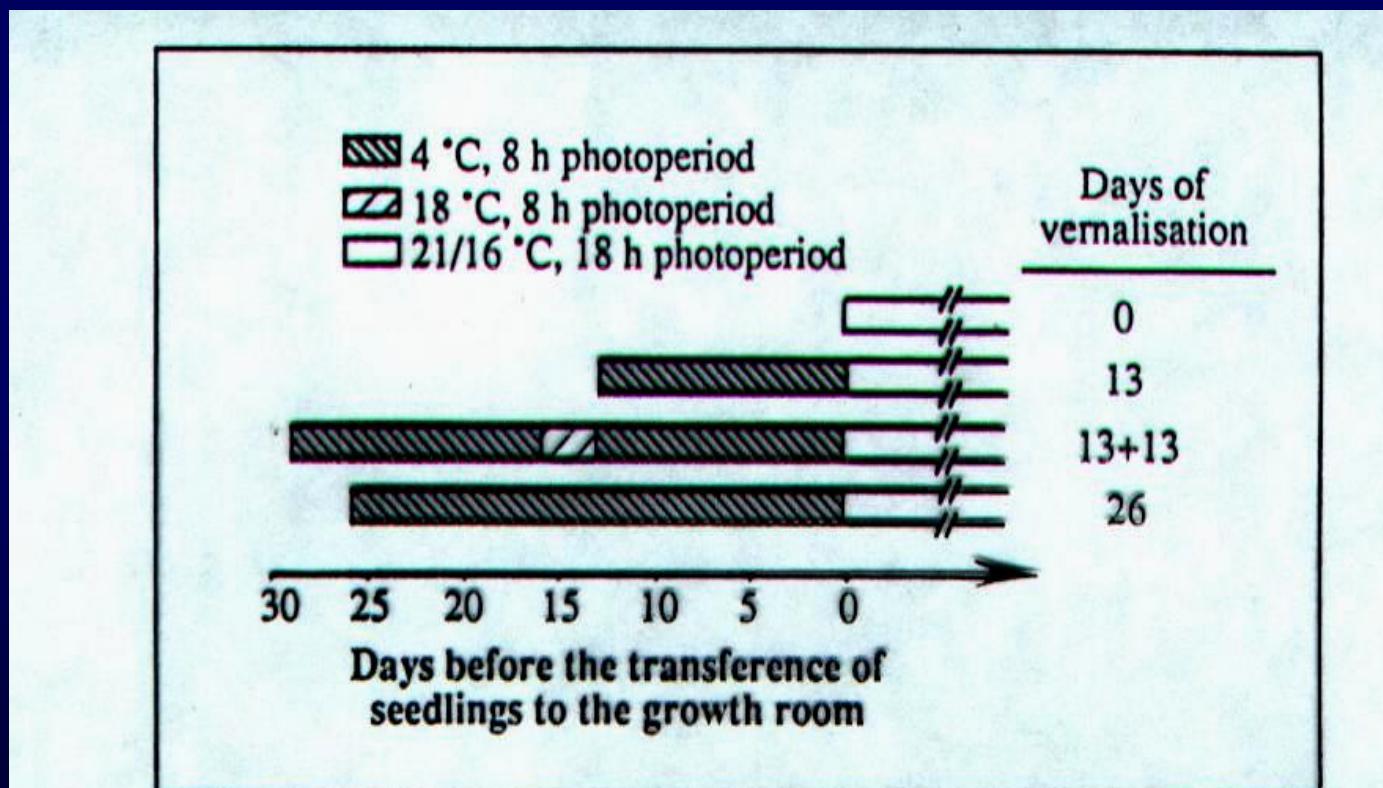


Fig. 31. Diagram for the treatments of the devernalisation study.

Slafer, 1995

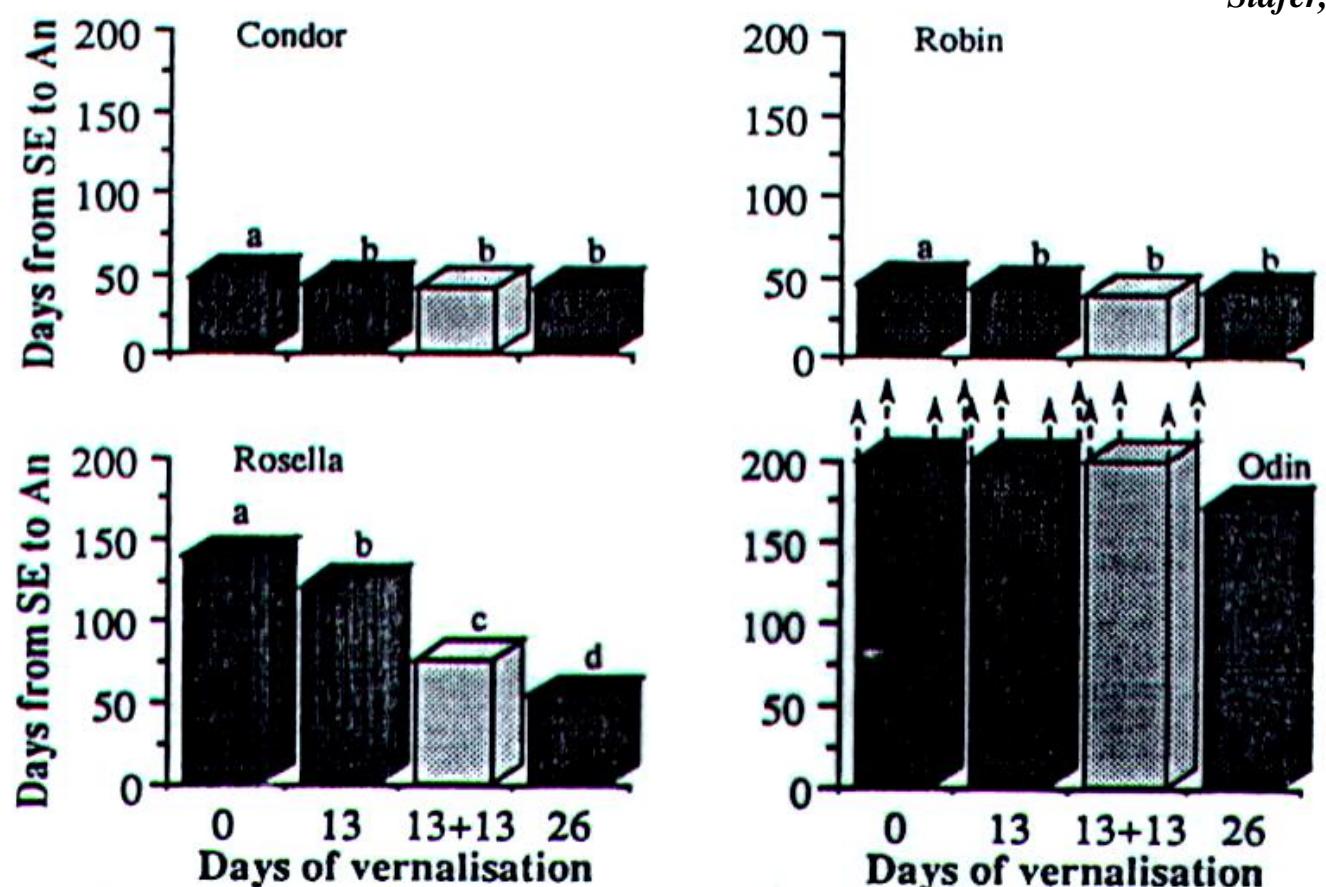
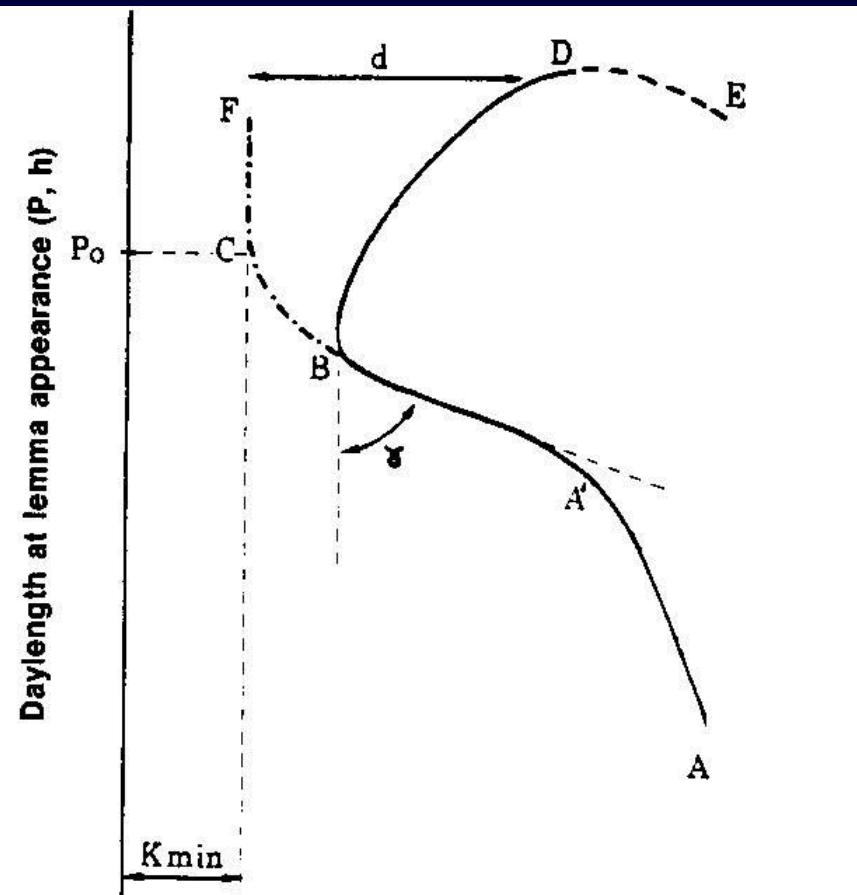
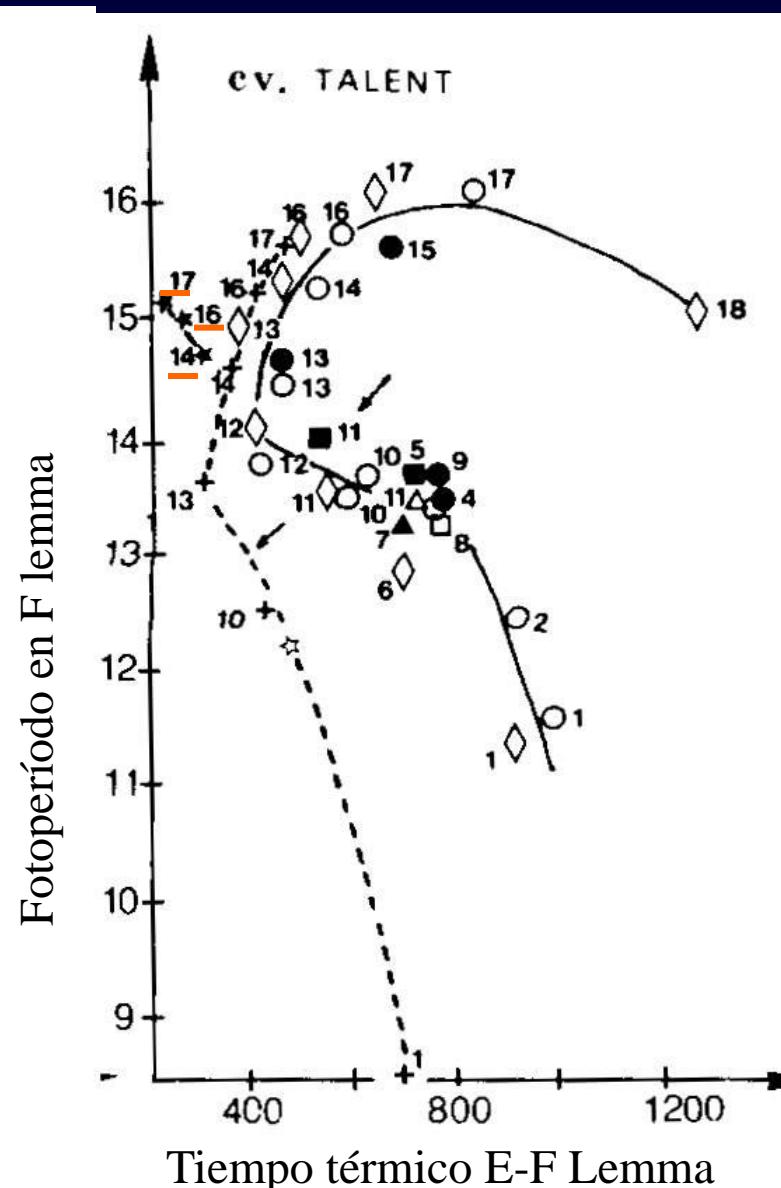


Fig. 32. Duration from seedling emergence (SE) to anthesis (An) in four wheat cultivars [Condor, Robin, Rosella and Odin] grown at 18 h photoperiod and 21/16 °C after being subjected to 0, 13 and 26 continuous days of vernalisation (at 4 °C and 8 h photoperiod) or to two periods of vernalisation of 13 days interrupted by three days at 18 °C (13+13). Values of bars with different letters above (within each cultivar) are significantly different ($P<0.05$). Bars of cultivar Odin with arrows above indicate that the treatments did not reach anthesis by the end of the experiment.

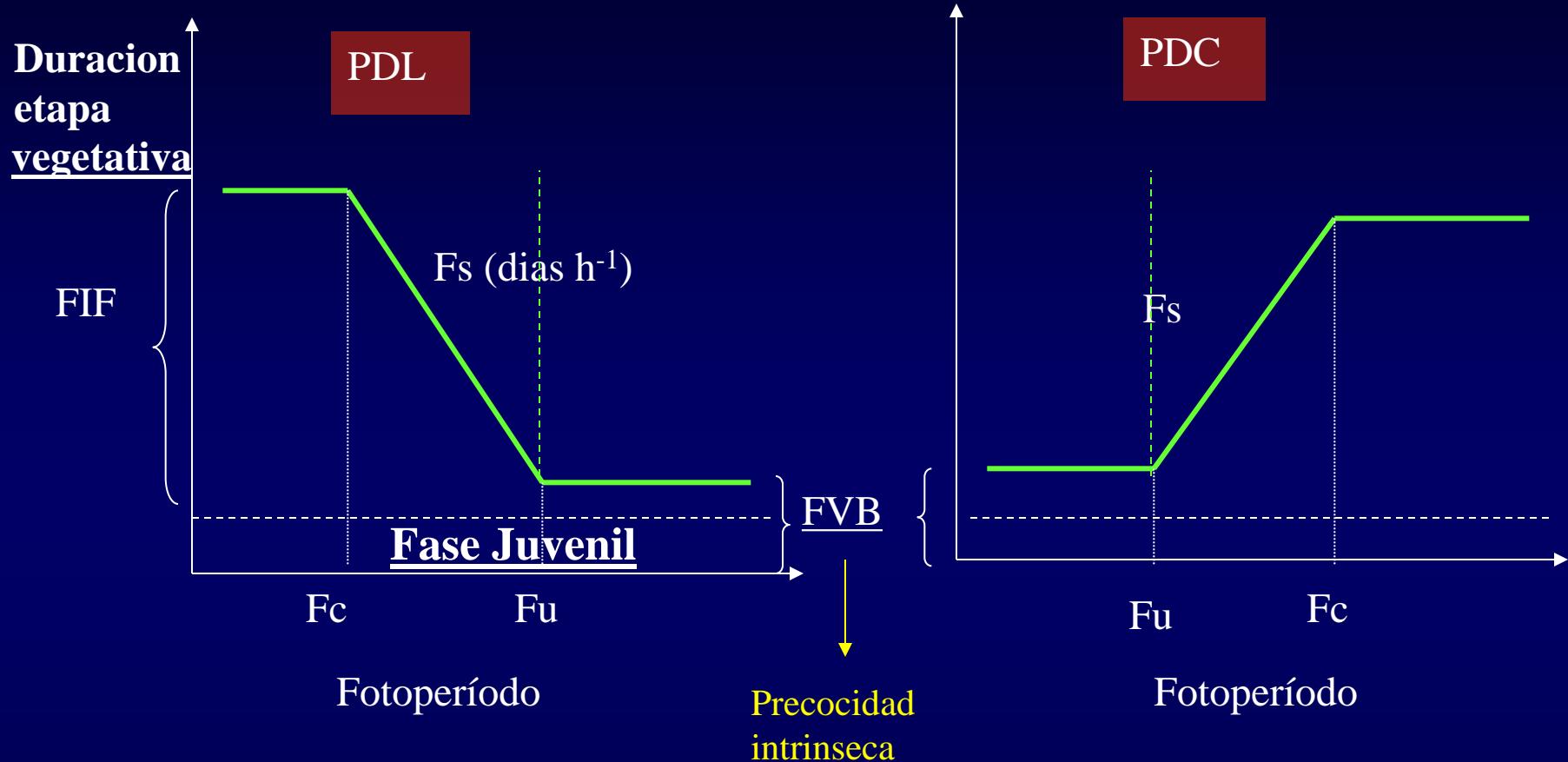


Thermal time from seedling emergence (K, °C.d)

Fig. 7. Schematic diagram of the general curve for the family of curves shown in Fig. 4. Vernalization requirement (d), intrinsic earliness (K_{min}), and relative sensitivity (γ) to photoperiod and temperature as defined in the text are indicated. Curve BF was obtained with vernalized seeds; curve AE was obtained with unvernalized seeds.



Fotoperíodo



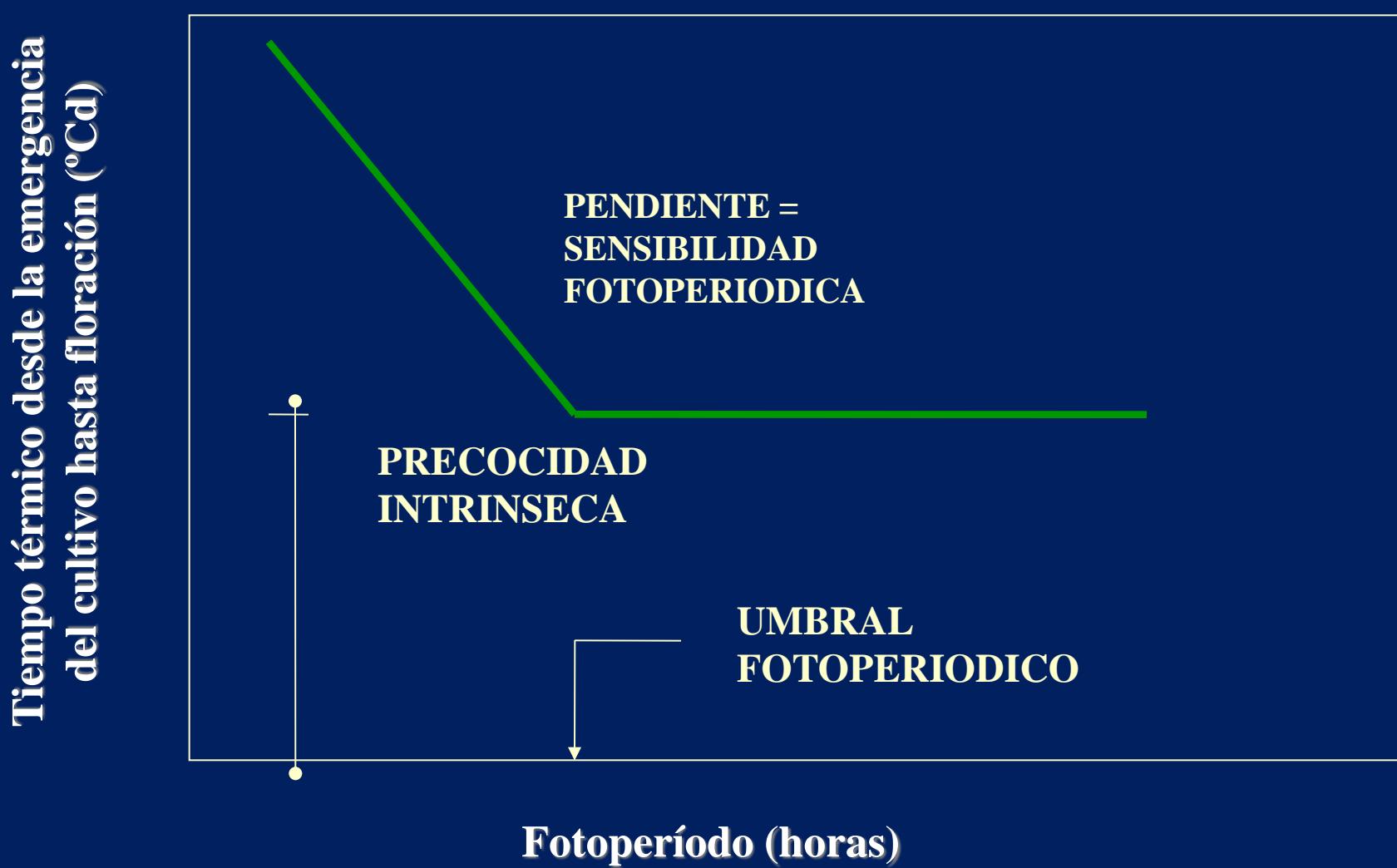
Fu = fotoperíodo umbral; Fc = fotoperíodo crítico

FS= sensibilidad al fotoperíodo; FVB = fase vegetativa básica

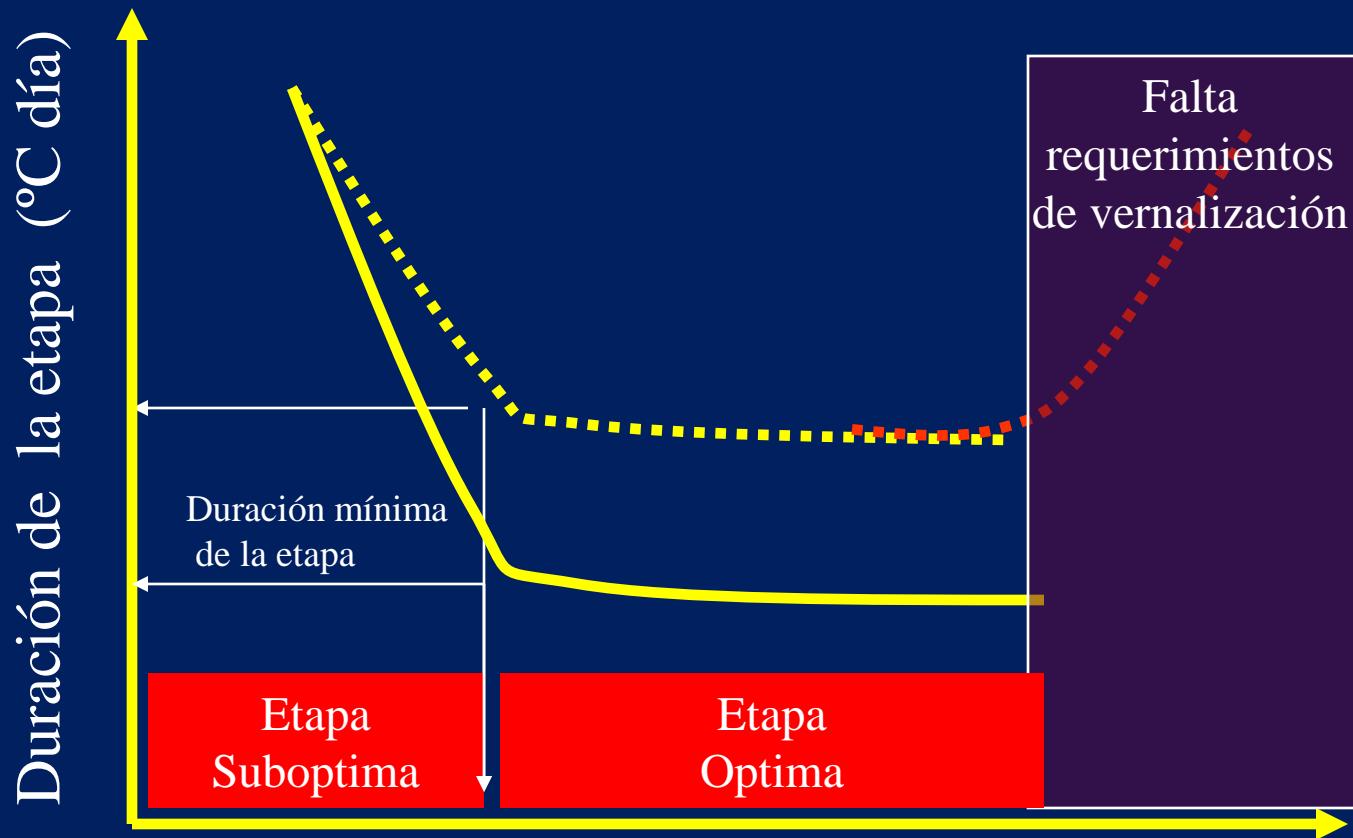
FIF = fase inducida por el fotoperíodo

Fotoperíodo

TRIGO y CEBADA: Especies cuantitativas de día largo



Fotoperíodo



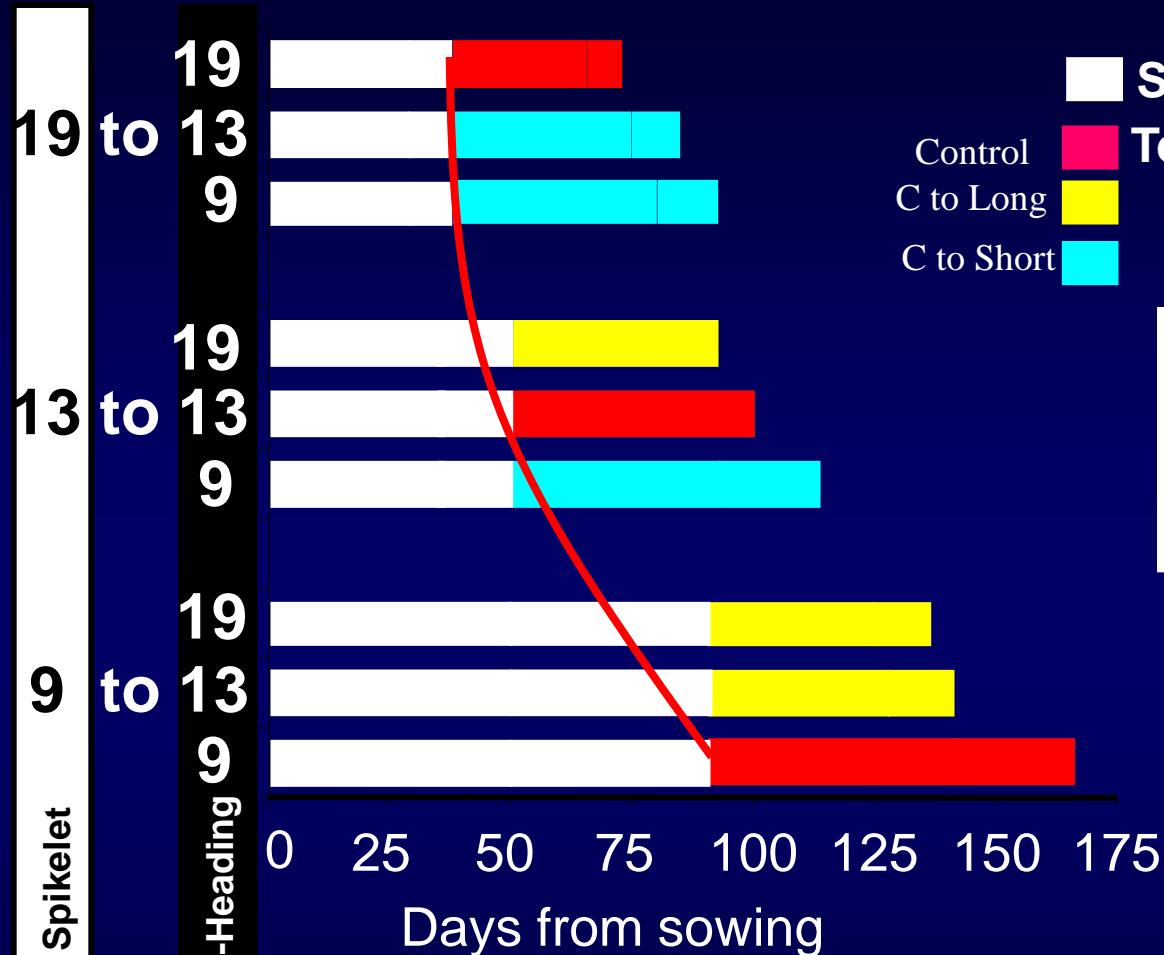
Fotoperíodo promedio de la etapa (hs) o Fecha de siembra

Mayores duraciones del día (fotoperíodos) o atrasos en la fecha de siembra reducen la longitud de las etapas siempre que hayan cubierto los requerimientos vernalizantes.

WHEAT

Photoperiod Sensitivity

Photoperiod (h)



Late reproductive phase was sensitive to photoperiod.

The direct response to photoperiod was evaluated under field condition.

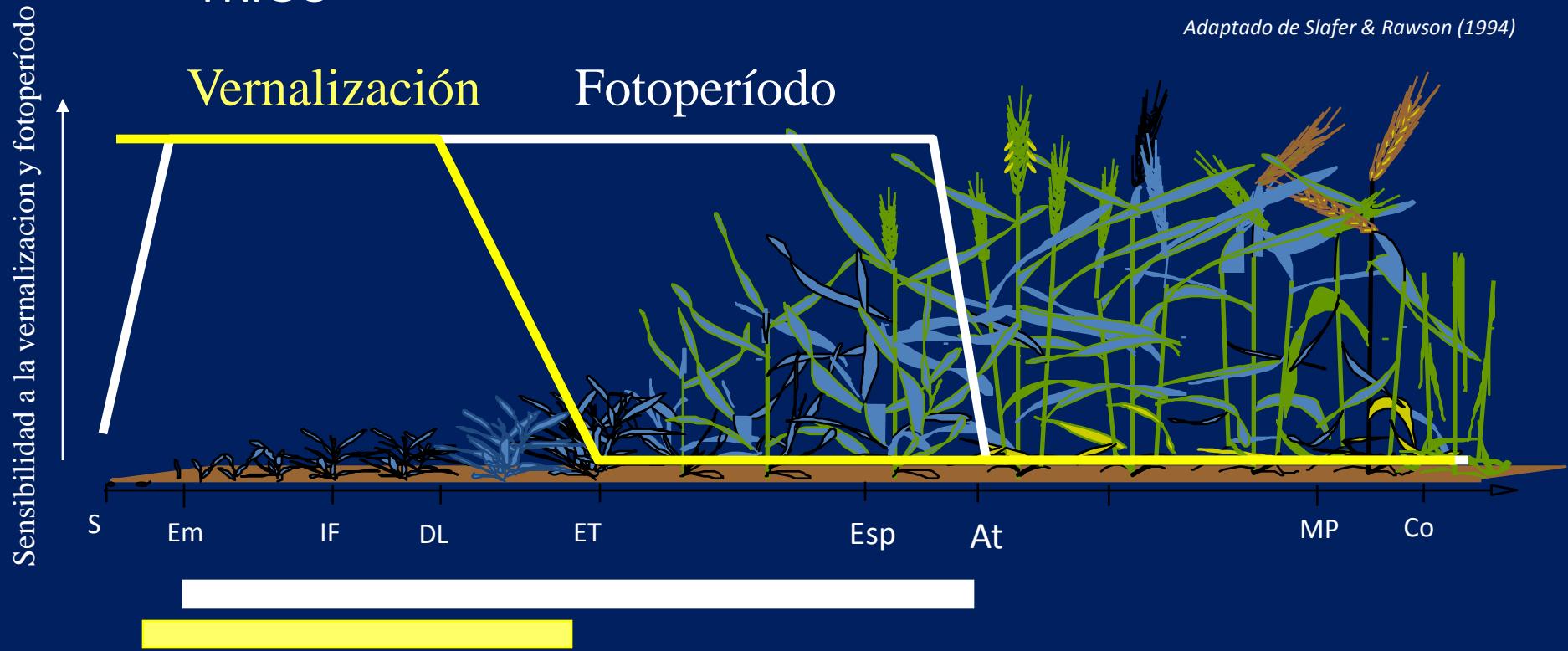
(Whitechurch & Slafer 2000, *Euphytica* 118
González, Slafer & Miralles 2002, *Field Crops Res.*)

Miralles & Richards, 2000
(*Ann. Bot.* 85)

Sensibilidad a la vernalización y al fotoperíodo

TRIGO

Adaptado de Slafer & Rawson (1994)



Sensibilidad al fotoperíodo:

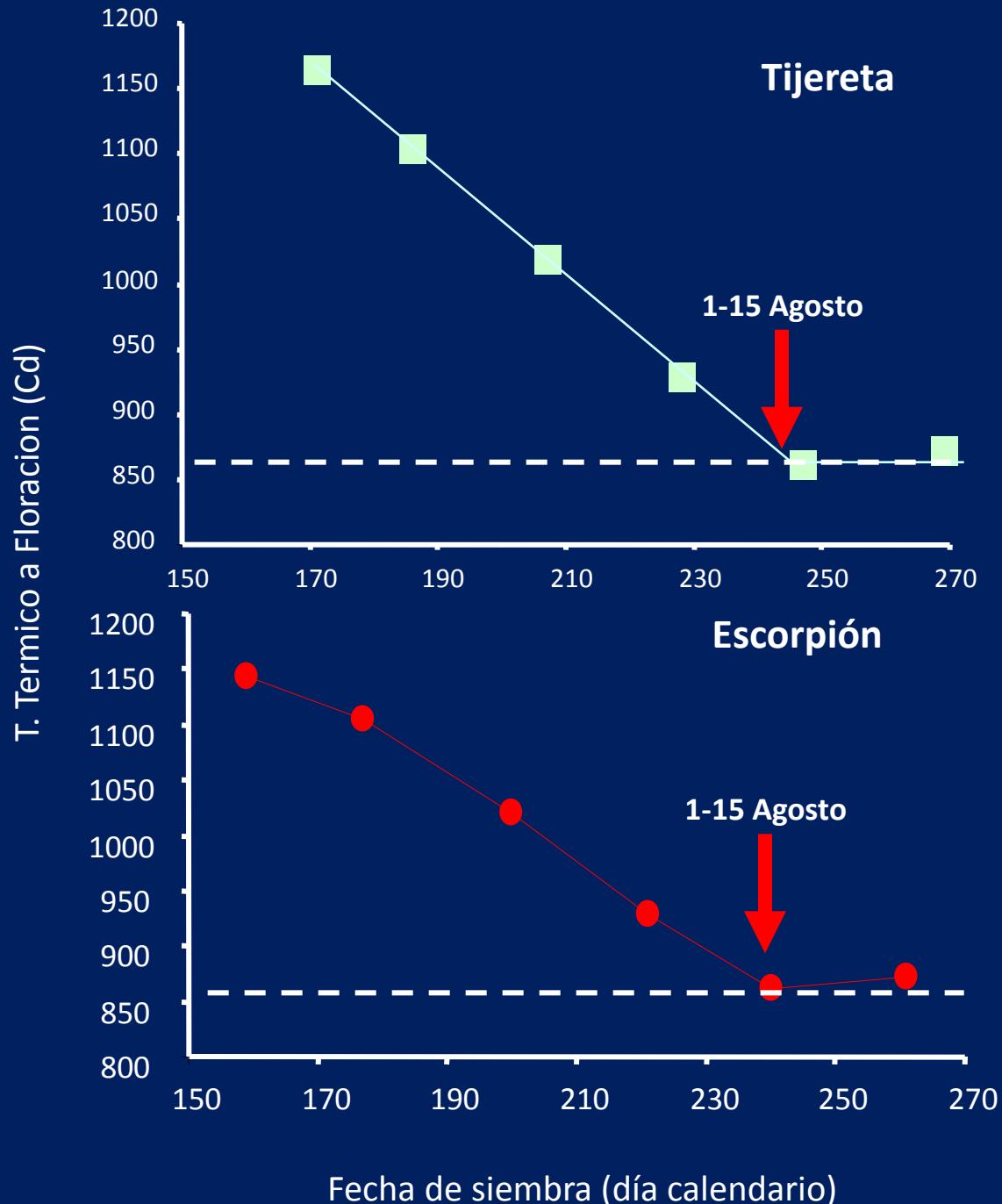
Emergencia a Floración (antesis)

Sensibilidad a la vernalización:

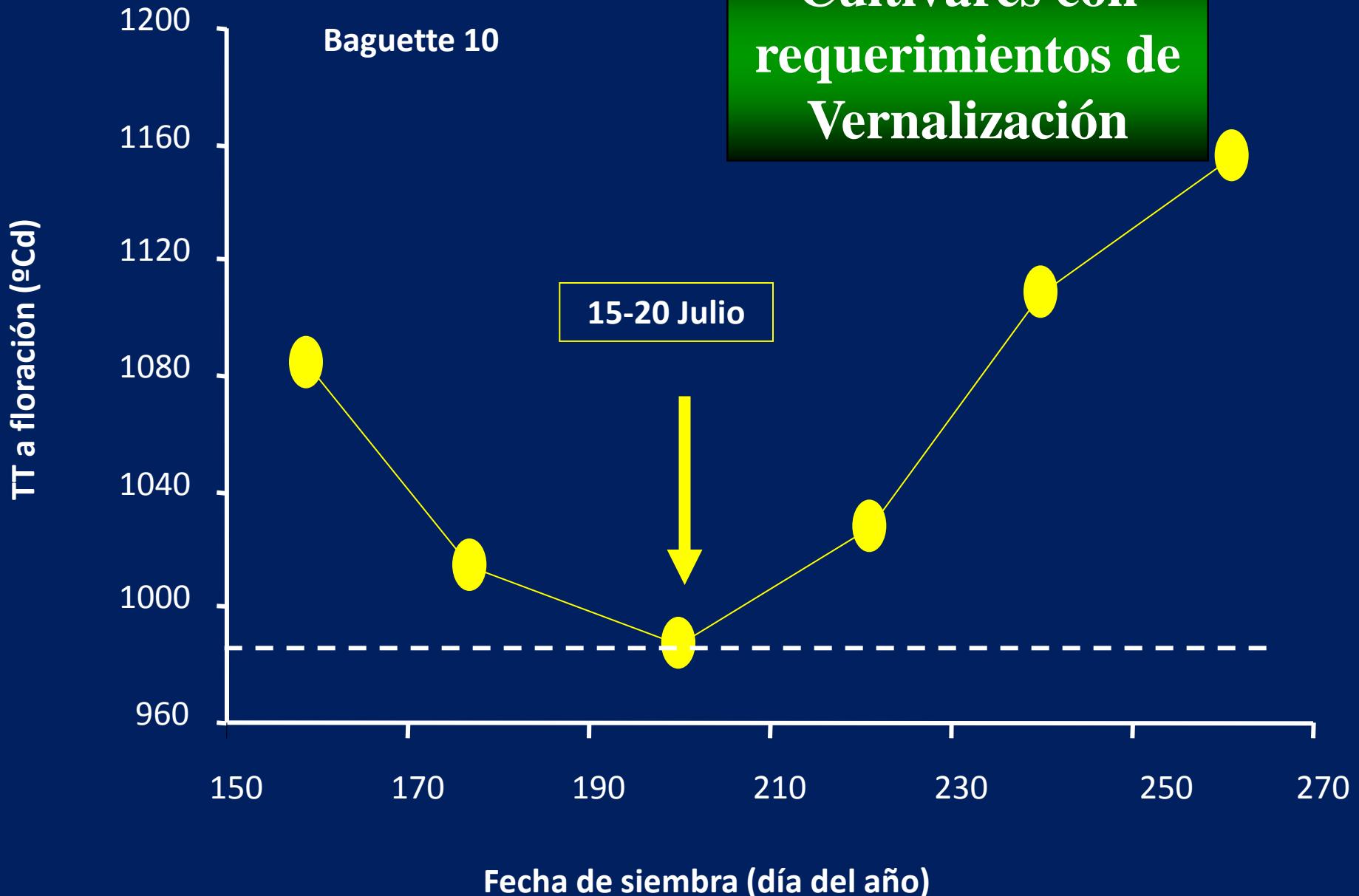
Imbibición semilla a Espiguilla terminal

Trigo y su fenología

Cultivares con sensibilidad al fotoperíodo y SIN requerimientos de vernalización

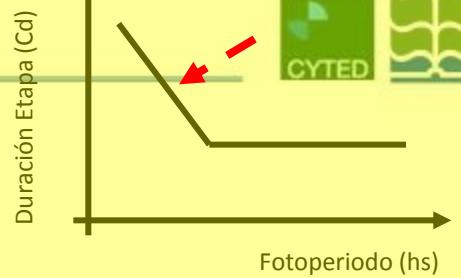


Cultivares con requerimientos de Vernalización



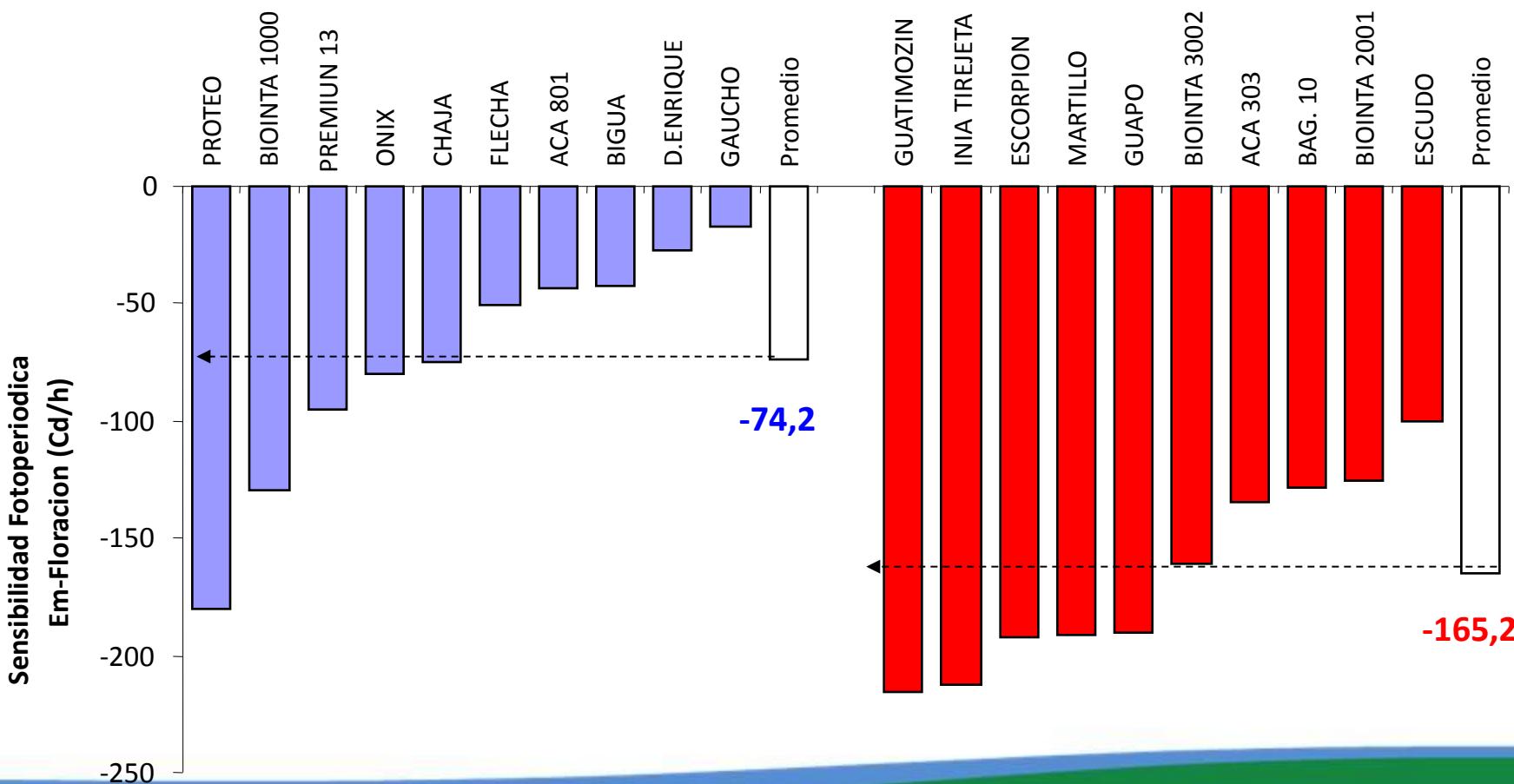
Fotoperíodo: Sensibilidad Fotoperódica

TRIGO



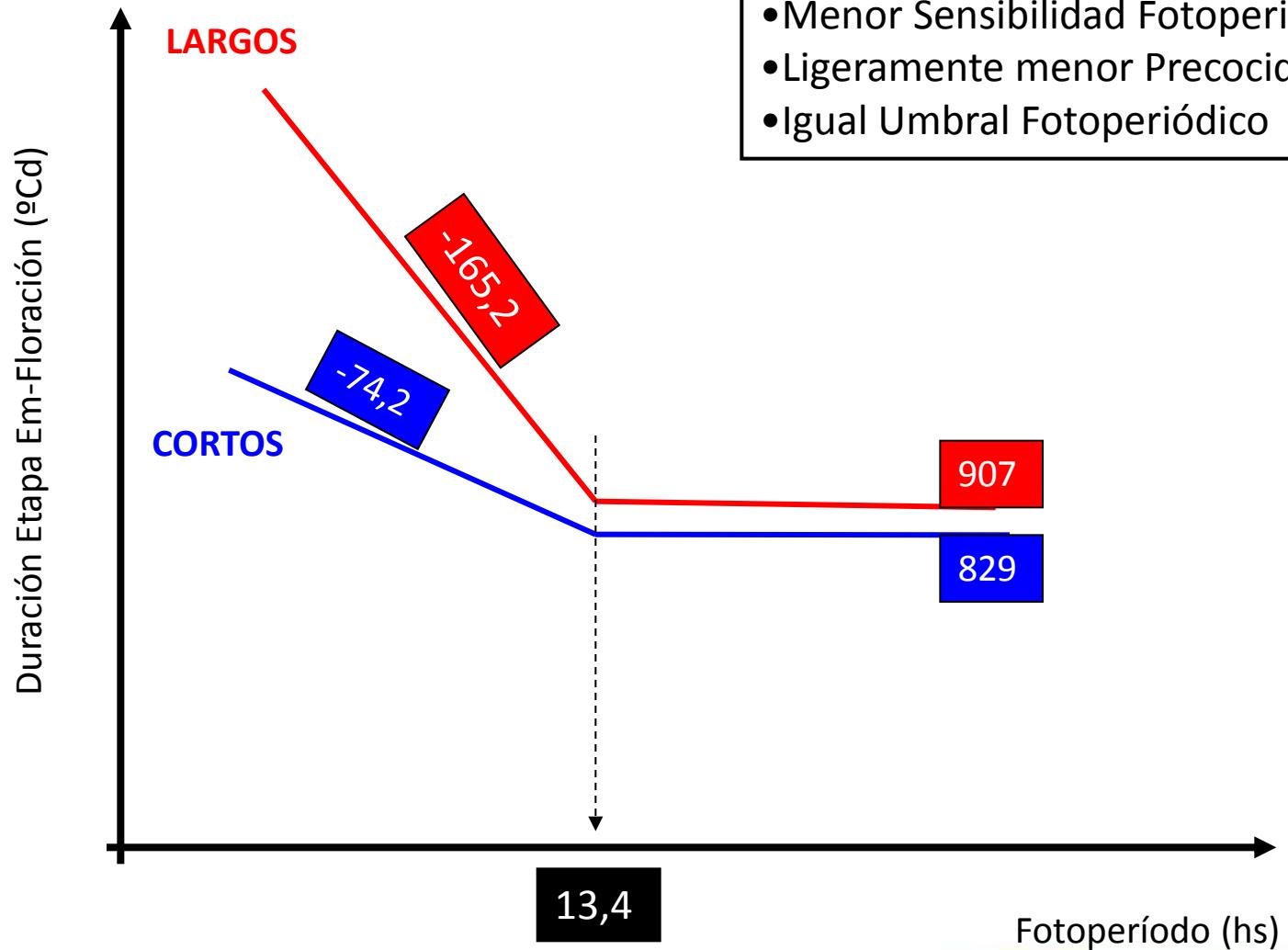
Ciclos cortos

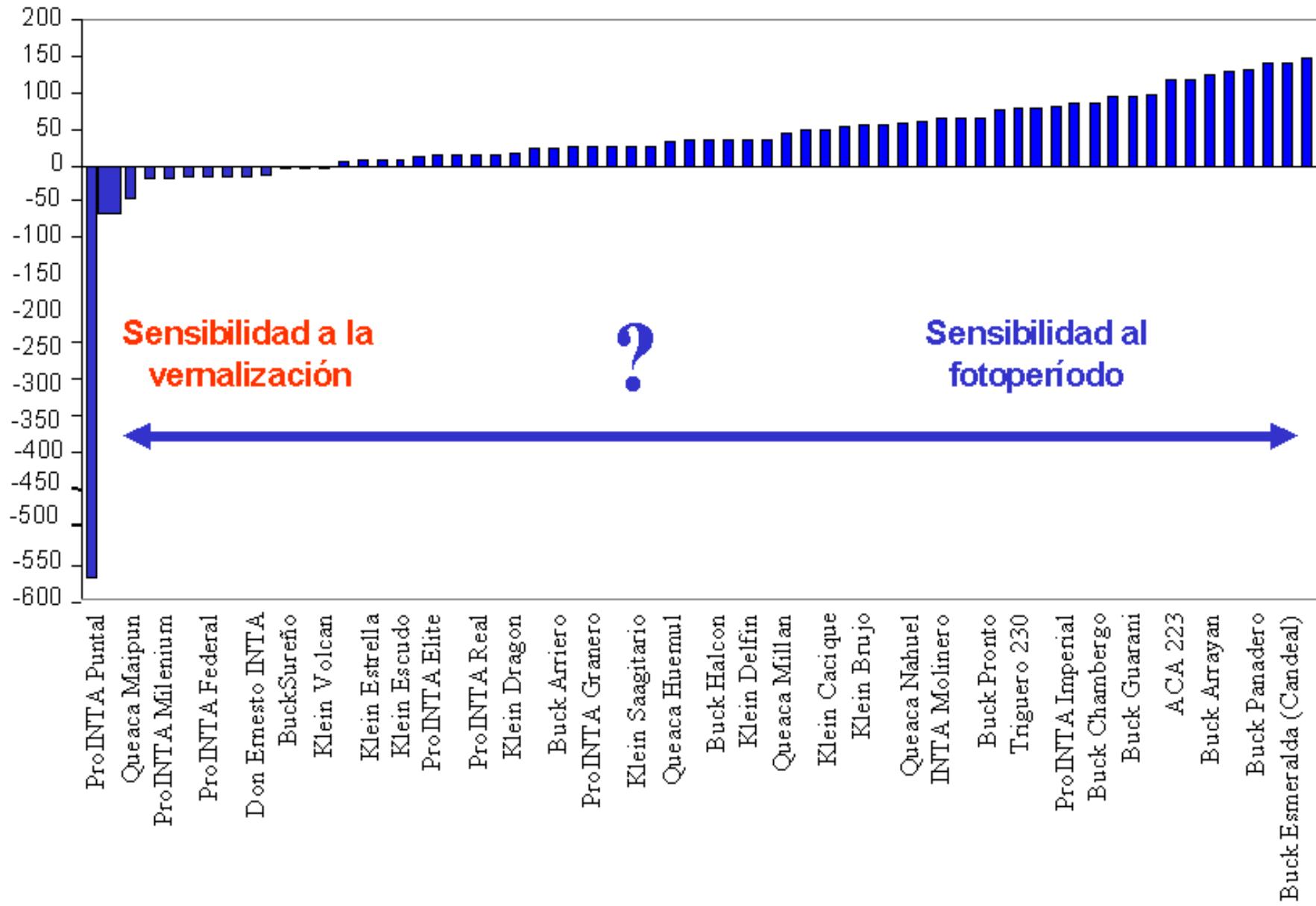
Ciclos largos



Modelo de respuesta termo-fotoperiódica

TRIGO

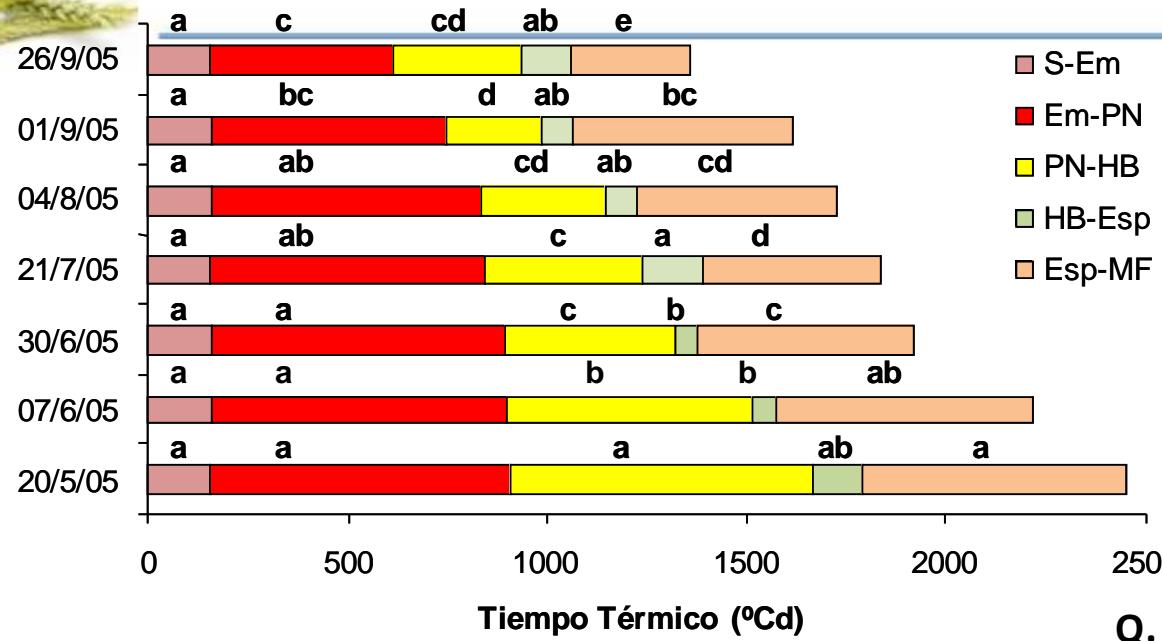




Cebada y su fenología

MP 1109

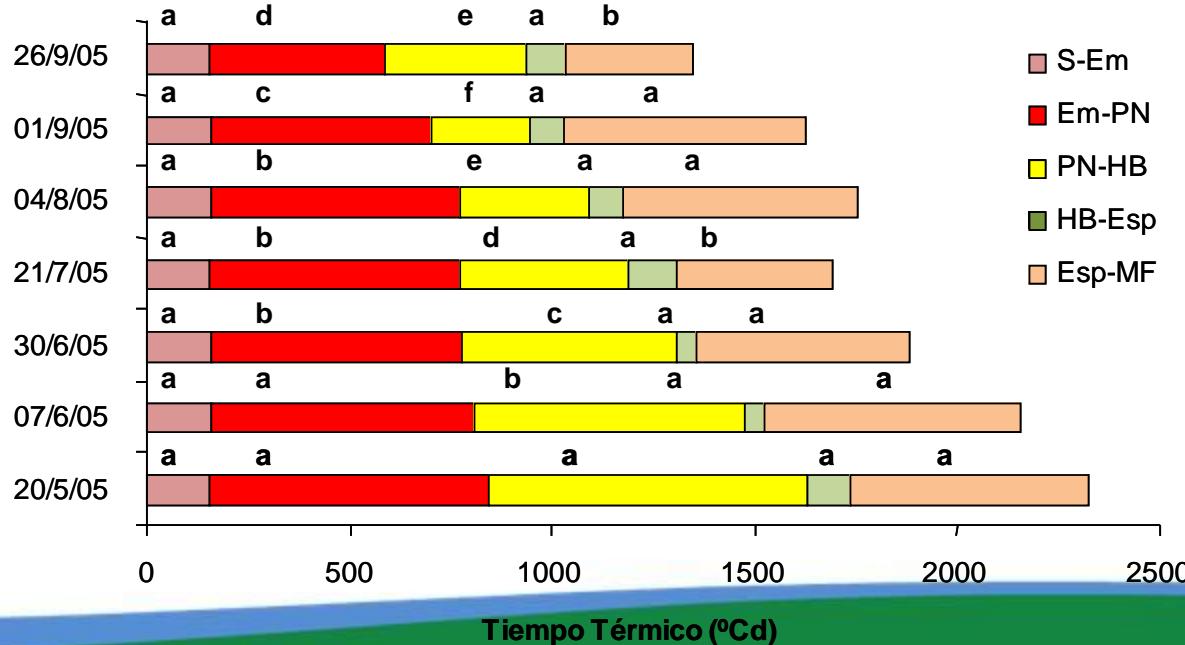
Fecha de siembra



Q. Ayelén

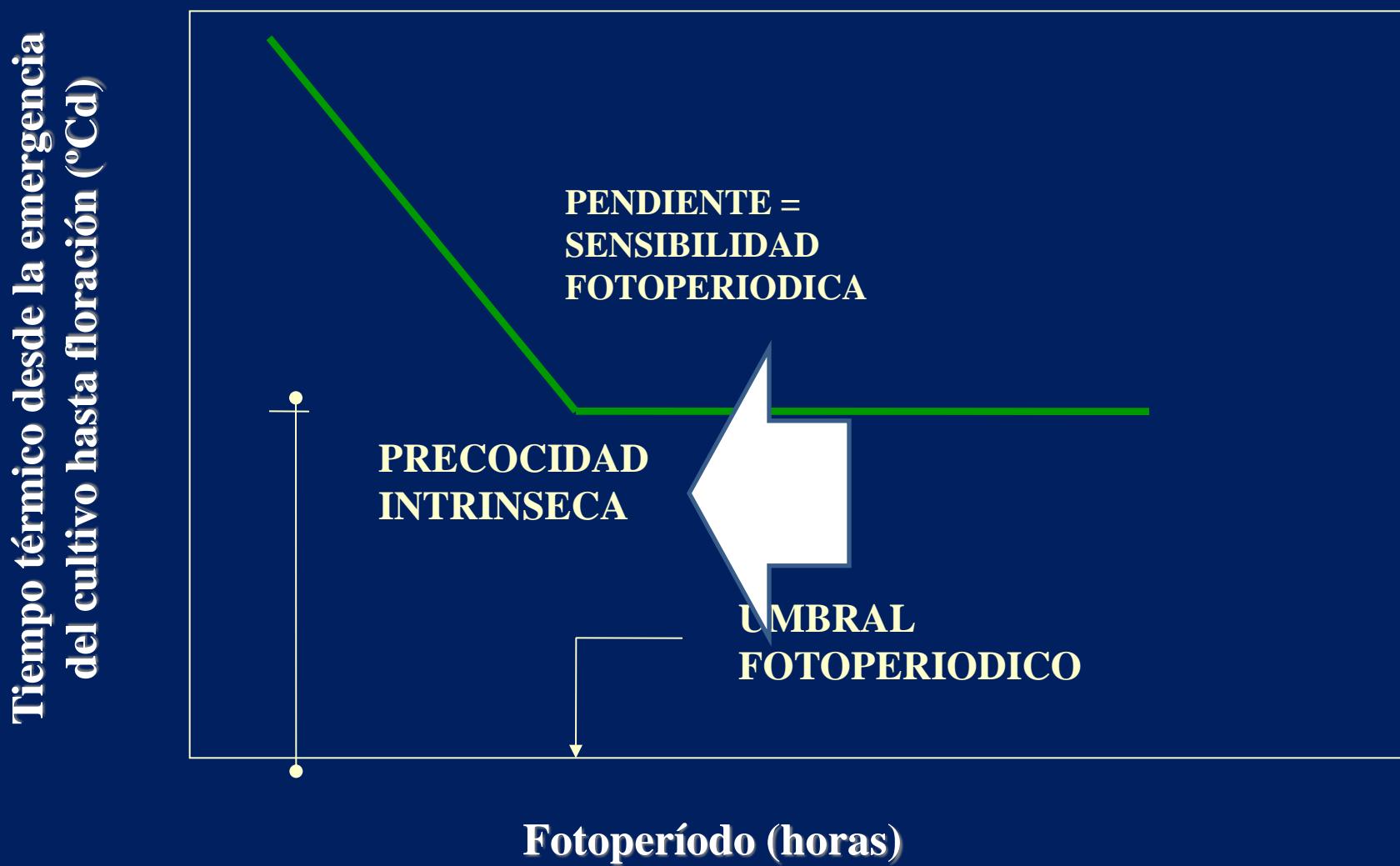
Las cebadas cerveceras Argentinas actuales no poseen requerimientos de vernalización

Fecha de siembra



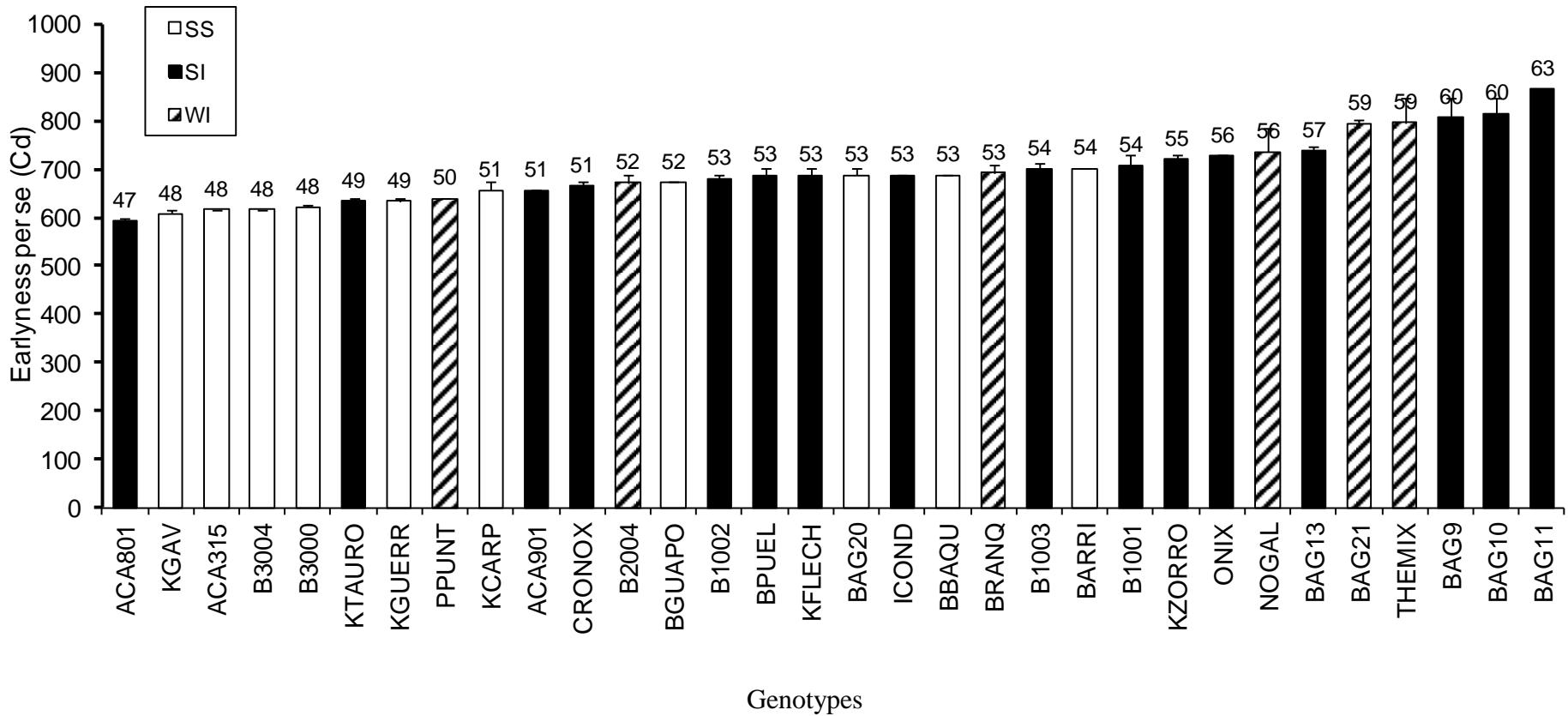
Precocidad intrínseca

TRIGO y CEBADA: Especies cuantitativas de día largo



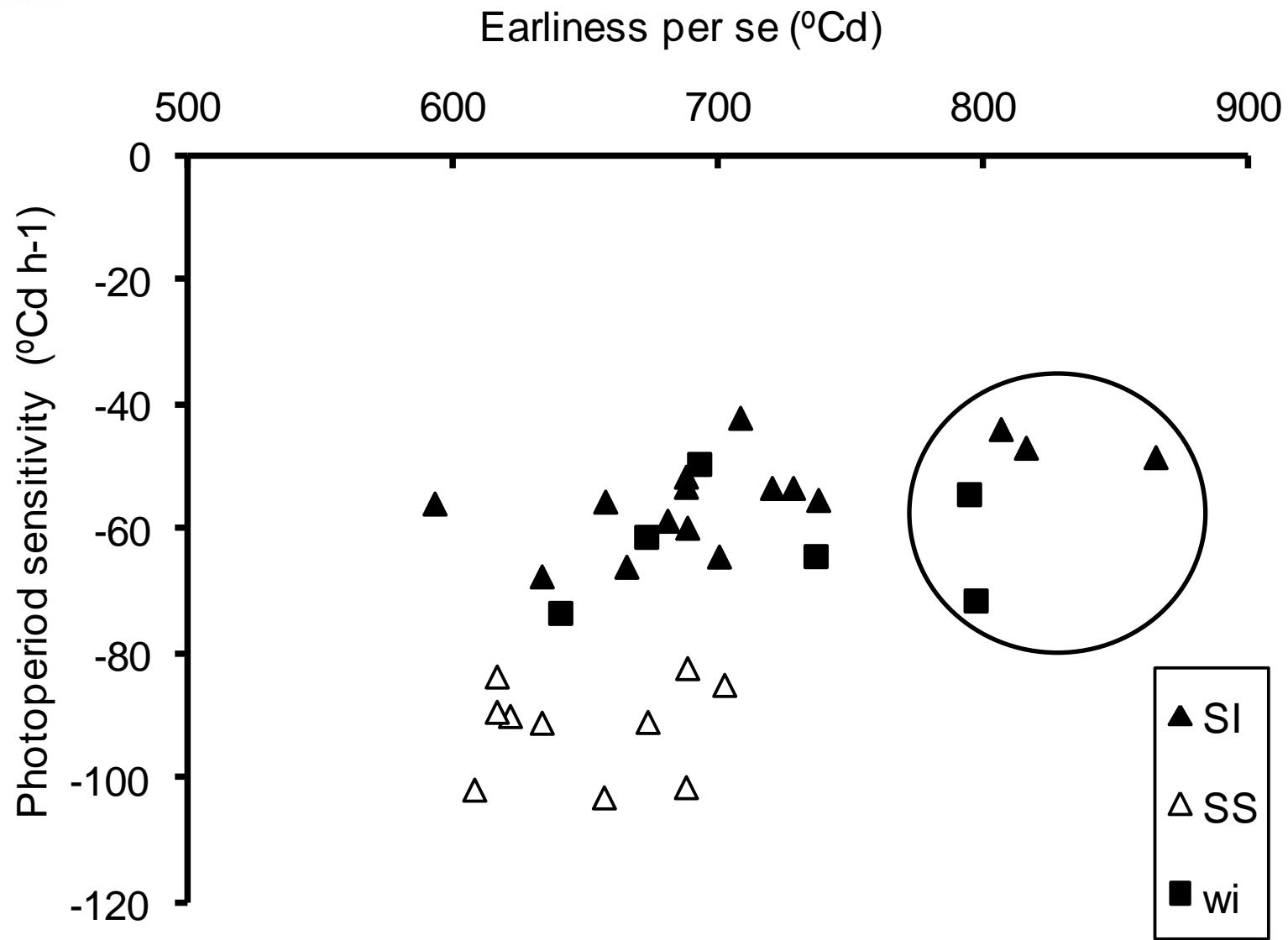


Variabilidad en precocidad



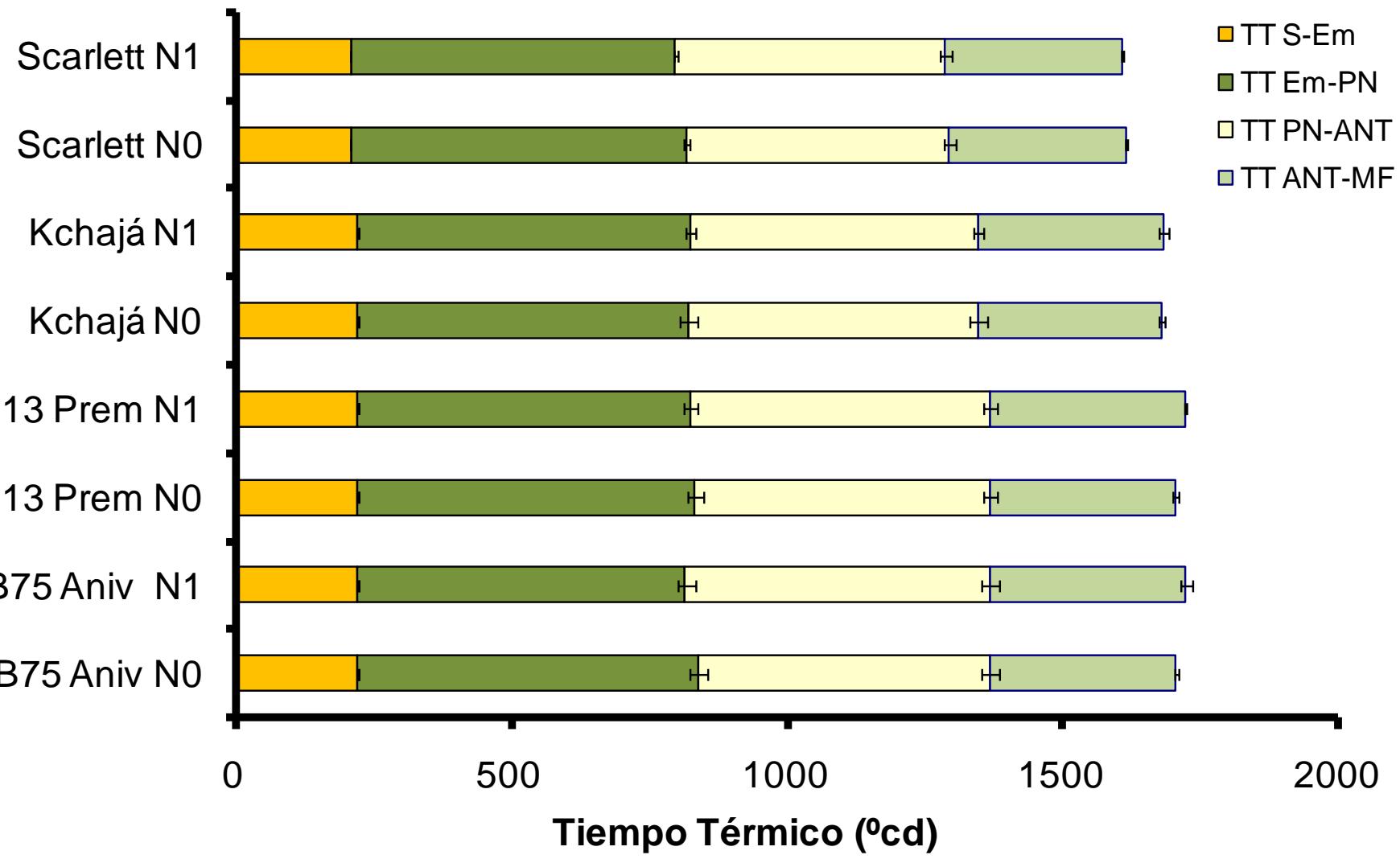
Genotypes

Gomez et al (2013)





Efecto de los nutrientes sobre el desarrollo del cultivo



N0: 60 kgN/ha

N1: 150 kgN/ha

Interacción Fotoperiodo x Vernalización

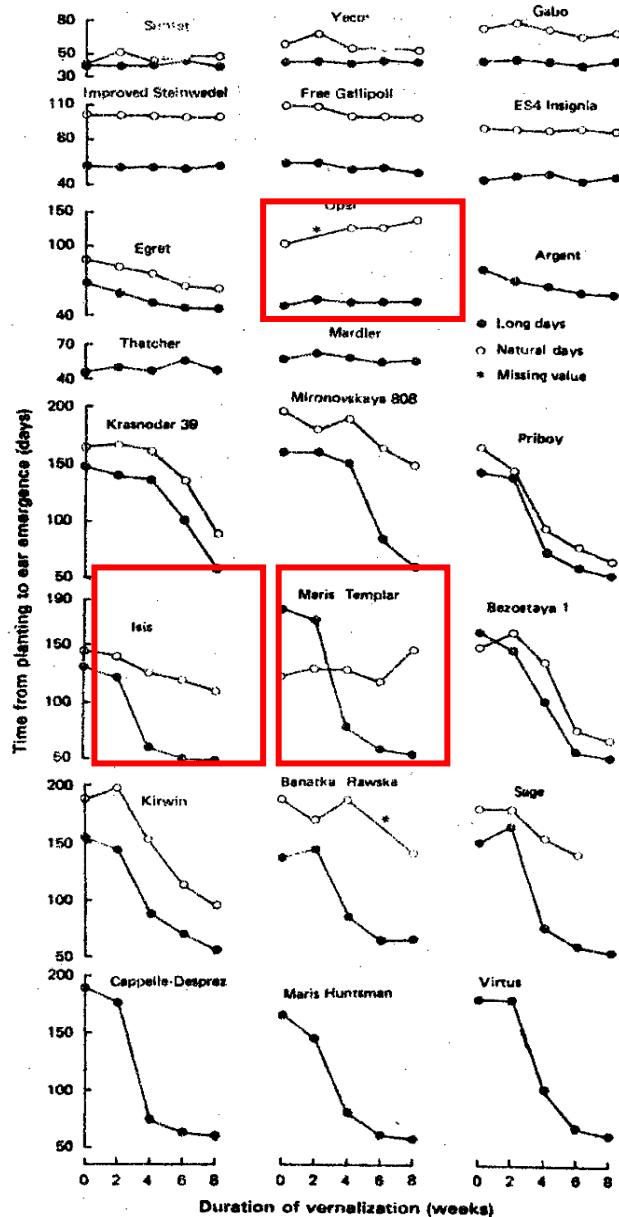
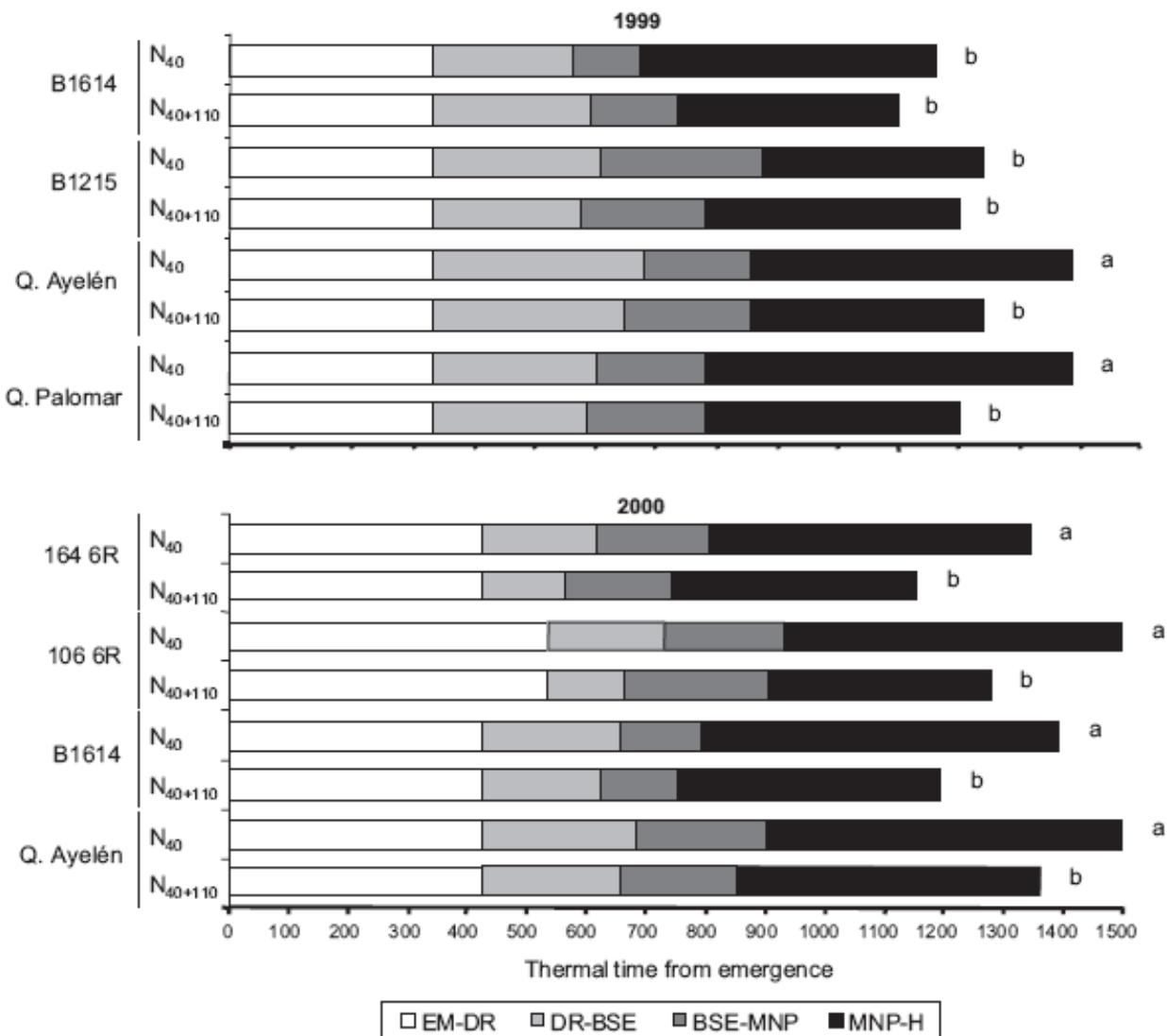


Fig. 3. Influence of duration of vernalization on the period from planting to ear emergence on varieties grown under natural (○) and long (●) photoperiods.

Davidson et al. 1985
Aust. J. Agric. Res 36



The influence of fertiliser nitrogen application on development and number of reproductive primordia in field-grown two- and six-rowed barleys

Sebastián Arisnabarreta^{A,B} and Daniel J. Miralles^A

CSIRO PUBLISHING
www.publish.csiro.au/journals/ajir

Australian Journal of Agricultural Research, 2004, 55, 357–366

^ADepartamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453
(C1417DSE), Buenos Aires, Argentina

^BCorresponding author; email: arisnab@agro.uba.ar

Fig. 2. Duration of the different developmental subphases (degree-days) from emergence for the different cultivars and fertiliser nitrogen treatments (N_{40} , N_{40+110}). Emergence (EM) to double ridge (DR) (□), DR to beginning of stem elongation (BSE) (■), BSE to maximum number of primordia (MNP) (■), MNP to heading (H) (■). Bars with the same letter indicate that values are not significantly different at $\alpha = 0.05$ between nitrogen treatments for the EM–H phase.

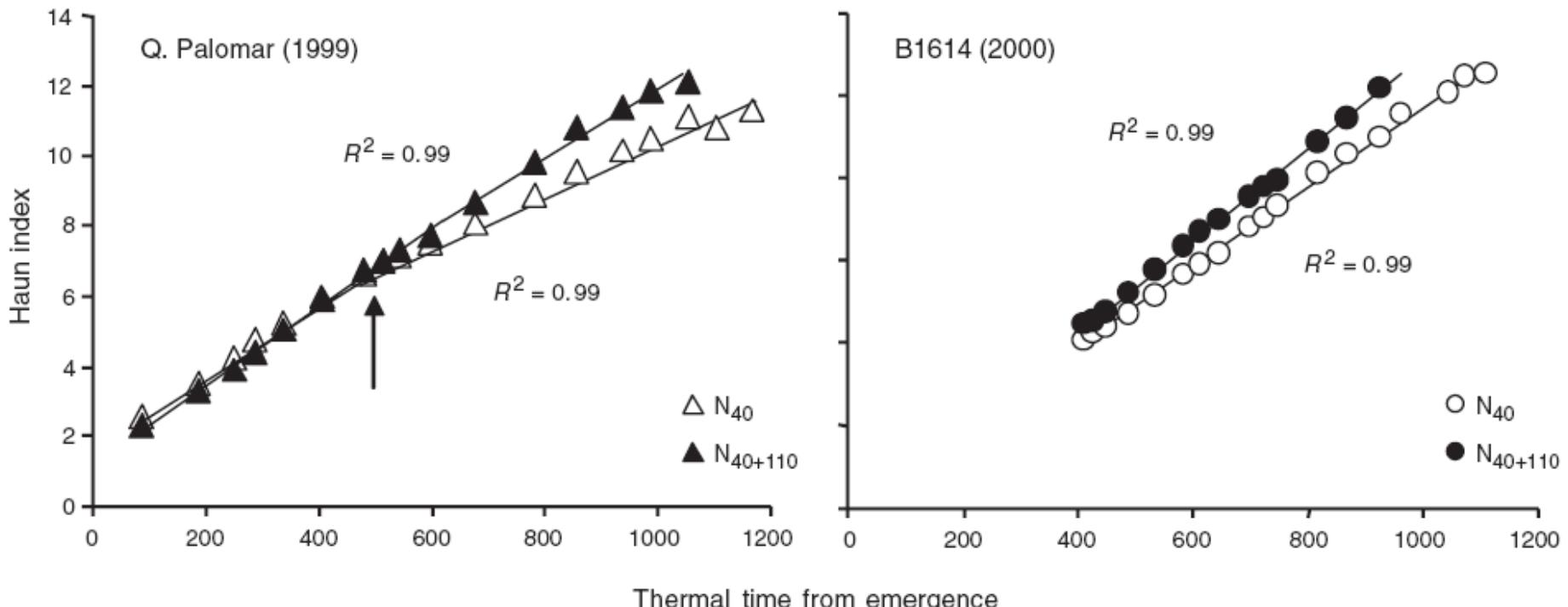


Fig. 3. Relationship between cumulative leaves emerged (Haun Index) and thermal time from emergence, for Q. Palomar (1999 growing season) and B1614 (2000 growing season), in the low and high fertiliser nitrogen treatment. Arrow indicates the point of change for rate of leaf emergence.

The influence of fertiliser nitrogen application on development and number of reproductive primordia in field-grown two- and six-rowed barleys

Sebastián Arisnabarreta^{A,B} and Daniel J. Miralles^A

^ADepartamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453
(C1417DSE), Buenos Aires, Argentina.

^BCorresponding author; email: arisnaba@agro.uba.ar

Otros factores que alteran el desarrollo

Nutri



Tabla 2.1- Duración de las etapas Emergencia (Em) a Doble Lomo (DL), Espiguilla Terminal (ET) y Antesis (Ant) con diferentes combinaciones de nitrógeno y azufre. Datos correspondientes a los ensayos conducidos en containers.

		Duración de las subetapas (°Cdía)			
Tratamiento		Em – DL	DL – ET	ET – Ant	Em – Ant
N_0	S_0	522	144	655	1321
	S_1	540	134	635	1309
N_1	S_0	522	153	625	1299
	S_1	540	134	690	1364
N		ns	ns	ns	ns
S		ns	*	*	*
$N \times S$		ns	ns	*	*

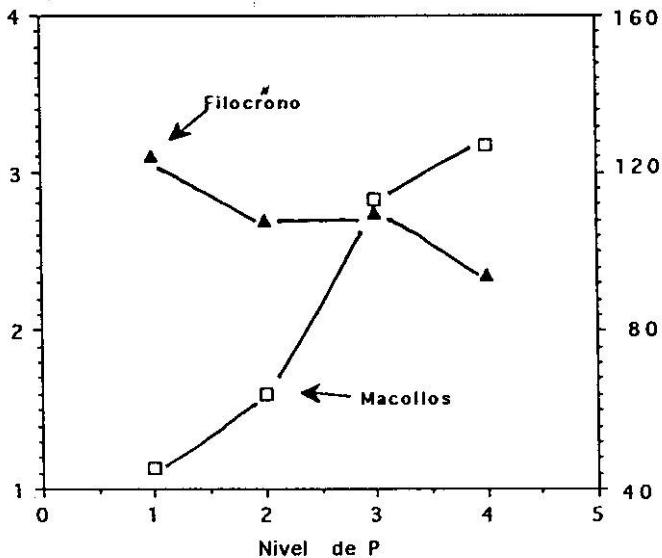
* 5% de Significancia según el test LSD.

Salvagiotti & Miralles 2005

Efectos de P sobre filocrono y macollaje de trigo
(Rodriguez et al., Plant Soil 200:227, 1998.)

Macolllos/planta

Filocrono (°Cd)



Efectos de N

Arisnabarreta & Miralles 2004

Aust J Agric Res 55

Deficiencia Nitrogeno en cebada aumento el
Flocrono sin modificar el N final de hojas

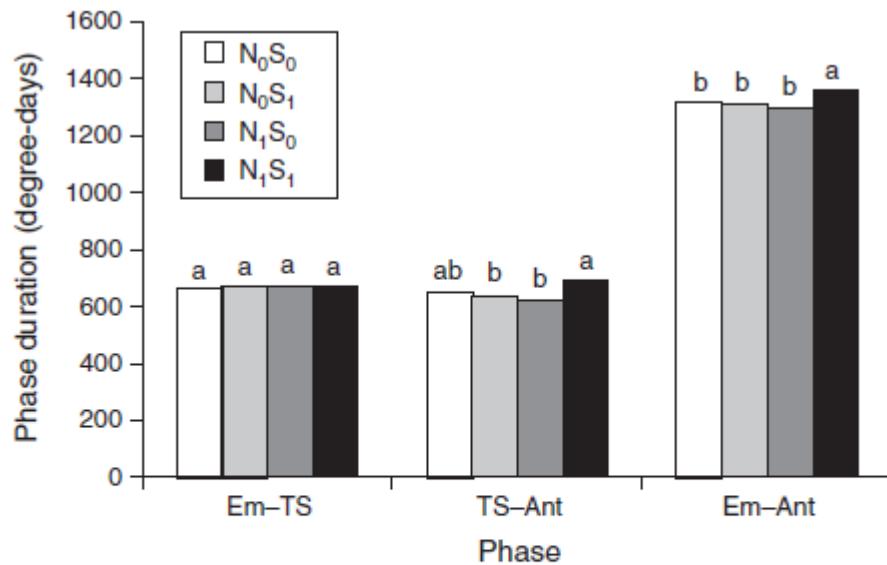


Fig. 2. Thermal time from emergence (Em) to terminal spikelet (TS) and anthesis (Ant) with different combinations of nitrogen (N) and sulfur (S) rates. Data from experiments in containers. Means followed by the same letter in each subphase are not significantly different according to l.s.d. test (0.05).

Table 2. Final leaf number (FLN) and phyllochron value (degree-days/leaf) in the main stem for different combinations of nitrogen (N) and sulfur (S) in field experiments

Within columns, means followed by the same letter are not significantly different according to l.s.d. test (0.05)

Treatment	FLN		Phyllochron		
	2000	2001	2000	2001	
N ₁	S ₀	10.4a	11.8a	88.0a	88.0a
	S ₁	10.3a	11.8a	90.1a	87.7a
N ₂	S ₀	10.4a	11.2a	90.2a	92.7a
	S ₁	10.6a	11.4a	88.2a	91.0a
N ₃	S ₀	10.6a	11.8a	89.1a	88.0a
	S ₁	10.5a	11.9a	88.1a	87.6a
N ₄	S ₀	10.5a	11.6a	88.5a	89.9a
	S ₁	10.8a	11.6a	87.1a	89.7a

Wheat development as affected by nitrogen and sulfur nutrition

Fernando Salvagiotti^{A,C} and Daniel J. Miralles^B



Table 1

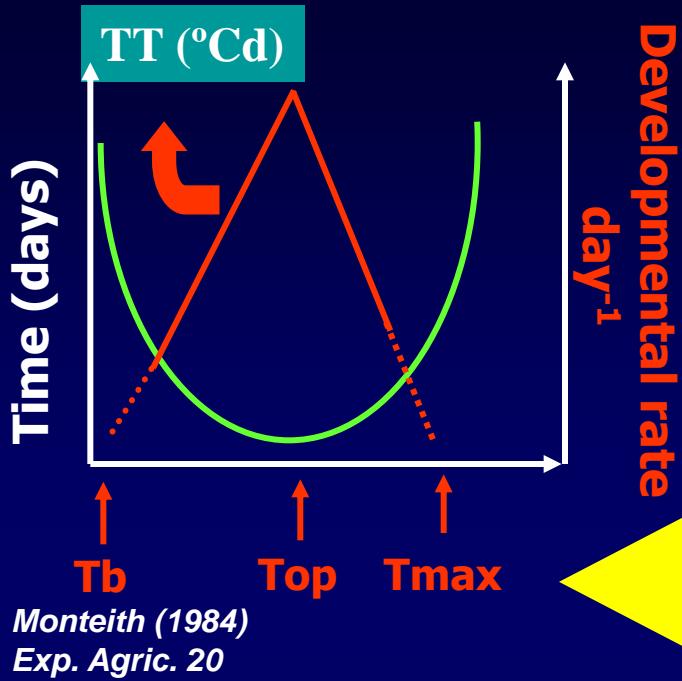
Days from sowing to anthesis (DA) and maturity (DM), main stem water-soluble carbohydrate (WSC) content, and grain yield for bread and durum wheat genotypes grown in well-watered and droughted field conditions across 2 years

Genotype	Well-watered				Droughted			
	DA (no.)	DM (no.)	WSC (mg)	GY ($t\ ha^{-1}$)	DA (no.)	DM (no.)	WSC (mg)	GY ($t\ ha^{-1}$)
No. 14	107d ^a	155e	482c	3.5c	106de	146c	326bc	1.9cd
No. 49	115a	165a	583b	3.7c	113a	157a	325bc	2.6abc
Chinese Spring	114ab	161b	424d	2.7d	113a	147c	273def	1.6d
Ramona 50	99g	148f	360fe	3.4cd	99g	133g	357ab	2.4bc
Marina	105e	159bc	369e	4.7b	105e	141def	190gh	2.3c
Winanza	113b	158cd	360ef	6.6a	109c	154b	178h	2.6abc
Anza	107d	151e	253g	6.2a	107d	139f	227fg	3.2a
Express	108d	156de	314f	5.9a	106de	140ef	305cd	3.2a
Wincona	112c	158cd	384ed	4.4b	105e	142b	246ef	2.1cd
Yecora Rojo	101f	148f	318f	5.1b	101f	132g	283cde	3.0ab
Westbred Turbo ^b	114ab	161b	690a	4.4b	111b	143d	377a	2.3c
Mean	108	156	413	4.6	107	143	281	2.5

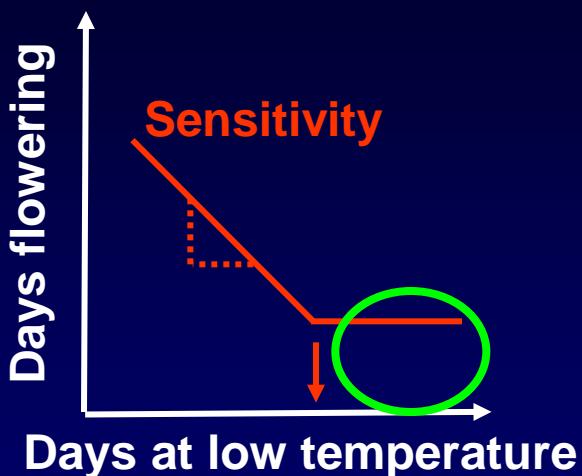
^a Means followed by the same letter within columns are not significantly different ($P < 0.05$) according to LSD test.

^b Durum wheat.

Temperature per se

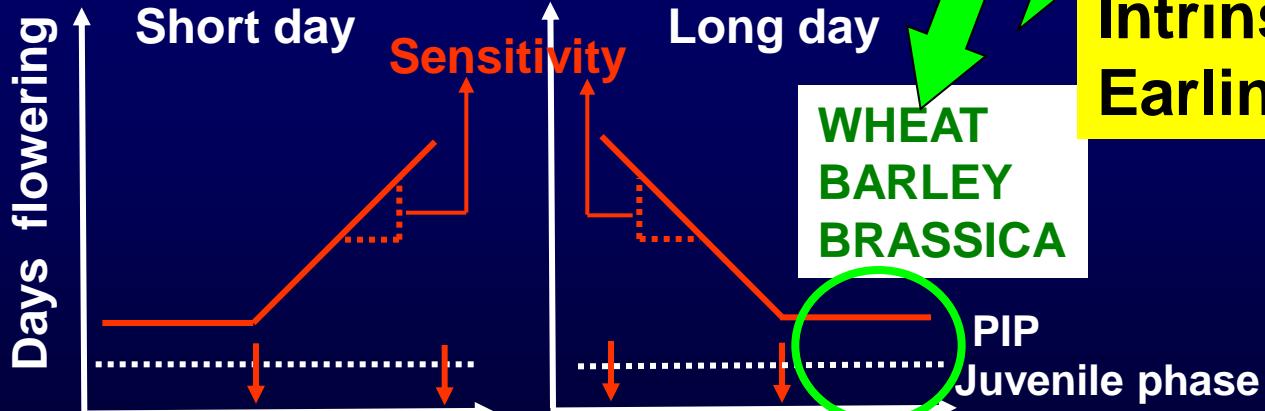


Vernalization



Flowering time

SOYBEAN
MAIZE
SORGHUM
RICE



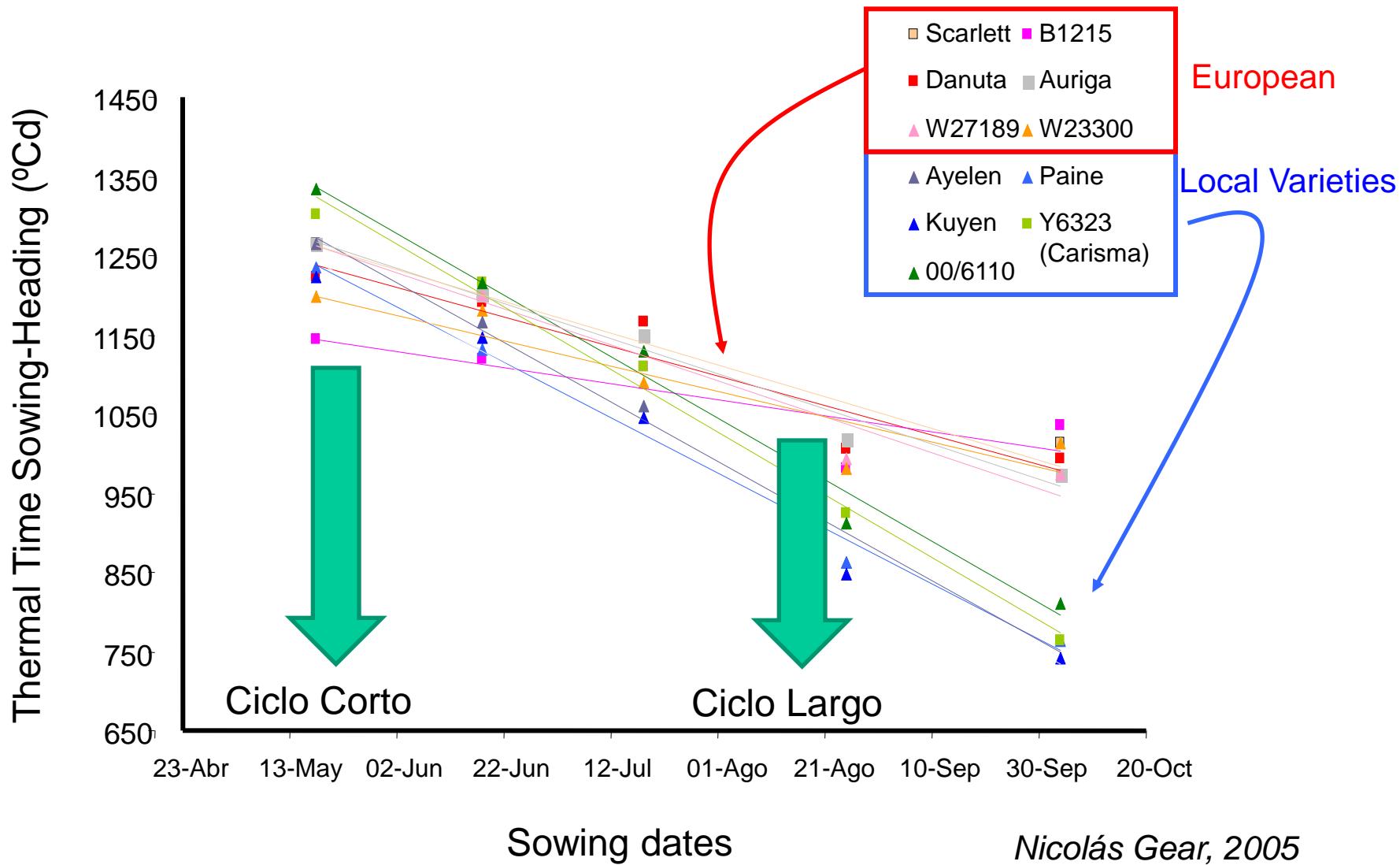
Photoperiod

Vergara and Chang, 1976
Int. Rice Res. Inst. Tech. Bull. 8
Major, 1980
Can. J. Plant Sci. 60, 777-784

Modelos de simulación de la fenología en los cultivos de trigo y cebada. Generación de modelos simples para uso en la producción.

Ejemplos de los modelos de la serie CRONOS

Respuesta fotoperiodica de variedades locales y europeas

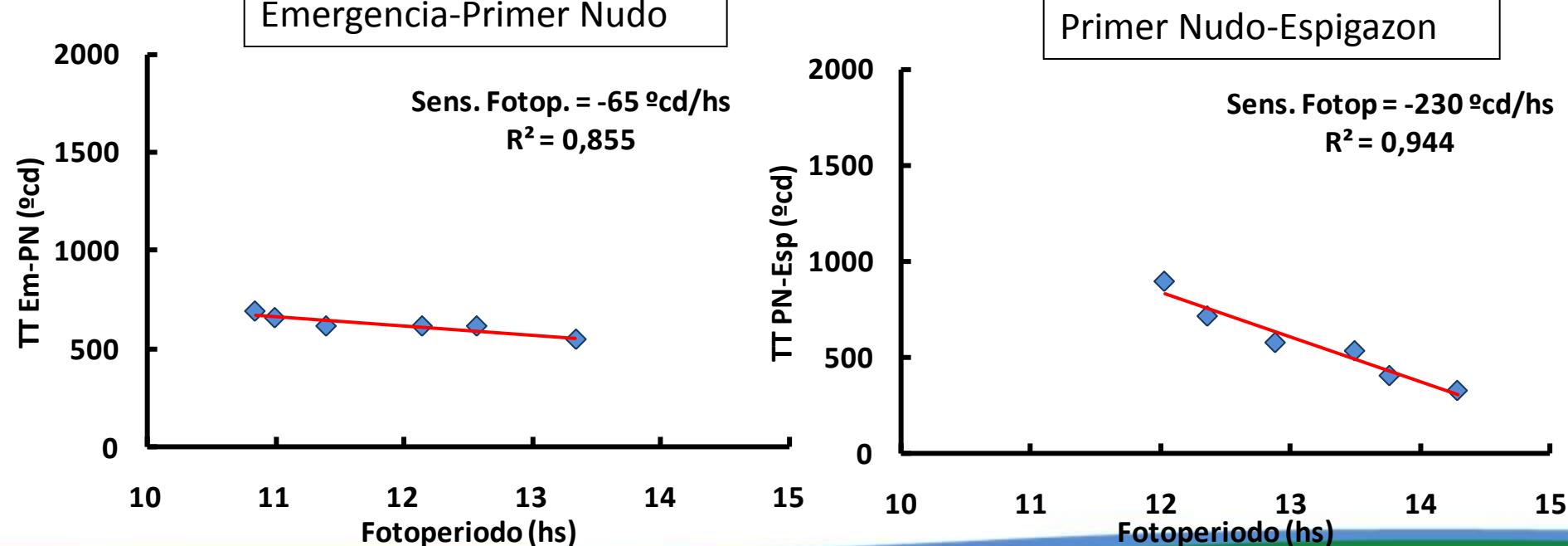
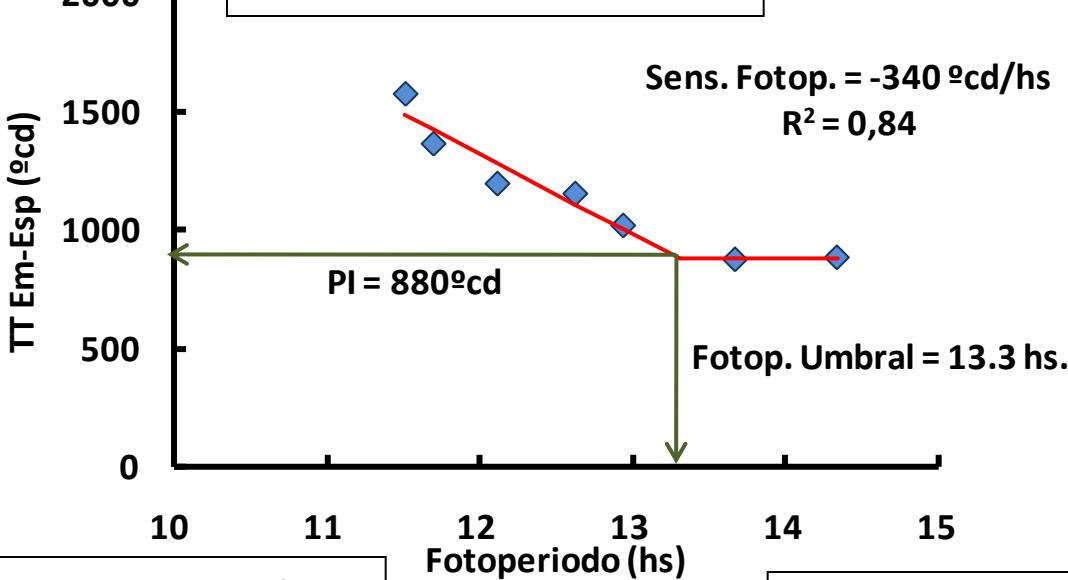


Nicolás Gear, 2005

Cebada: Modelos de sensibilidad fotoperiódica



Q. Ayelen



Cebada:
sensibilidad
fotoperiódica

Cultivar	Sensibilidad fotoperiódica	Fotoperíodo Umbral		PI	R ²
Em -Esp					
B1215	-282 ± 60	12,8	± 0,2	913	0,87
BRS 195	-133 ± 42	-	± -	-	0,69
Danuta	-270 ± 36	13,3	± 0,2	1017	0,93
Dayman	-152 ± 28	-	± -	-	0,79
MP 1109	-319 ± 79	13,5	± 0,4	913	0,82
Q. Ayelén	-340 ± 62	13,3	0,3	880	0,89
Q. Painé	-298 ± 48	13,3	± 0,3	889	0,91
Em -PN					
B1215	-69 ± 13	-	± -	-	0,81
BRS 195	-66 ± 10	-	± -	-	0,68
Danuta	-56 ± 9	-	± -	-	0,85
Dayman	-68 ± 21	-	± -	-	0,65
MP 1109	-86 ± 12	-	± -	-	0,89
Q. Ayelén	-65 ± 11	-	± -	-	0,83
Q. Painé	-69 ± 14	-	± -	-	0,78
PN -Esp					
B1215	-236 ± 106	13,1	± 0,40	471	0,54
BRS 195	-20 ± 59	-	± -	-	0,02
Danuta	-266 ± 45	13,3	± 0,17	457	0,94
Dayman	-206 ± 37	13,8	± 0,26	441	0,90
MP 1109	-225 ± 65	14,0	± 0,45	428	0,65
Q. Ayelén	-242 ± 46	13,9	± 0,30	430	0,84
Q. Painé	-393 ± 100	13,0	± 0,13	400	0,86



Cuando Florece !!!!!!!!



Cebada: Modelos de sensibilidad fotoperiódica



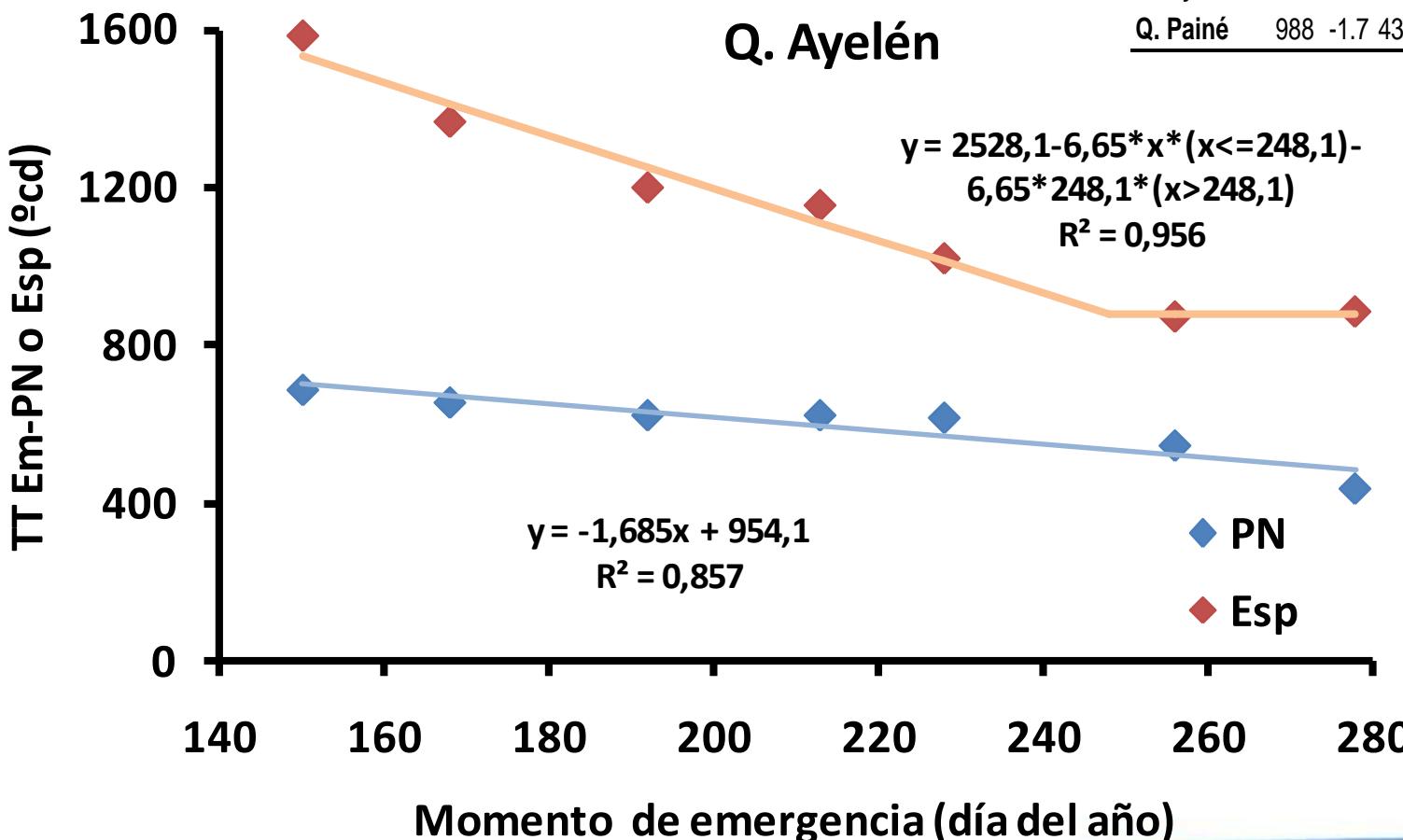
Cultivar	Em-PN			Em-Esp		
	a	b	ee	a	b	c ee
B1215	997	-1.8	41.6	2270	-5.5	225 38.2
BRS 195	1113	-1.8	50.2	1972	-3.4	56.1
Danuta	927	-1.4	29.6	2365	-5.9	233 32.6
Dayman	1008	-1.9	53.0	1962	-3.9	49.7
MP 1109	1112	-2.1	43.8	2554	-6.5	252 67.8
Q. Ayelén	954	-1.7	34.6	2528	-6.6	248 48.6
Q. Painé	988	-1.7	43.3	2349	-5.9	247 39.9

TT S-Em = 158 °cd

Q. Ayelén

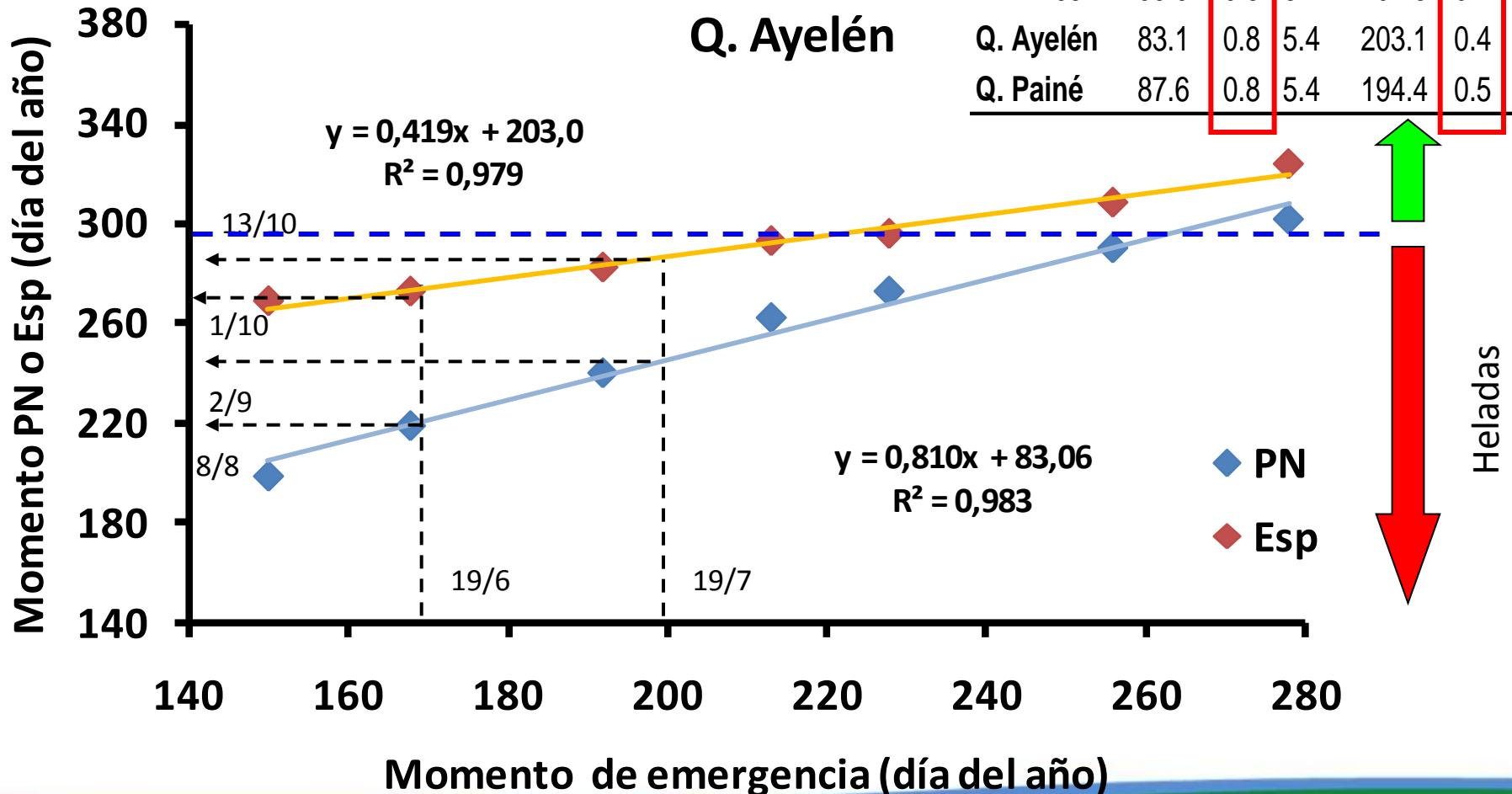
$$y = 2528,1 - 6,65 * x * (x \leq 248,1) - \\ 6,65 * 248,1 * (x > 248,1)$$

$R^2 = 0,956$



Cebada: Modelos de sensibilidad fotoperiódica

Cultivar	Em-PN			Em-Esp		
	a	b	ee	a	b	ee
B1215	89.2	0.8	5.5	181.8	0.5	3.1
BRS 195	114.8	0.7	7.1	181.4	0.6	3.8
Danuta	84.0	0.8	5.1	189.1	0.5	2.4
Dayman	97.1	0.8	5.7	187.5	0.5	2.4
MP 1109	99.9	0.8	6.4	207.8	0.4	3.1
Q. Ayelén	83.1	0.8	5.4	203.1	0.4	3.0
Q. Painé	87.6	0.8	5.4	194.4	0.5	2.8





Modelos de simulación como herramienta para la toma de decisiones asociadas a cambios en fechas Heladas

Entradas

Clima:
Rad, Tem, Pp

Suelo:
-Perfil
-Agua
-Nitrógeno

Manejo:
-Estructura
-Fertilización
-Riego

Genotipo:
-Fenología
-Crecimiento
-Rendimiento

Salidas

Fenología

Crecimiento

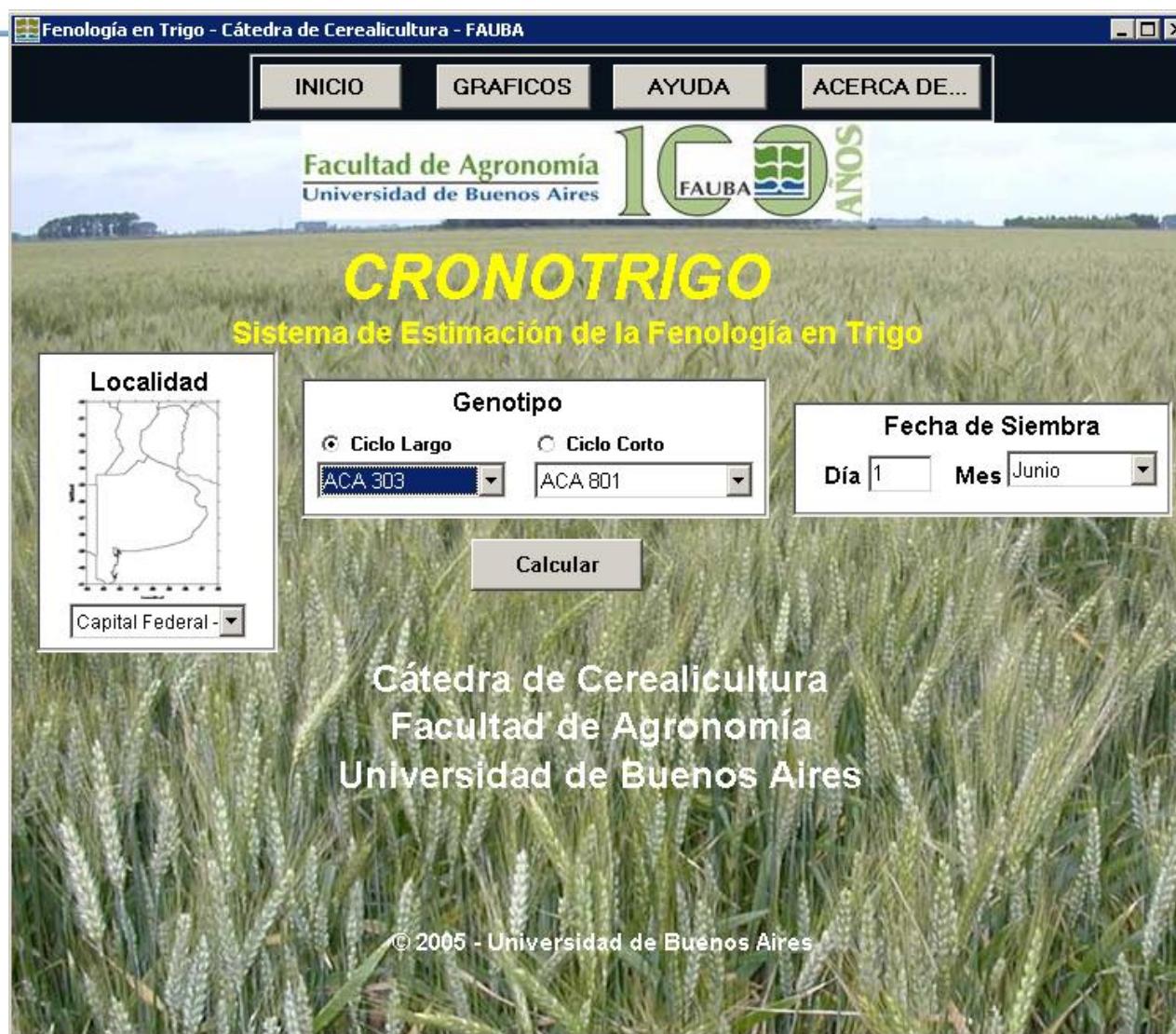
Rendimiento

Consumo de Agua y N

Agua y N en el suelo

DSSAT
Paso diario
Ceres-Trigo

Modelos de predicción fenológica



Fenología en Trigo - Cátedra de Cerealicultura - FAUBA

INICIO GRAFICOS AYUDA ACERCA DE...

Facultad de Agronomía
Universidad de Buenos Aires

10 FAUBA AÑOS

CRONOTRIGO

Sistema de Estimación de la Fenología en Trigo

Localidad

Genotipo

C Ciclo Largo C Ciclo Corto

ACA 303 ACA 801

Fecha de Siembra

Día 1 Mes Junio

Calcular

Cátedra de Cerealicultura
Facultad de Agronomía
Universidad de Buenos Aires

© 2005 - Universidad de Buenos Aires

<http://www.agro.uba.ar>

Institucional/Cátedras/Cerealicultura/Servicios.htm



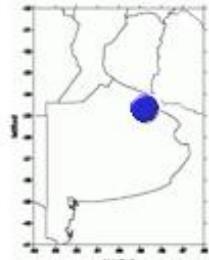
Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires

Av. San Martín 4453 - C1417DSE - Argentina - Tel. +54-11-4-524-8000 - www.agro.uba.ar

CRONOCEBADA

Sistema de Estimación de la Fenología en Cebada

Localidad



Capital Federal - Bs. As

Genotipo

Paine

Fecha de siembra

Día

1

Mes

Junio

CALCULAR

Cátedra de Cerealicultura
Facultad de Agronomía

© 2008 - Universidad de Buenos Aires



CRONOCEBADA

Ir

INICIO

GRAFICOS

AYUDA

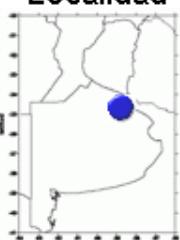
Acerca de..

**Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires**Av. San Martín 4453 - C1417DSE - Argentina - Tel. +54-11-4-524-8000 - www.agro.uba.ar

CRONOCEBADA

Sistema de Estimación de la Fenología

Localidad



Capital Federal - Bs. As.

Genotipo

Paine

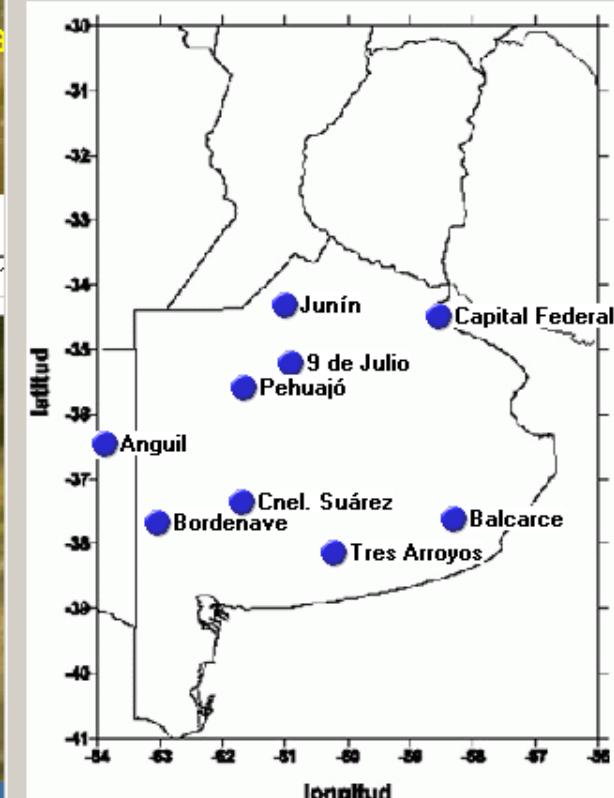
CALCULAR

Día

Cátedra de Cerealicultura
Facultad de Agronomía

© 2008 - Universidad de Buenos Aires

Seleccione una localidad



[INICIO](#)[GRAFICOS](#)[AYUDA](#)[Acerca de..](#)

Genotipo Sel.

PRIMER NUDO

Ap. de Aristas

MADUREZ FIS.

Ciclo a Ap. de Aristas

LLENADO GRANOS

HELADAS

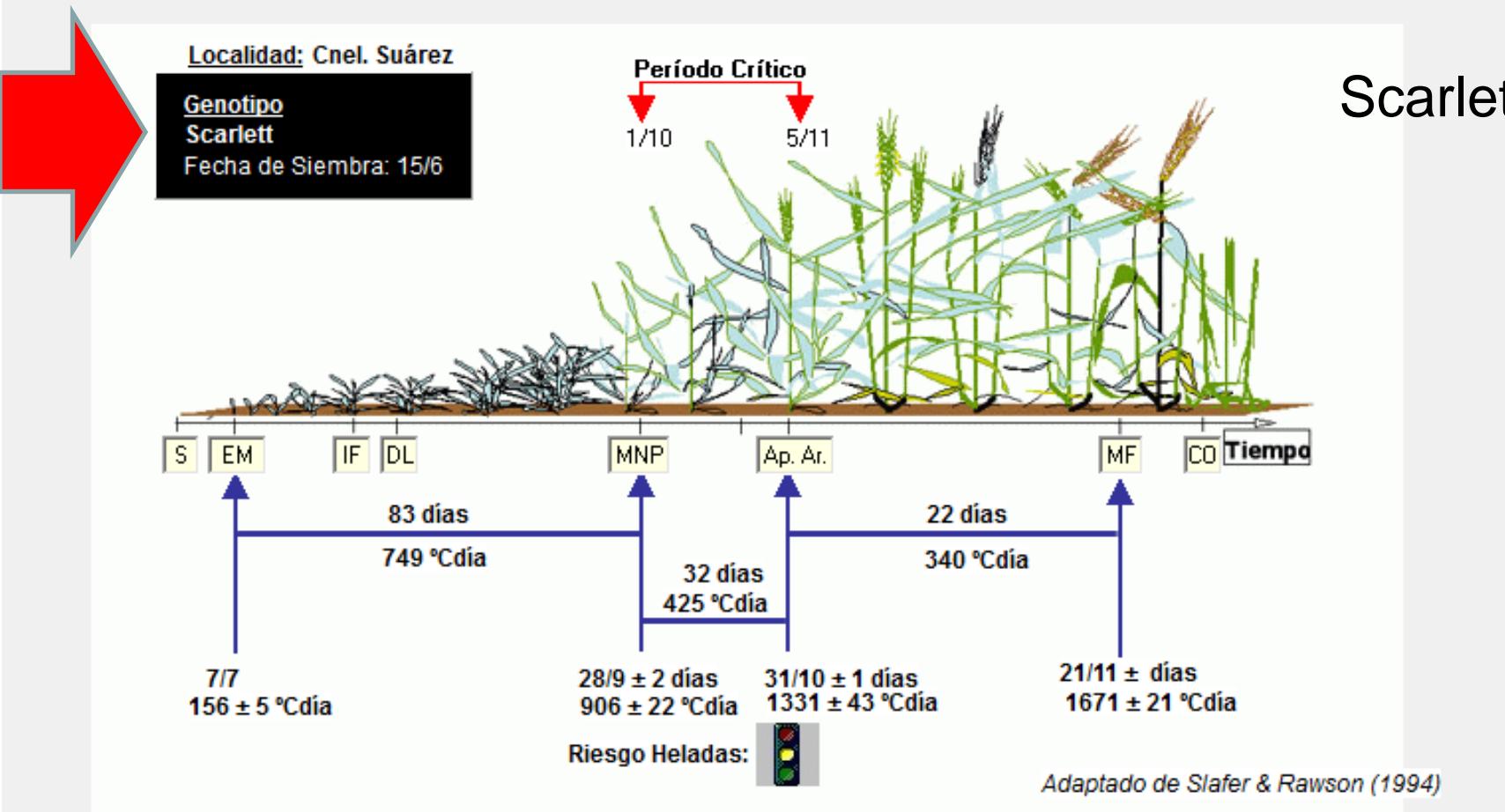
Rend. Relativo

Localidad: Cnel. Suárez

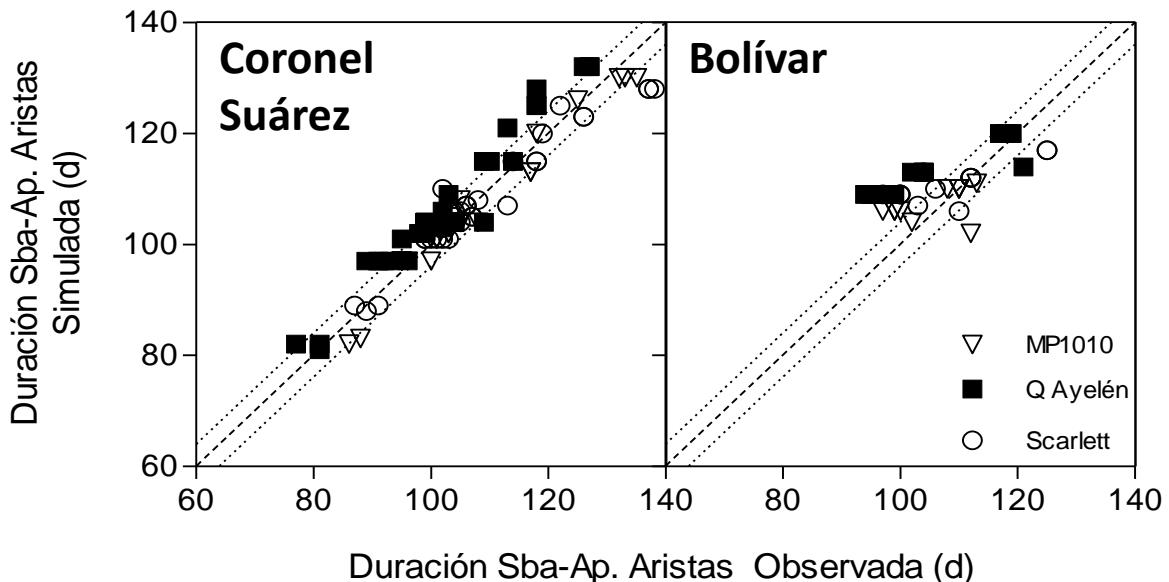
Genotipo: Scarlett

F. Siembra: 15 de Junio

MODIFICAR



Validación del modelo



Relación entre la duración de la etapa siembra-Ap.de aristas simulada por el modelo Cronocebada© y la observada a campo

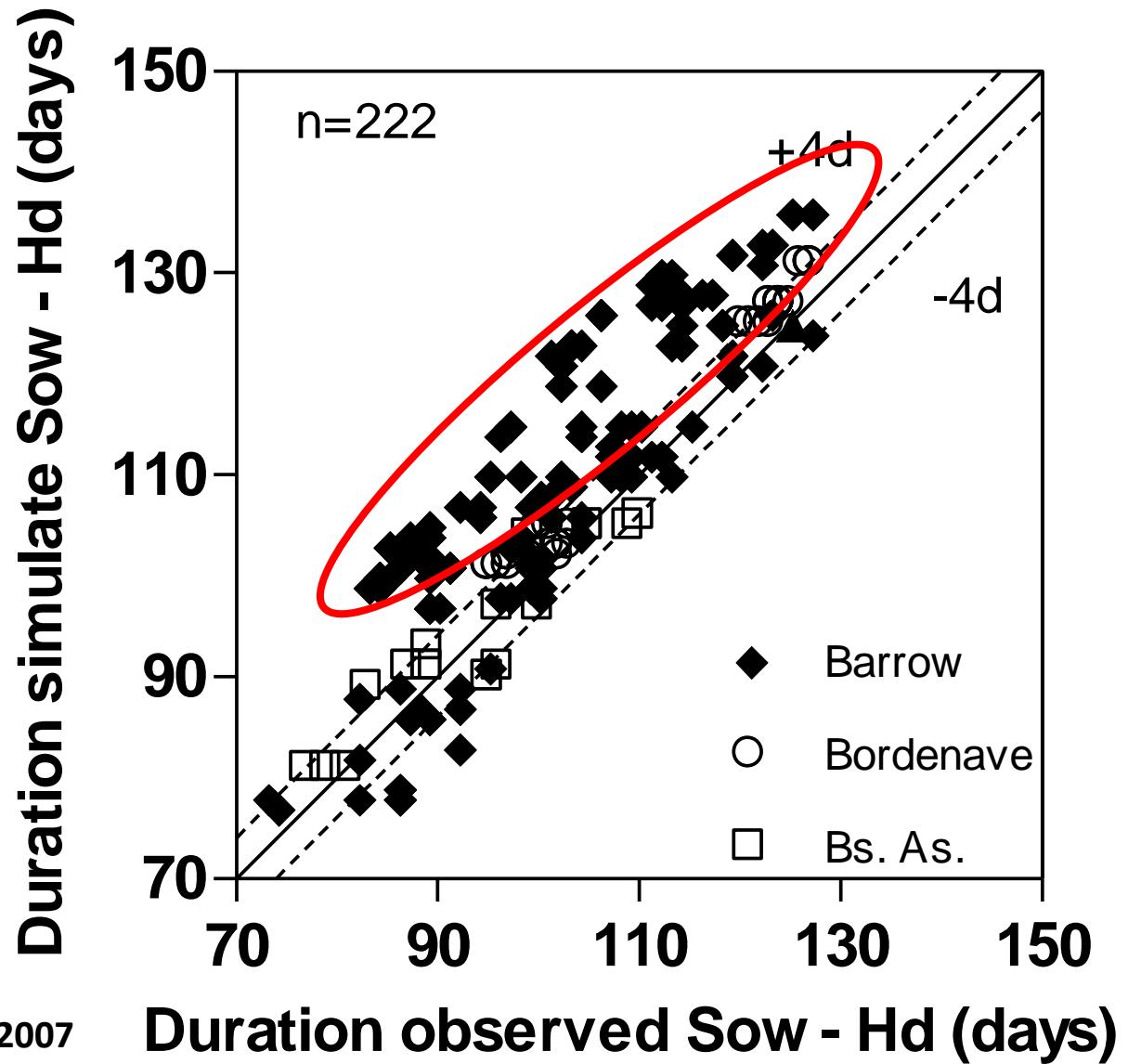
Localidad	Genotipo	a	b	r^2	n	RMSE (días)	RMSE (%)
Bolívar	MP1010	83,3	0,23	0,21	12	5,7	5,4
	Q.Ayelén	71,0	0,40	0,82	15	10,2	9,8
	Scarlett	79,2	0,29	0,63	14	6,9	6,4
	Todos	74,4	0,35	0,34	41	8,0	7,6
Cnel. Suarez	MP1010	4,40	0,95	0,97	24	2,6	2,5
	Q.Ayelén	-0,53	1,05	0,95	37	4,9	4,9
	Scarlett	21,0	0,80	0,93	39	3,5	3,3
	Todos	5,24	0,97	0,92	100	3,9	3,8



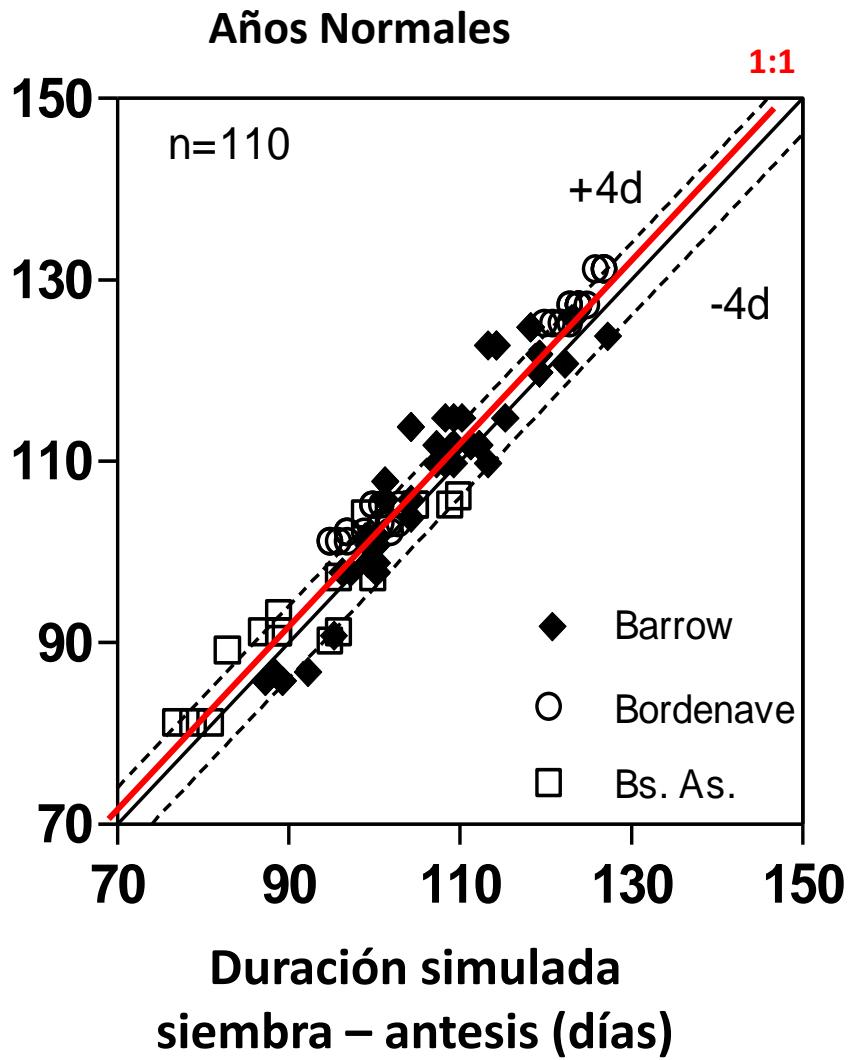
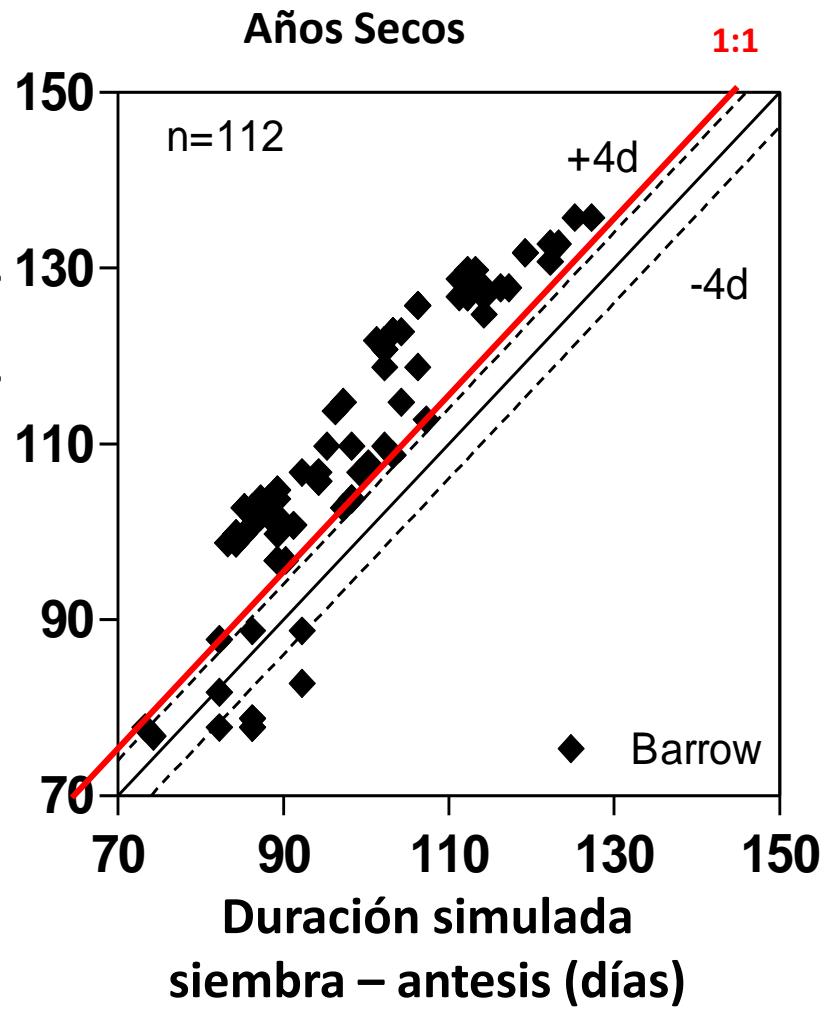
Tres Arroyos-Barrow
Bordenave
Buenos Aires

Años:
'98-'99-'00-'01-'02-
'04-'05-'06-'07-'08

Datos aportados por:
Antonio Aguinaga, RET CEBADA 2007
y FAUBA



Duración observada
siembra – antesis (días)



Cebadas

Aliciana

Andreia

Carisma

Explorer

Scarlett

Scrabble

Shakira

26 Cvs Trigo
7 Cvs Cebada

Trigos

ACA 320

ACA 901

AGP 127

AGP Fast

Arex

Baguette 11

Premium

Baguette 30

Baguette 501

Baguette 601

BIOINTA 1006

BIOINTA 2004

BIOINTA 3005

Cipres

Gladiador

León

Lyon

Pleno

Rayo

SRM Nogal

SRM Nogal 111

SY100

SY110

SY200

SY300

Yarará