

Mecanismos de tolerancia a stress en maíz

Dr. Lucas Borrás

Facultad de Ciencias Agrarias, UNR

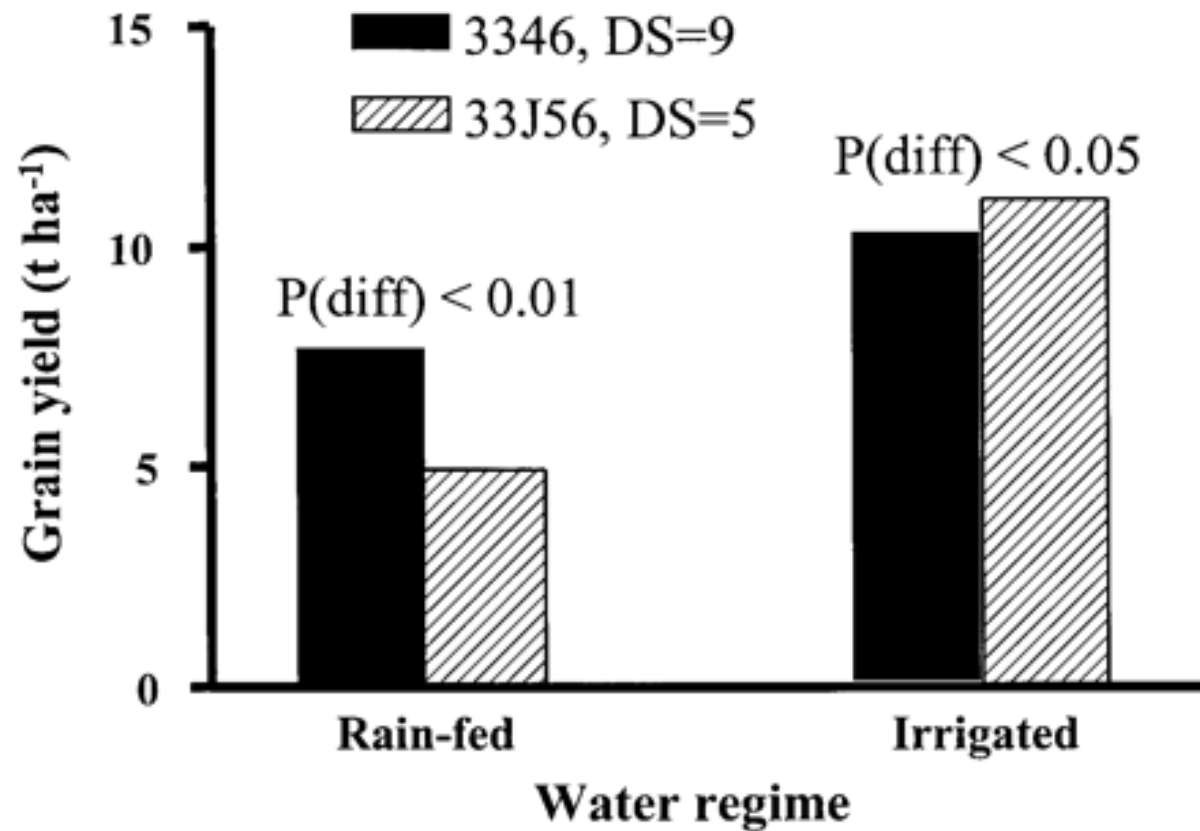
CONICET

Julio 3, 2013

Jornada Extensión 2013



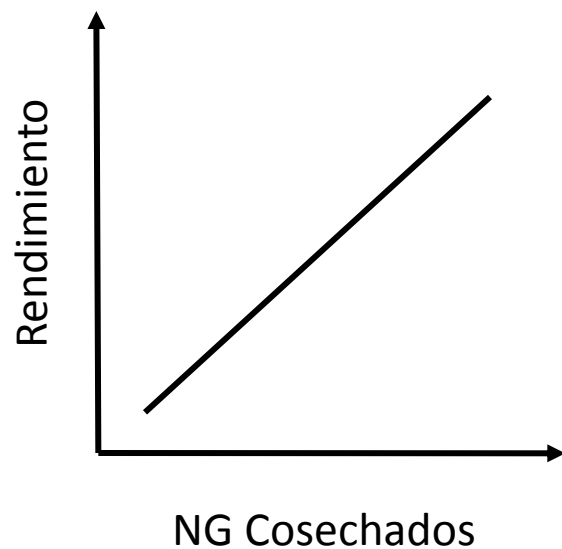
Ejemplo de inestabilidad del rendimiento frente a un evento de sequía:



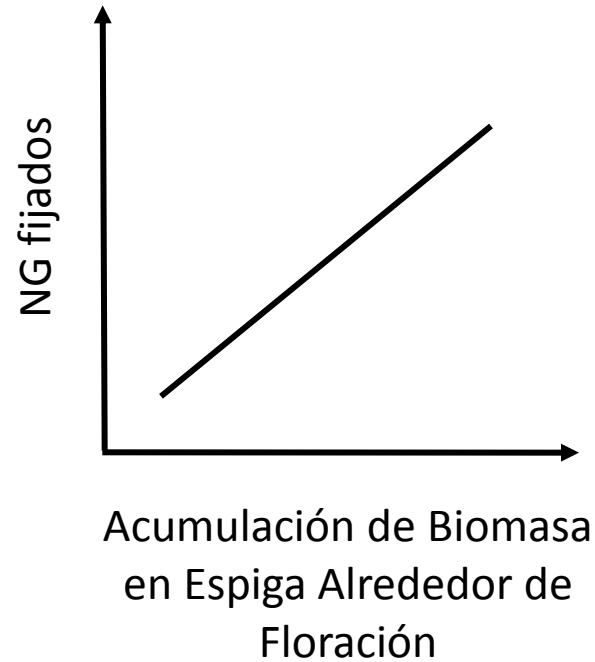
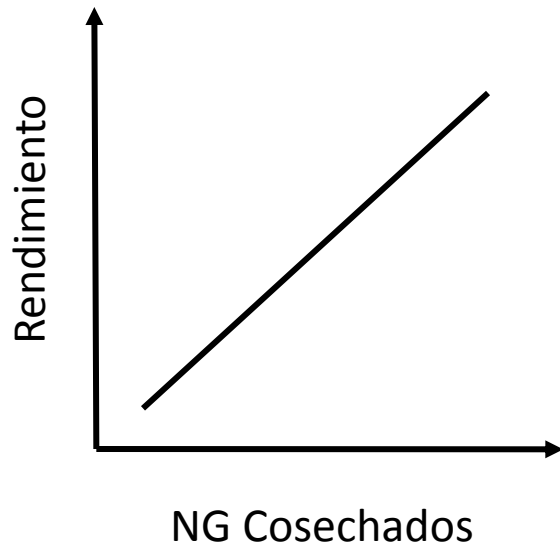
Marco teórico del entendimiento de la definición del rendimiento en función del número de granos



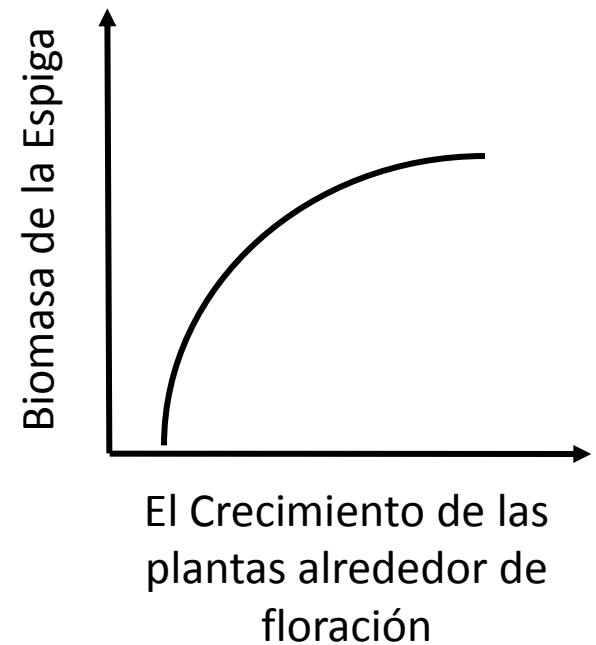
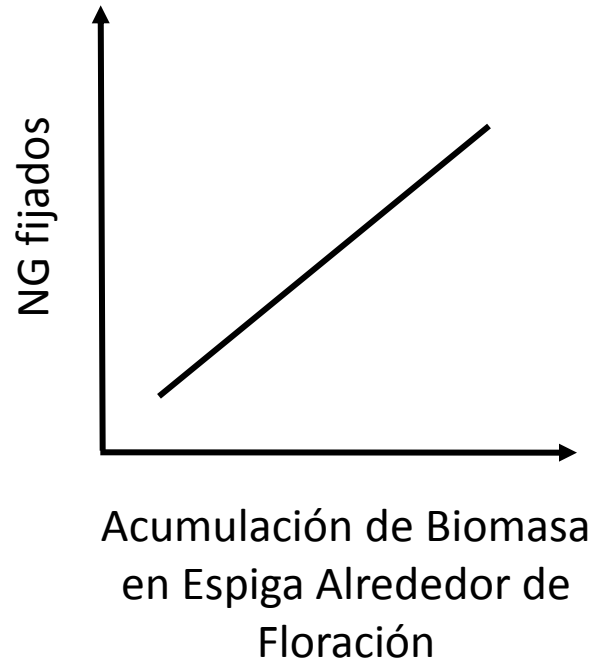
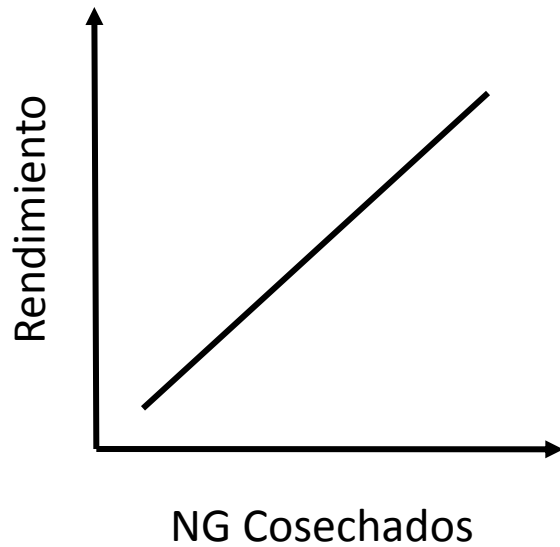
Marco teórico del entendimiento de la definición del rendimiento en función del número de granos



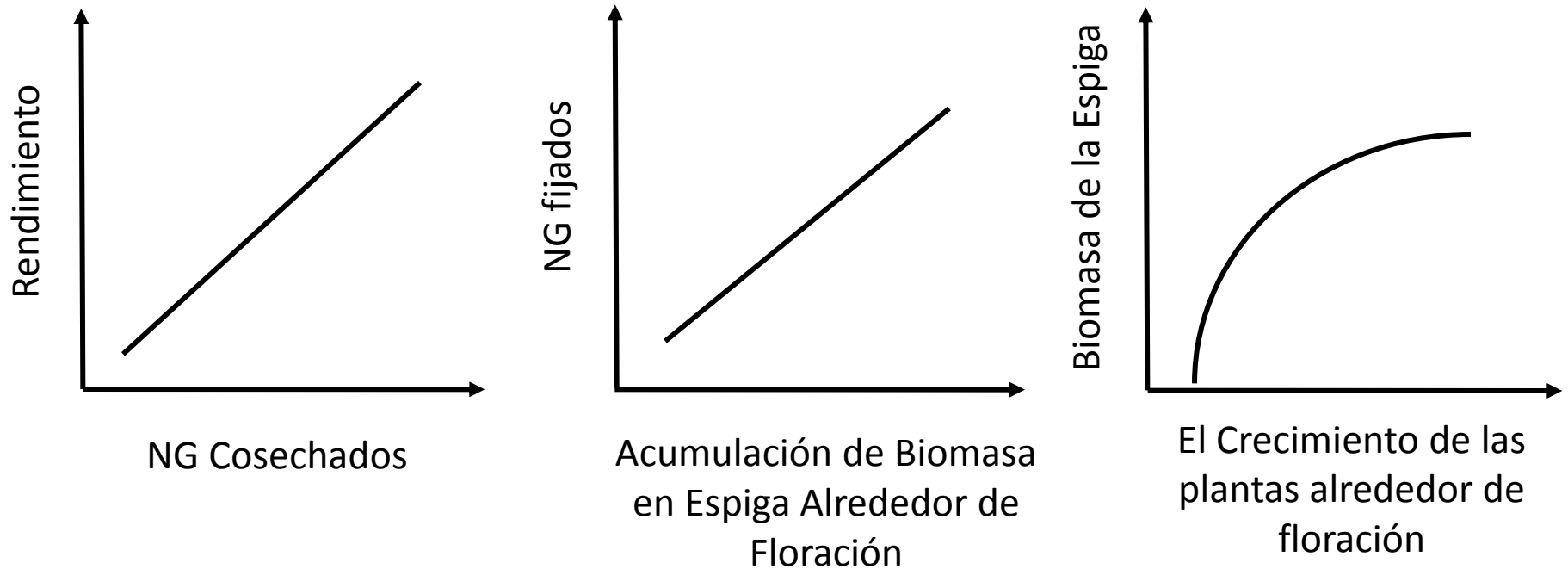
Marco teórico del entendimiento de la definición del rendimiento en función del número de granos



Marco teórico del entendimiento de la definición del rendimiento en función del número de granos



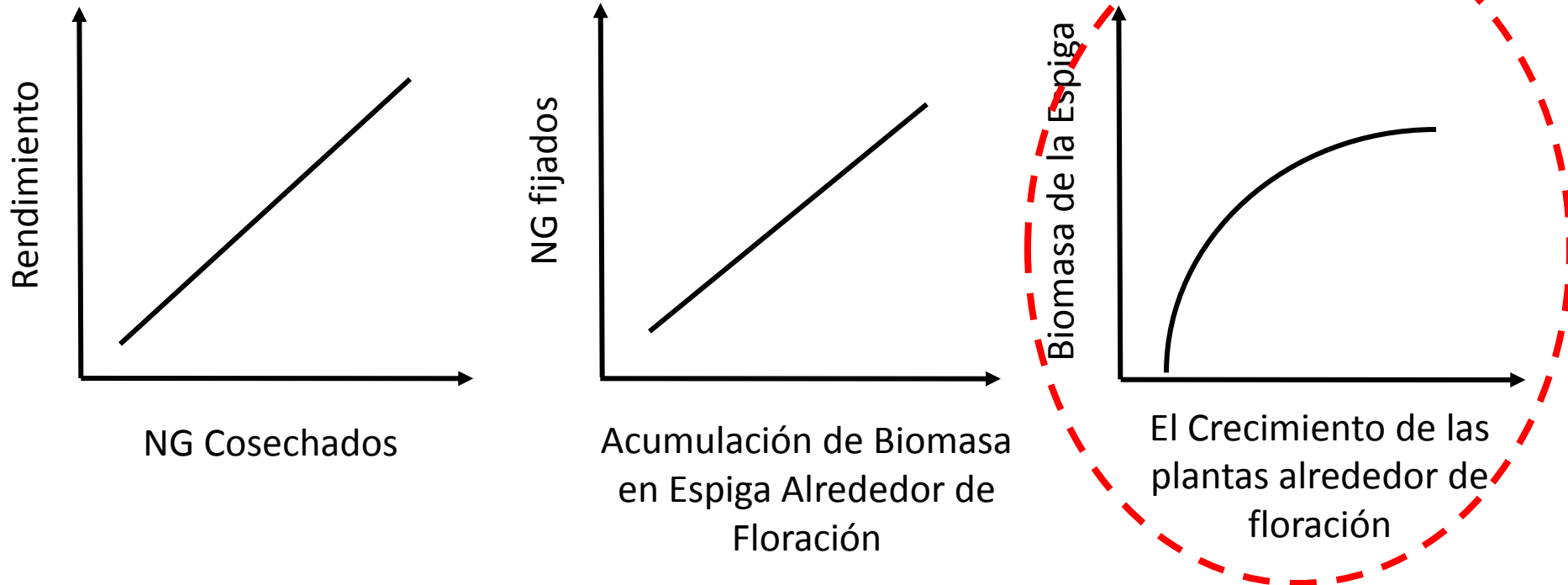
Marco teórico del entendimiento de la definición del rendimiento en función del número de granos



¿Porqué algunos genotipos bajan su rendimiento en mayor medida que otros frente a iguales niveles de stress alrededor de floración?



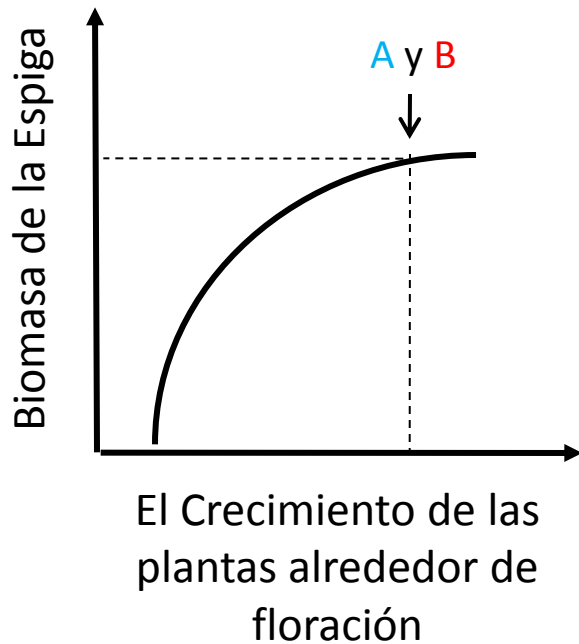
Marco teórico del entendimiento de la definición del rendimiento en función del número de granos



¿Porqué algunos genotipos bajan su rendimiento en mayor medida que otros frente a iguales niveles de stress alrededor de floración?



Surgen tres casos de interacción G x A:

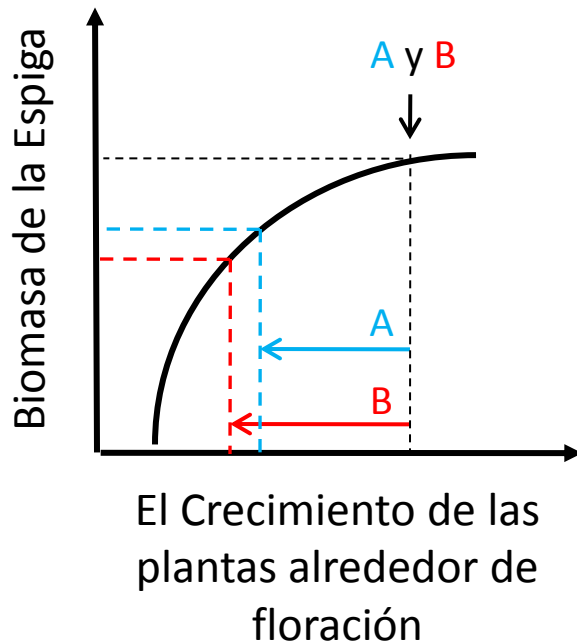


¿Porqué algunos genotipos bajan su rendimiento en mayor medida que otros frente a iguales niveles de stress alrededor de floración?



Surgen tres casos de interacción G x A:

1- Los genotipos bajan su crecimiento en diferente medida.



¿Porqué algunos genotipos bajan su rendimiento en mayor medida que otros frente a iguales niveles de stress alrededor de floración?



Diferencias de crecimiento de plantas entre genotipos comerciales alrededor de floración.

Gen	Densidad	Año 1	Año 2	Promedio
NK860	8 pl m ⁻²			
NK910				
P1979				
P2069				
P2053				
DK670				
DK692				
AX852				
AX886				
AX887				
Prec. Nid.				
Diferencia				



Diferencias de crecimiento de plantas entre genotipos comerciales alrededor de floración.

Gen	Densidad	Año 1	Año 2	Promedio
NK860	8 pl m ⁻²	3.28		
NK910		3.30		
P1979		2.99		
P2069		3.45		
P2053		3.11		
DK670		4.57		
DK692		3.35		
AX852		2.72		
AX886		2.67		
AX887		3.23		
Prec. Nid.		3.62		
Diferencia		1.90		



Diferencias de crecimiento de plantas entre genotipos comerciales alrededor de floración.

Gen	Densidad	Año 1	Año 2	Promedio
NK860	8 pl m ⁻²	3.28	3.27	
NK910		3.30	3.33	
P1979		2.99	3.09	
P2069		3.45	3.05	
P2053		3.11	3.52	
DK670		4.57	4.49	
DK692		3.35	3.65	
AX852		2.72	4.03	
AX886		2.67	3.98	
AX887		3.23	4.76	
Prec. Nid.		3.62	3.50	
Diferencia		1.90	1.44	



Diferencias de crecimiento de plantas entre genotipos comerciales alrededor de floración.

Gen	Densidad	Año 1	Año 2	Promedio
NK860	8 pl m ⁻²	3.28	3.27	3.27
NK910		3.30	3.33	3.32
P1979		2.99	3.09	3.04
P2069		3.45	3.05	3.25
P2053		3.11	3.52	3.31
DK670		4.57	4.49	4.53
DK692		3.35	3.65	3.50
AX852		2.72	4.03	3.38
AX886		2.67	3.98	3.33
AX887		3.23	4.76	3.99
Prec. Nid.		3.62	3.50	3.56
Diferencia		1.90	1.44	1.49



Diferencias de crecimiento de plantas entre genotipos comerciales alrededor de floración.

Gen	Densidad	Año 1	Año 2	Promedio
NK860	1 pl m ⁻²	7.10	8.43	7.76
NK910		7.73	7.60	7.67
P1979		7.79	6.40	7.09
P2069		7.75	6.16	6.96
P2053		8.02	7.17	7.59
DK670		9.02	8.13	8.58
DK692		6.49	7.13	6.81
AX852		6.89	9.55	8.22
AX886		8.11	9.19	8.65
AX887		7.58	9.14	8.36
Prec. Nid.		7.14	6.99	7.07
Diferencia		2.12	3.39	1.58



Diferencias de crecimiento de plantas entre genotipos comerciales alrededor de floración.

Gen	Densidad	Año 1	Año 2	Promedio
NK860	16 pl m ⁻²	1.33	1.89	1.61
NK910		1.01	2.03	1.52
P1979		1.50	2.19	1.84
P2069		1.45	1.91	1.68
P2053		1.53	2.29	1.91
DK670		1.28	2.70	1.99
DK692		1.35	2.56	1.95
AX852		0.88	1.44	1.16
AX886		1.21	2.11	1.66
AX887		1.53	2.15	1.84
Prec. Nid.		1.45	2.27	1.86
Diferencia		0.65	1.26	0.83



Diferencias de crecimiento de plantas entre genotipos comerciales alrededor de floración.

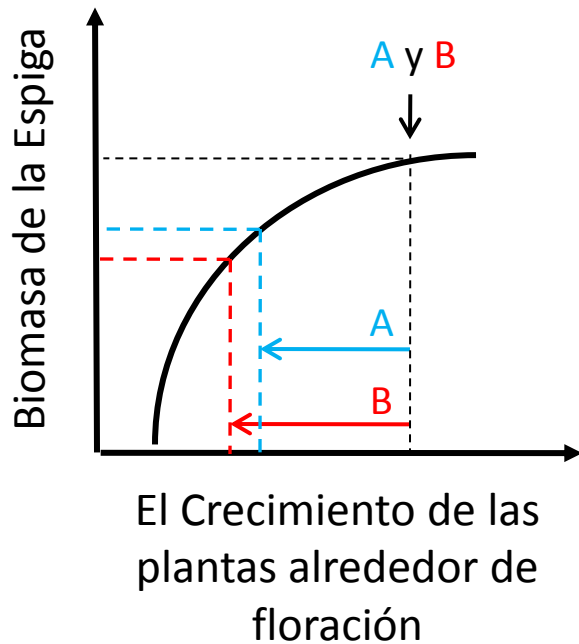
	Densidad	Año 1	Año 2	Promedio
Media	1	7.60	7.81	7.71
	8	3.30	3.70	3.50
	16	1.32	2.14	1.73
Diferencia	1	2.12	3.39	1.58
	8	1.90	1.44	1.49
	16	0.65	1.26	0.83
%	1	28	43	21
	8	58	39	43
	16	49	59	48

Las diferencias relativas entre genotipos en crecimiento son mayores en altos niveles de stress.



Surgen tres casos de interacción G x A:

1- Los genotipos bajan su crecimiento en diferente medida.

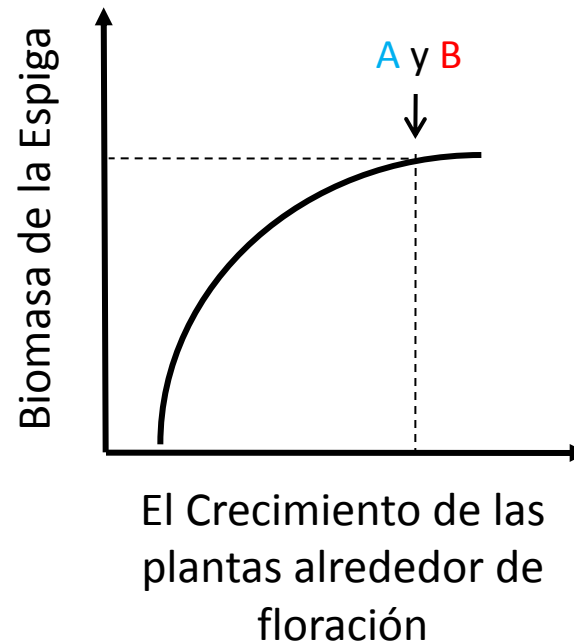
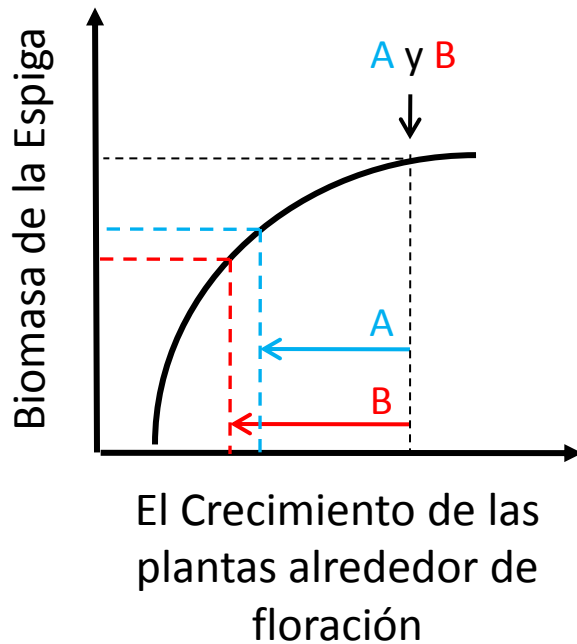


¿Porqué algunos genotipos bajan su rendimiento en mayor medida que otros frente a iguales niveles de stress alrededor de floración?



Surgen tres casos de interacción G x A:

1- Los genotipos bajan su crecimiento en diferente medida.



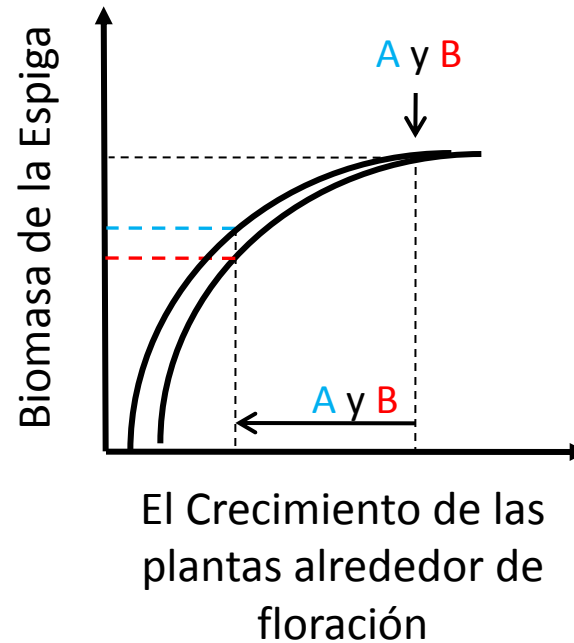
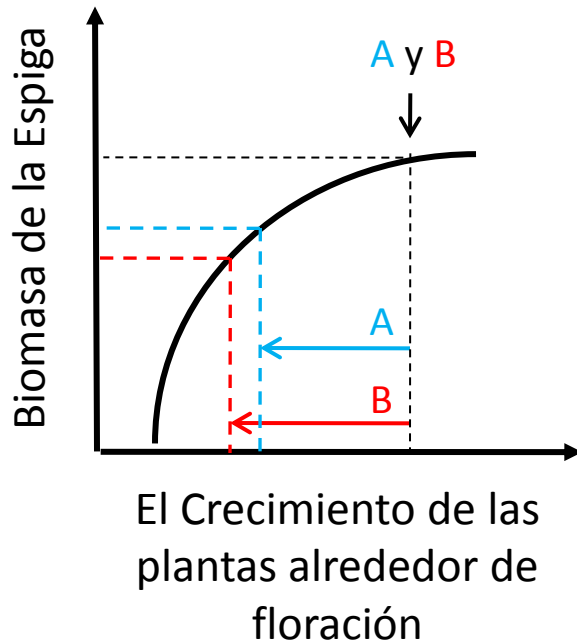
¿Porqué algunos genotipos bajan su rendimiento en mayor medida que otros frente a iguales niveles de stress alrededor de floración?



Surgen tres casos de interacción G x A:

1- Los genotipos bajan su crecimiento en diferente medida.

2- Los genotipos tienen una diferente partición de biomasa a espiga.

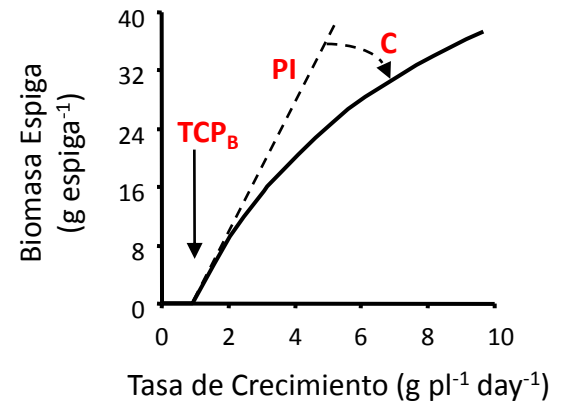


¿Porqué algunos genotipos bajan su rendimiento en mayor medida que otros frente a iguales niveles de stress alrededor de floración?



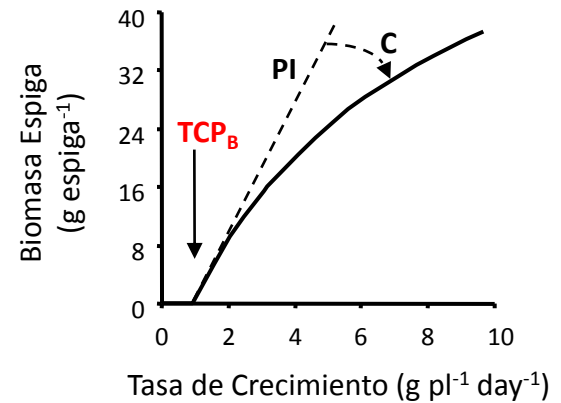
Datos de partición de biomasa en genotipos comerciales actuales

Gen	TCP _B	Pend Inic.	C
NK860			
NK910			
P1979			
P2069			
P2053			
DK670			
DK692			
AX852			
AX886			
AX887			
Prec. Nid.			



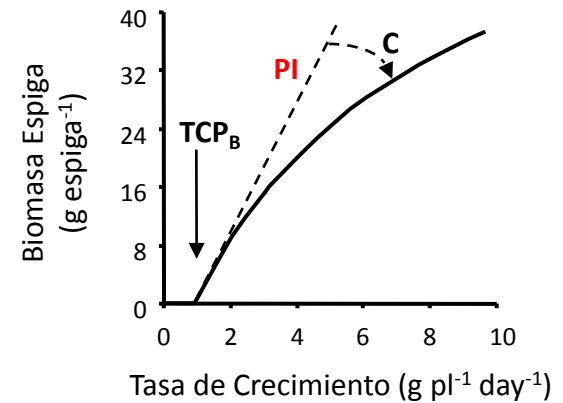
Datos de partición de biomasa en genotipos comerciales actuales

Gen	TCP _B	Pend Inic.	C
NK860	0.49		
NK910	0.00		
P1979	0.61		
P2069	1.13		
P2053	1.32		
DK670	0.54		
DK692	1.02		
AX852	0.00		
AX886	0.42		
AX887	1.03		
Prec. Nid.	0.61		
	p < 0.01		



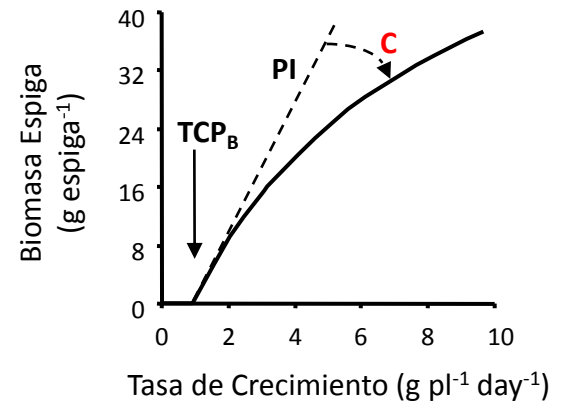
Datos de partición de biomasa en genotipos comerciales actuales

Gen	TCP _B	Pend Inic.	C
NK860	0.49	8.56	
NK910	0.00	6.17	
P1979	0.61	7.58	
P2069	1.13	9.00	
P2053	1.32	10.03	
DK670	0.54	5.04	
DK692	1.02	9.87	
AX852	0.00	6.20	
AX886	0.42	5.78	
AX887	1.03	7.27	
Prec. Nid.	0.61	6.18	
	p < 0.01	p < 0.01	



Datos de partición de biomasa en genotipos comerciales actuales

Gen	TCP _B	Pend Inic.	C
NK860	0.49	8.56	0.039
NK910	0.00	6.17	0.011
P1979	0.61	7.58	0.001
P2069	1.13	9.00	0.000
P2053	1.32	10.03	0.061
DK670	0.54	5.04	0.000
DK692	1.02	9.87	0.022
AX852	0.00	6.20	0.025
AX886	0.42	5.78	0.001
AX887	1.03	7.27	0.000
Prec. Nid.	0.61	6.18	0.000
	p < 0.01	p < 0.01	ns



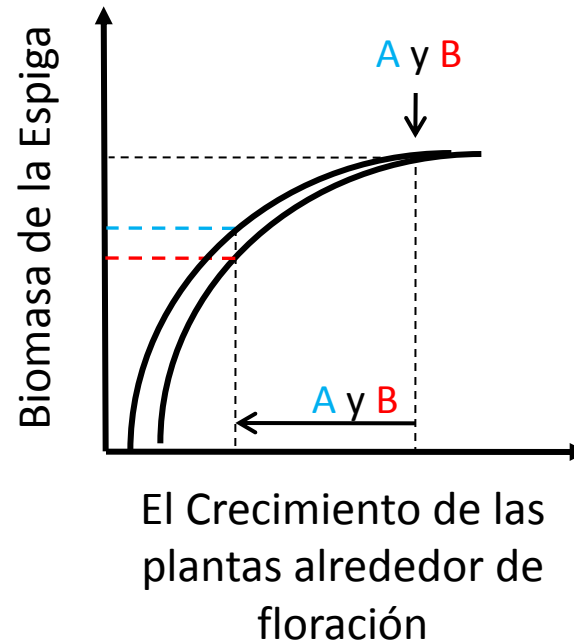
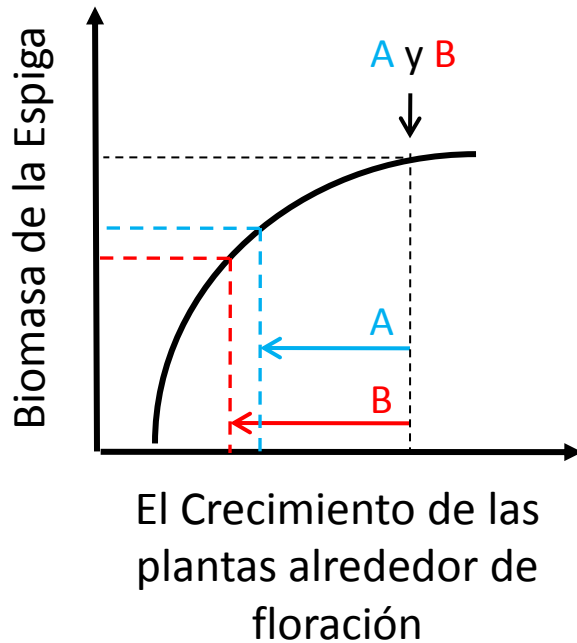
Existen diferencias en partición de biomasa a espiga entre los genotipos comerciales evaluados



Surgen tres casos de interacción G x A:

1- Los genotipos bajan su crecimiento en diferente medida.

2- Los genotipos tienen una diferente partición de biomasa a espiga.



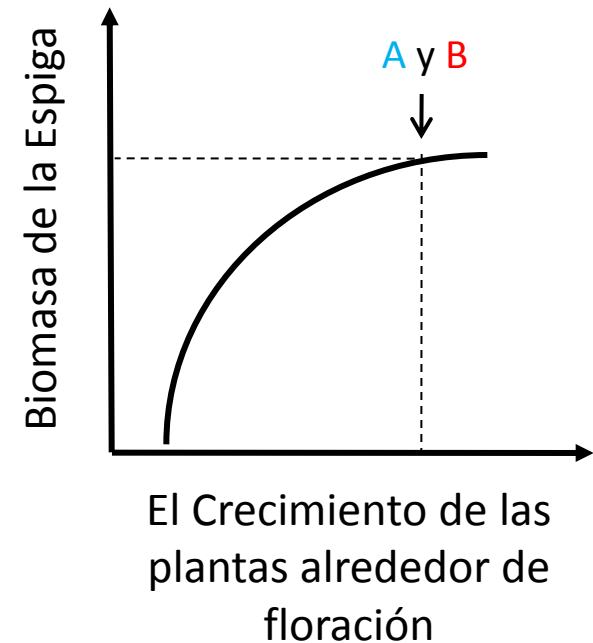
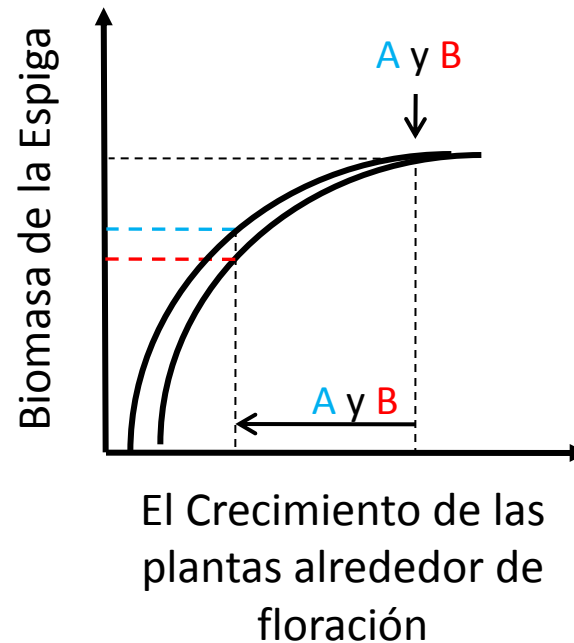
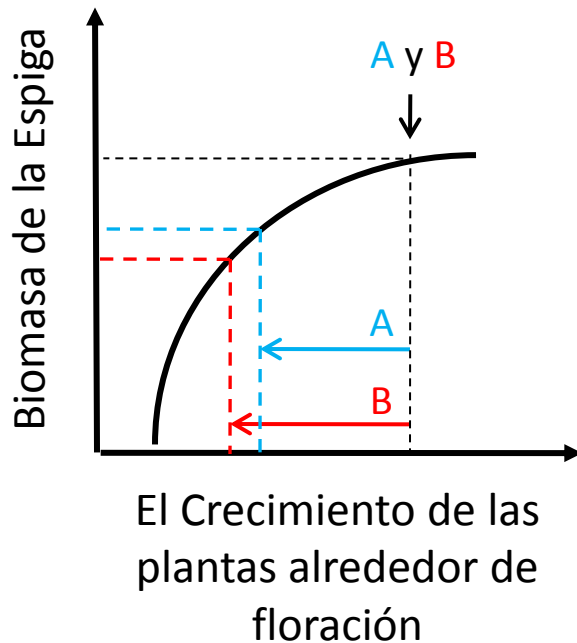
¿Porqué algunos genotipos bajan su rendimiento en mayor medida que otros frente a iguales niveles de stress alrededor de floración?



Surgen tres casos de interacción G x A:

1- Los genotipos bajan su crecimiento en diferente medida.

2- Los genotipos tienen una diferente partición de biomasa a espiga.

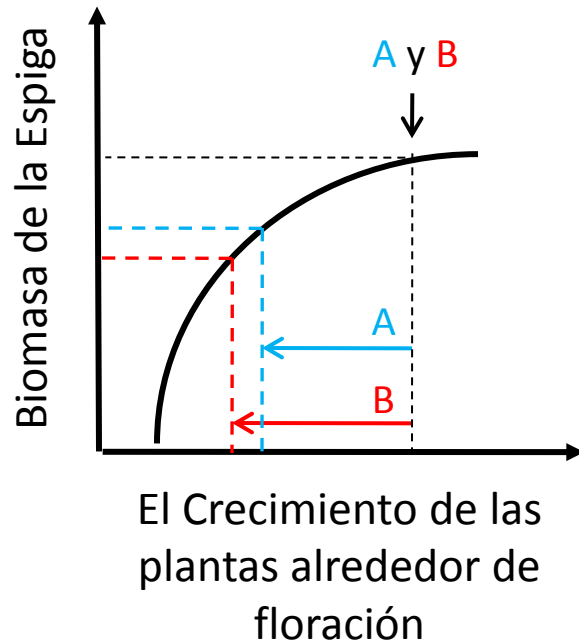


¿Porqué algunos genotipos bajan su rendimiento en mayor medida que otros frente a iguales niveles de stress alrededor de floración?

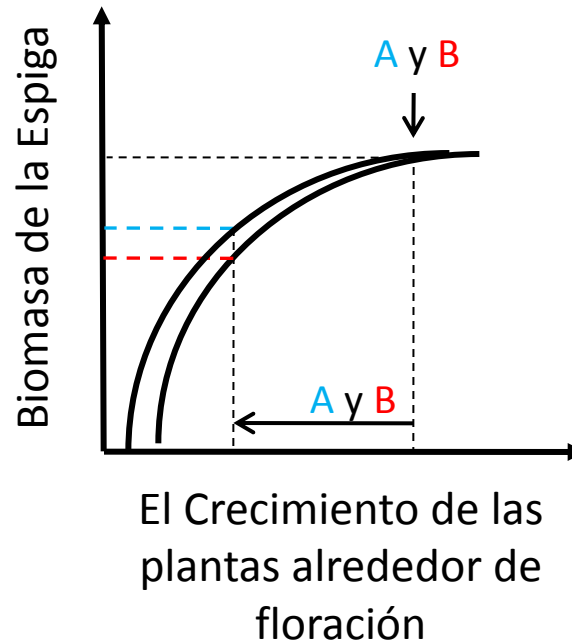


Surgen tres casos de interacción G x A:

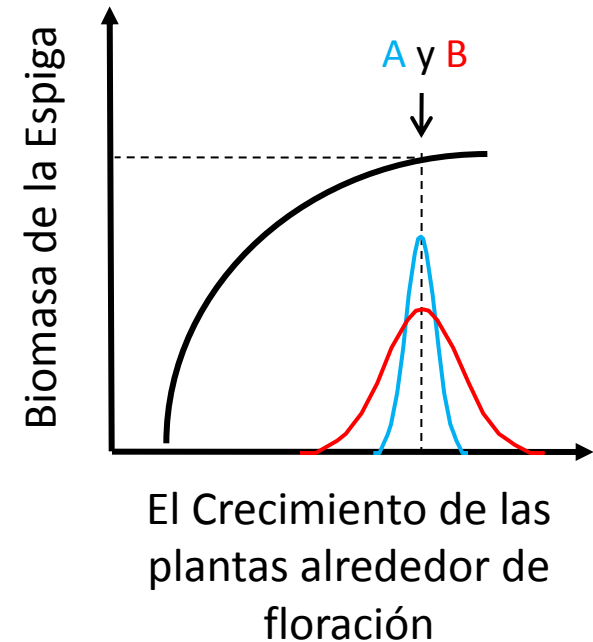
1- Los genotipos bajan su crecimiento en diferente medida.



2- Los genotipos tienen una diferente partición de biomasa a espiga.



3- Los genotipos tienen una variabilidad entre plantas muy diferente.

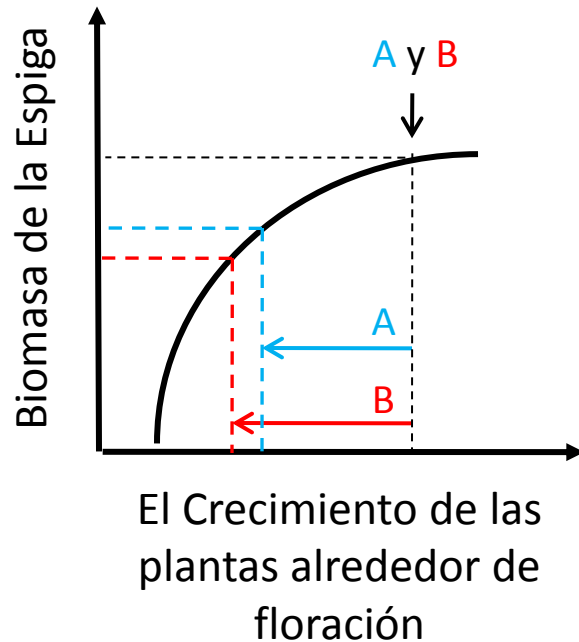


¿Porqué algunos genotipos bajan su rendimiento en mayor medida que otros frente a iguales niveles de stress alrededor de floración?

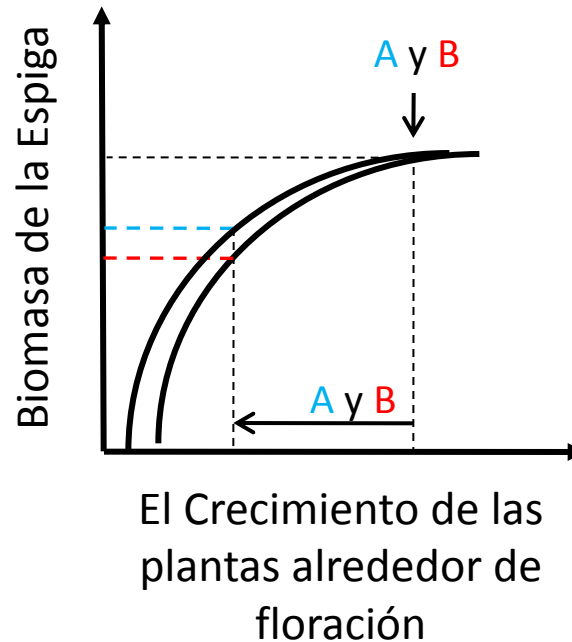


Surgen tres casos de interacción G x A:

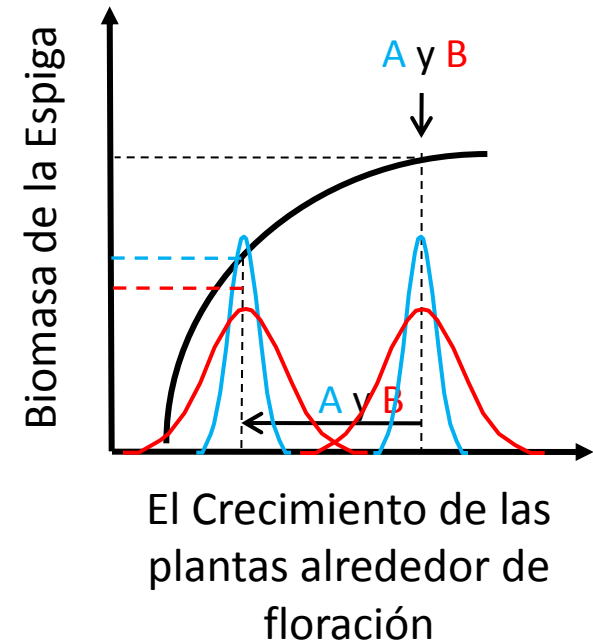
1- Los genotipos bajan su crecimiento en diferente medida.



2- Los genotipos tienen una diferente partición de biomasa a espiga.



3- Los genotipos tienen una variabilidad entre plantas muy diferente.



¿Porqué algunos genotipos bajan su rendimiento en mayor medida que otros frente a iguales niveles de stress alrededor de floración?



Rendimiento del cultivo, densidad y viabilidad planta a planta en rinde

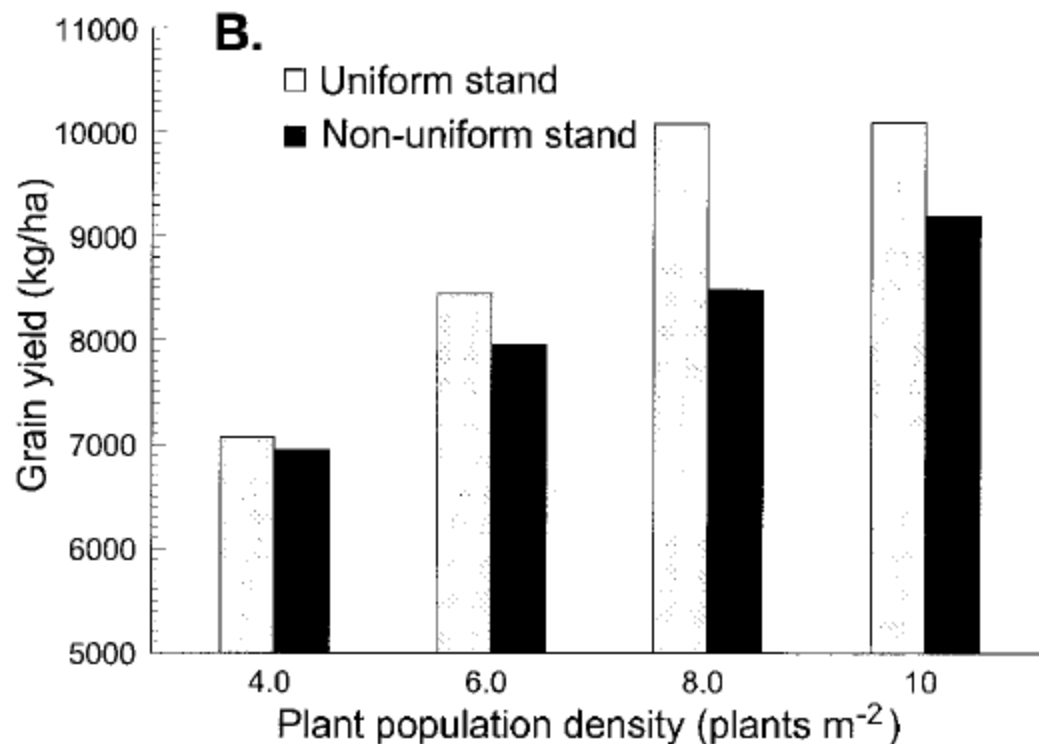


Fig. 4. Grain yield comparison between uniform and nonuniform stands. (A) Grain yield of United 106 and Pride 116 in pure stands and their mixtures of different proportions (7:1, 6:2, 5:3, 4:4, 3:5, 2:6, 1:7) at three plant population densities at Elora in 1978 and 1979. Data from Hoekstra (1981). (B) Grain yield of uniformly sown stands and non-uniformly sown (50% plants sowed 7 d earlier and 50% plants sowed 7 d later relative to uniform stands) stands at four plant population densities averaged over 5 yr in Minnesota. Data from Ford and Hicks (1992).



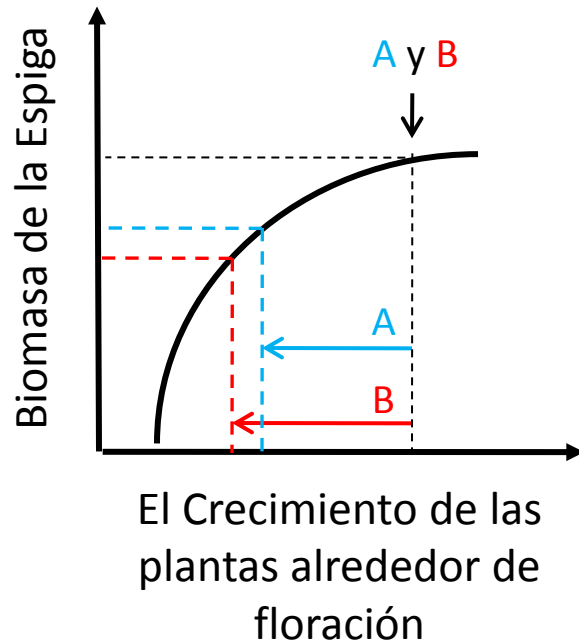
Existen grandes diferencias en el CV de la tasa de crecimiento de planta alrededor de floración entre genotipos comerciales, que se maximiza en altas densidades

Genotipo	Densidad	Promedio CV (%)
NK860	8 pl m ⁻²	29
NK910		23
P1979		25
P2069		28
P2053		26
DK670		25
DK692		24
AX852		32
AX886		31
AX887		25
Prec. Nid.		25
NK860	16 pl m ⁻²	43
NK910		45
P1979		35
P2069		51
P2053		35
DK670		45
DK692		35
AX852		79
AX886		52
AX887		47
Prec. Nid.		34

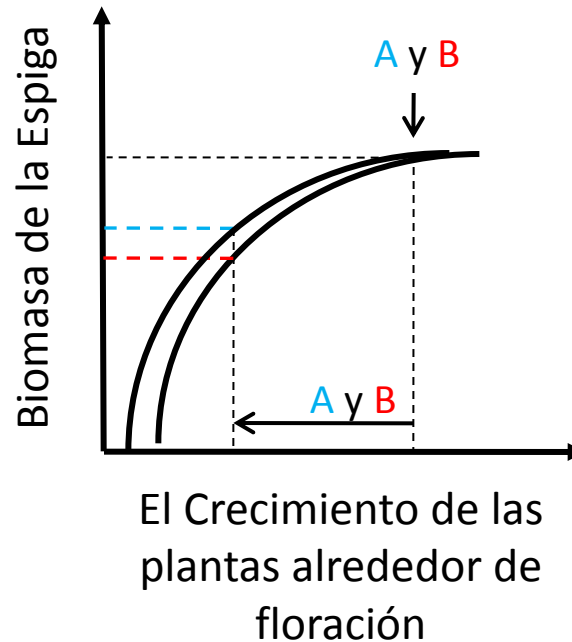


Surgen tres casos de interacción G x A:

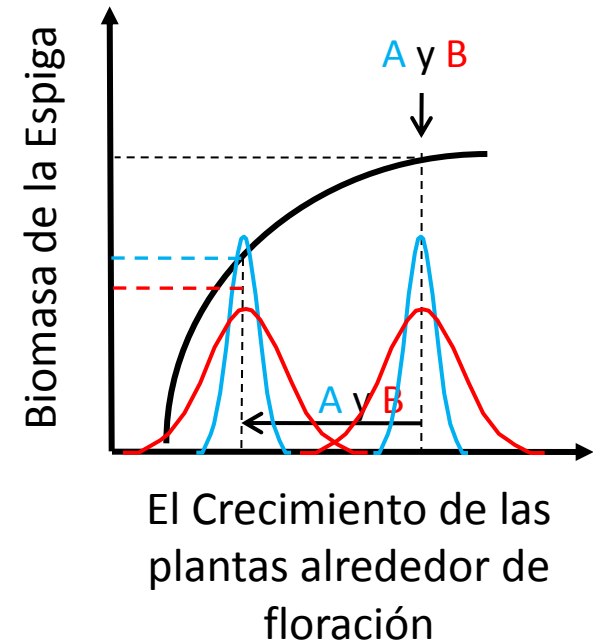
1- Los genotipos bajan su crecimiento en diferente medida.



2- Los genotipos tienen una diferente partición de biomasa a espiga.



3- Los genotipos tienen una variabilidad entre plantas muy diferente.



¿Porqué algunos genotipos bajan su rendimiento en mayor medida que otros frente a iguales niveles de stress alrededor de floración?



Rendimiento (qq por ha⁻¹) por genotipo x año x densidad:

Gen	1 pl m ⁻²		8 pl m ⁻²		16 pl m ⁻²	
	Año 1	Año 2	Año 1	Año 2	Año 1	Año 2
NK860						
NK910						
P1979						
P2069						
P2053						
DK670						
DK692						
AX852						
AX886						
AX887						
Prec. Nid.						
Dif entre el gen más y el menos exitoso						

Efectos:

Genotipo (G) ***
 Densidad (D) **
 Año (A) ***
 G x D *
 G x A ns
 D x A **
 G x D x A ns

Las diferencias en rendimiento entre genotipos se maximizan ante condiciones de stress



Rendimiento (qq por ha⁻¹) por genotipo x año x densidad:

Gen	1 pl m ⁻²		8 pl m ⁻²		16 pl m ⁻²	
	Año 1	Año 2	Año 1	Año 2	Año 1	Año 2
NK860	31	26				
NK910	36	31				
P1979	34	21				
P2069	32	22				
P2053	35	25				
DK670	33	25				
DK692	31	26				
AX852	27	24				
AX886	31	25				
AX887	31	27				
Prec. Nid.	31	29				
Dif entre el gen más y el menos exitoso	10	10				

Efectos:

Genotipo (G) ***
 Densidad (D) **
 Año (A) ***
 G x D *
 G x A ns
 D x A **
 G x D x A ns

Las diferencias en rendimiento entre genotipos se maximizan ante condiciones de stress



Rendimiento (qq por ha⁻¹) por genotipo x año x densidad:

Gen	1 pl m ⁻²		8 pl m ⁻²		16 pl m ⁻²	
	Año 1	Año 2	Año 1	Año 2	Año 1	Año 2
NK860	31	26	94	110		
NK910	36	31	89	105		
P1979	34	21	93	114		
P2069	32	22	102	102		
P2053	35	25	122	105		
DK670	33	25	113	118		
DK692	31	26	113	100		
AX852	27	24	102	116		
AX886	31	25	112	107		
AX887	31	27	107	124		
Prec. Nid.	31	29	119	98		
Dif entre el gen más y el menos exitoso	10	10	33	26		

Efectos:

Genotipo (G) ***
 Densidad (D) **
 Año (A) ***
 G x D *
 G x A ns
 D x A **
 G x D x A ns

Las diferencias en rendimiento entre genotipos se maximizan ante condiciones de stress



Rendimiento (qq por ha⁻¹) por genotipo x año x densidad:

Gen	1 pl m ⁻²		8 pl m ⁻²		16 pl m ⁻²	
	Año 1	Año 2	Año 1	Año 2	Año 1	Año 2
NK860	31	26	94	110	49	87
NK910	36	31	89	105	25	89
P1979	34	21	93	114	39	97
P2069	32	22	102	102	34	88
P2053	35	25	122	105	58	99
DK670	33	25	113	118	73	122
DK692	31	26	113	100	64	125
AX852	27	24	102	116	75	92
AX886	31	25	112	107	26	97
AX887	31	27	107	124	46	96
Prec. Nid.	31	29	119	98	67	120
Dif entre el gen más y el menos exitoso	10	10	33	26	50	36

Efectos:

Genotipo (G) ***
 Densidad (D) **
 Año (A) ***
 G x D *
 G x A ns
 D x A **
 G x D x A ns

Las diferencias en rendimiento entre genotipos se maximizan ante condiciones de stress



Diferencias en densidad óptima para cada genotipo:

Gen	DO año 1	DO año 2
NK860	6.9	10.3
NK910	5.1	9.6
P1979	6.1	12.9
P2069	5.9	11.6
P2053	7.1	11.6
DK670	8.0	15.6
DK692	7.8	14.4
AX852	9.3	11.2
AX886	5.1	11.5
AX887	6.5	10.9
Prec. Nid.	7.9	12.5

Efectos:

Genotipo (G) **
Año (A) ***
G x A ns

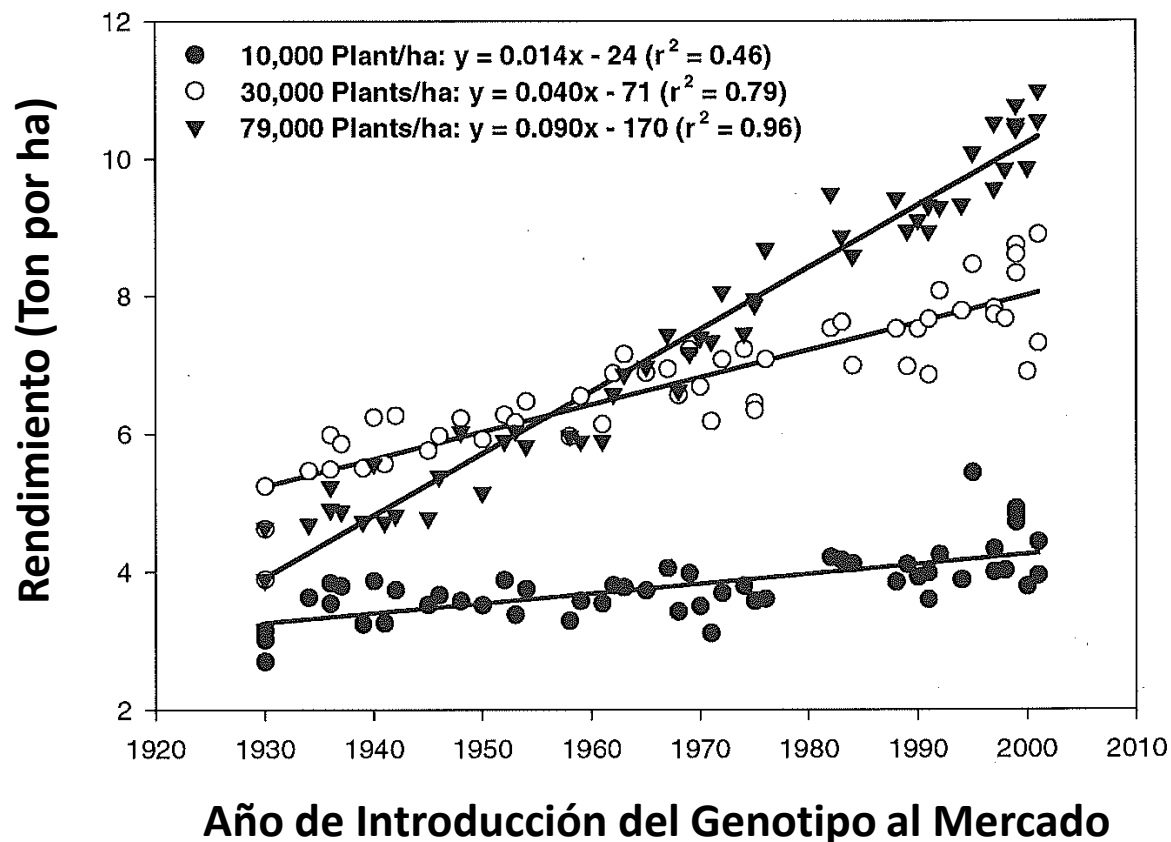
Los genotipos hay que sembrarlos a diferente densidad.

Cada año tiene una densidad óptima diferente.

El ranking de los genotipos no varía significativamente con el año, por lo cual el genotipo que lleva más densidad es así para años de mala y de buena condición ambiental.



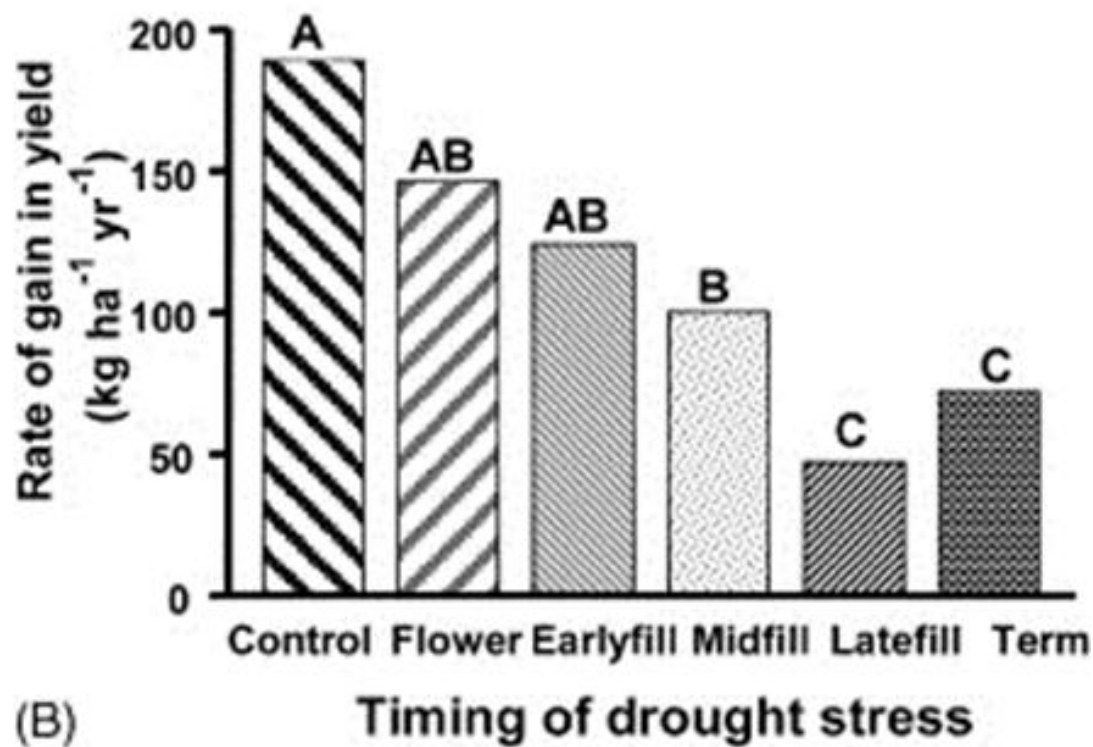
Cambios en los rendimientos producto del mejoramiento en maíz: Evidencias en USA.



- No hubo cambios en el rendimiento a densidades MUY bajas.
- La densidad óptima fue modificandose producto del mejoramiento.



Tasa de ganancia de rendimiento para condiciones de stress en diversos momentos del ciclo:



No existen grandes avances en aumentos de rendimiento en condiciones de stress durante el llenado de los granos



Conclusiones:

Conclusiones:

Hay tres cuestiones que generan interacciones G x A:

- Diferencias en crecimiento y como cambia este producto del ambiente.
- Diferencias en partición de biomasa a espiga.
- Diferencias en variabilidad planta a planta alrededor de floración, hay genotipos mucho más variables que otros.

Conclusiones:

Hay tres cuestiones que generan interacciones G x A:

- Diferencias en crecimiento y como cambia este producto del ambiente.
- Diferencias en partición de biomasa a espiga.
- Diferencias en variabilidad planta a planta alrededor de floración, hay genotipos mucho más variables que otros.

Las diferencias en rendimiento entre genotipos siempre se maximiza en condiciones de alto nivel de stress (sea agua, N o densidad).

- Todos los genotipos tienen un potencial de rinde por planta similar, que es muy diferente a altas densidades.

Conclusiones:

Hay tres cuestiones que generan interacciones G x A:

- Diferencias en crecimiento y como cambia este producto del ambiente.
- Diferencias en partición de biomasa a espiga.
- Diferencias en variabilidad planta a planta alrededor de floración, hay genotipos mucho más variables que otros.

Las diferencias en rendimiento entre genotipos siempre se maximiza en condiciones de alto nivel de stress (sea agua, N o densidad).

- Todos los genotipos tienen un potencial de rinde por planta similar, que es muy diferente a altas densidades.

Canopeos uniformes permiten minimizar el efecto negativo de un stress.