

# Fertilidad de la espiga de trigo: bases genéticas y aplicaciones en el mejoramiento genético del cultivo

Ana Clara Pontaroli



## Mejoramiento genético de trigo

- Uno de los principales objetivos de programas de mejoramiento de trigo a nivel mundial es **aumentar el rendimiento de grano**
- Rendimiento: carácter complejo, gobernado por muchos genes y altamente influenciado por el ambiente
- Es necesario identificar caracteres asociados al rendimiento, utilizables como criterios de selección



## Qué requisitos debe cumplir un carácter para ser usado como criterio de selección en el mejoramiento del rendimiento?

- Estar positivamente asociado con el rendimiento
- Ser fácilmente determinable
- Presentar amplia variabilidad genética
- Tener mediana a alta heredabilidad

(Andrade *et al.* 2009)



## Esquema de generación del número de granos basado en Fischer (1983, 1985)

$$\text{NG/m}^2 = \text{FE} \times \text{PSE/m}^2 \text{ (...PSE en antesis)}$$

$$\text{FE} = \text{NG/PSE} \text{ (...PSE en antesis)}$$

$$\text{PSE/m}^2 = \text{DUR} \times \text{PEsp} \times \text{TCC}$$

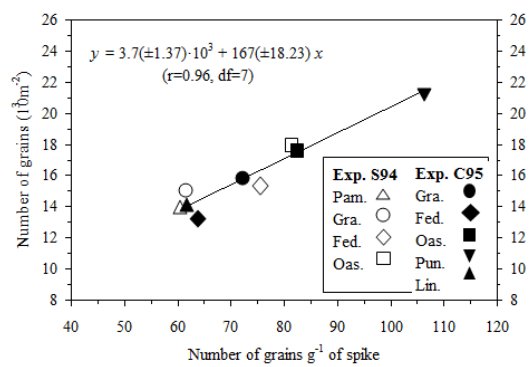
$$\text{NG/m}^2 = \text{FE} \times \text{DUR} \times \text{PEsp} \times \text{TCC}$$

- Un aumento en cualquiera de estos componentes permitiría aumentar el NG

## Fertilidad de la espiga de trigo: relevancia en la determinación de rendimiento



### NG m<sup>-2</sup> vs. FE



Abbate *et al.* (1998)



## La FE explica parte de la variación del rendimiento entre cultivares

- Stapper & Fischer (1990)
- Abbate *et al.* (1998)
- Acreche *et al.* (2008)
- González *et al.* (2011)
- Lázaro & Abbate (2011)
- Abbate *et al.* (2012)
- Otros



## Relación FE vs. NG en Balcarce

- Datos de 17 experimentos en condiciones potenciales
- Cultivares por experimento: 15 promedio
- Años: 1996 - 2011
- Rendimiento promedio: 75 qq/ha
- NG promedio: 18 000 granos /m<sup>2</sup>

Abbate, P. (Conferencia Workshop Raíces, Mar del Plata, 26/08/13)

## Relación FE vs. NG en Balcarce

- $R^2$  entre FE y NG = 0,41
- $R^2$  entre rendimiento y NG = 0,46
- Computando las pendientes de estas relaciones:

Un aumento de 10% en la FE =>

5% aumento en el NG

2% aumento en el rendimiento

- El aumento parece pequeño, pero no hay datos que indiquen que un aumento en la FE bajaría el rendimiento

Abbate, P. (Conferencia Workshop Raíces, Mar del Plata, 26/08/13)

## Relación FE vs. NG en Balcarce

Comparación con otros experimentos  
de referencia (RET Balcarce)

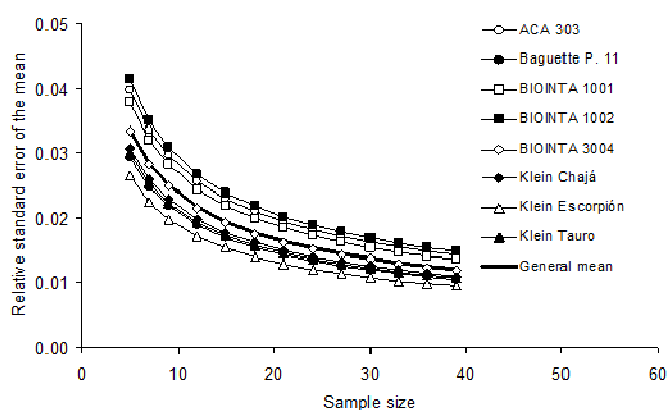
Año	RTO (qq/ha)	NG (x1000)	R2
1982	26	7.2	0.75
2009	48	13.2	0.51
Ensayos presentados	75	18.0	0.46

**Con menor NG es de esperar mayor efecto sobre el  
rendimiento por aumentar la FE**

## Determinación de la fertilidad de la espiga en el contexto de un programa de mejoramiento



## Número de espigas a muestrear en madurez



- Error relativamente bajo con  $\geq 15$  espigas por muestra
- Se puede aplicar desde generaciones tempranas (poca semilla)

Abbate *et al.* (2012)



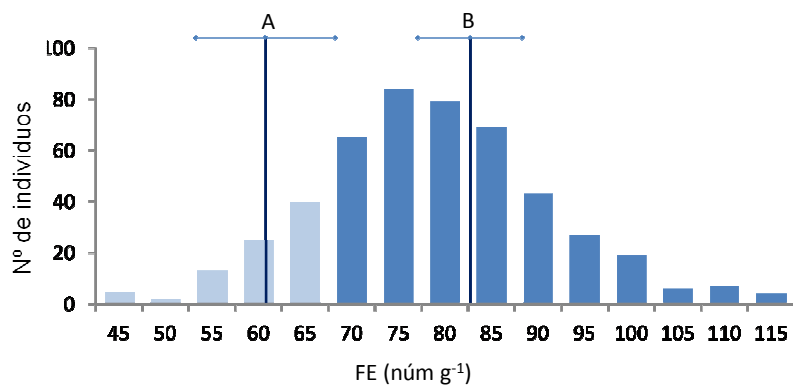
## Selección visual por alta FE en plantas F<sub>2</sub>

- 20 familias F<sub>2</sub> de ~1000 plantas cada una, obtenidas por cruzamiento entre variedades contrastantes para la FE
- Selección visual de 488 plantas durante llenado de granos
- Determinación de la FE de cada planta individual en madurez

Pontaroli *et al.* (2011)



## Selección visual por alta FE en plantas F<sub>2</sub>



A=Media de FE de padres de baja FE; B=Media de FE de padres de alta FE

Barras oscuras= proporción de plantas seleccionadas visualmente que mostraron mediana a alta FE (**83%**)

Pontaroli *et al.* (2011)



## Herencia de la FE y su utilización como criterio de selección en el mejoramiento genético



### Interacción CV x ambiente para la FE

Mirabella *et al.* (en prep.)

Análisis de cinco grupos de datos con varios cultivares y ambientes

Cultivares y ambientes	CV	Exp.	FE	Amb.	CV	CxA	CV <sub>c</sub> (%)	CV <sub>CxA</sub> (%)	CV <sub>err</sub> (%)
2 argentinos vs. 2 británicos (Bce.)	4	2	90	ns	*	ns	10	0	15
1 argentino vs. 2 mexicanos (Bce.)	3	3	92	ns	*	*	20	9	10
4 argentinos (Azul, incluyendo año de muy bajo potencial)	4	3	86	*	*	ns	26	9	11
3 argentinos (Bce., Cba., Grignon)	3	5	87	ns	*	*	16	9	13
4 argentinos (4 loc. argentinas)	4	5	65	*	*	ns	9	3	15

La FE muestra gran variación entre cultivares  
y baja interacción genotipo x ambiente





## Componentes de varianza y heredabilidad de la FE

Mirabella *et al.* (en prep.)

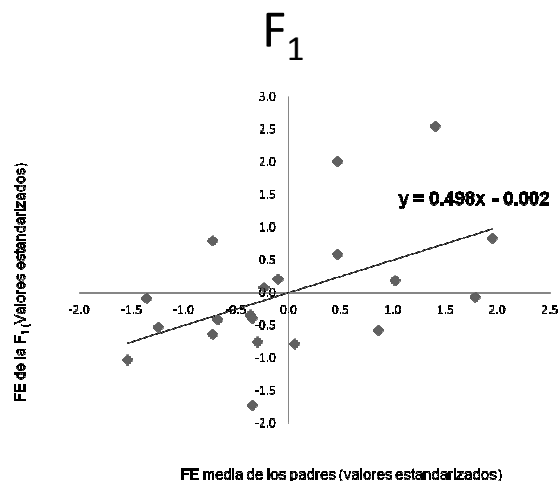
Análisis de cinco grupos de datos con varios cultivares y ambientes

Cultivares y ambientes	$\sigma^2_G$	$\sigma^2_{G \times A}$	$\sigma^2_R$	$H^2$
2 argentinos vs. 2 británicos (Bce.)	85.8	~0	173.5	<b>0.81</b>
1 argentino vs. 2 mexicanos (Bce.)	332.6	71.2	92.6	<b>0.91</b>
4 argentinos (Azul, incluyendo año de muy bajo potencial)	501.4	55.5	91.2	<b>0.95</b>
3 argentinos (Bce., Cba., Grignon)	179.5	56.1	120.3	<b>0.91</b>
4 argentinos (4 loc. argentinas)	37.3	3.9	97.4	<b>0.84</b>

La varianza genética contribuye mucho más que la de la interacción a la varianza fenotípica (alta  $H^2$  en todos los casos)



## Regresión progenie/progenitor medio en $F_1$



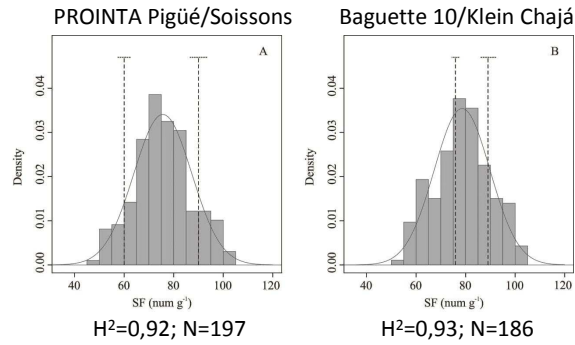
Pendiente  $\sim 0,5$  (estimador de  $h^2$ ).  $N=20$

La variación genética en la FE está explicada en gran parte por efectos aditivos

Mirabella *et al.* (en prep.)



## Distribución de densidad de la FE en dos poblaciones F<sub>2</sub>

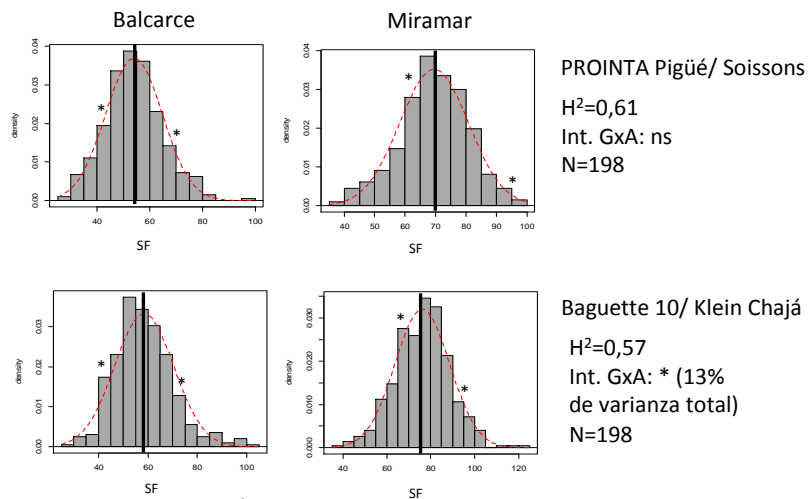


- Distribución normal, variación transgresiva, alta H<sup>2</sup>
- La FE está controlada por varios genes, con predominancia de efectos aditivos

Mirabella *et al.* (en prep.)



## Distribución de densidad de la FE en dos poblaciones F<sub>2:3</sub> evaluadas en dos localidades

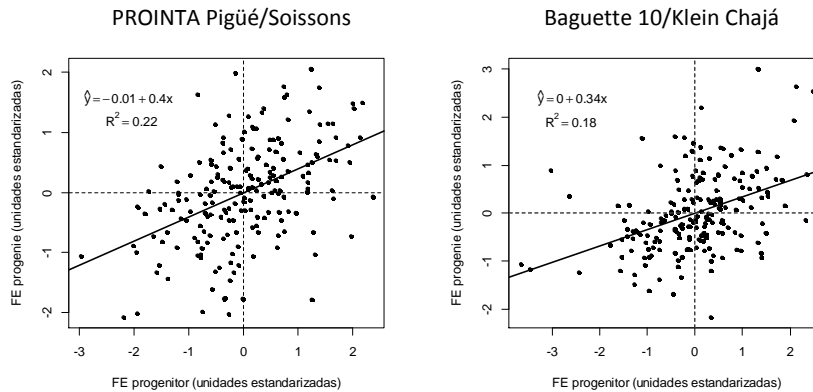


**Distribuciones simétricas,  
variación transgresiva, mediana H<sup>2</sup>**

Martino *et al.* (en prep.)



## Regresión progenie/progenitor en $F_2 / F_{2:3}$



**Pendientes: 0,4 y 0,34 (estimador de  $h^2$ )**  
**Se confirma lo observado en la  $F_1$  vs. padres**

Martino *et al.* (en prep.)



## Efectividad de la selección temprana por alta FE

- Si seleccionamos en  $F_2$ , logramos obtener líneas avanzadas con alta FE?
- Heredabilidad realizada: cociente entre la respuesta a selección y el diferencial de selección
$$H^2_R = \frac{X(F_{n+1})_{sel} - X(F_{n+1})}{X(F_n)_{sel} - X(F_n)}$$
- Intensidad de selección: 15% en población  $F_2$  de ~200 individuos – Baguette 10 / Klein Chajá)

Martino *et al.* (enviado)



## Efectividad de la selección temprana por alta FE

- Avance de generaciones (SSD sin selección) hasta F<sub>6</sub>. Obtención de 143 líneas, determinación de la FE a campo

Variable	FE en F <sub>2</sub>	Incremento (%)	FE en F <sub>6</sub>	Incremento (%)
Media del grupo seleccionado (15% superior)	105,41	19	86,38	8,2
Media general (N=143)	88,54		79,76	
Heredabilidad realizada	0,39			

- La selección por alta FE en F<sub>2</sub> es efectiva en aumentar la FE de líneas avanzadas del programa de mejoramiento genético
- Si se selecciona en todas las generaciones: probablemente el incremento en FE sea mayor

Martino *et al.* (enviado)



## Correlación de la FE con el NG y el PSE (por población y localidad)

Variables	Pointa Pigüé/Soissons		Baguette 10/Klein Chajá	
	Balcarce	Miramar	Balcarce	Miramar
NG/esp & FE	0,59 *	0,41 *	0,53 *	0,48 *
NG/esp & PSE	0,05 ns	0,28 ns	0,47 *	0,47 *
FE & PSE	-0,76 *	-0,74 *	-0,47 *	-0,54 *

- La FE contribuye significativa y positivamente al NG/esp en ambas poblaciones
  - El PSE lo hace sólo en Baguette 10/Klein Chajá
  - FE & PSE= correlación negativa en todos los casos (menor en Baguette 10/Klein Chajá)
- (esto no impide la asociación positiva entre la FE y el NG)**

Martino *et al.* (en prep.)



## Conclusiones

- La fertilidad de la espiga de trigo cumple con todas las condiciones para su uso como criterio de selección en el mejoramiento genético del rendimiento en trigo:
  - Explica una proporción relevante de la variación en rendimiento entre cultivares (no hay evidencia de efectos negativos sobre este carácter)
  - Es un carácter estable, incluso bajo ambientes sub-potenciales



## Conclusiones

- Puede ser incrementada mediante selección en generaciones tempranas (desde  $F_2$ )
  - A partir de una muestra de ~15-20 espigas en madurez
  - En forma visual
- Presenta una amplia variabilidad genética
- Está aparentemente controlada por varios genes con baja interacción genotipo x ambiente (**alta heredabilidad**)



# Muchas gracias

**Grupo Trigo Balcarce**  
**(Unidad Integrada EEA Balcarce INTA-FCA, UNMdP)**



Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria



Facultad de Ciencias Agrarias,  
Universidad Nacional de Mar del Plata



Bioceres



Agencia Nacional de  
Promoción Científica, MINCYT