

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)

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

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

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

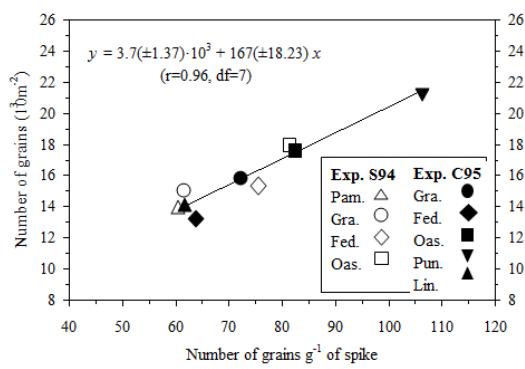
$$NG/m^2 = FE \times DUR \times PEsp \times TCC$$

- 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⁻² 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 /m²

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)

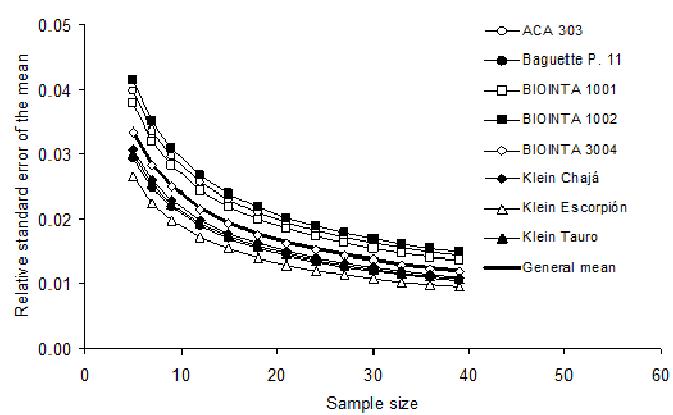
Año	RTO (qq/ha)	NG (x1000)	R2
1982	26	7.2	0.75
2009	48	13.2	0.51
Ensayos presentados	75	18.0	0.46

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 ≥ 15 espigas por muestra
- Se puede aplicar desde generaciones tempranas (poca semilla)

Abbate *et al.* (2012)



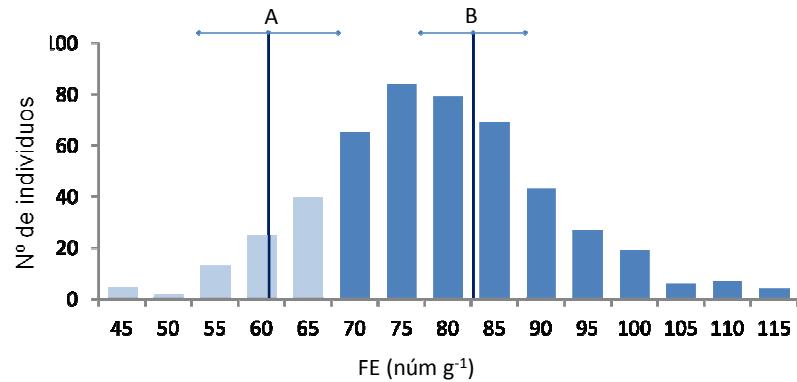
Selección visual por alta FE en plantas F₂

- 20 familias F₂ 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 F₂



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 _C (%)	CV _{CxA} (%)	CV _{err} (%)
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.)

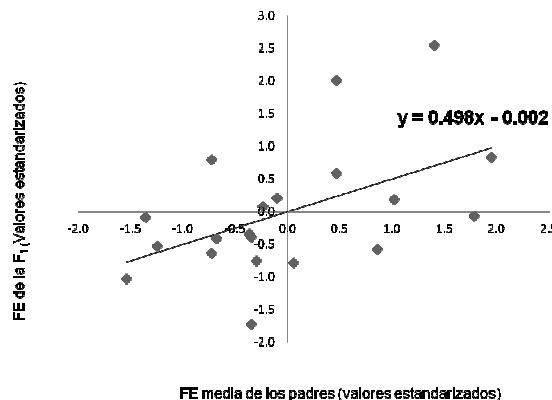
Análisis de cinco grupos de datos con varios cultivares y ambientes

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

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



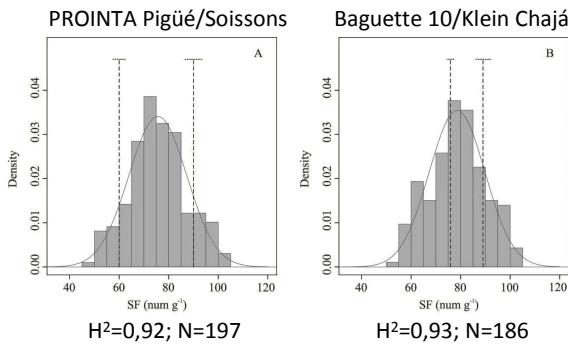
Pendiente ~0,5 (estimador de h^2). N=20

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_2

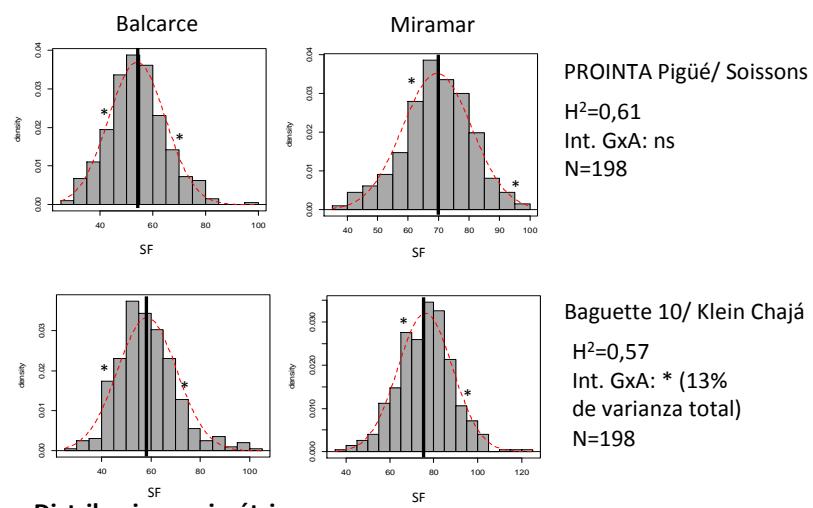


- Distribución normal, variación transgresiva, alta H^2
- La FE está controlada por varios genes, con predominancia de efectos aditivos

Mirabella *et al.* (en prep.)



Distribución de densidad de la FE en dos poblaciones $F_{2:3}$ evaluadas en dos localidades

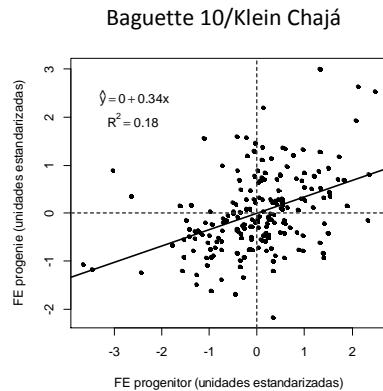
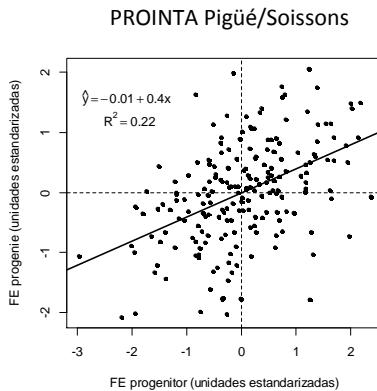


Distribuciones simétricas,
 variación transgresiva, mediana H^2

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
$$H^2_R = X(F_{n+1})_{sel} - X(F_{n+1}) / X(F_n)_{sel} - X(F_n)$$
- 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_6 . Obtención de 143 líneas, determinación de la FE a campo

Variable	FE en F_2	Incremento (%)	FE en F_6	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_2 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)

	Pointa Pigüé/Soissons		Baguette 10/Klein Chajá	
Variables	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