



**Rendimiento por planta y calidad de los granos  
de dos híbridos de maíz contrastantes en su tendencia a la prolificidad  
ante diferentes disponibilidades de nitrógeno**

*Tesis de grado presentada para optar por el título de Ingeniero Agrónomo*

**Martín Alejandro Grego Ströher**

Director: Ing. Agr. Esp. Diego Hernán Rotili

Co-director: Dr. Gustavo Ángel Maddonni

Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires

2020

# Introducción

Objetivos

Hipótesis

Materiales y métodos

Resultados

Conclusiones

- El maíz en el mundo

↳ gran importancia económica

- Granos de calidad diferenciada

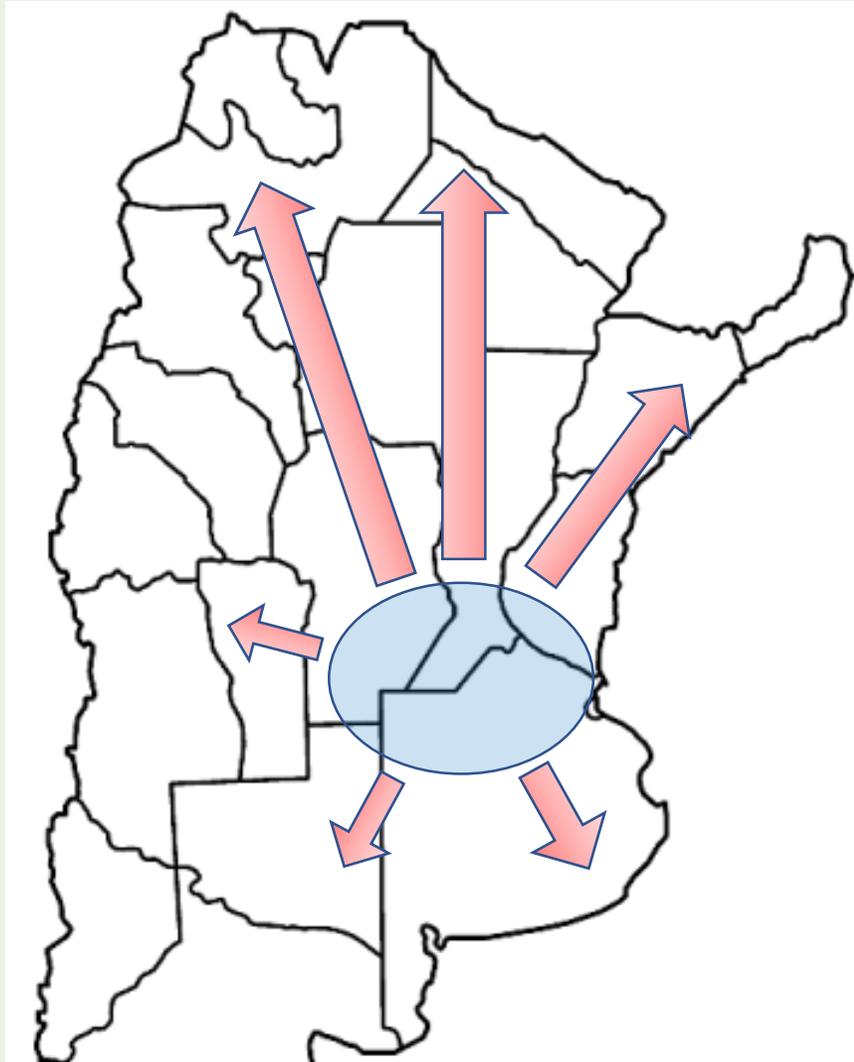
↳ productos con aptitudes especiales

↓  
beneficio adicional \$



Referencia: Fischer et al., 2014

- Argentina → ✓ 3er país mayor exportador mundial



Maíz:

- ✓ 2do cultivo de mayor producción (+30%)
- ✓ 43.462.323 Tn (2018)

Referencia: FAOSTAT, 2018



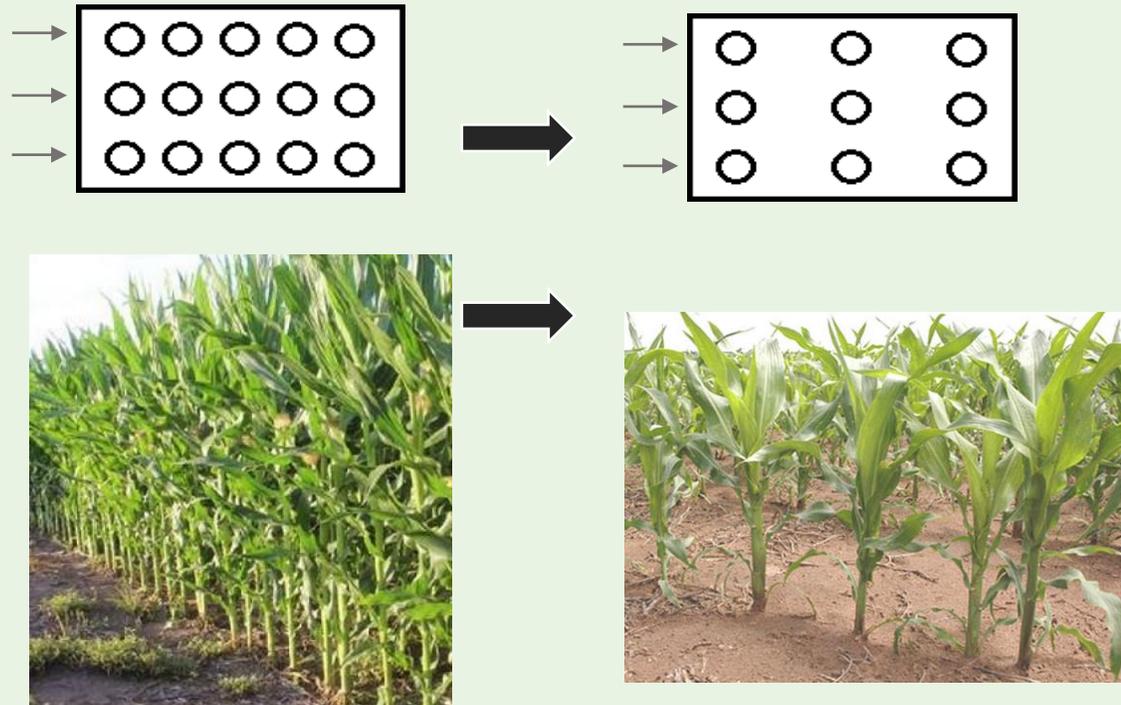
- Aumento de la superficie de producción

- ↳ ✓ Zonas marginales (regiones tradicionales)
- ✓ Regiones no tradicionales

Referencia: MAGyP

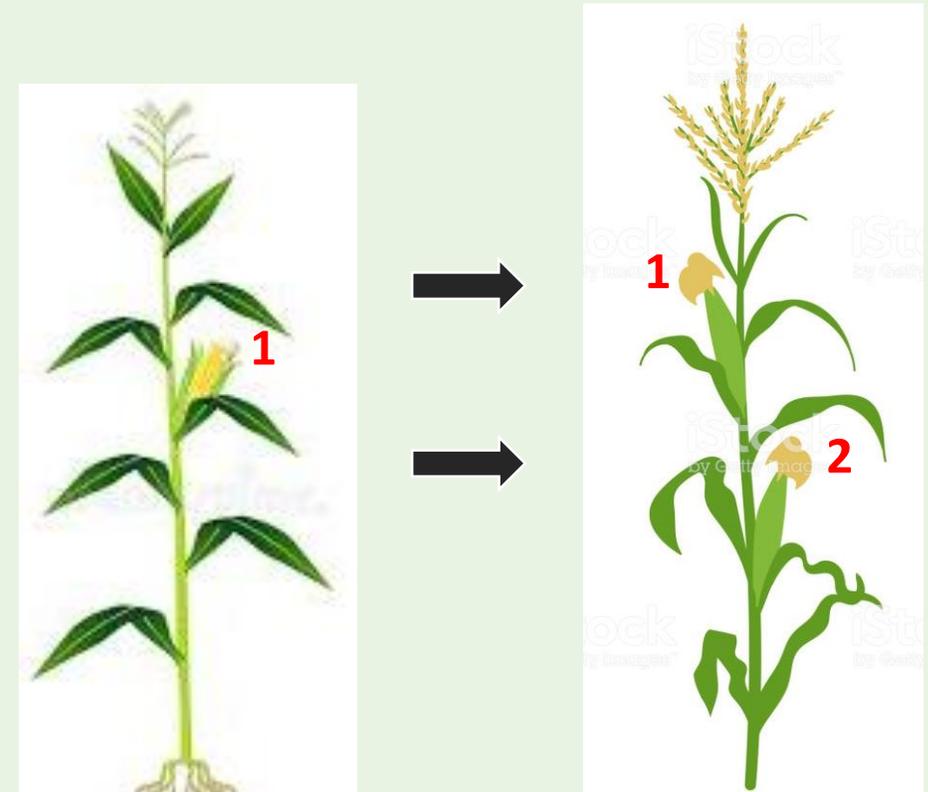
## ■ Cambios en los planteos productivos: “estrategias defensivas”

✓ reducción de la densidad de siembra



Referencia: Brihet, 2017; Rotili et al., 2019

✓ uso de híbridos estables (prolíficos)



Referencia: Ross et al., 2020

- Peso de los granos (PG), el calibre y la composición química de los granos

→ Son factores de gran impacto sobre la calidad industrial

“Ciertos usos industriales con diferenciación de calidad, tales como los preparados de desayunos (*i.e.* copos de maíz) requieren un alto porcentaje de granos de maíz con calibre mayor a 8 mm” (Res.757/97 SAGPYA, 1997)



→ Guardan asociación con la relación fuente-destino post-floración ( $F/D_{R2-R6}$ )

“Las limitaciones de la fuente durante el llenado efectivo influyen negativamente sobre el crecimiento de los granos, provocando una reducción en el PG final” (Borrás *et al.*, 2004; Echarte *et al.*, 2006)

“Reducciones en el PG ante interrupciones tempranas del llenado por estrés térmico o defoliaciones originan cambios en el calibre de los granos hacia rangos de menor tamaño, disminuyendo el %Ac, %Prot y %Alm asociadas a granos de menor calibre” (Mayer *et al.*, 2019; Rivelli *et al.*, 2016)

## ❖ *General*

- Analizar el efecto de la densidad de siembra y la oferta de N sobre los componentes del rendimiento por planta y la composición química de los granos de dos híbridos de maíz contrastantes en su tendencia a la prolificidad

### ❖ *Específicos*

- i) Examinar los cambios en los componentes del rendimiento por planta y la composición química de los granos ante cambios en la oferta de N y la densidad de siembra
- ii) Examinar los cambios en la proporción de rangos de calibre (<6,5 mm, 6,5-8 mm y >8mm) y en la composición de los granos originados por cambios en la oferta de N y la densidad de siembra
- iii) Determinar diferencias genotípicas asociadas a la diferente prolificidad, para los patrones de respuesta descritos en i), y ii)
- iv) Analizar los determinantes fisiológicos ( $F/D_{PC}$ ,  $F/DE1_{PC}$ ,  $F/DE2_{PC}$ ,  $F/D_{R2-R6}$ ) subyacentes en los parámetros de calidad de los granos (PG y composición química)

*H1. “En ausencia de restricción nitrogenada, los cambios en la densidad de siembra repercutirán en mayor proporción en los rasgos en estudio del genotipo prolífico, debido a la contribución de los granos fijados en la E2. Esta diferencia se atenúa cuanto menor es la oferta de recursos por planta del ambiente (por N o densidad)”*

*H2. “En ambientes de baja densidad de siembra y alta oferta de N, los granos del genotipo prolífico presentaran mayores %Prot y %Ac que los del genotipo no prolífico debido a un mayor calibre de los granos de las E2”*

*H3. “En alta densidad de siembra, cambios en la oferta de N no generarán diferencias genotípicas en la composición química de los granos atribuibles al calibre. La existencia de diferencias genotípicas se relacionaría con la distinta  $F/D_{R2-R6}$ ”*

## ❖ *Características generales del experimento*

- Campaña 2015/2016
- Campo experimental FAUBA
- Sin limitaciones de agua (riego por goteo)
- Libre de plagas y enfermedades



## ❖ *Características generales del experimento*

✓ Híbridos  $\begin{cases} \rightarrow \text{DK3F22 (más prolífico)} \\ \rightarrow \text{DK747 (menos prolífico)} \end{cases}$

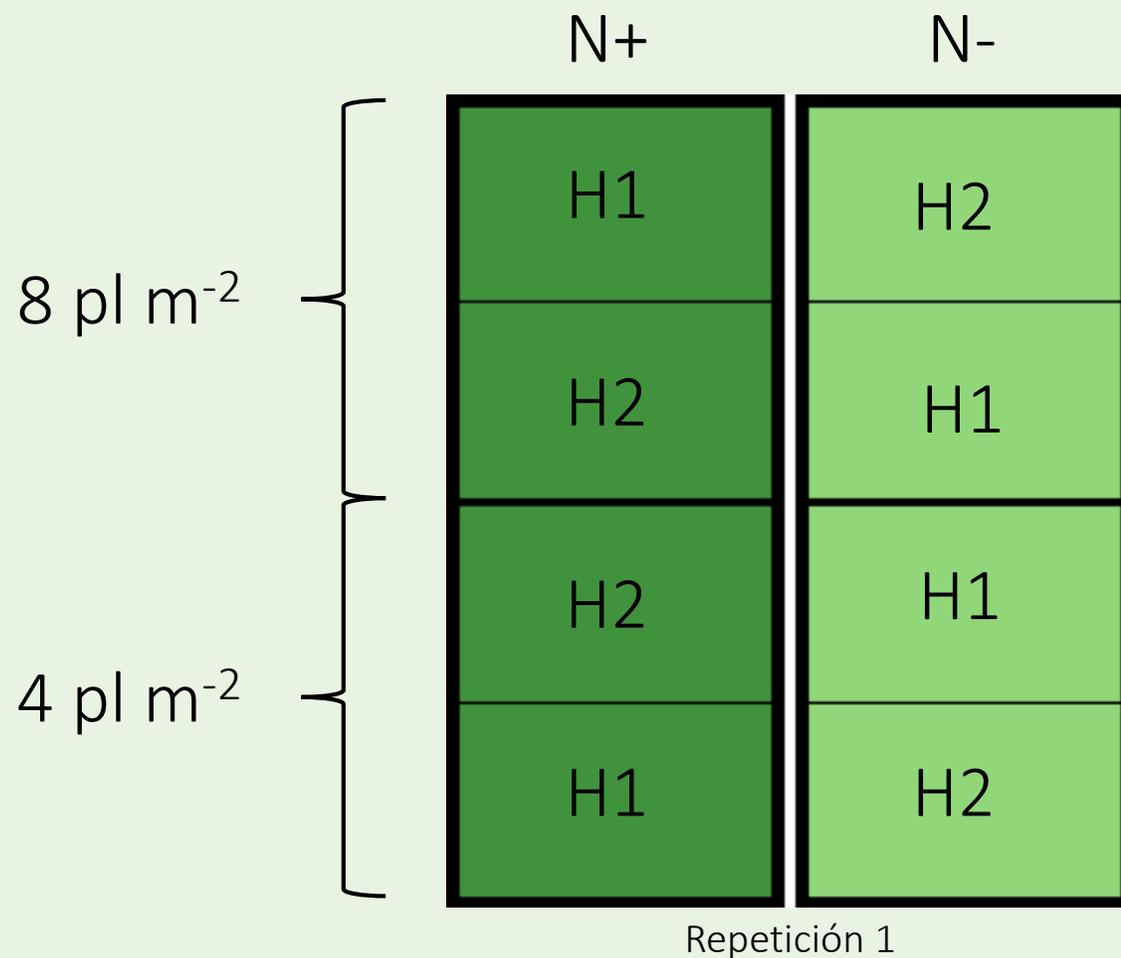
✓ Nitrógeno  $\begin{cases} \rightarrow \text{N+ (260 kg N ha}^{-1}\text{)} \\ \rightarrow \text{N- (60 kg N ha}^{-1}\text{)} \end{cases}$

✓ Densidades  $\begin{cases} \rightarrow 4 \text{ pl m}^{-2} \\ \rightarrow 8 \text{ pl m}^{-2} \end{cases}$



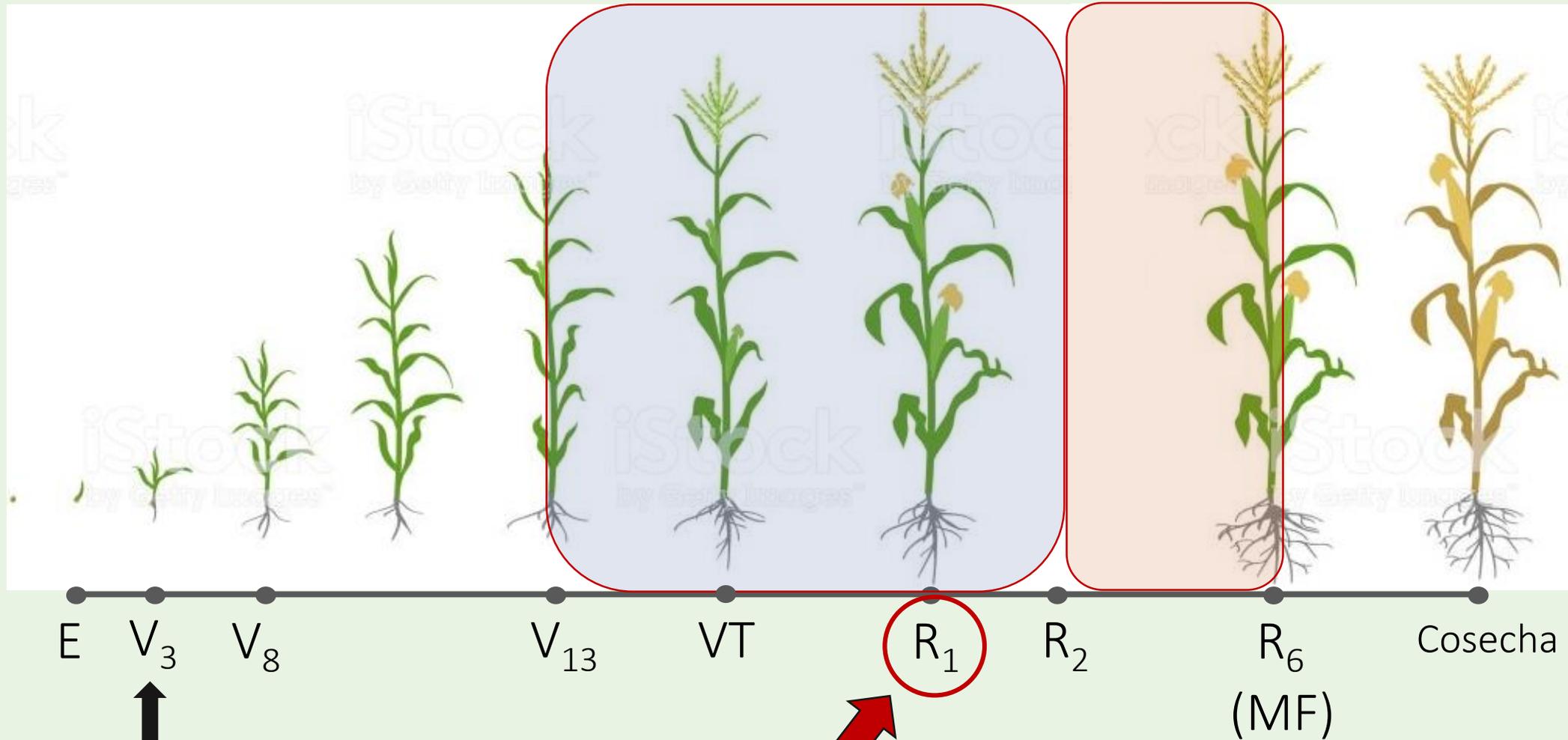
## ❖ Características generales del experimento

- Diseño: en bloques con parcelas sub-divididas con tres repeticiones por tratamiento



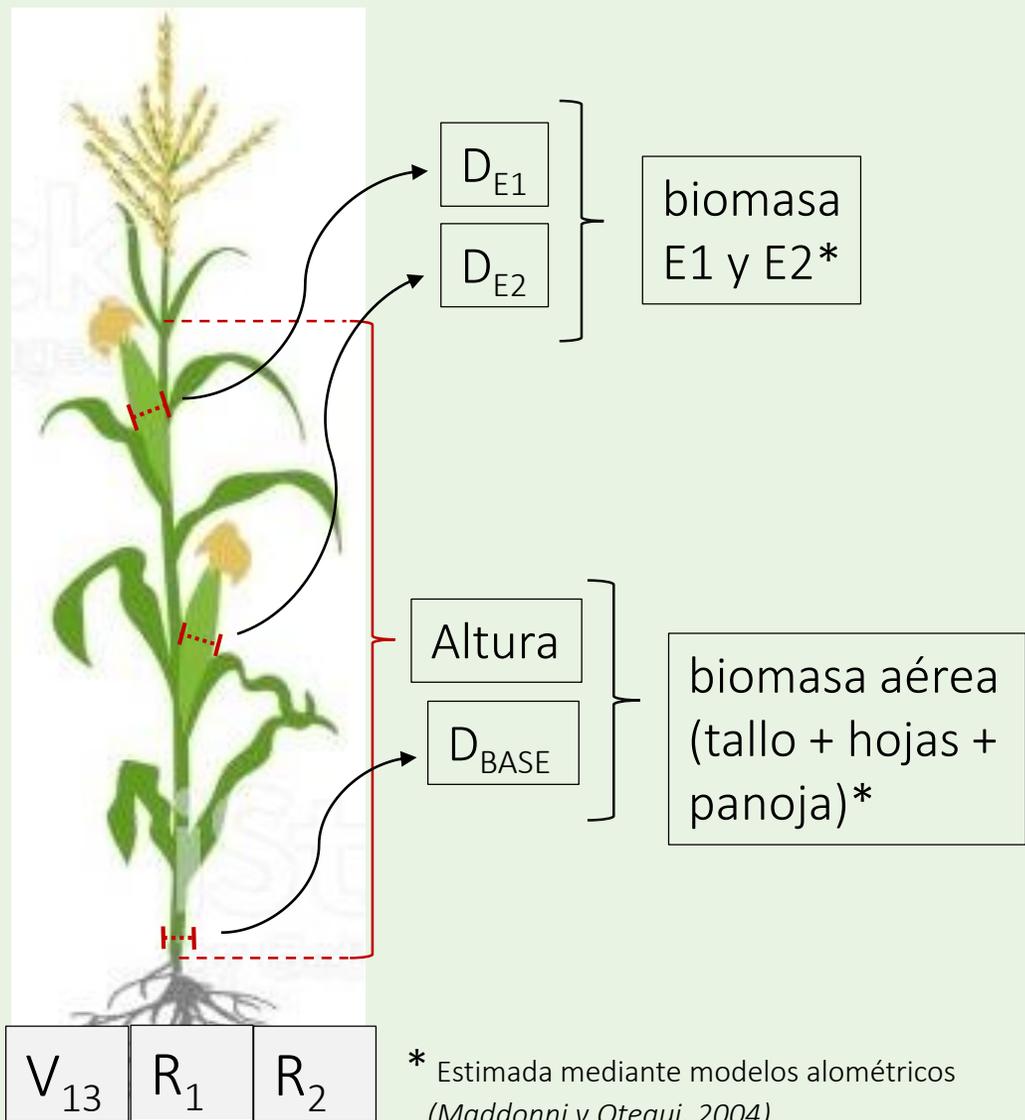
Los híbridos dentro de cada sub-parcela se distribuyeron al azar

## ❖ Mediciones



✓ 10 plantas marcadas por parcela

## ❖ Mediciones

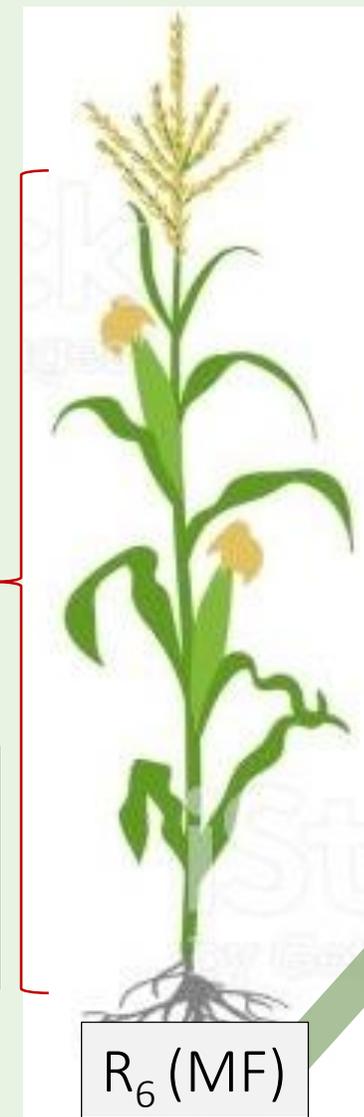


\* Estimada mediante modelos alométricos (Maddonni y Otegui, 2004).

Post cosecha:



✓ Biomasa	✓ Biomasa	✓ Biomasa
✓ NGP	✓ $NG_{E1}$	✓ $NG_{E2}$
✓ Rend $pl^{-1}$	✓ PG	✓ PG
✓ Espigas $pl^{-1}$		



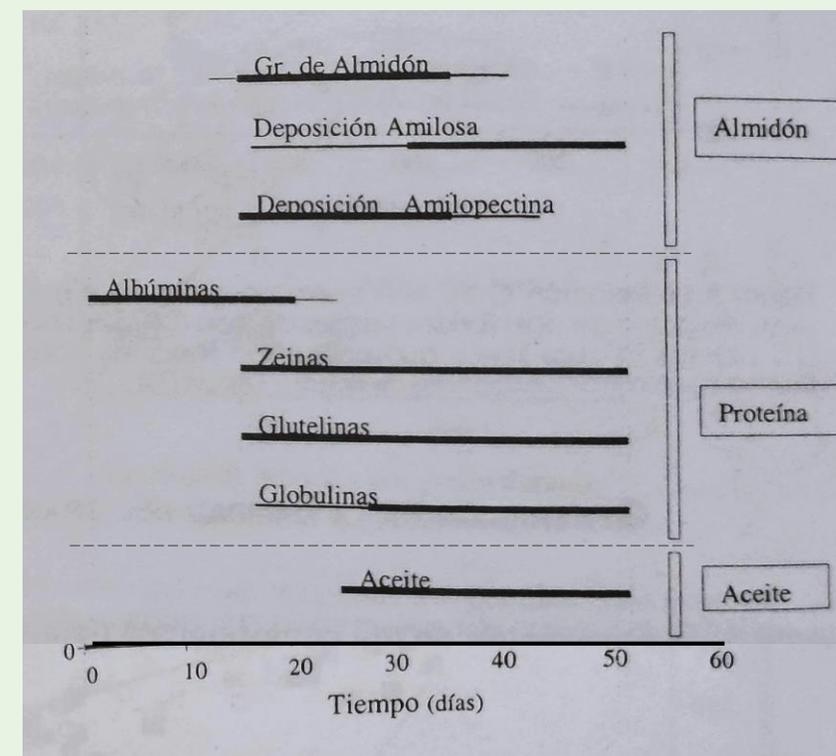
# Materiales y métodos

## ❖ Mediciones

- Calibre de granos
  - Grande (>8mm)
  - Medio (6,5 - 8mm)
  - Chico (<6,5mm)



- Composición química (por espiga y por calibre)
  - %Aceite
  - %Proteína
  - %Almidón



Dinámica de deposición de aceite, proteína y almidón

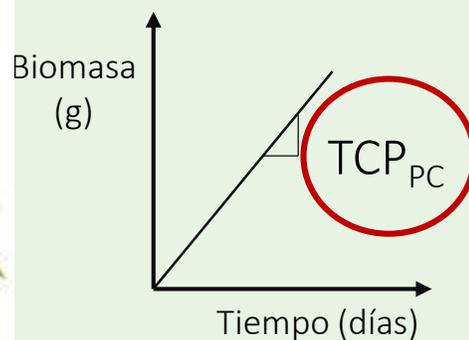
(Jones et al., 1996; Curá et al., 1993; Tsai et al., 1978; Ingle et al., 1995)

## ❖ Mediciones

## ■ Tasas de crecimiento



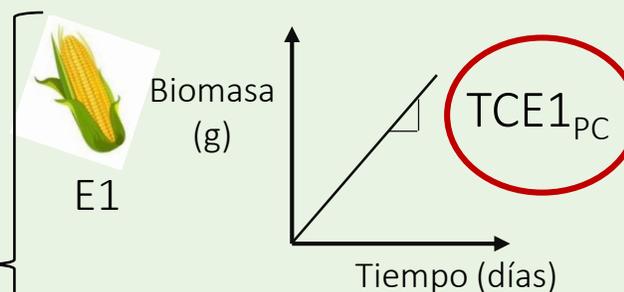
Planta entera



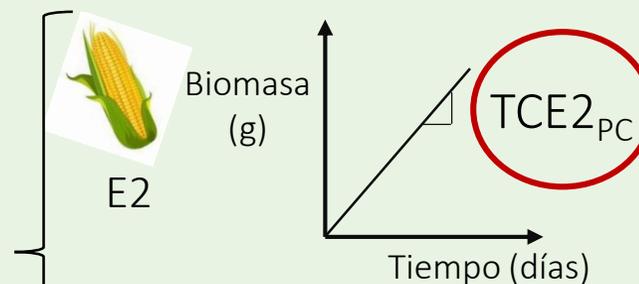
## ■ Relaciones fuente/destino

$$\underline{\underline{F/D_{PC}}} = \frac{TCP_{PC}}{NGP} \text{ (g d}^{-1} \text{ gr}^{-1}\text{)}$$

$$\underline{\underline{F/D_{R2-R6}}} = \frac{Biomasa_{R2} - Biomasa_{R6}}{NGP} \text{ (g gr}^{-1}\text{)}$$



$$\underline{\underline{F/DE1_{PC}}} = \frac{TCE1_{PC}}{NG_{E1}} \text{ (g d}^{-1} \text{ gr}^{-1}\text{)}$$



$$\underline{\underline{F/DE2_{PC}}} = \frac{TCE2_{PC}}{NG_{E2}} \text{ (g d}^{-1} \text{ gr}^{-1}\text{)}$$

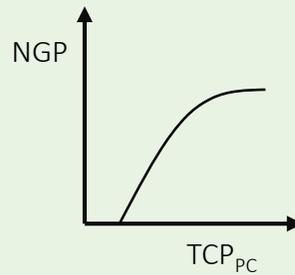
- ❖ *Análisis de datos*
- ❖ *Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento por planta*
  - Análisis de la varianza (ANVA)
    - Modelo para diseño en bloques con parcelas sub-divididas
    - Utilizando el valor promedio por parcela

# Materiales y métodos

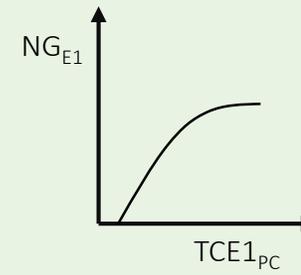
- ❖ *Análisis de datos*
- ❖ *Relaciones funcionales del rendimiento y número de granos por planta*

✓ Tasa de crecimiento  
vs  
N° granos

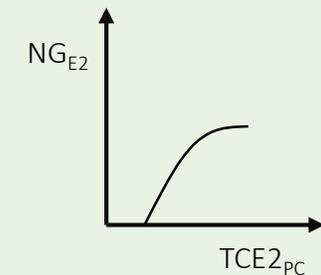
✓ Planta entera



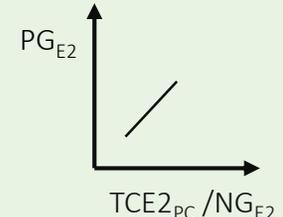
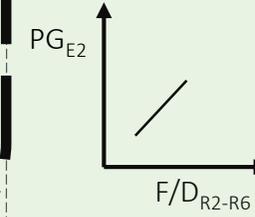
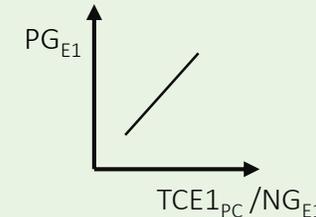
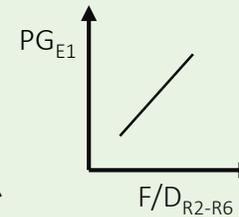
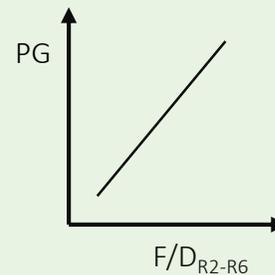
✓ E1



✓ E2



✓ Relación F/D  
vs  
peso de granos



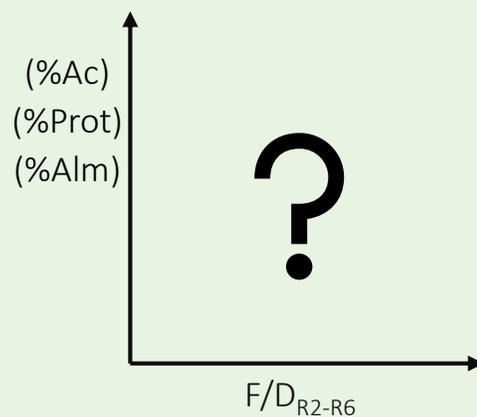
✓ Efecto de N sobre PG potencial de E1  
(residuales:  $PGE1_{obs} - PGE1_{pred}$ )

- ❖ *Análisis de datos*
- ❖ *Relaciones funcionales del rendimiento y número de granos por planta*

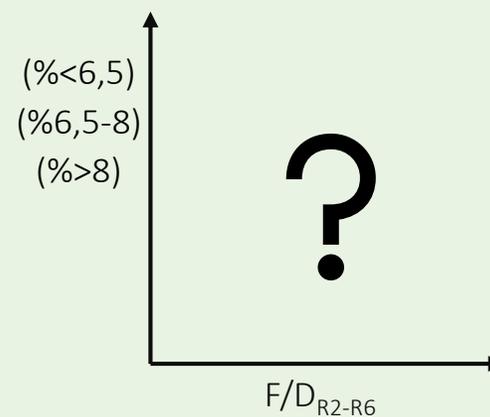
✓ Planta entera

✓ Componentes de calidad

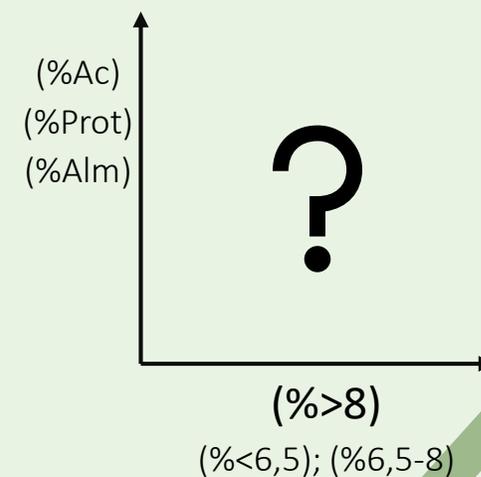
$F/D_{R2-R6}$   
Vs  
Compuestos químicos



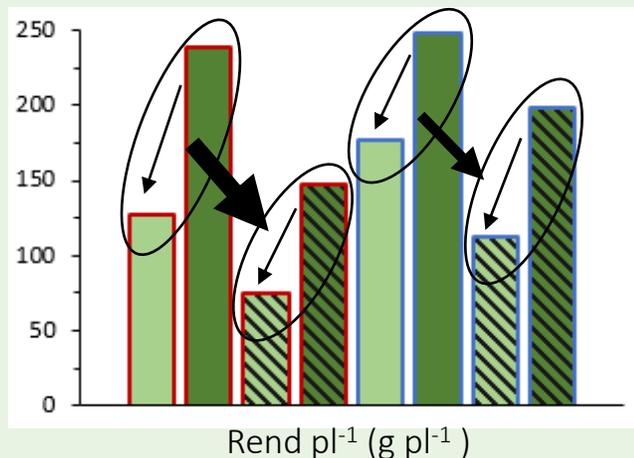
$F/D_{R2-R6}$   
Vs  
Calibres



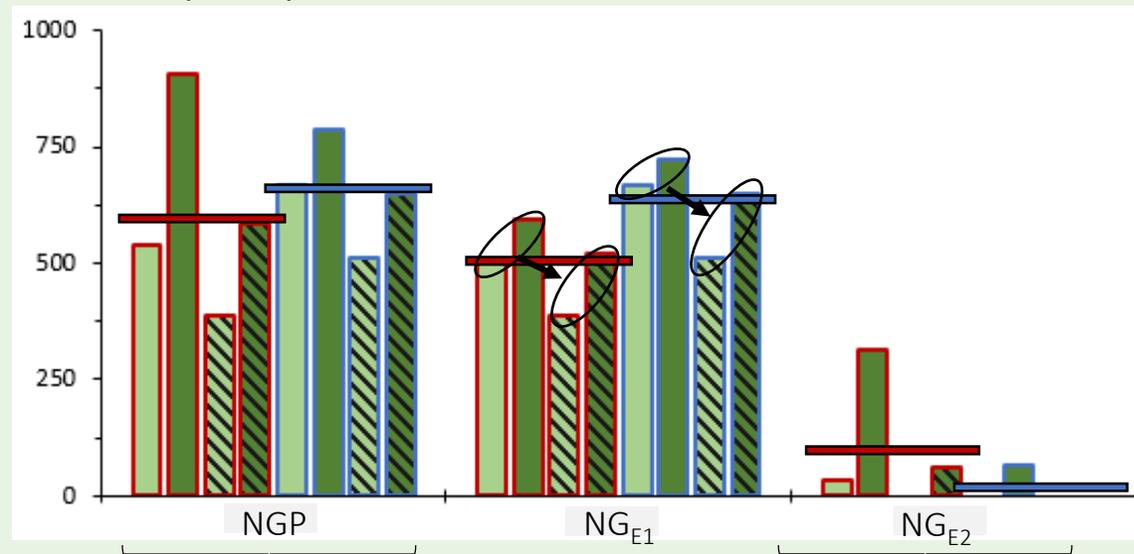
Calibres  
Vs  
Compuestos químicos



## ❖ Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento por planta



H x D x N ( $p < 0,01$ )



H x D x N ( $p < 0,01$ )

H x D x N ( $p < 0,05$ )

### ✓ Factores:

(H) Híbrido

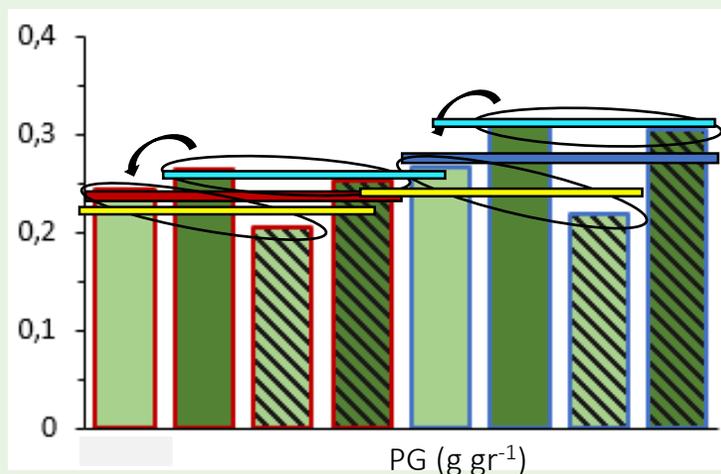
DK3F22 - DK747

(D) Densidad

4  $pl\ m^{-2}$  - 8  $pl\ m^{-2}$

(N) Nitrógeno

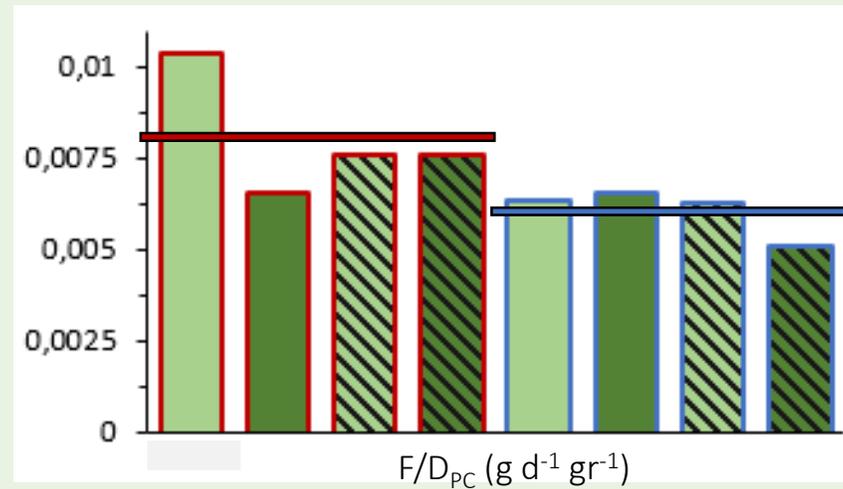
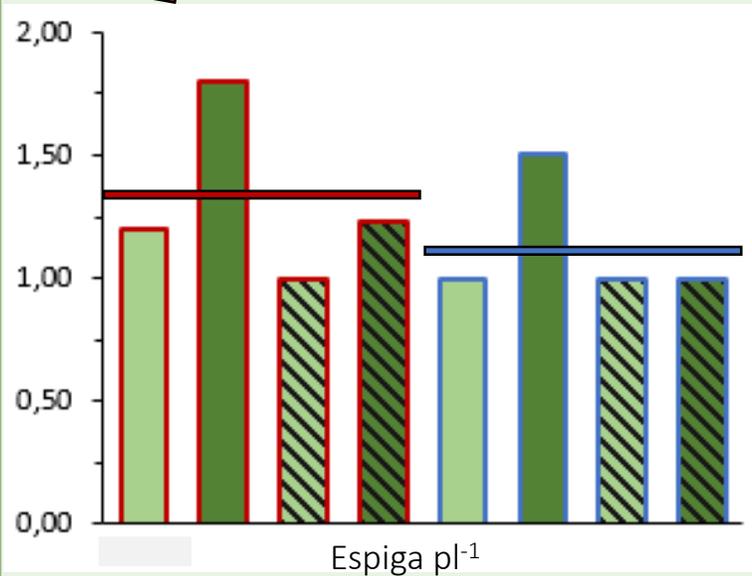
N- - N+



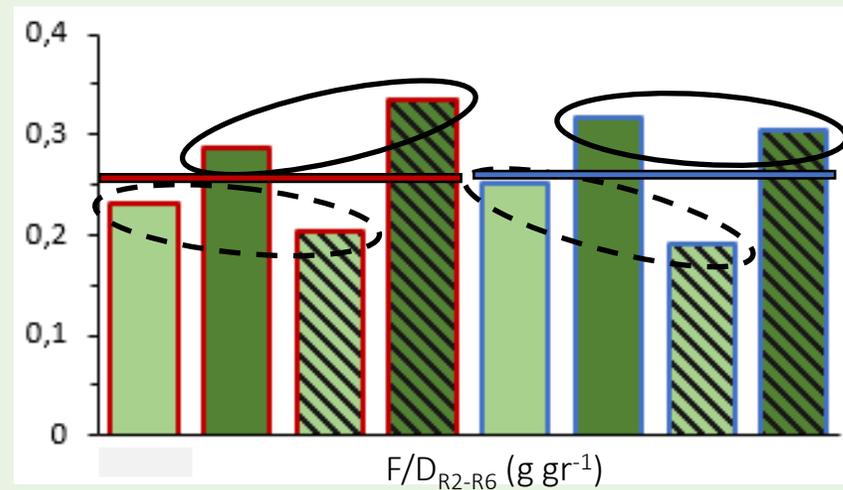
H x N ( $p < 0,01$ )



❖ Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento por planta



H x D x N ( $p < 0,01$ )



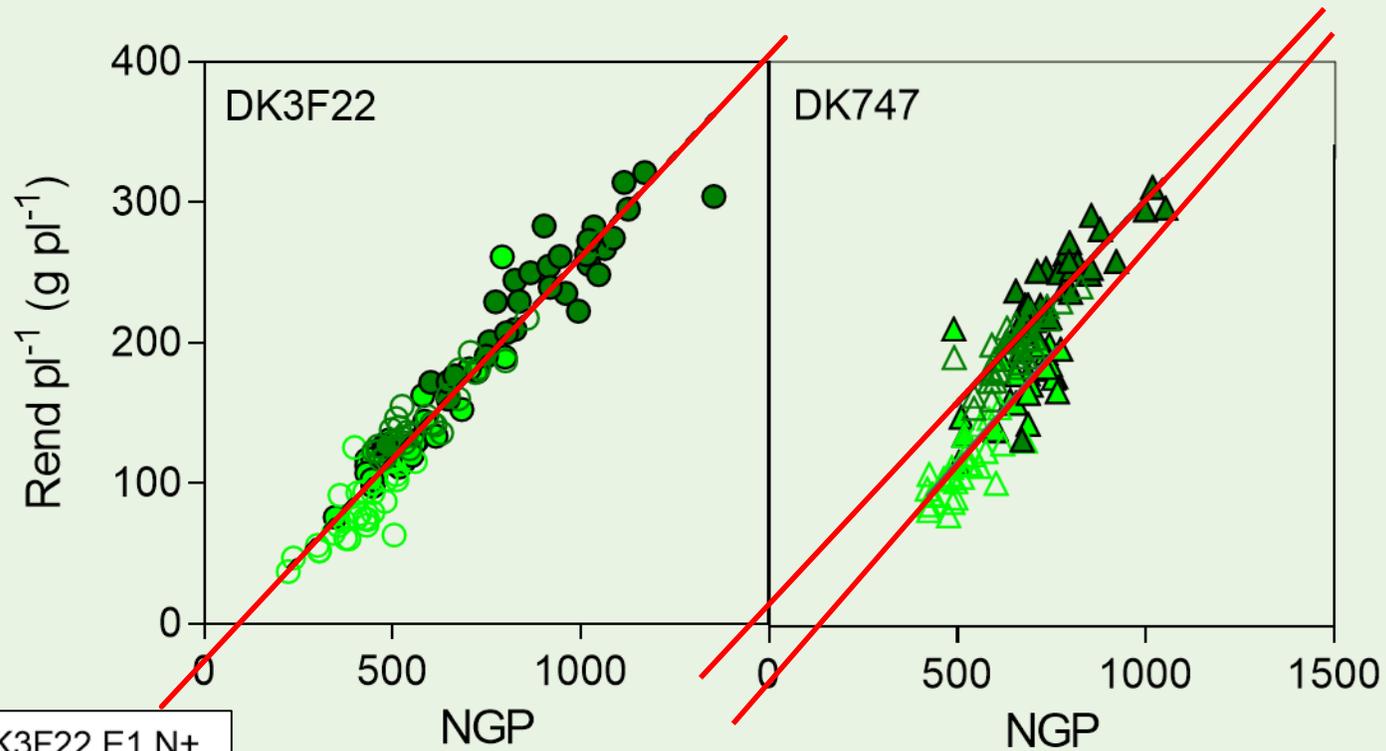
H x N ( $p < 0,05$ )

N+

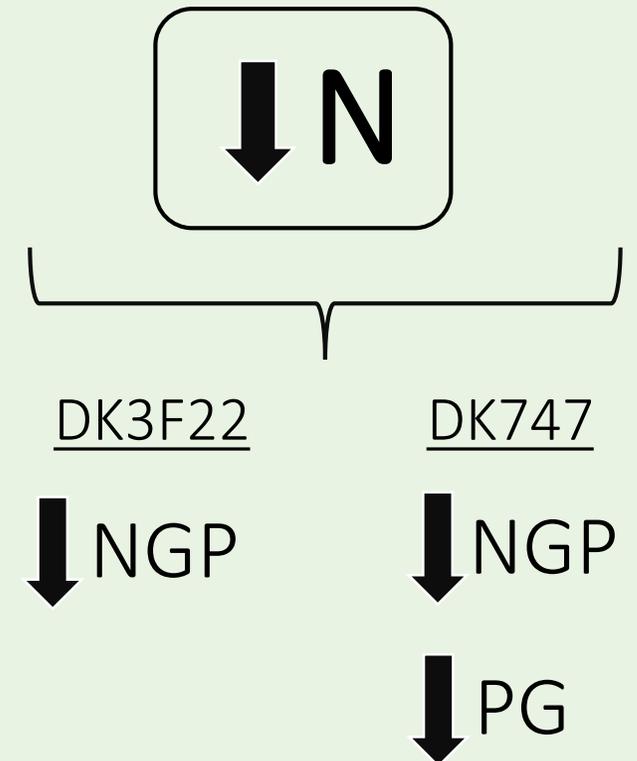
>

N-

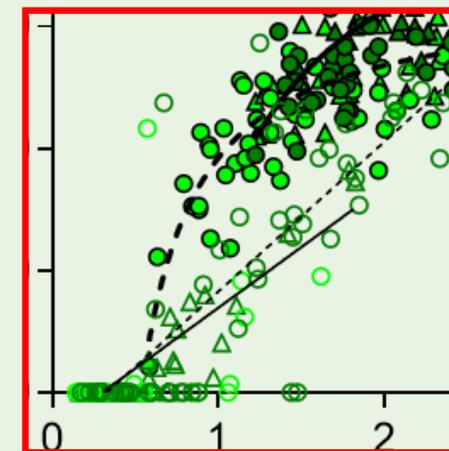
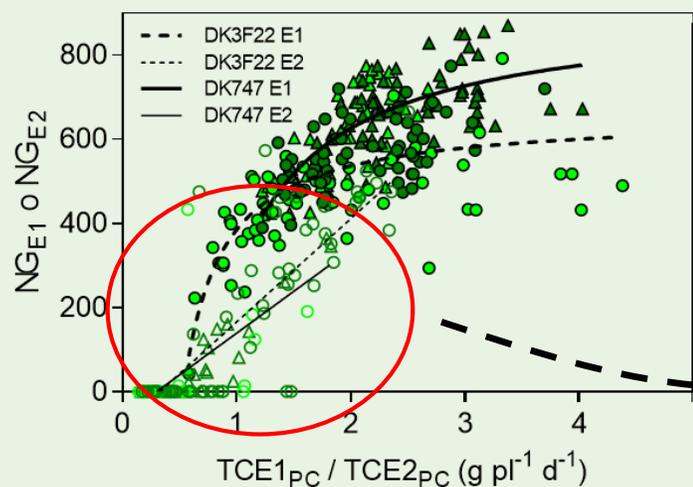
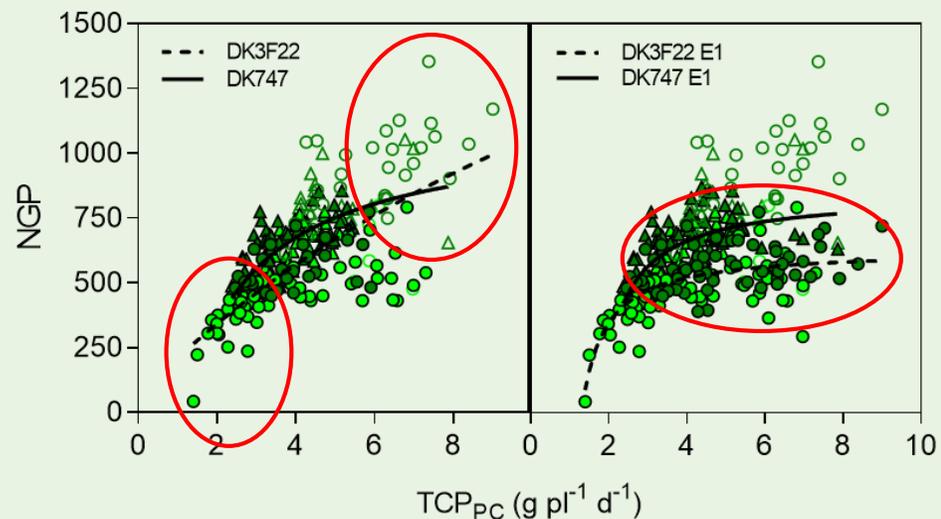
❖ *Relaciones funcionales del rendimiento y número de granos por planta*



- DK3F22 E1 N+
- DK3F22 E1 N-
- DK3F22 E2 N+
- DK3F22 E2 N-
- ▲ DK747 E1 N+
- ▲ DK747 E1 N-
- △ DK747 E2 N+
- △ DK747 E2 N-



❖ *Relaciones funcionales del rendimiento y número de granos por planta*



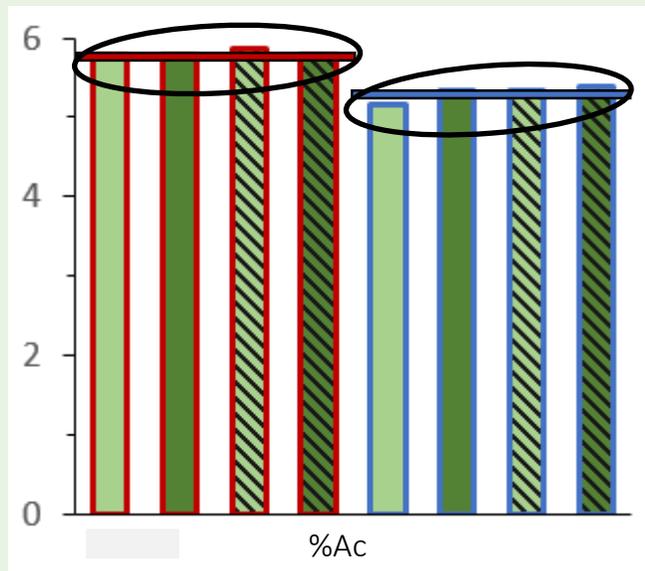
✓ NGP : DK3F22 > sensibilidad ( $TCP_{PC}$ )

✓ E1 : (DK747)  $\Delta$  > (DK3F22)  $\circ$

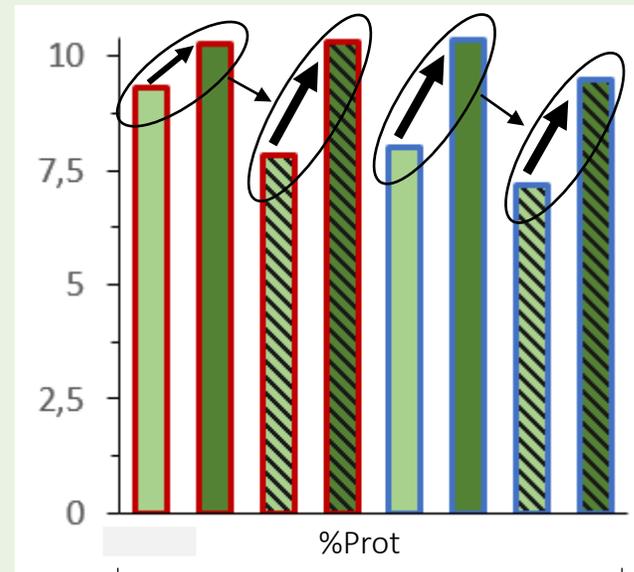
✓ E2 : (DK3F22)  $\circ$  > (DK747)  $\Delta$

## ❖ Efecto de los tratamientos sobre la calidad de los granos

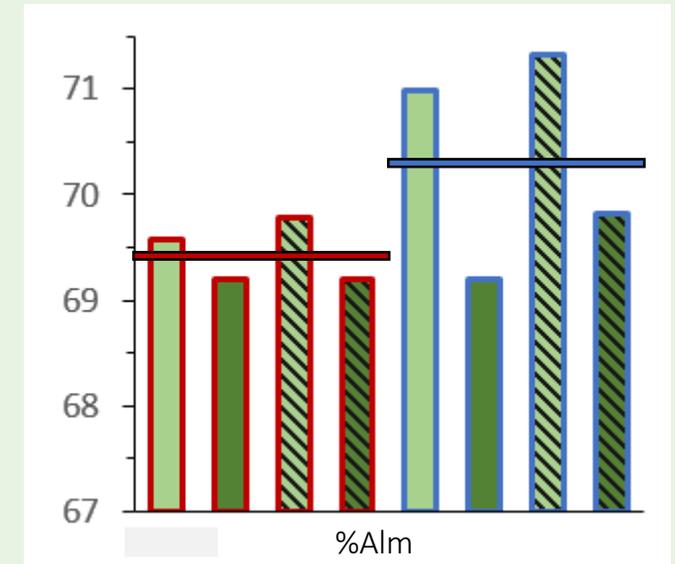
✓ Factores: (H) Híbrido (D) Densidad (N) Nitrógeno  
 DK3F22  -  DK747    4 pl M<sup>-2</sup>  -  8 pl m<sup>-2</sup>    N-  -  N+



H (p<0,001)

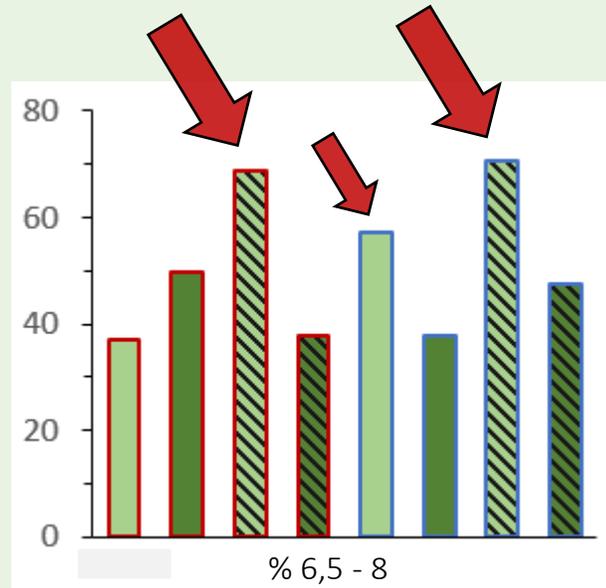
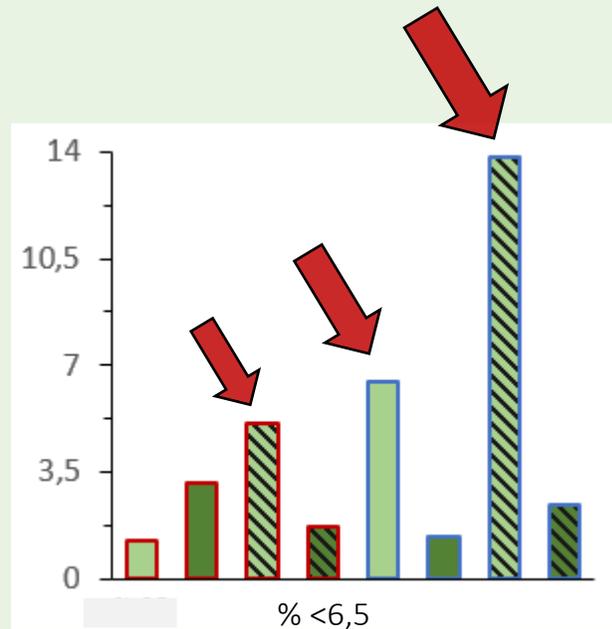


H x D x N (p<0,01)

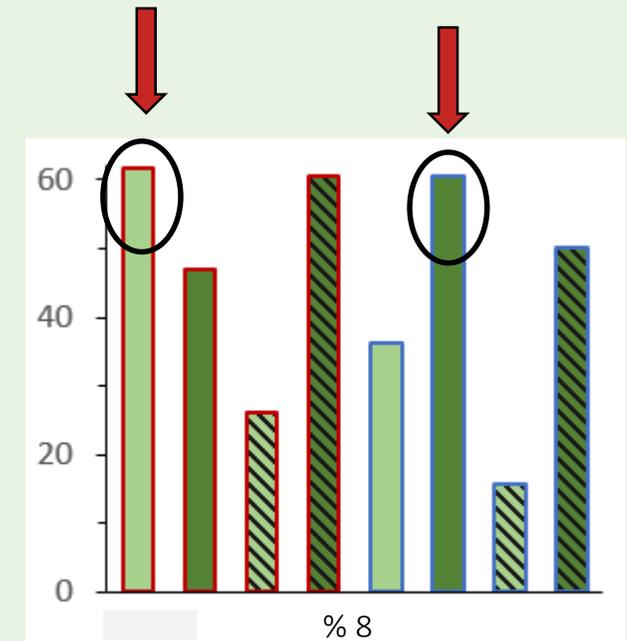


H (p<0,05)

❖ *Efecto de los tratamientos sobre la calidad de los granos*



H x D x N ( $p < 0,01$ )



H x D x N ( $p < 0,01$ )

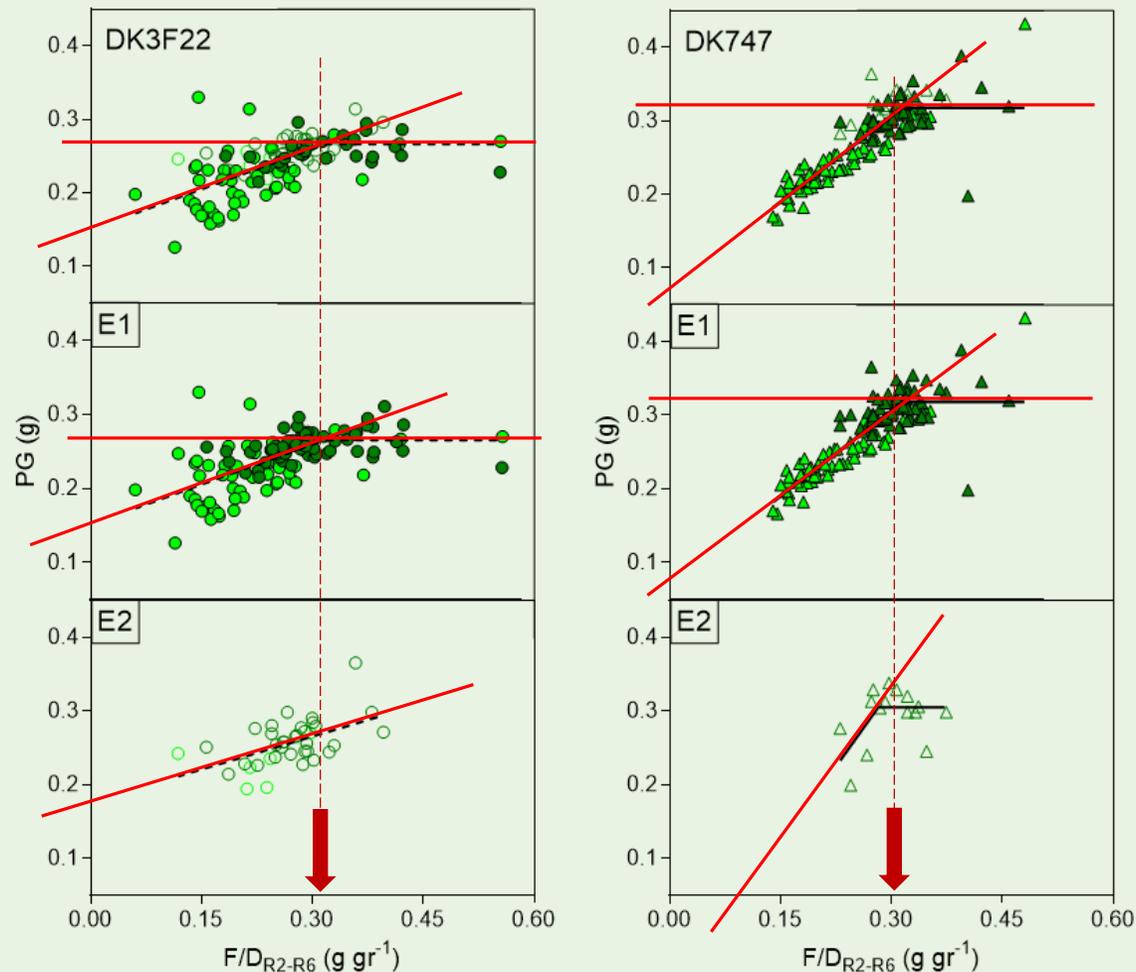
% 6,5 - 8

% <math>< 6,5</math>



% 8

❖ *Relaciones funcionales del peso y la calidad de los granos*



✓ Valor umbral similar

Mayor pendiente

↳ > sensibilidad ( $F/D_{R2-R6}$ )

✓ DK747:

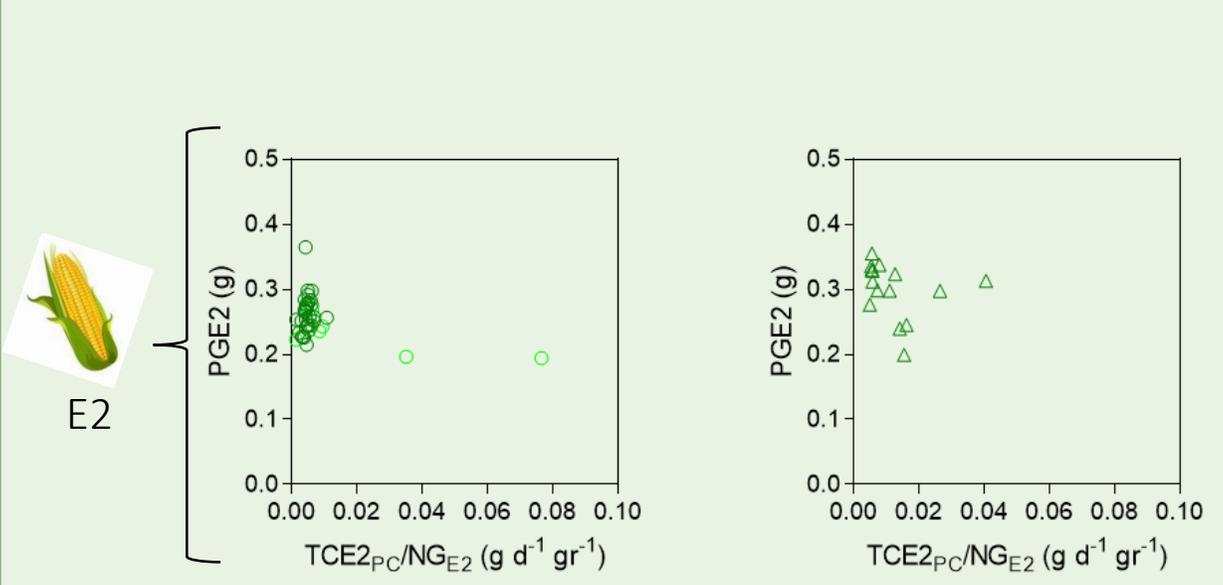
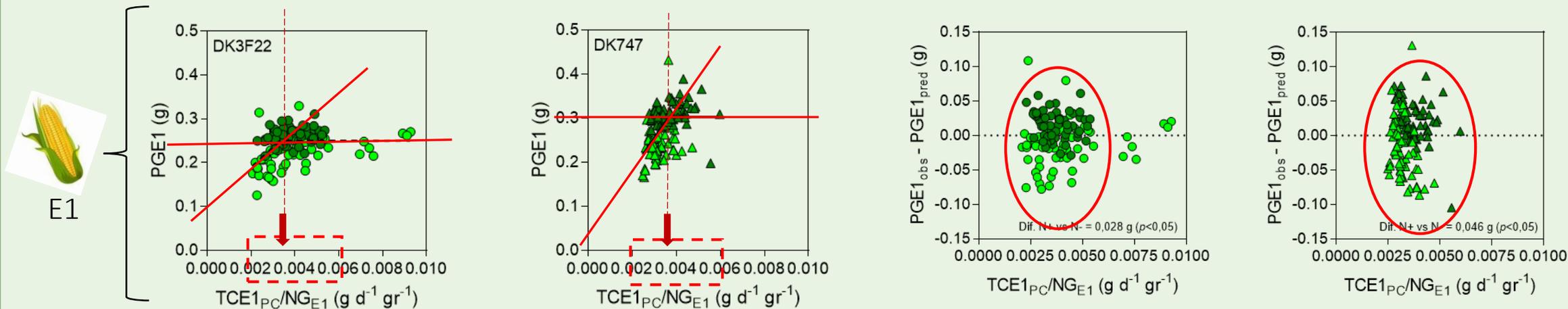
Mayor ajuste de función

( $R^2 = 0,73$  vs  $0,38$ )

Mayor valor máximo PG

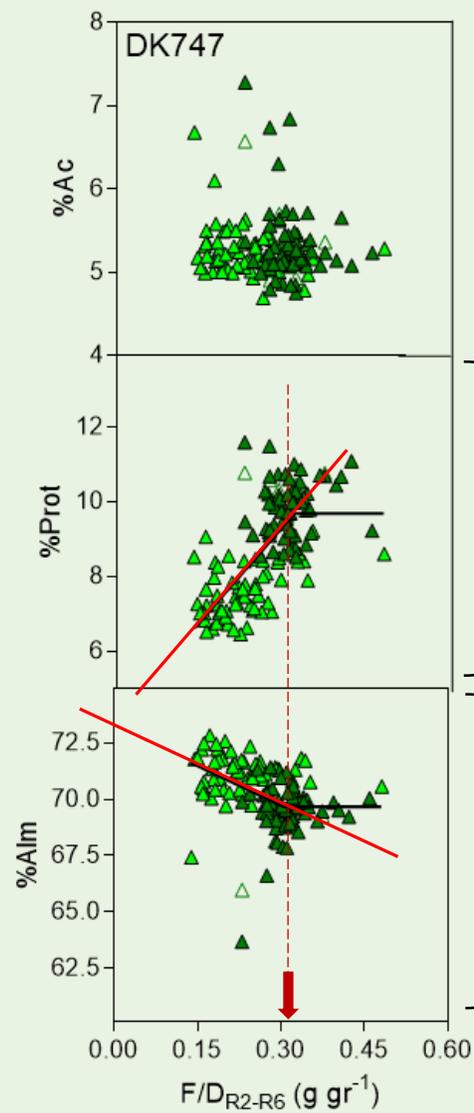
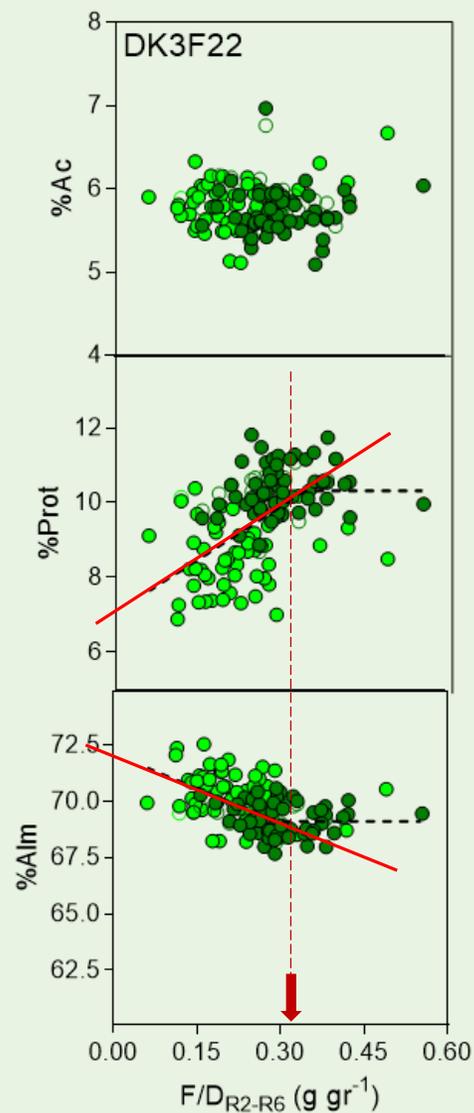
(plateau) (g =  $0,318$  vs  $0,267$ )

## ❖ Relaciones funcionales del peso y la calidad de los granos



Efecto N  
 NO TCE1<sub>PC</sub>/NG<sub>E1</sub> (similar peso potencial)  
 SI valor residuales  
 ≈ valor umbral (0,0035)  
 DK747 ↑ valor máximo

❖ *Relaciones funcionales del peso y la calidad de los granos*



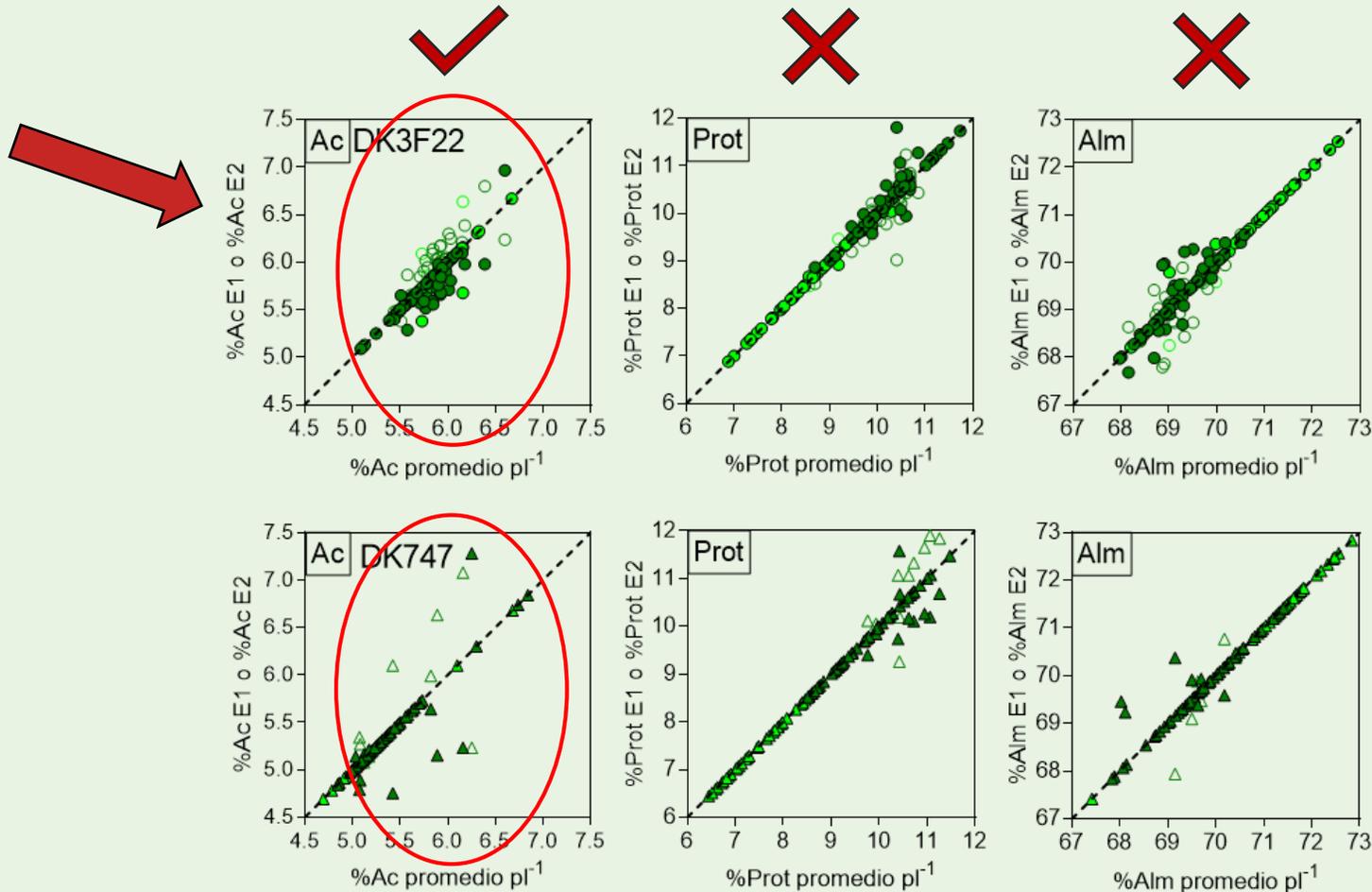
Mayor pendiente

$R^2$  : DK747 = 0,51  
DK3F22 = 0,30

$R^2$  : DK747 = 0,17  
DK3F22 = 0,17

≈ valor umbral

❖ *Relaciones funcionales del peso y la calidad de los granos*

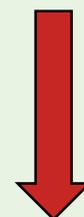
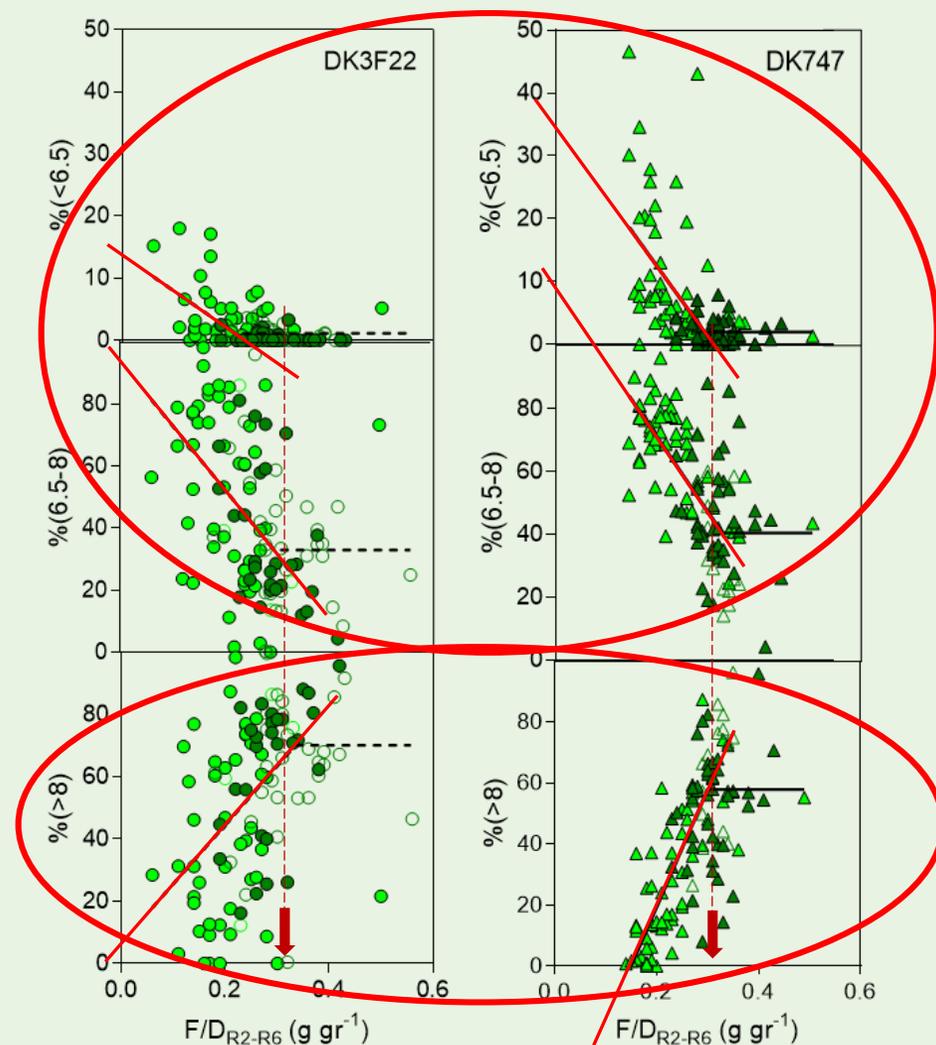


%Ac  
(Granos E2)

>

%Ac  
(Granos E1)

❖ *Relaciones funcionales del peso y la calidad de los granos*



↑  $> 8$

6,5 - 8

↓  $< 6,5$

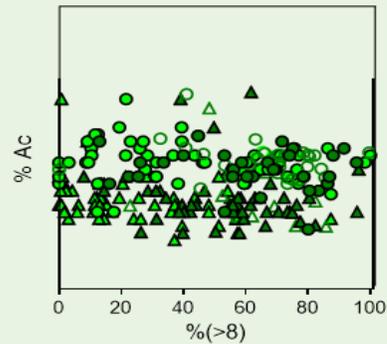
DK747  $>$  sensibilidad

≈ valor umbral

$R^2$  DK747 : 0,36 – 0,57

$R^2$  DK3F22 : 0,20 – 0,27

❖ *Relaciones funcionales del peso y la calidad de los granos*



N-



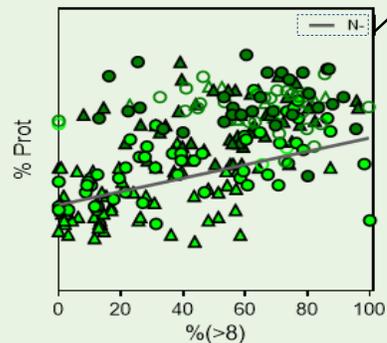
> 8



%Prot

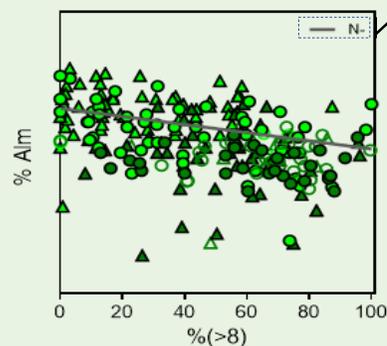


%Alm



N-

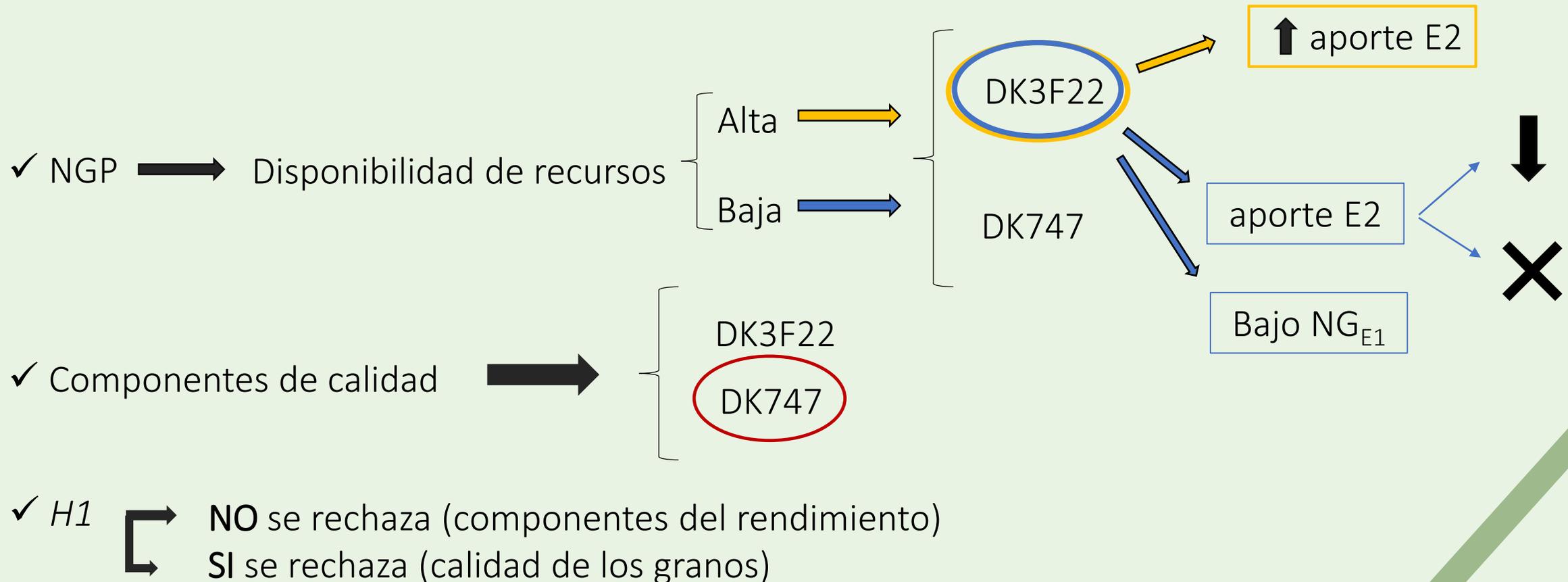
Patrón de comportamiento:  
H más prolífico  $\approx$  H menos prolífico



N-

↑ oferta de N se desacopla  
esta respuesta

*H1. "En ausencia de restricción nitrogenada, los cambios en la densidad de siembra repercutirán en mayor proporción en los rasgos en estudio del genotipo prolífico, debido a la contribución de los granos fijados en la E2. Esta diferencia se atenúa cuanto menor es la oferta de recursos por planta del ambiente (por N o densidad)"*



*H2. "En ambientes de baja densidad de siembra y alta oferta de N, los granos del genotipo prolífico presentaran mayores %Prot y %Ac que los del genotipo no prolífico debido a un mayor calibre de los granos de las E2"*

✓ DK3F22 → > %Ac (todas las condiciones)

No se puede asegurar que se deba al aporte de la E2

✓ F/D<sub>R2-R6</sub> → Principal modulador de %Prot (ambos híbridos)

✓ Proporción granos de diferente calibre → Interacciones múltiples

✓ Las diferencias entre el %Ac y el %Prot → ✗ Variaciones en los % de granos de diferentes calibres

✓ Se rechaza la H2

*H3. “En alta densidad de siembra, cambios en la oferta de N no generarán diferencias genotípicas en la composición química de los granos atribuibles al calibre. La existencia de diferencias genotípicas se relacionaría con la distinta  $F/D_{R2-R6}$ ”*

- ✓ Cambios en el %Prot y %Alm
  - ✓ Cambios en las proporciones de rangos de calibre
- } Presentaron interacciones múltiples entre los factores estudiados
- Asociados a  $F/D_{R2-R6}$
- ✓ Ajuste y pendiente de las relaciones descriptas
    - ↳ DK747 > DK3F22
  - ✓ No se rechaza la *H3*

**¡MUCHAS GRACIAS!**