

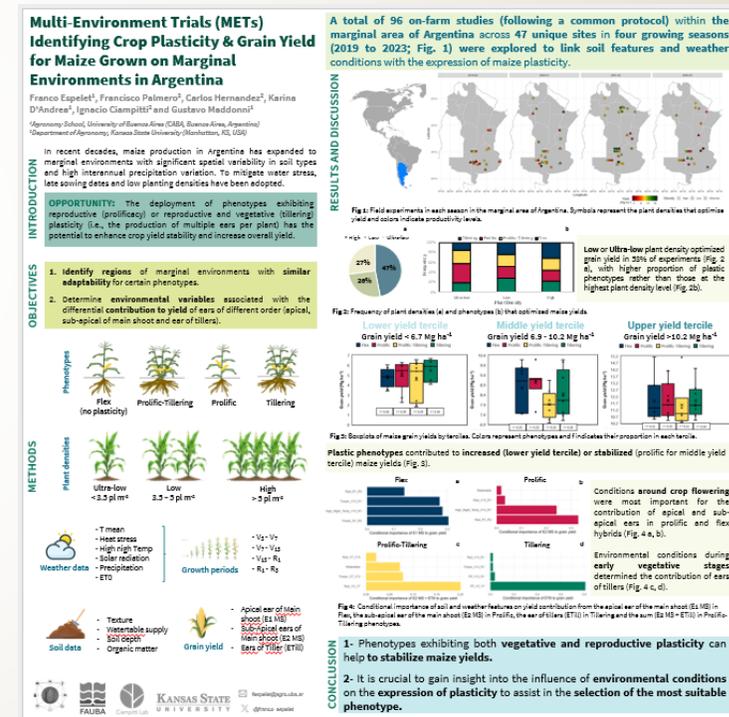
Experimentos Multi-ambientales para identificar la plasticidad vegetativa-reproductiva y el rendimiento en grano de maíz cultivado en ambientes marginales de Argentina

Franco Espelet¹, Francisco Palmero², Carlos Hernandez², Diego Rotili³, Karina D'Andrea¹, Ignacio Ciampitti² and Gustavo Maddonni¹

¹Agronomy School, University of Buenos Aires (CABA, Buenos Aires, Argentina)

²Department of Agronomy, Kansas State University (Manhattan, KS, USA)

³America Agroinnova (America, Buenos Aires, Argentina)



fespelet@agro.uba.ar



KANSAS STATE UNIVERSITY

Objetivos

- Identificar regiones del área marginal con similar adaptabilidad para ciertos fenotipos.
- Determinar las variables ambientales asociadas con la diferente contribución al rendimiento de espigas de diferente orden (apical, sub-apical del vástago principal y espigas de macollos).

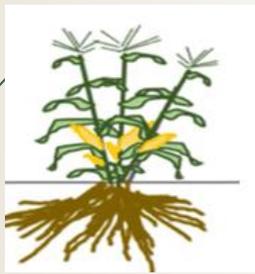
Materiales y métodos

- 96 experimentos de campo (siguiendo un protocolo común)
- 5 regiones, 47 localidades en 11 provincias
- 4 campañas agrícolas (2019-20 – 2022-23)

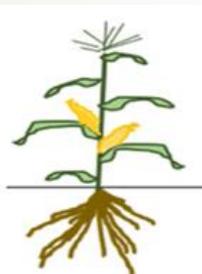
Fenotipos



Flex



Prol+Mac



Prolífico



Macollador

Densidad



Ultra-baja
< 3.5 pl m⁻²



Baja
3.5 – 5 pl m⁻²



Alta
> 5 pl m⁻²

Field Experiments

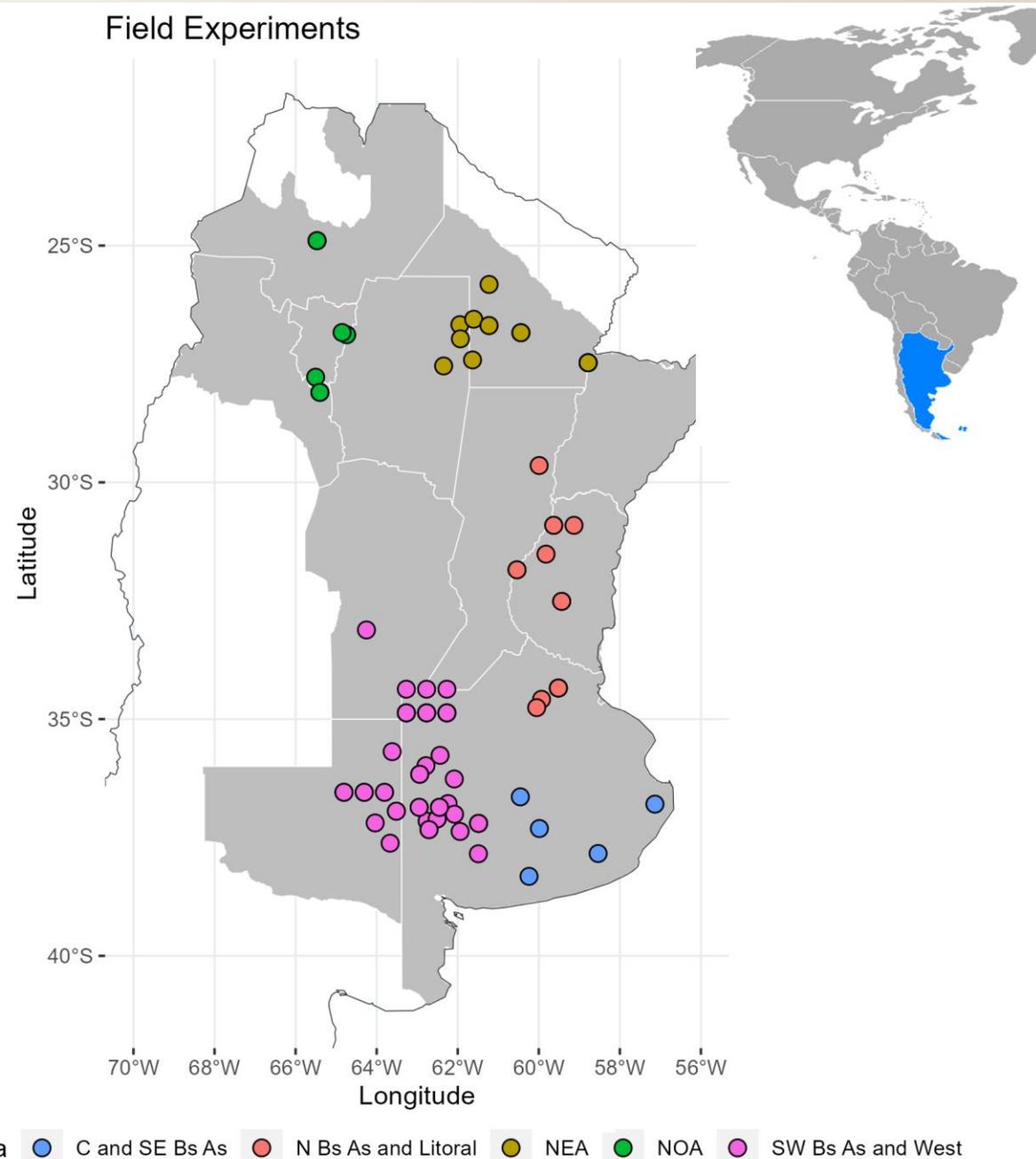


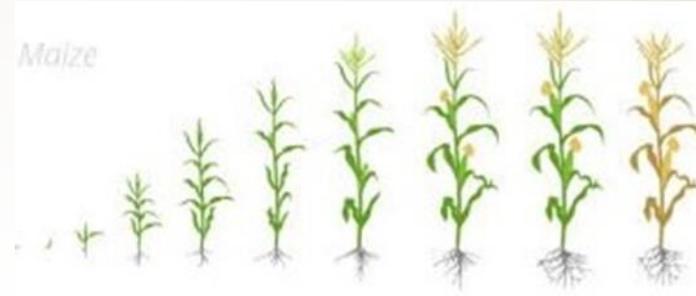
Fig. 1: Exp de campo de la Red UBA de maíz Argentina.

Materiales y métodos



Datos meteorológicos

- Temperatura media
- Índice de Estrés térmico
- Altas temperaturas nocturnas
- Radiación solar
- Precipitaciones diarias
- ET0



Períodos de crecimiento

- $V_3 - V_7$
- $V_7 - V_{13}$
- $V_{13} - R_1$
- $R_1 - R_3$



Datos de suelo

- Textura
- Aporte de Napa
- Profundidad de suelo
- Materia orgánica



Rendimiento del cultivo

- Espiga apical del VP (E1 MS)
- Espiga sub-apical del VP (E2 MS)
- Espigas de macollos (ETill)

Análisis

➤ ANOVA individual por experimento

➤ Comparación de medias que optimizaron el rendimiento



➤ Combinación de Fenotipo, densidad y rendimiento

➤ Feature importance

➤ Análisis de componente principales

Exp 12: La Herrería San Antonio de Areco 2019-20

```
Type III Analysis of Variance Table with Satterthwaite's method
              Sum Sq Mean Sq NumDF DenDF F value    Pr(>F)
Fen           5067638 1689213     3     11 199.346 7.233e-10 ***
dens_class    1224102  612051     2     11  72.229 4.718e-07 ***
Fen:dens_class  591478   98580     6     11  11.633 0.0003294 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Fen	dens_class	emmean	SE	df	lower.CL	upper.CL	.group
Macollador	Ultra-low	6104	67.6	11.3	5956	6253	a
Macollador	High	6390	67.6	11.3	6242	6539	b
Macollador	Low	6626	67.6	11.3	6478	6775	c
Flex	Ultra-low	6912	67.6	11.3	6763	7060	d
Prolif_Macoll	Ultra-low	7030	67.6	11.3	6882	7178	d
Prolif_Macoll	High	7041	67.6	11.3	6893	7189	d
Prolifico	Ultra-low	7272	67.6	11.3	7123	7420	e
Flex	Low	7558	67.6	11.3	7410	7706	f
Prolifico	Low	7601	67.6	11.3	7453	7749	fg
Prolif_Macoll	Low	7614	67.6	11.3	7465	7762	fg
Flex	High	7780	67.6	11.3	7632	7929	g
Prolifico	High	7796	67.6	11.3	7648	7945	g

Resultados

Los niveles de producción variaron entre los **3000 y 16000 kg ha⁻¹**, existiendo varios casos con rendimientos **superiores a los 10000 kg ha⁻¹** con densidades inferiores a las 5 pl m⁻².

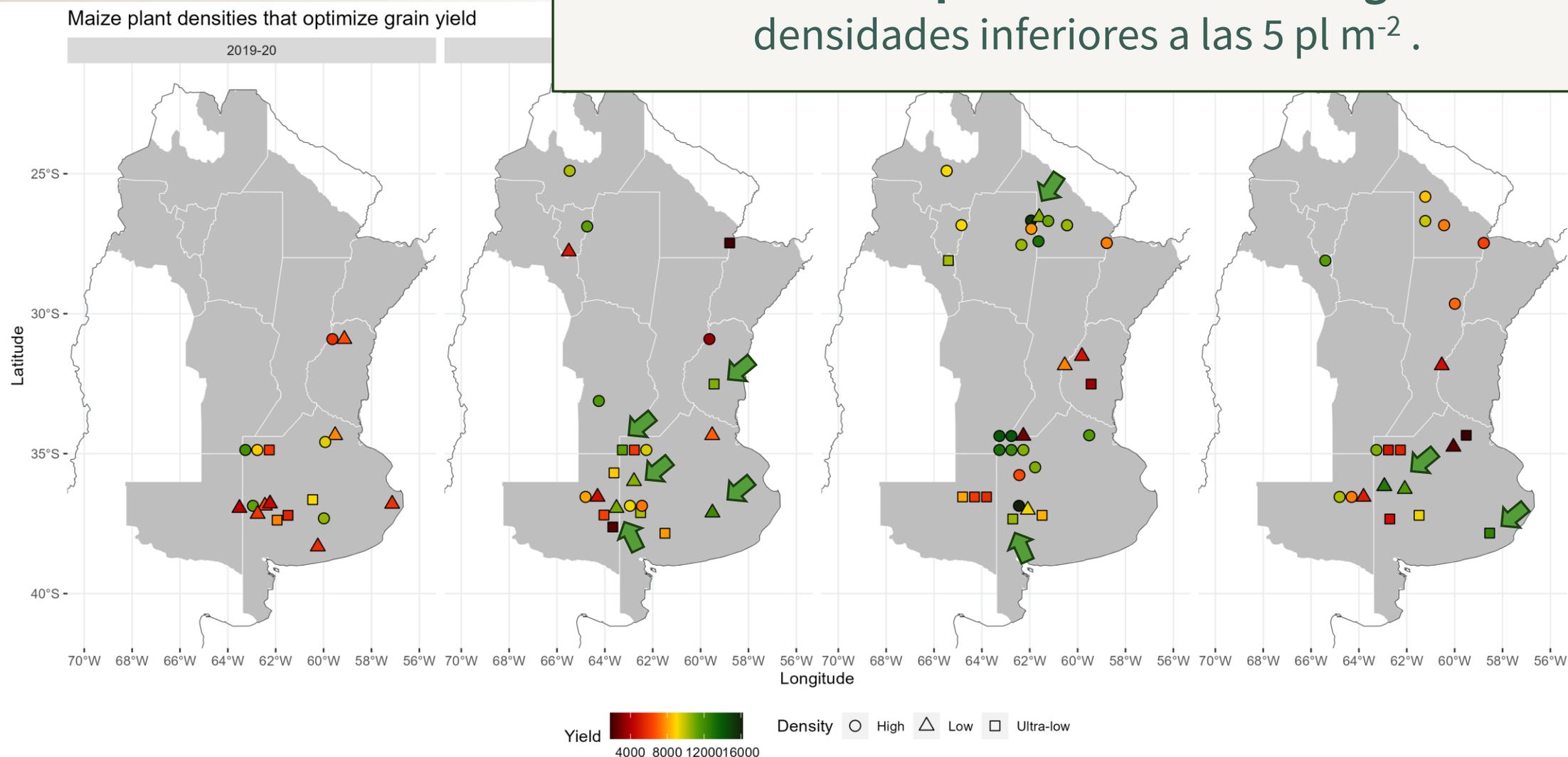
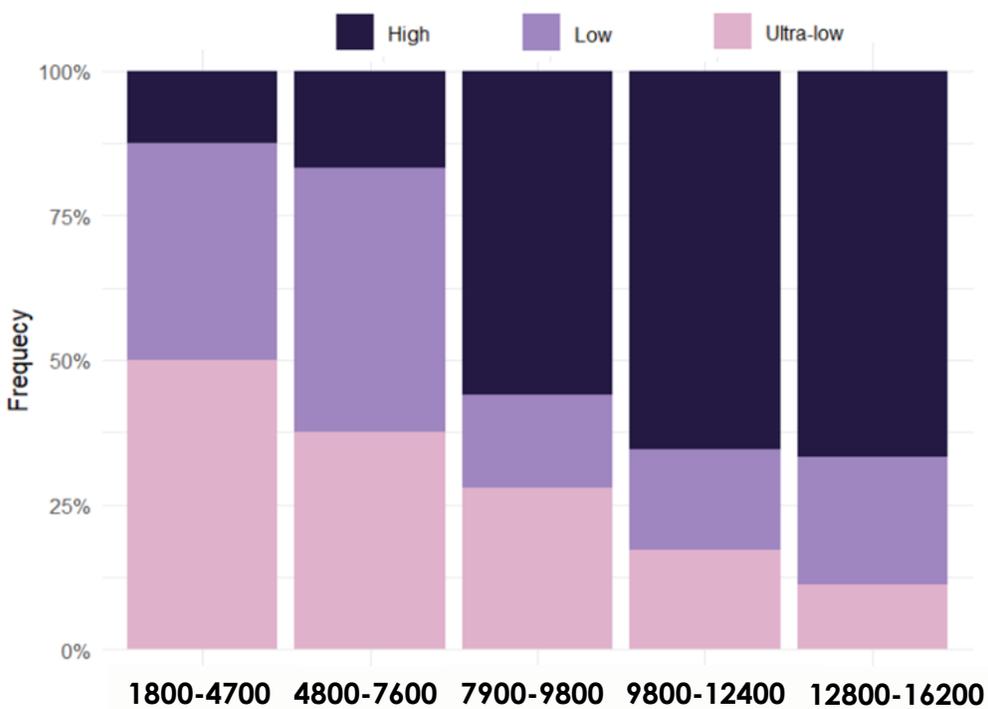
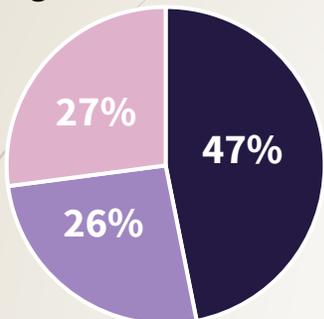


Fig. 2: Densidad de plantas que optimizaron el rendimiento de maíz por campaña. Los colores indican los niveles de productividad.

Resultados

■ High ■ Low ■ Ultra-low



La densidad **Baja** y **Ultra-baja** optimizó el rendimiento en **53%** de los experimentos realizados en el área marginal Argentina, con mayor proporción de **fenotipos plásticos** respecto a la mayor densidad que incrementó la proporción del Flex.

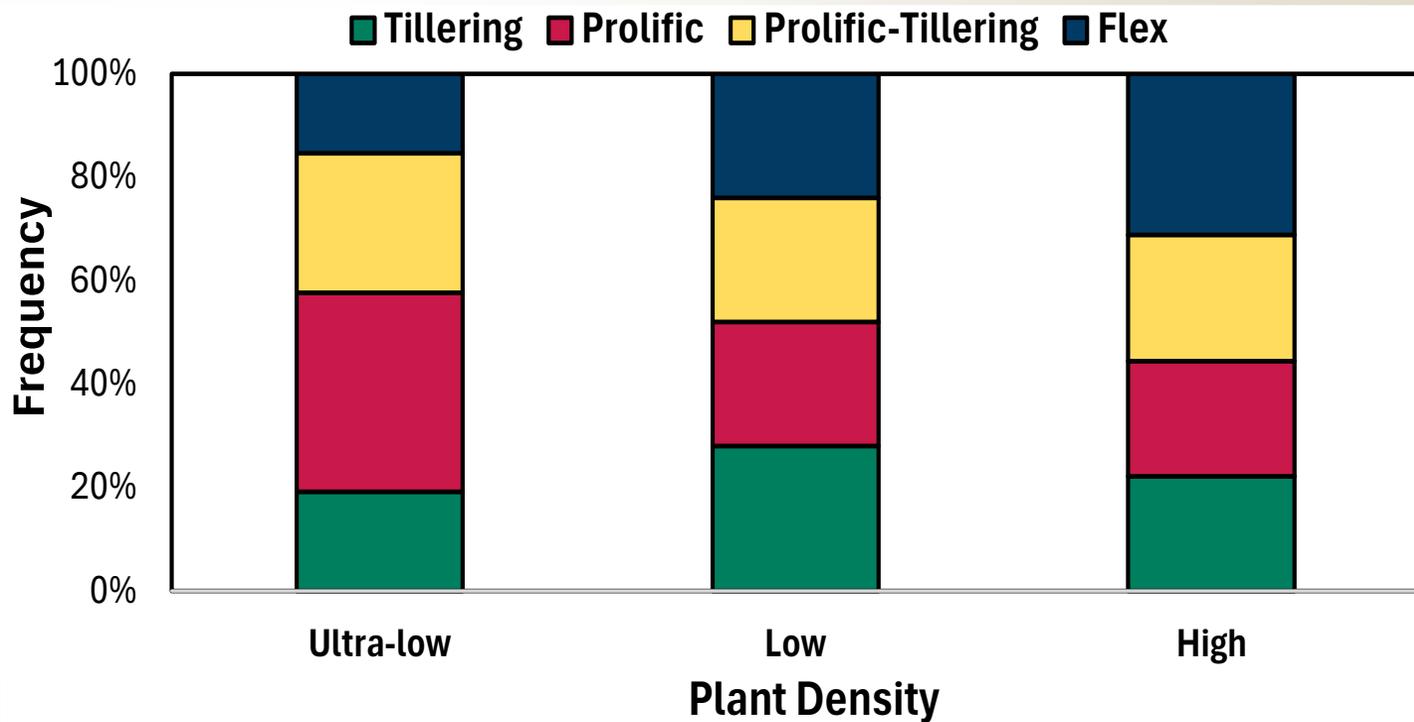


Fig. 3: Densidad de plantas que optimizaron el rendimiento en 5 cluster.

Fig. 4: Frecuencia de fenotipos que optimizaron el rendimiento de maíz.

Resultados

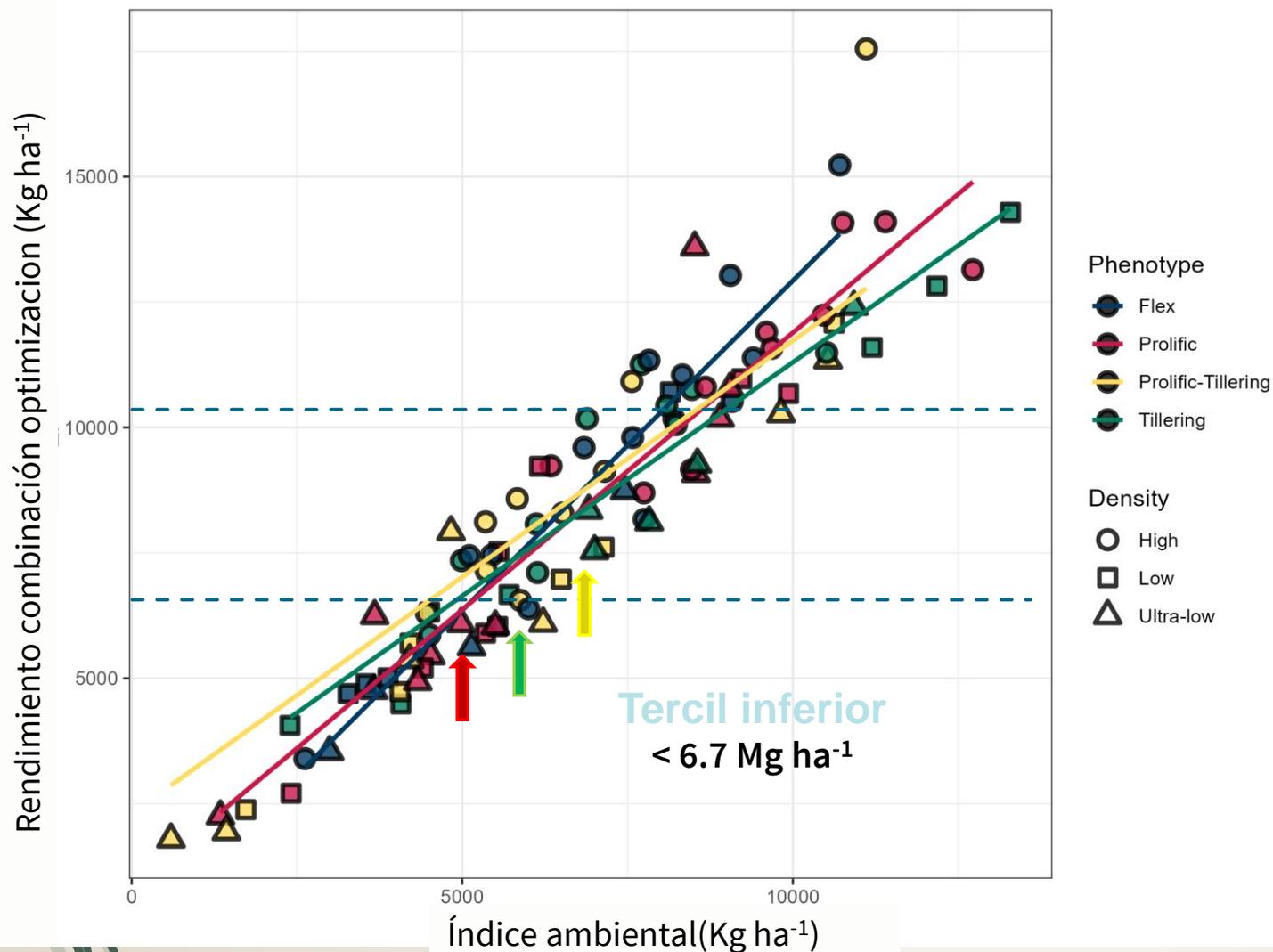
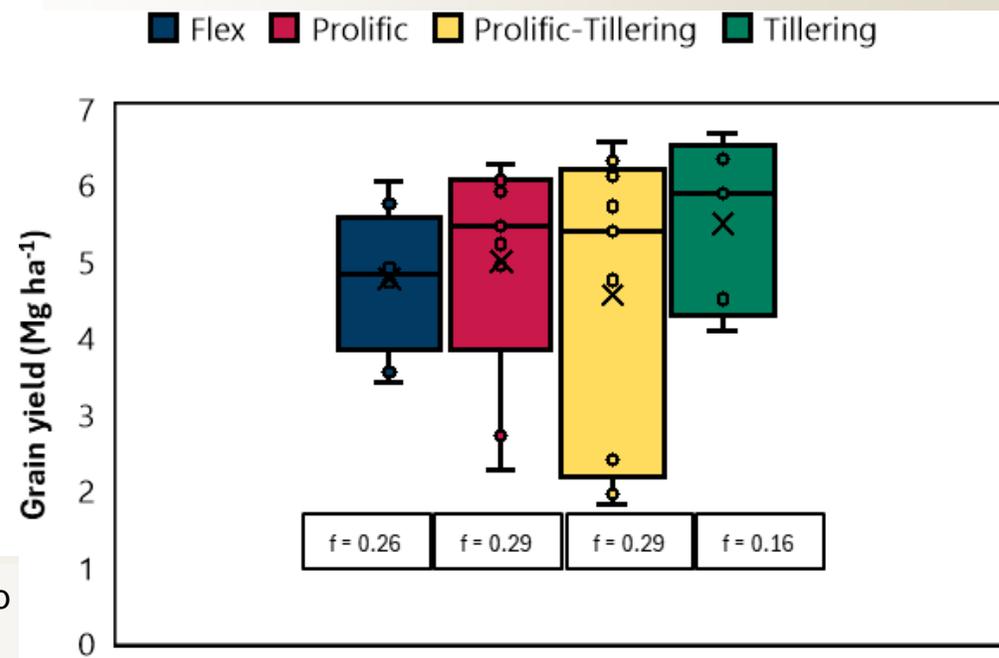


Fig. 5: Relación entre el rendimiento de la combinación (fenotipo y densidad) que optimizo la productividad en cada Exp y el rendimiento promedio (IA) de cada Exp



Resultados

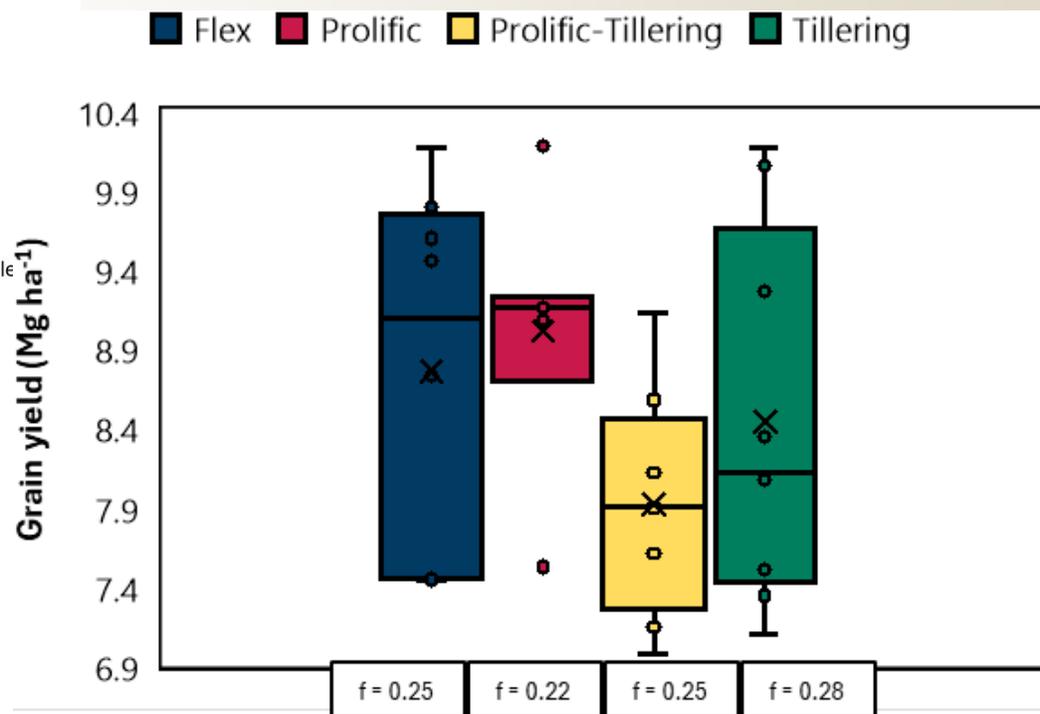
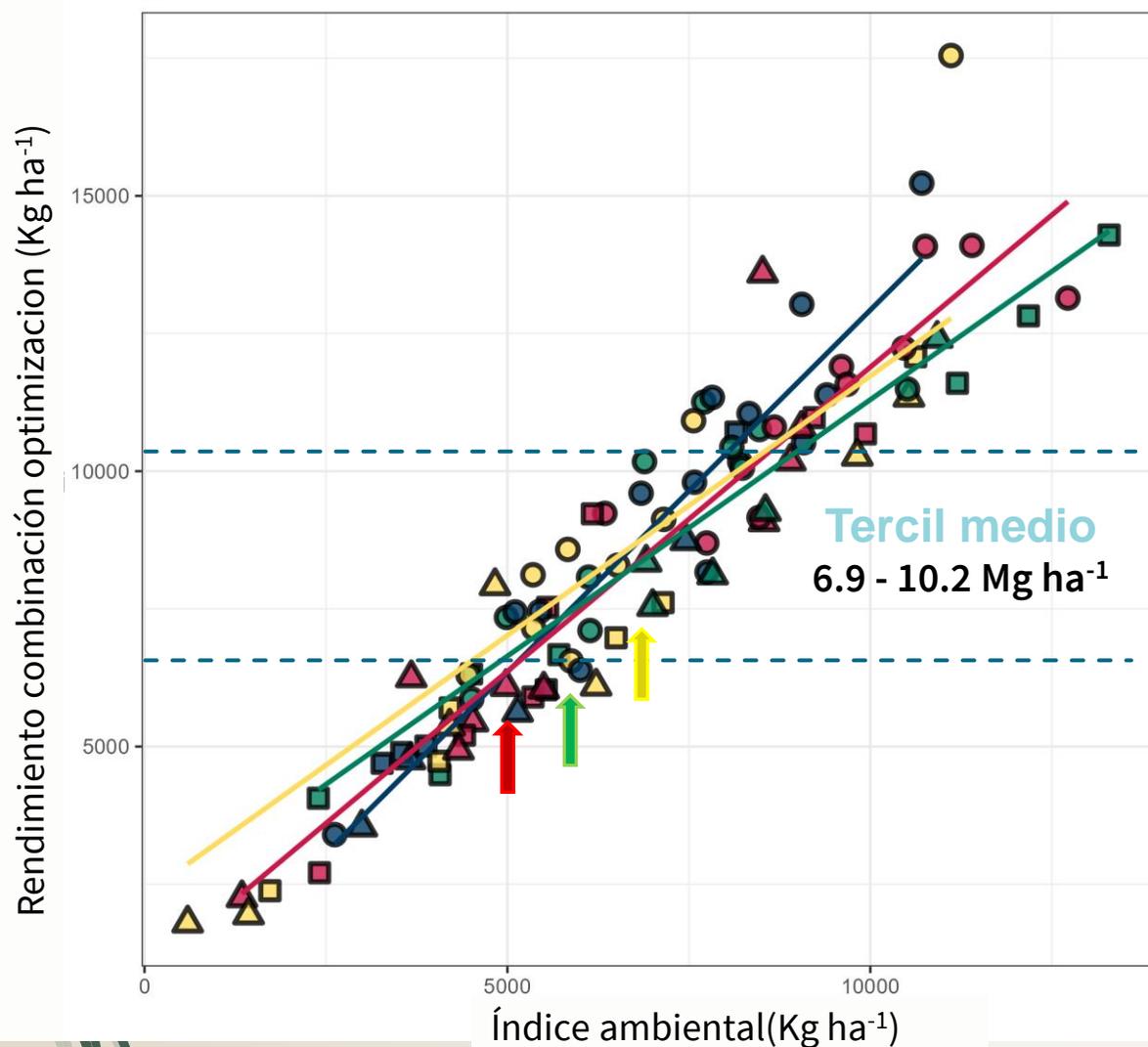
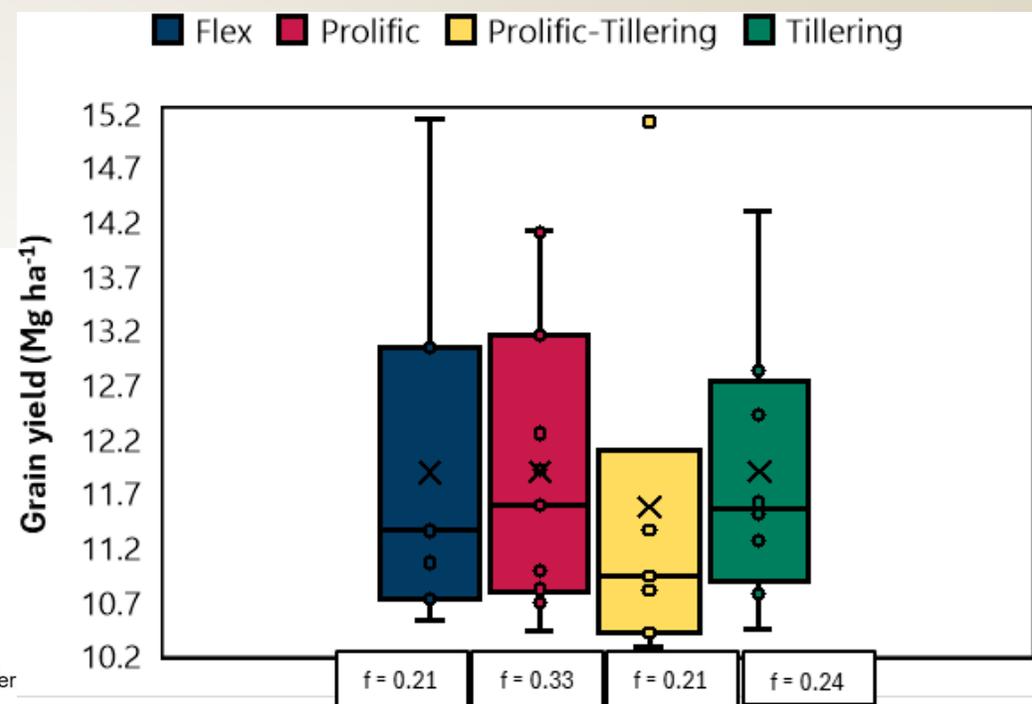
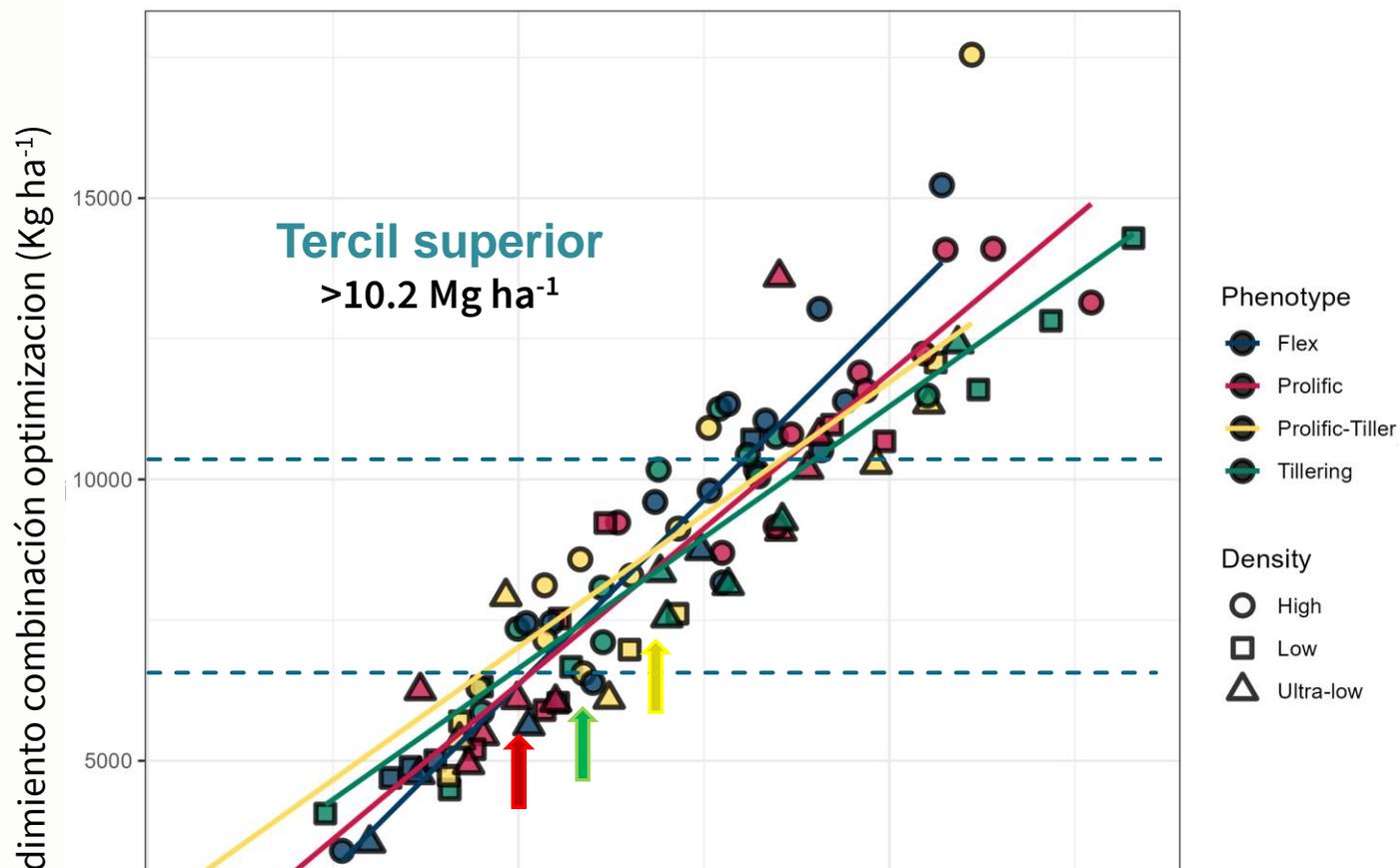


Fig. 5: Relación entre el rendimiento de la combinación (fenotipo y densidad) que optimizo la productividad en cada Exp y el rendimiento promedio (IA) de cada Exp

Resultados

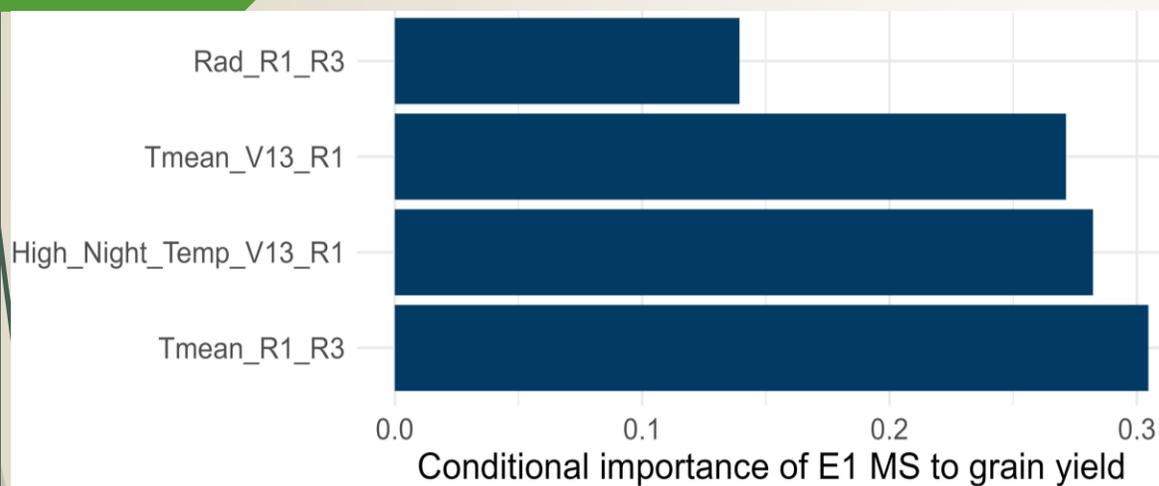


Los **fenotipos con plasticidad** contribuyeron a **incrementar** (tercil inferior) o **estabilizar** (ej., prolífico en el tercil medio) los rendimientos de maíz en Argentina

Fig. 5. Relación entre el rendimiento de la combinación (fenotipo y densidad), que optimiza la productividad en cada Exp y el rendimiento promedio (IA) de cada Exp

Resultados

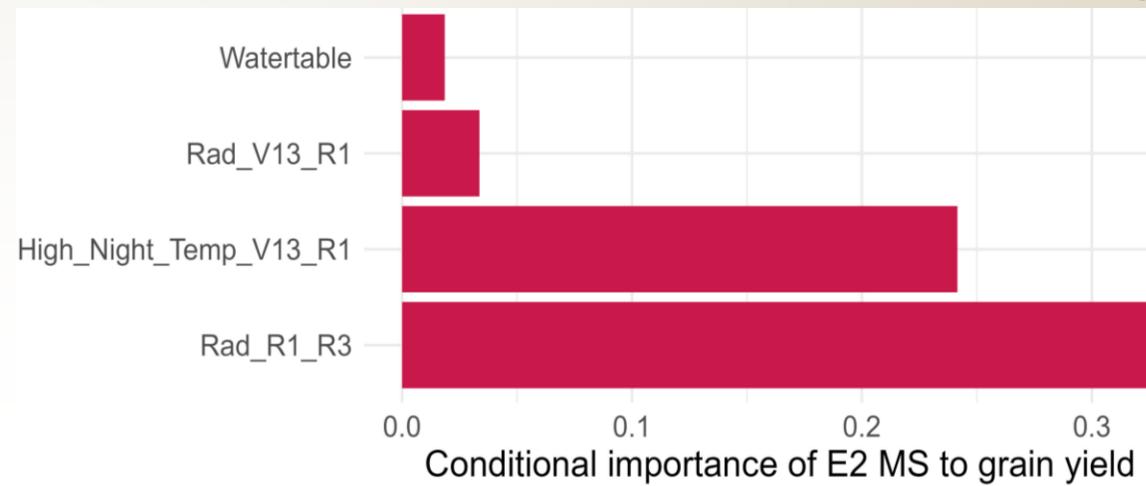
Flex



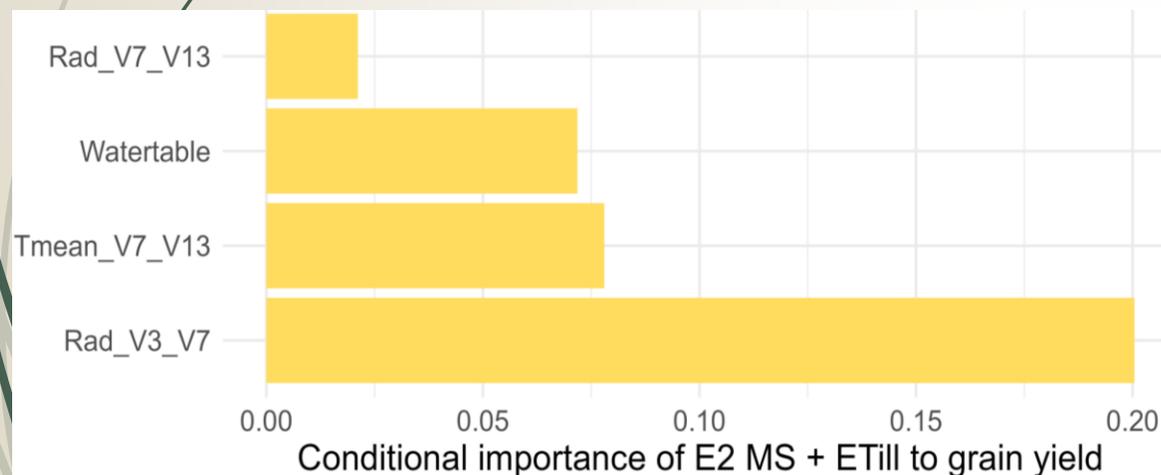
a

Prolific

b



Prolific-Tillering



c

Tillering

d

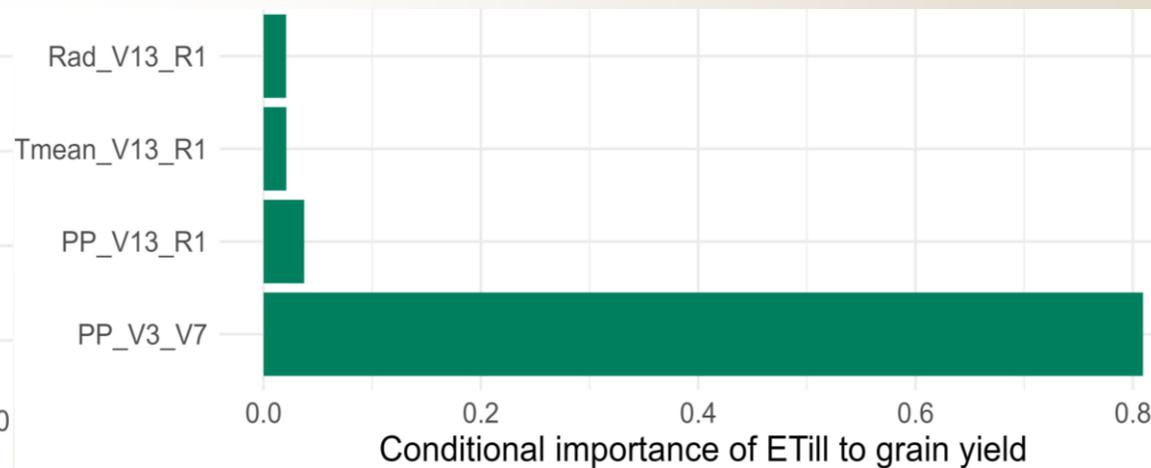
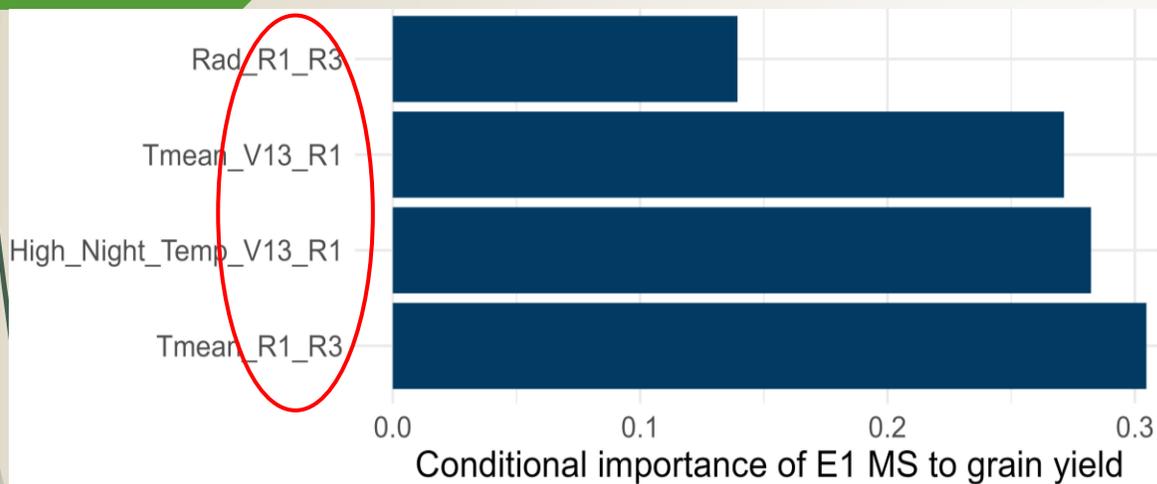


Fig. 6: Importancia condicional de las características del suelo y las condiciones meteorológicas sobre la contribución al rendimiento de las espigas apicales (E1 MS) en Flex, sub-apicales (E2 MS) en Prolífico, de macollos (ETill) en Macollador, y la combinación de E2 MS + ETill en Prolífico-Macollador.

Resultados

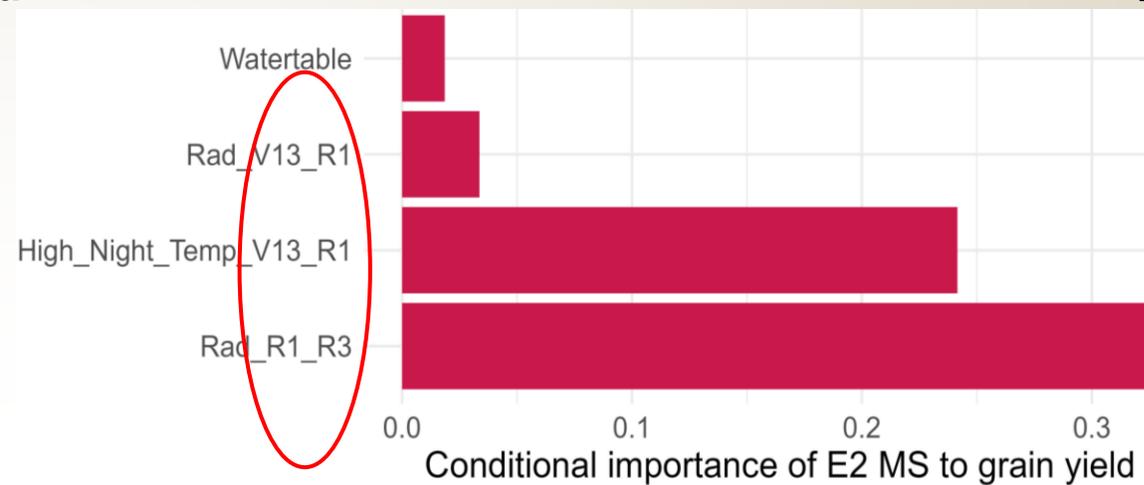
Flex



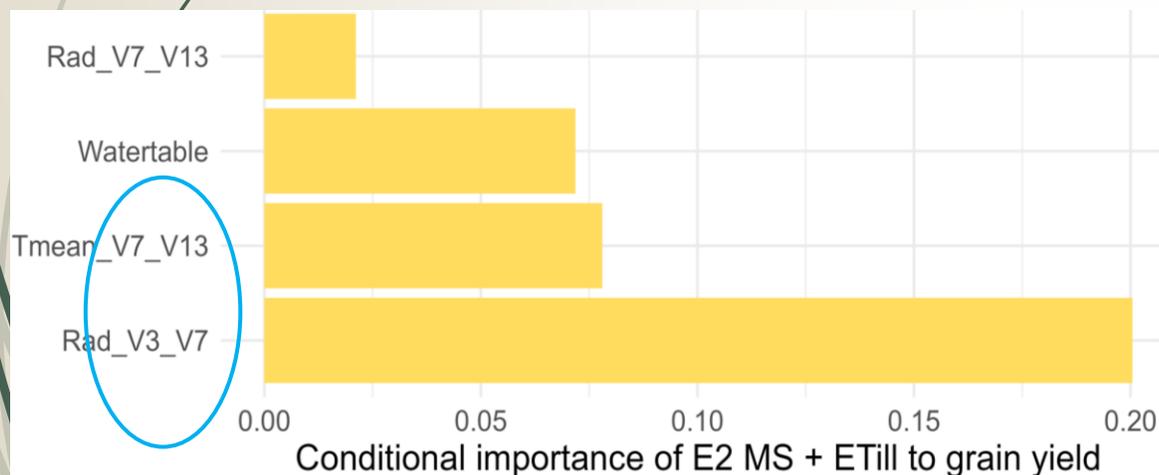
a

Prolific

b



Prolific-Tillering



c

Tillering

d

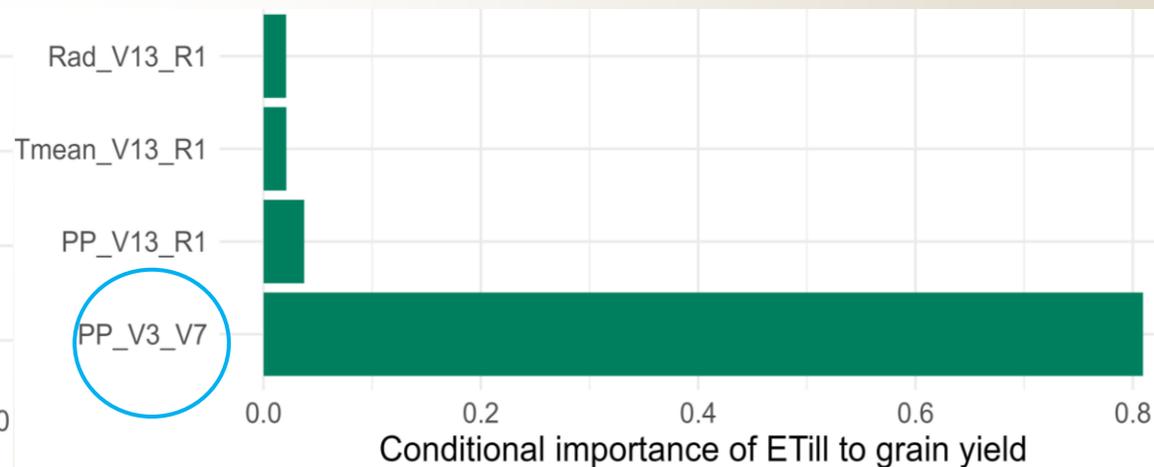
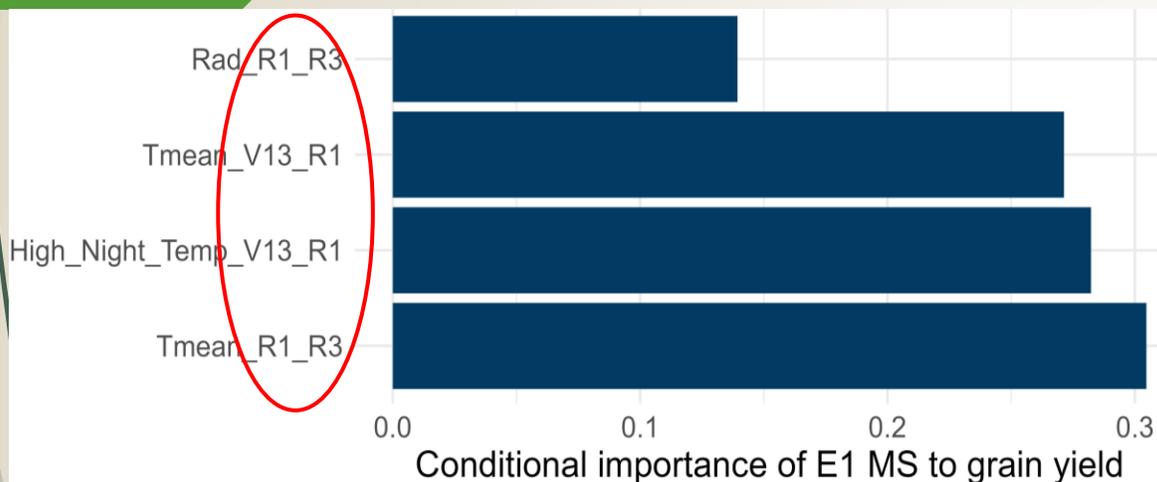


Fig. 6: Importancia condicional de las características del suelo y las condiciones meteorológicas sobre la contribución al rendimiento de las espigas apicales (E1 MS) en Flex, sub-apicales (E2 MS) en Prolífico, de macollos (ETill) en Macollador, y la combinación de E2 MS + ETill en Prolífico-Macollador.

Resultados

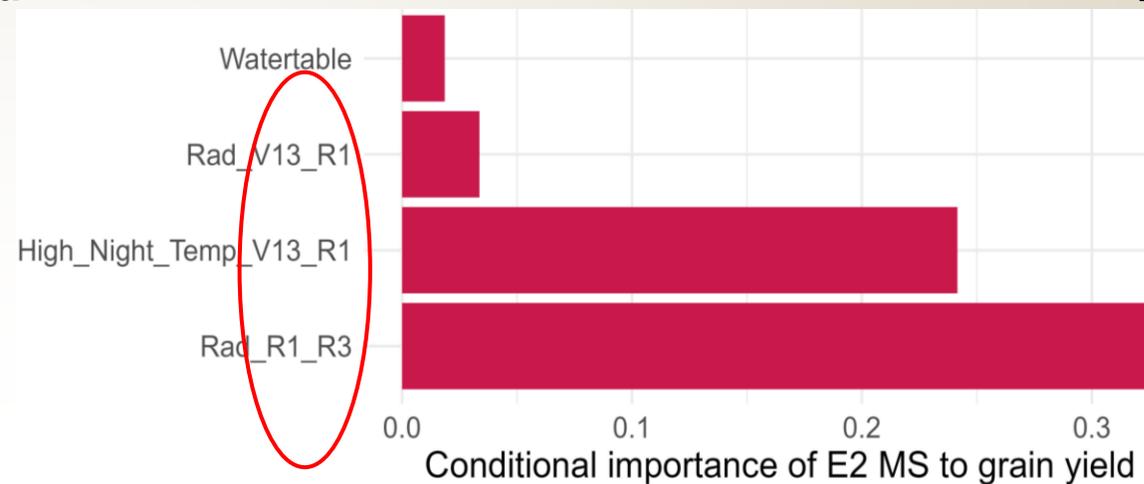
Flex



a

Prolific

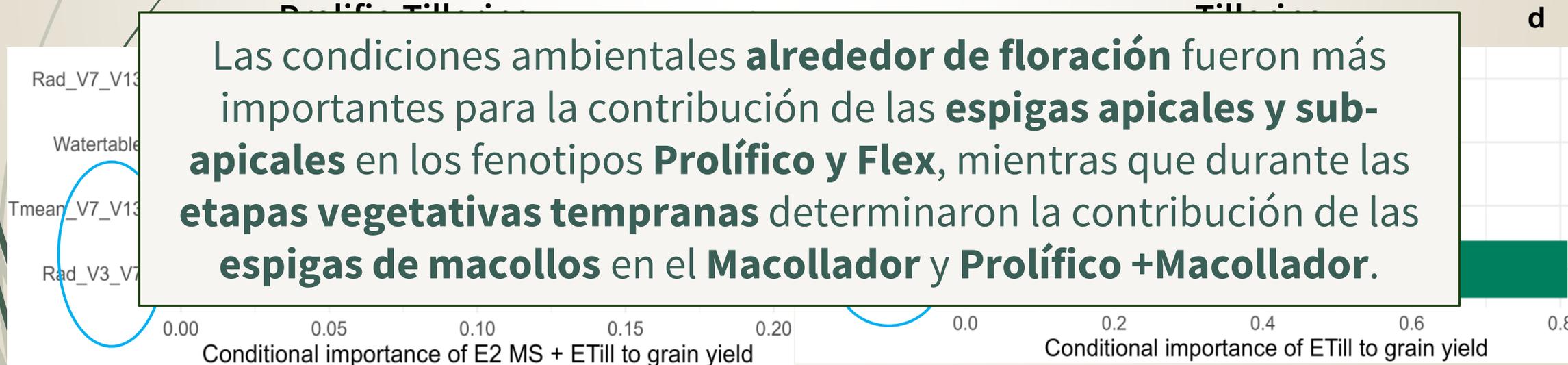
b



Prolífico + Macollador

Till + Macollador

d

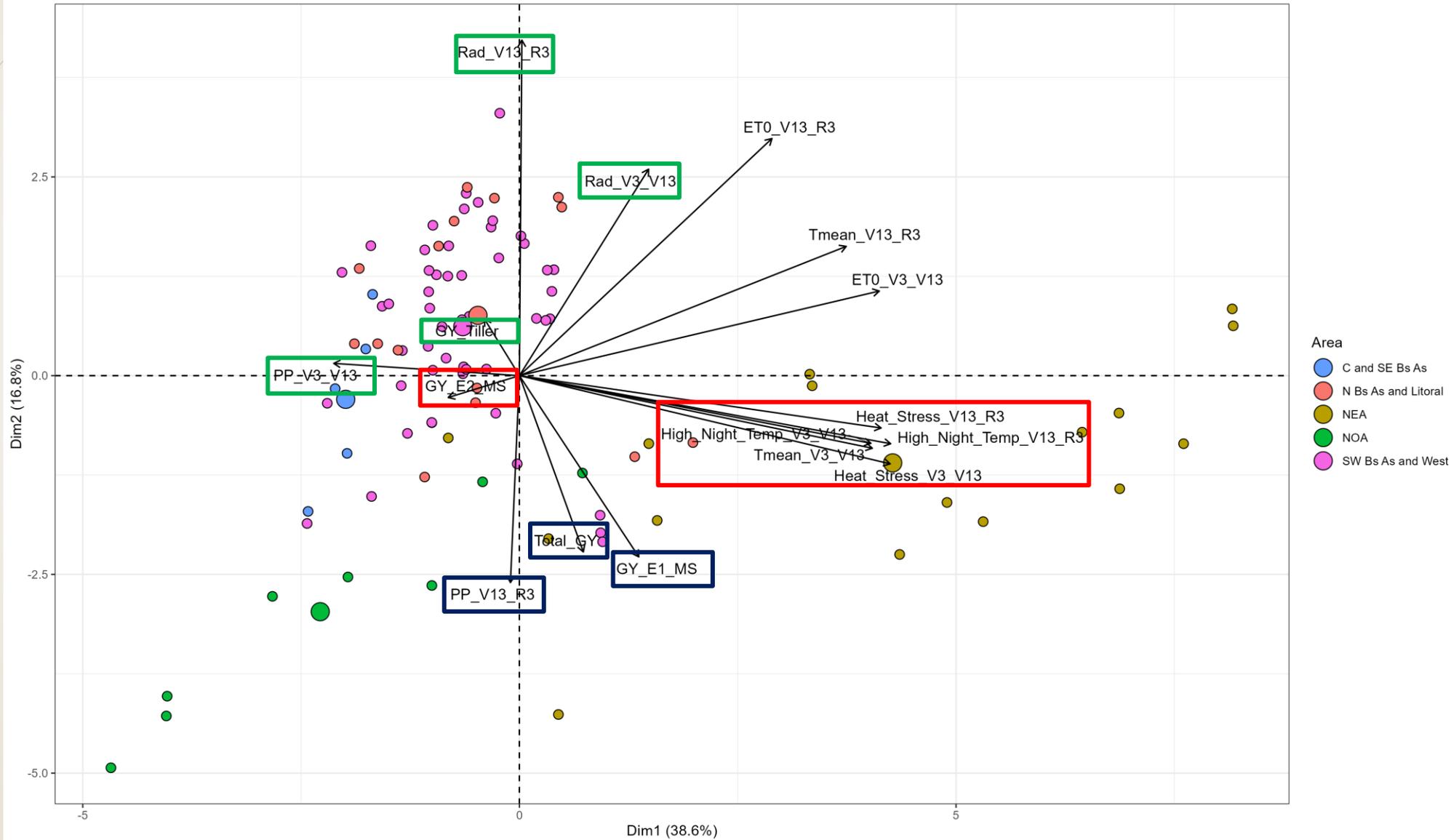


Las condiciones ambientales **alrededor de floración** fueron más importantes para la contribución de las **espigas apicales y sub-apicales** en los fenotipos **Prolífico y Flex**, mientras que durante las **etapas vegetativas tempranas** determinaron la contribución de las **espigas de macollos** en el **Macollador y Prolífico +Macollador**.

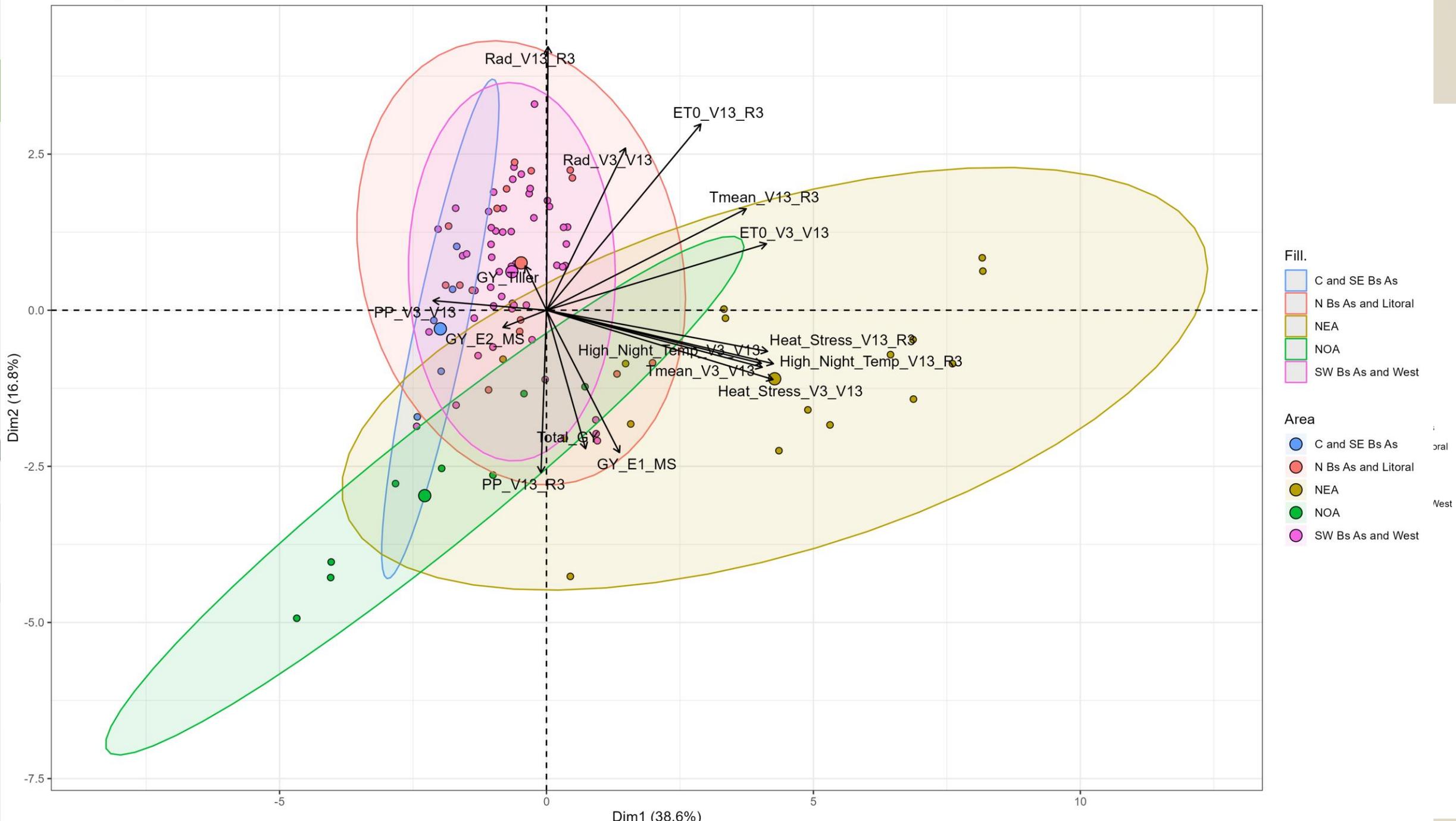
Fig. 6: Importancia condicional de las características del suelo y las condiciones meteorológicas sobre la contribución al rendimiento de las espigas apicales (E1 MS) en Flex, sub-apicales (E2 MS) en Prolífico, de macollos (ETill) en Macollador, y la combinación de E2 MS + ETill en Prolífico-Macollador.

Resultados

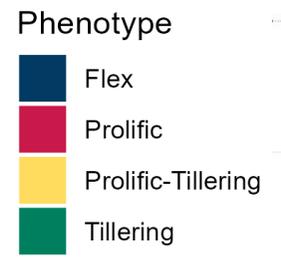
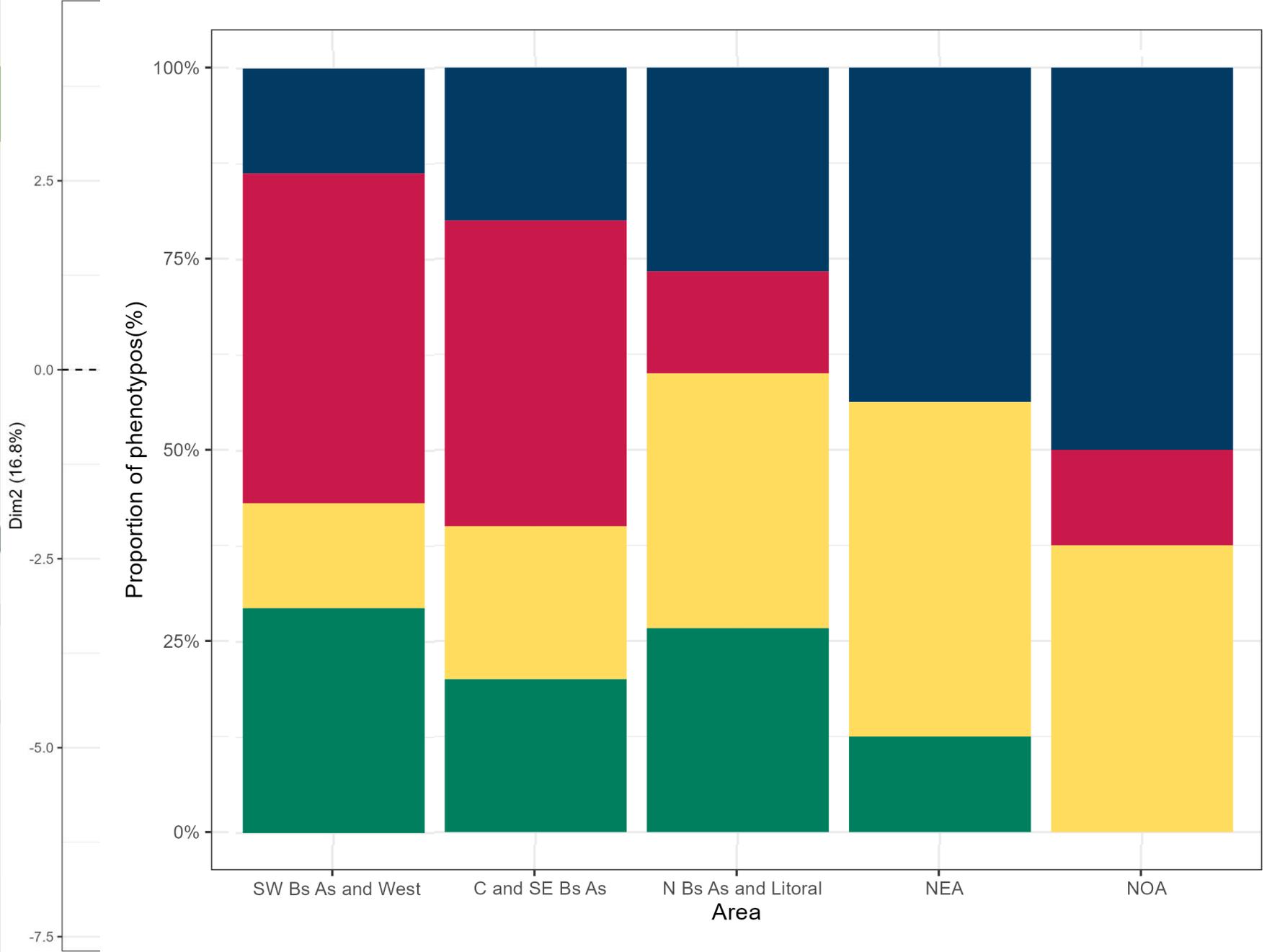
PCA - Biplot

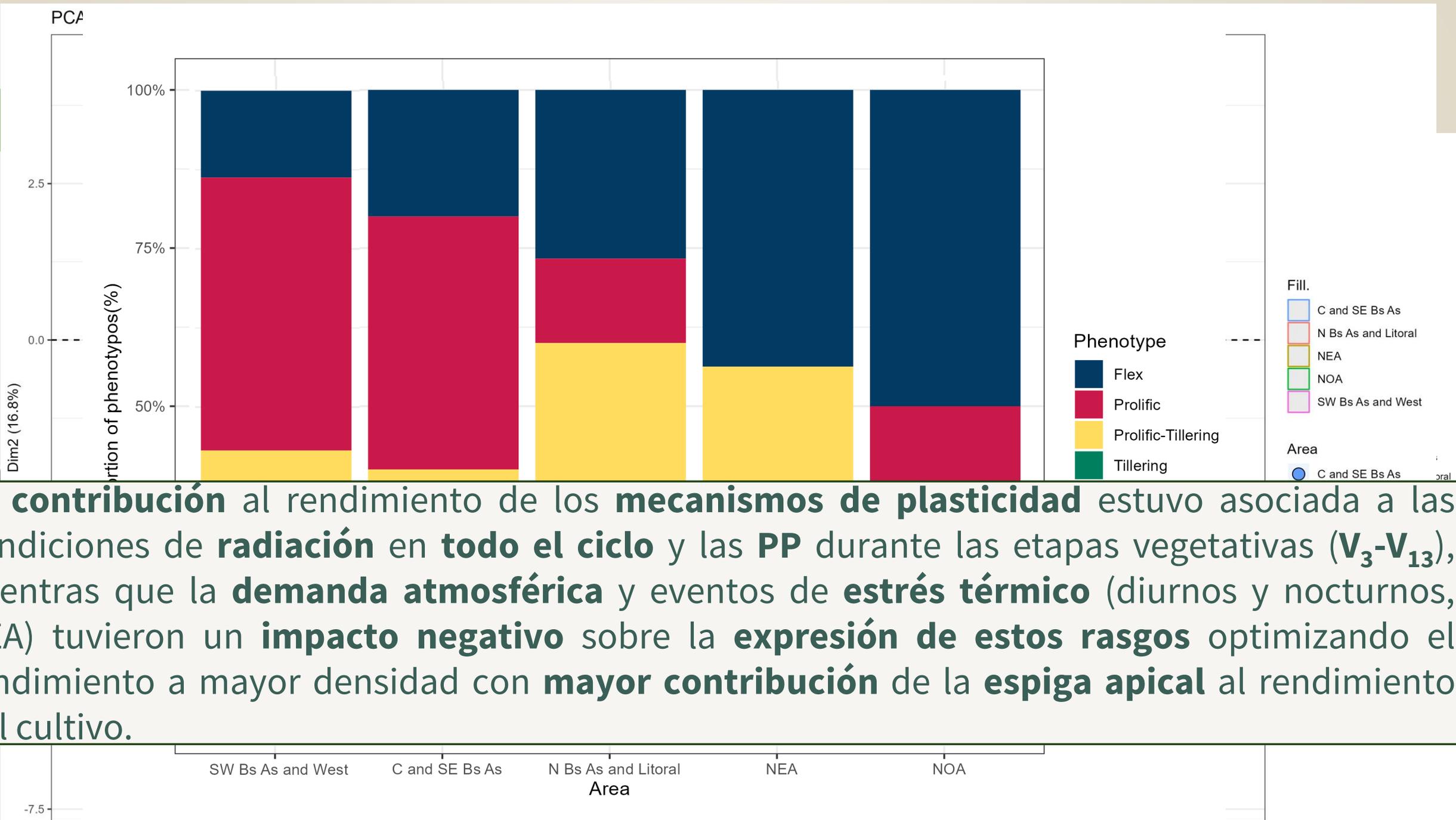


PCA - Biplot



PCA





La **contribución** al rendimiento de los **mecanismos de plasticidad** estuvo asociada a las condiciones de **radiación** en **todo el ciclo** y las **PP** durante las etapas vegetativas (**V₃-V₁₃**), mientras que la **demanda atmosférica** y eventos de **estrés térmico** (diurnos y nocturnos, NEA) tuvieron un **impacto negativo** sobre la **expresión de estos rasgos** optimizando el rendimiento a mayor densidad con **mayor contribución** de la **espiga apical** al rendimiento del cultivo.

Conclusión

- Los fenotipos con **plasticidad vegetativa y reproductiva** pueden ayudar a **incrementar o estabilizar** los rendimientos de maíz en los ambientes explorados en la RED UBA de maíz de Argentina.
- Es crucial **conocer el impacto de las condiciones ambientales** durante el ciclo del cultivo sobre la expresión de los atributos de plasticidad para **ayudar en la elección del fenotipo más adecuado**.
- Existen **regiones** con el **potencial** de ser tenidas en cuenta en futuros **programas de mejoramiento genético** sobre la plasticidad en maíz. Sin embargo, este estudio es solo **un abordaje a la complejidad de los ambientes marginales de Argentina**. Son necesarios más estudios con otras herramientas, como la **modelización** que permitan incorporar la **variabilidad interanual** en las condiciones ambientales durante el ciclo de los cultivos.

