



Respuesta de los cultivos al estrés hídrico



Plant
Breeding
and
Phenomic
Center

Alejandro del Pozo



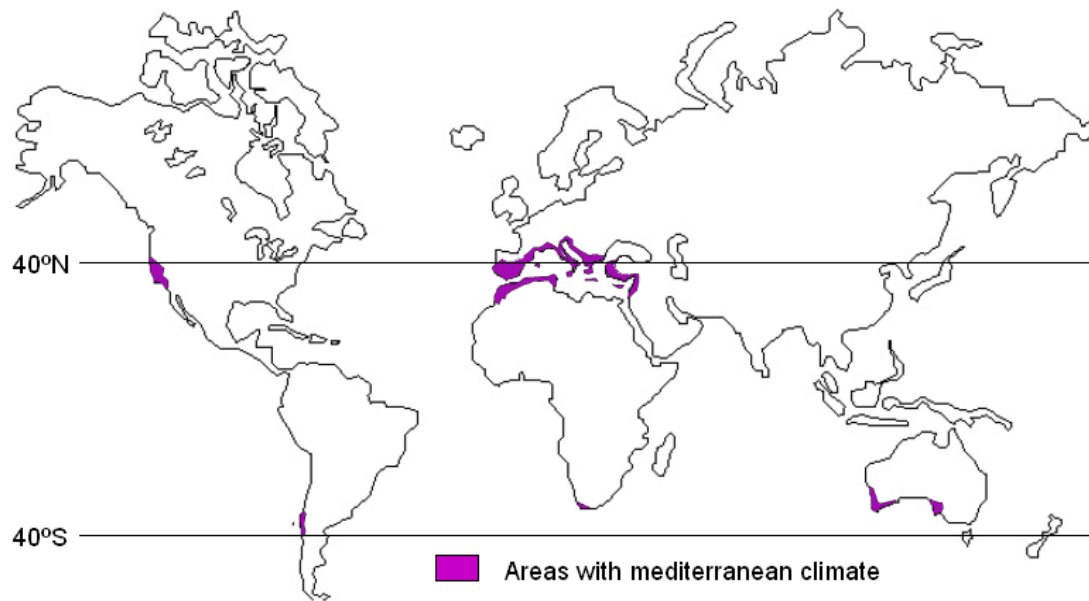
Plant
Breeding
and
Phenomic
Center

www.fenomica.otalca.cl

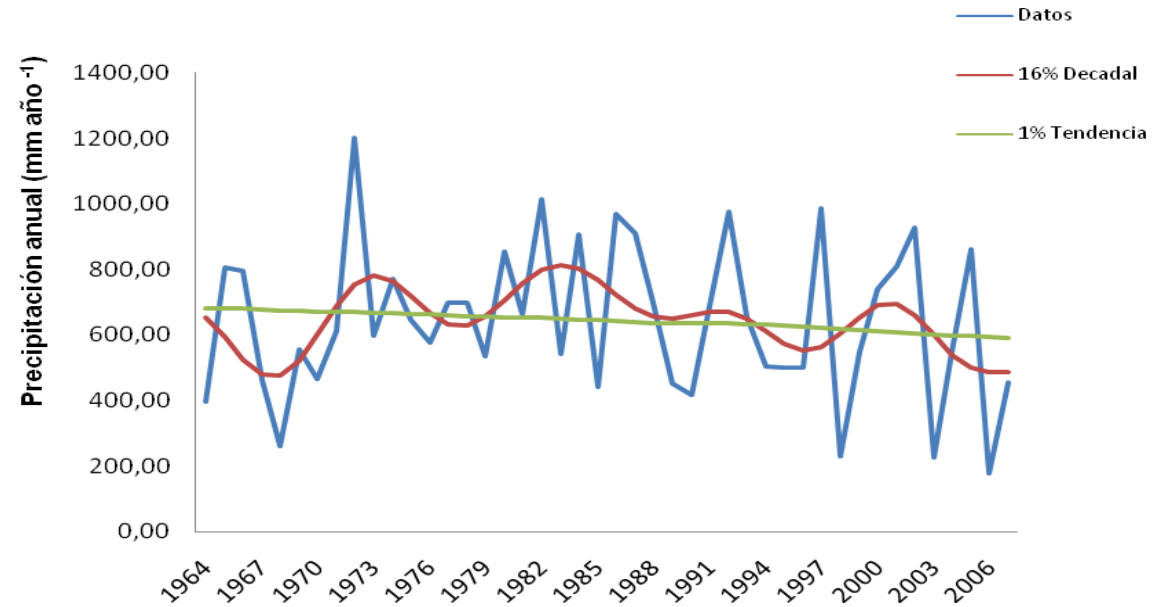
CONTENIDO

- ❑ El estrés hídrico en zonas Mediterráneas
- ❑ Efectos del estrés hídrico en cultivos anuales
- ❑ Caracteres fenotípicos asociados a la tolerancia al estrés hídrico

Regiones de clima mediterráneo (RCM) en el mundo

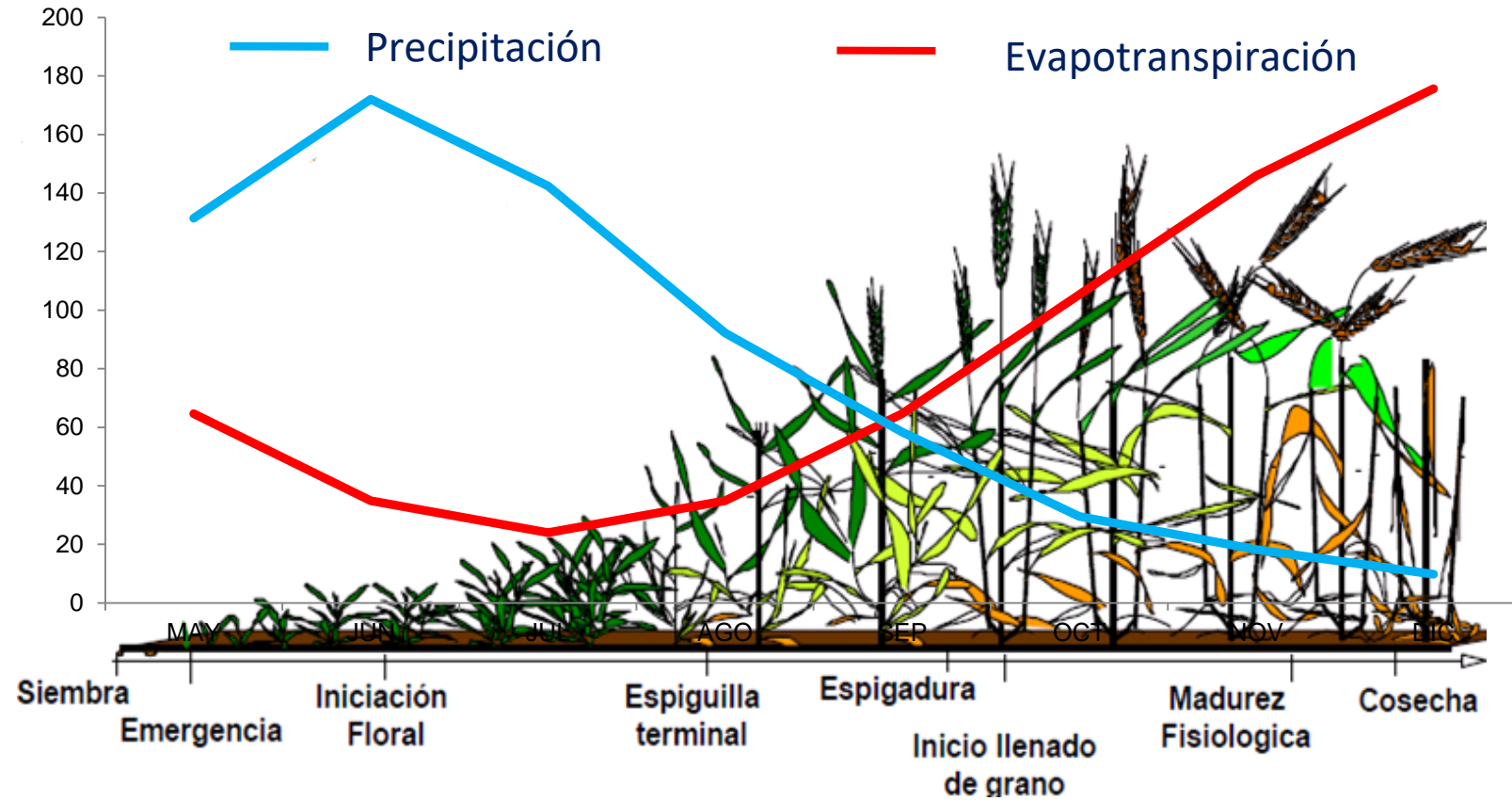


- La agricultura en los RCM está amenazada por el aumento de la sequía y los eventos de alta temperatura asociados con el cambio climático.



- El clima Mediterráneo de Chile central se caracteriza por una gran variabilidad en las precipitaciones

En los climas Mediterráneos los cultivos están expuesta a “sequía terminal”



Fase vegetativa



Fase reproductiva



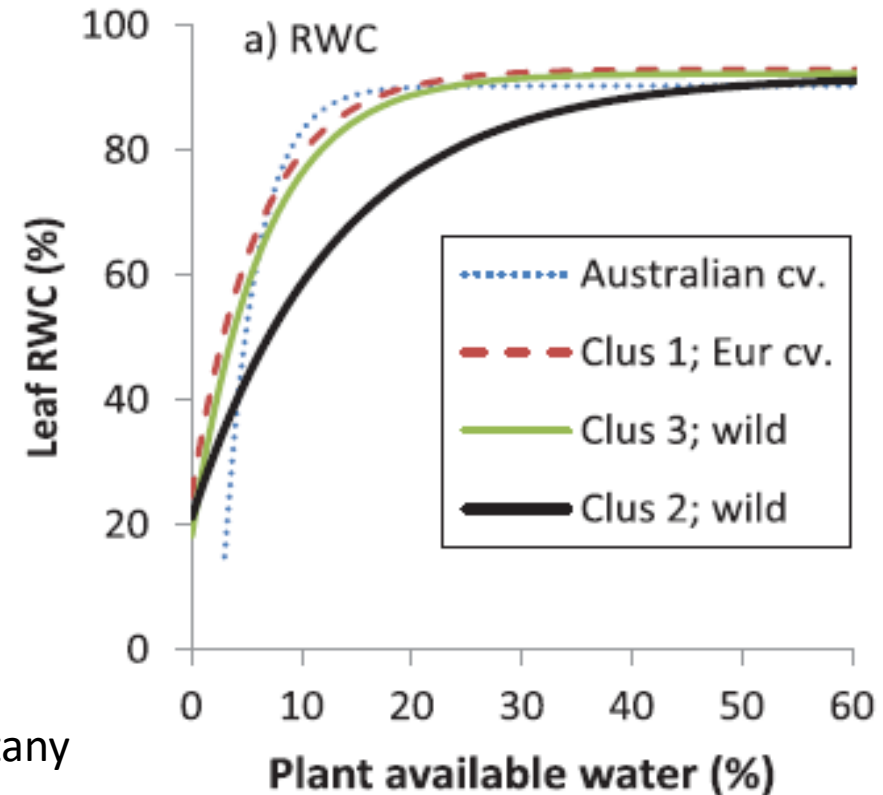
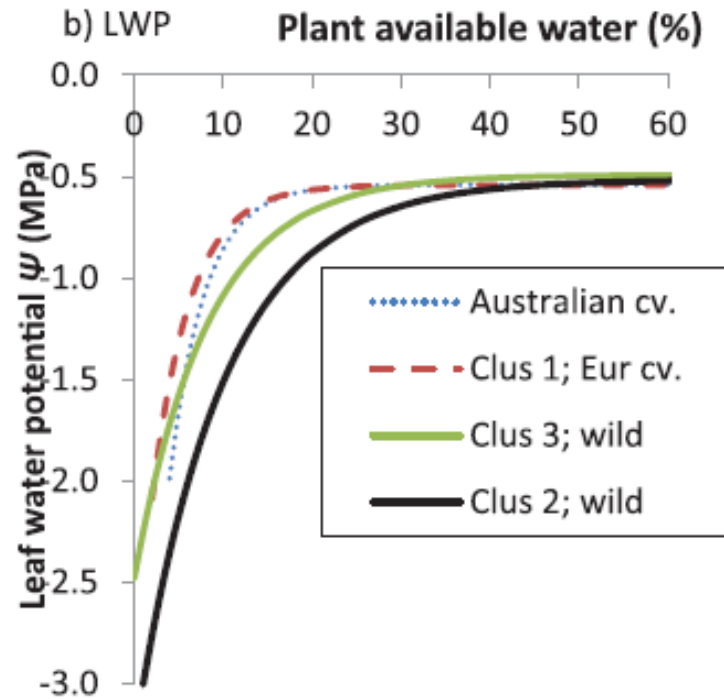
Llenado de granos



Efectos tiene el déficit hídrico en los procesos fisiológicos y metabólicos de las plantas

- Reducción del potencial hídrico y contenido relativo de agua (RWC) en hojas

Lupinus luteus

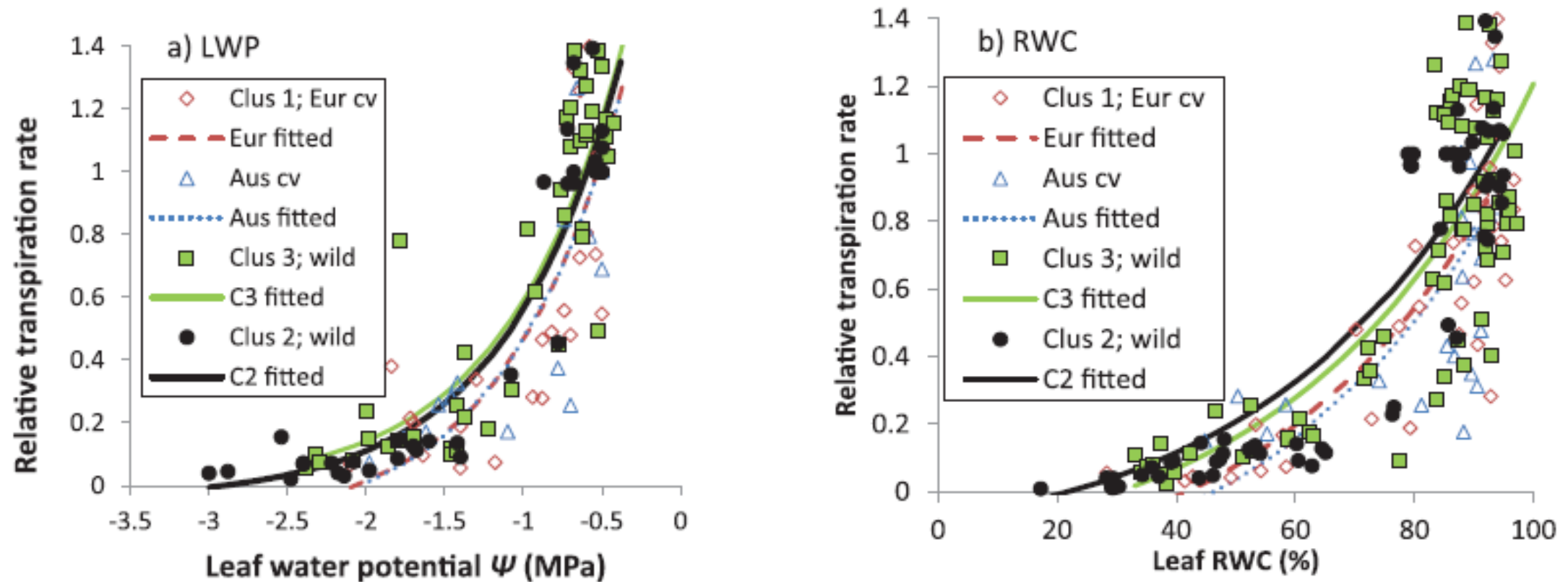


Berger and Ludwig (2014). Journal of Experimental Botany
doi:10.1093/jxb/eru006

Efectos tiene el déficit hídrico en los procesos fisiológicos y metabólicos de las plantas

- Reducción de la tasa de transpiración

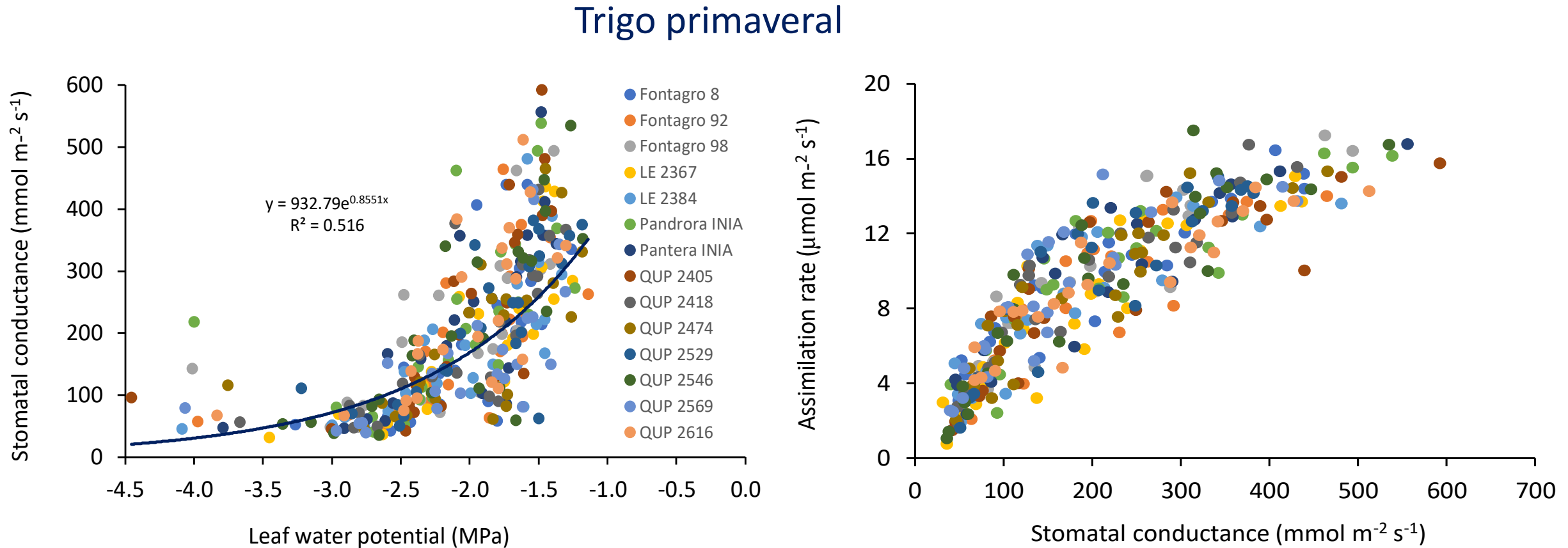
Lupinus luteos



Berger and Ludwig (2014). Journal of Experimental Botany
doi:10.1093/jxb/eru006

Efectos del déficit hídrico en los procesos fisiológicos y metabólicos de las plantas

- Disminución de la conductancia estomática y tasa de fotosíntesis



del Pozo et al. (no publicado)

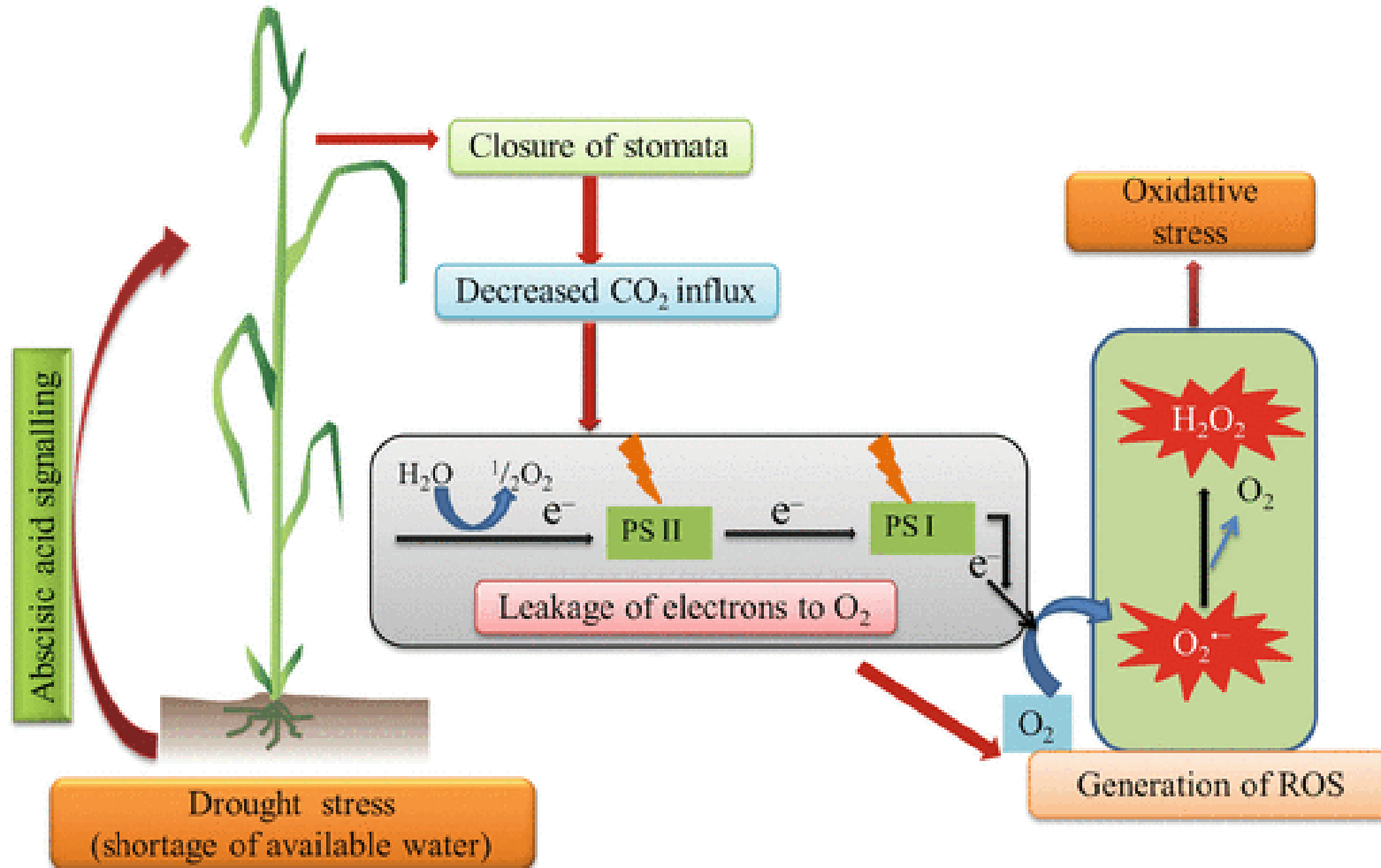
Efectos del estrés hídrico en la capacidad fotosintética de las hojas

- La tasa de fotosíntesis (A) en plantas sometidas a estrés hídrico disminuye a medida que disminuye el contenido relativo de agua (RWC) y el potencial hídrico (Ψ) de las hojas.
- Al bajar RWC disminuye la tasa de fotosíntesis (A) por:
 - a) disminución en la conductancia estomática (g_s) y en consecuencia C_i
⇒ **LIMITACION ESTOMATICA**
 - b) limitaciones metabólicas lo cual hace disminuir la capacidad fotosintética ⇒ **LIMITACION NO-ESTOMATICA**

La importancia relativa de a) y b) dependen del grado de estrés, es decir de RWC.

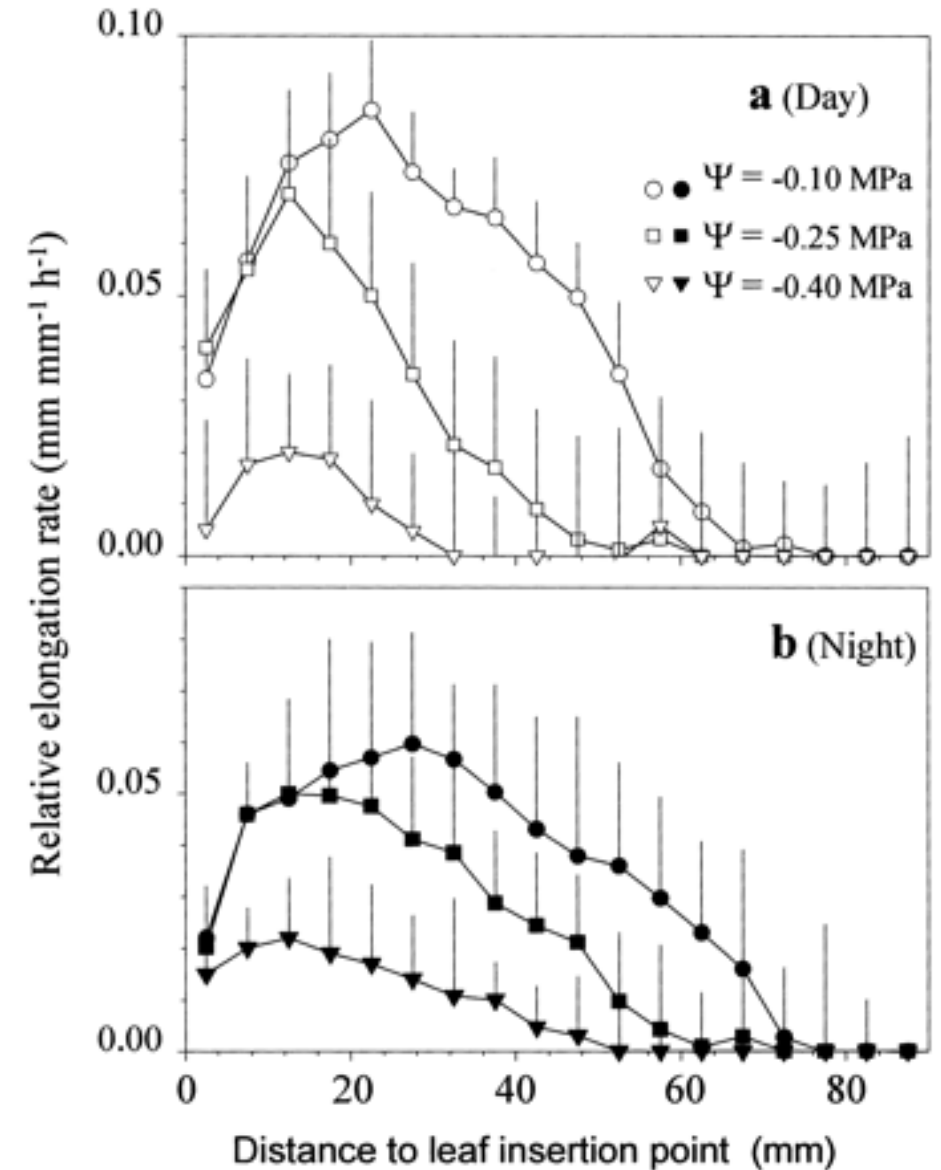
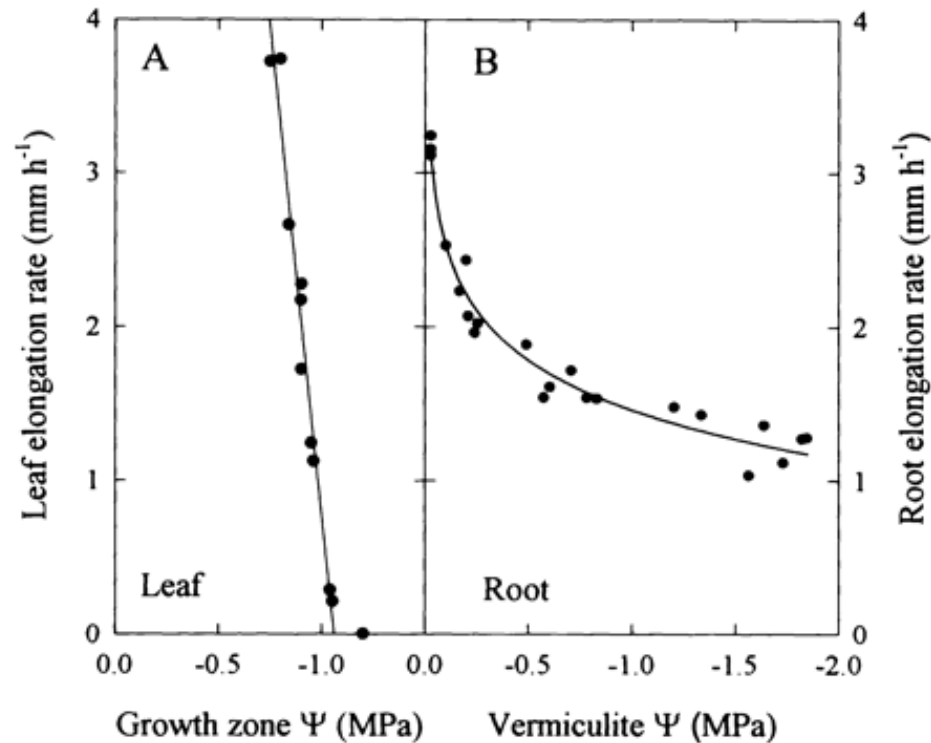
Efectos tiene el déficit hídrico en los procesos fisiológicos y metabólicos de las plantas

- Estrés oxidativo asociado al déficit hídrico severo



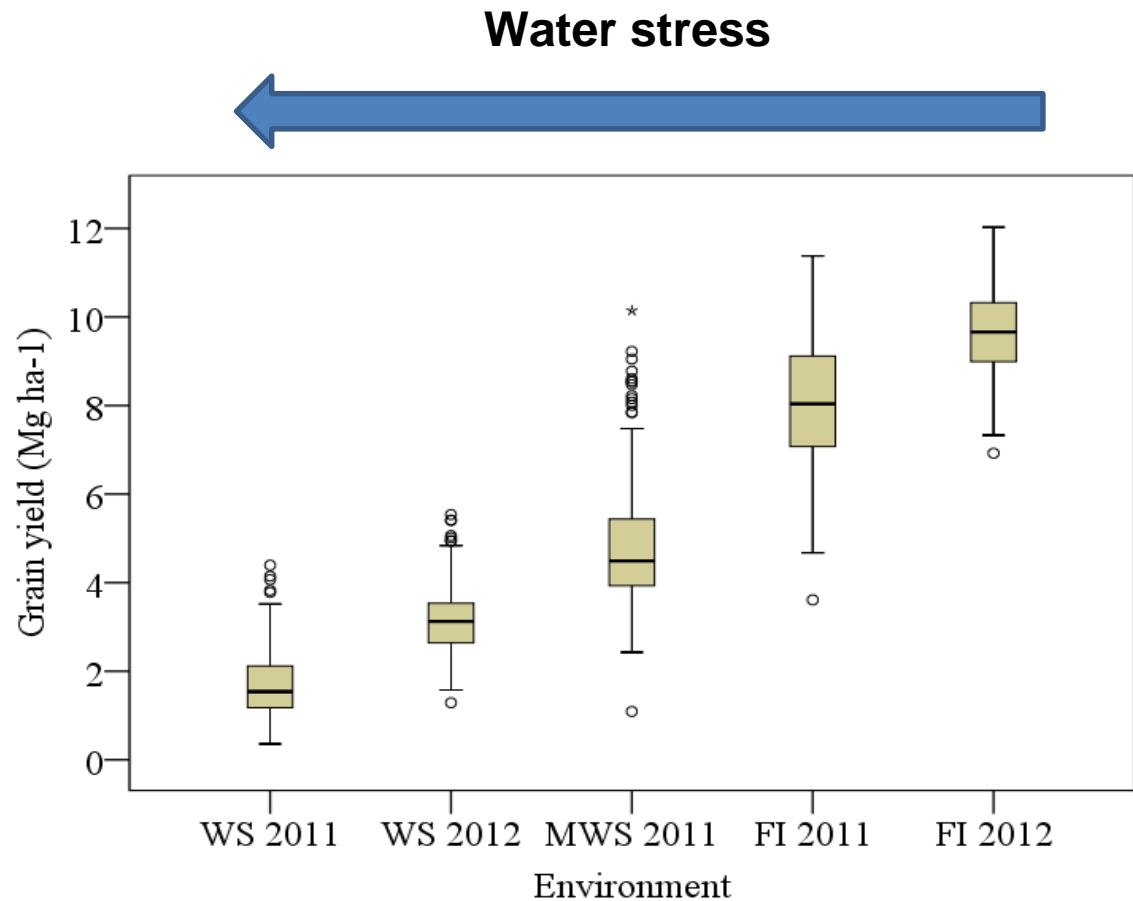
Efectos tiene el déficit hídrico en los procesos fisiológicos y metabólicos de las plantas

- El estrés hídrico disminuye la división y expansión de células en hojas, y en consecuencia disminuye el área foliar (maíz)



Efectos del déficit hídrico en el crecimiento y producción de cultivos

- Reducción de la biomasa acumulada y rendimiento en genotipos de trigo



del Pozo, A. et al. (2016). *Frontiers in Plant Science* doi: 10.3389/fpls.2016.00987

Caracteres asociados a la tolerancia al estrés por sequía

Fotoprotección

- **Morfología de la hoja:**
 - ceras/pubescencia
 - postura/enrollamiento
- **Pigmentos**
 - Clorofila a:b
 - Carotenoides
- **Antioxidantes**

Eficiencia de transpiración

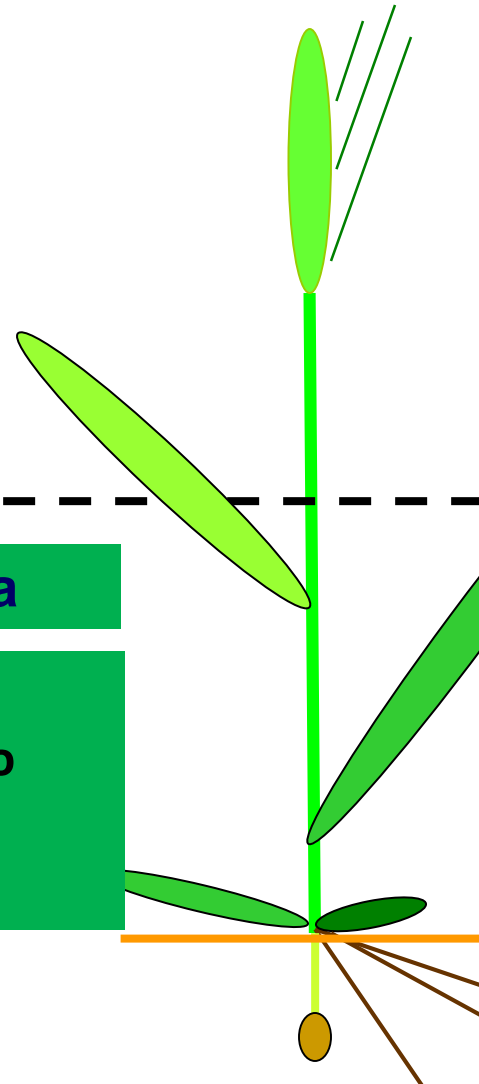
- **Uso eficiente del agua**
 - alta discriminación $^{12/13}\text{C}$
- **Senescencia retardada**
("stay-green")
- **Fotosíntesis de espigas**

Partición de la biomasa

- **Acumulación de carbohidratos en el tallo antes de antesis**
- **Índice de cosecha**

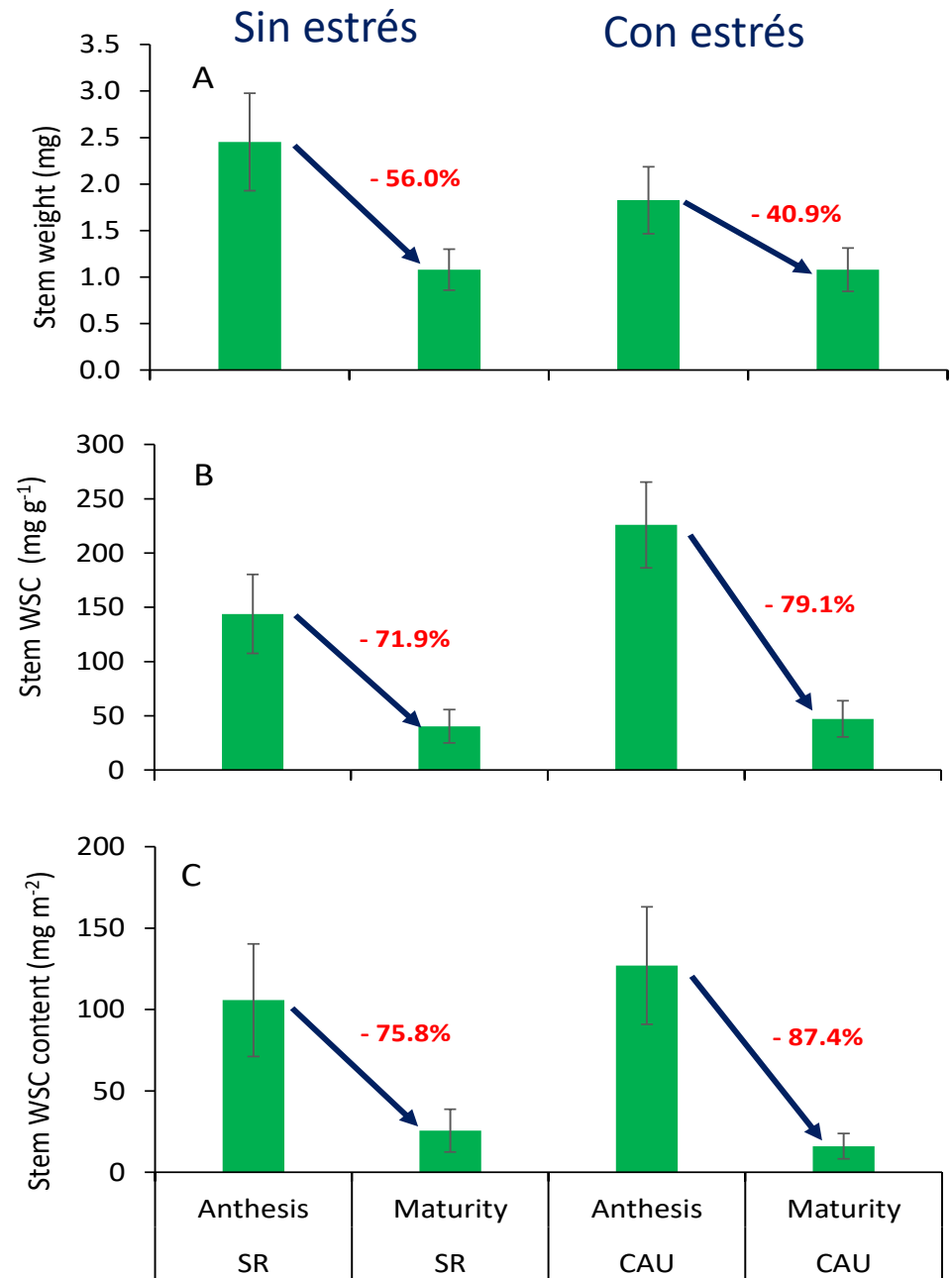
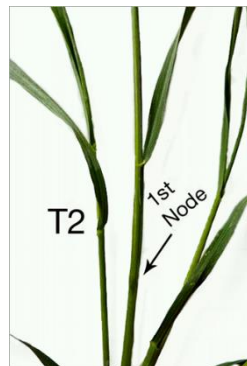
Absorción de agua

- **Distribución y profundidad de raíces**
- **Doseles mas fríos**
- **Ajuste osmótico**

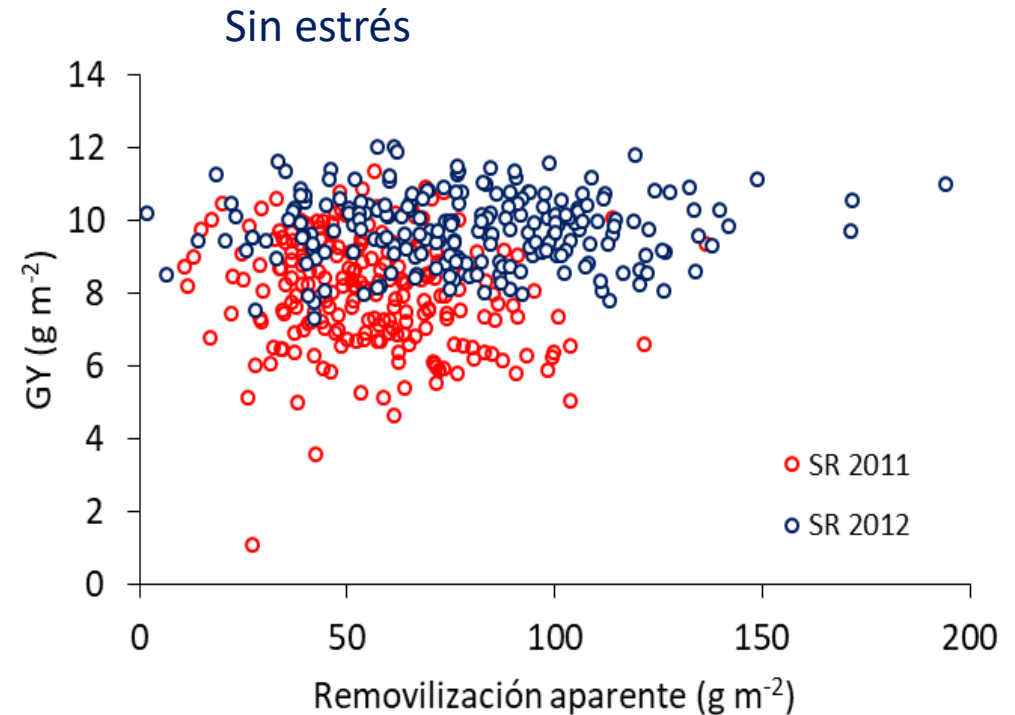
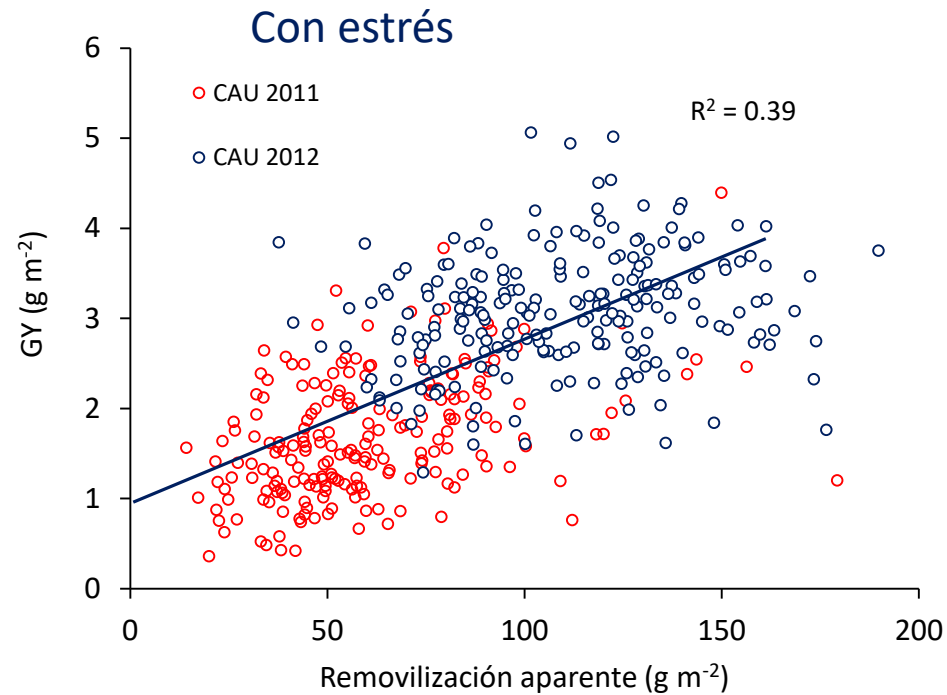


Las reservas del tallo

- En los cereales, la acumulación de carbohidratos solubles en agua (WSC) en el tallo permite la remobilización de éstos durante el período de llenado del grano: 5-20% de la materia seca del grano en plantas sin estrés hídrico.
- Bajo estrés hídrico, donde la fotosíntesis está deprimida, el llenado del grano depende más de la movilización de reservas en el tallo, y puede representar entre 22 y 60% de la materia seca acumulada en el grano.

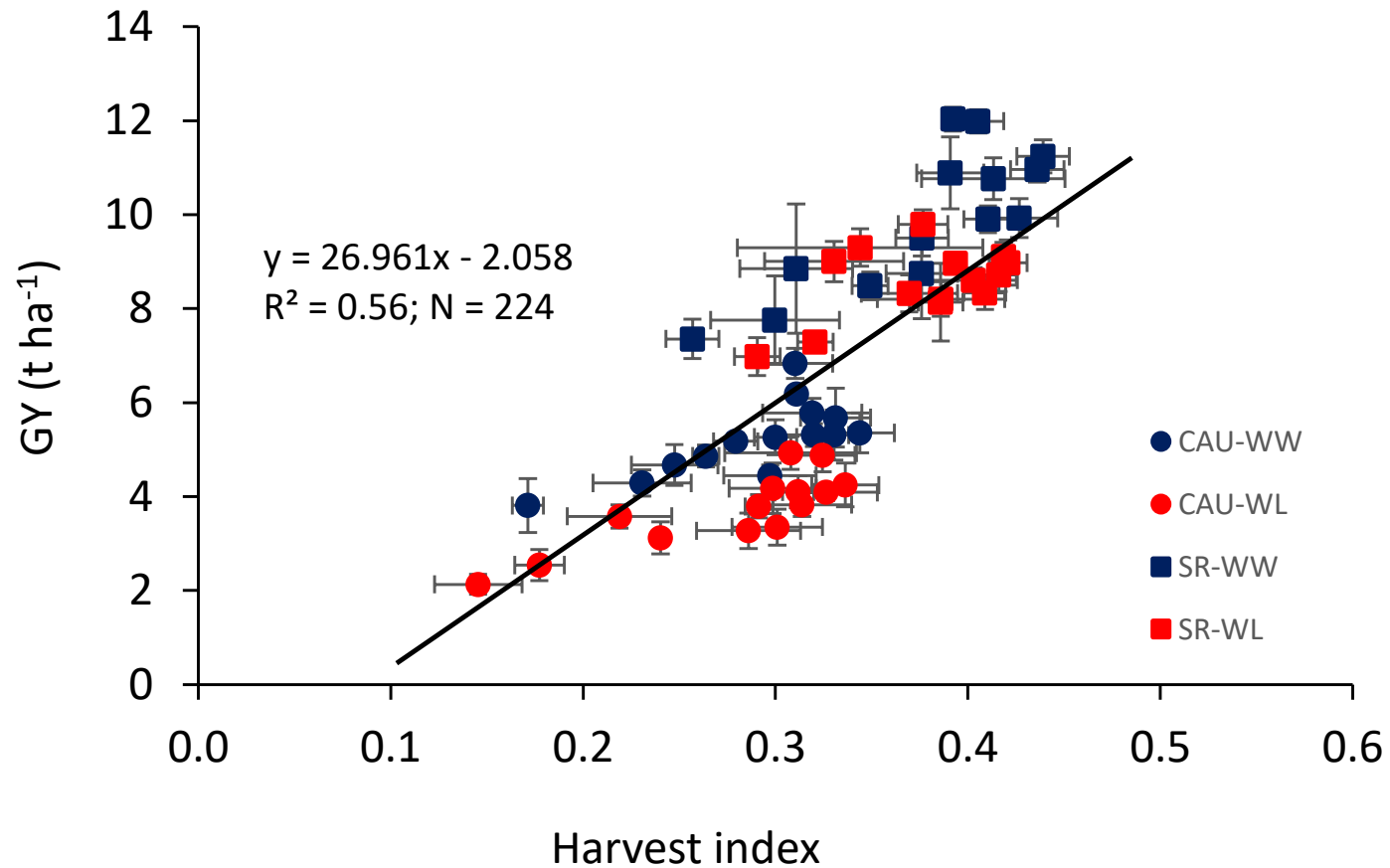


Removilización aparente de carbohidratos del tallo desde antesis a madurez en **225 genotipos de trigo**, bajo condiciones de estrés



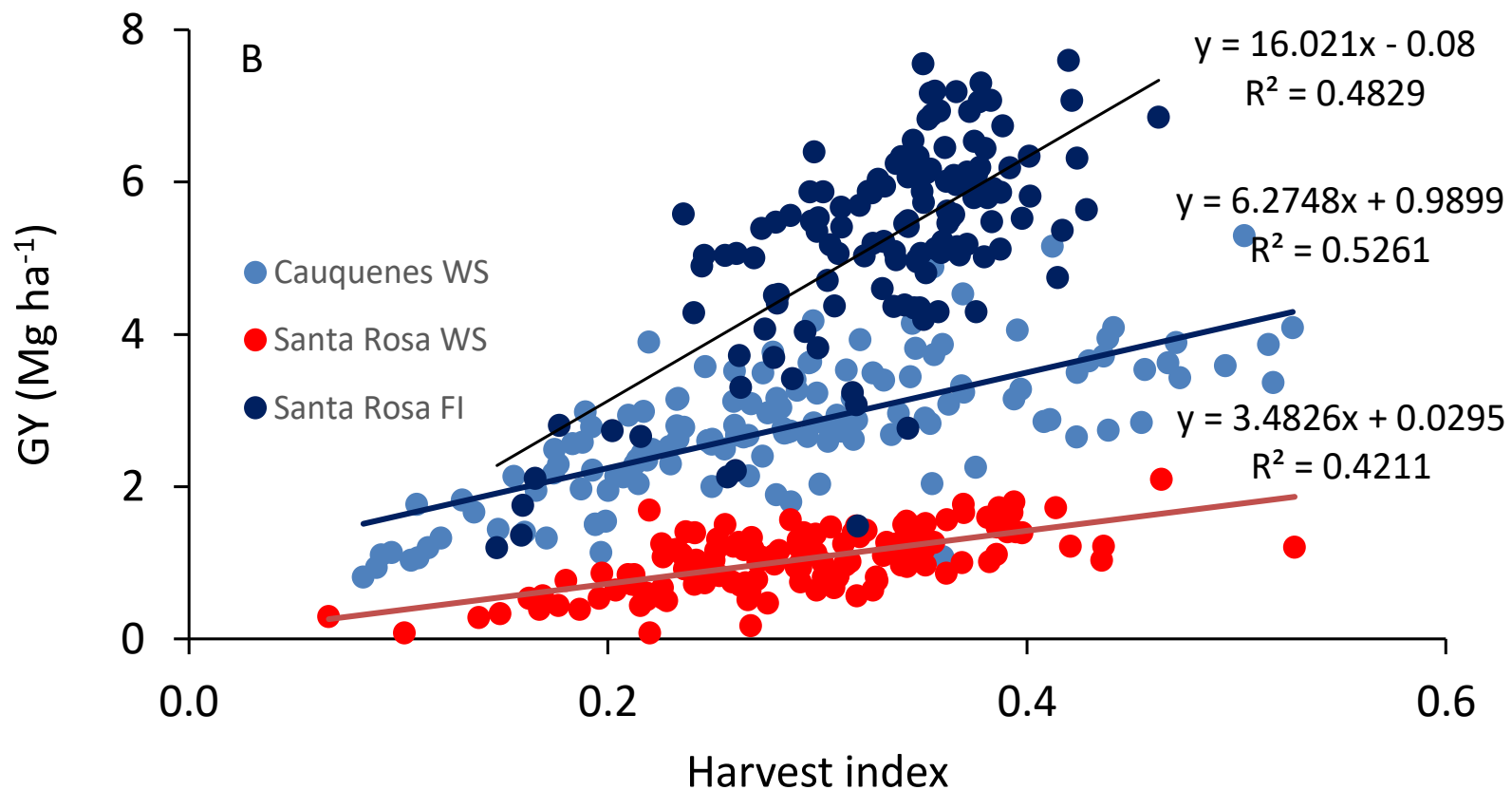
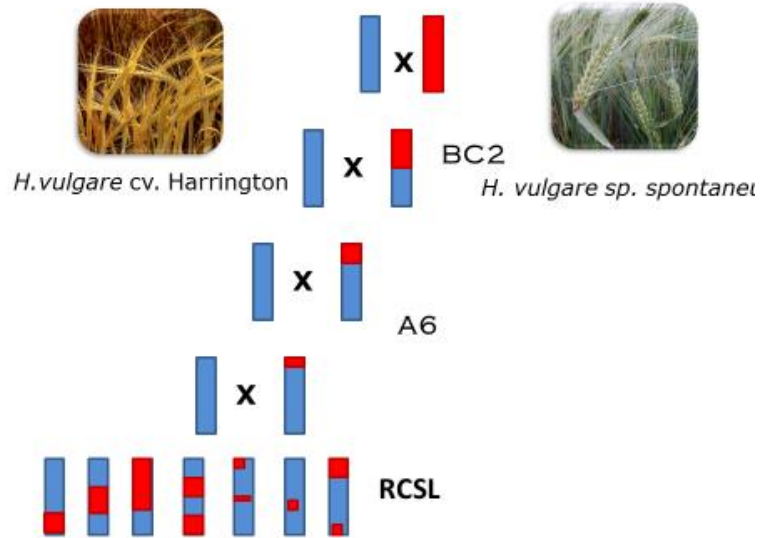
$$\text{Removilización WSC (g m}^{-2}\text{)} = \text{WSCCa} - \text{WSCCm}$$

Las líneas avanzadas de trigo primaveral mas productivas tienen mayor índice de cosecha, tanto en condiciones de secano como en riego. Año 2016

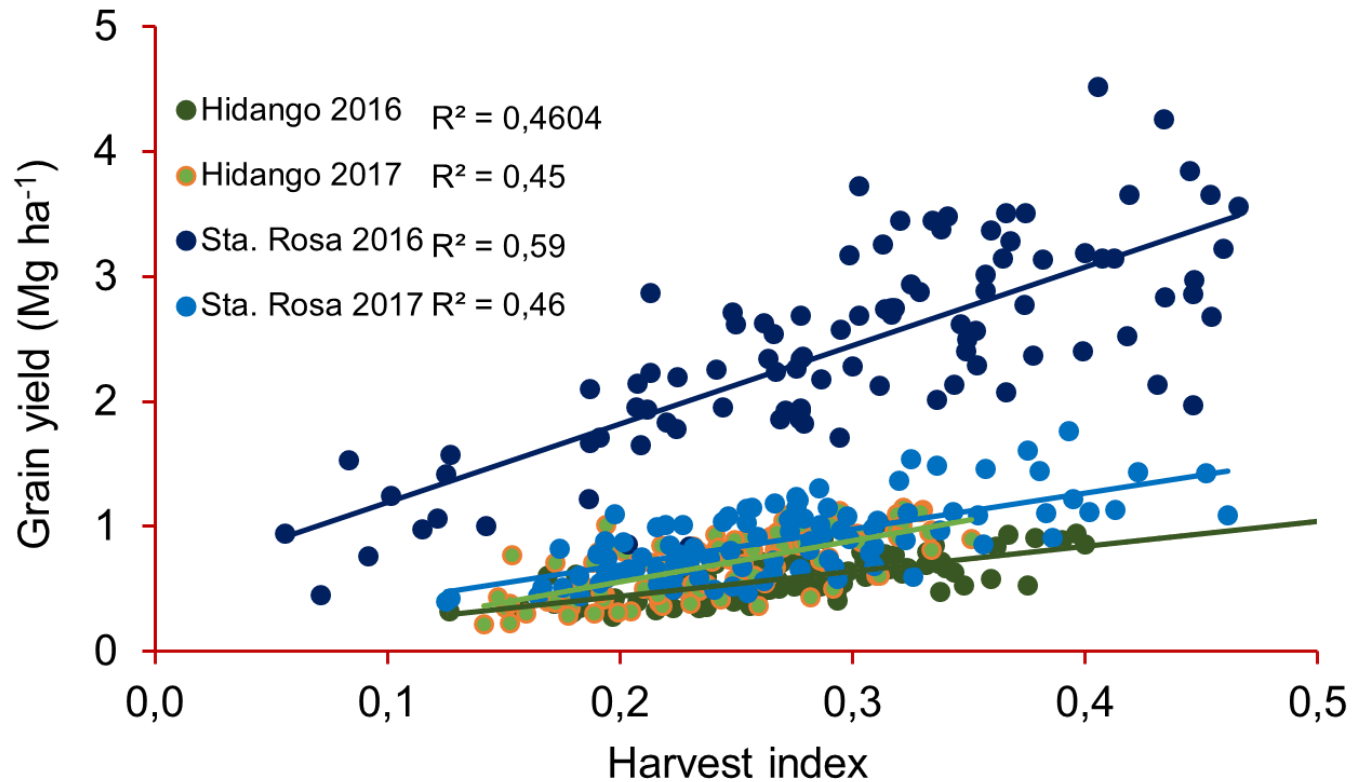


Relación entre índice de cosecha y rendimiento en 184 genotipos de cebada en ambientes Mediterráneos con y sin estrés hídrico

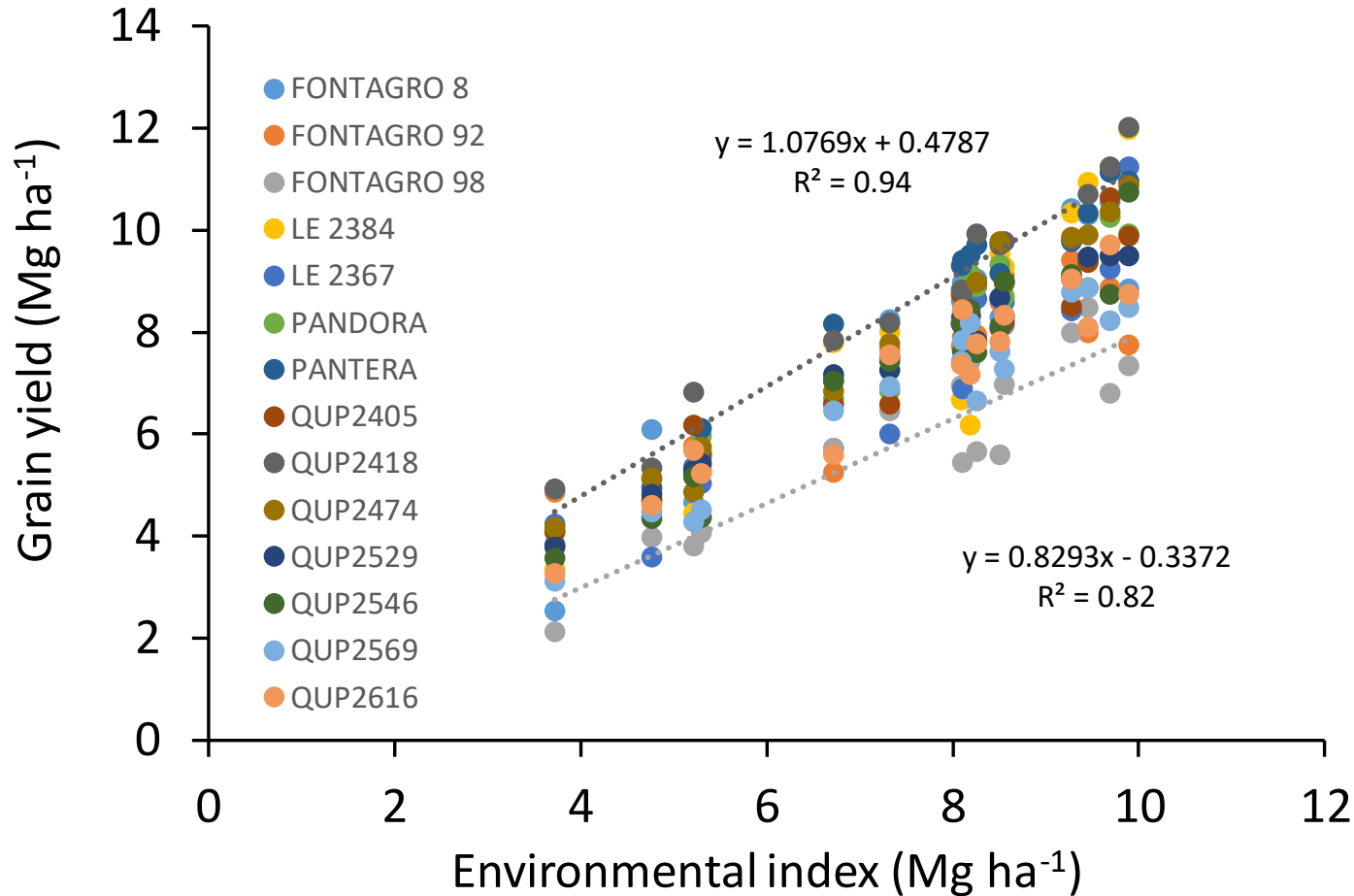
Recombinant Chromosomes Substitutions Lines- RCSLs



Relación entre índice de cosecha y rendimiento en 100 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en ambientes Mediterráneas de secano y riego



Buscamos genotipos de amplia “adaptabilidad”: alto rendimiento bajo condiciones limitantes de agua (secano) y sin restricción hídrica!



Caracteres asociados al rendimiento en sequía

Fotoprotección

- **Morfología de la hoja:**
 - ceras/pubescencia
 - postura/enrollamiento
- **Pigmentos**
 - Clorofila a:b
 - Carotenoides
- **Antioxidantes**

Eficiencia de transpiración

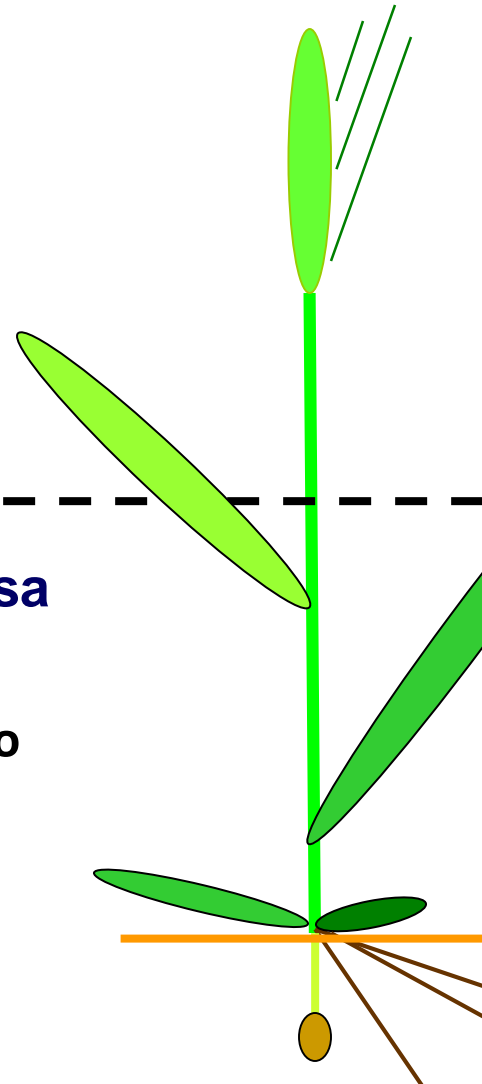
- **Uso eficiente del agua**
 - alta discriminación $^{12/13}\text{C}$
- **Senescencia retardada**
("stay-green")
- **Fotosíntesis de espigas**

Partición de la biomasa

- **Acumulación de carbohidratos en el tallo antes de antesis**
- **Índice de cosecha**

Absorción de agua

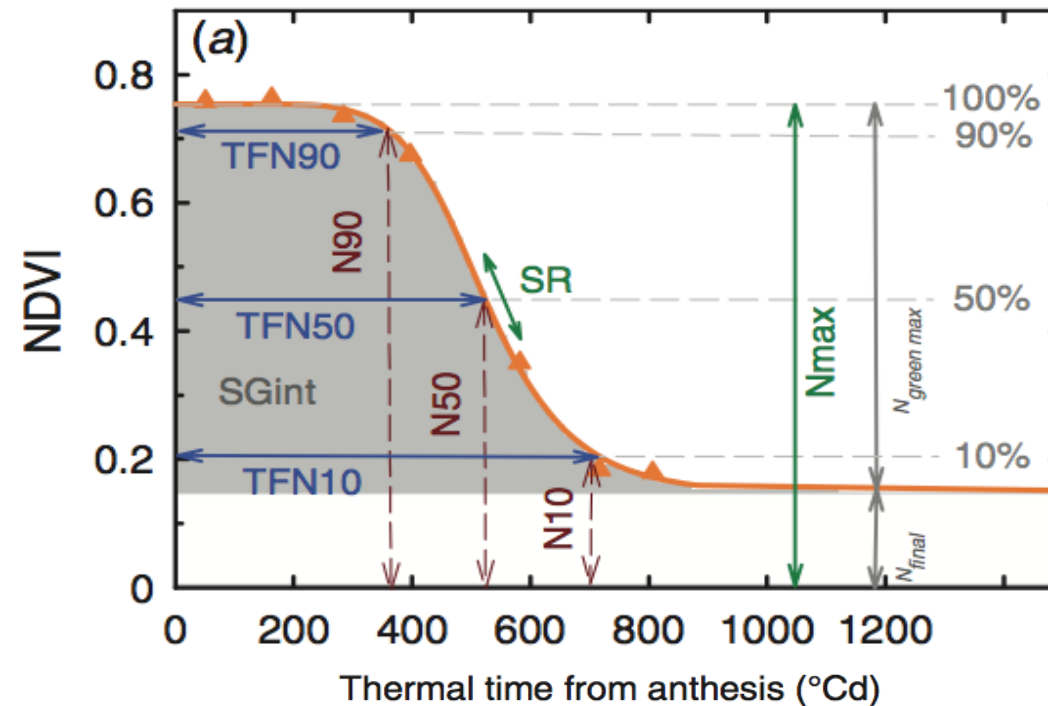
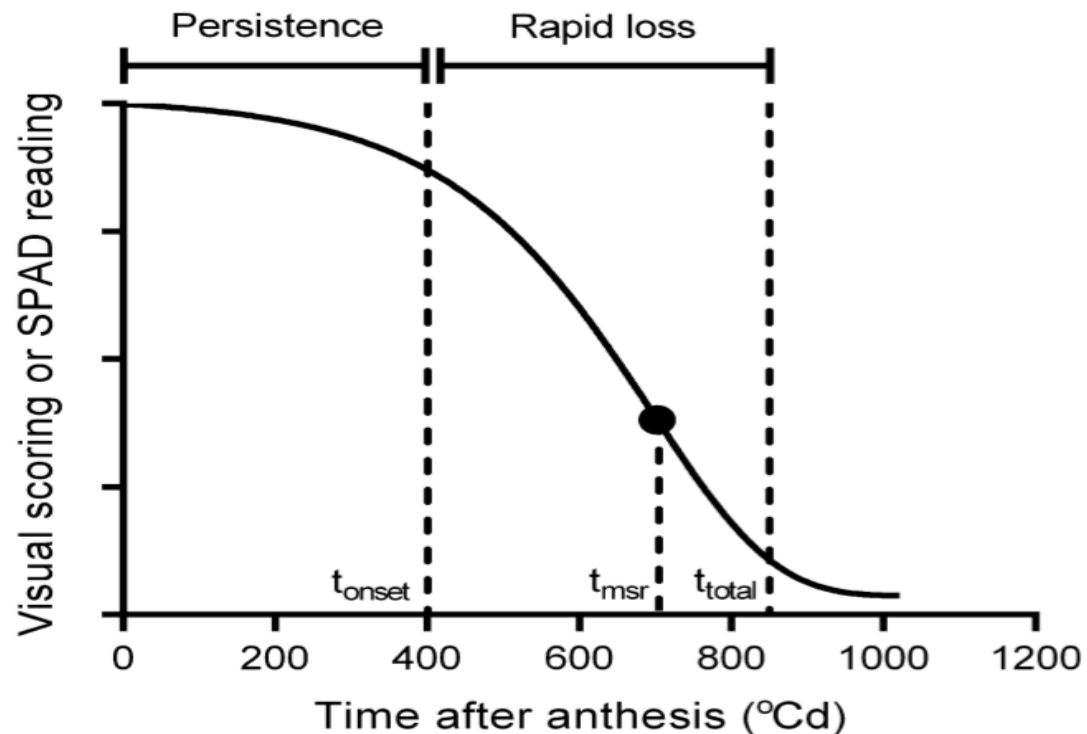
- **Distribución y profundidad de raíces**
- **Doseles mas frías**
- **Ajuste osmótico**



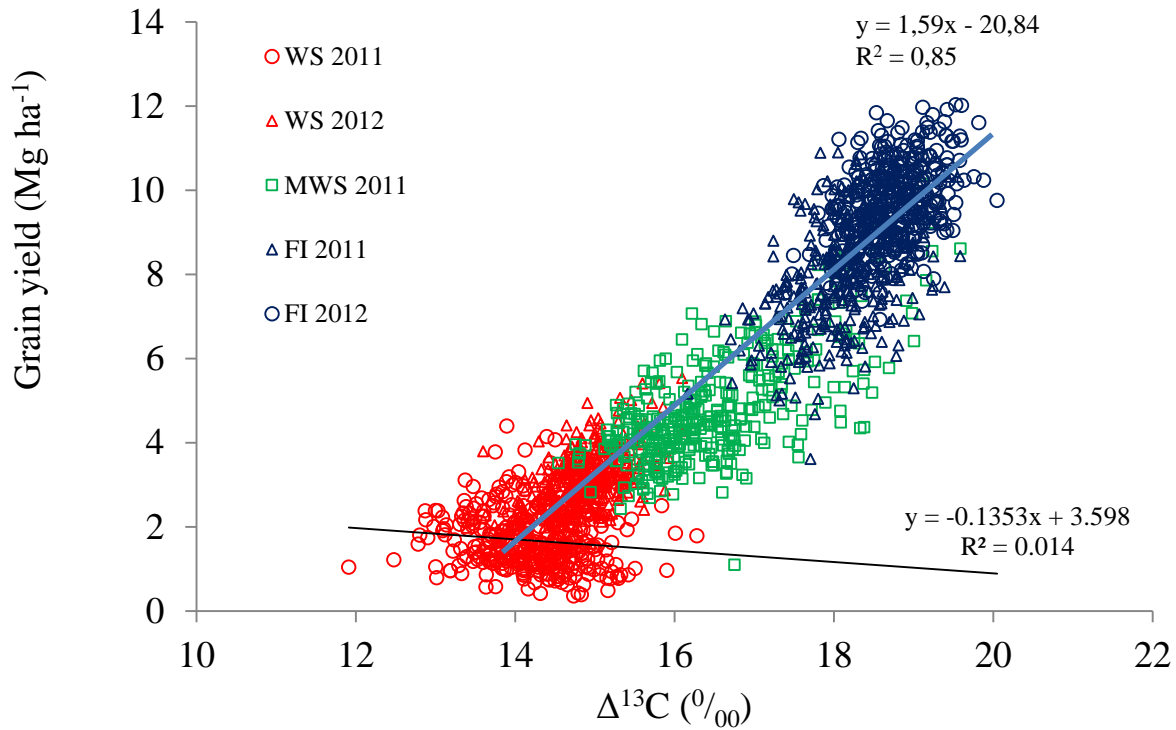
Caracterización fisiológica y molecular de genotipos de trigo primaveral con senescencia retardada “stay-green” y su relación con la tolerancia al estrés hídrico.

Felipe Moraga (Doctorante)

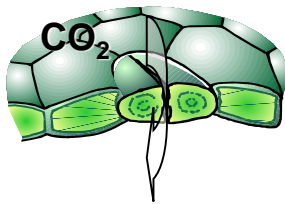
- Identificar genotipos de trigo primaveral con senescencia retardada (stay-green) y un alto potencial de rendimiento bajo condiciones de estrés hídrico terminal en ambientes mediterráneos.



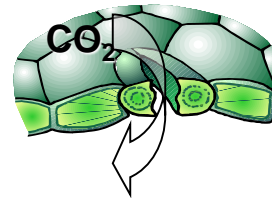
Grain yield and carbon discrimination ($\Delta^{13}\text{C}$) in grains



Water stress



➤ Low $\Delta^{13}\text{C}$



➤ High $\Delta^{13}\text{C}$

del Pozo, A., Yáñez, A., Matus, I., Tapia, G., Castillo, D., Araus, J.L., Sanchez-Jardón, L. 2016. *Frontiers in Plant Science* 7, 987.

Caracteres asociados al rendimiento en sequía

Fotoprotección

- **Morfología de la hoja:**
 - ceras/pubescencia
 - postura/enrollamiento
- **Pigmentos**
 - Clorofila a:b
 - Carotenoides
- **Antioxidantes**

Eficiencia de transpiración

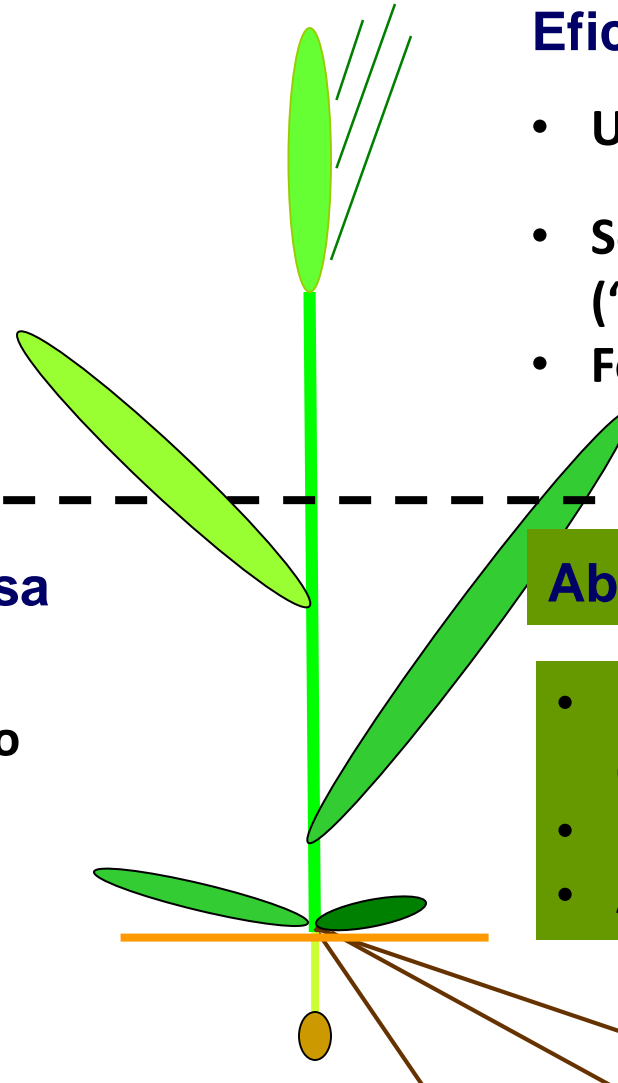
- **Uso eficiente del agua**
 - alta discriminación $^{12/13}\text{C}$
- **Senescencia retardada**
("stay-green")
- **Fotosíntesis de espigas**

Partición de la biomasa

- **Acumulación de carbohidratos en el tallo antes de antesis**
- **Índice de cosecha**

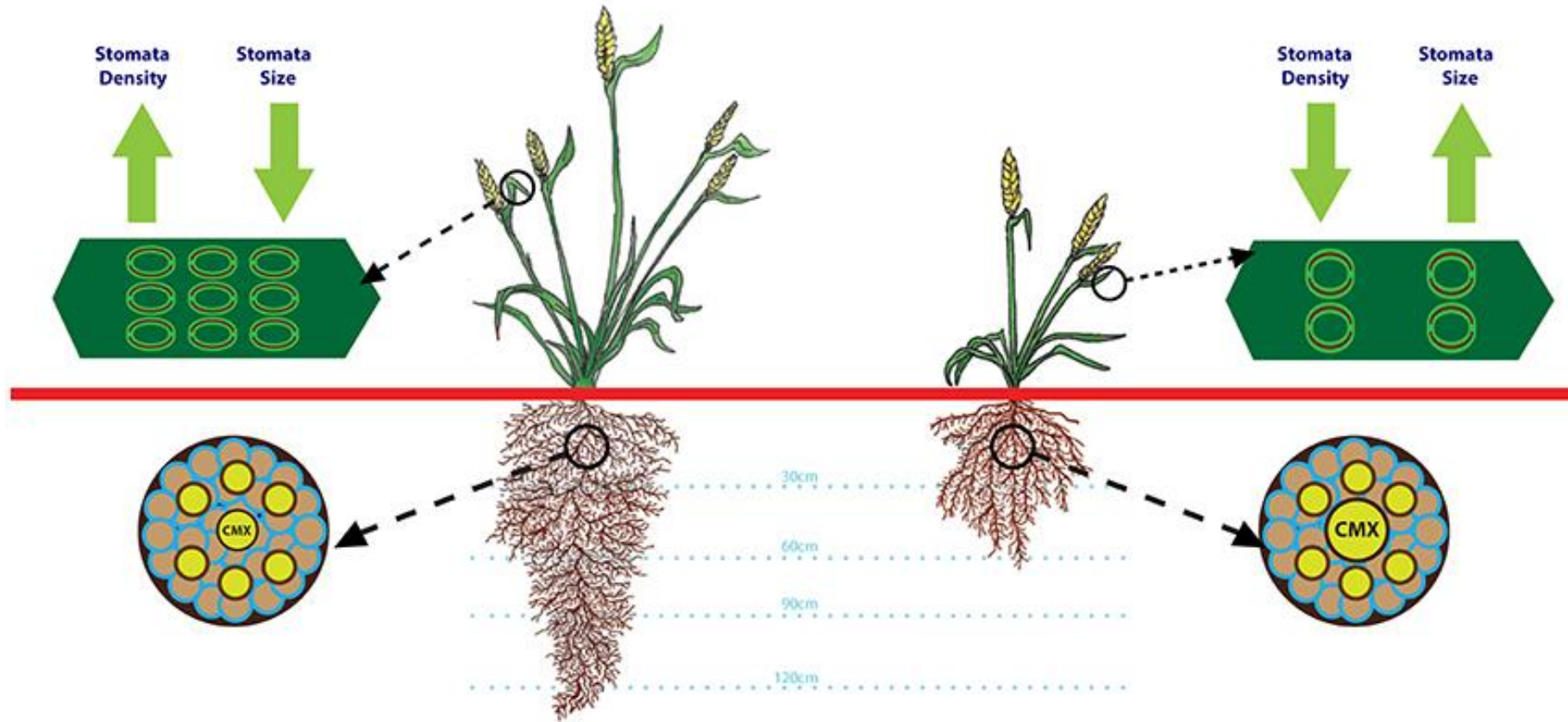
Absorción de agua

- **Distribución y profundidad de raíces**
- **Doseles mas frías**
- **Ajuste osmótico**



Tolerant

- High TE • Low $\Delta^{13}\text{C}$ • Low CT
(phenotypes manifested by the higher expression of *AtERECTA* or *TaER* genes)



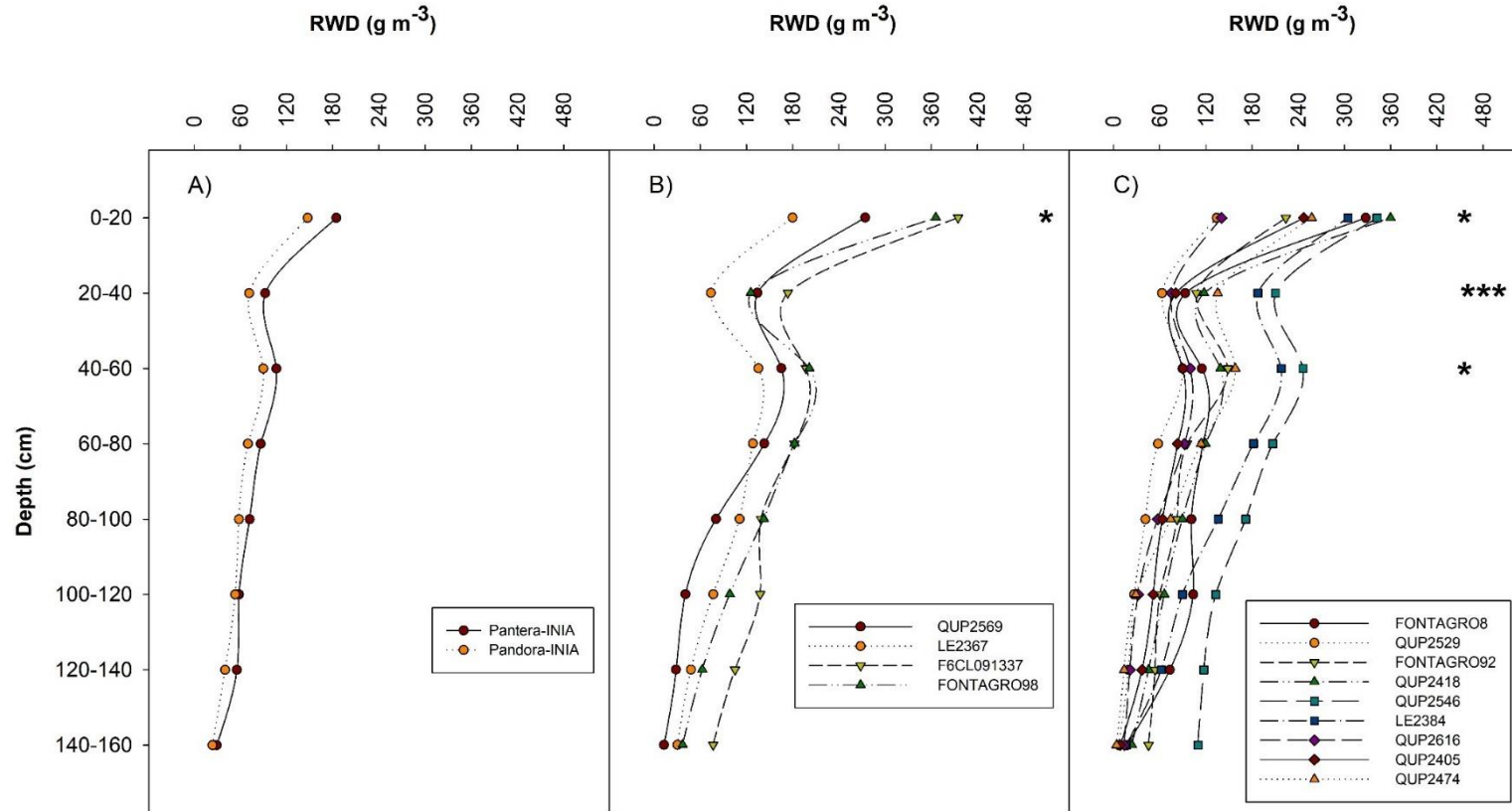
Susceptible

- Low TE • High $\Delta^{13}\text{C}$ • High CT

- High MUE • Deep roots • Narrow CMX
(higher expression of functional *DRO1* orthologs and *TaMOR* genes)

- Low MUE • Shallow roots • Wide CMX

Fenotipado de raíces de cultivares de trigo de primavera con tolerancia contrastante al déficit hídrico: arquitectura de raíces y rasgos funcionales



**Dra. Nidia Brunel
(Postdoc)**

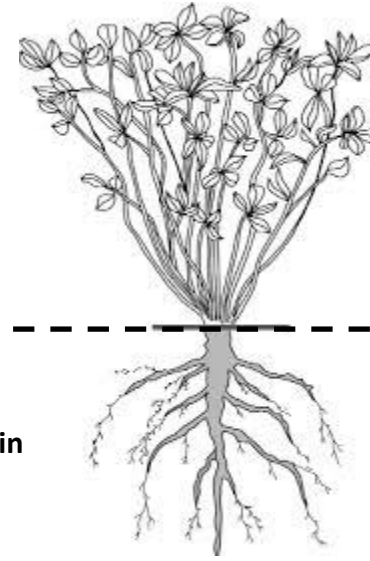
- La biomasa aérea total (AB) no fue significativamente diferente entre los 15 genotipos, pero si la biomasa total de raíces (RB) y la distribución de densidad de peso de las raíces (RWD) en el perfil del suelo.
- El uso del agua (WU) se correlación con RWD.

Brunel-Saldias et al. (no publicado).

Evaluación variedades locales de alfalfa como fuente de germoplasma tolerante al estrés abiótico: seleccionando genotipos para un ambiente futuro hostil

Photoprotection

- **Leaf morphology:**
 - leaf pubescence
 - leaf rolling
- **Pigments**
 - Chlorophyll a:b
 - Carotenoids
- **Antioxidant**



Forrage production

- Number of stems per m²
- Leaf/stem ratio
- NDVI
- Canopy PAR interception
- Leaf persistence (stay green)

Plant regrowth

- Carbohydrate reserve in crown and roots

Water uptake and transpiration efficiency

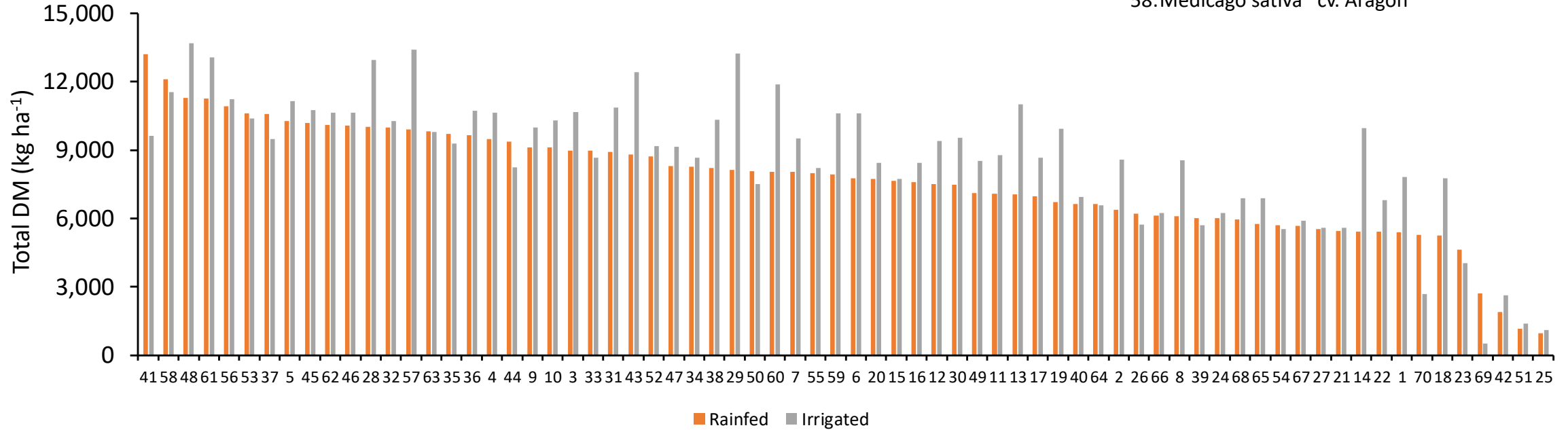
- Root distribution and depth
- Canopy temperature (cooler canopies)
- Efficient use of water
 - High ^{12/13}C discrimination



Total dry matter (kg ha⁻¹) of 70 accessions of alfalfa growing in rainfed and irrigated conditions, in 2019.

41: AF 3448

58: Medicago sativa cv. Aragón



Condition	Total DM (kg ha ⁻¹) 2018	2019
Rainfed	6580	7676
Irrigated	6711	8650



Plant
Breeding
and
Phenomic
Center

En nuestro centro de **Mejoramiento Genético y Fenómica Vegetal** estudiamos la adaptación de cultivos a condiciones adversas y seleccionar líneas/cultivares mas tolerantes a estreses ambientales



Participantes

Universidad de Talca

- Prof. Alejandro del Pozo
- Dr. Gustavo Lobos
- Dr. Sebastián Romero
- Dra. Nidia Brunel (postdoc)
- Dr. Miguel Garriga (postdoc)
- Dra. Ana María Méndez (postdoc)
- Dr. Abdelhalim Elazab (postdoc)
- Felipe Moraga (tesista doctoral)
- Felix Estrada (tesista doctoral)
- Kurt Ruf (tesista doctoral)
- Pablo Madariaga (tesista magister)
- Jesús Flores (tesista magister)

INIA

- Dr. Iván Matus (trigo)
- Dra. Dalma Castillo (trigo)
- Dr. Claudio Jobet (trigo)
- Dr. Christian Alfaro (quinoa)
- Dr. Carlos Ovalle (alfalfa)
- Dr. Luis Inostroza (alfalfa)
- Dra. Soledad Espinoza (alfalfa)
- Ing. Agron. Viviana Barahona (alfalfa)

Universidad de Barcelona

- Prof. José Luis Araus
- Dr. Shawn Kefauver

An aerial photograph of a large agricultural field, likely corn, showing a grid of rows. A white SUV is parked on a dirt path on the left side of the field. Several people are visible walking through the rows. The text "MUCHAS GRACIAS!" is overlaid in the center of the image.

MUCHAS GRACIAS!