A2C2
Adaptation of Agriculture to Climate Change
University of Talca

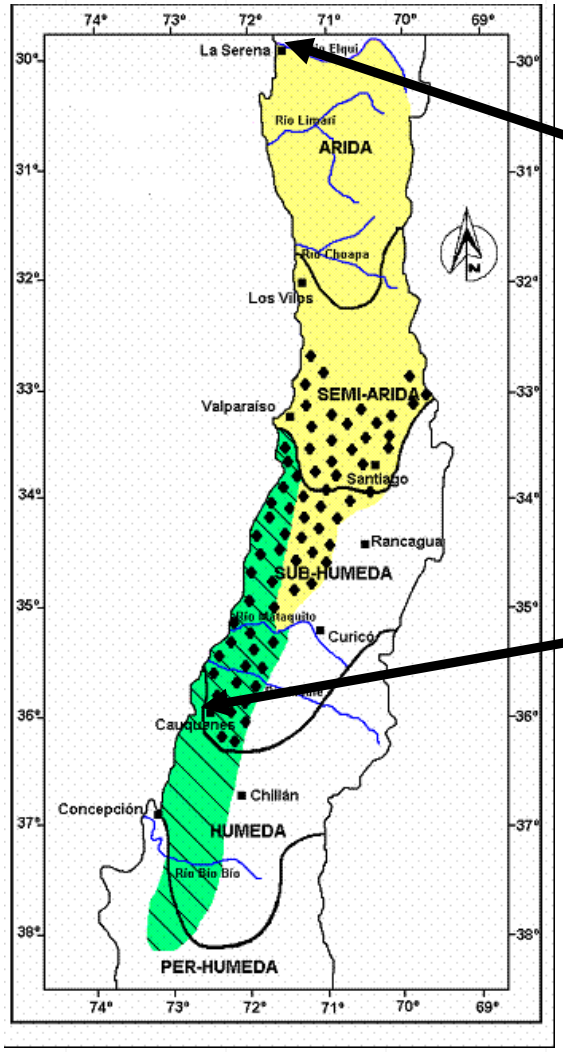
Plant Breeding and Phenomic Center

Adaptación de cultivos a un ambiente cambiante

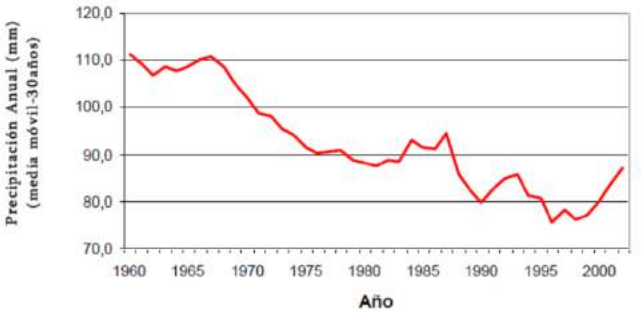
Alejandro del Pozo

Agosto 2017. Talca-CHILE.

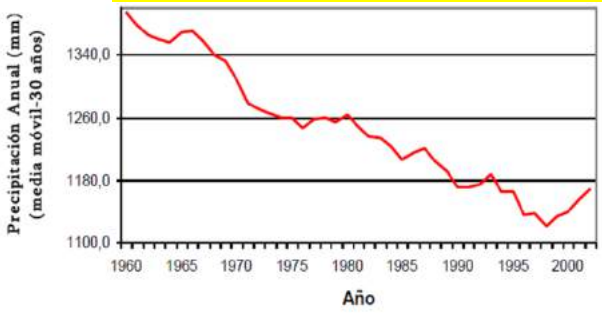
Región Mediterránea de Chile



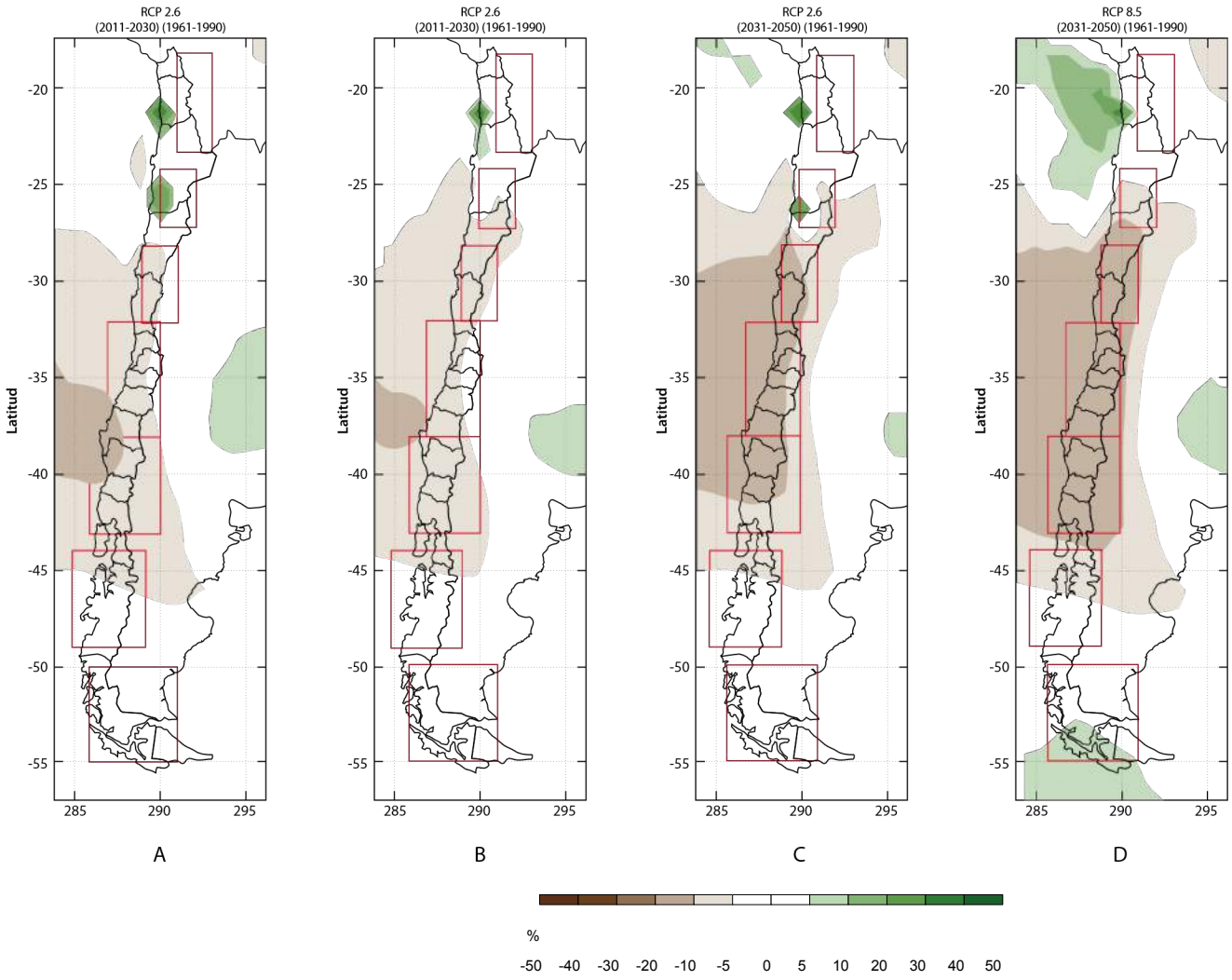
PP in La Serena



PP in Concepción



Mapas de cambio porcentual de precipitación para los períodos 2011-2030 y 2031-2050, sobre la base histórica de 1961-1990, para cuatros escenarios de cambio climático



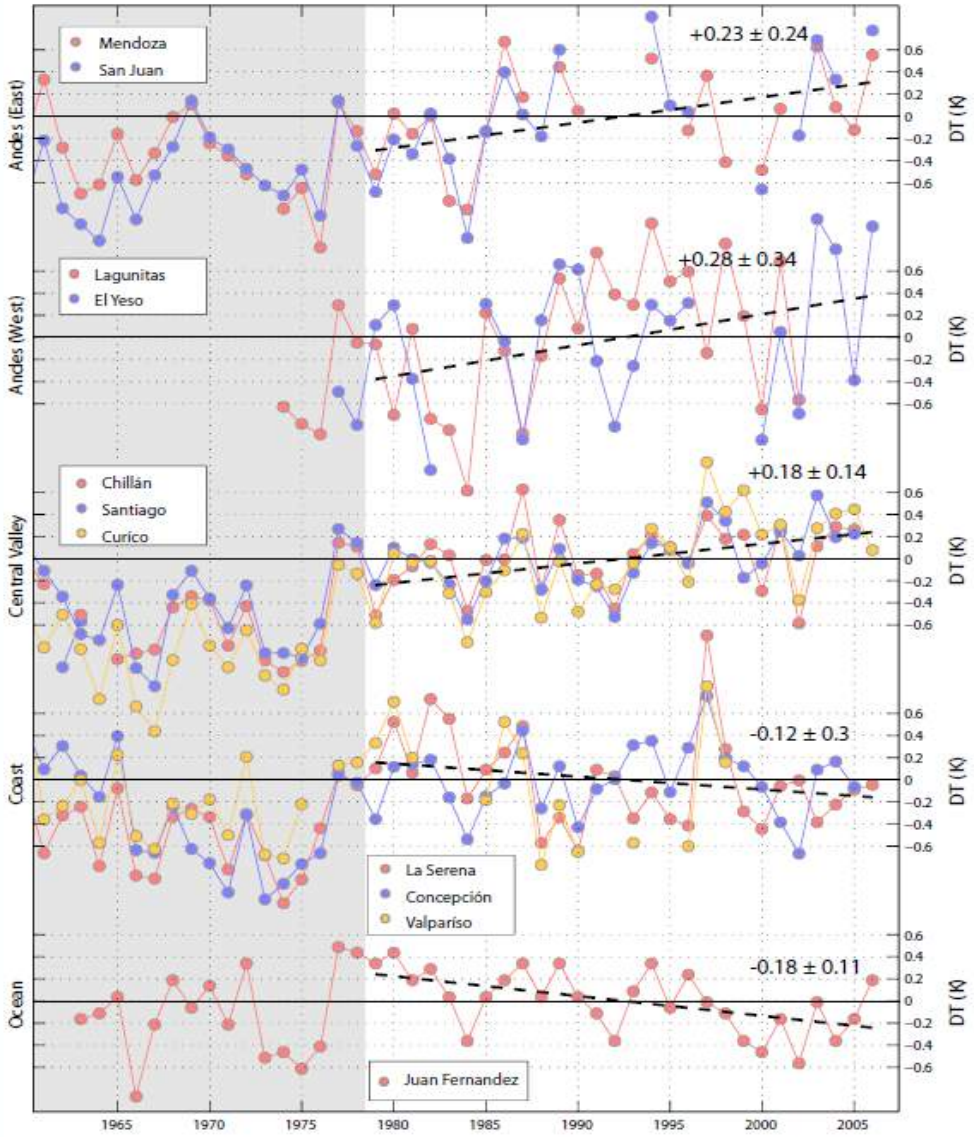
A: RCP2.6 (2011-2030)

B: RCP8.5 (2011-2030)

C: RCP2.6 (2031-2050)

D: RCP8.5 (2031-2050)

Se proyectan disminuciones de precipitación entre 5 y 15%, para las latitudes 27°S a 45°S



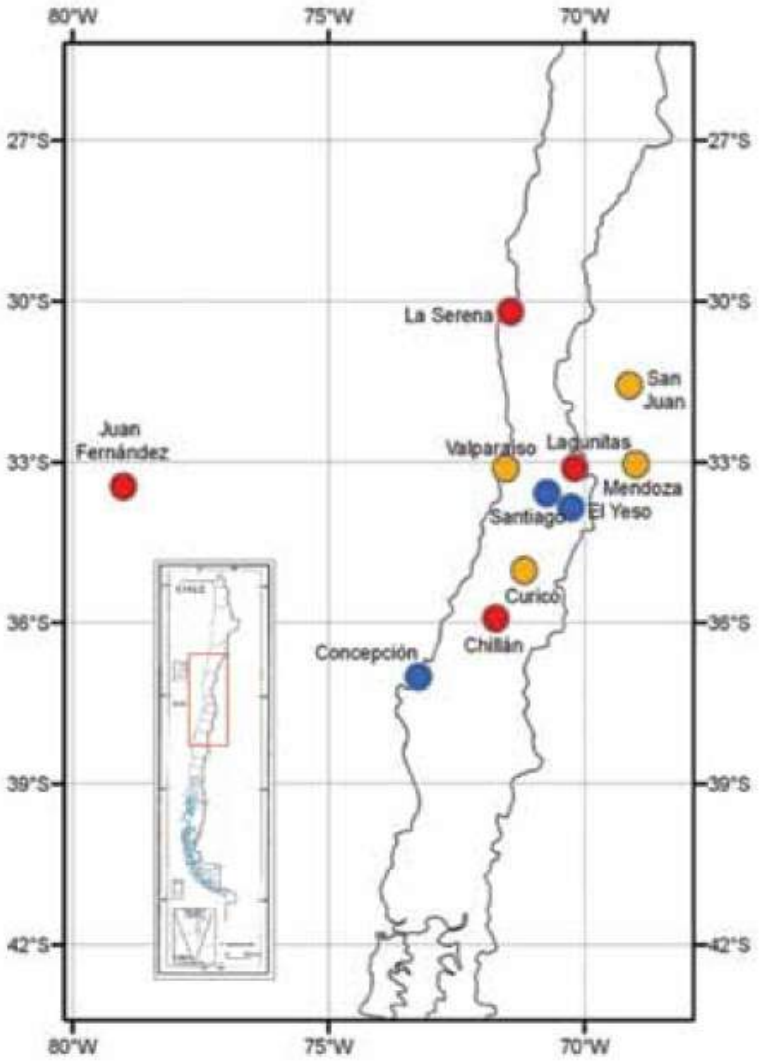
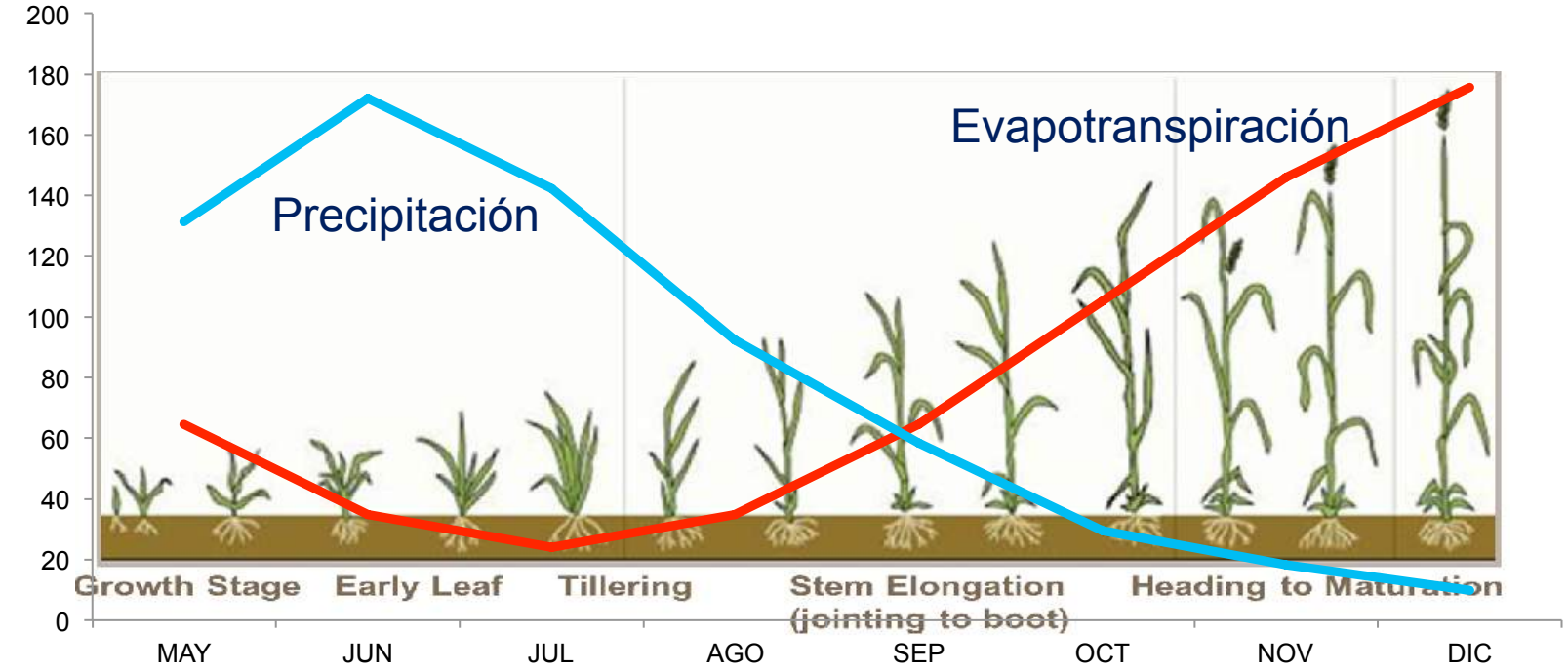
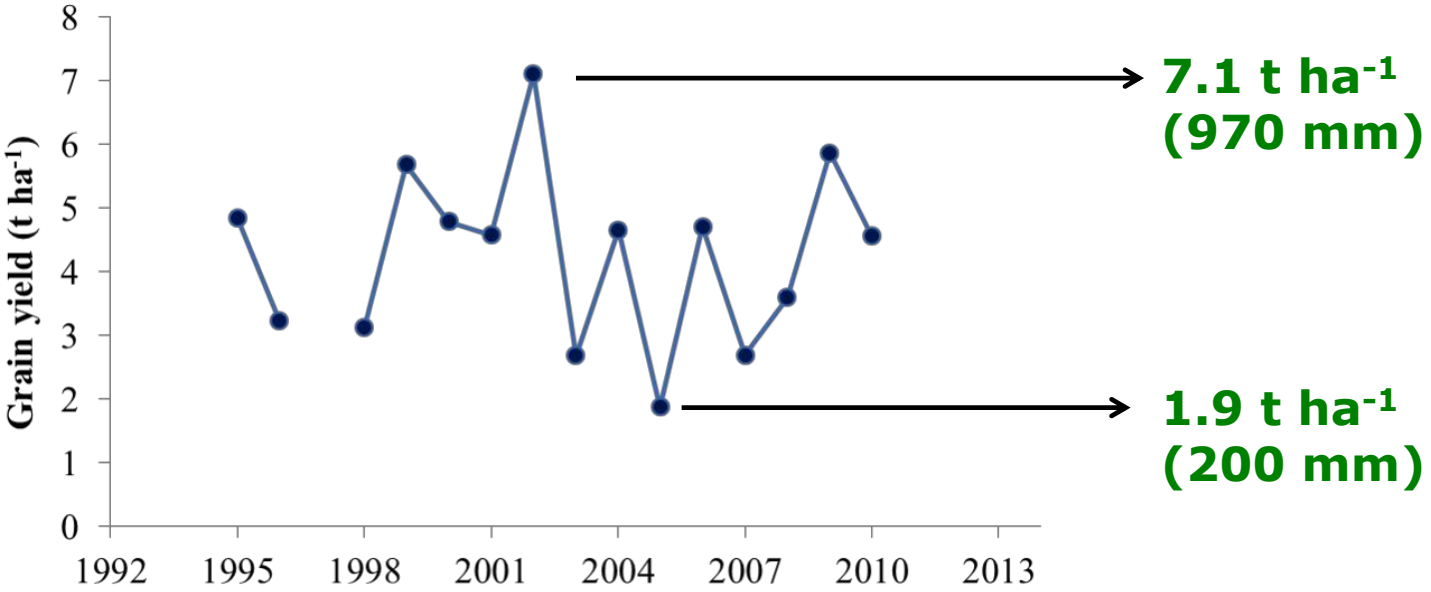
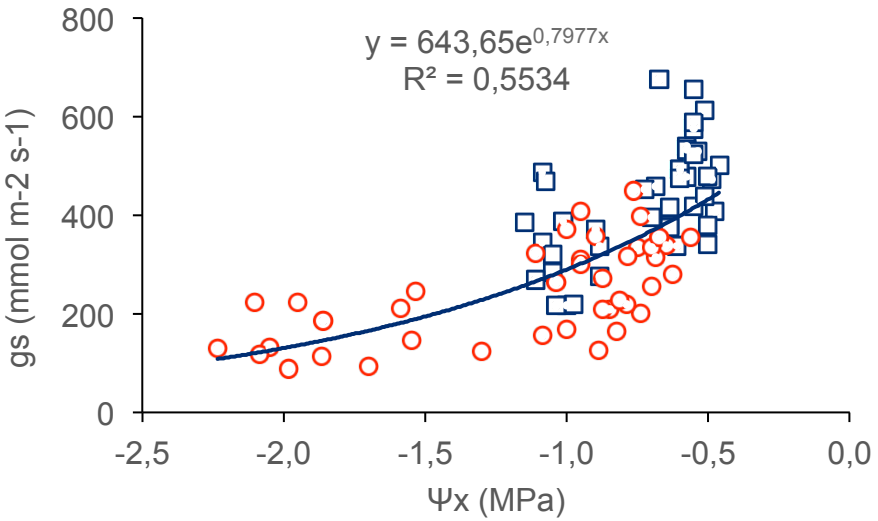


Figura 5. Series de tiempo de anomalías de temperatura en Chile central
Fuente: Falvey y Garreaud, 2009


200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
Precipitación
Evapotranspiración
Growth Stage
Early Leaf
Tillering
Stem Elongation
(jointing to boot)
Heading to Maturation
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC


Grain yield (t ha-1)
8
7
6
5
4
3
2
1
0
1992
1995
1998
2001
2004
2007
2010
2013
7.1 t ha-1
(970 mm)
1.9 t ha-1
(200 mm)

¿Qué efectos tiene el déficit hídrico en los procesos fisiológicos y metabólicos de las plantas?



- Reducción del potencial hídrico
- Cierre de estomas
- Disminución de la tasa de transpiración y de la fotosíntesis

- Estrés oxidativo asociado al estrés hídrico
- Inhibición de la división y expansión de células
- Aumento de metabolitos en hojas

Efectos del déficit hídrico en el crecimiento y producción de cultivos

- Reducción del área foliar
- Aumento en la temperatura de la hoja
- Reducción del crecimiento y de la biomasa acumulada
- Reducción de la radiación interceptada por el cultivo (y de RUE)
- Aumento en la relación de biomasa de raíces: biomasa aérea
- Reducción del rendimiento y calidad de granos o frutos

Nuestros objetivo

Plant Breeding and Phenomic Center

Estudiar la adaptación de cultivos a condiciones adversas y seleccionar líneas/cultivares mas tolerantes a estreses ambientales

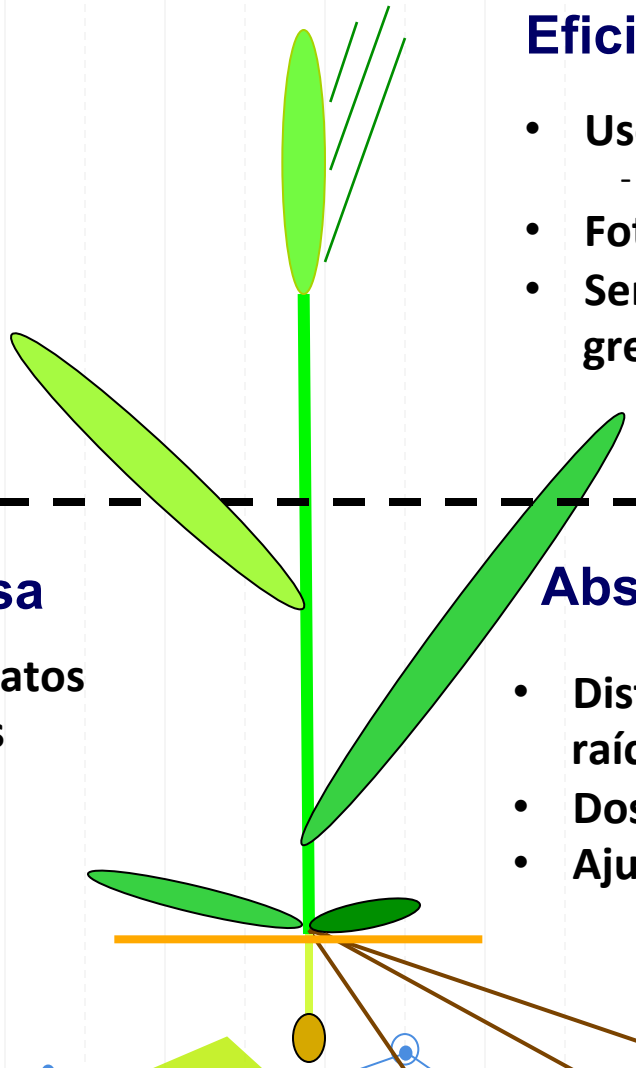
Caracteres asociados al rendimiento en sequía

Fotoprotección

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

Eficiencia de transpiración

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



Partición de la biomasa

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

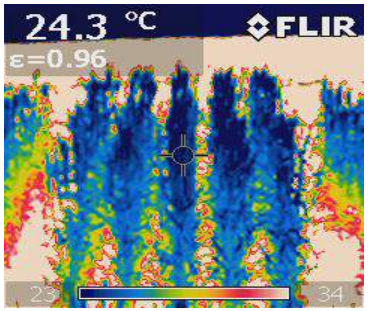
Absorción de agua

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

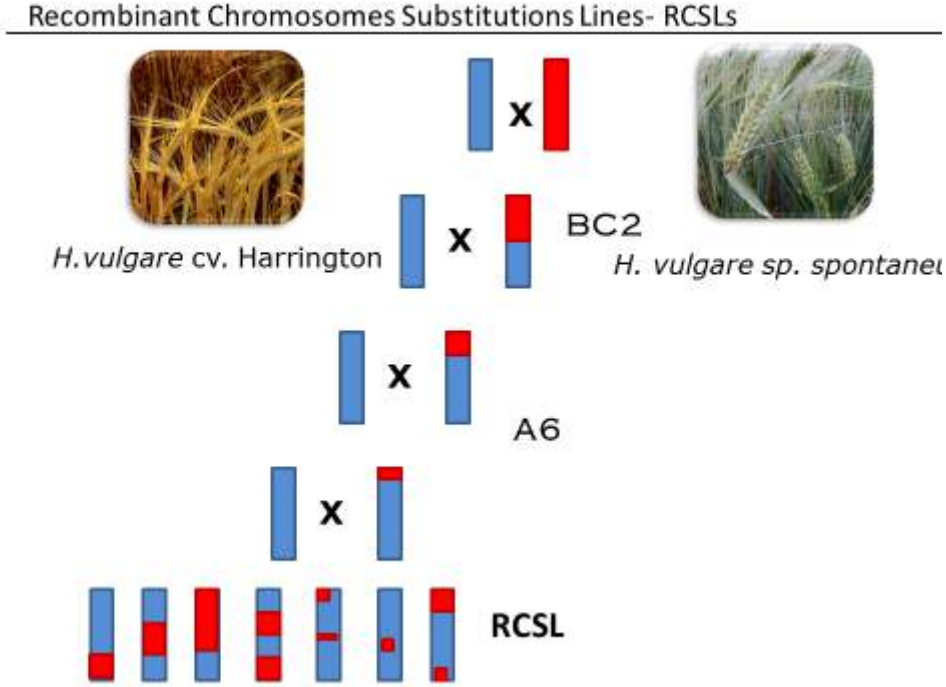
Reynolds et al (2008). Current Opinion in Plant Biology 2008, 11:171–179

Fenotipado de cultivos

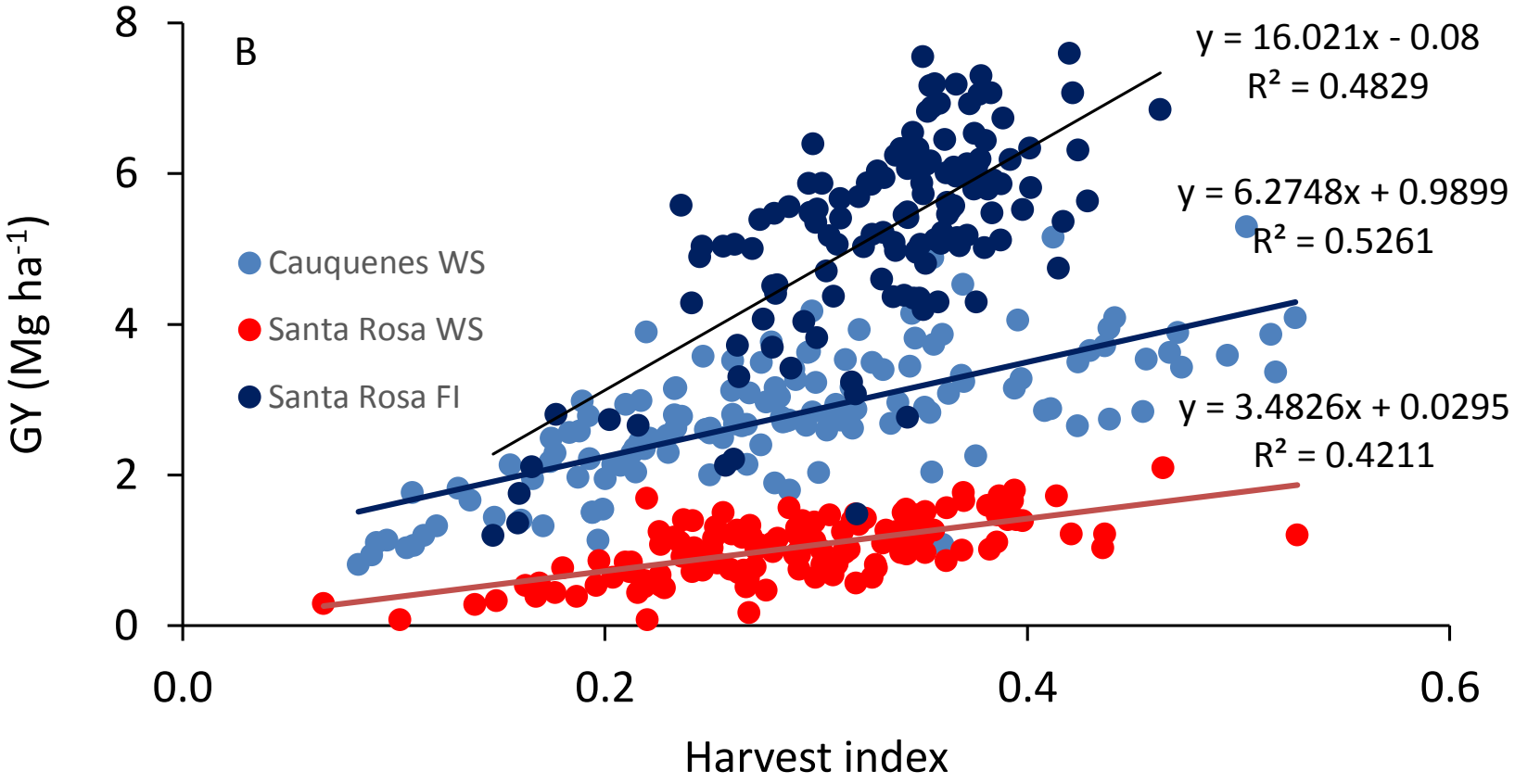
- El **fenotipado de plantas** consiste en la aplicación de metodologías y protocolos que permital medir un rasgo específico relacionado con la estructura o función de la planta, y que van desde el nivel celular hasta la planta completa y el cultivo.
- El fenotipado de plantas mediante **rasgos fisiológicos**, como complemento a los rasgos agronómicos, puede ayudar a identificar las características seleccionables que aceleran la mejora para el potencial de rendimiento y bajo sequía.



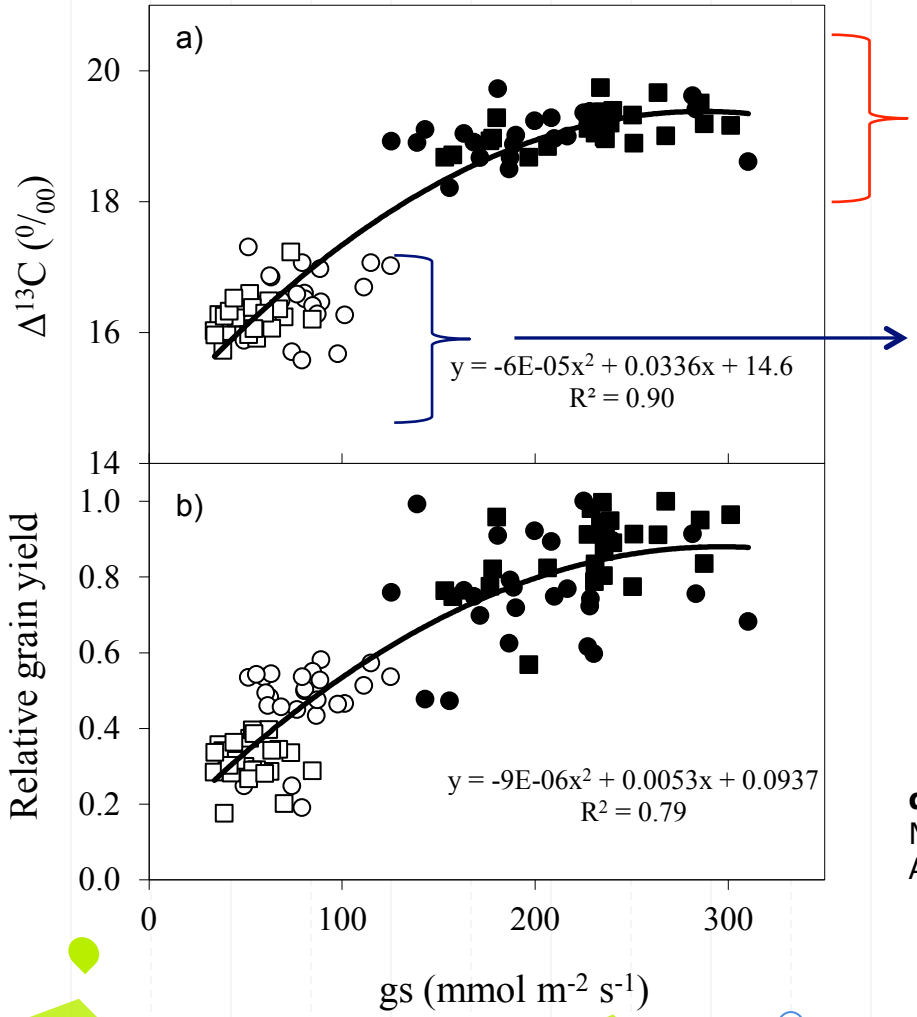
Fenotipado de 140 líneas recombinantes de cebada (RCSLs)

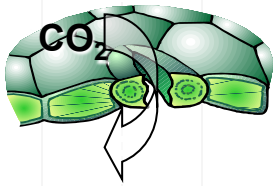


El rendimiento (GY) de las líneas recombinantes de cebada (RCSLs) se relaciona con el índice de cosecha

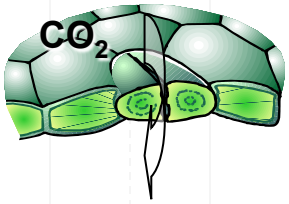


Relación entre la conductancia estomática (gs) y la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}C$) y el rendimiento relativo de grano en 25 RCSLs de cebada (2004 y 2007)





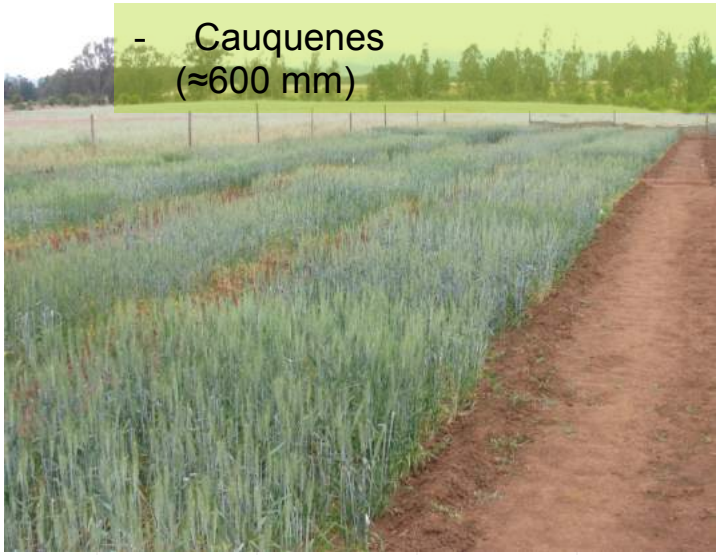
➢Alto $\Delta^{13}C$

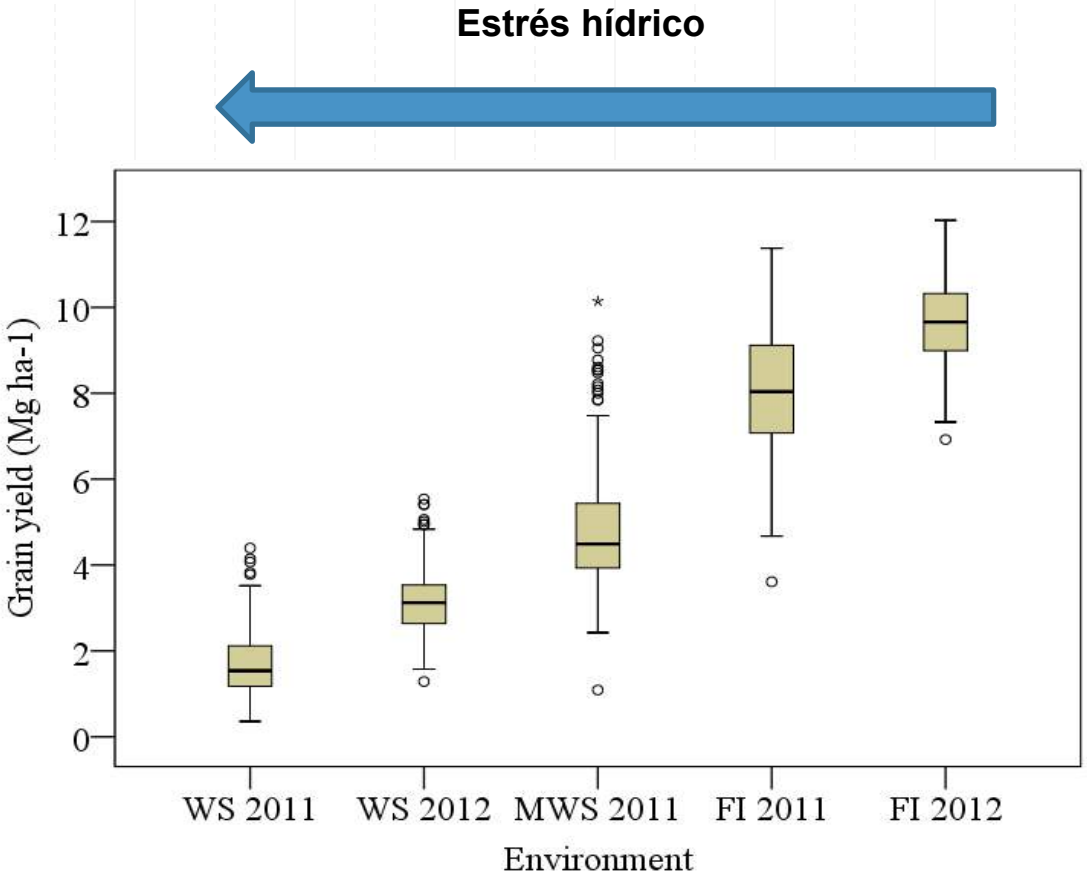


➢Bajo $\Delta^{13}C$

del Pozo, A., Castillo, D., Inostroza, L., Matus, I., Méndez, A.M., Morcuende, R. 2012. Annals of Applied Biology 160(2): 157–167.

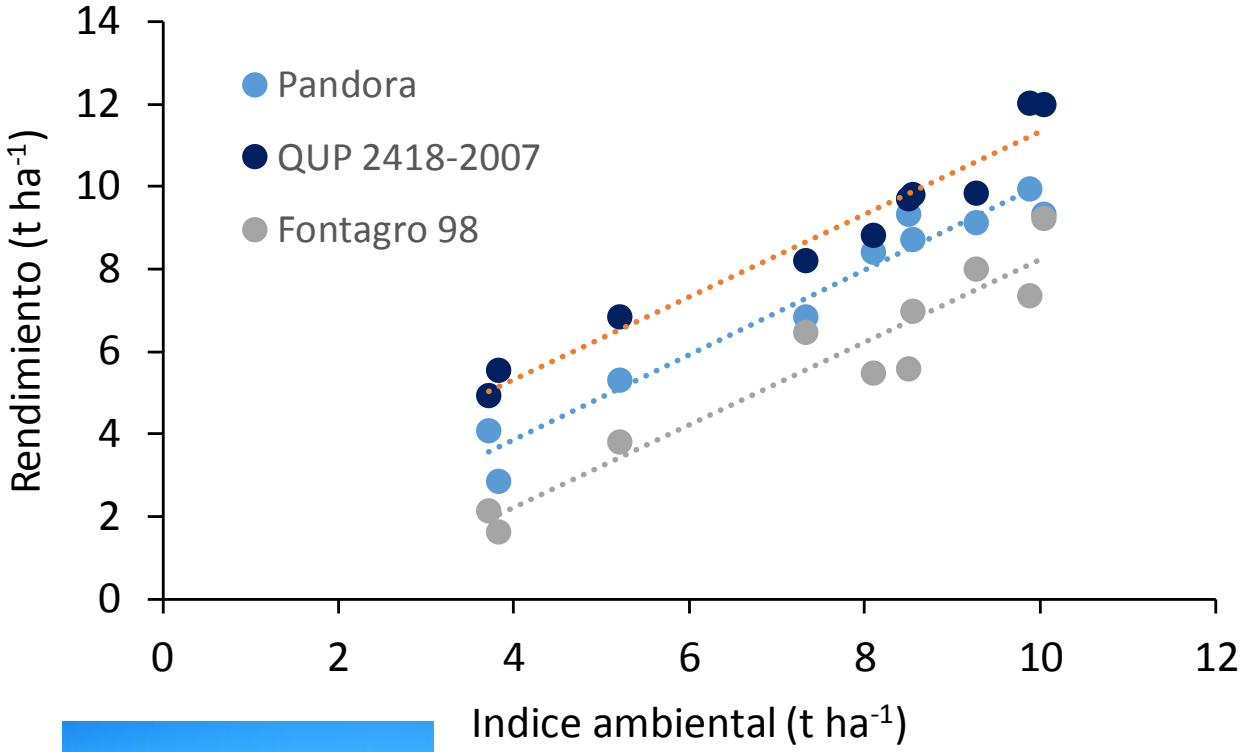
Fenotipado de alto rendimiento de 384 genotipos de trigo de primavera con y sin estrés hídrico



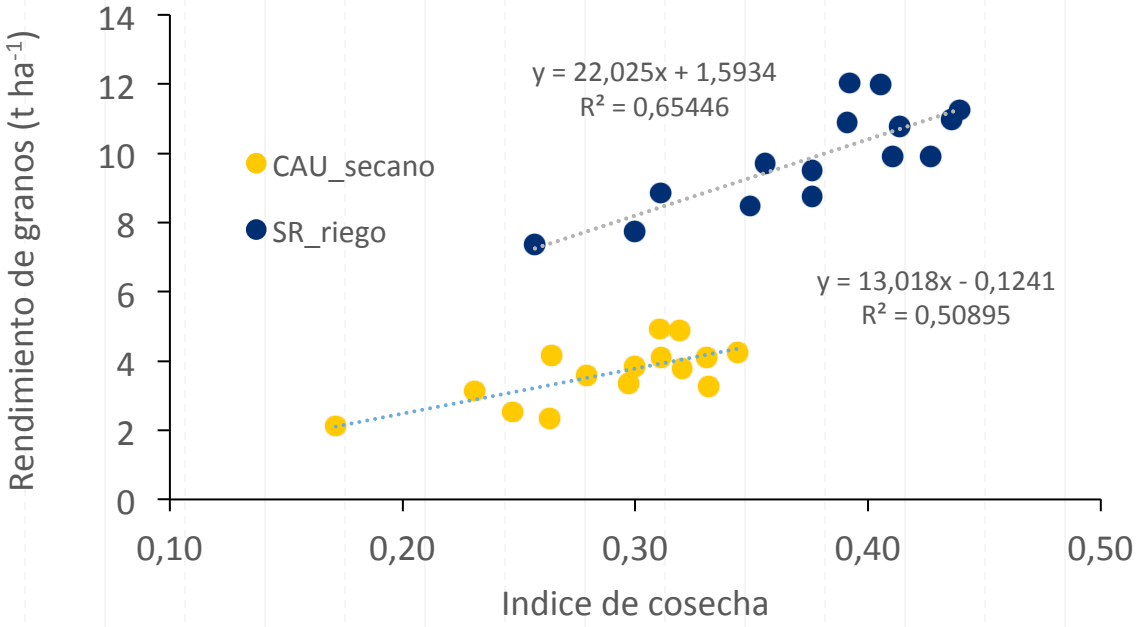


del Pozo, A. et al. (2016). Frontiers in Plant Science doi: 10.3389/fpls.2016.00987

Seleccionamos líneas de alto rendimiento tanto en ambientes de secano como de riego

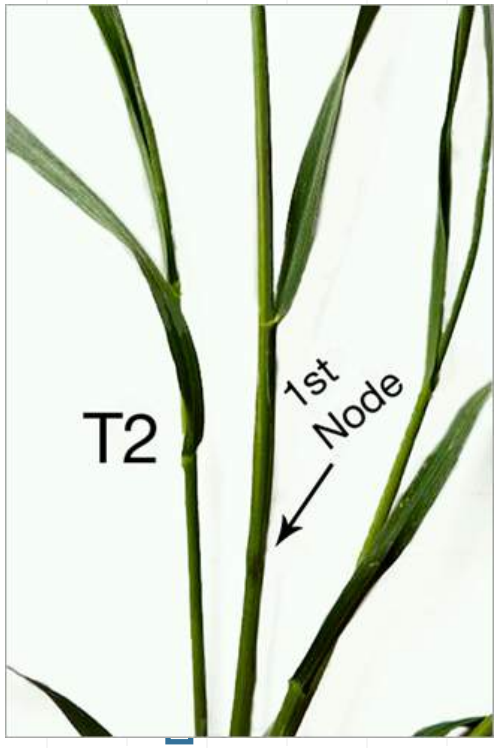


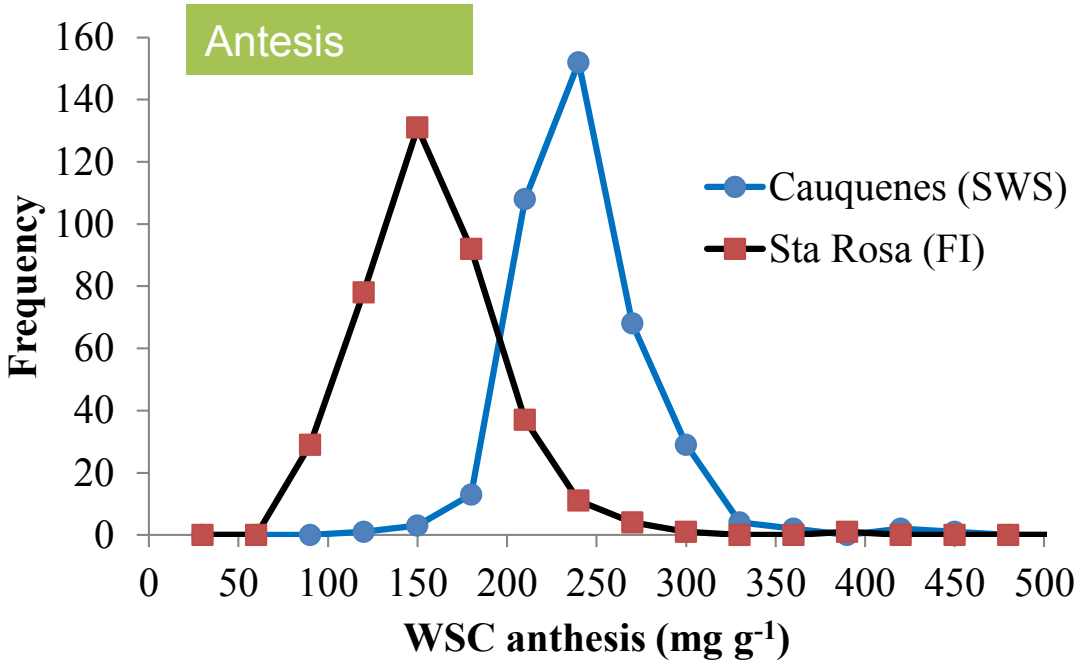
Las líneas avanzadas de trigo mas productivas tienen mayor índice de cosecha, tanto condiciones de secano como en riego

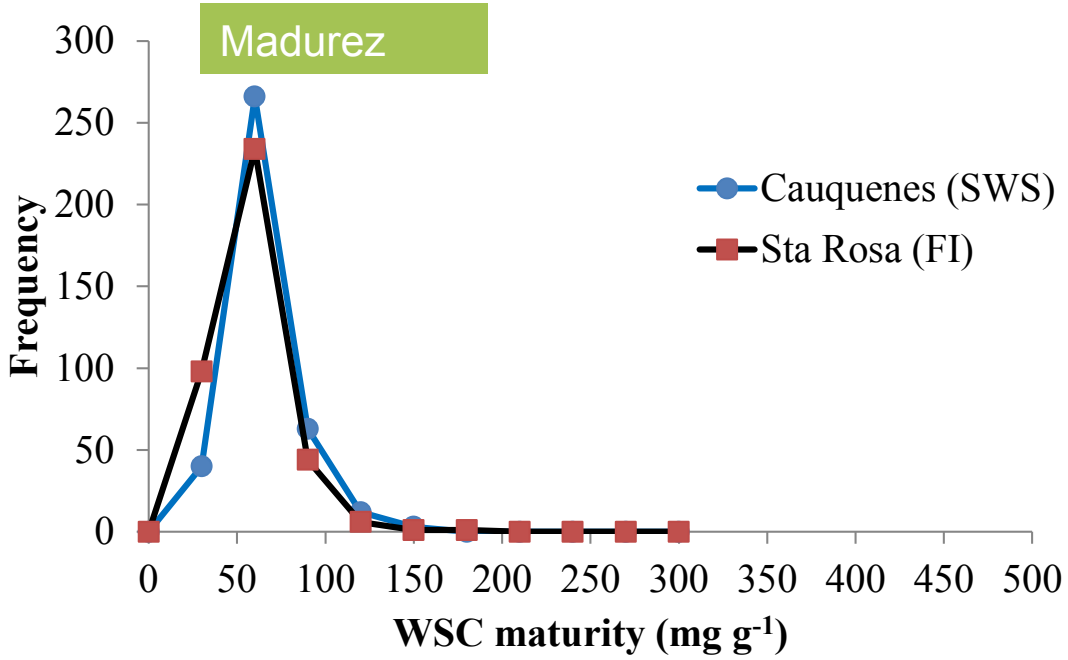


Las reservas del tallo

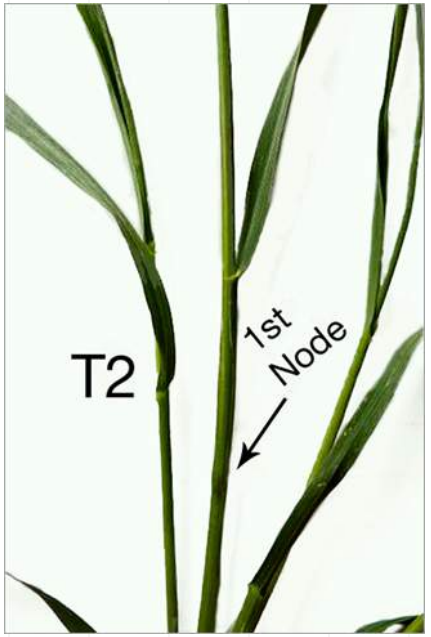
- En los cereales, la acumulación de carbohidratos solubles en agua (WSC) en el tallo permite la remobilización de éstos durante el período de llenado del grano: 5-20% de la materia seca del grano en plantas sin estrés hídrico.
- Bajo estrés hídrico, donde la fotosíntesis está deprimida, el llenado del 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.



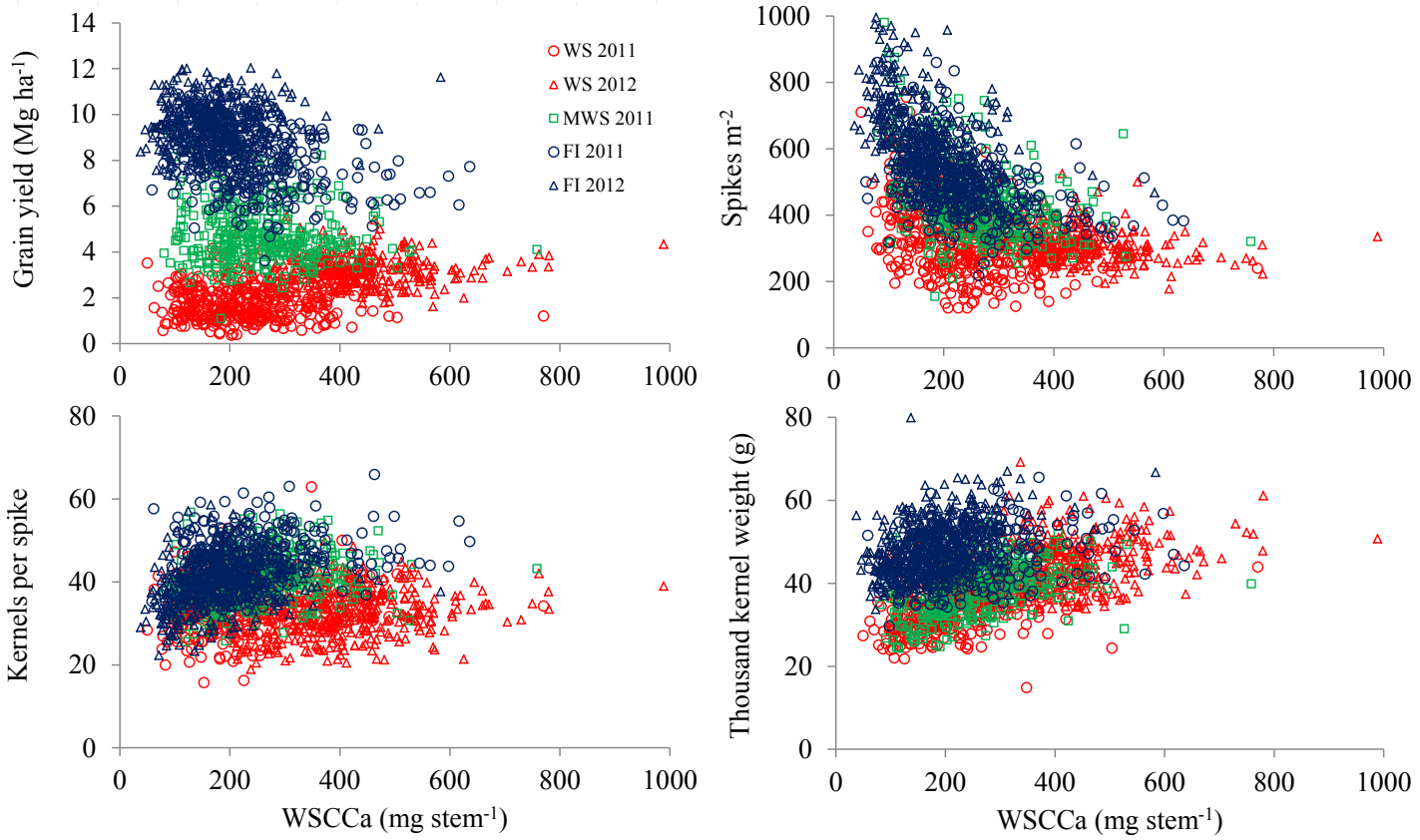




Distribución de frecuencia para la concentración de WSC en tallos de 384 genotipos de trigo de primavera en dos condiciones climáticas mediterráneas

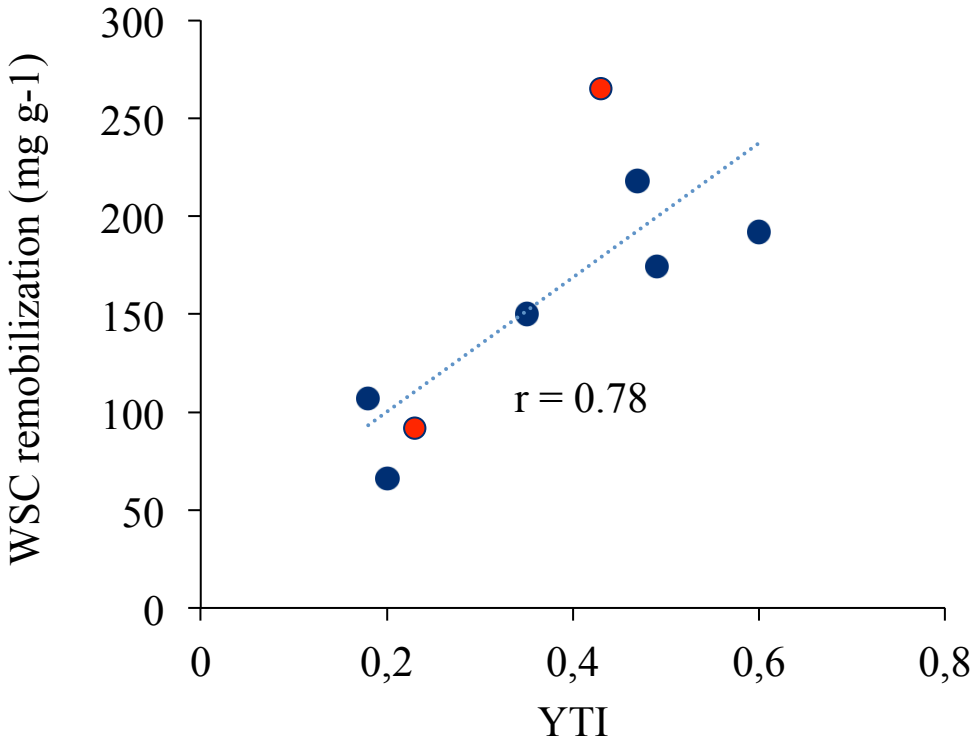


Relación entre el contenido de WSC de tallos y el rendimiento de grano y sus componentes



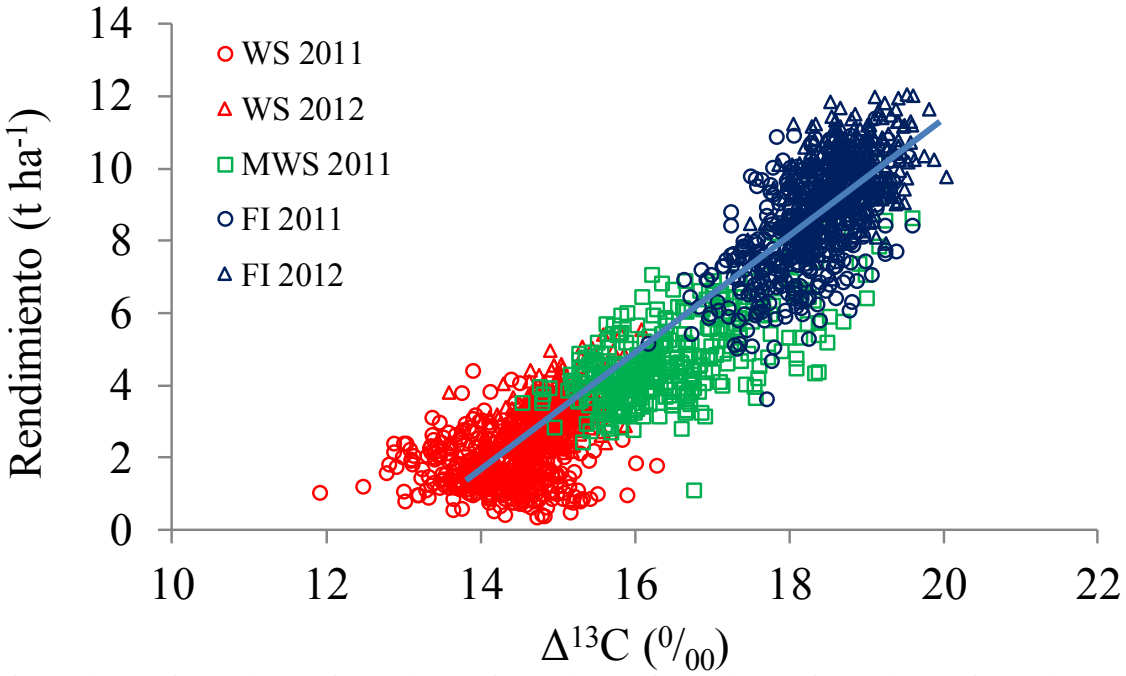
	Contenido de WSC en el tallo				
	WS 2011	WS 2012	MWS 2011	FI 2011	FI 2012
Rendimiento	-0.07	**0.15**	-0.09	**-0.33**	0.05
N° espigas/m2	**-0.41**	**-0.30**	**-0.44**	**-0.45**	**-0.53**
N° granos/espiga	**0.22**	**0.28**	**0.21**	**0.19**	**0.27**
Peso de 1000 granos	**0.38**	**0.31**	**0.40**	**0.30**	**0.50**

Genotype	Origin	YTI[1]
FONTAGRO 8	INIA-Chile	0.60
Pantera	INIA-Chile	0.49
Don Alberto	INIA-Uruguay	0.47
LE2384	**INIA-Uruguay**	**0.43**
QUP2522	INIA-Chile	0.35
Fontagro 69	**INIA-Chile**	**0.23**
CCCI09	INIA-Uruguay	0.20
Fontagro 98	CIMMYT-Mexico	0.18

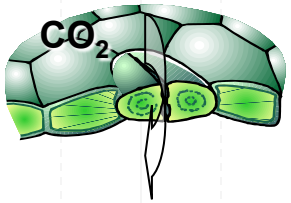


$$YTI = \left(\frac{Y_D}{\overline{Y}_D}\right)\left(\frac{Y_I}{\overline{Y}_I}\right)\left(\frac{\overline{Y}_D}{\overline{Y}_I}\right) = \left(\frac{Y_D Y_I}{\overline{Y}_I{}^2}\right)$$

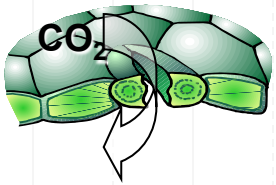
Rendimiento de granos y discriminación del carbon ($\Delta^{13}C$)



Estrés hídrico ←

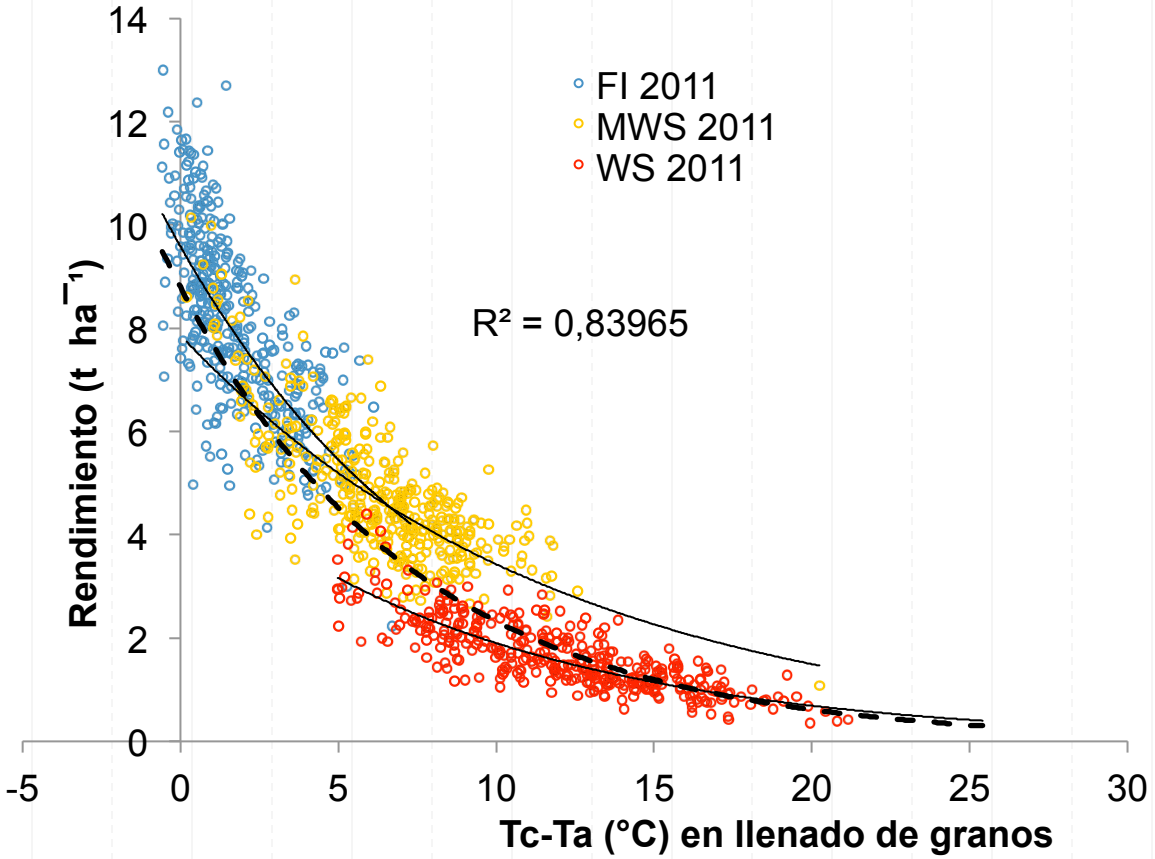


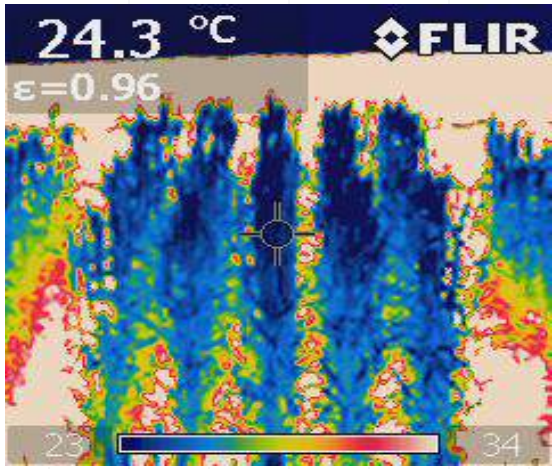
➢Bajo



➢Alto $\Delta^{13}C$

Rendimiento de granos y temperatura del dosel





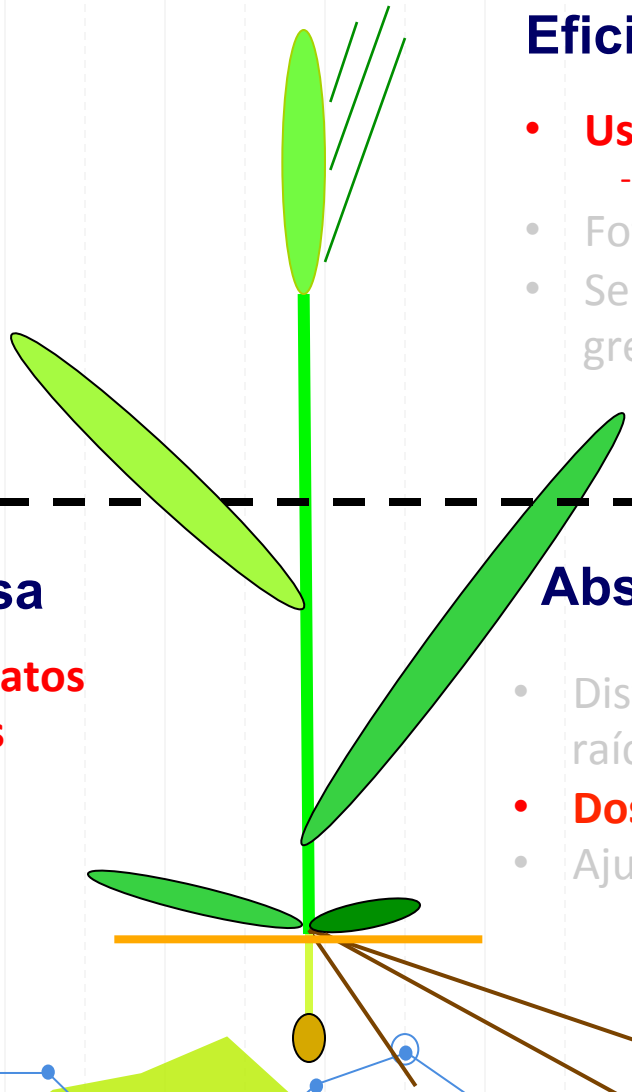
En resumen, los genotipos con mayor rendimiento bajo condiciones de estrés hídrico presentan:

Fotoprotección

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

Eficiencia de transpiración

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



Partición de la biomasa

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

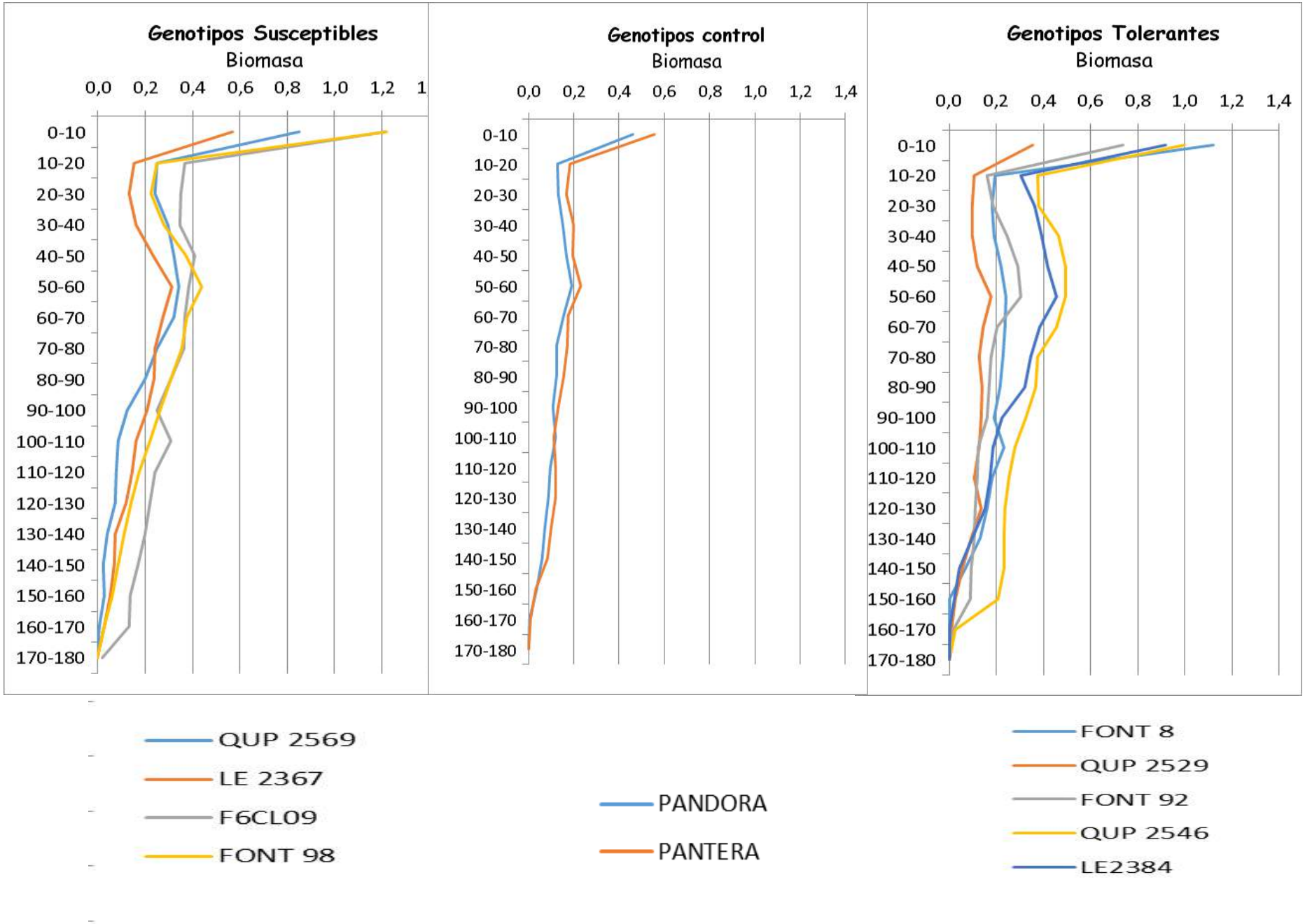
Absorción de agua

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

Estudio de la características de las raíces en trigo

Dr. Nidia Brunel (Postdoc)
Dr. Fernando Guerra

- Características morfológicas y fisiológicas de las raíces
- Uso eficiente del agua
- Estudios de expresión de genes de acuaporinas en hojas y raíce


Genotipos Susceptibles
Biomasa
0,0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0 1,2 1
0-10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
100-110
110-120
120-130
130-140
140-150
150-160
160-170
170-180
QUP 2569
LE 2367
F6CL09
FONT 98
Genotipos control
Biomasa
0,0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0 1,2 1,4
0-10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
100-110
110-120
120-130
130-140
140-150
150-160
160-170
170-180
PANDORA
PANTERA
Genotipos Tolerantes
Biomasa
0,0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0 1,2 1,4
0-10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
100-110
110-120
120-130
130-140
140-150
150-160
160-170
170-180
FONT 8
QUP 2529
FONT 92
QUP 2546
LE2384

16 genotipos de trigo con diferente tolerancia al estrés hídrico

Comparación de 4 especies de cereales: trigo harinero, trigo candela, cebada y triticale

¿Cómo es la relación entre los rasgos fisiológicos complejos y el rendimiento de grano y sus componentes agronómicos?

¿Cómo es la heredabilidad y la interacción GxE de estos rasgos fisiológicos?

¿Pueden predecirse estos complejos rasgos mediante tecnologías de teledetección?

Quinoa: variabilidad genotípica y tolerancia al estrés hídrico

Kurt Ruf (PhD thesis)
Prof. Alejandro del Pozo
Dr. Christian Alfaro (INIA)
Dr. Andrés Zurita (INIA)

- Determinación de la variabilidad fenotípica de los caracteres agronómicos y morfofisiológicos en 96 genotipos de quinoa bajo condiciones de secano y riego

- Determinación de la variabilidad genotípica a través de marcadores moleculares e identificar SNP asociados QTLs

Alfalfa: ecofisiología, tolerancia a la sequía estival y selección de genotipos elite

Dr. Carlos Ovalle (INIA)
Prof. Alejandro del Pozo
Dr. Luis Inostroza (INIA)
Dra. Macarena Gerding (Udec)
Dra. Soledad Espinoza (INIA)
Alan Humphries (SARDI, Australia)

del Pozo, A., Ovalle, C., Espinoza, S., Barahona, V., Gerding, M., Humphries, A. 2017. Water relations, persistence and productivity of nine alfalfa cultivars growing in field conditions in Mediterranean environments of central Chile. European Journal of Agronomy 84: 16-22.

- Fenotipado para tolerancia a la sequía y fijación de nitrógeno de 70 accesiones de alfalfa (50 de Kazajstán y Azerbaiyán) y centros secundarios (20 de los Andes septentrionales y Chile) de origen.
- Identificación de genotipos de élite de cada población y caracterización fenotípica y genotípica utilizando marcadores de SNPs.
- Estudios de asociación genómica (GWAS) utilizando los datos genotípicos y fenotípicos.

Arándanos: ecofisiología y fenómica de arbusto alto (*Vaccinium corymbosum*)

Dr. Gustavo Lobos
Dra.(c) Claudia Moggia
Dr. James Hancock (MSU, USA)
Dr. Randy Beaudry (MSU, USA
Carolina Bravo, MSc.
Marcelo Valdés (asistente)

- Fenómica como herramienta para acelerar el mejoramiento genéticos de arándanos bajo condiciones adversas (hídrico y térmico).
- Estudio de la variabilidad la firmeza a cosecha y post-cosecha mediante la caracterización de la fruta durante la temporada y el control exógeno por medio de reguladores del crecimiento.
- Determinación de los factores de pre-cosecha y cosecha que afectan la evolución de la calidad de la fruta en almacenaje.

http://www.fenomica.utalca.cl/

Centro de
Mejoramiento
Genético y

Agradecimientos

Plant Breeding and Phenomic Center

Universidad de Talca
- Prof, Alejandro del Pozo
- Dr, Gustavo Lobos
- Dr, Freddy Mora
- Dr, Fernando Guerra
- Dra, Nidia Brunel (postdoc)
- Dra, Ana María Mendez (postdoc)
- Dr, Miguel Garriga (postdoc)
- Dra. Alejandra Yáñez
- Yerko Quitral (PhD thesis)
- Sebastián Romero (PhD thesis)
- Felipe Moraga (PhD thesis)
- Félix Estrada (PhD thesis)
- Kurt Ruf (PhD thesis)
- Alejandro Escobar, MSc (asistente)

INIA Uruguay
- Dr, Jari von Zitzewitz
- Dr, Martin Quinque
- Dra, Marina Castro
- Mrs, Bettina Lado (MSc)

Universidad de Barcelona
- Prof, José Luis Araus
- Dr. Iker Aranjuelo

INIA
- Dr, Iván Matus
- Dr, Gerardo Tapia
- Dra, Dalma Castillo
- Dr. Cristian Aljaro
- Dr. Andrés Zurita
- Alejandro Castro (Técnico)
- Millaray Ponce (Técnico)

University of Laval
- Dr, François Belzile

Kansas State University
- Dr, Jesse Poland

GRANTS--
- FONDECYT 1150353, (2015-2017)
- -FONDECYT POSTDOC (Nidia Brunel), (2014-2017)
- Ministerio de Economía y Competitividad de España AGL2013-44147-R, (2014-2017)
- -FONDEF Idea 14I10106, (2015-2017)
- -FONDEQUIP NACIONAL EQM130073, (2013-2015),
- FONDECYT N°1110732, (2011-2014)
- -FONTAGRO ATN/OC – 11943, (2010-2013)
- Atracción de Capital Humano Avanzado del Extranjero A Chile (CONICYT), (2011-2012)
- CGIAR-GCP Challenge (2008-2010)
- FONDECYT N° 1060546 (2006-2008),

A2C2
Adaptation of Agriculture to Climate Change
University of Talca

35 AÑOS
UNIVERSIDAD DE TALCA

Plant Breeding and Phenomic Center

GRACIAS

por su atención