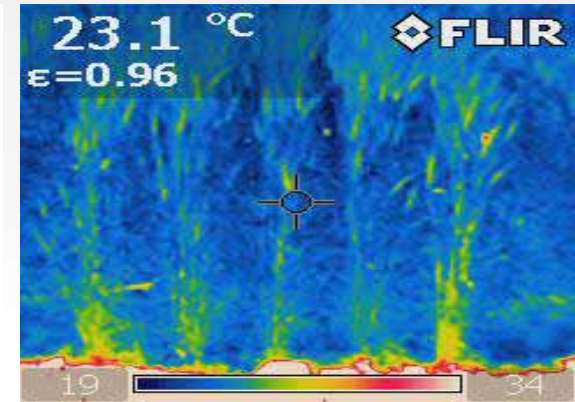




A2C2
Adaptación de la Agricultura
al Cambio Climático
Universidad de Talca



Adaptación de cereales C3 al cambio global: en busca de genotipos con mayor tolerancia al estrés hídrico

Alejandro del Pozo Lira

Centro de Mejoramiento y Fenómica

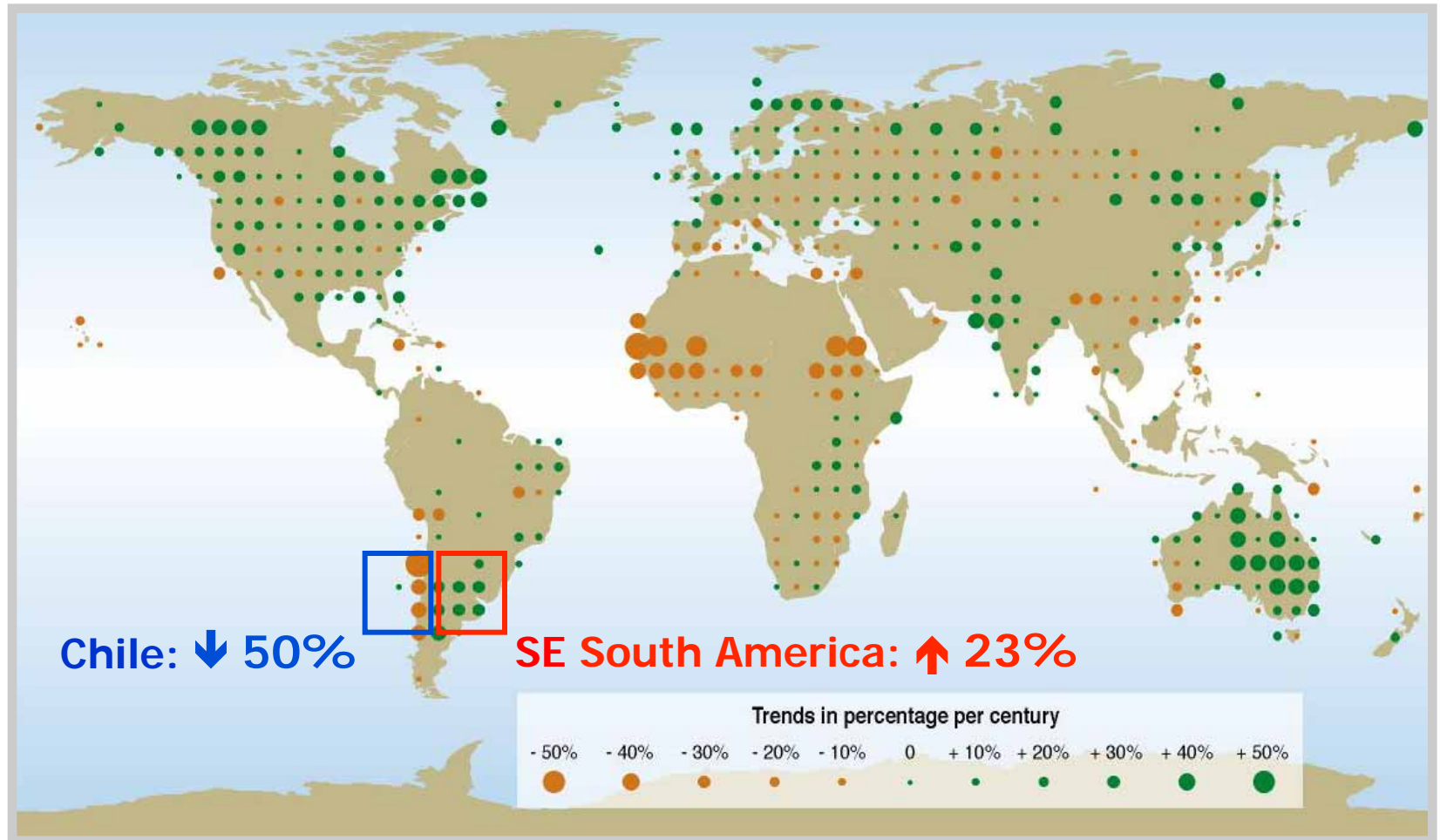
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



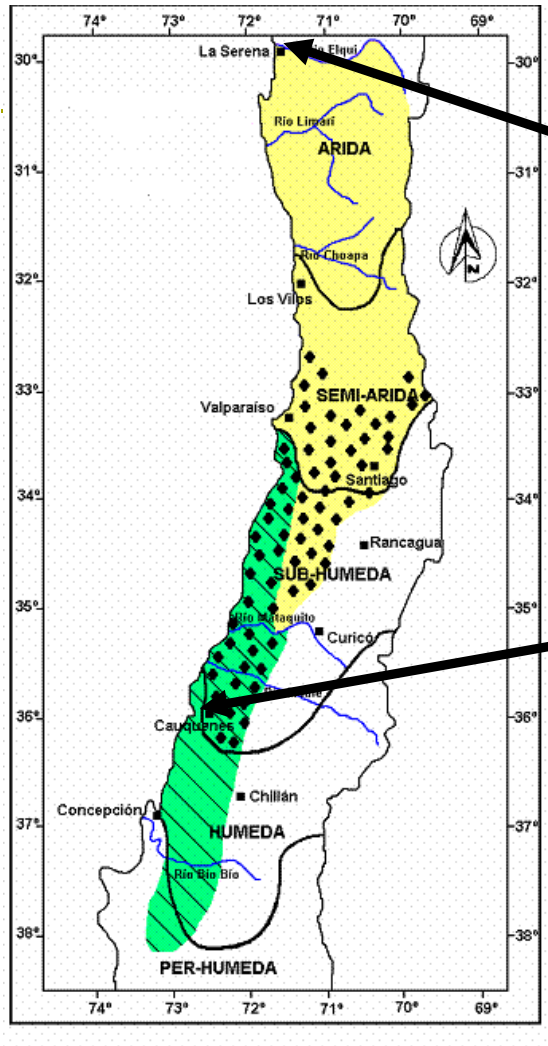
Temario

- ❑ Cambio global y regional
- ❑ Caracteres fisiológicos asociados al estrés hídrico
- ❑ Fenotipado (phenotyping) de cereales utilizando caracteres fisiológicos y agronómicos.
- ❑ Genotipado mediante marcadores moleculares (SNPs) y/o secuenciación.
- ❑ Análisis de asociación carácter-marcador molecular.
- ❑ Conclusiones

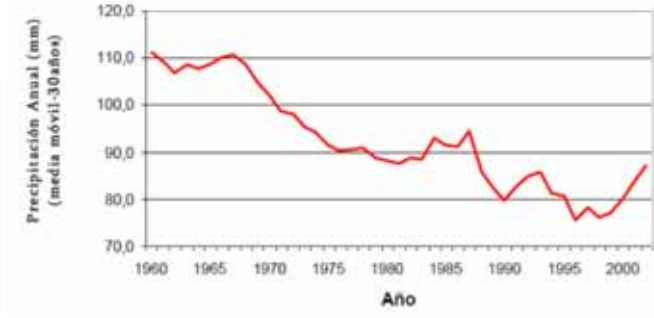
Cambio global en las precipitaciones: 1900-2000



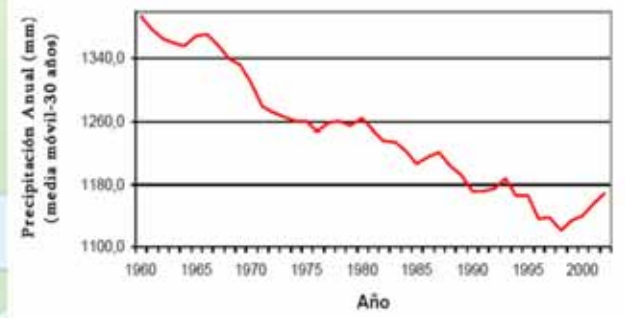
Zona Mediterránea en Chile



PP en La Serena

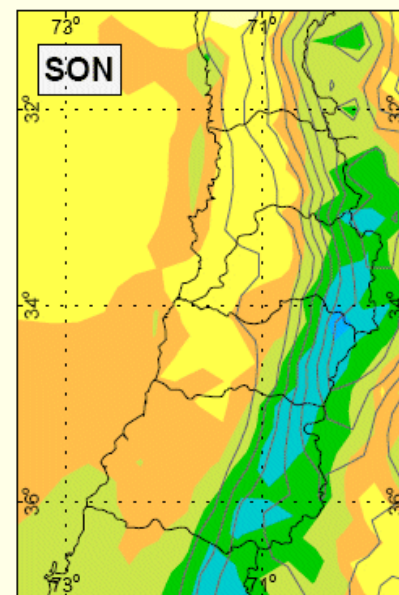
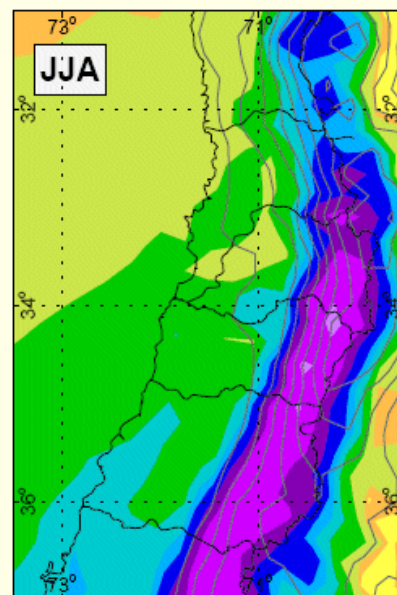
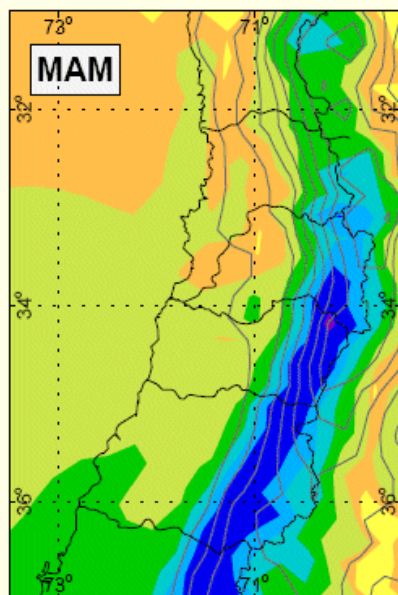
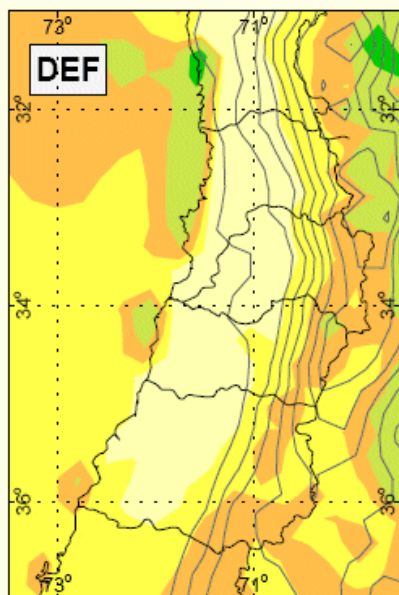


PP en Concepción

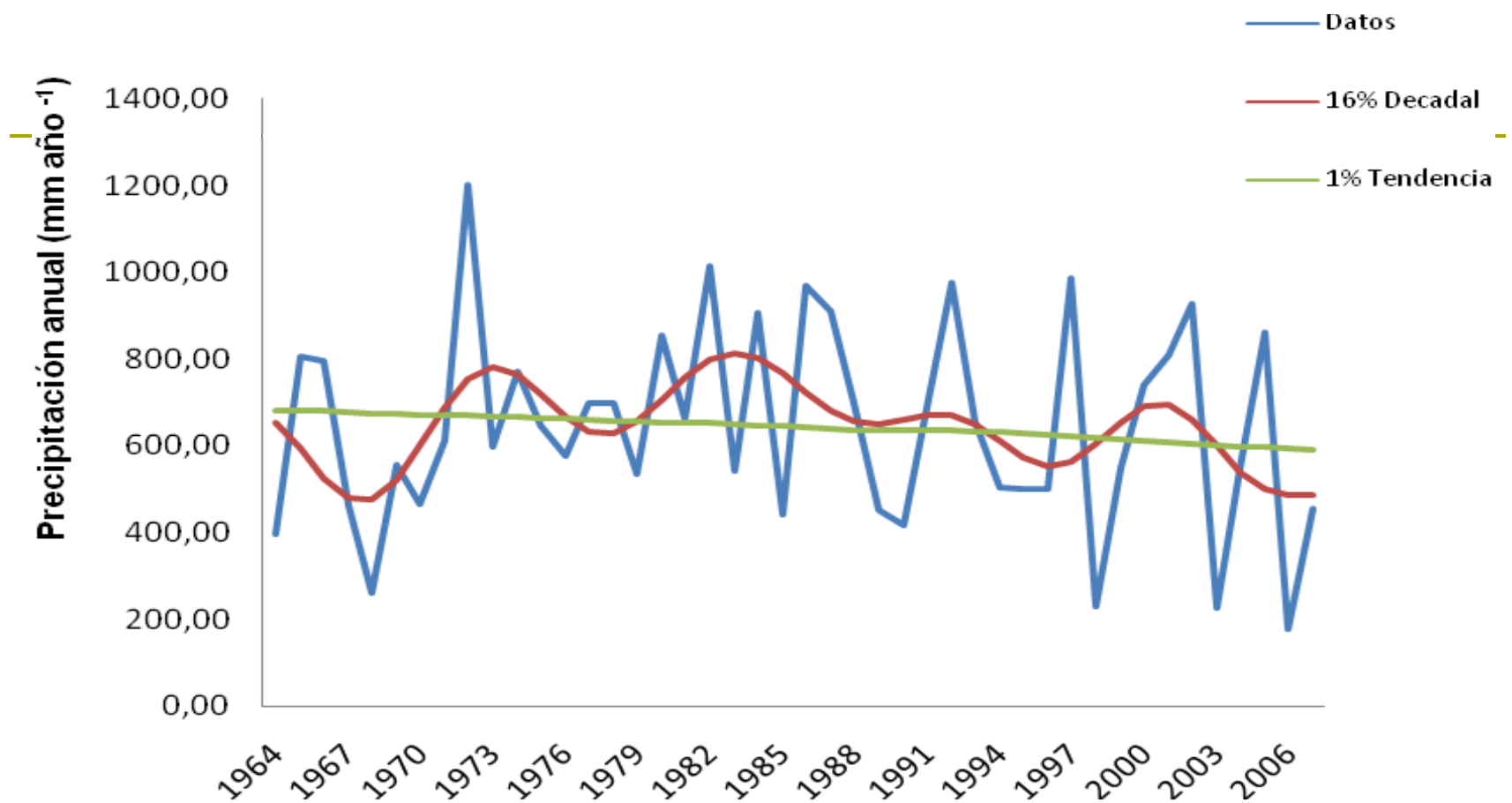


PRECIPITACIÓN ESTACIONAL EN CHILE CENTRAL

CLIMA ACTUAL

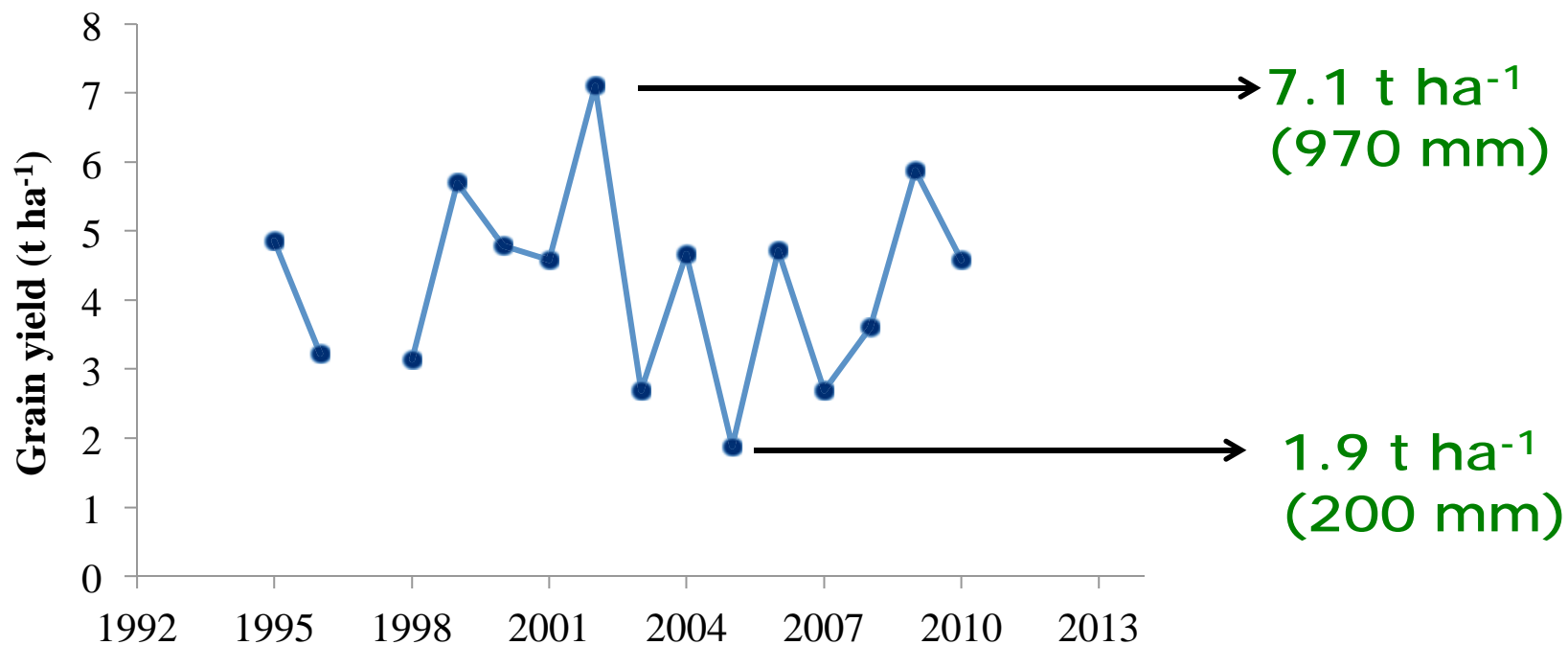


Precipitación Estacional (cm)



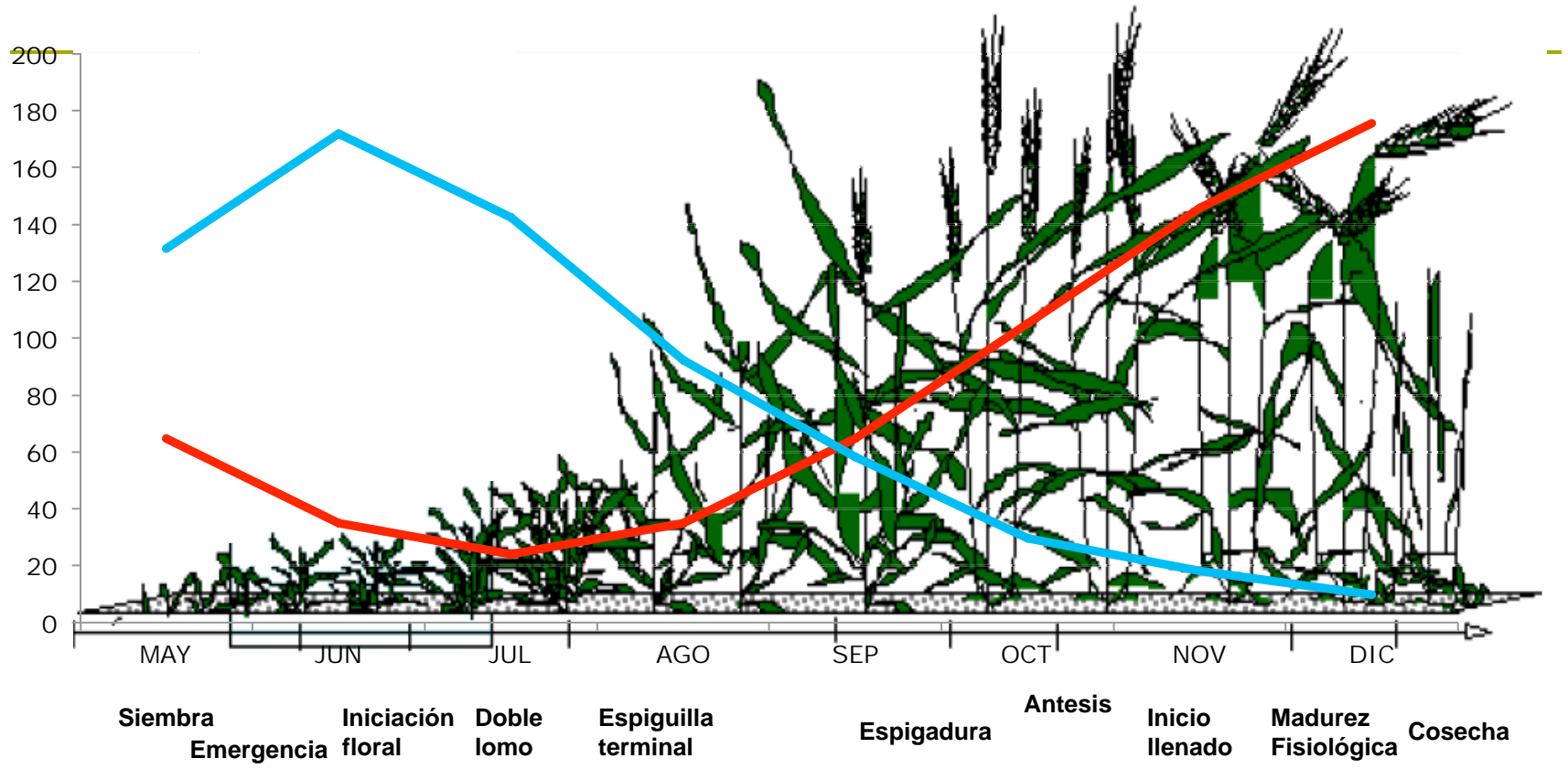
Precipitación acumulada anual, decadal y la tendencia para el período 1964-2007 en la localidad de Cauquenes, Secano interior, Región del Maule.

Variabilidad en el rendimiento de granos en la zona Mediterránea de Chile central (Cauquenes)



Los valores son el promedio de 25 cultivares y líneas avanzadas (datos del programa de trigo INIA-Quilamapu)

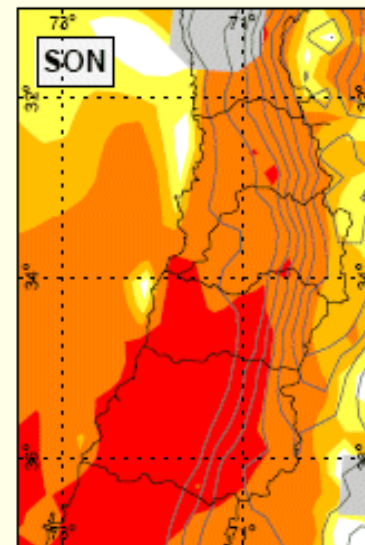
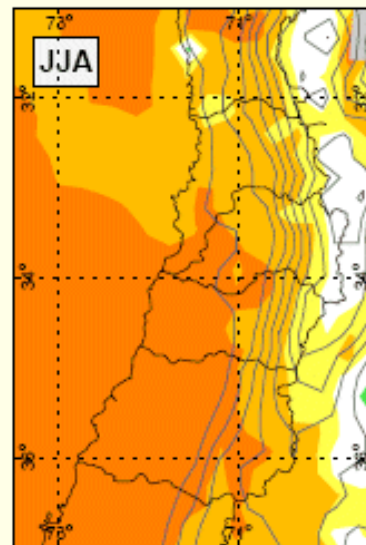
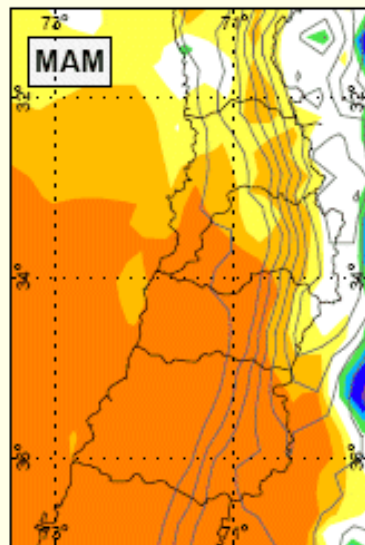
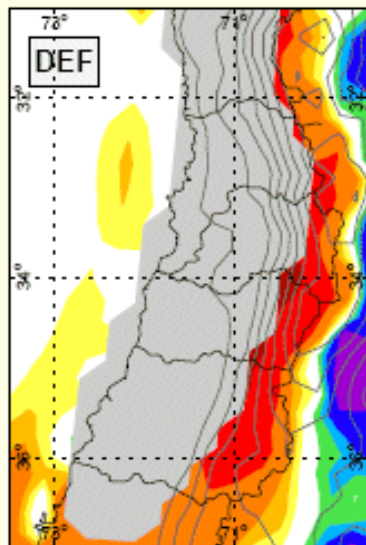
— Patrón de precipitaciones en Cauquenes, Chile
— Patrón de evapotranspiración potencial en Cauquenes, Chile



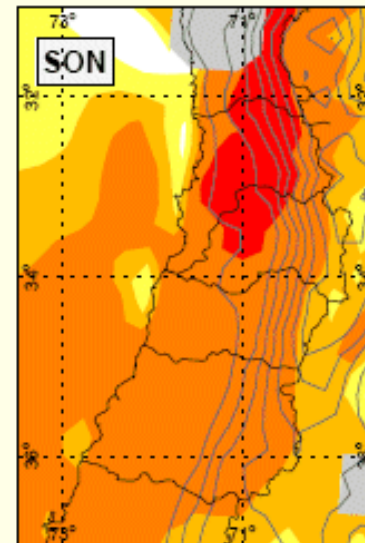
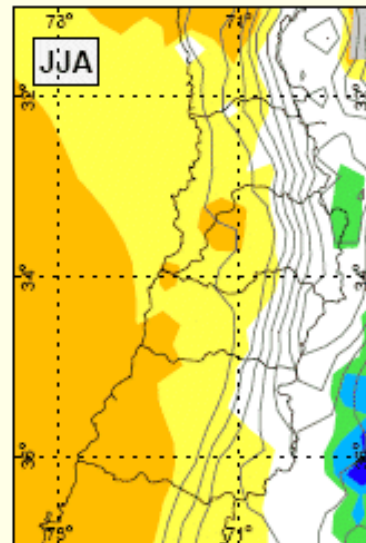
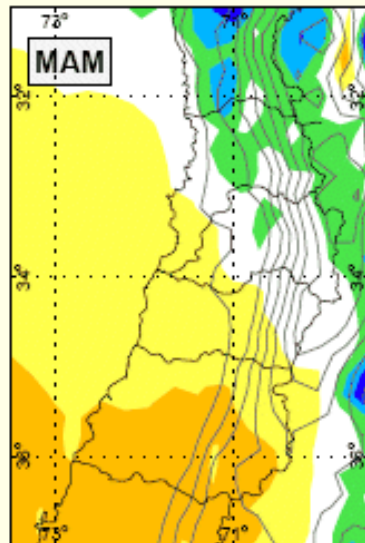
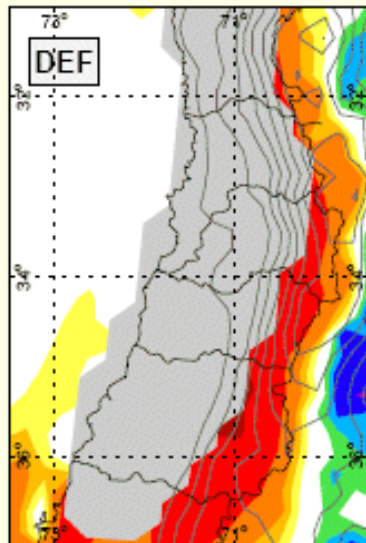
Periodos de crecimiento



CAMBIO FUTURO: A2



CAMBIO FUTURO: B2



0 - 25 25 - 50 50 - 70 70 - 80 80 - 90

Menos (% de Actual)



110 - 120 120 - 130 130 - 150 150 - 200 > 200

Más (% de Actual)

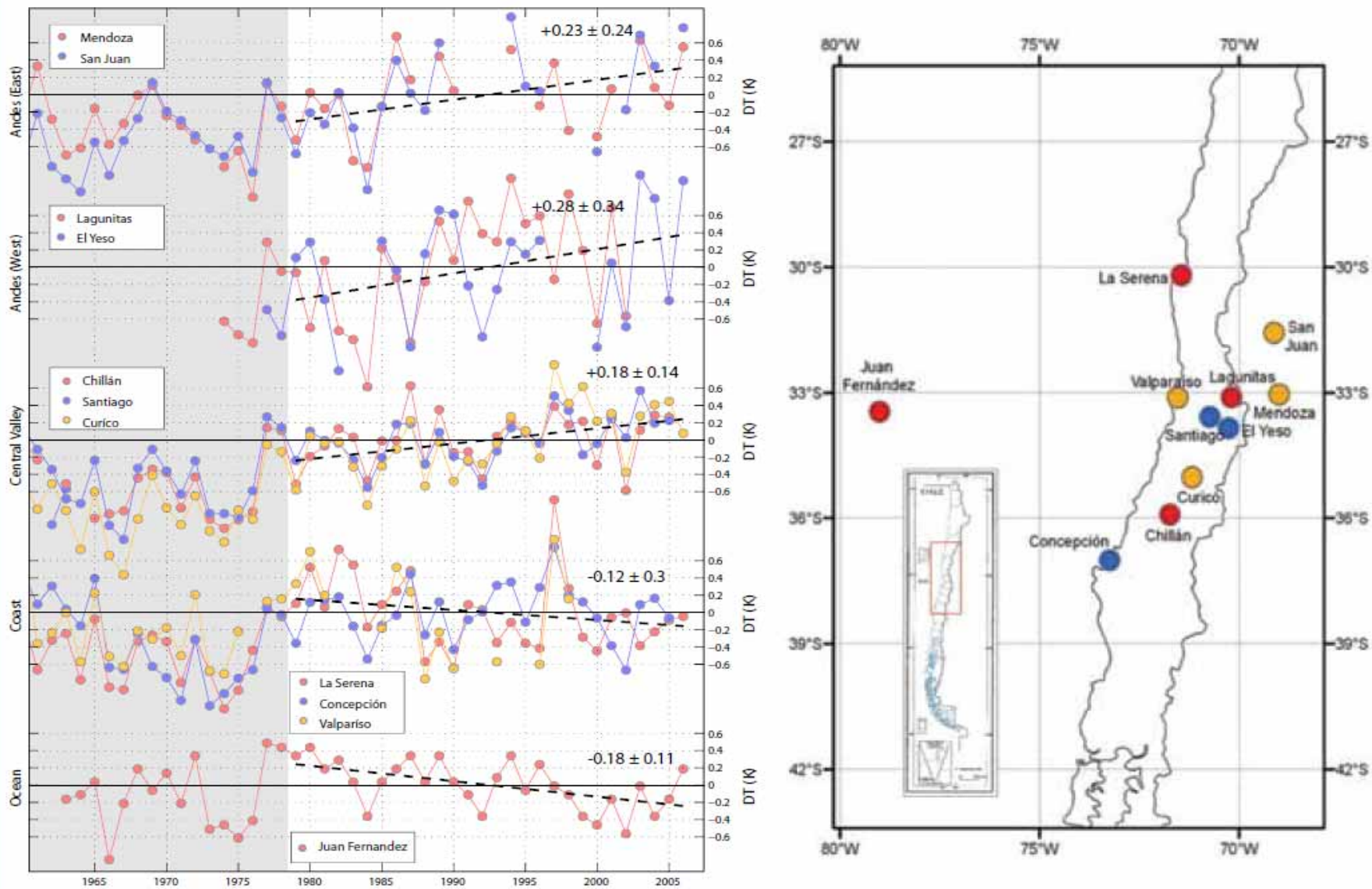


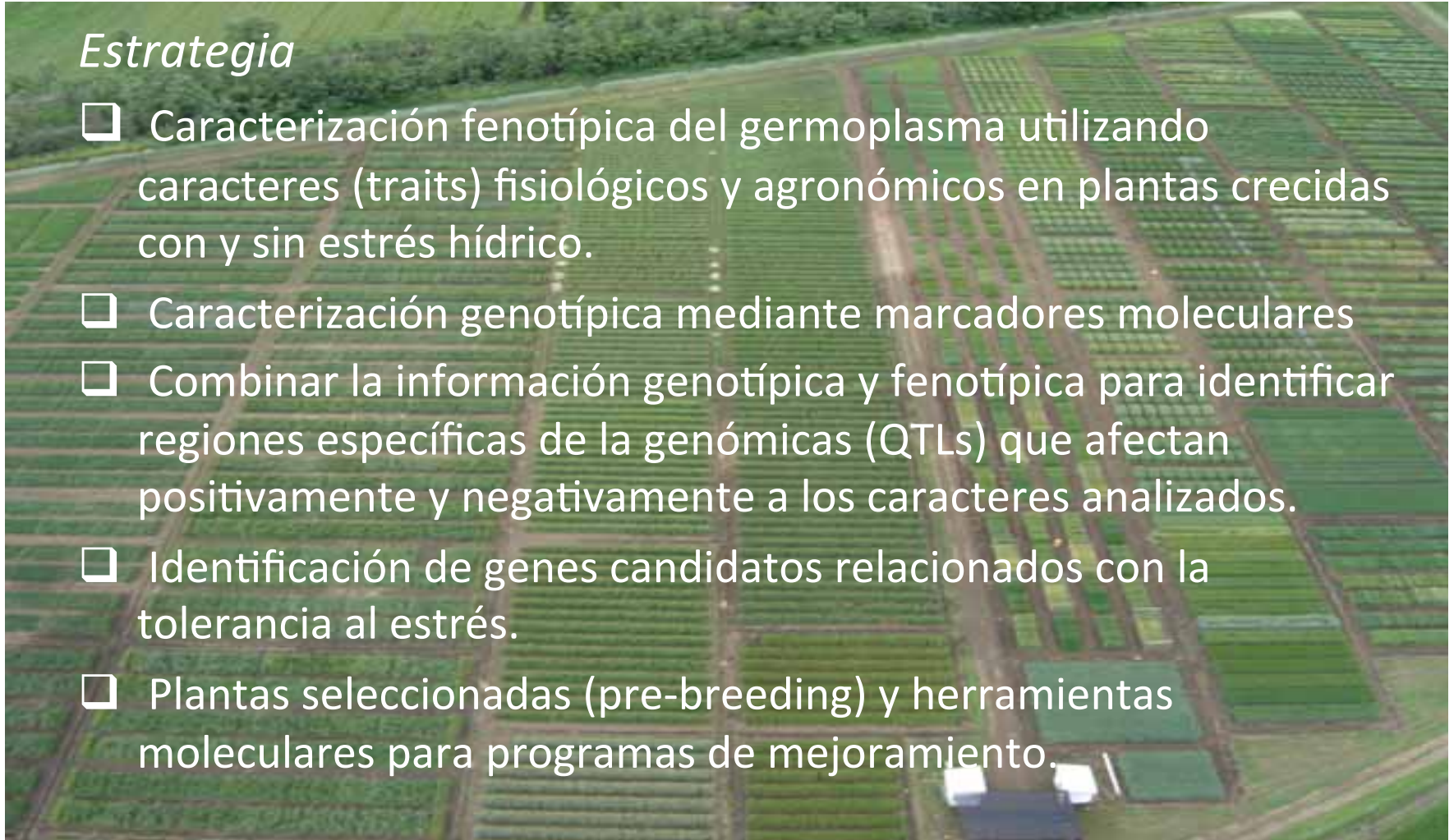
Figura 5. Series de tiempo de anomalías de temperatura en Chile central

Fuente: Falvey y Garreaud, 2009

- ❑ Los programas de mejoramiento tienen que enfrentar este nuevo escenario y ser capaces de identificar genotipos con mayor tolerancia al estrés hídrico con el fin de desarrollar nuevos cultivares

Estrategia

- ❑ Caracterización fenotípica del germoplasma utilizando caracteres (traits) fisiológicos y agronómicos en plantas crecidas con y sin estrés hídrico.
- ❑ Caracterización genotípica mediante marcadores moleculares
- ❑ Combinar la información genotípica y fenotípica para identificar regiones específicas de la genómicas (QTLs) que afectan positivamente y negativamente a los caracteres analizados.
- ❑ Identificación de genes candidatos relacionados con la tolerancia al estrés.
- ❑ Plantas seleccionadas (pre-breeding) y herramientas moleculares para programas de mejoramiento.



Grupo de caracteres adaptativos al estrés hídrico asociado con diferentes mecanismos fisiológicos y genéticos

Reynolds et al (2005). Annals of Applied Biology 146:239-259

G-4 Fotoprotección

- Morfología de hojas:
 - cera/pubescencia
 - postura/enrollamiento
 - color pálido
- Anti-oxidantes
 - pigmentos
 - enzimas

G-3 Uso eficiente del agua

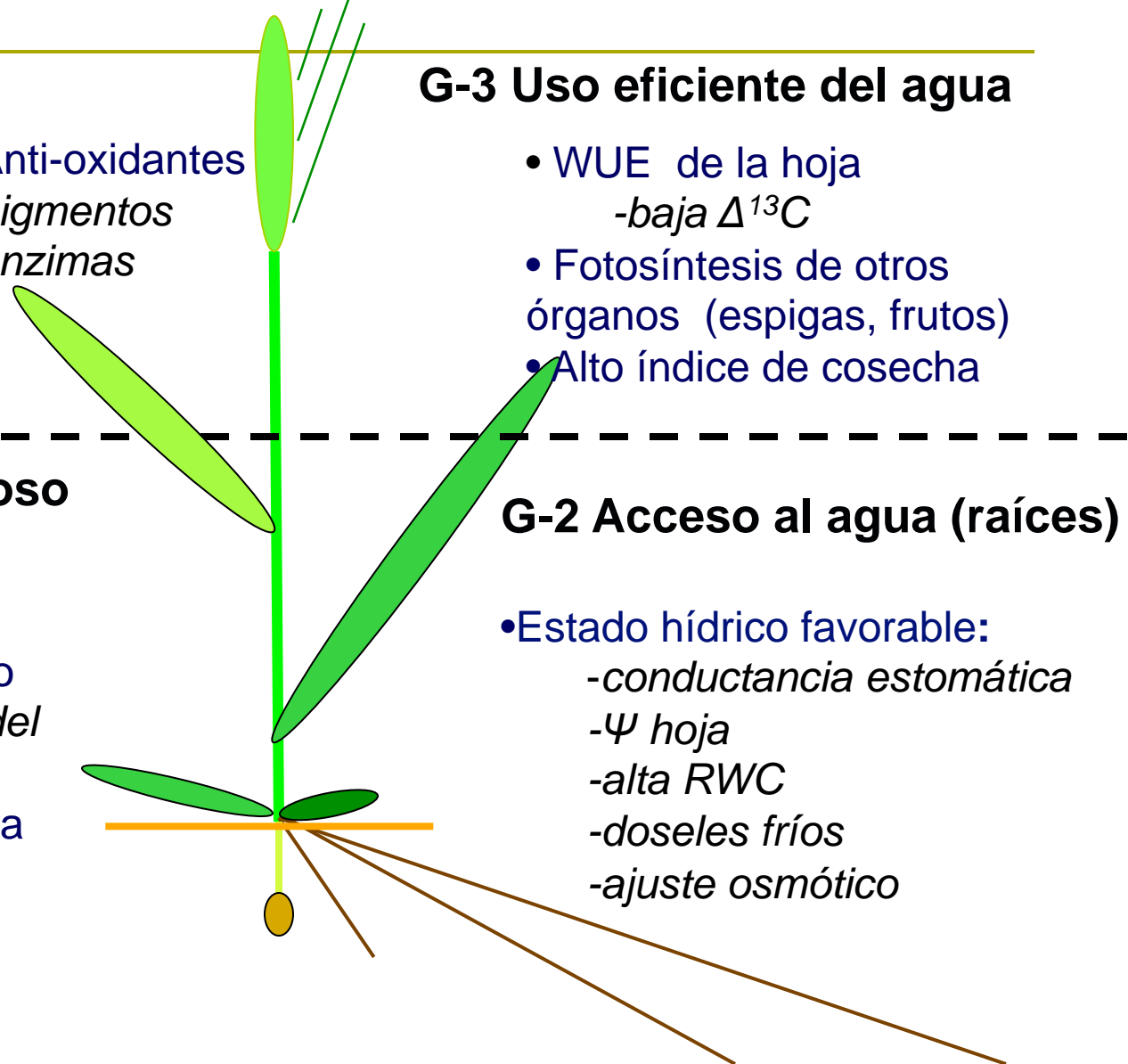
- WUE de la hoja
 - baja $\Delta^{13}C$
- Fotosíntesis de otros órganos (espigas, frutos)
- Alto índice de cosecha

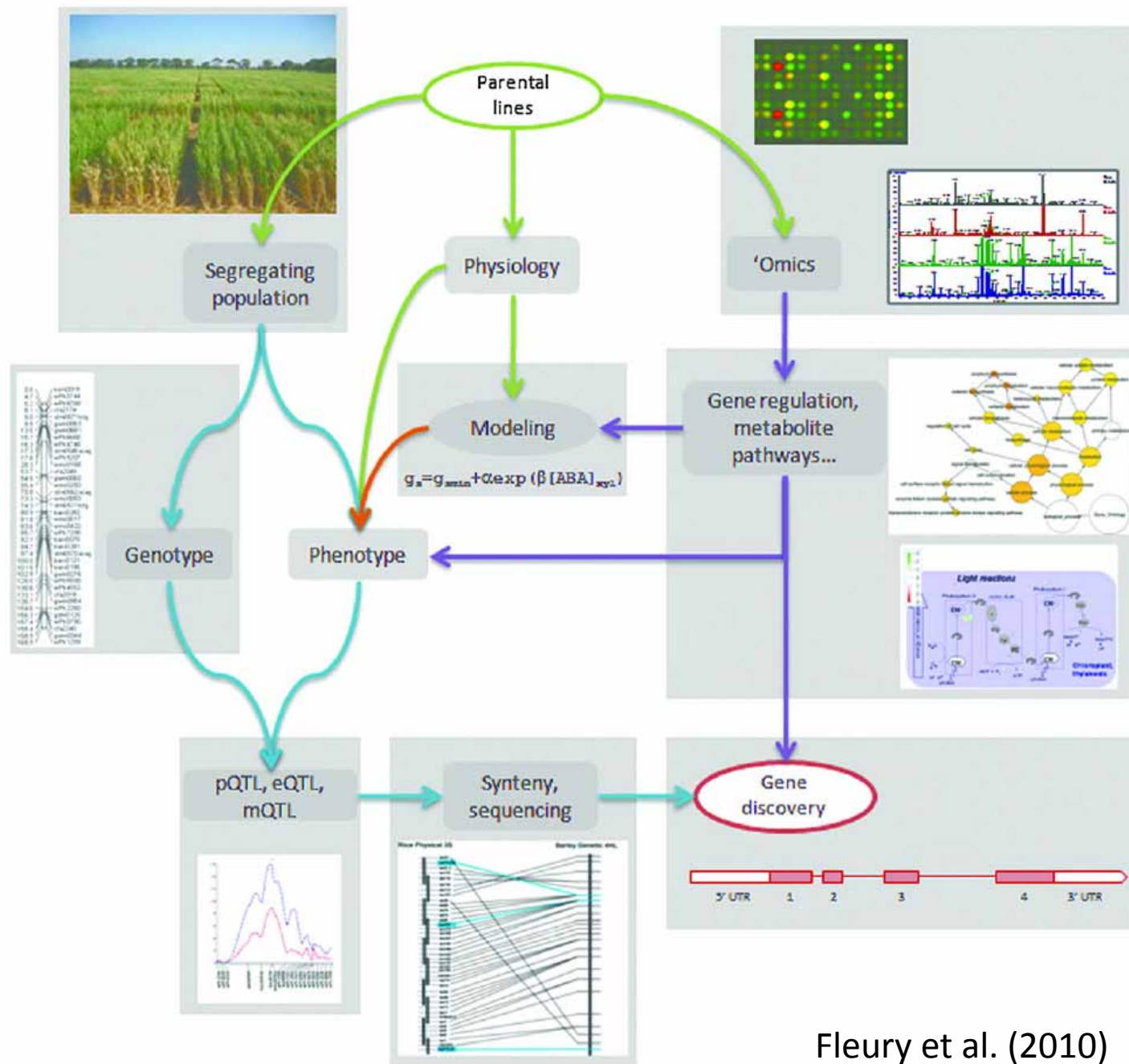
G-1 Crecimiento vigoroso

- Tasa de asimilación
 - carbohidratos
- Rápida cobertura del suelo
 - protege la humedad del suelo
- Emergencia desde siembra profunda
 - coleoptilo largo
 - semilla grande

G-2 Acceso al agua (raíces)

- Estado hídrico favorable:
 - conductancia estomática
 - Ψ hoja
 - alta RWC
 - doseles fríos
 - ajuste osmótico

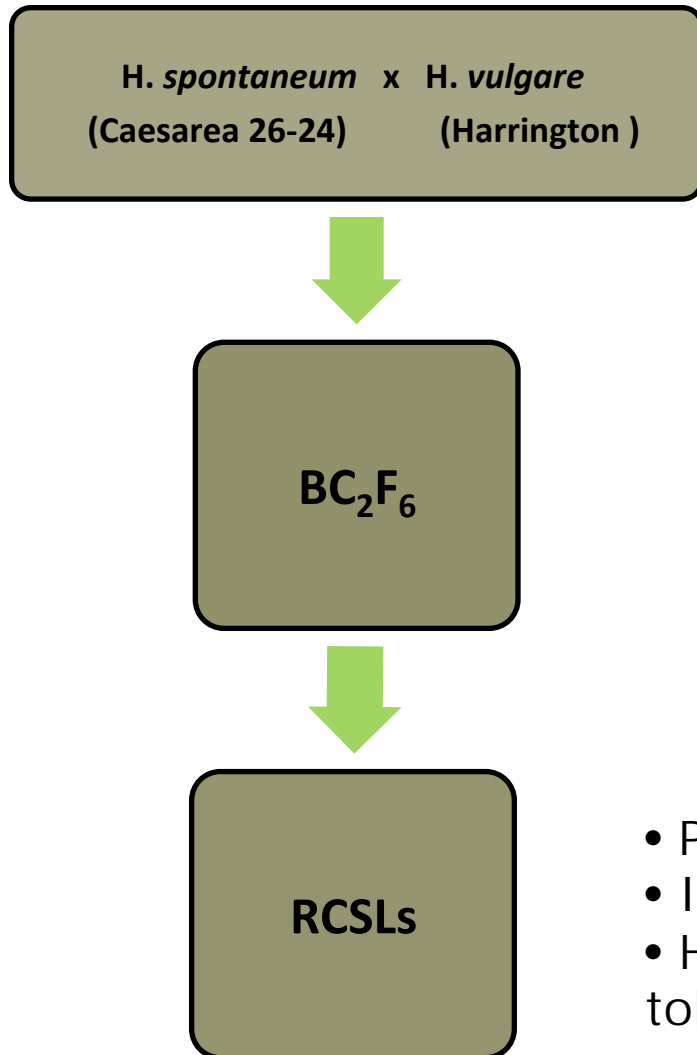




Evaluación de 140 líneas recombinantes (RCSLs) de cebada en ambiente con y sin estrés hídrico

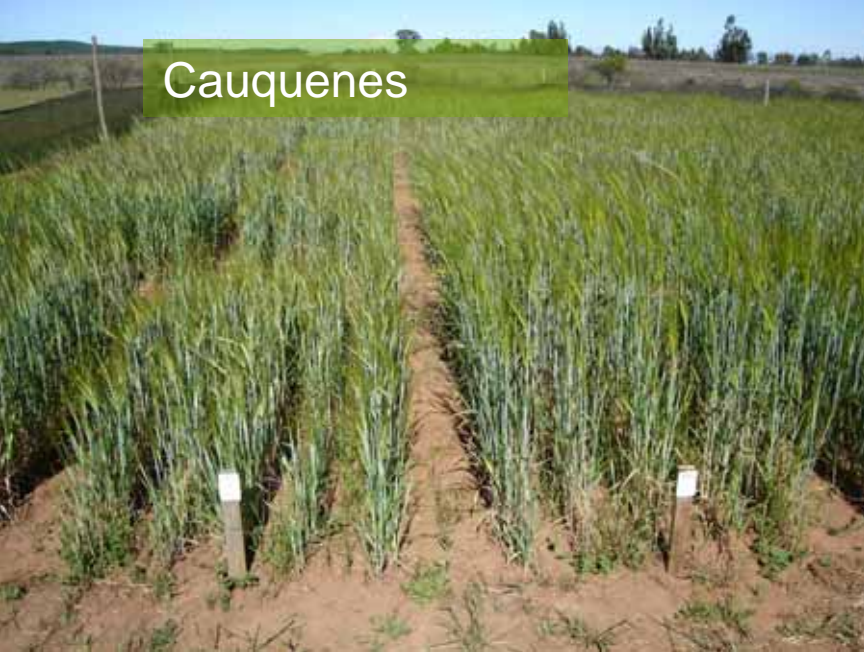


Desarrollo de Líneas Recombinantes por Sustitución Cromosómica (RCSLs) de cebada



- Pérdida fenotipo deseado
- Incremento diversidad genética
- *H. spontaneum*, aporta características tolerancia estrés hídrico

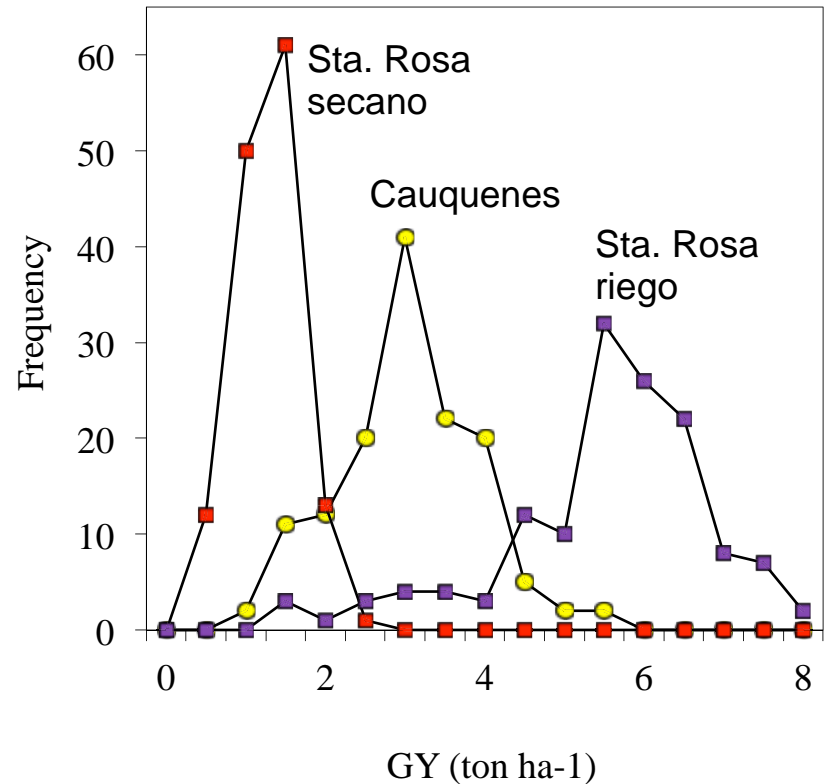
Cauquenes



Santa Rosa



Distribución de frecuencia del rendimiento de grano de 140 RCSLs en tres ambientes

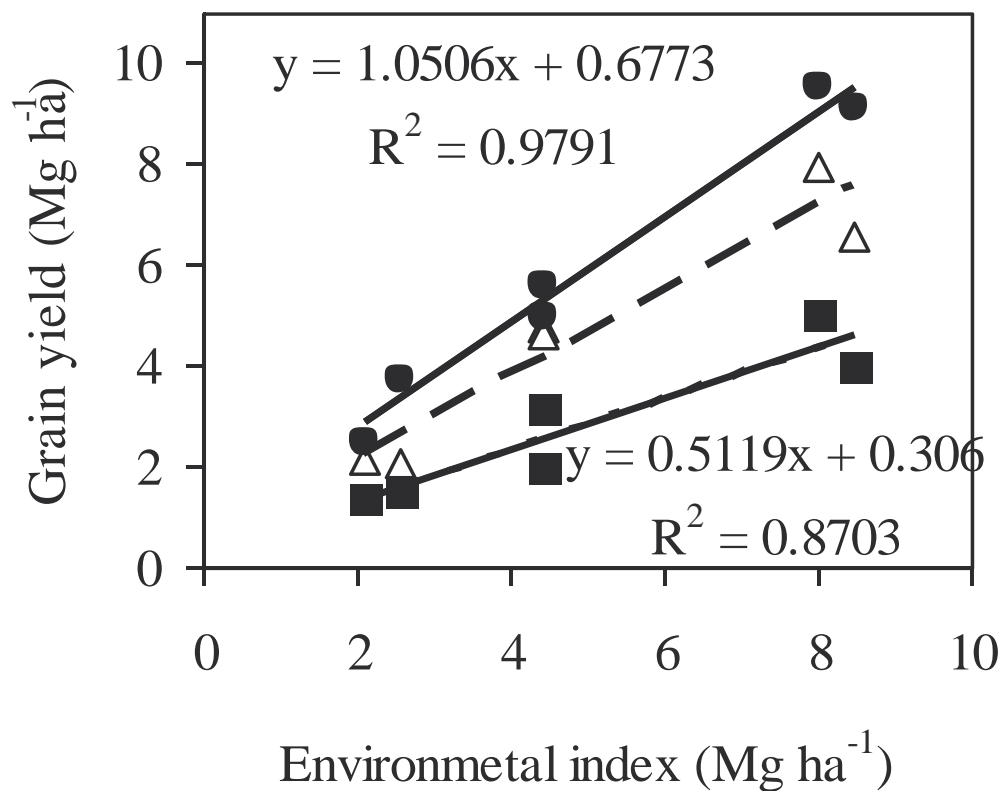


Cauquenes: 3.5 ton ha⁻¹

Santa Rosa seco: 1.2 ton ha⁻¹

Santa Rosa riego: 6.1 ton ha⁻¹

Relación entre el rendimiento de granos y el índice ambiental



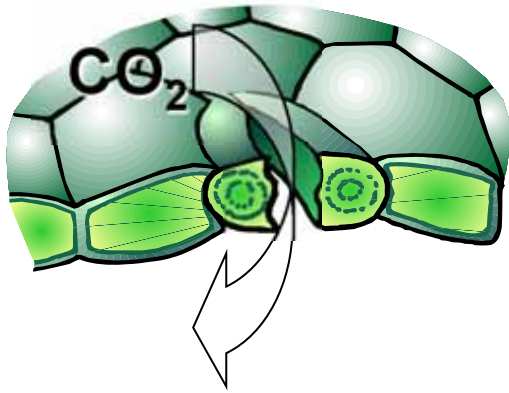
La pendiente (Finlay-Wilkinson slope, b) corresponde a la adaptabilidad en rendimiento.

Promedios \pm SE de rasgos fisiológicos y agronómicos de 24 RCSLs cebada crecidos en Cauquenes (secano) y Santa Rosa (irrigado) en 2006/07 y 2008/09.

Trait	Rainfed		Irrigated	
	2007	2008	2007	2008
gs (mol m ⁻² s ⁻¹)	52 \pm 3	n.e.	229 \pm 8	n.e.
	(34-85)	n.e.	(153-301)	n.e.
WSCa (mg g ⁻¹)	139 \pm 5	197 \pm 6	51 \pm 2	128 \pm 4
	(108-224)	(152-279)	(29-70)	(102-124)
WSCm (mg g ⁻¹)	114 \pm 4	86 \pm 9	23 \pm 2	30 \pm 2
	(85-175)	(32-206)	(8-51)	(17-59)
$\Delta^{13}\text{C}$ (‰)	16.2 \pm 0.1	15.7 \pm 0.1	19.0 \pm 0.1	18.5 \pm 0.1
	(15.7-17.2)	(15.0-16.5)	(18.5-19.6)	(17.6-19.6)
Total DM (t ha ⁻¹)	6.8 \pm 0.2	10.1 \pm 0.5	14.9 \pm 0.4	10.9 \pm 0.4
	(5.1-8.8)	(7.4-16.7)	(11.6-17.9)	(6.4-15.0)

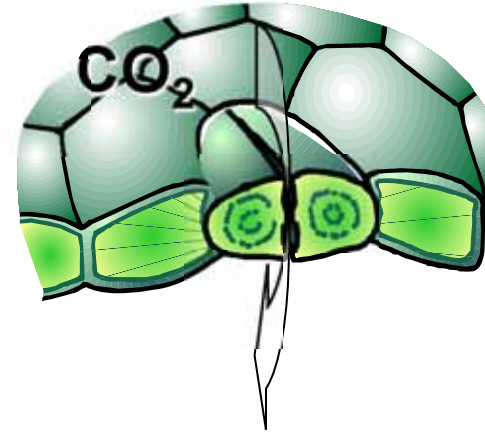
Discriminación isotópica de ^{13}C (Δ)

Alta disponibilidad de agua



- Los estomas están abiertos (alta conductancia estomática)
- Alta disponibilidad de CO_2 como sustrato en contra
- Hay una alta discriminación al C^{13}O_2
- Alto $\Delta^{13}\text{C}$

Baja disponibilidad de agua



- Los estomas están cerradas (baja conductancia estomática)
- Baja disponibilidad de CO_2 como sustrato en contra
- Hay una baja discriminación al C^{13}O_2
- Bajo $\Delta^{13}\text{C}$

Discriminación isotópica de ^{13}C (Δ)

- La **composición de carbono isotópico** ($\delta^{13}\text{C}$) es una medida de la razón $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ en una muestra (R_s) en relación al valor de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ en el estándar PDB (R_b):

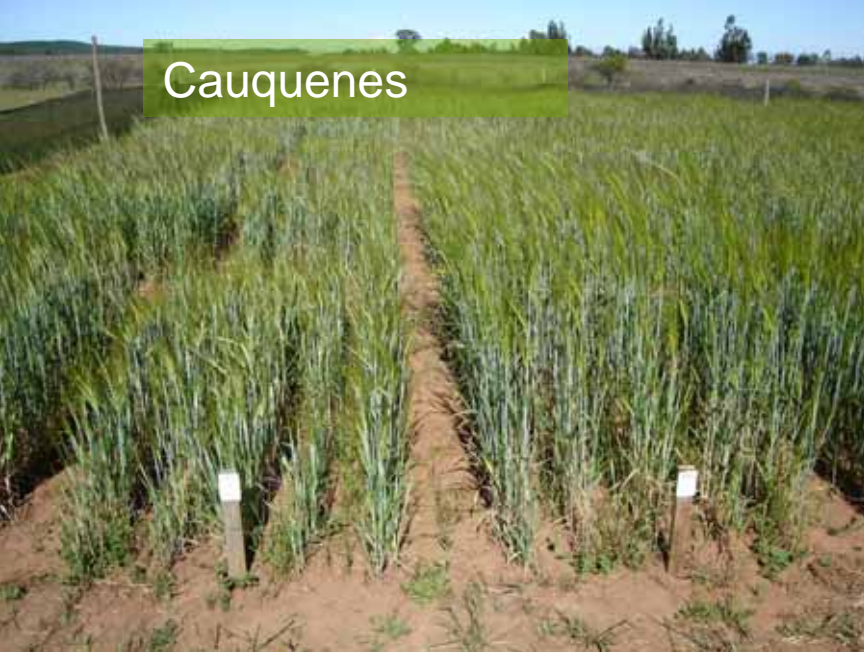
$$\delta^{13}\text{C}(\text{‰}) = \left(\frac{R_s}{R_b} - 1 \right) \times 1000$$

- La **discriminación de carbono isotópico** ($\Delta^{13}\text{C}$) es una medida de la razón $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ en la planta relativo al valor de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ en la atmósfera:

$$\Delta^{13}\text{C}(\text{‰}) = [\delta^{13}\text{C}(\text{atmósfera}) - \delta^{13}\text{C}(\text{planta})] / [1 + \delta^{13}\text{C}(\text{planta}) / 1000]$$

$$\delta^{13}\text{C}(\text{atmósfera}) = -8 \text{ ‰}$$

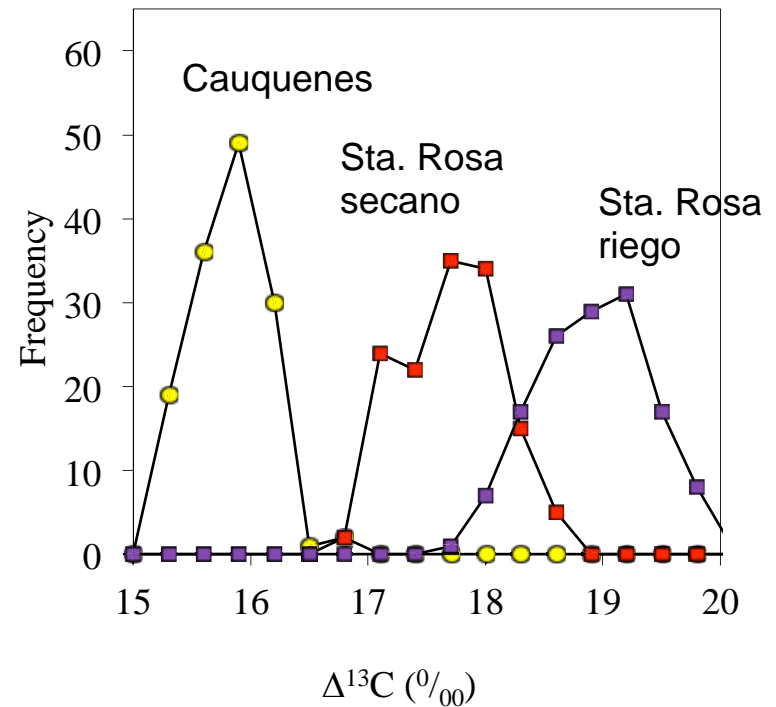
Cauquenes



Santa Rosa



Distribución de frecuencia de discriminación isotópica ($\Delta^{13}\text{C}$) en 140 RCSLs en tres ambientes

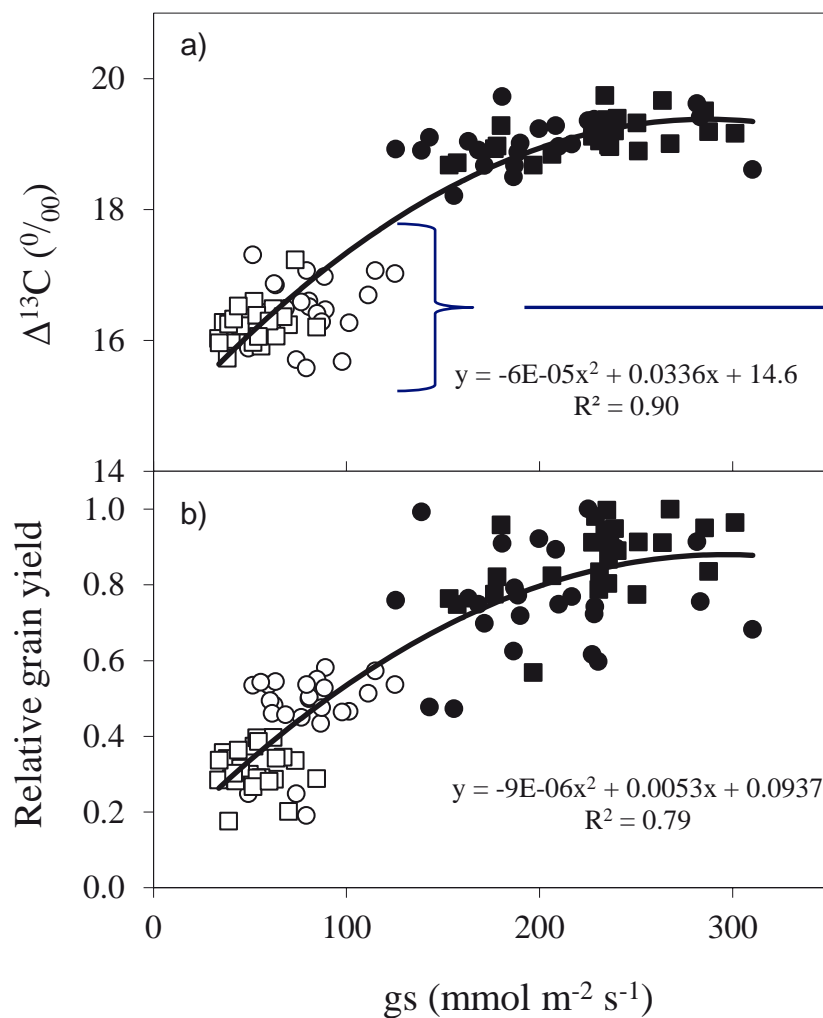


Cauquenes: 15.66 ‰

Santa Rosa seco: 17.56 ‰

Santa Rosa riego: 18.76 ‰

Relaciones entre conductancia estomática (gs) y discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) y rendimiento relativo en 25 RCsLs (2004 y 2007)



Santa Rosa (FI):

↑ gs

↑ discriminación ^{13}C

↑ rendimiento de grano

Cauquenes (WS):

↓ gs

↓ discriminación ^{13}C

↓ rendimiento de grano

Selección de líneas tolerantes y susceptibles de cebada

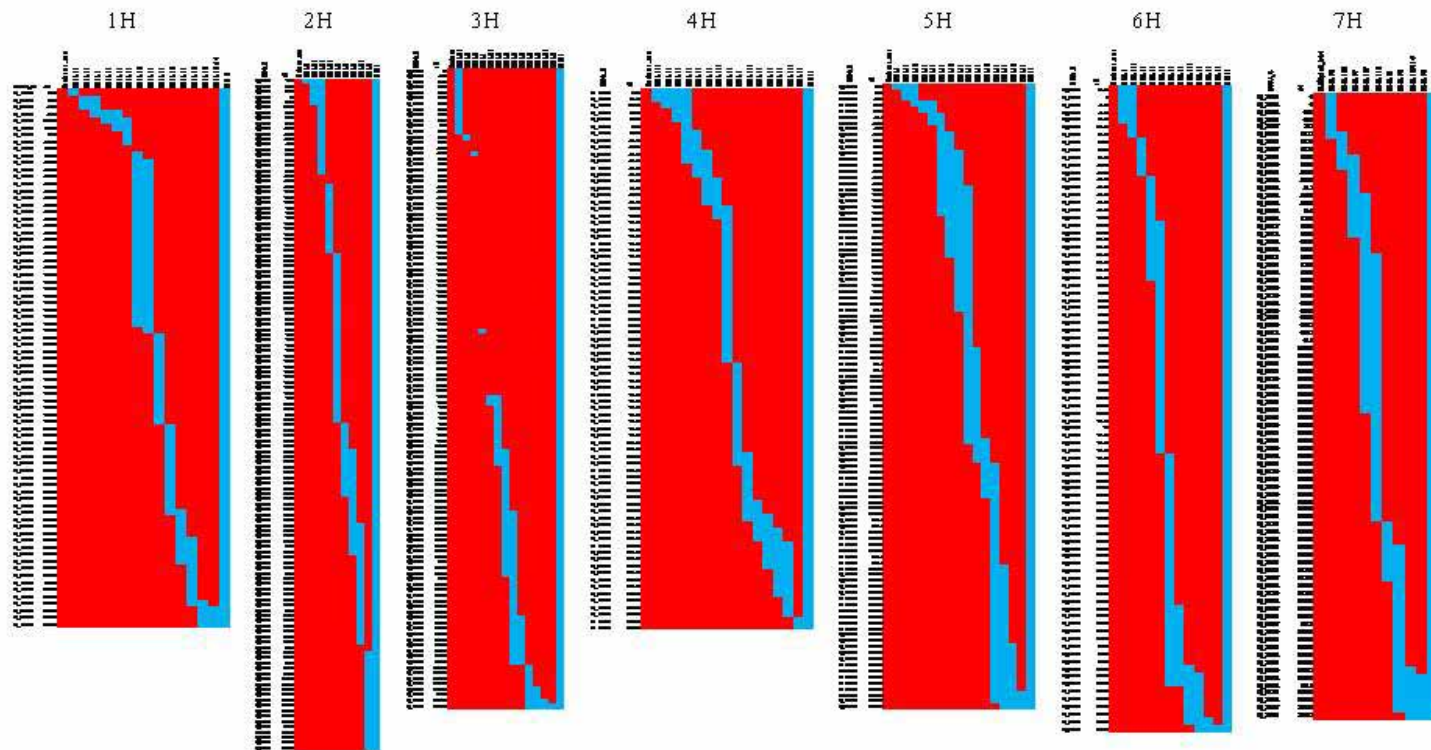
RCSL	Rainfed			Irrigated		
	GY	gs ¹	$\Delta^{13}\text{C}$	GY	gs ¹	$\Delta^{13}\text{C}$
Tolerant						
8	3.9 ± 1.4	38 ± 7	16.2 ± 0.4	7.3 ± 1.0	236 ± 21	19.1 ± 0.1
76	2.9 ± 0.4	74 ± 21	16.9 ± 0.3	7.5 ± 0.7	234 ± 37	19.3 ± 0.5
78	2.9 ± 0.4	62 ± 13	16.1 ± 0.4	7.3 ± 0.5	239 ± 55	19.0 ± 0.2
140	2.9 ± 0.2	44 ± 7	16.5 ± 0.2	6.8 ± 0.9	178 ± 16	19.0 ± 0.2
Susceptible						
2	2.4 ± 0.3	85 ± 21	15.8 ± 0.4	6.1 ± 0.6	251 ± 20	19.2 ± 0.2
42	2.4 ± 0.4	34 ± 3	15.8 ± 0.2	6.5 ± 1.1	157 ± 20	19.1 ± 0.4
89	2.2 ± 0.9	39 ± 9	15.9 ± 0.3	4.9 ± 0.8	197 ± 19	18.5 ± 0.2
117	1.6 ± 0.3	52 ± 13	15.8 ± 0.2	6.8 ± 0.8	207 ± 45	18.3 ± 0.5

Genotipado de las 140 RCSLs y análisis de QTLs



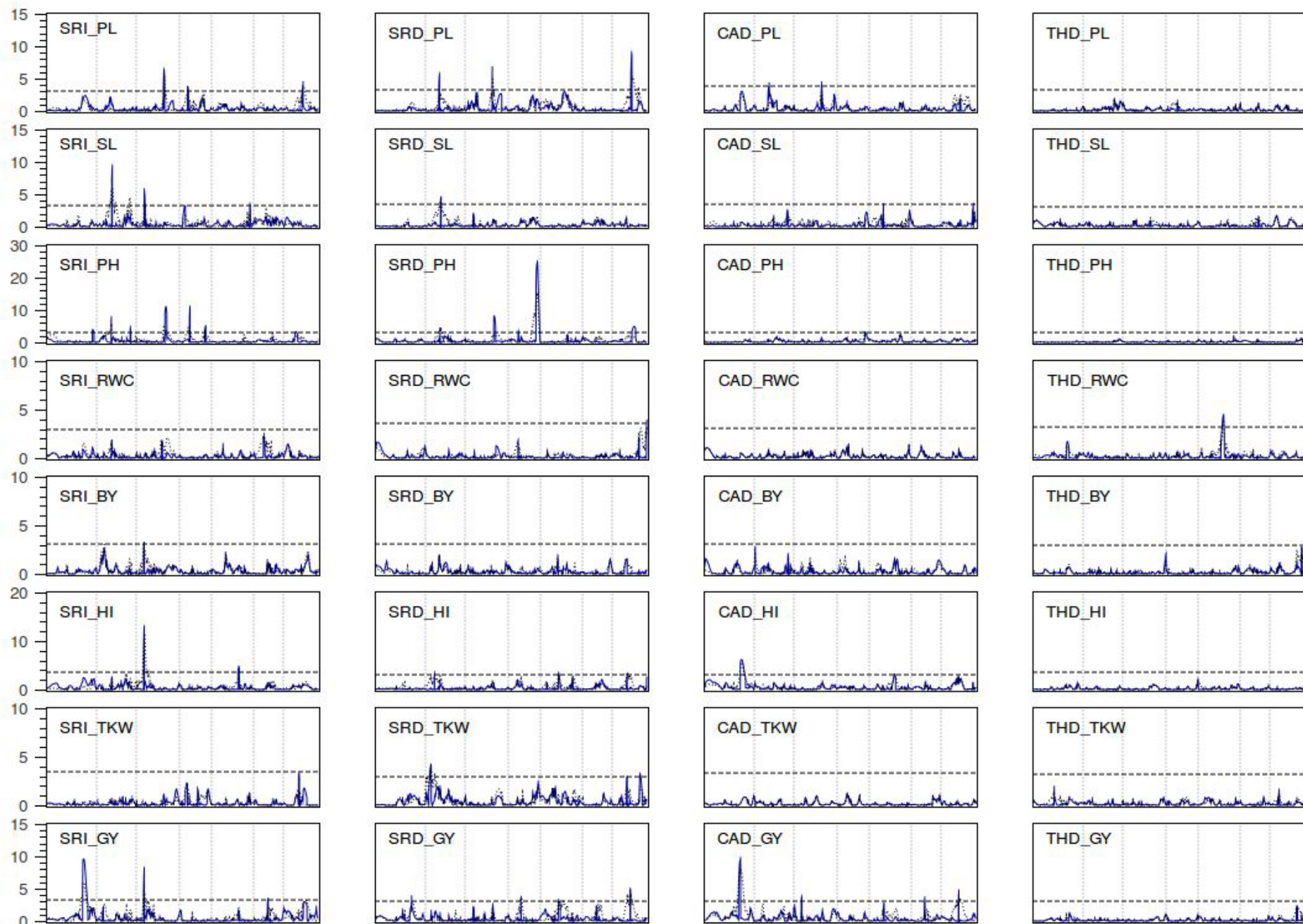
- El genotipado se realizó con 1536 SNPs-ESTs.
- Identificación de introgresiones cromosomales por parte del padre silvestre *H. spontaneum* en cv. Harrington.
- Identificación de regiones cromosomales asociados a caracteres fisiológicos y agronómicos: **análisis de QTLs**
- Estudio de genes candidatos a partir de QTLs relacionados con tolerancia a estrés hídrico y evaluación de la expresión diferencial de estos bajo condiciones de estrés hídrico terminal.

Introgresiones de *H. spontaneum* en cv. Harrington en 140 RCLSs de cebada. El genotipado se realizó con 1536 SNPs-ESTs.



El porcentaje de introgresión varía entre 1 y 32%.

Análisis de QTLs (Map QTL 6)



1H

2H

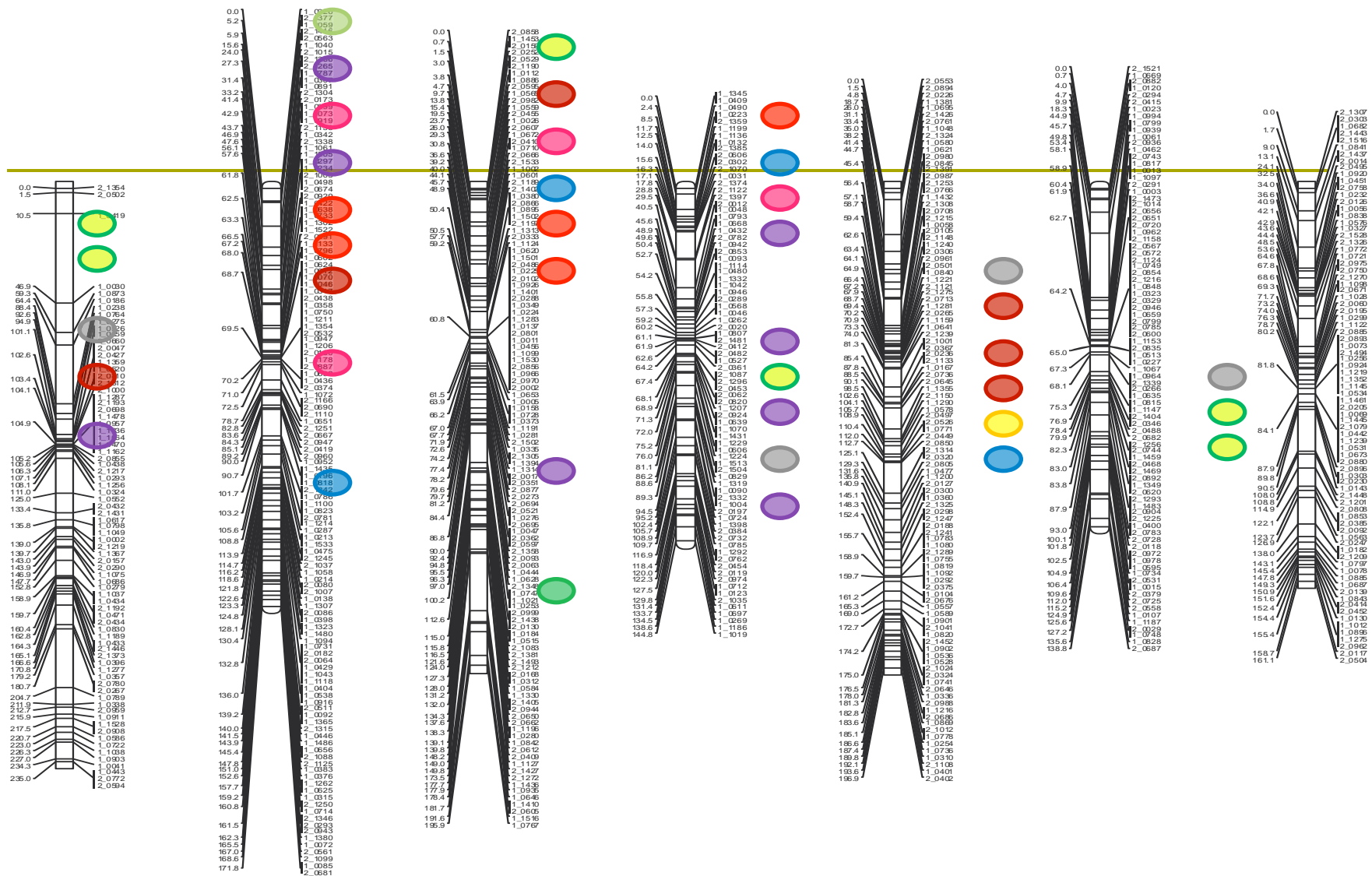
3H

4H

5H

6H

7H



Evaluación de 384 líneas de trigo primaveral en ambientes con y sin estrés hídrico



Cauquenes (35°58' S, 72°17' W)



Se evaluaron variedades y líneas avanzadas de INIA-Chile, INIA-Uruguay y CIMMYT, con buenas características agronómicas y tolerancia a enfermedades.

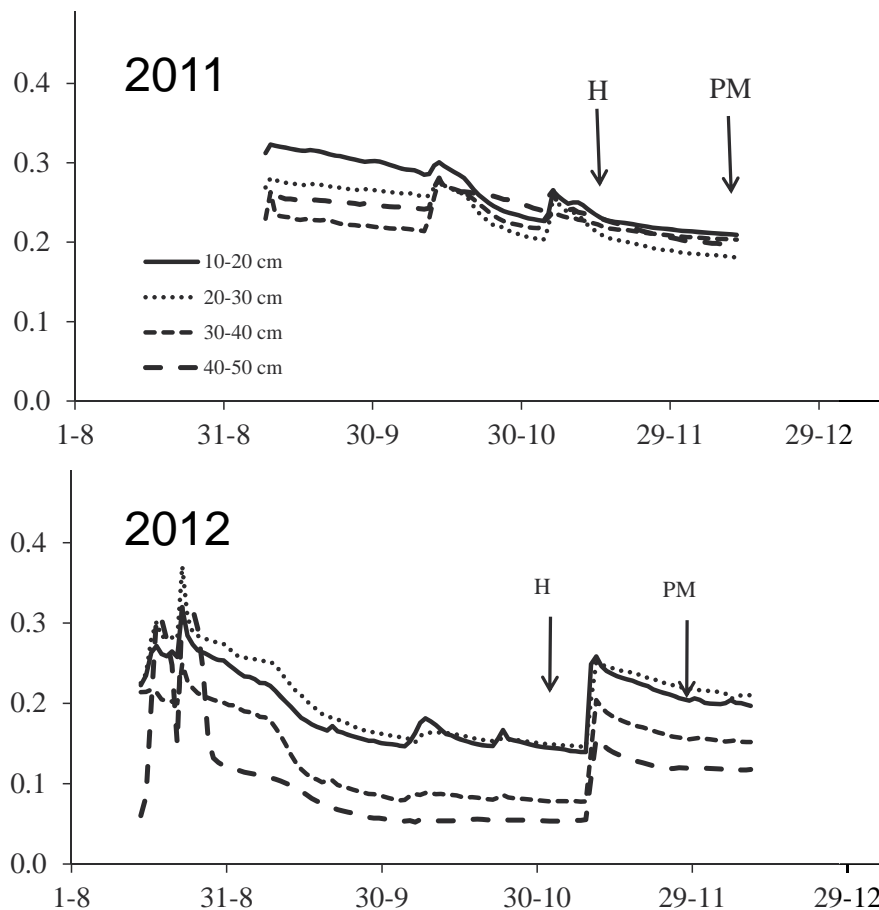
Santa Rosa (36°32' S, 71°55' W)



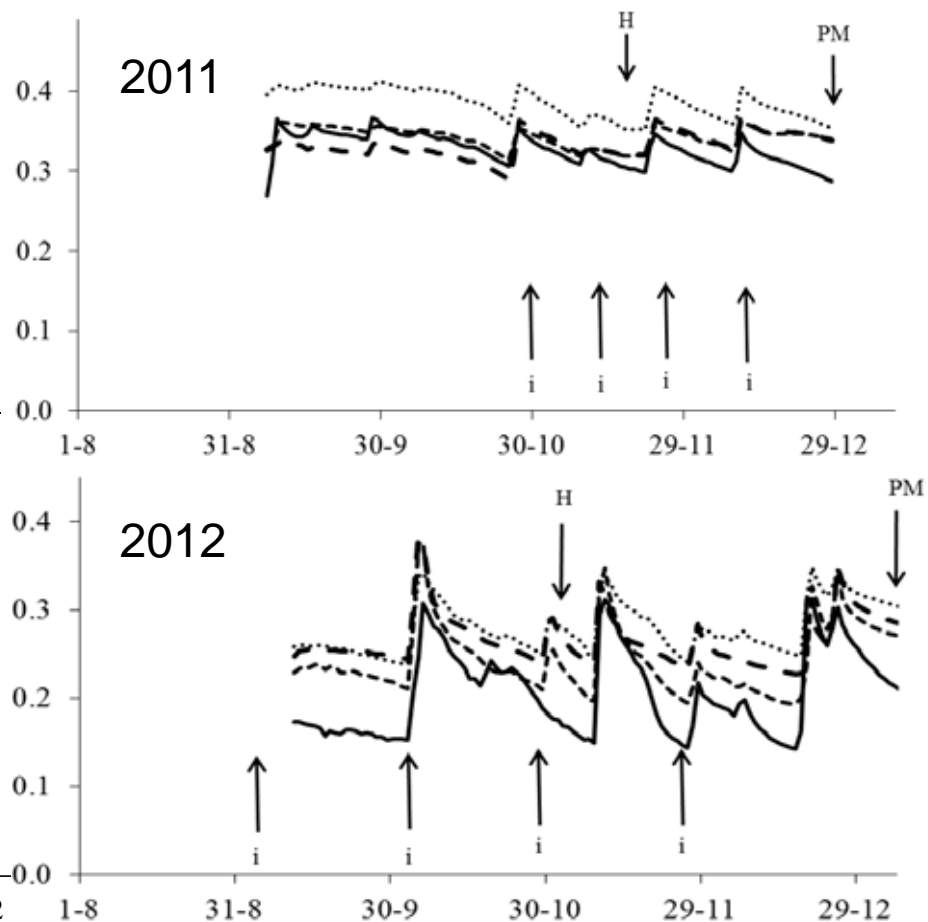
Contenido de agua en el suelo



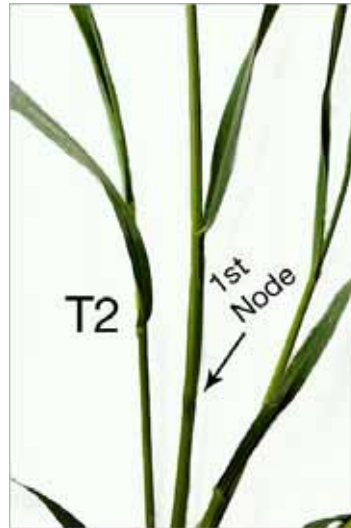
Cauquenes (SWS)



Sta Rosa (FI)



Fenotipado de 384 líneas de trigo primaveral



Rasgos agronómicos:

- Altura de plantas
- N° espigas por m²
- N° granos por espiga
- Peso de 1000 granos
- Rendimiento

Rasgos del tallo:

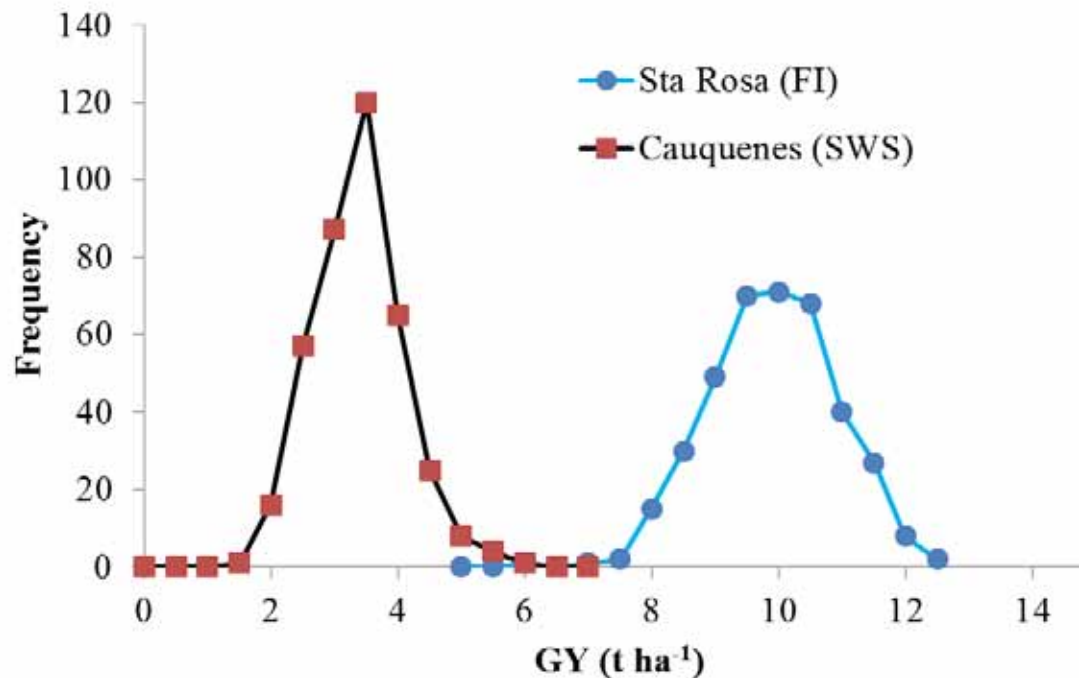
- Peso de tallos en antesis y madurez
- WSC en antesis y madurez

Otros rasgos fisiológicos:

- Contenido de clorofila (Spad index)
- Discriminación isotópica del carbono en granos



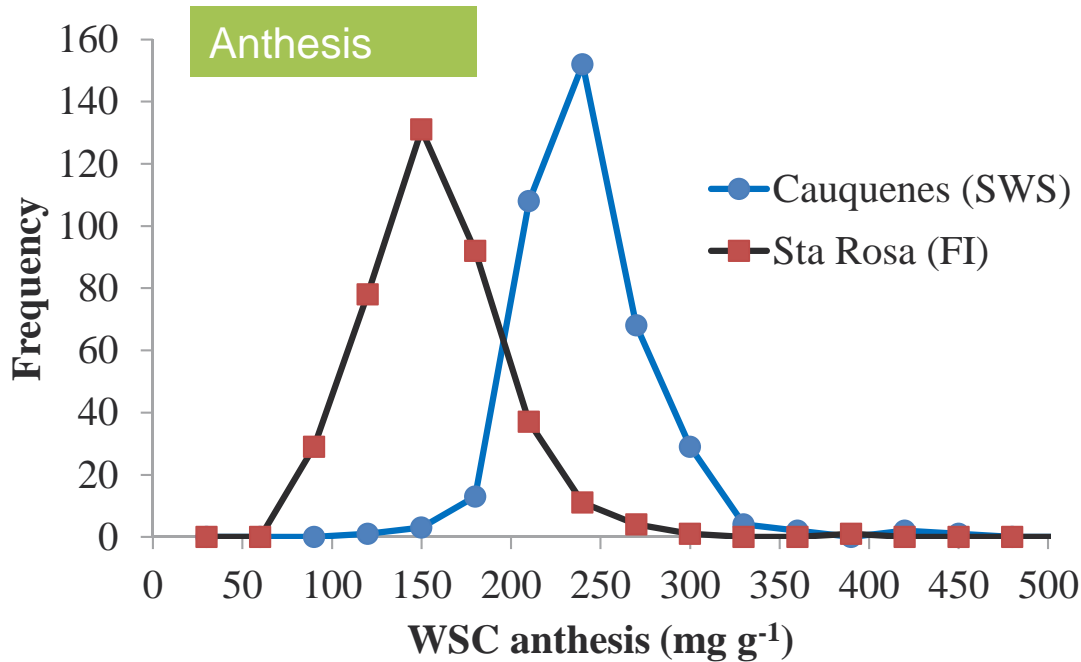
Grain yield of 384 genotypes of spring wheat in two Mediterranean climate conditions, SWS and FI



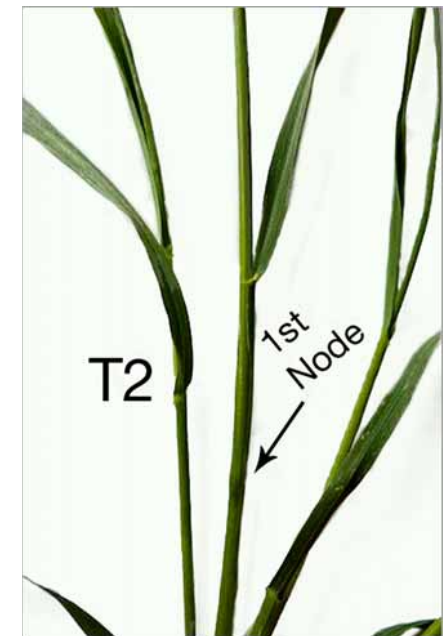
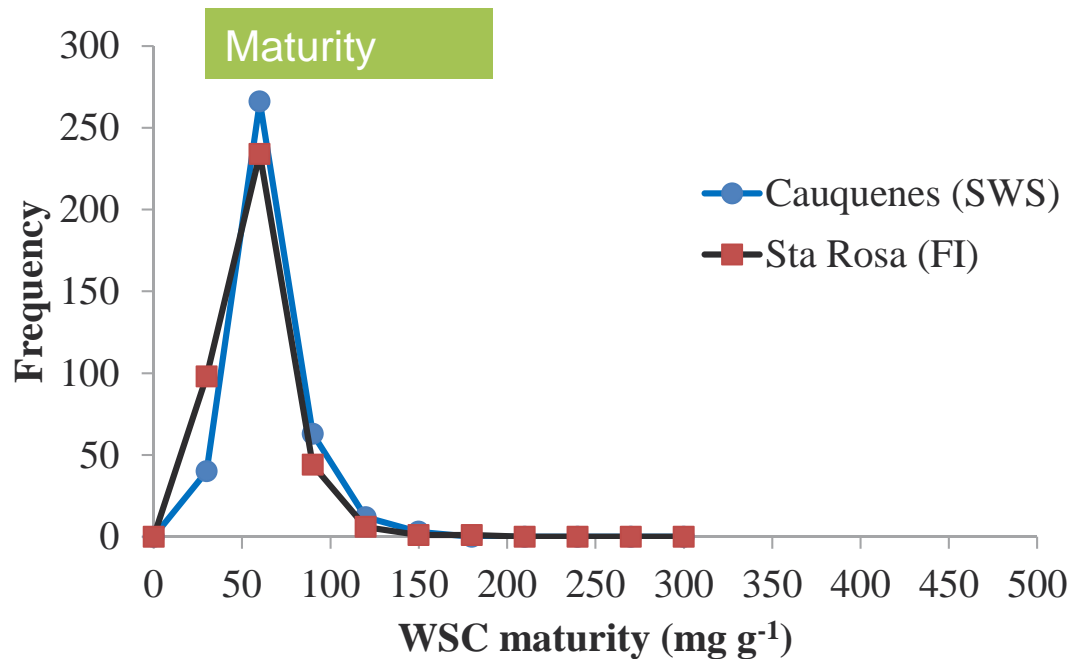
Trait	Year	SWS	FI	G	E	G x E
GY (t ha ⁻¹)	2011 ¹	1.7 ± 0.7	8.0 ± 1.3	***	***	***
	2012	3.1 ± 0.7	9.7 ± 1.0	***	***	***

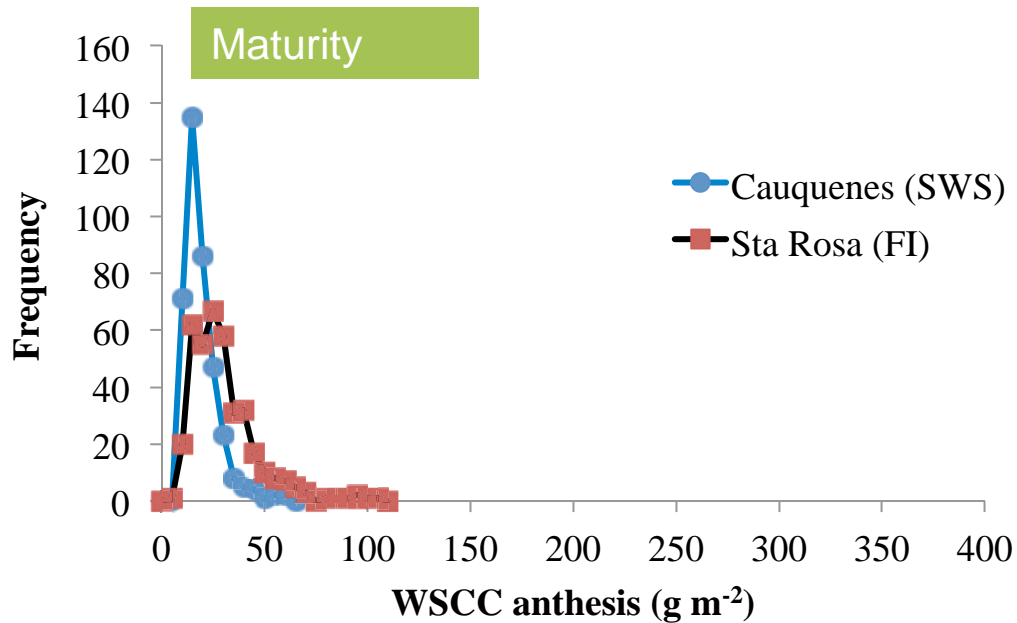
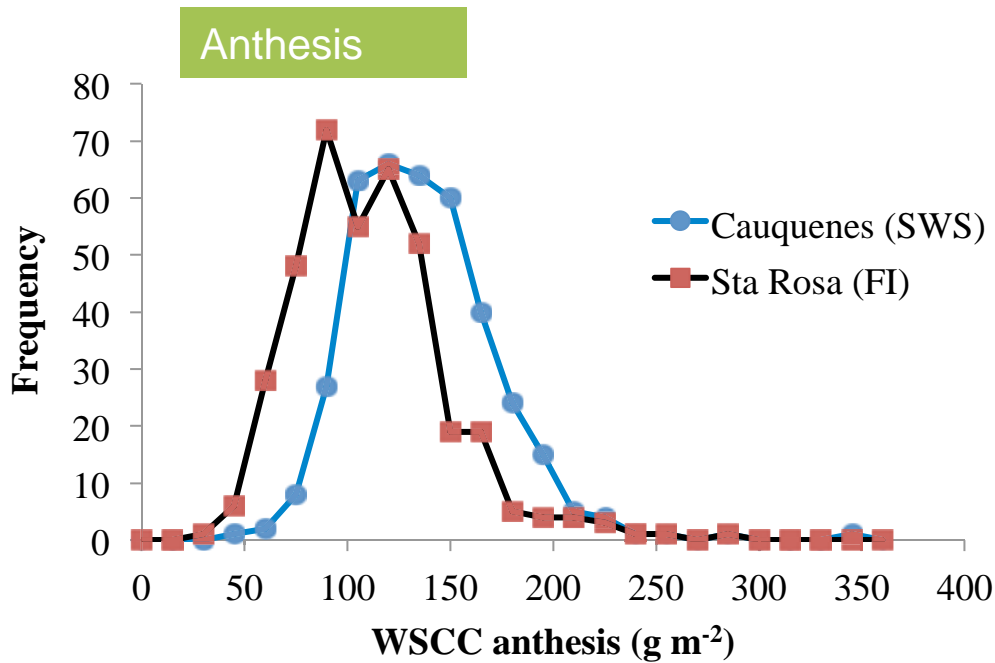
• Acumulación de carbohidratos

- En cereales, la acumulación de CHO en el tallo permite la remobilización de estos durante el periodo de llenado de granos: 5-20% de la materia seca del grano en plantas no estresadas.
- Bajo estrés hídrico, donde la fotosíntesis se encuentra deprimida, el llenado de granos se hace mas dependiente de la movilización de reservas en el tallo, y puede llegar a representar entre el 22 y 60% de la materia seca acumulada en el grano.

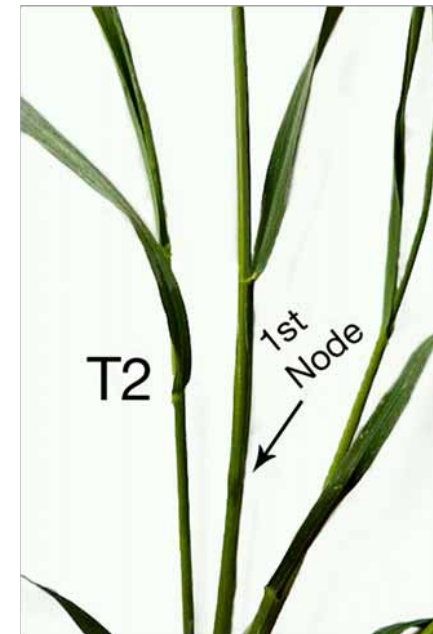


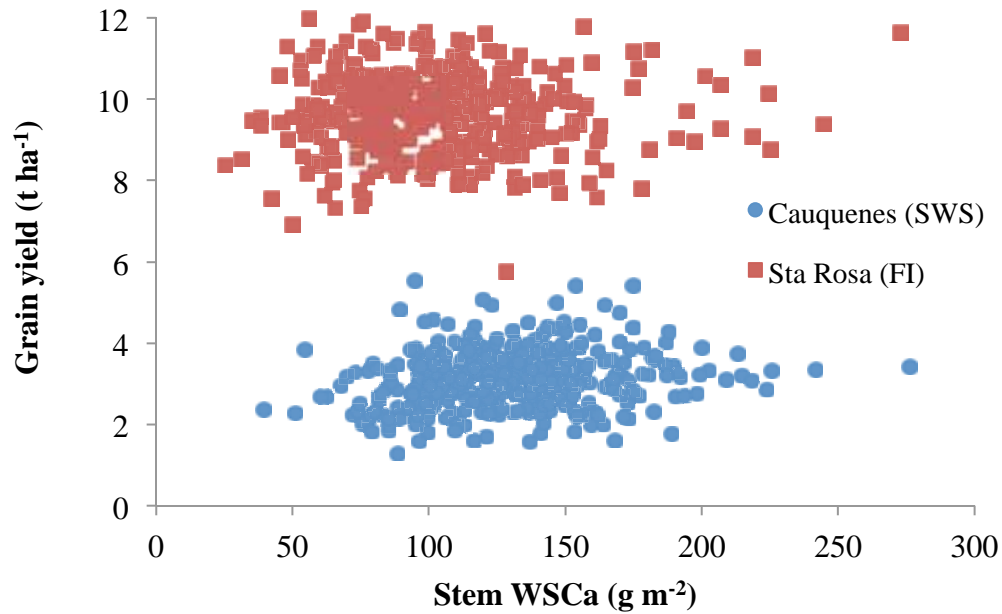
Distribución de frecuencias para la concentración de WSC en tallos de 384 genotipos de trigo de primavera en dos condiciones de clima Mediterráneo



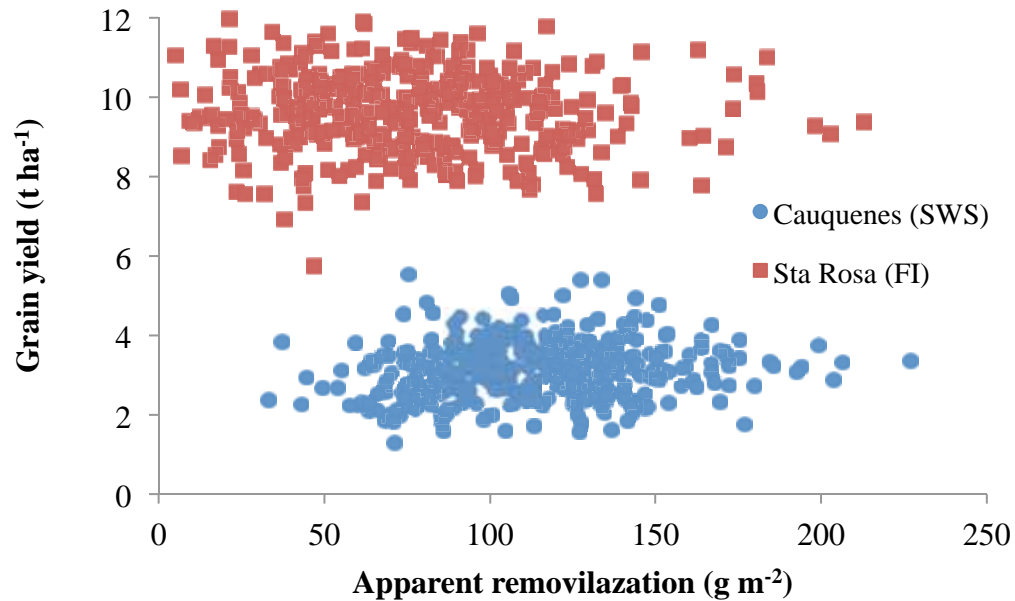


Distribución de frecuencias para el contenido de WSC en tallos de 384 genotipos de trigo de primavera en dos condiciones de clima Mediterráneo



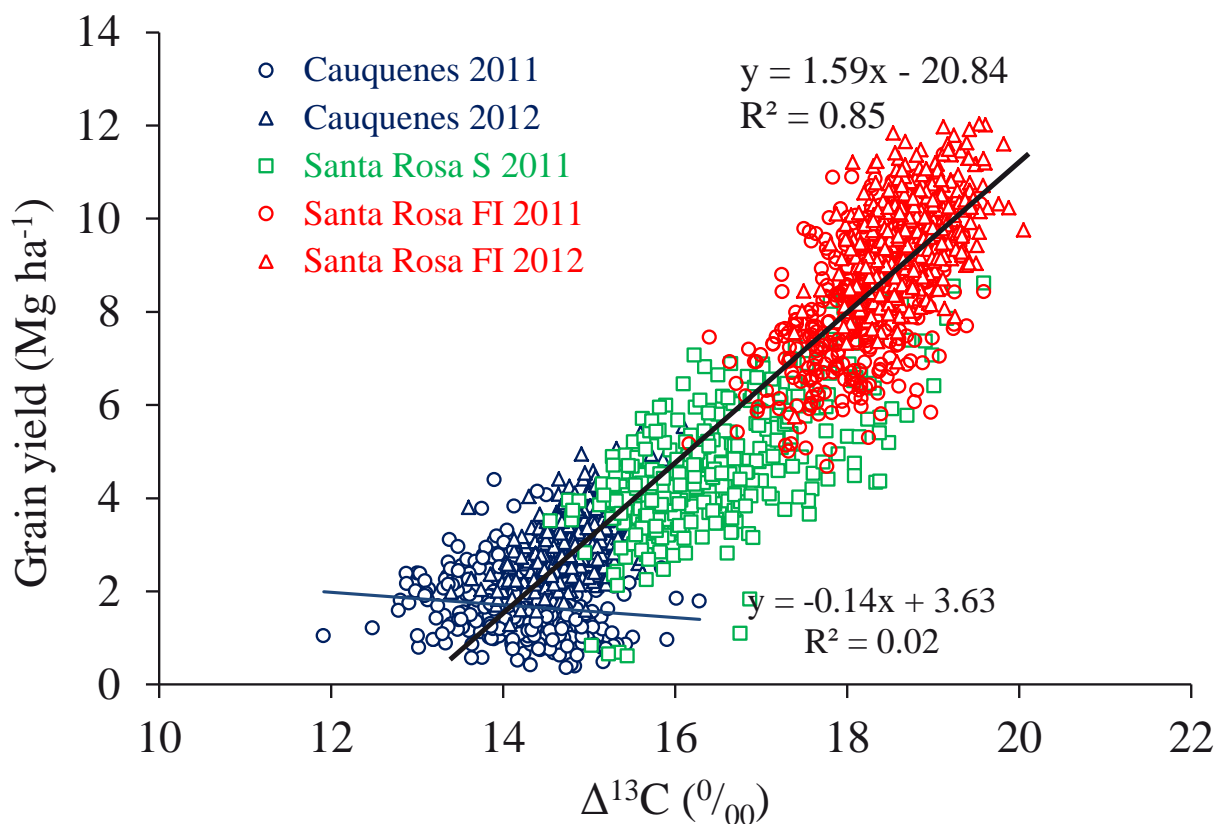


No existe relación entre el rendimiento de grano y el contenido de carbohidratos solubles (WSCC) en antesis o la removilización aparente.



**Removilización aparente =
WSCCa – WSCCm**

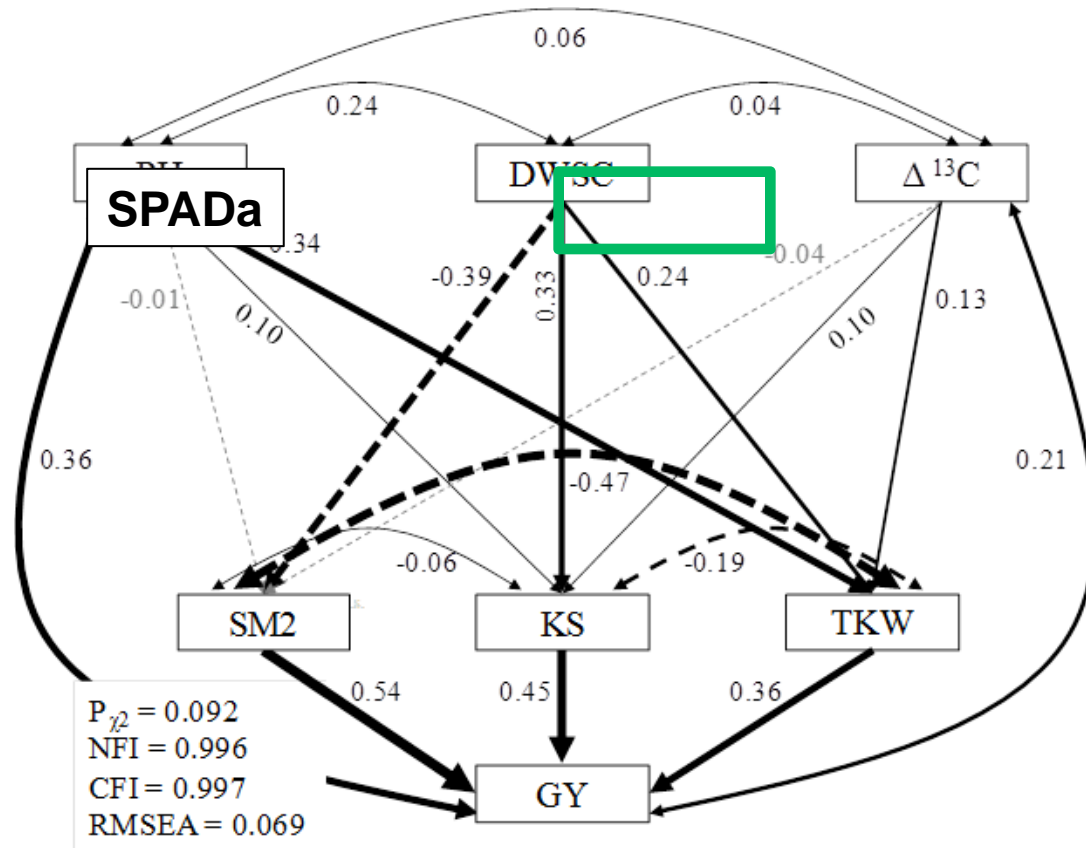
Relación entre discriminación isotópica de ^{13}C y rendimiento de grano en trigo



La correlación positiva entre $\Delta^{13}\text{C}$ y rendimiento de granos sugiere que a excepción de las condiciones de estrés hídrico severo los genotipos que muestran mayor uso del agua son los más productivos .

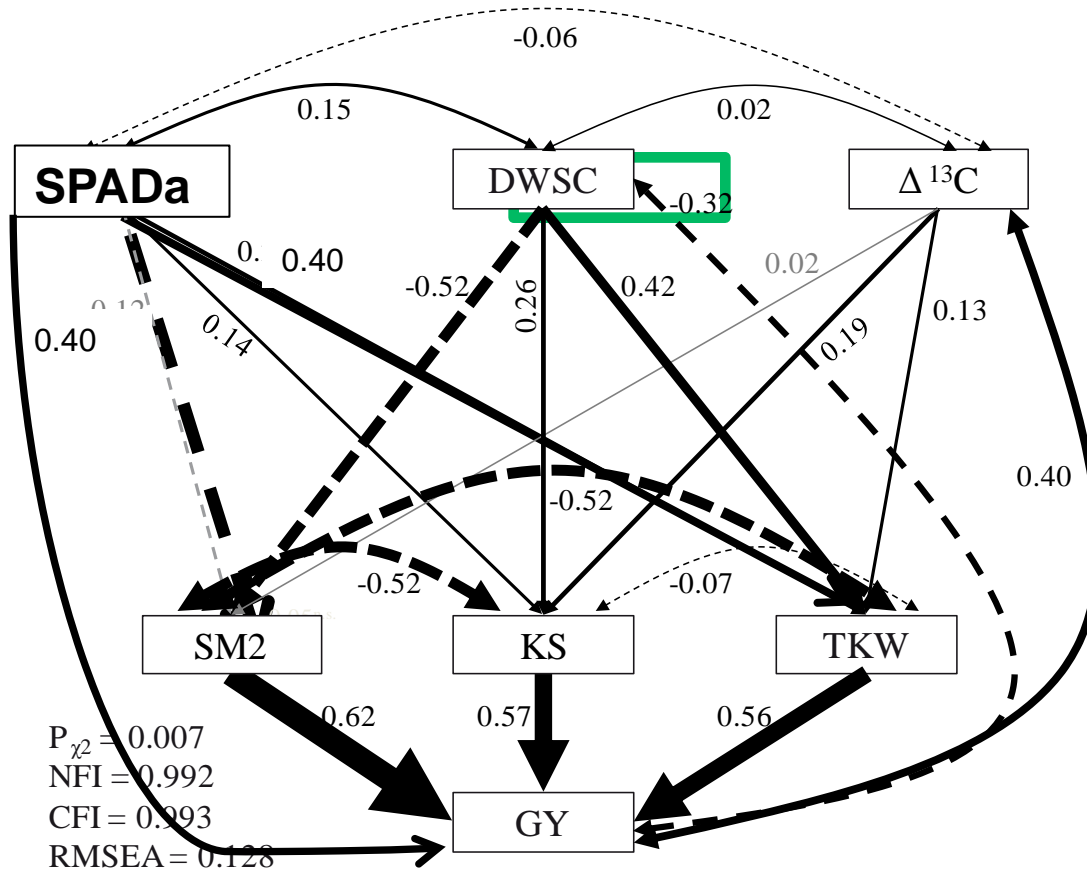
SEM analysis for Cauquenes (SWS)

$$DWSC = WSCCa - WSCC m$$



SEM analysis for Santa Rosa (FI)

$$\text{DWSC} = \text{WSCCa} - \text{WSCC m}$$



Del Pozo et al. 2015. Physiological traits associated to wheat yield potential and performance under water-stress Mediterranean environments. Journal of Experimental Botany (submitted)

Selección de líneas tolerantes de trigo primaveral (valores son promedio de dos temporadas en Cauquenes)

Genotipo	FA-63	FA-35	FA-147	FA-12	Pantera
Origen	CIMMYT	INIA-Chile	CIMMYT	INIA-Chile	INIA-Chile
GY	4.4 (81)	4.2 (73)	4.0 (63)	3.4 (42)	3.9 (61)
STI*	0.6	0.54	0.47	0.55	0.49
SPAD	(20)	(13)	(22)	(23)	(20)
WSCCa (g m ⁻²)	117 (16)	142 (40)	117 (16)	68 (-15)	157.7 (56)
DWSCC (g m ⁻²)	100	129	106	55	146
$\Delta^{13}\text{C}$	14.6 (0.3)	14.6 (0.3)	14.6 (0.3)	15.2 (5)	14.3 (-1.5)

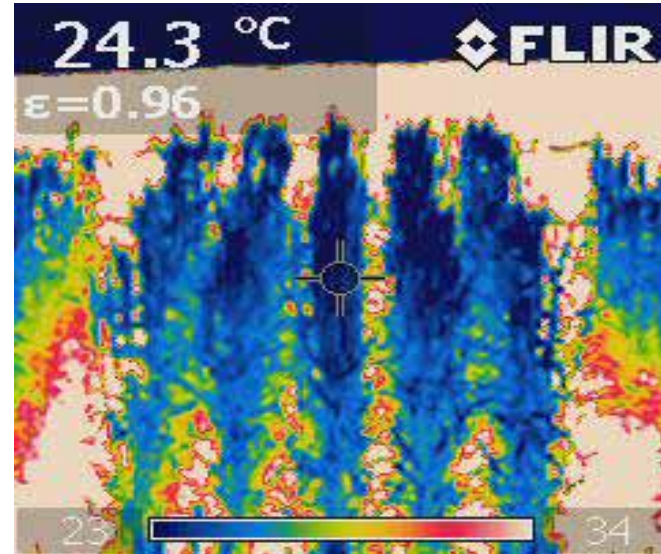
$$STI = \left(\frac{Y_D}{\bar{Y}_D} \right) \left(\frac{Y_I}{\bar{Y}_I} \right) \left(\frac{\bar{Y}_D}{\bar{Y}_I} \right) = \left(\frac{Y_D Y_I}{\bar{Y}_I^2} \right)$$

(): % de variación en relación al promedio de los 384 genotipos

Fenotipado mediante espectroradiómetro y cámara termal

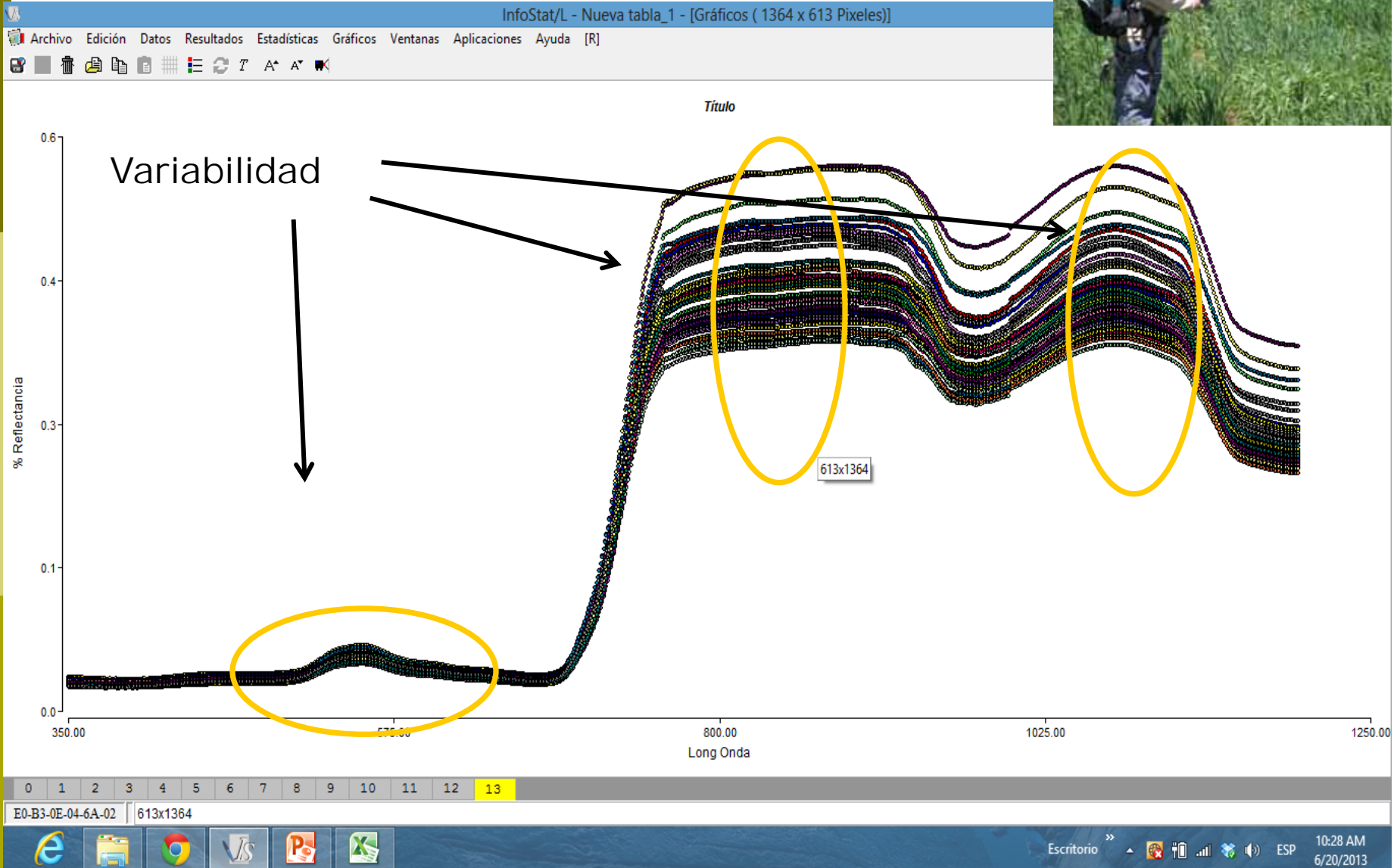


Hiperspectral reflectance
(FieldSpec, 350-2500 nm)

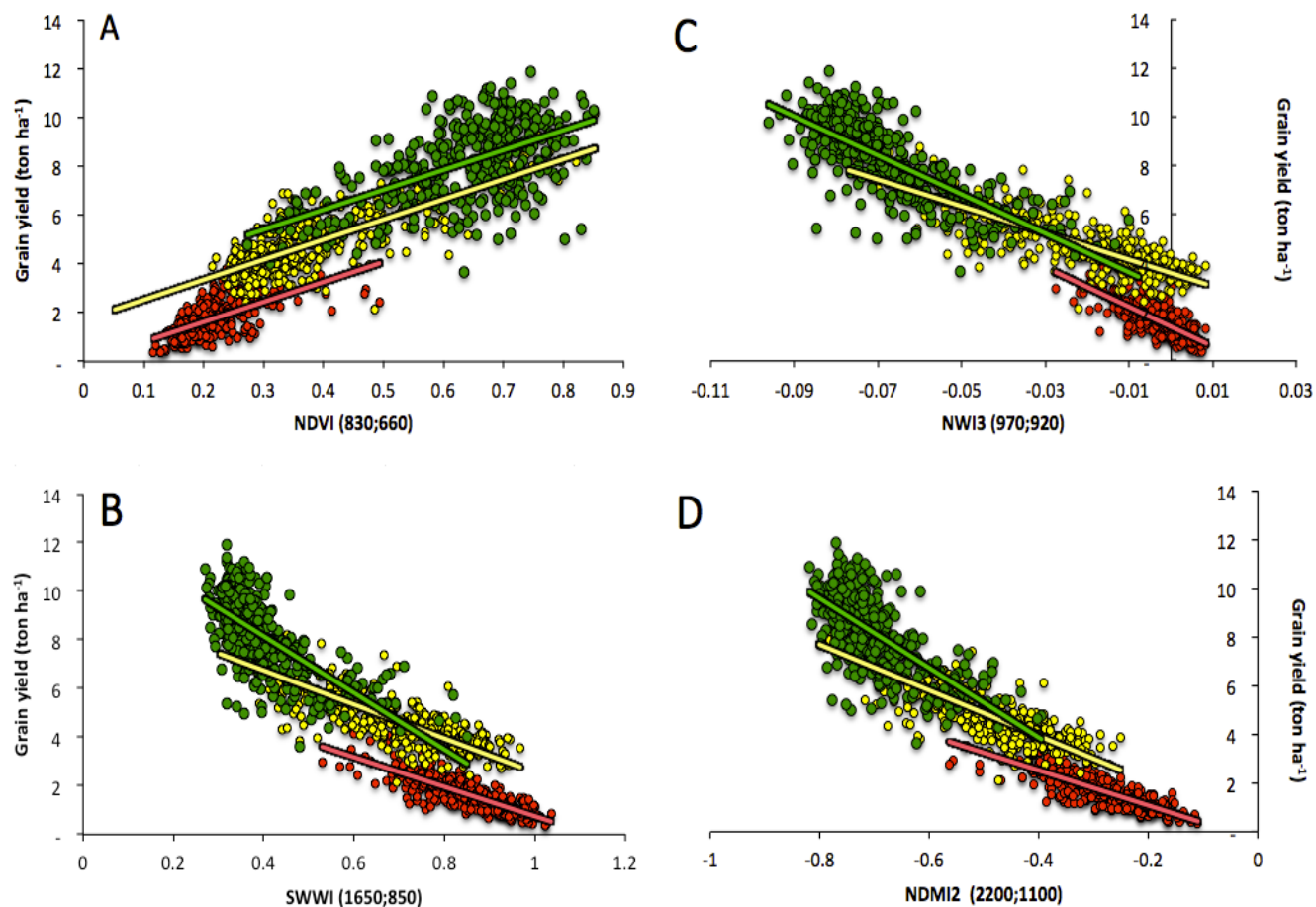


Infrared termography
(Flir i-40)

Mediciones de reflectancia

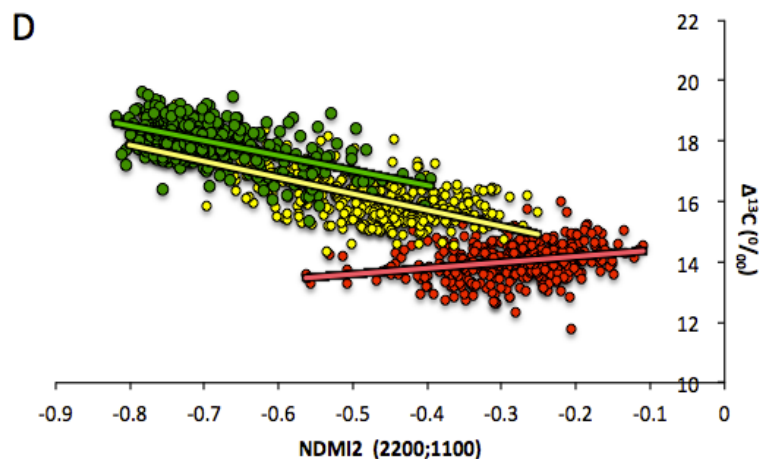
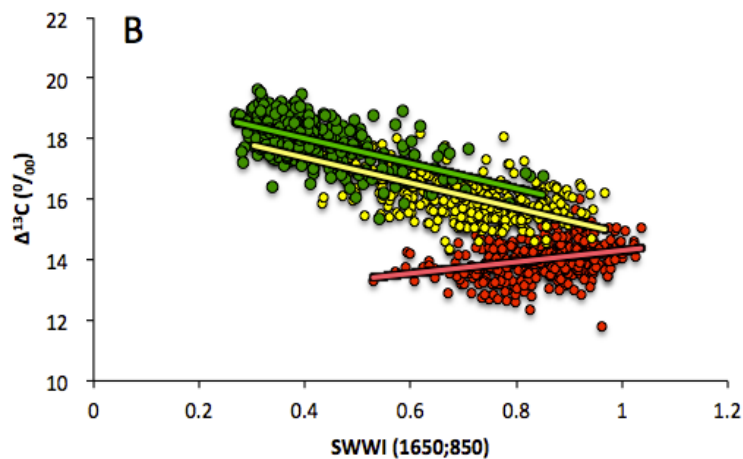
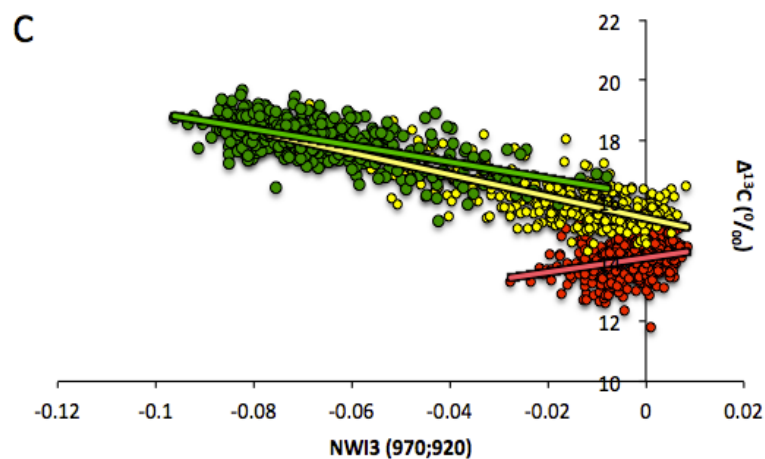
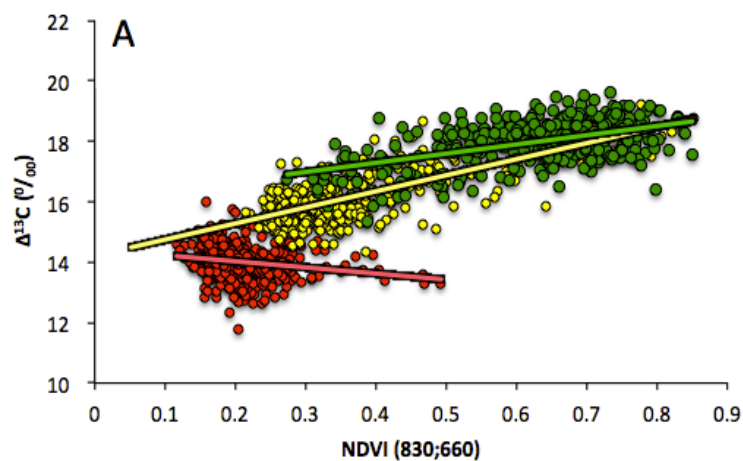


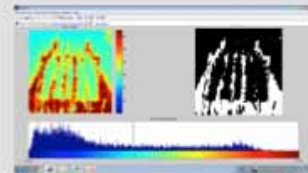
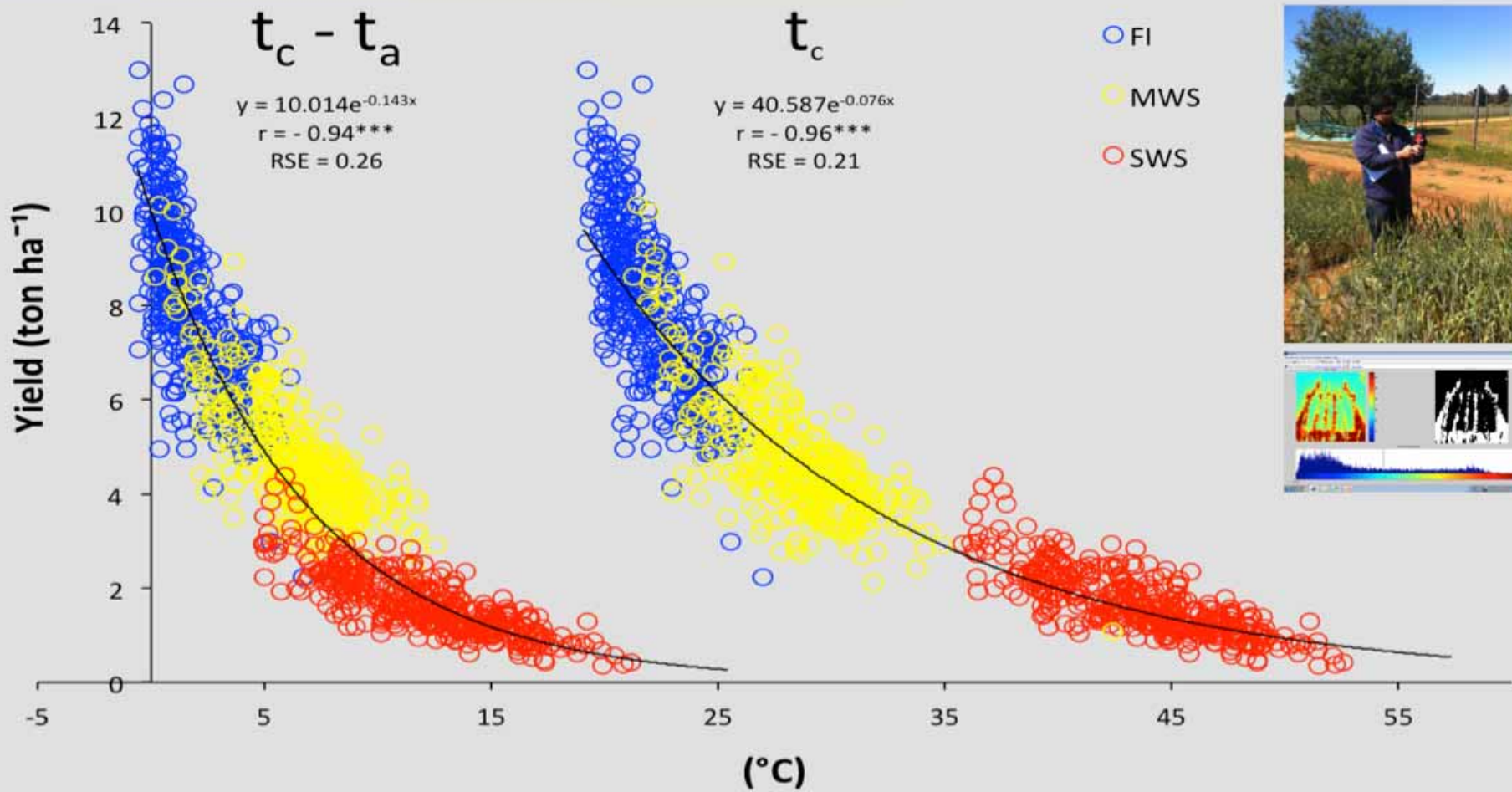
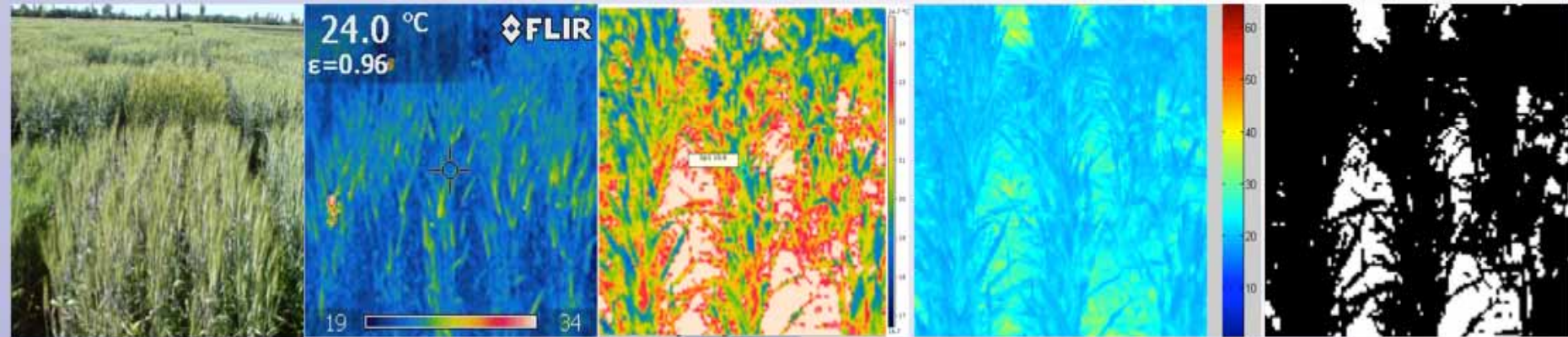
Rendimiento de grano vs índice de reflectancia espectral en 368 genotipos de trigo, con y sin estrés hídrico



Lobos, G., Matus, I., Rodriguez, A., Romero-Bravo, S., Araus, J.L., **del Pozo, A.** 2014. Wheat genotypic variability in grain yield and carbon isotope discrimination assessed by spectral reflectance under Mediterranean conditions. *Journal of Integrative Plant Biology* 56(5): 470–479.

Discriminación isotópica del carbono vs índice de reflectancia espectral en 368 genotipos de trigo, con y sin estrés hídrico





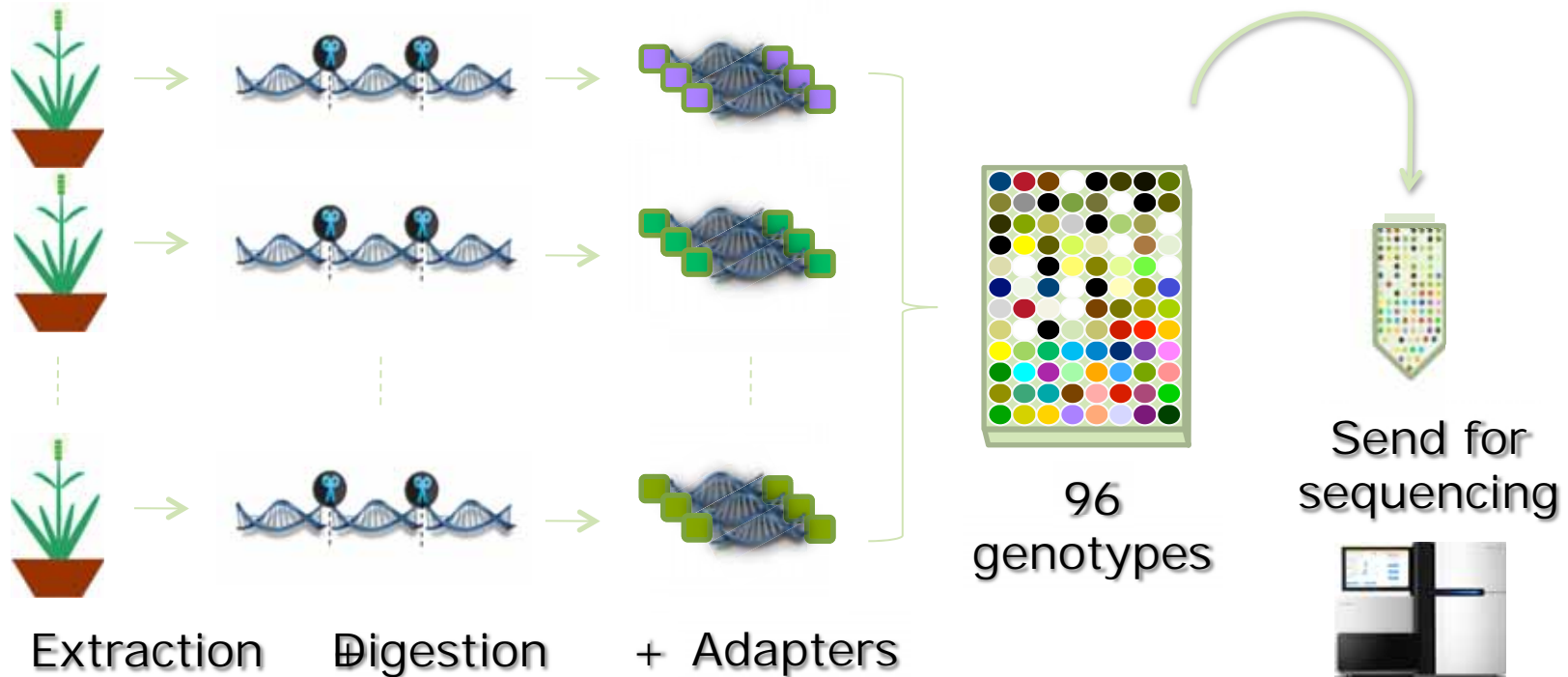


Genotipado de los 384 genotipos y GWA (Genome Wide Association)

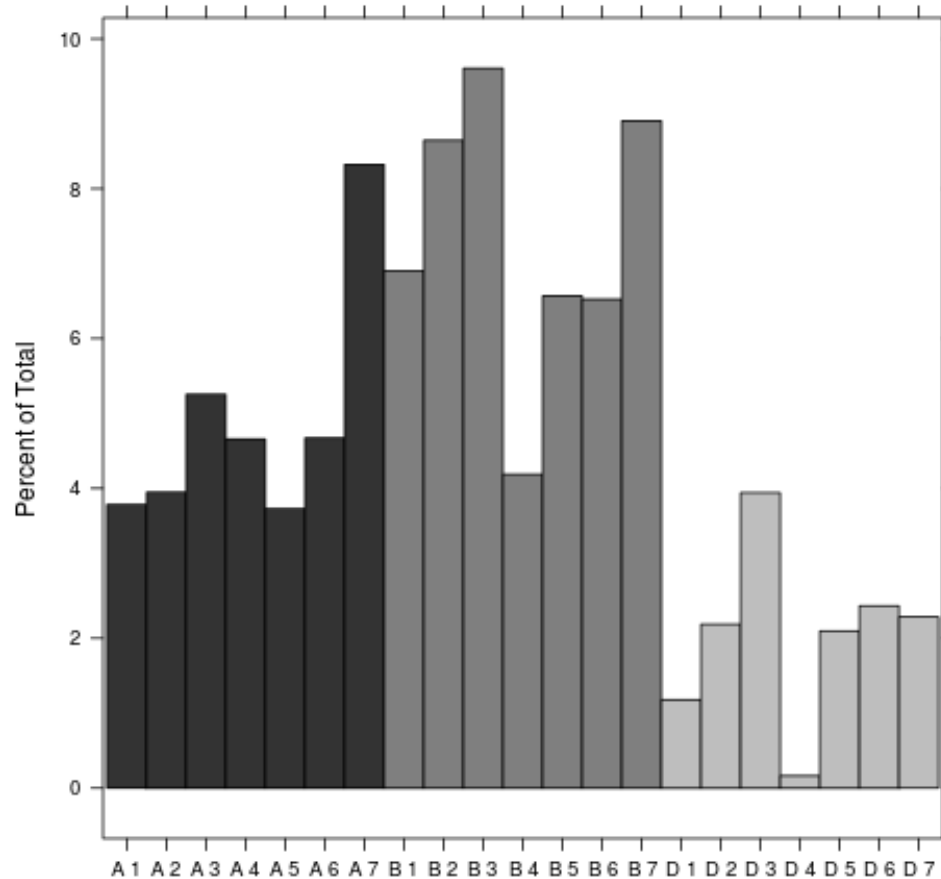
- El genotipado de los 384 genotipos se realizó mediante secuenciación (GBS) a través de Illumina Hi-Seq 2000 en las Universidades de Missouri (USA) y McGill University (Canadá)
- Se analizó la estructura de la población mediante un modelo basado en agrupamiento Bayesian que se implementó en el programa STRUCTURE
- Se evaluó el desequilibrio de ligamiento (LD) utilizando TASSEL v.3.0
- Se realizó el análisis de asociación SNP–trait (GWA).
- Selección genómica (GS)

Genotipado por secuenciación (GBS)

- El genoma del trigo es muy grande (16 Gb, cinco veces el del genoma humano) y muy complejo, con 80 % de regiones repetidas y 25-30 % de sus genes duplicados.
- Además, es una especie hexaploide con tres genomas (A, B, D)

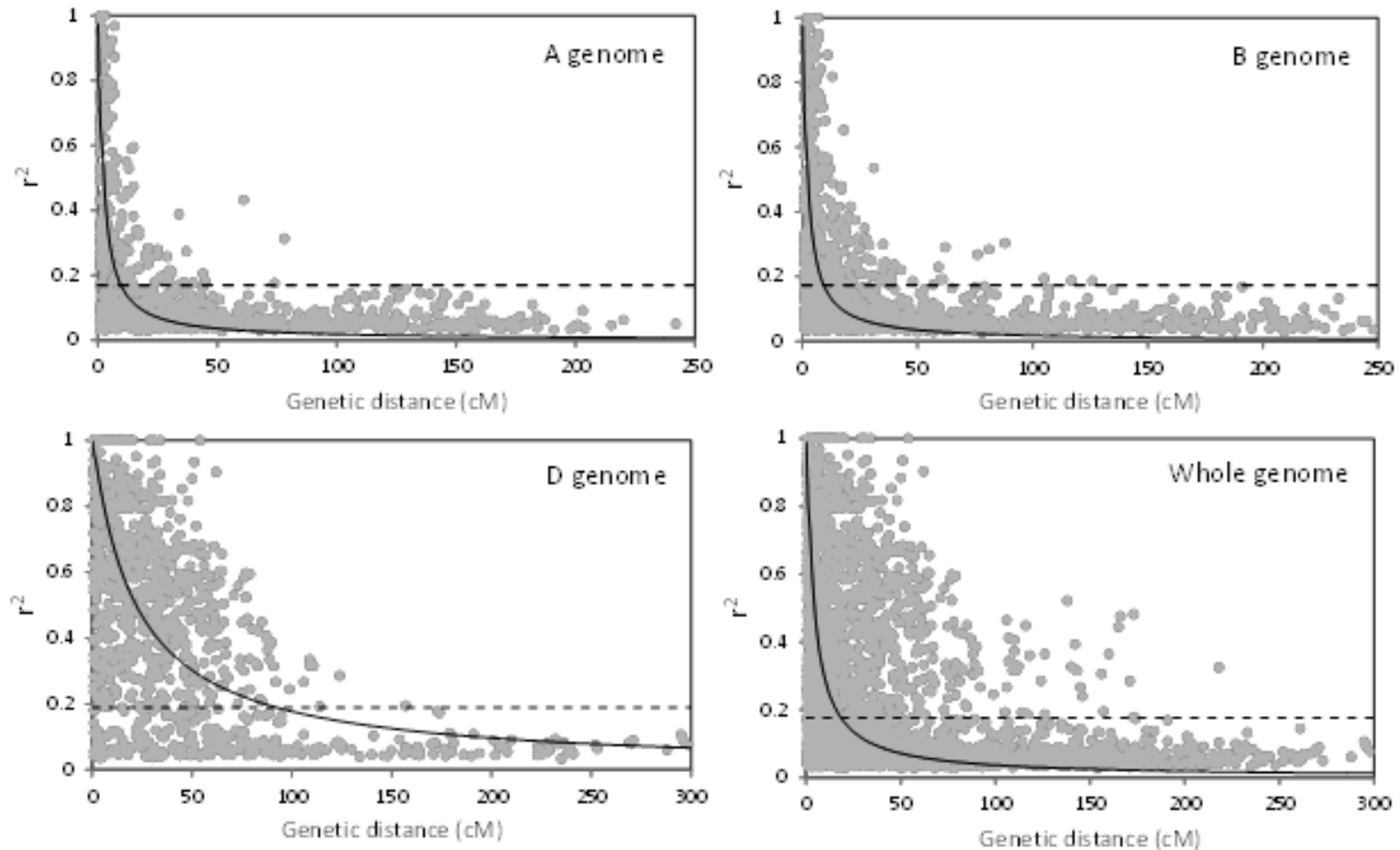


Distribución de SNPs a lo largo de diferentes cromosomas del trigo, basado en GBS



- Se identificaron 102,324 SNPs (single-nucleotide polymorphisms).
- Aunque se observó una buena cobertura, el genoma D presentó menos SNPs que los genomas A y B

Desequilibrio de ligamientos (LD)



Mora, F., Castillo, D., Lado, B., Matus, I., Poland, P., Belzile, F., von Zitzewitz, J., **del Pozo, A.** 2015. Genome-wide association mapping of agronomic traits and carbon discrimination in a worldwide germplasm collection of spring wheat using SNP markers. *Molecular Breeding*. DOI 10.1007/s11032-015-0264-y.

Resumen de las asociaciones SNP- rasgo significativas (P < 0,001) para altura de planta (PH), granos por espiga (KS), peso de 1000 granos (TKW), rendimiento de grano (GY) y discriminación de isótopos de carbono ($\Delta^{13}\text{C}$)

Trait	Environment*								Combined	
	C-2011		C- 2012		SR-2011		SR-2012			
	NA	PV(%)	NA	PV(%)	NA	PV(%)	NA	PV(%)	NA	PV(%)
PH	2	5-7.1	0	0	4	5.2-6.2	4	4.2-6.4	5	4.8-9
GY	1	5.2	1	5.4	7	4.9-8.8	1	5.2	6	4.8-6.3
KS	2	5.5-6-2	2	4-4.8	15	4.4-7.9	15	4.1-8.3	15	3.7-6
TKW	11	2.8-7.1	1	4.3	26	2.3-5.6	11	2.7-4.5	24	2.2-5.1
$\Delta^{13}\text{C}$	4	5.1-5.9	6	5.3-9.1	4	4.4-5.2	19	4-9.7	17	4.3-8.9

NA: number of significant association (p<0.001);

PV(%): Phenotypic variation explained by markers

- Los cromosomas 1A, 3A, 4A y 5A fueron los cromosomas más importantes ya que comprenden loci de rasgos cuantitativos (QTL) para $\Delta^{13}\text{C}$, un rasgo que puede ser utilizado como una herramienta indirecta para aumentar el uso (o eficiencia) del agua en el trigo.

Conclusiones.....

- Mediante el fenotipado en condiciones de campo es posible seleccionar genotipos de cebada y trigo con mayor potencial de rendimiento bajo condiciones de estrés (mas tolerantes).
- Los genotipos con mayor tolerancia presentan mayores niveles de clorofila (stay green) durante el crecimiento del grano y mayor uso del agua (mayor $\Delta^{13}\text{C}$)
- La acumulación de WSC en el tallo contribuye positivamente al peso del grano y el número de granos por espiga.
- La reflectancia espectral (espectroradiómetro) y termografía infrarojo (cámara termal) permiten hacer predicciones de traits complejos (fisiológicos y agronómicos).

Conclusiones.....

- El genotipado mediante secuenciación (GBS) es una potente herramienta para la identificación de SNPs en genomas complejos.
- El análisis de asociación SNPs-traits nos ha permitido identificar múltiples QTLs, pero son altamente dependiente del ambiente.

Capacidad fotosintética en una selección de trigos con distinta tolerancia al estrés hídrico



Relaciones entre rasgos morfo-fisiológicos de raíces y la tolerancia al estrés hídrico de genotipos de trigo primaveral



Tecnología de sensoramiento remoto: multi-spectral reflectance



Participantes

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)
- ❑ Yerko Quitral (tesista PhD)
- ❑ Alejandra Yañez (tesista PhD)
- ❑ Sebastián Romero (tesista PhD)
- ❑ Javier Hernandez (tesis Magister)
- ❑ Alejandro Escobar, MSc (asistente)
- ❑ Félix Estrada, MSc (asistente)

University of Laval

- ❑ Dr. François Belzile

Kansas State University

- ❑ Dr. Jesse Poland

INIA

- ❑ Dr. Iván Matus
- ❑ Dr. Gerardo Tapia
- ❑ Dra. Dalma Castillo
- ❑ Alejandro Castro (Técnico)
- ❑ Millaray Ponce (Técnico)

Universidad de Barcelona

- ❑ Prof. José Luis Araus
- ❑ Dra. Dolors Serret

INIA Uruguay

- ❑ Dr. Jari von Zitzewitz
- ❑ Dr. Martin Quinque
- ❑ Dra. Marina Castro
- ❑ Mrs. Bettina Lado (MSc)

James Hutton Institute

- ❑ Dr. Robbie Waugh
- ❑ Dr. Joanne Russell

Oregon State University, USA

- ❑ Prof. Patrick Hayes
- ❑ Dr. Alsonso Cuesta-Marcos



Iniciativas FONDEF Generarán impacto económico y social

07 noviembre de 2014

Cinco proyectos presentados por académicos de nuestra Universidad fueron seleccionados para recibir el Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondef), "IDeA en dos etapas".

Tres de éstos como institución principal fueron presentados por los académicos Gustavo Lobos y Hermine Vogel de la Facultad de Ciencias Agrarias, y María Luisa del Campo de la Facultad de Ingeniería.

[Ver más](#)



PROYECTOS



PUBLICACIONES



SERVICIOS

Grants

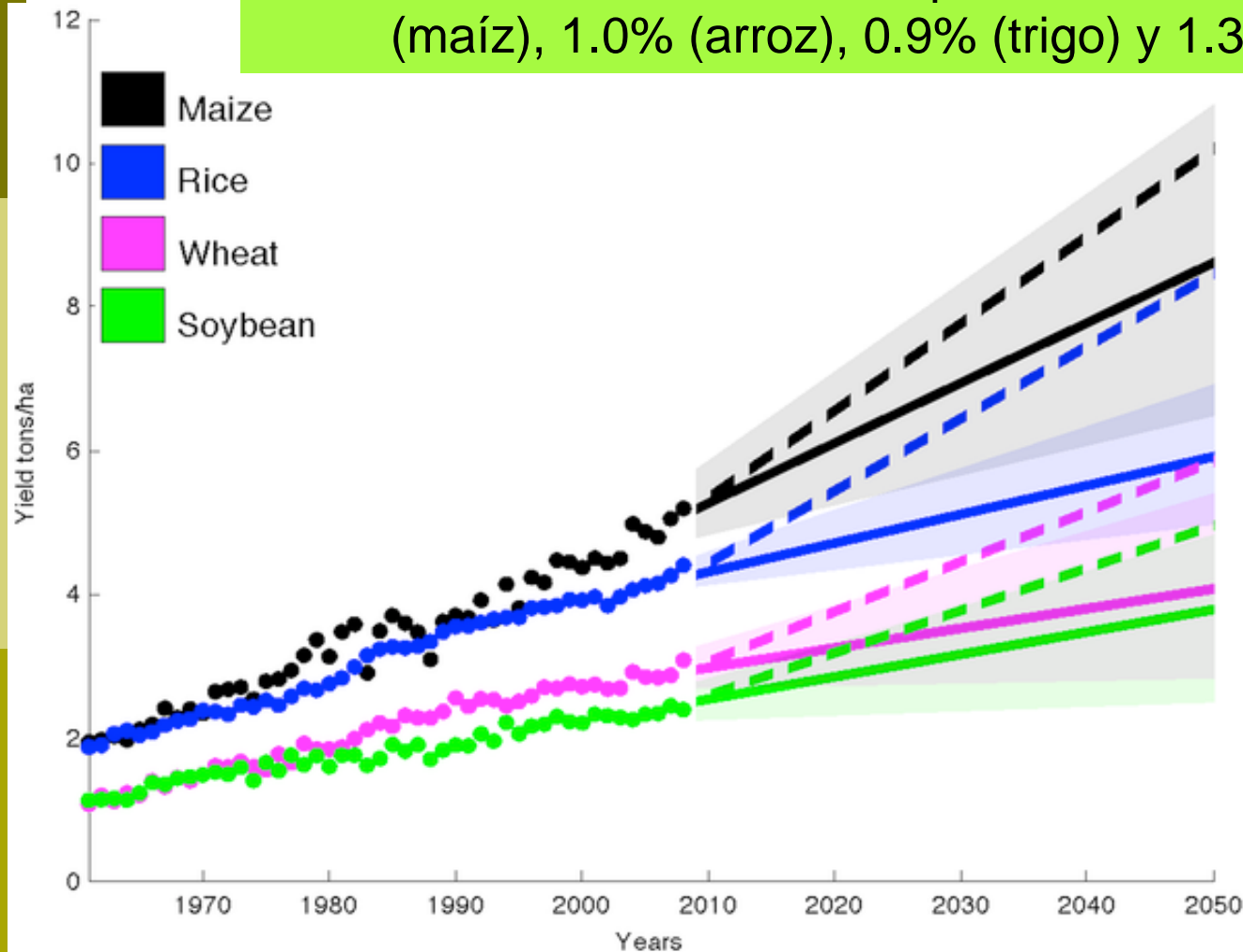
- ❑ --FONDECYT 1150353. Physiological and molecular mechanism underlying yield potential and acclimation to water stress in wheat: development of new tools for selection criteria (2015-2017)
- ❑ -FONDECYT POSTDOC (Nidia Brunel). Relaciones entre rasgos morfo-fisiológicos de raíces y la tolerancia al estrés hídrico de genotipos de trigo primaveral (2014-2017)
- ❑ Ministerio de Economía y Competitividad de España AGL2013-44147-R. Fenotipado de precisión a gran escala en trigo duro: bases fisiológicas y herramientas de selección (2014-2017)
- ❑ -FONDEF Idea 14I10106. Desarrollo de una plataforma de Fenotipado que permita bajar costos y acelerar la liberación de cultivares en los programas de mejoramiento genético (2015-2017)
- ❑ -FONDEQUIP NACIONAL EQM130073. Espectroradiómetro: poderosa herramienta para acelerar el mejoramiento genético mediante la Fenómica (2013-2015).
- ❑ FONDECYT N°1110732: “Enhancing drought tolerance in spring wheat using physiological traits and molecular markers” (2011-2014)
- ❑ -FONTAGRO ATN/OC – 11943: Adaptación de sistemas productivos de papa y trigo al cambio climático (2010-2013)
- ❑ Atracción de Capital Humano Avanzado del Extranjero A Chile (CONICYT): Implementación de nuevas tecnologías para la evaluación y selección de genotipos de cereales que posean mayor tolerancia a estreses ambientales (2011-2012)
- ❑ Genomic dissection of tolerance to drought stress in wild barley. CGIAR-GCP Challenge (2008-2010)
- ❑ FONDECYT N° 1060546: “Detección de caracteres fenotípicos (morfo-fisiológica y agronómicos) relacionados con la tolerancia al estrés hídrico en líneas RSLCs de cebada y estudios de asociación con marcadores moleculares (2006-2008).

An aerial photograph of a vast agricultural field, likely a vineyard or orchard, showing a dense grid of rows and paths. The field is divided into numerous rectangular plots by brown earth paths. The plants are in various stages of growth, appearing as different shades of green. In the bottom right corner, there are some white structures, possibly greenhouses or small buildings. The overall scene is a well-organized and productive agricultural landscape.

Muchas gracias

Cambio en el rendimiento por ha de los cultivos

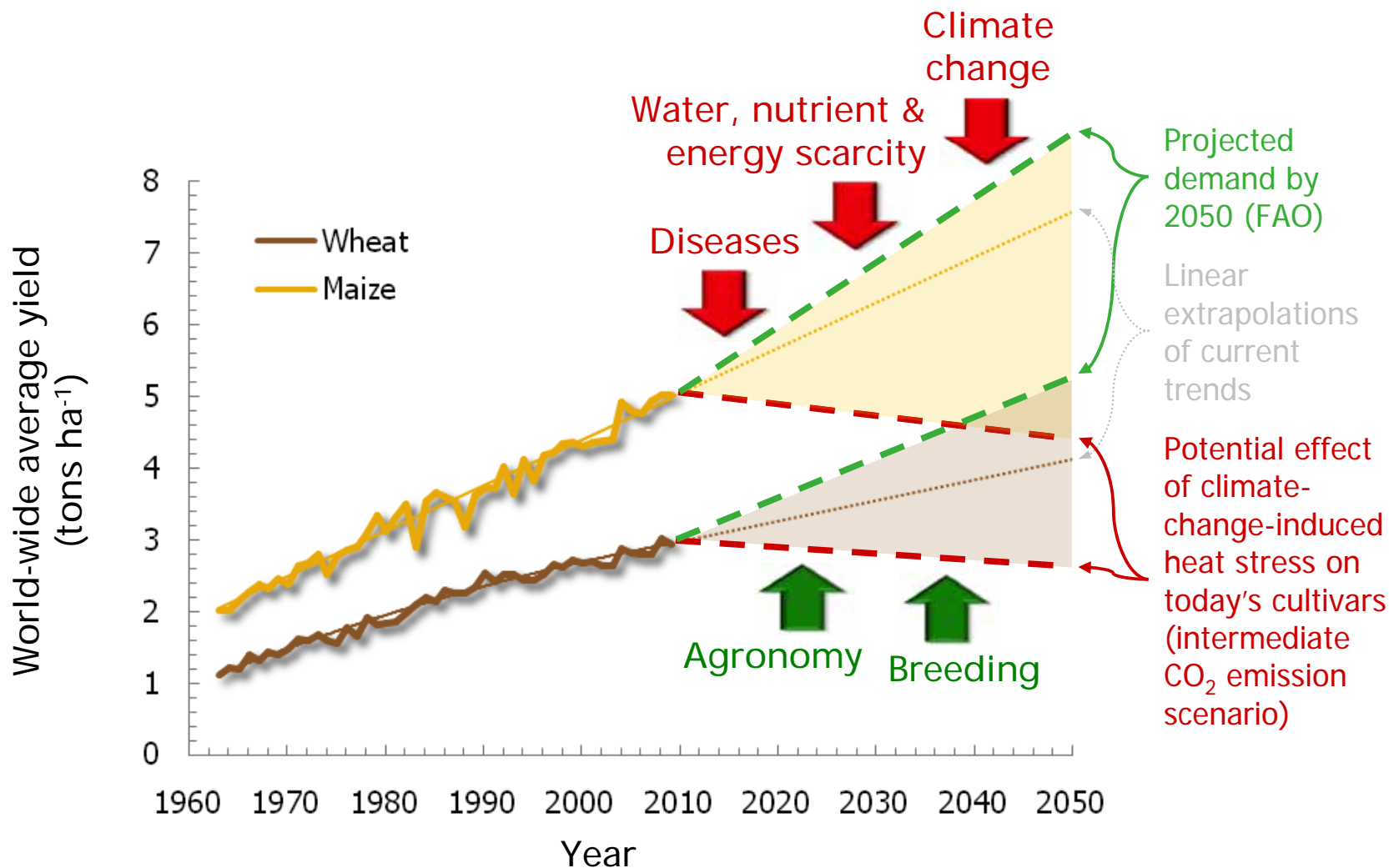
El aumento en rendimiento por año ha sido de: 1.6% (maíz), 1.0% (arroz), 0.9% (trigo) y 1.3% (soja)



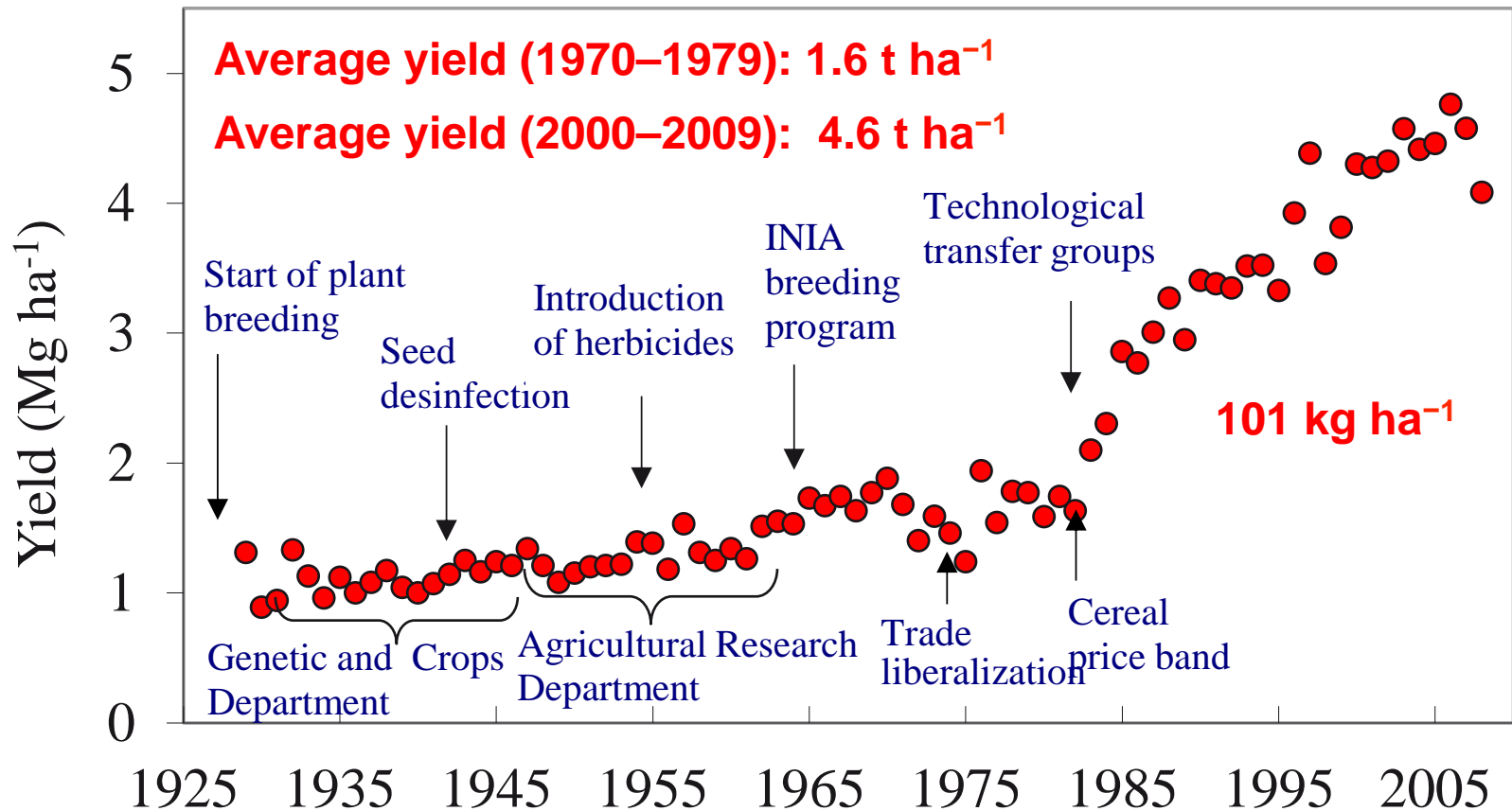
Demanda anticipada de maíz y arroz

Global Challenge

How to enhance annual yield gains of maize **from 1.6% to 2.4%** on essentially the same land area, and as climates change and the costs of fertilizer, water, and labor increase?

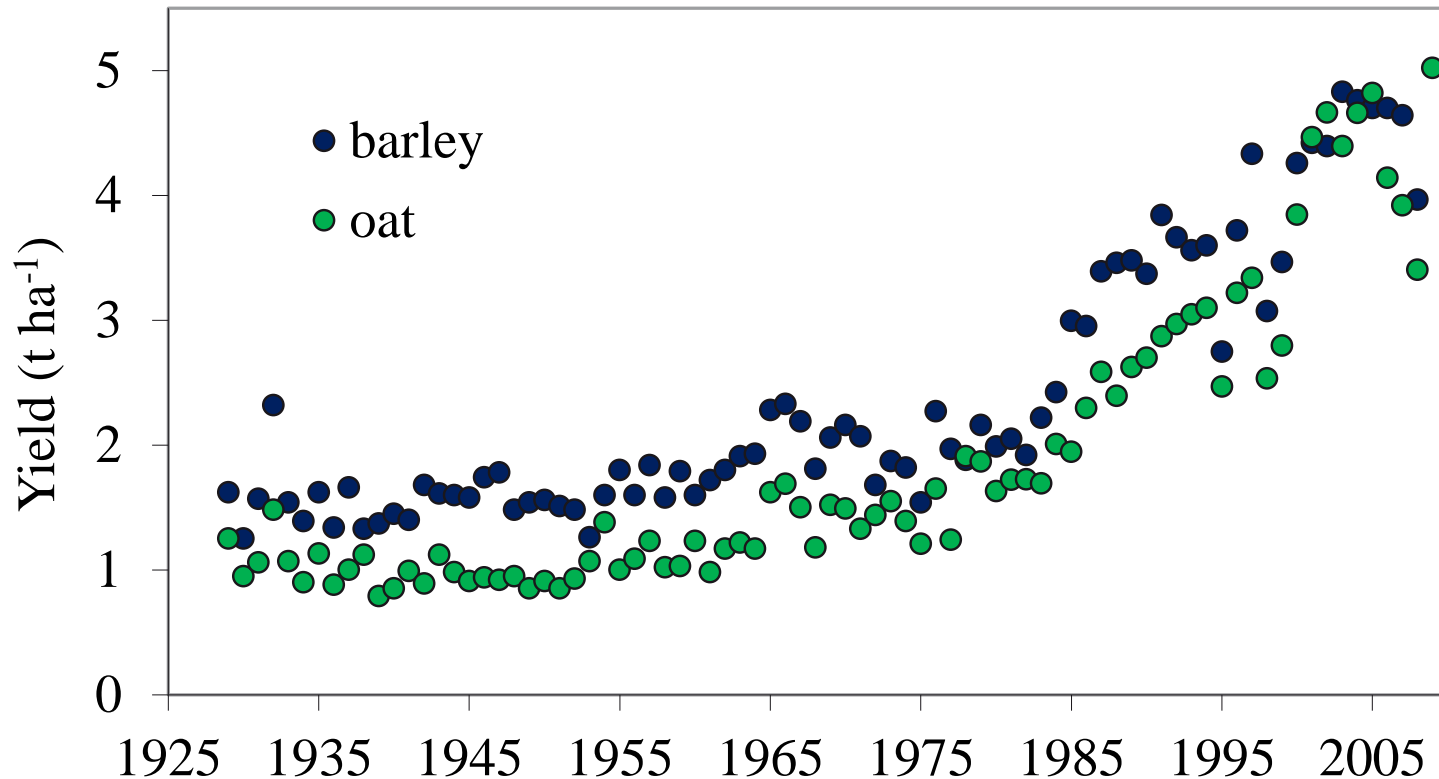


Progreso del rendimiento en trigo entre 1929 y 2007



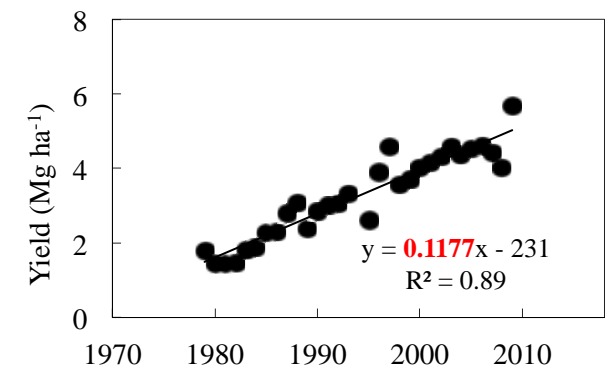
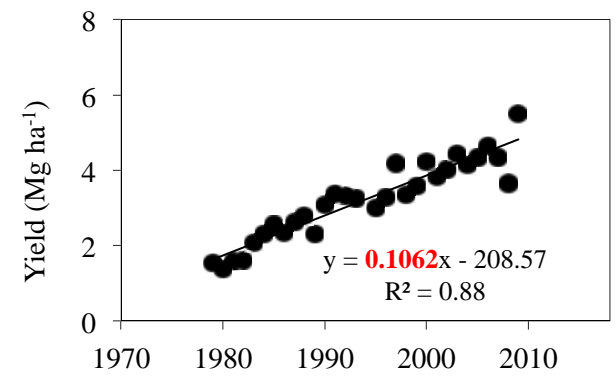
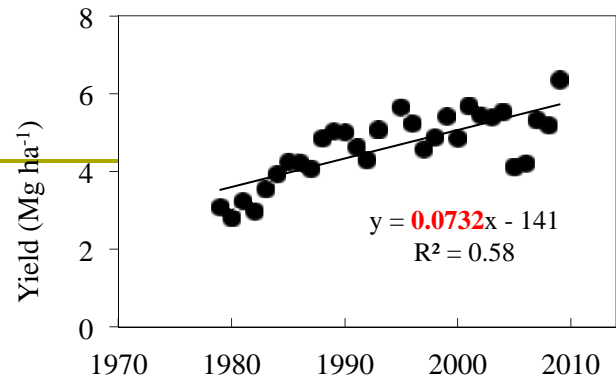
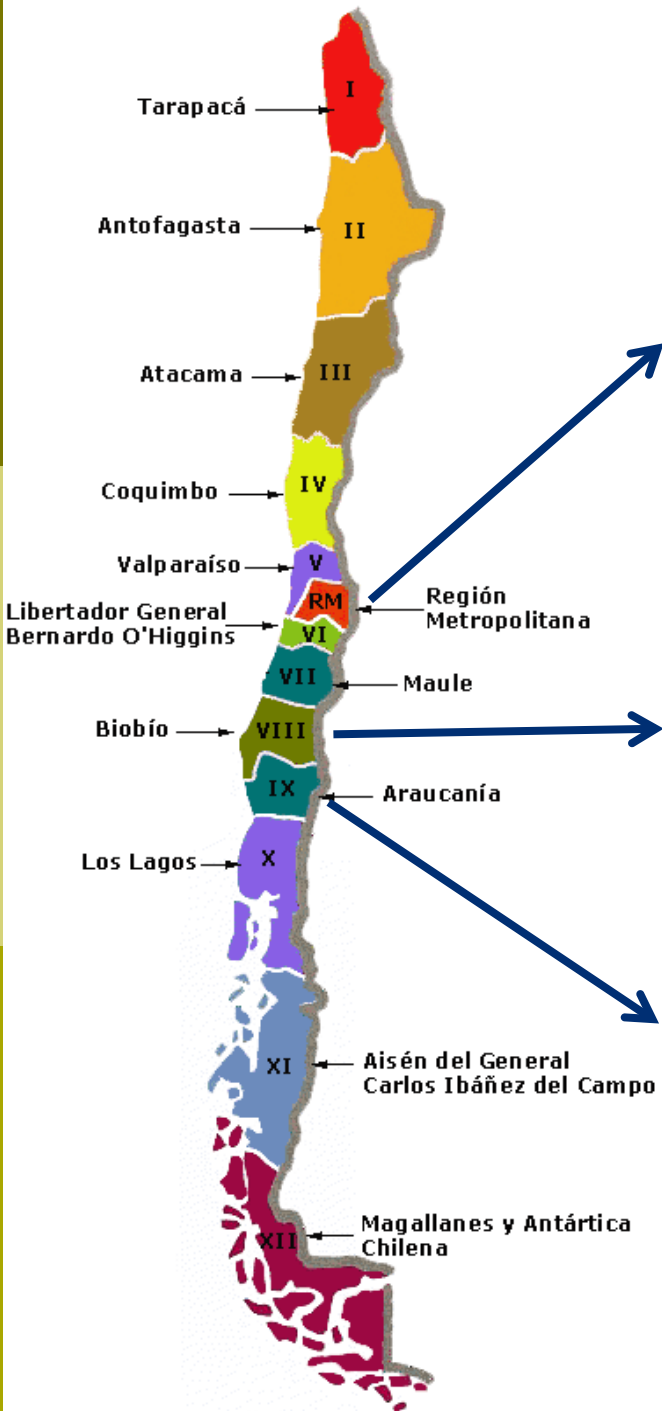
Engler, A., del Pozo, A. 2013. Assessing long and short run trends in cereal yields: the case of Chile between 1929-2009. *Ciencia e Investigación Agraria* 40(1): 55-67.

Progreso del rendimiento en cebada y avena entre 1929 y 2007

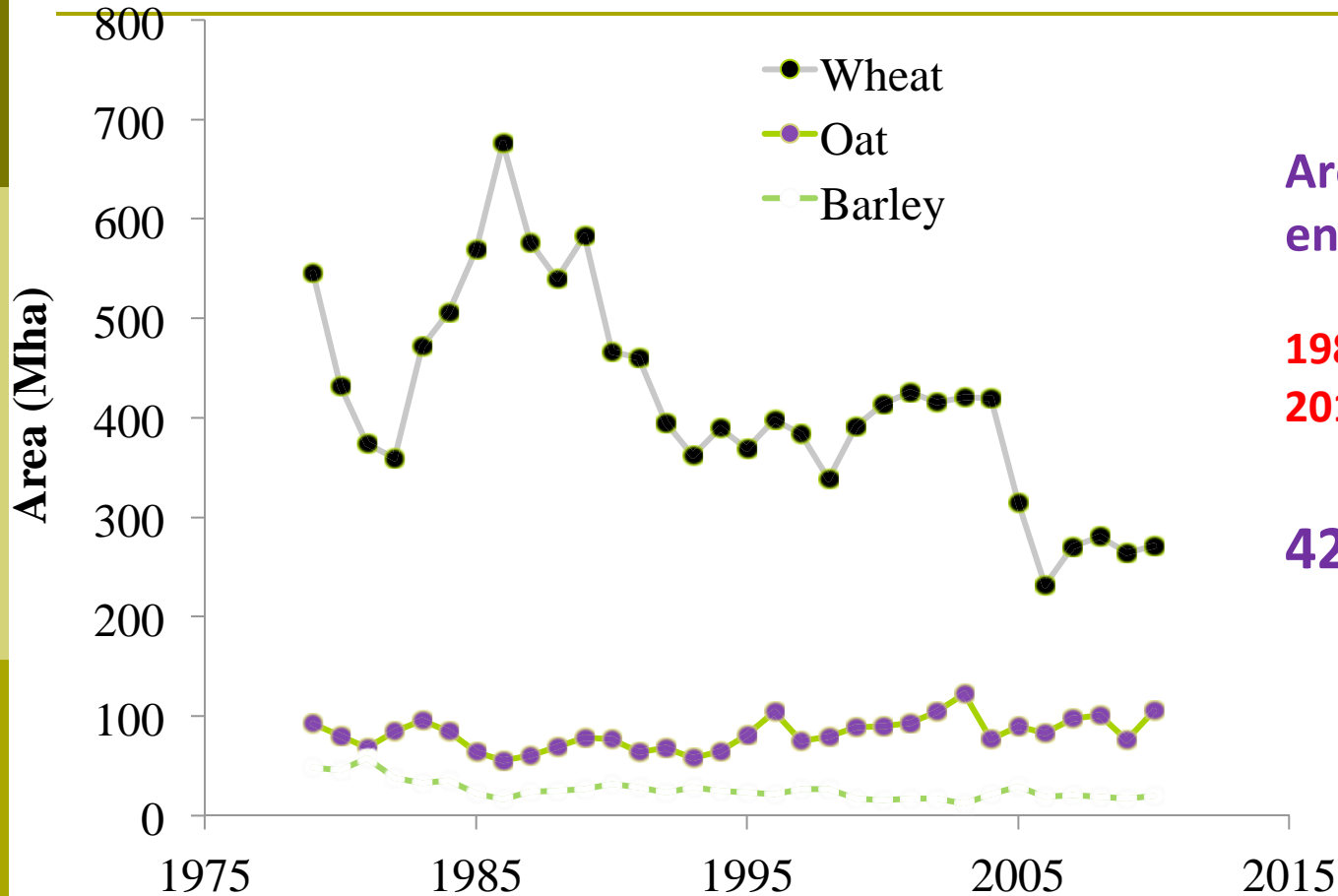


Engler, A., **del Pozo, A.** 2013. Assessing long and short run trends in cereal yields: the case of Chile between 1929-2009. *Ciencia e Investigación Agraria* 40(1): 55-67.

Progreso del rendimiento



Cambios en la superficie sembrada de trigo, cebada y avena entre 1929 y 2010 en Chile



Area total de cultivos en Chile:

1980: 1,239,198 ha

2010: 720,565 ha

42% reducción

Índice de tolerancia al estrés (STI)

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

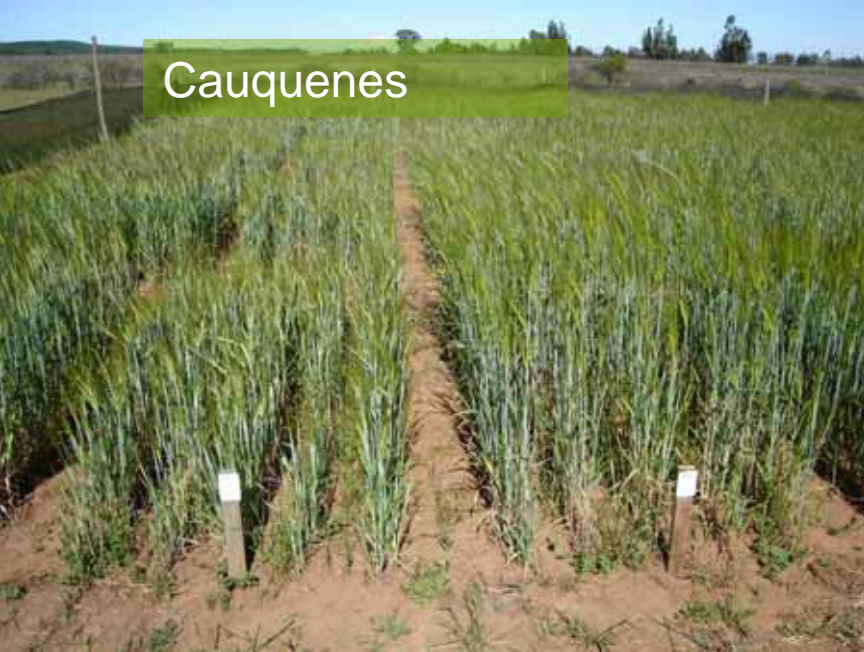
Matriz de correlación (2008/2009)

	GY ¹	STI	gs	WSCa	WSCm	Δ ¹³ C
GY	-	0.50**	n.e.	-0.05	0.14	0.24
STI	0.95***	-	n.e.	-0.03	-0.14	0.40
gs	n.e.	n.e.	-	n.e.	n.e.	n.e.
WSCa	-0.34	-0.35	n.e.	-	0.22	-0.32
WSCm	0.10	0.07	n.e.	-0.37	-	-0.25
Δ ¹³ C	0.52**	0.60**	n.e.	-0.19	0.05	-

Riego

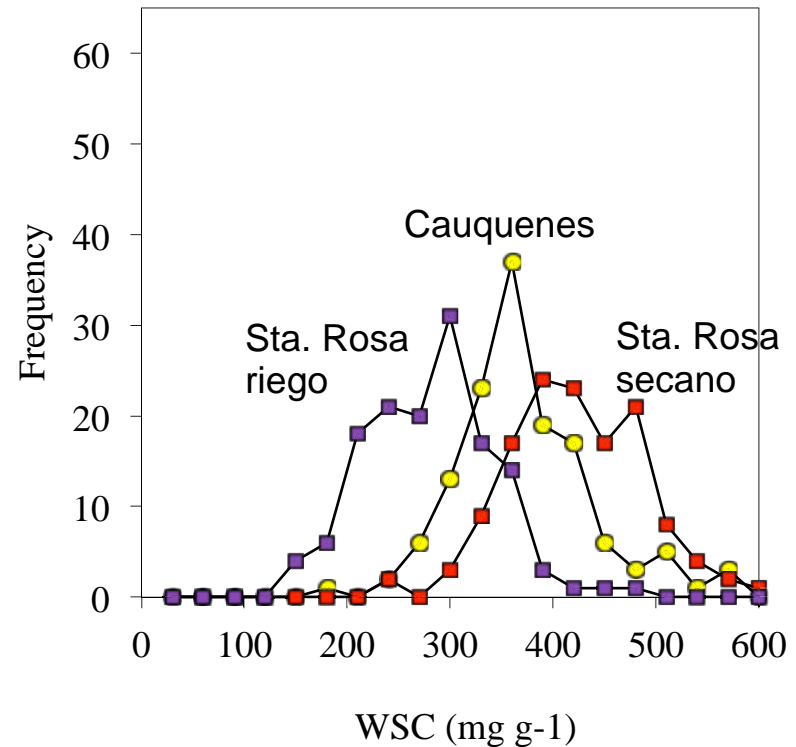
Secano

Cauquenes



Distribución de frecuencia de carbohidratos solubles del tallo en antesis, en 140 RCSLs en tres ambientes

Santa Rosa

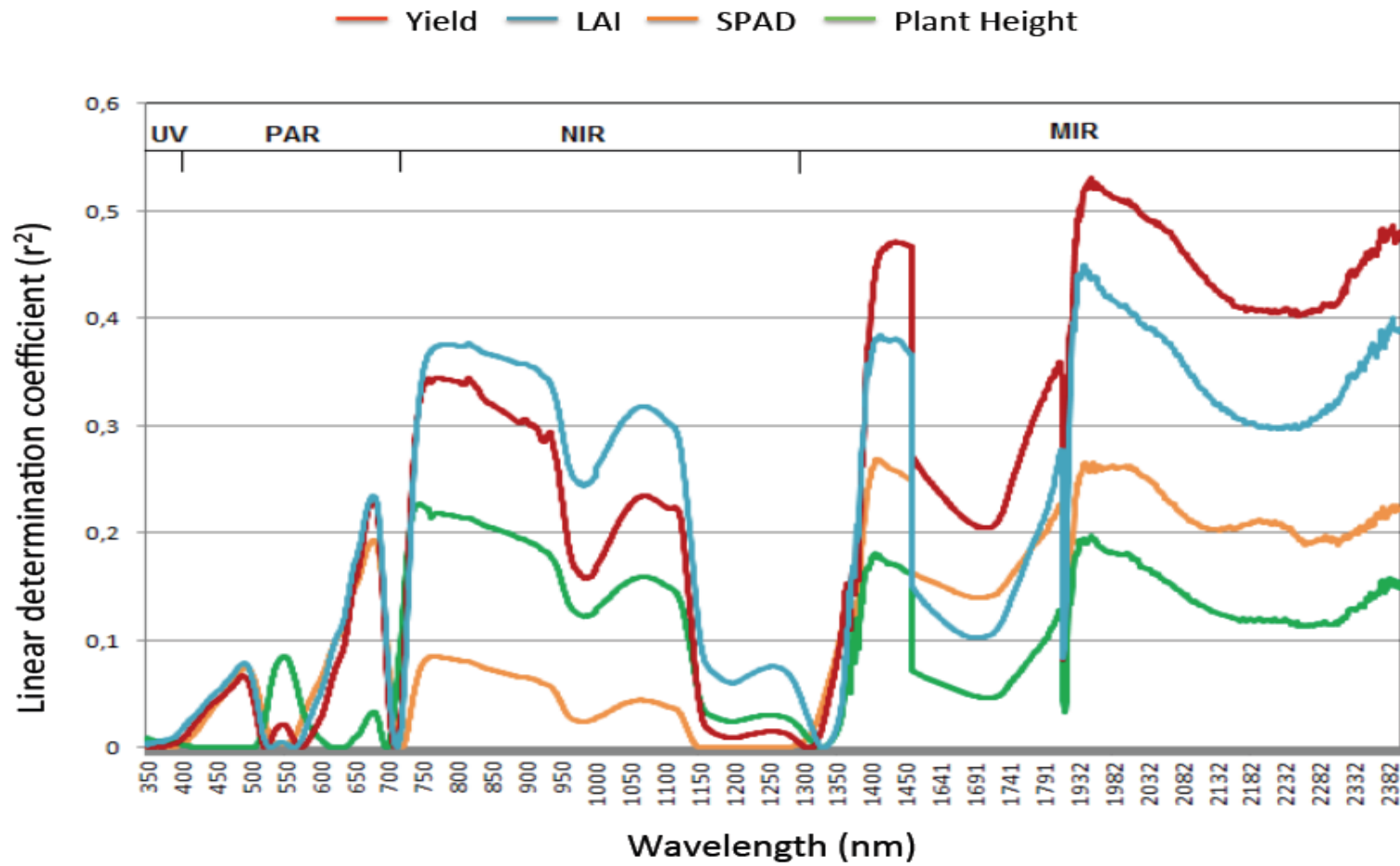


Cauquenes secano: 361

Santa Rosa secano: 420

Santa Rosa riego: 264

Valores de correlación entre longitudes de onda y traits



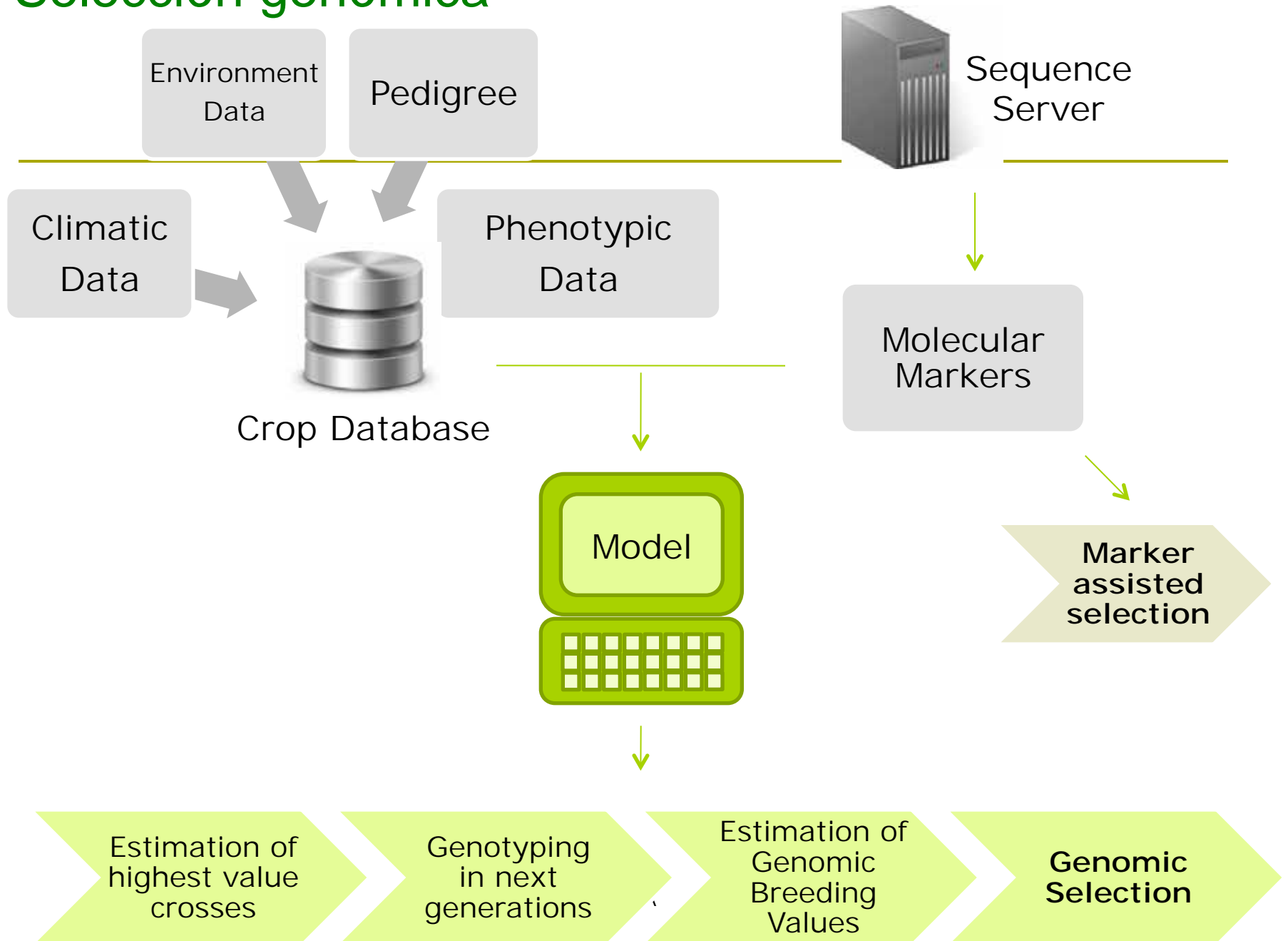
Hernández, J., Lobos, G.A., Matus, I., **del Pozo, A.**, Silva, P., Galleguillos, M. 2015. Use of ridge regression models for estimating grain yield from hyperspectral data in bread wheat (*Triticum aestivum* L) growing under three water regimes. *Remote Sensing* 7: 2109-2126.

Selección genómica

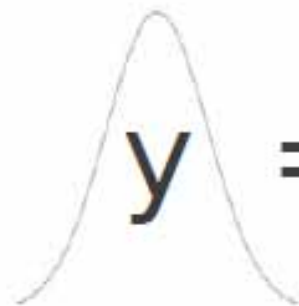
- ❑ La selección genómica (SG) es una nueva metodología de selección por marcadores, en la cual se seleccionan los mejores individuos basándose en el valor de cría genético estimado.
- ❑ El principio de este análisis es realizar predicciones fenotípicas en base al genotipo de los individuos.
- ❑ Para esto es necesario entrenar un modelo con información genética y fenotípica de un conjunto de individuos que formen parte del programa de mejoramiento.
- ❑ Este modelo entrenado es capaz de predecir el comportamiento fenotípico de variedades que no presentan información fenotípica.

Genomic Best Linear Unbiased Predictor (GBLUP) using the rrBLUP package .

Selección genómica



Selección genómica


$$y = X\alpha + Q\beta + Z\mu + e$$

The equation is written in a mix of black and blue text. The terms $X\alpha$, $Q\beta$, and $Z\mu$ are in blue, while y and e are in black. Above $X\alpha$ is the label "Non-random" and above $Z\mu$ is the label "Random", both in black text.

Y= Fenotipo

X= SNP (genotipo)

α = vector de efecto de alelos as ser estimado

Q=estructura de población

β = vector de efectos sub-poblacionales

Z= matriz de identidad uniendo genotipo con fenotipo

μ = efectos aleatorios -relaciones genómicas

e=efectos aleatorios -error

■ Table 3 Accuracy of predictions for each trial in 2011 using random training sets with 100 independent randomizations

			IB	RC	RCB_MVNG	MVNG
SR_FI	GY	RR	0.298 ± 0.117	0.296 ± 0.119	0.319 ± 0.114	0.319 ± 0.113
		GAUSS	0.312 ± 0.117	0.310 ± 0.120	0.325 ± 0.117	0.326 ± 0.116
	TKW	RR	0.780 ± 0.056	0.780 ± 0.056	0.777 ± 0.057	0.843 ± 0.040
		GAUSS	0.786 ± 0.055	0.786 ± 0.055	0.782 ± 0.056	0.847 ± 0.039
	DH	RR	0.409 ± 0.109	0.409 ± 0.109	0.405 ± 0.109	0.579 ± 0.123
		GAUSS	0.436 ± 0.111	0.436 ± 0.111	0.433 ± 0.111	0.614 ± 0.121
NKS	RR	0.479 ± 0.114	0.479 ± 0.114	0.484 ± 0.115	0.665 ± 0.077	
	GAUSS	0.487 ± 0.119	0.487 ± 0.119	0.492 ± 0.120	0.669 ± 0.075	
SR_MWS	GY	RR	0.236 ± 0.141	0.275 ± 0.147	0.231 ± 0.127	0.347 ± 0.134
		GAUSS	0.231 ± 0.144	0.273 ± 0.150	0.260 ± 0.128	0.370 ± 0.132
	TKW	RR	0.759 ± 0.061	0.762 ± 0.061	0.757 ± 0.058	0.841 ± 0.034
		GAUSS	0.764 ± 0.059	0.767 ± 0.059	0.761 ± 0.057	0.845 ± 0.034
	DH	RR	0.398 ± 0.110	0.399 ± 0.110	0.396 ± 0.110	0.563 ± 0.134
		GAUSS	0.423 ± 0.108	0.423 ± 0.108	0.423 ± 0.108	0.604 ± 0.134
NKS	RR	0.464 ± 0.115	0.466 ± 0.114	0.458 ± 0.114	0.608 ± 0.088	
	GAUSS	0.483 ± 0.111	0.485 ± 0.111	0.478 ± 0.111	0.608 ± 0.086	

IB, incomplete blocks, field design; RC, row by column model; RCB_MVNG, random complete block model with moving means as covariable; MVNG, linear regression model with moving means as covariable; SR_FI, Santa Rosa under full irrigation; GY, grain yield; RR, Ridge regression kernel; GAUSS, Gaussian kernel; TKW, thousand kernel weight; DH, days to heading; NKS, number of kernels per spike; SR_MWS, Santa Rosa under mild water stress.

BLUP: Best Linear Unbiased Prediction

Lado, L., Matus, I., Rodríguez, A., Inostroza, L., Poland, J., Belzile, F., **del Pozo, A.**, Quincke, M., von Zitzewitz, J. 2013. Genes Genomes Genetics (G3) 3: 2105-2114