

ACADEMIA CHILENA DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



SEMINARIO 2010

VEGETALES GENÉTICAMENTE MODIFICADOS EN EL
DESARROLLO AGRÍCOLA DE CHILE

Santiago, 25 y 26 de Noviembre, 2010

AUSPICIAM: Colegio de Ingenieros Agrónomos de Chile (A.G.), Ministerio de Agricultura, FIA, INIA, SAG, FAO, Redbio
Internacional y Sociedad Agronómica de Chile (sach).



OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS PARA EL DESARROLLO DE UNA BIOTECNOLOGÍA APROPIADA PARA LA MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO QUE EXPERIMENTARÁ CHILE

Edmundo Acevedo H.
Mauricio Ortiz L.
Universidad de Chile

25 de Noviembre de 2010



EXPANDING THE WORLD FOOD SUPPLY . **(N. BORLAUGH, 2007)**

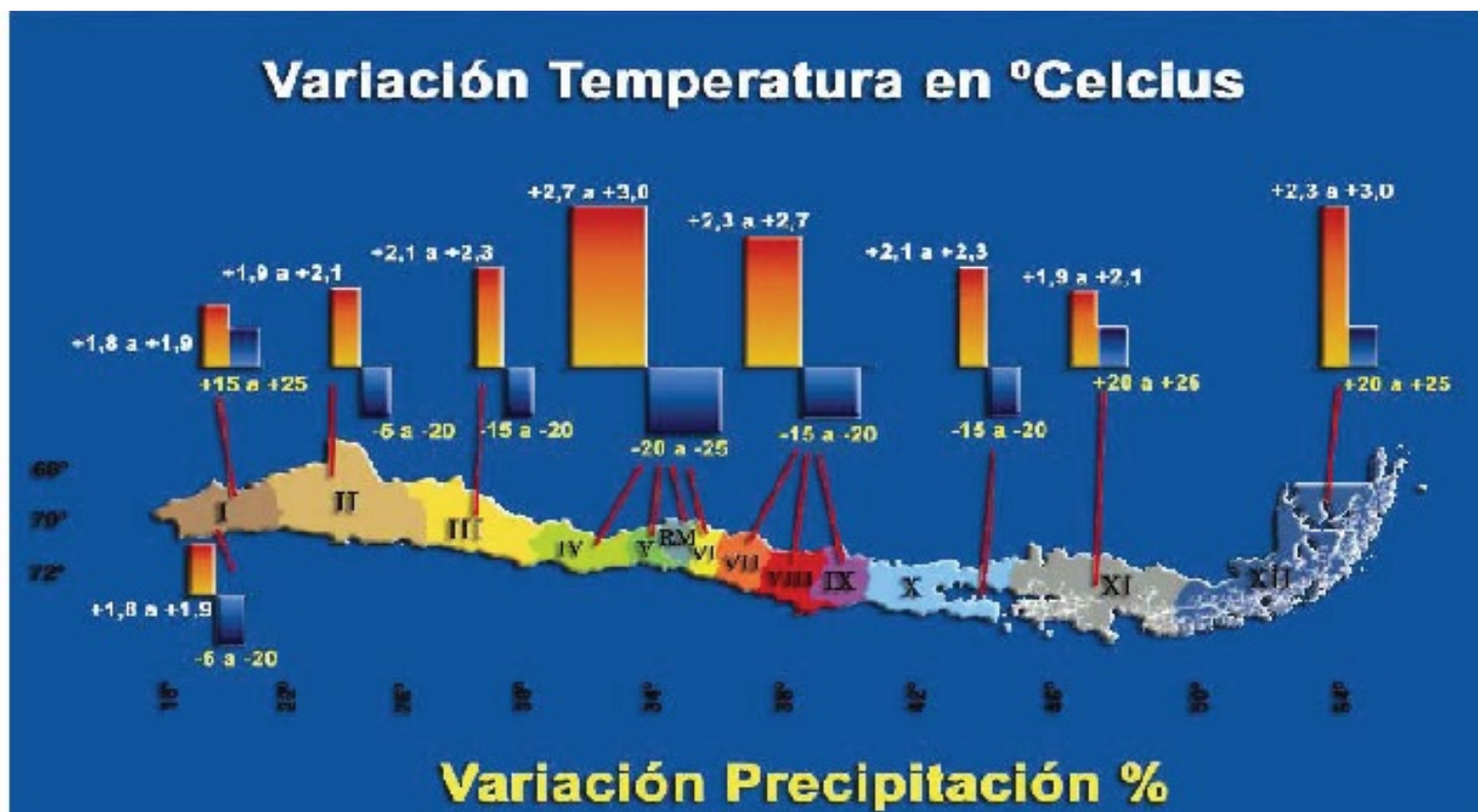
“Over the next 20 years, world cereal demand will likely increase by 50 percent,..... With the exception of acid-soil areas in South America and Africa, the potential for expanding the global arable land area is limited.”

“humankind will need a “doubly green revolution” during the 21st, one that harnesses the new tools of biotechnologywhere water-use productivity is much more closely wedded to land-use productivity.”

“biotechnology can play a major role, through developing new crop varieties with greater tolerance to pests and diseases, drought, and with higher nutritional content.”



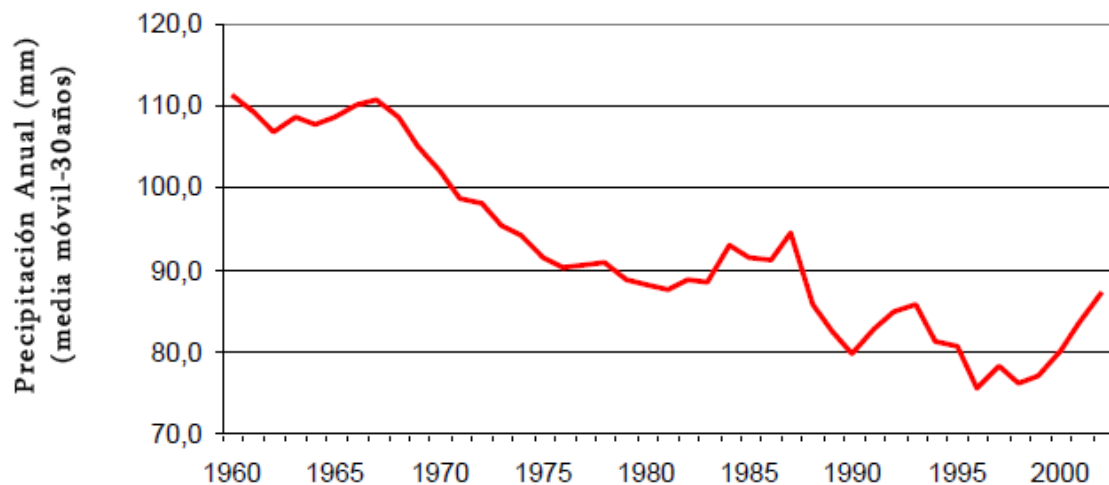
CAMBIO CLIMATICO AL 2040





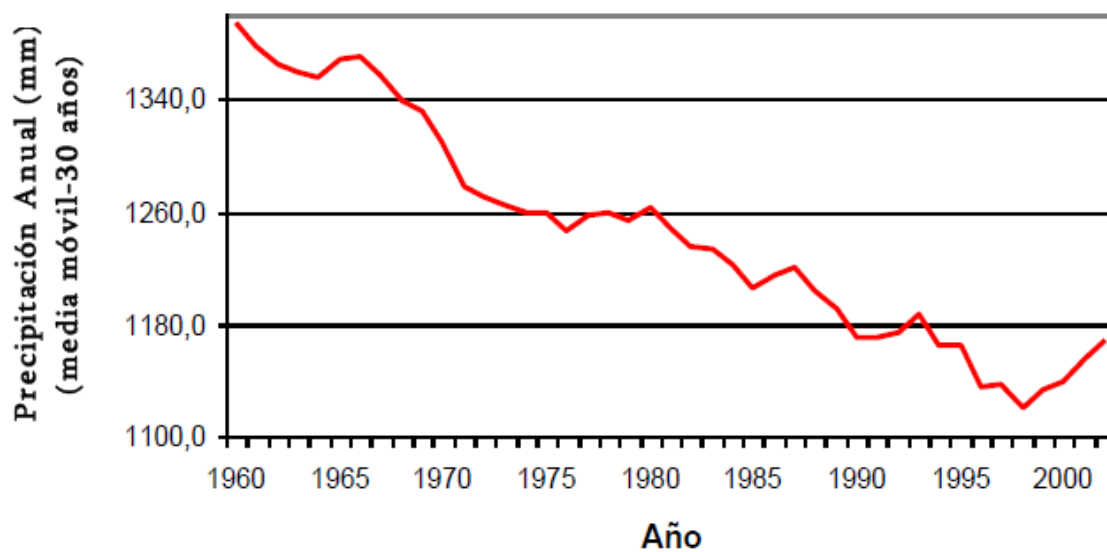
EN CHILE LAS PRECIPITACIONES ESTÁN DECRECIENDO

La Serena 1930-2002

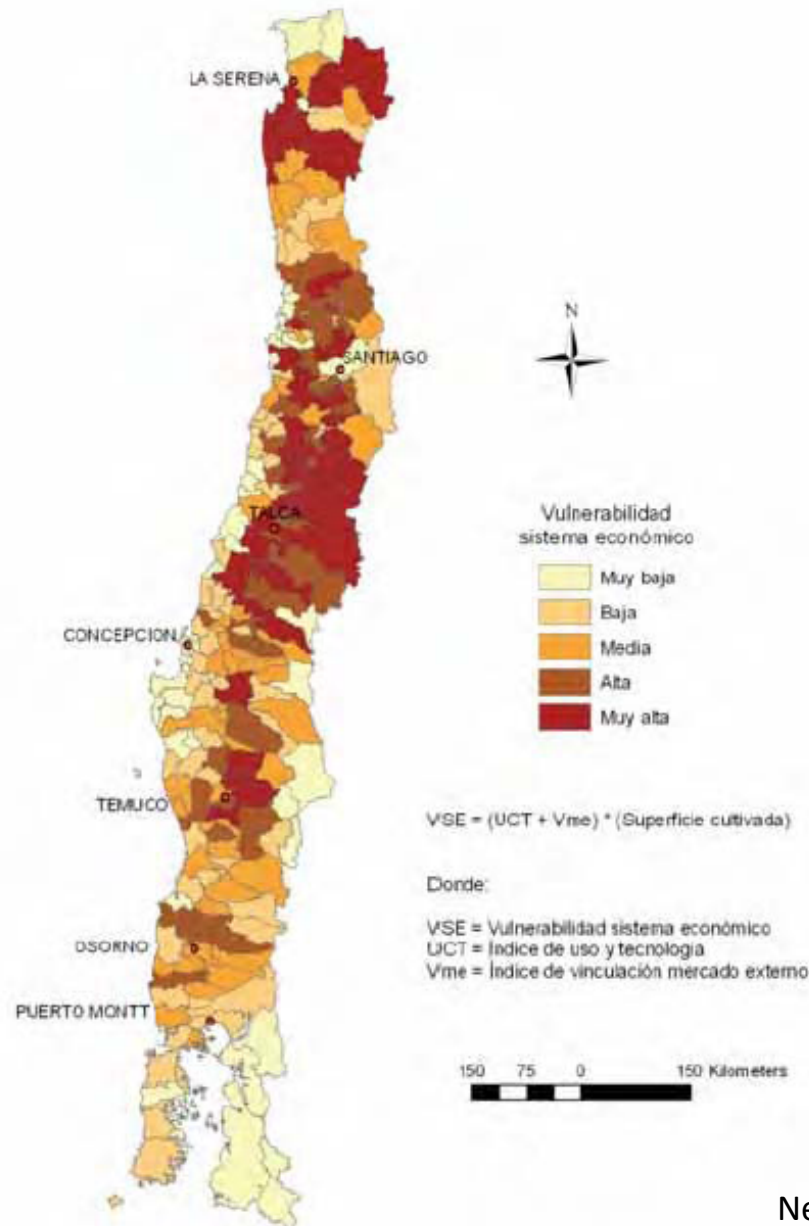


Santibáñez (2010)

Concepción 1930-2002



VULNERABILIDAD DEL SISTEMA ECONÓMICO AGRÍCOLA POR COMUNAS, ENTRE LAS REGIONES DE COQUIMBO Y LOS LAGOS.





EFECTO QUE TENDRÍA SOBRE DISTINTOS GRUPOS DE CULTIVOS EL INCREMENTO DE LA TEMPERATURA Y UNA ARIDIZACIÓN DEL CLIMA.

ZONA CENTRAL (Atacama al Biobío)

Especie	Calentamiento	Aridización	Tendencia dominante	Causa principal
Cultivos de verano riego	Negativo	Neutro	Negativo	Acortamiento del ciclo
Cultivos de invierno riego	Negativo	Neutro	Negativo	Acortamiento del ciclo
Cultivos de invierno, seco	Positivo	Negativo	Negativo	Mayor incidencia sequía
Frutales caducos riego	Negativo	Positivo	Negativo	Reducción período de fructificación
Frutales persistentes riego	Positivo	Neutro	Positivo	Mejora en temperaturas invernales y reducción de heladas
Plantaciones forestales	Negativo	Negativo	Negativo	Aumento déficit de agua y estrés térmico estival
Praderas	Positivo	Negativo	Negativo	Aumento déficit de agua y estrés térmico

ZONA SUR (Araucanía a Los Lagos)

Cultivos de verano seco (papa)	Positivo	Negativo	Positivo	Mejora en las temperaturas estivales
Plantaciones forestales	Positivo	Negativo	Positivo	Mejoran las temperaturas alargando el período de crecimiento



CONDICIONES AMBIENTALES ADVERSAS A LOS CULTIVOS DERIVADAS DEL CAMBIO CLIMATICO

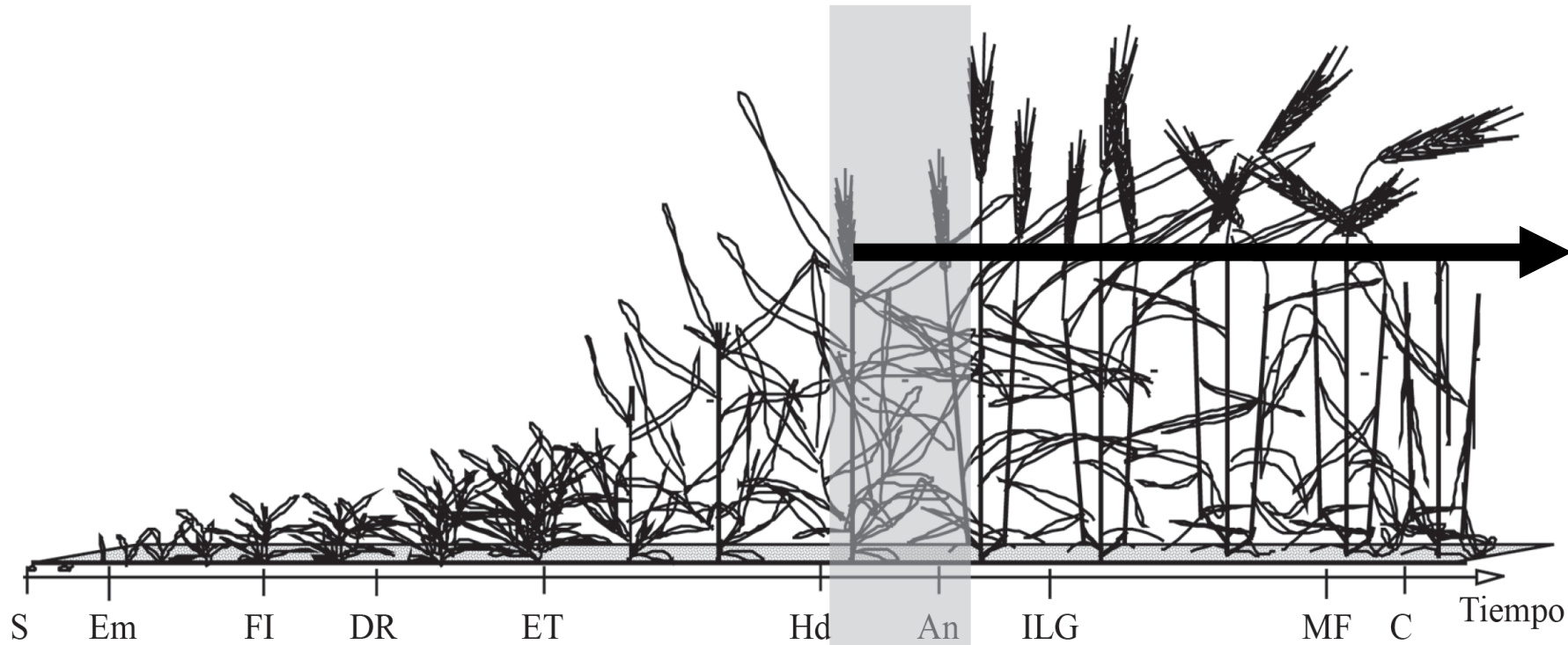
Sequía

Altas Temperaturas



ESTRÉS HÍDRICO EN LOS CULTIVOS

- El déficit hídrico es uno de los estreses mas importantes a que están expuestos los cultivos.
- El momento, la intensidad y duración del periodo de estrés es determinante en el efecto que pueda tener en los cultivos el déficit hídrico.
- En zonas mediterráneas los cultivos anuales tienen alta probabilidad de estar expuestos a estrés durante el crecimiento de la inflorescencia y llenado de grano -sequía terminal.



Plantas m⁻²

Espiguillas espiga⁻¹

Espigas planta⁻¹

Granos espiguilla⁻¹

Granos m⁻²

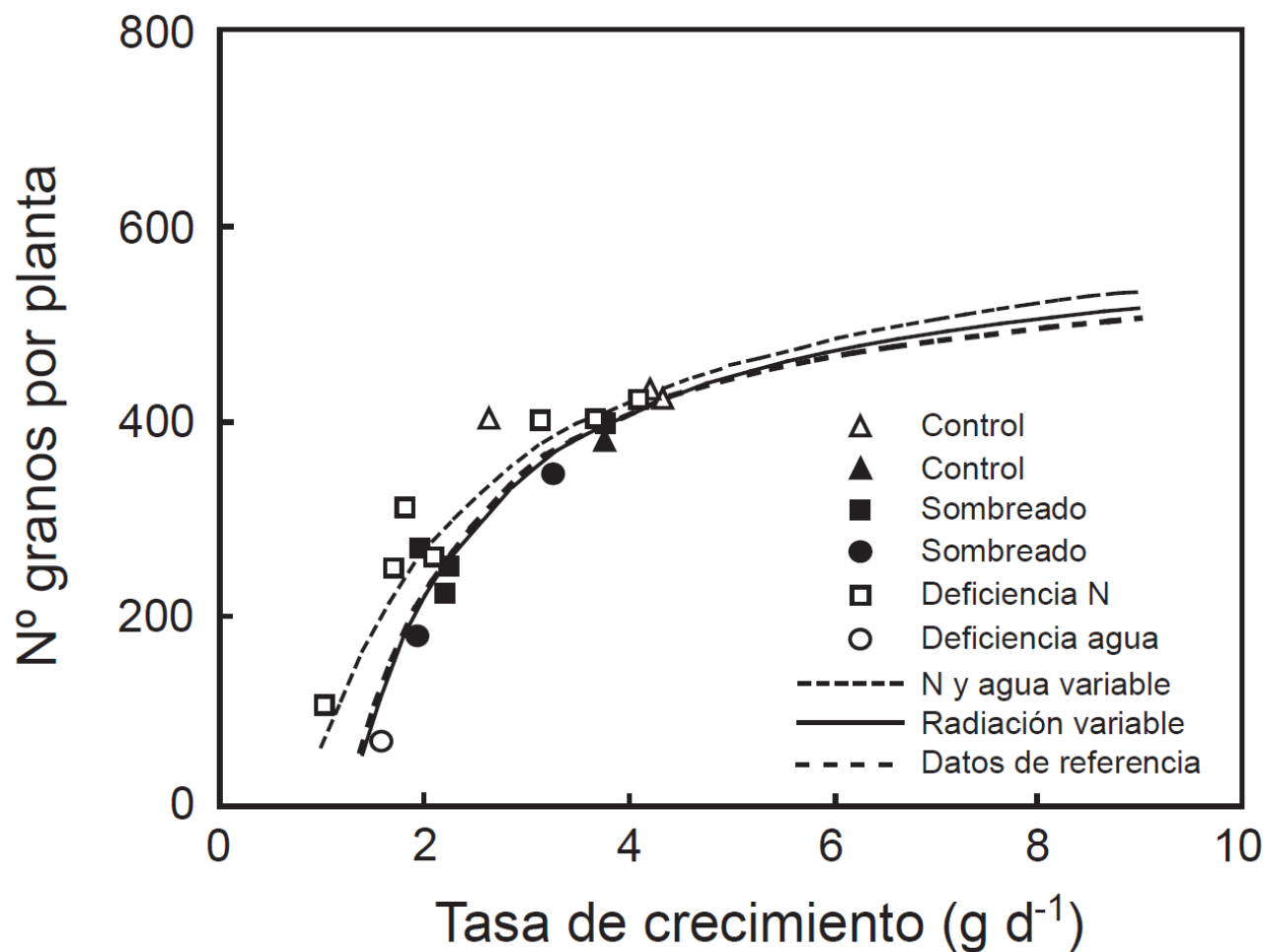
Peso granos⁻¹

Rendimiento (Mg ha⁻¹)

Componentes
rendimiento



Efecto de diferentes estreses en el N° de granos de maíz (Andrade et al 2002)





¿QUÉ EFECTOS TIENE EL DÉFICIT HÍDRICO EN LOS PROCESOS FISIOLÓGICOS Y METABÓLICOS DE LAS PLANTAS?

- Cambios en la expresión génica
- Cambios en el metabolismo celular
- Reducción del potencial hídrico
- Reducción en el contenido relativo de agua (RWC) en hojas
- Cierre de estomas
- Disminución de la tasa de transpiración y de la fotosíntesis
- Aumento de metabolitos en hojas
- Estrés oxidativo asociado al estrés hídrico
- Inhibición de la división y expansión de células
- Disminución del crecimiento y producción
- Se altera la fenología de la planta



Rendimiento sin limitante

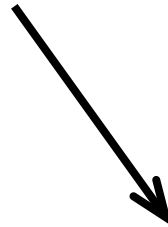
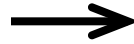
**RENDIMIENTO BAJO
ESTRÉS**

Escape (Floración)

Resistencia

Evasión

Tolerancia





OPORTUNIDADES PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO BAJO ESTRÉS HIDRICO EN LOS CULTIVOS (1)

- Variar la fecha de floración
- Cambiar la densidad y profundidad radical.
- Variar la resistencia interna al transporte de agua.
- Mejorar el Ajuste Osmótico.
- Cambiar la rigidez de las paredes celulares.



$$R_s = T * EUA * HI$$

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 Eficiencia de uso de agua

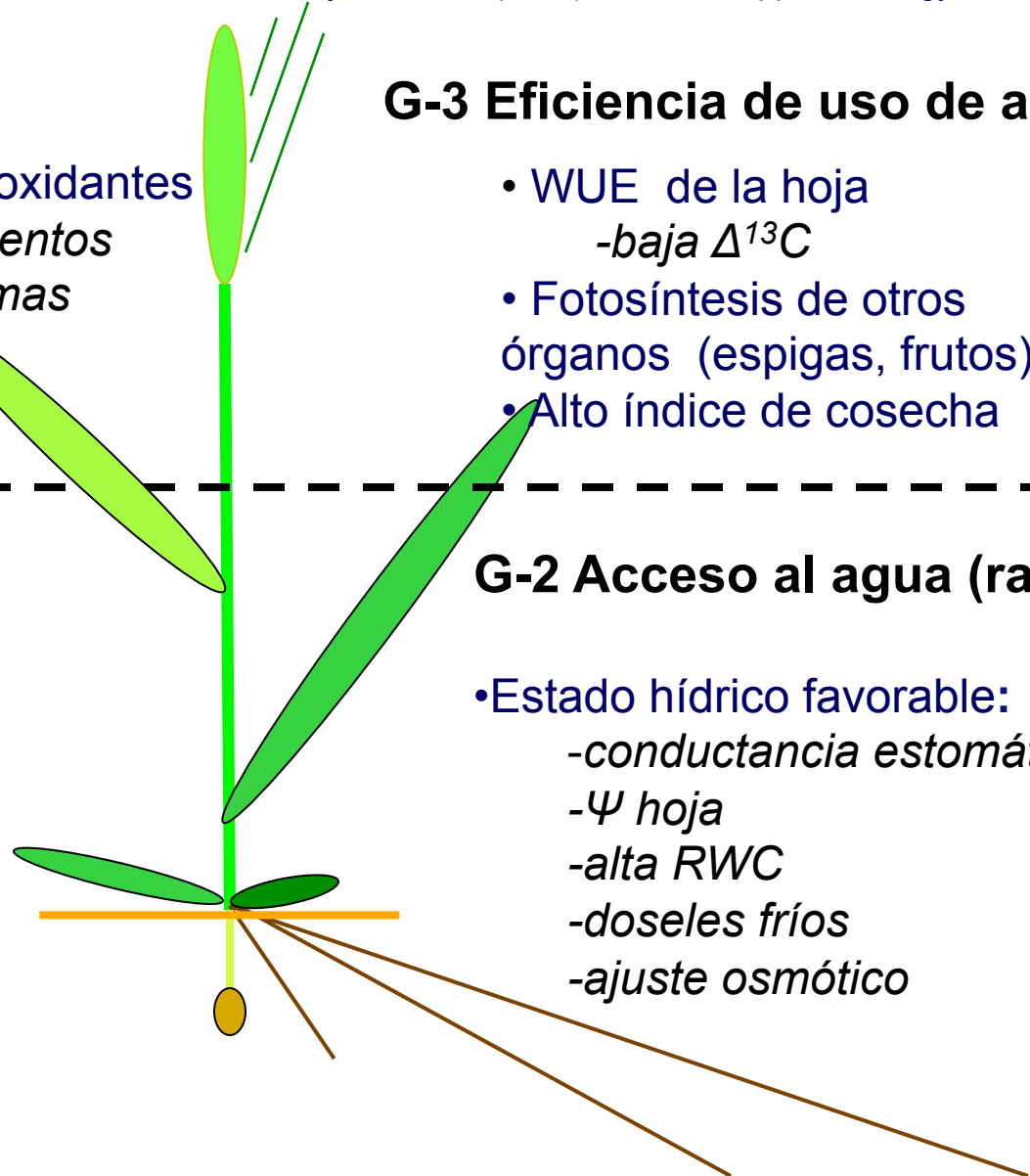
- WUE de la hoja
 - baja $\Delta^{13}C$
- Fotosíntesis de otros órganos (espigas, frutos)
- Alto índice de cosecha

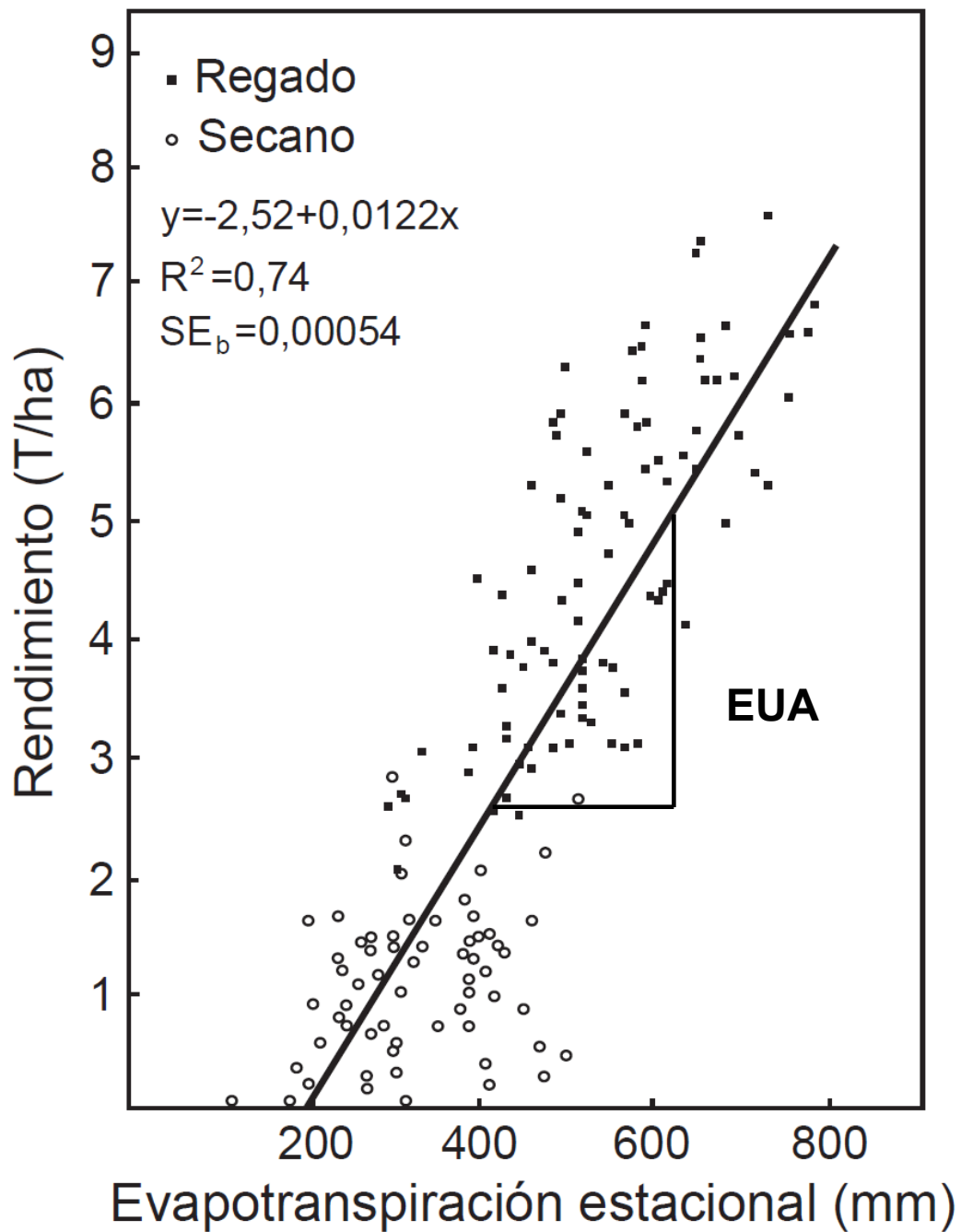
G-1 Crecimiento vigoroso

- 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)

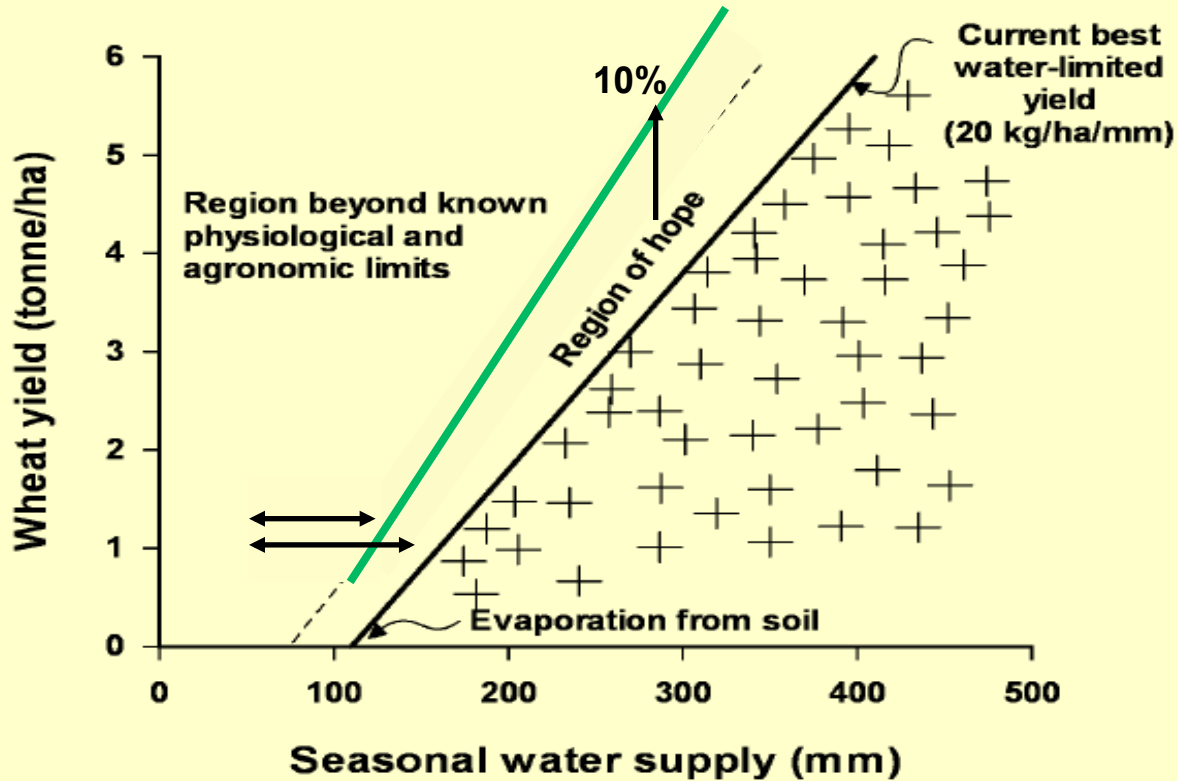
- Estado hídrico favorable:
 - conductancia estomática
 - Ψ hoja
 - alta RWC
 - doseles fríos
 - ajuste osmótico







Water-limited Yield Potential



(Passsioura, 2006)

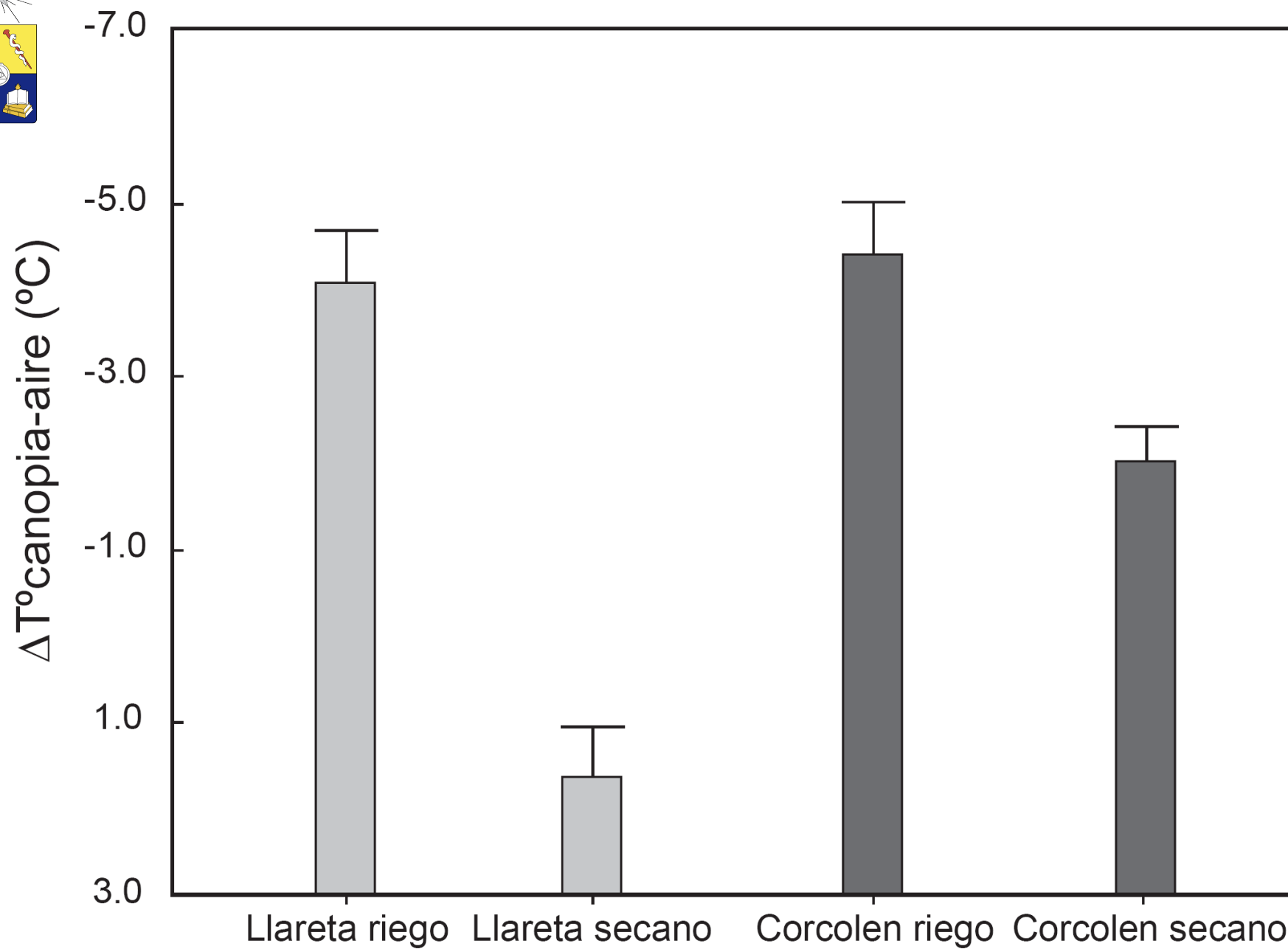


OPORTUNIDADES PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO BAJO ESTRÉS HIDRICO EN LOS CULTIVOS (2)

- Aumento de la proporción del agua transpirada
- Aumentar el vigor inicial.
- Mejorar la Eficiencia de Transpiración (Uso de $\Delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$)
- Alteraciones bioquímicas (composición de la biomasa).
- Mejoramiento del índice de cosecha

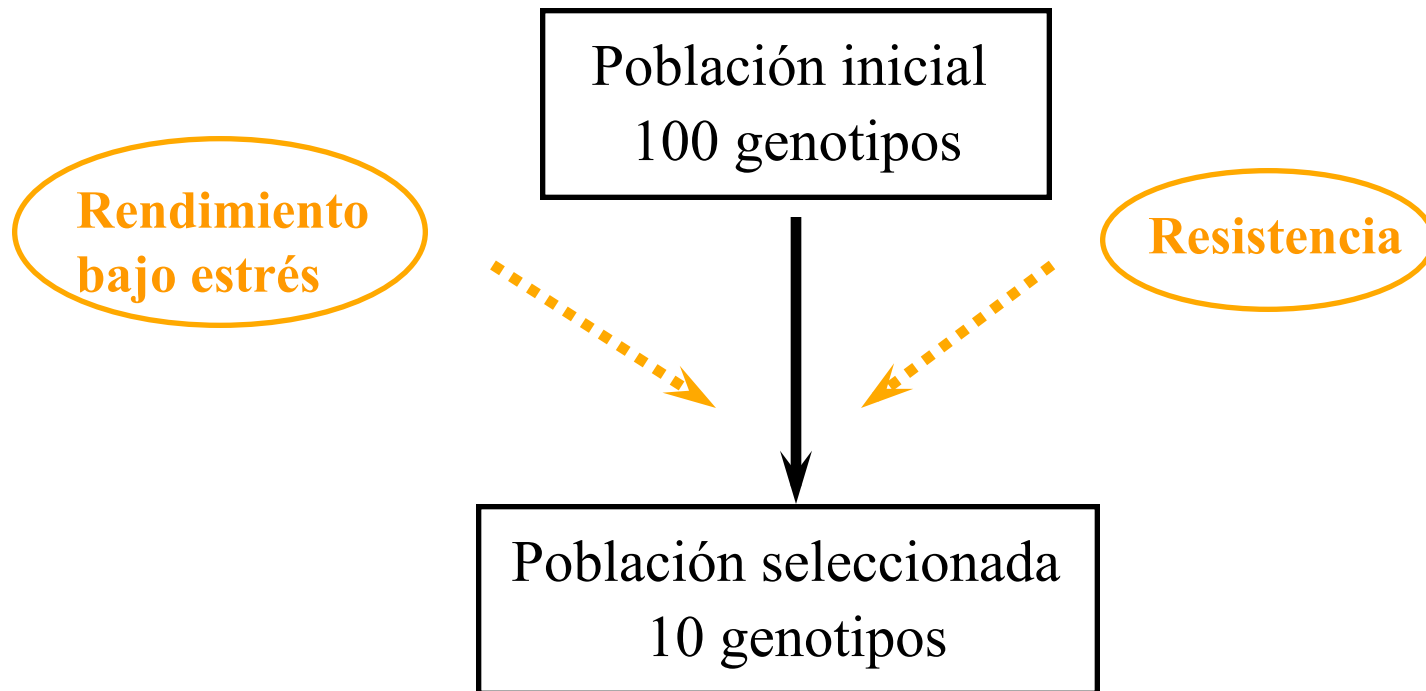


Los programas de mejoramiento deben enfrentar este nuevo escenario identificando caracteres que se relacionen con la tolerancia a sequía a fin de desarrollar nuevos cultivares.



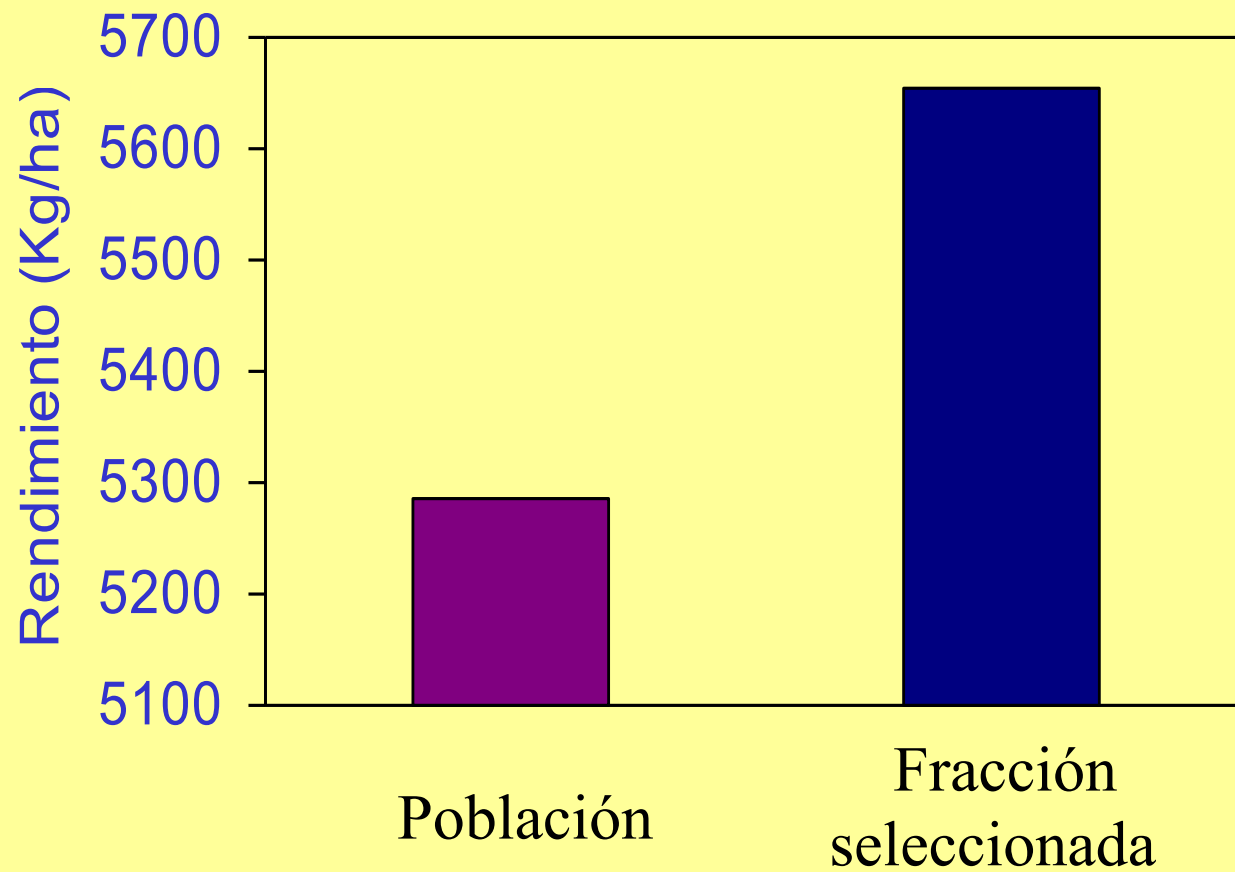


Población seleccionada por rendimiento bajo estrés y resistencia



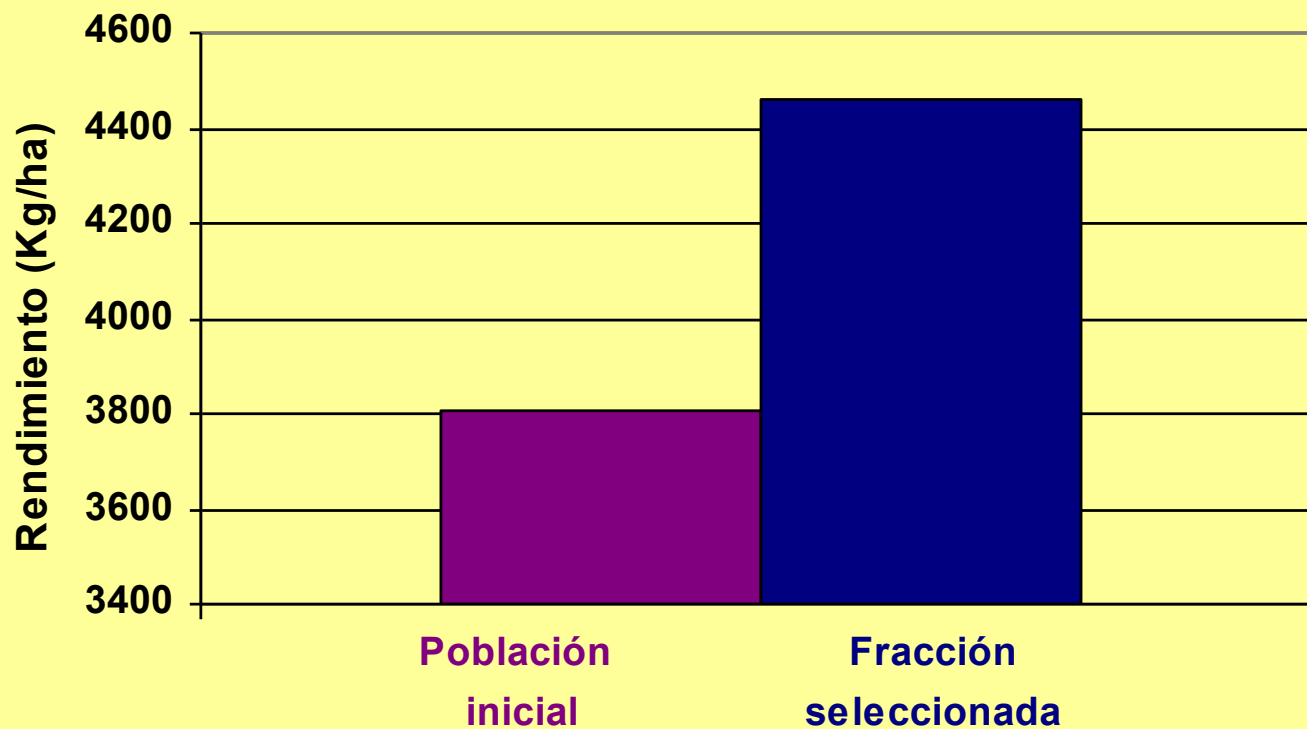


Medio ambiente de alto rendimiento



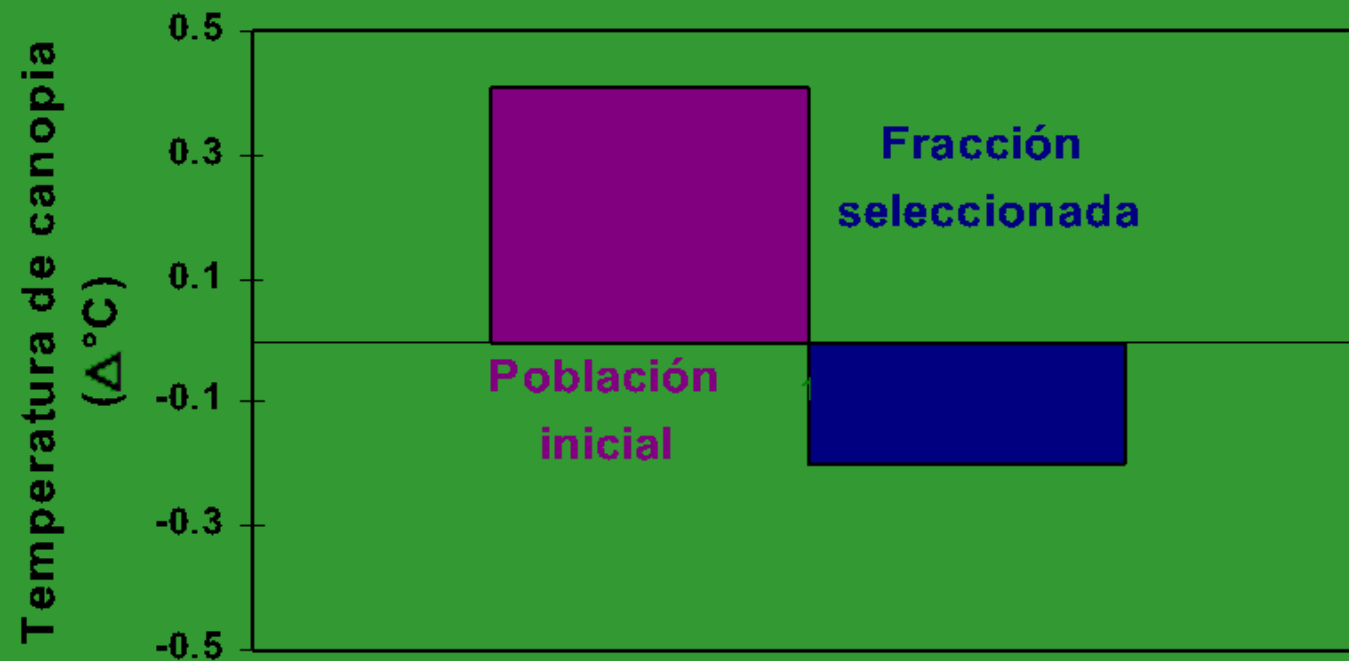


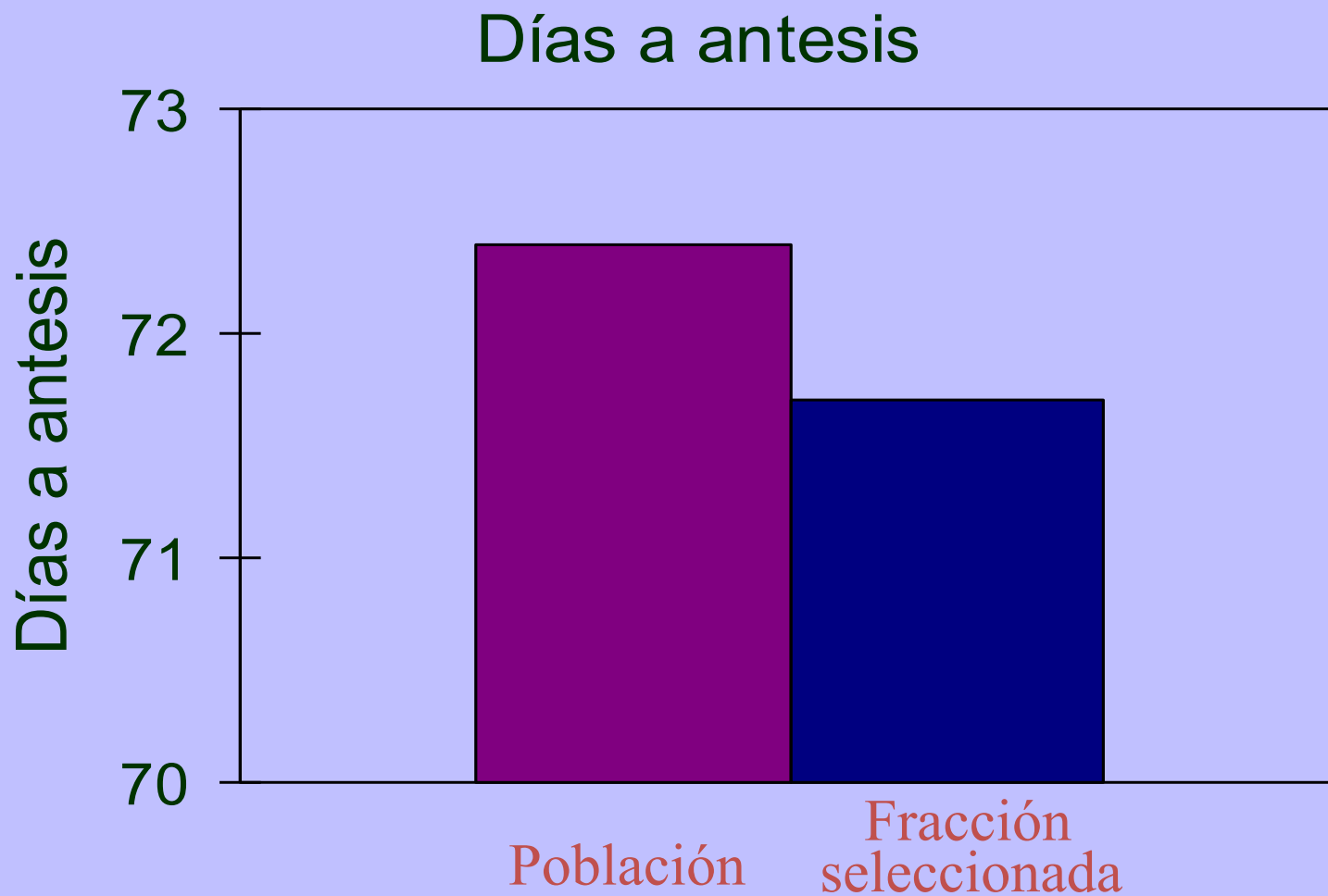
Rendimiento bajo estrés hídrico





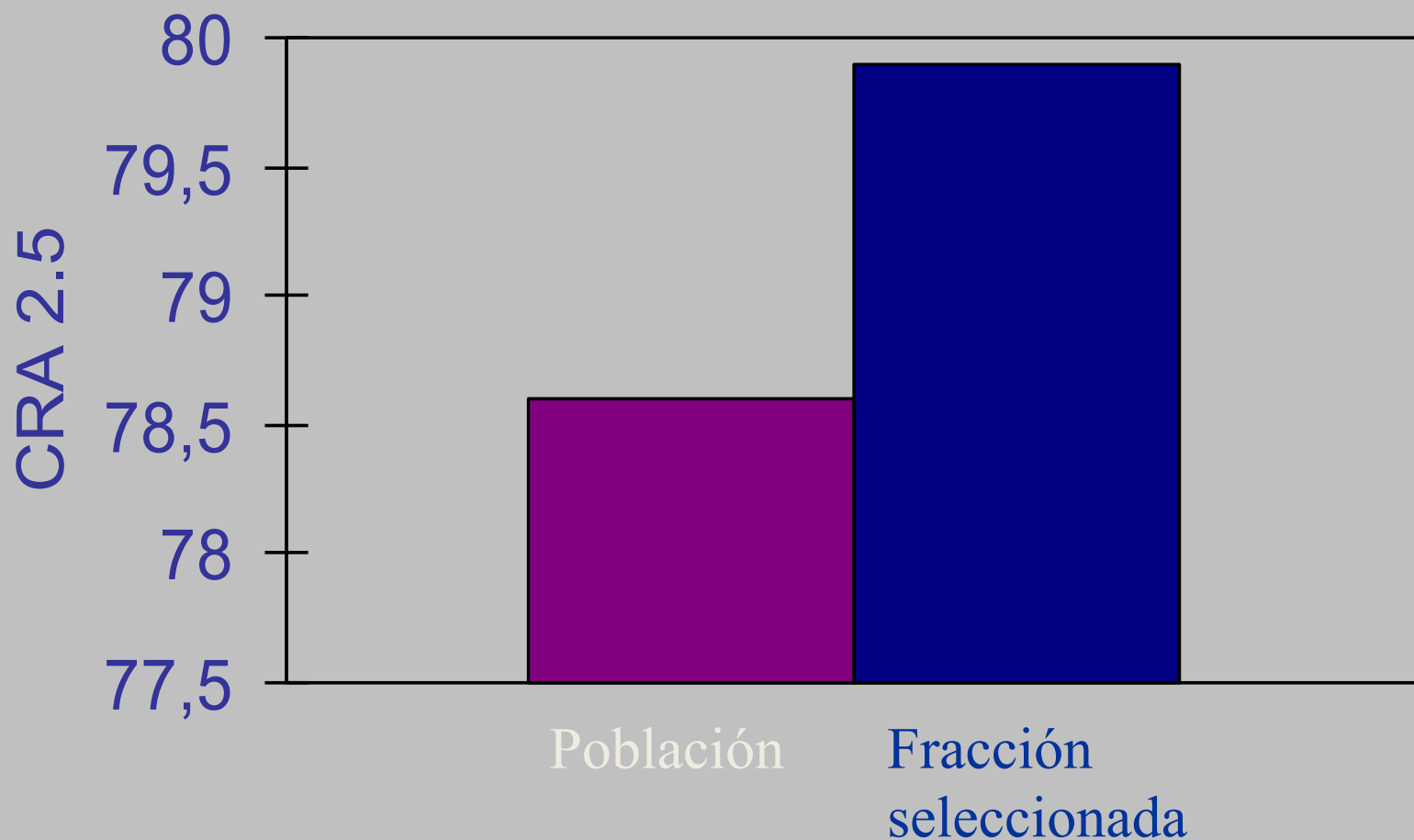
Temperatura de canopia en medio ambiente con estrés





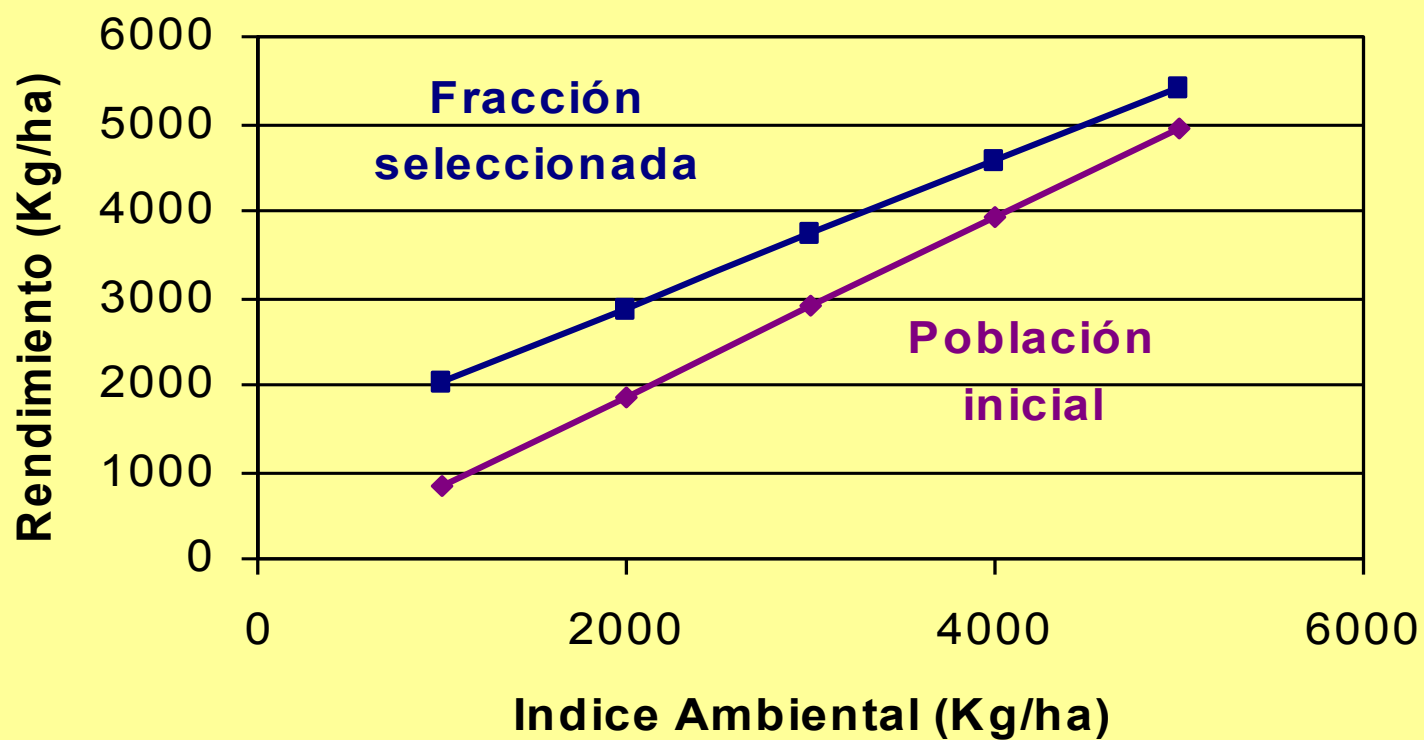


Contenido relativo de agua a -2.5MPa





Estabilidad



EN BÚSQUEDA DE UNA MAYOR TOLERANCIA AL ESTRÉS HÍDRICO EN CEBADA Y TRIGO (A. DEL POZO, 2010)

Estrategia

- ❑ Caracterización fenotípica del germoplasma utilizando caracteres fisiológicos y agronómicos en plantas crecidas con y sin estrés hídrico.
- ❑ Caracterización genotípica mediante marcadores moleculares y genes candidato.
- ❑ Combinar la información genotípica y fenotípica para identificar regiones específicas del genoma (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.





QTLs de respuestas fisiológicas al estrés hídrico identificados en trigo y cebada

Trait	Species	Drought condition	Chromosome location	Reference
Water-soluble carbohydrate	Wheat	Rainfed field	1A, 1D, 2D, 4A, 6B, 7B, 7D	Yang <i>et al.</i> , 2007
Carbon isotope ratio, osmotic potential, chlorophyll content, flag leaf rolling index	Durum wheat	Rainfed field	2B, 4A, 5A, 7B	Peleg <i>et al.</i> , 2009
Grain carbon isotope discrimination	Barley	Mediterranean rainfed field	2H, 3H, 6H, 7H	Teulat <i>et al.</i> , 2002
Relative water content	Barley	Mediterranean rainfed field	6HL	Teulat <i>et al.</i> , 2003
Leaf osmotic potential, osmotic potential at full turgor, osmotic adjustment, carbon isotope discrimination	Barley	Water-deficit in growth chamber	6HL	Teulat <i>et al.</i> , 2001; Diab <i>et al.</i> , 2004
Water-soluble carbohydrate	Barley	Water-deficit in growth chamber	4H	Diab <i>et al.</i> , 2004
Chlorophyll and chlorophyll fluorescence parameters	Barley	Post-flowering drought	2H, 4H, 6H, 7H	Guo <i>et al.</i> , 2008
Relative water content	Barley	Water-withholding	1H, 2H, 6H	Chen <i>et al.</i> , 2010a

Fleury et al., 2010



QTLs identificados para tolerancia a estreses abióticos en trigo y cebada.

Stress	Chromosome location	Reference
Wheat		
Drought	20 QTLs	Kirigwi <i>et al.</i> , 2007; Mathews <i>et al.</i> , 2008; Salem <i>et al.</i> , 2007
Cold	5A, 1D	Baga <i>et al.</i> , 2007
Copper toxicity	1AL, 2DS, 3DS, 4AL, 5AL, 5DL, 5BL, and 7DS	Balint <i>et al.</i> , 2007; Balint <i>et al.</i> , 2009
Aluminium toxicity	4DL, 3BL, 2A, 5AS, and 2DL	Cai <i>et al.</i> , 2008; Ma <i>et al.</i> , 2006
Salinity	47 QTLs	Ma <i>et al.</i> , 2007
Heat	1B, 5B, and 7B	Mohammadi <i>et al.</i> , 2008b
Nitrogen deficiency	2D, 4B, and 5A	Laperche <i>et al.</i> , 2008
Barley		
Drought	38 QTLs	von Korff <i>et al.</i> , 2008
Salinity	30 QTLs	Witzel <i>et al.</i> , 2010; Xue <i>et al.</i> , 2009
Water-logging	20 QTLs	Li <i>et al.</i> , 2008
Aluminium toxicity	2H, 3H, and 4H	Navakode <i>et al.</i> , 2009

Fleury *et al.*, 2010



Mejoramiento molecular

(Dreisigacker; William et al., 2007)

Marcadores utilizado en el CIMMYT (42,000 /ano)

- Rusts:
Lr19/Sr25, Lr34, Lr35/Sr39, Lr37/Yr17/Sr38, Lr47, Sr22, Sr24, Sr26, Sr36, Lr14, Lr3a, Lr46
- Other fungi: *Fhb1, Fhb2, 5A-QTL, H, Stb*
- Viruses: Bdv2
- Soil-borne diseases: **Cre1, Cre3, Cre5, Rlnn, 2.49**
- Quality: Pina,b, **1B/1R, 1A/R translocation**, Gpc-B1, GBSS, Glu-D1, Glu-1Bx, pre-harvest sprouting, Psy
- Adaptation: Ppd-D1, Ppd-B1, Vrn-A1, Vrn-B1, Vrn-D1, Rht1, Rht2
- Other: **Bo1, Ph1**

MAS Outline



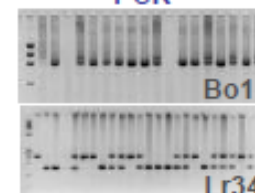
Sampling of leaf tissue



DNA extraction



PCR



Fragment analyses



Field selection based on MAS



“the ability to meet the challenges of the 21st century will depend on ability to close the phenotype gap. Current basic research is placing an emphasis on genomics and genetic discovery. While this is necessary for basic science it is not sufficient for crop improvement”

Fleury 2010



AUMENTO DE EUA POR MEDIOS AGRONOMICOS

- Siembras Tempranas.
- Fertilización.

Aumento de la proporción del agua transpirada

- Cubierta del suelo, residuos.
- Control de malezas (Uso de cultivos resistentes a herbicidas de multiespectro)



Laboratorio de Relación Suelo-Agua-Planta



GRACIAS

www.sap.uchile.cl