



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Agrarias

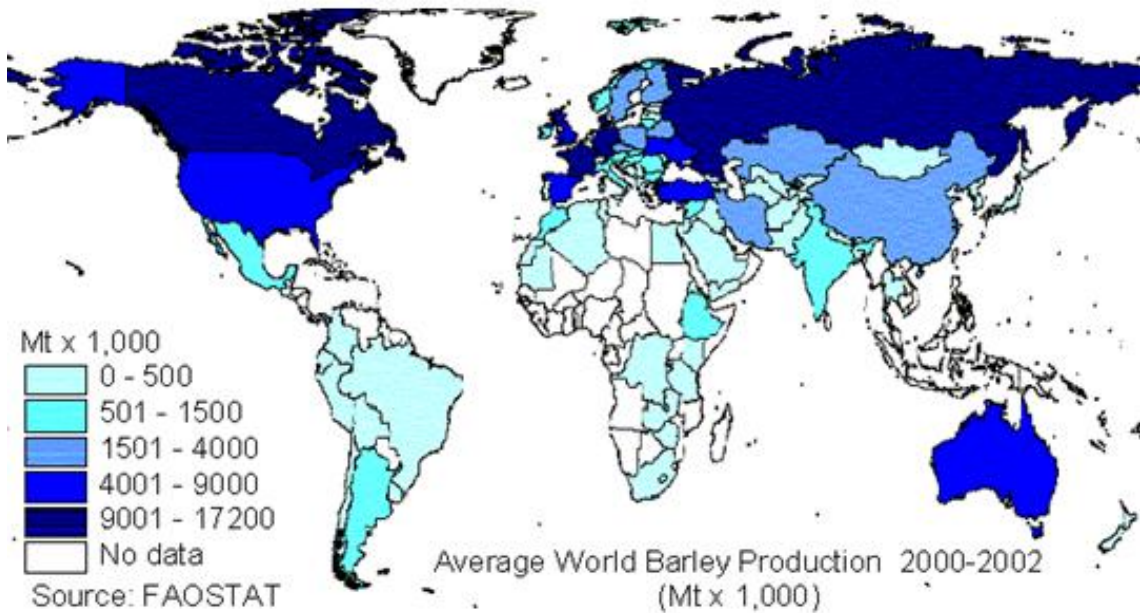
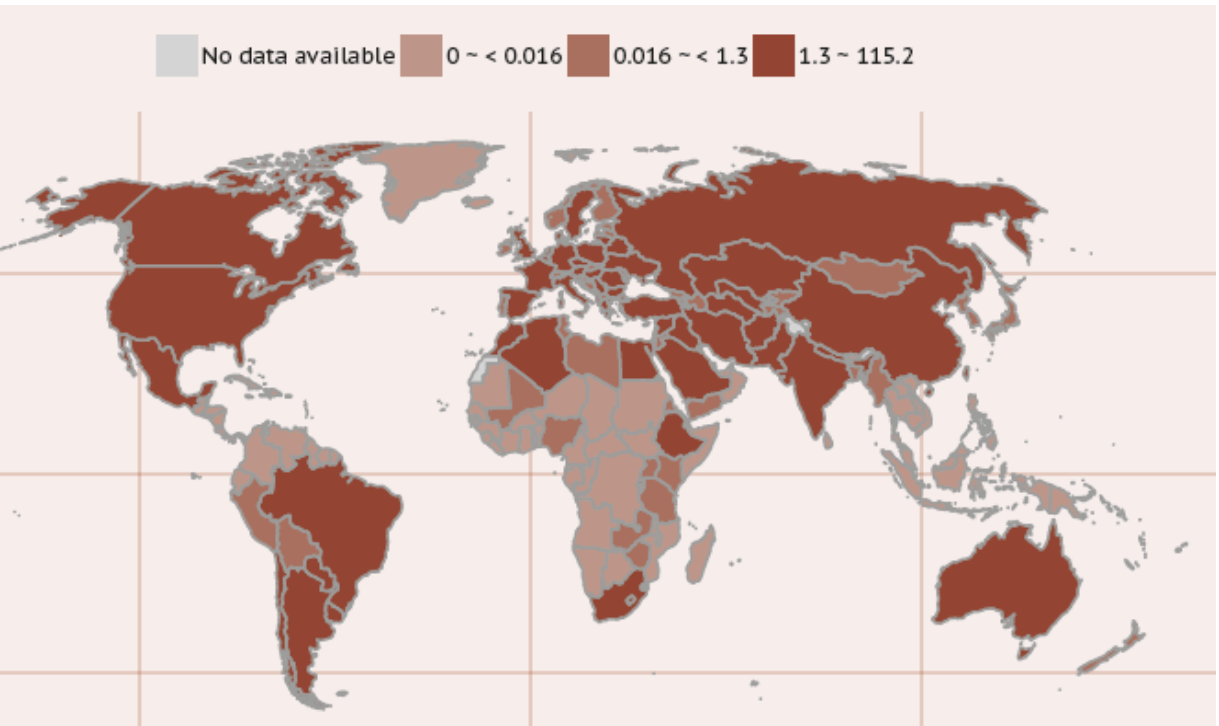


Prácticas de manejo para mitigar el efecto de las altas temperaturas sobre la productividad de trigo y cebada

Carolina Lizana campos

- Estrés térmico continuo afecta aproximadamente 7 millones de hectáreas de trigo en los países en desarrollo, mientras que el estrés terminal por calor es un problema en el 40% de los ambientes templados, que cubren 36 millones de ha.
- Estrés térmico continuo es definido por una temperatura media diaria de más de 17,5 ° C en el mes más frío de la temporada (Fischer y Byerlee, 1991).
- Más de 50 países que producen mas de 20 millones de toneladas de trigo por año, experimentan este tipo de estrés a lo largo del ciclo de trigo.

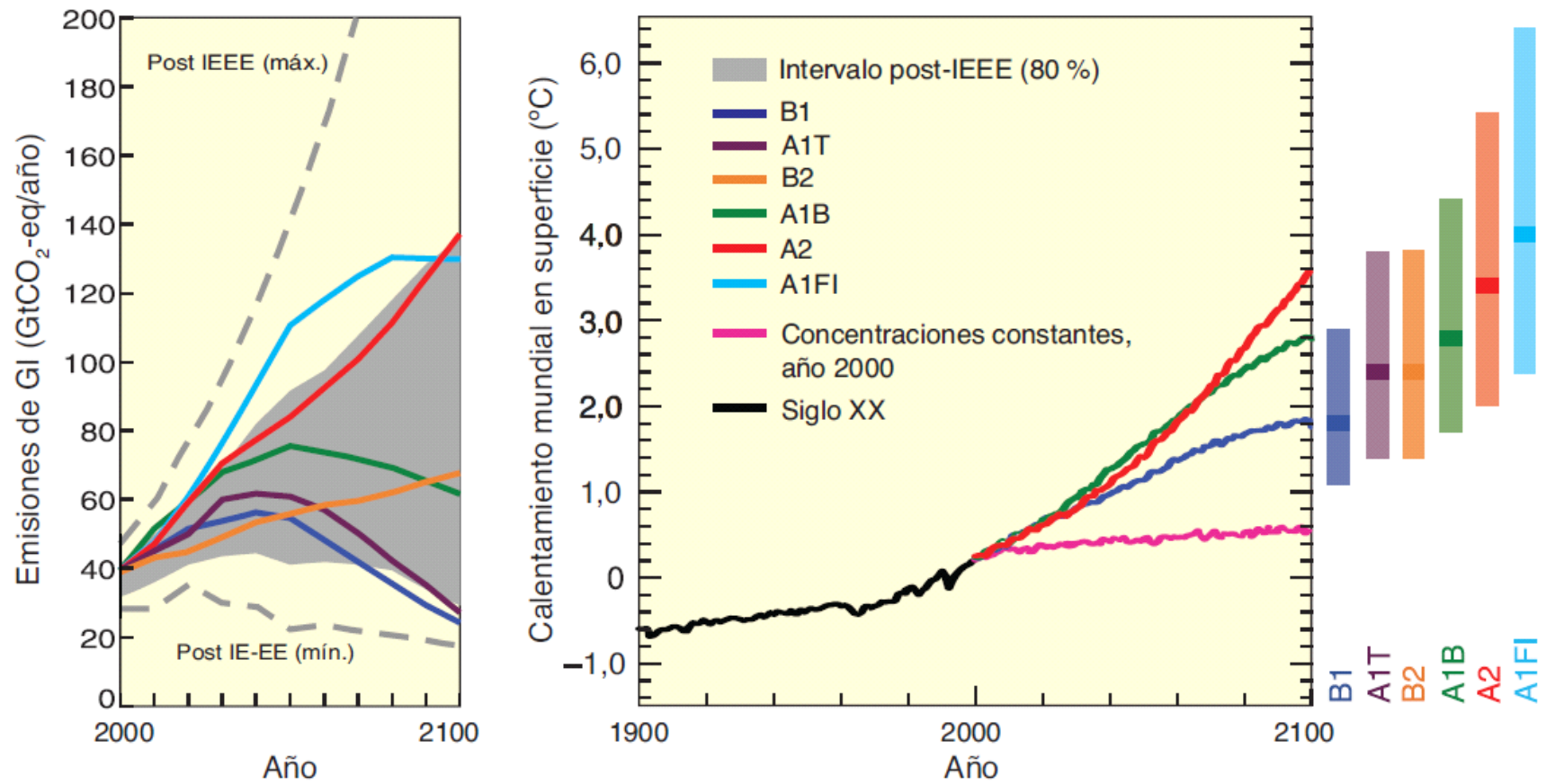
Producción de trigo y cebada en el mundo



AUMENTO DE LA TEMPERTURA MEDIA

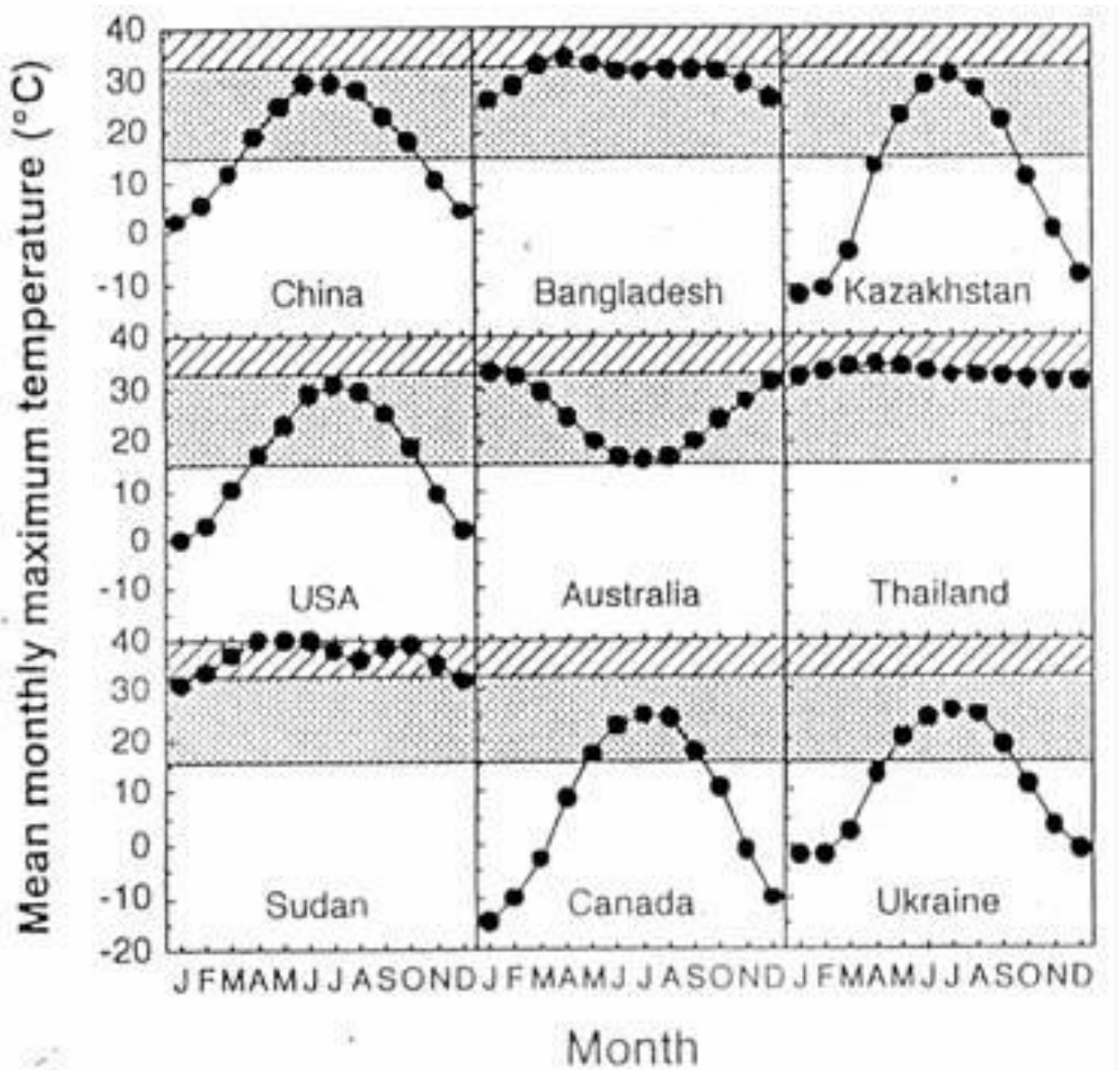
Caso	Cambio de temperatura (°C en 2090-2099 respecto de 1980-1999) ^{a, d)}	
	Estimación óptima	Intervalo <i>probable</i>
Concentraciones constantes en los niveles del año 2000 ^b	0,6	0,3 – 0,9
Escenario B1	1,8	1,1 – 2,9
Escenario A1T	2,4	1,4 – 3,8
Escenario B2	2,4	1,4 – 3,8
Escenario A1B	2,8	1,7 – 4,4
Escenario A2	3,4	2,0 – 5,4
Escenario A1FI	4,0	2,4 – 6,4

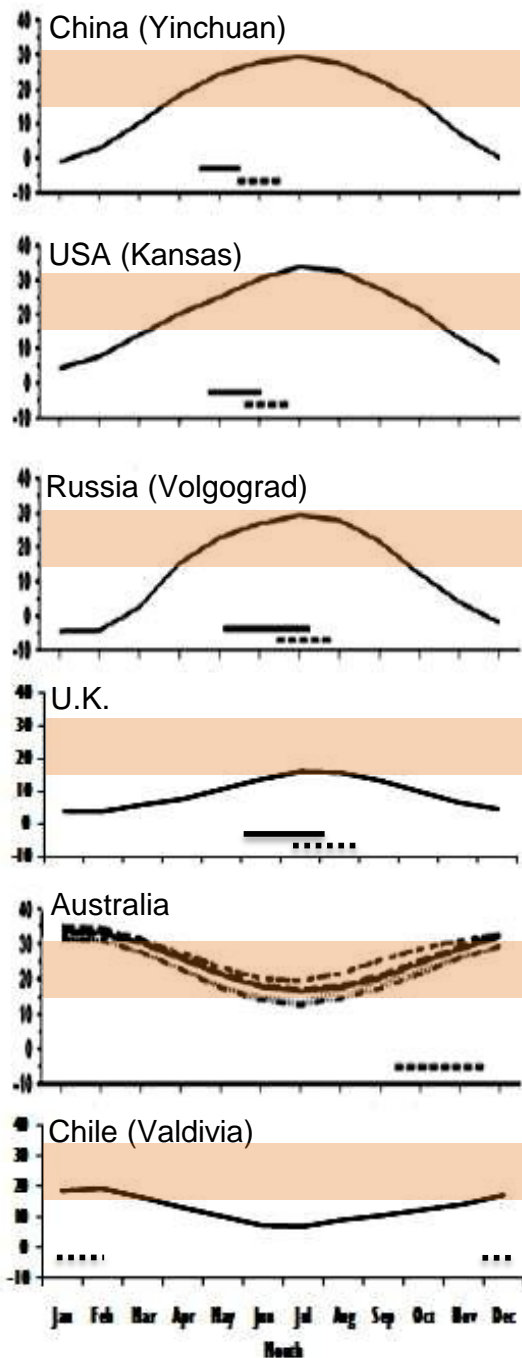
Escenarios de emisiones de GEI entre 2000 y 2100 (en ausencia de políticas climáticas adicionales),
y proyección de las temperaturas en superficie



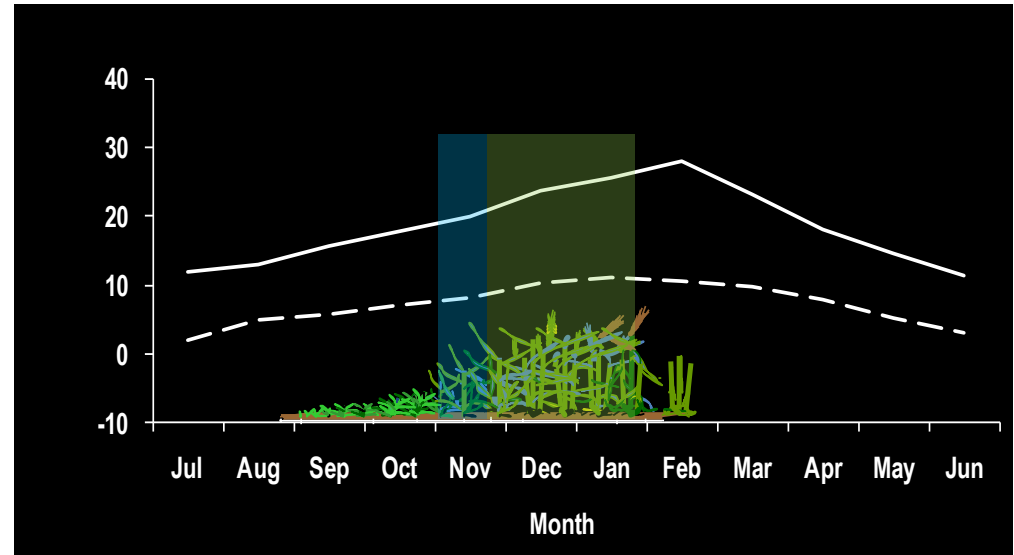
IEEE = ESCENARIOS DE EMISIÓN CON EFECTO INVERNADERO (2000)

Temperaturas moderadamente altas (15-32°C) y muy altas (32-50°C)



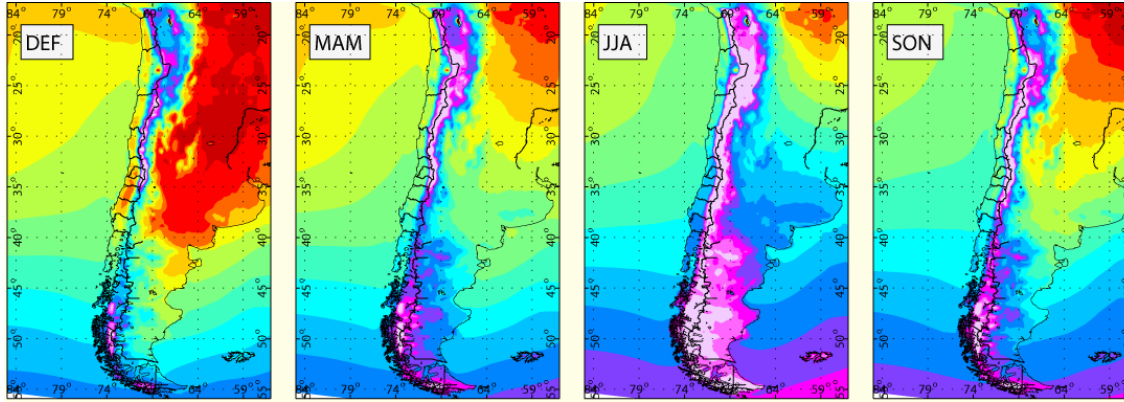


El incremento esperado para la zona centro-sur de Chile (37-40°S), donde se siembra el 70% del cultivo de trigo y el 93% de la cebada, será entre 2 to 4°C para el 2100 entre los meses Septiembre y Febrero

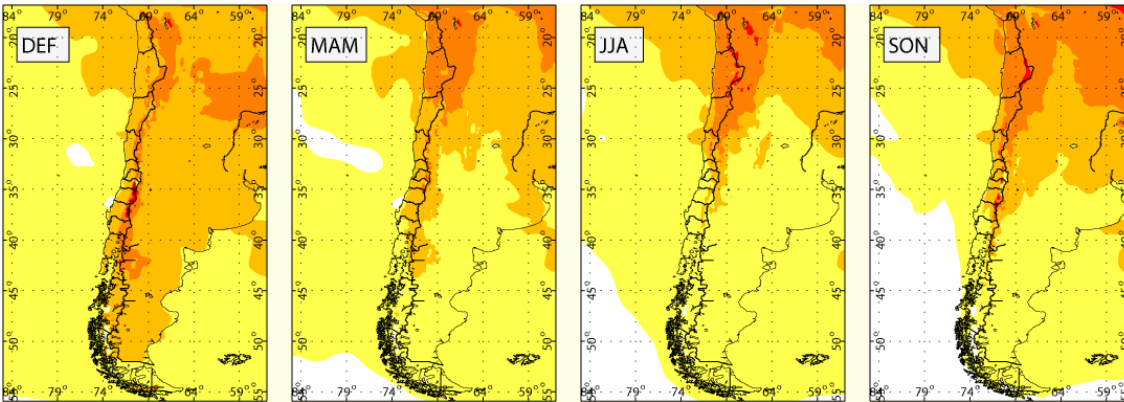


Future climatic scenarios

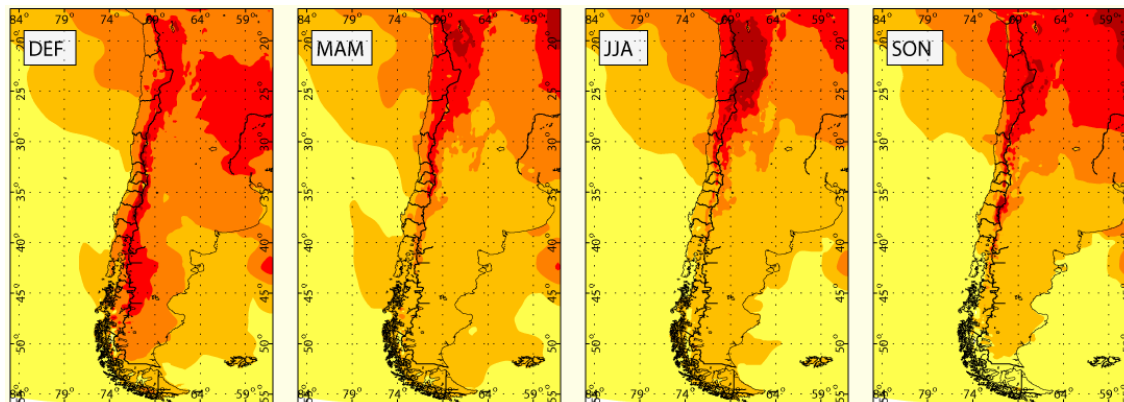
ACTUAL



MODERATE

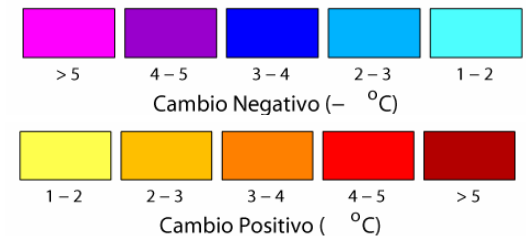


SEVERE

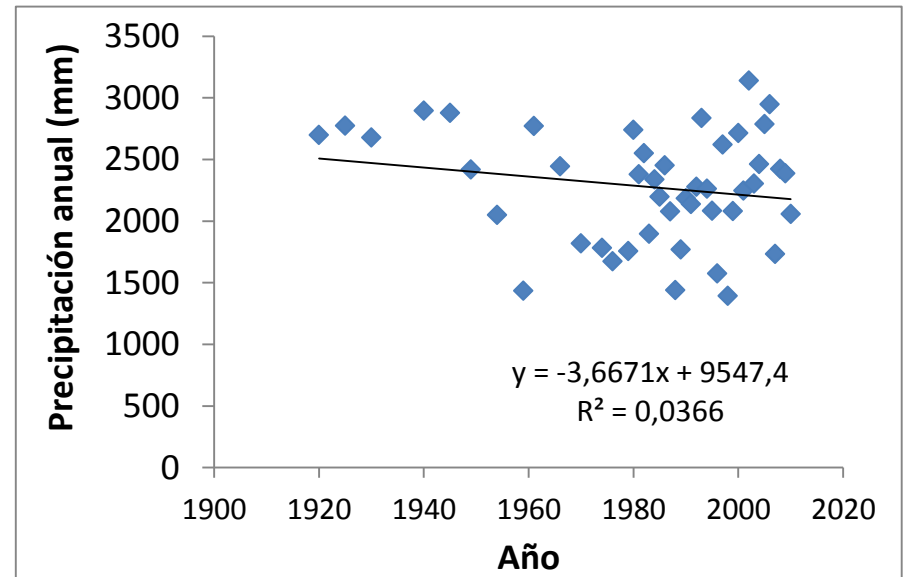
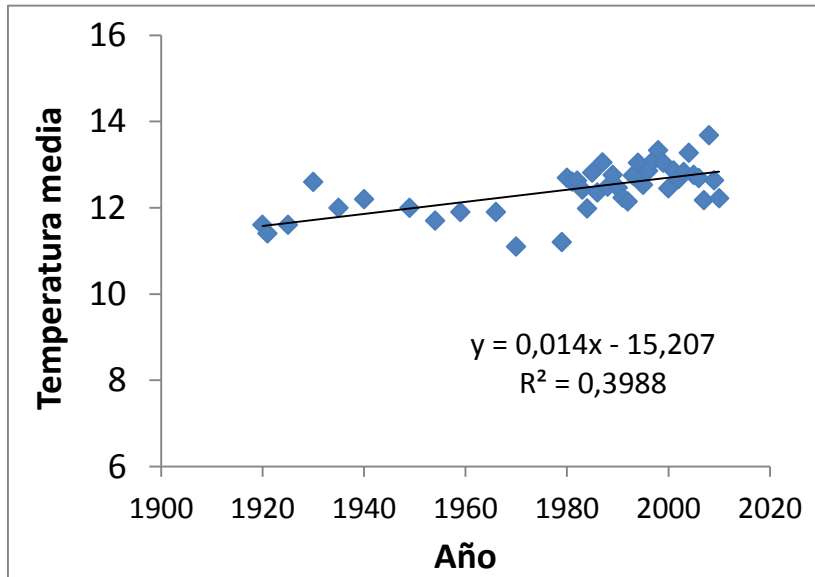


Global projections calculate that average world temperature will increase between 1.7 to 4.9°C toward the end of the present century in the absence of climate mitigation policies (Wigley and Raper, 2001).

In Chile, projected increase of temperature for the Central-South country area (37-40°S), where wheat is widely sown (70% of Chilean sowing area), is between 1 to 4°C under moderate to severe gas emission scenario toward 2100 (Department of Geophysics – University of Chile, 2006).



Tendencias de algunos años en Valdivia



Procesos involucrados en el cambio climático

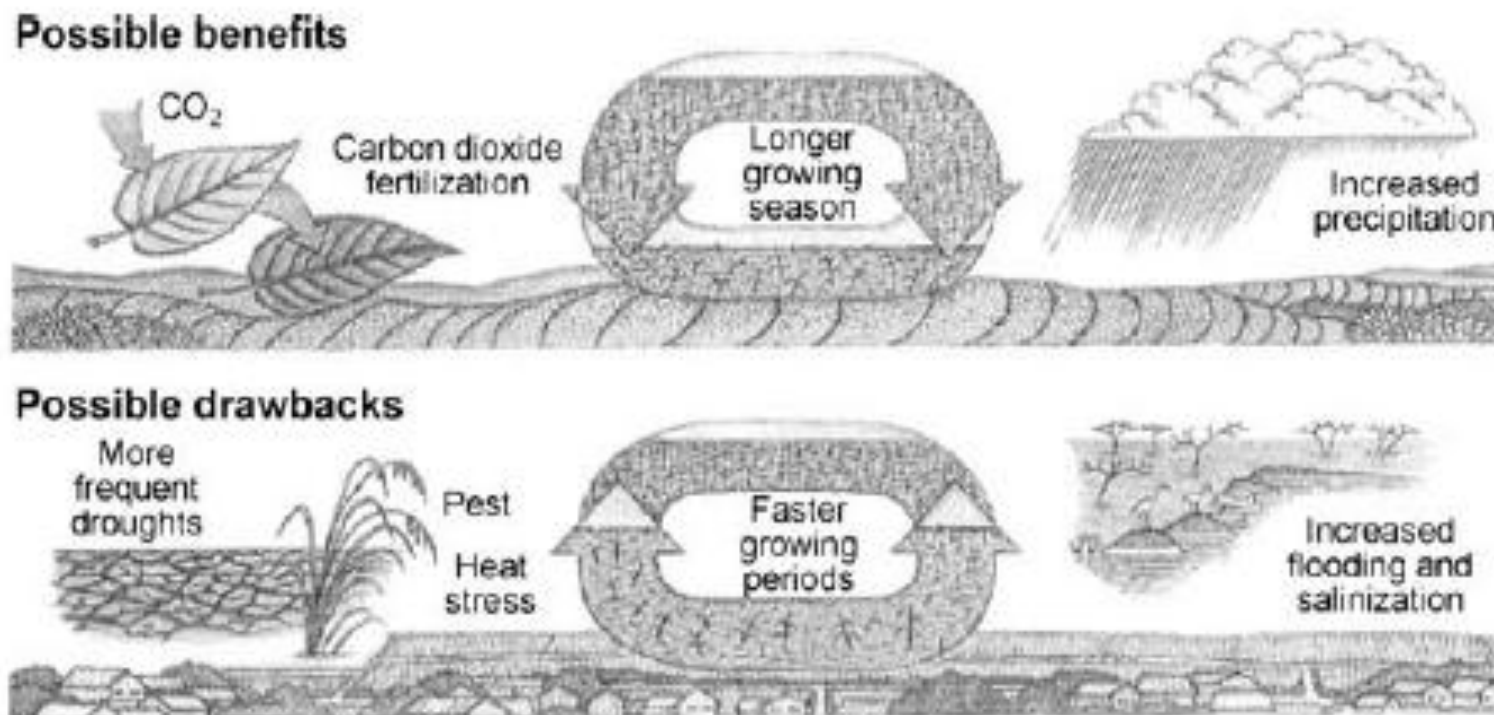
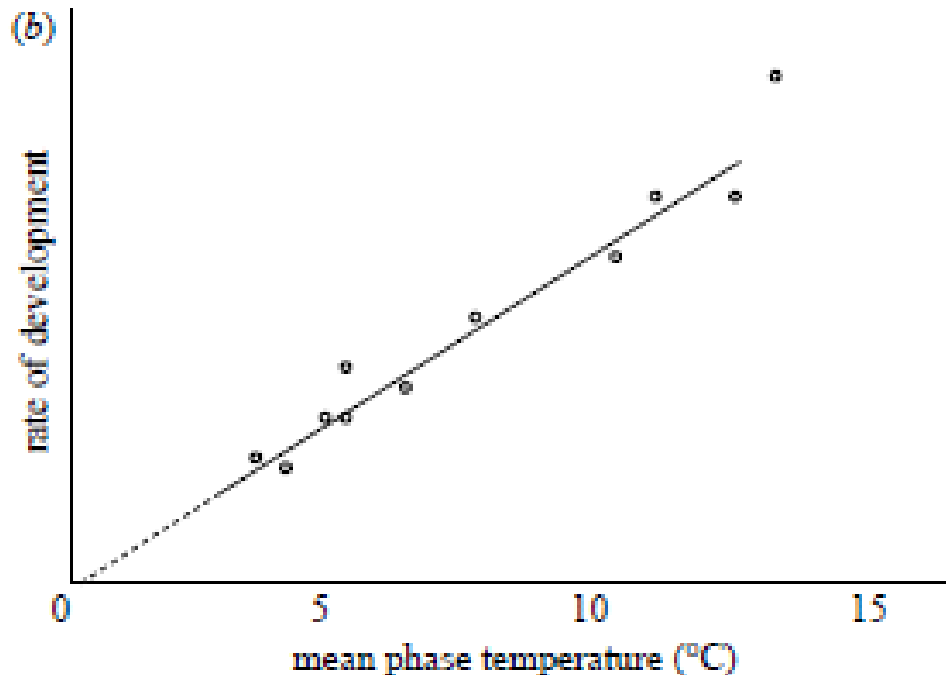


Fig. 1 Agro-ecosystem processes and a changing climate (from: Bongaarts 1994)

VARIABLES FISIOLÓGICAS ASOCIADAS CON TOLERANCIA A ALTA TEMPERATURA

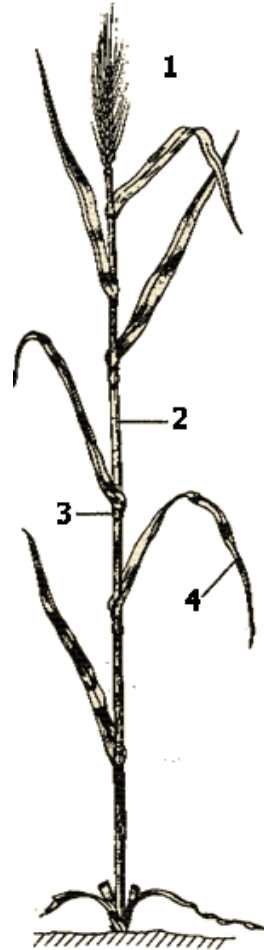
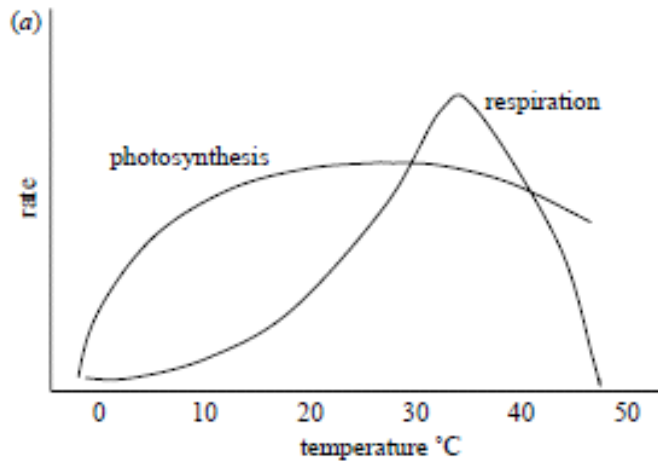
Efectos de alta temperatura

- Acortamiento del período de crecimiento
- Menor intercepción de radiación
- Menor número de granos por unidad de área



Consecuencias de altas temperaturas en el comportamiento de la planta

Figure 1. Observed (FAO 2003) grain yields of wheat for selected countries in Europe.



↓ Fotoasimilación

↓ Biomasa

↓ Cobertura temprana

RUE

↓ Stay green

(Clorofila, cambio en
Clo a:Clo b, senescencia)

↓ Actividad amidón sintetasa

Rasgos fisiológicos asociados con tolerancia a alta temperatura

- Escape a estrés por calor
- ↑ Fotosíntesis de la espiga, cuando se afectan las hojas

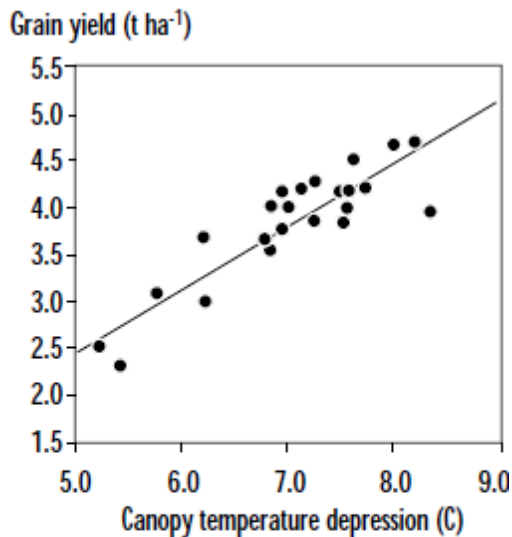


Figure 6. Relationship of mean grain yield to mean CTD for 23 genotypes, averaged over two sowings, Taltizapan, Mexico, 1992-93.

Depresión de la T^0 de la canopia (CTD)

↓ Conductancia estomática

Termoestabilidad de las membranas (TM)

- ↑ Cerosidad de la hoja, para reducir carga de calor.

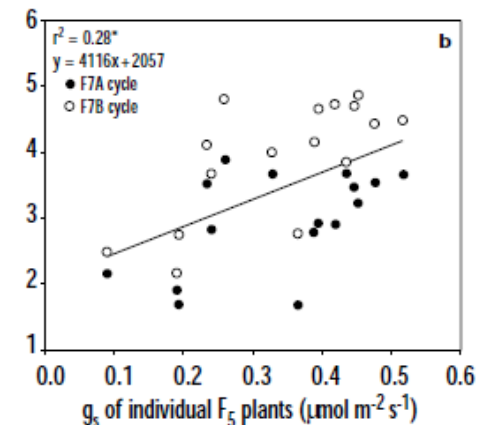
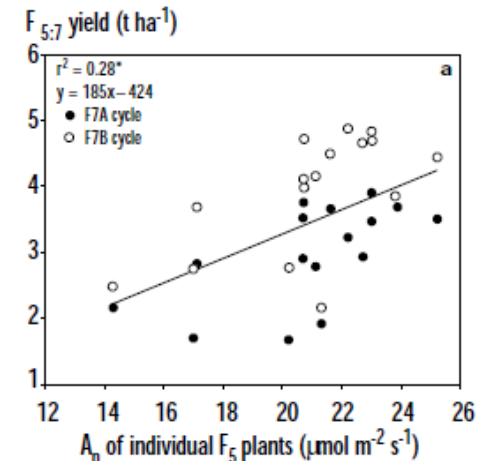
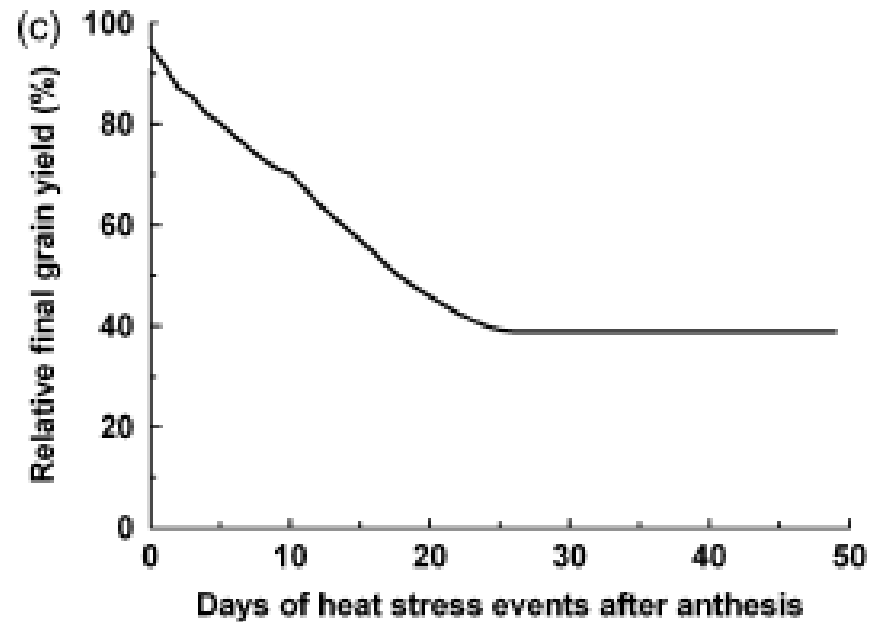
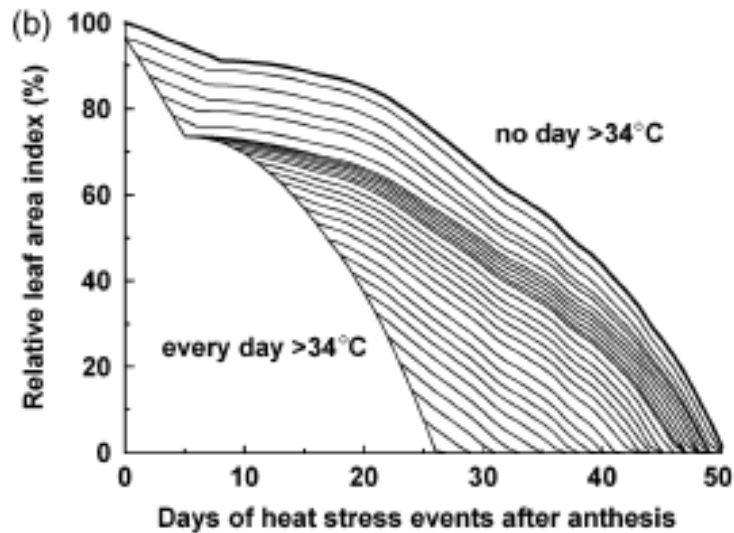
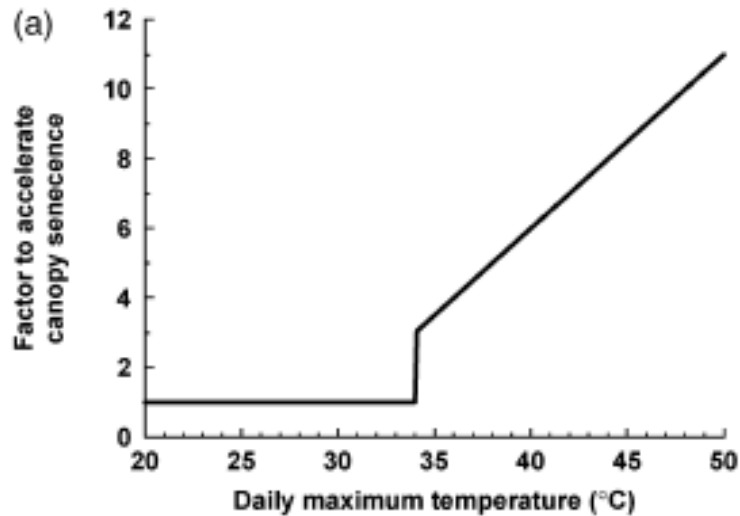
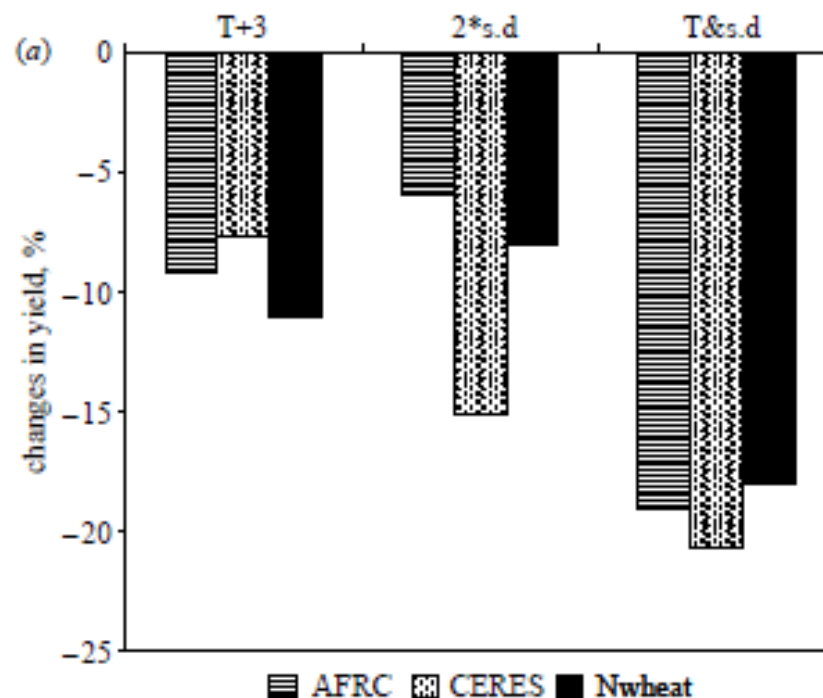
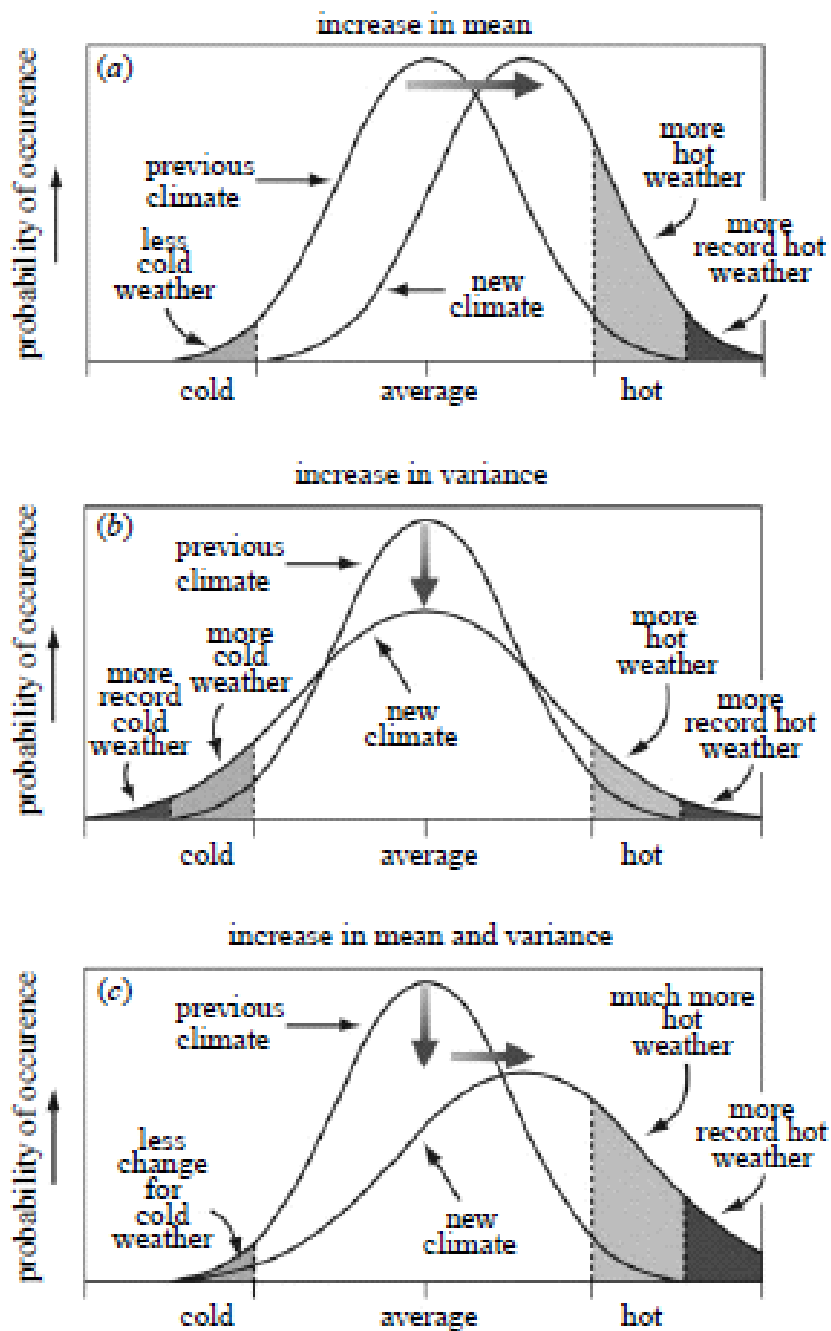


Figure 9. (a) Relationship between $F_{5:7}$ grain yield and leaf photosynthesis rate (A_n) of individual F_5 plants. (b) Relationship between $F_{5:7}$ grain yield and stomatal conductance (g_s) of individual F_5 plants. * significant at $p = 0.05$.

Senescencia de la canopia por alta temperatura



Cambios proyectados en el rendimiento en grano por incremento en la temperatura y la variabilidad térmica usando diferentes modelos de simulación



Proyecciones de impacto en el rendimiento

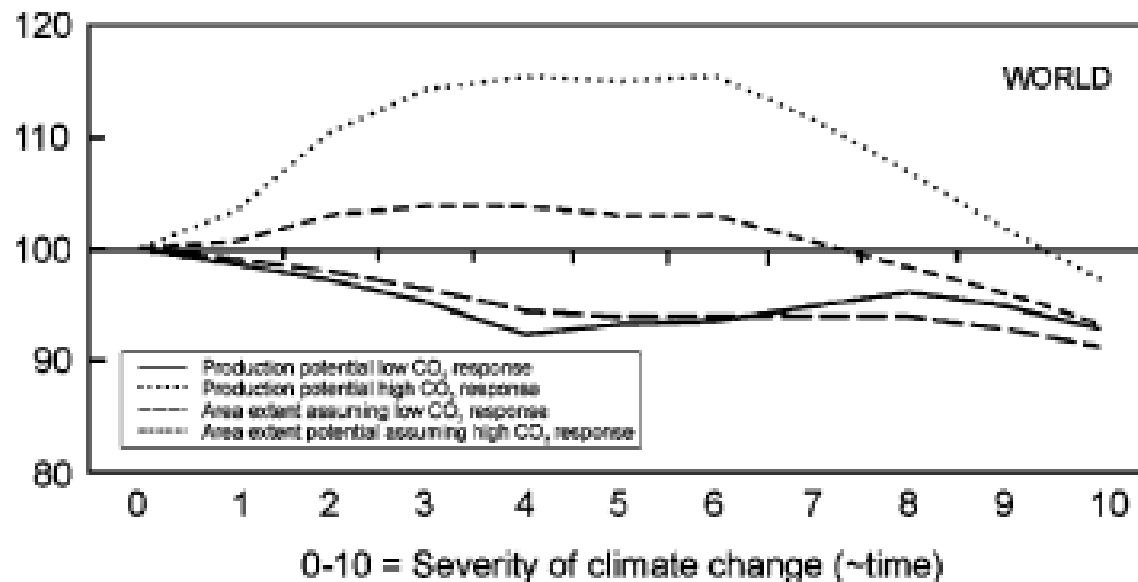
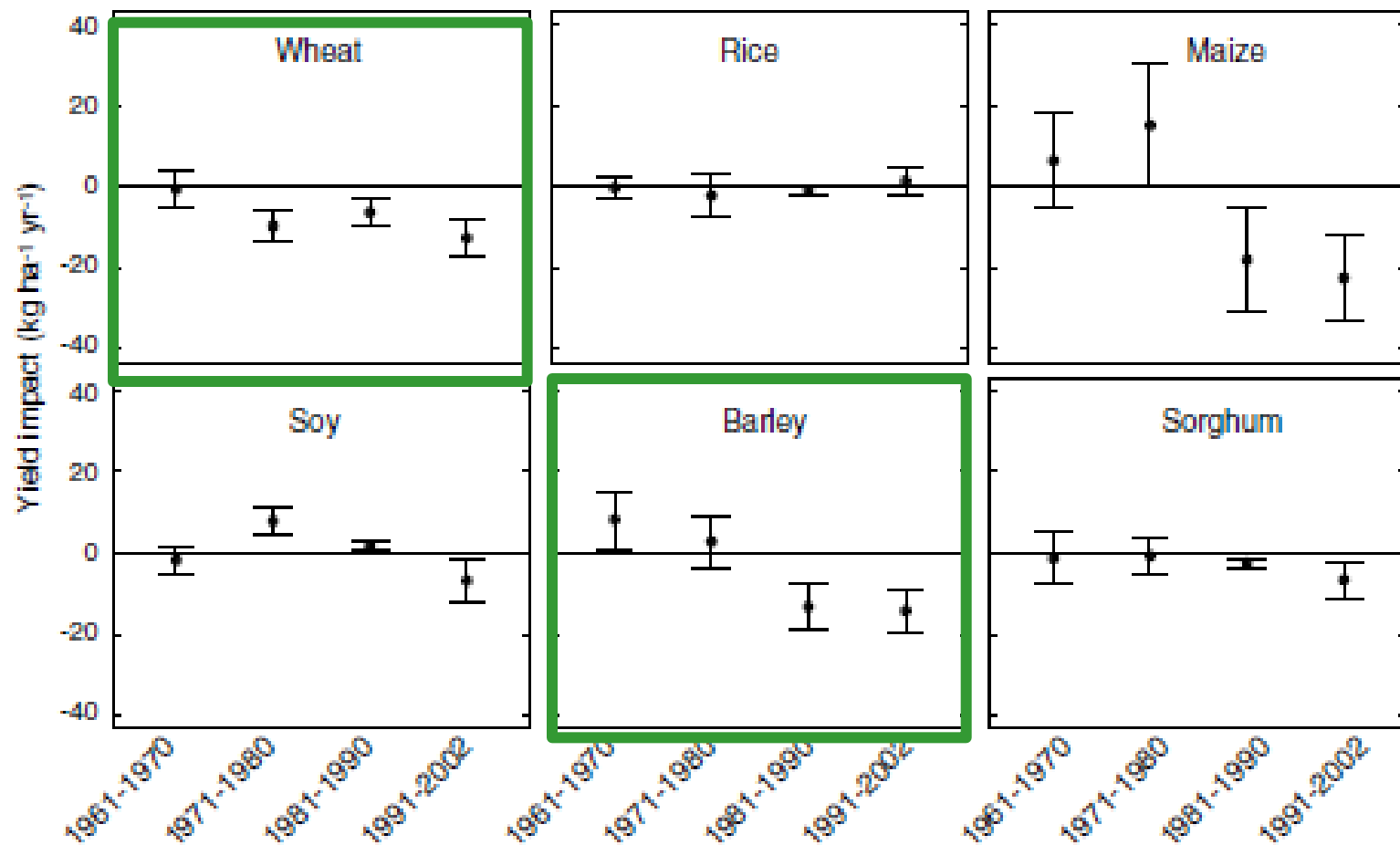
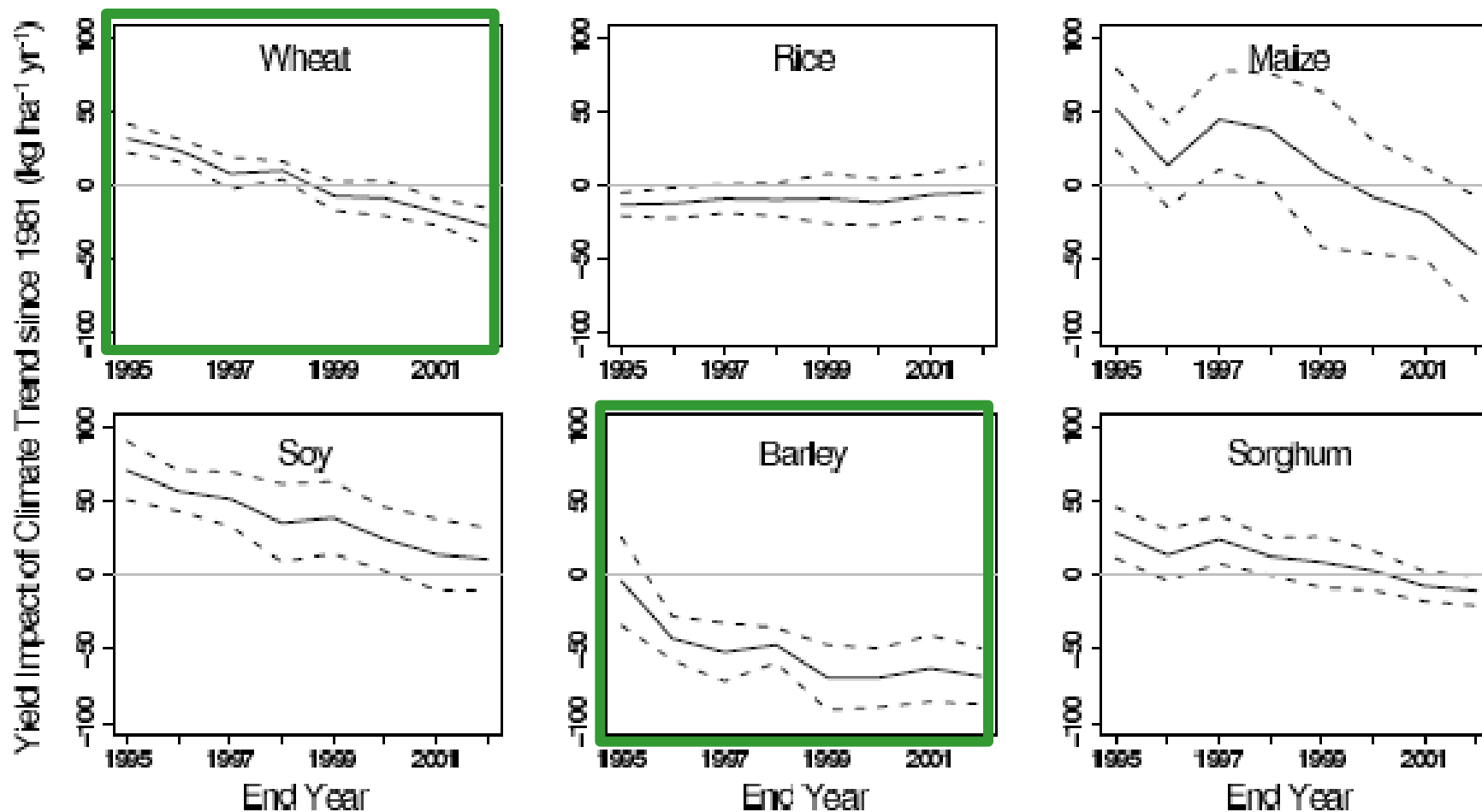


Fig. 2 Generalized projection of world cereal production potential and areal extent under low and high CO₂ responses for increasing severity of climate change (data from Fischer et al. 2001)

Proyecciones de impacto en el rendimiento



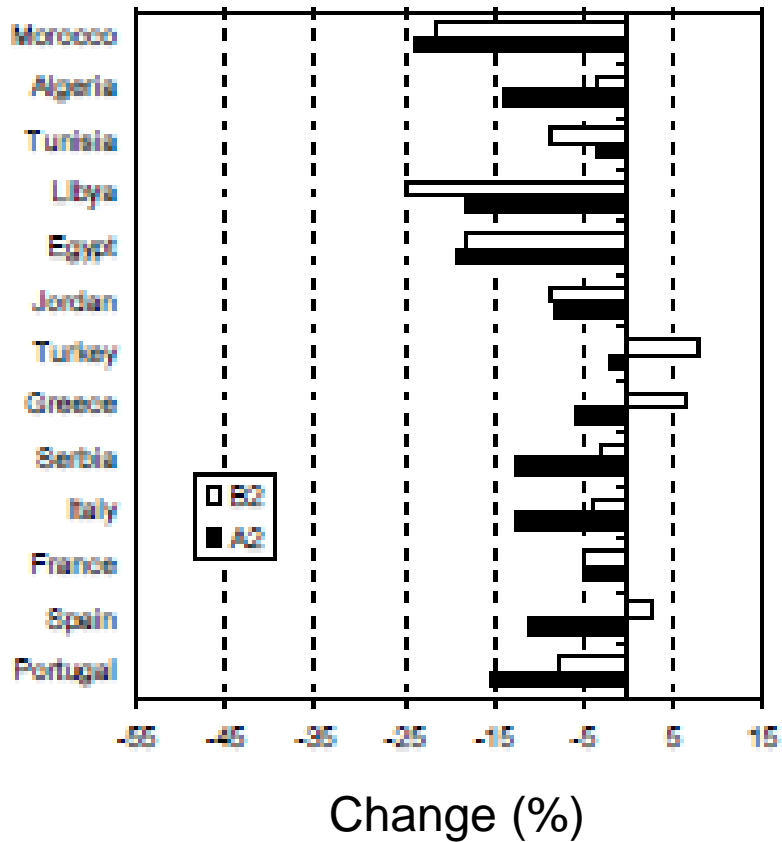
Proyecciones de impacto en el rendimiento



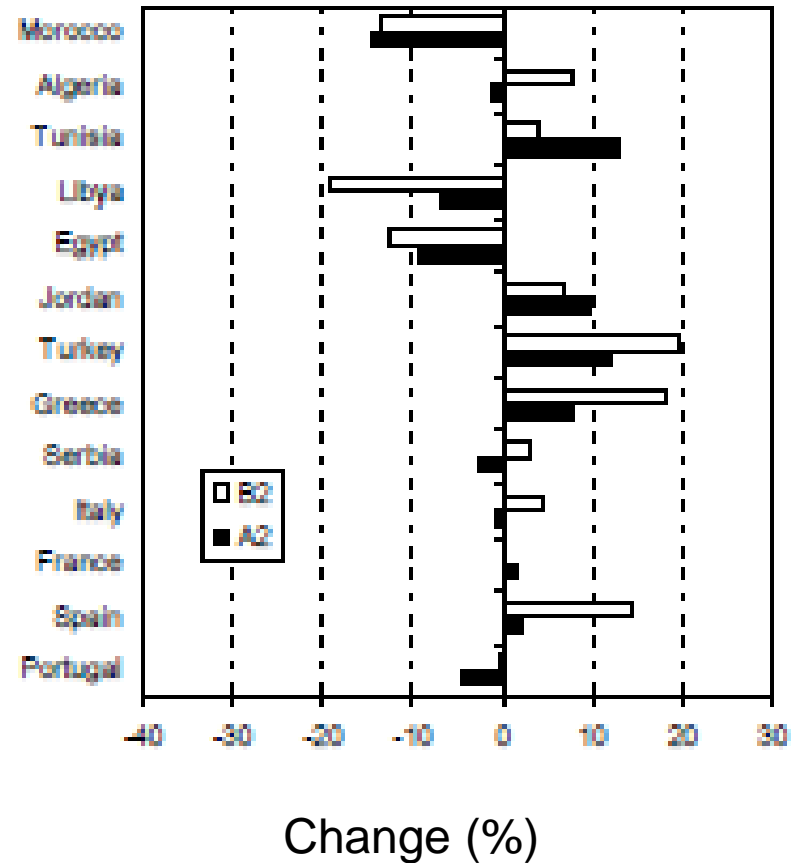
Lobell and Field 2007

Mitigación del impacto de altas temperaturas sobre el rendimiento de cereales en el mediterráneo, por aumento de CO₂

Current CO₂



CO₂ +



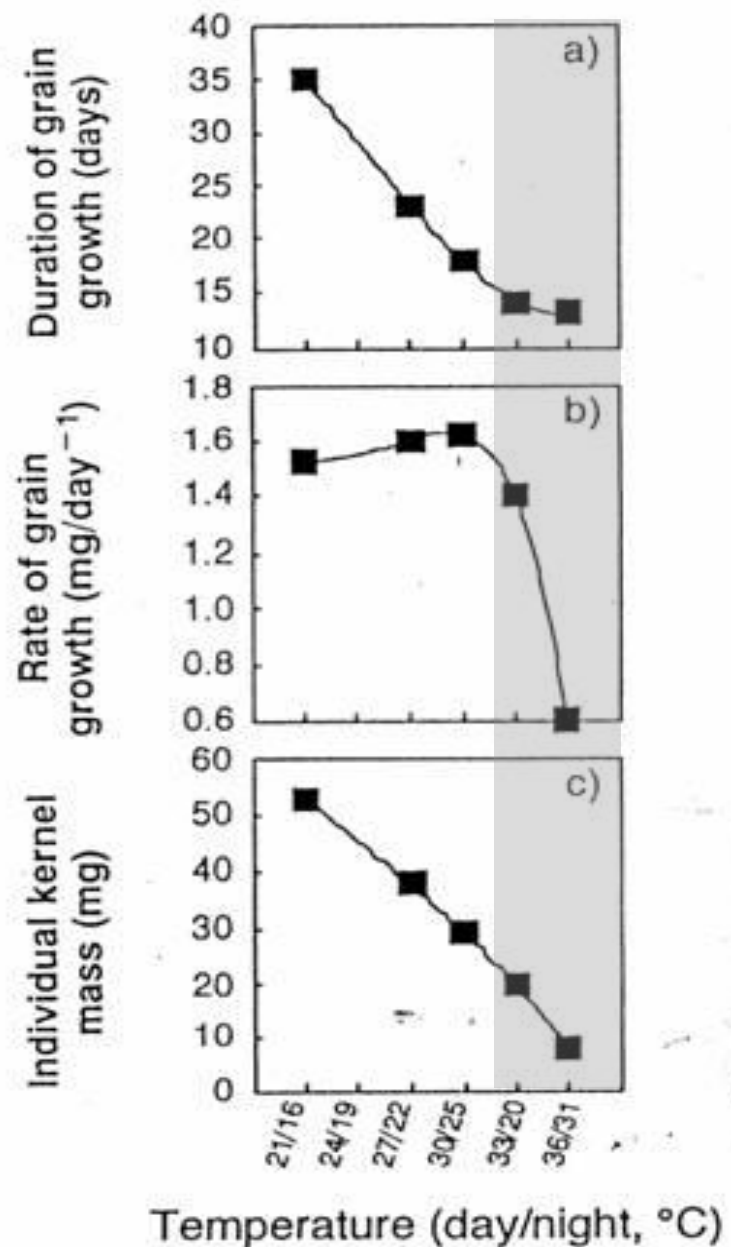
Efecto del cambio climático según desarrollo

Table 1 Aggregated developing-developed country differences (per cent) in average crop yield changes from baseline for the Hadley HadCM2 and HadCM3 climate change scenarios (Parry et al. 2004)

Scenario	HadCM3—2080s						HadCM2—2080s		
	A1F	A2a	A2b	A2c	B1 a	B2a	B2b	S550	S750
CO ₂ (ppm)	810	709	709	709	527	561	561	498	577
World	-5	0	0	-1	-3	-1	-2	-1	1
Developed	3	8	6	7	3	6	5	5	7
Developing	-7	-2	-2	-3	-4	-3	-5	-2	-1
Difference (%)									
Developed-developing	10.4	9.8	8.4	10.2	7.0	8.7	9.3	6.6	7.7

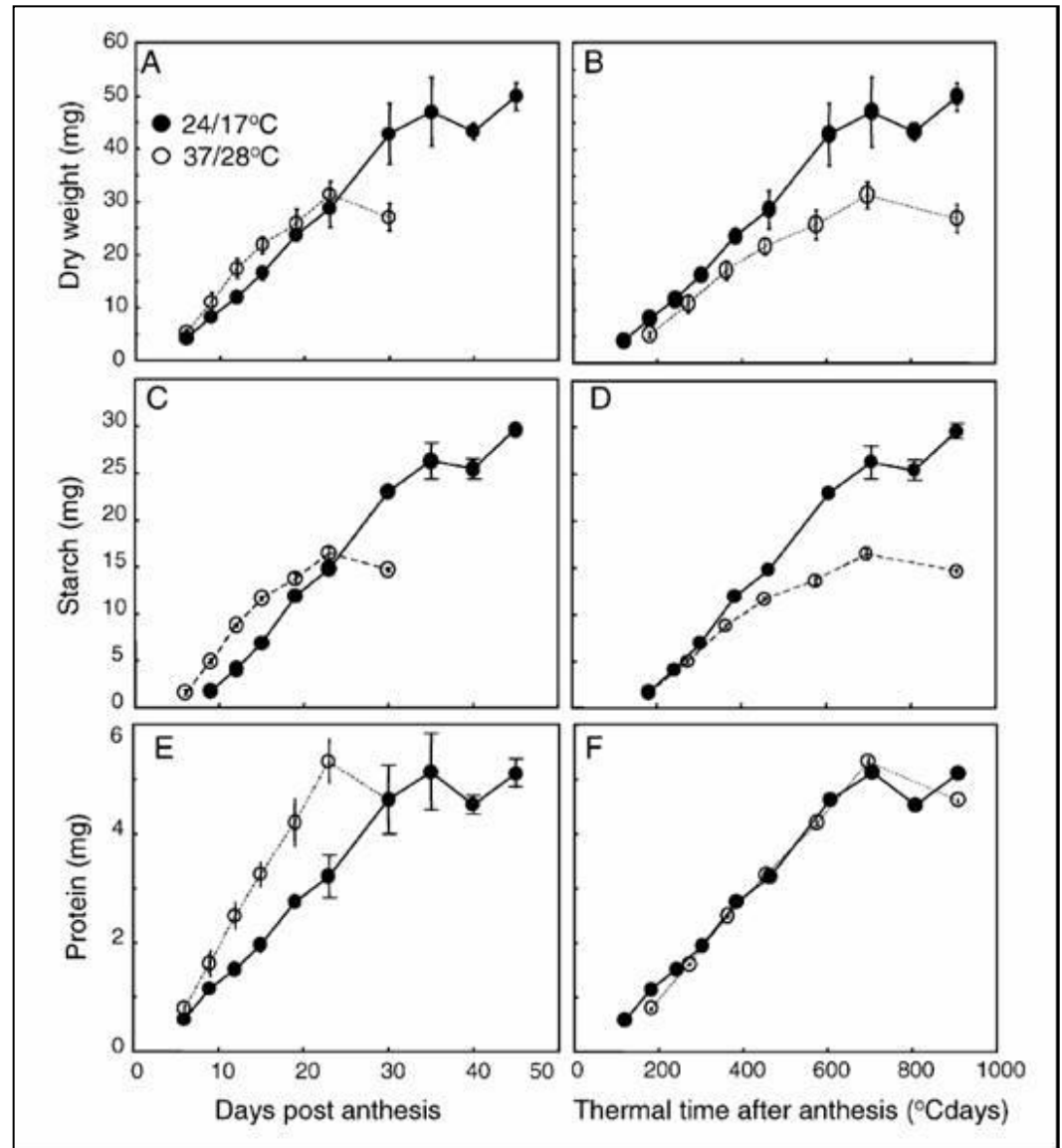
EFEECTO SOBRE LA CALIDAD DE LOS GRANOS

EFFECTO DE ALTAS TEMPERATURAS SOBRE EL PESO DE GRANOS EN TRIGO

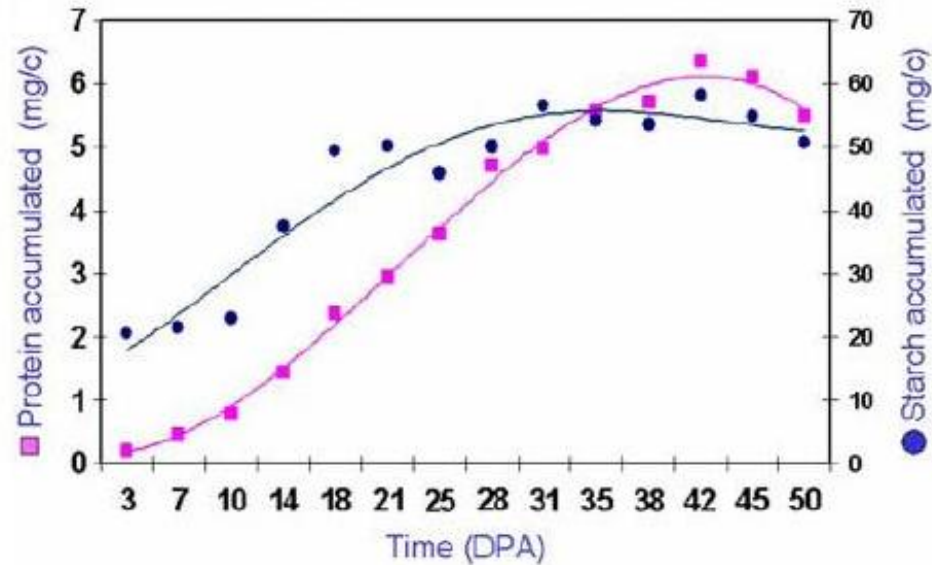


Los componentes del grano presentan sensibilidad diferencial a estrés.

Tratamientos térmicos (túneles con ambiente controlado) aplicados entre antesis y madurez fisiológica en un genotipo de trigo, en ausencia de NPK post antesis.



Almidón y proteína son diferencialmente acumulados en el tiempo en granos de trigo



Laudencia-Chinguanco, Plant Mol Biol 2009

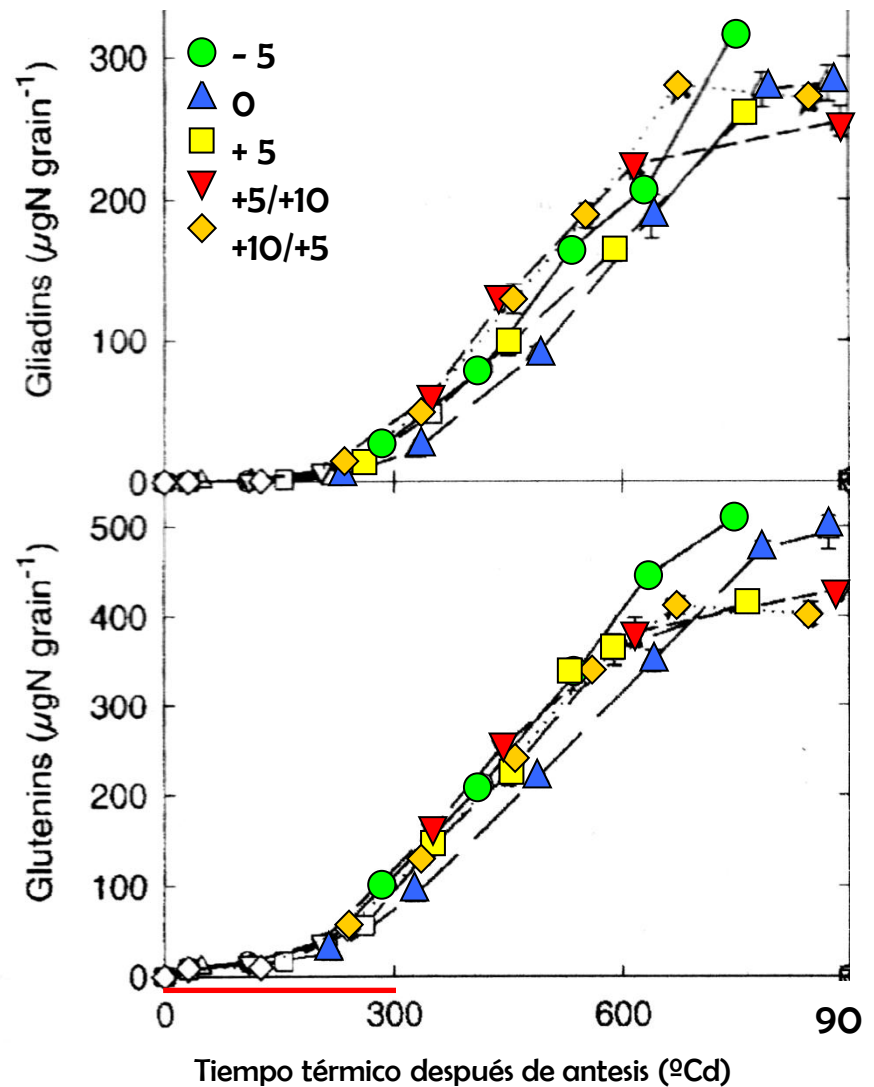
References	POST ANTHESIS Controlled experiments	Temperature range (°C)	Protein increase (%)
Wardlaw et al., 2002	6 daa-PM,	16-28	1.5 - 2
Wardlaw et al., 2002	20-23 to 28 daa	16-37 *	0 - 1.7
Spierz et al., 2006	10-13 daa,	16-32 *	2.8-6.8

La composición de las proteínas puede ser modificada por estrés que alteran el peso de los granos

La proporción de gliadinas y gluteninas es la principal determinantes de la fuerza de la masa

Tratamientos térmicos (túneles con ambiente controlado) aplicados entre antesis y madurez fisiológica en un genotipo de trigo.

Triboï et al., 2003



PRÁCTICAS DE MANEJO PARA MITIGAR EL EFECTO DE ALTAS TEMPERATURAS

1. ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Cambio en áreas geográficas de cultivos siguiendo con la creación de nuevas zonas agrícolas determinadas por el cambio climático (e.g., Fischer et al. 2001).

2. SISTEMAS DE CULTIVOS

- Rotaciones de cultivos, manejo integrado de plagas, conservación de suelo y rastrojos entre otros.

	CV de la producción
Monocultivo	> 50%
barbechos descanso por 2 años	15%

3. SECUESTRO DE CARBONO

En la actualidad, la agricultura y los cambios asociados al uso de la tierra producen :

	Emisión de CO ₂	emisión de metano	óxido nitroso emitido
Deforestación y el agotamiento del carbono orgánico del suelo	25%		
Uso de maquinaria y fertilizantes			
Ganadería y el cultivo de arroz		50%	
Aplicación de fertilizantes y el aprovechamiento del estiércol			75%

Modificar la gestión actual de los sistemas agrícolas

Mitigar las emisiones antropogénicas globales.

Servicios ambientales para la sociedad .

Secuestro de carbono

Secuestro de carbono atmosférico en suelos agrícolas, produciendo un aumento del carbono orgánico del suelo.

Reducción de la emisión de gases con efecto invernadero a la atmósfera debida a las operaciones agrícolas.

En la práctica tanto aprox. el 40–50% de la producción de grano o frutos es exportada como alimento a áreas no agrícolas. La cantidad de carbono que puede ser restaurada en el suelo es mucho menor.



Table 4 Estimated carbon sequestration over the next 40 years, as a function of land use management of existing cultivated and marginal land. Data elaborated from regional and temporal data in LULUCF (2000), IPCC (2000)

Sector	Total Gt C sequestered
“Best Practice” Crop management	8
Agroforestry improvements	1.6
Cropland conversion to agroforestry	19.5
Cropland conversion to grassland	2.4
Total arable land	31.5

Ejemplo: *Agricultura intensiva en el Medio Oeste de EE.UU. ciclo completo C para la agricultura de maíz, trigo, y los sistemas de rotación de soja. (Westy Marland 2002)*

	Labranza reducida	Labranza convencional
Almacenamiento directo de C en el suelo kg C ha ⁻¹ año ⁻¹	330	0
Emisiones kg C ha ⁻¹ año ⁻¹	137*	178

*Las reducciones indirectas se lograron a pesar del aumento de la utilización de insumos (principalmente pesticidas y herbicidas), ya que la maquinaria y mano de obra para la preparación del suelo son mucho más bajos en el sistemas de mínimo laboreo.

Table 3 Estimated carbon sequestration rates under reduced or no tillage practices, as reported in various countries

Country/region	C gain (T C ha ⁻¹ yr ⁻¹)	Time (years)
Global	0.1–1.3	25
UK	0.15	5–10
Australia	0.3	10–13
USA	0.3	6–20
Canada	0.2	8–12
USA and Canada	0.2–0.4	20
Europe	0.34	50–100
Southern USA	0.5	10

Source: LULUCF (2000), IPCC (2000a)

4. CAMBIO EN EL GENOTIPO

Estrategias de selección por tolerancia a alta temperatura

Table 1. Genetic correlations between morphological traits and wheat yields for 10 varieties averaged over 16 low relative humidity environments in ME5, IHSGE 1990-94.

Trait	Genetic correlation
Final biomass (above ground)	0.88**
Grains/m ²	0.77**
Grains/spike	0.67*
Harvest index	0.51
Kernel weight	-0.10
Spikes/m ²	0.0
Days to anthesis	0.83**
Days to maturity	0.81**
Plant height	0.20
% ground cover (anthesis)	0.67*
Biomass at anthesis	0.35
Plant dry weight (5-leaf stage)	-0.45
% ground cover (5-leaf stage)	-0.30
Plants/m ²	-0.15

* Denotes significance at ≤ 0.05 , ** significance at ≤ 0.01 .

Table 2. Genetic correlations (R_g) for physiological parameters measured in Tlaltizapan, Mexico, and wheat yields for 10 varieties averaged over 16 low relative humidity environments, IHSGE 1990-94.

Physiological trait	$R(g)$
Canopy temperature depression	0.86**
Membrane thermostability	0.81**
Leaf chlorophyll (grainfilling)	0.72**
Leaf conductance (heading)	0.63*
Photosynthesis (heading)	0.63*

* Denotes significance at ≤ 0.05 , ** significance at ≤ 0.01 .

Estrategias de selección por tolerancia a alta temperatura

Box 1

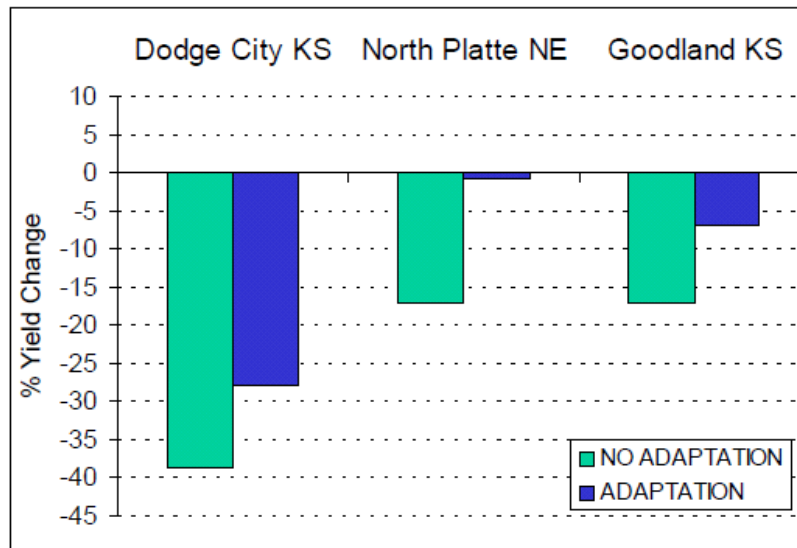
Biochemical Traits of Genotypes for Climate Change Adaptation

- High cell membrane stability
- High structural proteins (in cell wall protein)
- High expression and activities of antioxidant isoenzymes
- Low accumulation of hydrogen peroxide
- Low accumulation of proline
- High accumulation of fructans
- High accumulation of trehalose
- High activity of calmodulin-dependent protein kinases
- High activity of mitogen-activated protein kinase
- High chlorophyll content
- High phenol accumulation
- High grain protein content

Sustituir cultivares

Compensar el acortamiento del ciclo por alta temperatura con cultivares de ciclo mas largo sembrados mas temprano.

Winter
wheat



Rendimiento proyectado con y sin medidas de adaptación.

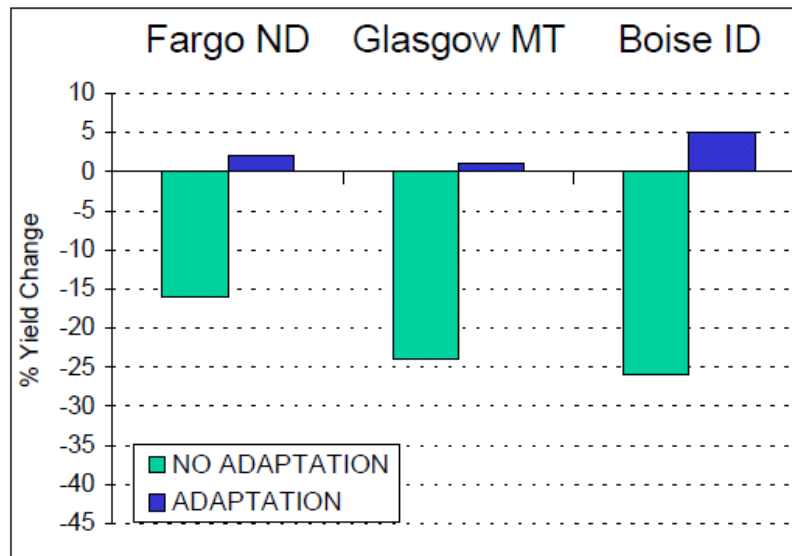
Trigo de invierno:
cambio de cultivar

5. CAMBIO EN LA FECHA DE SIEMBRA

Ajustar la fecha de siembra y operaciones de cosecha

Adelantar la fecha de siembra permite escapar del estrés por calor

Spring
wheat



Rendimiento proyectado con y sin medidas de adaptación.

Trigo de primavera: cambio en la fecha de siembra

6. AJUSTE DE LA FERTILIZACIÓN

Fertilización nitrogenada

Menor biomasa acumulada

Aumento de la volatilización de formas como NH_3

Aplicación de estiércol:

- mejora condiciones físicas, químicas del suelo
- Evita pérdida de humedad
- Reduce volatilización

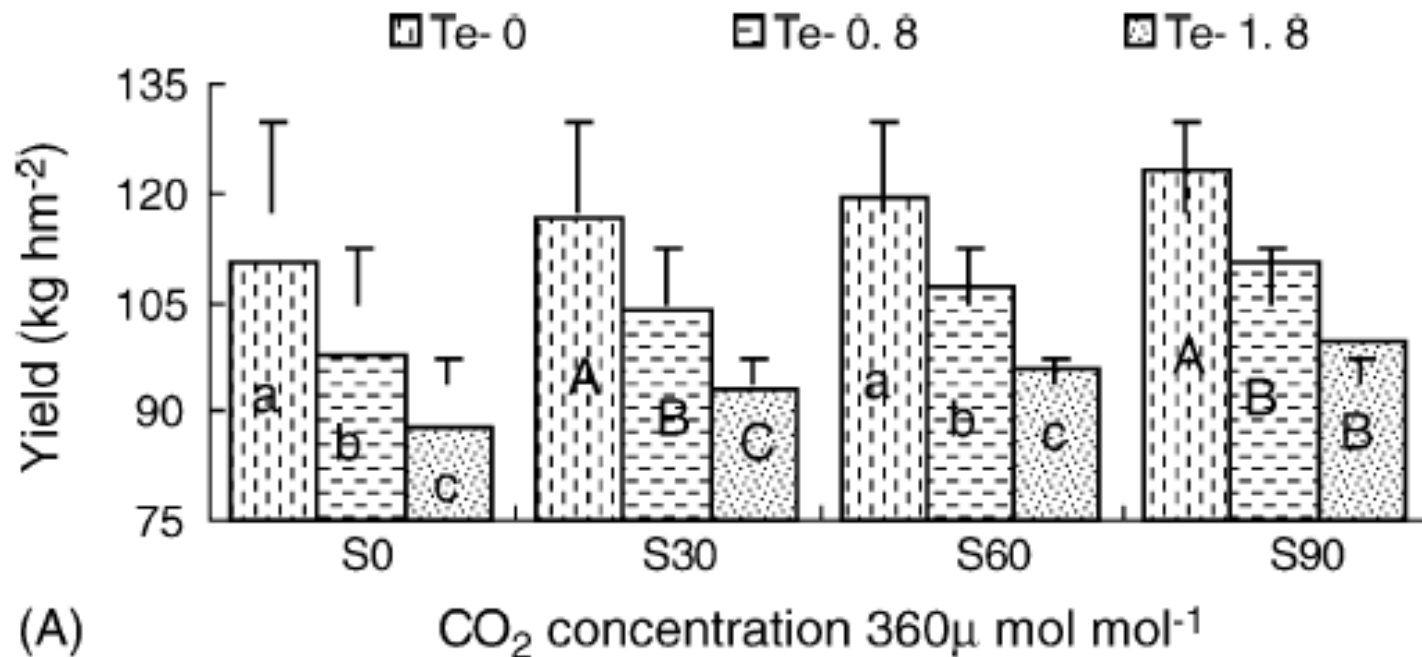
Esto indica que el agregar un fertilizante orgánico provee factores de crecimiento adicionales al nutriente per se.

Tratamiento	Rendimiento
Control:	3.6 t ha ⁻¹ ,
Manejo: FYM (10 t ha ⁻¹)	+14%
Manejo NPK (equivalente)	+5.5%

(Sattar and Gaur, 1989; Gill and Meelu, 1982; Tran-Thuc-Son et al., 1995; Tran-Thuc-Son et al., 1995).

7. AJUSTE DEL RIEGO

Mitigación del impacto de altas temperaturas sobre el rendimiento de cereales en el mediterráneo, por aumento en la concentración de CO₂ y riego



Spring wheat cropped at 36°34'N, 105°39'E, in a semiarid region of China at 360 ppm of CO₂. Treatments were 3 increased temperature (0, 0.8 and 1.8°C above ambient) and 2 supplemental irrigation levels (0 a 90 mm).

Xiao et al., 2005

8. MULCH DE RESIDUOS

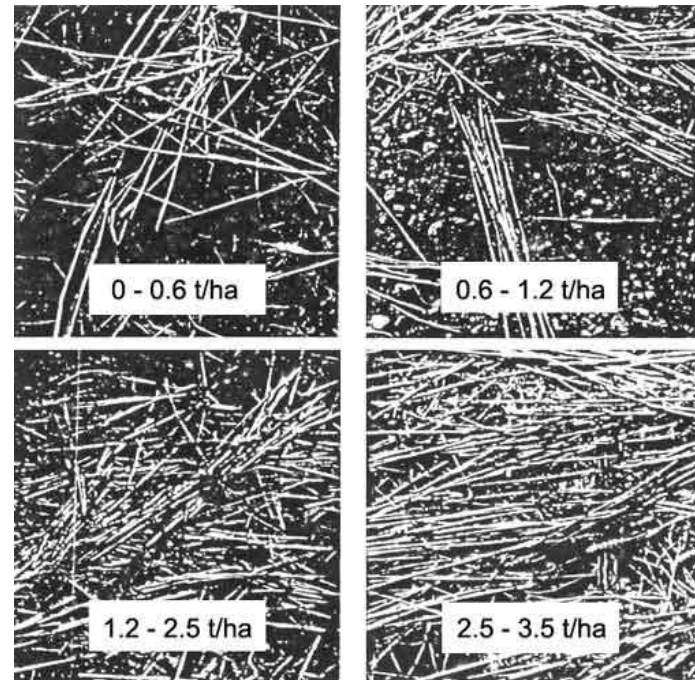
Mulch de residuo:

-reduce evaporación directa del suelo

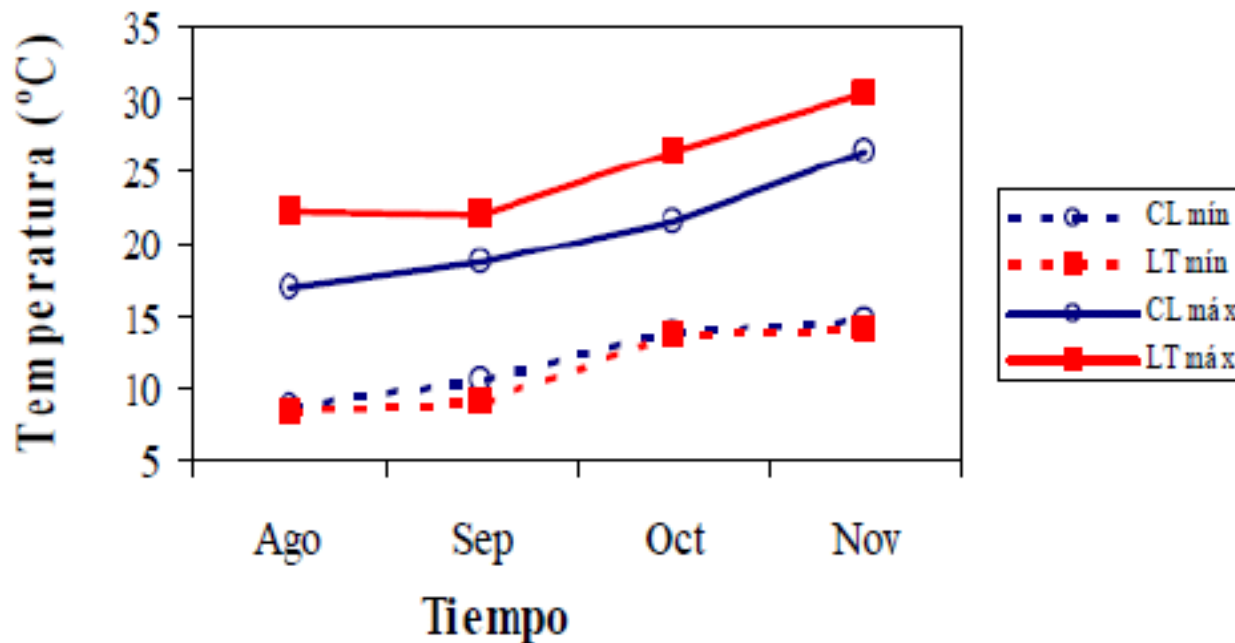
-incrementa la tasa de infiltración (Lal, 1975)

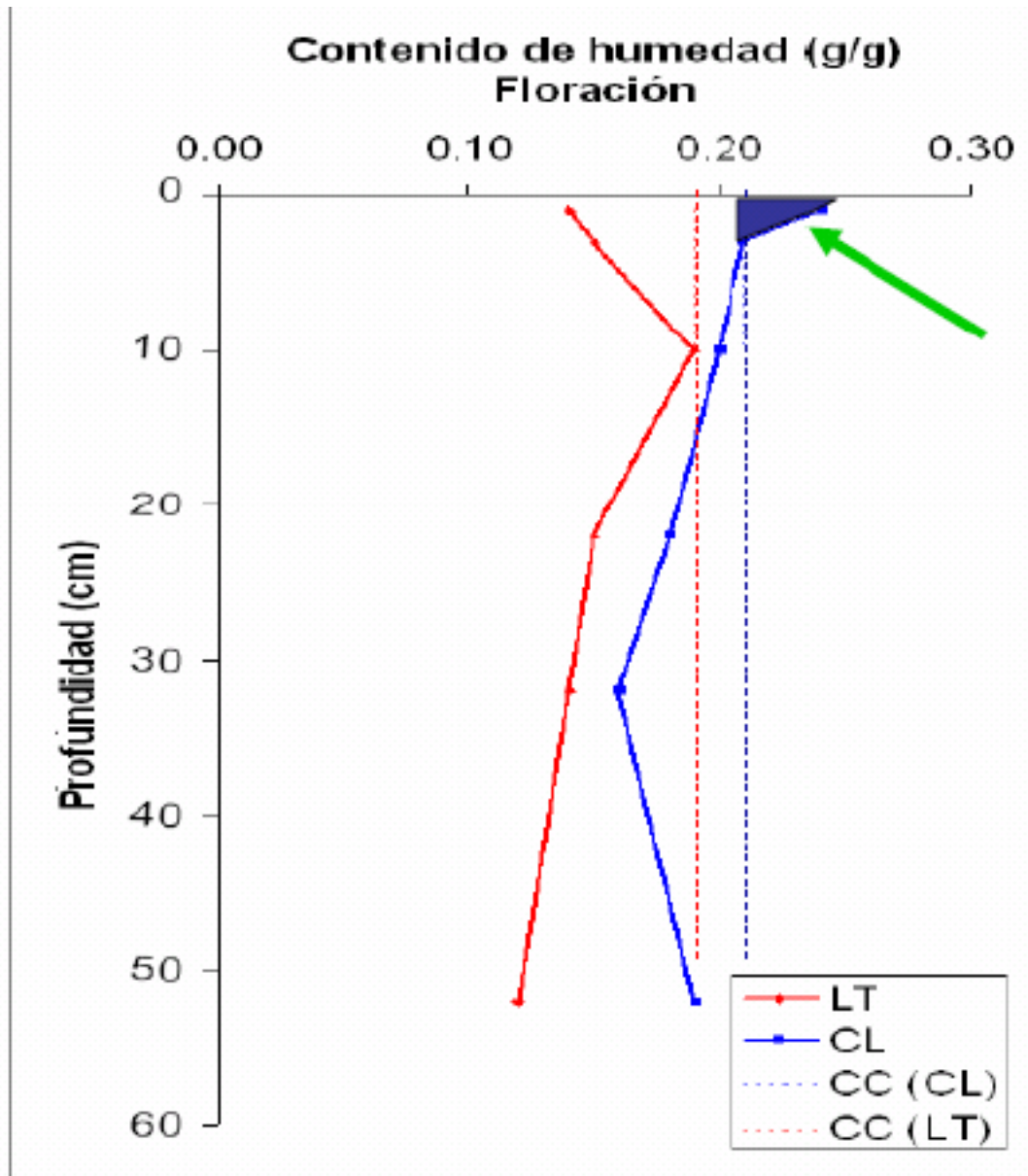
-reduce la temperatura del suelo en 10-15°C respecto de suelo desnudo (Benoit and Kirkhoun, 1963).

Mantener los residuos y labranza reducida, aumenta el contenido de materia orgánica del suelo. Este manejo integrado del cultivo y el suelo puede llegar a ser muy relevante en condiciones de estrés por calor y también para disminuir la dosis de agua aplicada en los agro-ecosistemas.



Temperatura en los primeros 2 cm profundidad de suelo en Santiago





Respuesta diferencial de variedades

Cultivares tolerantes
responden mejor a inputs



La respuesta a inputs se asocia con **mejor stand y establecimiento** de plantas, altura de planta, granos m⁻² y biomasa aérea

Baja HR

Tº canopia
Conductancia estomática
Termoestabilidad Mb

reduce rendimiento

Efecto positivo Mulch

Alta HR

Conductancia estomática
Termoestabilidad Mb

> presión de enfermedades

No hay efecto evidente de
mulch