

Interactive Effects of Elevated [CO₂] and Water Stress on Physiological Traits and Gene Expression during Vegetative Growth in Four Durum Wheat Genotypes



Susan Medina^{1,2}, Rubén Vicente^{1*}, Amaya Amador³ and José Luis Araus¹

¹ Integrative Crop Ecophysiology Group, Plant Physiology Section, Faculty of Biology, University of Barcelona, Barcelona, Spain, ² Crop Physiology Laboratory, International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics, Patancheru, India, ³ Unitat de Genòmica, Centres Científics i Tecnològics, Universitat de Barcelona, Barcelona, Spain

Susan Medina, PhD Plant Biology
susanmedinac@ub.edu



UNIVERSITAT DE
BARCELONA



Planteamiento del problema

Adaptación al cambio climático



*Altas concentraciones de
CO₂*

Estrés hídrico

Demanda de alimentos

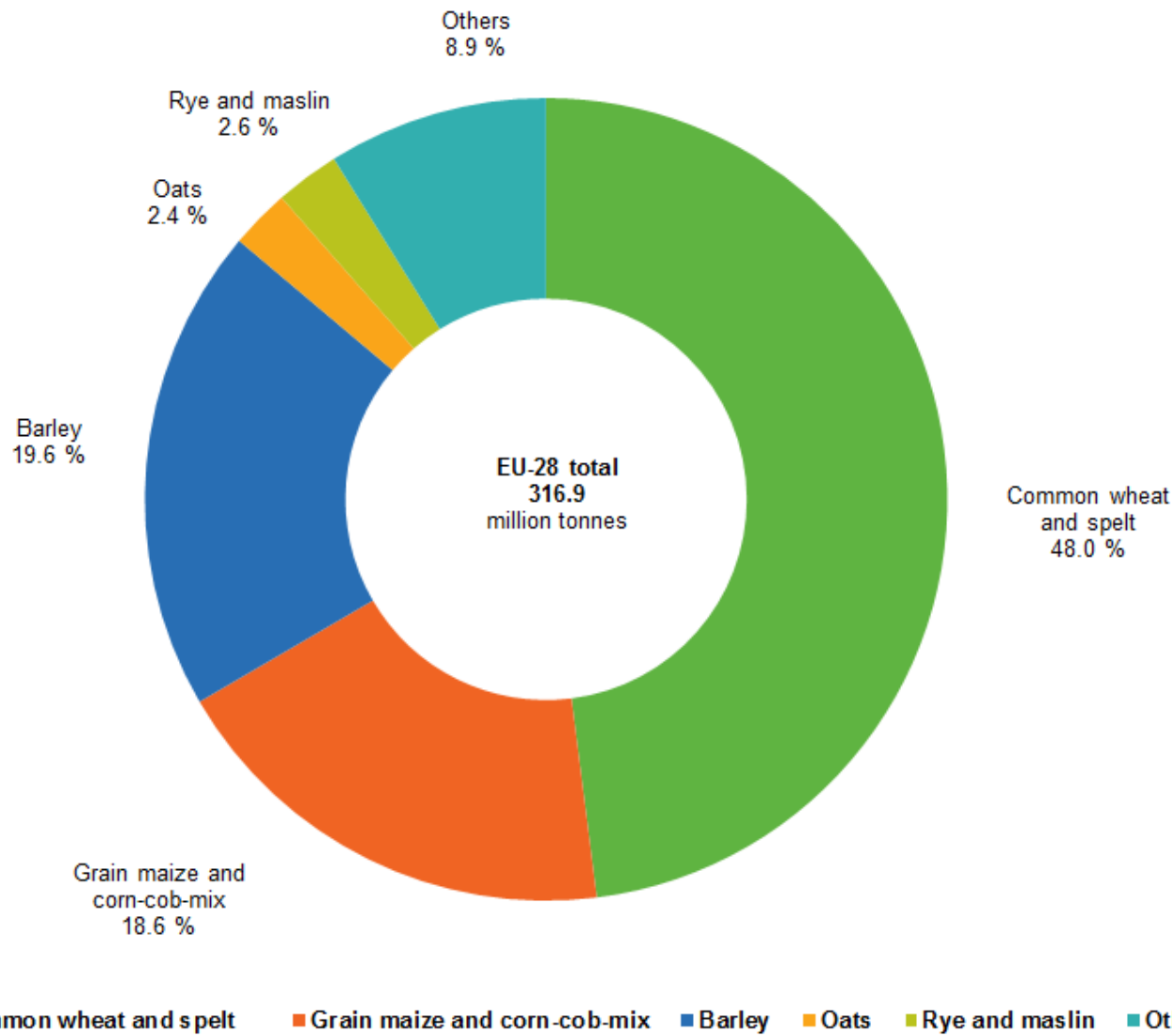


Principales cultivos agrícolas

Trigo



Demanda de cereales: trigo



Note: *Total cereals* includes cereals for the production of grain (including seed).

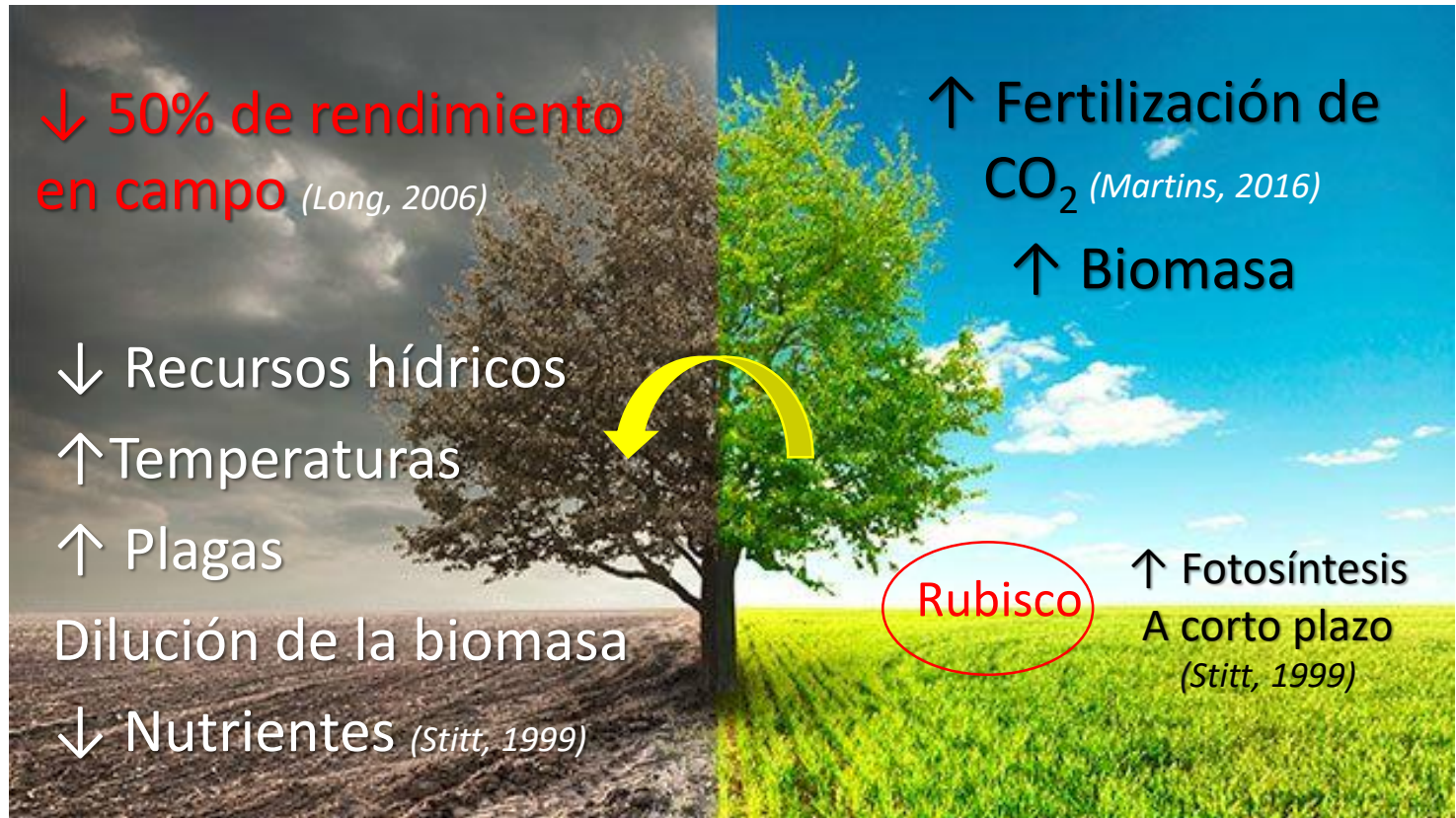
Rye and maslin includes mixture of rye with other winter sown cereals.

Others includes rice, triticale and sorghum.



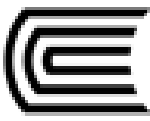
Aclimatación al CO₂

La [CO₂] ↑ 50% hacia el 2100 (IPCC 2014)



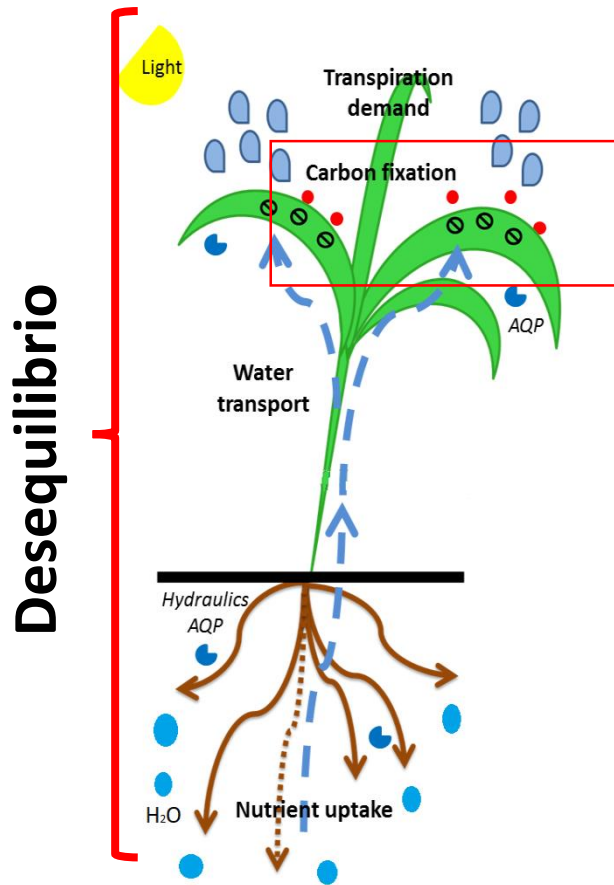
↑ Sequía (McKersie, 2015; Morison, 2008)

(Bencze, 2014; Robredo, 2011)



Estrés hídrico

- Estadios tempranos
- Llenado de grano
(Russo, 2015)



(Budak, 2013, Habash 2014)



- ↓ **Biomasa**
- ↓ Carbono
- ↓ Contenido hídrico (hojas)
- ↓ Tejidos y número células
- ↓ Hijuelos
(Tardieu 2014, Habash 2014, Guo, 2016)

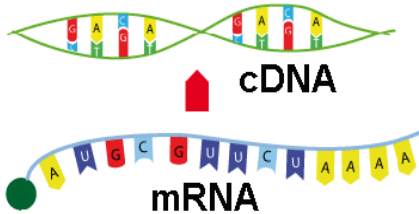
- Estrategias :**
- Economizar el uso del agua
 - Recursos → llenado del grano
 - Metabolismo

Cereales : ↓ **tasas de producción**

(Bort, 2014; Sanchez-García, 2013; Blum, 2009)



Regulación de genes - Transcripción



Componentes
funcionales

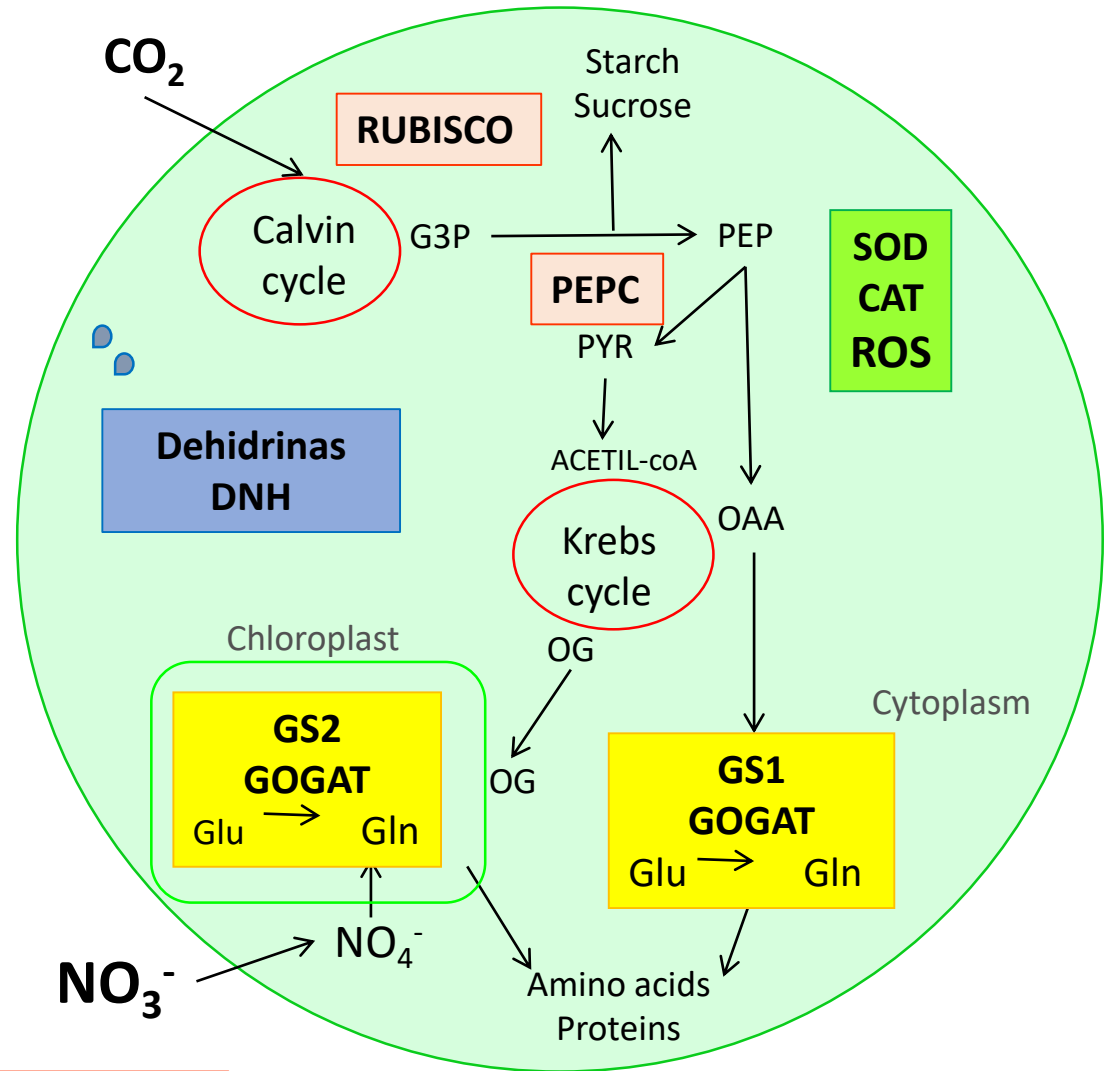
(Hu, 2014, Langridge, 2015)

Estado hídrico
Ciclo de crecimiento

↑ C grano

↑ Agua ↓ Estrés

(Reynolds, 2005; Vicente, 2015;
Sinclair 2012; Zhang 2017)



↓ Rubisco ↓ fotosíntesis (Komatsu, 2014)

↓ PEPC ↓ GOGAT, GS ↓ crec. (Andre, 2007)

↑ DNH WCOR ROS ↑ Estrés (Danyluk, 1996)



Objetivos

Comparar los mecanismos fisiológicos y moleculares de cultivares de trigo frente al estrés.

*Estrés hídrico x alta [CO₂]
Triticum turgidum L. spp. durum*



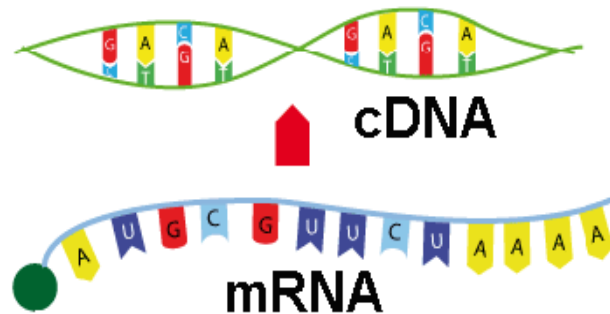


Hipótesis

¿Hay cambios?



¿Hay coordinación de vías a nivel de transcripción?





Aspectos metodológicos: recolección de datos

*Experimentos **condiciones controladas**: España*

Invernaderos

Cámaras de crecimiento



Servei de Camps Experimentals (UB)

Estrés hídrico - Aclimatación al CO_2
NDVI , SPAD , gs, materia seca, hoja
bandera

Laboratorio de Fisiología Vegetal (UB)

Isótopos y extracción RNA

Unidad de Genómica (PCB)

qRT-PCR

Genes:

Rubisco (**RCBL y RCBS**)

Glutamin syntase (**GS1 y GS2**)

Dehidrin 11 (**DNH 11 y DNH16**)

Superoxido dismutase (**SOD**)

Catalse (**CAT**)

Genes control:

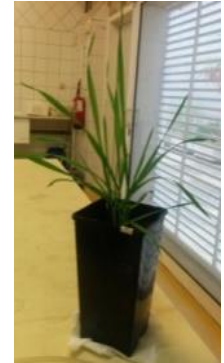
ADP rybosilation factor y

RNAse L inhibition factor

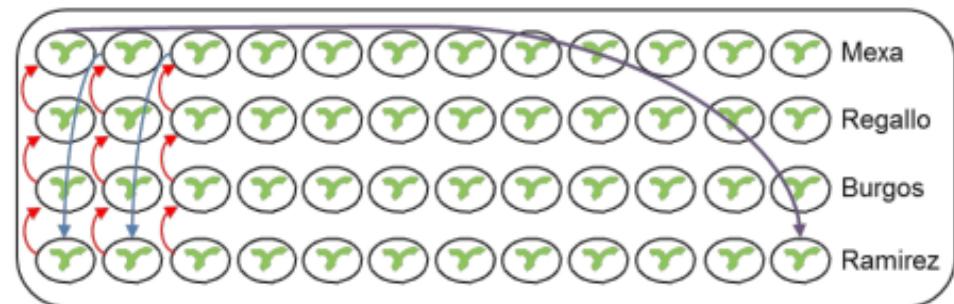
(Vicente , 2015)

4 cultivares
(*Triticum turgidum L. spp.*
Durum)

Mexa, Regallo, Burgos y
Ramirez
(3 réplicas técnicas)



Chamber: $[\text{CO}_2]$ $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$ / $790 \mu\text{mol mol}^{-1}$



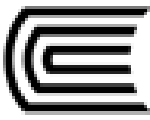
Moderate
water stress
Day 41

Severe
water stress
Day 51



Resultados y discusión





Aclimatación a $\uparrow[\text{CO}_2]$

\uparrow RDW
 \uparrow Root/Shoot
 \uparrow Tillers \uparrow TDM

Desarrollo de raíces
Fertilización de CO_2
Incremento de biomasa
(Madhu, 2013, Stitt, 1999)

\downarrow %N \uparrow $\delta^{15}\text{N}$
Cambios en la captura y/o
asimilación de N
Baja disponibilidad de N
(Stitt, 1999, Aranjuelo, 2011,
Vicente, 2015, Bort, 2014)

Estrés hídrico

\downarrow PDW y NDVI
Reducción de la
biomasa

Trigo duro (Erice, 2014, Nakhforoosh, 2015, Yousfi, 2016)

\uparrow $\delta^{13}\text{C}$
Alta eficiencia del
uso del agua
(Bort, 2014,
Araus, 2008, 2013,
Tardieu, 2013)

Parámetros fisiológicos

$G \times E$

WS

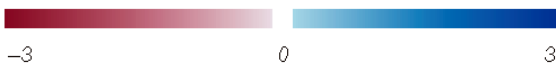
Limitación del
área
fotosintética
Reducción de la
biomasa
(Marti et al. 2017)





Expresión genómica

TABLE 5 | Transcript changes



Genotype	[CO ₂]	Water supply	RBCL	RBCS	PEPC	GS1	GS2	DHN11	DHN16	CAT	SOD
(A) MODERATE WATER STRESS (100 vs. 60% POT CAPACITY)											
Mexa	Ambient [CO ₂]	Water stressed	0.15	0.26	-1.01	-0.88	-0.06	-1.02	-2.83	-2.02	-0.33
Mexa	Elevated [CO ₂]	Well-watered	-0.96	-4.81	0.76	1.93	-3.43	-0.98	1.79	-1.01	-1.06
Mexa	Elevated [CO ₂]	Water stressed	-1.69	-1.66	-2.25	1.65	-1.81	-1.28	-1.02	-2.42	-1.05
Regallo	Ambient [CO ₂]	Water stressed	-0.25	-0.62	0.2	-0.53	-0.27	-0.74	-0.66	-2.42	-0.85
Regallo	Elevated [CO ₂]	Well-watered	-2.59	-1.71	-1.14	-0.35	-1.26	1.26	1.8	-2.31	-0.42
Regallo	Elevated [CO ₂]	Water stressed	-0.59	-0.55	1.52	0.68	-1.29	-0.95	4.81	-1.62	-1.91
Burgos	Ambient [CO ₂]	Water stressed	0.06	0.07	0.19	-0.21	0.93	-0.65	3.27	-2.65	-1.99
Burgos	Elevated [CO ₂]	Well-watered	-2.45	-1.35	0.1	-0.92	-0.87	0.89	1.8	-3.18	-0.35
Burgos	Elevated [CO ₂]	Water stressed	0.47	0.08	2.14	0.67	-0.37	-0.83	2.48	-2.75	-1.76
Ramirez	Ambient [CO ₂]	Water stressed	1.7	1.76	0.63	0.34	1.24	-0.03	-2.1	-0.51	0.49
Ramirez	Elevated [CO ₂]	Well-watered	-0.42	-0.87	0.67	1.03	-0.7	0.38	0.62	-0.47	-0.68
Ramirez	Elevated [CO ₂]	Water stressed	0.56	-1.73	1.99	2.43	-1.21	-1.12	2.49	0.18	0.39
(B) SEVERE WATER STRESS (100 vs. 30% POT CAPACITY)											
Mexa	Ambient [CO ₂]	Water stressed	0.57	0.52	0.31	0.19	0.08	-0.37	0.40	0.60	0.25
Mexa	Elevated [CO ₂]	Well-watered	1.84	1.49	0.84	1.09	1.27	-0.23	-1.22	1.56	-0.03
Mexa	Elevated [CO ₂]	Water stressed	-0.34	0.16	-0.42	-0.29	0.13	-0.58	-0.34	1.30	0.04
Regallo	Ambient [CO ₂]	Water stressed	-1.35	-0.59	0.03	-0.19	-0.84	-1.14	1.02	-0.26	0.95
Regallo	Elevated [CO ₂]	Well-watered	-1.38	-0.90	-2.38	-0.61	-0.77	-1.35	-1.69	-0.40	-0.17
Regallo	Elevated [CO ₂]	Water stressed	-0.30	-0.05	-0.59	2.15	-0.44	0.17	3.31	1.80	0.57
Burgos	Ambient [CO ₂]	Water stressed	-0.93	-0.83	-1.98	-3.21	-0.81	-1.35	-6.30	-2.70	0.71
Burgos	Elevated [CO ₂]	Well-watered	-2.13	-1.70	-2.18	-2.75	-1.38	0.19	-7.46	-1.85	-0.02
Burgos	Elevated [CO ₂]	Water stressed	-1.81	-1.73	-2.08	-2.92	-1.05	-0.46	-5.56	-1.91	0.80
Ramirez	Ambient [CO ₂]	Water stressed	-0.44	-0.45	2.34	0.29	0.15	-0.57	1.68	-0.62	0.32
Ramirez	Elevated [CO ₂]	Well-watered	-2.71	-2.34	0.55	1.11	-1.00	-0.04	0.04	-0.18	-1.18
Ramirez	Elevated [CO ₂]	Water stressed	0.51	0.64	0.98	0.25	0.98	1.01	-0.47	0.81	-0.40



Expresión genómica

↑[CO₂]

Estrés hídrico moderado

Estrés hídrico severo

↓ Rubisco
Dilución de
la biomasa

(Aranjuelo,
2013, Habash,
2014)

↓ GS1 y ↓ GS2
Baja asimilación
y remobilización
de N

(Araus, 2013,
Yousfi, 2016)

↑ DNH 11

↑ DNH 16

(Melloul, 2013)

↑ Rubisco
Mayor producción de
Rubisco

(Vicente, 2015)

↑ GS1 ↓ GS2
Mayor
remobilización de N

(Richards, 2000,
Vicente, 2011,
Carmo-Silva, 2015)

↓ DNH 11

↓ DNH 16

(Kosová, 2014)

G x E

Coordinación de C-N

Remobilización predominante de N

Inhibición de la asimilación de CO₂

(Hayano, 2009; Peremarti, 2014; Nagy, 2013)

↑ PEPC

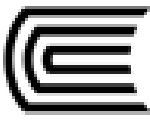
(González, 2000,
Khoshro, 2013,
Vicente, 2015)

↑ CAT

(Martin, 2016)

↑ SOD

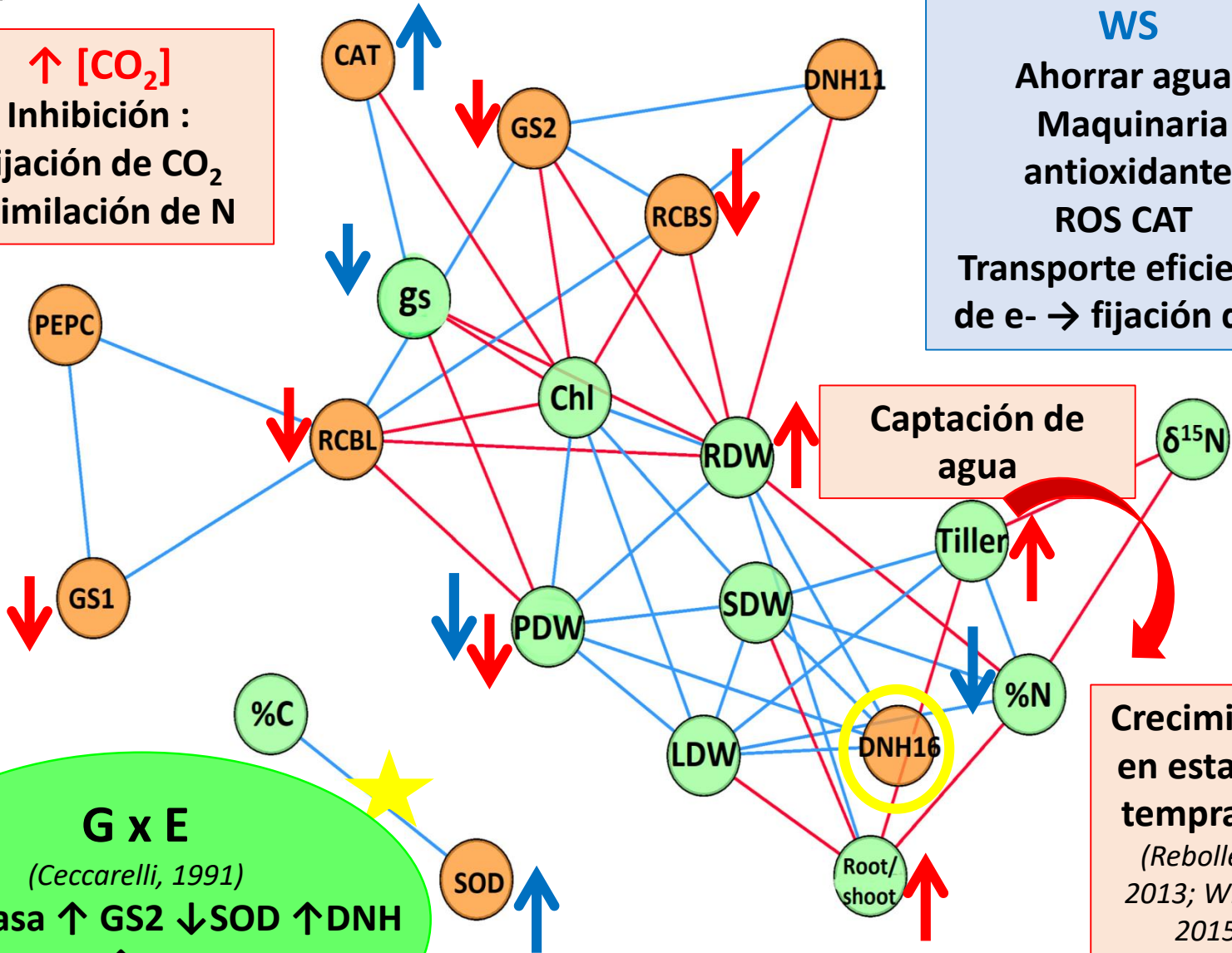
Contr. (Kim,
2006)



Red integrada de fisiología y expresión de genes

↑ [CO₂]
Inhibición :
Fijación de CO₂
Asimilación de N

WS
Ahorrar agua
Maquinaria
antioxidante
ROS CAT
Transporte eficiente
de e- → fijación de C



Captación de
agua

**Crecimiento
en estadios
tempranos**
*(Rebolledo,
2013; Wilson,
2015)*

G x E
(Ceccarelli, 1991)
↑ Biomasa ↑ GS2 ↓ SOD ↑ DNH
↑ g_s
↑ [CO₂] no compensa WS



Conclusiones

1. La $[CO_2]$ atmosférico ha de afectar fuertemente la respuesta fisiológica y molecular del trigo duro al estrés hídrico durante el crecimiento vegetativo, generalmente la elevada $[CO_2]$ permitió un incremento en el crecimiento de las plantas.
2. Los efectos interactivos de ambos: $[CO_2]$ y régimen hídrico dependen de la variabilidad genotípica.
3. En trigo, la regulación a nivel de expresión genómica del metabolismo primario (N and C) en respuesta a un ambiente específico parece ser un proceso complejo comandado por las **dehidrasas**



Referencias bibliográficas

Liu,E.K., Mei,X.R., Yan,C.R., Gong,D.Z., and Zhang,Y.Q. (2016). Effects of water stress on photosynthetic characteristics, dry matter translocation and WUE in two winter wheat genotypes. *Agr. Water Manage.* 167, 75–85.
doi:10. 1016/j.agwat.2015.12.026

Vicente,R., Pérez,P., Martínez-Carrasco,R., Usadel,B., Kostadinova,S., and Morcuende,R. (2015b). Quantitative RT-PCR platform to measure transcript levels of C and N metabolism-related genes in durum wheat: transcript profiles in elevated [CO₂] and high temperature at different nitrogen supplies. *Plant Cell Physiol.* 56, 1556–1573.
doi:10.1093/pcp/pcv079

Yousfi,S., Márquez,A.J., Betti,M., Araus,J.L., and Serret,M.D. (2016). Gene expression and physiological responses to salinity and water stress of contrasting durum wheat genotypes. *J. Integr. Plant Biol.* 58, 48–66.
doi:10. 1111/jipb.12359



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

**¡Gracias a
todos!**



ucontinental.edu.pe

