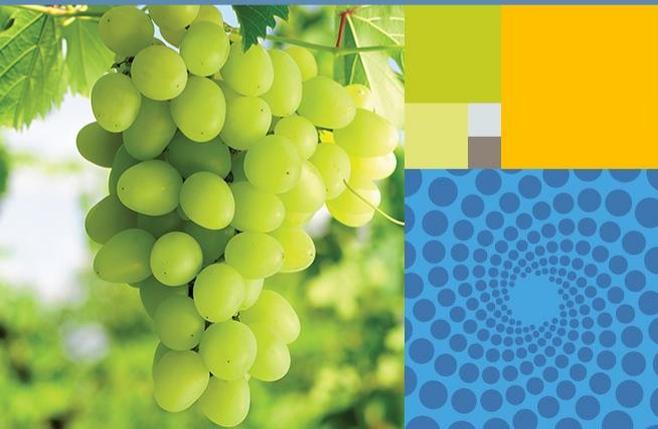




Knowledge grows

## Estrés por Altas Temperaturas – Fisiología y Manejo Nutricional

Andres Arce Zapata  
Especialista Agronómico Zona Norte  
Yara Pacifico Sur



# Seguridad y Compliance

## Nuestras licencias para operar



- Maxima prioridad
- Todos los accidentes son evitables
- Seguridad y productividad son conectados



- Cero tolerancia a la corrupción
- Fuerte adherencia al Código de Conducta
- Compliance como ventaja competitiva

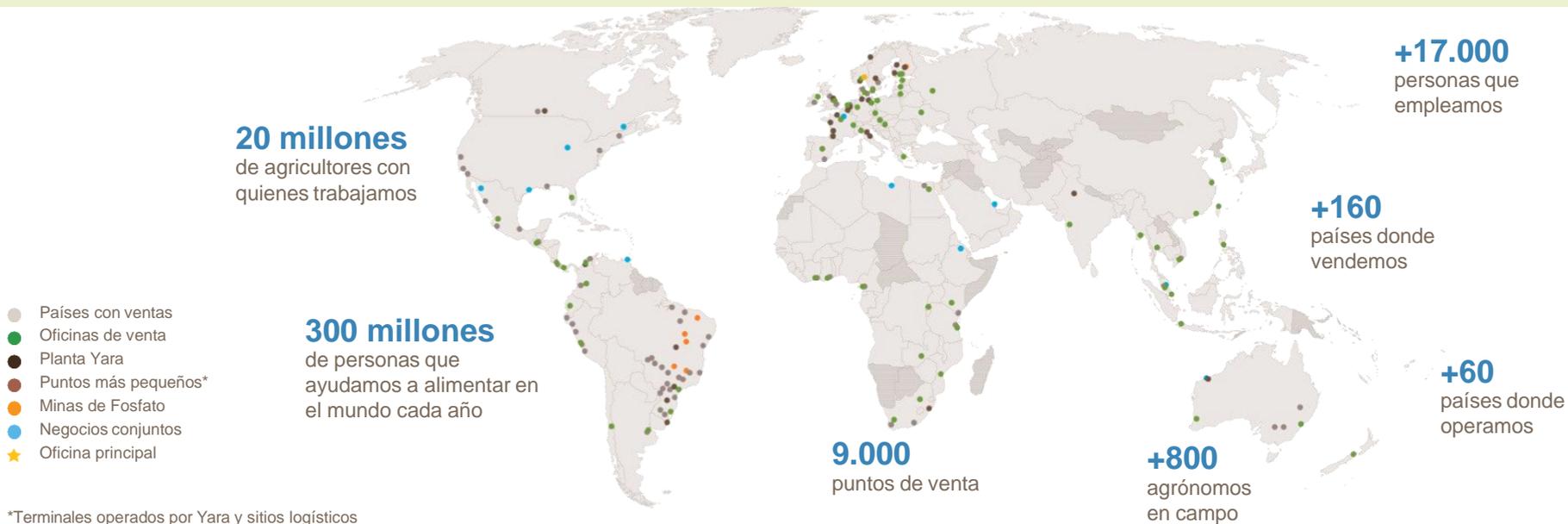
# Yara en el mundo

## Nuestra Visión

Una sociedad colaborativa; un mundo sin hambre; el planeta respetado.

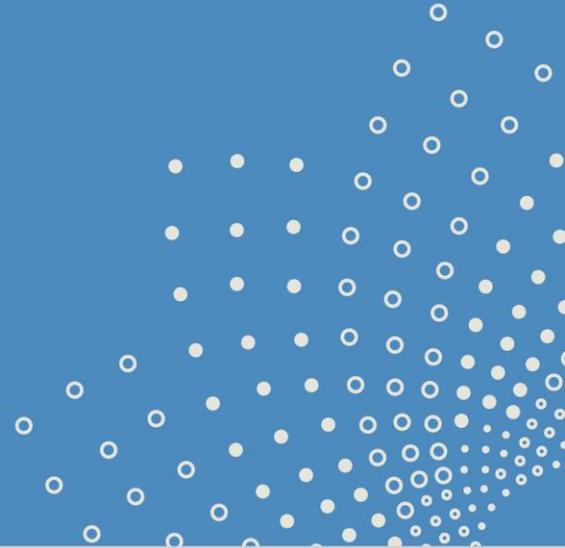
## Nuestra Misión

Alimentar al mundo de manera responsable y proteger el planeta.



# Estrés Térmico

## Introducción y alteraciones fisiológicas



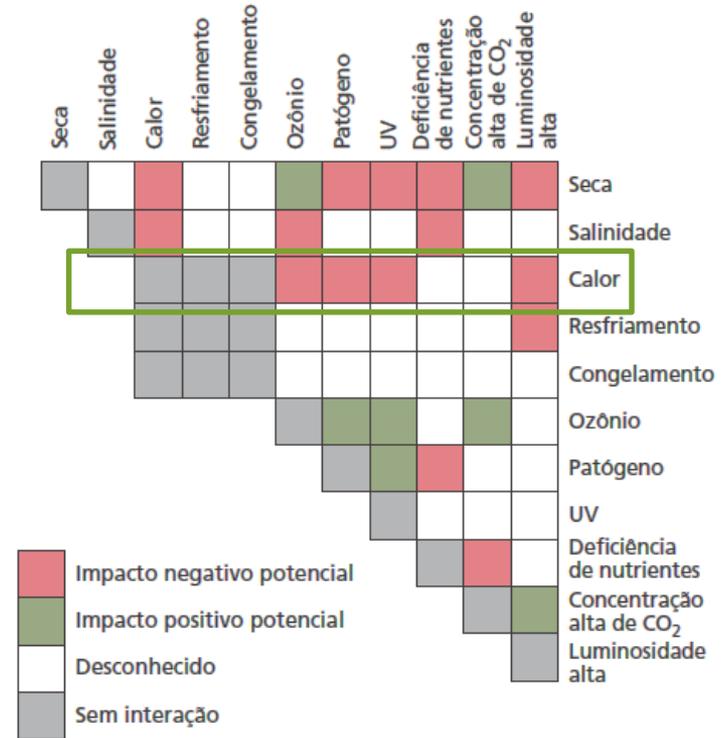
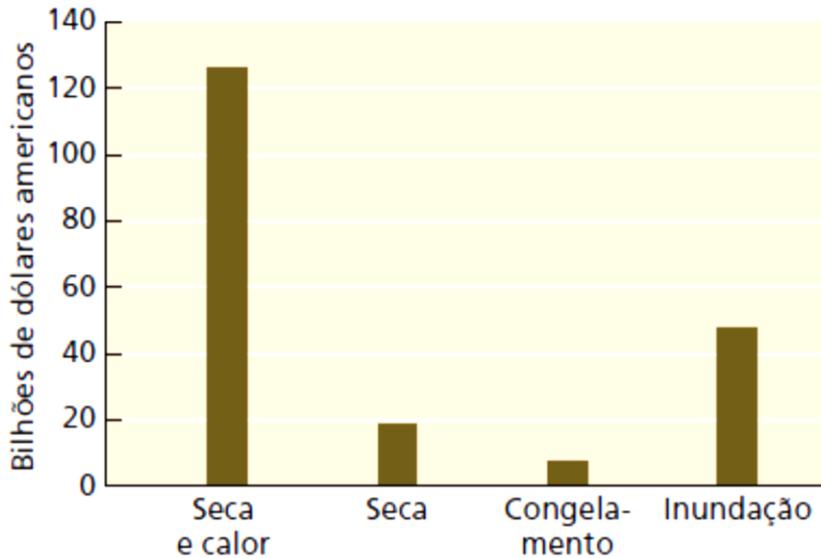
# ¿Qué es el Estrés?

- El “estrés” puede ser definido como cualquier condición ambiental que impide a las plantas alcanzar su máximo potencial genético.

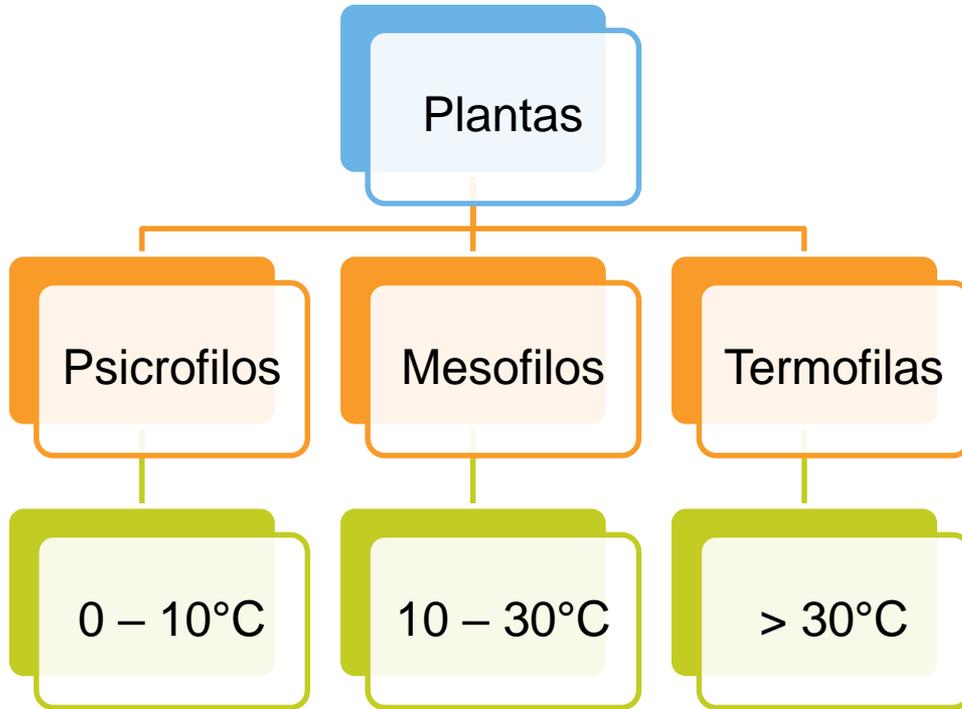


# Importancia económica del estrés abiótico

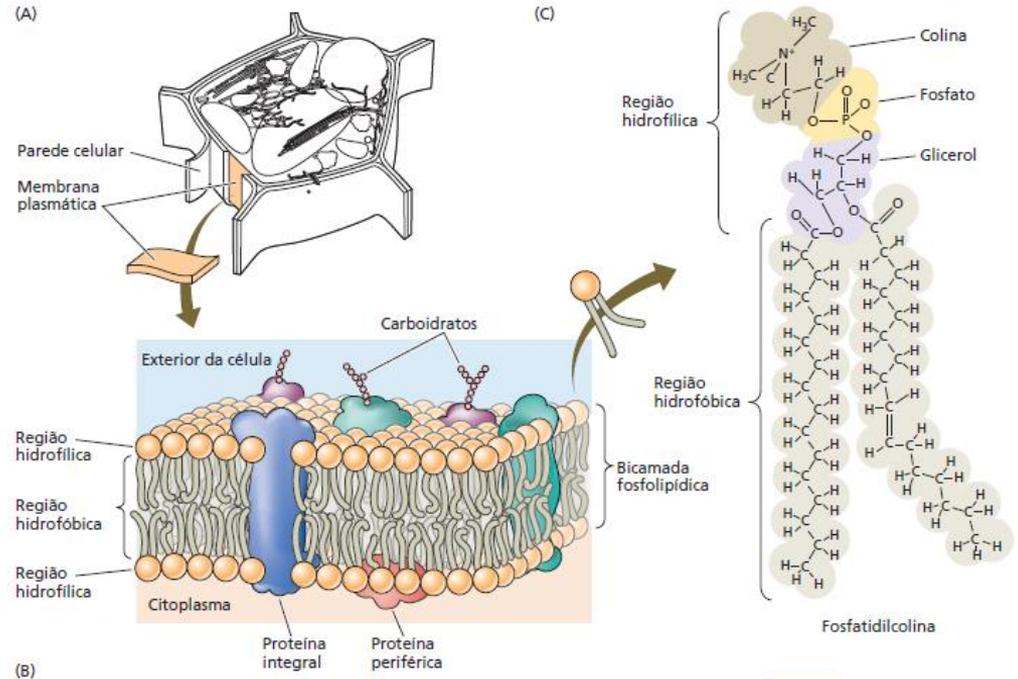
Solo en los Estados Unidos, entre los años 1980 a 2004, las pérdidas económicas por el estrés térmico y sequía combinados superaron los 120 billones de dólares.



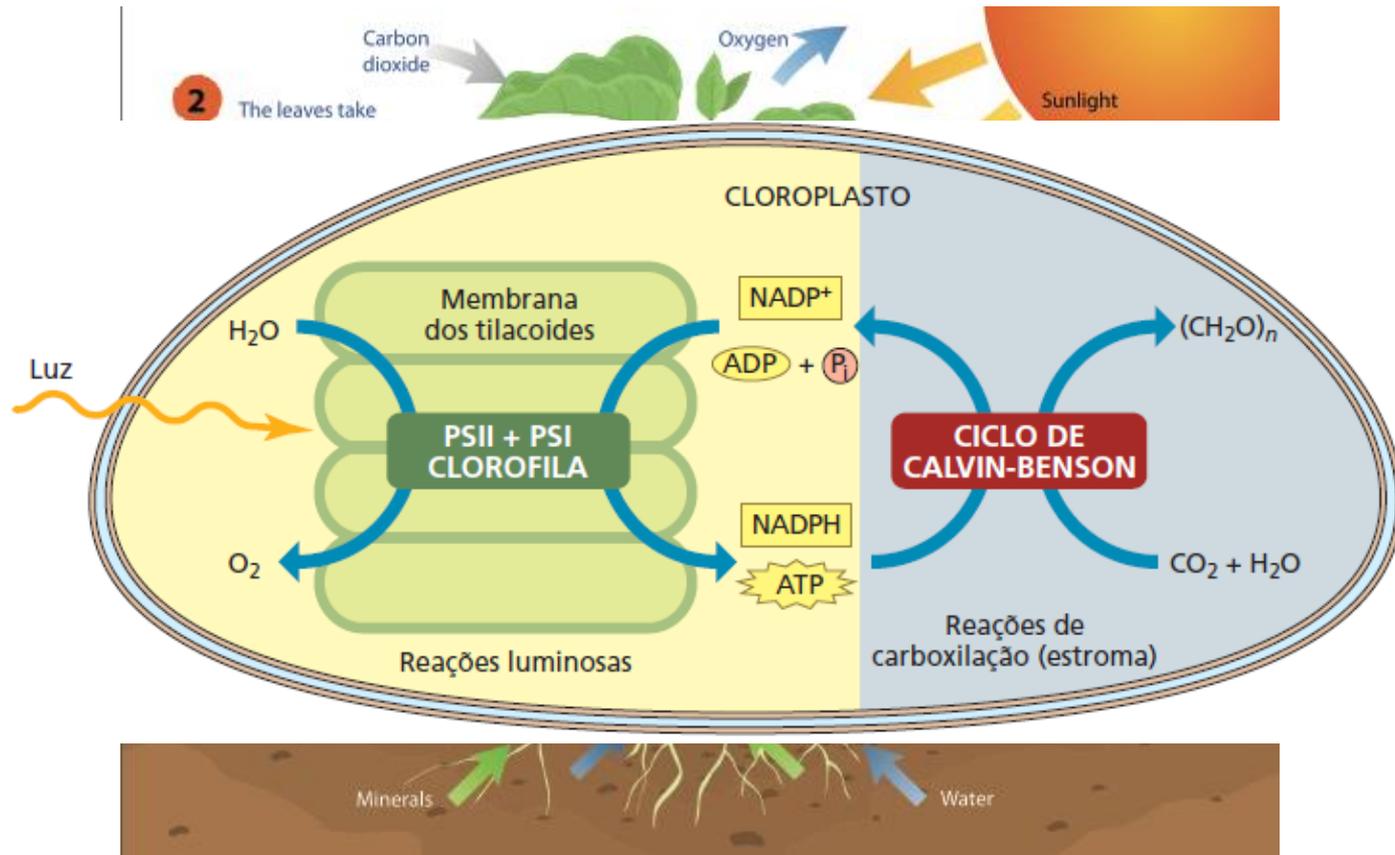
# Clasificación de las plantas en base a su rango térmico óptimo de crecimiento



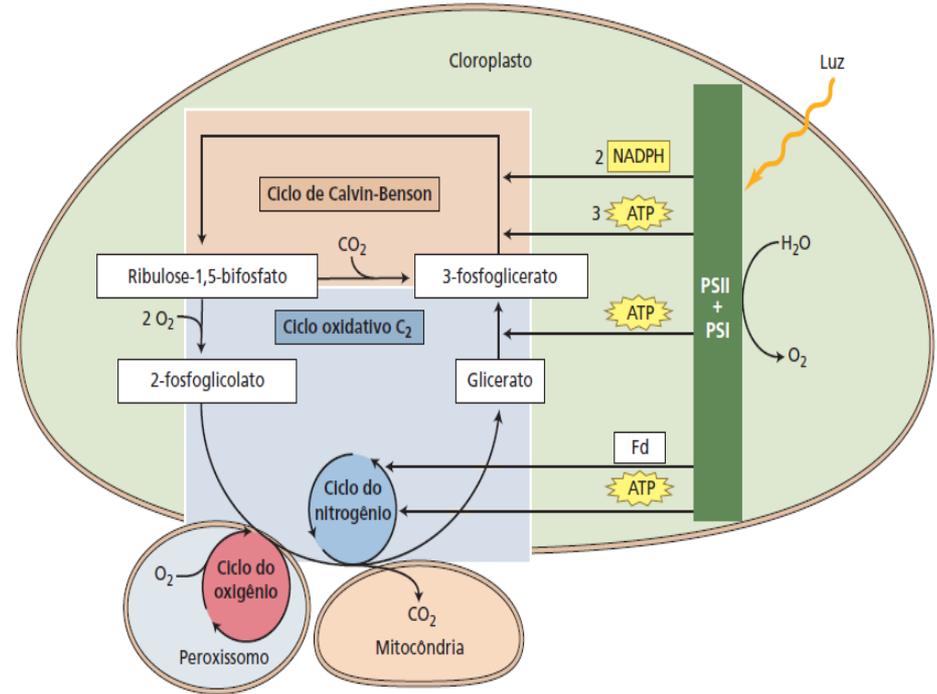
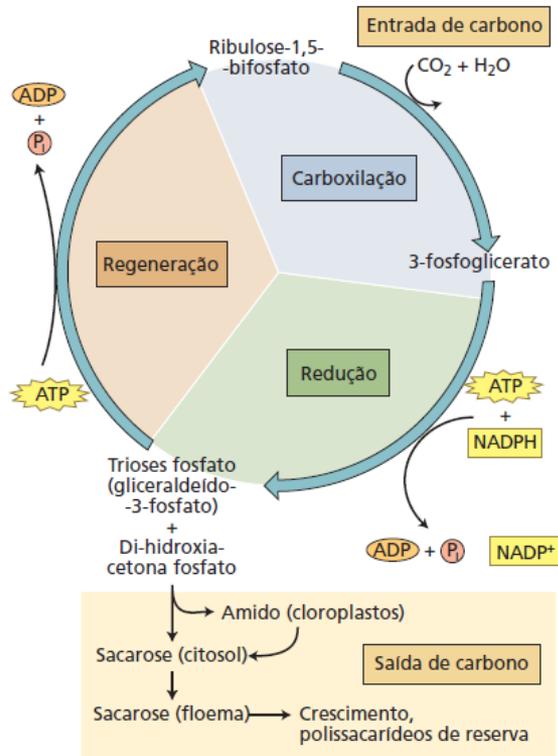
# Respuesta de las plantas a las altas temperaturas



# La Fotosíntesis

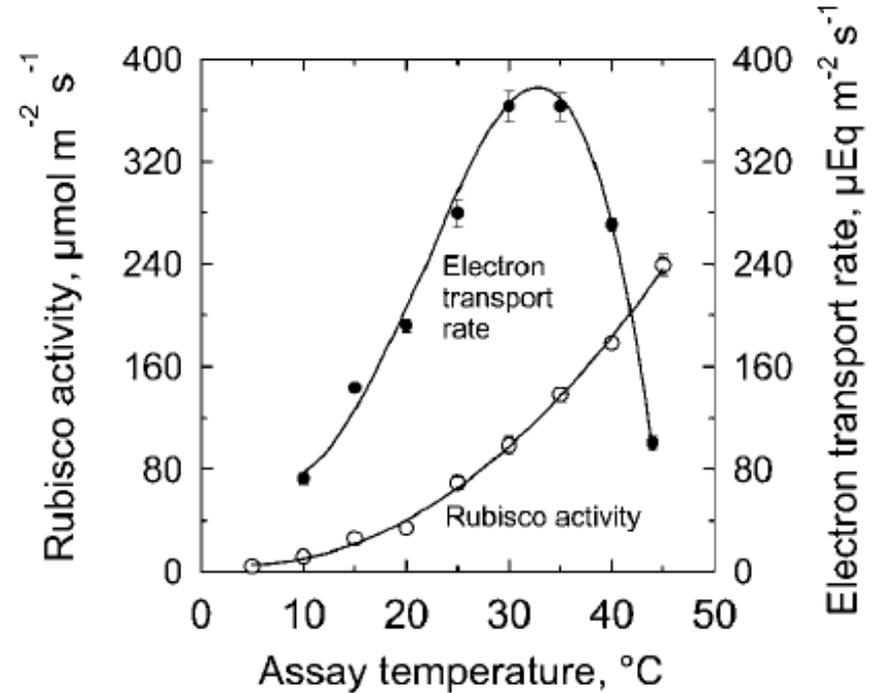


# La Rubisco – Enzima clave en el proceso fotosintético

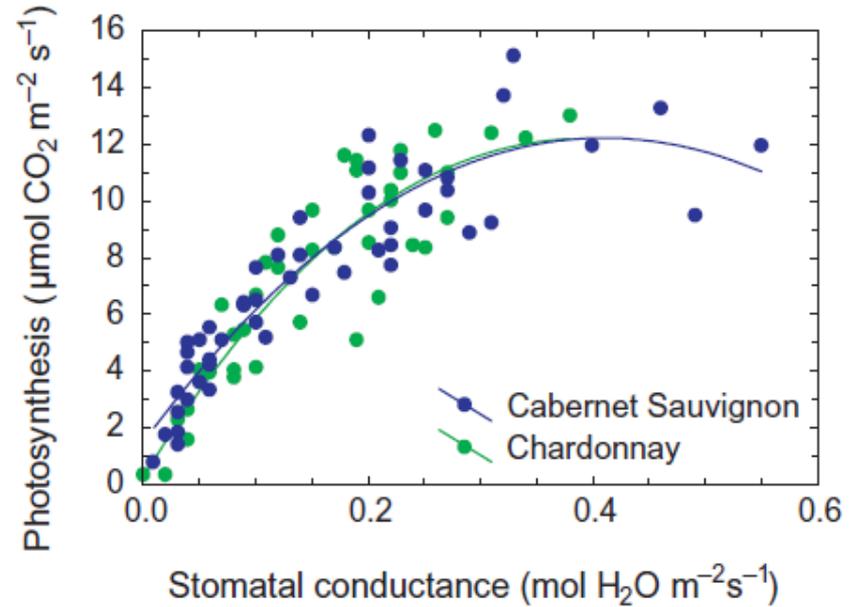
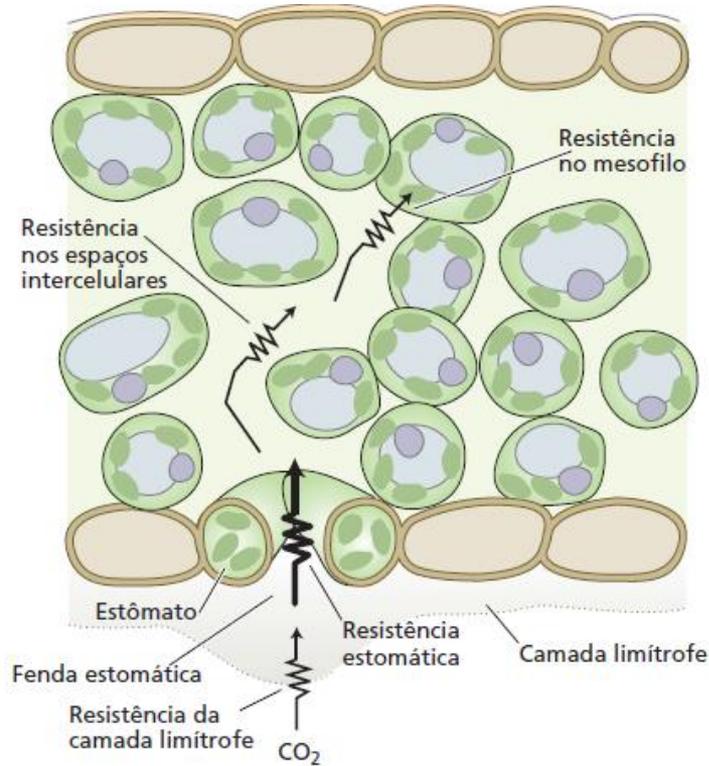


## La Rubisco bajo condiciones de estrés térmico

- La Rubisco es una enzima altamente termo estable, funcionando hasta los 50°C. Sin embargo, conforme se incrementa la T°C se reduce su actividad carboxilasa y aumenta su actividad oxigenasa.
- Otros elementos, como la cadena de transporte de electrones, tienen una reducción muy marcada pasando los 35°C.

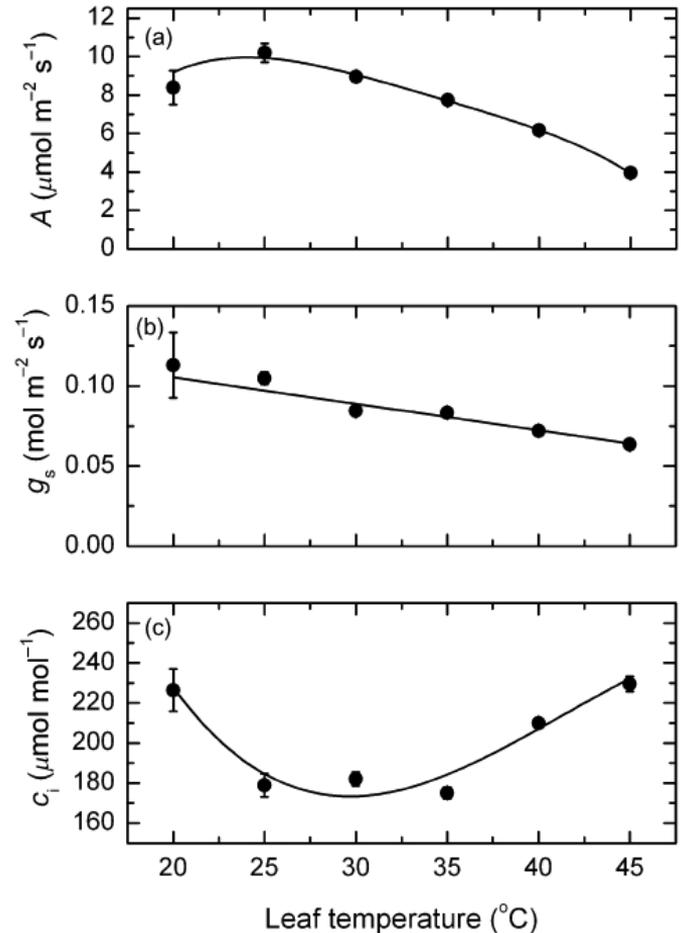


# Los estomas y la fotosíntesis

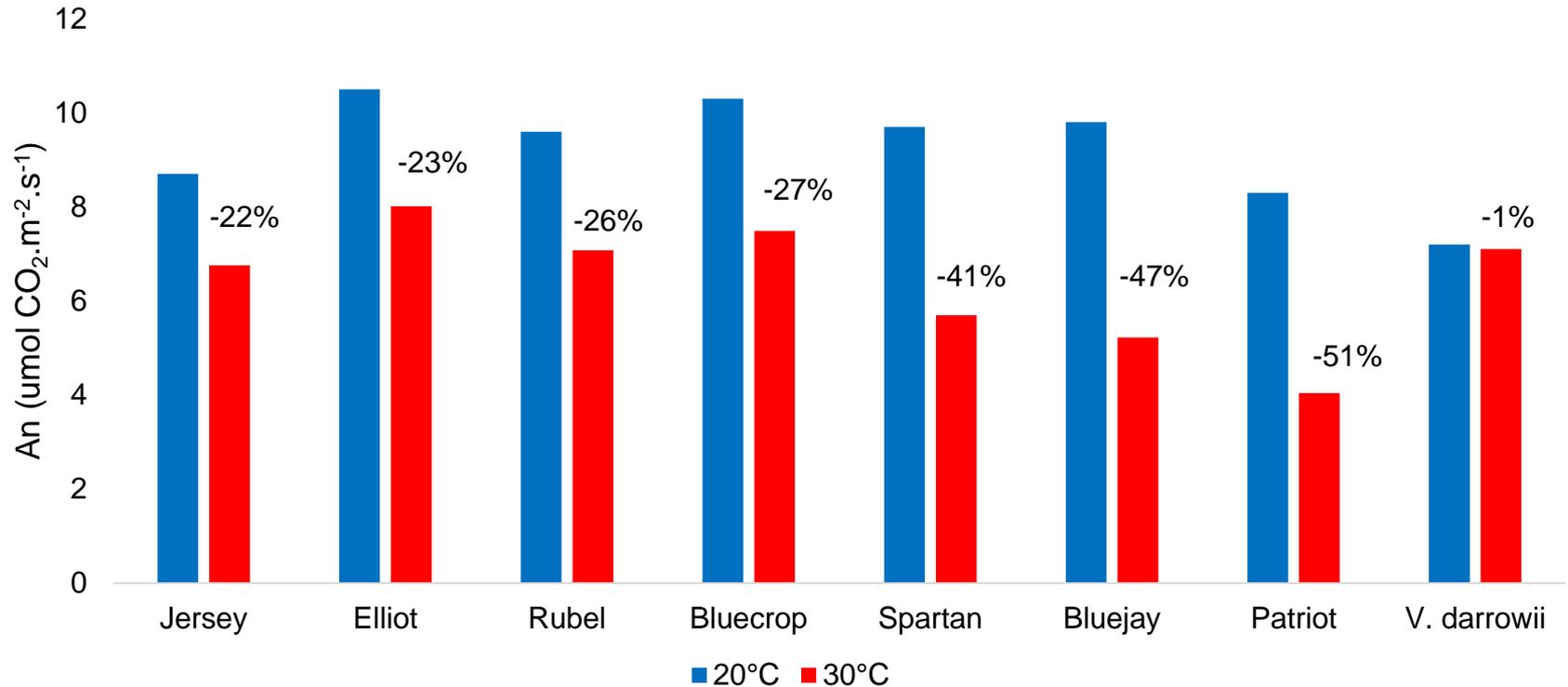


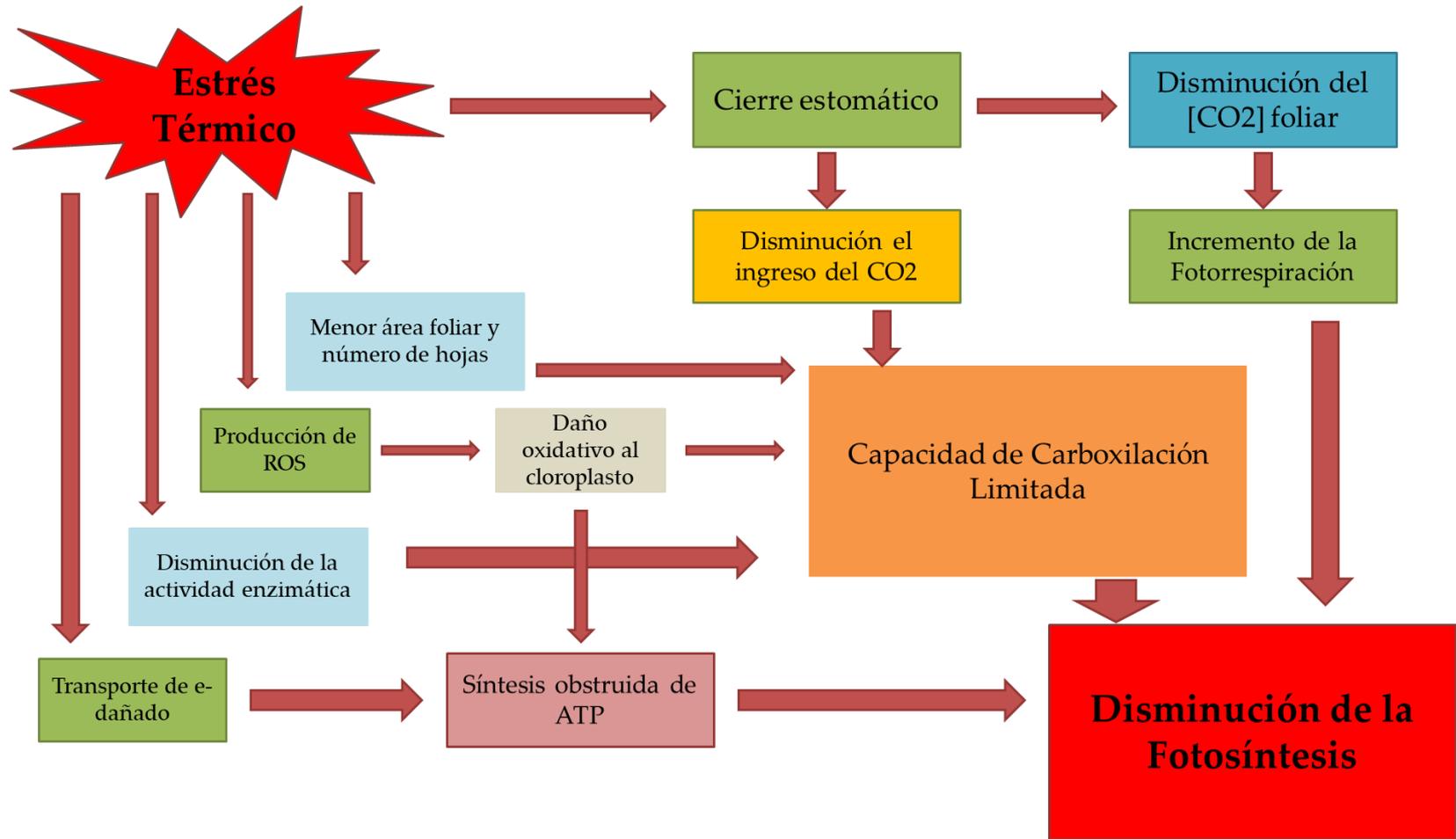
## Efecto de altas temperatura en parámetros fotosintéticos de *Vitis vinifera* cv. Semillon

- a) La tasa fotosintética ( $A$ ) fue máxima a los 25°C, con un rango óptimo entre los 20 a 30°C; disminuyendo progresivamente hasta los 45°C.
- b) La conductancia estomática ( $g_s$ ) fue máxima a los 20°C, disminuyendo progresivamente hasta los 45°C.
- c) La concentración interna de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ) disminuye de los 20°C a los 30°C, para luego incrementar hasta los 45°C



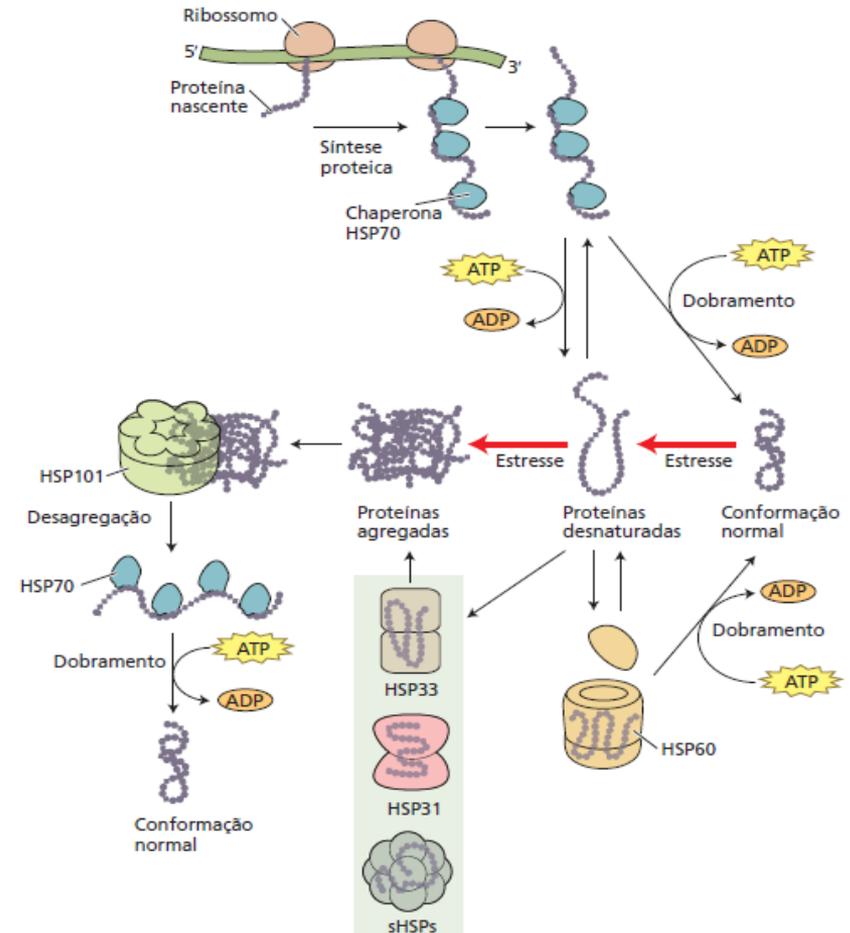
## Actividad Fotosintética de diversos *Vaccinium* (highbush blueberry) y su reducción por altas temperaturas



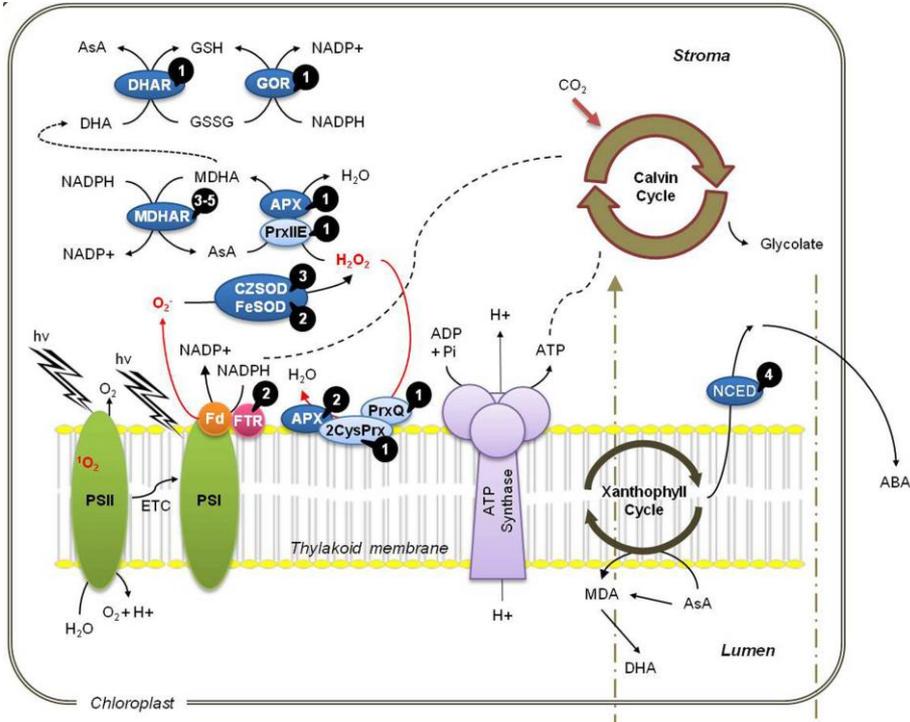


# Proteínas de choque térmico (HSP)

- Las HPS ayudan a mantener la estructura tridimensional normal de las proteínas y evitan su desnaturalización.
- HSPs 60, 70 y 90: actúan como chaperones moleculares, involucrando la estabilización y plegamiento de proteínas dependientes de ATP y el ensamblaje de proteínas oligoméricas.
- La unión de HSP con un polipéptido particular dentro del compartimento subcelular evita la desnaturalización de muchas proteínas a altas temperaturas.



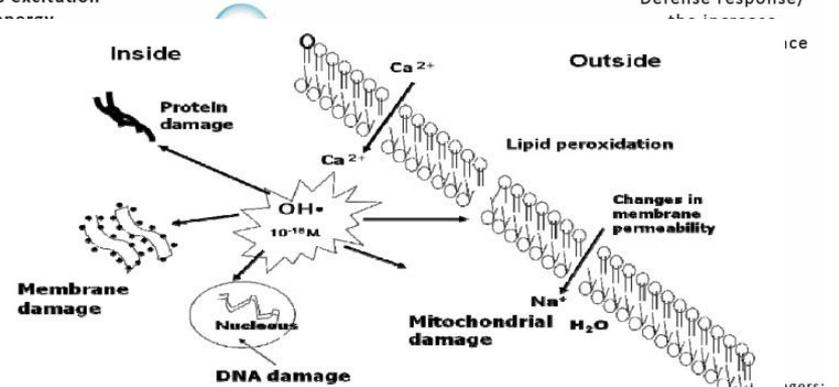
# Radicales libres y estrés oxidativo



Initiators: drought, salinity, high light, UV, chilling, gaseous pollutants, senescence, heavy metals, wounding, xenobiotics, herbivores, pathogens

Excess excitation

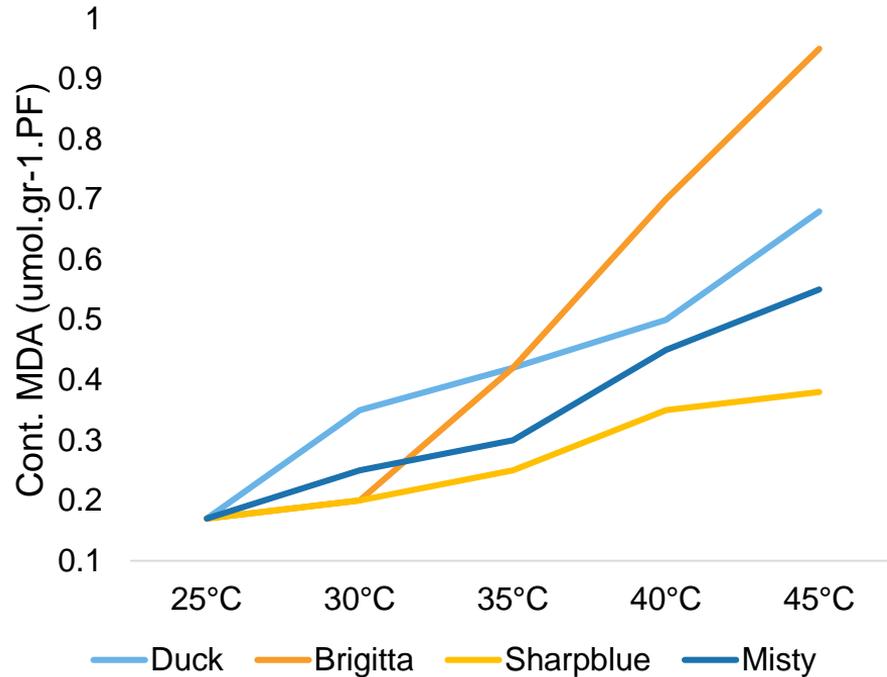
Defense response/



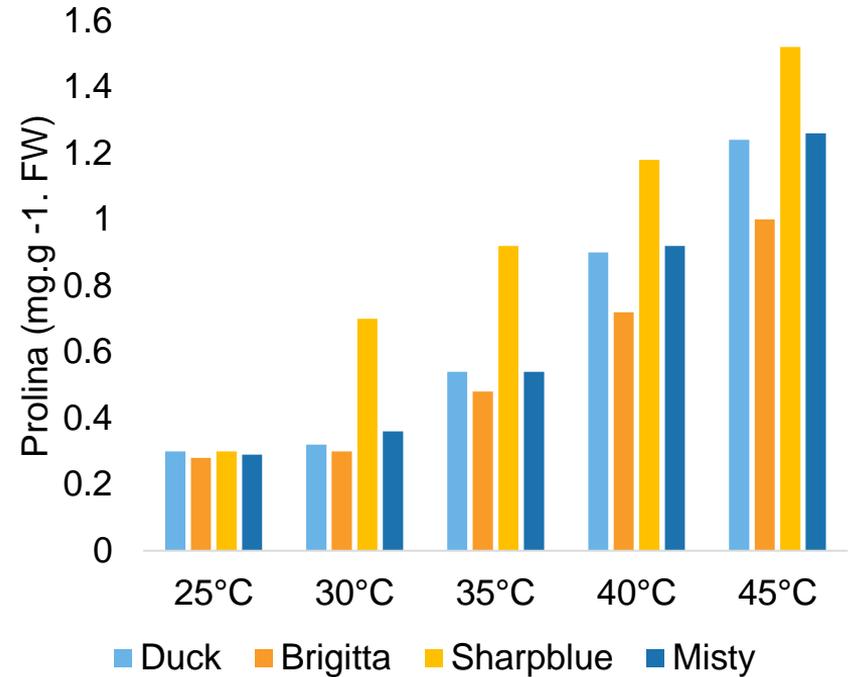
- > peroxidases (POD), e.g. ascorbate peroxidase (APX), glutathione peroxidase (GPX) > glutathione reductase (GR)
- > tocopherols
- > ascorbic acid (Asc)
- > glutathione (GSH)

# Respuesta de 4 variedades de arándanos a altas temperaturas

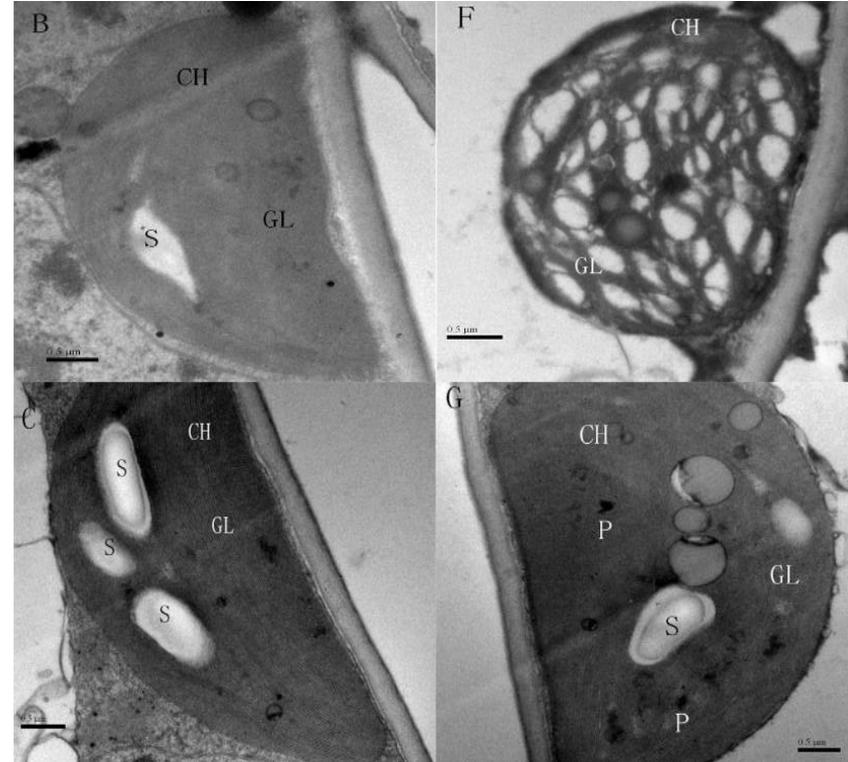
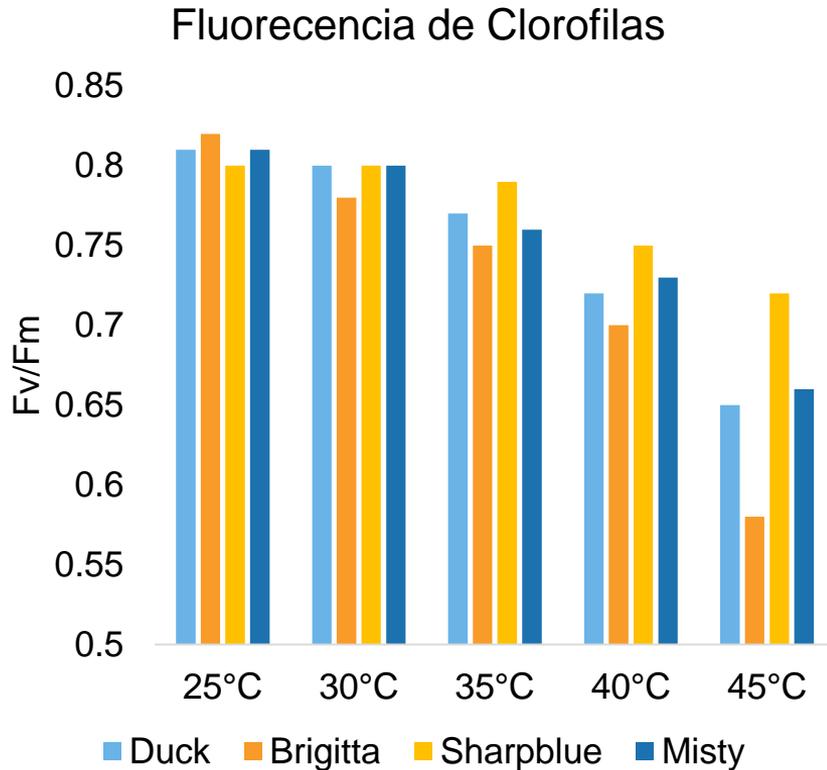
## Peroxidación de Lípidos



## Contenido de Prolina



# Respuesta de 4 variedades de arándanos a altas temperaturas

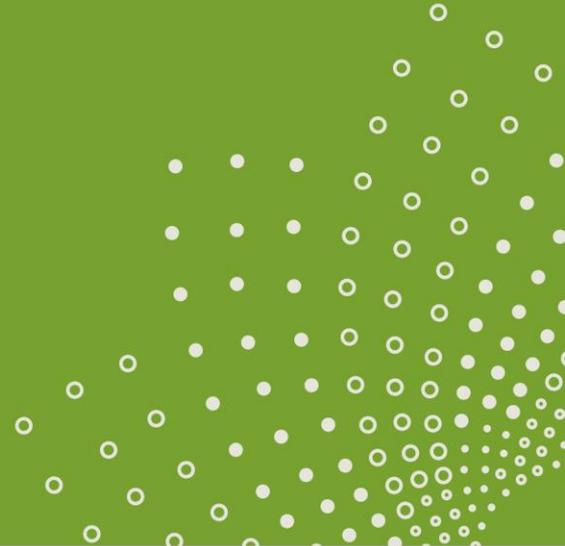


Existen grandes diferencias en la capacidad antioxidante enzimática y no – enzimática en diversas variedades de Uva

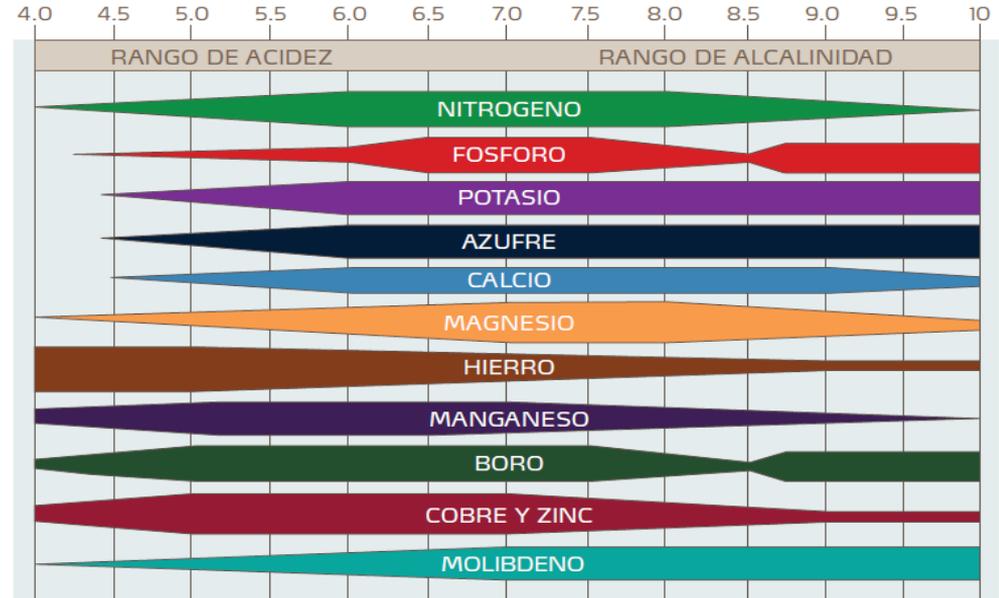
Metabolite	Kalecic Kerasi	Sultana	Trebbiano	Öküzgözü	Touriga Nacional	Trincadeira	Thompson Seedless	Tinto Cão	Tinta Roriz	Malbec
Tissue	Leaves	*Cells /Leaf disks leaves	Leaves	Leaves	Leaves	Leaves	Buds	Leaves	Leaves	Leaves
AsA [ $\mu\text{mol g}^{-1}\text{FW}$ ]			11		0.8*	0.67				
DA sA [ $\mu\text{mol g}^{-1}\text{FW}$ ]			3.3		0.23*	0.08				
GSH [ $\mu\text{mol g}^{-1}\text{FW}$ ]			0.12		19*	25				
GSSG [ $\mu\text{mol g}^{-1}\text{FW}$ ]			0.04		10*	7				
Chlorophyll [ $\text{mg cm}^{-2}\text{LA}$ ]					12*	4		208	409	26576
Carotenoids [ $\text{mg cm}^{-2}\text{LA}$ ]					5.6*	2.1		58	113	5297
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> [ $\mu\text{mol g}^{-1}\text{FW}$ ]	22.74	0.06 <sup>a,b</sup>	35	20	4.3*	2.9	0.023			
Proline [ $\mu\text{mol g}^{-1}\text{FW}$ ]	0.71	0.01*		0.01						
O <sub>2</sub> <sup>-</sup> [ $\mu\text{mol g}^{-1}\text{FW}$ ]		0.1 <sup>a,b</sup>	0.6							
MDA [ $\mu\text{mol g}^{-1}\text{FW}$ ]				12						
Phenols [ $\text{mmol g}^{-1}\text{FW}$ ]			30							
ABA [ $\mu\text{mol mg}^{-1}\text{DW}$ ]		50			6.1*	4.3				1 <sup>a</sup>
<b>ENZYME ACTIVITY</b>										
Superoxide dismutase [Units (mg prot min) <sup>-1</sup> ]	32.10		4	6.3	1.1					
Peroxidase [ $\mu\text{mol GDHP (mg min)}^{-1}$ ]				250						664
Ascorbate peroxidase [ $\mu\text{mol AsA (mg min)}^{-1}$ ]	237		23 <sup>b</sup>	360	200					217.3
Monodehydroascorbate reductase [ $\mu\text{mol NA DH (mg min)}^{-1}$ ]					1.5					
Dehydroascorbate reductase [ $\mu\text{mol AsA (mg min)}^{-1}$ ]			4.5 <sup>c</sup>		0.4					
Glutathione reductase [ $\mu\text{mol NADPH (mg min)}^{-1}$ ]			0.08 <sup>c</sup>		0.16					
Catalase [Units (mg prot min) <sup>-1</sup> ]	5.66			7 <sup>d</sup>	3					4.4
Total peroxidoxin [ $\text{nmol H}_2\text{O}_2 (\mu\text{g prot min)}^{-1}$ ]					56.4 <sup>e</sup>					
NA DH-GDH [ $\text{mUnits (g min)}^{-1}$ ]		150*								
LOX [ $\text{mmol g}^{-1}$ ]	2.42									

# La nutrición vegetal y estrés térmico

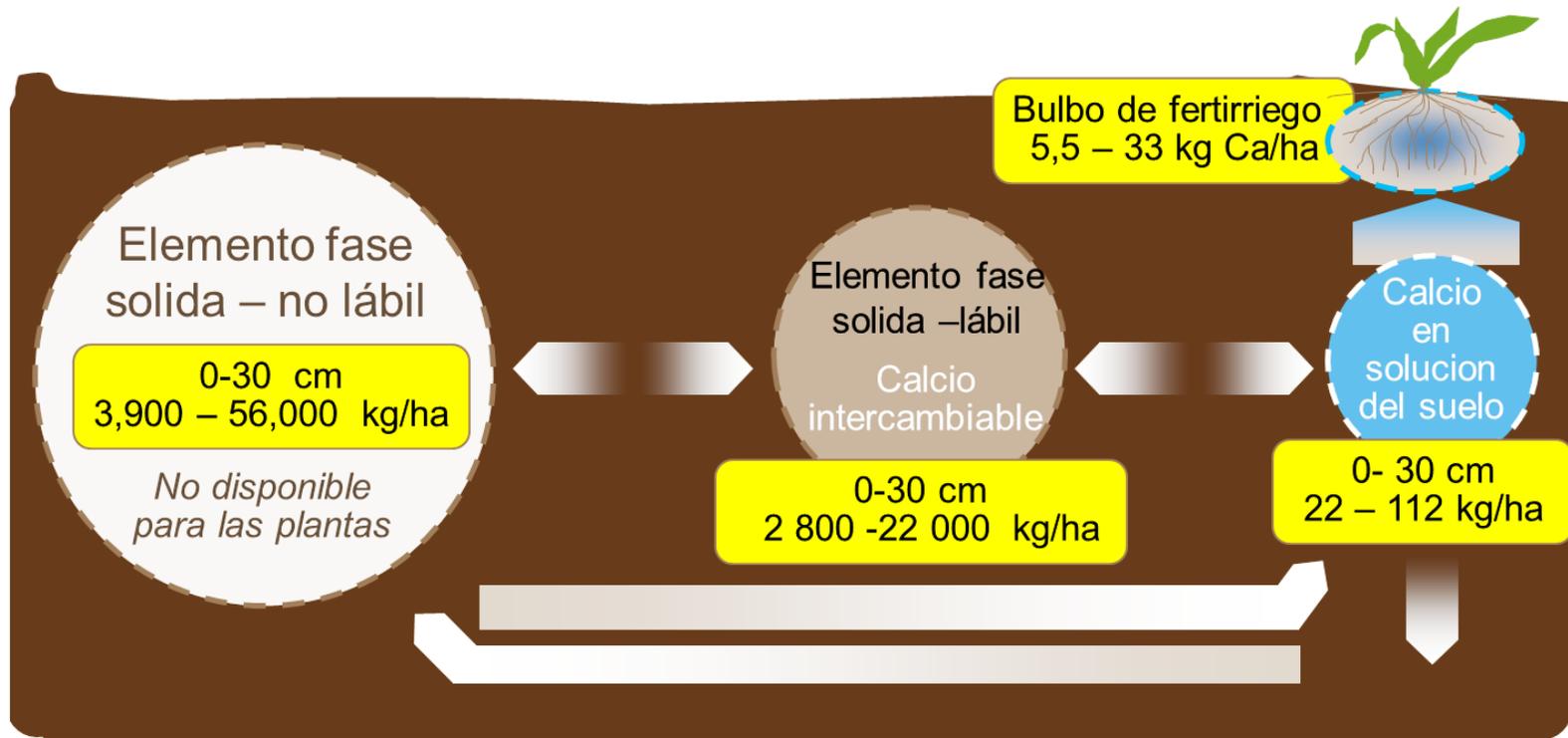
## Conectando los puntos a través de la fisiología



# Características edafo climáticas de la costa peruana



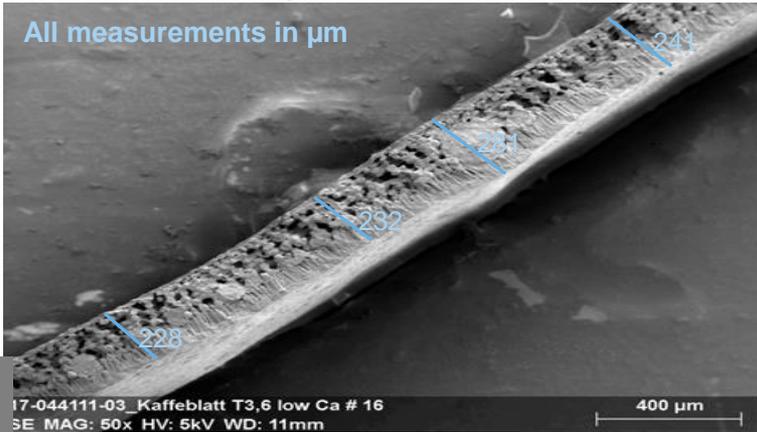
# Disponibilidad de Ca en el suelo, ¿será suficiente?



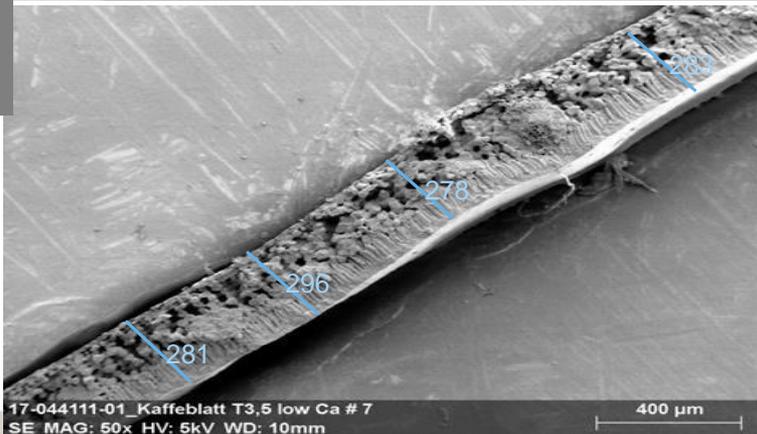
# Mayor grosor en las células de la hoja con Ca

leaf cross section at low and opt Ca – 2 leaves each - 50x

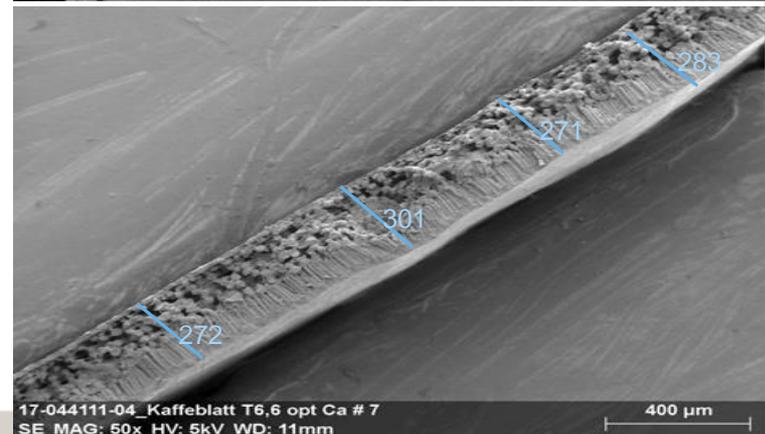
All measurements in  $\mu\text{m}$



Low Ca  
Average  
thickness  
of leaves at  
low Ca:  
265  $\mu\text{m}$

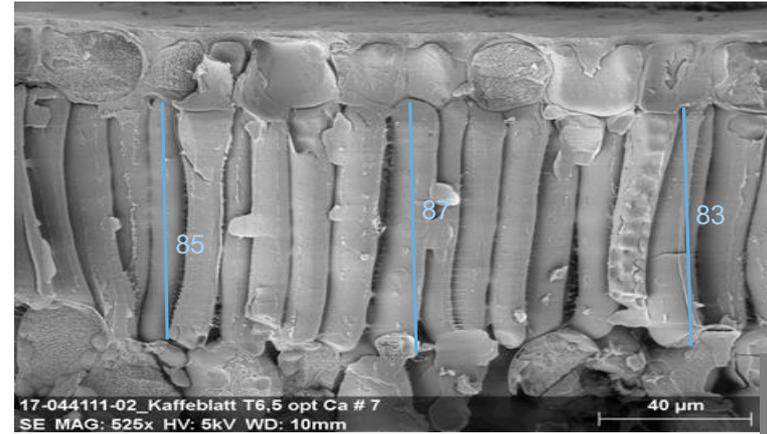
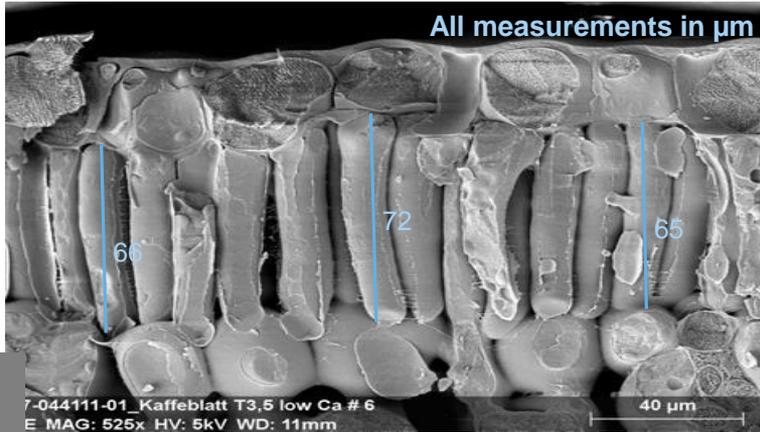


Opt Ca  
Average  
thickness  
of leaves at  
at opt Ca:  
286  $\mu\text{m}$



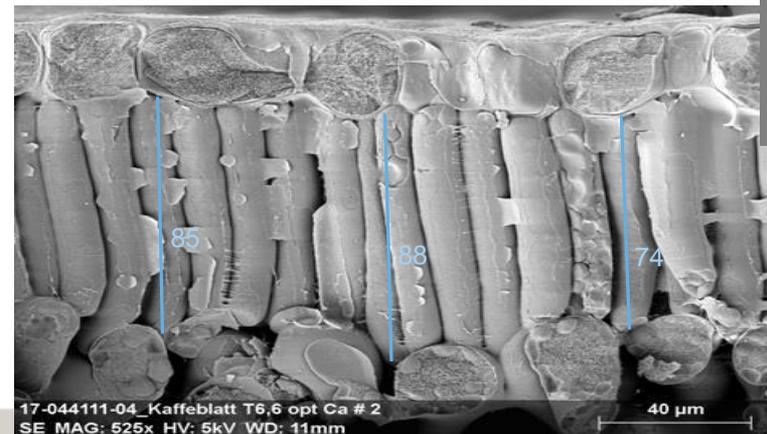
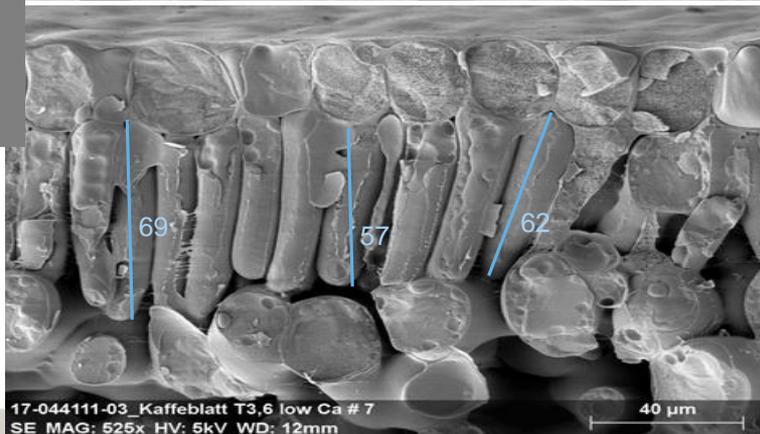
# Celulas empalizadas mas largas y densas con buen Ca

- low & opt Ca - 2 leaves each - 525x



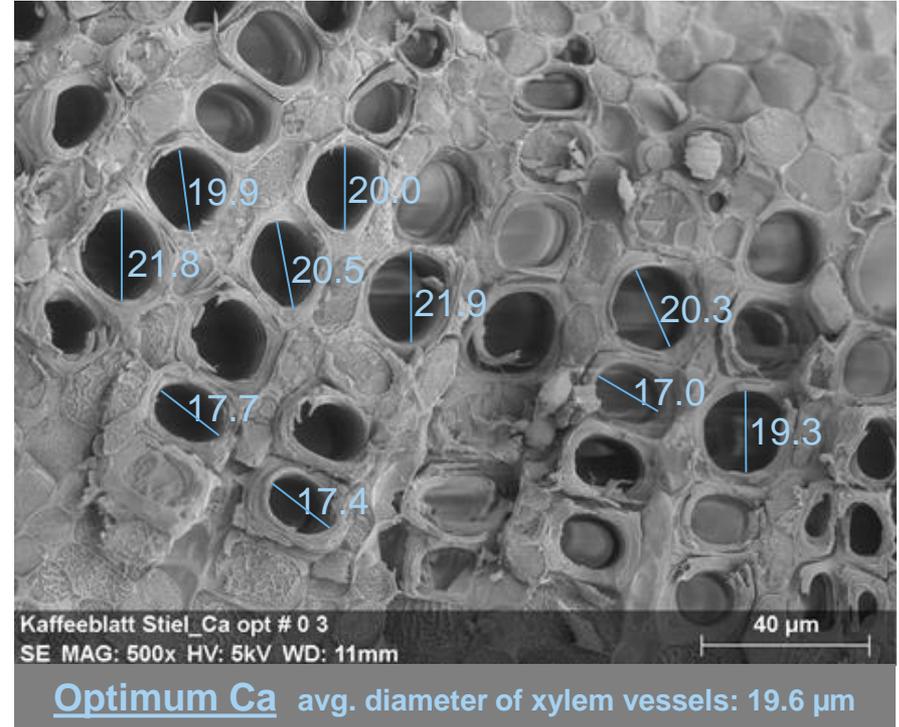
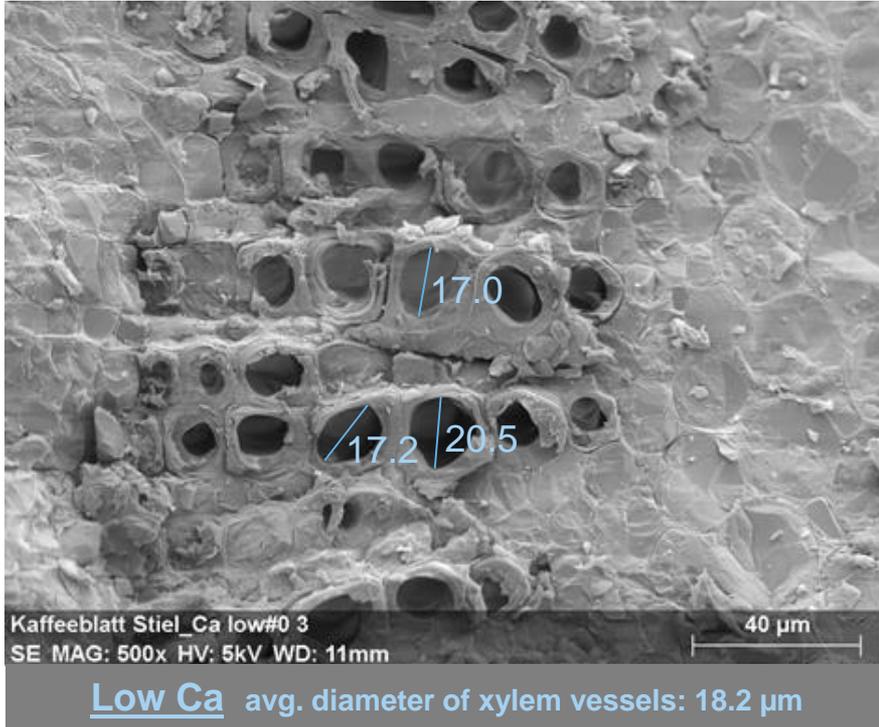
Low Ca  
Average length of measured palisade cells at low Ca: 65  $\mu\text{m}$

Opt Ca  
Average length of measured palisade cells at opt Ca: 84  $\mu\text{m}$

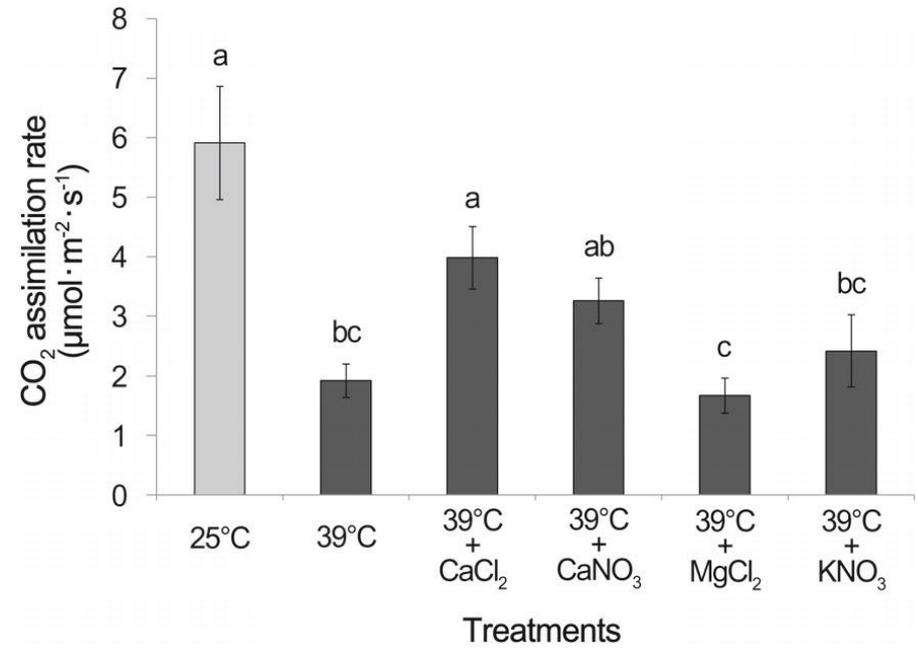
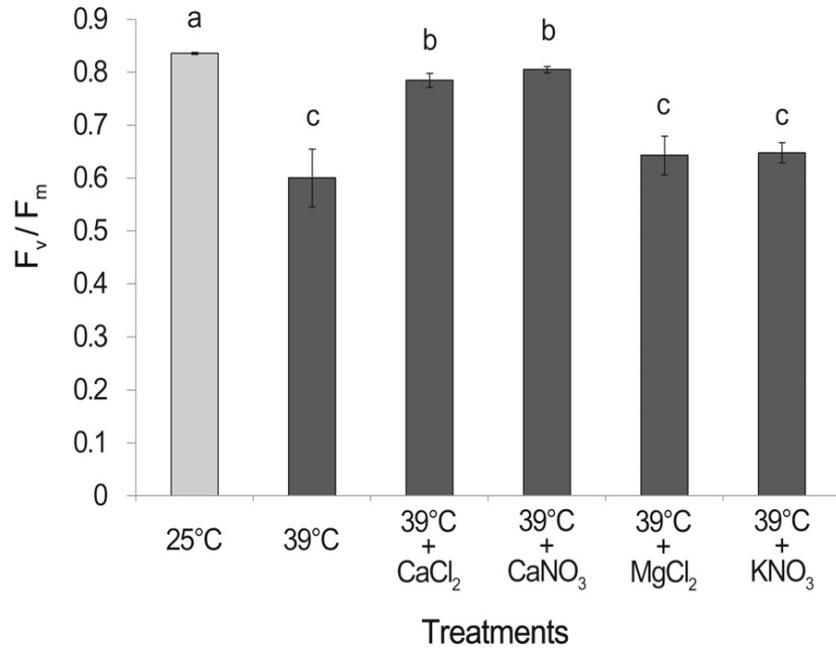


# Niveles óptimos de Ca resultan en un incremento del diámetro de los haces del xilema en los peciolos

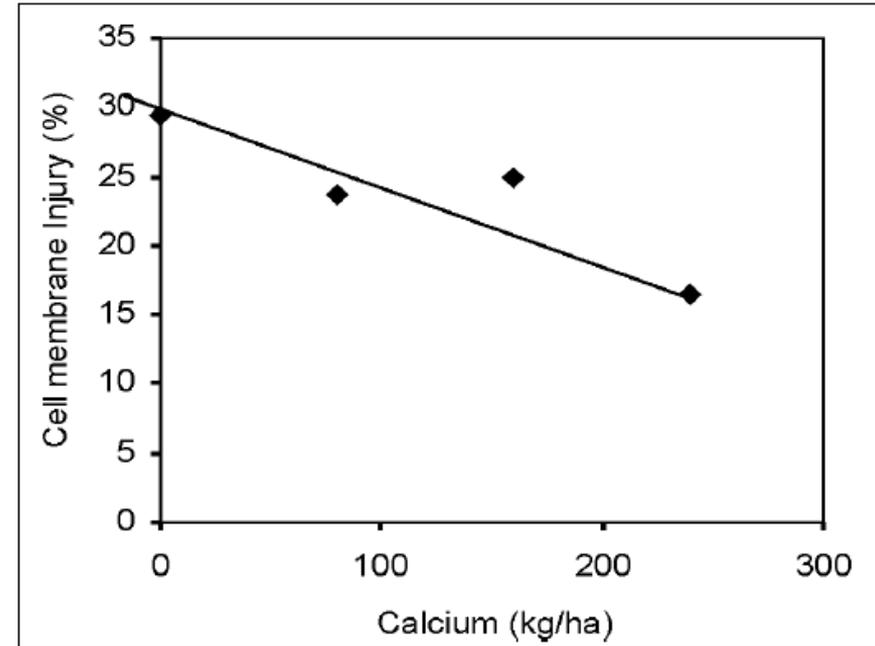
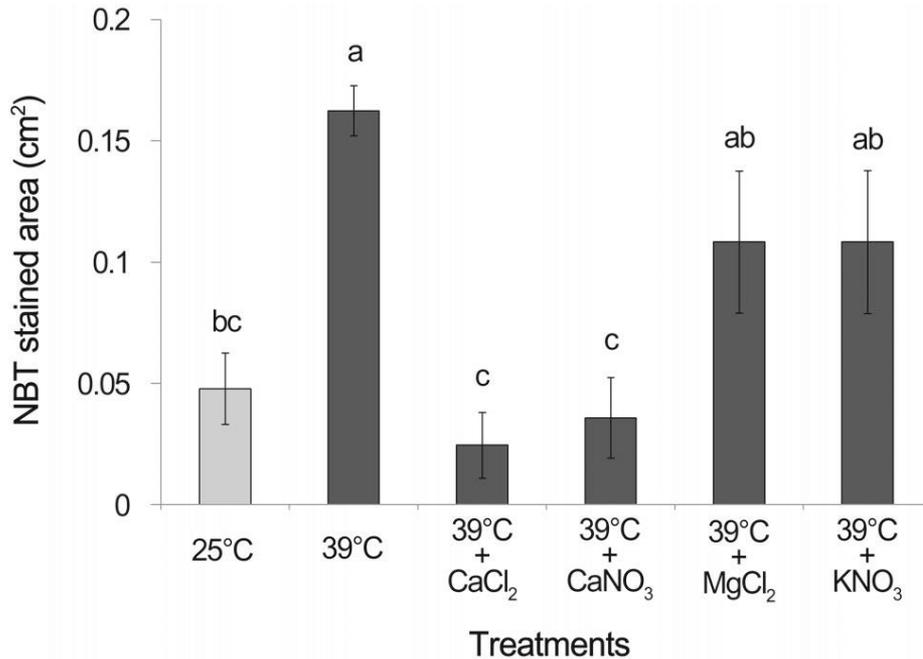
- low & opt Ca – 500x – selected areas from previous slides



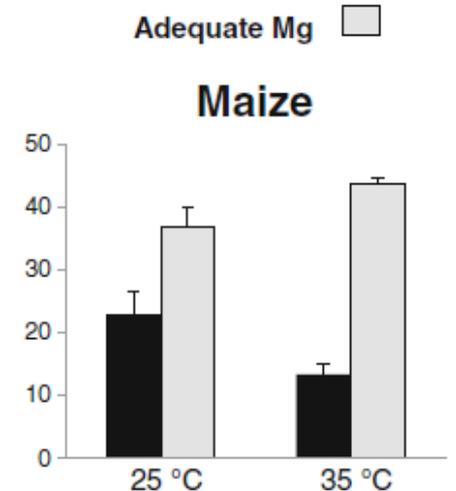
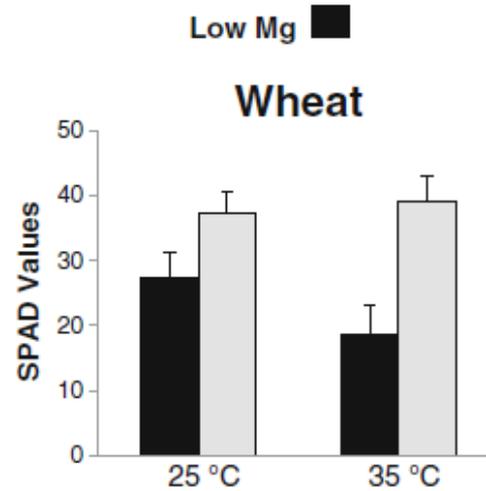
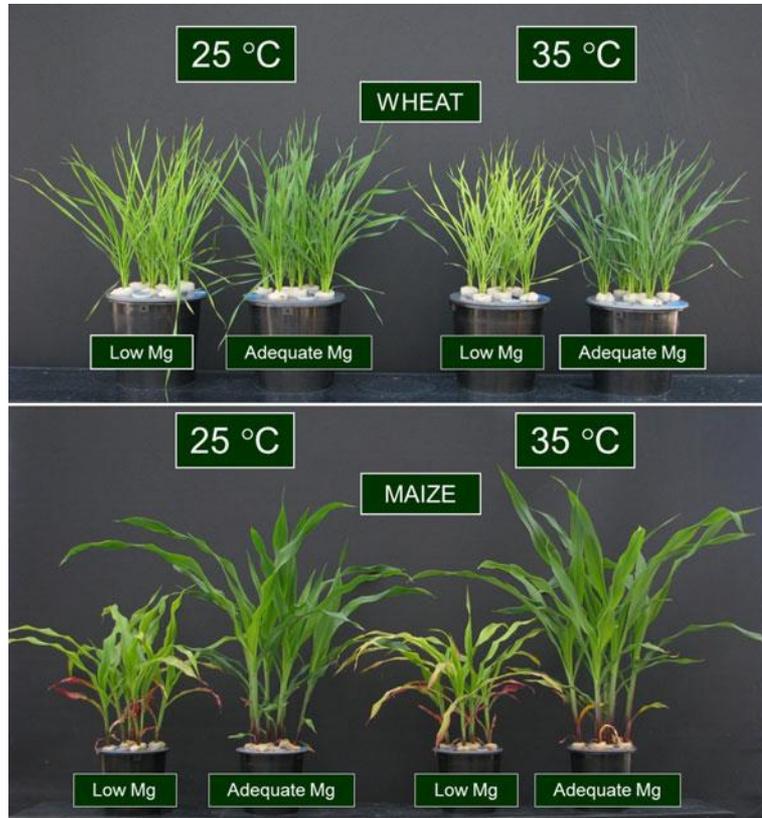
# Una adecuada nutrición de Ca mitiga los efectos del estrés térmico



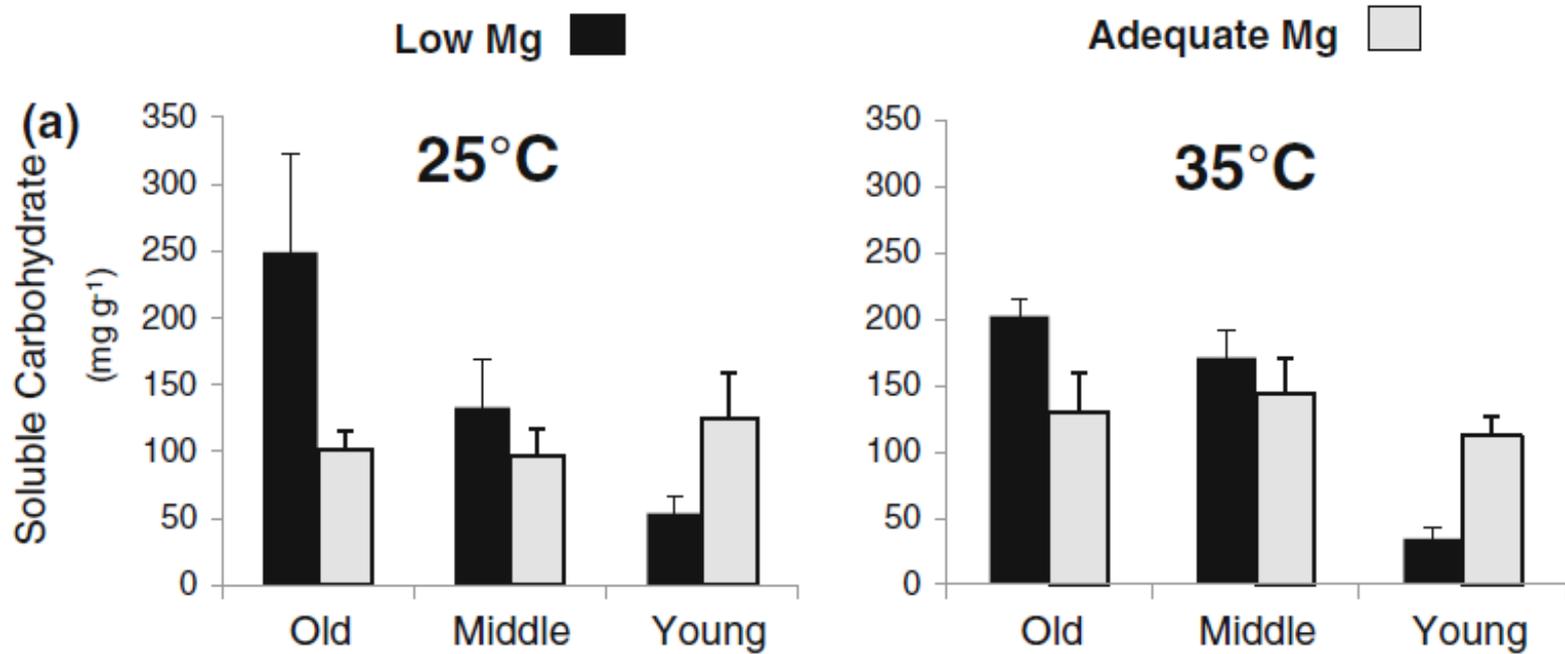
# Una adecuada nutrición de Ca mitiga los efectos del estrés térmico



# Una adecuada nutrición de Mg mitiga los efectos del estrés térmico



# Una adecuada nutrición de Mg favorece la traslocación de carbohidratos a los tejidos sumideros, más aún bajo estrés térmico



## La deficiencia de Mg induce un mayor estrés oxidativo bajo condiciones de estrés térmico

### Total Activity

Temperature	Mg Supply	SOD (U g <sup>-1</sup> FW)	GR (μmol [NADPH] g <sup>-1</sup> FW min <sup>-1</sup> )	APX (μmol H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> FW min <sup>-1</sup> )	CAT
25 °C	Low	110±4	25±6	45.4±9.7	1832±227
	Adequate	110±8	21±2	31.7±4.6	2712±181
35 °C	Low	119±4	36±1	87.3±6.8	2297±197
	Adequate	101±11	25±2	40.6±1.7	3868±641

### Specific Activity

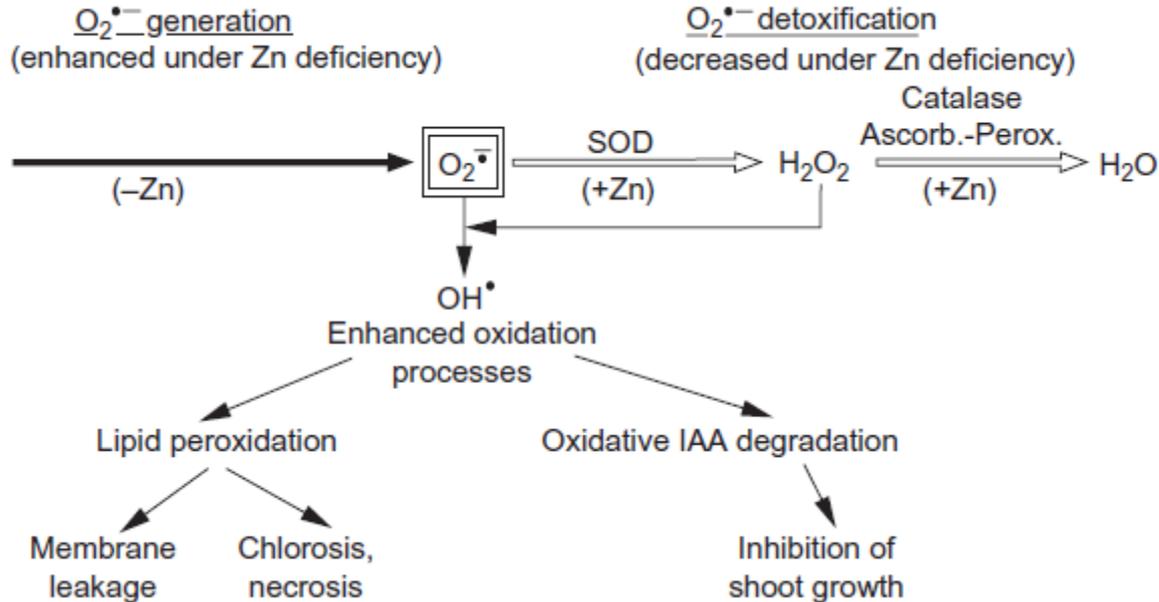
Temperature	Mg Supply	SOD (U mg <sup>-1</sup> Prt.)	GR (μmol [NADPH] mg <sup>-1</sup> prt. min <sup>-1</sup> )	APX (μmol H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> mg <sup>-1</sup> prt. min <sup>-1</sup> )	CAT
25 °C	Low	7.2±0.5	1.64±0.31	2.9±0.4	120±6
	Adequate	5.4±0.4	1.01±0.10	1.5±0.2	134±19
35 °C	Low	8.4±0.2	2.56±0.16	6.1±0.2	162±11
	Adequate	4.6±0.1	1.16±0.05	1.9±0.3	177±13

## Efecto de los niveles de Fe en la actividad de enzimas antioxidantes en dos cultivares de tomate

	Target (Fe-inefficient)		Pakmore (Fe-efficient)	
	Sufficient Fe	Low Fe	Sufficient Fe	Low Fe
Leaf Fe concentration ( $\mu\text{g g}^{-1}\text{dw}$ )	226	21	200	21
Enzyme activity ( $\mu\text{mol g}^{-1}\text{fw min}^{-1}$ )				
Catalase	198	35	244	63
Guaiacol peroxidase	412	136	304	214
Ascorbate peroxidase	613	133	584	192

Based on Dasgan *et al.* (2003).

# Efecto de la nutrición de Zn en el peso seco y en la actividad de la SOD en plantas de algodón

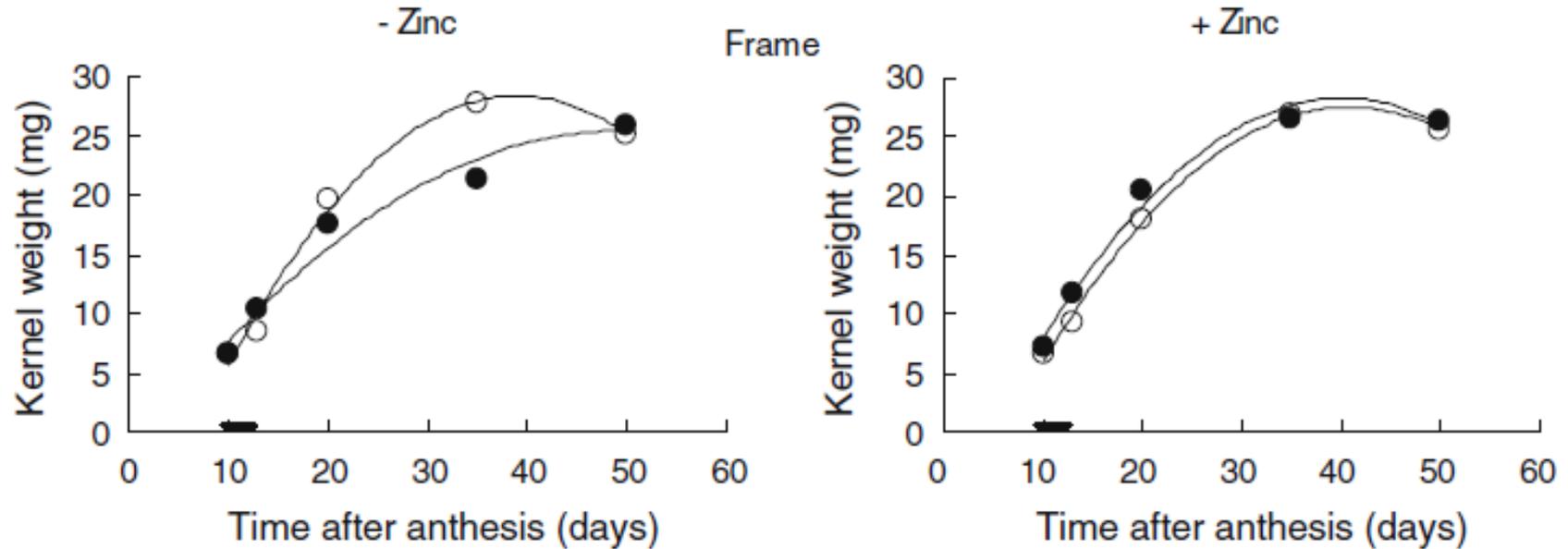


# Efecto de la nutrición de Zn en el peso seco y en la actividad de de la SOD en plantas de algodón

Zn supply	Dry weight (g (4 plants) <sup>-1</sup> )		Activity	
	Shoots	Roots	O <sub>2</sub> <sup>•-</sup> generation (nmol min <sup>-1</sup> mg <sup>-1</sup> protein)	SOD (EU mg <sup>-1</sup> protein)
+Zn	3.1	0.8	1.3	75
-Zn	1.8	0.5	3.7	35

Cakmak and Marschner (1988a).

## Una adecuada nutrición de Zn favorece el llenado de grano bajo condiciones de estrés térmico



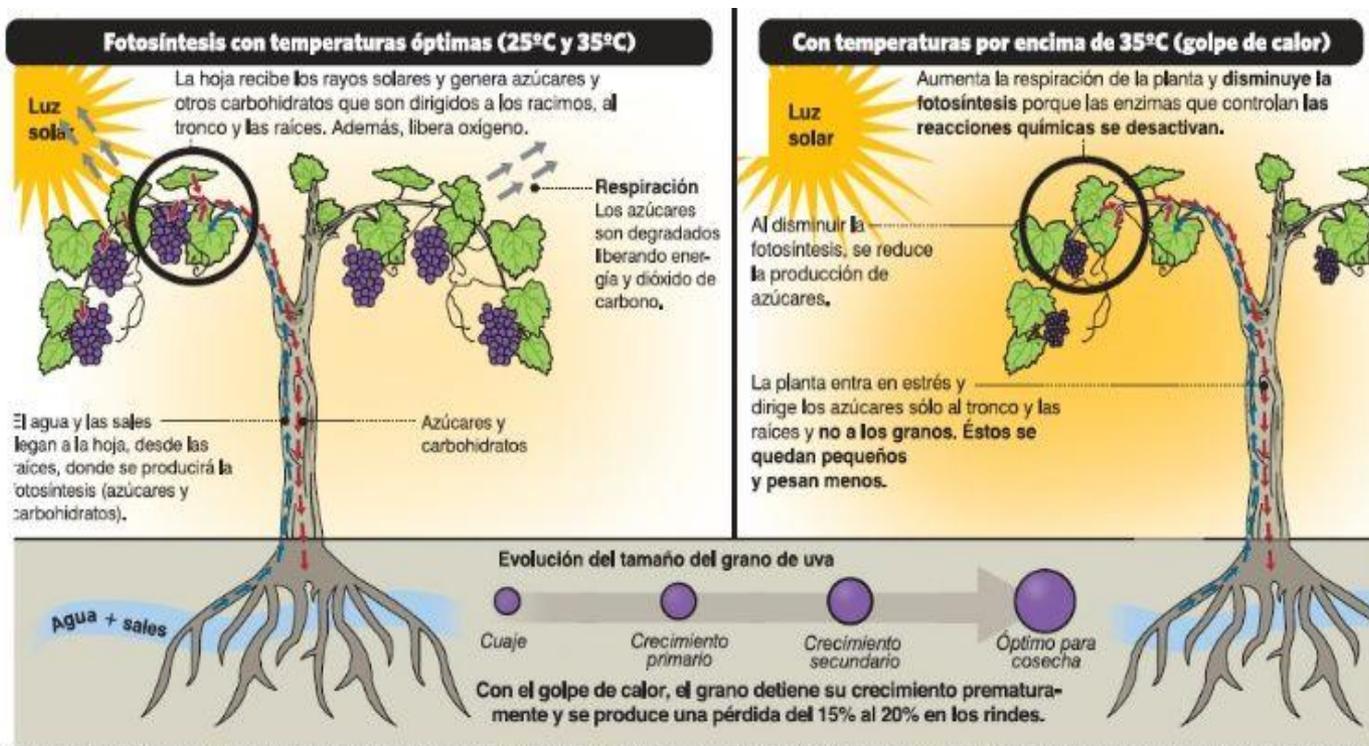
## Una adecuada nutrición de Zn favorece el llenado de grano bajo condiciones de estrés térmico

Zinc and heat treatment	Variety			
	Frame	Goldmark	Halberd	Meering
<b>0.2 mg Zn kg<sup>-1</sup></b>				
Control	1.482	1.291	1.783	0.971
Heat stress	0.868	0.926	1.279	0.612
Reduction (%)	42	30	28	37
<b>2 mg Zn kg<sup>-1</sup></b>				
Control	1.333	1.373	1.544	1.224
Heat stress	1.287	1.188	1.350	1.070
Reduction (%)	3	14	13	12

# Resumen del rol de los nutrientes en incrementar la resistencia la estrés térmico

Nutriente	Mecanismo de accion
Calcio	Actúa como mensajero secundario en la transmisión, regulación y activación de señales bajo estrés. Incrementa la estabilidad de pared y membrana celular. Mejora la conductancia estomática y la tasa fotosintética bajo estrés Mayor actividad de antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos
Potasio	Mejora la regulación estomática y el balance hídrico en la célula Favorece el flujo de protones en el tilakoide Mejora la actividad antioxidante
Magnesio	Favorece el mantenimiento de la ultra estructura del cloroplasto Incrementa la actividad antioxidante y reduce es estrés oxidativo Mejora la traslocación de azúcares hacia los sumideros (hojas jóvenes y frutos)
Azufre	Favorece el correcto funcionamiento del ciclo antioxidativo Glutathion - Aspartato
Fe, Zn y Mn	Mayor actividad de antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos. Actúan como cofactores de en el funcionamiento de una variedad de enzimas

# Efecto del estrés térmico en el rendimiento y calidad de Uva



Diario / DIARIO DE CUYO

# Contamos con un portafolio diversificado de productos y soluciones para el espacio de fertirrigación.

More than 100 years of experience since first fertigation product development: calcium nitrate; now expanded to support grower's needs



Trainings



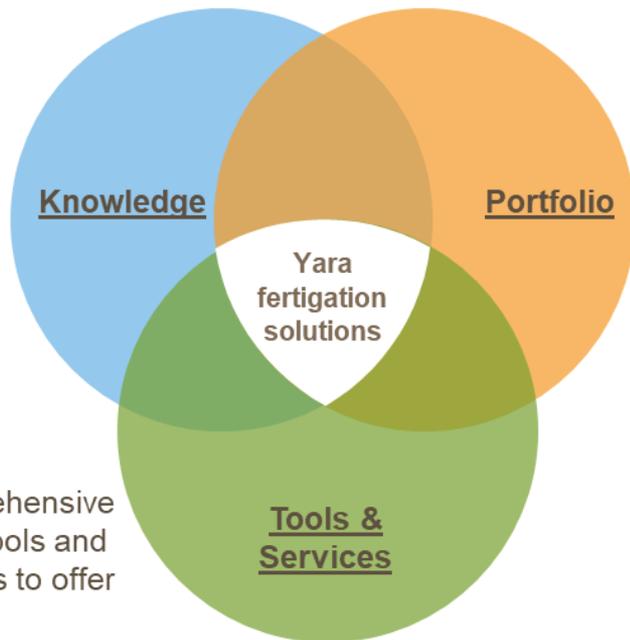
Demos



Literature



Experts



Comprehensive set of tools and services to offer



Crop Analysis



Software



Telemetry



Sensors



YaraTera EASYFEED

Yara offers a wide range of fertigation products for growers – both for greenhouses and open fields



## YaraVita – Portafolio de productos

Producto	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo
YaraVita AMAZINC	-	-	-	-	-	-	-	-	25	35	-	-
YaraVita BUDBUILDER*	-	5	-	4.2	14.5	-	3	-	-	10	-	-
YaraVita CROPBOOST	-	44	7.5	-	4	-	-	-	-	4.6	-	-
YaraVita CROPLIFT BIO*	10	4	7	-	-	-	0.02	-	1.3	0.07	1	0.003
YaraVita FRUTREL*	-	24	-	20	6	-	2	-	-	4	-	-
YaraVita MAGTRAC	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-
YaraVita POTASH ADVANCE	-	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
YaraVita STOPIT	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-
YaraVita ZINTRAC MgB	-	-	-	-	7	-	7	-	-	14	-	-
YaraVita ZINTRAC 700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70	-	-
YaraVita AGRIPOTASH	-	8	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(\*): Contiene extracto de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*)

## Magtrac™

Suspensión concentrada		
Magnesio (Mg)	30% p/v	300 g/l



**Mg** en un producto concentrado y a un menor costo por unidad del elemento.

## Bud Builder™ FL

Suspensión concentrada		
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	5% p/v	50 g/l
Calcio (Ca)	4.2% p/v	42 g/l
Magnesio (Mg)	14.5% p/v	145 g/l
Zinc (Zn)	10% p/v	100 g/l
Boro (B)	3% p/v	30 g/l



[P](#), [Ca](#), [Mg](#), [Zn](#) y [B](#)

## Zintrac™ 700

Suspensión concentrada		
Zinc (Zn)	70% p/v	700 g/l



La formulación de Zn floable más efectiva y confiable.

## Amazinc™

Suspensión concentrada		
Zinc (Zn)	35% p/v	350 g/l
Manganeso (Mn)	25% p/v	250 g/l



Eficiencia comprobada en la corrección de deficiencias de [Zn](#) y [Mn](#).

## Croplift™ Bio

<b>Solución concentrada</b>		
Nitrógeno (N)	10% p/v	100 g/l
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	4 % p/v	40 g/l
Potasio (K <sub>2</sub> O)	7% p/v	70 g/l
Micronutrientes (B, Mn, Cu, Mo y Zn)	0.32% p/v	3.2 g/l
<b>Contiene <i>Ascophyllum nodosum</i></b>		



Elaborado bajo estrictas normas y procedimientos de calidad europea e ISO 9001:2008. Incluye [N](#), [K](#), micronutrientes tales como [B](#), [Mn](#), [Cu](#), [Mo](#) y [Zn](#), además de *Ascophyllum nodosum*.



Knowledge grows

