



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA



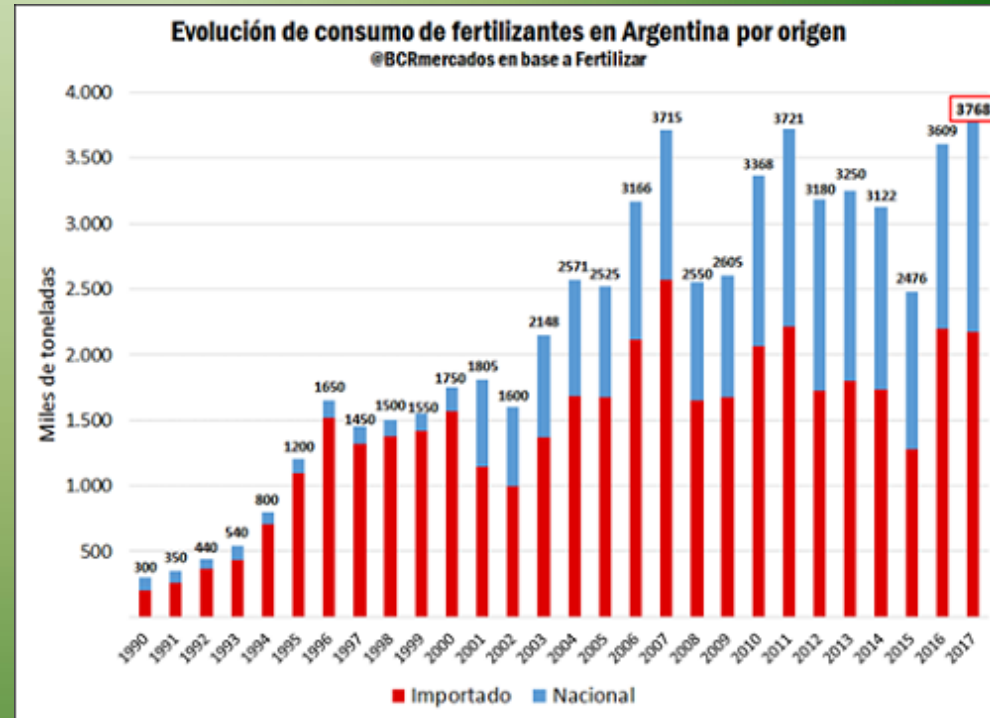
Facultad de
Ciencias Agrarias
y Forestales

TP N° 5 – Nutrición Mineral

Discusión e interpretación de
resultados de publicaciones
científicas

Para ponernos en contexto

- La evolución hacia el consumo de fertilizantes está en alza duplicando su demanda en las 2 últimas décadas
- Y los fertilizantes nitrogenados son los más demandados



Oferta y demanda de fertilizantes por tipo. Año 2017.

	FOSFATADOS	NITROGENADOS	AZUFRADOS	POTASICOS	OTROS	TOTAL
Importaciones	1.213.735	848.037	41.402	45.657	85.007	2.233.838
Producción local	414.000	1.415.100	110.000	3.300		1.942.400
Exportaciones	113.066	43.826	266		927	158.085
Consumo agropecuario	1.452.647	1.989.004	161.693	66.535	98.814	3.768.693

A partir de la información disponible en la actualidad

- Numerosos estudios han demostrado que la reposición no es suficiente para reponer la extracción que producen los cultivos

Extracción y balance de nutrientes en los suelos agrícolas de la Argentina

Gustavo A. Cruzate y Roberto R. Casas

Tabla 4. Balance de nutrientes para Argentina en la campaña agrícola 2010/11.

	N	P	K	Ca	S	Total
Extraído	2 091 572	441 348	1 021 921	154 462	222 664	3 931 967
Fertilizado	820 233	280 895	61 028	82 727	114 946	1 359 829
Balance	- 1 271 339	- 160 453	- 960 893	- 71 735	- 107 718	- 2 572 138
% Aportado	39	64	6	54	52	35

Repasando la Ley del Mínimo de von Liebig



Limitantes de la Ley del Mínimo

- Explica las deficiencias como si fueran independientes, y en función del nutriente que se encuentra menos disponible.
- No contempla las interacciones entre nutrientes. (tanto sinérgicas como antagonistas)

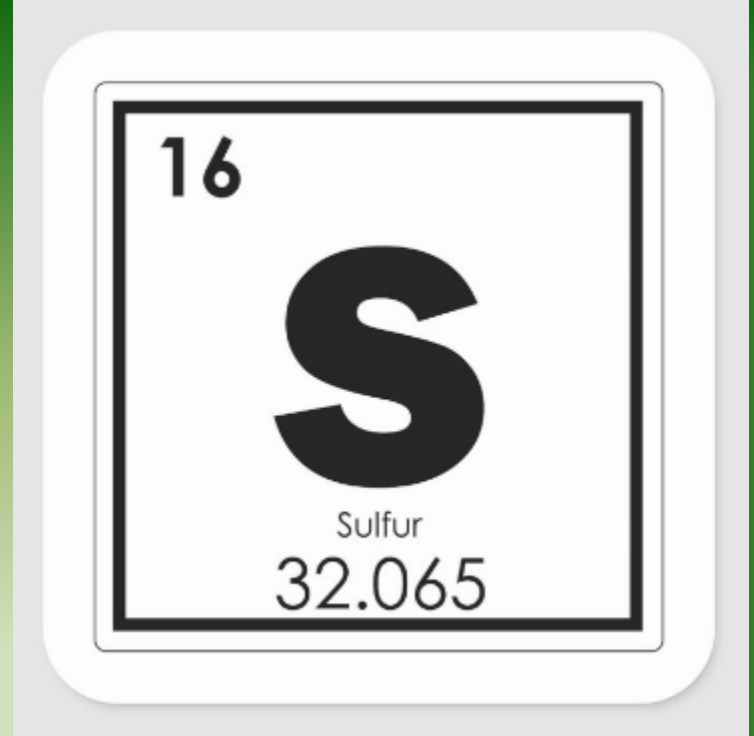
Entre nutrientes pueden haber interacciones negativas (antagonismos), como así también positivas (sinergismos) . . .

En el siguiente ejemplo . . .

- Veremos cómo dos nutrientes interaccionan positivamente en la absorción y en la eficiencia del uso de un nutriente.



&





Contents lists available at ScienceDirect

Field Crops Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/fcr



Sulfur fertilization improves nitrogen use efficiency in wheat by increasing nitrogen uptake

Fernando Salvagiotti ^{a,*}, Julio M. Castellarín ^a, Daniel J. Miralles ^{b,c}, Hugo M. Pedrol ^a

^a Dto. Agronomía, EEA Oliveros INTA, Ruta 11 km 353 (C 2206), Pcia. Santa Fe, Argentina

^b Dto. Producción Vegetal, Cátedra de Cerealicultura and IFEVA, Facultad de Agronomía, Av San Martín 4453 (C 1417 DSE), Buenos Aires, Argentina

^c CONICET (National Council of Scientific and Technical Research), Argentina

Como podrán observar, ya el título nos está adelantando la intención del trabajo (la hipótesis) y los resultados hallados.

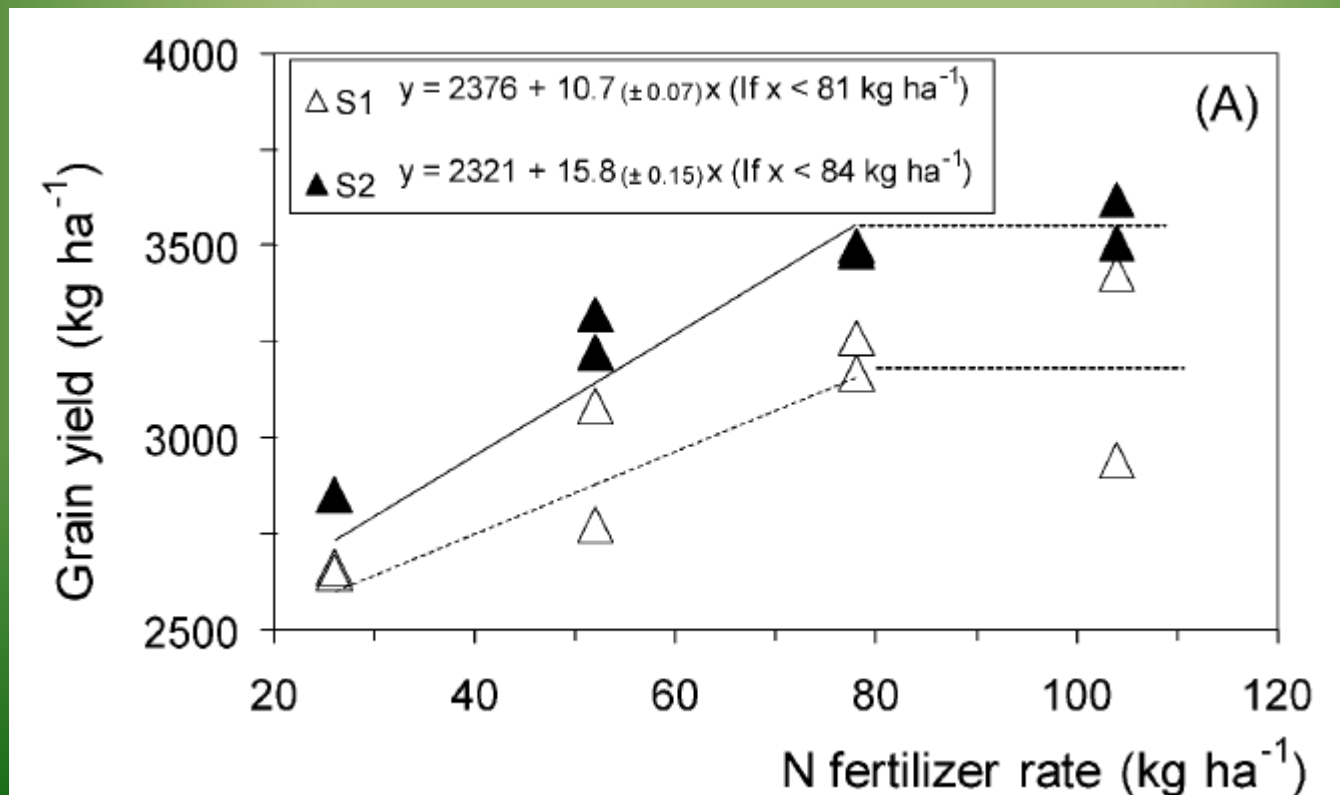
¡A trabajar!

- Si tuviera que diseñar el efecto de un elemento con otro, lo que habría que hacer es definir los niveles de respuesta de ambos elementos y sus interacciones en los distintos niveles.
- Se trabajó fertilizando a un cultivo de trigo con dos niveles de azufre (0 y 30 kg ha⁻¹) y varios niveles de nitrógeno (de 8 a 105 kg ha⁻¹), junto con todas las combinaciones de ambos nutrientes

Y en los resultados:

¿Qué tendencia observa?, teniendo en cuenta:

- \triangle representan tratamiento sin fertilización
- \blacktriangle representan una dosis de 30 kg de S / ha.

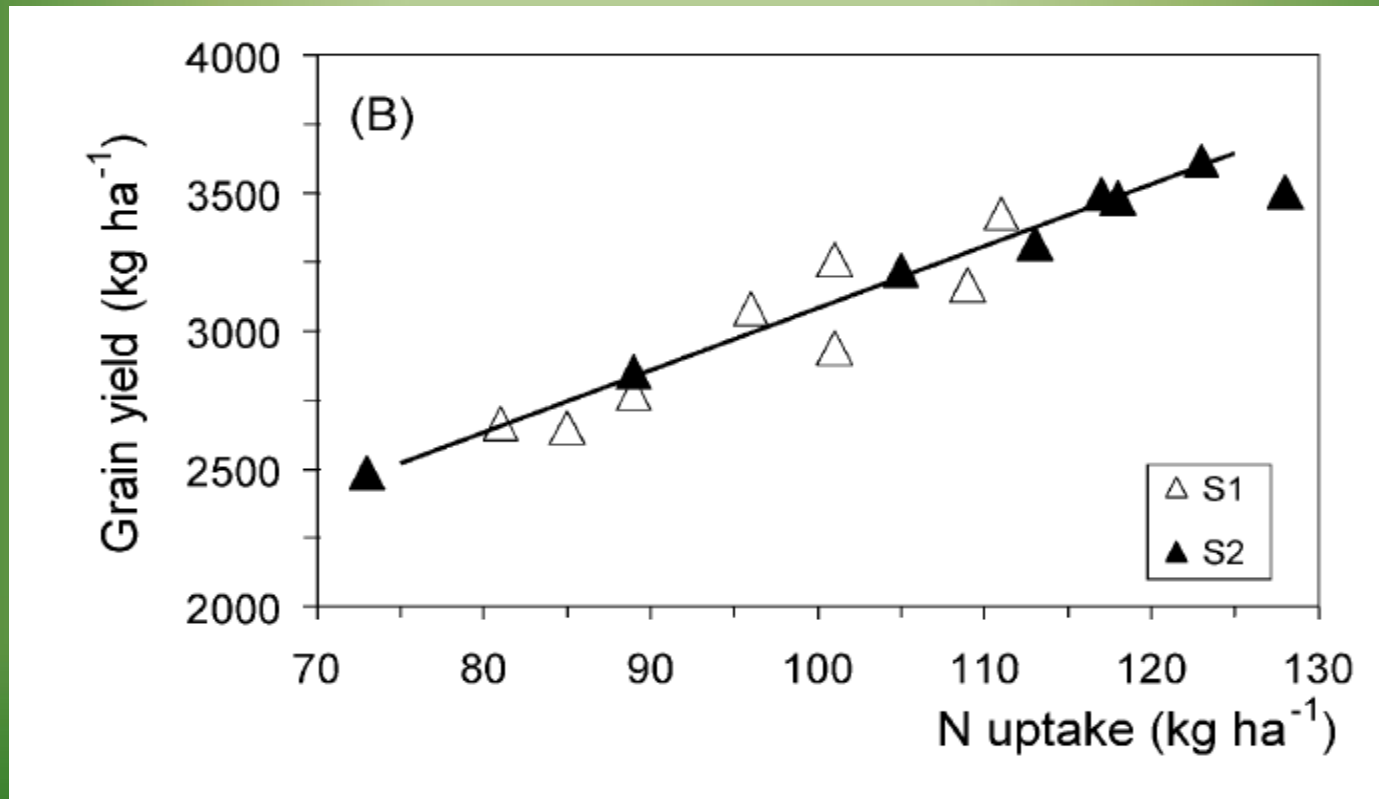


En la Figura anterior observe:

- ¿Cómo le parece que es el comportamiento de la fertilización azufrada a la izquierda de la figura y a la derecha de la figura?
- Cada curva posee una fórmula de regresión que describe la zona de respuesta de cada una de las combinaciones de nutrientes. ¿Qué deducciones puede sacar teniendo en cuenta la pendiente y la ordenada al origen?

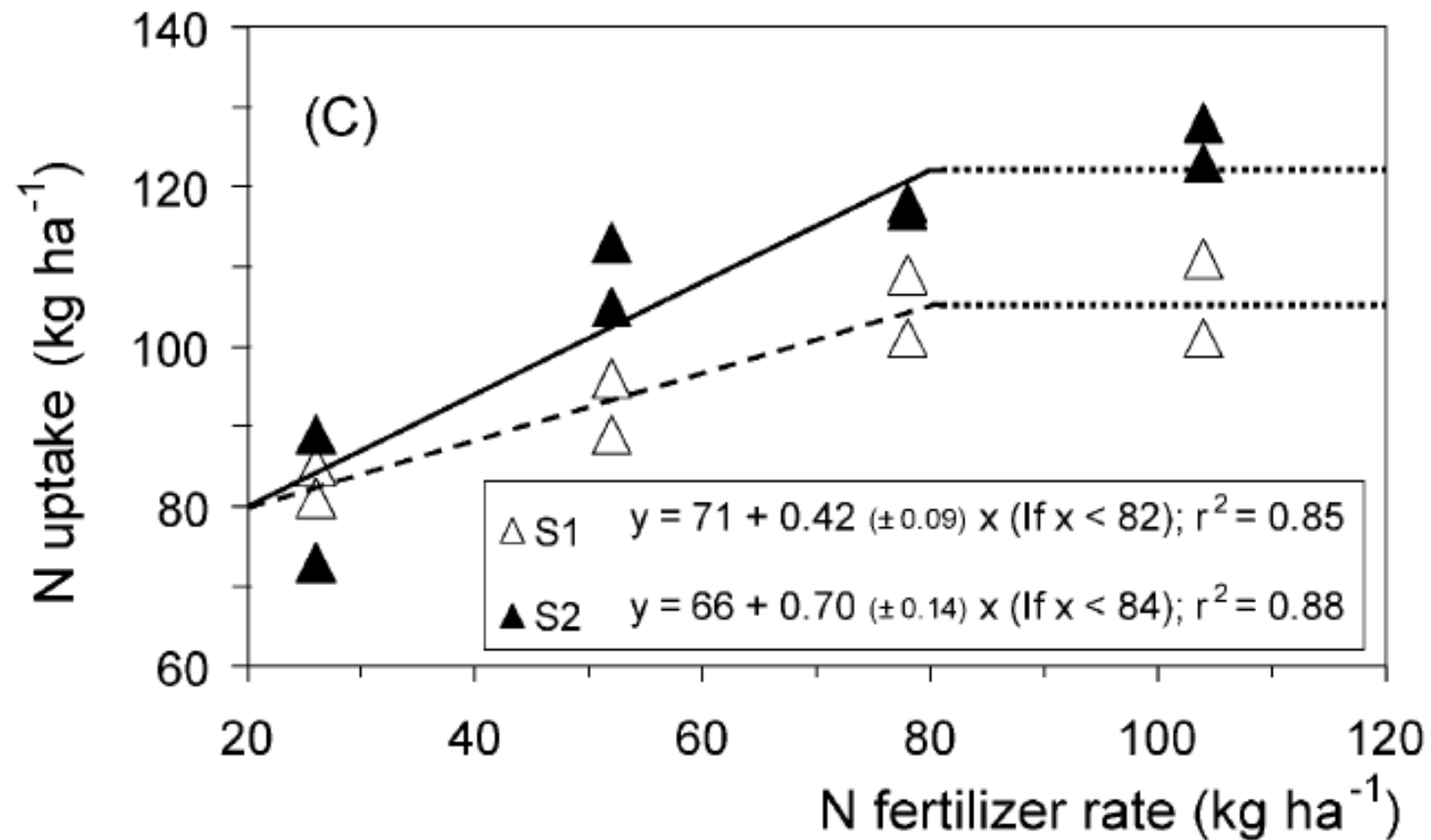
Y en forma más general

- ¿Qué puede decir de esta segunda figura?



- ¡Preste atención! ¿Dónde se ubican los \triangle y los \blacktriangle ?
- ¿Considera que las variaciones en el rendimiento son explicadas por la absorción del Nitrógeno y del Azufre por parte de las raíces?

¿Qué conclusión puede sacar sobre la eficiencia en la absorción del N en función de la dosis de fertilización de N y S en conjunto?



¿Qué podría decir de la eficiencia del uso del nitrógeno (NUE)?

¡Aclaración!

Tenga en cuenta que la Eficiencia en el uso del Nitrógeno (NUE) está determinada por el efecto que produce la fertilización en el rendimiento en granos sobre la cantidad de nitrógeno aplicada:

$$\text{NUE} = \frac{\text{Rend. Fertilizado} - \text{Rend. No Fertilizado}}{\text{N aplicado}}$$

En este caso se analizaron dos cultivares, Baguette 10 (B10) y Klein Don Enrique (KDE) en tres localidades argentinas. La letra C corresponde al tratamiento sin fertilización.

Site	Cv	Grain yield			Nitrogen uptake			NUE		RE		IE	
		kg ha ⁻¹			kg ha ⁻¹			kg grain kg applied N ⁻¹		kg N uptake kg applied N ⁻¹		kg grain kg N uptake ⁻¹	
		C	N	N+S	C	N	N+S	N	N+S	N	N+S	N	N+S
Los Molinos	B10	2900	4309	4394	54	101	111	12.2	13.0	0.47	0.57	26	23
	KDE	2446	4124	4440	48	99	118	14.6	17.3	0.51	0.70	29	25
Oliveros	B10	3265	4265	4481	93	137	145	8.7	10.6	0.31	0.38	28	28
	KDE	2225	3185	3520	69	108	117	8.3	11.3	0.39	0.47	22	24
Correa	B10	3072	3300	3776	95	111	133	2.0	6.1	0.17	0.38	12	16
	KDE	2794	3301	3452	86	109	115	4.4	5.7	0.23	0.29	19	19
SE Site			112			4.8			1.8		0.04		4.0
SE Cv			89			3.2			1.0		0.02		2.4
SE FT			77			3.0			1.01		0.02		2.4

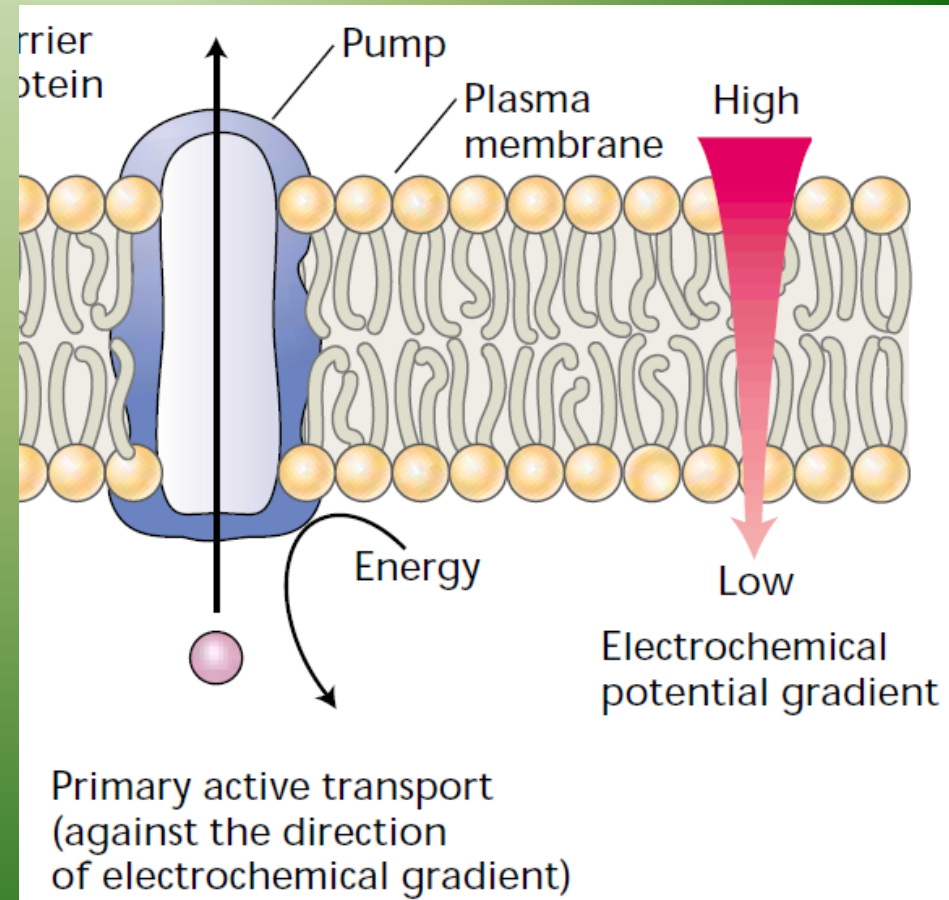
Analice en cada caso, ¿cómo fue la NUE comparando los tratamientos donde se fertilizó solamente con Nitrógeno y combinando Nitrógeno + Azufre? (ver recuadro rojo).

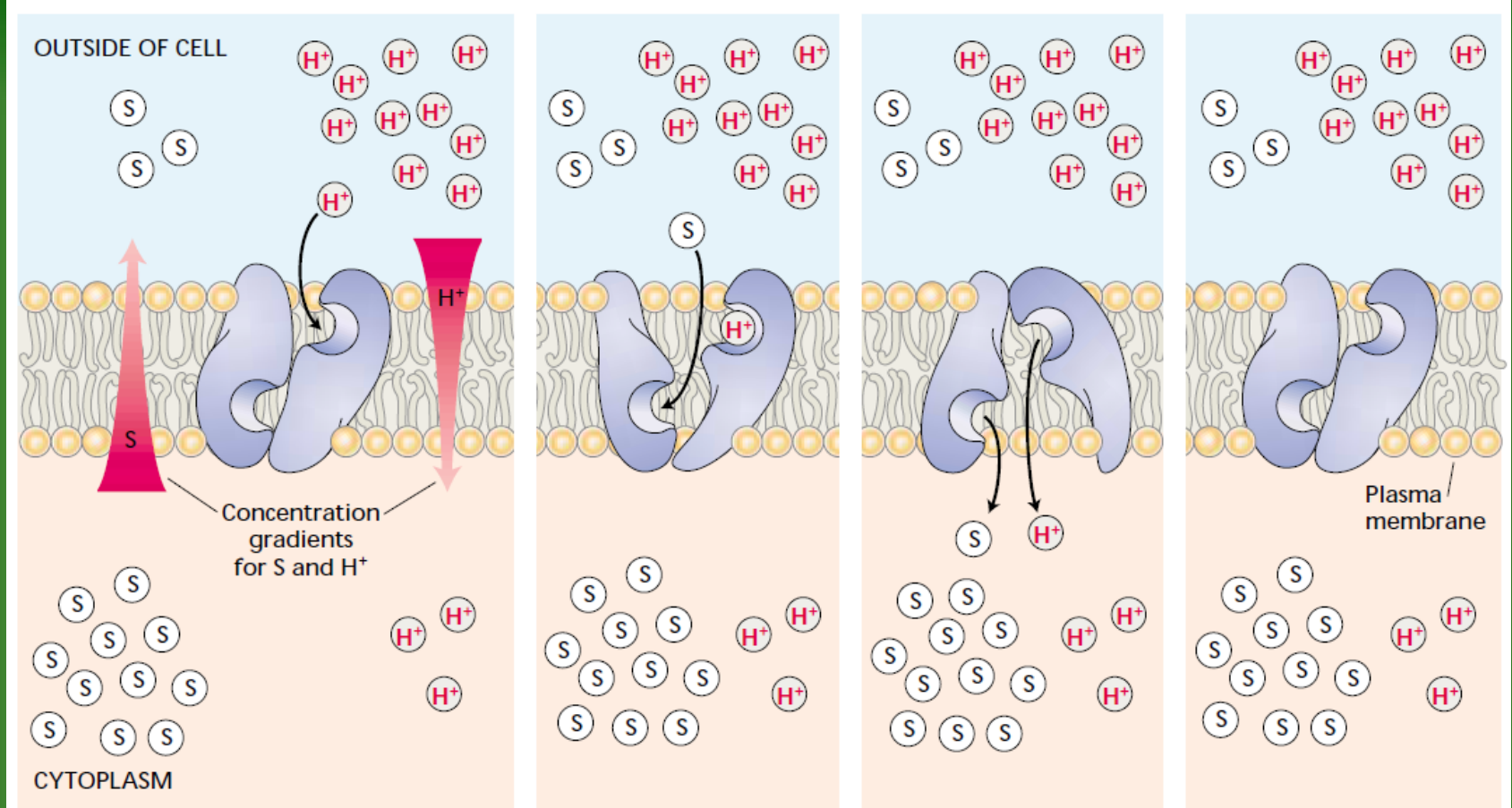
Ahora veremos otro ejemplo para ver cómo se absorben y distribuyen los nutrientes en las plantas

- Requieren de transportadores en la plasmalema y deben realizar un trabajo que requiere de energía para poder ingresar efectivamente a la célula.
- Muchas veces el ingreso se produce en contra de un gradiente electroquímico.

Transportadores

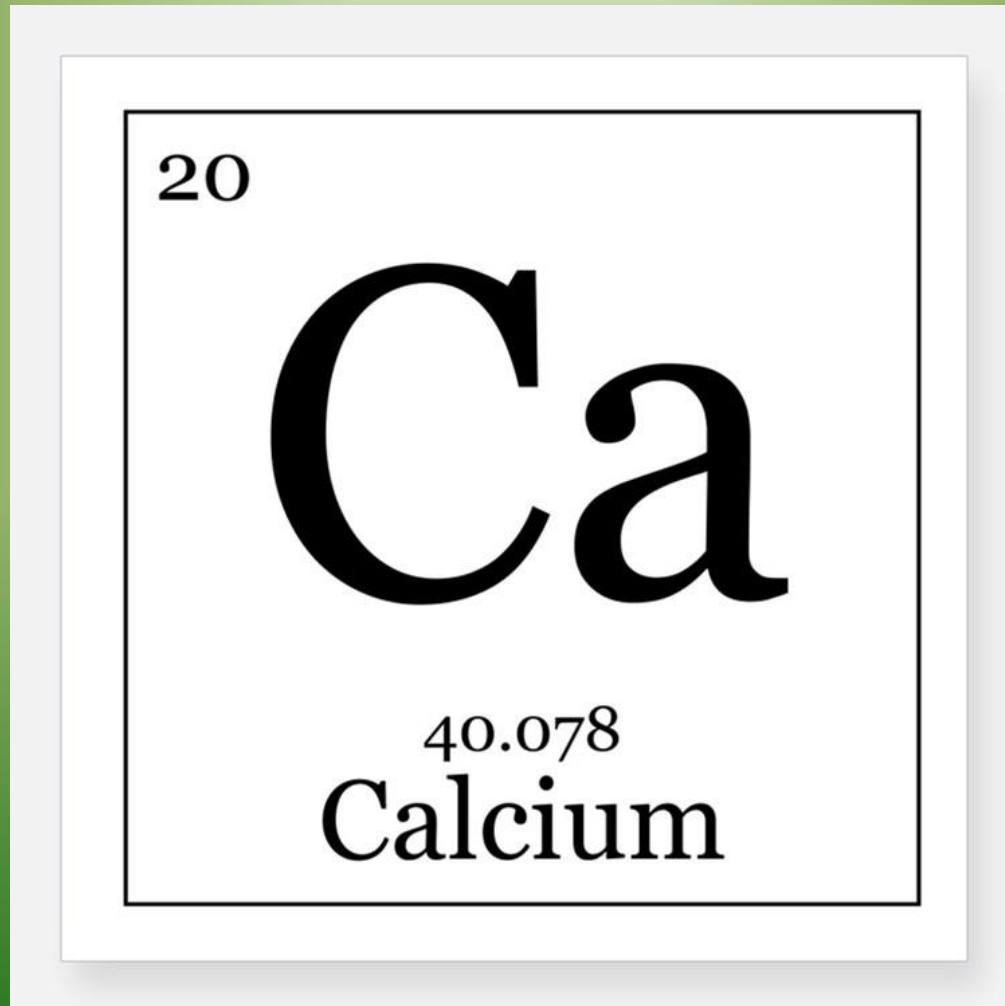
- Como se observó en el teórico, para el ingreso de nutrientes necesitamos de transportadores y en contra de un gradiente electroquímico, por lo que se necesita de energía para realizar este trabajo.





- Ejemplo de transporte activo secundario, en donde la concentración del nutriente S va a contracorriente. Aquí S y el H⁺ producen un cambio configuracional en el transportador y una vez liberados ambos elementos en el interior del citoplasma, vuelve a su condición inicial.

Deficiencias nutricionales



Para comenzar . . .

- Defina la forma en qué se absorbe el calcio en las plantas y en qué forma se transloca
- ¿Qué funciones cumple en el metabolismo?
¿Forma parte de alguna molécula?
- Tanto en el suelo como en la planta es un elemento no móvil. Defina qué implicancias desde el punto práctico tiene esta característica para realizar un plan de fertilización.

A continuación en la Tabla 1:

- Busque en internet fotos de los diferentes síntomas relacionados con cada uno de los cultivos.
- A su criterio, en general, ¿qué tipo de síntomas presentan las deficiencias de calcio?

Table 1 Physiological disorders related to calcium deficiency in some horticultural crops

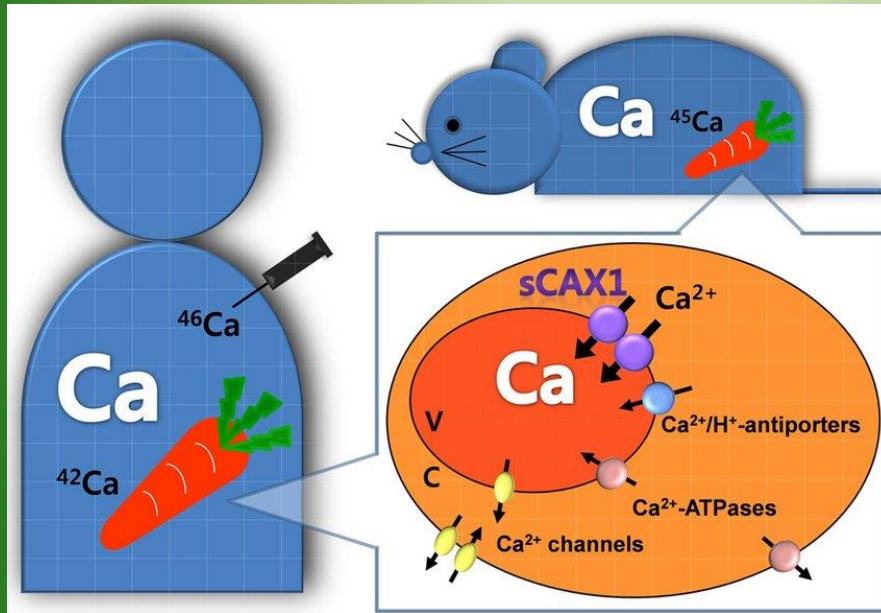
<i>Crop</i>	<i>Disorder</i>
Apple	Bitter pit, cork spot, cracking, internal browning, Jonathan spot, lenticel blotch/breakdown, low temperature breakdown, senescent breakdown, water core
Avocado	End spot, malformation
Beans	Hypocotyl necrosis
Brussels sprouts	Internal browning
Cabbage	Internal tip burn
Carrots	Cavity spot, cracking
Celery	Blackheart
Cherries	Cracking
Lettuce	Tipburn
Mango	Softnose
Parsnip	Cavity spot
Pears	Cork spot, Alfalfa greening
Peppers	Blossom end rot
Strawberry	Tip burn
Tomatoes	Blossom end rot

Source: Shear (1975)

Ahora, ¿dónde conviene que el Ca esté disponible en los alimentos para la dieta humana?

- Dependiendo del objetivo de producción, no sólo interesa la concentración, sino el lugar en dónde se encuentre y su **biodisponibilidad**: la medida en que un nutriente puede ser absorbido y aprovechado en la dieta, ya sea humana o animal.

En búsqueda de una mayor biodisponibilidad . . .



- Se ha buscado que el calcio de acumule en las vacuolas de ciertas especies, (ej. raíces de zanahoria).

- Esto contribuye a la disponibilidad de formas de Ca^{++} para ser aprovechados en la dieta (humana y animales).

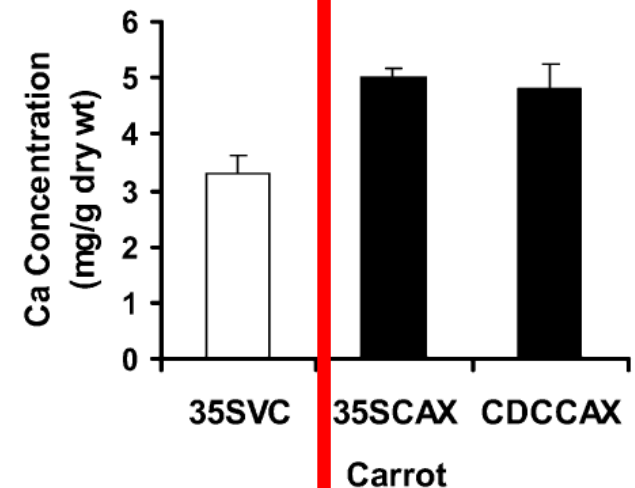
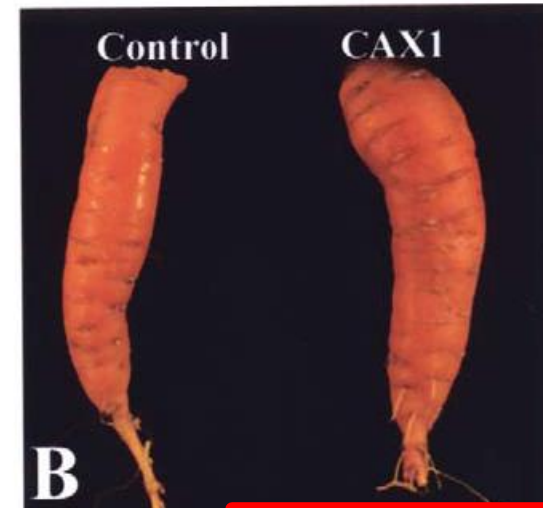
Se han manipulado genéticamente transportadores específicos de Ca^{++} en el tonoplasto para aumentar su concentración en el interior de la vacuola, lo que implica a su vez un consumo de energía por medio de transportadores secundarios.

Piense ahora nuevamente en las funciones del Ca en el metabolismo de las plantas . . .

- ¿El Ca se encuentra disponible para la dieta en la Vacuola o en el Apoplasto?
- Piense su respuesta y qué forma química sería mas aprovechable
- ¿Cómo puedo aumentar el contenido de Ca en vacuola?

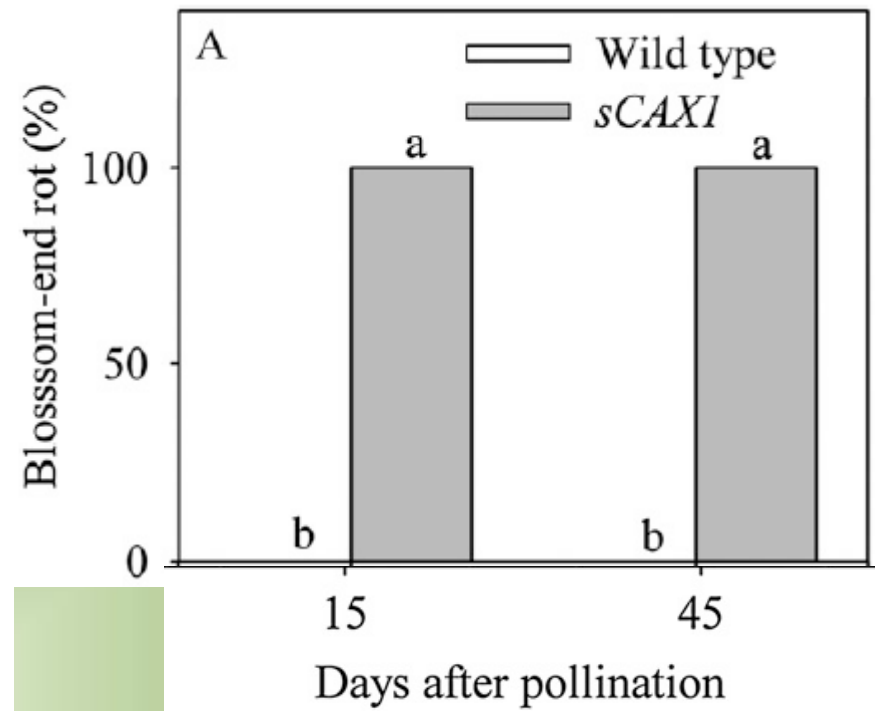
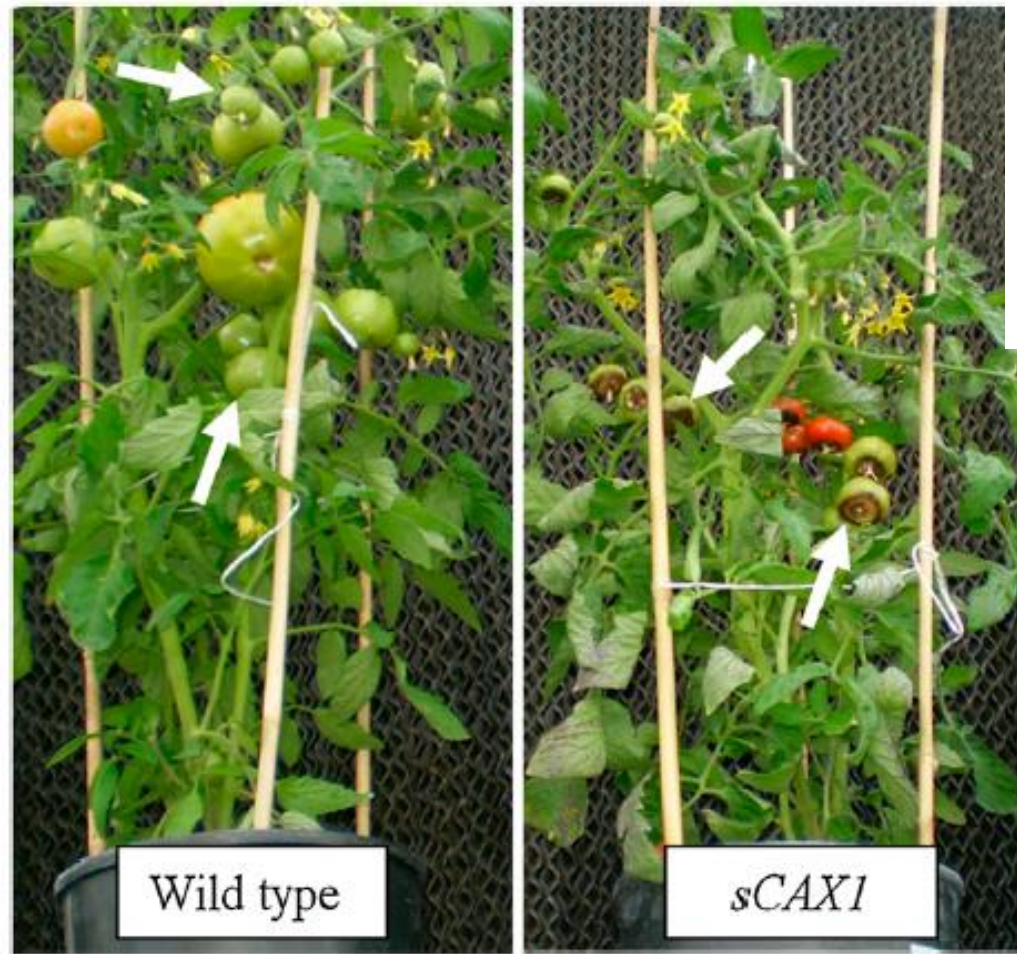
En zanahoria, la sobreexpresión del transportador CAX1 tuvo resultados positivos

- Incrementó el rendimiento de las raíces
- Aumentó la absorción y contenido de Ca^{++} en las raíces



En función de esta premisa . . .

- Los investigadores transfirieron el gen que codificaba este transportador en el tonoplasto hacia otras especies (y muchas veces con resultados no muy alentadores..).
- Analice las fotos, en donde a la izquierda tenemos una planta normal de tomate (*Wild type*) y a la derecha una planta que expresa el gen del transportador de calcio en vacuola (*sCAX1*)



de Freitas et al., 2011

Ahora analice

- ¿Qué diferencias y síntomas aparecen cuando se expresa *sCAX1*?
- De acuerdo a la tabla en las filminas anteriores, ¿cómo se llama este síntoma?
- Ahora la pregunta es ¿qué está ocurriendo con el Ca? Formule una hipótesis y cómo podría explicarlo.

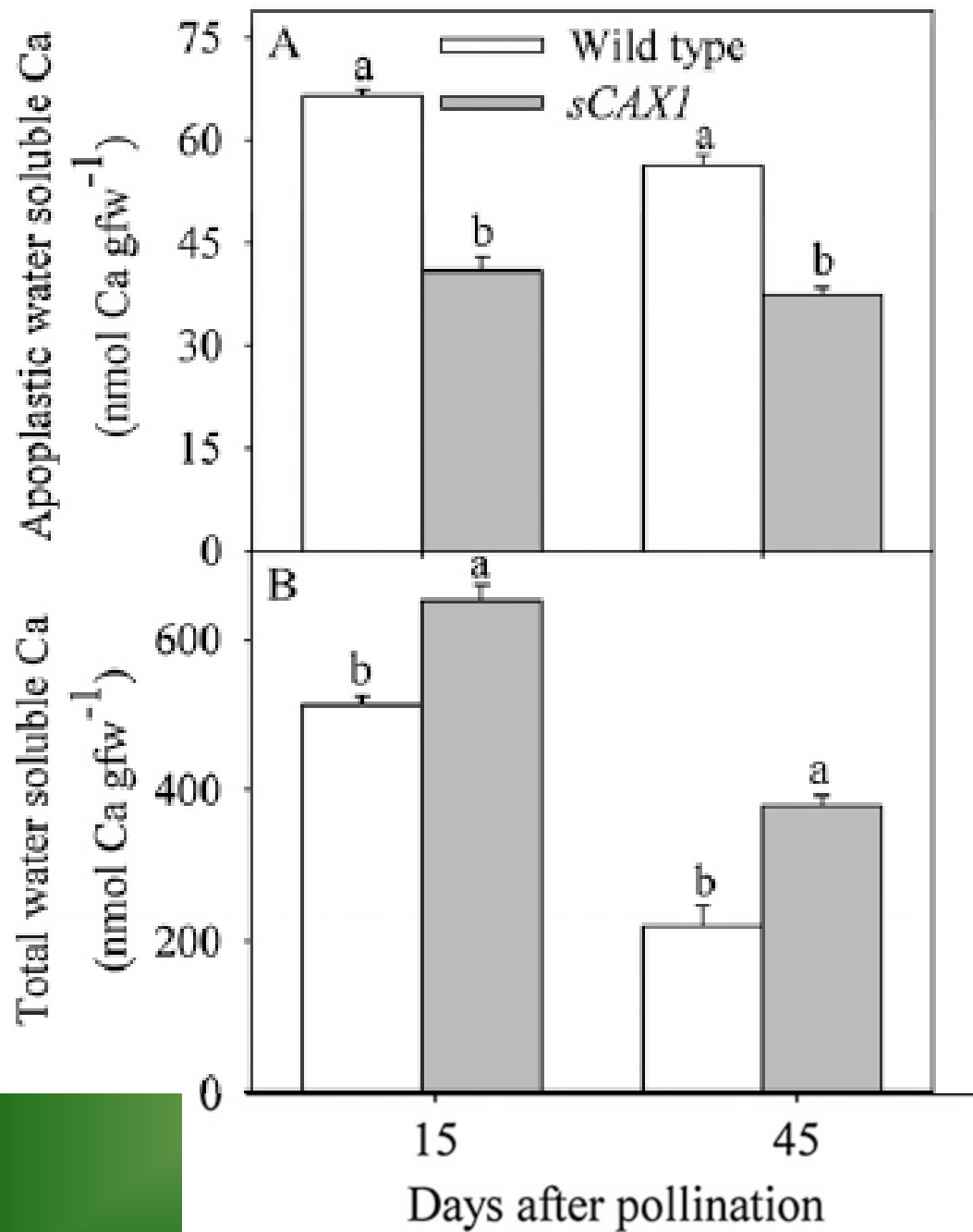
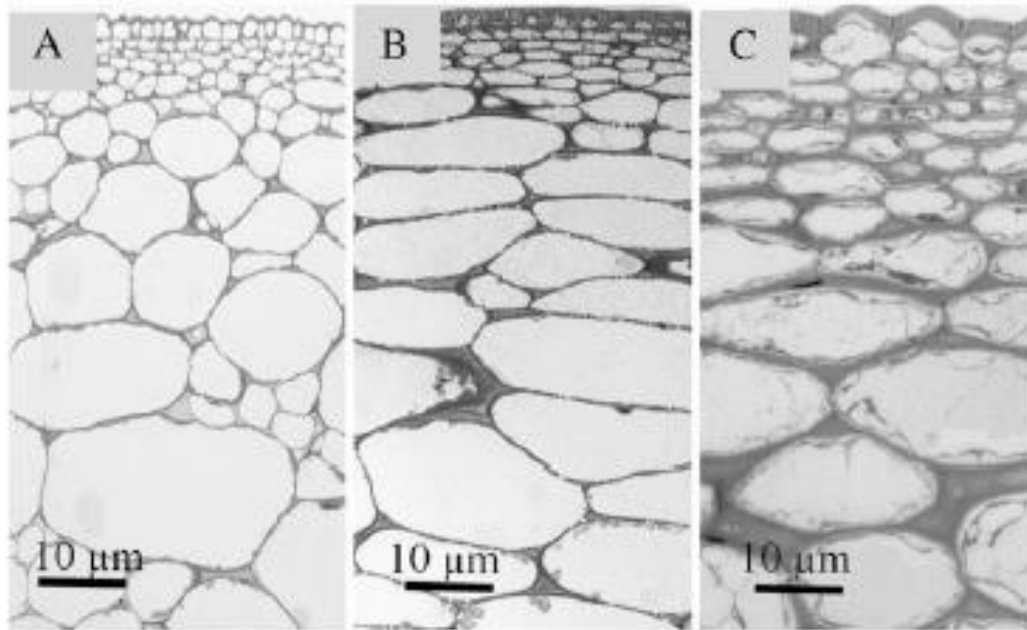


Figura A, ¿en qué genotipo se encuentra más calcio soluble en apoplasto?

Figura B, ¿qué planta tiene más Ca soluble total?



Apoplastic water soluble Ca

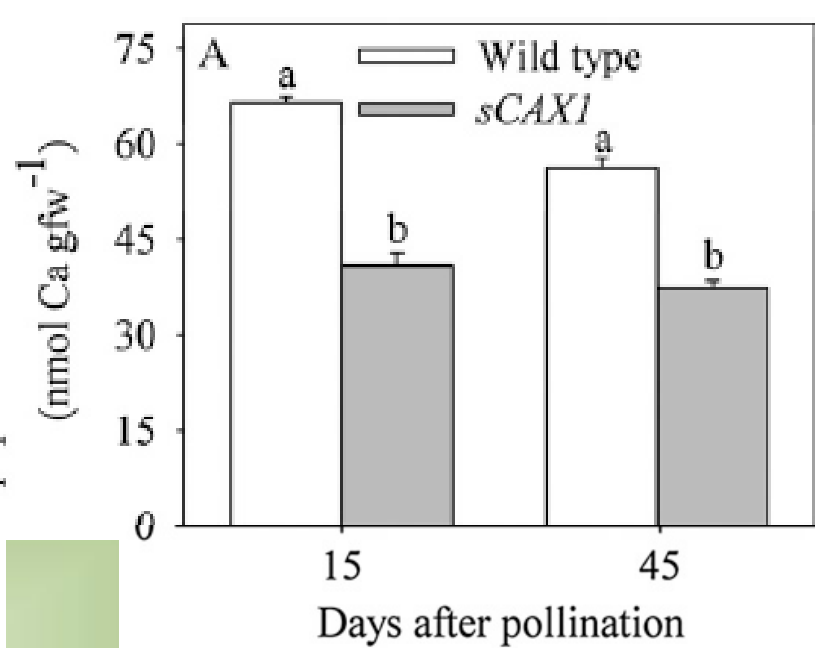


Figure 5. Electron microscopy images of epidermal and subepidermal cells of wild-type fruit pericarp (A), *sCAX1*-expressing healthy fruit pericarp (B), and *sCAX1*-expressing water-soaked fruit pericarp (C) at 15 DAP. Images shown represent averages of 15 images taken on five single fruit replications of each phenotype (three images per fruit).



Pensando un poco

- ¿Qué efectos tiene el Ca sobre la laminilla media?
- ¿Tiene esto relación con la aparición de los síntomas de BER (*Blossom-end Rot*)?