



EXP  NUT
2024

CHILE *N*UT



Claves nutricionales: fisiología de la nutrición en nogales

José Ignacio Covarrubias

Ing. Agr. Mg Sc. Dr.
Universidad de Chile

- **Nitrógeno**
- **Potasio**
- **Calcio**



A close-up photograph of a walnut branch with several green, unripe walnuts and large, serrated green leaves. The background is a soft-focus green. A semi-transparent white rectangular box is centered over the image, containing the title text in red.

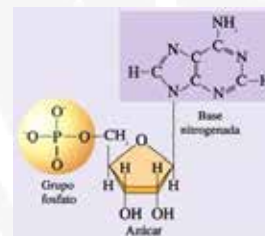
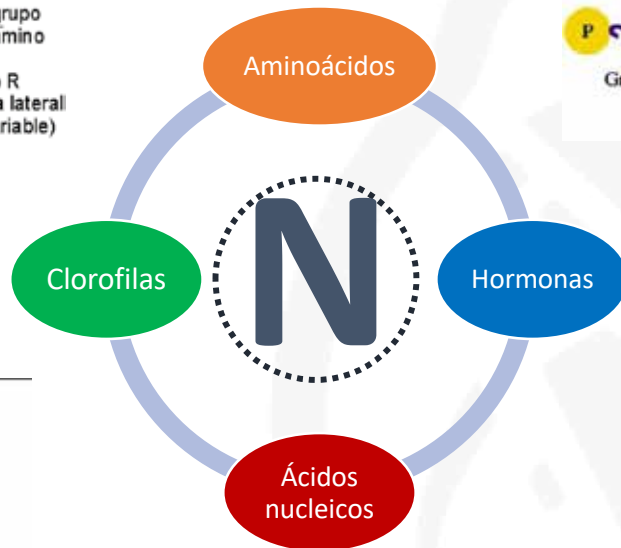
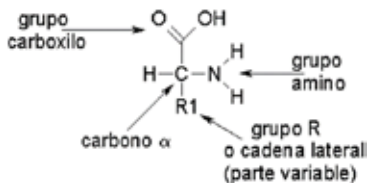
Optimización de la nutrición nitrogenada

Importancia del nitrógeno en la producción de nueces

- El elemento “más importante” para los nogales.
- Importante relación entre N y crecimiento de los árboles.
- Influencia marcadamente la producción.
- Modela variables de la calidad y composición de la fruta (pelón, color, tamaño, etc.).
- Fundamental en diversos procesos fisiológicos.



Funciones del N en los árboles



Principales fuentes de N presentes en los suelos agrícolas



(nitrato)

μM a mM



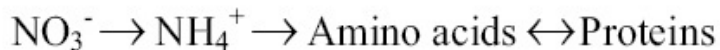
(amonio)

20-200 μM



Asimilación y distribución de nitrógeno

Leaves (and fruit)



NH_3

¿Cuándo se justifica el uso de aminoácidos para la fertilización de los nogales?

R: En situaciones de estrés (hídrico, térmico, heladas, etc.), cuando los árboles están bloqueados y no pueden fabricar sus propias fuentes de energía para elaborar aminoácidos de manera natural



Husted and Schjoerring, 1995
Loulakakis and Roubelakis-Angelidou, 2005
Keller, 2005
Ludewig *et al*, 2007

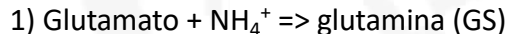
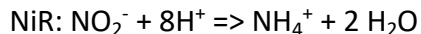
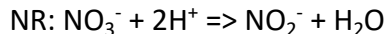
NO_3^-

NH_4^+

Soil solution

NH_4^+ : 20 – 200 μM

NO_3^- : μM to mM



Uso de amonio como fuente nitrogenada

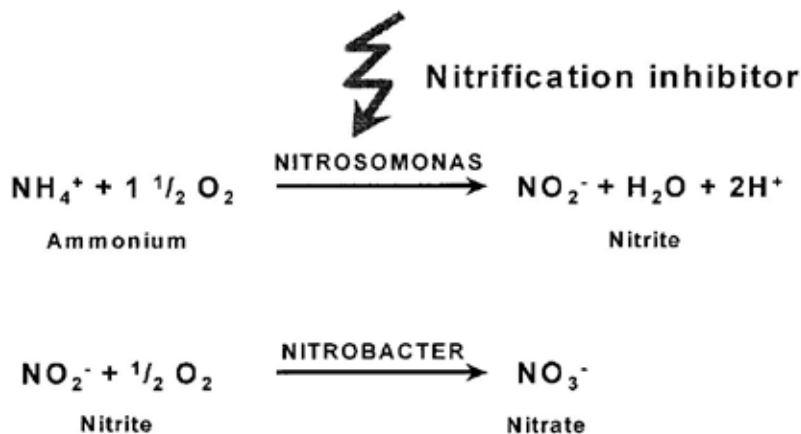
Porque podría ser beneficioso mantener concentraciones limitadas de amonio en el suelo como fuente nitrogenada:

- Mayor absorción.
- Ahorro energético.
- Mayor estabilidad en el suelo respecto del nitrato.
- Reduce lixiviación (nitratos) y emisión de N_2O .
- Lo anterior implica un incremento en la eficiencia de fertilización nitrogenada (eficiencia de absorción de nitratos: 40-60%).
- Por su efecto en el pH (acidificante), incrementa absorción de Fe, Mn, Zn y Cu.



Inhibidores de la nitrificación

- Los inhibidores retrasan la oxidación del NH_4^+ a NO_2^- en el suelo (por un período de tiempo), reprimiendo la actividad de las bacterias (*Nitrosomonas*) en el suelo. La segunda etapa normalmente no está influenciada.
- Compuestos que inhiben la nitrificación: DCD, nitrapyrin, DMPP, etc.



Para estudiar ventajas y desventajas de los distintos inhibidores, consultar: Coskun et al., 2017



Algunas experiencias con inhibidores de la nitrificación

- Plantas de 10 años de naranjo (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) cv Navelina injertadas sobre citrange Carrizo fueron fertilizadas con: (1) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (AS); (2) AS + DMPP; (3) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 60% + KNO_3 40% (CPN). La dosis de N fue de 220 g/árbol/año. La dosis de DMPP fue de 1% respecto del N- NH_4^+ .

Table 2. Dry biomass partitioning in ammonium sulphate without (AS) or with the nitrification inhibitor DMPP (AS+DMPP) and calcium-potassium nitrate (CPN) supplied citrus trees

	AS		AS+DMPP		CPN		ANOVA ^Z
Fruits	14.908 ^Y	b	17.780	a	13.664	b	** (0.006)
New flush leaves and twigs ^X	3.652	b	5.153	a	4.342	ab	* (0.036)
Old leaves	4.627		4.783		4.948		ns (0.878)
Trunk and branches	14.164	b	18.101	a	18.953	a	*** (0.0001)
Coarse roots	6.976	c	11.640	a	8.876	b	** (0.002)
Fibrous roots	2.362	b	4.087	a	2.921	ab	* (0.025)
TOTAL TREE	46.689	c	61.544	a	53.703	b	*** (<0.001)
Abscised organs ^W	5.970	a	3.083	b	5.499	ab	* (0.022)

DMPP: 3,4-dimethylpyrazole phosphate

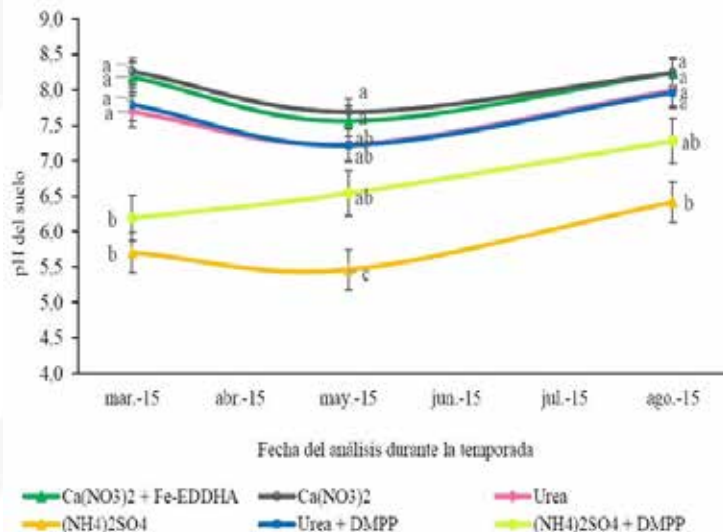
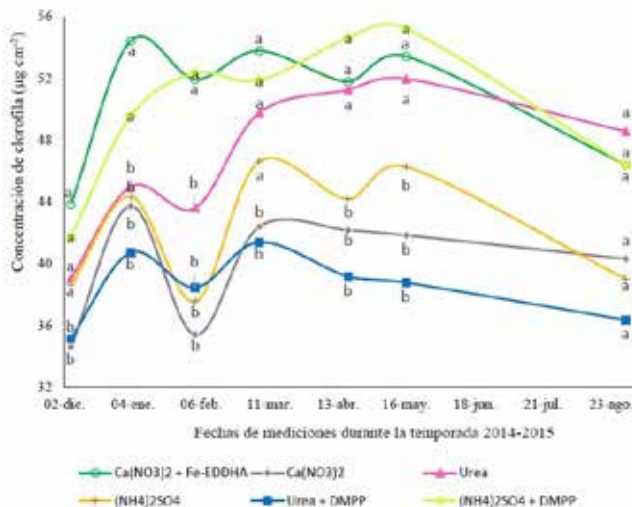
Martínez-Alcántara et al., 2013





Algunas experiencias con inhibidores de la nitrificación

- Paltos Hass de 2 años injertados sobre Mexícola fueron fertilizados con: (1) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (CK); (2) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{Fe-EDDHA}$; (3) Urea; (4) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; (5) Urea + DMPP; (6) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{DMPP}$. La dosis de N fue de 10 g/planta/año. La dosis de DMPP fue de 1% respecto del N-NH_4^+ .



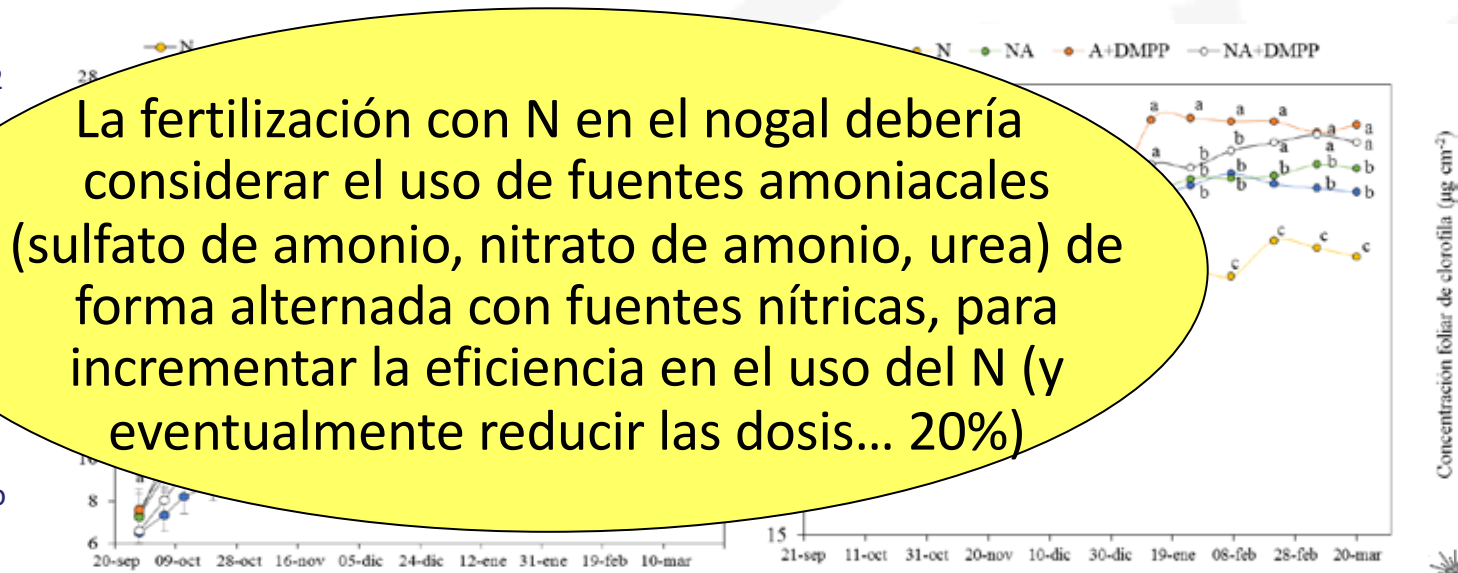


Algunas experiencias con inhibidores de la nitrificación

- Arándanos Emerald de 2 años fertilizados con:

- (1) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- (2) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- (3) NH_4NO_3
- (4) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{DMP}$
- (5) $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{DMP}$

La dosis de N fue de 2 g/planta/año. La dosis de DMPP fue de 1% respecto del N-NH_4^+ .



Fertilización con N en nogales

$$\text{Dosis} = \frac{\text{Demanda} - \text{Aportes}}{\text{Eficiencia fertilización (\%)}}$$

Reparto de la dosis en la temporada

Producción (ton/ha)	Dosis (kg/ha)
4	100
6	150
8	200
10	250

Producción (ton/ha)	Aporte de N (%)
15 Oct - 15 Nov	10 - 20
15 Nov - 15 Ene	70 - 80
Precosecha (reservas)	5 - 10

* Por cada punto porcentual de MO en el suelo, el aporte estimado es de 20 unidades de N en una temporada.

* El compost libera alrededor de un 2% del N contenido en él (en peso seco).





Fertilización con N en nogales



Fuentes (considerando dosis crecientes):

- 15 Octubre a 15 Noviembre: Fuentes mixtas (ej. nitrato de magnesio, por futuras competencias con potasio).
- 15 Noviembre a 15 Enero: fuentes mixtas (ej. nitrato de potasio, nitrato de magnesio) o amoniacales (sulfato de amonio, urea). Fertilizar hasta que los brotes terminen de crecer.
- Precosecha: urea.

*** Aplicar un máximo de 20 U de N elemental por riego (CE y capacidad de absorción).**



A close-up photograph of three green walnuts hanging from a branch, surrounded by vibrant green leaves. The walnuts have a bumpy, textured surface. The word "Potasio" is overlaid in the center in a bold, red font with a black outline.

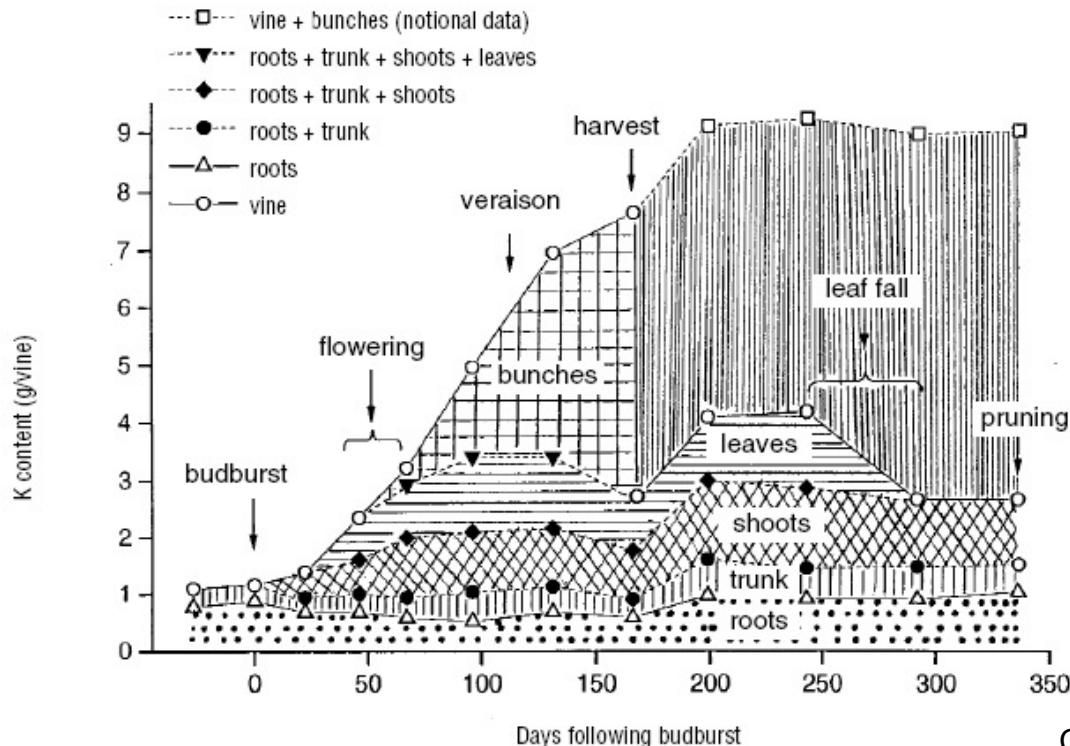
Potasio

Importancia del potasio en la producción de nueces

- Es el catión más abundante en las células, pudiendo comprender hasta un 2,5% del tejido en peso seco.
- Promueve un crecimiento vigoroso en los árboles.
- Promueve la acumulación de aceite y tamaño de los frutos.
- Activador de más de 40 enzimas y participa en síntesis de proteínas.
- Elemento móvil al interior de la planta, circula libremente por la corriente transpiratoria y en forma proporcional a la intensidad de esta, pero su redistribución hacia tejidos de reserva es de solo un 30%.



Acumulación de K en los árboles durante la temporada



Distribución porcentual de K en el árbol de nogal



Conradie 1981



Patrón de acumulación de K en las nueces en relación al crecimiento y desarrollo de las nueces

Concentraciones (mg 100 g⁻¹)
de cationes en nueces
Chandler la cosecha (Tapia *et al.* 2013):

K ≈ 450

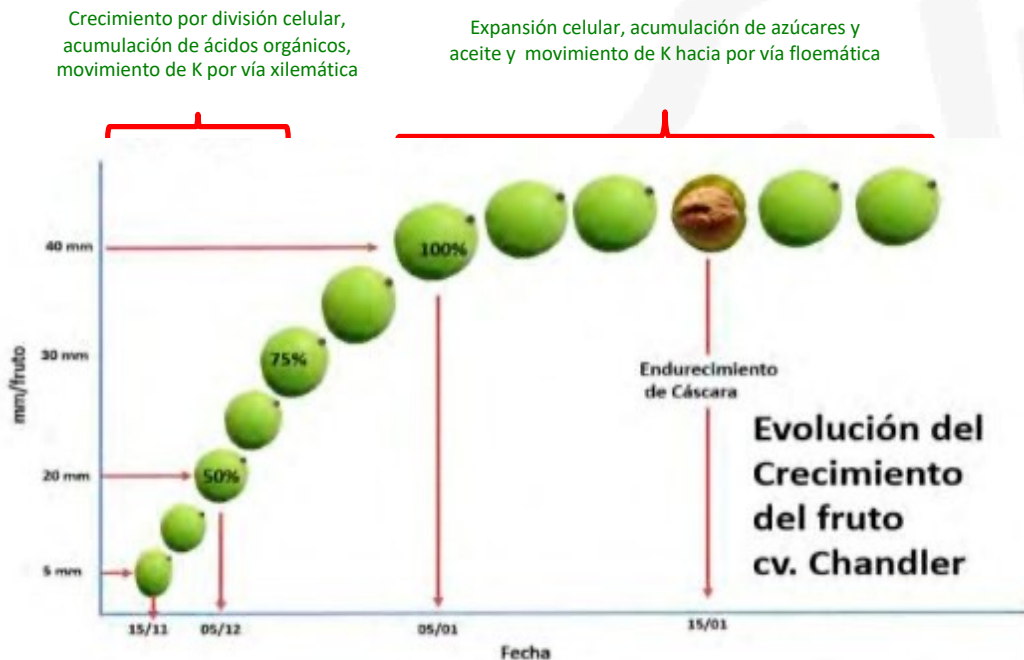
Mg ≈ 250

Ca ≈ 94

Mn ≈ 2,4

Na ≈ 1,6

Cu ≈ 1,1

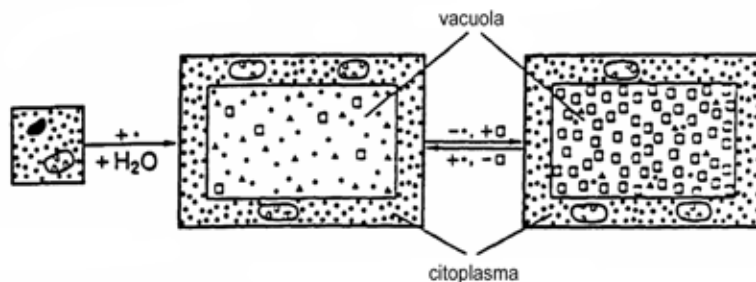


Relación entre la concentración de K y el tamaño de los frutos

La extensión celular involucra la formación de una gran vacuola central que ocupa del 80-90% del volumen celular.

Requerimientos para la extensión celular:

- (1) incremento en la extensibilidad de la pared celular;
- (2) acumulación de solutos (potencial osmótico interno).



Modelo del rol del K y otros solutos en la extensión y osmorregulación celular. ● = K^+ ; □ = azúcares reductores, sacarosa, Na^+ ; ▲ = aniones ácidos orgánicos. Marschner, 1995.

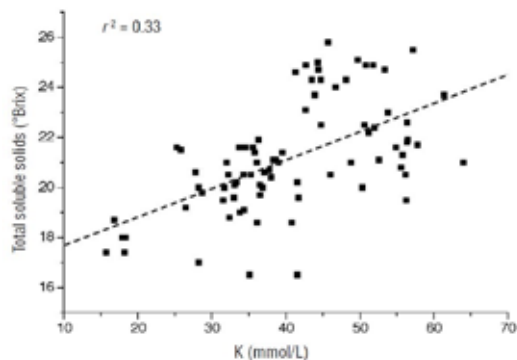


En gran parte, la extensión celular es consecuencia de la acumulación de K^+

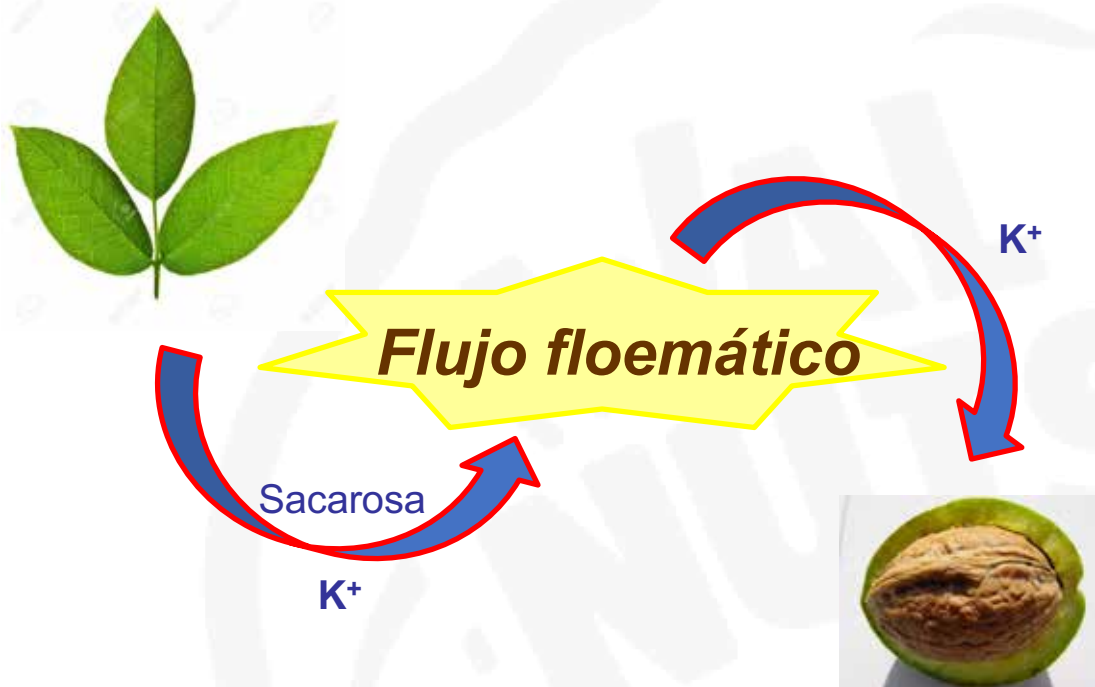


Relación entre la concentración de K y la de azúcares/ác. grasos en frutos

- En la literatura se ha reportado una relación entre °Brix y la concentración de K en bayas de vid cv Carignan con riego muestreadas entre pinta y cosecha ($r^2 = 0.96^{**}$; Freeman and Kliewer 1983).



Mpelasoka et al., 2003



El K está involucrado en translocación de solutos hacia los frutos a través de su rol en la carga y descarga floemática.

Aportes insuficientes de K desde el suelo

- Suelos arcillosos (fijación)
- Competencia con otros elementos (Ca y Mg principalmente)
- Baja actividad de raíces (crecimiento)
- Estrés hídrico/sequía
- Gran producción de fruta de forma sostenida en el tiempo



Fertilización con K en nogales

$$\text{Dosis} = \frac{\text{Demanda} - \text{Aportes}}{\text{Eficiencia fertilización (\%)}}$$

Reparto de la dosis en la temporada

Producción (ton/ha)	Dosis de K (kg/ha)
4	120
6	180
8	240
10	300

Producción (ton/ha)	Aporte de K (%)
15 Oct - 15 Nov	0 - 10
15 Nov - Cosecha	90 - 100





Fertilización con K en nogales



Fuentes (considerando dosis crecientes):

- 15 Octubre a 15 Noviembre: fuentes mixtas (nitrato de potasio) o puras (sulfatos o tiosulfatos... precio).
- 15 Noviembre a Cosecha: nitrato de potasio, sales de potasio (sulfatos o tiosulfatos) y aplicaciones foliares.

- * Aplicar un máximo de 30 U de K_2O por riego (CE y capacidad de absorción).
- * No mezclar fertilizantes potásicos con fertilizantes magnésicos o que contengan otros cationes



A close-up photograph of three green walnuts hanging from a branch. The walnuts have a bumpy, green skin. One walnut at the top has a vertical crack. The background is filled with green leaves and dappled sunlight. The word "Calcio" is written in red over a semi-transparent black rectangle in the center of the image.

Calcio

Importancia del calcio en la producción de nueces

- Es el catión más abundante en gran parte de los suelos cultivados.
- El Ca es un nutriente requerido en gran cantidad por los nogales (similar a N y K). En general, su concentración es de 1 - 3% en las hojas.
- Su carencia es poco frecuente en nogales, pero problemas derivados de carencias de Ca a nivel de fruto podrían ser particularmente frecuentes, causando debilidad en la cáscara de la nuez (y en otros tejidos).

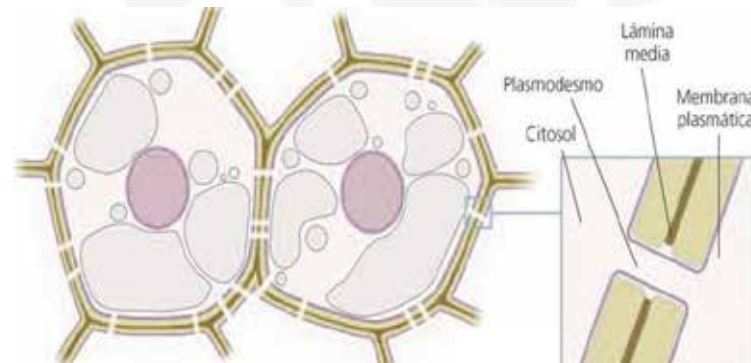
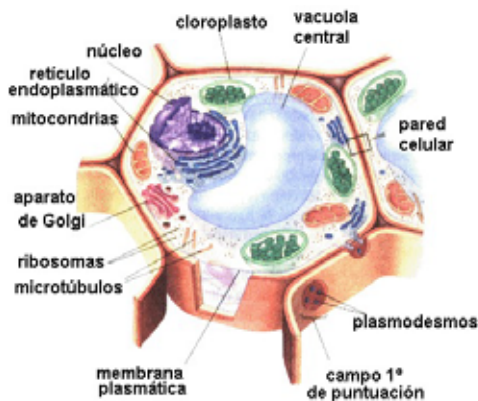
Factores predisponentes

- Alta acidez del suelo ($\text{pH} < 6,0$)
- Primavera nubladas, frías y húmedas
- Huertos muy vigorosos y sombríos



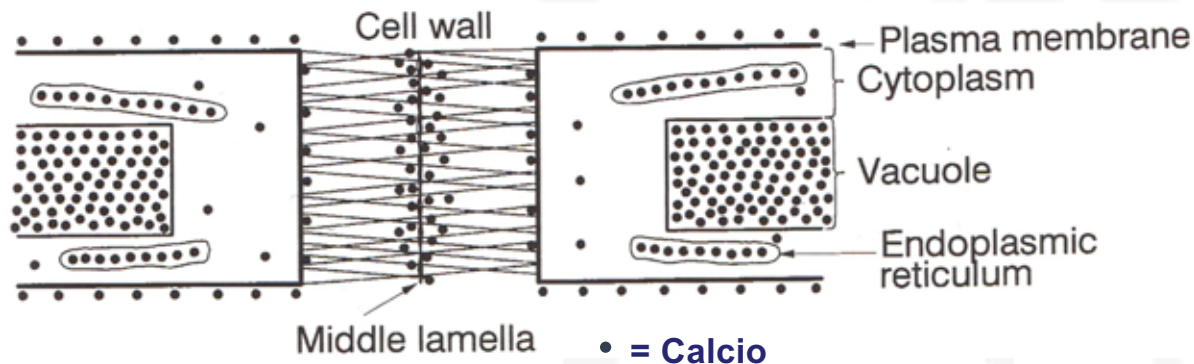
Funciones del Ca

- Preserva la integridad de la membrana citoplasmática y confiere resistencia a la pared celular, al ser componente de pectatos (pectinas) que componen la lámina media, las cuales cementan células vecinas.



Absorción y transporte de Ca

- El Ca es absorbido desde el suelo como Ca^{2+} mediante transporte pasivo.
- Una parte importante del Ca (50% en general, 90% en estructuras de reserva en el manzano) forma parte de los pectatos de la lámina media (fuera de la célula).
- Una vez que el Ca ingresa a la célula, este se acumula principalmente en la vacuola y en organelos (retículo endoplasmático), no en el citoplasma.
- Por lo anterior, la concentración en el citoplasma es muy baja ($0,1\text{-}0,2 \mu\text{M}$ de Ca^{2+} libre).



Movimiento del Ca a través del Xilema y hacia los frutos

- Una vez que el Ca es “cargado” a los vasos xilemáticos, este se mueve rápidamente hacia la parte aérea por flujo de masas, el cual es fuertemente impulsado por la corriente transpiratoria.
- La llegada de Ca hacia los frutos u otros sumideros (hojas jóvenes, ápices) es casi en su totalidad a través del xilema, ya que el movimiento del Ca a través del floema es prácticamente nulo.

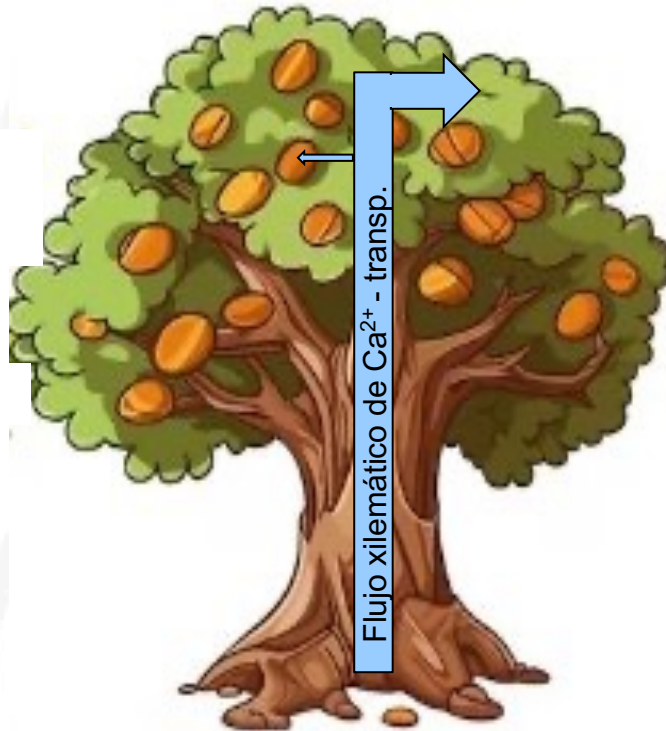
	Yema terminal			Hoja joven		
	K	Mg	Ca	K	Mg	Ca
Xilema	3,9	8,0	4,2	20,6	5,2	2,4
Floema	20,4	2,0	0,03	19,3	2,0	0,03

Pate et al., 1991



Movimiento del Ca hacia los frutos

- Se ha observado que temprano en la temporada, existen migraciones de Ca hacia los frutos, porque su transpiración en esa fase es mayor.
- La migración de Ca hacia los frutos en esta fase (cuaja hasta 35-45 días después de plena flor, elevada división celular) podría verse incrementada, si la concentración de Ca del líquido xilemático es elevada (fertilización y reservas).
- Sucesivamente, la funcionalidad del xilema decae, y la concentración de Ca disminuye en los frutos por un efecto de dilución.



Relación entre la transpiración de la fruta y acumulación de calcio en frutales

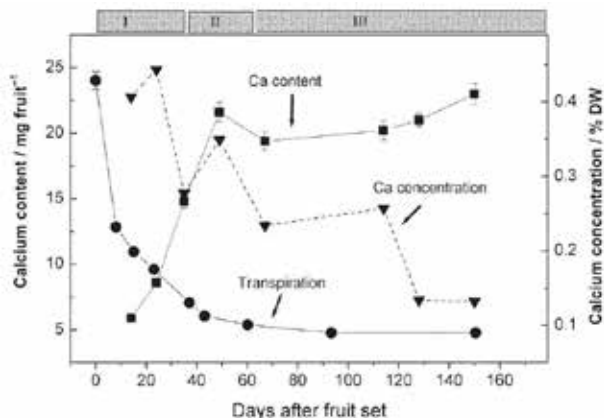


Figure 4: Seasonal pattern of Ca accumulation (mg fruit^{-1} ; ■), Ca concentration (% DW; ▼) and fruit transpiration ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) in berries of kiwifruit. Data are redrawn from Montanaro et al. (2006). Note that the grey strips represent the fruit growth stages (see Fig. 1).

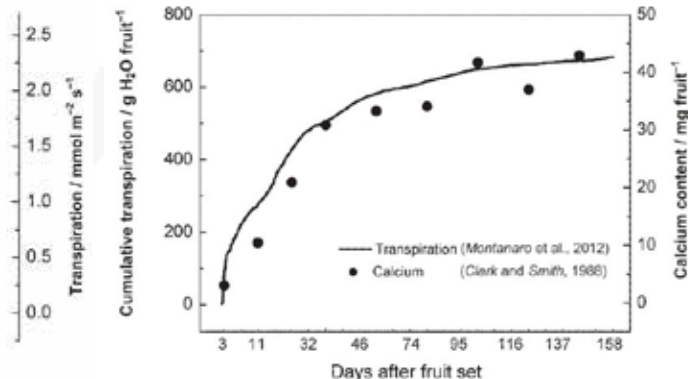
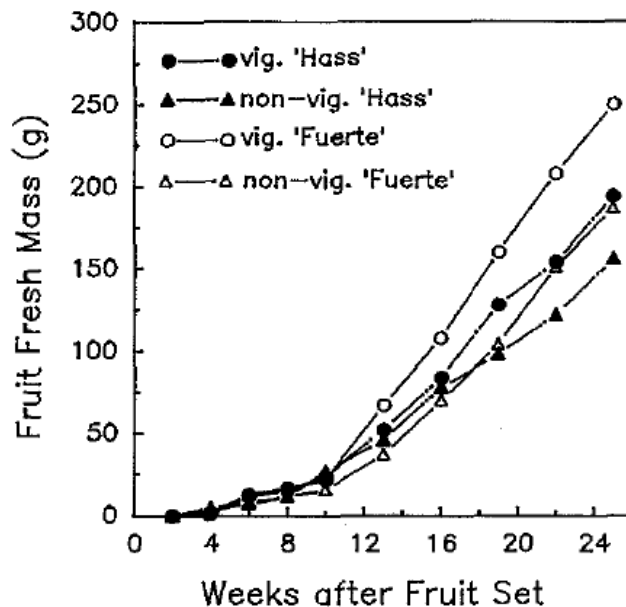
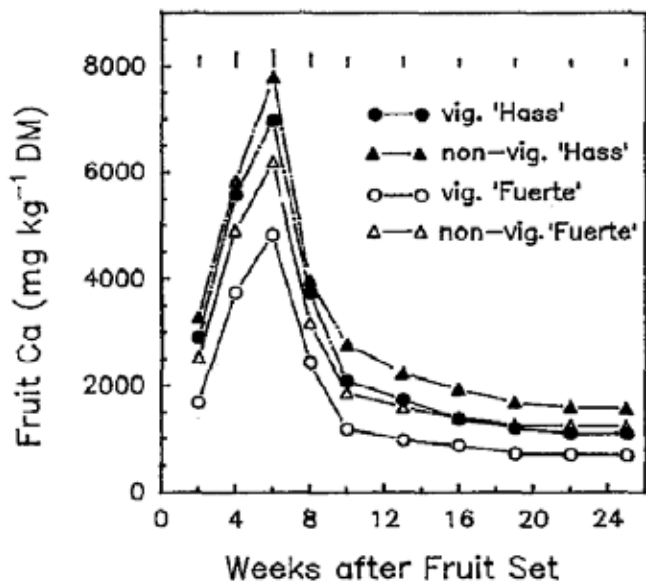


Figure 5: Cumulative fruit transpiration ($\text{g H}_2\text{O fruit}^{-1}$; continuous line; Montanaro et al., 2012) and calcium content (mg fruit^{-1} ; Clark and Smith, 1988) in berries of kiwifruit throughout the growth season.

Montanaro et al., 2015



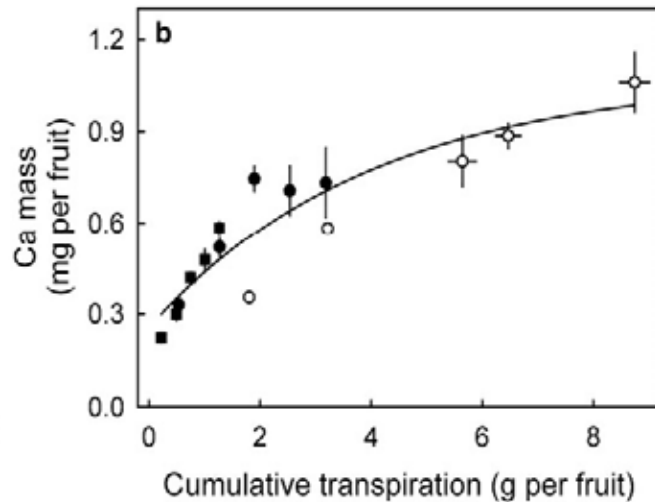
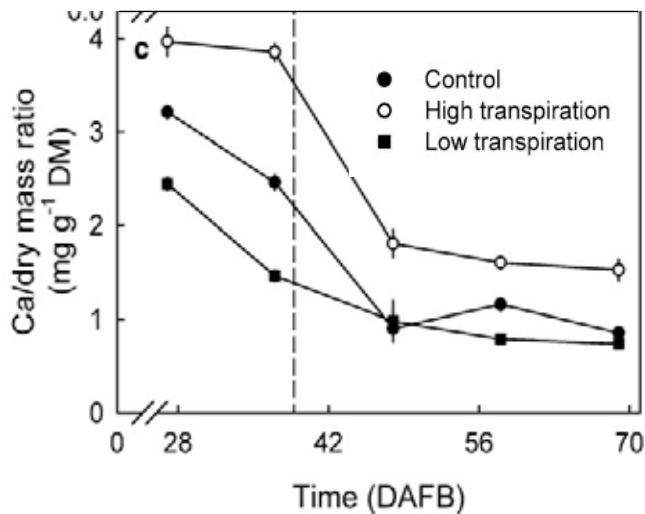
Concentración de calcio en paltas durante la temporada



Witney et al., 1990



Concentración de calcio en cerezas durante la temporada



Winkler et al., 2020



Estrategias para incrementar flujo de Ca hacia la fruta

- 1) En períodos tempranos en la temporada (preflor, 35 - 45 días después de plena flor), fertilizar fuertemente con Ca al suelo y evitar aportes de cationes que compiten con el Ca en los sitios de intercambio como por ej: NH_4^+ , K^+ y Mg^{2+} . Dosis recomendadas: entre 20 y 30 unidades de Ca por hectárea.
- 2) Promover la transpiración de los frutos temprano en la temporada....



Fuentes de Ca para aplicaciones al suelo

Fuente	Ventajas	Desventajas
Cloruro de calcio	Buena solubilidad, fácil absorción, poco efecto en el pH, precio (?)	Aporta cloro al sistema (muy perjudicial para el nogal)
Nitrato de calcio	Buena solubilidad, fácil absorción, poco efecto en el pH, precio (?)	Es vigorizante y alcalinizante (por el nitrato)
Óxido de calcio	Calcio solo (sin otro mineral acompañante), fácil absorción	Dificultades de aplicación (algunas formulaciones), precio (?)



¡Muchas gracias!



EXP NUT
2024

CHILE *N*UT