



YarAvances Agronómicos

Consideraciones
del aporte de
calcio edáfico
para la nutrición
de los cultivos.





Introducción



La corteza terrestre contiene aproximadamente 3,5% del total de Ca. El calcio en el suelo se origina desde rocas parentales (minerales). La anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_7$) es la fuente primaria de calcio más importante, aunque los piroxenos y anfíboles son también comunes. Pequeñas cantidades de Calcio pueden también originarse desde biotita, apatita y ciertos borosilicatos. En la tabla 1 se presenta el contenido de calcio en las diferentes fases del suelo y en la figura 1 se presentan los principales procesos que se dan relacionados con la dinámica del calcio en el suelo.

Tabla 1. Contenido de calcio en las diferentes fases del suelo.

Fracción de Calcio	Cantidad de Calcio [kg/ha en 0-30 cm capa de suelo]	Cantidad de Calcio [kg/ha en bulbos de mojado] Con fertirrigación, se asume que en el 30 % del volumen del suelo, el Ca está completamente disponible para la planta
Contenido total en suelo	4.500 a 54.000	1.350 a 16.200
Ca intercambiable	10.000	3.000
Ca en solución de suelo (En suelo cultivado)	27 a 108	8 a 32

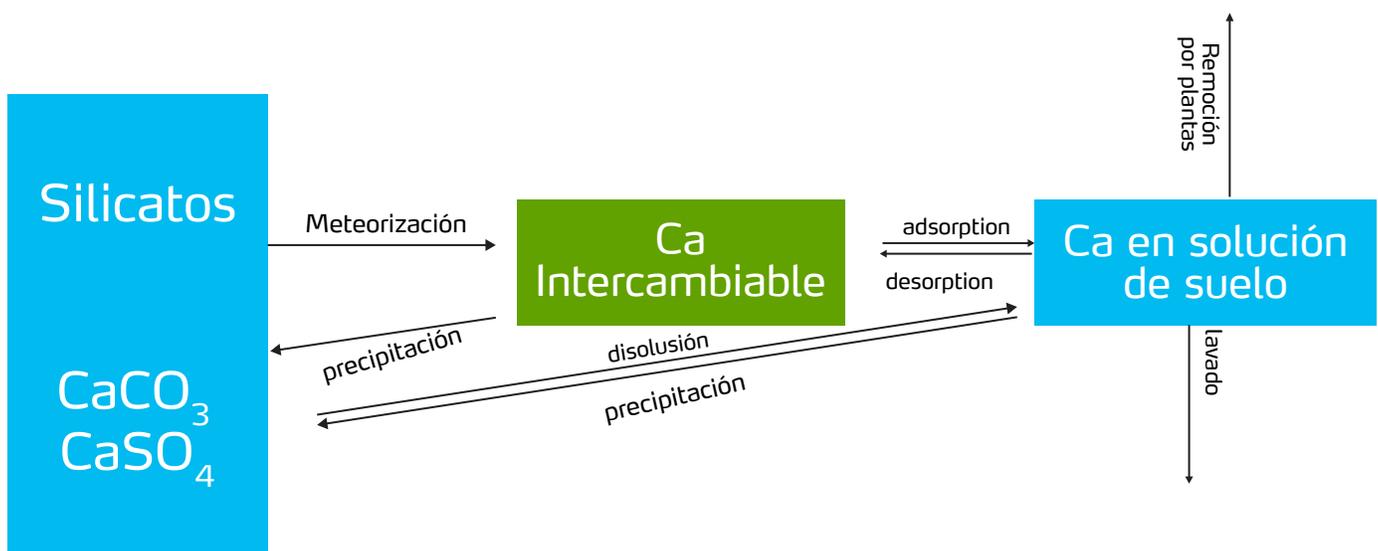


Figura 1. Diferentes procesos en el suelo relacionados con la dinámica del calcio.



1. El calcio en el suelo

1. CALCIO EN EL SUELO

La disponibilidad de Ca en los suelos se ve afectada por los siguientes factores (Havlin et al, 2019)

- Contenido de calcio en el suelo, su relación con la Capacidad de intercambio catiónico (CIC) y el porcentaje de saturación del elemento en el suelo.
- Reacción del suelo o pH.
- Naturaleza, cantidad y tipo de coloides del suelo.
- Relación entre el Ca y otros cationes en el suelo.

1.1 Contenido de calcio en el suelo, su relación con la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y el porcentaje de saturación del elemento en el suelo.

Los diferentes tipos de suelo contienen cantidades variables de Ca que varían según el tipo de suelo, el material parental, el clima y la actividad humana.

- Los suelos arenosos, tienen un CIC muy baja y su textura favorece la lixiviación del calcio, en este tipo de suelos la cantidad es baja para proporcionar el calcio necesario para el crecimiento y la nutrición de los cultivos (Yost y Hartemink, 2019).
- En los suelos con altos contenidos de arcillas, estas tienen una mayor capacidad de intercambio catiónico (CIC), que retiene iones cargados positivamente como el Ca; por lo tanto, los suelos arcillosos frecuentemente tienen un mayor contenido de este elemento. No obstante, los suelos con altas CIC, pero con baja saturación de calcio suministran menos calcio para las plantas que un suelo con baja CIC y alta saturación de calcio, por esto en un suelo es muy importante conocer el grado de saturación de Ca

en los coloides del suelo como medida importante para entender la dinámica de suministro de Ca para las plantas.

1.2 Reacción del suelo o pH:

En los suelos ácidos de regiones húmedas, el calcio y el aluminio dominan la CIC, mientras en suelos neutrales y calcáreos el calcio ocupa la mayor parte de los sitios de intercambio. Los suelos de reacción ácida o que contienen una gran cantidad de iones H⁺, reducen con mucha frecuencia la disponibilidad de Ca y, por tanto, su absorción por los cultivos.

1.3 Naturaleza, cantidad y tipo de coloides del suelo:

El tipo de coloides del suelo, en particular los coloides de arcilla, influyen en la magnitud de la disponibilidad de Ca. Por ejemplo, las arcillas de tipo 2:1 requieren un mayor grado de saturación de Ca para un determinado nivel de utilización por parte de las plantas que las arcillas de tipo 1:1. Las arcillas montmorillonitas (2:1) requieren una saturación de Ca del 70% o más, antes de la liberación de Ca en los suelos y su posterior disponibilidad para las plantas en crecimiento.

1.4 Calcio, materia orgánica y diversidad microbiana:

La deficiencia de Ca en el suelo puede influir en la diversidad microbiana y en la estructura de la comunidad. Los estudios han demostrado que una menor disponibilidad de Ca puede provocar cambios en la abundancia relativa de los taxones microbianos, alterando así la composición del microbioma del suelo (Sridevi et al., 2012).





El calcio en el suelo

1.5 Relación entre el Ca y otros cationes en el suelo:

La disponibilidad de Ca y su absorción por las plantas también se ve afectada por la relación entre Ca y otros cationes en la solución del suelo. Se ha comprobado que la absorción de Ca se reduce en suelos que contienen una cantidad suficientemente mayor de NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Mn^{2+} y Al^{3+} . Sin embargo, la absorción de Ca por las plantas aumenta en suelos suministrados con NO_3^- .

1.6 Descalcificación del suelo por inadecuado manejo de fuentes fertilizantes:

El uso de ciertos fertilizantes como $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ y NH_4Cl favorecen la pérdida de Ca con el simultáneo incremento de la acidez del suelo. Se presenta el efecto sobre el crecimiento de las raíces de cítricos a partir de dosis similares de dos fuentes nitrogenadas: nitrato de amonio y nitrato de calcio figura 2.

- La fuente de N utilizada en la plantación de cítricos fertirrigada afecta las propiedades químicas del suelo y modifica la distribución espacial del sistema radicular de los árboles en el perfil del suelo. El CN suministra N exclusivamente en forma de NO_3^- , lo que contribuyó a un elevado pH del suelo y a la disponibilidad de Ca.
- La fertirrigación continuada con AN promovió una intensa disminución del pH del suelo en la zona húmeda del bulbo (pH < 4,0). Este efecto no se observó en las parcelas en las que se utilizó CN (pH > 6,0).
- La aplicación de AN resultó en un menor desarrollo radicular en la zona húmeda del bulbo en comparación con CN.



AN 160 kg ha⁻¹



CN 160 kg ha⁻¹

Figura 2. Comparación del crecimiento radicular en plantación de cítricos con aplicaciones de dos fuentes de fertilizantes nitrrogenados.



2. El calcio en la planta

2.1 El calcio y la raíz

Se ha determinado que la absorción de magnesio (Mg) y calcio (Ca) es mucho mayor en las zonas apicales de las raíces que en las basales. En la región de la punta de la raíz, la banda de Caspary y los haces vasculares no están bien desarrollados a diferencia de la región más madura de la raíz. Estas diferencias en la anatomía determinan la absorción de elementos minerales.

En trabajos desarrollados en el centro de investigaciones de Yara Hanninghof, en la lechuga se encontró que en plantas con deficiencia de Ca se presentan problemas de crecimiento en la raíz y los ápices mueren, en comparación con plantas con adecuado suministro de calcio (figura 3).



(Head lettuce roots; Kwast, Research Centre Hanninghof, Yara)

Figura 3. Vigor y sanidad de raíces con aplicaciones de calcio soluble. A la derecha aplicaciones de Nitrato de calcio, a la izquierda raíces creciendo sin aplicaciones de nitrato de calcio.

En el cultivo del café se encontró que el Ca mejora el crecimiento de las raíces bajo estrés por sequía (figura 4).

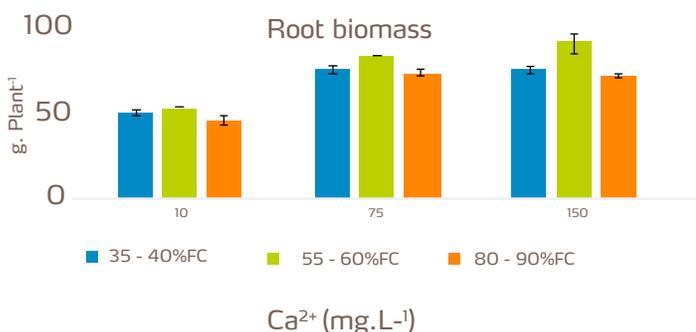


Figura 4. Dinámica de crecimiento de raíces bajo diferentes niveles de calcio soluble y con diferentes porcentajes de agua respecto a la capacidad de campo (FC)

2.2 El papel del Ca como elemento estructural

Pared celular

Las funciones del Ca como elemento estructural están relacionadas principalmente con el hecho de que el Ca confiere rigidez al sistema de la pared celular y lo estabiliza.

En la figura 5 se observan las paredes celulares del tejido xilemático de la cáscara de la fruta del banano bajo diferentes aplicaciones de calcio a partir de nitrato de calcio, se evidenció que las paredes celulares tuvieron mayor grosor al incrementar la dosis de calcio.

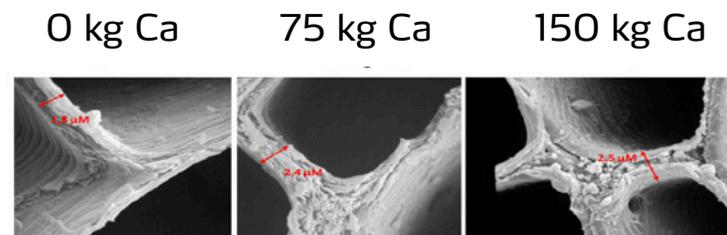


Figura 5. Efecto de aplicaciones de calcio soluble en diferentes niveles en el grosor de paredes celulares en banano. Fuente Corbana.

Membrana celular

Además del sistema de la pared celular, el Ca²⁺ estabiliza las membranas celulares a través de la formación de puentes con grupos de fosfato y carboxilato en lípidos y proteínas. Por lo tanto, la deficiencia de calcio conduce a un aumento de la permeabilidad de la membrana plasmática, lo que provoca la muerte celular en el meristemo apical y el cese del crecimiento en varias especies de plantas.



2.3 Desórdenes fisiológicos asociados a la biodisponibilidad de calcio.



El Ca se absorbe de las raíces y se transporta a los brotes a lo largo de la corriente de transpiración. Las hojas completamente expandidas tienen una tasa de transpiración alta que transporta más Ca, mientras que los tejidos jóvenes en expansión tienen una tasa de transpiración baja que transporta menos Ca. Además, el Ca tiene muy poca retranslocación desde los tejidos viejos a los jóvenes debido a que el floema se mantiene en concentraciones muy bajas. En consecuencia, los tejidos jóvenes dependen de la transpiración o de la presión de la raíz para proporcionar Ca a través del xilema. Por lo tanto, la acumulación de Ca es generalmente mayor en los tejidos viejos que en los tejidos recién desarrollados.

Varios factores ambientales afectan a la aparición de síntomas de deficiencia de Ca, incluso en presencia de un alto contenido de Ca en el suelo. Por ejemplo, la alta humedad puede reducir la tasa de transpiración que es necesaria para la distribución del Ca.

La deficiencia de Ca plantea problemas especiales en los frutos (figura 6). Se cree que la absorción de Ca por parte de los frutos está determinada por la concentración de Ca^{2+} en la savia del xilema, así como por la afluencia de savia del xilema, que está relacionada con la densidad estomática del fruto, la transpiración, la presión radicular y el crecimiento (Sin embargo, en muchos frutos se produce una pérdida permanente de la funcionalidad del xilema).

Figura 6. Síntomas de deficiencias en frutos de naranjas, pimentones, tomates y manzana.



3. Consideraciones del aporte de calcio edáfico para la nutrición de los cultivos

3.1 Uso de fuentes apropiadas

Los desórdenes fisiológicos se producen porque el Ca no puede movilizarse desde los tejidos más viejos y redistribuirse a través del floema. Esto obliga a los tejidos en desarrollo a depender del suministro inmediato de Ca en el xilema, que depende de la transpiración. La mayoría de las fuentes primarias de calcio cumplen una adecuada función como acondicionadores de suelo y materiales de encalado, no obstante, cuando el objetivo es la nutrición del cultivo la entrega rápida del nutriente a la solución del suelo es fundamental en los periodos de rápido crecimiento del cultivo. A continuación, se presenta en la tabla 2 la comparación de requerimiento de agua para poder disolver 1 kg de diferentes portadores de calcio.

Tabla 2. Comparación de diferentes fuentes y la cantidad requerida para disolver 1 kg de producto.

Nombre	Contenido de Ca (%)	Cantidad de agua requerida para disolver 1 kg de producto (L)
Nitrato de Calcio	19	1
Cloruro de Calcio	36	1.3
Fosfato monocálcico	16	55
Sulfato de Calcio	23	415
Óxido de Calcio	71	760
Phosphato dicálcico	23	3165
Carbonato de Calcio	40	66000

La nutrición con nitrato mejora la absorción de K, Mg y Ca frente a la nutrición con amonio. En la figura 7 se presentan los resultados de un ensayo realizado con espinacas y se encontró una mayor absorción de cationes con nutrición nítrica que con fertilización amoniaca. En el experimento para evitar que el amonio del fertilizante ASN se nitrificara, se añadió un inhibidor de la nitrificación.

El fuerte aumento de la absorción de Ca con nitrato de calcio puede ser un efecto combinado de la sinergia de absorción y la nutrición de calcio.



Consideraciones del aporte de calcio edáfico para la nutrición de los cultivos

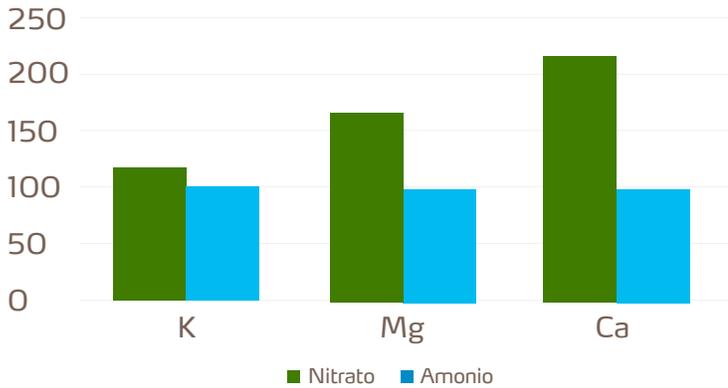
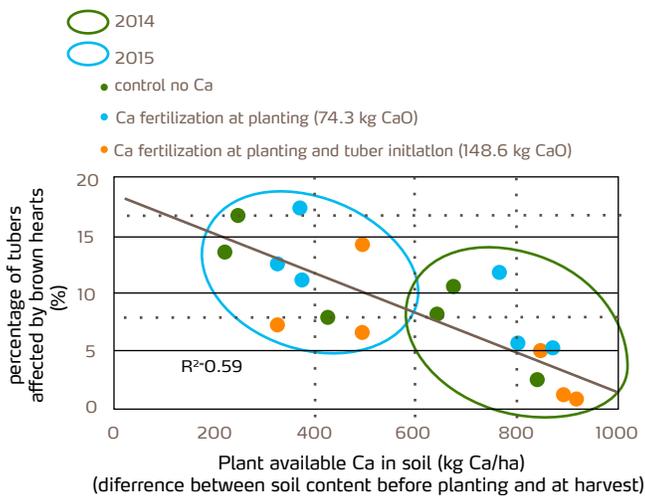


Figura 7. Comparación de la sinergia entre fuentes de fertilizantes nitrogenados y la absorción de cationes.

El defecto de calidad interno del tubérculo "corazón marrón", es un precursor del "corazón hueco". La aparición de estos defectos de calidad en los tubérculos puede llevar a una reducción del precio, o incluso al rechazo de lotes enteros de tubérculos de papa.



Aplicaciones de nitrato de calcio aumentaron la cantidad de calcio disponible para la planta, lo que resultó en una menor aparición del defecto de calidad interna del tubérculo "corazones marrones" Figura 8.

Figura 8. Comparación del porcentaje de tubérculos con corazón marrón en dos años diferentes de evaluación con diferentes niveles de aplicaciones de calcio soluble.



Conclusiones y recomendaciones



Conclusiones y recomendaciones

- 1.** El calcio en los suelos agrícolas se debe encontrar en mayor proporción (excepción en suelos muy evolucionados), a medida que el suelo se descalcifica (reducción del porcentaje de saturación de calcio) lo retiene con mayor fuerza y lo hace menos disponible para las plantas.
- 2.** Las plantas para su nutrición requieren que el calcio este fácil y rápidamente disponible en los momentos de mayor demanda, el éxito de la nutrición con calcio esta en la adecuada sincronización de acuerdo con los estados desarrollo del cultivo y las condiciones ambientales.
- 3.** El calcio es el nutriente de la calidad y un nutriente antiestrés por excelencia por sus múltiples funciones fisiológicas.
- 4.** Se debe garantizar el aporte de fuentes solubles para la nutrición del cultivo a través de aportes edáficos con YaraLiva Nitrabor o YaraTera Calcinit (fertirriego) y completar la nutrición con aportes foliares de calcio ejemplo YaraVita CaBtrac, YaraVita Banatrel, YaraVita Frutrel.

BIBLIOGRAFIA

- John L. Havlin, Samuel L. Tisdale, Werner L. Nelson, James D. Beaton. 2017. Soil Fertility And Fertilizers, 8Th Edition Pearson Education.
- Ray R. Weil and Nyle C. Brady. 2017. Nature and Properties of Soils, The 15th Edition
- Sridevi G, Minocha R, Turlapati SA, Goldfarb KC, Brodie EL, Tisa LS, Minocha SC (2012) Soil bacterial communities of a calcium-supplemented and a reference water-shed at the Hubbard Brook Experimental Forest (HBEF), New Hampshire, USA. FEMS Microbiol Ecol 79(3):728–740
- White P. J. (2001). The pathways of calcium movement to the xylem. J. Exp. Bot. 52, 891–899. 10.1093/jexbot/52.358.891, PMID:
- Yuan P, Luo F, Gleason C and Poovaiah BW (2022) Calcium/calmodulin-mediated mi-crobial symbiotic interactions in plants. Front. Plant Sci. 13:984909. doi: 10.3389/fpls.2022.984909
- Zed Rengel, Ismail Cakmak, Philip J. White. 2022. Marschner's Mineral Nutrition of Plants. Fourth Edition. Elsevier Science. 826 p.