

Cloro ... el enemigo olvidado ... ¿o no?

MANUEL MARTÍNEZ ESTÉVEZ

Unidad de Bioquímica y Biología Molecular de Plantas, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Calle 43 No. 130 x 32 y 34, Colonia Chuburná de Hidalgo, 97205, Mérida, Yucatán, México.

luismanh@cicy.mx

El anión cloro ha sido relegado a un segundo plano cuando hablamos de su participación en los procesos de toxicidad por exceso de sales, fundamentalmente NaCl. Este ion es considerado un elemento fundamental en el desarrollo de las plantas por participar en procesos de vital importancia como la fotosíntesis, la elongación celular, la osmoregulación y por su papel en el balance de cargas de las membranas. El objetivo de esta contribución es analizar de manera crítica la contribución del ion cloro en la toxicidad por salinidad en plantas de una manera clara y sencilla, además de mostrar que el ion no es tan malo como lo pintan.

Palabras clave: Balance de cargas, cloruro de sodio, estrés, fotosíntesis, salinidad.

Cuando escuchamos hablar de salinidad y suelos salinos lo primero que viene a nuestra mente es la playa y las tierras cercanas a las costas. El término salinidad no es todo lo utilizado que debería cuando la prensa habla de cambio climático. Hoy en día, según la FAO (2019), en el planeta hay más de 800 millones de hectáreas que afectadas por salinidad. Estos incluyen suelos con altas concentraciones de sales solubles (cationes sodio, potasio, calcio y magnesio y de los aniones cloruro, sulfato, carbonatos y bicarbonatos) y los suelos sódicos (donde el catión predominante es el sodio y el anión es el cloro).

De manera más común le achacamos los efectos tóxicos de los suelos salinos al catión sodio (Na^+) y hemos relegado al anión cloro (Cl^-) a un segundo plano, cuando no debería ser así. La toxicidad por Cl^- es un componente principal en los efectos del estrés salino en plantas, un hecho que ha sido relativamente descuidado en comparación con la relevancia asignada a los efectos del Na^+ . El Cl^- es un elemento químico de número atómico 17 que se encuentra situado en el grupo de los ha-

lógenos dentro de la tabla periódica de los elementos.

Para entender un poco el importante papel que juega el ion Cl^- en el desarrollo de las plantas, nos hemos enfocado en varias preguntas que hoy están muy vigentes; hay que recordar que no hace más de 10 años que se ha empezado a entender el transporte de este ion a través de membranas biológicas. Las preguntas son las siguientes:

Cl^- : ¿un problema como nutriente?

El Cl^- es un nutriente esencial para las plantas, pero en condiciones salinas puede acumularse a niveles tóxicos en las hojas; limitar esta acumulación mejora la tolerancia a la salinidad de algunos cultivos, sobre todos en el caso de aquellos que no pueden desarrollarse a altas concentraciones salinas, conocidas como plantas glicófitas.

Debido a que es un ion cargado negativamente, el Cl^- se mueve hacia el interior de las células y entre los compartimentos celulares a través de proteínas de transporte de iones (transportadores) incrustados

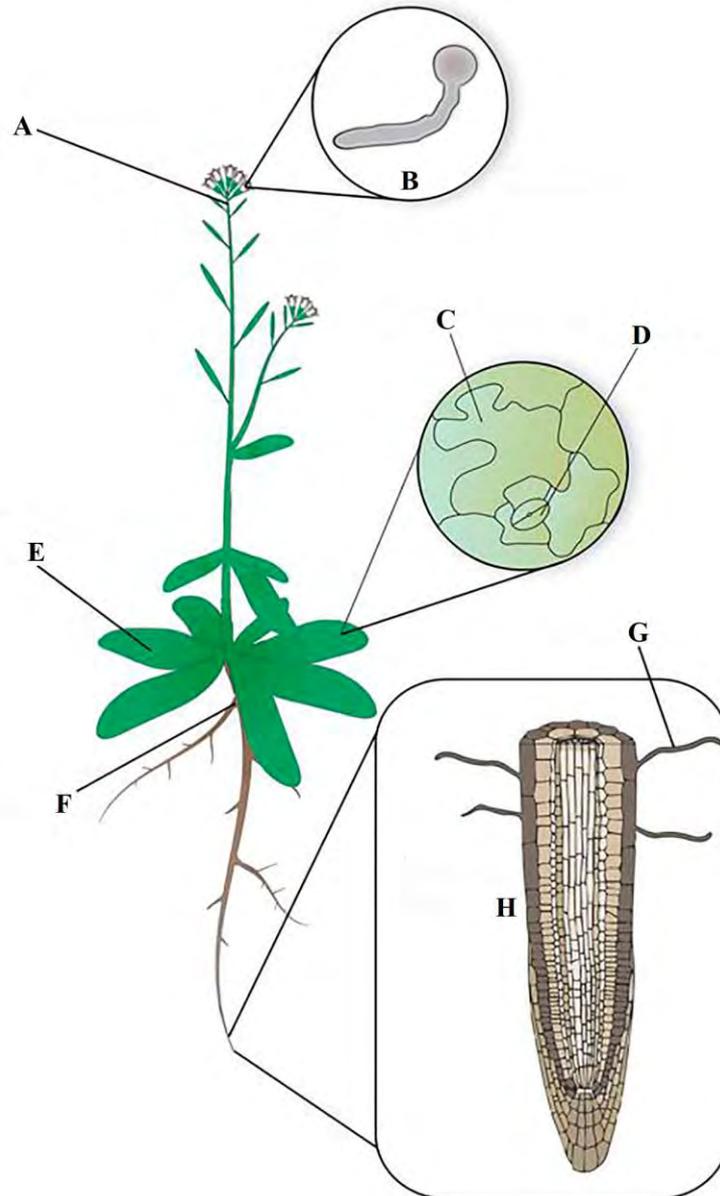


Figura 1. Esquema de una planta madura de *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. que muestra tejidos y órganos donde Cl^- probablemente juegue un papel importante en el crecimiento y desarrollo. **A.** Zona de elongación de brotes. **B.** Crecimiento del tubo polínico. **C.** Las células epidérmicas acumulan más Cl^- con el fin de evitar la acumulación en las células fotosintéticas. **D.** Regulación de la turgencia de las células estomáticas. **E.** Emergencia y crecimiento de las hojas y los peciolo. **F.** Emergencia de las raíces laterales. **G.** Crecimiento apical de los pelos radiculares. **H.** Su deficiencia provoca hinchazón de la zona de elongación de la raíz. (Tomado de Wege *et al.* 2017).

en las membranas celulares. Esto ocurre pasivamente por diferencias en el potencial electroquímico a través de canales iónicos o activamente a través de proteínas que pueden mover Cl^- utilizando la diferencia en la concentración de otro ion entre el interior o el exterior de la célula

(como por ejemplo los protones, H^+).

En concentraciones fisiológicas este ion está involucrado en procesos de vital importancia en plantas, como el proceso de la fotosíntesis (Kobayashi *et al.* 2006), en los procesos de osmoregulación y regulación de turgencia en las plantas, en

los procesos de crecimiento de las células vegetales por elongación, entre otros (Figura 1) (Chen *et al.* 2016, Wege *et al.* 2017).

Cl⁻: ¿un componente descuidado de la toxicidad salina?

Hasta la fecha, el Na⁺ es el ion que más comúnmente se ha asociado con la reducción del rendimiento de los cultivos como resultado de la acumulación de sal (cloruro de sodio) en la solución del suelo. De hecho, los términos Na⁺ y sal a menudo se usan indistintamente en la literatura.

Sin embargo, en cultivos leñosos perennes como la vid (*Vitis spp.*), los cítricos (*Citrus spp.*) y el aguacate (*Persea americana* Mill.), y en legumbres como soja (*Glycine max* (L.) Merr.) y haba (*Vicia faba* L.), la acumulación de Cl⁻ en las hojas se correlaciona mejor con la disminución de la transpiración, de la tasa de fotosíntesis, rendimiento y calidad del cultivo. El Cl⁻ al igual que el Na⁺, es tóxico a altas concentraciones en las plantas. Sin embargo, en las especies antes mencionadas la eventual muerte de la planta es debida fundamentalmente a que el Cl⁻ es metabólicamente más tóxico que el Na⁺. Cabe mencionar que estas plantas son capaces de compartimentalizar una mayor proporción del Na⁺ dentro de sus raíces y/ o tallos leñosos lo que evita de por sí el daño acumulativo producido por el efecto del Na⁺ (Li *et al.* 2019).

Cl⁻: ¿importante en el balance de cargas en las membranas celulares?

Para que las membranas celulares, que delimitan los contenidos internos y externos de los diferentes organelos de las células, puedan ser funcionales, permitiendo el paso de iones, es necesario mantener un balance de cargas entre ellas. El Cl⁻ tiene esa importante función dentro de las células y la toma de este ion puede balancear la toma de otros cationes como el Na⁺ o

regular la pérdida de otros aniones como el nitrato (NO₃⁻) (Teakle y Tyerman 2010).

Podemos concluir que el Cl⁻ no es tan malo como lo pintan y que más que ser un enemigo olvidado, su papel es fundamental en el desarrollo de las plantas como nutriente. El cloro juega un papel fundamental en los procesos de estrés salino, dependiendo de la especie y tiene también una función cuando las plantas se enfrentan a altas concentraciones de sales. Además, es muy importante en el balance de cargas de las células. El enemigo no es como lo pintan.

Referencias

- Chen Z.C., Yamaji N., Fujii-Kashino M. y Ma J.F. 2016. A cation-chloride cotransporter gene is required for cell elongation and osmoregulation in rice. *Plant Physiology* 171(1): 494-507.
- FAO 2019. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura <<http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/manejo-de-suelos-problematicos/suelos-afectados-por-salinidad/more-information-on-salt-affected-soils/es/>> (consultado: 29 noviembre 2019).
- Kobayashi M., Katoh H. y Ikeuchi M. 2006. Mutations in a putative chloride efflux transporter gene suppress the chloride requirement of photosystem II in the cytochrome c550-deficient mutant. *Plant and Cell Physiology* 47(6): 799-804.
- Li B., Tester M. y Gilliham M. 2017. Chloride on the Move. *Trends in Plant Science* 22(3): 236-248.
- Teakle N.L. y Tyerman S.D. 2010. Mechanisms of Cl⁻ transport contributing to salt tolerance. *Plant Cell and Environment* 33(4): 566-589.
- Wege S., Gilliham M. y Henderson S.W.

2017. Chloride: not simply a ‘cheap osmoticum’, but a beneficial plant macronutrient. *Journal of Experimental Botany* 68(12): 3057-3069.

Desde el Herbario CICY, 11: 240–243 (5-diciembre-2019), es una publicación semanal editada por el Herbario CICY del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., con oficinas en Calle 43 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97200, Mérida, Yucatán, México. Tel. 52 (999) 942-8330 Ext. 232, www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx. Editor responsable: Ivón Mercedes Ramírez Morillo. Reserva de Derechos al Título Exclusivo No. 04-2016-041413195700-203, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, ISSN: 2395-8790. Responsable de la publicación: José Fernely Aguilar Cruz, Calle 43 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97200, Mérida, Yucatán, México. Fecha de última modificación: 5 de diciembre de 2019. Las opiniones expuestas por los autores no necesariamente expresan la postura del editor de la publicación. De la misma manera, la responsabilidad sobre la veracidad y la precisión de los contenidos, le corresponde totalmente a los autores de los ensayos.