

Las células de las plantas también reciclan

Al escuchar la palabra reciclaje, probablemente pensamos en acciones como reutilizar botellas, bolsas, latas o cristales buscando obtener nuevos productos o materias primas para ser utilizados en la producción de otros bienes. Para sorpresa de muchos, las plantas tienen la misma capacidad de reciclar; es como si las plantas se limpiaran a sí mismas para eliminar aquello que no les sirve y puedan obtener nuevos materiales para otras funciones. Este proceso de reciclaje en las células vegetales es conocido como “autofagia” y es vital para mantener la integridad y la salud de las plantas, así como permitir su aclimatación a los ambientes poco favorables.

Palabras clave:
autofagia, muerte celular,
organelos, vacuola.

ALEXIS I. CADENA-RAMOS^{1,2}, VERÓNICA LIMONES-BRIONES¹,
CLELIA DE LA PEÑA¹

¹Unidad de Biotecnología, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. (CICY). Calle 43 x 32 y 34, No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, Mérida, Yucatán, 97205, México.

²alexiscadena1925@gmail.com

Durante el ciclo de vida de las células vegetales, es crucial que se mantenga un equilibrio adecuado entre la producción y la eliminación de moléculas como las proteínas, los lípidos y los carbohidratos. Esto es fundamental para asegurar un crecimiento y desarrollo exitoso, evitando que se acumulen componentes dañinos o tóxicos en el interior de la célula (Floyd *et al.* 2015; Bu *et al.* 2020).

Para lograr este equilibrio, las células vegetales tienen un mecanismo conocido como autofagia, que significa en griego, literalmente “comerse a sí mismo”. La autofagia permite a las células reciclar componentes internos innecesarios o dañados, aprovechando nutrientes valiosos y eliminando moléculas perjudiciales. Es como un proceso de “reciclaje interno” que les permite mantener su integridad y adaptarse a diferentes entornos.

Durante la autofagia, las células vegetales capturan componentes celulares que no son necesarios, como proteínas u orgánulos dañados, y los transportan hacia una estructura llamada vacuola, donde se degradan. Los productos resultantes de esta degradación, como aminoácidos, lípidos o azúcares, se transportan nuevamente al citoplasma para ser reutilizados por la célula.

Existen tres tipos de autofagia en las células vegetales: macroautofagia, microautofagia y mega-autofagia. El más estudiado es la macroautofagia, que implica la formación de membranas que envuelven los componentes celulares a degradar. Este proceso ocurre constantemente para mantener un equilibrio dentro de la célula. La microautofagia, por otro lado, transporta directamente los componentes a degradar hacia la vacuola sin la formación de membranas. Por último, la mega-autofagia es un mecanismo específico de las plantas que libera moléculas capaces de eliminar todos los componentes dentro de la célula. Este proceso es fundamental en la muerte celular programada durante el desarrollo de las plantas y en la eliminación de células dañadas o innecesarias (Figura 1).

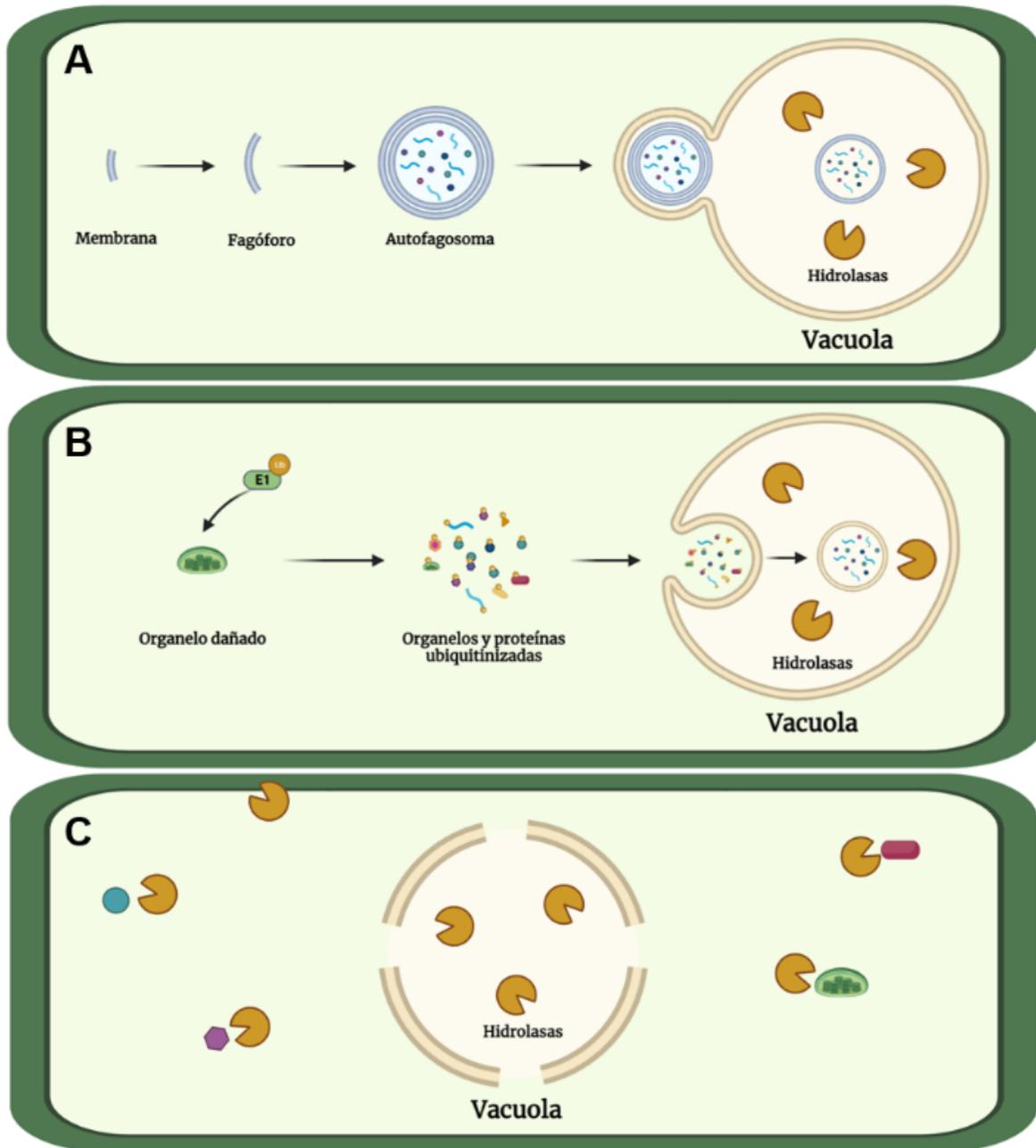


Figura 1. Mecanismos de autofagia descritos en plantas. Tanto la macroautofagia **(A)** como la microautofagia **(B)** implican la formación de cuerpos autofágicos y la degradación de la carga por hidrolasas en la vacuola, los blancos son previamente marcados y reconocidos por la maquinaria de autofagia. En contraste, la mega-autofagia **(C)** implica la ruptura de la vacuola y liberación de enzimas degradadoras en el citoplasma, lo que finalmente conduce a la muerte celular (Ilustración: A. Cadena-Ramos).

Durante las últimas décadas, se han identificado más de 40 genes relacionados con la autofagia. Estos genes, llamados genes *ATG*, juegan diferentes funciones en las distintas etapas de la autofagia, desde el inicio hasta la degradación de los componentes celulares.

La autofagia juega un papel fundamental en el crecimiento y la salud de las plantas. Durante el desarrollo de las células vegetales, la autofagia está involucrada en procesos como el envejecimiento de las hojas, la fertilidad y la producción de semillas (Figura 2). También es esencial para el reciclaje de nutrientes, incluyendo elementos esenciales como el carbono y el nitrógeno. Además, la autofagia también protege las plantas contra enfermedades causa-

das por hongos y virus, y ayuda a las células a responder a situaciones de estrés, como la acumulación de moléculas dañinas o condiciones ambientales desfavorables (Qi *et al.* 2020, Chen *et al.* 2021).

En los próximos años, el estudio de la autofagia en las plantas será crucial para un mejor entendimiento de la biología de las plantas, ya que les permite mantener su equilibrio interno y adaptarse a diferentes situaciones de estrés ambiental. Comprender los mecanismos moleculares que regulan la autofagia nos permitirá manipular genes específicos y desarrollar nuevas estrategias para mejorar el crecimiento, el rendimiento de los cultivos y su resistencia al estrés ambiental.

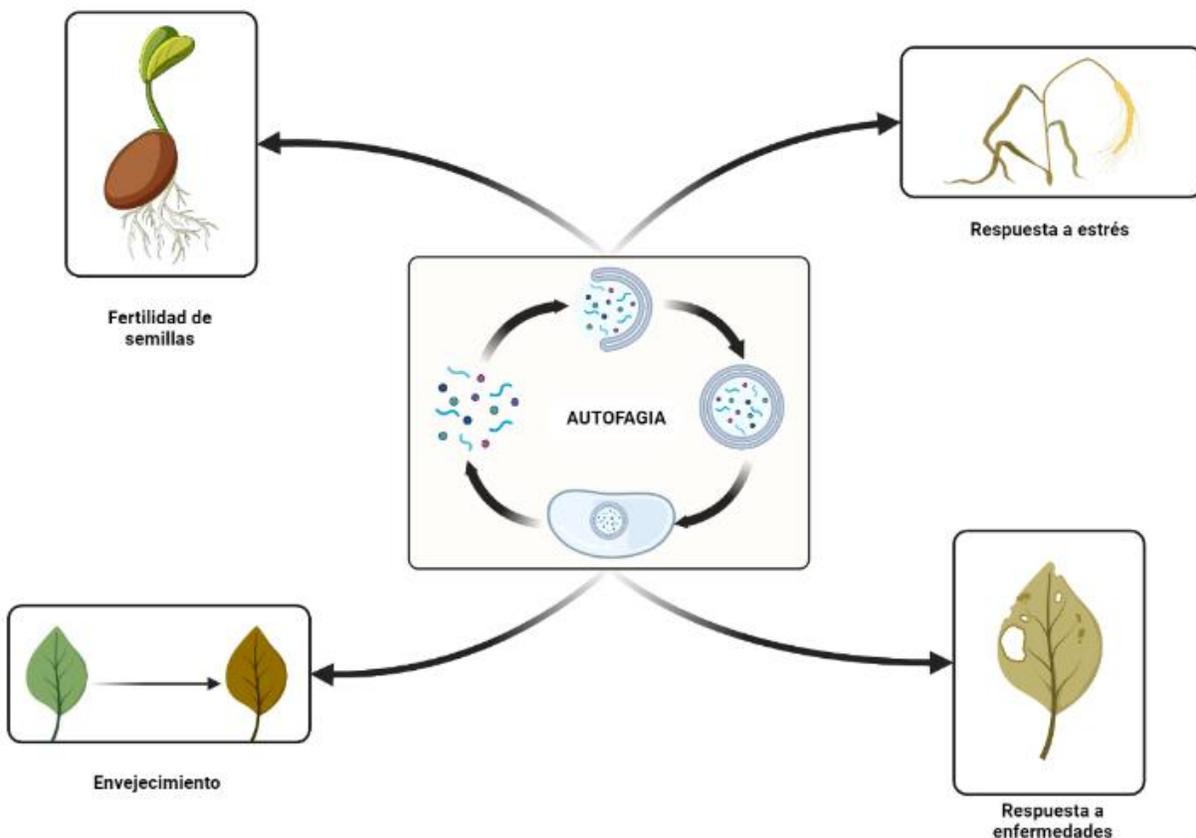


Figura 2. Principales procesos del desarrollo y protección en los que participa la autofagia en plantas. Se ha demostrado que la autofagia participa en mover y reciclar nutrientes para la germinación de las semillas, degradar hojas envejecidas, proporcionar fuentes alternativas cuando las plantas se encuentran estresadas, y colaborar con otros mecanismos para proteger a la planta contra enfermedades producidas por hongos o insectos (Ilustración: A. Cadena-Ramos).

En conclusión, la autofagia es un proceso sorprendente que permite a las células vegetales reciclarse a sí mismas, adaptarse a situaciones desafiantes y mantener su equilibrio interno independientemente si se enfrentan a la pérdida de la luz solar, los nutrientes, el agua o son atacadas por otros organismos.

Agradecimientos: Compañeros del curso “Comunicación de la Ciencia”, impartido por el Dr. José Luis Andrade, por sus observaciones y sugerencias para la elaboración de este artículo de divulgación.

Referencias

Chen H., Dong J., Wang T. 2021. Autophagy in Plant Abiotic Stress Management. *International Journal of Molecular Sciences* 22(8): 4075. <https://doi.org/10.3390/ijms22084075>

Floyd B.E., Pu Y., Soto-Burgos J., Bassham D.C. 2015. To Live or Die: Autophagy in Plants. *In Springer eBooks*. Springer Nature. 269-300 pp. https://doi.org/10.1007/978-3-319-21033-9_11

Komatsu M., Ishida H., Nakamura S., Hidema J. 2017. Entire Photodamaged Chloroplasts Are Transported to the Central Vacuole by Autophagy. *The Plant Cell* 29(2): 377-394. <https://doi.org/10.1105/tpc.16.00637>

Qi H., Xia F., Xiao S. 2021. Autophagy in plants: Physiological roles and post-translational regulation. *Journal of Integrative Plant Biology* 63(1): 161-179. <https://doi.org/10.1111/jipb.12941>

Desde el Herbario CICY, 15: 170-173 (31-agosto-2023), es una publicación semanal editada por el Herbario CICY del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., con oficinas en Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Tel. 52 (999) 942-8330 Ext. 232, www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx. Editores responsables: Ivón M. Ramírez Morillo, Diego Angulo y Néstor E. Raigoza Flores. 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 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Fecha de última modificación: 31 de agosto de 2023. 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.