

La melatonina, compuesto controversial en plantas

La melatonina es un neurotransmisor de indolamina en animales, establecida como una importante molécula de señalización con diferentes funciones en las plantas. Es una sustancia recientemente conocida en el reino vegetal, que es eficaz para aliviar el estrés de las plantas. Desde 1995 se reportó su síntesis en plantas y se ha estudiado su efecto sobre algunos tipos de estreses abióticos. Se reporta que la aplicación de melatonina mejora los contenidos de prolina y azúcares en plantas sometidas a condiciones de altas concentraciones de sales y otros elementos, aunque aún existe controversia en cuanto a como sucede su efecto benéfico a diferentes condiciones adversas.

Palabras clave:
Capsicum, estrés,
glicófitas, prolina,
salinidad.

MANUEL MARTÍNEZ-ESTÉVEZ^{1,2}, ILEANA ECHEVARRIA-MACHADO¹,
CAMILO ESCALANTE-MAGAÑA¹, DAYRON OTERO-RODRIGUEZ¹,
MARÍA DE FATIMA MEDINA-LARA¹ Y
MIRIAM MONFORTE-GONZÁLEZ¹

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

²luismanh@cicy.mx

Durante mucho tiempo se pensó que la melatonina (N-acetil-5-metoxitriptamina), era una molécula autogenerada y exclusiva de vertebrados encargada de sincronizar el ritmo circadiano. La melatonina es una molécula pequeña, a la que se atribuyen numerosas actividades biológicas, ahora se sabe que está presente tanto en organismos procariotas como en eucariotas. Es sintetizada de manera natural por las plantas y aunque está en discusión y controversia su función, se ha descrito como una importante mitigadora de efectos provocados por condiciones desfavorables como: estreses abióticos, entre de los cuales está la salinidad, que es uno de los más comunes y deletéreos para la producción y el rendimiento de especies de interés económico. Las plantas que no pueden resistir altas concentraciones de sal se les conoce como glicófitas.

El descubrimiento de la melatonina tuvo lugar en 1958, cuando investigadores de la Universidad de Yale aislaron este compuesto en tejidos de origen animal, en su búsqueda de sustancias útiles en el tratamiento de enfermedades de la piel. Esta molécula ha sido utilizada de manera frecuente como inductor del sueño en humanos. Sus efectos en animales han sido ampliamente estudiados, incluyendo a mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces, donde se ha evidenciado su influencia en la regulación de los ciclos circadianos. En estos ciclos de luz-oscuridad, los niveles de melatonina oscilan de tal manera que desencadenan numerosos procesos biológicos: periodos de actividad y descanso, la época reproductiva, el

comportamiento sexual, la fertilidad, la hibernación, la muda en invertebrados, entre otros.

En los últimos años, sin embargo, también se ha descubierto la presencia de melatonina en insectos, organismos unicelulares y bacterias. A la melatonina, además de sus funciones como neurotransmisor, recientemente se le han atribuido funciones como una importante molécula de señalización en las plantas. Debido a que en algunos de los organelos donde se sintetiza la melatonina en las células, como son mitocondria y cloroplasto y que evolutivamente a través de procesos endosimbióticos unen el reino animal y el vegetal, la búsqueda de melatonina en las plantas era inevitable. Los estudios recientes han demostrado con éxito que la melatonina también existe en el reino vegetal (Black 2021), describe como una hormona animal bien conocida con funciones celulares y hormonales múltiples y relevantes. Desde que fue identificada en plantas, ha dado lugar a una gran diversidad de estudios a nivel molecular y fisiológico demostrando sus múltiples acciones también en plantas. Su papel como agente bioestimulador y modulador de las respuestas a estreses abióticos y bióticos ha sido ampliamente estudiado (Pan *et al.* 2023).

La melatonina está involucrada en diferentes procesos de desarrollo en las plantas, las cuales enunciaremos brevemente a continuación:

- a) La germinación, el cual es un proceso crítico en el desarrollo, donde se experimentan cambios bioquímicos, morfológicos y fisiológicos. La melatonina participa en el metabolismo de diferentes compuestos, considerados hormonas vegetales, que intervienen tanto en la germinación como en otros procesos, como son las giberelinas y ácido abscísico.
- b) El crecimiento y desarrollo vegetal es un proceso en el que ocurre, por un lado, el aumento en el tamaño (o volumen) y el número de células, además de la especialización o diferenciación celular para formar los distintos tejidos y órganos de la planta. La similar estructura y que comparten un precursor común con las auxinas, hace que a la melatonina se le atribuyan funciones similares a las auxinas, regulando el crecimiento de las raíces primarias y secundarias
- c) La floración, es un proceso en el que se pasa de la etapa de crecimiento vegetativo a la etapa reproductiva en una planta. El papel que juega la

melatonina en el proceso de floración todavía está poco estudiado.

- d) Desarrollo y maduración del fruto. La fructificación es un término que representa fundamentalmente las tres etapas del desarrollo del fruto: 1) la transformación de las paredes del ovario en el fruto, 2) el desarrollo, caracterizado por una alta expansión y división celular; además de acumulación de agua y sustancias de reserva, y 3) la maduración que se caracteriza por cambios externos e internos que culmina en la liberación de las semillas. La melatonina se puede encontrar en flores, frutos y semillas, si bien dependiendo de la especie las concentraciones varían mucho de una estructura a otra. De hecho, se han encontrado en altas concentraciones en óvulos y endocarpo de algunos frutos.

Adicionalmente está el estrés abiótico, que son todos los factores ambientales no bióticos, que modifican negativamente el crecimiento y desarrollo de las plantas, y puede causar daño dependiendo de su duración e intensidad. La aplicación de melatonina de manera exógena ha demostrado ser un método eficaz para disminuir los efectos negativos de este tipo de estrés en plantas, además el incremento de sus niveles en los diferentes compartimentos celulares modifica el contenido del aminoácido prolina, un marcador bioquímico de estrés.

El estrés biótico se define como el estrés que se produce como resultado del daño causado a un organismo, tanto animal como vegetal, por otros organismos vivos como bacterias, virus, hongos, parásitos, insectos beneficiosos y dañinos, malezas y plantas cultivadas o nativas. Este estrés envuelve cambios sustanciales en sus metabolismos que finalmente disminuyen las capacidades de crecer y de desarrollarse y en el caso de plantas, provoca una disminución a los rendimientos, en particular, en plantas cultivadas de interés económico. Se sabe que la aplicación exógena de melatonina incrementa la expresión de enzimas que están relacionadas con la defensa vegetal, como son quitinasas, glucanasas, encargadas de la degradación de la pared celular de hongos, la fenilalanina amonio liasa (PAL), una enzima crucial para la vía de biosíntesis de compuestos fenilpropanoides, clave en la resistencia a enfermedades, y la polifenol oxidasa (PPO), que acelera la oxidación de fenoles, y aquellos relacionados con la muerte celular por el proceso de apoptosis en organismos

patógenos.

Se conocen muchos efectos benéficos de la melatonina en las plantas (Figura 1), desde inducir la germinación o el crecimiento y desarrollo de raíces, tallos o brotes, hasta retrasar la senescencia foliar, además de aumentar la tolerancia de las plantas frente a estreses abióticos y bióticos. Estas características permiten que se considere como un bioestimulante, bioregulador y bioprotector. La cantidad de melatonina encontrada en plantas es mayor que en animales, pero no resulta tóxica a menos que se utilicen concentraciones muy altas de esta molécula.

A medida que se conozcan los mecanismos de acción de este compuesto, es probable que su papel en el crecimiento, en el desarrollo y en el comportamiento de las plantas, vaya más allá de los aspectos enunciados en esta nota y se pueda realizar de manera exitosa su aplicación en las plantas, en procesos como la conservación, la crioconservación, la morfogénesis y para la obtención de productos naturales.

Referencias

- Black K. 2021.** Melatonin metabolism, signaling and possible roles in plants. *The Plant Journal* 105: 376-391. <https://doi.org/10.1111/tpj.14915>
- Meftahizadeh H., Baath G.S., Saini R.K., Falakian M., Hatami M. 2023.** Melatonin-mediated alleviation of soil salinity stress by modulation of redox reactions and phytochemical status in guar (*Cyamopsis tetragoloba* L.). *Journal of Plant Growth Regulation* 42: 4851-4869. <https://doi.org/10.1007/s00344-022-10740-z>
- Pan Y., Xu X., Li L., Sun Q., Wang Q., Huang H., Tong Z., Zhang J. 2023.** Melatonin-mediated development and abiotic stress tolerance in plants. *Frontiers in Plant Science* 14: 1100827. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1100827>

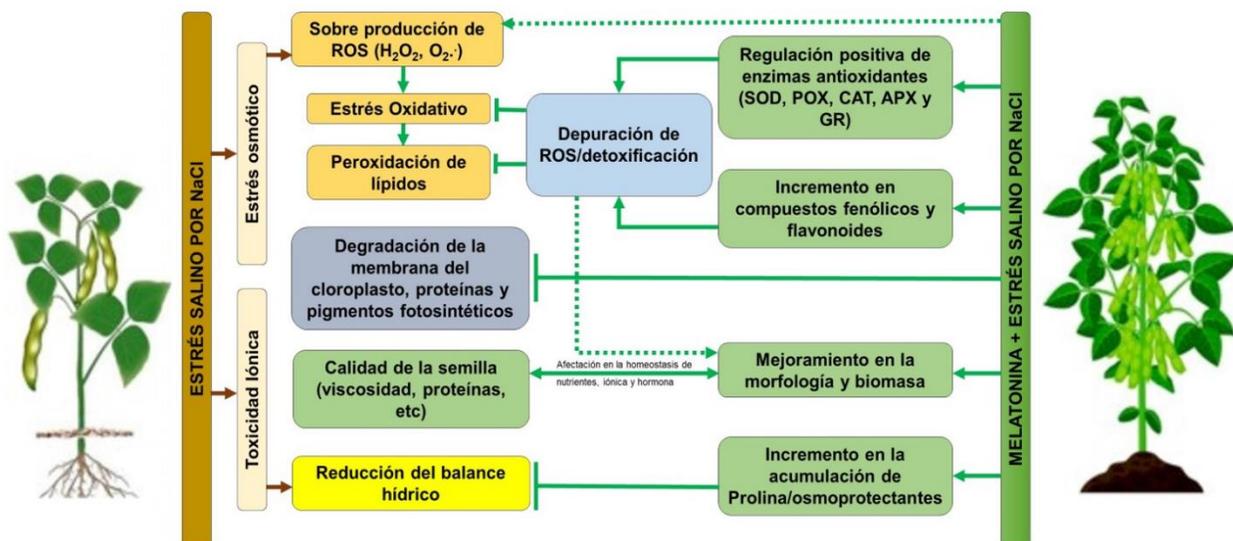


Figura 1. Efecto de la melatonina en diferentes procesos de desarrollo en las plantas. (Modificado de Meftahizadeh *et al.* 2023).

Desde el Herbario CICY, 16: 01-04 (11-enero-2024), 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: 11 de enero de 2024. 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.