



El lado oscuro de la fitomelatonina

MANUEL MARTÍNEZ ESTÉVEZ*, MARÍA DE FÁTIMA MEDINA LARA, ILEANA ECHEVARRIA MACHADO, CAMILO ESCALANTE MAGAÑA Y DAYRON OTERO RODRÍGUEZ

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

*luismanh@cicy.mx

Resumen: La melatonina, es una hormona bien conocida en los mamíferos por su papel en la regulación del ciclo sueño-vigilia y otros procesos fisiológicos. En contraste, la fitomelatonina, la versión en plantas, es mucho menos conocida y ha sido objeto de estudio y debate en las últimas décadas. En este ensayo, exploraremos algunos efectos benéficos de una parte del lado oscuro de la fitomelatonina en las plantas, centrándonos en sus funciones, su regulación y su potencial impacto en la agricultura y la biotecnología.

Palabras clave: Agricultura, biotecnología, regulación.



Gobierno de
México

Ciencia y Tecnología
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación





La melatonina es una hormona encontrada en todas las especies animales, incluidos los seres humanos, y también en plantas (fitomelatonina), hongos y bacterias, así como en algunas algas, en concentraciones que varían en función del ciclo diurno/nocturno, comparten la misma fórmula química y, ha sido identificada en diversas especies vegetales, pero su función y su regulación aún no están completamente comprendidos (Figura 1) (Majumder *et al.* 2024) y es un regulador maestro de la señalización de especies reactivas de oxígeno (ROS), que no son más que moléculas inestables que contienen oxígeno y que reaccionan fácilmente con otras moléculas) y actúa como una señal de oscuridad en el cierre estomático circadiano.

Este compuesto puede actuar también en plantas; la fitomelatonina ha sido asociada con una variedad de funciones biológicas, incluida la regulación del crecimiento, la protección contra el daño que producen moléculas altamente reactivas en la célula y la respuesta al estrés biótico y abiótico. Se ha demostrado que la fitomelatonina protege a las plantas contra el estrés oxidativo, actuando como un potente antioxidante que neutraliza los radicales libres y reduce el daño celular. Las protege, además, contra el estrés causado por la salinidad, la sequía, las altas temperaturas y la radiación ultravioleta (Dubbels *et al.* 1995).

No obstante, en relación a los beneficios de la fitomelatonina en las plantas, la función exacta de esta molécula aún no se comprende del todo. Dado lo anterior, es necesario realizar más investigaciones para elucidar los mecanismos moleculares involucrados en su biosíntesis, transporte y acción en los diferentes tejidos vegetales.

Por ejemplo, se ha planteado la posibilidad de que la fitomelatonina actúa principalmente

como una molécula de señalización y otra posibilidad es que tenga funciones más directas en la protección celular, aunque no ha quedado esclarecido. Otro aspecto oscuro aún no determinado, es su regulación y síntesis en las plantas. Aunque se sabe que la biosíntesis de fitomelatonina sigue una vía similar a la de la melatonina en mamíferos, los reguladores específicos y los factores que controlan su producción en las plantas aún no están completamente identificados. Esta falta de comprensión dificulta la manipulación efectiva de la fitomelatonina en aplicaciones agrícolas y biotecnológicas.

Otro papel de interés con relación a la fitomelatonina es su participación en el cierre de los estomas, aunque no en su apertura, esto es otro lado oscuro, ¿por qué en uno si y el otro no? No se conoce cómo se regula dicho efecto. Esta evidencia indica que dos fitohormonas vegetales, como son las auxinas y la giberelina, podrían ser agentes fisiológicos diferentes en la regulación del cierre de los estomas, es decir, la fitomelatonina funciona en el control del cierre de los estomas durante la noche (Yang *et al.* 2021).

Queda claro que la fitomelatonina actúa como antioxidante al interactuar químicamente con las especies reactivas de oxígeno (ROS) mediante la activación de enzimas antioxidantes, (aquellas que protegen a las células del daño causado por las especies reactivas de oxígeno), pero también actúa en concentraciones micromolares, como inductor de la producción de ROS. La corta vida útil de las ROS (hasta unos pocos minutos) entre la producción y la eliminación las convierte en candidatas ideales para funcionar como moléculas de señalización intracelular (Arnao y Hernández-Ruiz 2019).

Además, el potencial impacto de la fitomelatonina en la agricultura y la biotecnología sigue

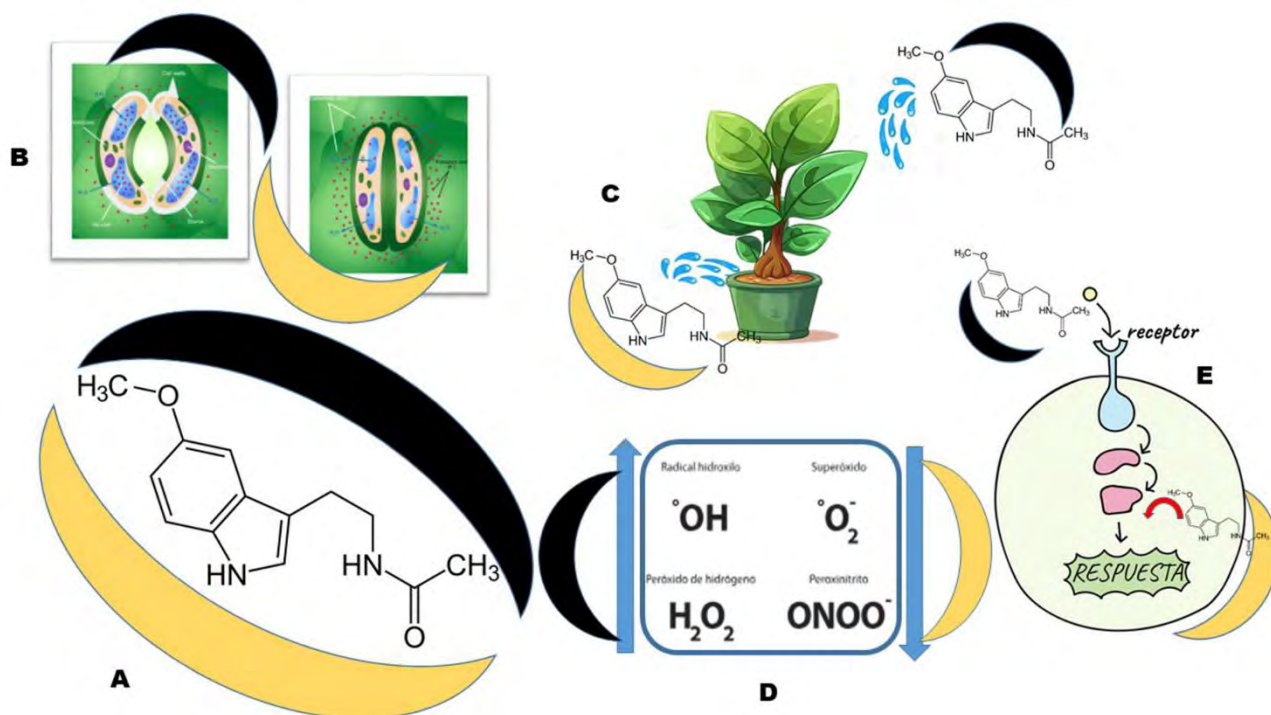


Figura 1. Algunos aspectos de los efectos de la fitomelatonina. **A.** La molécula de fitomelatonina tiene un lado oscuro. **B.** Fitomelatonina interviene en el cierre estomático, no hay evidencias que tenga un papel importante en la apertura estomática. **C.** No existe evidencia que la aplicación exógena de fitomelatonina sea más eficiente que el riego de esta. **D.** Es controversial el papel de la fitomelatonina en la producción de ROS. **E.** No es claro el papel de señalización de los receptores de fitomelatonina en plantas, mientras que su papel intracelular está documentado. (Tomado de: <https://fisiologiavegetal.es/2018/05/la-importancia-de-los-estomas/>; <https://www.nutrex.eu/es/articulos/el-estres-oxidativo-explicado/>; <https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/cell-communication-and-cell-cycle/cell-communication/a/introduction-to-cell-signaling>).

siendo un área de investigación activa y de debate. Si bien se ha sugerido que la aplicación exógena de fitomelatonina podría mejorar la resistencia al estrés y la calidad de los cultivos, los resultados hasta ahora son inconsistentes y la eficacia de esta estrategia aún está en duda, dejando en la obscuridad la pregunta sobre si la aplicación de esta de manera asperjada en las hojas es más efectiva o no sobre la aplicación directamente en las raíces.

Por otra parte, la posibilidad de manipular genéticamente la biosíntesis de fitomelatonina

en plantas cultivadas plantea preocupaciones sobre posibles efectos no deseados en la fisiología de las plantas y en la seguridad alimentaria.

En conclusión, la investigación acerca de la fitomelatonina representa un área de oportunidad fascinante cuyos hallazgos podrían impactar de manera clave al conocimiento fundamental y a la biotecnología agrícola. Alcanzar un mejor entendimiento acerca de la melatonina, su síntesis, sus mecanismos de acción fitoprotectora, entre otros, podría abrir nuevas vías para mejorar la resistencia de los cultivos



y abordar los desafíos agrícolas en un mundo altamente dinámico y con grandes retos medio-ambientales.

Referencias

Arnao, M.B. & Hernández-Ruiz J. 2019. Melatonin and reactive oxygen and nitrogen species: a model for the plant redox network. *Melatonin Research* 2: 152-168.

<https://doi.org/10.32794/11250036>

Dubbels, R., Reiter, R., Klenke, E., Goebel, A., ... & Schloot, W. 1995. Melatonin in edible plants identified by radioimmunoassay and by high

performance liquid chromatography-mass spectrometry. *Journal of Pineal Research* 18: 28-31.

<https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.1995.tb00136.x>

Majumder, D., Bhowmik, P., Das, K., Das, S., ... y Bhatt, R. 2024. Versatile role of melatonin in plants. In: Aryadeep Roychoudhury (Ed.) *Advancement of Melatonin Research in Plants*, pp. 1-23. CRC Press. Boca Raton, FL.

Yang, Q., Peng, Z., Ma, W., *et al.* 2021. Melatonin functions in priming of stomatal immunity in *Panax notoginseng* and *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiology* 187: 2837-2851.

<https://doi.org/10.1093/plphys/kiab419>

Desde el Herbario CICY, 17: 57-60 (6-marzo-2025), 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. 110, www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx. Editores responsables: Germán Carnevali, Patricia Rivera Pérez y José Luis Tapia Muñoz. 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: 6 de marzo de 2025. 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.