

La melatonina y su participación en la biosíntesis de prolina en chile habanero (*Capsicum chinense*)

En los últimos años, el número de estudios sobre la melatonina en plantas ha aumentado considerablemente. En la actualidad, se conoce la multifuncionalidad de esta molécula en animales, pero también se ha demostrado una gran relevancia en el reino vegetal. Existe la hipótesis de su relación con los contenidos de prolina, el cual es un aminoácido que tiene funciones como marcador bioquímico del estrés. Parte de esta teoría se fundamenta en estudios en plantas del género *Capsicum*, y dentro de este, la especie *C. chinense* (chile habanero), el cual es un cultivo de alto valor comercial en México.

Palabras clave: biosíntesis, *Capsicum*, estrés, prolina, Solanaceae.

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

Centro de Investigación Científica de Yucatán.
Calle 43 No. 130 x 32 y 34. Colonia Chuburná de Hidalgo.
C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México.

*luismanh@cicy.mx

El chile habanero tiene denominación de origen desde 2010 como chile habanero de la península de Yucatán y pertenece al género *Capsicum* L., del cual existen cinco especies, *C. annuum* L., *C. frutescens* L., *C. baccatum* L., *C. pubescens* Ruiz & Pav. y *C. chinense* Jacq. (Muñoz-Ramírez *et al.* 2020). El chile habanero (Figura 1) es el fruto de la especie *Capsicum chinense*, una especie muy aromática y del cual se afirma que es uno de los chiles más picantes del mundo (Menichini *et al.* 2009). Esta especie se puede localizar en América Central y Sur América, principalmente en climas tropicales húmedos, pertenece a la familia de las Solanaceae. Tiene gran importancia económica en México por sus usos en la cultura culinaria. Cabe mencionar que es de gran interés para la ciencia el cuidado de este cultivo por todo lo que representa, y por este motivo se ha pensado en condicionar esta especie para sobrevivir en medios poco compatibles a la misma. Al ser Yucatán una península y contar con gran cantidad de hectáreas de tierras cercanas a costas con altos contenidos de salinidad en sus suelos, surgió la idea de lograr adaptar a el chile habanero en un medio como este, con la finalidad de aprovechar dichos terrenos en aras de producir este vital alimento de la gastronomía mexicana. Para ello se pensó utilizar un compuesto químico que aún se encuentra en estudio llamado melatonina, a la cual se le han atribuido muchas funciones relacionadas con el estrés en plantas.

La melatonina (N-acetil-5-metoxitriptamina), es una molécula con una estructura química que incluye un anillo indol y un grupo metoxi en la posición 5. En las plantas, la estructura quími-

@CICYoficial    



GOBIERNO DE
MÉXICO



Figura 1. Frutos de *Capsicum chinense* Jacq. (Solanaceae).
(Fotografía: Lorenzo Felipe Sánchez Teyer).

ca de la melatonina es similar a la sintetizada en animales. Siempre en los medios de información se le ha atribuido funciones importantes a esta molécula, principalmente en el reino animal, incluyendo a los seres humanos, donde la síntesis de melatonina está regulada por el ritmo circadiano y está influenciada por la oscuridad, de esto se deriva su relación con el sueño. En las plantas, el ritmo circadiano de la melatonina está relacionado con la respuesta a la luz y la oscuridad. La síntesis y liberación de melatonina en las células de las plantas tiende a aumentar durante la noche y disminuir durante el día. Este patrón puede variar entre diferentes especies vegetales y se ha observado que la melatonina en las plantas puede desempeñar un papel en la regulación de la floración, la resistencia al estrés, la respuesta a patógenos y otros procesos fisiológicos (Han *et al.* 2017). En animales, se identificó por primera vez en 1958, en la glándula pineal bovina (Lerner *et al.* 1958) y en 1995, se observó la presencia de melatonina en plantas vasculares (Hattori *et al.* 1995, Dubbels *et al.* 1995).

En la actualidad se conocen algunos datos relevantes sobre el papel de melatonina en el reino vegetal como agente antioxidante en el control de especies reactivas de oxígeno (ROS), por sus siglas en inglés, además de la peroxidación lipídica en tejidos animales (Reiter *et al.* 2014). También, es considerada un neurotransmisor de indoleamina, pero hoy en día se sabe, que es una importante molécula de señalización multifuncional en plantas superiores

Desde su descubrimiento en el reino vegetal, se han propuesto varias teorías sobre la misma, principalmente en los últimos 10 años. La melatonina en plantas, conocida como "fitomelatonina" por algunos autores (Blask *et al.* 2004), se estudió inicialmente como una interesante molécula antioxidante natural.

Una hipótesis que existe sobre el papel universal de la melatonina podría estar relacionada con los contenidos de prolina en plantas, y esta teoría se fundamenta en investigaciones anteriores donde se ha evidenciado que puede tener participación en las expresiones relativas de algunos genes que codifican para las enzimas pirolina 5 carboxilato sintasa, (P5CS), ornitina aminotransferasa (OAT) y prolina descarboxilasa (PDH), las cuales están involucradas en el proceso de biosíntesis de prolina. Por citar algunos ejemplos, en duraznos (*Prunus persica* L., Rosaceae), se constató que almacenados en condiciones de frío, la aplicación de melatonina indujo la acumulación de prolina (Cao *et al.* 2016). De manera similar en un estudio en banano (*Musa × paradisiaca* L, Musaceae), las actividades enzimáticas se encontraban altamente reguladas, lo que explica aún más la acumulación de prolina en esta planta (Wang *et al.* 2013). Otro estudio realizado en pepino (*Cucumis sativus* L., Cucurbitaceae), mostró que la melatonina indujo una cantidad significativa de tolerancia al estrés por frío a través de la coordinación de los genes antes mencionados P5CS, OAT y PDH, con una acumulación de prolina.

A partir de los resultados anteriores, el aumento de la síntesis de prolina y la reducción de la degradación se correlacionaron con un mayor contenido de esta en la fruta tratada con melatonina, lo que podría desempeñar un papel esencial en la tolerancia a los distintos tipos de estreses abióticos, como es el caso del estrés hídrico y el estrés salino. Tomando en cuenta estos estudios anteriores, nos planteamos una nueva teoría, basada en la influencia de la melatonina sobre los contenidos de prolina en el género *Capsicum*, en especial en *C. chinense* (chile habanero), pero en condiciones de estrés salino.

La salinización del suelo es un proceso en el que la concentración de sales solubles en el suelo aumenta a niveles perjudiciales para el crecimiento de las plantas. Este fenómeno puede ocurrir de forma natural o como resultado de actividades humanas. Además, puede tener impactos negativos en la agri-

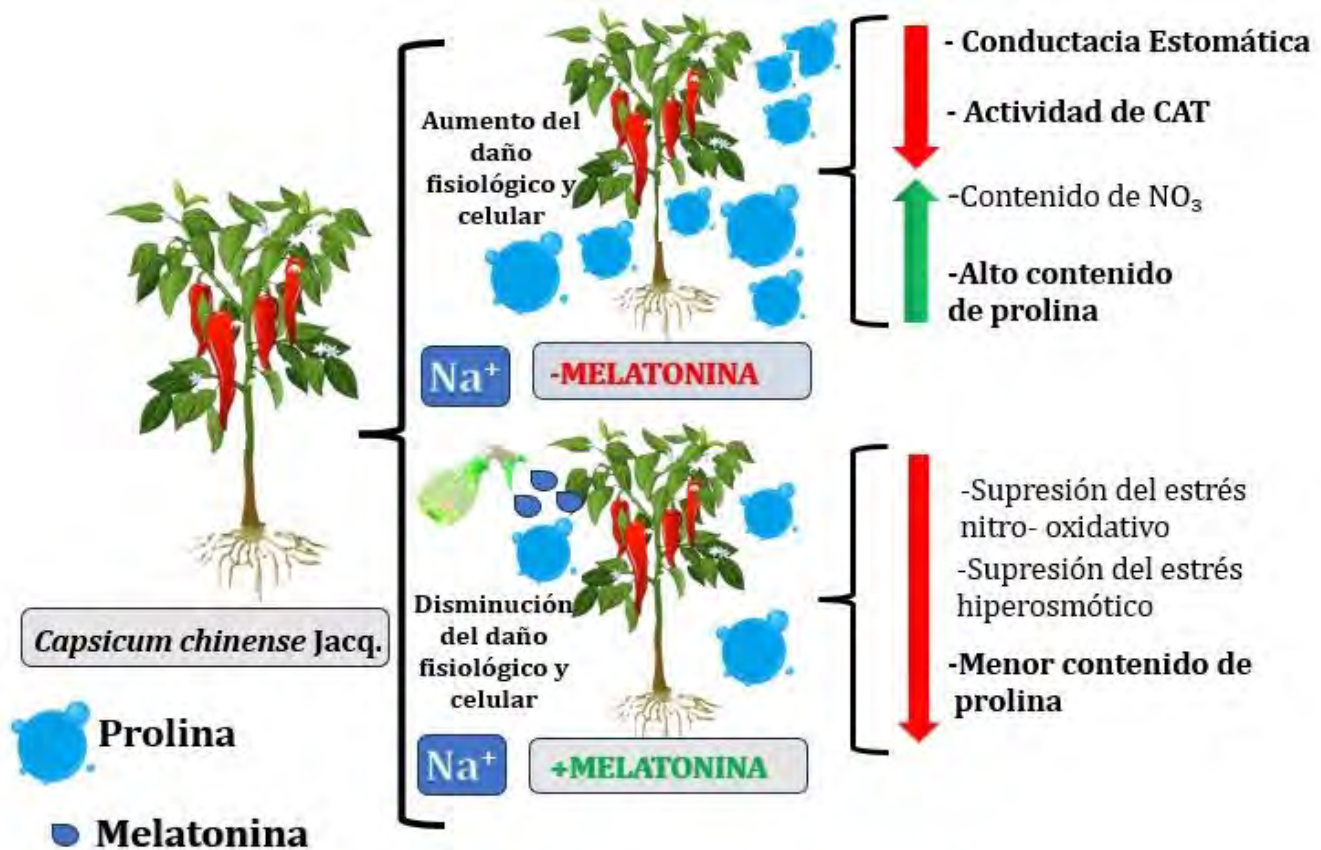


Figura 2. Relación de la melatonina en la biosíntesis de prolina en plantas de la especie *Capsicum chinense* Jacq. (Solanaceae). (Diseño imagen: Dayron Otero Rodríguez).

cultura, ya que las sales pueden afectar la disponibilidad de agua para las plantas y causar toxicidad iónica. Sin embargo, la selección y desarrollo de plantas más tolerantes a suelos salinos pueden ayudar a mitigar estos efectos. Dado que la seguridad alimentaria depende en gran medida de la capacidad de producir cultivos de manera eficiente, la presencia de suelos salinos puede amenazar la disponibilidad de alimentos. Plantas más tolerantes a la salinidad pueden ayudar a garantizar un suministro constante de alimentos. En un contexto de cambio climático, donde se espera un aumento en la frecuencia e intensidad de eventos medioambientales extremos, incluidas sequías y aumento de la salinidad del suelo, las plantas tolerantes a la sal pueden desempeñar un papel relevante en la adaptación de la agricultura a estas condiciones cambiantes.

En nuestros primeros avances de investigación donde nos encontramos adaptando a condiciones de

estrés salino al chile habanero como nuestra planta en estudio, ya hemos podido arrojar algunos datos generales sobre el comportamiento de los contenidos de prolina en esta especie bajo condiciones de estrés salino (150 mM de NaCl), y además hemos observado una tendencia a disminuir dichos contenidos tras la aplicación de las diferentes concentraciones de melatonina con la que nos encontramos trabajando (25 μ M, 50 μ M y 100 μ M). Esto nos reafirma que la melatonina tiene una participación crucial en plantas que se encuentran sometidas a este tipo de estrés como se ha reportado en estudios anteriores. (Figura 2).

Referencias

Blask D.E., Dauchy R.T., Sauer L.A. y Krause J. A. 2004. Melatonin uptake and growth prevention in rat hepatoma 7288CTC in response

to dietary melatonin: melatonin receptor-mediated inhibition of tumor linoleic acid metabolism to the growth signaling molecule 13-hydroxyoctadecadienoic acid and the potential role of phytemelatonin. *Carcinogenesis* 25(6): 951-960. [doi:10.1093/carcin/bgh090](https://doi.org/10.1093/carcin/bgh090)

Lerner A.B., Case J.D., Takahashi Y., Lee TH. y Mori W. 1958. Isolation of melatonin, the pineal gland factor that lightens melanocyteS1. *Journal of the American Chemical Society* 80(10): 2587-2587. [doi:10.1021/ja01543a060](https://doi.org/10.1021/ja01543a060)

Menichini F., Tundis R., Bonesi M., Loizzo M.R., Conforti F., Statti G., ... y Menichini F. 2009. The influence of fruit ripening on the phytochemical content and biological activity of *Capsicum chinense* Jacq. cv Habanero. *Food Chemistry* 114(2): 553-560. [doi:10.1016/j.foodchem.2008.09.086](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.086)

Muñoz-Ramírez L.S., Peña-Yam L.P., Álvarez-Gil M.A., Iglesias-Andreu L.G., Avilés-Viñas

S.A., Canto-Flick A., ... y Santana-Buzzy N. 2020. Selection of habanero pepper fl hybrids (*Capsicum chinense* Jacq.) at the Yucatan peninsula, Mexico with a high potential for different markets. *Agriculture* 10(10): 478. [doi:10.3390/agriculture10100478](https://doi.org/10.3390/agriculture10100478)

Murch S.J. y Saxena P.K. 2002. Melatonin: a potential regulator of plant growth and development? *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant* 38: 531-536. [doi:10.1079/ivp2002333](https://doi.org/10.1079/ivp2002333)

Reiter R.J., Tan D.X. y Galano A. 2014. Melatonin: Exceeding Expectations *Physiology* 29(5): 325-333. [doi:10.1152/physiol.00011.2014](https://doi.org/10.1152/physiol.00011.2014)

Wu Y., Liang D., Wang Y., Bai M., Tang W., Bao S., ... y Li J. 2013. Correction of a genetic disease in mouse via use of CRISPR-Cas9. *Cell stem cell* 13(6): 659-662. [doi:10.1016/j.stem.2013.10.016](https://doi.org/10.1016/j.stem.2013.10.016)

Desde el Herbario CICY, 16: 131-134 (27-junio-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. 110, www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx. Editores responsables: Rodrigo Duno de Stefano, Patricia Rivera Pérez y Lilia Lorena Can Itzá. 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: 27 de junio 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.