

Dulce K. Becerra-Paniagua, Araceli Hernández Granados y Horacio Martínez

Dulce Becerra es Ingeniera Química del Instituto Tecnológico Nacional Campus Tuxtla Gutiérrez (ITTG) y maestra en Materiales y Sistemas Energéticos Renovables del Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables (IIER-UNICACH) en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Doctora en Ingeniería en Energía del Instituto de Energías Renovables de la Universidad Nacional Autónoma de México (IER-UNAM).

Araceli Hernández estudió Ingeniería Industrial en la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería (FCQeI), maestría y doctorado en Ingeniería y Ciencias Aplicadas en el Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CHICAp) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM). Actualmente se encuentra haciendo su posdoctorado en el Instituto de Ciencias Físicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (ICF-UNAM).

Horacio Martínez Valencia estudió la licenciatura, maestría y doctorado en Física en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Actualmente, es Investigador Titular "C", perteneciente al Grupo (FAMO) del Instituto de Ciencias Físicas de la UNAM. Y es actualmente miembro activo de la Academia de Ciencias de Morelos.

Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.

Día de Muertos

El Día de Muertos es una de las celebraciones más importantes en México, que se conmemora cada 1 y 2 de noviembre. Su origen es una mezcla de la tradición católica impuesta por los españoles y la celebración del día muertos que las culturas prehispánicas realizaban. El 1 de noviembre está dedicado a los difuntos pequeños, sobre todo a niños y niñas, mientras que el 2 de noviembre se recuerda a los difuntos adultos. En estos días dice la leyenda que el alma de los difuntos regresa al mundo de los vivos. El principal objetivo de esta festividad es recordar y honrar a los seres queridos difuntos.

La forma tradicional en que las familias celebran estos días consiste en colocar ofrendas o altares en sus hogares, con la foto de sus seres queridos ya fallecidos junto con sus bebidas y alimentos favoritos. Además, de decorar los cementerios con adornos, ofrendas y flores sobre las lápidas de sus difuntos.

Los altares varían dependiendo la región; sin embargo, algunos elementos son generales. Para simbolizar los cuatro elementos de la naturaleza, tierra, agua, aire y fuego, algunos altares incluyen cenizas, que generalmente representa la tierra, un vaso con agua, que ayuda a las almas a satisfacer su sed después de un largo viaje, el papel colorido de seda picado como adorno que simboliza el aire y las velas que representan el fuego, que sirve de guía para que las almas difuntas regresen al mundo de los vivos. Para complementar las ofrendas se coloca pan de muerto, que tiene una simbología muy particular: es de forma circular que representa el ciclo de la vida y la muerte, el centro simboliza el cráneo o el corazón, los cuatro listones de masa cubiertos de azúcar simbolizan los huesos o lágrimas derramadas

por el difunto. También se colocan calaveritas de dulce o chocolate, calabaza en dulce, platillos y bebidas favoritos del difunto. Quemar copal o incienso para aromatizar el lugar y colocar flores, son otros elementos que unifican la fiesta, pues son comunes en todos los altares.

En este artículo hablaremos sobre la historia, la química y algunas propiedades de una de las flores que año con año adornan nuestros altares y representa nuestras tradiciones mexicanas, la *flor de cempasúchil*.

Cuenta la leyenda...

Xóchitl y Huitzilil eran dos jóvenes enamorados que se conocieron desde su nacimiento, compartieron la infancia, crecieron juntos y su amistad se convirtió en un lindo y dulce amor adolescente. Una tarde subieron a la montaña dedicada a Tonatiuh, el Dios azteca del Sol, para pedir que les diera su bendición y cuidado para proteger su amor. Al poco tiempo se casaron y vivieron felices, pero no para siempre.

Un día Huitzilil tuvo que separarse de su amada y partir a la guerra para defender a su pueblo azteca. Xóchitl se quedó sola, con la esperanza que su amado regresaría en pocos días. Después de un tiempo, un soldado tocó a su puerta con la noticia que Huitzilil había fallecido en el campo de batalla. Fue tanto la desesperación y dolor de Xóchitl, que le pidió al Dios del Sol unirla con su amado en la eternidad. Tonatiuh al sentirla tan afligida, cumplió su petición y dejó caer un rayo dorado sobre ella, transformándola en una hermosa flor de color amarillo intenso.

Uno de esos días inesperados, un colibrí atraído por el aroma inconfundible de esta hermosa flor se posó sobre sus hojas. Rápidamente, la flor abrió sus veinte pétalos y dejó ver su hermoso color radiante, liberan-

La flor de cempasúchil

do un aroma intenso; era la flor de cempasúchil que había reconocido a su amado convertido en un colibrí y así poder visitarla. La leyenda concluye en que mientras existan los colibríes en los campos y la flor de cempasúchil el amor de Xóchitl y Huitzilil vivirá.

En la tradición de Día de Muertos, se cree que el aroma de esta flor guía a las almas difuntas en su camino a las ofrendas que les preparan sus seres queridos en el mundo de los vivos. Y así, crear un puente para reencontrarnos con nuestros seres queridos difuntos, tal como lo hicieron Xóchitl y Huitzilil.

Curiosidades sobre la flor de cempasúchil

La flor de cempasúchil es originaria de México, según la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). Su nombre científico es *Tagetes erecta L.* y en náhuatl proviene de la palabra *cempohualxochitl*, término formado por las palabras *cempohualli*, que se significa "veinte" y por "xochitl", que significa "flor" lo que se traduce en "flor de veinte pétalos". En realidad, no es una sola flor, son muchas flores agrupadas en cabezuelas.

Se conocen 58 especies de cempasúchil en el continente americano de las cuales México cuenta con 38 de ellas. En estado silvestre, esta flor se encuentra en los estados de Guerrero, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Oaxaca y Puebla. A nivel mundial los principales productores son China, la India y Perú.

Color y olor de la flor de cempasúchil

Los pétalos de estas flores son ricos en pigmentos naturales que van del amarillo al rojo, denominados carotenoides. Aproximadamente 600 carotenoides se pueden encontrar en diversas especies de plantas, así como en especies selectas de algas y hongos. En animales y plantas, los carotenoides sirven como pigmentos, responsables de los colores amarillo, naranja y rojo presentes en la naturaleza. Las frutas y verduras proporcionan la mayoría de los 40 a 50 carotenoides que se encuentran en la dieta humana.

La estructura química de los carotenoides está formada por 40 átomos de carbono, conformado por unidades de isopreno, hidrocarburo de 5 átomos de carbono con fórmula C_5H_8 . Los carotenoides fueron caracterizados químicamente por primera vez por el profesor Richard Willstätter en 1907. Los clasificó en dos principales grupos: los carotenos, que son carotenoides hidrocarbonados compuestos de agua y carbono, como el alfa-caroteno, beta-caroteno y el licopeno (fórmula química $C_{40}H_{56}O_2$); y las xantofilas compuesta de oxígeno además de hidrógeno y carbono (fórmula química $C_{40}H_{56}O_2$).

El alfa-caroteno y el beta-caroteno se encuentran en las verduras de hoja verde y en las frutas y verduras naranjas y amarillas (por ejemplo, zanahorias, col rizada, calabaza, papaya, durazno, chabacano); el licopeno se encuentra principalmente en los tomates. La luteína, es una xantofila presente en los pétalos de cempasúchil, la cual posee un amplio poder antioxidante, como

se verá más adelante. La luteína también se encuentra en las verduras de hoja verde (por ejemplo, espinacas, col rizada, apio y perejil), así como en la yema de huevo; en frutas principalmente de color amarillas y naranjas, entre ellas se puede mencionar la naranja, la mandarina, el chabacano, la papaya o el durazno.

Por otra parte, el aceite esencial extraído de la planta de cempasúchil es rico en monoterpeno, compuesto químico orgánico formado por diez átomos de carbono (fórmula química $C_{10}H_{16}$), es decir, solo dos unidades de isopreno. Algunos monoterpenos presentes y responsables del olor en esta flor son: geraniol, limoneno, mentol, ocimeno, beta-felandreno. El geraniol es también un componente de los aceites esenciales de las rosas y citronelas; el limoneno se encuentra en los aceites de la cáscara de los limones; el mentol se encuentra en los aceites de especias de menta.

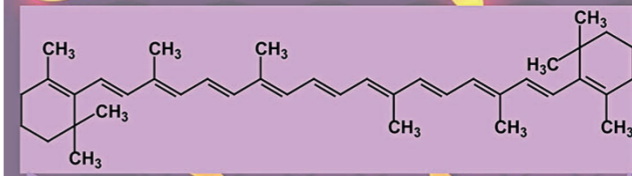
Los carotenoides y su impacto en la salud humana

Existen numerosos estudios que han investigado el papel de los carotenoides en la salud humana a partir del siglo XIX, debido a sus funciones antioxidantes e inflamatorias. Para entender el papel de los carotenoides en el manejo de enfermedades es necesario conocer algunos conceptos. Un radical libre se define como una molécula que contiene un electrón libre en un orbital atómico. Muchos radicales son inestables y altamente reactivos. Los radicales libres más importantes contienen oxígeno y se les denomina especies reactivas de oxígeno (ROS), y, bajo ciertas condiciones, el oxígeno tiene efectos nocivos en el cuerpo humano.

Los ROS son altamente reactivos y producen daños oxidativos, son capaces de ocasionar daño celular de moléculas relevantes como el ácido desoxirribonucleico (ADN), las proteínas, los carbohidratos y los lípidos. Los radicales libres y otras ROS se derivan de procesos metabólicos esenciales en el cuerpo humano (respirar, digestión de alimentos) o de fuentes externas como la exposición a los rayos UV, el tabaquismo, los contaminantes del aire y los productos químicos industriales. Si existe un desequilibrio entre la producción y acumulación de ROS en células y tejidos y la capacidad de las células para eliminarlos da lugar a un fenómeno conocido como estrés oxidativo. El estrés oxidativo se ha asociado a muchas enfermedades, incluidas la aterosclerosis, enfermedades inflamatorias, ciertos tipos de cáncer, proceso de envejecimiento, trastorno neurológico (enfermedad de Alzheimer, enfermedad de Parkinson), enfermedades relacionadas con el tabaquismo, alcoholismo y muchas otras.

Los antioxidantes son moléculas altamente estables como para donar un electrón a un radical libre y neutralizarlo, reduciendo así su capacidad de daño. Estos antioxidantes retrasan o inhiben el daño celular principalmente a través de muchos mecanismos, entre ellos, la capacidad de eliminar radicales libres. Algunos antioxidantes se producen durante el metabolismo esencial en el cuer-

Componentes de la flor de Cempasúchil



El aceite esencial extraído de la planta es rico en monoterpenos, compuesto químico orgánico formado por diez átomos de carbono y solo dos unidades de isopreno.

Los pétalos son ricos en pigmentos naturales que van del amarillo al rojo denominados carotenoides.

La estructura química de los carotenoides está formada por 40 átomos de carbono, compuesta por unidades de isopreno.

FIGURA 2: QUÍMICA de la flor de Cempasúchil. "Cempasúchil y día de muertos: Flaticon.com & Freepik.com". Las imágenes usadas se han diseñado con recursos de Flaticon.com y Freepik.com.

po, entre estos se encuentran: el glutatión, el ubiquinol y el ácido úrico, este último, se produce en el hígado, riñones, intestinos y músculos. Otros antioxidantes se encuentran en la dieta, en micronutrientes (vitaminas), como son la vitamina E (presente en aceites vegetales, frutos secos, hortalizas de hojas verde, cereales), la vitamina C (presente en naranja, toronja, kiwi, fresas, melón, brócoli, tomates) y el beta-caroteno, un miembro de la familia de los carotenoides. El cuerpo no puede fabricar estos micronutrientes, por lo que deben suministrarse en la dieta.

Los carotenoides dentro del suero sanguíneo tienden a concentrarse en tejidos específicos en el cuerpo. Por ejemplo, el licopeno se concentra en la próstata, la luteína y la zeaxantina se agrupan en la retina neural y la neocortiza cerebral. Parece haber un acuerdo general en medicina de que, en esos sitios, los carotenoides pueden retrasar el desarrollo de la enfermedad en función de la reducción del estrés oxidativo/inflamatorio; los mecanismos de acción de los carotenoides como antioxidantes pueden generar otros productos en la reacción.

Las acciones biológicas de los carotenoides pueden afectar a un organismo determinado de manera diferente según la fase de desarrollo. Por ejemplo, las aves de corral, en particular, gallinas y pollos, pueden tener en su ingesta alimentos ricos en carotenoides, por lo que las yemas de huevo son amarillas debido a que acumulan carotenoides (principalmente luteína), que influyen en el desarrollo prenatal del pollito. Suplementos de luteína en humanos recién nacidos prematuros ha demostrado que mejora significativamente la capacidad de los bastones de la retina para iniciar una señal visual.

Aunque muchos de los efectos sobre la salud de los carotenoides parecen estar relacionados con sus funciones antioxidantes e inflamatorias, los carotenoides tienen otras funciones que también son importantes. Por ejemplo, dado que los carotenoides absorben la luz, también pueden influir en las funciones adecuadas del ojo humano. Cuando el organismo ingiere alimentos ricos en carotenoides convierte estos compuestos en vitamina A, también conocida como retinol, ya que produce los pigmentos en la retina del ojo. Por ejemplo, la luteína y la zeaxantina (tipos de carotenoides) se concentran en las capas internas de la región macular del ojo (pequeña región ubicada en el centro de la retina), el cual se le conoce como pigmento macular. Este absorbe selectivamente un tercio del espectro visible (entre 400–500 nm, absorbancia máxima a 460 nm). Al formar un filtro amarillo interno, se reducen la discapacidad y el malestar del deslumbramiento por la energía luminosa.

Conocimiento de la naturaleza

Así, la flor de cempasúchil no solo es producto de una hermosa leyenda que enriquece y adorna nuestra tradición de día de muertos en esa época del año; además, es estudiada científicamente para entender a la naturaleza, aumentar nuestro conocimiento de la maravillosa biodiversidad del planeta y porque tiene propiedades antioxidantes que pueden tal vez prevenir enfermedades degenerativas. ¿A que no sabías esto?

Agradecimientos.

Al Instituto de Energías Renovables (IER-UNAM). Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca postdoctoral otorgada a AHG

Referencias

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, (2020). *El día de muertos y la leyenda de la flor de cempasúchil*. <http://www.gob.mx/siap/articulos/el-dia-de-muertos-y-la-leyenda-de-la-flor-de-cempasuchil?idiom=es>
- The New York Times, (2021). *Así es el Día de Muertos en México*. <https://www.nytimes.com/es/article/mexico-dia-de-muertos.html>
- Cuestión de química (2020). *La química del Cempasúchil: Entre más allá y el micro-mundo*. *Cuestión de Química*. <https://cuestiondequimica.com/tag/cempasuchil/>
- Hammond, B. R., & Renzi, L. M. (2013). Carotenoids1. *Advances in Nutrition*, 4(4), 474–476. <https://doi.org/10.3945/an.113.004028>
- Shardell, M. D., Alley, D. E., Hicks, G. E., El-Kamary, S. S., Miller, R. R., Semba, R. D., & Ferrucci, L. (2011). Low serum carotenoid concentrations and carotenoid interactions predict mortality in US adults: *The Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III)*. *Nutrition Research (New York, N.Y.)*, 31(3), 178–189. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2011.03.003>
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). *Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health*. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 118. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.70902>
- Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M., Pallio, G., Mannino, F., Arcoraci, V., Squadrito, F., Altavilla, D., & Bitto, A. (2017). *Oxidative Stress: Harms and Benefits for Human Health*. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2017/8416763>



FIGURA 1: CURIOSIDADES sobre la flor de Cempasúchil. "Cempasúchil: Freepik.com". El fondo de esta imagen se ha sido diseñado usando imágenes de Freepik.com.

ESTA PUBLICACIÓN FUE REVISADA POR EL COMITÉ EDITORIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS

Para actividades recientes de la academia y artículos anteriores puede consultar: www.acmor.org.mx
¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: editorial@acmor.org.mx