

No todo el aluminio es como lo pintan

Las hortensias, pertenecientes a la familia Hydrangeaceae, representan un excelente modelo para el estudio de los cambios de color en las inflorescencias, ya sean producidos por cambios en la acidez del suelo o por su tolerancia al aluminio. Cuando las inflorescencias de esta planta son rojas, éstas pueden cambiar a azules si son transferidas a tierras más ácidas o cuando se cultivan en superficies tratadas con sales de aluminio; este efecto puede revertirse si se cambian a suelos menos ácidos o si se les deja de suministrar aluminio.

Palabras clave:
Acidez, basicidad,
floricultura,
Hydrangeaceae,
Hydrangea macrophylla,
pigmentos

LIZBETH A. CASTRO-CONCHA, LUIS J. ESTRELLA-MASSA Y
S.M. TERESA HERNÁNDEZ-SOTOMAYOR

Unidad de Bioquímica y Biología Molecular de Plantas, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Calle 43 No. 130 x 32 y 34, Colonia Chuburná de Hidalgo, 97205, Mérida, Yucatán, México.
liarcaco@cicy.mx

La floricultura comercial es una de las industrias en donde las variedades vegetales albergan rasgos específicos y característicos como el color que pueden ser de suma importancia en esta industria. Los pigmentos responsables del color han sido ampliamente investigados por químicos y biólogos. Así mismo, se ha estudiado la funcionalidad de algunos pigmentos florales y su relación con la fisiología vegetal y la ecología. De estos estudios, se determinó que varios factores celulares, entre los que se encuentran el pH vacuolar, los iones metálicos y la luz, influyen en la pigmentación de las flores. Por otra parte, el color de la flor de una especie vegetal es específico y tomando en cuenta que la reproducción de flores ornamentales exitosas, ha sido fijada desde las especies silvestres estrechamente relacionadas con el color deseado, la creación de flores con colores determinados mediante la propagación convencional es difícil (Zhao y Tao 2015, Noda 2018).

El azul es uno de los colores favoritos de muchos humanos, pero este color se observa con muy poca frecuencia en las flores. Las especies silvestres con colores florales azulados como el violeta y azul representan solamente alrededor del 15%–20% de todos los colores florales y los pigmentos responsables de los mismos son las antocianinas. Estos pigmentos son glucósidos de las antocianidinas, derivados flavonoides producidos a través de la vía de los fenilpropanoides y están presentes en todos los tejidos de plantas superiores, incluyendo hojas, tallos, raíces, flores y frutos. Las seis antocianinas predominantes que se encuentran en las plantas son la cianidina, la delfinidina, la pelargonidina, la peonidina, la petunidina y la malvidina (Figura 1). Por otro lado, el color de algunos

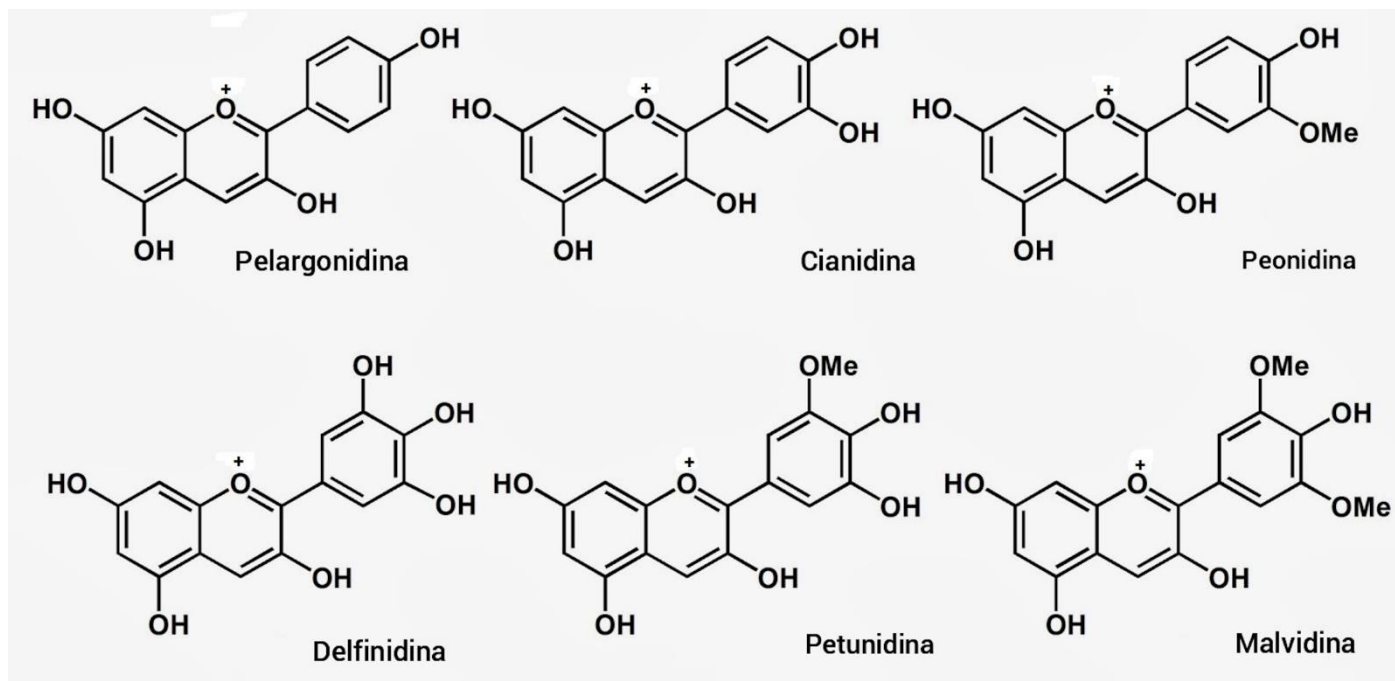


Figura 1. Principales antocianinas en la naturaleza. (Adaptado de: <https://lanocheenvino.com/wp-content/uploads/2016/06/antocianos2.jpg>).

órganos, como los pétalos de las flores, puede cambiar durante el desarrollo a través de la síntesis de una mayor o menor cantidad de antocianinas, y de una acidificación en la vacuola, mientras que una variación en la concentración de antocianinas y las diferencias en el pH vacuolar cambian el tono. La función principal de las antocianinas contenidas en flores o en epidermis de frutas, es atraer animales e insectos polinizadores, para dispersar fácilmente las semillas o facilitar el esparcimiento del polen. Sin embargo, existe evidencia que sugiere que la síntesis de antocianinas es inducida bajo condiciones adversas durante el estrés biótico y abiótico, ya que al igual que otros polifenoles, poseen la capacidad de actuar como limpiadores de radicales libres producidos durante el estrés (Mattioli *et al.* 2020).

El aluminio es uno de los elementos metálicos más abundantes en la corteza terrestre. Es liberado al medio por procesos naturales y por acciones antropogénicas. La mayor parte de la ingesta humana de aluminio proviene de la alimentación: por el contenido natural del metal en los alimentos, en el agua para cocinar y beber, y por el uso de alimentos elaborados que contienen aluminio como sustancias conservadoras, leudantes y colorantes; en humanos los efectos tóxicos del aluminio se han asociado a dos patologías: la demencia por diálisis, que es un

trastorno neurológico que se produce en algunos pacientes sometidos a este tratamiento, y la enfermedad de Alzheimer (Álvarez *et al.* 2013). La mayoría del aluminio está presente en la forma de aluminosilicatos, sin embargo, en los suelos mineros se producen pequeñas cantidades de la forma soluble que puede afectar a los organismos vivos. En terrenos alcalinos, el aluminio se une a partículas de arcilla, pero a medida que aumenta la acidez del suelo, el aluminio se libera, y puede hacer que la concentración de las especies de aluminio solubles alcance niveles tóxicos para los organismos ya que puede ser tomado por las raíces de las plantas y ser transportado a los tejidos florales, donde se almacena en las vacuolas de las células. La toxicidad del aluminio es un factor limitante e importante en la producción y rendimiento de los cultivos en muchos suelos ácidos en todo el mundo, y la inhibición del crecimiento radicular es el principal síntoma de esta toxicidad (Muñoz-Sánchez *et al.* 2013).

Las hortensias, cuyo nombre científico es *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser., es una planta de ornato perteneciente a la familia Hydrangeaceae Dumort, que comprende alrededor de 100 especies que se distribuyen en Asia, América del Norte, Centro y Sur América, usualmente en zonas templadas o en las montañas en los trópicos. La especie *H. macro-*



Figura 2. *Hydrangea macrophylla*. **A.** Hortensias cultivadas a pH básico (menos disponibilidad de aluminio). (Tomado de: www.cinco-pininos.cl/producto/hortensia-roja-hydrangea-macrophylla). **B.** Hortensias cultivadas a un pH ácido (más disponibilidad de aluminio). (Tomado de: <https://www.bhg.com/gardening/trees-shrubs-vines/shrubs/how-to-get-blue-hydrangeas/>).

phylla la más conocida y cultivada en gran parte del mundo (Codarin *et al.* 2006). Las características atractivas de la hortensia son debidas a los cambios en color de sus inflorescencias, que responden a la influencia del ambiente; en este caso en particular, a la acidez o basicidad del suelo, resultando inflorescencias de colores tales como: blanco, violeta, rosado, azul o rojo (Kesumawati *et al.* 2006). Esta variedad de colores de sépalos, dependen del pH del suelo, tienen sépalos rojos cuando son cultivados en superficies con pH básico o neutro (Figura 2A) y azules en tierras ácidas (Figura 2B), presentando colores púrpuras, malvas, lavandas y violetas, a un pH intermedio del suelo.

El complejo pigmentario encontrado en los sépalos de estas flores pertenece al grupo de las antocianinas; y el aluminio puede ser tomado por sus raíces en condiciones ácidas, pero no en condiciones básicas o neutras, haciendo que este complejo pigmentario se establezca y permita que las flores presenten sépalos azules. Sin aluminio, el color predeterminado

de la antocianina de la hortensia sería rojo (Schreiber *et al.* 2011). El aluminio es tóxico para la mayoría de las plantas, las cuales, protegen sus enzimas excluyendo la absorción del aluminio en sus raíces. Las hortensias son capaces de acumularlo en sus flores y hojas. Aparentemente, las hortensias pueden desintoxicarse de este elemento uniéndolo al ácido cítrico, para formar citrato de aluminio (Schreiber *et al.* 2011). De hecho, las hortensias no sólo toleran, sino que en realidad pueden requerir aluminio para estimular la absorción de nutrientes y el crecimiento de la planta (Osaki *et al.* 1997). La acumulación del aluminio también puede ayudar a proteger a las hortensias de los depredadores, incluidos los insectos (Gotoh y Gomi 2000), las aves y el ganado (Chalker-Scott 2018).

Algunos métodos de cultivo que no utilizan tierra como sustrato, normalmente no contienen aluminio, pero se puede añadir a las mezclas de macetas para promover el azulado de las hortensias. Por otro lado, también puede representar un riesgo para las perso-

nas, plantas y mascotas en un jardín casero, por esta razón, los jardineros deben evitar añadir aluminio a los jardines donde se cultiven estas flores. En general se considera que el aluminio es un elemento tóxico para las plantas, pero eso no es del todo cierto, ya que su efecto puede ser benéfico para algunas, brindándoles no solo protección, sino también la capacidad de modificar los colores de sus flores.

En conclusión, las investigaciones enfocadas en el uso del aluminio para la obtención y selección de cultivares que alberguen rasgos específicos y variables, son de relevancia para una industria en la que el color del producto es de suma importancia y la cual es impulsada fuertemente por la innovación. Además, es importante realizar investigación sobre el contenido de aluminio en las flores, ya que, como consumidores, las llevamos a casa o a nuestros jardines. Finalmente, mientras estas investigaciones se realizan y se continúa generando conocimiento, para entender mejor cómo el aluminio modifica las vías de producción de estos pigmentos azulados, disfrutemos de los colores de las hortensias para alegrar nuestro día, ya que no toda la información sobre el aluminio es como la pintan.

Referencias

Álvarez C., Acevedo R. y Severiche C. 2013. Evaluación analítica para la determinación de aluminio, bario y cromo en aguas, por espectroscopía de absorción atómica con llama óxido nitroso-acetileno. *Ingenium* 7: 19–24.

Codarin S., Galopin G. y Chasseriaux G. 2006. Effect of air humidity on the growth and morphology of *Hydrangea macrophylla* L. *Scientia Horticulturae* 108: 303–309.

Chalker-Scott L. 2018. How are *Hydrangea* flower

colors determined? *Washington State University Extension* FS309E: 1–5.

Gotoh T. y Gomi K. 2000. Population dynamics of *Tetranychus kanzawai* (Acari: Tetranychidae) on *Hydrangea*. *Experimental and Applied Acarology* 24: 337–350.

Kesumawati E., Kimata T., Uemachi T., Hosokawa M. y Yazawa S. 2006. Correlation of phytoplasma concentration in *Hydrangea macrophylla* with green-flowering stability. *Scientia Horticulturae* 108:74–78.

Mattioli R., Francioso A., Mosca L. y Silva P. 2020. Anthocyanins: a comprehensive review of their chemical properties and health effects on cardiovascular and neurodegenerative diseases. *Molecules* 25: 3809.

Muñoz-Sánchez J.A., Chan-May A., Cab-Guillén Y. y Hernández-Sotomayor S.M.T. 2013. Effect of salicylic acid on the attenuation of aluminum toxicity in *Coffea arabica* L. suspension cells: a possible protein phosphorylation signaling pathway. *Journal of Inorganic Biochemistry* 128: 188–195.

Noda N. 2018. Recent advances in the research and development of blue flowers. *Breeding Science* 68: 79–87.

Osaki M., Watanabe T. y Tadano T. 1997. Beneficial effect of aluminum on growth of plants adapted to low pH soils. *Soil Science and Plant Nutrition* 43: 551–563.

Schreiber H.D., Jones A.H., Lariviere C.M., Mayhew K.M. y Cain J.B. 2011. Role of aluminum in red-to-blue color changes in *Hydrangea macrophylla* sepals. *Biometals* 24: 1005–1015.

Zhao D. y Tao J. 2015. Recent advances on the development and regulation of flower color in ornamental plants. *Frontiers in Plant Science* 6: 261.

Desde el Herbario CICY, 13: 185–188 (23-septiembre-2021), 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 Fernández-Concha 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: 23 de septiembre de 2021. 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.