

Más allá de los colores del amaranto

El amaranto tiene una amplia gama de colores atrayentes, desde amarillos, violetas hasta rojos intensos. Esta heterogeneidad de tonalidades llamó la atención de civilizaciones que se desarrollaron en todas las latitudes del continente americano, como es el caso del imperio azteca que integró este cultivo a su cosmovisión ceremonial para ofrendas a diferentes deidades, dejando una herencia prehispánica cautivadora de su historia. Más allá de los colores, el presente trabajo tiene como objetivo abordar las propiedades nutricionales y beneficios para la salud humana de la diversidad de fitoquímicos que son responsables de los interesantes colores del amaranto.

Palabras clave:
Amaranthaceae,
***Amaranthus*, betalainas,**
metabolitos secundarios,
México, salud humana.

JESÚS ALFREDO ARAUJO-LEÓN¹, VÍCTOR AGUILAR-HERNÁNDEZ^{1,*},
IVONNE SÁNCHEZ-DEL PINO^{2,*}, SERGIO R. PERAZA-SÁNCHEZ³,
ROLFFY ORTIZ-ANDRADE⁴ Y LIGIA GUADALUPE BRITO-ARGÁEZ¹

¹Unidad de Bioquímica y Biología Molecular de Plantas, ²Unidad de Recursos Naturales, ³Unidad de Biotecnología, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., Calle 43 No. 130 × 32 y 34, Col. Chuburná de Hidalgo, 97205, Mérida, Yucatán, México.

⁴Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Calle 43 No. 613 × Calle 90, Col. Inalámbrica, 97069, Mérida, Yucatán, México.

victor.aguilar@cicy.mx; isanchez@cicy.mx

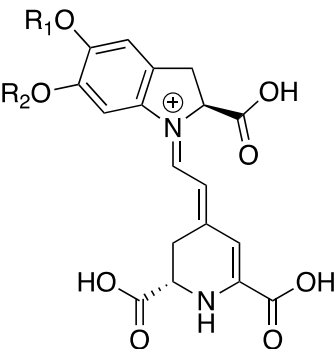
Actualmente, son considerados “súper alimentos” aquellos que tienen un beneficio para la salud humana, altos niveles de nutrientes y fitoquímicos bioactivos (Bhuyan *et al.* 2019). El amaranto se integra en esta categoría por: a) su composición nutricional, en específico la fracción proteica y el aminograma (composición de aminoácidos) y b) además de su amplia diversidad de fitoquímicos bioactivos con actividad antioxidante y principalmente antiinflamatoria (Joshi *et al.* 2018, Tang y Tsao 2017).

Los fitoquímicos del amaranto que poseen un impacto sobre la salud humana se atribuyen a compuestos procedentes de los ácidos benzoicos, ácidos cinámicos, flavonoides, compuestos polifenólicos y betalainas. Colectivamente este grupo de metabolitos posee un esqueleto estructural asociado con las actividades farmacológicas antioxidante y antiinflamatoria. La reducción del proceso inflamatorio se ha asociado con la doble acción de inhibición de proteínas promotoras del proceso inflamatorio y el aumento de proteínas bloqueadoras de la inflamación (Tang y Tsao 2017). Esta evidencia sugiere que el amaranto y sus fitoquímicos podrían ser auxiliares en la prevención del síndrome metabólico que está ligado a la disminución de la sensibilidad a la insulina y es dependiente del proceso inflamatorio.

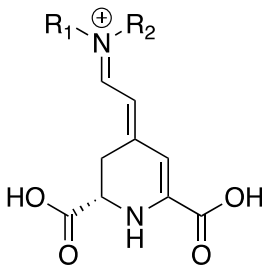
Del grupo de fitoquímicos presentes en el amaranto, sobresalen las betalainas que son responsables de los colores de las espigas y flores, que, a diferencia de los carotenoides, las clorofilas y las antocianinas que son pigmentos omnipresentes en el reino vegetal, estas son exclusivas del orden Caryophyllales y de algunos hongos (Musso 1979, Strack y Schliemann

2003). El nitrógeno estructural, la solubilidad en agua y la estabilidad en un amplio intervalo de pH son características distintivas de las betalainas en comparación con las antocianinas. Las betalainas a partir de su biosíntesis se dividen en: betacianinas (Cuadro 1) y betaxantinas (Cuadro 2) (Timoneda *et al.* 2019).

Cuadro 1. Ejemplos y esqueleto base de las betacianinas (Belhadj Slimen *et al.* 2017)

Betacianinas			
			
Nombre	R1	R2	Nombre científico, nombre común y en maya
Betanidin	H	H	<i>Beta vulgaris</i> L. (Betabel, mots)
Betanin	β-Glucosa	H	<i>Beta vulgaris</i> L. (Betabel, mots)
Amaranthin	Ácido 2'-O-(β-glucurónico)-β-glucosa	H	<i>Amaranthus tricolor</i> L. (Amaranto, x-tees)
Hylocerin	3-Metil-3-hidroxi-metil glutarilo	H	<i>Hylocereus polyrhizus</i> (F.A.C.Weber) Britton & Rose (Pitaya de Costa Rica)
Phyllocatin	6'-O-(Malonil)- β-glucosa	H	<i>Phyllocactus × hybridus</i> Hort.
Celosianin-I	Ácido 2'-O-[O-(p-coumaroil) β-glucurónico]-β-glucosa	H	<i>Celosia cristata</i> L. (Cabeza de gallo)
Gomphrenin-I	H	β-glucosa	<i>Gomphrena globosa</i> L. (Amor seco)
Iresinin-I	Ácido 2'-O-(β-glucurónico)-6'-O-(3-hidroxi-3-metilglutaril)-β-glucosa	H	<i>Iresine herbstii</i> Hook. (Purpurina)
Rivinianin	3'-O-(SO ₃ H)-β-Glucosa	H	<i>Rivina humilis</i> L. (Coral, k'uxub-kan)

Cuadro 2. Ejemplos y esqueleto base de las betaxantinas (Belhadj Slimen *et al.* 2017)

Betaxantinas			
			
Nombre	R1	R2	Especie vegetal aislada
Indicaxanthin	Prolina	Prolina	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill. (Nopal de castilla)
Portulacaxanthin-I	Hidroxiprolina	Hidroxiprolina	<i>Portulaca grandiflora</i> Hook. (Flor de un día)
Portulacaxanthin-II	H	Tirosina	<i>Portulaca grandiflora</i> Hook. (Flor de un día)
Portulacaxanthin-III	H	Glicina	<i>Portulaca grandiflora</i> Hook. (Flor de un día)
Vulgaxanthin-I	H	Glutamina	<i>Beta vulgaris</i> L. (Betabel, mots)
Vulgaxanthin-II	H	Ácido glutámico	<i>Beta vulgaris</i> L. (Betabel, mots)
Vulgaxanthin-III	H	Asparagina	<i>Beta vulgaris</i> L. (Betabel, mots)
Vulgaxanthin-IV	H	Leucina	<i>Beta vulgaris</i> L. (Betabel, mots)
Miraxanthin-I	H	Metionina	<i>Mirabilis jalapa</i> L. (Clavelina, ts'uts'uy xiiw)
Miraxanthin-II	H	Ácido aspártico	<i>Mirabilis jalapa</i> L. (Clavelina, ts'uts'uy xiiw)
Miraxanthin-III	H	Tiramina	<i>Mirabilis jalapa</i> L. (Clavelina, ts'uts'uy xiiw)
Humilixanthin	H	Hidroxinorvalina	<i>Rivina humilis</i> L. (Coral, k'uxub-kan)

Las betacianinas son responsables del color rojo-violeta, mientras que las betaxantinas del color amarillo. En Caryophyllales ambas betalainas pueden biosintetizarse, pero generalmente las betacianinas en mayor proporción (Slimen *et al.* 2017). Hasta la fecha, se han identificado 51 y 23 estructuras diferentes de betacianinas y betaxantinas, respectivamente, cuyos nombres comunes hacen referencia generalmente a la planta de donde se aislaron por primera vez (Martins *et al.* 2017). Por ejemplo, para el caso del amaranto, se ha reportado la amarantina (Figura

1), aislada de *Amaranthus tricolor* L. (Pavokovic y Krsnik-Rasol 2011).

Actualmente sabemos muy poco sobre los diversos colorantes, fitoquímicos y metabolitos en el amaranto. Los descubrimientos sobre sus propiedades farmacológicas están en desarrollo y serán la base y la relación con la denominación como “súper alimento”; la evidencia sugiere que al contener los fitoquímicos antes mencionados, pueden contrarrestar el estrés oxidativo al que nos enfrentamos día a día como la radiación solar, estrés atmosférico, con-

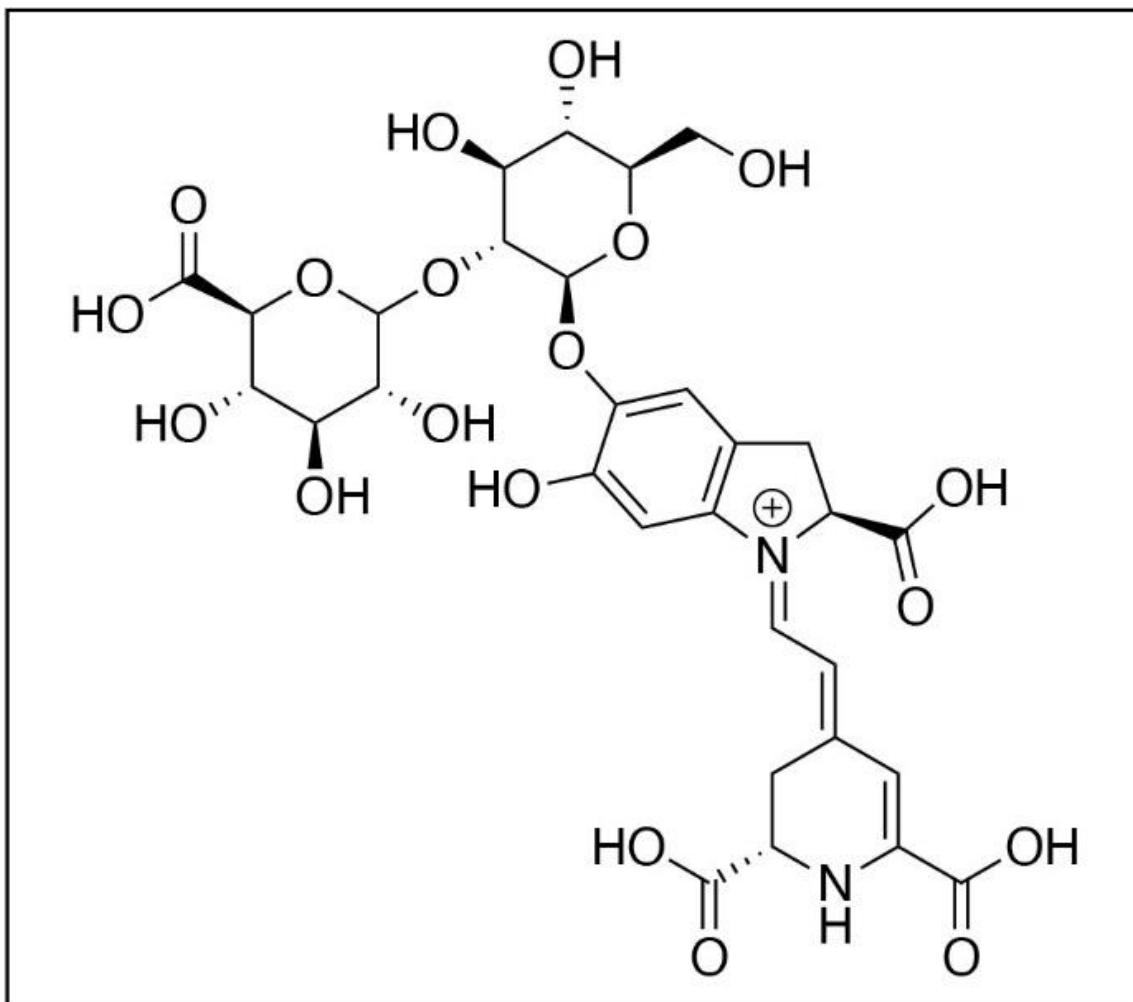


Figura 1. Estructura de la amarantina. (Tomada de la base de datos PubChem (PubChem CID: 6123095 y redibujada en ChemDraw).

taminación ambiental, la dieta pobre y la mala nutrición. Sin embargo, hasta ahora no se cuenta con un documento científico que respalde esta hipótesis. Es en este punto donde nuestro grupo de trabajo conformado por las unidades de Recursos Naturales, Bioquímica y Biotecnología del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY) se encuentra realizando una investigación multidisciplinaria para comprender la información biológica que se hereda de un ciclo de cultivo a otro (el genoma), y aquella que cambia por las condiciones de su cultivo y preparación del suelo (el transcriptoma, el proteoma y el metaboloma), principalmente en las especies *Amaranthus caudatus* L., *Amaranthus hypochondriacus* L. y *Amaranthus cruentus* L. (Figura 2), con este conocimiento se podrán plantear mejores es-

trategias para el desarrollo del cultivo del amaranto en el Sureste mexicano y con ello fortalecer la agroindustria de la región. Por ejemplo, Guatemala tiene una extensa tradición agrícola y comercial en donde hoy día es una realidad el uso sostenible e industrial del amaranto (Figura 2), brindando sustento económico a un vasto número de familias campesinas que han resguardado esta herencia prehispánica (PRO-INNOVA y MAGA 2021).

Actualmente, nuestro grupo de trabajo tiene la firme visión que promover el cultivo de amaranto en el sureste mexicano ayudará significativamente al desarrollo regional, a través del uso racional de las tierras para el cultivo y la transformación del amaranto en una variedad de productos, para generar una demanda en el sector agrícola con posibilidad de



Figura 2. Amarantho. **A.** Cultivo en exterior de individuos adultos de *Amaranthus caudatus* L., *A. hypochondriacus* L. y *A. cruentus* L. (Amaranthaceae). **B.** Agricultores campesinos de Guatemala cultivando amarantho. (Fotografías: Dra. Ivonne Sánchez-del Pino).

llegar a la agricultura familiar, muchas veces menos favorecida.

En conclusión, el amarantho posee una riqueza nutricional y una amplia gama de fitoquímicos que son promotores de la salud humana; las perspectivas en investigación son favorables para que en el mediano plazo sea una realidad la introducción del amarantho a la península de Yucatán y al sureste mexicano, generando una nueva capacidad productiva para el desarrollo económico de las familias campesinas y robusteciendo las raíces científicas y tecnológicas de la región para la comprensión multidisciplinaria del amarantho.

Referencias

- Belhadj-Slimen I., Najar T. y Abderrabba M. 2017.** Chemical and antioxidant properties of betalains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 65: 675–689. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04208>.
- Bhuyan D.J., Alsherbiny M.A., Perera S., Low M., Basu A., Devi O.A., Barooah M.S., Li C.G. y Papoutsis K. 2019.** The odyssey of bioactive compounds in avocado (*Persea americana*)

and their health benefits. *Antioxidants* 8: 426. <https://doi.org/10.3390/antiox8100426>.

- Joshi D.C., Sood S., Hosahatti R., Kant L., Pattanayak A., Kumar A., Yadav D. y Stetter M.G. 2018.** From zero to hero: the past, present and future of grain amaranth breeding. *Theoretical and Applied Genetics* 131: 1807–1823. <https://doi.org/10.1007/s00122-018-3138-y>.
- Martins N., Roriz C.L., Morales P., Barros L. y Ferreira I.C.F.R. 2017.** Coloring attributes of betalains: a key emphasis on stability and future applications. *Food and Function* 8: 1357–1372. <https://doi.org/10.1039/c7fo00144d>.
- Musso, H. 1979.** The pigments of fly agaric, *Amanita muscaria*. *Tetrahedron* 35: 2843–2853. [https://doi.org/10.1016/s0040-4020\(01\)99498-0](https://doi.org/10.1016/s0040-4020(01)99498-0)
- Pavokovic D. y Krsnik-Rasol M. 2011.** Complex biochemistry and biotechnological production of betalains. *Food Technology and Biotechnology* 49: 145–155.
- PRO-INNOVA y MAGA. 2021.** <https://www.proinnovaguatemala.org/> (consultado: 30 de enero de 2021).
- Slimen I.B., Najar T. y Abderrabba M. 2017.** Chemical and antioxidant properties of betalains.

Journal of Agricultural and Food Chemistry 65: 675-689. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04208>.
Strack D. y Schliemann W. 2003. Recent advances in betalain research. *Phytochemistry* 62: 247–269. [https://doi.org/10.1016/s0031-9422\(02\)00564-2](https://doi.org/10.1016/s0031-9422(02)00564-2).
Tang Y. y Tsao R. 2017. Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, antiinflammatory, and potential health beneficial

effects: a review. *Molecular Nutrition & Food Research* 61: 7. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600767>.
Timoneda A., Feng T., Sheehan H., Walker-Hale N., Pucker B., Lopez-Nieves S., Guo R. y Brockinton S. 2019. The evolution of betalain biosynthesis in Caryophyllales. *New Phytologist* 224: 71-85
<https://doi.org/10.1111/nph.15980>.

Desde el Herbario CICY, 14: 117–122 (09-junio-2022), 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, Diego Angulo 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: 09 de junio de 2022. 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.