Desde el Herbario CICY
13: 222–226 (18/noviembre/2021)
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/
ISSN: 2395-8790

La cadena de valor del achiote (*Bixa orellana*) detrás del avance científico y tecnológico

El achiote (*Bixa orellana* L.) produce alto contenido de bixina. Debido a sus cualidades pigmentantes, este colorante es muy usado en el procesamiento de alimentos, medicamentos y cosméticos. Además, es considerada una planta medicinal y efectiva en el tratamiento de enfermedades crónico-degenerativas. El estudio científico del achiote sigue siendo un reto pues aún no se conocen los genes responsables de la síntesis de bixina.

Los avances científicos son valiosos en la cadena de valor del pigmento y viceversa. La limitante más importante es la ausencia de variedades agronómicas certificadas, afectando la calidad, cantidad y precio de la semilla con base en el pigmento que produce.

Palabras clave:
Apocarotenoides, Bixaceae, bixina, carotenoides, mejoramiento genético, pigmentos.

RENATA RIVERA-MADRID

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

El achiote (*Bixa orellana* L., Bixaceae) es un arbusto perenne en cuyas semillas se acumula un alto contenido del pigmento apocarotenoide bixina, colorante utilizado por sus cualidades pigmentantes desde la época precolombina hasta la fecha (Figura 1). Así mismo, la bixina es económica y culturalmente importante, pues se consume en grandes cantidades en México y en el mundo. La comercialización de este pigmento se destina principalmente para su uso en la industria de alimentos, farmacia, textil y cosmética.

Debido a las propiedades inofensivas de la bixina en la salud humana, este pigmento está aprobado sin restricciones por el Departamento de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos de América (FDA, por sus siglas en inglés), por lo que es altamente demandado en el procesamiento de alimentos, como los lácteos, las botanas, los helados o simplemente como aditivo de color en medicamentos y cosméticos.

Adicionalmente, el achiote forma parte del acervo cultural de los pueblos precolombinos. Así, extractos de varias partes de la planta son utilizados para curar diabetes, infecciones microbianas y mordidas de serpientes; y se le atribuyen muchas propiedades por su efectividad contra la disentería, diarrea, amigdalitis y dolores pectorales. También es empleado como estimulante, diurético, afrodisíaco, laxante y cicatrizante, entre otros. Estudios más recientes demuestran su efectividad en enfermedades crónico-degenerativas: cáncer, hipoglucemia e hipertensión (Rivera-Madrid *et al*. 2016).

Gracias al auge de los pigmentos naturales, en los últimos años, el achiote se ha convertido en el objeto de estudio de diversos grupos

Editores responsables: Germán Carnevali Fernández-Concha y José Luis Tapia Muñoz

Desde el Herbario CICY
13: 222–226 (18/noviembre/2021)
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/
ISSN: 2395-8790

Figura 1. Diferentes partes de la planta de achiote (*Bixa orellana* L.). **A.** Frutos inmaduros. **B.** Fruto inmaduro abierto. **C.** Semilla entera inmadura. **D.** Semilla madura con la bixina fuera de la semilla, ampliación 10X. **E.** Ampliación 100X de la semilla con bixina afuera del arilo de la semilla. (Fotografías: Margarita Aguilar Espinosa).

de investigación a nivel mundial. Estos trabajos se están avocando a elucidar aspectos relacionados con los genes y sus productos implicados en la síntesis de sus pigmentos. El estudio científico del achiote es muy interesante debido a la alta producción de bixina que presenta y que hace única a esta planta; es un modelo de estudio apasionante por tener una ruta exclusiva para la síntesis de sus pigmentos. De escalarse dicha ruta se podría producir masivamente en microorganismos a nivel industrial. Al mismo tiempo, trabajar en el mejoramiento genético del cultivo es muy valioso ya que permitiría obtener variedades con mayor porcentaje de bixina en sus semillas, lo que resultaría más redituable para los agricultores.

A la fecha, somos pocos los grupos de investigación a nivel mundial que estamos trabajando en entender cómo se sintetizan los pigmentos de esta planta

Desde el Herbario CICY
13: 222–226 (18/noviembre/2021)
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/
ISSN: 2395-8790

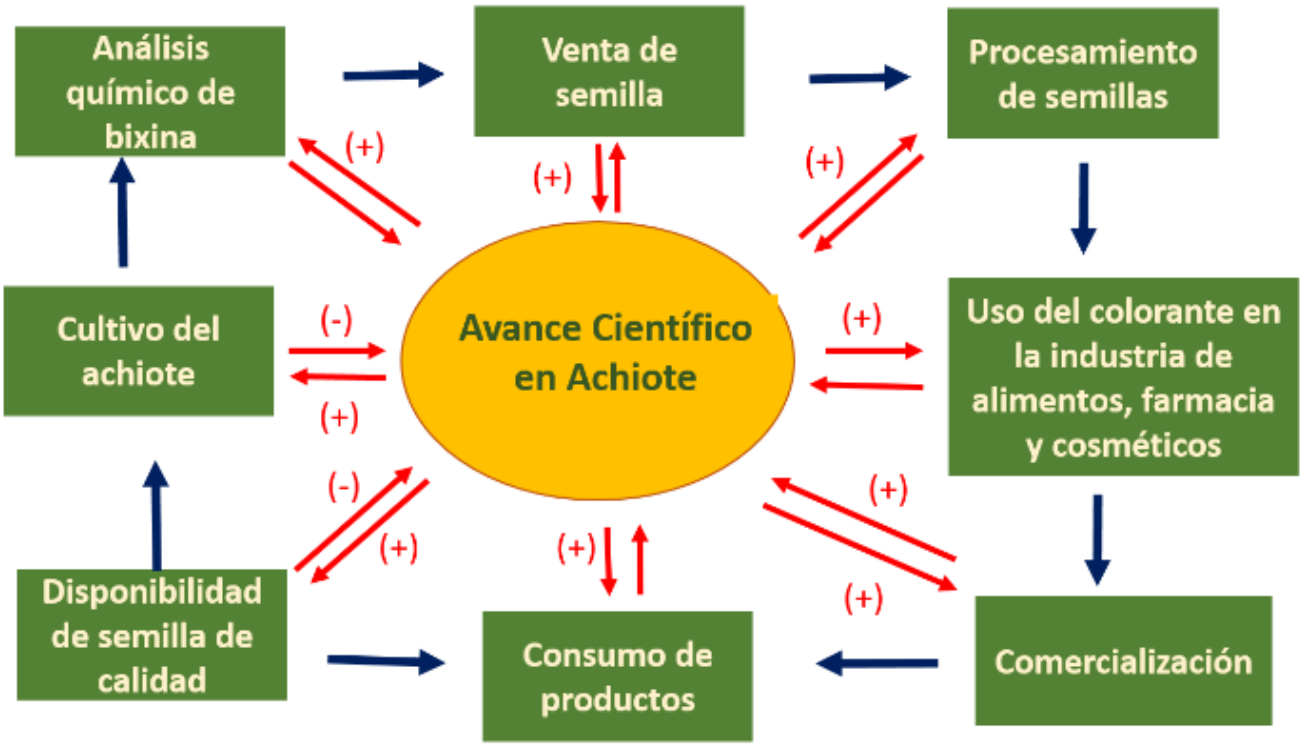

Figura 2. Diagrama de flujo que permite visualizar los diferentes aspectos a considerar en la investigación científica de *Bixa orellana* L. (achiote).

y cuáles son sus precursores. A pesar de la publicación sobre la síntesis de bixina en *Escherichia coli* (von Escherich) Castellani & Chalmers en la revista *Science* (Bouvier *et al*. 2003), sigue siendo un reto encontrar los mecanismos de síntesis, transporte y acumulación de bixina en la planta. Esto es debido a que no se ha podido reproducir dichos experimentos por diferentes grupos de investigación (Sergeant *et al.* 2009, Walter y Dieter 2011, Rodríguez-Ávila *et al.* 2011, Cárdenas-Conejo *et al*. 2015, Carballo-Uicab 2019).

Actualmente, estamos trabajando en la expresión de los genes potencialmente involucrados en la ruta de síntesis de bixina en organismos heterólogos como *Escherichia coli*, jitomate y papaya. Los hallazgos tienen mucho alcance, ya que permitirán clarificar la participación de estos genes en la síntesis de bixina. Al mismo tiempo, nos permitirá entender mejor los mecanismos de síntesis y regulación de rutas de carotenoides y apocarotenoides en general en otros modelos de estudio. Así mismo, esto permitirá más adelante contar con más información sobre cómo y dónde se sintetiza la bixina en la planta. Así, este trabajo permitirá ser más asertivo en el mejoramiento genético de esta planta, la multiplicación masiva de plantas con mejor producción de bixina y, eventualmente, producir el pigmento en microorganismos para su síntesis a escala industrial.

En relación a la problemática social y económica del cultivo del achiote en México, se ha visto que la cadena de valor de este cultivo presenta varios cuellos de botella (Figura 2). Primeramente, existe diversificación en la producción por la falta de variedades agronómicas certificadas con porcentajes de bixina homogéneos, dando una baja calidad del producto. Así, las semillas de achiote disponibles para los agricultores son de características muy variables, y se manejan más por su procedencia (ej. jamaiquina, peruana, hindú, guatemalteca) (Rivera-Madrid *et al.* 2006, Valdez-Ojeda *et al.* 2008).

El achiote es un cultivo poco promovido en México, a pesar de su alta demanda nacional como in-

ternacional. La mayoría de los agricultores cultivan el achiote para autoconsumo. Las compañías locales del sureste no cubren sus necesidades de semilla para la elaboración de sus productos, por lo que se ven en la necesidad de importarla principalmente de América del Sur, generando un círculo vicioso de oferta y demanda local.

Los productores están muy condicionados a los precios que ofrecen las empresas que elaboran los productos del achiote (recados y extractos de pigmento u otros compuestos de la semilla), quienes generalmente compran a precios bajos la semilla. La mayoría de los productores de achiote son pequeños cultivadores de la planta, lo que les impide tener una alta producción segura cada año, y esto deja su precio a la especulación de los compradores de semilla, lo que hace también que el precio varíe por año. Además, los productores deben tener certificados de calidad de contenidos de bixina para que puedan vender a mejor precio sus semillas, sin embargo, esto implica gastos extras que merman mucho la ganancia de su producto.

Los programas de mejoramiento genético a la fecha no han sido exitosos, y disponer de plantaciones es costoso, ya que requieren mucho mantenimiento. Aunado a lo anterior, este cultivo es de crecimiento lento, floración anual y muy sensible a las condiciones climatológicas.

El otro punto importante es que el precio de la semilla del achiote dependerá del contenido de bixina. Actualmente, el kilo en la península de Yucatán varía entre $15 y $22 M.N., pero la problemática radica en quién certifica el contenido real de bixina de la semilla. Al día de hoy, los cultivos de achiote en el sureste del país, principalmente en Campeche, Tabasco y Yucatán, y su venta dependerá del contenido de bixina demostrado y avalado por una institución, el cual podría ser costoso.

Así, el manejo y disponibilidad de plantaciones y semilla es muy variable, contar con una plantación para estudios científicos del achiote resulta costoso y, desafortunadamente, contar con las plantaciones de los agricultores para su estudio es riesgoso, ya que ellos no aseguran mantenerlas anualmente y podrían abandonarlas en cualquier momento si no les es redituable, arriesgando el seguimiento de los estudios científicos en esos sembradíos.

Finalmente, mucho del avance científico en esta especie vegetal depende de la disponibilidad del material y su cuidado, principalmente de plantas adultas vivas que son las que proveen mayor información, ya que se pueden estudiar diferentes partes de la planta, como flores, frutos y semillas inmaduras, las cuales proporcionan información importante de los genes, proteínas y mensajeros relacionados con la producción de bixina.

Referencias

Bouvier F., Dogbo O. y Camara B. 2003. Biosynthesis of the food and cosmetic plant pigment bixin (annatto). *Science* 300(5628): 2089–2091. https://doi.org/10.1126/science.1085162

Cárdenas-Conejo Y., Carballo-Uicab V., Lieberman M., Aguilar-Espinosa M., Comai L. y Rivera-Madrid R. 2015. De novo transcriptome sequencing in *Bixa orellana* to identify genes involved in methylerythritol phosphate, carotenoid and bixin biosynthesis. *BMC-Genomics* 16: 877. https://doi.org/10.1186/s12864-015-2065-4

Carballo-Uicab V. 2019. Análisis y caracterización de genes potencialmente involucrados en la biosíntesis de bixina en *Bixa orellana* L. Tesis de Doctorado. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. Mérida, Yucatán, México. 129 pp.

Rivera-Madrid R., Escobedo-Gracia-Medrano R. M., Balam-Galera E., Vera-Ku M. y Harries, H. 2006. Preliminary studies toward genetic improvement of annatto (*Bixa orellana* L.). *Scientia Horticulturae* 109(2): 165–172. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.03.011

Rivera-Madrid R., Aguilar-Espinosa M., Cárdenas-Conejo Y. y Garza-Caligaris L.E. 2016. Carotenoid derivates in achiote (*Bixa orellana*) seeds: synthesis and health promoting properties. *Frontiers in Plant Science* 7: 1406. https://dx.doi.org/10.3389%2Ffpls.2016.01406

Rodríguez-Ávila N.L., Narváez-Zapata J.A., Ramírez-Benítez J.E., Aguilar-Espinosa M.L. y Rivera-Madrid, R. 2011. Identification and expression pattern of a new carotenoid cleavage dioxygenase gene member from *Bixa orellana*. *Journal of Experimental Botany* 62(15): 5385–5395. https://doi.org/10.1093/jxb/err201

Sergeant M.J., Li J.J., Fox C., Brookban N., Rea D., Bugg T.D.H. y Thompson A.J. 2009. Selec-

tive inhibition of carotenoid cleavage dioxygenases: phenotypic effects on shoot branching. *Journal of Biological Chemistry* 284(8): 5257–5264. https://doi.org/10.1074/jbc.m805453200

Valdez-Ojeda R., Hernández-Stefanoni J.L., Aguilar-Espinosa M., Ortiz R., Quiros C.F. y Rivera-Madrid R. 2008. Assessing morphological and genetic variation in annatto (*Bixa orellana* L.) by sequence-related amplified polymorphism and cluster analysis. *HortScience* 43(7): 2013–2017. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.7.2013

Walter M.H. y Dieter S. 2011. Carotenoids and their cleavage products: biosynthesis and functions. *Natural Products Reporter* 28(4): 651–844. https://doi.org/10.1039/c0np00036a

Desde el Herbario CICY, 13: 222–226 (18-noviembre-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: 18 de noviembre de 2021. Las opiniones expuestas por los autores no necesariamente expresan la postura de los editores 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.