

Recibido: 16.10.2024 • Aceptado: 18.03.2026

Palabras clave: Frutos, Maduración, Modelo de estudio, Jitomate, Etileno.

El jitomate y la ciencia de la maduración de los frutos

RICARDO RIVERA SILVA

ricardo.rivera@ipicyt.edu.mx

DIVISIÓN DE BIOLOGÍA MOLECULAR, IPICYT

RAQUEL ANGÉLICA CASTORENA VÁZQUEZ

raquel.castorena@ipicyt.edu.mx

DIVISIÓN DE BIOLOGÍA MOLECULAR, IPICYT

FABIOLA JAIMES MIRANDA

Fabiola.jaimes@ipicyt.edu.mx

SECIHTI-IPICYT/DIVISIÓN DE BIOLOGÍA MOLECULAR

Los frutos, especialmente los maduros, son importantes en la dieta por ser una fuente de vitaminas, minerales, fibra, agua y azúcares. Cuando un fruto madura ocurren cambios en el color, aroma, textura y sabor. Todos estos cambios están dirigidos por una gran cantidad de genes. Muchos grupos de investigación en todo el mundo se esfuerzan por conocer todos los detalles del complejo proceso de la maduración de los frutos. En este artículo hablamos de los frutos y de las razones para estudiarlos.

Hablemos de los frutos

Los frutos son la parte de la planta que se origina a partir de flores fecundadas y contiene las semillas que permitirán conservar la especie. Básicamente, los frutos constan de: a) la semilla, que da origen a una planta nueva planta, y b) el pericarpio, una capa protectora que cubre la semilla.

Los frutos se clasifican en frutos secos y frutos carnosos. Los frutos secos, como las almendras, los cacahuates y las nueces, tienen un bajo contenido de agua y están envueltos en una cáscara dura. Los frutos carnosos, como el jitomate, el durazno y la manzana, tienen un mayor contenido de agua y una textura blanda.

Cuando los frutos carnosos maduran desarrollan aromas, sabores y colores que los hacen atractivos para que los animales los consuman. De esta manera, las semillas son dispersas cuando son desechadas junto con las heces.

La maduración de los frutos y su importancia

Cuando las flores son fecundadas, inicia una etapa de desarrollo y crecimiento de los frutos. Al alcanzar su tamaño máximo, inicia otro proceso llamado maduración. Esta etapa sigue al crecimiento y al desarrollo del fruto y finaliza con la senescencia.

Los frutos carnosos se clasifican en frutos climatéricos y no climatéricos. Los frutos climatéricos, como el plátano, el jitomate y la manzana, presentan en las etapas iniciales del proceso de maduración un incremento de un compuesto químico gaseoso llamado etileno. Por su parte, los frutos no climatéricos, como los cítricos, las fresas y las uvas, no presentan un incremento en la síntesis de etileno durante la maduración.

En la vida cotidiana es sencillo diferenciar entre ambos tipos de frutos. Los frutos

climatéricos tienen la capacidad de seguir madurando después de que son cortados de las plantas, Por esta razón, es muy común comprar un racimo de plátanos verdes, llevarlo a casa y esperar a que madure para comerlo. En cambio, en los frutos no climatéricos esto no sucede; una vez que se separan de la planta pierden la capacidad de seguir madurando.

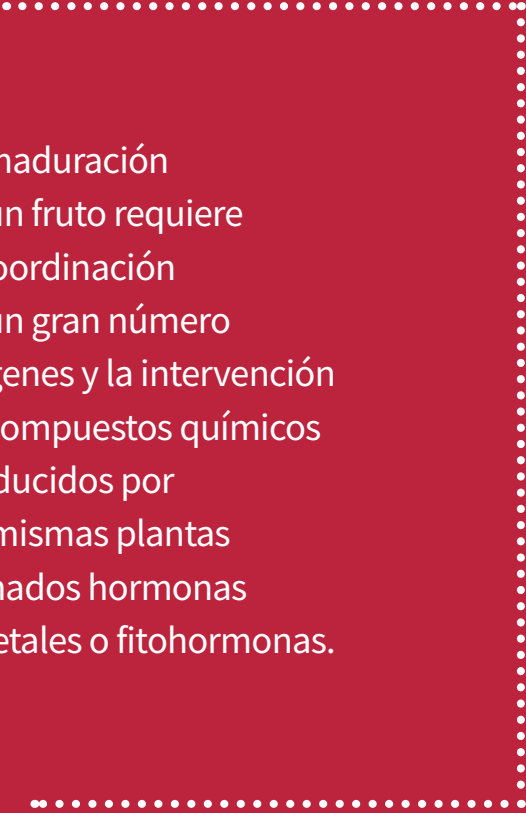
Durante la maduración suceden una serie de cambios bioquímicos que reblandecen el pericarpio del fruto. Además, la coloración cambia hacia tonos más brillantes y apetecibles, cambia la acidez, aumenta la cantidad de azúcares y se producen aromas característicos de cada fruto debido a la generación de compuestos volátiles.

Para los seres humanos, los frutos son esenciales en una dieta saludable, ya que constituyen una fuente de vitaminas, minerales, fibra, agua y azúcares. Esto ha hecho que los frutos tengan una gran importancia gastronómica y cultural y, por lo tanto, económica.



Variedad de formas y colores de los frutos

Foto: Ian Turnell.



La maduración
de un fruto requiere
la coordinación
de un gran número
de genes y la intervención
de compuestos químicos
producidos por
las mismas plantas
llamados hormonas
vegetales o fitohormonas.

La producción de frutos genera empleos e impulsa el comercio local y de exportación, lo cual es esencial para fortalecer la economía y garantizar la seguridad alimentaria del país. Su importancia es tal que existen grupos de investigación en todo el mundo que desarrollan estrategias para el manejo postcosecha de los frutos, como su correcto almacenamiento y distribución. También se estudian los mecanismos de propagación de virus y bacterias que afectan el desarrollo y la maduración del fruto.

A nivel molecular, se trabaja para comprender en detalle el proceso de maduración, con el fin de aplicar estrategias biotecnológicas que permitan generar variedades de plantas más resistentes a los cambios climáticos, más productivas y con mejores características nutricionales.

Al estudiar la maduración a nivel molecular descubrimos que este proceso no es tan simple como podría parecer. La maduración de un fruto requiere la coordinación de un gran número de genes y la intervención de compuestos químicos producidos por las mismas plantas llamados hormonas vegetales o fitohormonas. En el caso de la maduración, la planta produce la fitohormona etileno.

Aunque el etileno es esencial para la maduración de los frutos climatéricos, su función forma parte de un delicado equilibrio con otras fitohormonas, como el ácido abscísico, las giberelinas, las citoquininas y las auxinas, que trabajan en conjunto para llevar a cabo la maduración del fruto.

La regulación de los genes y la participación simultánea de compuestos químicos crean una compleja red de regulación altamente organizada y precisa, algo parecido a una orquesta biológica,

donde cada cambio ocurre en el momento adecuado para que el fruto madure y se vuelva apetecible mediante transformaciones en su color, textura, sabor y aroma. Estudiar la maduración a nivel molecular permite comprender el proceso a nivel genético y proponer mecanismos para evitar o “reparar” perturbaciones (Ruan *et al.*, 2012).

Comprender la maduración de todos los frutos implicaría estudiar cada especie de manera individual, lo cual sería muy costoso en tiempo y recursos. Por ello, los investigadores optimizan esfuerzos utilizando plantas modelo. En el laboratorio no es posible estudiar todas las plantas que existen, ya que muchas no son fáciles de cultivar en condiciones controladas y los recursos financieros y humanos son limitados.

Por esta razón, se han seleccionado algunas especies como planta modelo, en las que se centran esfuerzos de investigación para obtener conocimientos más amplios en menor tiempo. Los resultados obtenidos en estas plantas pueden servir para estudiar otras especies de interés.

Una planta modelo se selecciona considerando características como un ciclo de vida corto, la capacidad de cultivarse en condiciones controladas de laboratorio y la producción de una gran cantidad de semillas. En el estudio del proceso de maduración de los frutos, el jitomate es la planta modelo más utilizada.

El jitomate como planta modelo para estudiar la maduración

El jitomate (*Solanum lycopersicum*) es un fruto carnoso y climatérico de gran valor económico, cultural y gastronómico en todo el mundo. Aunque su domesticación ocurrió en México.



Maduración de jitomates



Plantas de jitomate en laboratorio



RICARDO RIVERA SILVA

Ingeniero en Industrias Alimentarias por el Tecnológico Nacional de México, con maestría y doctorado en Biología Molecular por el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT). Actualmente se desempeña como investigador posdoctoral en la División de Biología Molecular del IPICYT y trabaja en proyectos relacionados con el estrés y la maduración de los frutos.

El jitomate se ha convertido en una planta modelo debido a las ventajas que presenta: se cuenta con variedades relativamente pequeñas que se adaptan fácilmente a las condiciones de cultivo en laboratorio, como “MicroTom”, “Ailsa Craig” o “Heinz 1706”. Además, los jitomates pueden autofecundarse, no necesitan polinizadores y tienen un ciclo de vida relativamente corto, lo que permite obtener varias generaciones de plantas en poco tiempo (Kimura *et al.*, 2008).

Asimismo, se conoce toda la secuencia de su ADN, la cual está disponible en una base de datos que se actualiza constantemente (<https://solgenomics.net/>). También existe información accesible sobre la expresión de los genes en las bases de datos TomExpress (<http://tomexpress.toulouse.inra.fr/>), BAR ePlant (https://bar.utoronto.ca/eplant_tomato/) y Tomato Expression Atlas (<https://tea.solgenomics.net/>).

A lo largo de los años se han identificado mutaciones espontáneas en algunos genes del jitomate que generan frutos con maduración incompleta, los cuales no desarrollan el característico color rojo. Estas mutaciones se han caracterizadas y aprovechadas para estudiar el proceso de maduración.

Se han logrado muchos avances para comprender cómo se integran las fitohormonas a la regulación de los genes para controlar la maduración (Osorio *et al.*, 2013). Además, en los últimos años se han desarrollado una gran cantidad de herramientas, tanto en el laboratorio como herramientas bioinformáticas, que permiten generar y analizar datos masivos cada vez más precisos, lo que está contribuyendo al entendimiento del proceso de maduración de frutos.

A pesar de todos estos avances, el camino por recorrer para comprender plenamente la maduración de los frutos aún es largo. La integración de nuevas herramientas bioinformáticas y técnicas de laboratorio avanzadas está permitiendo realizar análisis cada vez más profundos y precisos de las redes de regulación génica.

Este conocimiento no sólo amplía la comprensión básica de la biología del jitomate, sino que también tiene implicaciones prácticas en la agricultura y la industria alimentaria. Al comprender con mayor detalle el proceso de maduración, será posible generar variedades de frutos con mejor sabor, mayor valor nutricional y una vida de anaquel más larga, lo que contribuirá a reducir drásticamente el desperdicio de alimentos.

A mediano y largo plazo, las innovaciones biotecnológicas podrán fortalecer la seguridad alimentaria del país, al permitir la producción de alimentos de alta calidad de manera más

eficiente y con la capacidad de adaptarse frente a los retos del cambio climático. Así, el estudio del jitomate no sólo permite entender los mecanismos que regulan su maduración, sino que también abre la puerta a un futuro en el que los alimentos sean más nutritivos y accesibles para todos.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo al proyecto (CB 2017-2018 A1-S-7679) y por las becas nacionales RRS [861546] y RACV [1007877]. 

Referencias bibliográficas:

- Kimura, S., & Sinha, N. (2008). Tomato (*Solanum lycopersicum*): A model fruit-bearing crop. *Cold Spring Harbor Protocols*, 3(11). doi: 10.1101/pdb.emo105
- Osorio, S., Scossa, F., & Fernie, A. R. (2013). *Molecular regulation of fruit ripening*. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 4, Issue JUN). Frontiers Research Foundation. doi: 10.3389/fpls.2013.00198
- Ruan, Y. L., Patrick, J. W., Bouzayen, M., Osorio, S., & Fernie, A. R. (2012). *Molecular regulation of seed and fruit set*. In *Trends in Plant Science* (Vol. 17, Issue 11, pp. 656–665). doi: 10.1016/j.tplants.2012.06.005