

Estenospermocarpia en mango 'Ataulfo': Nayarit y Chiapas

Stenospermocarpy in mango 'Ataulfo': Nayarit and Chiapas

Sara Elena Hernández-Guerrero¹, Rosendo Balois-Morales^{2*}, Juan Esteban Bello-Lara¹

RESUMEN

El mango (*Mangifera indica* L.) es originario de la India y se cultiva en alrededor de 90 países. México produce 1,603,809.53 t al año, de las cuales la mayor producción corresponde a los cultivares 'Ataulfo', 'Haden', 'Keitt', 'Kent', 'Manila', 'Tommy Atkins', además del mango criollo. El mango 'Ataulfo' es originario de Tapachula, Chiapas, México y se distingue por la gran aceptación que tiene en los mercados nacional e internacional debido a sus excelentes características organolépticas. En años recientes, se ha presentado la producción de frutos de tamaño pequeño que carecen de valor comercial, lo cual ha afectado de manera severa las finanzas de los productores de la región. A este fenómeno se le denomina estenospermocarpia del fruto. El término describe a frutos con semilla, parcialmente formados, que resultan de un aborto del embrión después de la fertilización; los productores se refieren a esta condición con el término de "mango niño". El objetivo del presente trabajo fue analizar investigaciones previas del fenómeno en diferentes regiones del mundo con la finalidad de ampliar el enfoque que se tiene ante el fenómeno de la baja productividad. Los factores climatológicos, en especial la temperatura, son los que mayor relación tienen con la etapa de floración, la iniciación y la inducción floral en cuanto a la cantidad de fruto estenospermocárpico que se produce.

PALABRAS CLAVE

partenocarpia, estenospermocarpia, iniciación floral, mango niño

ABSTRACT

The mango (*Mangifera indica* L.) is native of India and is grown in around 90 countries. México produces 1,603,809.53 t per year where 'Ataulfo', 'Haden', 'Keitt', 'Kent', 'Manila', and 'Tommy Atkins' besides mango criollo are the major production. The 'Ataulfo' mango is native of Tapachula, Chiapas, Mexico. It is well-known by its wide acceptance in the international and national market due to its excellent organoleptic characteristics. In recent years it has been shown the production of small fruit which have no commercial value severely affecting the finances of regional producers. This phenomenon or condition is denominated as fruit stenospermocarpic which describes fruits with seed partially formed caused by embryo abortion after fertilization; better known as "mango niño". The objective of the present research paper is to make an analysis of previous research in different parts of the world to extend the approach of the phenomenon of low productivity. Climatic factors specially temperature which has greater relationship to the flowering stage, floral initiation and induction in terms of the amount of stenospermocarpic fruit produced.

KEYWORDS

parthenocarpic, stenospermocarpic, floral initiation, mango niño

¹ Posgrado en Ciencias Biológicas Agropecuarias, Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit.

² Unidad de Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma de Nayarit.

* Autor para correspondencia. Avenida de la Cultura s/n, Ciudad de la Cultura Amado Nervo. 63000 Tepic, Nayarit, México. Correo electrónico: balois_uanayar@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica* L.) es un fruto originario de la India, que pertenece a la familia de las Anacardiáceas. Se encuentra en gran parte de los agroecosistemas tropicales y subtropicales; el árbol llega a medir hasta 40 m de altura (Infante *et al.*, 2011, Gehrke-Vélez *et al.*, 2011) y se coloca en la lista de los frutos tropicales más importantes del mundo. Es por esto que usualmente se le ha llamado “el rey de las frutas” (Jing-Hao *et al.*, 2010).

El mango se cultiva de forma comercial en aproximadamente 90 países (Jha *et al.*, 2012; Dharini *et al.*, 2011). El fruto es una drupa carnosa de diferentes tonalidades que incluyen verde, amarillo, amarillo verdoso, rojo y naranja. Puede ser consumido, comercializado y transportado ya sea en estado de madurez fisiológica o maduro, dependiendo del mercado y del consumidor final (Quintero *et al.*, 2013).

En 2013, la producción de mango en México fue de 1,603,809.53 t, la mayoría de éstas provenientes de los estados de Guerrero, Nayarit, Sinaloa, Oaxaca, Chiapas, Michoacán y Veracruz (SIAP). Los cultivares que se sembraron en mayor proporción fueron 'Ataulfo', 'Haden', 'Keitt', 'Kent', 'Manila' y 'Tommy Atkins', además del mango criollo. Asimismo, se reportó que en Nayarit, el mango 'Ataulfo' fue el cultivar de mayor explotación con una superficie total sembrada de 10,770.92 ha (SIAP, 2013) (cuadro 1).

En años recientes, el mango 'Ataulfo' ganó terreno como uno de los cultivares de mayor aceptación tanto en el mercado nacional como en el internacional (Quintero *et al.*, 2013). Sin embargo, en 2007, en el estado de Nayarit, se reportó que este cultivar presentó una fuerte incidencia de mangos pequeños en huertos de mango, situación que afecta seriamente la producción y, por ende, el aspecto económico de los productores de la entidad (Pérez-Barraza *et al.*, 2007).

Aunque los frutos de mango llegan a desarrollarse fisiológicamente al llegar a la madurez organoléptica, éstos no adquieren el tamaño normal (Gehrke-Vélez *et al.*, 2011). El fruto en esta condición, que en la región es conocido como “mango niño”, es pequeño, de semilla atrofiada, con una hendidura en la parte distal y carece de valor comercial (Pérez-Barraza *et al.*, 2007). En México, la información publicada acerca de esta problemática es escasa. Por esto, en el presente artículo, se pretende hacer un análisis de investigaciones previas de diferentes regiones del mundo, con la finalidad de ampliar el enfoque que se tiene ante el fenómeno de la baja productividad debido a los altos índices (80-90%) de la presencia de “mango niño” en el estado de Nayarit.

INICIACIÓN E INDUCCIÓN FLORAL

Diversos estudios se han realizado en relación con la floración en diferentes especies. En el mango,

Cuadro 1. Producción de mango en Nayarit.

CULTIVAR	SUPERFICIE SEMBRADA (ha)	SUPERFICIE COSECHADA (ha)	PRODUCCIÓN (t)	RENDIMIENTO (t)
Ataulfo	10,770.92	10,423.48	88,027.74	8.45
Criollo	301.80	300.80	2,158.10	7.17
Haden	1,548.91	1,548.91	17,789.35	11.49
Keiit	1,979.21	1,893.76	27,484.28	14.51
Kent	3,118.56	3,087.56	39,266.01	12.72
Manila	1,573.29	1,525.29	13,279.71	8.71
Tommy Atkins	5,920.91	5,549.41	78,774.11	14.20

Fuente: Anuario estadístico de la Producción Agrícola SIAP, 2013.

El mango 'Ataulfo' es originario de Tapachula, Chiapas, México. Posee excelentes propiedades organolépticas como su atractivo aroma y color brillante, además de un delicioso sabor y alto contenido de vitamina C, β -carotenos y compuestos fenólicos, características intrínsecas de este cultivar (Robles-Sánchez *et al.*, 2009).

la floración es un proceso complejo y de suma importancia para que se produzca el fruto; ésta puede ser manipulada para la obtención de frutos en diferentes épocas del año. Durante el periodo de floración, se observan dos fases: la iniciación y la inducción floral. La iniciación involucra la división celular y la elongación de las células en las hojas

primarias (Ramírez y Davenport, 2010; Osuna *et al.*, 2000). Las temperaturas iguales o menores a 19 °C son determinantes para la inducción e iniciación floral en el mango con un lapso de 21 a 30 días como mínimo para que ocurra la floración visual (Puche *et al.*, 2012; Osuna *et al.*, 2000). Jing-Hao *et al.* (2010) aseveran que la reproducción sexual en el mango es altamente sensible a las temperaturas y que en climas subtropicales a temperaturas bajas constantes se induce la floración. La inflorescencia llega a producir un alto número de flores seguido de una baja proporción de cuajado de fruto y de un alto porcentaje de caída de éste en las primeras etapas de desarrollo. También se han observado frutos de mango partenocarpicos.

La partenocarpia tiene sus bases en la genética, por lo que puede presentarse de manera natural. Además, puede ser artificialmente inducida o genéticamente modificada para que se realice la producción del fruto sin fertilización, haya ocurrido la fecundación o no. Al no realizarse la polinización, se obtienen frutos sin semilla, lo cual se transforma en una característica importante y conveniente de los frutos (Vardi *et al.*, 2008). Mesejo *et al.* (2014) señalan que es frecuente encontrar frutos sin semilla en algunas especies frutales que fueron manipuladas genéticamente, ya que poseen un alto valor comercial. Éste es el caso, por ejemplo, de la sandía, la naranja o la papaya.

Existen diversos tipos de partenocarpia: la partenocarpia obligada, que es siempre el resultado del fruto sin semilla (algunos cultivares de cítricos se pueden tomar como ejemplo de ésta partenocarpia); la partenocarpia facultativa, que es el resultado del fruto sin semilla solamente cuando la polinización es prevenida (Vardi *et al.*, 2008); la partenocarpia vegetativa o autónoma, que se presenta cuando los frutos se desarrollan sin polinización (por ejemplo: piña y plátano) (Navarro-Aianza y López-Carvajal, 2013); la partenocarpia estimulativa, que se presenta cuando el cuajado del fruto resulta del estímulo de polinización en la flor sin que haya fertilización (por ejemplo: cacao y algunas uvas) (Gehrke-Vélez, 2011).

Vardi *et al.* (2008) señalan que existen dos casos por los cuales las uvas carecen de semilla. El primero es causado por la partenocarpia pero los frutos de este cultivar son muy pequeños y el segundo es causado por la estenospermocarpia. Este último término describe a frutos con semilla, parcialmente formados, cuya situación es causada por un aborto del embrión después de la fertilización (Mesejo *et al.*, 2014; Navarro-Aianza y López-Carvajal, 2013; Jing-Hao *et al.*, 2010). En ocasiones, la estenospermocarpia también puede ser causa de la producción de un fruto sin

semilla debido al aborto del embrión, en donde polinización y fertilización ocurren. También se presenta en casos como la sandía o algunas variedades de uvas, en los que la polinización y fertilización ocurren pero, tanto el endospermo como la semilla, cesan su desarrollo en etapas tempranas, por lo que se puede apreciar el grado de variabilidad en el desarrollo de la semilla (Vardi *et al.*, 2008).

Aunque este fenómeno no es común, se ha observado también en frutos de pistache, aguacate y, en algunas ocasiones, en frutos cítricos como en la naranja Valencia (Mesejo *et al.*, 2014). Jing-Hao *et al.* (2010) reportan que en el mango, la estenospermocarpia ocurre cuando las flores son expuestas a bajas temperaturas o a altas temperaturas durante la polinización, o cuando el fruto se encuentra en formación. Sukhvibul *et al.* (2005) sugieren que, al presentarse temperaturas menores de 12 °C en la etapa de la floración o en etapa temprana del desarrollo del fruto, es muy posible que la fertilización se presente incompleta.

En Nayarit, el mango 'Ataulfo' es el más importante para el consumo fresco, con una superficie sembrada de 10,770.92 ha (88,027.74 t de producción); sin embargo, se está presentando un fuerte problema en este cultivar: la presencia de frutos estenospermocarpicos, algo que también sucede en otros países productores de mango.

INVESTIGACIONES REALIZADAS EN MÉXICO: NAYARIT Y CHIAPAS

El mango 'Ataulfo' es el cultivar de mayor importancia en el estado de Nayarit; sin embargo, debido a la presencia de frutos pequeños comúnmente conocidos como "mango niño" se han reportado pérdidas de entre 80 y 90% en algunos huertos (Pérez-Barraza *et al.*, 2009). De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM188-SCF-2012, se considera mangos 'Ataulfo' "niño" a los frutos con peso menor a 118 g.

Diversos autores descartan factores como problemas nutricionales, fitopatológicos o problemas de polinización (Gehrke-Vélez *et al.*, 2011). Pérez-Barraza *et al.* (2009) realizaron una investigación en el estado de Nayarit en dos huertos comerciales con alta incidencia de "mango niño" (80%) con la finalidad de conocer el efecto de la aplicación de las hormonas reguladoras del crecimiento como giberelinas (AG3), citocininas y tidiazuron (TDZ)– al follaje y de esa manera cuantificar el amarre de frutos que se desarrollan en su totalidad y de frutos que no se desarrollan ("mango niño"). En el experimento se

tomaron como muestra 25 árboles de 15 años en 2007 y 30 árboles de la misma edad en 2008 en la localidad del Aguacate (huerto 1) y 30 árboles de 12 años de edad en la localidad de Jalcocotán (huerto 2).

Los mejores resultados se presentaron cuando se aplicó AG_3+TDZ (50 y 5 $mg \cdot L^{-1}$, respectivamente) en los dos huertos de estudio, aunque en el huerto 2 se obtuvo una mayor cantidad de amarre de fruto (5.1 frutos por inflorescencia) y de frutos que llegaron al final de la cosecha (3.0 frutos por inflorescencia) en comparación con el huerto 1 (2.4 y 2.0, respectivamente). Los frutos cosechados presentaron, en promedio, mayor tamaño (7.5 cm de longitud y 4.5 cm de diámetro) y mayor peso (85.3 g).

Pérez-Barraza *et al.* (2007) realizaron otro estudio en Nayarit para conocer la incidencia y severidad de frutos pequeños o "mango niño" en los principales municipios donde se cultiva el mango 'Ataulfo' (Tepic, San Blas, Compostela y Santiago Ixcuintla), además de conocer la calidad de la producción. Los investigadores encontraron que San Blas fue el municipio que tuvo mayor incidencia de "mango niño" con 54.3%. En este municipio, los huertos ubicados en Jalcocotán presentaron una mayor incidencia (72.2%). Los huertos ubicados en San Blas, a más de 400 msnm, tuvieron mayor incidencia de "mango niño" (96%), que los localizados entre 0 y 200 msnm (34.6%). Pérez-Barraza *et al.* (2007) atribuyeron estos resultados a que probablemente exista una relación con las temperaturas frescas comparadas a mayor altura sobre el nivel del mar. También refieren que, en Tepic, los árboles más jóvenes presentaron un porcentaje menor (1.7%) de incidencia de "mango niño" que los árboles adultos (mayores de 10 años) con 47%. Se identificó también una tendencia a presentar menor incidencia de "mango niño" en huertos cercanos a 'Tommy Atkins'. Para finalizar, Pérez-Barraza *et al.* (2007) puntualizan que los frutos pequeños o "mango niño" presentan un tamaño 2 a 3 veces menor que los frutos de mango normales; sin embargo, presentan un mayor contenido de sólidos solubles totales (23 °Brix) sin detectar diferencias en la firmeza.

Gehrke-Vélez *et al.* (2011) realizaron un estudio en la región costera del Soconusco, Chiapas, México, donde seleccionaron cuatro de los municipios que representan las áreas en donde es más notoria la incidencia de "mango niño". Cabe señalar que la región del "Soconusco", Chiapas es la que cuenta con un mayor número de hectáreas sembradas de mango 'Ataulfo' en México. Los resultados de la investigación se tornan interesantes ya que, tras estudiar las características morfológicas más importantes

del aparato reproductivo del mango 'Ataulfo', identificaron que existen algunas disfunciones en el proceso fecundativo que podrían explicar las causas de una deficiente polinización y fecundación. Estos investigadores dudan de que la polinización sea la que determine la falta de productividad del mango 'Ataulfo', por lo que mencionan que puede existir un factor genético que esté interviniendo en esta condición. Sin embargo, se observó una alta tasa de crecimiento en el tubo polínico del mango 'Ataulfo' en el momento de adhesión y germinación del polen con un decrecimiento rápido durante las primeras 12 h posteriores y que se mantuvo bajo durante las siguientes 36 h. Por lo anterior, añaden que esto es indicativo de que el crecimiento está frenado por algún factor ambiental o fisiológico que podría ser el causal de una fertilización deficiente y, como consecuencia, de la atrofia embrional.

Algunos investigadores coinciden en que la temperatura juega un papel importante en el desarrollo del fruto y la semilla en varias especies (Jing-Hao *et al.*, 2010; Sukhvibul *et al.*, 2005), donde la floración es el principal evento fisiológico para que se lleve a cabo la producción de un fruto (Ramírez y Davenport, 2010; Horvath, 2009). Por su parte, Nakagawa *et al.* (2012); Ramírez y Davenport (2010); Osuna *et al.* (2000) concuerdan en que la intensidad y época de floración dependen directamente de las condiciones climatológicas y el cultivar, además de las prácticas culturales. Asimismo, la floración puede ser estimulada por factores antropogénicos como podas, irrigación, aplicación de sustancias nitrogenadas, fertilizaciones y exposiciones a etileno.

INVESTIGACIONES REALIZADAS EN AUSTRALIA Y CHINA

Sukhvibul *et al.* (2005) realizaron un estudio en Australia con tres cultivares de mango: 'Kensington', 'Irwin' y 'Nam Dok Mai', con la finalidad de determinar si las bajas temperaturas (día/noche) contribuían en la producción de mango "nubbins" (como se le conoce en Australia al fruto estenospermocárpico) en cultivares poliembriónicos bajo temperaturas controladas en zonas de climas subtropicales y si dicho efecto ocurría después de la fertilización. Los árboles de mango fueron previamente expuestos a temperaturas normales de campo abierto durante el invierno de 21.6 °C (máxima) y 9.5 °C (mínima) con el fin de inducir la iniciación floral y ser transferidos a los invernaderos. Un mes antes de ser transferidos fueron fertilizados con nitrógeno (N), fósforo (P) y

potasio (K), en dosis de 15:4.8:10.8 respectivamente. Cuando los árboles de mango alcanzaron una inflorescencia de 50% de su desarrollo, éstos fueron transferidos al invernadero, donde los colocaron en espacios separados con temperaturas diurnas de 25 °C por 1,200 h y una mínima de 15 °C nocturna por 300 h. Dos semanas antes de la polinización manual, los árboles fueron asperjados con clorpirifos para repeler insectos polinizadores.

En esta investigación se observó una diferencia significativa en cuanto al número de mangos "nubbins". Se obtuvo mejor amarre del fruto de los tres cultivares de mangos expuestos a bajas temperaturas (20/10 °C). En climas subtropicales de Australia, 'Kensington' (poliembriónico) generalmente produce un número mayor de frutos "nubbins" en comparación con los cultivares de 'Tommy Atkins', 'Irwin' y 'Kent', los cuales son monoembriónicos. Sukhvibul *et al.* (2005) concluyen en su investigación que el mango "nubbins" puede ser inducido por bajas temperaturas durante el amarre del fruto y que el periodo más sensible para el desarrollo del embrión son los primeros tres días posteriores a la polinización. 'Nam Dok Mai' seguido de 'Kensington' fueron los cultivares más sensibles al aborto embrional, mientras que 'Irwin' fue el que presentó frutos "nubbins" en menores cantidades. El estudio también corroboró que el mango "nubbins" se desarrolla después de una exposición a temperaturas bajas y que no es el resultado de una polinización o fertilización fallida.

UN ESTUDIO EN SHANGHÁI

Un estudio realizado por Jing-Hao *et al.* (2010) evaluó el impacto que tienen las bajas temperaturas en cuanto a la producción de frutos de mango en China meridional con mango 'Tainong 1' de seis años de edad. En esta zona de China, el fruto estenospermocárpico del mango es llamado "Zhihe" y las temperaturas en ocasiones suelen ir acompañadas de oleadas de aire frío menor a 20 °C. Este trabajo experimental muestra datos de que las temperaturas bajas naturales menores de 20 °C presentes en la zona repercuten sobre 'Tainong 1' en la reproducción sexual, incluyendo micro y macro gametogénesis, viabilidad del polen, fertilización y desarrollo embrionario. Jing-Hao *et al.* (2010) reportan que la formación de mango "Zhihe" es escasa cuando las temperaturas permanecen entre 25 a 30 °C durante el periodo de floración, las cuales son consideradas normales.

Para poder constatar lo anterior, se tomaron tres árboles de seis años de edad injertados con 'Tainong

1' como muestra; éste es monoembriónico y autofecundable. Para estudiar los efectos de las bajas temperaturas (menores a 20 °C) en la reproducción sexual del mango, se evaluó el desarrollo de los gametofitos, viabilidad del polen y desarrollo embrionario.

Los resultados demostraron que las temperaturas bajas afectan de una manera significativa el desarrollo del pistilo y el gametofito masculino, lo que repercute en granos de polen de baja viabilidad. Sin embargo, la falta de producción de semillas viables en mango a bajas temperaturas no tiene una explicación única del desarrollo. Irregularidades cromosómicas meióticas, incluyendo univalentes, multivalentes, rezagos, puentes y micronúcleos, fueron detectadas en altas incidencias. También se detectaron porciones significativas de fragmentación de nucléolos y disolución cuando las temperaturas fueron bajas. El crecimiento del tubo polínico fue lento bajo el estrés de las bajas temperaturas en condiciones de *in vivo* o *in vitro*, añadiendo la ausencia virtual de la reproducción de 'Tainong 1'. Al parecer, esto se debió, en gran parte, al crecimiento *in vivo* del tubo polínico y a los rangos bajos de la fertilización. Los defectos ocurren en cada uno de los procesos y estructuras asociados con la reproducción sexual estudiada. Jing-Hao *et al.* (2006) reiteran, además, que las irregularidades meióticas son comunes en el desarrollo de los gametofitos masculinos cuando las temperaturas son bajas (<20 °C). Los ovarios u óvulos se observan frecuentemente en muestras recolectadas en temperaturas bajas, lo que sugiere que la polinización es una precondition de la estenospermocarpia en 'Tainong 1'. Sin embargo, la comparación del desarrollo embrionario en ambas muestras, añade, demuestra que esas anomalías podrían no contribuir con la producción de mangos estenospermocárpicos. Vardi *et al.* (2008), en su trabajo de revisión acerca de la partenocarpia, presentan, evalúan y discuten el empleo de técnicas de la biotecnología en la inducción y mantenimiento de los cultivos sin semilla poniendo particular atención al cultivo de los cítricos. Entre otras cosas concluyen que una manera en la que se involucran los genes suicidas que apuntan al tegumento o embrión puede resultar en un aborto del embrión y, como consecuencia, en la estenospermocarpia. Asimismo, mencionan que todos los esfuerzos que se están haciendo por conseguir la esterilidad masculina en frutos de mandarina, en un futuro no muy lejano, podrían lograr que se produzca mandarina sin semilla.

En un esfuerzo por encontrar una solución a la problemática de la alta incidencia de frutos de mango

pequeños o que no alcanzan su desarrollo normal en Nayarit, algunos investigadores se han dado a la tarea de buscar el origen del problema. Así, Pérez-Barraza *et al.* (2007) observaron alta incidencia de "mango niño" en San Blas (54%) y, al comparar el fruto pequeño con un fruto normal, encontraron que el "mango niño" posee alto contenido de sólidos solubles totales (SST), lo que sugiere que podría haber una relación entre la altura del nivel del mar y la alta incidencia de "mango niño"; no obstante, no llegaron a una solución del problema.

Dos años más tarde, Pérez-Barraza *et al.* (2009) publicaron otro estudio en el cual aplicaron reguladores de crecimiento por dos años consecutivos (2007 y 2008) en dos diferentes huertos para determinar el efecto de los reguladores de crecimiento en el tamaño de los frutos. Los autores mencionan que obtuvieron un 283% de incremento en el amarre del fruto en relación con el testigo y que, con respecto al tamaño del fruto, éste obtuvo un incremento de 5 a 41% en diámetro y de 11 a 51% en longitud. Sin embargo, Gehrke-Vélez *et al.* (2011) va más lejos y relaciona su investigación con la viabilidad y germinación en condiciones *in vitro* e *in vivo* para asociarlas con la incidencia y alteraciones fisiológicas en la flor de mango 'Ataulfo'. Gehrke-Vélez *et al.* (2011) dudan ante la posibilidad de que la polinización sea la responsable de la falta de productividad del mango y aluden a que quizá sea un factor genético el que esté interviniendo en dicha condición.

Por otra parte, Jing-Hao *et al.* (2006) en Shanghái, y Sukhvibul *et al.*, (2005) en Australia, realizaron estudios que relacionaron los efectos adversos que tuvieron los cambios climatológicos, en especial la temperatura. Sukhvibul *et al.* (2005) reportan el efecto de la alta incidencia de mango pequeño, tal como lo sugirieron Gehrke-Vélez *et al.* (2011), quienes reportaron que la incidencia de frutos pequeños se encontraba directamente relacionada con el aspecto genético del mango (si es o no poliembriónico) así como con las condiciones climatológicas; del mismo modo, corroboraron que el mango pequeño se desarrolla después de una exposición a bajas temperaturas. No obstante, Jing-Hao *et al.* (2006) refutan la posibilidad del aspecto genético.

CONCLUSIÓN

La estenospermocarpia del fruto es un fenómeno poco común y es el resultado de frutos con semilla parcialmente formados que son el resultado de un aborto del embrión después de la fertilización, lo que,

en ciertas ocasiones, también puede ser la causa de la producción de un fruto sin semilla. Los factores climatológicos, en especial la temperatura, son los que mayor relación tienen con la etapa de floración, la iniciación y la inducción floral en cuanto a la cantidad de fruto estenospermocárpico que se produce.

LITERATURA CITADA

- Dharini S., J. Yuming, M. Y. Elhadi. 2011. Maintaining mango (*Mangifera indica* L.) fruit quality during the export chain. *Food Research International* (44): 1254-1263.
- Gehrke-Vélez, M. R., A. Castillo-Vera, C. Ruiz-Bello, J. L. Moreno-Martínez. 2011. Viabilidad y germinación del polen en mango (*Mangifera indica* L.) cv Ataulfo. *Inter-ciencia* 36(5): 378-385.
- Horvath, D. 2009. Common mechanisms regulate flowering and dormancy. *Plant Science* 177: 523-531.
- Infante, F., J. Quilatán, F. Rocha, H. Esquinca, A. Castillo, G. Ibarra-Núñez, V. Palacio. 2011. Mango Ataulfo: Orgullo Chiapaneco. *CONABIO. Biodiversitas* 96: 1-5.
- Jha, S.N., P. Jaiswal, K. Narsaiah, M. Gupta, R. Bhardwaj, A. K. Singh. 2012. Non-destructive prediction of sweetness of intact mango using near infrared spectroscopy. *Scientia Horticulturae* 138: 171-175.
- Jing-Hao, H., M. Wei-Hong, L. Guo-Lu, Z. L. Y. Ling-Yuan, W. Wei-Xing, C. Zi-Jian, W. Shou-Xing. 2010. Effects of low temperatures on sexual reproduction of 'Tainong 1' mango (*Mangifera indica*). *Scientia Horticulturae* 126: 109-119.
- Kaushal, K., Y. T. N. Upreti, S. R. Reddy, B. Shivu-Prasad, G.V. Jayaram, H. L. Shailendra Rajan. 2013. Hormonal changes in response to paclobutrazol induced early flowering in mango cv. Tapatpuri. *Scientia Horticulturae* 150: 414 - 418.
- Mesejo, C., N. Muñoz-Fambuena, C. Reig, A. Martínez-Fuentes, M. Agustí. 2014. Cell division interference in newly fertilized ovules induces stenospermocarp in cross-pollinated citrus fruit. *Plant Science* (225): 80-94.
- Nakagawa, M., Ch. Honsho, S. Kanzaki, K. Shimizu, N. Utsunomiya. 2012. Isolation and expression analysis of Flowering Locus T-like and gibberellin metabolism genes in biennial-bearing mango trees. *Scientia Horticulturae* 139: 108-117.
- Navarro-Ainza J. A. C., A. López-Carvajal. 2013. Cuajado de frutos y partenocarpia en olivo 'manzanillo' con polinización cruzada. *Agronomía Mesoamericana* (24) 2: 393-400.
- Norma Oficial Mexicana NOM-188-SCFI-2012, Mango Ataulfo del Soconusco, Chiapas (*Mangifera caesia* Jack ex Wall)-Especificaciones y métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación, 29 noviembre, 2012.
- Osuna-Enciso, T., E. M. Engleman, E. Becerril-Román, R. Mosqueda-Vázquez, M. Soto-Hernández, A. Castillo-Morales. 2000. Iniciación y diferenciación floral en mango 'Manila'. *Agrociencia* (34) 5: 573-581.
- Pérez-Barraza, M. H., V. Vázquez-Valdivia, J. A. Osuna-García, Urías-López. 2009. Incremento del amarre y tamaño de frutos partenocarpicos en mango 'Ataulfo' con reguladores de crecimiento. *Revista Chapingo serie Horticultura* 15 (2): 183-188.
- Pérez-Barraza, M. H., V. Vázquez-Valdivia, J. A. Osuna-García. 2007. Incidencia de frutos partenocárpicos en mango 'Ataulfo' en huertos comerciales de Nayarit. *Revista Chapingo serie Horticultura* 13 (2): 149-156.
- Puche, M., M. M. Pérez, E. Soto, R. Figueroa, M. Gutiérrez, R. L. Avilán. 2012. La temperatura mínima como determinante ambiental en la iniciación floral del mango. *Revista Científica UDO Agrícola* 12 (1): 83-90.
- Quintero, C. V., G. G. Giraldo, A. J. Lucas, L. J. Vasco. 2013. Caracterización fisicoquímica del mango común (*Mangifera indica* L.) durante el proceso de maduración. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11 (1): 10-18.
- Ramírez, F., T. L. Davenport. 2010. Mango (*Mangifera indica* L.) flowering physiology. *Scientia Horticulturae* (126): 65-72.
- Robles-Sánchez, R. M., M. A. Rojas-Graü, I. Odriozola-Serrano, G. A. González-Aguilar, O. Martín-Belloso. 2009. Effect of minimal processing on bioactive compounds and antioxidant activity of fresh-cut 'Kent' mango (*Mangifera indica* L.). *Postharvest Biology and Technology* 51(3): 384-390.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción Agrícola 2013. México: SIAP, 2013.
- Sukhvilbul, N., A. W. Whaley, M. K. Smith. 2005. Effect of temperature on seed and fruit development in three mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae* (105): 467-474.
- Vardi, A., I. Levin, I. N. Carmi. 2008. Induction of seedlessness in citrus: from classical techniques to emerging biotechnological approaches. *Journal of American Society of Horticulture Science* 133 (1): 117-126.