

Temperatura y desarrollo floral en la formación de frutos partenocárpicos en mango ‘Ataulfo’

Maria Hilda Pérez-Barraza^{1§}

Arturo Álvarez Bravo¹

Edilberto Avitia García²

Adriana Isabel Pérez Luna³

María Verónica Santos Cárdenas¹

¹Campo Experimental Santiago Ixcuintla-INIFAP. Carretera Internacional México-Nogales km 6, Entronque a Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. CP. 63300. Tel. 55 38718700, ext. 84416. (alvares.arturo@inifap.gob.mx; verosantos76@hotmail.com). ²Departamento de Fitotecnia-Universidad Autónoma de Chapingo. Carretera Federal México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Estado de México, México. CP. 56230. (avidil.ag@hotmail.com). ³Campo Experimental Costa de Hermosillo-INIFAP. Pascual Encinas Félix núm. 21, Col. La Manga, Hermosillo, Sonora. CP. 83220. Tel. 55 38718700, ext. 81313. (perez.adriana@inifap.gob.mx).

§Autora para correspondencia: perez.mariahilda@inifap.gob.mx.

Resumen

Uno de los principales problemas en mango ‘Ataulfo’ es el denominado ‘mango niño’ para referir a la alta producción de frutos partenocárpicos. El objetivo fue determinar los factores del clima que inciden en la presencia de frutos partenocárpicos y en que parte del desarrollo de la inflorescencia y fruto están afectando. El estudio se realizó de 2017 a 2018 en un huerto comerciales de mango ‘Ataulfo’, con una incidencia de 80% de frutos partenocárpicos, se seleccionaron 10 árboles y en cada árbol se marcaron 50 inflorescencias, en cada flujo de floración presentado, las cuales se encontraban distribuidas alrededor del árbol y en la parte media de la copa. Las variables evaluadas fueron el desarrollo de la inflorescencia, porcentaje y tipo de frutos (partenocárpico y con semilla), desarrollo de embrión y temperatura. Se presentaron dos flujos de floración. El segundo flujo de floración se prolongó por un período ligeramente mayor a 70 días y la etapa de plena floración hasta el amarre de fruto coincidió con temperaturas extremas, mínimas de 15 °C en promedio y máximas por arriba de los 35. La mayor producción de frutos partenocárpicos se presentó en el segundo flujo de floración con 75%, mientras que, en el primero la producción de frutos con semilla superó a los partenocárpicos. En Nayarit, la presencia de frutos partenocárpicos está relacionada con temperaturas extremas (≤ 15 y ≥ 35 °C) durante el periodo de plena floración hasta amarre de fruto, causando aborto de embrión.

Palabras clave: *Mangifera indica* L., amarre de frutos, desarrollo de embrión, frutos sin semilla, inflorescencia.

Recibido: mayo de 2019

Aceptado: agosto de 2019

Introducción

Uno de los principales problemas en mango ‘Ataulfo’ es el denominado ‘mango niño’ para referir a la alta producción de frutos partenocárpicos. En Nayarit, la presencia de estos ha ido aumentando en los últimos años llegando a alcanzar una incidencia hasta de 90% de la producción en los principales municipios productores de ‘Ataulfo’ (Pérez *et al.*, 2007). La ausencia de semilla en el fruto afecta considerablemente el tamaño de los mismos, llegando a ser hasta tres veces menor que los frutos con semilla. Lo anterior se refleja en bajos rendimientos y pobre calidad de fruto. La ausencia de semillas puede ser un atractivo en frutos que poseen muchas semillas como cítricos, tuna, papaya o aquellos con una grande como mango (Baker *et al.*, 1973; Varoquaux *et al.*, 2000); no obstante, el desarrollo de la misma promueve expansión celular vía síntesis de hormonas u otros compuestos no totalmente determinados, otorgando un mayor tamaño (Gillaspy *et al.*, 1993).

Los frutos sin semilla son llamados partenocárpicos; al respecto Vardi *et al.* (2008) comentan que hay varios tipos de partenocarpia reconocidas actualmente, entre ellas la estenospermocarpia en la cual ocurre polinización y fecundación, pero el cigoto recién fecundado aborta, dando lugar a la formación de frutos sin semilla. Basado en esto, la falta de semilla en frutos de mango es conocida como estenospermocarpia (Sedgley y Griffin, 1989; Davenport, 2009).

Por otro lado, la temperatura en la fase reproductiva de las plantas es uno de los factores más importantes para el desarrollo de la semilla y del fruto. La respuesta de las plantas a un ambiente extremo incluye alternaciones en la calidad de la flor de acuerdo con Scaven y Ranfferity (2013). En frutos partenocárpicos de mango, se conocen resultados contrastantes por efecto de la temperatura. Estudios realizados por varios autores (Sukhvibul *et al.*, 2005; Shaban e Ibrahim, 2009; Patel-Gaurang *et al.*, 2015) indican que las temperaturas bajas (15/10 °C, día/noche) durante el periodo de floración y fecundación, están ocasionando la producción de frutos partenocárpicos, al reducir la viabilidad del polen y crecimiento del tubo polínico o al provocar aborto de embrión en diversos cultivares de mango.

Estas temperaturas reducen también el número de flores hermafroditas, lo cual está muy relacionado con el amarre de frutos y el aborto del embrión. Otros estudios indican que el aborto del embrión en mango tiene un papel importante en inducir el proceso de abscisión en las primeras etapas de desarrollo del fruto, aunque también problemas con polinización y fecundación conducen al aborto de embriones (Beasley *et al.*, 1999; Polito, 1999; Rajan, 2012). Gehrke-Vélez *et al.* (2012) encontraron frutos con semilla en mango ‘Ataulfo’ con polinización cruzada, pero los frutos autofecundados contenían embriones malformados o necróticos, sugiriendo una autoincompatibilidad retrasada, dando lugar a una producción de frutos partenocárpicos.

Por su parte Salazar-García, *et al.* (2016) observaron que temperaturas frías, ≤ 13 °C, ≤ 14 °C e ≤ 15 °C, en prefloración parecen ser la causante de frutos partenocárpicos en ‘Ataulfo’ y no encontraron evidencias de estenospermocarpia.

Otros autores mencionan que en el aborto del embrión influyen, además de altas y bajas temperaturas, algunos tratamientos químicos con biorreguladores, aberraciones cromosómicas y factores genéticos como genes que controlan la meiosis (Lin *et al.*, 1984; Vardy *et al.*, 1989). Estudios más recientes en el contexto molecular, señalan que el nivel de expresión del gen

MaMADS es muy bajo en embriones abortados comparado con los embriones normales, por lo que este gen debe tener un papel importante en el desarrollo del embrión para dar lugar a un fruto normal (He *et al.*, 2012). El objetivo del presente trabajo fue determinar los factores críticos del clima que inciden en la producción de frutos partenocárpicos en el cultivar Ataulfo y en que parte del desarrollo de la inflorescencia y fruto está afectando.

Materiales y métodos

El estudio fue realizado de 2017 a 2018 en un huerto comercial de mango ‘Ataulfo’, con una incidencia de 80% de frutos partenocárpicos. El huerto se ubica en la localidad de Las Palmas, San Blas, Nayarit, con un clima cálido subhúmedo(Aw1), en las coordenadas latitud norte 21° 35’ 58.12’’ y longitud oeste 105° 08’ 59.63’’, con una altitud sobre el nivel del mar de 135 m. Los árboles con 20 años de edad están injertados sobre portainjertos criollos de la región y establecidos a distancias de 10 x 10 m entre hilera y árbol con una densidad de 100 árboles por ha.

El huerto se manejó con riego por goteo (tres riegos por semana durante 3 h), poda mecánica tipo cubo (despunte de 50 cm) y se fertilizó utilizando 2 kg de nitrato de calcio por árbol al inicio de la temporada de lluvias (junio) y 2 kg de fertilizante orgánico (gallinaza) por árbol aplicado al final de la época de lluvias. La sanidad del huerto se basó en aplicaciones preventivas para antracnosis (*Colletotrichum gloesporioides*) con octanoato de cobre (1 a 1.5 L ha⁻¹) y *Basillus subtilis* (200 g/100 litros de agua), haciendo tres aplicaciones de cada uno de forma alternada.

En dicho huerto se seleccionaron 10 árboles de vigor uniforme. En cada árbol se marcaron 50 inflorescencias en cada flujo de floración presentado. Los flujos fueron marcados con listones de diferente color, los cuales se encontraban distribuidos alrededor del árbol y en la parte media de la copa. Las variables evaluadas fueron el desarrollo de la inflorescencia, porcentaje y tipo de frutos (partenocárpicos y con semilla), desarrollo de embrión y temperatura.

Desarrollo de inflorescencias

En cada inflorescencia marcada se registró la fecha y estadio del desarrollo floral de mango considerando la escala externa generada por Pérez-Barraza *et al.* (2009), la cual considera 12 estadios (E) desde E 1, yema vegetativa completamente cerrada hasta E 12 anthesis; agregando dos estadios, E 13= cuajado de fruto (frutos entre 4 y 5 mm de longitud) y E 14= amarre (frutos entre 1 y 2 cm de longitud), para este estudio las inflorescencias fueron marcadas a partir E 3.

Porcentaje de frutos partenocárpicos y con semilla

Para la evaluación de esta variable se consideraron las inflorescencias marcadas desde E 3 (yema hinchada) en los diferentes flujos de floración. Cuando las inflorescencias alcanzaron el amarre de frutos (E 14), se contabilizó el número de frutos con semilla (fcs) y frutos partenocárpicos (fp) por cada inflorescencia. Posteriormente se calculó el porcentaje de cada uno de ellos por inflorescencias marcadas.

El procedimiento fue el siguiente: total frutos (TF)= \sum fcs, fp; porcentaje de frutos con semilla (FCS %)= $(fcs \times 100) / TF$; porcentaje de frutos partenocárpicos (FP%)= $100 - FCS \%$.

Aborto de embrión

En los 10 árboles seleccionados, se muestrearon cada 15 días frutos con apariencia partenocárpico a partir de cuajado, amarre y desarrollo de fruto cuando éste alcanzó 5 cm de longitud. En cada muestreo se recolectaron 20 frutos se extrajeron las semillas y se colocaron en fijador FAA (50% etanol al 100% + 5% ácido acético glacial + 10% formaldehído + 35% agua destilada) durante 8 días, posteriormente se enjuagaron con etanol al 50 y 70% (4 h en cada uno) y se colocaron en fijador GAA (25% glicerol + 50% etanol + 25% agua destilada). Una vez en el laboratorio se llevó a cabo su deshidratación con etanol, transparentación con xileno e inclusión en parafina y se realizaron cortes anatómicos en micrótopo rotatorio (8 micrómetros), se observaron en microscopio para seguir el desarrollo del embrión en tres etapas del desarrollo del fruto 1) cuajado de frutos, entre 3 y 5 mm de longitud; 2) amarre de frutos, entre 1 y 2 cm de longitud; y 3) frutos en desarrollo con una longitud entre 4 y 5 cm.

Temperatura máxima y mínima

Se utilizaron datos de las estaciones agrometeorológicas de Nayarit, la cual se compone de equipos automatizados que colectan datos quinceminutales de temperatura, precipitación, radiación solar y viento (Adcon Telemetry, modelo A753, Klosterneuburg, Austria). La estación seleccionada por caracterizar las condiciones del área de estudio fue El Verdineño, localizada 21.702 latitud norte, 105.132 longitud oeste y 43 msnm. La estación se ubica a 10 km de la parcela experimental.

Cuantificación de umbrales térmicos

Mediante el motor de base de datos access 2013 (Microsoft Office 2010, Redmond, Washington, Estados Unidos) se integraron los datos de temperatura máxima (T máx) y mínima (T mín), calculando el promedio diario. Se consideraron estas temperaturas durante el periodo de desarrollo de inflorescencias E3-E14. En cada flujo vegetativo presentado se integró una base de datos con temperaturas, etapa fenológica o estadio y fecha en que esta etapa fue presentada, posteriormente se cuantifico el número de días con temperaturas que pasaron los umbrales térmicos.

Resultados

Desarrollo de inflorescencias y temperatura

En Nayarit, las etapas del desarrollo de la inflorescencia del primer flujo fueron en diciembre de 2017. E3, inició el 15 de diciembre de 2017 y alcanzó plena floración el 14 de enero de 2018 con una duración de 29 días. El tiempo transcurrido de E12 (plena floración) hasta el amarre de frutos fue de 42 días, el proceso completo tuvo una duración de 71 días (E3 a E14) (Figura 1).

En la Figura 1, se percibieron las temperaturas mínimas presentadas en las etapas fenológicas de E3 a E12, estas fluctuaron entre los 13.3 y 18.6 °C. En la etapa de desarrollo E3, yema hinchada, la temperatura mínima fue de 18 °C, posteriormente fue descendiendo gradualmente durante los 29 días de duración hasta E12, llegando a una mínima de 13 °C. Durante las etapas de desarrollo de E12 a E14, la temperatura mínima fue entre 12 y 18 °C a excepción del día 17 de enero que bajo hasta 9.5 y el 28 de enero a 10.8 °C.

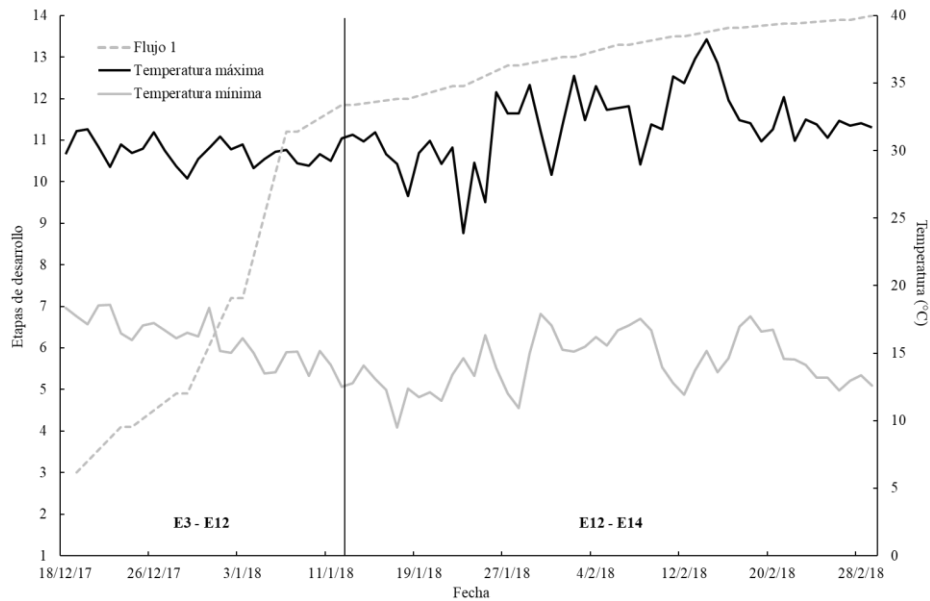


Figura 1. Etapas del desarrollo floral, primer flujo, y temperatura máxima y mínima presentadas durante el desarrollo de la inflorescencia del mango ‘Ataulfo’, Nayarit, 2018.

Con relación a las temperaturas máximas, estas fluctuaron entre los 28 y 31.5 °C durante E3 hasta E12, después de plena floración (E12) hasta amarre de fruto (E14) las temperaturas fluctuaron entre los 24 y 38 °C. Las etapas del desarrollo de la inflorescencia del segundo flujo se presentaron hasta enero de 2018 (Figura 2), E3 inició el 23 de enero de 2018 y alcanzó plena floración el 26 de febrero de 2018 con una duración de 34 días. El tiempo transcurrido de E12 (plena floración) hasta el amarre de frutos fue de 41 días, el proceso completo tuvo una duración de 75 días (E3 a E14).

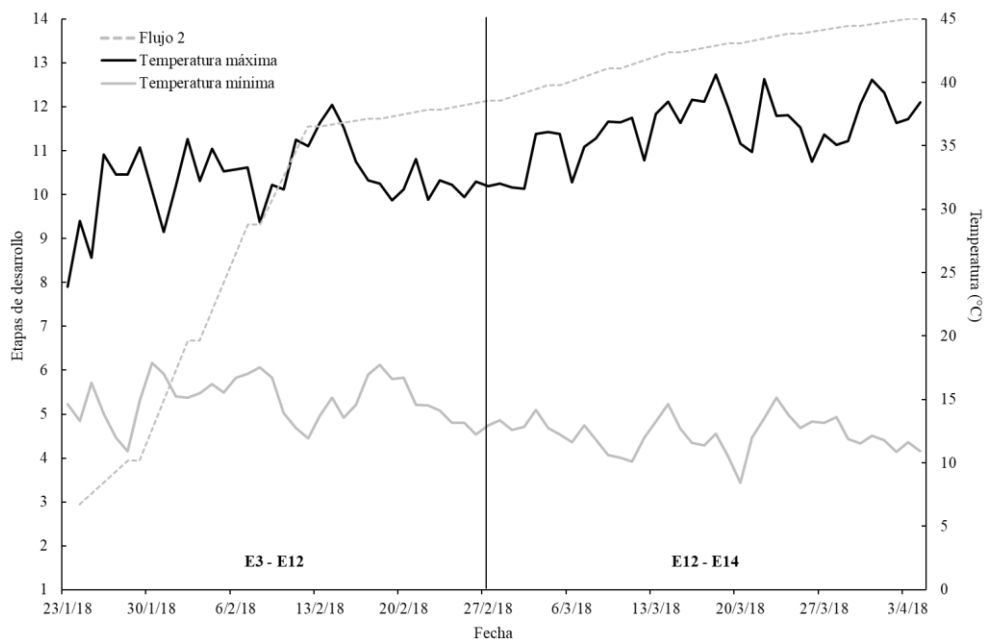


Figura 2. Etapas del desarrollo floral, segundo flujo y temperatura máxima y mínima presentadas durante el desarrollo de la inflorescencia del mango ‘Ataulfo’, Nayarit, 2018.

En la Figura 2, se observan las temperaturas mínimas presentadas en las etapas fenológica de E3 a E12, estas fluctuaron entre los 11 y 18°. En la etapa de desarrollo E3, la temperatura mínima fue de 16.3 °C y se mantuvieron en su mayoría arriba de 15 °C, presentando una baja en las temperaturas a finales de enero y 12 de febrero (aproximadamente 11 y 12 °C, respectivamente). Durante las etapas de desarrollo de E12 a E14, la temperatura mínima osciló entre los 8 y 15 °C.

Con relación a las temperaturas máximas, estas fluctuaron entre los 24 y 38 °C durante E3 hasta E12, después de plena floración (E12) hasta amarre de fruto (E14) las temperaturas fluctuaron entre los 31 y 40 °C.

Cuantificación de umbrales

Los umbrales de temperatura mínima presentados durante la etapa del desarrollo de la inflorescencia se muestran en el Cuadro 1. En el primer flujo de floración, se presentaron 30 días con temperaturas mínimas menores a 19 °C durante E3 (yema hinchada) hasta E 12 (plena floración), en ese mismo período hubo desde 16 hasta 26 días con umbrales de temperatura menores de 16 y 18 °C, mientras que para los umbrales de temperaturas mínimas menos a 15, 14 y 13 °C, fueron de 9, 7 y 3 días respectivamente.

Cuadro 1. Umbrales de temperatura mínima y etapa fenológica, en dos flujos de floración en mango ‘Ataulfo’, Nayarit 2018.

Flujos de Floración	Etapas fenológicas	Días con temperatura mínimas menor al umbral térmico (°C)												
		20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
Flujo 1	E3 a E12		30	26	22	16	9	7	3	0	0	0	0	0
	E12 a E14			44	39	32	27	21	12	5	2	1	0	0
Flujo 2	E3 a E12			35	30	23	18	12	5	2	1	0	0	
	E12 a E14						40	38	31	18	12	2	1	0

Durante el período de plena floración (E12) hasta amarre de fruto (E14) se presentaron eventos mayores a 44 días con temperaturas mínimas menores de 18 °C, en umbrales con temperaturas mínimas menores a 15 °C el número de eventos llegó a los 27. En este mismo periodo se registraron 1 evento de hasta 10 °C temperatura mínima.

En el segundo flujo de floración, durante la etapa E3 a E12 el número de eventos con temperaturas mínimas menores a 18 °C fue 35, registrándose un evento en 11 °C. En contraste, durante la etapa de E12 a E14 el número de eventos con temperaturas mínimas menores a 15 °C fue de 40 e incluso se registró un evento con temperatura mínima menores a 9 °C.

Los umbrales de temperatura máxima durante la etapa del desarrollo de la inflorescencia se observan en el Cuadro 2. La temperatura máxima osciló durante el periodo de desarrollo de las inflorescencias de 27-40 °C. En el primer flujo de floración, desde E3 (yema hinchada) hasta E12 (plena floración) se presentaron 30 días con temperatura mayor a 27 °C llegando hasta 31 °C (seis días con temperatura máxima en este umbral). Durante el período de plena floración (E12) hasta amarre de fruto (E14) se presentaron eventos de 41 días con temperatura máxima mayor a 27 °C, resaltando 13 días con temperatura máxima mayor a 33 °C, siendo 37 °C el mayor registro de temperatura, pero solo un día.

Para el segundo flujo de floración, durante el periodo de E3 a E12, el número de eventos con temperaturas máximas mayores a 28 °C fue de 33 días, siendo 38 °C el valor máximo de temperatura y se presentó solo durante un día. Contrario a esto, durante la etapa de E12 a E14 el número de eventos con temperaturas máximas mayor a 40 °C fue de 3, e incluso fueron cuantificados más de 30 eventos (días) con temperaturas máximas mayores a 35 °C.

Cuadro 2. Umbrales de temperatura máxima y etapa fenológica, en dos flujos de floración en mango ‘Ataulfo’. Nayarit 2018.

Flujos de Floración	Etapas fenológicas	Días con temperatura máxima mayor al umbral térmico (°C)													
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Flujo 1	E3 a E12	30	29	25	15	6									
	E12 a E14		41	38	35	30	22	13	9	5	3	1			
Flujo 2	E3 a E12		33	31	30	27	21	13	9	5	3	1			
	E12 a E14					41	38	36	34	32	24	15	9	4	3

Porcentaje de frutos partenocárpicos y con semilla

Respecto al tipo de fruto producido por inflorescencia (primer flujo, iniciada en diciembre de 2017), en la Figura 3 se observó que el porcentaje de frutos partenocárpicos fue de 14%, mientras que la producción de frutos normales; es decir, con semilla, fue de 86% aproximadamente, en inflorescencias que emergieron en esa misma época. Lo contrario ocurrió en el segundo flujo de floración, iniciada el 23 de enero de 2018, donde 75% de los frutos producidos fueron partenocárpicos (segundo flujo de floración) y solo 25%, correspondió a frutos con semilla.

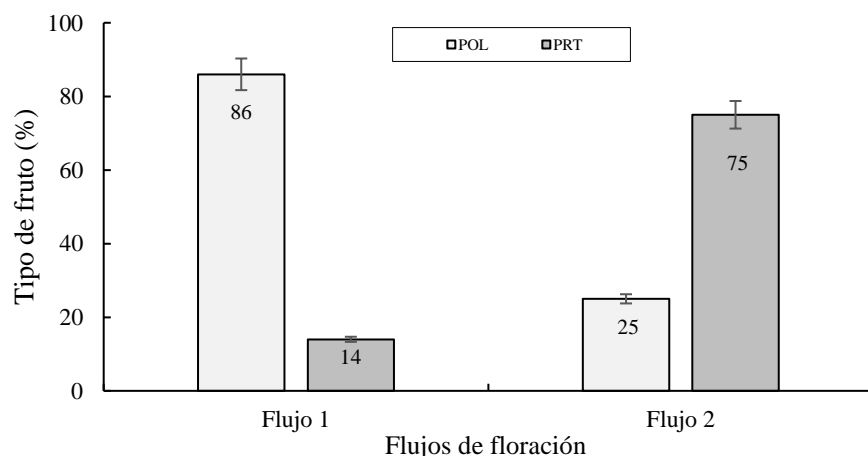


Figura 3. Porcentaje de frutos con semilla (POL) y partenocárpicos (PRT) por inflorescencia, Nayarit.

Desarrollo de embrión

Los resultados obtenidos en frutos colectados en los diferentes estados de desarrollo se muestran en la Figura 4. Los frutos presentaron un óvulo anátropo con el saco embrionario degenerado, no obstante, se observó el embrión abortado desde la etapa temprana del desarrollo del fruto, en cuajado (E 13) con frutos entre 4 y 5 mm de longitud (Figura 4A y 4B), en amarre o E 14 (Figura

4C y 4D) se observó incluso el embrión abortado en etapa globular (frutos con una longitud ente 1 y 2 cm). Finalmente, en frutos en desarrollo con una longitud entre 4 y 5 cm se analizó la presencia de numerosos embriones (Figura 4E y 4F).

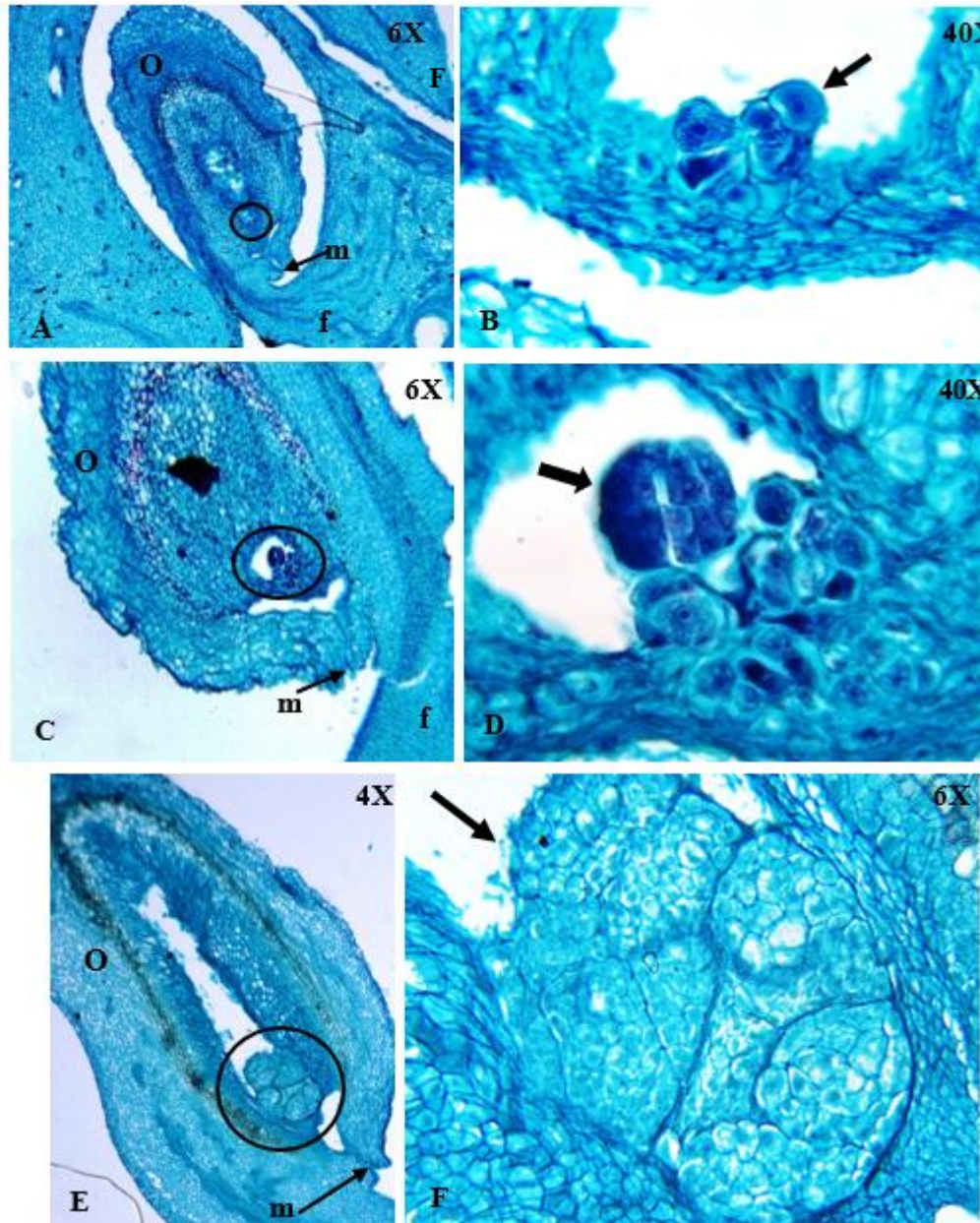


Figura 4. Aborto de embrión observado, en tres etapas de desarrollo de frutos partenocárpicos. A= etapa de cuajado (frutos entre 3 y 5 mm de longitud), el círculo indica la presencia del embrión abortado (6X); B= embrión abortado observado en mayor escala (40X). C= amarre (frutos entre 1 y 2 cm), el círculo indica la presencia del embrión en estado globular abortado (6X); D= embrión globular abortado (40X). E= frutos en desarrollo (entre 4 y 5 cm), el círculo indica la presencia de numerosos embriones abortados (4X) y F= mismos embriones a mayor escala (6X), corroborando que ‘Ataulfo’ es un tipo de fruto poliembriónico. O= óvulo anátropo; m= micrópilo; f= funículo. Nayarit 2018.

Discusión

En Nayarit el primer flujo de floración, desde inicio hasta amarre de fruto, sucedió en presencia de temperaturas mínimas de 14 °C en promedio y máximas alrededor de 33.5 en promedio. Es importante señalar que, de los dos flujos presentados, el segundo de ellos se prolongó por un período ligeramente mayor a 70 días, sobre todo la etapa de plena floración (E12) hasta el amarre de fruto (E14) y coincidió con temperaturas mínimas en promedio de 12°C y máximas por arriba de los 35.5, lo que se consideran temperaturas extremas durante esta etapa fenológica.

De acuerdo con Ruiz *et al.* (1999), el mango demanda temperaturas medias anuales de entre 24 y 27 °C, por lo que temperaturas extremas (15, 35 °C), además de baja humedad relativa durante el periodo de floración pueden ocasionar daños a las estructuras florales y frutos en desarrollo (Singh, 2005; Ravishankar *et al.*, 2011). Estos últimos autores, mencionan que, en la etapa de plena floración hasta amarre de frutos, sucede la fecundación del óvulo e inicia el desarrollo del embrión y subsecuentemente el crecimiento en tamaño del fruto.

Respecto a los umbrales de las temperaturas presentadas durante todo el desarrollo de la floración, en el primer flujo presentado en Nayarit, la mayoría de los eventos fueron con temperaturas mínimas y máximas consideradas adecuadas de acuerdo con Singh, (2005); Ravishankar *et al.* (2011), mientras que en el segundo flujo, tuvo un número mayor de eventos con temperaturas consideradas extremas y que ocasionan daños tanto a la floración como a la fecundación y desarrollo del fruto, estas son temperaturas mínimas por abajo de los 15 °C y mayores a 35 °C.

Con relación al tipo de fruto producido, en Nayarit, la mayor producción de frutos partenocárpicos se presentó en el segundo flujo de floración donde la cantidad de ellos aumentó a más 70% respecto al primer flujo presentado. Lo anterior, está relacionado con la época en que se presentó el cuajado (E 13) y amarre (E 14) de frutos en el segundo flujo de floración y la presencia de temperaturas mínimas menores a 15°C y mayores de 35 °C durante esa etapa, ya que varios estudios coinciden con estos resultados.

De acuerdo con Sukhvibul *et al.* (2005) la exposición a bajas temperaturas (20/10 °C, día/noche) tres días después de la polinización manual, provocó un aborto del embrión e incrementó el porcentaje de frutos sin semilla (nubbin= niño) en los cultivares de mango ‘Irwin’, ‘Kensington’ y ‘Nam Dok Mai’, mencionando que los cultivares poliembriónicos fueron más susceptibles a la baja temperatura que los monoembriónicos. Lo que coincide con el cultivar ‘Ataulfo’ que es un cultivar poliembriónico y es probable que sea susceptible tanto a bajas como altas temperaturas durante el periodo de floración.

Con base a lo anterior, seguramente las temperaturas presentadas en el periodo de plena floración y amarre de fruto dañaron el desarrollo del embrión provocando su aborto, ya que es en esta etapa donde se lleva a cabo la fecundación, desarrollo del embrión y el subsecuente crecimiento del fruto como lo mencionan Singh, (2005); Ravishankar *et al.* (2011). Por otro lado, Issarakraisila *et al.* (1992) encontraron que 60% de las flores de mango del cultivar Kensington, que se desarrollaron con temperaturas nocturnas entre 7 y 15 °C, tuvieron estilos cortos y un pobre desarrollo de tubos polínicos.

En el mismo cultivar, temperaturas menores de 15 y arriba de 33 °C durante la época de floración redujeron la viabilidad de los granos de polen y temperaturas nocturnas abajo de 10 °C disminuyeron su germinación en más de 50% (Issarakraisila y Considine, 1994). No obstante, en este estudio el mayor número de eventos con umbrales de temperatura mínimas por debajo de los 15 °C y máximas por arriba de los 35 °C, se presentaron en plena floración hasta amarre de fruto en el segundo flujo de floración.

Los embriones abortados encontrados en las diferentes etapas de desarrollo de frutos de mango ‘Ataulfo’, indica que en estos hubo polinización y fecundación y que posiblemente el embrión fue dañado por las temperaturas menor a 15 °C y mayores de 35 °C presentadas desde E 13 hasta E 14, lo que coincide con lo reportado por Whiley *et al.* (1988); Sukhvibul *et al.* (2000a) definiendo a estos frutos como estenospermocárpicos, un tipo de partenocarpia en la que hay polinización y fecundación pero el embrión recién fecundado es abortado (Vardi, *et al.*, 2008). Contrario a esto, Salazar-García *et al.* (2016) no encontraron evidencias de estenospermocarpia en frutos sin semilla de mango ‘Ataulfo’; no obstante, en su trabajo no realizaron estudios histológicos y solo observaron características macroscópicas de frutos sin semilla seccionados longitudinalmente.

Por su parte, Huang *et al.* (2010) mencionan que no existió la reproducción sexual en frutos de mango ‘Tainong 1’ cuando desarrollan a temperaturas máximas diurnas <20 °C, debido a un lento crecimiento del tubo polínico y baja tasa de fecundación. En frutos con semilla, mediante estudios histológicos de alta calidad, observaron el desarrollo del embrión en sus diferentes etapas del desarrollo, desde globular hasta la forma de torpedo. En este estudio, en frutos sin semilla de ‘Ataulfo’ se observaron embriones en estado globular en las primeras etapas de desarrollo, pero abortados, e incluso se observó en óvulos degenerados, múltiples embriones abortados, lo cual está relacionado con el tipo de fruto poliembriónico al que pertenece el cultivar ‘Ataulfo’.

Conclusiones

En Nayarit la época de floración, desde inicio hasta amarre de fruto, se presenta de mediados de diciembre a febrero o marzo y sucedió en dos flujos florales.

El segundo flujo de floración se prolongó por un período ligeramente mayor a 70 días y la etapa de plena floración hasta el amarre de fruto coincidió con temperaturas extremas, mínimas de 15 °C en promedio y máximas por arriba de los 35 grados.

La mayor producción de frutos partenocárpicos se presentó en el segundo flujo de floración en Nayarit, mientras que en el primero la producción de frutos con semilla superó a los partenocárpicos.

En Nayarit, la presencia de frutos partenocárpicos está relacionada con temperaturas extremas (≤ 15 y ≥ 35 °C) durante el periodo de plena floración hasta amarre de fruto, causando aborto de embrión.

Literatura citada

Baker, L. R.; Scott, J. W. and Wilson, J. E. 1973. Seedless pickles-a new concept. *Farm Science* 227(10):1-12.

- Beasley, D. R.; Joyce, D. C. and Hofman, P. J. 1999. Effect of preharvest bagging and of embryo abortion on calcium levels in 'Kensington Pride' mango fruit. *Aust. J. Exp. Agric.* 39(3):345-349.
- Davenport, T. L. 2009. Reproductive physiology. *In: the mango: botany, Production and Uses.* R. E. Litz (Ed.). 2nd. Edition. CABInternational. USA. 97-169 p.
- Gehrke-Vélez, M.; Castillo-Vera, A.; Ruiz-Bello, C.; Moreno-Martinez, J. L. and Moreno-Basurto, G. 2012. Delayed self-incompatibility causes morphological alterations and crop reduction in 'Ataulfo' mango (*Mangifera indica* L.). *New Zealand J. Crop Hortic. Sci.* 40(4):1-13.
- Gillaspy, G.; Ben-David, H. and Gruissem, W. 1993. Fruits: a developmental perspective. *Plant Cell* 5(10):1439-1451.
- He, J. H.; Ma, F. W.; Chen, Y. Y. and Shu, H. R. 2012. Differentially expressed genes implicated in embryo abortion of mango identified by suppression subtractive hybridization. *Gen. Mol. Res.* 11(4):3966-3974.
- Huang, J. H.; Ma, W. H.; Liang, G. L.; Zhang, L. Y.; Wang, W. X.; Cai, Z. J. and Wen, S. X. 2010. Effects of low temperatures on sexual reproduction of 'Tainong 1' mango (*Mangifera indica*). *Sci. Hortic.* 126(2):109-119.
- Issarakraisila, M. and Considine, J. A. 1994. Effects of temperature on microsporogenesis and pollen viability in mango cv. 'Kensington'. *Ann. Bot.* 73(3):231-234.
- Issarakraisila, M.; Considine, J. A. and Turner, D. W. 1992. Seasonal effects of floral biology and fruit set of mangoes in a warm temperature region of western Australia. *Acta Horticulturae.* 321(75):626-635.
- Lin, S.; George, W. L. and Splittstoesser, W. E. 1984. Expression and inheritance of parthenocarpy in 'Severianin' tomato. *J. Hered.* 75(1):62-66.
- Patel-Gaurang, D.; Patel, B. N. and Chauhan, D. A. 2015. Influence of temperature on pollen viability and fruit setting in mango. *J. Environ. Res. Development.* 10(1):47-53.
- Pérez, B. M. H.; Vázquez V. V. y Osuna, G. J. A. 2007. Incidencia de frutos partenocárpicos en mango 'Ataulfo' en huertos comerciales de Nayarit. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 13(2):149-156.
- Polito, V. S. 1999. Seedlessness and parthenocarpy in *Pistacia vera* L. (Anacardiaceae): temporal changes in patterns of vascular transport to ovules. *Ann. Bot.* 83(4):363-368.
- Rajan, S. 2012. Phenological responses to temperature and rainfall: a case study of mango. Sthapit, B.; Rao, V. R. and Sthapit, S. (Eds.). *In: tropical fruit tree species and climate change.* Bioersivity International. New Delhi, India. 71-96 p.
- Ravishankar, H. T.; Kumar, A. K. and Shukla, R. P. 2011. Some aspect of weather dynamics influencing production and sustainability of mango (*Mangifera indica* L.) in Malihabad Belt of uttar pradesh. *In: international conference on issue for climate change, land use diversification and biotechnological tools for livelihood security.* October 8-10. Hi-Tech Horticulttural Society. Meerut (UP) India. 209 p.
- Ruiz, C. J. A.; Medina, G. G.; González, A. I. J.; Ortiz, T. C.; Flores, L. H. E.; Martínez, P. R. y Byerly, M. K. F. 1999. Requerimientos agroecológicos de cultivos. INIFAP-Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, México. 324 p.
- Salazar-García, S.; Álvarez-Bravo, A.; Ibarra-Estrada, M. E.; González-Valdivia, J. y Medina-Torres, R. 2016. Presencia de fruto partenocárpico en mango 'Ataulfo' y su relación con la temperatura ambiental y tratamientos de fertilización. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 13 Especial: 2615-2626

- Scaven, V. L. and Ranfferity, N. E. 2013. Physiological effects of climate warming on flowering plants and insect pollinators and potential consequences for their interaction. *Current Zoology* 59(3):418-426.
- Sedgley, M. and Griffin, A. R. 1989. *Sexual Reproduction of Tree Crops*. Academic Press Inc. San Diego, CA. ISBN 0-12-634470-1. 363 p.
- Shaban, A. E. A. and Ibrahim, A. S. A. 2009. Comparative study on normal nubbin fruits of some mango cultivars. *Australian J. Basic Appl. Sci.* 3(3):2166-2175.
- Singh, Z. 2005. Embryo abortion in relation to fruit size, quality, and concentrations of nutrients in skin and pulp of mango. *J. Plant Nutr.* 28(10):1723-1737.
- Sukhvibul, N.; Hetherington, S. C.; Vithanage, V.; Whiley, A. W. and Smith, M. K. 2000. Effect of temperature on pollen germination, pollen tube growth and seed development in mango (*Mangifera indica* L.). *Act Hortic.* 509(1):609-616.
- Sukhvibul, N.; Whiley, A. W. and Smith, M. K. 2005. Effect of temperature on seed and fruit development in three mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *Sci. Hortic.* 105(4): 467-474.
- Vardi, A.; Levin, I. and Carmi, N. 2008. Induction of seedlessness in citrus: from classical techniques to emerging biotechnological approaches. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 133(1):117-126.
- Vardy, E.; Lapushner, D.; Genizi, A. and Hewitt, J. 1989. Genetics of parthenocarpy in tomato under a low temperature regime I. *Euphytica.* 41(1):1-8.
- Varoquaux, F.; Blanvillain, R.; Delseny, M. and Gallois, P. 2000. Less is better: new approaches for seedless fruit production. *Tibtech.* 18(6):233-242.
- Whiley, A. W.; Saranah, J. B.; Rasmussen, T. S.; Winston, E. C. and Wolstenholme, B. N. 1988. Effect of temperature on growth of 10 mango cultivars with relevance to production in Australia. *In: Batten, D. (Ed.). Proceedings of the Fourth Australasian Conference on Tree and Nut Crops*. Acotanc, Lismore. 76-185 pp.