

Mango partenocárpico y su relación con la temperatura

Parthenocarpic mango and its relationship with temperature

Arumin Alondra Escalera-Mota¹, David Heriberto Noriega-Cantú^{2*} ,
Ricardo González-Mateos³ , Ma. Hilda Perez-Barraza⁴ , Arturo Álvarez-Bravo⁴ ,
Yanik Ixchel Maldonado-Astudillo¹ , Javier Jiménez-Hernández^{1*} 

¹Centro de Innovación de Competitividad y Sustentabilidad, Universidad Autónoma de Guerrero, Calle Pino s/n, Fraccionamiento El Roble, 39640, Acapulco de Juárez, Guerrero, México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Iguala, Carretera Iguala-Tuxpan Km. 2.5, Col. Centro Tuxpan, 40000, Iguala de la Independencia, Guerrero, México.

³Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Autónoma de Guerrero, Carretera Iguala-Tuxpan Km. 2.5, Col. Centro Tuxpan, 40000, Iguala de la Independencia, Guerrero, México.

⁴INIFAP, Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Carretera Internacional México-Nogales km 5, entronque a Santiago Ixcuintla, 63300, Nayarit, México.

*Autor para correspondencia: noriega.david@inifap.gob.mx; jjimenez@uagro.mx

Fecha de recepción:

1 de junio de 2022

Fecha de aceptación:

9 de septiembre de 2022

Disponible en línea:

8 de diciembre de 2022

Este es un artículo en acceso abierto que se distribuye de acuerdo a los términos de la licencia Creative Commons.



Reconocimiento-

NoComercia-

CompartirIgual 4.0

Internacional

RESUMEN

En el estado de Guerrero, México, el mango cv. 'Ataulfo' presenta el problema de alta producción de frutos partenocárpico. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la temperatura durante *pre-* y *post-* anthesis sobre la producción de frutos partenocárpico. El estudio se realizó en un huerto comercial en Guerrero, México, donde se seleccionaron 10 árboles, marcando 100 y 150 inflorescencias durante 2017 y 2018, respectivamente. Las variables evaluadas fueron el desarrollo de la inflorescencia, el tipo de fruto retenido (frutos partenocárpico= FP, frutos con semilla= FCS) y la temperatura a nivel de dosel vegetal. En el ciclo más cálido (34.7 °C) en 2017 no se encontró significancia estadística entre la producción de frutos (FP y FCS) y los factores de clima, mientras que en el ciclo más fresco (33.7 °C) en 2018 se detectó una correlación significativa negativa entre bajas temperaturas (16.2-17.9 °C) y la producción de frutos sin semilla. Las temperaturas bajas en anthesis causan inhibición en el proceso de polinización, incrementando la retención de frutos partenocárpico.

PALABRAS CLAVE

Mangifera indica, fruto partenocárpico, Ataulfo, temperatura.

ABSTRACT

In Guerrero, Mexico, the 'Ataulfo' mango faces the problem of high production of parthenocarpic fruits. The objective of this study was to evaluate the effect of temperature during pre and post-anthesis during parthenocarpic mango fruit production. The research was carried out in a commercial orchard located in Guerrero state, where 10 trees were selected, marking 100 and 150 inflorescences in 2017 and 2018, respectively. The variables evaluated were inflorescence development, types of fruits retained (parthenocarpic fruits=FP and fruits with seeds=FCS), and temperature plant canopy level. In the warmest cycle (34.7 °C) in 2017, no statistical significance was found between fruit production (FP and FCS), and climate factors, while in the coolest cycle (33.7 °C) in 2018, a significant negative correlation was detected between low temperatures (16.2-17.9 °C) and the production of seedless fruits. Low temperatures in anthesis cause inhibition in the pollination process, increasing the retention of parthenocarpic fruits.

KEYWORDS

Mangifera indica, parthenocarpic fruit, Ataulfo, temperature.

INTRODUCCIÓN

El mango cv. 'Ataulfo' (*Mangifera indica* L.) es uno de los cinco cultivos frutales más importantes del mundo (junto con plátanos, naranjas, uvas y manzanas), con una producción alrededor de 60 millones de toneladas en 2018 (FAOSTAT 2020). En México se cultivan 206,074 ha de mango, de las cuales el cultivar 'Ataulfo' ocupa 63,971 y se producen más de 614 mil ton de fruta, con un valor superior a los 3.1 billones de pesos mexicanos. Los tres principales estados productores son Chiapas, Nayarit y Guerrero, con 51, 20 y 13 por ciento de la superficie total de mango cv. 'Ataulfo', respectivamente, y un rendimiento promedio de 11.8 ton ha⁻¹ (SIAP 2019). El mango cv. 'Ataulfo' es el de mayor importancia económica y social por su mercado de exportación y nacional; no obstante, uno de los problemas que enfrenta es la presencia de frutos partenocárpicos, los cuales no alcanzan su tamaño normal y tienen menor valor comercial (SE 2012). Esta situación disminuye la competitividad de los productores, al cosechar frutos que no cumplen con los estándares requeridos por el mercado, lo que hace insostenible la producción de los huertos a mediano y largo plazo. Localmente, estos frutos son denominados *mango niño*.

En México, la partenocarpia ha sido reportada en las principales zonas productoras de mango de los estados de Nayarit, Guerrero y Chiapas, y se ha observado un incremento de este fenómeno (Leyva-Mayo et al. 2016). La ausencia de semilla en los frutos de mango afecta considerablemente el tamaño, el cual llega a ser tres veces menor que el de los frutos con semilla. Nayarit ha reportado una presencia alta de mango partenocárpico del orden de 54 a 90 por ciento, lo que ha ocasionado una fuerte disminución en los volúmenes de exportación y, en consecuencia, serias pérdidas económicas para los productores (Pérez-Barraza et al. 2007, 2019).

La partenocarpia se refiere a la formación de frutos, total o parcialmente, sin polinización o fertilización. Hay varios tipos de partenocarpia, entre ellas la estenospermocarpia, que describe una fruta sin semillas causada por el aborto embrionario después de la fertilización del óvulo (Soule 1985; Hernández-Guerrero et al. 2015). En mango, el aborto embrionario parece ocurrir cuando los árboles están expuestos a bajas o altas temperaturas durante la

polinización o etapas tempranas del desarrollo del fruto (Lakshminarayana y Hernández-Aguilar 1975; Davenport y Núñez-Elisea 1983; Whiley et al. 1988; Ramírez y Davenport 2016). A nivel de invernadero, tres variedades de mango fueron expuestas a bajas temperaturas de 20/10 °C (día/noche), tres días después de la polinización manual, lo que incrementó significativamente el número de frutos estenospermocárpicos (nubbins): la variedad 'Nam Do Mai', con 21 por ciento; 'Kensington', con 11 por ciento, e 'Irwin', con 3 por ciento, cuyos embriones fueron abortados en algún momento durante el desarrollo temprano de la fruta (Sukhvibul et al. 2005). Huang et al. (2010), en China, estudiaron el proceso de reproducción sexual de mango 'Tainong1', a bajas temperaturas (<20 °C), comparado con temperaturas ambientales (máxima diurna de 25 a 30 °C, temperatura media diurna > 20 °C), para encontrar que las bajas temperaturas afectaron significativamente el desarrollo del pistilo y gametofito masculino, lo que dio por resultado granos de polen con viabilidad baja, crecimiento lento del tubo polínico. Así, la ausencia de reproducción sexual del mango 'Tainong 1' a bajas temperaturas parece deberse en gran medida al crecimiento lento del tubo de polen *in vivo* y a una baja tasa de fertilización exitosa. En Chiapas, Gehrke-Vélez et al. (2011) estudiaron la falta de amarre y producción excesiva de frutos estenospermocárpicos (mango niño) en mango cv. 'Ataulfo', y determinaron que el polen mostró viabilidad aceptable (70-85%) y niveles de germinación de 14.5 y 1.75 por ciento en flores hermafroditas y masculinas, respectivamente, con una tasa de crecimiento del tubo polínico inicial alta (58 $\mu\text{m h}^{-1}$), pero rápidamente decreciente 12 h después de germinación (12.8 $\mu\text{m h}^{-1}$), lo que indica la posibilidad de una limitación por algún factor ambiental o fisiológico que causa fecundación deficiente y consecuente atrofia embrionaria.

En Nayarit, Pérez-Barraza et al. (2019) estudiaron, en huertos de mango cv. 'Ataulfo', los factores de clima que inciden en la presencia de frutos partenocárpicos; sus resultados indican que la mayor producción se presenta en el segundo flujo de floración, con 75 por ciento, mientras que en el primero la producción de frutos con semilla superó a los partenocárpicos, lo cual significa que esto está relacionado con temperaturas extremas (<15 y >35 °C) durante el periodo de plena floración hasta amarre de fruto, al causar aborto de

embrión. Bajo las condiciones de la Costa de Guerrero, se ha observado un incremento de mango partenocárpico (FP) y una baja productividad de mango con semilla en este cultivar (Leyva-Mayo et al. 2016). No obstante, es indudable que la fase reproductiva (gametofítica) en las plantas con flores es a menudo muy sensible a las temperaturas extremas, por lo que incluso un solo día caliente o una noche fría a veces pueden ser fatales para el éxito reproductivo (Zinn et al. 2010). Sin embargo, en los estudios descritos, la mayoría consideran datos cualitativos de los factores climáticos y su efecto sobre la antesis, la producción y la retención de frutos con semilla y sin semilla de mango cv. 'Ataulfo'. El objetivo fue evaluar el efecto de la temperatura durante *pre-* y *post-* antesis sobre la producción de frutos de mango cv. 'Ataulfo' partenocárpico a nivel de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El trabajo se estableció en etapa de floración en los ciclos 2017 y 2018, en una huerta comercial de mango cv. 'Ataulfo' con incidencia alta de frutos sin semilla (>80 %) (17° 12' 44.05" N y 100° 27' 11.82" O, 61 msnm), en el municipio de Atoyac de Álvarez, Guerrero, México. El municipio presenta un clima cálido subhúmedo (Aw1) (García 2004). La plantación fue de 15 años, injertado en portainjertos criollos de la región y establecidos a distancias de 10 x 10 m entre hileras y árboles, con una densidad de 100 árboles por hectárea.

Manejo de la huerta

Se utilizó el manejo del productor: inducción floral en junio con paclobutrazol (30 mL árbol⁻¹); poda manual para eliminar ramas cruzadas y secas; fertilización a inicio de septiembre con 3.0 kg árbol⁻¹ de 17-17-17 y a finales del mismo mes 2.0 kg árbol⁻¹ de fosfonitrato más 2.0 kg árbol⁻¹ de 16-16-16; fertilizante foliar, a dosis de 2.0 L ha⁻¹ de micronutrientes, con cuatro aspersiones; aplicación de nitrato de potasio más nitrato de calcio a dosis de 25 g L⁻¹ de agua, respectivamente, para inducción floral en dos aplicaciones al follaje. Manejo periódico de riegos, 6 horas cada tercer día de noviembre a mayo (2017-2018), por sistema de

microaspersión, manteniendo a capacidad de campo el área de goteo del árbol. La sanidad de los árboles se basó en aplicaciones preventivas para antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) con trifloxystrobin (125 mL ha⁻¹), dos aplicaciones, alternado con mancozeb (1 kg ha⁻¹), tebuconazole+trifloxystrobin (167 mL ha⁻¹) una aplicación, alternado con mancozeb (1 kg ha⁻¹), en el lapso de octubre a diciembre.

En la plantación se seleccionaron 10 árboles al azar —tomando en cuenta el tamaño, edad y apariencia uniforme—, en los cuales se marcaron 100 yemas en reposo en el ciclo 2017 y 150 yemas en el ciclo 2018, a una altura de 1 a 1.8 m, de las cuales 91 y 119 yemas fueron inflorescencias en el ciclo 2017 y 2018, respectivamente.

Variables evaluadas

Para el análisis estadístico se obtuvieron los siguientes datos de las variables dependientes: desarrollo de inflorescencia, número de frutos retenidos hasta la madurez fisiológica, tanto frutos con semilla (FCS), como frutos partenocárpico (FP) de las yemas etiquetadas en los árboles seleccionados. Los factores meteorológicos medidos diariamente fueron: temperatura media, máxima y mínima (°C) (variables independientes) y adicionalmente se midieron la precipitación (mm), la humedad relativa=HR (%) y la velocidad del viento (km h⁻¹).

Meteorología

Los registros diarios de precipitación, temperatura, humedad relativa y velocidad del viento se realizaron mediante una estación meteorológica Vantage PRO2® (Davis Instruments, Hayward, Estados Unidos), ubicada a nivel de la copa del árbol, los sensores ubicados a una altura de 1.8 a 2.5 m respecto al piso. Estos registros fueron organizados desde el estado de reposo de las yemas hasta la madurez fisiológica de la fruta. El rango y los valores medios de los registros meteorológicos registrados durante la etapa de producción para ambos ciclos se enumeran en el Cuadro 1.

Desarrollo de inflorescencias

Para evaluar el crecimiento y desarrollo se utilizó la escala propuesta por Pérez-Barraza et al. (2009), la cual

considera 14 estadios (E) desde E1, yema vegetativa completamente cerrada (reposo); E3, yema hinchada (la yema incrementa su tamaño, diámetro y longitud, con separación de escamas que cubren el meristemo; presenta una apariencia abultada y puntiaguda); E12, antesis o plena floración y E14, amarre de frutos de 1 a 2 cm de longitud. De las yemas marcadas se registró el desarrollo floral en función del tiempo, entre septiembre y enero en ambos ciclos, pasando por la etapa de yema hinchada, emergencia de la inflorescencia, antesis, amarre del fruto. En ambos ciclos se determinó el índice de floración en los 10 árboles que fueron usados para muestreo de yemas; semanalmente se registró el porcentaje de inflorescencias que cubrían la copa del árbol a partir del inicio (5% de floración) hasta plena floración (80%).

Conteo de frutos con semilla y partenocárpicos

Se registró la retención de FCS y FP cuando éstos alcanzaron una longitud de 1-2 cm. El registro de FCS y FP de cada inflorescencia marcada por árbol en ambos ciclos de producción se realizó en noviembre (E14) y enero (frutos en madurez fisiológica).

Características macroscópicas de FCS y FP

En ambos ciclos de producción, en los árboles seleccionados y en yemas no marcadas se muestrearon 30 frutos con apariencia externa normal y 30 partenocárpicos en las etapas de amarre de frutos (noviembre) y en frutos con madurez fisiológica para corte (enero). Para verificar la presencia de óvulos, los frutos fueron seccionados longitudinalmente y

observados con un microscopio estereoscópico Luxeo 4Z® (Labo America Inc., Fremont, Estados Unidos).

Análisis de datos

Los datos de las variables independientes (factores meteorológicos) fueron resumidos en intervalos de 7 días durante la antesis, es decir, tres días antes y después de la antesis, más el día en que se detectó la plena floración (E12). Los datos de estos intervalos se usaron para calcular las relaciones entre las variables dependientes (retención de FCS y FP) y las variables independientes (factores meteorológicos), en forma de coeficientes de correlación de Pearson para cada ciclo (SAS 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo de inflorescencias y temperatura

Las etapas de desarrollo de inflorescencias iniciaron en septiembre en ambos ciclos. La etapa E3 inició el 29 de septiembre en 2017 y el 9 de septiembre en 2018; en promedio, alcanzó la plena floración (E12) el 30 de octubre para el 2017 y el 11 del mismo mes para 2018, con una duración media de 31 días. El tiempo transcurrido de E12 hasta el amarre de frutos (E14) fue de 8 a 11 días para el primero y segundo ciclo. Mientras que el proceso completo de E3 a fruto cosechado fue de 106 y 127 días en 2017 y 2018, respectivamente. El rango y valor promedio de parámetros climáticos registrados durante la época de floración a cosecha se presentan en el Cuadro 1, donde, en términos generales, se

Cuadro 1. Rango y valor promedio de variables independientes del ciclo 2017 y 2018 en mango 'Ataulfo' en Guerrero, México.

Factores climáticos	Primer ciclo 2017*		Segundo ciclo 2018**	
	Rango	Media	Rango	Media
Precipitación (mm)	0 – 42.1	0.76	0 – 267.9	3.5
Temp med (°C)	24.4 – 29.6	27.2	19.9 – 29.6	26.7
Temp max (°C)	28.2 – 37.1	32.8	21.5 – 34.6	32.4
Temp min (°C)	19.1 – 25.6	22.8	14.9 – 25.1	21.1
Velocidad Viento (km h ⁻¹)	0.2 – 2.2	1.1	0 – 2.7	1.0
HR (%)	41.7 – 100	66.7	70.4 – 99.8	86.4

*Flor a cosecha de frutos (106 días, 29 de septiembre a 13 de enero). **Flor a cosecha de frutos (127 días, 9 de septiembre a 14 de enero).

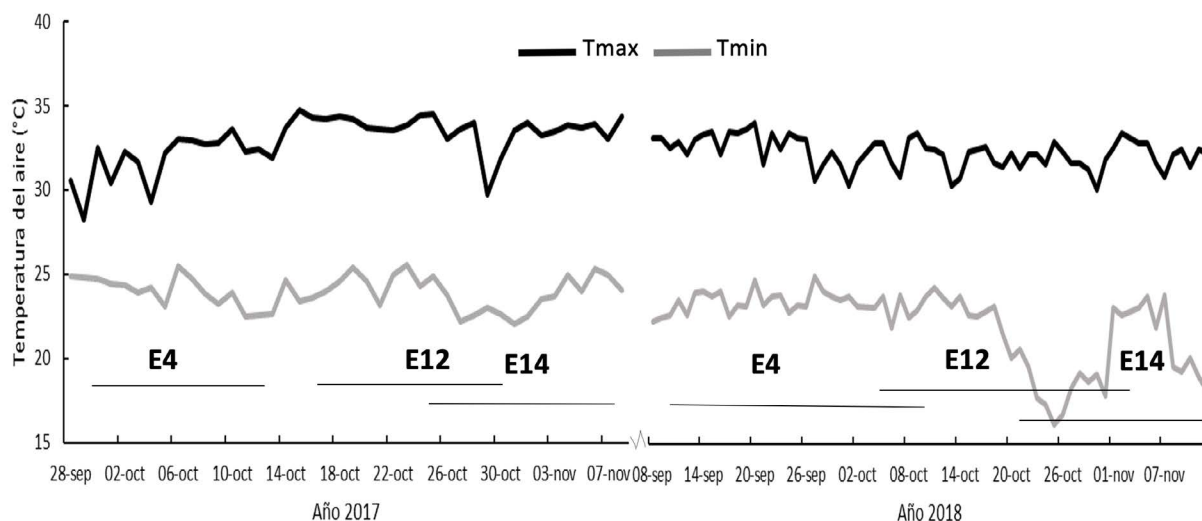


Figura 1. Temperatura máxima (Tmax) y mínima (Tmin) diaria del aire, emergencia de panícula (E4), plena floración, antesis (E12) y amarre de fruto (E14) en mango 'Ataulfo' en Guerrero, México (2017 y 2018).

observó que el ciclo 2017 fue más cálido y seco (media de temperatura máxima de 32.8 °C, mínima de 22.8 °C y HR del 66.7%), mientras el ciclo 2018 fue más frío y húmedo (media de temperatura máxima de 32.4 °C, mínima de 21.1 °C y HR 86.4%).

En el ciclo 2017, las condiciones ambientales por etapa estudiada fueron: en E4 (emergencia de la inflorescencia), temperatura máxima de 33.6 °C y mínima de 22.5 °C; en E12 (plena floración), temperatura máxima de 34.7 °C y mínima de 22.0 °C, y en E14, temperatura máxima de 34.5 °C y mínima de 22.0 °C.

En 2018 se registraron valores de temperatura máxima de 34.3 °C y mínima de 22.0 °C durante la E4; en E12 (plena floración) y E14 (amarre de fruta), se presentó un traslape entre ambas etapas, con una temperatura máxima de 33.7 °C y mínima de 16.2 °C.

El índice de floración en 2017 fue de 91 por ciento, con una retención promedio de frutos de 1.1 FCS/panícula y 3.0 FP/panícula, mientras que en 2018 el índice de floración bajó a 79 por ciento; no obstante, se incrementó la retención promedio de frutos con 1.6 FCS/panícula y 3.1 FP/panícula (Figura 2).

Características macroscópicas de FP y FCS

Los FP mostraron tamaño menor que los FCS durante su desarrollo, desde la etapa de cuajado hasta madurez fisiológica (Figuras 3A y 3B). Los FP retenidos en las panículas presentaron la parte distal pronunciada, pero ausencia de grieta longitudinal en la parte dorsal y

presencia de óvulos atrofiados donde probablemente no hubo desarrollo de embriones. Maldonado-Astudillo et al. (2019) reportaron que los FP del mango cv. 'Ataulfo' procedentes de Atoyac, Guerrero presentan un tamaño menor que los FCS, un surco longitudinal en la parte central y un endocarpio sin semilla (óvulo atrofiado).

Producción de FP y FCS

En el Cuadro 2, sólo se presentan los resultados que mostraron significancia estadística (ciclo 2018), entre los frutos retenidos por panícula (FCS y FP) y los factores meteorológicos registrados (precipitación, humedad relativa, temperatura máxima y mínima) en un intervalo de 7 días durante la antesis. En el ciclo 2017, no se detectó significancia estadística, por lo que

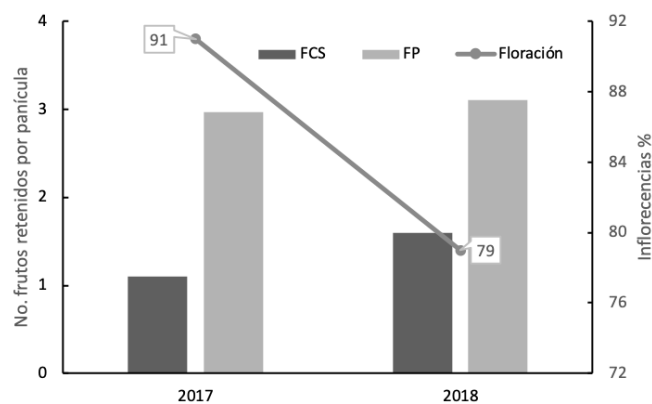


Figura 2. Número de frutos polinizados (FCS) y frutos partenocárpicos (FP) de mango cv. 'Ataulfo' retenidos por inflorescencia, así como porcentaje de floración, ciclos 2017 y 2018, en Guerrero, México.

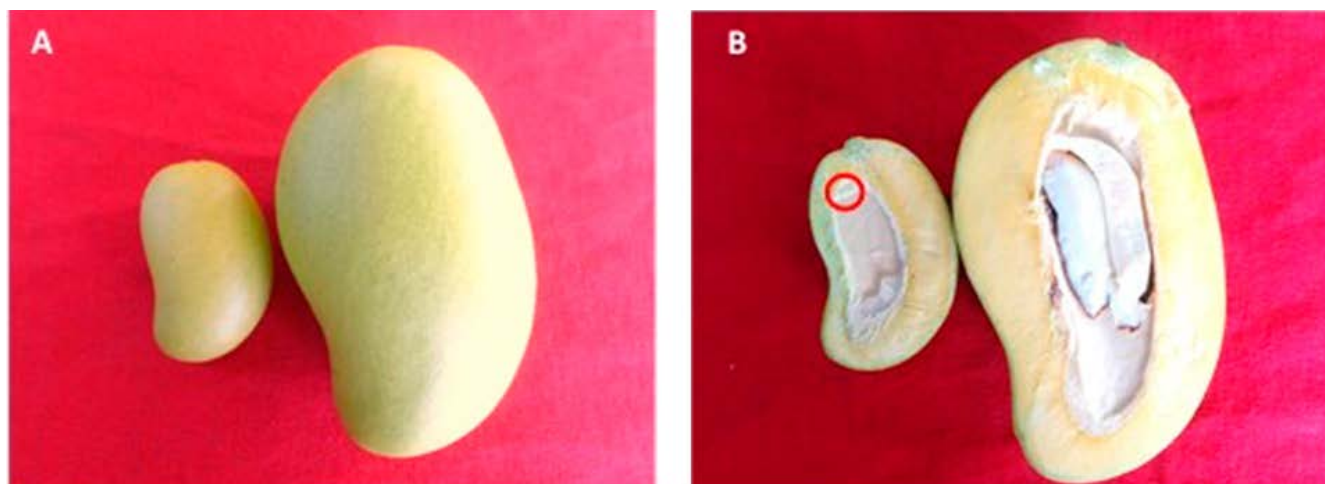


Figura 3. A, Apariencia externa de fruto partenocárpico (FP) (izquierda) y normal de mango cv. 'Ataulfo' (FCS) (derecha); B, apariencia interna de FP con ausencia de embriones sin desarrollar, el círculo señala el ovulú degenerado y FCS con presencia de embriones.

no se presentan estos resultados. Se observó correlación negativa entre la temperatura mínima ($\alpha < 0.0278$) y la producción de frutos FP. Por tanto, cuando bajan las temperaturas (16.2 – 17.9 °C) se incrementa la producción de FP. Durante la etapa E12, la temperatura mínima fue el factor meteorológico más importantes que afectó la producción de frutos FP retenidos por panícula de mango cv. 'Ataulfo'.

La floración, polinización y fecundación son eventos reproductivos clave para el desarrollo de la fruta de mango. En Guerrero, la plena floración (antesis) hasta el amarre de fruto de mango cv. 'Ataulfo' se presentó con temperaturas máximas de 34.7 y 33.7 °C y mínimas de 22.0 y 16.2 °C en 2017 y 2018, respectivamente. Este proceso de plena floración (E12) hasta el amarre de fruto (E14) transcurre en un lapso promedio de nueve días, y las temperaturas pueden ser consideradas extremas durante esta etapa fenológica. Sukhvibul et al. (2005) estudiaron el efecto de la temperatura en inflorescencia de mango a nivel de

invernadero para tres cultivares Kensington, Nam Dok Mai (poliembriónicos) e Irwin (monoembriónicos), y determinaron que la exposición a bajas temperaturas (20/10 °C día/noche) tres días después de la polinización manual incrementó significativamente el porcentaje de frutos estenospermocárpicos (nubbins), en los cuales los embriones fueron abortados durante el temprano desarrollo de los frutos; esto quiere decir que hay diferencias significativas en el porcentaje de frutos nubbins: el cultivar 'Nam Dok Mai' tuvo 21 por ciento; 'Kensington', 11 por ciento, e 'Irwin', 3 por ciento, lo que indica que el cv. 'Irwin' tuvo una más amplia adaptación a temperaturas frías durante el amarre de frutos y el temprano desarrollo del embrión. En otro estudio a nivel de campo, Issarakraisila y Considine (1994) indican que bajas temperaturas nocturnas de <10 °C dan como resultado granos de polen con una baja viabilidad (<50%), y temperaturas entre 15 y 33 °C durante la fase de meiosis fueron óptimas para el desarrollo del polen (70-85% de polen viable), en

Cuadro 2. Coeficiente de correlación de Pearson entre los frutos retenidos con semilla (FCS) y frutos partenocárpicos (FP) y los factores meteorológicos que se presentan en plena floración. Ciclo 2018. Atoyac de Álvarez, Guerrero, México.

Frutos	Prec. (mm)	Temperatura del aire (°C)		
		Máx	Min	HR (%)
Frutos con semilla (FCS)	0.00157	-0.07969	-0.50223	0.16306
	0.9966	0.8268	0.1391	0.6526
Frutos partenocárpicos (FP)	-0.20198	-0.37117	-0.68832*	-0.29868
	0.5758	0.2910	0.0278**	0.4019

*Coeficiente de correlación, una desviación estándar de 2.3; **nivel de significancia.

mango cv. 'Kensington'. Sin embargo, es posible que estas condiciones de temperatura ($<10^{\circ}\text{C}$) sean comunes en regiones subtropicales de Australia, pero raramente ocurren en la región subtropical de Guerrero, donde se registraron temperaturas mínimas hasta de 16.2°C en octubre de 2018 durante la floración. No obstante, estas bajas temperaturas pueden estar afectando el proceso de polinización y provocar el aborto de embriones, lo que trae como consecuencia la producción de frutos partenocárpicos en el cv. 'Ataulfo'. Por ejemplo, Huang et al. (2010) indican que las bajas temperaturas naturales durante la floración podrían inducir frutos sin semilla en mango 'Tainong1', al estudiar el proceso de reproducción sexual a bajas temperaturas (temperatura máxima diurna $<20^{\circ}\text{C}$) y temperaturas "normales" (máximo diurno entre 25 y 30°C ; temperatura media diurna $>20^{\circ}\text{C}$); sus resultados indican que las bajas temperaturas naturales afectaron significativamente el desarrollo del pistilo y del gametofito masculino, lo que ocasionó granos de polen con baja viabilidad y a una baja tasa de fertilización exitosa.

Los resultados a nivel de campo del presente trabajo indican que las temperaturas bajas durante la polinización y temprano desarrollo del embrión del mango cv. 'Ataulfo' incrementan los frutos sin semilla retenidos en las inflorescencias. En el ciclo de producción 2018, se presentaron temperaturas máximas de 33.2°C y mínimas de entre 16.2°C durante el periodo de plena floración (antesis); estas temperaturas mínimas incrementan la producción de FP (promedio de 3.1 frutos/panícula); en cambio, durante el ciclo 2017, con máximas de 34.5°C y mínimas de 23.2°C , la producción promedio de FP fue de 3.0 frutos/panícula, lo cual coincide con lo reportado por los trabajos de Pérez-Barraza et al. (2019), quienes indican que la producción de FP está relacionada con temperaturas extremas (<15 y $>35^{\circ}\text{C}$ caso Nayarit) durante el periodo de plena floración hasta amarre de fruto (E12 a E14), lo que causa aborto de embrión. En contraste, estudios realizados por Gehrke-Vélez (2008) y Lucas-García et al. (2021) plantean la posibilidad de una autoincompatibilidad genética en el mango cv. 'Ataulfo', por lo que la proximidad a cultivares compatibles como el Haden ayudan a una menor incidencia de FP (nubbins) y a mayor producción de FCS. Hernández-Guerrero et al. (2015) concluyen que los factores climatológicos, en especial la temperatura, tienen mayor relación con

la etapa de floración, iniciación e inducción floral de fruto (mango niño o estenospermocárpico). Por su parte, Pérez-Barraza et al. (2019) indican que la mayor producción de frutos partenocárpicos se presenta 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 $\geq 35^{\circ}\text{C}$) durante el periodo de plena floración hasta amarre de fruto, lo que ocasiona aborto de embrión. En consecuencia, los resultados del presente estudio plantean efectos negativos en la polinización para la producción de mango partenocárpico en este cultivar 'Ataulfo', bajo las condiciones de la costa de Guerrero, debido a un efecto inhibitorio sobre el proceso de polinización, con aborto del embrión, causado por temperaturas mínimas durante la plena floración (16.2 - 17.9°C a nivel de dosel vegetal en 2018) y no a una autoincompatibilidad retardada del cultivar, sin descartar un origen genético o nutricional, entre otros, lo que deriva en una atrofia embrional. Estos resultados tienen implicaciones directas al momento de hacer actividades de campo, como nutrición, podas o manejo de la floración; el primero para mejorar las condiciones nutricionales del árbol y fortalecer el proceso de polinización y cuajado de fruto; las segundas para romper las condiciones microclimáticas, que puedan favorecer —a nivel de dosel vegetal— el incremento de temperaturas a nivel de panícula, y, por último, plantear el atraso o adelanto de la floración en épocas del año más cálidas, así como la posibilidad de utilizar cultivares compatibles con polen de alta calidad.

CONCLUSIONES

En Guerrero, la época de floración adelantada de mango cv. 'Ataulfo' se presenta entre inicios de septiembre y octubre. Existe una correlación negativa entre la temperatura mínima ($\alpha < 0.0278$) y la producción de frutos FP. Por tanto, cuando bajan las temperaturas ($16.2 - 17.9^{\circ}\text{C}$), se incrementa la producción de frutos FP retenidos por panícula de mango cv. 'Ataulfo'. Sin embargo, es necesario continuar con estudios que demuestren si existen otros factores que contribuyen a la incidencia de la partenocarpia en frutos de mango cv.

'Ataulfo', con la finalidad de reducirla y favorecer la producción de frutos que cumplan con los estándares para su comercialización nacional e internacional.

LITERATURA CITADA

- Davenport TL, Núñez-Elisea R. 1983. Abscission and ethylene production of mango (*Mangifera indica* L.) fruit cv. Tommy Atkins. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 96: 185-188.
- [FAOSTAT] Food and Agriculture data. [internet]. 2020. Datos sobre agricultura y alimentación. [citado 2020 agosto 22]. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
- García E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen. Serie Libros No. 6. Quinta Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México.
- Gehrke-Vélez MR. 2008. Reflexiones sobre problemas de biología reproductiva del mango Ataulfo en el Soconusco, Chiapas. Revista Tecnología en Marcha 21: 174-183.
- Gehrke-Vélez MR, Castillo-Vera A, Ruiz-Bello C, Moreno-Martínez JL. 2011. Viabilidad y germinación del polen en mango (*Mangifera indica* L.) cv. Ataulfo. Interciencia 36: 378-385.
- Hernández-Guerrero SE, Balois-Morales R., Bello-Lara JE. 2015. Estenospermocarpia en mango 'Ataulfo': Nayarit y Chiapas. Acta Agrícola y Pecuaria 1: 86-92.
- Huang J-H, Ma W-H, Liang G-L, Zhang L-Y, Wang W-X, Cai Z-J, Wen S-X. 2010. Effects of low temperatures on sexual reproduction of 'Tainong 1' mango (*Mangifera indica*). Scientia Horticulturae 126: 109-119. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.06.017>
- Issarakraisila M, Considine JA. 1994. Effects of temperature on pollen viability in mango cv. 'Kensington'. Annals of Botany 73: 231-240. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.06.017>
- Lakshminarayana S, Hernández-Aguilar P. 1975. Effect of orchard heating in reducing parthenocarpic fruits in 'Haden' mango. United States of America. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 88: 502-505.
- Leyva-Mayo A, Noriega-Cantú DH, Pérez-Barraza MH, González-Mateos R, Hernández-Pereyda J. 2016. Distribución geográfica de frutos partenocárpicos en mango cv. 'Ataulfo' en la Costa de Guerrero. Foro de Estudios sobre Guerrero 2: 1-5.
- Lucas-García R, Rosas-Guerrero V, Alemán-Figueroa L, Almazán-Núñez C, Violante-González J, Kuk-Dzul JG. 2021. Spatial proximity of 'Ataulfo' to 'Haden' cultivar increases mango yield and decreases incidence of nubbins. Agronomy 11: 450. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030450>
- Maldonado-Astudillo YI, Cantú-Guzmán A, Salazar R, Jiménez-Hernández J. 2019. Análisis de perfil de textura de frutos partenocárpicos de mango cv. 'Ataulfo'. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 10: 1175-1181. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i5.1784>
- Pérez-Barraza MH, Vázquez-Valdivia V, Osuna-García JA. 2007. Incidencia de frutos partenocárpicos en mango 'Ataulfo' en huertos comerciales de Nayarit. Revista Chapingo Serie Horticultura 13: 149-156.
- Pérez-Barraza MH, Vázquez V, Osuna G. 2009. Floral bud development of 'Tommy Atkins' mango under tropical condition in Nayarit, Mexico. Acta Horticulturae 820: 197-204. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.820.21>
- Pérez-Barraza MH, Álvarez A, Avitia E, Pérez AI, Santos MV. 2019. Temperatura y desarrollo floral en la formación de frutos partenocárpicos en mango 'Ataulfo'. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. Núm. 23: 199-210. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2021>
- Ramírez F, Davenport LT. 2016. Mango (*Mangifera indica* L.) pollination: A review. Scientia Horticulturae 203: 158-168. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.03.011>
- SAS Institute Inc. 2010. SAS user's guide: Statistics. Release 9.3. SAS Institute Incorporation. Cary, Estados Unidos.
- [SE] Secretaría de Economía. 2012. NOM-188-SCFI-2012. NORMA Oficial Mexicana, Mango Ataulfo del Soconusco, Chiapas (*Mangifera caesia* Jack ex Wall)-Especificaciones y métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México, México.
- [SIAP] Sistemas de Información Agropecuaria y Pesquera. [internet]. 2019. Estadísticas de la producción agrícola en México. [citado 2020 agosto 26]. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Soule J. 1985. Glossary for Horticultural Crops. Wiley. Nueva York, Estados Unidos.
- Sukhvilub N, Whiley AW, Smith MK. 2005. Effect of temperature on seed and fruit development in three mango

(*Mangifera indica* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae* 105: 467-474. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2005.02.007>

Whiley AW, Saranah JB, Rasmussen TS, Winston EC, Wolstenholme BN. 1988. Effect of temperature on ten mango cultivars with relevance to production in Australia. Proceedings of the Fourth Australasian Conference on Tree and Nut Crops. Lismore, Nueva Gales del Sur, Australia.

Zinn EK, Tunjic-Ozdemir M, Harper FJ. 2010. Temperature stress and plant sexual reproduction: Uncovering the weakest links. *Journal of Experimental Botany* 61: 1959-1968. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq053>