

Presencia de fruto partenocárpico en mango ‘Ataulfo’ y su relación con la temperatura ambiental y tratamientos de fertilización*

Presence of parthenocarpic fruit in ‘Ataulfo’ mango and its relation with environmental temperature and fertilization treatments

Samuel Salazar-García^{1§}, Arturo Álvarez-Bravo¹, Martha Elva Ibarra-Estrada², José González-Valdivia² y Raúl Medina-Torres³

¹Campo Experimental Santiago Ixcuintla-INIFAP. A. P. 100, Santiago Ixcuintla, Nayarit 63300, México. ²Investigador(a) independientes. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. ³Universidad Autónoma de Nayarit-Unidad Académica de Agricultura. A. P. 49, Xalisco, Nayarit 63780, México. [§]Autor para correspondencia: samuelsalazar@prodigy.net.mx.

Resumen

En el estado de Nayarit, México, el mango ‘Ataulfo’ presenta elevada producción de frutos partenocárpicos y existe poca información sobre las causas de esta anomalía. Los objetivos de este estudio fueron: 1) cuantificar la ocurrencia de temperaturas sugeridas como dañinas en pre- y post-antesis; y 2) evaluar la influencia de la fertilización al suelo sobre la presencia de fruto partenocárpico. La investigación se realizó en dos huertos comerciales de ‘Ataulfo’ ubicados en el clima Cálido subhúmedo de la costa de Nayarit. Se registraron temperaturas ambientales cada 15 min en los ciclos 2011-2012, 2012-2013 y 2013-2014 y fueron asociadas con valores mencionados como dañinos para floración y/o cuajado de fruto en varias etapas de desarrollo floral y semanas post-antesis. Se evaluaron dos niveles de fertilización balanceada (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn y B), basada en los requerimientos y condición nutrimental del árbol, fertilidad del suelo y la eficiencia de la fertilización. El testigo no recibió fertilizante. La presencia de temperaturas ≤ 13 °C, ≤ 14 °C e ≤ 15 °C en prefloración, principalmente en los estados de desarrollo floral E-8 (elongación del eje primario de la panícula -estado coliflor; los tegumentos se están formando en el óvulo, las células madre de la microspora son visibles en la antera) y E-9 (elongación de los ejes secundarios y terciarios; la meiosis ha ocurrido, la tétrada de la microspora y los tegumentos del óvulo se han

Abstract

In the state of Nayarit, Mexico, 'Ataulfo' shows high production of parthenocarpic fruits and there is little information on the causes of this anomaly. The objectives of this study were 1) to quantify temperature occurrence suggested as harmful in pre- and post-anthesis; and 2) to evaluate the influence of soil fertilization on the presence of parthenocarpic fruit. The research was conducted in two "Ataulfo" commercial orchards located in a warm humid climate from the coast of Nayarit. Environmental temperatures were recorded every 15 min during the 2011-2012, 2012-2013 and 2013-2014 cycles and were associated with values reported as harmful to flowering and fruit set at different stages of floral development and post-anthesis weeks. Two levels of balanced fertilizer (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn and B) were evaluated, based on nutritional requirements and nutritional status of the tree, soil fertility and fertilization efficiency. The witness did not receive fertilizer. The presence of temperatures ≤ 13 °C, ≤ 14 °C and ≤ 15 °C, at flowering, mainly in the states of floral development E-8 (elongation of the main axis form the panicle - cauliflower state; the integuments are being formed in the egg, microspore stem cells are visible in the anther) and E-9 (elongation of the secondary and tertiary axes; meiosis has occurred,

* Recibido: noviembre de 2015
Aceptado: febrero de 2016

formado), parece ser las causante de frutos partenocárpicos en el mango 'Ataúlfo' ya que no se encontraron evidencias de estenospermocarpia. Los tratamientos de fertilización no modificaron la proporción de mango partenocárpico que alcanzó la madurez de cosecha.

Palabras clave: *Mangifera indica* L., cambio climático, estenospermocarpia, ecofisiología, partenocarpia.

Introducción

El mango 'Ataúlfo' es el más importante en el estado de Nayarit ya que ocupa cerca de 11 mil de las 25 mil hectáreas cultivadas con mango. El rendimiento de este cultivar de mango ha disminuido ya que en 2004 fue de 14.9 t ha⁻¹ y en 2014 fue de 7.1 t ha⁻¹ (SAGARPA-SIAP, 2015). Este descenso ha sido asociado con una mayor presencia de fruto sin semilla que no alcanza un tamaño comercial, conocidos localmente como "mango niño" (Pérez-Barraza *et al.*, 2007).

De acuerdo a lo mencionado por Gehrke-Vélez (2008) se pueden presentar en forma simultánea los mangos "niño" y los llamados mangos "partenocárpicos". El primer caso se refiere a frutos subdesarrollados que muestran una hendidura en el lomo y un pico pronunciado. El fruto contiene exospermo (cubierta seminal) y en ocasiones se pueden observar vestigios de un embrión atrofiado. Otros autores los señalan como frutos estenospermocárpicos; esto es, pequeños frutos sin semilla causado por el aborto del embrión después de la fecundación (Stout, 1936; Soule, 1985). En Australia, éstos últimos son nombrados "nubbins" (Whiley *et al.*, 1988). Por el contrario, el término partenocarpia describe el desarrollo de frutos sin semilla en los cuales no ocurrió la fecundación (Ledbetter y Ramming, 1989).

Las temperaturas bajas han sido asociadas con la producción de ambos tipos de fruto en mango. Lakshminarayana y Hernández-Aguilar (1975) mencionaron que temperaturas de 8 y 10 °C durante la floración del cv. Haden (monoembriónico), resultó en 67 y 52% de frutos partenocárpicos en el norte del estado de Sinaloa, México. Observaciones similares fueron hechas para este mismo cultivar en Israel (Kadman y Oppenheimer, 1978). Temperaturas ≤12 °C durante la diferenciación floral y la apertura floral del cv. Irwin (monoembriónico) resultaron en el desarrollo de flores anormales y producción de frutos deformes y sin semilla (Lim *et al.*, 1996). En un estudio similar en mango 'Kensington'

microspore tetrad and the integument of the ovule are formed), seems to be the responsible of parthenocarpic fruit in 'Ataulfo' mango, as it was not found any evidence of stenopermocarpy. Fertilization treatments did not affect the proportion of parthenocarpic mango that reached harvest maturity.

Keywords: *Mangifera indica* L., climate change, ecophysiology, parthenocarpy, stenopermocarpy.

Introduction

'Ataulfo' mango is the most important in the state of Nayarit as it occupies close to 11 000 of the 25 000 hectares planted with mango. Yields of this cultivar has decreased as in 2004 it was 14.9 t ha⁻¹ and in 2014 was 7.1 t ha⁻¹ (SAGARPA-SIAP, 2015). This decrease has been associated with a greater presence of seedless fruit that does not reach a commercial size, known locally as "mango niño" (Pérez-Barraza *et al.*, 2007).

According to the statement made by Gehrke-Velez (2008) it may occur simultaneously the "mango niño" and the so called "parthenocarpic mango." The first case refers to underdeveloped fruits showing a slit on the back and sharp peak. The fruit contains exosperm (seed coat) and sometimes you can be seen remnants of stunted embryo. Other authors point them out as stenopermocarpy fruits; i.e. small seedless fruit caused by the abortion of the embryo after fecundation (Stout, 1936; Soule, 1985). In Australia, the latter are named "nubbins" (Whiley *et al.*, 1988). On the contrary, the term parthenocarpy describes the development of seedless fruit in which fecundation did not occur (Ledbetter and Ramming, 1989).

Low temperatures have been associated with the production of both types of fruits in mango. Lakshminarayana and Hernandez-Aguilar (1975) mentioned that temperatures from 8 to 10 °C during flowering of cv. Haden (monoembryonic) gave 67 and 52% of parthenocarpic fruits in the northern state of Sinaloa, Mexico. Similar observations were made for the same cultivar in Israel (Kadman and Oppenheimer, 1978). Temperatures ≤12 °C during floral differentiation and floral opening in cv. Irwin (monoembryonic) gave an abnormal development of flowers and deformed fruit production and seeded (Lim *et al.*, 1996). In a similar study in 'Kensington'

(poliembriónico), Whiley *et al.* (1988) también encontraron que temperaturas ≤ 12 °C durante la polinización y cuajado de fruto resultaron en presencia de frutos sin semilla.

Sukhvibul *et al.* (2000) encontraron que a 10 °C la germinación del grano de polen *in vitro* para los cvs. Nam Dok Mai, Kensington e Irwin fue 53.9%. El porcentaje incrementó de 76.2 a 77.4% entre 15 y 25 °C y disminuyó a 68.2% a 30 °C. El número de tubos polínicos que alcanzaron el óvulo fue mayor entre 20 y 25 °C y fue impedido a 10 °C. Temperaturas de 20/10 °C (día/noche) durante tres días después de la polinización incrementó significativamente la presencia de frutos estenospermocárpicos: 38.3, 21.4 y 6.8% en 'Nam Dok Mai', 'Kensington' e 'Irwin', respectivamente. Posteriormente, Sukhvibul *et al.* (2005) mencionaron que a esas mismas temperaturas, la proporción de mango sin semilla para los mismos cultivares fue 21, 11 y 3%, respectivamente.

Las deficiencias nutrimentales en mango también han sido asociadas con germinación deficiente del polen (de Wet *et al.*, 1989). Sin embargo, Singh (2007) no correlacionó esta condición con el aborto de embriones en mango.

En México, el cambio climático ha agudizado la producción de mango "niño" en el cv. Ataúlfo. En el estado de Nayarit cada vez son más frecuentes las masas de aire polar, conocidas como "frentes fríos", que causan descensos atípicos de temperatura que pueden afectar las etapas sensibles de desarrollo floral y cuajado de fruto. Existe información sobre la magnitud del problema del mango niño; sin embargo, es necesario conocer la influencia de la temperatura y estado nutricional del huerto sobre la presencia de mango sin semilla, así como determinar si es un fenómeno de partenocarpia o estenospermocarpia. Los objetivos de esta investigación fueron: 1) cuantificar la ocurrencia de temperaturas mencionadas como dañinas en pre- y post-floración en mango 'Ataúlfo'; y 2) evaluar la influencia de la fertilización al suelo sobre la presencia de frutos partenocárpicos.

Materiales y métodos

Características de los huertos. La investigación se realizó de 2010 a 2014 en dos huertos comerciales de mango 'Ataúlfo' localizados en los municipios de San Blas y Compostela, Nayarit. En San Blas, el huerto seleccionado fue "Las Palmas" (21° 36' 46.1" latitud norte; 105° 11' 19.6" longitud oeste) y en Compostela fue "El Divisadero" (21° 07' 03.0"

mango (polyembryonic), Whiley *et al.* (1988) also found that temperatures ≤ 12 °C during pollination and fruit set resulted in the presence of seedless fruit.

Sukhvibul *et al.* (2000) found that at 10 °C, *in vitro* germination of grain pollen for cvs. Nam Dok Mai, Kensington and Irwin was 53.9%. The percentage increased from 76.2 to 77.4% between 15 and 25 °C and decreased to 68.2% at 30 °C. The number of pollen tubes that reached the egg was higher between 20 and 25 °C and stopped at 10 °C. Temperatures of 20/10 °C (day / night) for three days after pollination significantly increased the presence of stenospermocarp fruits: 38.3, 21.4 and 6.8% in 'Nam Dok Mai', 'Kensington' and 'Irwin', respectively. Subsequently, Sukhvibul *et al.* (2005) mentioned that at the same temperatures, the proportion of seedless mango for the same cultivars was 21, 11 and 3%, respectively.

Nutritional deficiencies in mango have also been associated with poor pollen germination (de Wet *et al.*, 1989). However, Singh (2007) did not correlate this condition with embryo abortion in mango.

In Mexico, climate change has worsened the production of mango "niño" in cv. Ataúlfo. In the state of Nayarit are becoming more frequent polar air masses, known as "cold fronts", causing atypical drops in temperature that can affect the sensitive stages of flower development and fruit set. There is information on the magnitude of the problem on mango niño; however, it is necessary to know the influence of temperature and nutritional status of the orchard on the presence of seedless mango and determine whether it is a phenomenon of parthenocarp or stenospermocarp. The objectives of this study were 1) to quantify the occurrence of temperatures mentioned as harmful in pre- and post-flowering in 'Ataulfo' mango; and 2) to evaluate the influence of soil fertilization on the presence of parthenocarpic fruits.

Material and method

Orchards characteristics: the research was conducted from 2010 to 2014 in two commercial orchards of 'Ataulfo' located in the municipalities of San Blas and Compostela, Nayarit. In San Blas, the selected orchard was "Las Palmas" (21° 36' 46.1" north latitude, 105° 11' 19.6" west longitude) and in Compostela was "El Divisadero" (21° 07' 03.0" north

latitud norte; 105° 11' 04.6" longitud oeste) a una altitud de 193 y 104 m, respectivamente. Los huertos no disponían de riego y el clima es cálido subhúmedo AW₁(W) (García-Amaro, 1988). La temperatura media anual y del mes más frío superan los 22 y 18 °C, respectivamente. La época de lluvias ocurre de junio a octubre, y la precipitación del mes más seco es menor a 60 mm. En ambos huertos el arreglo de la plantación fue de 8 x 8 m, con edades de 10 años en "Las Palmas" y de 12 años en "El Divisadero" y un suelo Acrisol húmico y Fozem háplico, respectivamente (INEGI, 1999).

Cuantificación de temperaturas críticas ($\leq 17^{\circ}\text{C}$) según estado fenológico

El registro de temperaturas se realizó para los ciclos 2011-2012, 2012-2013 y 2013-2014. La información se obtuvo de las estaciones climatológicas ubicadas en Las Palmas, municipio de San Blas (20° 36' 18.2" latitud norte; 105° 08' 35.6" longitud oeste) y Las Varas, municipio de Compostela, Nayarit (21° 11' 30.3" latitud norte; 105° 08' 50.9" longitud oeste).

Las temperaturas cuantificadas en pre-floración fueron $\leq 17^{\circ}$, $\leq 16^{\circ}$, $\leq 15^{\circ}$, $\leq 14^{\circ}$, $\leq 13^{\circ}$ e $\leq 12^{\circ}$ °C. Los estados del desarrollo floral (E) fueron: E-8 (elongación del eje primario de la panícula, los ejes secundarios todavía están cubiertos por sus brácteas, hay flores pequeñas e inmaduras; los tegumentos se están formando en el óvulo, las células madre de la microspora son visibles en la antera) a E-9 (el eje primario continúa su elongación y se aprecia elongación de los ejes secundarios y terciarios -que portan las flores; la meiosis ha ocurrido, la tétrada de la microspora y los tegumentos del óvulo se han formado), E-9 a E-10 (elongación de los ejes terciarios y presencia de la flor completa pero sin abrir. La microsporogénesis ha generado el grano de polen), E-10 a E-11 (flor madura y abierta; el estigma está receptivo y ocurre la dehiscencia) (Salazar-García, Com. Per.). En post-floración se cuantificaron las mismas temperaturas durante las semanas 1, 2, 3 y 4 después de anthesis (SDA). Para cada huerto se obtuvo el total de horas acumuladas por temperatura y estado fenológico.

Tratamientos de fertilización y presencia de fruto partenocárpico

Los tratamientos de fertilización se aplicaron del 2010 al 2013 en los huertos de 'Ataúlfo' ya descritos. En cada huerto fueron seleccionados 60 árboles, los cuales fueron divididos en grupos de 20 y les fueron aplicados en verano 2010, 2011, 2012 y 2013 tres niveles de fertilización: 1) dosis normal,

latitude, 105° 11' 04.6" west longitude) at an altitude of 193 and 104 m, respectively. The orchards had no irrigation and climate is warm humid AW₁(W) (García-Amaro, 1988). The average annual temperature and the coldest month exceed 22 and 18 °C, respectively. The rainy season is from June to October, and precipitation in the driest month is less than 60 mm. In both orchards the planting arrangement was 8 x 8 m, 10 years old on "Las Palmas" and 12 in "El Divisadero" and Acrisol humic soil and Fozem haplic respectively (INEGI, 1999).

Quantification of critical temperature ($\leq 17^{\circ}\text{C}$) according to growth stage

Temperature record was performed for the 2011-2012, 2012-2013 and 2013-2014 cycles. The information was obtained from the weather stations located in Las Palmas, municipality of San Blas (20° 36' 18.2" north latitude, 105° 08' 35.6" west longitude) and Las Varas, municipality of Compostela, Nayarit (21° 11' 30.3" north latitude, 105° 08' 50.9" west longitude).

The quantified temperatures at flowering were $\leq 17^{\circ}$, $\leq 16^{\circ}$, $\leq 15^{\circ}$, $\leq 14^{\circ}$, $\leq 13^{\circ}$ and $\leq 12^{\circ}$ °C. The stages of flower development (E) were: E-8 (elongation of the primary axis of the panicle, secondary axes still covered by their bracts, there are small and immature flowers; the integuments are forming in the egg, stem cells from microspore are visible in the anther) to E-9 (the primary axes continues its elongation and the elongation of the secondary and tertiary axes are appreciated - which bear the flowers; meiosis has occurred, microspore tetrads and the integument of the egg are formed), E-9 and E-10 (elongation of the tertiary axis and presence of full bloom but unopened. Microsporogenesis has generated pollen grain), E-10 to E-11 (mature and open flower; the stigma is receptive and dehiscence occurs) (Salazar-García, Per. Com.). In post-flowering the same temperatures were measured during weeks 1, 2, 3 and 4 after anthesis (SDA). For each orchard total hours accumulated per temperature and phenological stage was obtained.

Fertilization treatments and presence of parthenocarpic fruit

Fertilization treatments were applied from 2010 to 2013 in 'Ataulfo' orchards already described. In each orchard selected 60 trees, which were divided into groups of 20 and applied in summer 2010, 2011, 2012 and 2013 three

que consideró la demanda y condición nutrimental foliar del árbol, la aportación de nutrientes por el suelo y la eficiencia de la fertilización y consistió en aplicar por árbol, según el huerto, de 349 a 360 g N, 139 a 147 g P₂O₅, 163 a 296 g K₂O, 13 a 24 g Mg, 11 a 12 g Fe, 6 a 12 g Mn, 2 a 5 g Zn y 4 a 7 g B; 2) 1.5 veces la dosis normal; y 3) testigo, sin fertilización. Los fertilizantes fueron fraccionados en julio y septiembre y distribuidos a 1.5 m del tronco del árbol en una banda de 50 cm de ancho y 20 cm de profundidad.

Conteo de frutos. Fueron hechos en 2012, 2013 y 2014, para evaluar el efecto de las fertilizaciones de 2011, 2012 y 2013, respectivamente. Se realizaron en marzo (fruto de 3 a 4 cm longitud) y mayo (fruto en madurez de corte) contando los frutos normales y partenocárpicos que había dentro con un marco de alambra de 50 x 50 cm colocado en cada uno de los puntos cardinales de cada árbol.

Características macroscópicas de frutos partenocárpicos. En cada año del estudio, en cada huerto y de cada tratamiento de fertilización se obtuvieron 50 frutos cuyas características externas correspondían a frutos normales y partenocárpicos. Los frutos fueron seccionados longitudinalmente para verificar la presencia de embriones bajo un microscopio estereoscópico (Zeiss Stereomikroskop, Modelo Stemi 2000-C. Carl Zeiss. Göttingen, Germany) y fotografiados con una cámara digital (Canon modelo Power Shot G11. NY. USA).

Análisis de información

Los datos de temperaturas fueron analizados como factorial considerando la información de los dos huertos, ciclos de producción, estados fenológicos y umbrales térmicos con el objetivo de buscar diferencias en la cantidad de horas y así determinar si se analizaban por separado o como una sola base de datos.

La incidencia de fruto normal y partenocárpico fue analizada con el procedimiento de medidas repetidas con arreglo factorial 3 x 2 x 3, años (2012, 2013 y 2014), huertos (Las Palmas y El Divisadero) y tratamientos de fertilización (dosis normal, dosis alta y testigo). El diseño experimental fue completamente al azar. Se empleó el programa estadístico SAS V. 9.1 (2009). Los datos de campo obtenidos fueron expresados en porcentaje de fruto normal y partenocárpico por árbol. Previo al análisis de varianza los valores en porcentajes fueron transformados mediante la raíz cuadrada de X+0.5 (Steel y Torrie, 1984). La comparación de medias fue hecha con la prueba de Waller-Duncan, $p \leq 0.05$.

fertilization levels: 1) normal doses, which considered demand and foliar nutritional condition of the tree, nutrients provided by the soil and fertilization efficiency and consisted in the application per tree, depending the orchard, from 349 to 360 g N, 139 to 147 g P₂O₅, 163-296 g K₂O, 13 to 24 g Mg, 11 to 12 g Fe, 6 to 12 g Mn, 2 to 5 g Zn and 4 to 7 g B; and 2) 1.5 times the normal dose; and 3) control, without fertilization. Fertilizers were fractionated in July and September and distributed at 1.5 m from the trunk of the tree in a band of 50 cm wide and 20 cm deep.

Fruit count: were made in 2012, 2013 and 2014, to evaluate the effect of fertilization from 2011, 2012 and 2013, respectively; conducted in March (fruits of 3-4 cm length) and May (fruit at cut maturity) counting normal and parthenocarpic fruits that were inside a wire frame of 50 x 50 cm placed in each of the cardinal points from each tree.

Macroscopic characteristics of parthenocarpic fruits: each year of the study, in each orchard and from each fertilization treatment, 50 fruits whose external features corresponded to normal and parthenocarpic fruits were collected. The fruits were sectioned longitudinally to verify the presence of embryos under a stereoscopic microscope (Zeiss Stereomikroskop Model Stemi 2000-C. Carl Zeiss. Göttingen, Germany) and photographed with a digital camera (Canon Power Shot G11. NY. USA).

Data analysis

Temperature data was analyzed as factorial considering the information from the two orchards, production cycles, growth stages and thermal thresholds in order to look for differences in the number of hours and thus determine if analyzed separately or as a single database data.

The incidence of normal and parthenocarpic fruit was analyzed with the method of repeated measures with factorial arrangement 3 x 2 x 3, years (2012, 2013 and 2014), orchards (Las Palmas and El Divisadero) and fertilization treatments (normal dose, high dose and control). The experimental design was completely random. SAS statistical software V. 9.1 (2009) was used. Field data obtained were expressed as a percentage of normal and parthenocarpic fruit per tree. Prior to analysis of variance the values in percentages were transformed by the square root of X + 0.5 (Steel and Torrie, 1984). The comparison of means was made with Waller-Duncan test, $p \leq 0.05$.

Resultados

Acumulación de temperaturas críticas (≤ 17 °C) según el estado fenológico

En el huerto Las Palmas la acumulación de horas ≤ 17 °C fue significativamente mayor para los estados de desarrollo de E-8 (coliflor) a E-11 (antesis); sus valores fueron desde 99.2 h a 146.2 h (Cuadro 1). En el caso de las temperaturas ≤ 16 °C sólo resultó mayor (87.8 h) para la etapa de E-9 a E-10, aunque no fue distinto a lo acumulado de E-8 a E-9 y de E-10 a E-11. Respecto a la comparación de la acumulación de horas con las distintas temperaturas críticas (desde ≤ 12 °C hasta ≤ 17 °C) resultó significativamente superior la acumulación de horas con temperaturas ≤ 17 °C (Cuadro 1). Esto resultó ser el caso para los estados fenológicos desde E-8 hasta E-11 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Promedio (2012, 2013 y 2014) de horas acumuladas con varias temperaturas críticas según el estado de desarrollo floral (E) y semanas después de antesis (SDA) en el huerto Las Palmas, Mpio. de San Blas, Nayarit.

Table 1. Average (2012, 2013 and 2014) of accumulated hours with different critical temperatures according to the floral stage of development (E) and weeks after anthesis (SDA) in orchard Las Palmas, Municipality of San Blas, Nayarit.

Etapa fenológica	Períodos	Horas acumuladas según la temperatura crítica (°C)						Pr > F
		≤ 12	≤ 13	≤ 14	≤ 15	≤ 16	≤ 17	
E-8 a E-9	03 feb. al 24 feb.	B 1.1 a ^z	B 7.8 a	B 17.3 a	B 43.8 a	AB 78.7 ab	A 146.0 a	0.0129
E-9 a E-10	25 feb. al 17 mar.	C 3.8 a	BC 14.6 a	BC 30.2 a	BC 48.8 a	AB 87.8 a	A 146.2 a	0.0077
E-10 a E-11	18 mar. al 09 abr.	C 0.0 a	C 1.3 a	BC 5.6 a	BC 18.4 a	B 51.3 abc	A 99.2 a	0.0031
1 SDA	10 abr. al 16 abr.	A 0.0 a	A 0.0 a	A 1.3 a	A 7.5 a	A 14.6 bc	A 25.0 b	0.4059
2 SDA	17 abr. al 22 abr.	A 0.0 a	A 0.0 a	A 0.2 a	A 1.5 a	A 7.3 c	A 11.8 b	0.3238
3 SDA	23 abr. al 29 abr.	A 0.0 a	A 0.0 a	A 0.0 a	A 1.2 a	A 4.9 c	A 9.2 b	0.5444
4 SDA	30 abr. al 6 mayo	A 0.0 a	A 0.0 a	A 0.0 a	A 0.0 a	A 0.6 c	A 1.4 b	0.5352
	Pr > F	0.4999	0.4549	0.2254	0.0953	0.0303	0.0004	

^zPara letras mayúsculas y minúsculas la separación de medias es horizontal y vertical, respectivamente, según la prueba de Waller-Duncan $p=0.05$.

En el caso del huerto El Divisadero la acumulación de horas desde ≤ 14 °C a ≤ 17 °C, mostró diferencias entre etapas fenológicas; sin embargo, en todos los casos fueron superiores a lo registrado posterior a antesis (SDA) (Cuadro 2). La mayor cantidad de horas con temperaturas críticas acumuladas ocurrieron para las etapas fenológica de E-8 a E-9 y de E-9 a E-10 y fueron las temperaturas ≤ 15 , ≤ 16 y ≤ 17 °C. Sus valores variaron desde 46.7 h (≤ 15 °C) a 140.4 h (≤ 17 °C) (Cuadro 2). En cuanto a la acumulación de horas con temperaturas críticas calculadas desde ≤ 12 °C hasta ≤ 17 °C las cifras fueron mayores para las ≤ 16 °C (etapas fenológicas de E-8 a E-9 y E-9 a E-10) y ≤ 17 °C (estados fenológicos desde E-8 hasta E-11) (Cuadro 2).

Results

Accumulation of critical temperatures (≤ 17 °C) according to growth stage

In Las Palmas cumulative hours ≤ 17 °C was significantly higher for growing stage from E-8 (cauliflower) to E-11 (anthesis); ranging from 99.2 to 146.2 h (Table 1). For temperatures ≤ 16 °C it was higher (87.8 h) from E-9 to E-10, although it was not different to that accumulated from E-8 to E-9 and E-10 to E-11. Regarding to the comparison of cumulative hours with the different critical temperatures (from ≤ 12 °C to ≤ 17 °C) were significantly higher the accumulation of hours with temperatures ≤ 17 °C (Table 1). This proved to be the case for developmental stages from E-8 to E-11 (Table 1).

For El Divisadero cumulative hours from ≤ 14 °C to ≤ 17 °C, showed differences between stages; however, in all cases were higher than that recorded after anthesis (SDA) (Table 2). Most hours with accumulated critical temperatures occurred in the phenological stages from E-8 to E-9 and E-9 to E-10 and were temperatures ≤ 15 , ≤ 16 and ≤ 17 °C. Values ranged from 46.7 h (≤ 15 °C) to 140.4 h (≤ 17 °C) (Table 2). As for accumulation of hours with calculated critical temperatures from ≤ 12 °C to ≤ 17 °C the numbers were higher for ≤ 16 °C (phenological stages from E-8 to E-9 and E-9 to E-10) and ≤ 17 °C (phenological stages from E-8 to E-11) (Table 2).

Cuadro 2. Promedio (2012, 2013 y 2014) de horas acumuladas con varias temperaturas críticas según el estado de desarrollo floral (E) y semanas después de anthesis (SDA) en el huerto El Divisadero, Mpio. de Compostela, Nayarit.

Table 2. Average (2012, 2013 and 2014) of accumulated hours with different critical temperatures according to the floral stage of development (E) and weeks after anthesis (SDA) in orchard El Divisadero, Municipality of Compostela, Nayarit.

Etapa fenológica	Períodos	Horas acumuladas según la temperatura crítica (°C)						Pr > F
		≤12	≤13	≤14	≤15	≤16	≤17	
E-8 a E-9	03 feb. al 24 feb.	D 0.9 a ^z	D 11.2 a	CD 23.5 a	C 46.7 ab	B 85.3 ab	A 124.1 ab	0.0001
E-9 a E-10	25 feb. al 17 mar.	E 6.6 a	DE 16.4 a	D 37.5 a	C 65.8 a	B 105.3 a	A 140.4 a	0.0001
E-10 a E-11	18 mar. al 09 abr.	D 3.3 a	CD 9.2 a	CD 23.1 a	BC 40.7 b	AB 68.6 b	A 103.1 b	0.0004
1 SDA	10 abr. al 16 abr.	A 0.5 a	A 9.2 a	A 4.4 b	A 9.2 c	A 16.5 c	A 25.4 c	0.1316
2 SDA	17 abr. al 22 abr.	A 0.0 a	A 0.2 a	A 1.7 b	A 3.0 c	A 6.7 c	A 12.6 c	0.1057
3 SDA	23 abr. al 29 abr.	A 0.3 a	A 1.7 a	A 2.9 b	A 8.0 c	A 14.3 c	A 23.8 c	0.1470
4 SDA	30 abr. al 6 may.	A 0.0 a	A 0.1 a	A 0.3 b	A 2.2 c	A 4.2 c	A 8.4 c	0.0549
	Pr > F	0.3017	0.1343	0.0016	0.0002	0.0001	0.0001	

^zPara letras mayúsculas y minúsculas la separación de medias es horizontal y vertical, respectivamente, según la prueba de Waller-Duncan, $p=0.05$.

Debido a la variación entre años de la ocurrencia de las temperaturas críticas para el desarrollo reproductivo de 'Ataúlfo' se calcularon las duraciones mínimas y máximas de la presencia de cada temperatura crítica para los tres años de la investigación. En el huerto Las Palmas, las temperaturas más bajas ($\leq 12^\circ\text{C}$) sólo ocurrieron en las etapas fenológicas de E-8 a E-10 con un máximo de 11:15 h en el periodo del 3 febrero al 17 marzo (Cuadro 3). Las temperaturas críticas $\leq 13^\circ\text{C}$ y hasta $\leq 17^\circ\text{C}$, aunque de duración variable, siempre se presentaron en los estados fenológicos desde E-8 hasta E-10. Sin embargo, las temperaturas $\leq 13^\circ\text{C}$ tuvieron una duración superior a 20 h en los estados de desarrollo floral E-8 a E-10. Temperaturas críticas $\leq 14^\circ\text{C}$ y mayores siempre mostraron duraciones prolongadas, hasta 193:75 h para $\leq 17^\circ\text{C}$ en la etapa E-8 a E-9. La duración de las temperaturas críticas en las etapas posteriores a anthesis generalmente fue prolongada a partir de $\leq 15^\circ\text{C}$ en la etapa 1 SDA (22:30 h).

Para el huerto El Divisadero, la duración de las temperaturas mínimas y máximas de cada temperatura crítica en los tres años evaluados fue mayor que en el huerto Las Palmas (Cuadro 3). En las etapas fenológicas desde E-8 hasta E-10 (3 feb. al 9 abr.) fue notoria la ocurrencia de hasta 26:30 h con temperaturas $\leq 12^\circ\text{C}$. La presencia de temperaturas $\leq 13^\circ\text{C}$ y superiores siempre fue elevada; por ejemplo, la variación entre años para la duración de las temperaturas $\leq 15^\circ\text{C}$ en la etapa E-8 a E-9 fue de 23:30 h a 63:15 h en el periodo del 3 al 24 de febrero. En el caso de la etapa de E-9 a E-10 (25 feb. al 17 mar.) la duración de las temperaturas $\leq 15^\circ\text{C}$ varió de 48:15 a 88:30 h. La duración de las temperaturas críticas después de anthesis alcanzó hasta 30 h para temperaturas $\leq 15^\circ\text{C}$ en 1 SDA (10 abr. al 16 abr.) (Cuadro 3).

Due to variation between years of the occurrence of critical temperatures for reproductive development of 'Ataulfo', the minimum and maximum durations of each critical temperature for the three years of research were calculated. In Las Palmas, the lowest temperatures ($\leq 12^\circ\text{C}$) occurred in the phenological stages from E-8 to E-10 with a maximum of 11:15 hours in the period from February 3 to March 17 (Table 3). Critical temperatures $\leq 13^\circ\text{C}$ and up to $\leq 17^\circ\text{C}$, although of varying lengths, always occurred in developmental stages from E-8 to E-10. However, temperatures $\leq 13^\circ\text{C}$ lasted over 20 h in the states of floral development E-8 to E-10. Critical temperatures $\leq 14^\circ\text{C}$ and higher showed prolonged durations, of up to 193:75 h for $\leq 17^\circ\text{C}$ in stages from E-8 to E-9; the duration of critical temperatures in post-anthesis stage was extended generally from $\leq 15^\circ\text{C}$ in stage 1 SDA (22:30 h).

For El Divisadero, the duration of minimum and maximum temperatures for each critical temperature in the three years evaluated was higher than in Las Palmas (Table 3); in the phenological stages from E-8 to E-10 (February 3 to April 9) it was notorious the occurrence of up to 26:30 h at temperatures $\leq 12^\circ\text{C}$. The presence of temperatures $\leq 13^\circ\text{C}$ and higher was always high; for example, the variation between years for the duration of temperature $\leq 15^\circ\text{C}$ in stages from E-8 to E-9 was from 23:30 h to 63:15 h in the period from February 3 to February 24. For E-9 to E-10 (February 25 to March 17) the duration of temperatures $\leq 15^\circ\text{C}$ ranged from 48:15 to 88:30 h. The duration of the critical temperatures after anthesis reached up to 30 h at temperatures $\leq 15^\circ\text{C}$ in 1 SDA (April 10 to April 16) (Table 3).

Cuadro 3. Variación interanual (2012, 2013 y 2014) en la duración de la ocurrencia de diferentes temperaturas críticas según el estado de desarrollo floral (E) y semanas después de anthesis (SDA) en los huertos de Las Palmas y el Divisadero.
Table 3. Inter-annual variation (2012, 2013 and 2014) in the duration of occurrence for different critical temperatures according to the floral stage of development (E) and weeks after anthesis (SDA) in orchards Las Palmas y el Divisadero.

Huerto	Etapa fenológica	Período	Duración (horas y minutos) según la temperatura crítica (°C)					
			≤12	≤13	≤14	≤15	≤16	≤17
Las Palmas	E-8 a E-9	03 feb. al 24 feb.	2:15	23:15	11:30-40:30	4:00-85:00	19:30-141:30	77:45-193:75
	E-9 a E-10	25 feb. al 17 mar.	11:15	3:45-40:00	1:30-71:30	2:15-89:00	33:15-135:30	85:30-193:5
	E-10 a E-11	18 mar. al 09 abr.	0	1:30-2:30	7:15-9:30	2:30-34:45	12:00-91:15	50:15-143:45
	1 SDA	10 abr. al 16 abr.	0	0	4:00	22:30	1:30-42:15	2-58:45:00
	2 SDA	17 abr. al 22 abr.	0	0	0:45	0:45-3:45	3-18:45:00	6:30-29
	3 SDA	23 abr. al 29 abr.	0	0	0	3:30	14:45	1:00-26:30
	4 SDA	30 abr. al 6 may.	0	0	0	0	1:45	4:25
El Divisadero	E-8 a E-9	03 feb. al 24 feb.	2:45	3:00-18:45	10:15-37:3	23:30-63:15	59:00-107:45	94:00-155:45
	E-9 a E-10	25 feb. al 17 mar.	0:15-17:15	1:15-35:45	22:30-55:45	48:15-88:30	88:00-100:15	133:45-151:45
	E-10 a E-11	18 mar. al 09 abr.	1:15-6:30	3:45-18:00	11:30-37:30	27:15-61:00	53:15-98:45	88:00-143
	1 SDA	10 abr. al 16 abr.	0:45	2:00-3:45	4:30-8:45	9:00-18:30	0:15-33:00	4:45-45:15
	2 SDA	17 abr. al 22 abr.	0	0:30	5:15	9:00	2:00-15:00	6:45-23:45
	3 SDA	23 abr. al 29 abr.	0:45	1:45-3:15	4:15-4:30	6:30-17:30	15:00-27:45	41:15
	4 SDA	30 abr. al 6 may.	0	0:15	1:00	2:50-4:00	0:30-7:45	2:00-15:45

Tratamientos de fertilización e incidencia de fruto partenocárpico

La proporción de fruto normal y partenocárpico varió entre los años que duró la evaluación en árboles tratados con diferentes niveles de fertilización (Cuadro 4). En la evaluación realizada en cuajado de fruto (marzo) los frutos normales alcanzaron un máximo de 27.1% (2014) y los frutos partenocárpicos hasta de 94.6% (2012). Para los frutos que llegaron a cosecha se observó una relación inversa entre la cantidad de frutos normales y partenocárpicos. Las variaciones entre años fue de 14% para cada tipo de fruto; aunque la proporción de fruto partenocárpico fue alta (43.5% a 57.5%) (Cuadro 4).

Fertilization treatments and incidence of parthenocarpic fruit

The proportion of normal and parthenocarpic fruit varied between years of evaluation in trees treated with different levels of fertilization (Table 4). In the assessment made in fruit set (March), normal fruits reached a maximum of 27.1% (2014) and parthenocarpic fruits of up to 94.6% (2012). For fruit that reached harvest an inverse relationship between the amount of normal and parthenocarpic fruits was observed. The variation between years was 14% for each type of fruit; although the proportion of parthenocarpic fruit was high (43.5% to 57.5%) (Table 4).

Cuadro 4. Influencia del año de evaluación sobre la presencia de fruto normal y partenocárpico en mango ‘Ataúlfo’ tratado con tres tratamientos de fertilización al suelo. Evaluaciones realizadas en cuajado de fruto (marzo) y madurez de corte (mayo) 2012, 2013 y 2014. Huertos Las Palmas y El Divisadero.

Table 4. Influence of the year of assessment on the presence of normal and parthenocarpic fruit in ‘Ataúlfo’ treated with three soil fertilization treatments. Evaluations made in fruit set (March) and maturity index (May) 2012, 2013 and 2014. Orchards Las Palmas and El Divisadero

Años	N ^z	(% de frutos en cuajado (marzo))		N ^z	(% de frutos en madurez de corte (mayo))	
		Normal	Partenocárpico		Normal	Partenocárpico
2012	25428	5.4 c ^y	94.6 a	8697	56.5 a	43.5 c
2013	10389	23.0 b	77.0 b	7536	47.3 b	52.7 b
2014	8824	27.1 a	72.9 c	9192	42.5 c	57.5 a
<i>Pr>F</i>		0.0001	0.0001		0.0001	0.0001

^zNúmero de frutos evaluados; ^yMedias con letras iguales en columnas no son estadísticamente diferentes, según la prueba de Waller-Duncan, $p=0.05$.

La comparación entre huertos de la presencia de fruto partenocárpico en las etapas de cuajado (marzo) y madurez de corte (mayo) mostró una mayor presencia de este tipo de frutos en el huerto El Divisadero, alcanzando 91% en cuajado y 63.7% a la cosecha (Cuadro 5). En el caso del huerto Las Palmas estas proporciones fueron menores, 72.2% y 40.1%, respectivamente.

The comparison between orchards for presence of parthenocarpic fruit in fruit set (March) and maturity index (May) showed a greater presence of this type of fruit in orchard El Divisadero, reaching 91% in fruit set and 63.7% to harvest (Table 5). For Las Palmas these ratios were lower, 72.2% and 40.1%, respectively.

Cuadro 5. Diferencias entre huertos sobre la presencia de fruto normal y partenocárpico en mango 'Ataúlfo' tratado con tres tratamientos de fertilización al suelo. Evaluaciones realizadas en cuajado de fruto (marzo) y madurez de corte (mayo) 2012, 2013 y 2014.

Table 5. Differences between orchards on presence of normal and parthenocarpic fruit in 'Ataúlfo' treated with three soil fertilization treatments. Evaluations in fruit set (March) and maturity index (May) 2012, 2013 and 2014.

Huerto	N ^z	(% de frutos en cuajado (marzo))		N ^z	(% de frutos en madurez de corte (mayo))	
		Normal	Partenocárpico		Normal	Partenocárpico
Las Palmas	23 936	27.8 a ^y	72.2 b	15 716	59.9 a ^y	40.1 b
El Divisadero	20 706	9.0 b	91.0 a	6 918	36.3 b	63.7 a
<i>Pr>F</i>		0.0001	0.0001		0.0001	0.0001

^zNúmero de frutos evaluados; ^yMedias con letras iguales en columnas no son estadísticamente diferentes, según la prueba de Waller-Duncan, $p=0.05$.

Los tratamientos de fertilización modificaron la presencia de fruto partenocárpico. Sin embargo, esto sólo ocurrió para la evaluación realizada en cuajado de fruto (Cuadro 6). La dosis Normal de fertilización presentó la menor proporción de fruto partenocárpico (79.5%) comparado con el Testigo (83.5%).

Fertilization treatments modified the presence of parthenocarpic fruit. However, this only happened for the evaluation in fruit set (Table 6). Normal fertilization doses had the lowest proportion of parthenocarpic fruit (79.5%) compared to control (83.5%).

Cuadro 6. Influencia de tratamientos de fertilización al suelo sobre la presencia de fruto normal y partenocárpico en mango 'Ataúlfo'. Evaluaciones realizadas en cuajado de fruto (marzo) y madurez de corte (mayo) 2012, 2013 y 2014. Datos combinados de los huertos Las Palmas y El Divisadero.

Table 6. Influence of soil fertilization treatments on the presence of normal and parthenocarpic fruit in 'Ataúlfo'. Evaluations in fruit set (March) and maturity index (May) 2012, 2013 and 2014. Combined data from orchards Las Palmas and El Divisadero.

Fertilización	N ^z	(% de frutos en cuajado (marzo))		N ^z	(% de frutos en madurez de corte (mayo))	
		Normal	Partenocárpico		Normal	Partenocárpico
Normal	13 464	20.5 a ^y	79.5 b	9 494	49.8 ^y	50.2
Alta	16 221	18.5 ab	81.5 ab	8 409	49.6	50.4
Testigo	14 956	16.5 b	83.5 a	7 522	46.9	53.1
<i>Pr>F</i>		0.0446	0.0153		0.2214	0.4289

^zNúmero de frutos evaluados; ^yMedias con letras iguales en columnas no son estadísticamente diferentes, según la prueba de Waller-Duncan, $p=0.05$.

Respecto a las características de los frutos, los normales siempre presentaron mayor tamaño que los partenocárpicos (Figuras 1A y 1B). Los frutos partenocárpicos no presentaron hendidura en el lomo ni pico pronunciado y no desarrollaron embriones, sólo se apreciaron rudimentos del saco embrionario (Figuras 2A y 2B). En todos los frutos evaluados no se observó aborto de embriones.

Respecto a las características de los frutos, los normales siempre presentaron mayor tamaño que los partenocárpicos (Figuras 1A y 1B). Los frutos partenocárpicos no presentaron hendidura en el lomo ni pico pronunciado y no desarrollaron embriones, sólo se apreciaron rudimentos del saco embrionario (Figuras 2A y 2B). En todos los frutos evaluados no se observó aborto de embriones.

Discusión

La acumulación de horas ≤ 17 °C fue mayor en el huerto El Divisadero que en las Palmas. Esta diferencia puede ser debida a que El Divisadero está a una latitud 29' más al sur y a 4.7 km del océano Pacífico mientras que Las Palmas está a 10.5 km del mar; entonces, el viento frío procedente del océano impacta más directamente al huerto El Divisadero. La diferencia en altitud entre ambos huertos fue mínima ya que Las Palmas estuvo 89 m más alto y parece no haber influido en la diferencia en la acumulación de horas ≤ 17 °C.

En los dos huertos estudiados fue notoria la acumulación de horas ≤ 17 °C durante los estados de desarrollo floral de E-8 (coliflor) a E-11 (antesis). Trabajos con varios cultivares de mango han mencionado la presencia de frutos de mango sin semilla como consecuencia de daños causados por temperaturas ≤ 10 °C (Lakshminarayana y Hernández-Aguilar, 1975; Kadman y Oppenheimer, 1978; Sukhvibul *et al.*, 2000) o ≤ 12 °C (Whiley *et al.*, 1988; Lim *et al.*, 1996) durante las etapas de diferenciación floral y polinización. Durante la presente investigación no se registraron temperaturas ≤ 10 °C o ≤ 11 °C; sin embargo, si hubo acumulación de horas con temperaturas desde ≤ 12 °C hasta ≤ 17 °C, aunque dependiendo del huerto, fue mayor la acumulación de temperaturas ≤ 14 °C, ≤ 15 °C e ≤ 16 °C. Los más frecuentes estados de desarrollo floral donde ocurrieron estas temperaturas fueron de E-8 a E-9 y de E-9 a E-10. Estos estados de desarrollo son muy sensibles a sufrir daños por bajas temperaturas ya que es cuando ocurre la formación de óvulos y polen, así como su maduración.

Como fue mencionado, los estados de desarrollo floral E-8 y E-9 son los más susceptibles a sufrir daños por temperaturas bajas. En este sentido, para ambos huertos la duración de las temperaturas ≤ 13 °C fue superior a 18h, para ≤ 14 °C fue mayor de 37 h, y para ≤ 15 °C fue mayor de 63 h. No se encontró información en este sentido para ningún cultivar de mango por lo que la información aquí descrita indica una elevada susceptibilidad de los órganos reproductores del mango 'Ataulfo' y estimulará más investigación en este aspecto, sobre todo en aspectos de vulnerabilidad, ante el cambio climático, de las actuales zonas productoras de este cultivar de mango en Nayarit y posiblemente en otras regiones.

De acuerdo a Sukhvibul *et al.* (2000), la presencia de temperaturas de 20/10 °C (día/noche) durante tres días después de la polinización causaron estenospermocarpia.

Regarding fruit characteristics, the normal always were larger than parthenocarpic (Figures 1A and 1B). Parthenocarpic fruit showed no slit in the back or a pronounced peak and no develop embryos, only rudiments of the embryo sac (Figures 2A and 2B) were observed. In all evaluated fruits was not observed aborted embryos.



Figura 1. Apariencia externa de frutos normal y partenocárpico de mango 'Ataulfo' (A). Fruto normal con presencia de embriones (izquierda) y partenocárpico, mostrando ausencia de embriones (B).

Figure 1. External appearance of normal and parthenocarpic fruit of 'Ataulfo' (A) normal fruit with presence of embryos (left) and parthenocarpic, showing no embryos; and (B).

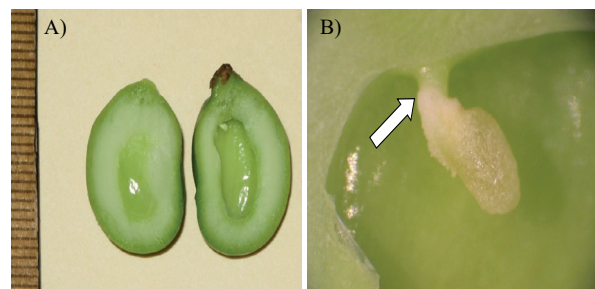


Figura 2. Fruto partenocárpico con ausencia de embriones (A). Fruto partenocárpico son saco embrionario sin desarrollar por falta de fertilización del óvulo; y (B). La flecha señala el funículo, que sustenta el saco embrionario.

Figure 2. Parthenocarpic fruit with no embryos (A), parthenocarpic fruit with undeveloped embryo sac by lack of egg fertilization; and (B). The arrow indicates the funiculus that sustains the embryo sac.

Discussion

Cumulative hour ≤ 17 °C was higher in El Divisadero than in Las Palmas. This difference may be due to El Divisadero is at latitude 29' further south and 4.7 km from the Pacific Ocean while Las Palmas is 10.5 km from it; then the cold

En ninguno de los huertos incluidos en el presente estudio hubo descensos de temperatura similares; sin embargo, una semana después de anthesis la duración de las temperaturas ≤ 15 °C en los huertos Las Palmas y El Divisadero sólo fue de 22:30 h y 30 h, respectivamente. La ausencia de temperaturas dañinas para los embriones pudo haber sido la causa de que no se haya detectado aborto de embriones en los frutos disectados durante los tres años del estudio.

En general, la proporción de fruto partenocárpico que llegó a la cosecha en los tres años evaluados varió de 43.5 a 57.5%, lo cual implica cerca de 50% de reducción en el rendimiento potencial del mango 'Ataúlfo' en Nayarit. La ausencia de efecto de los tratamientos de fertilización balanceada, acorde a los requerimientos de cada huerto, es un indicador que en las condiciones donde se realizó esta investigación la presencia de fruto partenocárpico es de origen climático.

Conclusiones

Los resultados de este estudio indican que la presencia de temperaturas ≤ 13 °C, ≤ 14 °C e ≤ 15 °C en prefloración, principalmente en los estados de desarrollo floral E-8 y E-9, son las causantes de la presencia de frutos partenocárpicos de mango 'Ataúlfo' y no se encontraron evidencias de estenospermocarpia. Los tratamientos de fertilización evaluados no modificaron la proporción de mango partenocárpico que llegó a la cosecha.

Agradecimientos

Se reconoce el financiamiento del INIFAP y del CONACYT-FORDECYT (Proyecto 115830).

Literatura citada

- De Wet, E.; Robbertse, P. J. and Groeneveld, H. T. 1989. The influence of temperature and boron on pollen germination in *Mangifera indica* L. South African J. Plant Soil. 6(4):228-234.
- Gehrke-Vélez, M. L. 2008. Reflexiones sobre problemas de biología reproductiva del mango Ataúlfo en el Soconusco, Chiapas. Tecnología en Marcha. 21:174-183.

wind from the ocean impacts more directly into the orchard El Divisadero. The difference in altitude between both orchards was minimal because Las Palmas is 89 m higher and it seems not to have influenced the difference in the accumulation of hours ≤ 17 °C.

In both orchards was notorious the cumulative hours ≤ 17 °C during stages of floral development from E-8 (cauliflower) to E-11 (anthesis). Studies with several mango cultivars have mentioned the presence of seedless fruit as a result of damage caused by temperatures ≤ 10 °C (Lakshminarayana and Hernandez-Aguilar, 1975; Kadman and Oppenheimer, 1978; Sukhvibul *et al.*, 2000) or ≤ 12 °C (Whiley *et al.*, 1988; Lim *et al.*, 1996) during the stages of floral differentiation and pollination. During this study temperatures ≤ 10 °C or ≤ 11 °C were not recorded; however, there was accumulation of hours with temperatures from ≤ 12 °C to ≤ 17 °C, though depending on the orchard, it was greater the accumulation of temperatures ≤ 14 °C ≤ 15 °C and ≤ 16 °C. The most frequent states of floral development were this temperatures are present were from E-8 to E-9 and E-9 to E-10. These stages of development are very sensitive to damage from low temperatures as it is when egg and pollen formation occurs, as well as maturation.

As mentioned, the states of floral development E-8 and E-9 are the most susceptible to damage from low temperatures. In this regard, for both orchards the duration of temperatures ≤ 13 °C was more than 18 h, ≤ 14 °C was greater than 37 h, and ≤ 15 °C greater than 63 h. There was no information to be found regarding this temperatures for any mango cultivar; so the information described here indicates an increased susceptibility of the reproductive organs from 'Ataulfo' and will stimulate further research in this area, especially in topics related to vulnerability to change climate from current producing areas of this cultivar in Nayarit and possibly in other regions.

According to Sukhvibul *et al.* (2000), the presence of temperatures from 20/10 °C (day / night) for three days after pollination caused stenospermocarpia. None of the orchards included in this study showed similar temperature drops; however, a week after anthesis the duration of ≤ 15 °C temperatures in the orchards Las Palmas and El Divisadero was just for 22:30 h and 30 h, respectively. The absence of harmful temperatures for embryos may have been the cause that the abortion of embryos has not been detected in dissected fruits during the three years of study.

- García-Amaro, E. 1988. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 'Climas' (clasificación de Köppen, modificado por García). Escala 1:1000 000 México. Shapefile. http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/clima/mgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no.
- INEGI. 1999. Carta edafológica del estado de Nayarit. Dirección General de Geografía del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2nd. Ed. Escala 1:50 000. Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- Kadman, A. and Oppenheimer, Ch. 1978. Some problems of cultivation of selected subtropical fruit crops under marginal conditions, and research carried out in Israel to solve these problems. *Acta Hort.* 142:19-21.
- Lakshminarayana, S. and Hernández-Aguilar, P. 1975. Effect of orchard heating in reducing parthenocarpic fruits in 'Haden' mango. *United States of America. Proc. Fla. State Hort. Soc.* 88:502-505.
- Ledbetter, C. A. and Ramming, D. H. 1989. Seedlessness in grapes. *In: horticultural reviews*. Janick, J. (Eds.). John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ. United States of America. 11:159-181.
- Lim, T. K.; Luders, L. and Poffley, M. 1996. Studies on fruit deformity and nubbins in Irwin mango. *In: Proc. Int. Conference on Tropical fruit*. Kuala Lumpur, Malaysia. 287-298 pp.
- Pérez-Barraza, M. H.; Vázquez-Valdivia, V. y Osuna-García, J. A. 2007. Incidencia de frutos partenocárpicos en mango 'Ataulfo' en huertos comerciales de Nayarit. México. *Rev. Chapingo Serie Horticultura*. 13(2):149-156.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)- Servicio de Información y estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2015. <http://www.siap.gob.mx/>.
- Sing, Z. 2007. Embryo abortion in relation to fruit size, quality, and concentrations of nutrients in skin and pulp of mango. *J. Plant Nutrit.* 28:1723-1737.
- Soule, J. 1985. Glossary for horticultural crops. Wiley, New York, United States of America. 898 p.
- Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. 1984. Principles and procedures of statistics a biometrical approach. 2th. Ed. McGraw Hill Publishers. 234-235 pp.
- Stout, A. B. 1936. Seedlessness in grapes. Technical bulletin 238. New York State Agricultural Experiment Station. Geneva, New York, United States of America. 35 p.

Overall, the proportion of parthenocarpic fruit that reached harvest in the three years evaluated ranged from 43.5 to 57.5%, which means about 50% reduction in yield potential for 'Ataulfo' in Nayarit. The lack of effect of balanced fertilization treatments, according to the requirements of each orchard is an indicator that conditions where this research was conducted for the presence of parthenocarpic fruit is from climate.

Conclusions

The results from this study indicate that the presence of temperatures ≤ 13 °C, ≤ 14 °C e ≤ 15 °C at pre-flowering, mainly in the stages of floral development E-8 and E-9, are the responsible for the presence of parthenocarpic fruit in 'Ataulfo' and there was no evidence of stenospermocarp. The fertilization treatments did not modify the proportion of parthenocarpic fruit reaching harvest.

End of the English version



- Sukhvibul, N.; Hetherington, S. E.; Whiley, A. W.; Smith, M. K. and Vithanage, S. 2000. Effect of temperature on pollen germination, pollen tube growth and seed development in mango (*Mangifera indica* L.). *Acta Hort.* 509:609-616.
- 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. *Scientia Hort.* 105:467-474.
- Whiley, A. W.; Saranah, J. B.; Rasmussen, T. S.; Winston, E. C. and Wolstenholme, B. N. 1988. Effect of temperature on ten mango cultivars with relevance to production in Australia. *In: Proc. Fourth Australasian Conference on Tree and Nut Crops*. Lismore, New South Wales. 176-185 pp.
- Young, T. W. and Sauls, J. W. 1979. The mango industry in Florida. Florida Cooperative Extension Service Bulletin 189. 70 p.