

## FENOLOGÍA Y UNIDADES CALOR DE GENOTIPOS DE PAPAYO EN EL SUR DE TAMAULIPAS, MÉXICO

## PHENOLOGY AND HEAT UNITS OF PAPAYO GENOTYPES IN SOUTHERN TAMAULIPAS, MÉXICO

Enrique Vázquez García<sup>1\*</sup>, Erick E. Román Avendaño<sup>2</sup> y Rafael Ariza Flores<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Campo Experimental Sur de Tamaulipas, Centro de Investigación Regional del NORESTE, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Km 55 Carr. Tampico-Mante. Tel. y Fax: (836) 2 76 01 68. <sup>2</sup> Instituto Tecnológico de Altamira No. 4. Carr. Tampico-Mante, km 30. Altamira, Tamaulipas. <sup>3</sup> Centro de Investigación Regional del Pacífico Sur, INIFAP. Oaxaca, México.

\* Autor para correspondencia (vazquez.enrique@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

Se evaluó la fenología de cuatro genotipos de papayo (*Carica papaya* L.), 'Maradol Roja' (MR), 'Maradol Amarilla' (MA), 'Zapote' y 'Tabasco', y su relación con la acumulación de unidades calor (UC). Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental en bloques completos al azar con seis repeticiones. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, diámetro de copa, periodos juvenil, de floración, de amarre de frutos y de cosecha. Se encontró que hubo una relación positiva entre las variables de crecimiento y acumulación de UC en los cuatro genotipos, con coeficientes de correlación superiores a 0.92. Entre diciembre y febrero el crecimiento fue lento, con un promedio de 4.8 UC d<sup>-1</sup> acumuladas, pero a partir de marzo se aceleró el crecimiento de las plantas con un promedio de 6.6 UC d<sup>-1</sup>. En cuanto a los requerimientos de UC por etapa fenológica, el periodo juvenil fue más precoz en la variedad MA con 472 UC y 'Tabasco' la más tardía con 865 UC ( $P \leq 0.05$ ). El proceso de floración completo en cada flor requirió una acumulación entre 272 y 350 UC; los genotipos MR y MA fueron más precoces que 'Zapote' y 'Tabasco'. Entre 1936 y 2293 UC acumuladas hubo un considerable aumento en el número de frutos cuajados de los cuatro genotipos, sobre todo en los genotipos MA y Tabasco, donde MA rindió 130.5 t ha<sup>-1</sup>, y tuvo la cosecha más temprana con 2800 UC acumuladas.

**Palabras clave:** *Carica papaya*, fenología, unidades calor, genotipos.

### SUMMARY

Phenology and its relationship with the accumulation of heat units (HU) was evaluated upon four papaws genotypes (*Carica papaya* L.): 'Maradol roja' (MR), 'Maradol amarilla' (MA), 'Zapote' and 'Tabasco'. A randomized complete blocks experimental design was used with six repetitions. Evaluated variables were: plant

height, crown diameter, youth stage, flowering process, fruit set and harvest stage. A positive relationship was found between growth variables and HU accumulation upon four evaluated genotypes, with coefficients of correlation higher than 0.92. Between December and February plants grew slower, at an average of 4.8 accumulated HU d<sup>-1</sup>, but in March plant growth turned faster, with 6.6 accumulated HU d<sup>-1</sup>. As for HU requirements by phenological stage, it was determined that during youth stage MA was the earliest with 472 HU, and 'Tabasco' was the latest with 865 HU ( $P \leq 0.05$ ). The completed flowering process per flower required between 272 and 350 HU; MR and MA flowered earlier than 'Zapote' and 'Tabasco'. There was a considerable increase in fruit set between 1936 and 2293 HU, where varieties MA and Tabasco outstayed. MA showed the earliest harvest with 2800 HU and the highest yield with 130.5 t ha<sup>-1</sup>.

**Index words:** *Carica papaya*, phenology, heat units, genotypes.

### INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya* L.) es una fruta tropical que ha tenido una creciente demanda en los mercados de EE. UU. y Canadá, y México es su principal proveedor con una producción que se ha incrementado en los últimos años hasta 770 000 t en 2006 (FAOSTAT, 2007). Es importante desarrollar estudios y tecnologías que permitan producir papaya de excelente calidad comercial, tanto para el consumo nacional como para el internacional, ya que en este frutal se vislumbran altas expectativas de mercado y rentabilidad para el productor mexicano.

Según Nakasone y Paull (1998), los estudios fenológicos permiten entender las respuestas de los organismos a los factores ambientales, así como las etapas críticas de las plantas cultivadas, lo cual ayuda a maximizar el uso eficiente de los insumos disponibles, al permitir aplicarlos en dosis óptimas y en el momento en que las plantas lo requieran. Los mismos autores señalan que en el caso del papayo, el rango de crecimiento es de 15 a 35 °C, con un óptimo para fotosíntesis de 25 a 30 °C. La temperatura mínima para un crecimiento satisfactorio es 15 °C, pues temperaturas inferiores inhiben el desarrollo de las flores. A 0 °C se presentan fuertes daños al follaje; a -2 °C los frutos se dañan considerablemente y a -4 °C la planta muere.

En este estudio se evaluó la fenología de cuatro genotipos de papayo y su relación con la acumulación de unidades calor en las condiciones de clima y suelo del sur del Estado de Tamaulipas, México.

### MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se hizo en el sur de Tamaulipas, en un campo experimental localizado a 22° 34' LN y 98° 09' L, con una temperatura media anual de 24.5 °C, cuyas máximas ocurren en abril y mayo con valores hasta de 45 °C, y las mínimas en diciembre y enero con

un rango de 3 a 10 °C, y en ocasiones inciden temperaturas de -5 a -6 °C. Se evaluaron los genotipos de papayo 'Maradol Roja' (MR), 'Maradol Amarilla' (MA), 'Zapote' y 'Tabasco'. El trasplante se hizo el 15 de noviembre del 2003, con distancias de 2 m entre plantas y 2 m entre surcos. El manejo del cultivo se hizo de acuerdo con el paquete tecnológico recomendado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (De los Santos *et al.*, 1997).

El diseño experimental empleado fue uno de bloques completos al azar con seis repeticiones y cada planta se consideró como una repetición. Con la información recabada se realizaron análisis de varianza, pruebas de comparación de medias (Tukey, 0.05), y análisis de correlación de Pearson entre las variables evaluadas, mismas que se describen a continuación: altura de planta, que se midió desde la base del tallo hasta la altura de la hoja bandera; ancho de copa, medida en la parte más ancha de la copa. Los datos de estas dos variables se registraron cada 15 d, desde el trasplante hasta el inicio de cosecha.

La etapa juvenil se estimó desde el trasplante hasta el inicio de la floración. El proceso de floración se determinó desde la aparición del primordio floral hasta que la flor fue polinizada (antesis), situación que se reconoció por un cambio de color claro a oscuro y caída de los pétalos, previo al cuajado del fruto. En esta variable se seleccionaron 20 primordios florales por genotipo, se etiquetaron para diferenciarlos y se observó diariamente cada uno para detectar los cambios morfológicos ocurridos durante el proceso de floración, y de esta forma determinar los días y las unidades de calor (UC) acumuladas hasta la antesis. El cuajado de frutos se registró al terminar el primer flujo de floración hasta el inicio de cosecha. Se hicieron 18 cortes, con los que se estimó el rendimiento por planta de cada genotipo, y con esta base se calculó el rendimiento unitario (t ha<sup>-1</sup>), al considerar una población de 2500 plantas ha<sup>-1</sup>.

Para la cuantificación de UC se utilizó el programa "Degree Day utility" versión 2.1 de la Universidad de California (1983). Dentro de este programa se escogió el método de triangulación simple, bajo el criterio que la temperatura umbral máxima del cultivo del papayo es inferior a la temperatura máxima ambiental y que la temperatura umbral mínima del cultivo del papayo es superior a la temperatura ambiental, con la siguiente fórmula:

$$^{\circ}\text{D} = \left[ \frac{6(\text{Tmax} + \text{Tumin})^2}{\text{Tmax} - \text{Tumin}} - \frac{6(\text{Tmax} - \text{Tumin})^2}{\text{Tmax} - \text{Tumin}} \right] \div 12$$

Donde: °D = Unidades calor; Tmax = temperatura máxima; Tumin = temperatura umbral máxima; Tmin =

temperatura mínima; Tumin = temperatura umbral mínima. La Tumin se consideró de 15 °C y la Tmax de 35 °C, con base en Benacchio (1982). La medición de UC se llevó a cabo para cada etapa fenológica desde el trasplante hasta el último corte (14 de febrero de 2005), al cumplir 457 d.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cinética de la altura de planta (mm) y su relación con la acumulación de UC, desde el trasplante hasta el inicio de cosecha, mostró que entre el 15 de noviembre del 2003 y el 1 de marzo del 2004 se registraron tasas de crecimiento muy lentas, con un promedio de 7.1 cm por mes (Figura 1); después de ese periodo, cuando las plantas habían acumulado alrededor de 500 UC, ocurrió un crecimiento acelerado que coincidió con un fuerte incremento de UC. La mayor ganancia en altura de planta se registró en los genotipos 'Zapote' y MA, que alcanzaron poco más de 1 m al 15 de mayo del 2004, con tasas de crecimiento promedio de 25 cm mes<sup>-1</sup>.

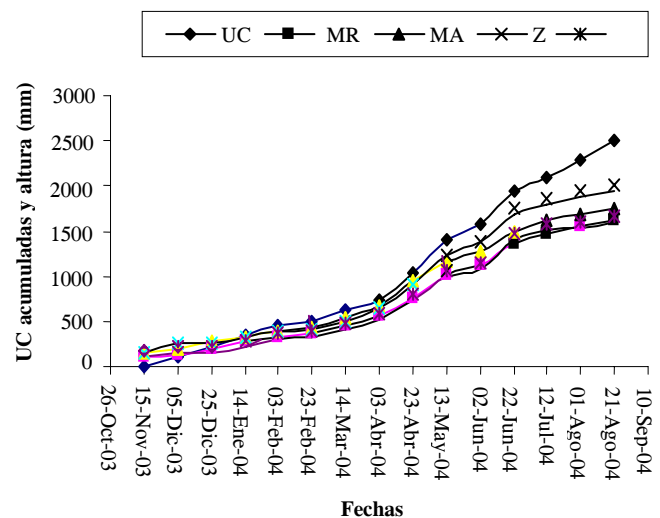


Figura 1. Cinética de altura de planta (mm) y de acumulación de unidades calor (UC) en cuatro genotipos de papayo (*Carica papaya* L.).

La acumulación diaria de UC entre el 15 de noviembre del 2003 y el 1 de marzo del 2004 fue de 4.8 UC d<sup>-1</sup> (con una temperatura media de 15.7 °C), que luego aumentó a un promedio de 6.6 UC d<sup>-1</sup> en marzo (con temperatura media de 18.3 °C), a 10.8 UC d<sup>-1</sup> durante abril (temperatura media de 21.6 °C), y a 12.5 UC d<sup>-1</sup> durante mayo (temperatura media de 23.9 °C).

Según el análisis de correlación, hubo una correlación positiva entre la acumulación de UC y las variables altura de planta y ancho de copa en los genotipos evaluados, con

coeficientes de correlación superiores a 0.92. Según Benacchio (1982), la tasa de desarrollo de los cultivos desde plantación hasta madurez, depende principalmente de la temperatura, pues la temperatura baja retrasa el crecimiento y la cálida lo acelera; en el caso del papayo, el rango óptimo de temperatura está entre 15 °C y 35 °C. Lo señalado por este autor se confirma en el presente trabajo al registrarse un lento crecimiento durante los meses fríos debido a una baja acumulación de UC, seguido de un incremento en la tasa de crecimiento durante los meses cálidos, cuando se presentó la mayor acumulación de UC. Almeida *et al.* (2003) también señalaron una relación lineal entre el incremento de temperatura y el desarrollo de la planta. Este resultado, apoyado con los análisis de correlación, permite señalar que el calor estimuló el desarrollo de las plantas de papayo.

Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre genotipos ( $P \leq 0.05$ ) en la duración del periodo juvenil, donde destacó el genotipo 'Maradol Amarilla' por su precocidad, con un promedio de 104 d y 472 UC acumuladas, seguida por Maradol Roja (Cuadro 1). La duración de la etapa de inicio de la floración a antesis fue de entre 22 y 27 d, y de entre 272 y 350 UC, donde destacaron los genotipos 'Maradol Roja' y 'Maradol Amarilla' por su precocidad; sin embargo, no hubo diferencias significativas entre tratamientos. Según Mekako y Nakasone (1975), en papayo el tiempo transcurrido desde la emergencia del botón floral hasta la antesis, bajo las condiciones de Hawai en EE. UU. fue de aproximadamente 45 d en flores masculinas y 47 d en las femeninas, mientras que las hermafroditas demoraron 49 d. Aparentemente, este periodo difiere considerablemente entre variedades de *Carica papaya* L. ya que en la India se reportó un periodo de 80 d en todos los tipos florales de los cultivares 'Coorg' y 'Honey Dew' (Sharma y Bajpai, 1969) y alre-

dedor de 70 d para el cultivar 'Sunrise Solo' bajo las condiciones de Sudáfrica (Sippel *et al.*, 1989). En esta investigación el tiempo transcurrido desde la emergencia del botón floral hasta la antesis fue mucho menor que la reportada por los autores citados, pero hay que tomar en cuenta la diferencia de variedades y de climas.

En los días transcurridos y las UC acumuladas durante las etapas de desarrollo de frutos y cosecha, se observó que 'Maradol Amarilla' presentó la cosecha más temprana, la cual se realizó el 13 de septiembre de 2004; es decir, a 303 d de haber sido trasplantada y a las 2800 UC (Cuadro 2). Esta variedad también registró el mayor rendimiento promedio con 130.5 t ha<sup>-1</sup>, seguido de 'Maradol Roja' con un rendimiento promedio de 99.5 t ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro 1. Etapas de juvenilidad y floración (en días y unidades calor) de cuatro genotipos de papayo. 2007.**

Genotipo	Juvenilidad		Floración	
	Días	UC	Días	UC
'Maradol Roja'	123 bc	584 bc	22 a	272 a
'Maradol Amarilla'	104 c	472 c	22 a	272 a
'Zapote'	141 ab	738 ab	28 a	350 a
'Tabasco'	154 a	865 a	27 a	336 a
CV (%)	9.6	18	25	23

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). CV = Coeficiente de variación

Chay-Prove *et al.* (2000) reportaron que los frutos del papayo están listos para ser cosechados de 5 a 6 meses después de la floración, la cual ocurre de 5 a 8 meses después de la germinación de la semilla; estos resultados coinciden con los obtenidos en esta evaluación, ya que las cosechas de los cuatro genotipos iniciaron alrededor de 10 meses después del trasplante.

**Cuadro 2. Etapas de desarrollo de fruto y cosecha (en días y unidades calor) de cuatro genotipos de papayo. 2007.**

Genotipo	Desarrollo de frutos		Duración de cosecha		Total (trasplante a cosecha)	
	Días	UC	Días	UC	Días	UC
'Maradol Roja'	165 ab	2022 a	147 ab	985 ab	457	3863
'Maradol Amarilla'	177 a	2044 a	154 a	1075 a	457	3863
'Zapote'	154 ab	1949 a	134 b	826 b	457	3863
'Tabasco'	136 c	1761 b	140 ab	901 b	457	3863
CV (%)	12	16	21	18	---	---

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). CV = Coeficiente de variación.

En cuanto a los frutos cuajados por planta, se determinó que entre el octavo y noveno mes se incrementó de 21 a 40 frutos por planta, en especial en los genotipos 'Maradol Amarilla' y 'Tabasco', fenómeno que sucedió cuando se habían acumulado entre 1936 y 2293 UC. El incremento de número de frutos en este periodo fue muy notorio con respecto a otras fechas de conteo. Al respecto, es importante destacar que el intervalo en cuestión abarcó del 12 de julio al 9 de agosto de 2004, con temperaturas que fluctuaron entre 22 y 37 °C. Según Storey (1985), las temperaturas óptimas para producción de frutos están entre 22 y 26 °C, por lo que se puede deducir que el calor influyó en el cuajado de frutos. En tiempo transcurrido desde el trasplante (15 de noviembre de 2003) hasta el último corte (14 de febrero de 2005) fue de 457 d y las unidades calor acumuladas sumaron un total de 3863, que corresponden al ciclo completo del cultivo.

### CONCLUSIONES

Hubo correlación positiva ( $r \geq 0.92$ ) entre altura de planta, ancho de copa y acumulación de unidades calor. Con 4.8 UC d<sup>-1</sup> las plantas de papayo presentaron bajas tasas de crecimiento, pero al aumentar a 6.6 UC d<sup>-1</sup> las tasas de crecimiento se incrementaron notablemente. Los genotipos más precoces en los periodos juvenil y de floración fueron 'Maradol Amarilla' y 'Maradol Roja'. El mayor cuajado de frutos se presentó entre las 1936 y 2293 UC acumuladas; los genotipos con mayor cantidad de frutos cuajados fueron 'Tabasco' y 'Maradol Amarilla'. El genotipo que presentó un periodo de cosecha más largo fue 'Maradol Amarilla' con 154 d y 1075 UC, y también produjo el mayor rendimiento unitario con 130.5 t ha.

### BIBLIOGRAFÍA

- Almeida F, de B Terra, S Salassier (2003) Growth and yield of papaya under irrigation. *Sci. Agric.* 60:419-424.
- Benacchio S S (1982) Algunas Exigencias Agroecológicas en 58 Especies de Cultivo con Potencial de Producción en el Trópico Americano. FONAIAP- Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. 202 p.
- Chay-Prove, P Ross, P O' Hare, P Macleod, N Kernot, I Evans, D Grice, K Vawdrey, L Richards, N Blair, A Astridge (2000) Agrilink Series: Your Growing Guide to Better Farming. Paw Paw information Kit. Queensland Horticulture Institute and Department of Primary Industries. 185 p.
- De los Santos F, E Becerra, R Mosqueda, A Vázquez, A B. Vargas (1997) Manual de Producción de Papaya en el Estado de Veracruz. Folleto Técnico No. 17. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. México. 86 p.
- FAOSTAT 2007 Estadísticas de producción y consumo mundial de frutas y hortalizas. [http://fao.org/statistical\\_databases](http://fao.org/statistical_databases). (30 de Noviembre del 2007).
- Mekako H, H Nakasone (1975) Floral development and compatibility studies of *Carica* species. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 100:145-148.
- Nakasone H Y, R E Paull (1998) Tropical Fruits. CAB International Walling Ford. pp:239-269.
- Sharma A, P. Bajpai (1969) Studies on floral biology of papaya (*Carica papaya*). *Ind. J. Soc. Hort. Sci.* 3:9-18.
- Sippel A, N Claassens, L Holtzhausen (1989) Floral differentiation and development in *Carica papaya* L. Cultivar 'Sunrise Solo'. *Sci. Hort.* 40:23-33.
- Storey W B (1985) *Carica papaya*. In: CRC Handbook of Flowering. Volume II. A H Halevy (ed). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. pp:147-157.
- University of California. (1983) Degree Day: The Calculation and Use of Heat Units in Pest Management. Handbook of División of Agricultura and Natural Resources. 11 p.