

Aspectos de la biología floral en lechosa (*Carica papaya* L.) cv. «Cartagena roja», en el estado Lara, Venezuela.

J. Parés-Martínez¹, R. Linárez¹, M. Arizaleta¹ y L. Meléndez¹.

¹Universidad Central Lizandro Alvarado.

Resumen

A fin de contribuir al conocimiento de la biología floral de la lechosa, se determinó el momento de antesis, dehiscencia de anteras, cantidad y viabilidad de los granos de polen producidos por flor y el tiempo a fijación de frutos. La antesis, dehiscencia de anteras y fijación de frutos se evaluaron mediante observaciones directas en campo sobre flores seleccionadas al azar. Tanto la cantidad como viabilidad, de los granos de polen, fueron determinadas mediante la metodología del hematocitómetro, utilizando como colorante azul de anilina en lactofenol al 1%. Los resultados indicaron marcadas diferencias entre los tipos florales. El tipo floral femenino fue el más tardío tanto en la ocurrencia de la antesis como en la fijación de los frutos. La dehiscencia de anteras ocurre antes de la apertura floral. Los resultados de cantidad y viabilidad indicaron diferencias entre los tipos de flores evaluados. Así, el tipo floral IV+ produjo 148.000 granos en comparación a los 104.400 y 107.600 granos producidos por los tipos IV y V, respectivamente. Los porcentajes de viabilidad fueron 86,2; 86,7 y 82,7% para los tipos IV, IV+ y V, respectivamente.

Palabras clave: *Carica papaya*, antesis, dehiscencia de anteras, fijación de frutos, polen, viabilidad

Introducción

La lechosa (*Carica papaya* L.), es una especie perenne, originaria de América Tropical y perteneciente a la familia Caricaceae (2). Aunque su origen exacto ha sido muy discutido

debido a la gran diseminación por parte del hombre (9).

En esta especie se reconocen seis tipos bien diferenciados de flores: uno femenino, tres hermafroditas y dos

masculinos, designados comúnmente como los tipos I, II, III, IV, IV+ y V, respectivamente (10).

Las flores hermafroditas se distinguen por el número y distribución de los estambres, forma de ovario y características de la corola; estas flores también se les denomina «pentandria» (tipo II), «irregular» (tipo III) y «elongata» (tipo IV); las flores de tipo III y en menor grado las del tipo II presentan carpeloidía de estambres. Las flores masculinas pueden ser «funcional masculina» (tipo IV+) y «masculina típica» (tipo V); estas flores no desarrollan frutos (10, 20).

De acuerdo a la presencia de estos tipos florales las plantas de lechosa pueden agruparse en diversa formas sexuales o genomas: forma androica, la cual presenta principalmente flores masculinas (tipo V), forma ginoica, con flores únicamente femeninas (tipo I) y la forma sexual andromonoica, con flores hermafroditas de los tipos II, III y IV, además de flores masculinas (IV+) (10).

Investigaciones han demostrado que el sexo de la lechosa esta gobernado genéticamente pero a pesar de ello se ha reportado que el desarrollo floral está sujeto a modificaciones por factores ambientales, siendo la temperatura, la luz y la humedad, los más influyentes (12).

Los estudios sobre la biología reproductiva de la lechosa son escasos (17) y están centrados en Hawai, la India y Sudáfrica.

Parés (13) evaluando el comportamiento reproductivo de la

lechosa cultivar cartagena amarilla en Venezuela, encontró que la forma sexual androica fue más precoz en iniciar la floración, tardando 54 días después de la siembra en campo, mientras que las formas sexuales andromonoica y ginoica iniciaron su floración a los 59 y 61 días, respectivamente.

Mekako y Nakasone (11) indicaron que el tiempo transcurrido desde la emergencia del botón floral hasta la antesis de la flor, bajo las condiciones de Hawai, fue de aproximadamente 45 días en flores masculinas y 47 días en las femeninas, mientras que los tipos florales hermafroditas demoraron 49 días. Por otro lado, Sippel *et al.* (19) indicaron un periodo de diez semanas desde la emergencia del botón floral hasta la antesis en el cultivar «Sunrise Solo» bajo las condiciones de Sudáfrica. Posiblemente estas diferencias también sean debidas a las condiciones climáticas, tal como lo señalan los autores antes citados.

Parés (13) reportó que los tipos florales producidos por la forma sexual andromonoica (II, III, IV y IV+) presentaron similar comportamiento en cuanto al número de días transcurridos desde la emergencia del botón floral hasta la antesis, tardando 33 días en promedio, mientras que el tipo floral I producido por la forma sexual ginoica tardó 35 días y el tipo floral V producido por las plantas androicas, demoró 30 días.

Sippel *et al.* (19) mencionaron que, bajo condiciones de Sudáfrica, todos los tipos florales muestran un pico de antesis al final de la tarde o al

inicio de la noche, siendo para las flores estaminadas y pistiladas entre las 6 y 8 pm, y para las hermafroditas entre las 8 y 10 pm. Estos resultados son similares a los reportados en la India por Parés en Venezuela (13).

Según Rodríguez *et al.* (16), la dehiscencia de las anteras se produce antes de que ocurra la antesis; mencionando Parés *et al.* (14) que la liberación de los granos de polen ocurre dos días antes de la apertura del botón floral para el caso de los tipos IV+ y V, mientras que para los tipos florales IV, III y II se sucede el día de la antesis, previo a ésta.

Parés *et al.* (15) mencionan que la mayor cantidad de granos de polen por flor la producen los tipos florales IV, IV+ y V, siendo la cantidad de granos de polen producido por flor de 107.200, 106.776, 238.680, 229.920 y 223.680 para los tipos florales II, III, IV, IV+ y V, respectivamente.

La germinabilidad de los granos de polen en lechosa se presenta de forma creciente en la medida en que los tipos florales se acercan a la masculinidad, presentando la viabilidad *in vitro* de los granos de polen la misma tendencia que la germinabilidad, lo cual quedó demostrado por el alto grado de correlación existente entre las dos variables, con un $r^2 = 0.9956$ (15). Resultados permiten reafirmar que la germinación de los granos de polen de lechosa *in vitro* puede ser considerada como una prueba confiable para determinar su viabilidad tal como lo señala Cohen *et al.* (3).

La fijación de frutos varía entre los distintos tipo florales de lechosa;

el tipo floral I producido por las plantas ginoicas es el más tardío en fijar sus frutos en comparación a los tipos florales producidos por las plantas andromonoicas, demorando diez días. De los tipos florales producidos por las plantas andromonoicas, el II y III presentan un comportamiento similar, tardando siete días en fijar sus frutos, a diferencia de la flor IV la cual resulto ser el más precoz, demorando seis días desde la apertura floral (12). Posiblemente, esta característica del tipo floral I se deba a su constitución unisexual donde la polinización cruzada es obligatoria, a diferencia de los tipos florales producidos por los individuos andromonoicos, los cuales liberan el polen antes de la apertura floral (13).

Por lo anteriormente expuesto, y dada la importancia que tiene el estudio de la biología reproductiva sobre el nivel de producción y el manejo de las plantaciones, se planteó evaluar algunos aspectos de la biología floral de la lechosa cv. cartagena roja. Para lo cual se formularon los siguientes objetivos:

Determinar la duración del período desde emergencia del botón floral hasta la antesis, para los tipos florales I, IV, IV+ y V.

Determinar el momento de la dehiscencia de anteras en los tipos florales IV, IV+ y V.

Estimar la cantidad total y viabilidad de los granos de polen de las flores masculinas y hermafrodita elongata.

Determinar el tiempo de fijación del fruto para los tipos florales I y IV.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en una parcela de 450 m², en la Finca «La Esperanza», ubicada en la localidad de Bobare, Municipio Iribarren del estado Lara; la zona pertenece al monte espinoso premontano con precipitación promedio anual de 390 mm³; evapotranspiración potencial de 250 mm³ mensuales y temperatura promedio mensual de 28°C.

Se utilizó como material vegetal flores del cv. cartagena roja, esta variedad se caracteriza por ser de porte alto, tallos y pecíolos verdes, de floración a los cuatro meses después del trasplante y por presentar frutos de corteza amarillo claro, pulpa rojiza y sabor dulce, cuando maduros (4).

La siembra se realizó en bolsas de polietileno, el suelo se desinfectó previamente con agua caliente. Las plántulas fueron protegidas inicialmente del sol colocándolas bajo sombra, y se sometieron a plena exposición solar 10 días antes del trasplante a campo. El control de malezas durante la fase de vivero se realizó manualmente.

La población sujeta a estudio quedó conformada, una vez realizado el entresaque, por 214 plantas. A los tres meses de edad las plantas fueron llevadas a campo donde se realizaron todas las labores agronómicas respectivas.

El tiempo promedio transcurrido desde la emergencia del botón floral hasta la antesis se determinó marcando un botón floral visible, (4 mm aproximadamente). Se evaluaron

en total 30 flores de los tipos I, IV, IV+ y V. Se evaluó una flor por planta seleccionada al azar a excepción de la forma sexual androica de la cual se evaluaron tres flores por planta dada su baja proporción en la población estudiada (13).

Para la determinación de la dehiscencia de las anteras se evaluaron 30 flores androicas (V y IV+) y 30 flores del tipo IV, seleccionándose una flor por planta en el caso de las flores IV+ y IV y tres del tipo V. Las flores fueron marcadas y se procedió a abrir cuidadosamente cada una; con ayuda de una lupa se observó el momento en que ocurrió la dehiscencia de las anteras, y se registró el número de días transcurridos desde la dehiscencia de las anteras hasta la apertura floral (14).

La cantidad y viabilidad de los granos de polen se determinó seleccionando cinco flores al azar de los tipos IV y IV+ e igual cantidad de flores del tipo V. Las mismas tenían sus anteras maduras, no dehiscentes, se llevaron al laboratorio en bolsas de papel.

La estimación de la cantidad total de granos de polen (viables y no viables) por flor se realizó bajo el microscopio estereoscopio y con ayuda de dos agujas de disección se abrió una antera, de cada verticilo, por flor sobre una piedra de toque y luego se agregó 0,1 mL de azul de anilina en lactofenol al 1%, considerado como volumen de dilución, el cual coloreó los granos de polen viables; se verificó que todos los granos de polen quedaran libres de las

anteras y éstas fueron retiradas del líquido. La mezcla se agitó bien con una aguja y se transfirió una gota de ésta usando una pipeta Pasteur a cada una de las cámaras del hematocitómetro repitiéndose el procedimiento hasta obtener un total de cuatro mediciones por cada dilución. En cada medición se contaron los granos de polen viables y no viables (no coloreados y deformes) (7).

El cálculo de la cantidad total de granos de polen por antera, se realizó aplicando la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Granos de polen / antera} = \text{N}^\circ/\text{cámara} \times \text{Vol. de dilución} \times 10^4}{4}$$

El número total de granos de polen por flor se obtuvo multiplicando el número de granos totales/antera por el número total de anteras de cada flor. Mientras que, la cantidad de polen viable se calculó aplicando la fórmula anterior, utilizando en la fórmula el número de granos de polen

viables en el lugar del número de granos totales. El procedimiento completo se repitió cinco veces para cada tipo de flor.

Para determinar el momento de fijación de los frutos se registró el número de días transcurridos desde la antesis hasta la caída de los pétalos; para ello se marcaron 30 flores del tipo floral IV de las plantas andromonoicas y 30 flores femeninas (tipo I) de las plantas ginoicas, una por planta seleccionadas al azar (14). Se evaluaron estos dos tipos florales por ser los que producen frutos comerciales.

Una vez comprobados los supuestos que rigen el análisis de varianza, los datos de cada variable evaluada fueron sometidos al análisis de varianza y a la prueba de medias de Duncan, ambas a un nivel de significancia del 5% de probabilidad. Se utilizó el Statistic Análisis System 6.12 (18), como aplicativo estadístico.

Resultados y discusión

Se detectó que el tipo de flor afecta la duración del periodo desde la emergencia del botón floral hasta la antesis (cuadro 1). Los tipos florales IV y V, presentaron un comportamiento similar en relación a esta variable.

Igualmente la prueba de Duncan permitió clasificar otros dos grupos de tipos florales, en función al tiempo desde la emergencia del botón floral hasta su apertura, estando constituido por los tipos I y IV+, respectivamente, los cuales son más tardíos en iniciar su antesis, en

comparación a los tipos IV y V.

Parés (13) trabajando bajo las condiciones en la Cuenca del Lago de Valencia y con lechosa Cartagena Amarilla, obtuvo una tendencia similar en cuanto al comportamiento de los tipos florales en función a la antesis. Aunque, el número de días transcurridos para cada caso fue superior, reportando 35 días para la flor femenina (tipo I), 33 días para todos los tipos florales producidos por las plantas andromonoicas y 30 días para la flor masculina (tipo V).

Por otro lado, Mekako y

Cuadro 1. Días transcurridos desde emergencia del botón floral (Eb) a la antesis en lechosa cv “Cartagena roja”.

Tipo floral	Forma sexual	Días entre Eb y antesis.
I	Ginoica	31,27 a
IV+	Andromonoica	30,42 a b
IV	Andromonoica	29,55 b
V	Androica	29,42 b

Medias con letras diferentes representan diferencias significativas según la prueba de Duncan con una probabilidad del 5%.

Nakasone (11) encontraron en la línea 26 del grupo «Solo» un periodo de 45 días en flores masculinas y 47 días en flores femeninas, mientras que las hermafroditas demoraron 49 días. Adicionalmente, Arkle y Nakasone (1) y Sippel *et al.* (19) reportaron un periodo de nueve a diez semanas para la ontogenia floral.

Algunas investigaciones han demostrado que éste período probablemente se ve afectado no solo por características genéticas de la especie sino también por las condiciones climáticas imperantes en cada región donde se realicen las evaluaciones (1, 11, 19).

En todos los tipos florales evaluados la dehiscencia de las anteras ocurrió antes de la apertura floral tal como lo señalaron Rodríguez *et al.* (16) y Parés *et al.* (14). Según las observaciones realizadas la dehiscencia de las anteras ocurrió dos días antes de la apertura del botón floral para el caso de los tipos IV+ y V, mientras que en el tipo floral IV se sucede un día antes de la antesis (cuadro 2).

Estos resultados coinciden con los reportados por Parés *et al.* (14)

quienes trabajando con lechosa Cartagena Amarilla señalan que la dehiscencia de las anteras de los tipos florales V y IV+ ocurren dos días antes de la antesis, mientras que en los tipos II, III y IV se sucede un día antes a la misma.

Tanto la cantidad total como la viabilidad de los granos de polen en las flores de *Carica papaya* L. se ven afectadas por el tipo floral. siendo el tipo IV+ el que produce mayor cantidad de granos de polen, así como el que presenta mayor porcentaje de viabilidad (cuadro 3).

Los resultados de esta investigación coinciden con los reportados por Lassoudiere (6) en el sentido de que menciona que la cantidad de polen producido por antera está entre los 10.000 a 14.000 granos. Sin embargo, Parés *et al.* (15) mencionaron que la cantidad de granos de polen producidos por los tipos florales IV, IV+ y V es de 23.860, 22.992 y 22.368, respectivamente.

Al respecto, Garret (5) señaló que la producción de polen de las plantas de lechosa está influenciado por factores ambientales además del

Cuadro 2. Periodo desde dehiscencia de las anteras (Da) hasta la antesis en lechosa cv “Cartagena roja”.

Tipo Floral	Días entre Da y antesis
IV	1,0952 b
IV +	2,0000 a
V	2,2381 a

Medias con letras diferentes representan diferencias significativas según la prueba de Duncan con una probabilidad del 5%.

material genético cultivado, disminuyendo significativamente la cantidad de polen producido en la época fría del año.

Sobre la base de los análisis estadísticos realizados a las pruebas de viabilidad, (cuadro 3) los tipos florales evaluados pueden ser clasificados en dos grupos; el primero constituido por los tipos florales IV+ IV con 86,65 y 86,21% de viabilidad, respectivamente y el segundo conformado por el tipo floral V con 82,71% de viabilidad. Sin embargo, Parés *et al.* (14) mencionaron que el porcentaje de granos de polen viables por flor fue significativamente mayor en el tipo floral V, seguido por los tipos IV+ y IV los cuales estadísticamente presentan un comportamiento

similar. Estas diferencias pueden ser debidas no solo por características genéticas de la especie sino también por las condiciones climáticas imperantes en cada región donde se realicen las evaluaciones (5, 8)

En las observaciones realizadas, la fijación de frutos o periodo transcurrido desde la apertura floral hasta la senescencia de los pétalos, se ve afectado por el tipo floral (cuadro 4). Al comparar las medias se encontró que el tipo floral I, de la forma sexual ginoica fue el más tardío en fijar sus frutos, demorando ocho días en promedio, comparado con el tipo floral IV, el cual tardó en promedio seis días desde la apertura floral.

La misma tendencia fue obtenida por Parés *et al.* (14) quienes

Cuadro 3. Cantidad total y viabilidad de los granos de polen en lechosa cv. “Cartagena roja”.

Tipo Floral	Granos de polen/flor	Viabilidad (%)
IV+	148.400+6482,7 a	86,65+3,75 a
IV	104.400+4960,3 b	86,21+5,50 a
V	107.600+4085,7 b	82,71+4,05 b

Medias con letras diferentes representan diferencias significativas según la prueba de Duncan con una probabilidad del 5%.

señalan que el tipo floral I producido por las plantas ginoicas es el más tardío en fijar sus frutos en comparación con los tipos florales producidos por las plantas andromonoicas. Ellos indican que la flor femenina demora nueve días en fijar sus frutos, las flores II y III mostraron un comportamiento similar tardando en promedio siete

días a diferencia de la flor elongata la cual demoró seis días.

Posiblemente estas diferencias se deban a que el tipo floral I necesita obligatoriamente la polinización cruzada, debido a su constitución unisexual, a diferencia de los individuos andromonoicos los cuales emiten su polen antes de la apertura floral (Parés, 13).

Cuadro 4. Días entre antesis hasta la fijación de frutos (Fr) en lechosa cv. "Cartagena roja".

Tipo Floral	Forma Sexual	Días entre antesis y Fr
I	Ginoica	7,8 a
IV	Andromonoica	6,4 b

Medias con letras diferentes representan diferencias significativas según la prueba de Duncan con una probabilidad del 5%.

Conclusiones

El tipo de flor afecta la duración del periodo desde la emergencia del botón floral hasta la antesis, ocurriéndose de manera más tardía en el tipo floral I, el cual tardo 31,27 días, mientras que los tipos florales IV+, IV y V tardaron 30,42; 29,55 y 29,42 días, respectivamente.

La dehiscencia de anteras se presentó antes de la antesis ocurriendo dos días antes en los tipos florales IV+ y V, y un día antes en el tipo IV.

El tipo floral IV+ produjo la mayor cantidad de granos de polen por flor en

comparación a los tipos florales IV y V siendo la cantidad producida 148.400, 104.440 y 107.600, respectivamente.

Los tipos florales IV+ y IV produjeron los mayores porcentajes de granos de polen viables por flor en comparación al tipo floral V; siendo el porcentaje de viabilidad 86,65; 86,21 y 82,71%, respectivamente.

La fijación de frutos ocurre a los 8 días en la flor femenina, mientras que en el tipo floral IV transcurren seis días desde la apertura floral hasta la fijación de los frutos.

Literatura citada

1. Arkle, J. y H. Nakasone. 1984. Floral differentiation in the hermaphroditic papaya. *Hort Sci.* 10(6): 832-834.
2. Badillo, V. 2000. *Carica L.* vs. *Vasconcella St. Hil.* (Caricaceae) con la rehabilitación de este último. *Ernstia* 10(2): 74-79.
3. Cohen, E., U. Lavi y P. Spiegel-Roy. 1989. Papaya pollen viability and storage. *Sci. Hort.* 40: 317-324.
4. Fuget, R. 1994. Evaluación de las características morfológicas, rendimiento y calidad del fruto de algunas poblaciones de *Carica papaya L.* cultivadas en Venezuela. Trabajo de grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de agronomía. Maracay, Venezuela. 97 p.
5. Garrett, A. 1995. The pollination biology of pawpaw (*Carica papaya L.*). In: Central Queensland. PhD. Thesis. Central Queensland University. Rockhamptom. Australia. 125 p.
6. Lassoudiere, A. 1968. Le papayer (Deuxieme paitie). *Fruits* 23(11): 585-596.
7. Lloyd, D. 1965. Evolution of self-compatibiliy and racial differentiation in *Leavenworthia* (Cruciferae). *Contr. Gray. Herb.* 195: 123-134.
8. Magdalita, P., R. Drew, I. Godwin y S. Adkins. 1998. An efficient interspecific hybridization protocol for *Carica papaya L.* x *C. cauliflora Jacq.* *Australian J. Exp. Agri.* 38: 523-530
9. Manshard, R. 1992. Papaya. p. 489-511. In: *Biotecnology of perennial fruit crop.* (Ed.). F. A. Hammerschaig and R. E. Litz. CAB. International.
10. Medina. J. 1995. Cultura do mamoeiro. En *Mamao. Serie Frutas Tropicais.* 2^{da} Edición. ITAL-CAMPINAS. Brasil. 367p.
11. Mekako, H. y H. Nakasone. 1975. Floral development and compatibility studies of *Carica* species. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 100: 145-148.
12. Nakasone, Hy R. Paull. 1998. *Tropical Fruits.* CAB International, Wallimngford. 310 p.
13. Parés, J. 1998. Biología floral de la lechosa cv. Cartagena Amarilla. Trabajo de grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. 71 p.
14. Parés, J., C. Basso y D. Jáuregui. 2000. Caracterización de las estructuras sexuales de las flores de papaya (*Carica papaya L.*) cv. Cartagena Amarilla. En: VII Congreso Nacional de Frutales. San Cristóbal, Venezuela. 132 p.
15. Parés, J., C. Basso y D. Jáuregui 2001. Cantidad, viabilidad y germinabilidad de granos de polen en flores de lechosa (*Carica Papaya L.*) Cv. Cartagena Amarilla. En X Jornadas de Investigación del Decanato de Agronomía. Universidad Centroccidental «Lisandro Alvarado», Tarabana, estado Lara. Venezuela. p. 137
16. Rodríguez, P., S. Galan y M. Herrero. 1990. Evaluation of papaya autogamy. *Fruits.* 45(4): 387-391.
17. Rosen, L. y E. Smets. 1999. The floral development and anatomy of *Carica papaya.* (Caricaceae). *Can. J. Bot.* 77: 582-598.

18. SAS Institute, Inc. 1996. SAS user's guide. SAS Inst., INC., Cary, NC. 330 pp.
19. Sippel, A., N. Claassens y L. Holtzhausen. 1989. Floral differentiation and development in *Carica papaya* L. Cultivar 'Sunrise Solo'. Sci. Hort. 40: 23-33.
20. Storey, W. 1941. The botany and sex relationship of the papaya. p. 5-22 *In: Papaya production in the Hawaiian islands.* Hawaii Agric. Exp. Sta., University of Hawaii. Buletin 87.