

## **Cultivo protegido de la papaya (*Carica papaya* L.) en los invernaderos de Almería**

Irene Salinas Romero

La papaya (*Carica papaya* L.) es un frutal tropical que en los últimos años ha aparecido con gran interés como un nuevo cultivo en los invernaderos del Sureste español. En general, este interés se sustenta por su rápida entrada en producción y elevados rendimientos, con la ventaja añadida frente a los cultivos hortícolas del mejor precio de venta y el menor consumo de mano de obra en su manejo, erigiéndose por tanto como un cultivo alternativo rentable en los invernaderos de esta zona.

En la provincia de Almería, experiencias previas a la presente Tesis Doctoral verificaron la viabilidad del cultivo de la papaya en invernadero. Sin embargo, el cultivo de papaya en esta zona presenta ciertas limitaciones, entre las que destacan la predominancia de invernaderos de poca altura y el clima mediterráneo propio del Sur de la Península Ibérica, con inviernos frescos y veranos excesivamente cálidos para el cultivo, desafíos notables que hay que vencer para incrementar la rentabilidad del cultivo. Esta Tesis Doctoral surge, en consecuencia, de la necesidad de obtener en los invernaderos de Almería una productividad y calidad de fruta elevados con los factores limitantes antes mencionados, siendo obligada la selección de material vegetal mejor adaptado a estas condiciones y a las exigencias del mercado, y la optimización en el manejo del cultivo, afrontando los problemas derivados de nuestro clima. Este trabajo pretende demostrar que existen variedades bien adaptadas a los invernaderos del Sureste español, tanto por sus características fenológicas y de crecimiento, como de productividad y calidad. Igualmente se persigue determinar el ciclo de trasplante idóneo para obtener los mayores rendimientos de cultivo. Por último, se estudia la respuesta del cultivo, en términos de rentabilidad, a la implementación de estrategias de control de clima, concretamente calefacción en invierno y refrigeración en verano, para paliar las consecuencias negativas de un clima subóptimo para el cultivo. Igualmente, se realizan ensayos para determinar el modelo de crecimiento del fruto en papaya y el tiempo y requerimientos térmicos necesarios entre floración y cosecha.

En primer lugar, se estableció un ideotipo que reúne las preferencias del consumidor, comercializador y productor de papaya, de acuerdo con las exigencias del mercado europeo (destino preferente de la producción hortofrutícola de la provincia). El ideotipo explica que se aspira a la obtención abundante y prolongada de papayas con forma piriforme u obovada de pequeño tamaño (500-800 g), de óptimo sabor, que además se adapten bien a la manipulación y tengan una vida postcosecha que garantice su calidad en destino. Para ello, el productor debe optar por variedades de porte pequeño que sean productivas y con entrenudos cortos, pero evitando las aglomeraciones de frutos y la aparición de tramos improductivos del tallo extensos. Asimismo, se desea baja frecuencia de malformaciones florales para asegurar bajas necesidades de aclareo de fruta, ahorrando con ello mano de obra.

De acuerdo con el ideotipo previamente establecido, el primer ensayo de la presente Tesis Doctoral confirma que existen genotipos que presentan características de interés para los invernaderos de Almería, no solo por sus características genéticas, sino también por su adaptación a las condiciones de cultivo establecidas. Entre las variedades evaluadas, destacaron 'BH-65', 'Siluet' e 'Intenza'. En primer lugar, los resultados demuestran que

‘BH-65’ resulta interesante para el aprovechamiento del espacio en invernaderos de poca altura, teniendo, además, buena calidad de fruta. Sin embargo, ‘BH-65’ resultó poco productiva, tanto por su porte bajo como por tratarse de una variedad muy sensible a las condiciones ambientales adversas y a plagas como la araña roja. En la selección de material vegetal, ‘Siluet’ destaca por adaptarse a nuestras condiciones ambientales mostrando una baja incidencia de malformaciones florales y una elevada producción comercial, de hasta  $16,7 \text{ kg m}^{-2}$ , con un tamaño de fruta óptimo (781 g de promedio) y buena calidad gustativa. ‘Intenzza’ resultó la variedad más productiva ( $18,7 \text{ kg m}^{-2}$ ), bien adaptada a nuestras condiciones con baja incidencia de malformaciones florales. Sin embargo, presenta un tamaño del fruto superior al ideal para exportación y una calidad mejorable en determinadas fechas con un peor comportamiento postcosecha asociado a su escasa firmeza. Por tanto, se recomiendan las variedades ‘Siluet’ e ‘Intenzza’ entre las evaluadas en este ensayo para su cultivo en los invernaderos de Almería. No obstante, la constante aparición de nuevos materiales hace necesario que se lleven a cabo de manera recurrente y continua nuevos ensayos que permitan la selección de genotipos con una óptima calidad del fruto y adaptación a las diferentes condiciones de cultivo.

Una vez seleccionadas las mejores variedades para el cultivo protegido de papaya en el Sureste español, el estudio de los ciclos de trasplante (otoño versus primavera) sobre las variedades ‘BH-65’ e ‘Intenzza’, y su comparación con el de verano, realizado previamente, conduce a la conclusión de que el ciclo de primavera es el mejor y más rentable para nuestras condiciones de clima. Los resultados muestran que con el ciclo de primavera se consigue una entrada en producción más rápida (Figura 1), produciendo frutos de mayor calibre, debido a las condiciones climáticas favorables en el momento del trasplante. No obstante, es fundamental el mantenimiento de condiciones adecuadas para el cultivo durante el verano, ya que para la floración resultan críticas. Es necesario evitar la pérdida de las primeras flores, que pueden desequilibrar la planta y que supondrían la pérdida de los primeros frutos.

El ciclo de otoño en definitiva se descarta como recomendación general (puede ser de interés en otras zonas con inviernos más suaves), puesto que las condiciones del invierno ralentizan el crecimiento y retrasan la floración y la entrada en producción, además de favorecer la aparición de patologías como el oídio. Inicialmente se planteaba la hipótesis de que con fechas distintas de trasplante se podrían cubrir huecos de producción a lo largo de la campaña. Sin embargo, se ha podido comprobar que las condiciones propias de cada una de las estaciones afectan de modo análogo al cultivo de papaya independientemente de su fecha de trasplante. Es decir, las condiciones del invierno, que reducen la producción en el verano siguiente, afectan por igual al crecimiento de las plantas sean jóvenes o no, se hayan plantado en primavera o en otoño. Por otro lado, la altura final de las plantas de los dos genotipos estudiados es menor en los ciclos de otoño y primavera, que en el ciclo de verano. Esto sugiere que el trasplante en estas dos fechas podría permitir la prolongación del ciclo e incluso emplear marcos de plantación más densos para maximizar aún más la rentabilidad del cultivo. Adicionalmente, para eludir un clima inadecuado y disminuir la estacionalidad, los resultados sugieren que un trasplante temprano, en febrero, con temperaturas adecuadas, podría ser interesante para llegar al verano con plantas más desarrolladas que afrontarían mejor el verano con mayor área foliar y transpiración, y anticiparía la recolección. Cabe incluso considerar ciclos cortos de 15 meses partiendo con plantas de mayor tamaño, y buscando recolectar una sola “barriga” de producción.

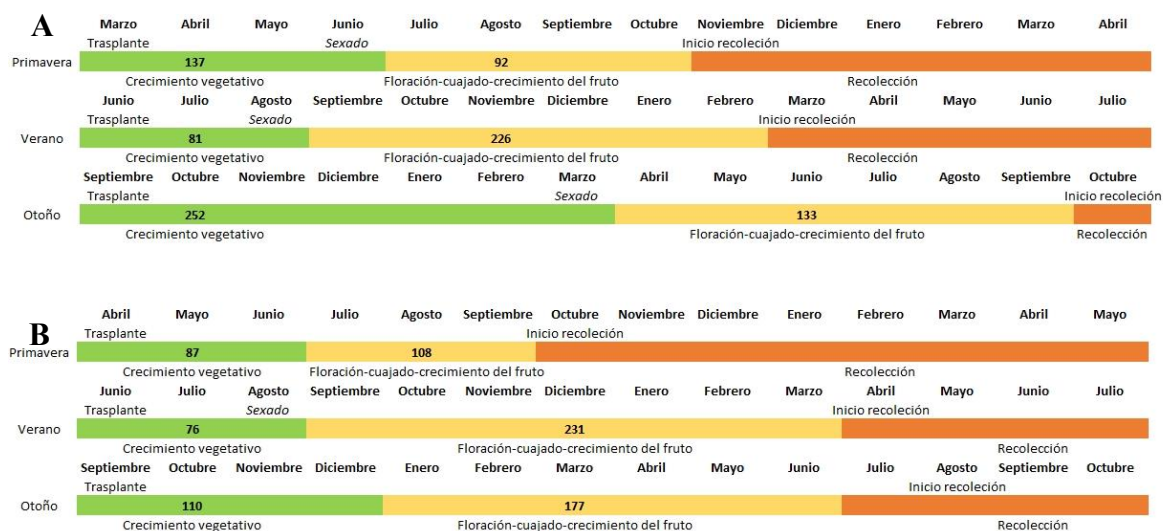


Figura 1. Fenología en los ciclos de trasplante de primavera, verano y otoño de papaya ‘BH-65’ (A) e ‘Intenzza’ (B).

El tercero de los objetivos abordados en la presente Tesis Doctoral surge de la necesidad de afrontar los problemas derivados del clima y optimizar el cultivo en invernadero en el Sureste español. En esta región el clima es de tipo mediterráneo, caracterizado por tener temperaturas menores a las mínimas requeridas para el desarrollo de la papaya en invierno y mayores a las óptimas en verano, por lo que elevar las temperaturas del invierno y refrescar los veranos es una estrategia que considerar en nuestras condiciones. La evaluación de un ciclo de 27 meses con las estrategias de control del clima pasivo (ventilación natural) versus activo (ventilación natural más nebulización en los períodos cálidos y calefacción durante los períodos fríos), empleando el híbrido mexicano ‘Siluet’ en ciclo de trasplante de primavera, muestra el efecto positivo del control de clima activo sobre el crecimiento y fenología de las plantas. En este ambiente, las plantas desarrollaron un mayor crecimiento y produjeron una floración de calidad durante más tiempo, lo que supuso mayor número de frutos, entrada en producción más rápida y frutos de mayor calibre que bajo control de clima pasivo. La distribución temporal de la producción tuvo lugar de forma similar empleando estas estrategias de control de clima, si bien la recolección comenzó antes y la cantidad de fruta recolectada fue mayor con control de clima activo en todo momento (Figura 2). Los efectos de la nebulización y de la calefacción sobre el cultivo se observaron cuando tuvo lugar la recolección de la fruta que se estaba desarrollando mientras los sistemas de control del clima se activaban. Así el efecto de la nebulización se observó en los frutos recolectados a la salida de la primavera (febrero-marzo), y el efecto de la calefacción en los frutos recolectados en el verano (julio-agosto). Además, los resultados obtenidos muestran que el efecto de la calefacción fue más relevante que el de la nebulización, con incrementos de producción que llegan a superar el 90% (Figura 2). El contenido en sólidos solubles totales se mantuvo por encima del mínimo exigido (10 °Brix) durante prácticamente todo el ciclo de cultivo en ambas estrategias, sin observarse un incremento en azúcares en los frutos en respuesta a las estrategias de control de clima activo. Esto sugiere que factores adicionales a la temperatura resultan críticos para el desarrollo y maduración del fruto de la papaya, siendo la radiación uno de ellos. Sin embargo, tampoco se observó un efecto negativo sobre la calidad derivado de la mayor demanda de fotoasimilados que supone el incremento de la producción obtenido con control de clima activo.

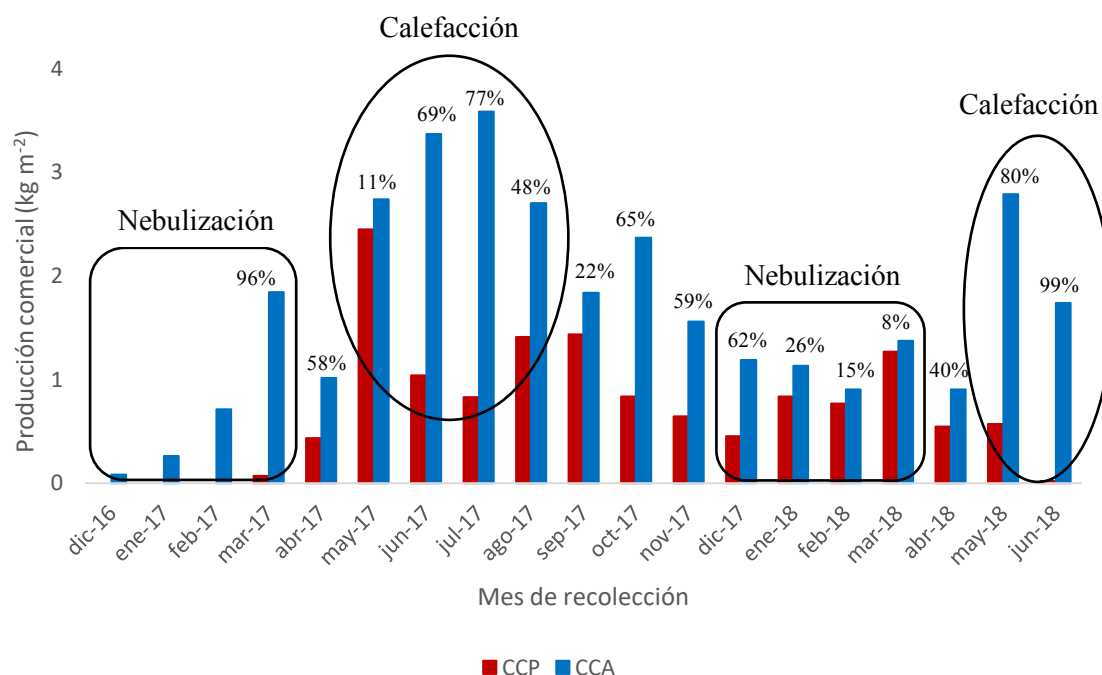


Figura 2. Comparación de la producción comercial por pasadas mensuales (años 2016-2018) en ‘Siluet’ con control de clima pasivo (CCP) y control de clima activo (CCA). Las formas indican el efecto de cada sistema de control del clima sobre la producción.

El análisis económico que compara las dos estrategias de control de clima establecidas concluye que, con unos gastos de cultivo (riego, fertilización, mano de obra) estimados de  $0,60 \text{ € kg}^{-1}$  para los dos tratamientos, el control de clima activo es más rentable que el control de clima pasivo si el precio de papaya es de al menos de  $0,90 \text{ € kg}^{-1}$ . Por otro lado, el precio umbral de rentabilidad para control de clima pasivo serían los gastos del cultivo (en este caso,  $0,60 \text{ € kg}^{-1}$ ), mientras que para los sistemas dotados de control de clima activo es de  $0,78 \text{ € kg}^{-1}$  (combustible, agua y amortizaciones de las instalaciones de calefacción y nebulización). Finalmente, el margen bruto resultante para un precio de mercado de  $1,30 \text{ € kg}^{-1}$ , es un 78% superior para el tratamiento de control del clima activo que para el control de clima pasivo ( $17 \text{ € m}^{-2}$  vs  $9,53 \text{ € m}^{-2}$ , respectivamente). La evaluación de otros sistemas de calefacción con otros combustibles, como biomasa, pueden además disminuir los costes. Es preciso considerar que algunos gastos son fijos, independientemente de la producción, tales como las amortizaciones o el coste de la planta, por lo que al ligar los costes a la producción en la evaluación económica se perjudica al sistema que más produce, en este caso al control de clima activo.

Finalmente, la Tesis Doctoral ha demostrado que el crecimiento del fruto en papaya sigue una curva sigmoide simple, siendo Gompertz el modelo que mejor describe dicho crecimiento. El tiempo necesario en este proceso varía entre los 145 días para ‘Calimosa’ y los 173 días que necesita ‘Red Lady’, lo cual se corresponde con una integral térmica que fluctúa entre 872 y 1225 “Growing Degree Days” (GDD), con una temperatura base de  $15^{\circ}\text{C}$ . El conocimiento de los requerimientos térmicos desde floración hasta maduración es una herramienta de gran utilidad para la predicción de la fecha de recolección en regiones subtropicales, de clima variable, menos predecible. Las curvas derivadas de este estudio permiten también estimar con mucha antelación el tamaño final del fruto, que se ve definido en gran medida desde su tamaño inicial.