

## EL CULTIVO DE LA PAPAYA

### 1. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS DE LA PAPAYA

La papaya (*Carica papaya* L.) es una fruta tropical originaria del Sur de México y/o América Central. La mayor parte de la producción de papaya se concentra entre los 23° de latitud N y S, aunque su cultivo se extiende hasta los 32° N y S, en zonas protegidas a nivel del mar.

De todos los factores climáticos, la **temperatura** es el factor más limitante para el desarrollo de una especie. El rango de temperaturas óptimo para el desarrollo de la papaya se encuentra entre los 21 y 33 °C, siendo 25 °C la temperatura ideal para el cultivo. Temperaturas por debajo de los 20 °C o por encima de los 35 °C provocan serias alteraciones florales, que afectan a la producción y calidad de los frutos. En áreas con temperatura media entre los 18 - 21 °C se observa una sensible reducción de los rendimientos, maduración lenta de los frutos y frutos con menos azúcares, insípidos, y con falta de color en la pulpa. Temperaturas por debajo de los 12 - 14 °C durante la noche pueden comprometer la producción, por lo que en zonas con temperatura menor a 15 °C no es aconsejable el cultivo de la papaya al aire libre. En papayas cultivadas en clima subtropical al aire libre, el cuajado de frutos en invierno es muy bajo o nulo, y los frutos cuajados en otoño pueden demorar su maduración. El tamaño final del fruto viene determinado por su crecimiento durante las primeras seis semanas, de manera que

Figura 1: Cultivo de papaya en invernadero en la Estación Experimental Cajamar Las Palmerillas



# Fichas de Transferencia

los frutos inicialmente desarrollados a bajas temperaturas son más pequeños y tienen además un menor contenido en azúcares. Por otra parte, temperaturas por encima de los 30 °C afectan a la fisiología de la planta reduciendo la fotosíntesis y dificultando la polinización y fecundación de las flores. En consecuencia, la producción de frutos se ve disminuida.

La papaya requiere una **humedad relativa** (HR) entre el 60 y el 85% para un desarrollo adecuado. La falta de humedad dificulta el cuajado de frutos y provoca la caída prematura de las hojas. Además, una baja HR en combinación con altas temperaturas favorece la proliferación de ácaros. Por el contrario, una HR excesivamente alta acompañada de lluvia puede reducir la fecundación de las flores y el cuajado de los frutos, así como favorecer la incidencia de enfermedades fúngicas como la antracnosis o el oídio.

La papaya no se desarrolla bien en zonas expuestas al viento y es bastante exigente en luz.

El clima mediterráneo subtropical semiárido típico del sureste peninsular permite el cultivo de especies tropicales como el mango al aire libre en enclaves privilegiados con buenos rendimientos. Sin embargo, la papaya es más exigente en temperatura y los rendimientos y la calidad del fruto pueden verse seriamente afectados al aire libre. Bajo estas condiciones, la papaya debe cultivarse en invernadero bajo plástico (Figura 1), al menos en los meses más fríos (de noviembre a marzo) y es preciso manejar adecuadamente el clima en el invernadero para evitar excesos de temperatura en verano, que son también perjudiciales. El encalado habitual en el cultivo de hortalizas no es aconsejable para paliar este problema en el cultivo de la papaya, sobre todo en plantaciones de primavera.

Los **suelos** con textura franca o franco-arenosa, bien aireados, permeables, profundos y ricos en materia orgánica son los más adecuados para el cultivo de la papaya. Sin embargo, la papaya se adapta bien a diferentes tipos de suelo, siempre que tengan buen drenaje, ya que es bastante sensible a la asfixia radical y propensa a podredumbres provocadas por *Phytophthora spp.* El exceso de humedad en el suelo provoca clorosis y caída prematura de las hojas, que reducen la producción y pueden provocar la muerte de la planta. Por lo tanto, los suelos pesados, compactados o mal aireados, no son recomendables para el cultivo de la papaya. El pH del suelo debe estar entre 5 y 7, siendo el rango óptimo de 5,5 a 6,5. En suelos ácidos (pH = 5 - 5,5) es conveniente realizar encalado para mejorar el desarrollo de la planta y los rendimientos. Para cultivar papayas en suelos arenosos es necesario aportar grandes cantidades de materia orgánica.

En cuanto a la **salinidad**, la papaya se presenta como un cultivo moderadamente tolerante a las sales.

## 2. SEXO Y TIPOS FLORALES DE LA PAPAYA

La papaya pertenece a la pequeña familia de las *Caricaceae*, familia formada por apenas 6 géneros y 35 especies. Es la única especie del género *Carica* y puede definirse como una hierba tropical gigante, de rápido crecimiento monopodial indeterminado. Constituida generalmente con un único tallo o tronco de consistencia semileñosa que puede alcanzar hasta 9 m de altura (1 - 3 m en el primer año). Las hojas son palmeadas y de gran tamaño y aparecen dispuestas en espiral a lo largo del tronco.

La papaya es una especie polígama (trioica); es decir, presenta plantas con tres tipos sexuales bien diferenciados: femenino, hermafrodita y masculino (Figura 2). Los pies femeninos (ginoicos) presentan flores femeninas o pistiladas. Los pies hermafroditas presentan flores bisexuales, con estambres y pistilo. Los pies masculinos (androicos) presentan flores masculinas o estaminadas, con estambres y

# Fichas de Transferencia

un pistilo rudimentario, que a veces dan lugar a frutos sin valor comercial. Recientemente se ha descubierto que el sexo en la papaya está controlado genéticamente por un sistema de cromosomas X/Y (Yu *et al.*, 2008). La presencia del cromosoma Y determina el desarrollo de flores masculinas (plantas masculinas XY), el cromosoma Y<sup>h</sup>, ligeramente distinto al Y, determina el desarrollo de flores bisexuales (plantas hermafroditas X Y<sup>h</sup>). La presencia de dos cromosomas X determina la formación de flores femeninas (plantas femeninas XX).

Figura 2: Flores y frutos de los diferentes tipos sexuales de la papaya



La expresión sexual de las flores se complica, sin embargo, especialmente en los pies hermafroditas. Las flores de la papaya se pueden clasificar en cinco tipos básicos (Storey, 1941):

**Tipo I (femeninas):** Son flores pistiladas o femeninas, que carecen de estambres, con un ovario ovoide de forma cónica que termina en un estigma pentalobulado. Esta flor no produce polen, por lo que para su fecundación requiere polen procedente de pies con flores hermafroditas o masculinas. Sin embargo, los frutos tienen potencial partenocárpico, es decir pueden desarrollarse sin polinización, ni fecundación (Figura 2).

Los frutos derivados de esta flor son generalmente esféricos, oblongos o ligeramente ovoides (Figura 2). La sección transversal de este fruto es circular o ligeramente lobulado y muestran un hueco interior con pocas o ninguna semilla. En algunos países estos frutos se comercializan como "papaya seedless" o "papaya sin semilla", aunque no son los más demandados por el mercado por su menor tamaño y peso (al tener la cavidad ovárica vacía y menor proporción de pulpa). Las ventajas comerciales de estos frutos partenocárpicos son dudosas ya que, por otra parte, las semillas de la papaya son fáciles de eliminar y los pequeños embriones adheridos a la placenta en las frutas partenocárpicas amargan, por lo que también deben eliminarse.

# Fichas de Transferencia

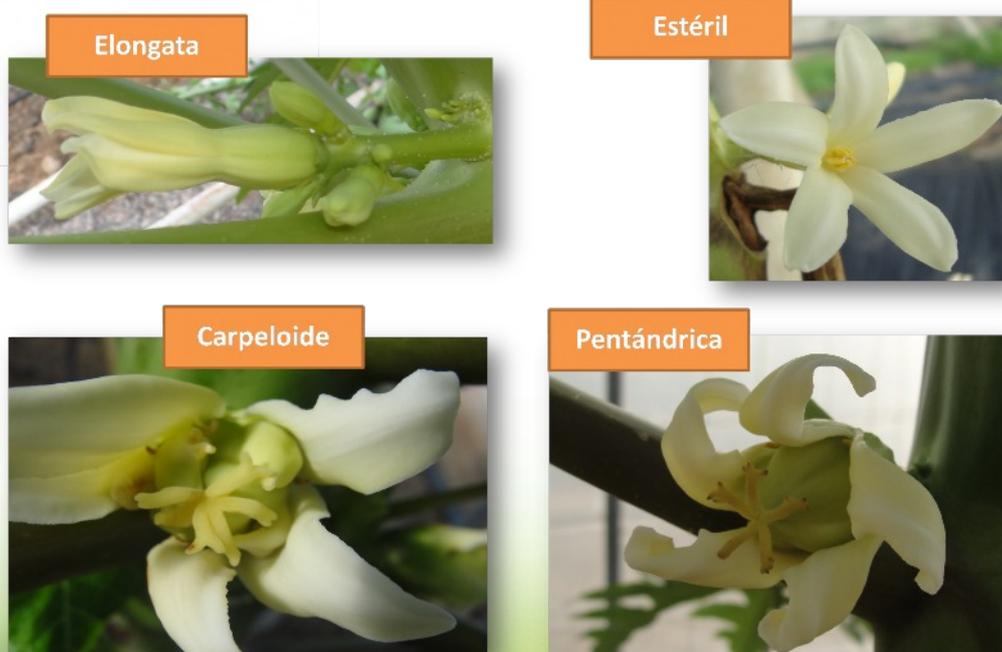
**Tipo II (pentándrica):** Son flores hermafroditas de forma también cónica con cinco estambres funcionales situados en la base de la flor y un ovario globoso con cinco surcos bien marcados y distribuidos regularmente (Figura 3). Este tipo de flor da lugar a frutos globosos y asurcados, Estos frutos son poco apreciados comercialmente (Figura 4).

**Tipo III (carpeloide):** Son flores hermafroditas deformes, con entre 6 y 9 estambres funcionales y un ovario irregularmente rugoso (Figura 3). Los pétalos están soldados hasta un tercio de su longitud, formando un tubo. El fruto derivado de esta flor tiene igual aspecto que el ovario ya descrito; el tercio basal es un tronco de cono y el resto es una media esfera o hueco con lóbulos o surcos longitudinales que le dan un aspecto característico de "cara de gato". Estos frutos no son comerciales (Figura 4).

**Tipo IV (elongata):** Son flores hermafroditas con diez estambres funcionales dispuestos en dos series fusionados en la base y un ovario liso y alargado, no cónico, lo que resulta en flores tubulares de menor diámetro con un estrechamiento (cintura) en la zona media (Figura 3). En esta flor los pétalos se sueldan, en más de un tercio de su longitud, formando una corola gamopétala regular, con un limbo de cinco lóbulos libres del pistilo, excepto en la base. Aparecen siempre en racimos con pedúnculos cortos. Los frutos procedentes de estas flores tienen generalmente forma piriforme y son los más demandados por el mercado (Figura 4).

**Tipo IV+ (pitillos):** Son flores hermafroditas que tienen diez estambres funcionales pero con un pistilo rudimentario y sin estigma (Figura 3), por lo que no producen frutos y generan huecos productivos.

Figura 3: Diferentes tipologías de flor en plantas hermafroditas



# Fichas de Transferencia

**Tipo V (masculinas):** Son flores estaminadas con diez estambres funcionales y ovario completamente ausente que se agrupan en una inflorescencia (Figura 2).

La expresión sexual en la papaya esta determinada genéticamente, aunque puede variar en respuesta a las condiciones ambientales y de cultivo. De esta manera, en los pies hermafroditas es frecuente la aparición de flores funcionalmente masculinas (IV+) asociada a temperaturas por encima de los 35 °C o a situaciones de estrés hídrico. También es frecuente la aparición de flores con diferente grado de feminización cuando las temperaturas bajan de 20 °C. En estas condiciones pueden aparecer flores con un número variable de estambres y pistilos (II y III) e incluso con la total desaparición de los estambres por estar completamente fusionados al ovario resultando en flores "pseudopistiladas" similares a las femeninas tipo I. Con temperaturas inferiores a 17 °C algunos cultivares tipo Solo pueden tener hasta un 100% de flores carpeloides.

Las alteraciones florales tipo pentandria y carpeloidía también se asocian a condiciones de exceso de agua en el suelo y exceso de nitrógeno.

Figura 4: Frutos de papaya procedentes de las diferentes tipologías florales en plantas hermafroditas



Las flores hermafroditas son en su mayoría autógamas, es decir, las anteras son dehiscentes y liberan el polen sobre su propio estigma efectuando la autopolinización, y no requieren, por ello, de vectores de polinización. En el caso de las flores femeninas, el viento y mariposas nocturnas (esfíngidos) pueden actuar como vectores de polinización.

### 3. PROPAGACIÓN DE LA PAPAYA

La multiplicación de la papaya se realiza principalmente por semilla. Cuando las semillas de papaya se obtienen por el cruzamiento de una planta femenina por una hermafrodita, el 50% de ellas originarán plantas femeninas y el 50% hermafroditas. Cuando las semillas se obtienen por autofecundación de plantas hermafroditas, se generan un 33% de plantas femeninas y un 66% de plantas hermafroditas. Como se ha comentado anteriormente, el mercado demanda frutos piriformes procedentes de flores hermafroditas tipo elongata, por lo que las plantaciones deben realizarse con plantas hermafroditas.

# Fichas de Transferencia

Aunque se trabaja en indicadores tempranos, el sexo de una planta no se pone claramente de manifiesto hasta que aparece la primera flor, lo que significa entre dos y cuatro meses después del trasplante, dependiendo de la variedad y de las fechas de plantación. Por esta razón, a la hora de establecer una nueva plantación, es recomendable que en el trasplante se planten tres o cuatro plantas por golpe (Figura 5). Con este sistema la probabilidad de que alguna de ellas sea hermafrodita supera el 90%. Así, para una plantación con una densidad final de 2200 plantas ha<sup>-1</sup> se necesitarían hasta 8800 plantas en semillero. Una vez realizado el marcaje de la plantación, en cada golpe se plantan las cuatro plantas separadas entre 30 y 40 cm formando un cuadrado siguiendo la línea de cultivo.

Figura 5: Plantación de papaya con 4 plantas por golpe antes del sexado



La técnica denominada sexado consiste en la selección de una planta hermafrodita, en cada golpe de tres o cuatro plantas, que será la definitiva (Figura 6). La identificación de las plantas hermafroditas se puede llevar a cabo desde el momento en que se observan los primeros botones florales, cuando éstos tienen entre 0,5 y 1 cm de longitud. La presencia de estambres al abrir la flor es indicativa de que la planta es hermafrodita (ya que las plantas masculinas han sido excluidas al realizar los cruzamientos) (Figura 6). La figura 7 muestra un botón floral femenino con el pistilo de forma redondeada sin estambres visibles. La figura 8 muestra un botón floral hermafrodita en el que se aprecia el pistilo más alargado y los estambres. La selección precoz de las plantas hermafroditas es importante, ya que limita la competencia entre plantas, principalmente por la luz, que genera plantas con entrenudos más largos y más altas, no deseables, especialmente en cultivo en invernaderos de limitada altura. Como práctica habitual, en el momento en que se detecta la primera planta hermafrodita, se marca, sin observar el resto, que serán eliminadas sin considerar más criterios. Sin embargo, con flores de mayor tamaño (2 - 3 cm), un operario entrenado puede determinar el sexo de la planta sin necesidad de abrir la flor, lo

# Fichas de Transferencia

que puede abaratar costes. Las flores de forma alargada son hermafroditas de tipo elongata, que son las deseadas, mientras que las de forma cónica son, en general, femeninas o hermafroditas pero anómalas (pentandria o carpeloidía). Una selección más tardía podría permitir escoger plantas de mayor calidad. Criterios como la aparición de la primera flor a menor altura, el vigor (medio), la uniformidad, o la posición dentro de la línea, también pueden ser tenidos en cuenta.

En los últimos años se han desarrollado técnicas de identificación del sexo de la planta antes de la aparición de la primera flor mediante marcadores moleculares, lo que permite la selección en vivero, que posibilitan la plantación en campo de plantas hermafroditas únicamente. Sin embargo, con el sistema de producción actual y las variedades disponibles, el coste que supondría el uso de estas técnicas es elevado.

Figura 6: Plantación en el momento del sexado (izquierda). Botón floral y detalle de flor hermafrodita con los estambres visibles (derecha)



Por tanto, la multiplicación por semillas tiene los inconvenientes de la plantación con tres o cuatro plantas por golpe y el posterior sexado para seleccionar los pies hermafroditas. A estos inconvenientes hay que unir la falta de uniformidad entre las plantas propagadas sexualmente, ya que las plantas derivadas de semillas no son individuos genéticamente idénticos. Esta heterogeneidad entre plantas se está observando de manera generalizada en la mayoría del material vegetal utilizado.

La propagación vegetativa, ampliamente extendida en otras especies frutales, resolvería estos problemas. En este caso el material de partida sería hermafrodita, por lo que todos los individuos obtenidos serían hermafroditas, eliminando el sexado y el coste de las plantas excedentarias. Además todos los individuos serían genéticamente idénticos, con lo que las plantaciones serían más homogéneas. Técnicas de propagación como el estaquillado, el injerto o el cultivo in vitro de tejidos son posibles para la multiplicación de la papaya (Figura 9). Partiendo de un material vegetal selecto y de

# Fichas de Transferencia

calidad adaptado a nuestras condiciones y con el sistema de producción intensivo en invernadero que se está implementando, es más que probable que estas técnicas se extiendan en poco tiempo.

Figura 7: Botón floral femenino con pistilo redondeado y sin estambres



Figura 8. Botón floral hermafrodita con pistilo alargado y estambres



Figura 9: Propagación de papaya por injerto



## 4. CICLOS DE PRODUCCIÓN

En las Islas Canarias, las plantaciones se realizan principalmente en primavera-verano (abril o julio) y en algunas ocasiones en otoño (noviembre) y el cultivo se mantiene hasta 3 años. Para las condiciones del Sureste peninsular el trasplante de primavera (mediados de marzo) parece inicialmente como el más conveniente. Las semillas deben llevarse a germinar al semillero entre 45 y 60 días antes de la fecha prevista para el trasplante. Transcurridas entre cinco y seis semanas del trasplante (finales de mayo o principios de junio) comienzan a aparecer las primeras flores y se realiza el sexado. Hacia finales de octubre o principios de noviembre (7 - 8 meses) se comienzan a recolectar los primeros frutos. El ritmo de recolección dependerá de la estación en la que nos encontremos, más lento en otoño-invierno con temperaturas más bajas y más rápido en primavera-verano con temperaturas más altas. Antes del segundo invierno se finalizaría el cultivo con idea de volver a plantar la primavera siguiente, cerrando un ciclo de dos años entre trasplante y trasplante. Con la plantación en verano (junio), la recolección se inicia a la salida del invierno (9 meses). Con la plantación en otoño (septiembre), el sexado se lleva a cabo a los 4 meses y la recolección comienza en el verano-otoño siguientes (10 - 12 meses). Se están llevando a cabo algunas experiencias de plantación en invierno (diciembre) con apoyo térmico (manta térmica y calefacción). Es incluso posible plantearse un cultivo anual, con planta crecida puesta en febrero y soportada hasta final de año (según temperaturas), para volver a reiniciar el ciclo en febrero siguiente. La rentabilidad de este ciclo está en estudio.

Es más que probable que en un futuro se planteen varios ciclos de producción con el objetivo de abastecer al mercado en todo momento de forma estable y con un producto de calidad. El empleo de estructuras de invernadero y de sistemas de producción que permitan mejorar las condiciones de cultivo en invierno (bajas temperaturas) y en verano (altas temperaturas y baja humedad relativa) contribuirán

al desarrollo del cultivo. En cualquier caso, en Almería será necesario seleccionar plantas con un porte o vigor adecuado a la altura de nuestro invernadero, teniendo en cuenta que en poco más de un año algunas variedades pueden alcanzar los 5 m de altura.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Yu Q, Navajas-Pérez R, Tong E *et al.* (2008). Recent origin of dioecious and gynodioecious Y chromosomes in papaya. *Trop Plant Biol.* 1:49-57.
- Storey, W. B. (1941). The botany and sex relations of the papaya. *Papaya production in the Hawaiian Island, Honolulu, Hawaii: Hawaii Agr. Exp. St., Bulletin 87; 5-22 pp.*

<sup>1</sup>Juan José Hueso Martín, <sup>2</sup>Irene Salinas Romero y <sup>2</sup>Julián Cuevas González

<sup>1</sup>FUNDACION CAJAMAR – GRUPO COOPERATIVO CAJAMAR

juanjosehueso@fundacioncajamar.com

<sup>2</sup>UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

irenesalinas14@gmail.com; jcuevas@ual.es