

**FUNDACIÓN
PRODUCE**
Sinaloa A.C.
ENLACE, INNOVACIÓN Y PROGRESO

SAGARPA



SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



**GOBIERNO
DEL ESTADO
DE SINALOA**

Paquete tecnológico para la producción de papaya en Sinaloa

Máximo Muñozcano Ruíz
César Óscar Martínez Alvarado

COLECCIÓN



RESULTADOS DE PROYECTOS

Paquete tecnológico para la producción de papaya en Sinaloa

**Máximo Muñozcano Ruiz¹
César Óscar Martínez Alvarado²**

Índice

INTRODUCCIÓN.....	7
Cultivo y exportación de papaya en México.....	7
Sur de Sinaloa, zona papayera.....	8
Importancia de la producción de plántulas.....	8
Un cultivo con problemas fitosanitarios.....	9
Afectaciones de mayor daño en papaya.....	9
Variedades que se validan.....	9
PAQUETE TECNOLÓGICO APLICADO.....	11
Preparación del terreno.....	11
Diseño de plantación.....	11
Formación de camas altas.....	11
Acolchado.....	11
Sistema de riego.....	11
Tratamiento de semilla.....	12
Germinación de la semilla.....	12
Preparación del sustrato y lavado de charolas de siembra.....	13
Siembra de semilla.....	14
Riego y fertilización de plántulas en charolas.....	14
Monitoreo y control de plagas y enfermedades.....	15
Acondicionamiento de plántulas para el trasplante.....	15
Trasplante de papaya Maradol y Mulata.....	16
Monitoreo y control de plagas y enfermedades.....	16
Aplicación de riego y fertilización.....	18
Control de malezas.....	18
Eliminación de hojas senescentes y deschuponado.....	19
Establecimiento de barreras vivas antiáfidos.....	19
Sexado y eliminación de plantas masculinas.....	19
Control de malezas.....	19
Aplicación de riego y fertilización.....	20
Monitoreo y control de plagas y enfermedades.....	21
Eliminación de hojas senescentes y deschuponado.....	22
Desflore.....	22
Control de malezas.....	22
Raleo de frutos.....	22
Aplicación de riego y fertilización.....	23
Eliminación de hojas senescentes y deschuponado.....	23
Muestreo de número de frutos por planta.....	23
Cosecha y poscosecha de papaya.....	23
Manejo poscosecha.....	26

Inducción de maduración.....	26
Proceso previo a la inducción de maduración.....	26
Fuentes para inducir maduración.....	29
Aplicación de carburo de calcio.....	30
Aplicación de gas etileno.....	32
RESULTADOS.....	34
CONCLUSIONES.....	35
BIBLIOGRAFÍA.....	36

INTRODUCCIÓN

Este folleto presenta los resultados del proyecto *Validación de genotipos de papaya en el sur de Sinaloa*, apoyado por Fundación Produce Sinaloa, A. C., durante el ejercicio 2008-2009.

En este documento se detalla el paquete tecnológico para la producción de plántula de papaya Maradol y Mulata bajo condiciones de invernadero, que incluye tratamiento de la semilla (que evitará enfermedades como ahorcamiento de tallo y pudriciones en plántula); preparación del sustrato; y riego y fertilización de plántulas.

También se presenta un sistema de producción (diseño de plantación, acolchado y sistema de riego); fechas óptimas para el trasplante; riego y fertilización de plantas; y utilización de prácticas culturales para controlar malezas, plagas y enfermedades (como empleo de barreras vivas, eliminación de hojas senescentes, deschuponado, sexado, desflore y raleo de frutos).

Este paquete tecnológico también explica el estado ideal de cosecha para la papaya, su manejo poscosecha (inducción de maduración), selección y empaque de la fruta.

Cultivo y exportación de papaya en México

En México se tienen establecidas 21 mil 456.69 hectáreas de papayo, con un rendimiento promedio nacional de 41.18 toneladas por hectárea, lo que equivale a una producción anual de 798 mil 589.03 toneladas, de las que más de 400 mil toneladas se destinan a la exportación y el resto al mercado nacional.

Estados Unidos representa el principal mercado mundial para este

producto, debido a que sus compras de papaya superan las 125 mil toneladas anuales. México es su mayor proveedor (70% del total de papaya que importa Estados Unidos proviene de nuestro país).

En septiembre, octubre, noviembre, febrero, marzo y abril se presentan los mejores precios para la papaya. En este lapso, el fruto alcanza hasta 4 pesos por kilogramo en campo; mientras que para exportación (en mercados como Los Ángeles, California; y Dallas, Texas, Estados Unidos) el precio promedio en este periodo es de 3 a 3.7 dólares por kilogramo de fruta.

Los principales estados exportadores de papaya en el país son Chiapas, Oaxaca, Yucatán, Veracruz, Michoacán y Colima, que geográficamente quedan más distantes que Sinaloa del mercado objetivo (Estados Unidos), ventaja que debe ser una motivación para adoptar en el sur de Sinaloa la tecnología de producción de papaya que sugiere este proyecto, lo que incrementaría los rendimientos del cultivo y se podría exportar más al país del norte.

Sur de Sinaloa, zona papayera

En México, el principal estado productor de papaya es Veracruz, que cuenta con una superficie de 9 mil 250.69 hectáreas. Sinaloa ocupa el décimo quinto lugar (de 20 estados productores) en superficie plantada de este cultivo, con 146 hectáreas, que tienen un rendimiento promedio de 40.55 toneladas por hectárea, lo que da una producción total de 5 mil 920.3 toneladas.

La principal área productora de papaya en Sinaloa se ubica en Mazatlán, en las comunidades de El Bajío, El Roble, Siqueros, San Francisco, Lomas de Monterrey y Cofradía, regiones que suman una superficie de 100 hectáreas con este cultivo.

El sistema de producción empleado en esta zona es medianamente tecnificado, con deficiencias en el manejo, lo que se refleja en los bajos rendimientos de 40.55 toneladas por hectárea, en comparación con los reportados en Oaxaca y Chiapas: 66 y 81 toneladas por hectárea, respectivamente.

Importancia de la producción de plántulas

En el cultivo de papaya, uno de los elementos al que se le debe prestar mayor atención es a la producción de plántulas, porque la calidad de ésta se refleja en la sobrevivencia, vigor y desarrollo del cultivo, y consecuentemente en el rendimiento final por unidad de superficie.

Para garantizar el desarrollo adecuado de las plántulas debe prestarse mucha atención al manejo agronómico (riego, nutrición, prevención y manejo integral de plagas y enfermedades).

Entre las actividades que resultan obligatorias para obtener plántulas sanas se encuentran los tratamientos pregerminativos de semilla y el control de la temperatura y humedad.

Un cultivo con problemas fitosanitarios

A nivel mundial, la producción de papaya enfrenta problemas fitosanitarios, específicamente el Virus de la Mancha Anular de la Papaya y la antracnosis, enfermedades que pueden restar atributos de calidad en la fruta y causar la pérdida de hasta el 100% de la producción.

Se debe tener presente que la calidad del fruto es el principal aspecto que considera el comprador para establecer el precio de venta para fruta fresca, por tal razón es muy importante conocer los factores que determinan mayoritariamente la calidad final del fruto.

Los aspectos que se relacionan con la calidad final del fruto comprenden el material vegetal, las condiciones edafoclimáticas³ y el manejo agronómico. Al identificar el material vegetal y el suelo óptimo para el desarrollo del cultivo, el resto de los factores los puede manipular el productor.

Afectaciones de mayor daño en papaya

El papayo es seriamente afectado a causa del daño que ocasionan al cultivo las enfermedades virales, que pueden reducir los rendimientos en rangos del 5 hasta pérdidas totales del 100% de la plantación.

Los insectos chupadores (áfidos) son transmisores de enfermedades virales. Éstas provienen de huertas aledañas infectadas, de malezas o cultivos hospederos o de planta a planta dentro de la misma huerta.

Una vez infectada la planta con una enfermedad viral no existe cura, por lo que se deben tomar medidas preventivas para disminuir la incidencia de virus en la huerta. Una medida práctica es sembrar maíz o sorgo forrajero (plantas más atractivas para los áfidos que el papayo), intercaladas en la plantación. También se puede sembrar jamaica alrededor de la huerta, ya que por su coloración actúa como repelente de estos insectos.

Estas barreras vivas se deben colocar antes o durante el trasplante y deben ser renovadas antes de que se sequen. Se debe buscar mantenerlas durante todo el ciclo productivo del cultivo.

Varietades que se validan

El proyecto *Validación de genotipos de papaya en el sur de Sinaloa*, fue responsabilidad del Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa, A. C., validó dos genotipos de papaya: Maradol y Mulata.

Maradol. Este material se caracteriza por su alta productividad y calidad de frutos. Las plantas son de porte bajo y pueden adaptarse a una gran variedad de suelos. Su potencial genético de producción por hectárea puede llegar a las 250 toneladas por hectárea. La proporción de plantas hermafroditas ('dos sexos en la flor') es de 66%, mientras que de femeninas, 34%.

³ Relativo al suelo y al clima.

Los frutos de esta variedad son muy apreciados en todos los mercados por su consistencia y sabor; su cáscara es gruesa, alcanza un color amarillo-naranja cuando madura. El fruto es esférico, periforme⁴, ovalado y/o alargado. Su peso varía, de mil 500 a 2 mil 500 gramos. Su pulpa es de color rojo-zapote intenso. Posee una dulzura de 13 °Brix⁵, y sus sólidos solubles totales están alrededor del 18%.



Figura 1. Fruta de papaya Maradol.

Mulata. Es una planta de porte bajo, lo que facilita las labores de aplicación y cosecha. Sus hojas tienen peciolo⁶ cortos, lo que permite incrementar la densidad de población por unidad de superficie.

Mulata tiene un potencial de producción de hasta 300 toneladas por hectárea.

La proporción de sexos para esta variedad es de 66% hermafroditas y 34% de femeninas. El periodo de floración inicia entre los 40 y 45 días después del trasplante.



Figura 2. Fruta de papaya Mulata.

⁴ De forma de pera.

⁵ Medida que indica en qué proporción están los azúcares.

⁶ Raballo que une la lámina de la hoja a la base foliar o al tallo.

Al comienzo de la cosecha, cada planta tiene aproximadamente 57 frutos, con un peso promedio de 3.3 kilogramos. Su pulpa es de color rojizo-anaranjado, con un grosor de 3.5 centímetros y una dulzura de 11.5 °Brix.

PAQUETE TECNOLÓGICO APLICADO

Con el objetivo de producir plántula de papaya de buena calidad para obtener mayor rentabilidad en el cultivo, el proyecto apoyado por Fundación Produce Sinaloa, A. C., propone el siguiente paquete tecnológico.

Preparación del terreno. La preparación del terreno se inició con el barbecho, a 40 centímetros de profundidad. Posteriormente se efectuaron dos rastreos de forma cruzada. Con esto, el terreno quedó listo para levantar los bordos (camas) para la siembra. Estas actividades (que incluyen el resto de prácticas para preparación del terreno) representaron un costo de mil 500 pesos por hectárea.

Diseño de plantación. La longitud y ancho del terreno se midieron para obtener el área total y establecer un diseño de plantación a doble hilera. Se trazó un par de bordos, distanciados 1.50 metros uno del otro, con separación de 1.5 metros entre plantas y un espacio posterior de 3.5 metros para el uso de maquinaria.

Formación de camas altas. Para poder realizar esta actividad de manera adecuada fue necesario el uso de borderos especiales, a los que se les retiró un disco de cada lado y en su lugar se colocaron discos grandes; de esta manera, la cama de siembra fue más alta. El costo fue de 400 pesos por hectárea.

Acolchado. El plástico que se colocó en cada una de las camas fue de calibre 90, color negro-plata, con perforaciones a cada 30 centímetros, a doble hilera. Los agujeros se distribuyeron en zigzag o tresbolillo.

El color plata del plástico quedó expuesto al sol y el negro en la parte interna, con la finalidad de que se reflejen los rayos solares y se mantenga fresca la planta en el exterior e interior. El color negro impide la entrada de la luz, lo que provoca una disminución de maleza en el cultivo.

El acolchado se efectuó con acolchadora montada a tractor. El costo fue de 5 mil 800 pesos por hectárea. El testigo no se acolchó.

Tanto el acolchado como la colocación de la cinta con goteros se realizaron en septiembre de 2008. Primero se colocó la cinta de goteo y posteriormente el acolchado.

Sistema de riego. Sólo se colocó una cinta por cama. La cinta quedó en la parte media de cada una de las camas. El calibre utilizado fue de 6 milímetros de grosor, goteros a cada 10 centímetros y un gasto de 5 litros de agua por hora por metro. La cinta se colocó durante el acolchado. El costo por hectárea fue de 8 mil 565 pesos; esta cantidad incluye el material, mano de obra y el combustible utilizado para los riegos.

Tratamiento de semilla. Debido a que la semilla de papaya presenta una germinación lenta deben realizarse prácticas que le permitan adelantarse y garantizar la máxima germinación, de lo contrario este proceso puede tardar entre uno y dos meses, y el porcentaje de germinación es mínimo; ante esto, se realizó el siguiente tratamiento pregerminativo.

Se trataron 150 gramos de semilla de papaya Maradol roja y 100 gramos de Mulata. En un recipiente de plástico de 5 litros de capacidad y 15 centímetros de diámetro se colocaron 50 gramos de semilla de cada variedad y se agregó 1 litro de agua potable. Cada 12 horas se cambió el agua, por un periodo de 48 horas; cada dos horas se agitó el contenedor para favorecer la oxigenación.

Después de las 48 horas de remojo en agua potable, la semilla se sumergió en 1 litro de una solución con ácido giberélico (1 miligramo por litro de agua), ácido acetilsalicílico (250 miligramos por litro) y Mancozeb (0.5 gramos por litro) durante 24 horas. Con este tratamiento pregerminativo de tres días la semilla estuvo lista para iniciar su germinación. El costo por hectárea fue de mil 500 pesos; esta cantidad incluye el gasto por la semilla.



Figura 3. Inmersión de semilla en solución con ácido giberélico, ácido acetilsalicílico y Mancozeb.

Germinación de la semilla. Esta actividad se inició después de que la semilla tenía 72 horas de remojo. La semilla se escurrió y se colocó en franelas húmedas (previamente desinfectadas), que se enrollaron en forma de taco para cubrir la semilla y guardar su temperatura. Las franelas con semilla se colocaron en una cámara de germinación acondicionada a 35 °C. Cada franela se etiquetó para su identificación.

En la cámara de germinación, cada dos horas se humedecieron las franelas con un atomizador, evitando el exceso de humedad. Después del cuarto día se monitoreó la germinación de la semilla.

A los tres días después de colocar la semilla en las franelas se observa la apertura de la testa (cáscara) de la semilla; a los cinco días

se consigue hasta 20% de germinación y durante los siguientes tres días ocurre la mayor germinación. El porcentaje total de germinación de la semilla de papaya puede variar desde 85 hasta 95%, lo que depende de la variedad y de las condiciones en las que germine.

Las semillas se separaron conforme germinaron (con raíz mayor a 0.25 centímetros), se colocaron en una bandeja con una franela húmeda y se sembraron inmediatamente para evitar deshidratación de raíz.

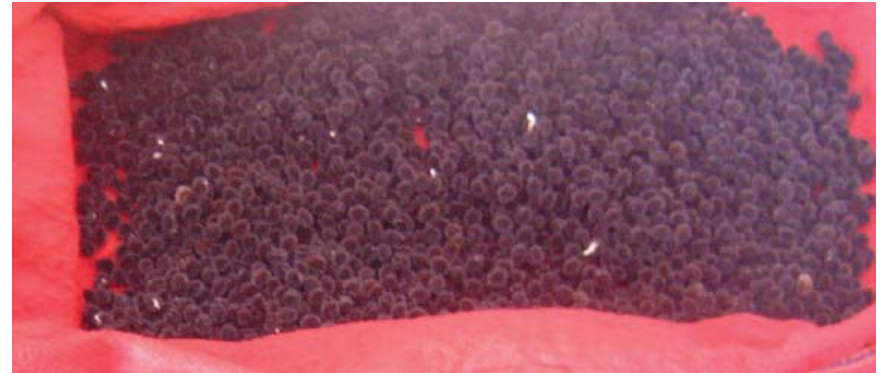


Figura 4. Inicio de la apertura de testa en semilla de papaya.



Figura 5. Llenado de charolas para la siembra de semilla de papaya.

Preparación del sustrato y lavado de charolas de siembra. El desarrollo de esta actividad se realizó simultáneamente con la germinación de la semilla. Se preparó una mezcla con Peat moss (10 partes), vermiculita (cinco partes), lombricomposta (cuatro partes). La mezcla final fue de 10-05-04. Los insumos que se utilizaron se adquirieron en Sinaloa.

El lavado de charolas se efectuó al momento de la siembra. Las charolas se sumergieron en una solución de yodo (1.5 mililitros por litro de agua) porque eran nuevas. El costo total de la producción de plántulas

por hectárea fue de 11 mil 88 pesos.

Siembra de semilla. Para prevenir plagas del suelo se humedeció por completo el sustrato con una solución de Semevín (0.5 mililitros por litro de agua) y Carbendazyn (0.5 mililitros por litro de agua). Las charolas se llenaron con este sustrato. La humedad en el sustrato también funciona para que al momento de sembrar no se reduzca el volumen ni se hunda la semilla.

Después del llenado de las charolas con el sustrato se sembró la semilla germinada; ésta se depositó de 0.5 a 1 centímetro de profundidad, se cubrió con el mismo sustrato y se regó. Finalmente, las charolas se trasladaron al invernadero con 70% de sombra y se colocaron en parrillas, a una altura de 1 metro.

La forma correcta de colocar la semilla es una por cavidad, con la raíz hacia abajo para facilitar la emergencia y evitar el problema de "raíz de cochino" ('raíz torcida que al momento del trasplante puede dificultar la extracción e incluso trozar la parte aérea de la plántula'). Es importante que la semilla no quede sembrada a una profundidad mayor a 1 centímetro porque se dificulta la emergencia.

Riego y fertilización de plántulas en charolas. El riego se inició a partir de la siembra. Éste se realizó por la mañana y tarde, conforme fue requerido. Se evitó el exceso de agua para controlar el desarrollo de



Figura 6. Semilla de papaya con radícula (raíz) lista para la siembra.

fitopatógenos⁷. Los riegos fueron manuales, con una regadera portátil.

La fertilización de plántulas fue foliar, comenzó a partir de que apareció la primera hoja verdadera. Se aplicó enraizador (Rooting, a 0.5 mililitros por litro de agua) y hormonas (Biozym, a 0.5 mililitros por litro), cada cinco días. También se efectuó una aplicación de nitrógeno (urea), al 1%, dirigido al sustrato.

Para asegurar el máximo porcentaje de emergencia (aparición de la plántula como tal), favorecer el crecimiento de tallo y para garantizar la

⁷ Microorganismos que causan daño a las plantas.

obtención de plántulas libres de virus se recomienda mantener las charolas o recipientes bajo condiciones de invernadero o malla-sombra (previamente acondicionado con sombra inicial de 70%).

Al seguir estas sugerencias, a los cinco días después de la siembra se presenta el 90% de emergencia de plántula.

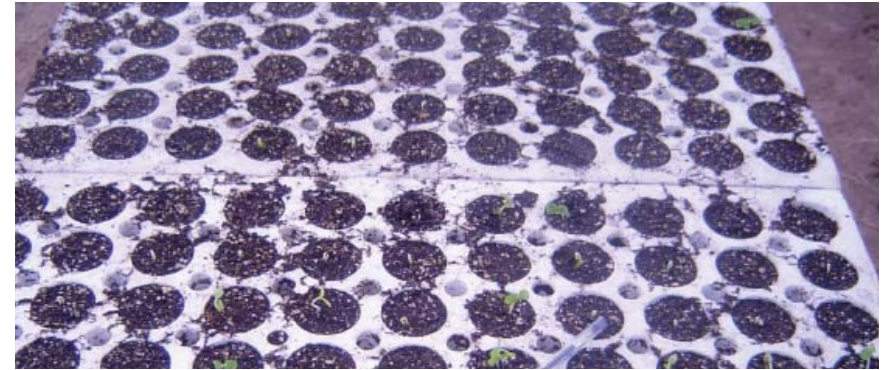


Figura 7. Emergencia de plántulas de papaya.



Figura 8. Crecimiento de plántulas de papaya.

Monitoreo y control de plagas y enfermedades. En los monitoreos de invernadero no se encontraron problemas de enfermedades. Para prevención o control de hongos (*Pythium* y *Phytophthora*) se debe aplicar Carbendazyn (0.5 mililitros por litro) y Propamocarb (1 mililitro por litro) y con ello se evitan problemas de ahorcamiento de tallo (*damping off*).

Acondicionamiento de plántulas para el trasplante. Cuando las plántulas presentaron una altura de 10 a 15 centímetros (de 25 a 30 días después de la siembra, dependiendo de las condiciones ambientales) se trasladaron a un área de 40% de sombra, para que se fueran adecuando al sol y se engrosara el tallo. Este periodo no debe durar más de 15 días.

Si las plantas estuvieron a 70% de sombra no se deben exponer al



Figura 9. Acondicionamiento de plántulas de papaya.



Figura 10. Plántula de papaya lista para trasplante.

sol completamente, debido a que pueden presentarse marchitamientos y/o quemaduras por sol.

Finalmente, cinco días antes del trasplante es recomendable mantener la plántula a insolación total, para completar su acondicionamiento.

Trasplante de papaya Maradol y Mulata. Del 7 al 13 de octubre de 2008 se realizó el trasplante de papaya Maradol y el 1 de noviembre de 2008, el de Mulata. Se eligieron estas fechas de siembra porque se busca aprovechar ventanas de mercado, sobre todo de exportación, donde el precio unitario es mayor a 3 dólares por kilogramo de fruta.

El método de siembra fue manual. Primero se marcaron los pozos, a una distancia de 1.60 centímetros entre ellos y a una profundidad de 15 a 18 centímetros. Para realizar el sexado ('selección de plantas por su sexo') se sembraron, alternadamente, dos y una planta por agujero.

Inmediatamente después del trasplante, con una aspersora de mochila se aplicó una solución fungicida de Carbendazin (a 1.5 mililitros por litro de agua), Propamocarb-clorhidrato (a 1 mililitro por litro de agua) y enraizador (a 1 mililitro por litro de agua), dirigida a la base del tallo. La dosis fue de 100 mililitros de mezcla por pozo. La mezcla se empleó para prevenir los problemas de ahorcamiento de tallo, mientras que con el enraizador se favoreció el rápido anclaje de las plantas. El costo para esta actividad fue de mil 300 pesos por hectárea.

Monitoreo y control de plagas y enfermedades. Después del trasplante, para monitorear la sanidad de las plantas se realizaron recorridos diarios por la mañana, que después fueron cada tercer día.

Durante la primera semana después del trasplante, el principal problema en Maradol fue el ahorcamiento de tallo o *damping-off*; causado por el complejo fúngico de *Phytophthora*, *Pythium* y *Fusarium*; la incidencia fue de menos del 3%. En la variedad Mulata no se presentó esta enfermedad.

Para controlar la enfermedad se aplicaron los fungicidas Carbendazin, Propamocarb-clorhidrato (en dosis de 1 mililitro por litro de agua

de ambos productos), y una segunda aplicación de Tiabendazol y Benomilo (con dosis de 1 mililitro por litro de agua de cada producto). Las aplicaciones fueron dirigidas al tallo de la planta. Con esto se corrigió el *damping-off* en plantas con daños iniciales.

Cuadro 1. Sugerencias para nutrición de plántulas de papaya bajo condiciones de invernadero o casa-sombra.

Edad de plántula (d. d. e. *)	Producto	Dosis	Recomendación
Dos	Fertilizante foliar (Bayfolan y Fertiagro-Cosmocel) a base de ácidos húmicos y extractos orgánicos.	De 0.5 a 1 mililitro por litro	Puede mezclarlos. Se deben aplicar en el riego. Para no tener efectos secundarios (quemado) es importante no incrementar la dosis.
Cinco	Hormonas (Biozyme TF) y enraizador (Rooting).	De 0.25 a 1 mililitro por litro	Esta formulación debe aplicarse en el riego. Se debe asegurar que haya contacto con la raíz.
10	Fertilizante foliar (Bayfolan y Fertiagro-Cosmocel) a base de ácidos húmicos y extractos orgánicos.	1 mililitro por litro	Se deben mezclar y aplicar en el riego. En esta formulación se pueden agregar ácidos húmicos (1 mililitro por litro).
15	Urea o NH_4SO_3 (sulfato de amonio).	0.5% (5 gramos por litro de agua)	Debe aplicarse en riego, evitando el contacto con las hojas porque puede producir quemaduras. Se debe tener cuidado en no incrementar la dosis y en emplearlo por la mañana o en la tarde, no en periodos de insolación alta.
De 20 a 30	Solución de nitrato de potasio más fosfato monoamónico (DAP).	De 1 a 2 gramos por litro de agua de cada uno	Mezclar perfectamente en suficiente agua y aplicar en el riego, de preferencia por las tardes. No emplear directamente sobre las hojas.

Estas recomendaciones se realizan con base en las técnicas validadas en el Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa, A. C., en 2008.

*d. d. e.: Días después de la emergencia (aparición de plántula).

Cuadro 2. Programa de prevención de plagas y enfermedades en plántula de papaya.

Edad de plántula (d. e.*)	Producto	Dosis	Recomendación
De tres a cuatro	Aplicación de Car-bendazim (Derosal)	0.5 mililitros por litro	Su aplicación debe ser por la mañana, con aspersora. Se debe cubrir toda la plántula.
10	Aplicación de Propa-mocar (Previcur)	De 0.25 a 0.5 mililitros por litro	Debe aplicarse por las mañanas, con aspersora. Se recomienda no incrementar la dosis porque puede provocar intoxicación en las plántulas.
Al momento de la siembra	Semevín más Derosal	0.5 mililitros por litro	Se prepara una solución suficiente para regar las charolas sembradas para prevenir problemas en el suelo.

Estas recomendaciones se realizan con base en las técnicas validadas en el Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa, A. C., en 2008.

*d. d. e.: Días después de la emergencia (aparición de plántula).

El costo total de todas las aplicaciones realizadas en la plantación de papaya para el control de plagas y enfermedades, así como la mano de obra, fue de 11 mil 700 pesos por hectárea.

Aplicación de riego y fertilización. El riego se realizó por goteo, de acuerdo a como lo fue requiriendo la planta. El tiempo de riego fue de una a dos horas porque la planta estaba pequeña y se buscó evitar humedad excesiva para prevenir problemas de *damping off*.

La fertilización se realizó al fondo del agujero al momento del trasplante. Se aplicaron, por hoyo, 25 gramos de una mezcla preparada con 70% de urea y 30% de Triple 17 (como fuentes de nitrógeno, fósforo y potasio). Esta dosis se realizó al seguir la recomendación del paquete tecnológico para papaya del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de Cotaxtla, Veracruz.

Para toda la parcela se realizaron tres aplicaciones de ácidos húmicos (1.5 mililitros de Carbovit) y enraizador (500 mililitros de Rooting) a través del riego por goteo. El costo (que considera todas las aplicaciones de nutrientes, riegos y mano de obra) fue de 9 mil 85 pesos.

Control de malezas. En las calles de los surcos no se presentaron malezas por la siembra de barreras vivas, y sólo en los bordos se

realizaron dos deshierbes manuales. Debido a que la presencia de maleza en los bordos fue mínima no se requirió herbicida. El costo de esta actividad fue de 5 mil 160 pesos por hectárea, en esta cifra se incluye el gasto de todas las actividades de control de malezas realizadas al cultivo, así como la mano de obra.

Eliminación de hojas senescentes⁸ y deschuponado. Sólo se eliminaron las hojas basales de las plantas de papaya Maradol y algunos brotes laterales; brotación que no es común en materiales mejorados. El costo de esta actividad ascendió a 60 pesos por hectárea.

Establecimiento de barreras vivas antiáfidos. Como una medida para reducir la incidencia de virosis en la planta de papaya se establecieron barreras vivas de plantas de maíz y sorgo. Las barreras fueron de cinco surcos por cada calle, con alternancia de cultivos (una calle con maíz y otra con sorgo). Las barreras vivas se sembraron con la humedad residual que tenía el suelo.

Para el caso de maíz se aplicó un tratamiento fungicida de Semevín-Thiodicarb (a 0.25 litros por cada saco de semilla de 20 kilogramos). La semilla de sorgo no se trató contra hongos. El costo de esta actividad, que incluye el establecimiento y el mantenimiento de las barreras fue de mil 500 pesos por hectárea.

Sexado y eliminación de plantas masculinas. Esta actividad consistió en eliminar una de las dos plantas femeninas sembradas por agujero (se desechó la de menor desarrollo), para dejar una sola planta por hoyo. No se presentaron plantas masculinas.

La identificación del sexo de las plantas se realiza al inspeccionar una flor del racimo, de tres flores se corta una lateral para dejar la del centro porque es más vigorosa; a ésta se le abre el botón para identificar si están presentes los dos sexos o sólo uno. Las plantas masculinas sólo presentan estambres con polen en la corola, las plantas femeninas tiene sólo estigma o pistilo y las hermafroditas poseen estambres y pistilos en la misma corola de la flor. En papaya, este último tipo de plantas es la que comercialmente interesa, debido a que la forma de su fruto (semialargado) tiene mayor demanda y ocupa menor espacio por unidad de volumen al momento del empaque, lo que representa un ahorro en el flete, sobre todo para mercados de exportación. El costo de esta actividad es de 140 pesos por hectárea.

La semilla certificada tiene 66% de plantas hermafroditas y 33% de femeninas. Al sembrar en dos posiciones (dos plantas por agujero) el porcentaje de hermafroditas se incrementa al 85%, mientras que a tres posiciones (tres plantas por hoyo) aumenta a 93%.

El sexado se realizó tanto en plantas de papaya Maradol como de Mulata.

Control de malezas. Para el deshierbe manual de la plantación se utilizó azadón; en los surcos acolchados, ésta se arrancó manualmente.

⁸ Que empiezan a envejecer.



Figura 11. Plantación de papaya con acolchado plástico, fertirriego y barreras vivas.



Figura 12. Barreras de sorgo en el cultivo de papaya.

Debido a que la papaya es muy susceptible, hasta la floración no se emplearon herbicidas.

Aplicación de riego y fertilización. Durante la floración, los riegos se aplicaron cada tercer día, por un periodo de tres horas. Es indispensable regar frecuentemente en esta etapa para reducir problemas de aborto de flores.

Durante las primeras etapas de crecimiento de la planta, la fertilización debe ser a base de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, azufre y boro. El fósforo y el boro son elementos de lenta movilidad en la planta, por lo que es recomendable aplicarlos en etapas tempranas.

Al inicio de la aparición de los botones florales se recomienda la aplicación de potasio, fósforo, boro, zinc, calcio, molibdeno, hierro, cobre y azufre, ya que son indispensables para la polinización y amarre de fruto. Las dosis recomendadas al utilizar complejos de micronutrientes son de 4 a 6 kilogramos por hectárea por riego, cada tercer día.

Monitoreo y control de plagas y enfermedades. Durante la floración se debe tener especial cuidado con la antracnosis, debido a que puede provocar aborto de flores; es por esto que desde la aparición de botones se deben aplicar productos preventivos a base de azufre y cobre, se pueden utilizar Manzate, Captan y Cupravit (en dosis de 300 gramos por 100 litros de agua). Durante el proyecto, estos fungicidas se emplearon por la mañana, con rotación de productos. Se aplicaron cada 12 ó 15 días durante la floración y de acuerdo a como se presentaron los síntomas de la enfermedad.

También se realizaron dos aplicaciones de Metaxystos, Cipermetrina y Confidor, con rotación de productos. Primero se aplicó 1 mililitro de Metaxystos, combinado con 0.5 mililitros de Cipermetrina por litro de agua; posteriormente se utilizó 1 mililitro de Confidor y 0.5 mililitros de Cipermetrina por litro de agua; después, se recomienda aplicar 1 mililitro de Metaxystos y 0.5 mililitros de Confidor por litro de agua.

También, como una medida cultural para controlar la antracnosis, deben eliminarse las plantas en las que ya aparezcan los primeros síntomas de la enfermedad y retirarlas del terreno.

La principal plaga que se ha presentado en el cultivo de papaya es la



Figura 13. El riego es indispensable en la floración para evitar problemas de aborto.

araña roja, que causa daños directos a la planta. Para su control es importante emplear abamectina (Agrimec, a 1 mililitro por litro de agua), al menos dos veces cada ocho días después de ubicar los focos de infección. Es indispensable realizar las dos aplicaciones para romper el ciclo de vida de la araña, ya que los estados inmaduros (huevo) no se afectan con ningún producto químico y se debe esperar a su eclosión para poder atacarla.

Eliminación de hojas senescentes y deschuponado. Esta técnica consistió en eliminar las tres hojas basales de cada planta y los chupones para evitar que durante la floración pudieran servir de fuente de inóculo de plagas. Además, con esta actividad se facilita la ventilación de la huerta, lo que evita el desarrollo de microclimas y el brote de enfermedades. El costo de esta actividad ascendió a 70 pesos por hectárea.

Desflore. Se eliminaron la flor central y el fruto partenocárpico (deforme) de los racimos de las plantas de papaya hermafroditas. Esta flor central posee mucho vigor, por lo que al desecharla se permite el desarrollo de la flor lateral, que da frutos más uniformes. El costo de esta actividad es de 70 pesos.

Control de malezas. Esta actividad se realizó con rastra para eliminar la maleza de las calles, donde se había sembrado maíz como barrera. Sólo en los tratamientos sin acolchado plástico los bordos se desyerbaron con azadón.

Raleo de frutos. Esta tarea sólo se practicó en plantas hermafroditas debido a que presentaron frutos deformes.

Durante esta actividad también se aprovechó para eliminar la flor central del racimo. El costo de esta actividad fue de 70 pesos por hectárea.



Figura 14. Papaya Maradol en etapa de floración y amarre de fruto.

Aplicación de riego y fertilización. Se realizaron aplicaciones constantes de fertilizantes a base de magnesio, potasio y boro porque la planta manifestó mucho aborto de flores por problemas fitopatológicos⁹.

La aplicación de magnesio y potasio se realizó cada 12 días a través del sistema de riego: se agregaron 5 kilogramos de magnesio y 2.5 kilogramos de nitrato de potasio. Adicionalmente, se agregó un litro de enraizador por hectárea para favorecer el crecimiento de nuevas raíces porque el sistema radicular se dañó por pudriciones causadas por hongos y bacterias. Se regó cada tercer día; como se presentó sequía se realizaron tres riegos rodados.

Eliminación de hojas senescentes y deschuponado. Ante la pudrición de raíz en las plantas de papaya se presentó secado de hojas senescentes, que se retiraron del cultivo. También se deschuponó. El secado de hojas basales se agudizó más en los tratamientos sin acolchar. El costo de esta actividad fue de 70 pesos por hectárea.

Muestreo de número de frutos por planta. Se contabilizó el número de frutos por planta de papaya Maradol debido a que es la variedad más avanzada en desarrollo. El promedio de 10 plantas de papaya Maradol fue de 30.1 frutos por planta. El costo de esta actividad fue de 70 pesos por hectárea.

Cosecha y poscosecha de papaya

Muchas frutas tropicales y subtropicales como la papaya, mango, plátano, piña y aguacate deben cosecharse en madurez fisiológica, es decir, en el momento en que los frutos presentan características físicas, químicas y fisiológicas que les permitan llegar a un estado óptimo para su consumo o madurez comestible.

Comúnmente, entre los productores la madurez fisiológica es identificada como el estado sazón del fruto o madurez de cosecha, sin embargo las frutas como la papaya y el mango presentan apariencia verde y consistencia firme.

La razón que determina el estado en el que se deben cortar los frutos se relaciona con el destino de la cosecha, es decir, para consumo en fresco o para la industria. Para consumo en fresco, los frutos se cosechan en estado sazón (madurez fisiológica), debido a la necesidad de transportarlos desde las zonas productoras al consumidor, un fruto maduro no permitiría este proceso. La industria prefiere frutos maduros (comestibles) porque su proceso es inmediato.

En México, la fruta de papaya se cosecha normalmente sazón (madurez fisiológica), con pulpa firme y color verde, con algunas vetas (rayas o franjas) amarillentas, esto debido a que permite su manejo poscosecha y el transporte de grandes distancias, como es el caso de papaya para exportación.

⁹ Enfermedades de las plantas.

Cuadro 3. Manejo de la nutrición en el cultivo de papaya, de acuerdo a su etapa vegetativa.

Días después del trasplante	Fertilizantes	Cantidad	Dosis	Elementos que aporta
Fertilización de fondo	Urea o sulfato de amonio más Triple 17	7 kilogramos de urea más 3 kilogramos de Triple 17.	30 gramos por planta	Nitrógeno, fósforo y potasio.
Cero	Rooting	2 mililitros por litro de agua	2 mililitros por litro	Auxinas, citocininas y fósforo.
Ocho	Ácidos húmicos	De 2.5 a 3 litros de Carbovit.	2.5 litros por hectárea	Nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, hierro, magnesio, zinc y manganeso.
15	Rooting más ácidos húmicos	1 litro de Rooting más 1.5 litros de Carbovit.	2.5 litros de mezcla por hectárea	Auxinas, citocininas, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, hierro, magnesio, zinc y manganeso.
De 20 a 60	Ácidos húmicos	1 litro de Carbovit	1 litro por hectárea en cada riego	Nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, hierro, magnesio, zinc y manganeso.
65	Sulfato de amonio más fosfato monoamónico más sulfato de potasio más nitrato de calcio.	4.25 kilogramos de sulfato de amino, 3.75 kilogramos de fosfato monoamónico, 3.75 kilogramos de sulfato de potasio y 2 kilogramos de nitrato de calcio.	50 gramos por planta	Nitrógeno, fósforo, potasio y azufre.
Menos de 70	Kelat-multi	5 kilogramos	5 kilogramos por hectárea por riego	Hierro, zinc, manganeso, boro, cobre y molibdeno.
90 y durante la cosecha	Kelat-multi más complejos de boro y calcio.	3 kilogramos de Kelat-multi y 500 mililitros de boro y calcio.	3 kilogramos de Kelat-multi por hectárea por riego y 2 mililitros de boro y calcio por litro, de forma foliar.	Hierro, zinc, manganeso, boro, cobre, calcio y molibdeno.

Cuadro 4. Costos de producción por hectárea de una plantación de papaya con el uso de barreras vivas para la prevención de virosis.

Actividades	Costo (en pesos por hectárea)
Adquisición de 2 mil 500 semillas	1,500.00
Producción de plántula	11,088.00
Preparación de terreno	1,500.00
Trasplante	1,300.00
Control de plagas y enfermedades	10,742.50
Nutrición (fertirriego)	6,084.00
Deshierbes	4,160.00
Mano de obra	17,225.00
Combustibles	3,118.50
Mantenimiento de barreras vivas	1,500.00
Total por hectárea	58,218.00

Los montos por actividad se calcularon con base a lo realizado en la parcela del cultivo de papaya del campo Experimental de Fundación Produce Sinaloa, A. C., zona sur, durante el ejercicio 2008-2009.

Cuadro 5. Rendimiento estimado en kilogramos de fruta por planta de papaya Maradol.

Planta	Frutos por planta	Peso* promedio de fruto (en kilogramos)	Rendimiento por planta (en kilogramos)
1	32	2.85	91.20
2	31	1.76	54.41
3	20	1.96	39.10
4	29	2.50	72.50
5	33	1.68	55.51
6	31	2.22	68.67
7	30	1.88	56.25
8	36	1.98	71.28
9	29	1.66	48.14
10	32	1.83	58.40
Promedio	30.3	2.02	61.54

*El peso corresponde al promedio de tres frutos por árbol.

Cuadro 6. Rentabilidad estimada del cultivo de papaya Maradol.

Plantas por hectárea*	Rendimiento (en kilogramos por planta)	Rendimiento (en kilogramos por hectárea)	Costos de producción (en pesos por hectárea)	Precio (en pesos por kilogramo de fruta)	Ingreso (en pesos por hectárea)	Relación beneficio-coste
1,800	61.54	110,780.28	58,218.00	2.00	221,560.56	3.81

Comúnmente se siembran 2 mil o 2 mil 500 plantas por hectárea, pero por problemas de virusis pueden quedar productivas sólo mil 800 plantas por hectárea.

Manejo poscosecha

Para mantener la calidad de la fruta de papaya y conferirle competitividad en el mercado se debe realizar un manejo poscosecha adecuado, de lo contrario la calidad que presenta la fruta en la cosecha puede resultar afectada seriamente, lo que se traduce en pérdidas económicas para el productor.

La Figura 15 muestra un proceso poscosecha sugerido que permite mantener la calidad de la fruta de papaya.

Inducción de maduración

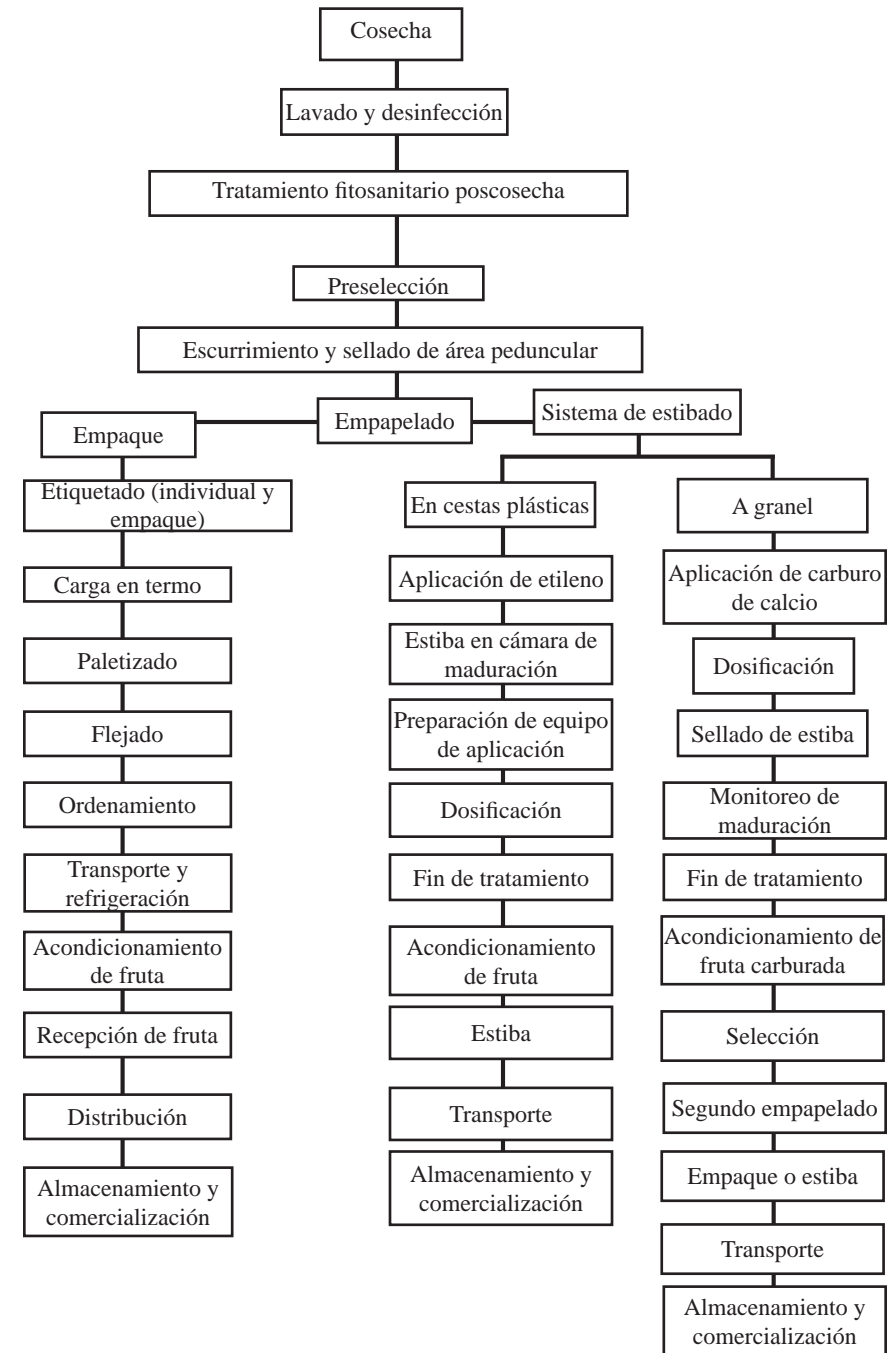
La fruta de papaya de un huerto comercial al momento de la cosecha no es apta para el consumo inmediato, por lo tanto se recurre al uso de técnicas que inducen la madurez comestible y homogenizan la maduración de un lote de fruta.

Para inducir la madurez comestible de la fruta de papaya se aplican tratamientos poscosecha de etileno o carburo de calcio (acetileno) en el lugar de cosecha o en el destino final (mercado) del producto, en estibas cubiertas con plásticos o en cámaras o almacenes más sofisticados.

Para garantizar la efectividad del tratamiento para inducir madurez comestible de las frutas, con etileno o carburo de calcio deben controlarse los factores y condiciones de maduración, como la temperatura, la humedad relativa, la dosis del agente de maduración, el periodo de aplicación del tratamiento y la ventilación, de lo contrario se puede presentar sobremaduración, pérdida excesiva de firmeza, alteración del sabor o deshidratación del fruto.

Proceso previo a la inducción de maduración

Para garantizar una maduración uniforme y adecuada en la fruta de papaya se recomienda atender los siguientes aspectos.

**Figura 15. Proceso de poscosecha en papaya.**

Cosecha de frutos. Los frutos que se van a cosechar deben tener la madurez fisiológica suficiente (frutos con una o dos vetas amarillas) y deben recolectarse con cuidado para no causar daños mecánicos, como raspaduras o golpes que demeritan su apariencia y que cuando están en madurez de consumo (comestibles) se manifiestan como manchas o partes blandas que limitan su comercialización.

Lavado, desinfección y tratamiento fitosanitario. Después de la cosecha es recomendable hacer un lavado y desinfección del producto. Puede utilizarse una solución de cloro o yodo (en dosis de 150 mililitros por cada 100 litros de agua), donde se sumergirá la fruta y se lavará con una esponja para retirar telarañas, polvo o algún otro material. Enseguida se debe pasar la fruta a otro contenedor con una solución fungicida para prevenir enfermedades poscosecha (como antracnosis), para esto se utilizará Mancozeb (a 500 gramos por 100 litros de agua), Prochloraz, Mirage o Sportak (a 75 mililitros por 100 litros de agua), cera (a 25 mililitros por 100 litros de agua) y adherente (en dosis de 50 mililitros por 100 litros de agua). Con este tratamiento se garantiza el máximo control de antracnosis durante la poscosecha de papaya. El daño no superará el 5%.

Para evitar daños al fruto por fricción entre ellos o con las paredes del recipiente, se recomienda que los contenedores para el tratamiento sean amplios y que contengan suficiente agua.

Después de procesar 5 ó 7 toneladas de fruta se recomienda elaborar una nueva solución.

Preselección, escurrimiento y sellado del área peduncular. Estas actividades son muy importantes porque en esta etapa se desechan los frutos deformes, con antracnosis, pequeños, dañados o maduros.



Figura 16. Ejemplos de frutos de papaya aptos para ser cosechados.

La fruta se retira con mucho cuidado de la tina de lavado y se coloca en mesas de escurrimiento o bandas con el ápice (punta) hacia abajo para cortar el pedúnculo con una navaja y dejarlo a una longitud no mayor a 1 centímetro. Para prevenir enfermedades, en el área de corte se aplica una pasta preparada con azufre y cobre. Este paso se puede omitir si la fruta es para mercado nacional.

Empapelado. Esta etapa consiste en envolver con papel (periódico o estraza) cada una de las frutas preseleccionadas, se debe tener cuidado en no golpearla, y en manipularla lo menos posible para conservar su firmeza. Si la fruta es para exportación se utiliza un papel blanco (que puede ser tipo cera, para dar mayor presentación). El fruto se envuelve en el papel y se deja descubierta la parte apical.

Sistema de estibado y/o empacado. Si la papaya es para exportación se empaca en cajas de 17 libras¹⁰, con 10 ó 12 frutas por caja; se colocan verticalmente con la base peduncular hacia abajo. Si es para mercado nacional se induce su maduración, para lo que se puede utilizar etileno gas o carburo de calcio (fuente de acetileno).



Figura 17. Frutos de papaya lavados y colocados en una mesa de escurrimiento.

Fuentes para inducir maduración

Las fuentes de etileno utilizadas con mayor frecuencia en la poscosecha para la maduración de los frutos son gas etileno y etephon (Ethrel), mientras que para acetileno es carburo de calcio y acetileno gas.

El carburo de calcio es un sólido granulado que libera acetileno al contacto con el agua o humedad ambiental. El acetileno es un gas análogo al etileno pero con actividad biológica menor. Para tener los mismos efectos que el etileno en la maduración del fruto se requieren concentraciones altas de acetileno.

¹⁰ Una libra equivale a 460 gramos.



Figura 18. Frutos de papaya empapelados y empacados.

El carburo de calcio se utiliza en México para inducir la maduración de frutos de papaya, cítricos, mango y chile habanero.

En Veracruz, la aplicación de carburo de calcio es una práctica muy común en el manejo poscosecha de papaya Maradol y en mango Manila, el objetivo es inducir y homogeneizar la maduración de los frutos para poder comercializarlos.

Aplicación de carburo de calcio

Dosificación y periodo de aplicación. Las dosis de aplicación de carburo de calcio son muy variadas, de 1 a 4 kilogramos de carburo por tonelada de fruta, pero la más común es de 2 kilogramos de carburo por tonelada de fruta.

Para garantizar la efectividad del tratamiento y conservar la calidad de la fruta se sugieren dosis de 1 a 1.5 kilogramos de carburo por tonelada de papaya, esto para evitar la sobremaduración y olores externos al fruto. Para aumentar la efectividad del carburo de calcio en la madurez comestible de papaya se deben estibar como máximo 5 toneladas de fruta y envolverlas en un solo papel, con esto se favorece el contacto del gas acetileno con la fruta.

El carburo de calcio debe distribuirse uniformemente en toda la estiba lo más rápido posible porque es muy volátil y reacciona de inmediato con la humedad ambiental. Si se emplean más de tres horas en estibar la fruta se puede perder hasta el 50% de gas acetileno, lo que disminuye la efectividad.

Muchos productores, al desconocer que el carburo es muy volátil, manifiestan erróneamente que el carburo no sirve para madurar la fruta o que se requiere de una gran cantidad para lograrlo, por lo que

duplican la dosis y al final la papaya se impregna de un olor a azufre o pólvora quemada.

Otro de los efectos que se observan al aplicar dosis altas de carburo de calcio en papaya es la pérdida drástica de firmeza, consecuencia de la temperatura alta en la estiba, exceso de gas acetileno y la mala ventilación, pues el oxígeno es muy limitado dentro de la estiba, elemento vital para que se presente la maduración del fruto.

El tiempo de exposición de la fruta al carburo de calcio no debe rebasar las 40 horas porque después de este periodo la papaya necesita oxígeno para continuar con el proceso de maduración, de lo contrario se puede manifestar un ablandamiento excesivo de la fruta o deshidratación, lo que resta atributos de calidad a la fruta, por lo que disminuye su competitividad en el mercado. Periodos de exposición de 36 horas, con dosis de 1 kilogramo de carburo por tonelada de fruta, resultan suficientes para inducir la maduración del fruto y mantener su calidad.

Sellado de estiba. Consiste en cubrir la fruta de papaya estibada con carburo de calcio. Esta tarea debe realizarse lo más rápido posible para retener la mayor parte de gas acetileno liberado por el carburo de calcio.

Para sellar la estiba se pueden utilizar cubiertas plásticas o lonas en buen estado que simulen una cámara hermética. Algunos productores, antes de emplear la cubierta plástica colocan trozos de telas gruesas o colchonetas para controlar de forma indirecta la antracnosis, ya que éstas absorben gran parte de la humedad o agua generada por la respiración y transpiración de la fruta, con lo que disminuye la probabilidad de desarrollo del hongo causante de la enfermedad.

Monitoreo de maduración. Esta tarea se realiza 24 horas después de iniciar el tratamiento. Se descubre con cuidado una parte de la estiba y rápidamente se toman tres frutos para efectuarles un monitoreo general de color y firmeza y corroborar que dentro de la estiba haya una temperatura alta pero soportable para la fruta (de 38 a 40 °C). Si la temperatura es baja debe revisarse la cubierta porque pueden existir fugas de gas y de calor, aspectos que retrasan el proceso de maduración.

Acondicionamiento de fruta carburada. Después de que se cumpla el periodo preestablecido del tratamiento se descubre una parte de la estiba (normalmente alguna zona lateral) y se retiran los trozos de tela o papel que absorbieron la humedad, la estiba se mantiene en estas condiciones por unas dos horas, como mínimo, para que la fruta se aclimate paulatinamente. Esta ventilación favorece la uniformidad e intensidad del color.

La fruta no debe manipularse inmediatamente después de terminado el tratamiento debido a que por la alta temperatura ésta se encuentra muy blanda y se le pueden causar magulladuras.

Selección y empaque. Después del periodo de acondicionamiento de la fruta de papaya carburada se realiza la selección final y empaque.

La característica principal que se considera para seleccionar la fruta es la presencia de antracnosis. La fruta con síntomas iniciales de la enfermedad (pocas y pequeñas manchas) se clasifica como segunda calidad y son para mercado regional; los frutos con daños entre 5 y 15% de la superficie se definen como calidad tercera y son para mercado local; mientras que frutos con manchas grandes o con más del 20% de la superficie dañada se desechan y se pueden utilizar como composta o alimentación de ganado, este grupo es considerado como pérdida.

Para la selección de fruto también se considera el color (grado de madurez), para esto se separan las frutas verdes que no respondieron al tratamiento, generalmente 5% del total de la estiba.

Durante el empaque, cada fruta se envuelve nuevamente con cuidado y se estiba en cestas de plástico o a granel (en el vehículo de transporte). En esta etapa es recomendable utilizar dos capas de papel.

Como se puede observar, la fruta de papaya pasa por un proceso poscosecha de gran manipulación, por lo que es ampliamente recomendable un manejo delicado para no dañar el fruto. Una medida que se puede tomar para disminuir la manipulación del fruto es empacar la fruta en cestas de plástico de 25 a 30 kilogramos después del tratamiento fitosanitario, y hacer la estiba para carburar con las mismas cestas, lo que facilita la distribución uniforme del carburo de calcio y evita daños por fricción a la fruta, además, se favorece la ventilación y baja el desarrollo de antracnosis.

Aplicación de gas etileno

A diferencia del carburo de calcio, utilizar gas etileno como agente causal de la maduración de los frutos resulta particularmente menos laborioso y su efectividad es mayor, pues es la hormona que de forma natural sintetiza la mayoría de las frutas y produce la maduración.

Consideraciones para la aplicación de etileno en poscosecha

La fruta de papaya que será sometida al tratamiento con etileno para inducir su madurez comestible debe seguir el mismo proceso poscosecha previo a la inducción de la maduración sugerido para carburo de calcio, hasta el momento de terminar el tratamiento fitosanitario (Figura 15).

Después del tratamiento fitosanitario, la fruta se envuelve en papel periódico y se empaca en cestas de plástico. Es necesario colocarla en estos contenedores porque esto facilita la aplicación del etileno.

La estiba se realiza en un cuarto o cámara de maduración que debe estar herméticamente cerrado para evitar fugas de gas. Es recomendable tener un ventilador para favorecer la circulación del gas en toda la cámara de maduración, esto garantiza aún más la efectividad del tratamiento.

Dosificación y aplicación. La fruta se debe exponer a 100 partes por millón de etileno, de 20 a 25 °C y de 90 a 95% de humedad relativa, que por periodos de 24 a 48 horas resulta una maduración rápida y homogénea (color uniforme e intenso). La mayoría de los comerciantes de los grandes centros de distribución prefieren fruta de papaya madurada con etileno ("gaseada" como comúnmente se le conoce), pues presenta firmeza y una apariencia brillante e intensa.

La ventilación de la fruta después del periodo de tratamiento es básica para lograr una maduración uniforme y una intensidad y brillantez atractivas. Se recomienda abrir la cámara y ventilarla de 12 a 24 horas para lograr resultados satisfactorios.



Figura 19. Frutos de papaya madurados con carburo de calcio.

Cuadro 7. Ventajas y desventajas del carburo de calcio.

Ventaja	Desventaja
Barato	Producto peligroso (altamente inflamable).
Fácil aplicación	Confiere olor desagradable si no se maneja adecuadamente.
Efectivo si se maneja adecuadamente.	Reacción inmediata y por tanto pérdida de efectividad por volatilización.
Puede aplicarse en cualquier lugar.	Menor efectividad biológica, comparada con la del etileno.
	Proceso de aplicación muy laborioso.

Cuadro 8. Ventajas y desventajas del etileno.

Ventaja	Desventaja
Resulta más efectivo que el carburo de calcio.	Requiere de equipo de aplicación y condiciones especiales.
No altera la firmeza de los frutos.	Es un poco costoso.
Es un producto seguro.	Requiere de asesoría para su aplicación.
Favorece la intensidad y brillantez del color externo de la papaya.	
Su utilización es poco laboriosa.	

RESULTADOS

Los resultados que se obtuvieron con la aplicación del paquete tecnológico propuesto por este proyecto fueron los siguientes:

1. Bajo condiciones de invernadero, a los 25 días después de la germinación de la semilla se obtuvo plántula de papaya de buena calidad.
2. La aplicación de Propamicarb y Carbendazin (a 0.5 mililitros por litro de cada material) en el sustrato al momento de la siembra y después de la emergencia de la plántula, combinada con un manejo adecuado de riego y ventilación, evitó problemas de enfermedades (*damping off* y pudriciones).
3. El uso de malla-sombra al 70% favoreció el crecimiento de entrenudos largos, durante los 20 primeros días después de la emergencia; posteriormente, el acondicionamiento de las plántulas al sol engrosó los tallos.
4. Los cultivos de maíz y sorgo como barreras vivas permitieron mantener libre de virosis el cultivo de papaya hasta el amarre de fruto.
5. Las barreras vivas en papaya redujeron hasta en 80% las aplicaciones de insecticidas durante los primeros cuatro meses del cultivo (en un cultivo con tratamiento convencional se realizan 10 aplicaciones de insecticidas hasta el amarre de fruto, en el cultivo que se valida sólo se realizaron dos hasta esta etapa).
6. Hasta la etapa de amarre de fruto, el genotipo de papaya Maradol con acolchado plástico muestra mejor adaptabilidad y mayor amarre de fruto que el genotipo Mulata con y sin acolchado plástico.
7. Las labores culturales de sexado y desflore en el cultivo de papaya garantizan cosechar fruta con calidad uniforme y competitiva en el mercado.

CONCLUSIONES

La obtención de plántula a los 25 días de la siembra, con nula presencia de ahorcamiento de tallo y pudriciones, y un cultivo libre de virosis con una reducción de hasta 80% en aplicaciones de insecticidas durante los primeros cuatro meses del cultivo hacen del paquete tecnológico propuesto por el proyecto *Validación de genotipos de papaya en el sur de Sinaloa* una opción viable para el sur de Sinaloa.

Con este paquete tecnológico se estima un rendimiento de 110.78 toneladas de papaya Maradol por hectárea, con lo que se superaría con más del doble la productividad que actualmente alcanza este cultivo en Sinaloa. Si consideramos un precio de venta de 2 pesos por kilogramo de papaya se lograrían 221 mil 560 pesos por hectárea; si los costos de producción ascienden a 58 mil 218.72 pesos por hectárea la ganancia que consigue el productor es de 163 mil 341.28 pesos. Así, la relación beneficio-costos es de 3.80, es decir, por cada peso invertido se recuperan 2.80 pesos.

BIBLIOGRAFÍA

Burdon, J. N. 1997. "Postharvest handling of tropical and subtropical fruit for export", en *Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits*. Mitra, S. K. (ed.). CAB INTERNATIONAL. Págs. 1-13.

González, B. J. I. 2005. *Desverdización del fruto de chile habanero (Capsicum chinense Jacq.), con calidad de exportación*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán.

Liu, F. W. 1988. "Developing practical methods and facilities for handling fruits in order to maintain quality and reduce losses", en *Postharvest handling of tropical and subtropical fruits crops*. Food and Fertilizer technology center for the Asian and pacific region. Taiwán, China. Págs. 1-13.

Mahayothee, B.; W. Mühlbauer; S. Neidhart y R. Carle. 2004. "Influence of postharvest ripening processes on appropriate maturity for drying mangoes", *Acta Horticulturae*. Número 645. Págs. 241-248.

Medlicott, A. P.; M. N'Diaye y J. M. M. Sigrist. 1990. "Harvest maturity and concentration and exposure time to acetylene influence initiation of ripening in mangoes", *Journal American Society Horticulturae Science*. Págs. 426-430.

Ortega, Z. D. A. y M. H. Cabrera. 2004. "Manejo postcosecha de mango Manila", *Tecnología para la producción forzada de mango Manila con calidad fitosanitaria en Veracruz*. Campo Experimental Cotaxtla, Centro de Investigación de la Región Golfo Centro. Memoria técnica. Número 15. Veracruz, México.

Pelayo, Z. C. 1992. "Postcosecha: pérdidas, estimación y control" en *Fisiología y tecnología postcosecha de productos hortícolas*. Yahia, E. M. e I. Higuera Ciapara (eds.). Limusa. Distrito Federal, México. Págs. 35-37.

Reid, M. S. 1998. "Ethylene in postharvest technology", *Postharvest technology of horticultural crops*. Kader, A. A. (ed.). University of California. Estados Unidos. Págs. 97-108.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2008. *Estadísticas de producción de cultivos anuales y perennes*. <www.siap.gob.mx>.