

**UNIVERSIDAD DE MATANZAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS POSCOSECHA
EN FRUTOS DE PAPAYA (*Carica papaya* L.)
PARA SU COMERCIALIZACIÓN**

**Tesis presentada en opción al Título de
Especialista en Fruticultura Tropical**

Ing. MANUEL GONZÁLEZ HERRERA

**Jagüey Grande
2018**



UNIVERSIDAD DE MATANZAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



**EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS POSCOSECHA EN
FRUTOS DE PAPAYA (*Carica papaya L.*) PARA SU
COMERCIALIZACIÓN**

***Tesis presentada en opción al Título de
Especialista en Fruticultura Tropical***

Autor: Ing. Manuel González Herrera

Tutor: MSc. Olga Herrera Martínez

Jagüey Grande

2018

DEDICATORIA

A mi hijo que es la razón de ser de mi futuro.

A mi esposa que me acompaña en la carrera de la vida.

A mis padres que me formaron en lo que soy hoy.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, la MSc.Olga E. Herrera Martinez, por su apoyo incondicional.

A los Dr.C. Miguel Aranguren González y Ramón Liriano González por su constante atención y preocupación durante la preparación y elaboración del trabajo de investigación.

A todos los profesores que contribuyeron a mi formación profesional.

A los que de una u otra forma contribuyeron con este trabajo.

A todos muchas gracias

RESUMEN

En frutos de papayo (*Carica papaya* L.) procedentes de plantaciones ubicadas en la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón”, municipio Jagüey Grande, provincia de Matanzas, se identificaron y cuantificaron los principales daños que afectan la calidad de los frutos y que causan su rechazo para la comercialización. Durante el acondicionamiento los frutos se colocaron en cámaras de maduración con etileno a 100 mg.L^{-1} , durante tres tiempos de exposición al gas (24, 72, 120 horas) y se evaluó la influencia en la coloración de los frutos y el desarrollo de pudriciones. Se determinó además el efecto del tratamiento hidrotérmico y con fungicidas (Imazalil y Tiabendazol) en el control de pudriciones poscosecha. Los daños mecánicos y por Antracnosis (*Colletotrichum* sp.) se identificaron como las principales causas de pérdidas de frutos para la comercialización. El tratamiento de maduración de los frutos con etileno incrementó los niveles de pudriciones por Antracnosis y otros patógenos durante el almacenamiento. La combinación de tratamiento hidrotérmico y la aplicación de fungicidas en poscosecha, con la inmersión de los frutos en agua a 49°C por 20 min y la aplicación del Imazalil a 400 mg.L^{-1} , presentó los mejores resultados en el control de Antracnosis aunque se mantuvieron elevados los niveles de pérdidas. Se recomienda un análisis integral de las tecnologías de producción, cosecha y poscosecha que permitan establecer estrategias de manejo para disminuir los daños sobre los frutos y las pudriciones durante el almacenamiento.

INDICE	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Generalidades sobre el papayo.....	4
2.1.1 Origen de la especie	4
2.1.2. Clasificación taxonómica y descripción botánica	4
2.1.3. Características del cultivar de papayo ‘Maradol Rojo’	6
2.2. Requerimientos para la cosecha y causas de pérdidas	7
2.2.1. Requerimientos para la cosecha	7
2.2.2. Principales requisitos para ejecutar la cosecha	8
2.2.3. Índices para el inicio de la cosecha	9
2.3. Alteraciones fisiológicas en el papayo.....	11
2.3.1. Exudación de látex.....	11
2.3.2. Daños de manipulación	11
2.4. Principales alteraciones patológicas poscosecha en el papayo	12
2.4.1. Pudriciones por <i>Colletotrichum</i> spp	12
2.4.2. Pudriciones por <i>Rhizopus stolonifer</i> (Ethrenb.:Fr)	14
2.4.3. Pudriciones por <i>Phomopsis</i> sp.	15
2.4.4. Pudriciones por <i>Lasiodiplodia theobromae</i> (Pat.)	15
2.4.5. Pudriciones por <i>Fusarium</i> spp	15
2.4.6. Pudrición por <i>Alternaria alternata</i> (Fr. Fr) Keissl.....	16
2.4.7. Pudrición por <i>Cladosporium herbarum</i>	16
2.4.8. Pudrición por <i>Penicillium</i> sp.....	16
2.5. Control de enfermedades poscosecha en frutos de papayo	16
2.5.1. Empleo de métodos físicos (Tratamiento térmico).....	16
2.5.2. Empleo de métodos químicos (Tratamiento fungicida)	18
2.6. Proceso de maduración de los frutos y su manipulación	20
2.6.1. Aspectos generales sobre el proceso de maduración	20
2.6.2. Maduración acelerada de frutos tropicales	21
2.7. Conservación y calidad poscosecha de los frutos de papaya	22
2.7.1. Condiciones para el almacenamiento de los frutos	22

2.7.2. Calidad de los frutos de papayo para la comercialización.	24
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1. Ubicación del trabajo y material vegetal.	26
3.2. Daños detectados sobre frutos de papayo durante la poscosecha	27
3.2.1. Tendencias del aprovechamiento de los frutos durante la cosecha	27
3.2.2. Alteraciones identificadas sobre los frutos en el preacondicionamiento	27
3.2.3. Pudriciones identificadas sobre los frutos durante la poscosecha.	27
3.3. Influencia del tratamiento de maduración con etileno sobre los frutos	28
3.3.1. Influencia del etileno en los cambios de coloración	28
3.3.2. Influencia del etileno en la incidencia de pudriciones	30
3.4. Efecto del tratamiento hidrotérmico y fungicida sobre las pudriciones	30
3.5. Valoración económica de las pérdidas estimadas por pudriciones	31
3.6. Programa estadístico utilizado	31
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1. Daños detectados sobre frutos de papayo durante la poscosecha	32
4.1.1. Tendencias del aprovechamiento de los frutos durante la cosecha	32
4.1.2. Alteraciones identificadas sobre los frutos en el preacondicionamiento	33
4.1.3. Pudriciones identificadas sobre los frutos durante la poscosecha	34
4.2. Influencia del tratamiento de maduración con etileno sobre los frutos	40
4.2.1. Influencia del etileno en los cambios de coloración	40
4.2.2. Influencia del etileno en la incidencia de pudriciones.	42
4.3. Efecto del tratamiento hidrotérmico y fungicida sobre las pudriciones	43
4.4. Valoración económica de las pérdidas estimadas por pudriciones	46
5. CONCLUSIONES	48
6. RECOMENDACIONES	49
7. BIBLIOGRAFÍA	50

1. INTRODUCCIÓN

Este cultivo está ampliamente extendido en los países tropicales y subtropicales del mundo. Se considera que es una de las frutas más cultivadas por sus características para su reproducción y por sus propiedades tanto por su valor alimenticio como por su contenido de papaína que es cotizada en el mercado por su uso en los procesos industriales.

Normalmente se consume el fruto fresco y maduro debido a que su contenido de azúcares (10% en promedio) le dan un sabor agradable, también puede prepararse en refrescos licuados o jugos y con un poco de procesamiento se puede obtener fruta cristalizada, encurtidos, vinos, vinagres, mermeladas, jaleas, pastas, siropes, confitados y hasta trozos en almíbar; pero no debe dejarse de lado la opción de consumirlo verde, en picadillos, como si se tratara de una hortaliza, incluso las semillas han sido utilizadas como especia (FAO, 2003, Juárez, 2013 y SAGARPA, 2017)

La papaya es la tercera fruta tropical más consumida en el mundo y por lo tanto una de las más importantes desde el punto de vista económico y social por ser una fuente de ingreso para miles de familias y al mismo tiempo, medio de captación de divisa para muchos países (Edward y Ballén, 2012 y Valencia *et al.*, 2017).

Para que los frutos de papayo puedan satisfacer las exigencias de los mercados internacionales, se debe establecer una tecnología poscosecha adecuada, que además de mantener el producto en buenas condiciones por más tiempo permita erradicar fisiopatías y la antracnosis, se deben crear canales de comercialización que permitan a los productores acceder a mejores precios y que la fruta pueda ser adquirida en general a bajo costo (Claridades Agropecuarias, 1999).

En lo que respecta a la producción agrícola, desde el momento de la cosecha hasta la distribución se hace necesario establecer normativas con el fin de preservar los productos y que estos lleguen en buenas condiciones al consumidor o a la unidad

procesadora. Debido a esto se hace necesaria una manipulación correcta para evitar que los productos sufran alteraciones que los hagan inservibles (Marín *et al.*, 2016).

Los frutos de papaya son de patrón climatérico, por lo que presentan una alta tasa de respiración y elevada producción de etileno lo que los hace altamente susceptibles al deterioro por desordenes fisiológicos y patológicos y con una vida de anaquel muy corta (Pérez y González, 2007). Uno de los principales problemas en el manejo poscosecha de la fruta de papaya es el control de su maduración y la aplicación de etileno exógeno es una práctica utilizada para alcanzar una rápida y mayor disposición de frutos maduros (De la Cruz *et al.*, 2007).

La maduración de los frutos se ha manejado con éxito a partir del conocimiento del papel del etileno en los procesos de respiración, ablandamiento de los tejidos y regulación de la senescencia (Reigosa, 2003). Por otra parte, inhibidores de la acción del etileno como el 1-metilciclopropeno (1-MCP) se ha utilizado en frutos de ciruela, mango y papaya, entre otros, para disminuir la velocidad de avance de la maduración, alargar su vida de anaquel y garantizar su llegada al mercado en mejores condiciones (Salvador *et al.*, 2007; Osuna *et al.*, 2007; Sañudo *et al.*, 2008).

El conocimiento de las causas del deterioro de los frutos y de las tecnologías de acondicionamiento para el control de patógenos, es de gran importancia para mantener la calidad durante la poscosecha hasta el consumo. Las pudriciones durante la comercialización constituyen un problema que puede superar el 75% de la fruta cosechada y limita la comercialización en el mercado interno y la exportación de estos frutos (Silva *et al.*, 2002).

Este cultivo se considera uno de los más rentables dentro de los frutales, aunque se reconoce entre los problemas más importantes durante el desarrollo de la plantación, las afectaciones por virus y enfermedades fungosas, que se pueden disminuir con medidas preventivas. Los hongos son los patógenos más comunes y existen al menos 45 géneros asociados al papayo, que causan daños a nivel de la raíz, cuello o tallo de la planta, hojas, pero los principales daños ocurren sobre la fruta, con

pérdidas cualitativas y cuantitativas por pudriciones de importante repercusión económica (Silva *et al.*, 2002).

Los tratamientos de manejo poscosecha a que se someten los frutos para su comercialización dependen entre otros factores del mercado de destino, y es por esta razón que se aplican prácticas de manejo de la maduración con vistas a retardar o acelerar este proceso y así garantizar el suministro de este frutal al mercado local, la industria, el mercado en frontera (turismo) y la exportación con la calidad requerida.

Problema

¿Cómo garantizar la maduración exigida por los clientes en frutos de papayo (*Carica papaya* L.) cv Maradol roja destinados al turismo y reducir el impacto negativo de las pudriciones durante la poscosecha en las condiciones de Jagüey Grande?

Hipótesis

El empleo del etileno exógeno en la maduración de los frutos y del tratamiento hidrotérmico combinado con fungicidas para el control de las pudriciones, tienen un efecto positivo sobre la calidad y vida poscosecha de los frutos de papayo.

Objetivo general

Determinar la influencia de los tratamientos de maduración y control de pudriciones sobre la calidad y conservación poscosecha de los frutos de papayo cv Maradol roja con destino a la comercialización al turismo en las condiciones de Jagüey Grande.

Objetivos específicos

- Identificar las principales causas de pérdidas de los frutos de papayo observadas durante la poscosecha en las condiciones de Jagüey Grande.
- Evaluar los efectos de la aplicación de etileno gaseoso sobre la maduración de los frutos de papayo.
- Determinar los efectos del tratamiento hidrotérmico y la aplicación de fungicidas en el control de enfermedades poscosecha.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades sobre el papayo

2.1.1 Origen de la especie

El papayo es una planta nativa de América Tropical Continental, probablemente del territorio que abarca el sur de México hasta Costa Rica en América Central, aunque algunos autores la ubican al noroeste de América del Sur, en la vertiente oriental de los Andes, debido a que en esta última región se localiza la mayor diversidad de especies del género *Carica* (INIVIT, 2008).

La planta y su fruta se conocen por varios nombres: papaw, lechosa, mamoneiro, melón, zapote y fruta bomba, y actualmente se encuentra distribuida en los trópicos y subtropicos del mundo, los principales países productores son: India, Brasil, Indonesia, Nigeria, México, Etiopía y Guatemala, y la producción mundial supera los 1.058. 162 millones de toneladas al año (FAO, 2017).

2.1.2. Clasificación taxonómica y descripción botánica

El papayo (*Carica papaya* L.), pertenece a la división Embryophyta Siphonogama, subdivisión Angiospermae, clase Dicotyledonae, orden Violales, familia Caricaceae, género *Carica* y especie *Carica papaya* L. (Storey, 1953 y Badillo, 2002). Esta especie presenta frutos comestibles con características comerciales, lo que hace que se cultive ampliamente para su consumo como fruta fresca y procesada industrialmente (Dantas *et al.*, 2002).

Es una planta semi leñosa que puede alcanzar de 8 a 10 metros de altura, es una dicotiledónea de tronco hueco y de madera carnosa. La corteza de la planta es lisa o ligeramente rugosa y de color parduzco; está siempre marcada por las cicatrices que dejan las hojas al caer, cuando se corta y se rasguña exuda un jugo lechoso claro (INIVIT, 2007).

En la parte apical se desarrollan constantemente nuevas hojas, y a medida que el tallo va creciendo, las hojas viejas maduran y caen, este fenómeno deja libre el espacio en que ha de desarrollarse el fruto. Las hojas son lisas, palmeadas y normalmente con siete lóbulos de color verde oscuro en el haz y verde claro en el envés. La planta posee flores masculinas, femeninas y hermafroditas en diferente pie, siendo importante reconocer algunas características propias de cada tipo de flor (INIVIT, 2007 e Infoagro, 2017).

El crecimiento comienza a detenerse luego de tres o cuatro años, las hojas y frutas disminuyen de tamaño y tienden a secarse, sin embargo, en condiciones favorables, la planta podría vivir entre 15 y 20 años. A nivel comercial no se recomienda tener la plantación más de dos años debido a que la planta adquiere una altura que dificulta las labores de cultivo, aumentan los problemas fitosanitarios y disminuye el rendimiento (INIVIT, 2007).

Los frutos son una baya de forma ovoide-oblonga, piriforme o casi cilíndrica, grande, carnosa, jugosa, ranurada longitudinalmente en su parte superior, tamaño de 10 - 25 cm o más de largo y 7-15 cm o más de diámetro, de color verde amarillento, amarillo o anaranjado amarillo cuando madura, de una celda, de color anaranjado o rojizo por dentro con numerosas semillas parietales, (INIVIT, 2007 e Infoagro, 2017). las semillas son de color negro, redondeadas u ovoides y encerradas en un arilo transparente, subácido; los cotiledones son ovoide-oblongos, aplanados y de color blanco (INIVIT, 2007).

Los frutos de acuerdo a la flor que le de origen toman diferentes formas, la forma elongata o cilíndrica producida por flores hermafroditas y la redonda producida por flores femeninas son las más comunes, los frutos redondos generalmente tienen desventajas en cuanto al mercado externo por tener una pulpa mucho más fina y un difícil embalaje con relación al destino de exportación. El contacto entre los frutos redondos se da únicamente en un solo punto, ocasionando un mayor grado de daño mecánico, mientras que los frutos alargados y periformes tienen una superficie de

contacto mayor y el daño es menor, evidenciando la necesidad de la selección en cuanto a este carácter (Fraife-Filho *et al.*, 2001).

2.1.3. Características del cultivar de papayo ‘Maradol Rojo’

Este cultivar fue obtenido por el fitomejorador cubano Adolfo Rodríguez Rivera y su denominación proviene del nombre de su creador “Adolfo” y su esposa “María”. La papaya ‘Maradol’ roja constituye un aporte a la fruticultura del país y de numerosas regiones del planeta (INIVIT, 2004). Es el cultivar cubano más difundido por toda la Isla; es una planta precoz de porte mediano, abundante follaje, entrenudos cortos comienza la producción entre el sexto y séptimo mes, puede mantenerse hasta 22 meses si se mantienen los controles de virosis (INIVIT, 2007).

La pulpa y cáscara son muy firmes, lo que hace a la fruta resistente al transporte, generalmente poseen forma alargada y tamaño mediano, lo cual facilita el empaque, el peso máximo del fruto puede ascender a 2.8 kg. Tienen muy buen sabor y alto contenido de azúcares. El tamaño de la cavidad central de la fruta es pequeño, sobre todo en frutos de las plantas hermafroditas. El pedúnculo es corto. Existen dos tipos de frutas respecto al color de la pulpa, la roja y la amarilla (INIVIT, 2004).

En el cultivar ‘Maradol roja, plantado a mediados de diciembre, la primera flor se emite a los tres meses, una semana después surge el primer fruto y cinco meses después se cosechan las primeras frutas para ser consumidas en fresco. Este ciclo tiende a acortarse algunos días si la plantación se realiza a principios de primavera (Castro *et al.*, 2000).

El creador del cultivar (Rodríguez, 2000) plantea rendimientos de hasta 300 t.ha⁻¹ en 20 a 22 meses siempre que se mantengan los niveles nutricionales y control fitosanitario que requiere el cultivar. Estudios realizados por un grupo de investigadores en Armería, España en cultivo de Papaya en invernadero plantean que la fecha de trasplante, que determina la fecha de entrada en producción y las condiciones ambientales que prevalecen durante la floración, desarrollo y

maduración del fruto, que afectan a la productividad y a la calidad de la cosecha, condicionando la rentabilidad (Hueso, 2017).

2.2. Requerimientos para la cosecha y causas de pérdidas

2.2.1. Requerimientos para la cosecha

El momento oportuno para la cosecha de un producto agrícola depende de su destino, en el caso de los frutos climatéricos es importante determinar el momento de cosecha que permita asegurar las características de calidad en el fruto maduro al final de la cadena de comercialización (Castro *et al.*, 2000) reportan que los frutos de papayo comienzan su proceso de maduración cuando han alcanzado entre 200 a 240 días después de establecida la plantación, mostrando cambio de color en la corteza de verde a verde claro con vetas de color amarillo, lo que se conoce como fruta rayona (Santamaría *et al.*, 2009).

Significativa importancia tiene la cosecha en la posterior aparición de las pudriciones; la realización de esta actividad en el momento adecuado contribuye a la calidad de la cosecha y a la vida de anaquel de los frutos. La calidad de la fruta se obtiene cuando la cosecha se realiza en un estado de madurez apropiado, lo que guarda una relación importante con la manera en que son manejados, transportados y comercializados los frutos, así como sobre su duración en almacén, su calidad organoléptica y el precio (Pantástico, 1986). Para dar un manejo adecuado a los frutos agrícolas desde su recolección, debe considerarse el hecho de que estos son estructuras vivas, que no mueren con la recolección, si no que siguen desarrollando los sistemas fisiológicos que operaban durante su etapa de crecimiento en la planta. (Marín *et al.*, 2016).

Se recomienda el aclareo o desfrute para evitar exceso de humedad que pueda favorecer el desarrollo de patógenos, así como para obtener frutos de mejor calidad para el comercio en fresco (Infoagro, 2003). Técnicas como el aclareo de flores y frutos pueden minimizar los problemas de malformaciones florales y optimizar el tamaño y la calidad de la fruta (Hueso, 2017).

2.2.2. Principales requisitos para ejecutar la cosecha

La cosecha debe realizarse en horas de la mañana para evitar quemaduras de sol y además los obreros deben vestir camisas de mangas largas, gorra o pañuelo y guantes engomados para evitar quemaduras de látex en la piel. Los frutos deben ser correctamente seleccionados de acuerdo al grado de madurez y demás parámetros que se requiera en función del destino final; deben ser envueltos en papel en el momento del desprendimiento del árbol para impedir daños en la corteza y quemaduras de látex, y con posterioridad se colocan en cajas, de preferencia plástica o con protección, evitando cualquier rozadura en la manipulación (Semillas del Caribe, 2003).

La operación de cosecha se facilita trabajando en pareja. Así, una de las personas se encarga de separar la fruta del árbol, entregándola al segundo operador quien se ocupa de acomodar adecuadamente la fruta en los recipientes de cosecha. La transportación debe realizarse lo mas rápidamente posible al centro de selección y empaque y en carros techados para protegerlos del sol e inclemencias del tiempo.

Debido a la fragilidad de la cáscara y del fruto en general, la papaya debe ser manejada con mucho cuidado para evitar cualquier daño físico. Los golpes, magulladuras, abrasiones y cortes, incrementan el ritmo de maduración y deterioro fisiológico y patológico del producto cosechado, desmereciendo su calidad comercial (Semillas del Caribe, 2003, Gajanana et al., 2010).

Para este tipo de producto se requiere el uso de envases que permitan el movimiento en el campo y garanticen la correcta colocación de los frutos teniendo en cuenta su facilidad de manejo, susceptibilidad al daño mecánico, necesidades de ventilación y el sistema de manejo de la caja (BANCOMEX, 1999). En todo caso, es preferible usar cajas de colores claros con buena ventilación, para evitar el sobrecalentamiento, se deben escoger cajas con fondos sólidos o ventilados teniendo en cuenta su alta susceptibilidad al daño mecánico (Fintrac, 2003).

2.2.3. Índices para el inicio de la cosecha

Los frutos climatéricos como la papaya que se consumen maduros requieren ser cosechados en el punto de su madurez biológico ya que los mismos deben acumular una cantidad de encimas, hormonas, aminoácidos, entre otros, que posibilitan su maduración aún separado de la planta, si se cosechan muy temprano esa acumulación no se completa y no estarán fisiológicamente preparado para la maduración (Zaens, 2004).

El color de la cáscara es la característica más utilizada para evaluar el estado de maduración de los frutos de papaya. Las recomendaciones para la cosecha se basan en el cambio del color verde oscuro a verde claro y la aparición de tonos amarillos en el extremo distal (Taylor y Tucker, 1993; Rodríguez, 2000; Kader, 2004). La comercialización se realiza desde el estado de rompimiento del color verde, mientras que el consumo se recomienda cuando la cáscara de los frutos presenta 75% o más de color amarillo (Semillas del Caribe, 2003 y Zhou *et al.*, 2004).

Santamaría *et al.* (2009) sugieren que de acuerdo a estudios realizados en papaya maradol los primeros cambios del color se dan como resultado de un incremento del color amarillo y no por la pérdida de color verde. Los frutos de papaya maradol inicialmente son verde amarillento y cambian al anaranjado–amarillo en los estados de madurez de consumo.

A medida que se incrementa el estado de madurez en los frutos, se presenta un aumento en los sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix). Este comportamiento se explica por la hidrólisis de los diversos polisacáridos estructurales como el almidón y las pectinas de la pared celular, hasta sus componentes monoméricos básicos, por lo cual se acumulan azúcares, principalmente glucosa, fructosa y sacarosa que son los constituyentes principales de los sólidos solubles. El mayor aumento en azúcares ocurre cuando el fruto empieza a tornarse amarillo acelerándose la síntesis de estos compuestos hasta alcanzar la coloración naranja, resultados que coinciden con lo reportado por Sañudo (2008) y Marín *et al.* (2016).

Borges de Olivera *et al.* (2002) realizaron estudio sobre la maduración de frutos de papayo, manejando cinco estadios en función del color de la corteza, considerando que los estados entre dos y cinco son medidas físicas objetivas para evaluar el grado de madurez de los frutos; criterios similares han sido expuestos por Kader (2002) quien además considera que las papayas cosechadas de $\frac{1}{4}$ a completamente amarillas, tiene mejor sabor que aquellas cosechadas en estado verde (maduro) a un $\frac{1}{4}$ amarillas, dado que el dulzor no aumenta después de la cosecha.

Los frutos del cultivar 'Maradol' deben cosecharse cuando hayan alcanzado al menos una raya del cambio de color en la corteza, pues los frutos cosechados en etapas avanzadas de su madurez reducen considerablemente su vida anaquel (Rodríguez, 2000). Es crucial que la fruta haya alcanzado su madurez fisiológica en la planta para que pueda continuar con un proceso normal de maduración fuera de ella, de lo contrario la papaya no alcanzará una maduración total. Si esta fruta se cosecha demasiado madura, se incrementa su sensibilidad durante el manejo y comercialización (Anónimo, 2001).

Algunos autores realizan simultáneamente otras evaluaciones a los frutos para definir su estado de maduración, como: medición de pH, Brix° y firmeza (Santamaría *et al.*, 2009). En México Fonseca (1993) realizó estudios para determinar el momento de cosecha a partir de la evolución del color de la corteza, estableciendo siete estados de madurez, estos refieren la importancia de la determinación correcta de la madurez para cada cultivo y especie para obtener una calidad sensorial superior en la poscosecha.

Según Bleinrotch (1995) citado por Santamaría *et al.* (2009) la papaya madura uniformemente y alcanza calidad superior cuando su coloración externa cambia del verde oscuro al verde claro, con una o dos estrías amarillas. Estudios realizados por Saavedra (2009) para determinar momento de cosecha según el comportamiento del etileno en condiciones de almacenamiento, establece cuatro estadios de acuerdo al color de la corteza en el momento de la cosecha, y considera que los frutos cosechados en los estadios dos y tres alcanza índices sensoriales superiores

fundamentalmente en cuanto a sabor y apariencia, que los frutos cosechados en los primeros estadios de maduración que presentaron menor calidad.

El sabor del fruto del papayo llega a su mejor punto cuando la cáscara ha alcanzado el 80% de coloración amarilla – naranja, punto en el que la fruta debe haber llegado al consumidor final con 25, 50 y 75% de maduración (Anónimo, 2001).

2.3. Alteraciones fisiológicas en el papayo

2.3.1. Exudación de látex

Dentro de las afectaciones que sufren los frutos mas frecuentemente se encuentran la exudación de látex, lo que puede ocurrir en la plantación y durante la poscosecha, investigaciones realizadas en este sentido plantean que la deficiencia de Boro provoca la exudación de látex por el fruto, siendo considerado el más importante para el cultivo del papayo y es fundamental para mantener la calidad de los mismos, la exudación de látex por el fruto puede ocurrir también por un desbalance entre K, Mg y Ca, cuando existen relaciones altas de Ca/K y Mg/K (INIVIT, 2008).

El Boro es el micro nutriente más importante para el cultivo del papayo y es fundamental para mantener la calidad del fruto; su deficiencia provoca la exudación de látex por el fruto, paralización del crecimiento del fruto y puede también alterar el sistema vascular (sistema vascular oscuro). La carencia de Boro provoca además deformación de frutos con abollamientos o tumores y brotación de látex (Portales y Ruiz, 2000; Castro *et al.*, 2000).

2.3.2. Daños de manipulación

Este tipo de daño se manifiesta por una mancha de en forma de "islas verdes" (áreas de la cáscara que permanecen verdes y hundidas cuando el fruto está completamente maduro) y una deshidratación acelerada. Los daños por abrasión y picaduras son más importantes que el daño por impacto en papayas (Kader, 2002). Estas frutas son muy sensibles al mal manejo, y si el tratamiento y las técnicas de cosecha empleadas son inadecuadas se producen altas pérdidas después de la cosecha (Rodríguez, 2000).

Los daños mecánicos producen afectaciones irreparables en los frutos de papaya ya que ellos presentan una vida útil muy corta. En estudios realizados por Godoy (2008) se plantea que en los frutos se activan una serie de respuestas fisiológicas y bioquímicas, como el aumento de la actividad respiratoria, pérdida de agua con la consiguiente disminución de la materia seca, producción de etileno, desordenes relativos a la división celular, que en general vuelven los frutos más susceptibles, reduciendo su vida poscosecha (Thangara, 2010).

El daño por impacto ocurre a través de todo el proceso de cosecha, poscosecha, almacenaje, transportación y distribución de los frutos y es considerado como una de las afectaciones más importantes que afectan los frutos (Ruiz, 1991).

2.4. Principales alteraciones patológicas poscosecha en el papayo

2.4.1. Pudriciones por *Colletotrichum* spp

Los frutos de papaya por ser un cultivar del grupo de los climatéricos son muy perecederos y susceptibles al ataque de microorganismos, por lo que se requiere de los productores y comercializadores la mayor capacitación técnica para minimizar las afectaciones fitopatógenas que puedan presentarse.

La antracnosis causada por *Colletotrichum gloesporioides* (Penz) Sacc. y *Colletotrichum capsici* (Syd) Bilt & Bisby es una de las principales causas de pérdidas en poscosecha. Las infecciones latentes en papayas inmaduras se desarrollan mientras la fruta madura y las lesiones aparecen como pequeñas manchas superficiales café e infiltradas, que pueden crecer hasta 2,5 cm o más de diámetro (Kader, 2002). Es considerada por Marín *et al* (2016) como la principal enfermedad poscosecha de papaya (*Carica papaya* L.) siendo limitante en países productores como Hawái, México, y en muchas más regiones tropicales.

En los frutos las infecciones comienzan en el campo en las etapas tempranas del desarrollo del mismo, pero el patógeno permanece inactivo hasta que el fruto comienza a madurar y una enzima cutinolítica extracelular es producida por el hongo facilitando su entrada a la fruta verde sin heridas. La enfermedad latente empieza

con manchas acuosas en forma de anillos concéntricos hundidos formando depresiones que afectan al fruto. La dispersión de la enfermedad se produce a través del viento y el agua y la infección es más intensa en condiciones de alta humedad y temperatura (INIVIT, 2008; Zavala *et al.*, 2005). Autores costarricenses describen la enfermedad poscosecha como la más importante en papaya. A pesar de que los síntomas se expresan en fruta madura luego de ser cosechada, la infección se produce en fruta verde en campo y se mantiene latente durante los meses que permanece en la planta. Presenta diferentes tipos de síntomas, entre los que están lesiones redondas, hundidas con masas color anaranjado, que corresponden a las esporas del hongo También se refieren a las lesión llamada “mancha chocolate”, la cual es de color café claro, por lo general se da en grupos, inicialmente es menos hundida que la primera lesión descrita, pero ya avanzada, puede presentar hundimientos en los bordes. Las lesiones por antracnosis pueden unirse y deteriorar grandes zonas de la papaya, las que luego pueden ser invadidas por otros hongos saprófitos (Bogtantes *et al.*, 2012)

En Cuba tres especies de *Colletotrichum* han sido asociadas a las manchas en frutos tipo antracnosis: *Colletotrichum gloesporioides* (Penz) Sacc., *Colletotrichum capsici* (Syd) Bilt & Bisby y *Colletotrichum acutatum* Simmonds (Pérez y González, 2007, Rojo- Baez, 2017) quienes consideran que esta es una enfermedad que proviene del campo, que constituye la de mayor impacto económico en las regiones tropicales y subtropicales.

Pérez (1999) y Páez (2003) consideran que las pérdidas por hongos *Colletotrichum* oscilan entre el cinco y el 30 %, y refieren la incidencia de los daños en poscosecha como consecuencia de infecciones latentes que hacen de la enfermedad una verdadera amenaza para la competitividad de los sistemas productivos.

El manejo de esta enfermedad se ha basado fundamentalmente en aplicaciones frecuentes de fungicidas, en las etapas de floración y fructificación, con resultados poco satisfactorios y la contaminación del ecosistema. Investigaciones recientes han estado encaminadas al empleo de nuevas técnicas de control, que incluyen el

manejo integrado del proceso productivo con miras a reducir el potencial de inóculo o reprimir la infección cuando ésta se ha iniciado (Páez, 2003).

Este autor considera como causas fundamentales de la presencia de la enfermedad:

- Alta presión de enfermedad en el campo.
- Una mala selección de frutos favoreciendo la entrada de frutos enfermos en las cajas u otro tipo de empaque.
- Presencia de infecciones quiescentes o latentes provenientes del campo, que sólo se hacen evidentes cuando los frutos maduran y bajo condiciones de humedad y altas temperaturas de almacenamiento.

Sugiere como recomendación más importante para evitar problemas en poscosecha, realizar un manejo eficiente en campo, y para un mayor control de la Antracnosis en poscosecha tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Evitar que los frutos se golpeen durante la recolección.
- Los frutos cosechados deben ponerse en un lugar sombreado y dejarlos un período de tiempo que facilite la pérdida de humedad presente en su superficie.
- El transporte a la planta empacadora o acopiadora se debe hacer en cajas u otros utensilios, que eviten los golpes y magulladuras.
- Hacer selección de frutos, descartando los manchados, magullados, golpeados y pasados de madurez.

2.4.2. Pudriciones por *Rhizopus stolonifer* (Ethreb.:Fr)

La pudrición blanda del fruto es una enfermedad común de la papaya, que se desarrolla durante el almacenamiento y transportación, consiste en una pudrición acuosa que causa un colapso rápido de la fruta entera pero que deja la cutícula intacta. El hongo puede crecer afuera sin ninguna rajadura de la cutícula y dispersarse a otros frutos adyacentes pudiendo destruir los frutos de una caja en unos pocos días. Los frutos se cubren de fructificaciones del hongo y hay infecciones secundarias de bacterias tomando un olor ácido (Pérez, 1999).

2.4.3. Pudriciones por *Phomopsis* sp.

La pudrición húmeda del fruto causada por el hongo *Phomopsis* sp., es semejante en sus inicio a la de *Rhizopus*, ocurre fundamentalmente como una pudrición de la base pero puede afectar cualquier parte del fruto, la parte enferma es ligeramente deprimida, suave y translúcida, el hongo crece rápidamente causando una expansión rápida de las lesiones que se extienden dentro de la cavidad, el tejido infectado es suave, húmedo pero ha diferencia del afectado por *Rhizopus* no exuda líquido, bajo alta humedad se cubre de micelios (Pérez, 1999). Infoagro (2017) coincide con el autor *Phomopsis caricae-papayae* afecta al fruto volviendo la piel de color negro y ablandándola.

Kader (2002) plantea que la pudrición causada por *Phomopsis caricae -papayae*, comienza en el extremo del pedicelo o en alguna herida en la cáscara, y puede desarrollarse rápidamente en frutos maduros; el tejido invadido se vuelve blando y se oscurece levemente.

2.4.4. Pudriciones por *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.)

Este patógeno produce pudrición de la superficie y base de los frutos, se encuentra bien distribuido en los trópicos y subtrópicos, causando numerosas enfermedades, pero especialmente pudriciones de frutos durante el almacenamiento, aunque las pudriciones de poscosecha son las más comunes, los frutos jóvenes en el campo también pueden infestarse presumiblemente por heridas, es un organismo de crecimiento rápido y frecuentemente llega a momificar todo el fruto (Pérez, 1999).

2.4.5. Pudriciones por *Fusarium* spp

Hay diferentes especies de *Fusarium* asociadas a las pudriciones de frutos de papaya (*F. equiseti*, *F. oxysporum*) pero mas frecuente es el *Fusarium solani* (Mar) Sacc. Este es un patógeno débil que requiere de algún factor de predisposición para establecerse, es a veces un invasor secundario en infecciones de Antracnosis, las lesiones son pequeñas y deprimidas y están cubiertas de un micelio blanco que puede verse tanto en la superficie como en la base del fruto, en ocasiones el hongo

coloniza el interior del fruto debido a un cierre imperfecto de los carpelos durante su desarrollo (Pérez, 1999).

2.4.6. Pudrición por *Alternaria alternata* (Fr. Fr) Keissl

La mancha del fruto por *Alternaria* es una de las más importantes enfermedades de los frutos de papaya, las machas son circulares a ovales, deprimidas, que se tornan negras como resultado de la esporulación del patógeno, están circunscriptas a la superficie del fruto y no causan una pudrición extensa de la carne del mismo, aunque pueden llegar a cubrir la superficie completa del fruto. Esta es restricta a ambientes secos, los frutos mantenidos a temperatura ambiente raramente desarrollan la infección (Nishijima, 1994a; Kader, 2002).

2.4.7. Pudrición por *Cladosporium herbarum*

Causa una pudrición seca y un tizón interno (falso carbón) del fruto, las lesiones son deprimidas y se cubren de un micelio oscuro del patógeno. En el interior del fruto el hongo coloniza el mucílago alrededor de la semilla, oscureciéndolo, arrugándolo y secándolo, la cavidad entera es usualmente colonizada y la carne adyacente es también colonizada, el tejido enfermo es primeramente translúcido y posteriormente negro y firme. Los frutos enfermos maduran prematuramente y los cosechadores lo identifican fácilmente (Pérez, 1999).

2.4.8. Pudrición por *Penicillium* sp.

Los frutos infectados tienen un hueco pequeño con un halo verde claro, podredumbre suave, olor fermentado, micelio gris verdoso azulado; puede haber destrucción de las semillas y tejidos cercanos por masas de esporas del hongo ocupando la cavidad interna del fruto (Pérez, 1999).

2.5. Control de enfermedades poscosecha en frutos de papayo

2.5.1. Empleo de métodos físicos (Tratamiento térmico)

Una de las principales causas de pérdidas pre y poscosecha de esta fruta se atribuye a la alta incidencia de antracnosis. Aunque se trata de una enfermedad que se

genera en el campo, es necesario que se apliquen en poscosecha tratamientos que reduzcan la severidad e incidencia de esta enfermedad y las consecuentes pérdidas en calidad y cantidad de frutos.

El tratamiento térmico es uno de los métodos de control de enfermedades disponibles y ofrece la ventaja de que no deja residuos, pero entre los problemas que generan se encuentran aquellos que por un lado, no ejercen el control deseado en la incidencia de la enfermedad y por otro, se produce un aceleramiento del proceso de maduración.

Lurie (1998) y Chávez (1996) citado por Bustamante (2000) señalan que los frutos bajo estos tratamientos disminuyen la firmeza con mayor rapidez con la consecuente reducción de vida útil del producto. Esto se acentúa fundamentalmente cuando en la aplicación del hidrocalentamiento no se tienen en cuenta las condiciones de temperatura y/o tiempos de exposición, que dependen del cultivar, estado de madurez y tamaño del fruto.

Se sabe que el hidrocalentamiento a 48°C durante 20 minutos reduce la antracnosis y particularmente infecciones por *Rhizopus* resultando en una disminución significativa en los costos (Alvarez y Nishijima, 1987; Ploetz *et al.*, 1997). En un estudio realizado por Bustamante (2000), los frutos presentaron manchas hundidas y necrosadas reportadas en la bibliografía como manchas causadas por *Guignardia* (Ploetz *et al.*, 1997).

Esto pudo deberse a que el enfriamiento que se llevo a cabo después del hidrocalentamiento, fue de corta duración y con agua recirculada, de tal manera que se favoreció el desarrollo fúngico (Alvarez y Nishijima, 1987). El tiempo recomendado para el enfriamiento es de 20 minutos en agua corriente después del hidrocalentamiento para el control de hongos (INIFAP, 1997).

Páez (2003) recomienda la alternativa del uso de tratamiento hidrotérmico sumergiendo los frutos en agua caliente a 52°C por tres a 15 minutos, pudiendo agregar al agua cualquier fungicida autorizado, además de que en algunos países en

que se hace el tratamiento de shock térmico; los frutos seleccionados se ponen en agua fría (4°C) por 15 a 30 minutos y luego se hace la inmersión en agua caliente. Trabajos realizados por Martínez y González (2006) le permitieron proponer una tecnología para tratamiento hidrotérmico fundamentalmente para el control de mosca frutera para lo que recomiendan el uso de agua caliente en muchas operaciones de empaque de papaya. Las frutas se colocan en canastas de malla y se sumergen durante 20 minutos en agua a 46-50 °C con circulación vigorosa. Hay que hacer notar que el agua se puede enfriar al ingresar la fruta, por lo que se debe tener un sistema de calefacción permanente en los tanques de inmersión. Otro tratamiento que se ha probado es uno llamado “de doble inmersión”, en el cual las frutas son tratadas en agua caliente a 42 °C durante 40 minutos y luego son sumergidas en agua a 49 °C durante otros 20 minutos.

Bogantes *et al.* (2012) consideran que el tratamiento de inmersión de la fruta en agua caliente a 49 °C durante 10 minutos, produce una reducción importante de la antracnosis por lo que se presenta como una buena alternativa para el control de esta enfermedad, Otra medida poscosecha de control de antracnosis es el tratamiento térmico, en el que los frutos se sumergen en agua caliente 49°C por un tiempo de 10 minutos, o también realizar un choque térmico introduciendo la fruta en agua fría 4°C por cinco minutos y enseguida sumergirla en agua caliente.

2.5.2. Empleo de métodos químicos (Tratamiento fungicida)

El método químico se basa en la aplicación de sustancias con poder fungicida, que provocan la muerte del hongo, produciendo un efecto irreversible durante su crecimiento y/o formación de las fases reproductivas, aplicadas en forma de emulsiones y suspensiones. Es importante resaltar que a la hora de seleccionar un fungicida para la poscosecha se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: espectro de actividad, toxicidad, capacidad de penetrar en los tejidos del hospedero (sistematicidad), propiedades curativas, tolerancias permitidas, compatibilidad con otras prácticas y dosis aplicadas (Bustamante, 2000).

Pérez y González (2007) recomiendan aplicaciones de TBZ (250- 400 mg.L⁻¹) para minimizar problemas de contaminación pasando las frutas por un tratamiento de lavado y desinfectado en tres contenedores; uno que contenga agua sola, con jabón, o con cloro al 1% donde la fruta se limpia con una esponja, otro con agua para enjuagar y un tercero que contenga un fungicida autorizado.

Zavala *et al.* (2005) realizaron pruebas de sensibilidad del *C. gloeosporioides* a diferentes fungicidas organosintéticos en los que obtuvo que el Imazalil con dosis de 450 mg.L⁻¹ presentó la menor severidad de la enfermedad (8,1%), seguido por los tratados con Azoxystrobin a dosis de 500 mg.L⁻¹ con 13.9 % de severidad, y el mejor resultado fue para el Prochloraz con solo un 1,7 %.

Bogantes *et al.* (2012), propone en estudios realizados que las frutas deben llevarse a la empacadora donde se realiza la descarga de las cajas en una zona protegida del sol. Luego de esto, se procede a la selección y posterior lavado, el cual se puede realizar en agua clorada a una dosis de 50 ppm. Si el mercado de destino lo permite, la fruta se sumerge en agua con procloraz a una dosis de 0,5 cc.L durante 1 minuto.

Páez (2003) quien también considera la Antracnosis como la principal limitante de la productividad de especies frutales, recomienda para obtener mejores resultados durante el acondicionamiento, hacer el lavado de los frutos adicionando al agua un producto desinfectante como hipoclorito de sodio al 2%, efectuando aplicaciones de Thiabendazol en dosis de 500 a 700 mg.L⁻¹ u otro fungicida aceptado, aunque considera que el manejo de la Antracnosis debe ser integral para lograr reducir el impacto de la enfermedad y obtener producciones competitivas.

Las estrategias de control de estas enfermedades son un manejo cuidadoso para reducir los daños mecánicos, refrigerar el producto lo antes posibles, aplicar fungicidas como tiabendazol y sumergir los frutos en agua caliente a 49°C durante 20 minutos (Infoagro, 2017)

2.6. Proceso de maduración de los frutos y su manipulación

2.6.1. Aspectos generales sobre el proceso de maduración

Uno de los principales problemas en el manejo poscosecha del papayo es el control de su maduración y el almacenamiento, en especial del cultivar 'Maradol', que por sus características de sabor, apariencia, textura y lenta maduración, se ha convertido en el preferido de los consumidores, comerciantes y productores. El proceso de maduración de los frutos de papayo sigue un patrón característico de frutos climatéricos y se caracteriza por la producción autocatalítica de etileno y un incremento acelerado de la tasa respiratoria, que coincide con el inicio de los cambios de color, composición, aroma, ablandamiento, aumento de la relación azúcar- ácido (Lurie, 1998 y Zaens, 2004).

Los frutos climatéricos almacenan reservas en formas de almidones o grasas, que al ocurrir la maduración se descomponen por la acción de enzimas amilolíticas dando lugar a azúcares simples (fructosa, glucosa, dextrosa, sacarosa, monosa) que son fácilmente degradables a través del ciclo de Krebs o ciclo respiratorio (Zaens, 2004).

La mayoría de los frutos tropicales tienen un patrón respiratorio del tipo climatérico como ocurre con el mango, guayabo, aguacate y papaya, por lo que presentan un incremento marcado de su tasa respiratoria, acompañado de grandes cambios bioquímicos, que aceleran los procesos de maduración poscosecha y los conduce al estado de senescencia, con una vida de anaquel corta y son en extremo perecederos. En consecuencia resulta más difícil lograr una vida de anaquel prolongada en este tipo de frutos y se hace necesario el empleo de tecnologías poscosecha más complejas para obtener resultados exitosos (Castro-López, 2009).

Srinu *et al.* (2017) realizaron un experimento para estudiar el efecto de diferentes tratamientos poscosecha en la calidad y vida útil de la papaya. Se estudiaron once tratamientos poscosecha: GA3 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, CaCl₂ 1,0%, 2,0%, 3,0%, 4,0% de emulsión de cera, 5,0% de emulsión de cera, BA 150 ppm, BA 250 ppm y control. Cocluyendo que los parámetros físicos y de calidad de las frutas se

vieron significativamente influenciados por los diversos tratamientos poscosecha, tanto en lo que tiene que ver con parámetros vinculados a la calidad como a la vida útil, se registró una mayor firmeza de la fruta, menor deterioro, TSS máximo y mayor vida de almacenamiento en fruta tratada con CaCl_2 3,0% en comparación con otros tratamientos.

2.6.2. Maduración acelerada de frutos tropicales

La maduración acelerada mediante la aplicación de etileno exógeno es una práctica cada día más utilizada, donde se aprovechan las características de los frutos climatéricos para alcanzar una maduración rápida y mayor disponibilidad de frutos maduros, la aplicación entre 24 y 48 horas de etileno en forma de gas y luego colocar los frutos en reposo para que ocurran los procesos de ablandamiento de la pulpa, cambio de color de la corteza de verde a amarillo y los procesos bioquímicos internos propios de los frutos climatéricos es el método más frecuentemente utilizado (Vela 2002 y De la Cruz *et al.*, 2007).

La exposición de frutos al etileno a 100 mg.L^{-1} , temperatura de 20 a 25°C y humedad relativa de 90 a 95 %, durante 24 a 48 horas resulta en una maduración más rápida y uniforme (Kader, 2002). La papaya responde a la aplicación de etileno. Si se expone a una atmósfera con 100ppm de este gas, entre 20 y 25°C y con una humedad del 90-95% durante 24-48 horas la maduración es más rápida y más uniforme (Infoagro, 2017)

El etileno regula los cambios en la composición de diferentes estructuras durante la maduración del fruto, como disminución del contenido de clorofila (Miranda *et al.*, 2002), incremento de carotenoides, liberación de volátiles e hidrólisis de pectinas y hemicelulosas (Paull *et al.*, 1997).

El ablandamiento del fruto de papaya derivado de la acción de hidrolasas inducidas por el etileno, es un factor de calidad difícil de controlar durante la poscosecha, (Souza, 1998). Este ablandamiento del endocarpio hacia la epidermis ocurre con falta de uniformidad, y restringe la comercialización a corto plazo, por lo que los

frutos solo se exponen al etileno exógeno para uniformar la maduración, aunque ello acorte su vida útil (Paull *et al.*, 1997).

La aplicación del etileno resulta beneficioso al lograr una maduración homogénea y atractiva para el consumidor, la conservación de los frutos con temperatura regulada, garantiza una mayor vida de anaquel y mejor cobertura de comercialización (De la Cruz *et al.*, 2007). Con este procedimiento se disminuyen los costos por manipulación y almacenamiento, y se promueve maduración más homogénea bajo condiciones ya determinadas para papaya 'Maradol' como es la exposición al etileno a 500 mg.L⁻¹, durante 24 horas (Vela, 2002 y De la Cruz *et al.*, 2007).

2.7. Conservación y calidad poscosecha de los frutos de papaya

2.7.1. Condiciones para el almacenamiento de los frutos

La conservación refrigerada de los frutos es una técnica muy utilizada para alargar la vida anaquel y disminuir los niveles de contaminación por hongos, la respuesta de los frutos al almacenamiento refrigerado depende en gran medida de su estado de madurez antes de ser refrigerados, de manera que se recomienden diferentes temperaturas en función del grado de madurez de los frutos.

La temperatura y humedad relativa son los factores ambientales que más intensamente afectan el inicio y progreso de enfermedades poscosecha, pues además del efecto directo, la oscilación de esas variables causa grandes pérdidas de agua en los frutos, en forma de agua libre, que constituyen condiciones propicias para la germinación de esporas fúngicas y su penetración en los frutos (Award, 1993 citado por Silva *et al.*, 2002).

Infoagro (2003) recomienda temperaturas de almacenamiento de los frutos de papaya que van desde 10°C a 12°C. lo que coincide con lo recomendado por Rodríguez (2000) quien plantea que los frutos cosechados con una raya de coloración en la corteza, si se almacenan a esta temperatura pueden conservarse por 14 a 21 días siempre que se controle la incidencia de enfermedades fúngicas.

Por su parte Infoagro (2017) considera las condiciones óptimas de conservación de la papaya varían según el estado de madurez en que se cosechen. Si se cogen verdes o con un cuarto de su superficie de color amarillo se deben mantener a 13°C. Si están parcialmente maduras (entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ de su superficie de color amarillo), la temperatura debe bajarse a 10°C. Si están maduras (más de la mitad de la piel amarilla) la temperatura óptima es de 7°C. La humedad relativa óptima en todos los casos es del 90-95% (Shakila y Anburani, 2010).

Páez (2003) señala que el almacenamiento refrigerado permite inhibir infecciones latentes procedentes de campo y en papaya se encontró que a 17°C hay una mayor duración de la vida útil de los frutos, con niveles de Antracnosis inferiores al 5% en incidencia y severidad.

De la Cruz *et al.* (2007) determinó que los frutos de papaya Maradol en conservación refrigerada con y sin maduración acelerada, respondieron mejor a la conservación, cuando fueron pretratados con etileno durante 24, 48 y 72 horas de maduración a 25°C y fueron refrigerados a 6°C, manteniendo una vida de anaquel hasta de 11 días bajo refrigeración. Los frutos presentaron un mejor desarrollo de color y un ablandamiento rápido de la pulpa, determinado por la firmeza del fruto y el mayor contenido de sólidos solubles.

Shakila y Anburani (2010) estudió el comportamiento de los frutos sometidos a cuatro regímenes de conservación refrigerada y al ambiente, los frutos mantenidos a 5 y 10°C presentaron daños por frío al cabo de los 10 y 15 días respectivamente, mientras que los frutos a temperatura de 15°C y 25°C presentaron daños por frío después de los 20 días de conservación.

Los frutos conservados a 15°C y 25°C mostraron un normal desarrollo del color a los cinco y siete días respectivamente, estos resultados coinciden con criterios de (Paull *et al.*, 1997) quien considera que el almacenamiento de los frutos por tiempo prolongado a 10°C provoca serios daños fisiológicos. La humedad relativa en el almacenamiento de estos frutos debe ser tan alta como sea posible para prevenir

pérdidas de peso que resultan inaceptables, sin causar daño a los contenedores (Kawada y Hale, 1980, citados por Castro *et al.*, 2000).

La papaya debe almacenarse refrigerada para alargar su vida de comercialización, transporte y consumo. La fruta puede conservarse de una a tres semanas a 7° - 13°C y 85-90% de humedad relativa dependiendo del grado de maduración. La papaya es susceptible al daño por enfriamiento por lo cual no debe almacenarse a menos de 7°C, la fruta 100 % madura es más resistente al frío que la parcialmente madura. La temperatura para maduración organoléptica es de 21-27°C (Arredondo, 2014).

2.7.2. Calidad de los frutos de papayo para la comercialización.

La calidad interna de los frutos es muy utilizada para evaluar si los frutos cumplen con los parámetros establecidos por los clientes, siendo los de mayor frecuencia, los sólidos solubles totales, la acidez, firmeza del fruto, color y características organolépticas. Los azúcares representan la mayor cantidad de sólidos solubles en los frutos, aunque en ellos se incluyen ácidos, aminoácidos, compuestos fenólicos y péctinas solubles que contribuyen también al contenido de sólidos (Zaens, 2004).

Santamaría *et al.* (2009) plantea que los azúcares van en aumento en los frutos recién formados hasta que alcanzan la madurez de consumo (estados cinco y seis). En un análisis realizado por De la Cruz *et al.* (2007) a frutos de papayo madurados con tratamiento de etileno, no encontró diferencias significativas en ninguno de los parámetros de calidad interna.

La madurez de consumo de los frutos de papaya Maradol se alcanza entre los 13 y 15 días después de la cosecha en condiciones de almacenamiento a 23 ± 1 °C y 75% de humedad relativa. El contenido de sólidos llega a valores de 10 – 11,5 °Brix, y la firmeza de la pulpa de 4,7 a 6,9 kgF; estas características se proponen como índices objetivos para describir la madurez de consumo de este cultivar de papayo (Santamaría *et al.*, 2009). Es fundamental mencionar que la calidad de la papaya, así como la de cualquier otro producto agrícola fresco, se produce en el campo; a nivel de poscosecha, lo más que se puede lograr es mantener dicha calidad. Lo anterior

significa que es imposible que una fruta que llega del campo con daños y mala apariencia mejore sus características por la sola aplicación de tratamientos en poscosecha (Bogantes *et al.*, 2012)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del trabajo y material vegetal.

El trabajo se desarrolló en la Unidad de Mercadotecnia y Ventas de la Empresa Cítrica “Victoria de Girón”, ubicada en el municipio Jagüey Grande, provincia de Matanzas, Cuba, que se localiza entre los 22°41’55,73N - 22°30’46,77 de latitud norte y los 80°42’53,61W - 81°51’23,44 de longitud oeste, y altitud de 3-25 msnm. En esta región la temperatura media mensual más baja (14,4 °C) ocurre en enero y la más cálida (33,4 °C) en julio. Los meses más secos se encuentran entre diciembre-febrero, y los mas lluviosos entre mayo-octubre, con una precipitación media anual de 1 494 mm y humedad relativa media de 80 % (Aranguren, 2009).

Se utilizaron frutos de papayo (*Carica papaya* Lin.) cv. Maradol Rojo, provenientes de las diferentes plantaciones comerciales que se cosecharon con destino a la venta en el 2016. Los frutos se cosecharon en el horario de la mañana, se protegieron de forma individual con papel y se colocaron en cajas plásticas para su traslado al centro de acondicionamiento (Figura 1), donde se sometieron a los diferentes tratamientos en estudio y se empacaron en las cajas telescópicas de cartón utilizadas para su traslado al mercado.



Figura 1. Línea de acondicionamiento para el beneficio de los frutos de papayo.

3.2. Daños detectados sobre frutos de papayo durante la poscosecha

3.2.1. Tendencias del aprovechamiento de los frutos durante la cosecha

El aprovechamiento de los frutos de papayo cosechados en las plantaciones de la empresa en el 2016, se determinó en el beneficio en función del total de frutas entradas y las salidas para la comercialización.

3.2.2. Alteraciones identificadas sobre los frutos en el preacondicionamiento

Las evaluaciones de las causas de las pérdidas en el preacondicionamiento, se realizaron en muestras de 25 frutos por cada camión al arribo en el área de recepción durante todos los meses, se identificaron y cuantificaron los principales daños que afectaron la calidad externa de los frutos procedentes de las seis unidades de producción. Los daños observados se muestran en la figura 2.



Figura 2. Defectos identificados en los frutos en la etapa de preacondicionamiento.

3.2.3. Pudriciones identificadas sobre los frutos durante la poscosecha.

Se recolectaron 25 frutos de papaya cv. Maradol de una plantación con 11 meses de edad, los que fueron lavados con eter lauril sulfonato de sodio (0,01%), secados a temperatura ambiente, empacados en cajas de cartón corrugado y se almacenaron durante cinco días a $27 \pm 1^\circ\text{C}$ y HR 85-90%. Se tomaron muestras de frutos con síntomas de pudrición que se describieron teniendo en cuenta la forma, borde, tamaño, color, textura y centro de las lesiones.

Para la identificación de su agente causal los frutos enfermos se lavaron con agua destilada y se desinfectaron con hipoclorito de sodio 1% por tres minutos y se enjuagaron con agua destilada estéril para eliminar el exceso. Se realizaron cortes

de la zona de avance de las lesiones y estos fueron sembrados en medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA). Las placas fueron incubadas a temperatura de $27 \pm 1^\circ\text{C}$ por siete días para su posterior identificación del patógeno presente.

Se inocularon frutos con suspensiones de conidios, en algunos casos sobre heridas superficiales efectuadas en la corteza y se colocaron en cámara húmeda hasta el desarrollo de los síntomas característicos de cada enfermedad. Los hongos fueron identificados por sus características morfológicas y culturales.

La incidencia por enfermedades en los frutos de papaya se determinó por el porcentaje de frutos afectados. Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado con tres repeticiones (15 frutos x repetición). Los datos se analizaron en un ANOVA de Clasificación Simple y se transformaron con la función matemática $\arcsen \sqrt{\%}$. Las comparaciones entre las medias se realizaron por Tuckey ($p \leq 0,05$).

Estudios realizados por Rojo Báenz *et al.* 2017, para inducir el proceso de infección de *C. truncatum* en frutos de papaya var. Maradol bajo condiciones controladas y describir el progreso de la enfermedad mediante herramientas histopatológicas y microscopía óptica y así elucidar el ciclo de vida del patógeno; indicó que la penetración directa es por la cutícula por los apresorios alrededor de las 30 h después de inoculación. Las hifas intramurales crecieron en las paredes celulares de células epidérmicas a las 30-48 hdi; la colonización necrotrófica inició a las 72 hdi; hifas intracelulares crecieron dentro de células de parénquima causando una extensiva degradación celular lo cual se asocia a la producción de lesiones típicas de antracnosis. El rompimiento de la cutícula del hospedero ocurrió entre las 96-148 hdi. El ciclo de vida del patógeno se completó a las 96 h con formación de acérvulos.

3.3. Influencia del tratamiento de maduración con etileno sobre los frutos

3.3.1. Influencia del etileno en los cambios de coloración

Para determinar el efecto del tratamiento de maduración con etileno en los cambios de coloración, se recolectaron frutos de papaya en cajas plásticas con grados de madurez entre una y cinco rayas, que se trasladaron a la planta de

acondicionamiento. Los frutos fueron seleccionados, lavados con una solución de detergente (0,01%), enjuagados con agua y cloro al 0.1% y tratados con Imazalil a 400 mg.L^{-1} ; se secaron con ventilación a temperatura ambiente y se sometieron al tratamiento con etileno gaseoso a una concentración de 100 mg.L^{-1} en cámaras de maduración con una capacidad total de $481,8 \text{ m}^3$.

Los tratamientos fueron diferentes tiempos de exposición al etileno (8, 16 y 24 horas) y las evaluaciones se realizaron a las 24, 72, 120 horas del almacenamiento a temperatura de $27 \pm 2^\circ\text{C}$. Los cambios de coloración externo de los frutos de cada tratamiento, se evaluaron de forma visual con una escala de cinco grados (Figura 3).

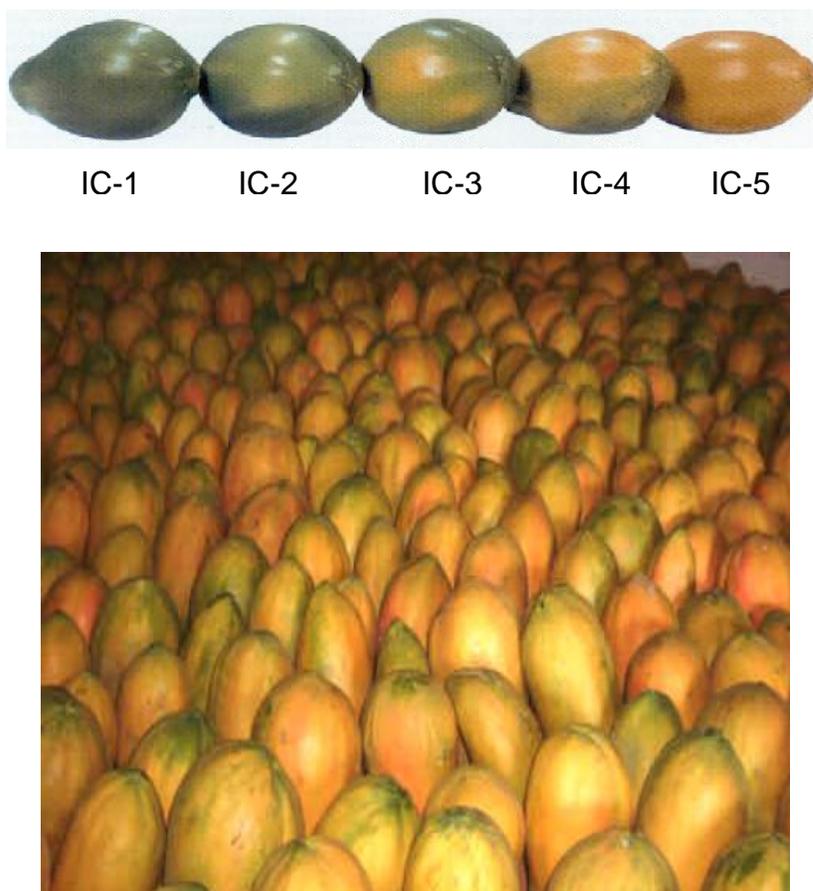


Figura 3. Escala de colores para evaluar los cambios de color de los frutos de papaya y color final después de su exposición al etileno en cámara.

Donde:

Grados	Color de la corteza
I	25 % de la superficie de color amarilla
II	50 % de la superficie de color amarilla
III	75 % de la superficie de color naranja amarilla
IV	95 % de la superficie de color naranja amarilla
V	más del 95 % de la superficie de color naranja amarilla

3.3.2. Influencia del etileno en la incidencia de pudriciones

Los daños por antracnosis y otros patógenos se determinaron de forma visual según los síntomas que las caracterizan y se determinó su incidencia a partir del porcentaje de frutos afectados. Se emplearon 45 frutos por tratamiento distribuidos en tres repeticiones de 15 frutos por tiempo de exposición. La comparación entre tratamientos se realizó para cada fecha con un análisis ANOVA y la diferencia entre medias se establecieron por el Test de Tuckey (0,05%).

3.4. Efecto del tratamiento hidrotérmico y fungicida sobre las pudriciones

Para evaluar el efecto del tratamiento hidrotérmico y fungicida en el control de las pudriciones se cosecharon frutos de papayo cv Maradol rojo en su estadio de madurez fisiológica y se trasladaron al centro de acondicionamiento, donde se sometieron a los siguientes tratamientos para prevenir las pudriciones.

- I. Testigo (sin tratamiento).
- II. 10 min inmersión agua 49°C y Tiabendazol (400 mg.L⁻¹) en cera.
- III. 10 min inmersión agua 49°C e Imazalil (400 mg.L⁻¹) en cera.
- IV. 20 min inmersión agua 49°C y Tiabendazol (400 mg.L⁻¹) en cera.
- V. 20 min inmersión agua 49°C e Imazalil (400 mg.L⁻¹) en cera.

A las 24, 72 y 120 horas del almacenamiento a temperatura ambiente ($27 \pm 1^\circ\text{C}$), se evaluaron los frutos con síntomas de antracnosis (%). Se emplearon 60 frutos por tratamiento distribuidos en cuatro repeticiones. La comparación entre tratamientos se realizó con el análisis ANOVA y la diferencia entre medias por Tuckey (0,05%).

3.5. Valoración económica de las pérdidas estimadas por pudriciones

Se realizó un estudio comparativo entre los resultados obtenidos con el tratamiento de mejor resultado y los obtenidos en la muestra testigo tomado como base la materia prima recibida en el centro de beneficio y el precio promedio de una tonelada de fruta fresca en el mercado interno.

3.6. Programa estadístico utilizado

Los análisis estadísticos indicados en cada acápite se realizaron con el programa STATISTICA, Versión 6,0; StatSoft, Inc, 2003). Se comprobó la normalidad de los datos y la homogeneidad de varianza, y los datos se transformaron a $\sqrt{\quad}$ % cuando fue necesario para el análisis.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Daños detectados sobre frutos de papayo durante la poscosecha

4.1.1. Tendencias del aprovechamiento de los frutos durante la cosecha

En la figura 4 se muestran las tasas de aprovechamiento de frutos de papayo registrados en el transcurso del período comprendido entre los meses de enero a diciembre del 2016. Se aprecia que a partir de los tres y cuatro meses de producción se manifiesta una caída en la calidad de los frutos que disminuye su aprovechamiento para la comercialización.

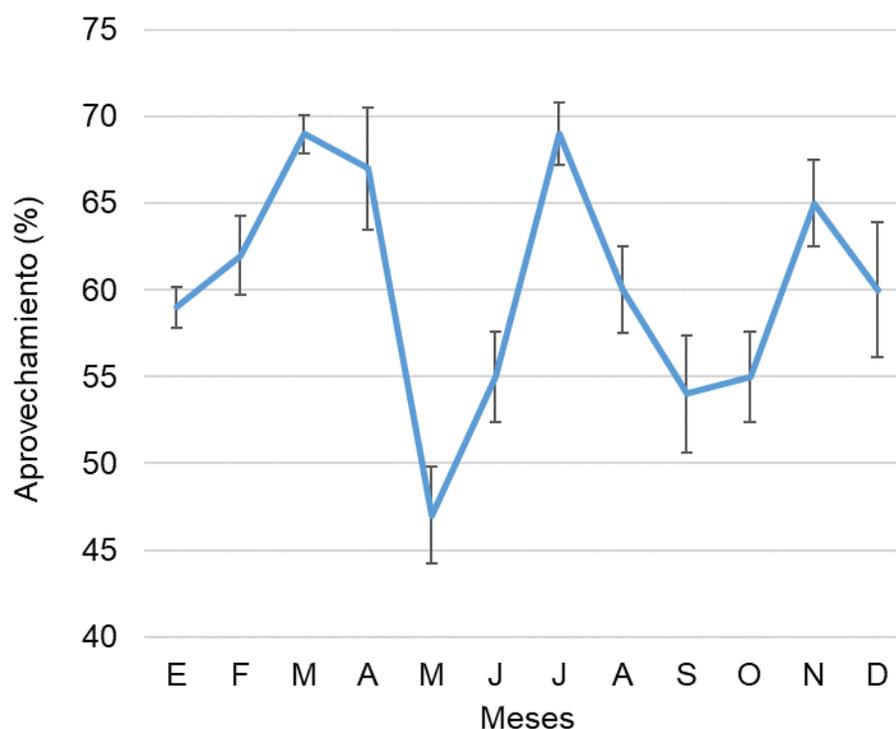


Figura 4. Aprovechamiento estimado de frutos de papayo cv. 'Maradol' Rojo de calidad selecta, durante la cosecha 2016 en Jagüey Grande.

Estas variaciones encontradas en el aprovechamiento por meses se atribuyen fundamentalmente a que en este período las plantaciones sufren severas afectaciones por virosis al mismo tiempo que disminuyen las atenciones culturales y

Evaluación de tratamientos poscosecha en frutos de papaya (Carica papaya L.) para su comercialización.

fitosanitarias y se concentran más en el proceso de cosecha de los frutos, por lo que son mas susceptibles al ataque de virosis y otras enfermedades producidas por hongos etc. Estos resultados no se corresponden con las referidas por la literatura, donde se plantea que el cultivar 'Maradol' Rojo tiene un período de producción con buena calidad de los frutos, que puede alcanzar de uno a dos años siempre que se garanticen las necesidades del cultivar para cada período (INIVIT, 2004).

Los meses donde se aprecia un mayor aprovechamiento de los frutos se deben fundamentalmente a la entrada en producción de nuevas plantaciones y por la incorporación de plantaciones con marco de plantación compacto.

4.1.2. Alteraciones identificadas sobre los frutos en el preacondicionamiento

En la tabla 1 se muestran por origen las principales causas de pérdidas de la calidad de los frutos de papayo entre los meses de enero a diciembre de 2016. Se identificaron como las mayores afectaciones en todas las granjas, las causadas por daños mecánicos y antracnosis con una media de 16,2 % y 14,68% respectivamente.

Tabla 1. Principales defectos detectados en el preacondicionamiento de los frutos de papayo cosechados en las diferentes granjas en el período enero a diciembre de 2016.

Origen	Defectos identificados (%)						
	Daños mecánicos	Antracnosis	Inmadurez	Mancha anular	Rameado	Sobre maduración	Quemadura de sol
1	12,9	17,7	8,2	3,9	2	2,6	0,5
2	15,2	13,7	9,1	4,6	3,7	2,5	0,1
3	16,5	15,3	6,3	2,2	0	1,4	0,3
4	21	13	9,3	9,8	0,6	1,9	0
5	15,4	13,7	8,7	4,4	8,9	3,6	0
Media	16,2	14,68	8,32	4,98	3,04	2,4	0,18

Daños estimados en los frutos de la materia prima durante el preacondicionamiento.

Evaluación de tratamientos poscosecha en frutos de papaya (Carica papaya L.) para su comercialización.

La presencia de frutos cosechados inmaduros, con mancha anular, rameado y sobremaduración se presentaron en una menor proporción que alcanzó valores entre 8,32% y 2,4%, con variaciones entre granjas en dependencia del manejo y la edad de las plantaciones cosechadas en cada caso. Las quemaduras de sol se presentó en niveles bajos menores al 0,3% lo que se relaciona con deficiencias en el manejo de los frutos en la cosecha en plantaciones donde los frutos se mantuvieron al sol después de cosechados.

Los daños inducidos en la cosecha constituyen un serio problema a resolver, dado que son causa de trastornos fisiológicos, debilitan al fruto y producen heridas por donde se facilita la entrada de patógenos, además de afectar la presencia de los mismos y su calidad en general disminuye, lo que constituye la causa principal de que no clasifiquen para el mercado. Gajanana (2010) informa que son necesarios tratamientos pre y poscosecha que contribuyan a mejorar la manipulación y almacenamiento de los frutos de papayo, para garantizar su mayor aprovechamiento, que puede alcanzar valores entre 45 y 70%.

Los frutos cosechados para el comercio en fresco deben ser seleccionados en el campo de manera que no sean llevados al acondicionamiento frutos con heridas y otros daños que pueden sufrir contaminaciones por patógenos en el mismo campo o en el centro de beneficio, por lo que se recomienda la correcta aplicación de la tecnología del cultivo en la plantación así como el saneamiento para lograr los mejores resultados en el aprovechamiento de los frutos durante la etapa poscosecha y de comercialización (Semillas del Caribe, 2003).

4.1.3. Pudriciones identificadas sobre los frutos durante la poscosecha

El análisis de las pérdidas de frutos por pudriciones durante la poscosecha mostró (figura 5) que durante la primera etapa de explotación de las plantaciones, se presentaron como las principales causas de pérdidas, la antracnosis por los patógenos *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. en un 58%, , la pudrición blanda causada por *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.: Fr.) en un 48,0%, con

Evaluación de tratamientos poscosecha en frutos de papaya (Carica papaya L.) para su comercialización.

diferencias significativas entre ellas y con el resto de las pudriciones. En menor proporción al 17,5%, se observaron frutos con síntomas de pudrición húmeda (*Phomopsis caricae-papayae* Petrak. & Cif.), alternaria (*Alternaria alternata* (Fr.:Fr) Keissl.) y peduncular (*Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon. & Maubl.).

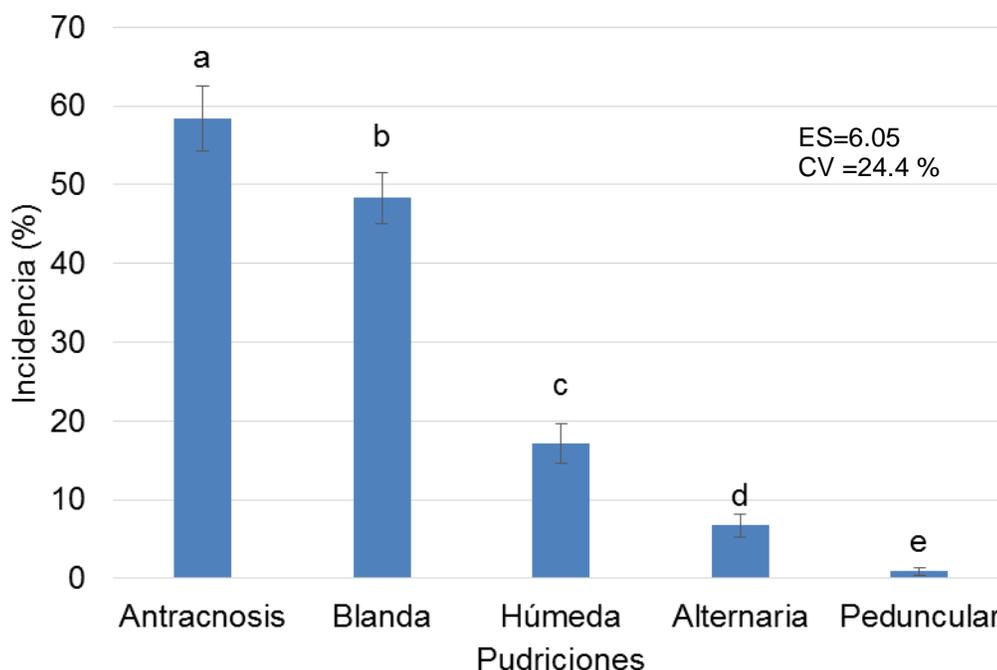


Figura. 5. Pudriciones sobre los frutos de papaya 'Maradol', cosechados en Jagüey Grande. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05\%$).

Albornett y Sanabria (1994) y Silva *et al.* (2002) describieron que la antracnosis y la pudrición blanda causada por *Rhizopus* spp., son las de mayor incidencia en la poscosecha de frutos de papaya. La alta incidencia de antracnosis puede estar dada a la abundante presencia de inóculo, unida a la alta humedad relativa y temperatura que hacen más intensa la infección. La presencia de daños mecánicos por la deficiente manipulación en la cosecha, contribuyó al aumento de la pudrición blanda, teniendo en cuenta que las heridas se consideran la principal vía de entrada del patógeno.

Evaluación de tratamientos poscosecha en frutos de papaya (Carica papaya L.) para su comercialización.

Por otro lado, esta pudrición en los frutos manifestaron varios tipos de síntomas, asociados a las especies de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. y *Colletotrichum capsici* (Syd.) Bult. & Bisby. que varían en la coloración del micelio, la densidad de crecimiento, el tipo de estructura que presenta y su capacidad de producir acérvulos (Marín *et al.*, 2003; Pérez y González, 2007).

Durante esta etapa los daños mecánicos fueron elevados lo que contribuyó a que la pudrición blanda se viera favorecida por la deficiente manipulación de los frutos, donde las heridas inducidas en la cosecha se consideran la principal vía de entrada del patógeno, lo que ha favorecido a los altos niveles de pérdidas. La baja incidencia por *Alternaria* puede estar determinada a que los frutos de papaya fueron recolectados en madurez fisiológica durante los primeros meses de cosecha de la plantación y se almacenaron a temperatura ambiente (27°C) por cinco días y generalmente esta enfermedad se presenta con una alta incidencia en frutos conservados a temperaturas bajas y períodos prolongados (10°C por 14 días).

En la tabla 2 se muestran las enfermedades identificadas por síntomas visuales sobre los frutos y el diagnóstico de los patógenos asociados encontrados sobre los frutos de papayo en las condiciones de Jagüey Grande.

Tabla 2. Enfermedades y agente causal identificados sobre frutos de papaya.

Enfermedades	Agentes causales
Antracnosis	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (Penz.) Penz. & Sacc. <i>Colletotrichum capsici</i> (Syd.) Bult. & Bisby.
Pudrición blanda	<i>Rhizopus stolonifer</i> (Ehrenb.: Fr.)
Pudrición acuosa	<i>Phomopsis caricae-papayae</i> Petrak. & Cif.
Mancha por <i>Alternaria</i>	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.:Fr) Keissl.
Pudrición peduncular	<i>Lasiodiplodia theobromae</i> (Pat.) Griffon. & Maubl.
Otras manchas	<i>Cladosporium</i> spp.; <i>Penicillium</i> spp.; <i>Corynespora</i> spp.;

Evaluación de tratamientos poscosecha en frutos de papaya (Carica papaya L.) para su comercialización.

Entre los patógenos asociados a las pudriciones de los frutos, se destacan *C. gloeosporioides*, *C. capsici*, *Rhizopus stolonifer* patógeno de heridas causante de pudriciones blandas y otros hongos que provocan lesiones que causan la pérdida de la integridad del fruto y lo demeritan para la comercialización. En la figura 6 se muestra la caracterización de las lesiones causadas sobre los frutos por estos patógenos.

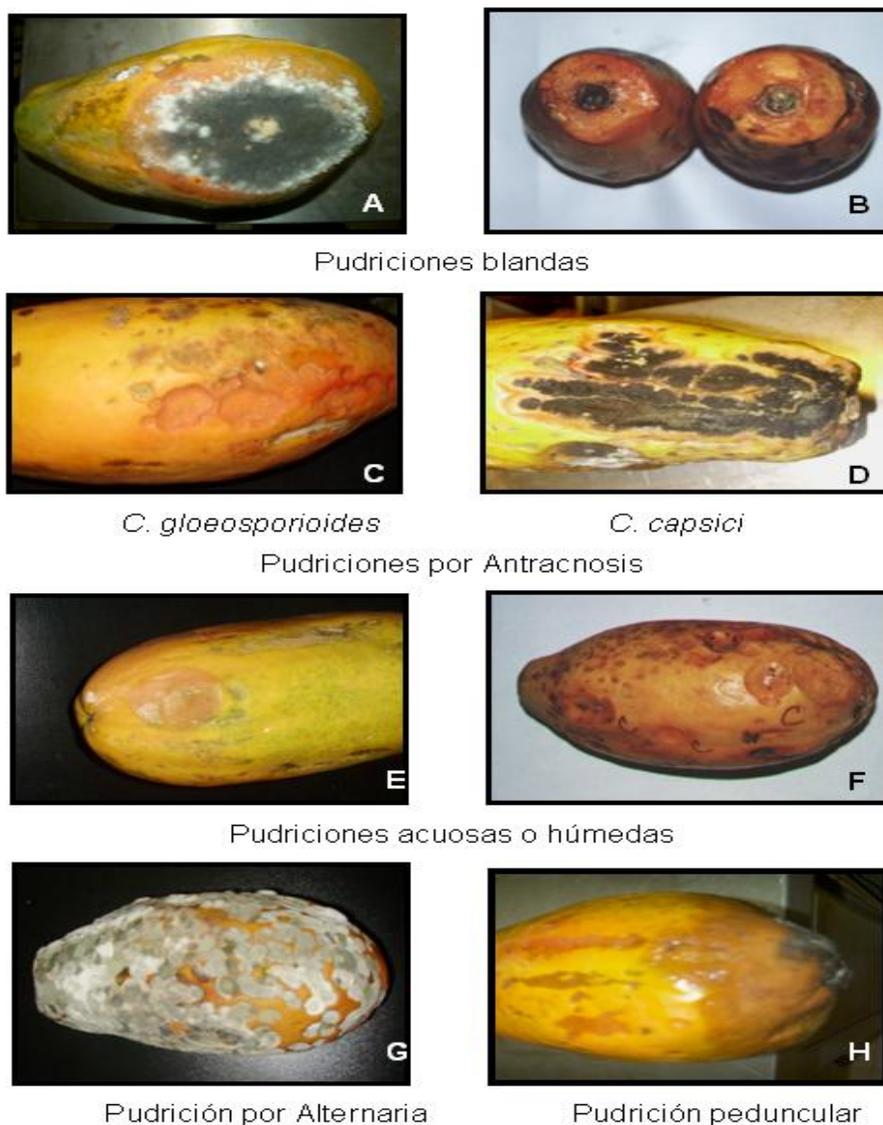


Figura 6. Síntomas de pudriciones identificadas en frutos de papaya cv Maradol de Jagüey Grande, después de almacenados a $27 \pm 1^\circ\text{C}$ por cinco días.

Evaluación de tratamientos poscosecha en frutos de papaya (Carica papaya L.) para su comercialización.

Los síntomas de la antracnosis se caracterizaron por manchas redondas u ovaladas, de distintos tamaños, con bordes enteros, superficiales y las de mayor tamaño penetraron en la pulpa de los frutos, se desarrollaron de forma aislada, o unidas unas a otras formando grandes áreas enfermas. Sobre la superficie de las manchas de color natural del fruto que cambiaron a colores pardo oscuro a negro debido a la presencia de los acérvulos del hongo y estas fueron de consistencias secas y húmedas. Similares descripciones realizaron (Dickman, 1994 y Liberato, 2002).

Por otro lado, esta pudrición en los frutos manifestó varios tipos de síntomas (Fig. 6C y D), asociados a las especies de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. y *Colletotrichum capsici* (Syd.) Bult. & Bisby que varían en la coloración del micelio, la densidad de crecimiento, el tipo de estructura que presenta y su capacidad de producir acérvulos (Marín *et al.*, 2003; Pérez y González, 2007).

Se aprecia que en los frutos afectados por *Rhizopus stolonifer* asociados a la pudrición blanda, los daños mostraron forma circular, bordes enteros, tamaños grandes, son del color natural del fruto y consistencia muy blanda y acuosa, en los centros de la lesiones se desarrollaron abundantes micelio aéreo de color gris claro y esporangióforos del hongo (Fig. 6A y B), similares a los informados por (Nishijima, 1994b y Estrada *et al.*, 1999).

También se observó que los daños por la pudrición blanda se manifestaron en distintas zonas de los frutos y su crecimiento fue muy rápido, en ocasiones abarcó toda su superficie. Los frutos comenzaron rápidamente a deteriorarse con la producción de abundante fluido líquido que afectó al resto de los frutos almacenados en la misma caja.

Los síntomas de la pudrición húmeda o mancha arrugada (Fig. 6E y F) mostraron forma circular, bordes enteros, de tamaño mediano, color natural del fruto y consistencia blanda y acuosa. Al inicio la lesión tiende a hincharse formando una

Evaluación de tratamientos poscosecha en frutos de papaya (Carica papaya L.) para su comercialización.

vejiga ligeramente levantada que posteriormente se hunde y en su centro se observó micelio blanco del agente causal, similar al descrito por (Marín *et al.*, 2003).

Las lesiones de la mancha por *Alternaria* se manifestaron de forma circular a ovalada, bordes enteros, tamaño mediano, el color al inicio es pardo claro y a mediada que avanza los días las manchas toman un color verde olivo debido al desarrollo de micelio y esporas del hongo (Fig. 6G). Según lo referido por (Nishijima, 1994a) generalmente las manchas se unen cubriendo extensas áreas del fruto.

Las lesiones causadas por la pudrición peduncular mostraron formas circumpendiculares, bordes irregulares y tamaños grandes que llegaron a cubrir toda la superficie y penetraron en la pulpa de los tres frutos. En papaya esta enfermedad al inicio se desarrolló en la zona basal del fruto, coincidiendo con lo informado por (Alborne y Sanabría, 1994) a medida que avanzó la pudrición comenzó también a manifestarse en la zona peduncular.

El daño mostró un color gris claro a oscuro, consistencia dura, rugosa y seca debido a la presencia de masas de picnidios del patógeno y en la zona de avance se presencié un halo acuoso con bordes irregulares (Fig. 6H). Iguales descripciones realizó (Nishijima, 1994b). Además, en los frutos de papaya asociados a las manchas superficiales se identificaron otros géneros de hongos como *Cladosporium* spp., *Penicillium* spp., *Corynespora* spp. y *Fusarium* spp.

El *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. es el agente causal de la antracnosis y *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon. & Maubl. de la pudrición peduncular, ambos patógenos son de infección latente. Las infecciones latentes en el contexto de enfermedades poscosecha involucra la inhibición del desarrollo del patógeno a través de condiciones fisiológicas impuestas por el hospedero hasta que se lleva a cabo el estado de maduración, principalmente el período climatérico, donde ocurren cambios en la superficie del fruto los cuales proporcionan condiciones adecuadas para permitir una infección (Mulkay *et al.*, 2006).

Evaluación de tratamientos poscosecha en frutos de papaya (Carica papaya L.) para su comercialización.

Las otras enfermedades poscosecha se desarrollan debido a los daños mecánicos (magulladuras y heridas) producidos sobre los frutos en la recolección y durante la manipulación en las plantas de acondicionamiento, lo que provoca la pérdida de agua y la penetración de microorganismos. Además se estimula la producción de etileno, se aumenta la velocidad de respiración y ocurren cambios físicos y químicos que acortan su vida de anaquel (Castro y Saborío, 2004).

4.2. Influencia del tratamiento de maduración con etileno sobre los frutos

4.2.1. Influencia del etileno en los cambios de coloración

En la Figura 7, se muestra el desarrollo de la coloración de los frutos logrado después de su exposición al etileno a 100 mg.L^{-1} en cámaras de maduración durante 8, 16 y 24 horas. Los mayores niveles de frutos que evolucionaron hacia índices de color más amarillos, se correspondieron con el incremento en el tiempo de exposición y las variaciones de color en los tratamientos de 16 y 24 horas fueron similares con un mayor número de frutos maduros en corto tiempo.

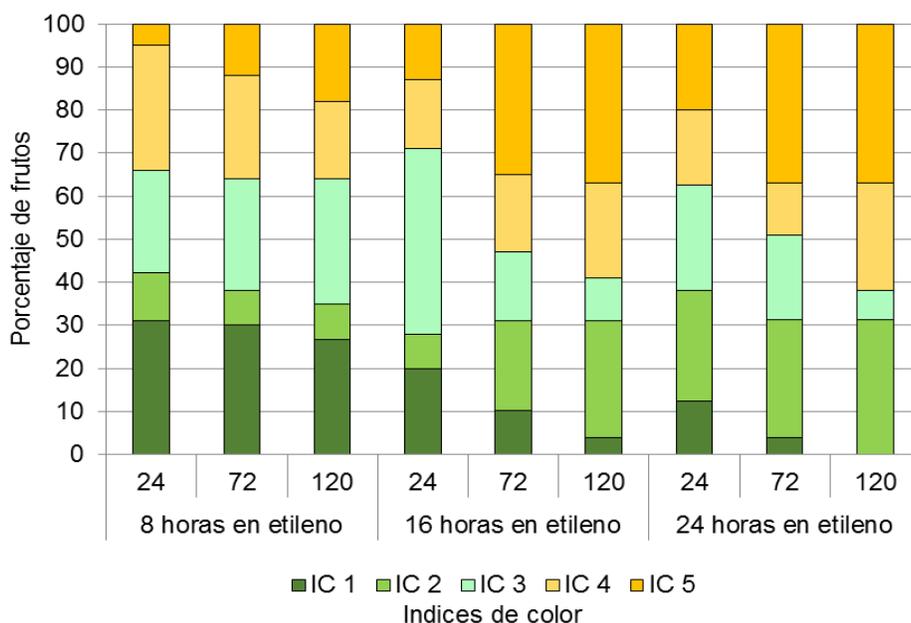


Figura 7. Cambios de color de los frutos de papayo Maradol durante el almacenamiento en respuesta a la exposición al etileno en tres tiempos

*Evaluación de tratamientos poscosecha en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) para su comercialización.*

Los mejores resultados se obtienen con aplicaciones de etileno durante 16 horas, aunque otros autores informan un tiempo de exposición al etileno por 24 horas y concentraciones de 100 mg.L^{-1} como una buena opción para obtener frutos maduros en corto plazo (Kader, 2002 y De la Cruz *et al.*, 2007). El propio De la Cruz (2010) considera que la respuesta de los frutos de papaya a la inducción de la maduración por el etileno depende del estado de madurez inicial en que se encuentren los frutos.

En un estudio donde se utilizaron los mismos períodos de tiempo de este trabajo pero con dosis de 100, 300 y 500 mg.L^{-1} De la Cruz (2010) obtuvo los mejores resultado con la dosis de 500 mg.L^{-1} durante 24 horas de exposición al etileno. Los frutos presentaron cambio de color en la corteza y la pulpa a las 24 horas y la corteza se tornó amarilla a las 72 horas después durante el período de maduración, con un mayor contenido de sólidos solubles totales.

Como se ha descrito con anterioridad los resultados obtenidos con 16 horas de exposición de los frutos de papayo Maradol rojo a 100 mg.L^{-1} de etileno en las condiciones de Jagüey Grande, son similares a los obtenidos por De la Cruz (2010) con dosis mucho más elevadas, lo que puede estar relacionado con las condiciones propias del lugar y de la madurez inicial de los frutos.

La coloración inicial de los frutos utilizados en este trabajo en el momento de la cosecha, se ubicaba entre las tres y cinco rayas, lo que favoreció el buen resultado a las 16 horas y no a las 24 horas como reportan varios autores citados en párrafos anteriores, ya que la respuesta al etileno de los que presentan madurez mas avanzada es más rápida y por tanto su vida útil se acorta, es importante señalar que estas producciones bajo nuestras condiciones se colocan en el mercado en las primeras 72 horas.

Fonseca (1993), Saavedra (2009) y Kader (2002) coinciden en la importancia de una buena selección en cuanto al grado de madurez en el momento de la cosecha para lograr una vida anaquel de los frutos más larga y garantizar la calidad interna esperada; estos autores recomiendan que los frutos deben ser cosechado cuando

presentan cambio de color de al menos una raya y no más de tres, lo que no se corresponde con los colores iniciales de los frutos utilizados en el trabajo y por lo tanto las diferencias en la respuesta al etileno y en la maduración.

En Hawái, se permite la cosecha con una coloración más avanzada durante el invierno, a diferencia del verano cuando se recogen las frutas con los primeros esbosos del inicio de la maduración. La selección de nivel de maduración de los frutos en la cosecha es más rígida durante los meses de verano debido a la rapidez de maduración, en contraste durante el invierno si la fruta se cosecha con amarillamiento menor al 20%, no alcanzará niveles de maduración aceptables en el mercado (Anónimo, 2001).

En las condiciones del clima de Cuba, las variaciones de temperaturas entre el período de verano e invierno no son tan marcado como en otras latitudes, y por lo tanto el comportamiento de la maduración de los frutos es muy similar durante todo el año.

4.2.2. Influencia del etileno en la incidencia de pudriciones.

En la figura 8 se muestra claramente como se incrementan las pudriciones por antracnosis y otros patógenos, en correspondencia con la mayor exposición de los frutos al etileno. A las 120 horas del tratamiento alrededor de un 26,3 al 29,2% de los frutos tratados tenían síntomas de antracnosis, mientras que la presencia de frutos con otros patógenos estuvo entre 5,4 y 17,8%.

Evaluación de tratamientos poscosecha en frutos de papaya (Carica papaya L.) para su comercialización.

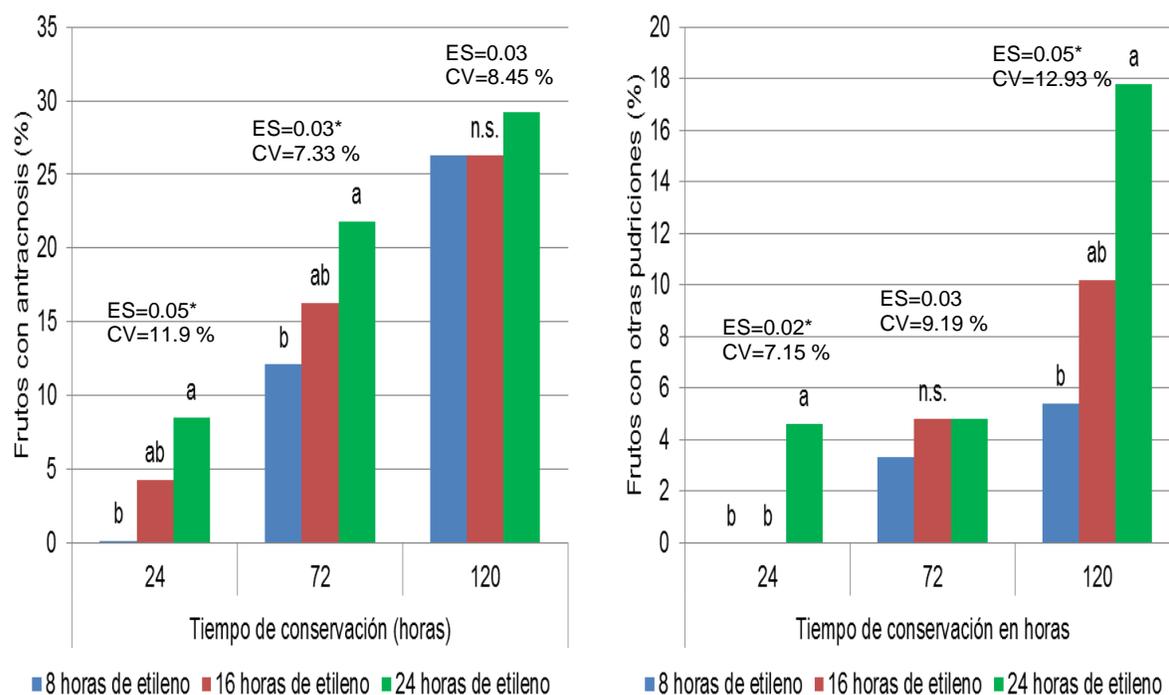


Figura 8. Influencia del tratamiento con etileno a frutos de papaya en las pudriciones por antracnosis (A) y otros patógenos (B) durante el almacenamiento.

De la Cruz *et al.* (2007) indicaron que los frutos de papaya tratados con etileno por 48 y más horas, presentan en menor tiempo alteraciones como ablandamiento anormal, oscurecimiento en cáscara y pulpa; que contribuyen al desarrollo de las pudriciones, cuando se adicionan daños mecánicos y altas fuentes de inóculo.

La incidencia de otros patógenos mostró un comportamiento inferior en todos los tratamientos con relación a las afectaciones por antracnosis. El tratamiento de 24 horas de exposición al etileno fue el de mayor incidencia a los 120 horas de almacenamiento, lo que se corresponde con la mayor cantidad de frutos sobremaduros.

4.3. Efecto del tratamiento hidrotérmico y fungicida sobre las pudriciones

El empleo del tratamiento hidrotérmico y de fungicidas son prácticas de manejo poscosecha que contribuyen a la reducción de las pérdidas por pudriciones (Zavala

Evaluación de tratamientos poscosecha en frutos de papaya (Carica papaya L.) para su comercialización.

et al., 2005; Osuna et al., 2007; Meirelles et al., (2008). Arredondo (2014) considera que el tratamiento hidrotérmico se aplica en frutas cosechadas antes del estado de madurez de 1/4 de color amarillo, durante las primeras 18 horas después de la cosecha. El tratamiento consiste en una inmersión inicial de la fruta durante 30 minutos en agua a 42°C, pasando luego a otro tanque con agua a 49°C en donde la fruta debe permanecer otros 20 minutos. El tiempo que transcurre entre la primera y la segunda inmersión no debe exceder los tres minutos.

La evaluación de la combinación de estos tratamientos (figura 9) muestra que el empleo del Tiabendazol, no resultó efectivo en el control de las pudriciones, ni en combinación con el tratamiento hidrotérmico. Otros autores han realizado estudios con Tiabendazol a dosis similares donde los resultados tampoco fueron muy alentadores (Páez, 2003).

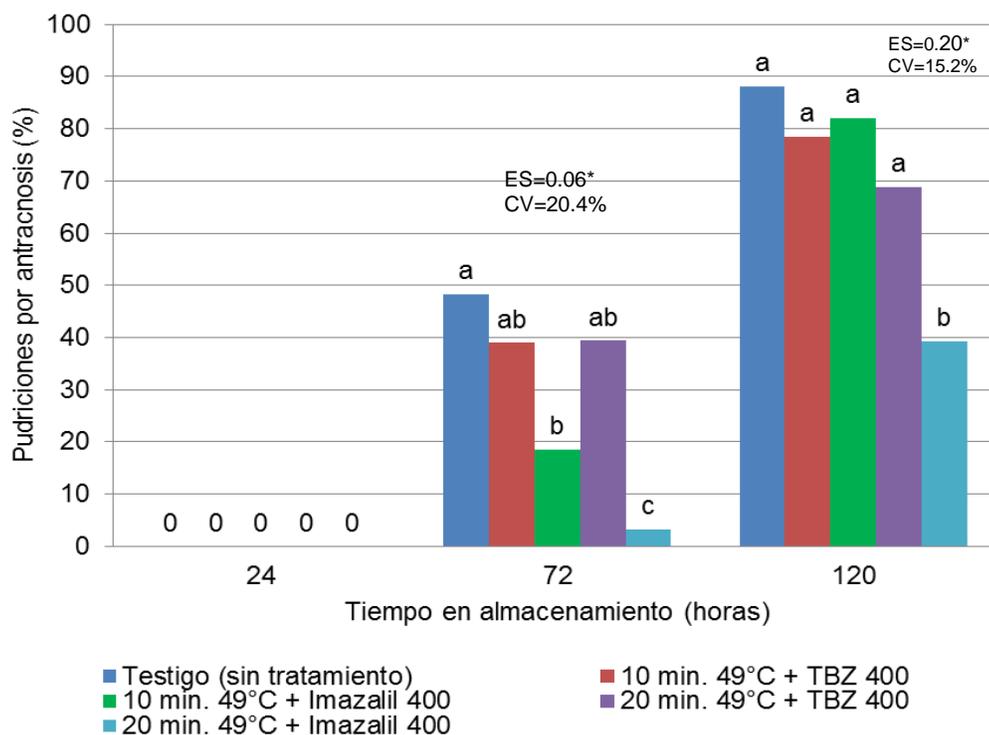


Figura 9. Influencia del tratamiento hidrotérmico y con fungicidas a frutos de papayo Maradol rojo, en las pudriciones poscosecha por antracnosis.

Evaluación de tratamientos poscosecha en frutos de papaya (Carica papaya L.) para su comercialización.

Los resultados en el uso de productos químicos para minimizar los daños por hongos en el período de poscosecha, en ocasiones son poco satisfactorios y recomienda aplicaciones de Tiabendazol a 500–700 mg.L⁻¹ (Páez, 2003) sin embargo, Bustamante (2000) encontró resultados poco satisfactorios en el control de las pudriciones con aplicaciones de este fungicida a 500 mg.L⁻¹.

Los mejores resultados con el fin de alargar la vida anaquel de los frutos de papayo con estos fungicidas se han logrado con el Imazalil, con una vida de anaquel de siete días (Venkatesan *et al.*, 2010). La inmersión de los frutos en agua caliente a 49°C durante 20 minutos y la aplicación de Imazalil 400 en la cera, mostró los mejores resultados en el control de las pudriciones por antracnosis.

Páez (2003) y Folgueras (2007) recomiendan el uso del Imazalil a 250 mg.L⁻¹ y el TBZ a 400 mg.L⁻¹ en los tratamientos aplicados a los frutos durante la poscosecha; aunque reconocen que estos fungicidas disminuyen las afectaciones fúngicas, su efecto no garantiza una cobertura que responda a las necesidades del fruto.

Rawal (2010) considera las afectaciones por *Colletotrichum gloeosporoides* como la enfermedad más importante que afecta los frutos maduros de papayo, y plantea que esta es una enfermedad que se mantiene en el campo y luego de la maduración aparece en el período de poscosecha, conservación y mercadeo.

En el trabajo experimental realizado se aprecia que los daños por este patógeno superan el 50 % después de la maduración de los frutos, pero en la producción las pérdidas son aún superiores, lo que se corresponde con las observaciones de Rodríguez (2000), Mulkay *et al.* (2006), Pérez y González (2007) quienes coinciden en señalar que los daños por Antracnosis son los de mayor incidencia e importancia económica en la producción del cultivar 'Maradol'.

Mulkay *et al.* (2006) cita a Jiménez *et al.* (1996) quienes plantean que con tratamientos combinados de campo y poscosecha donde se incluyó la eliminación de pecíolos y tratamientos químicos de Mancozeb 4g i.a.L⁻¹ combinados con Prochloraz a 500 mg i.a.L⁻¹ en el campo, así como el tratamiento de inmersión de los frutos en

Prochloraz a 500 mg.i.L⁻¹ en poscosecha, obtuvieron muy buenos resultados en el control del patógenos durante la etapa lluviosa que es la de mayor incidencia.

Mulkay *et al.* (2006) obtuvieron resultados satisfactorios en poscosecha con la inmersión de los frutos en Prochloraz a igual dosis, con solo un 4,8 % de contaminación. Otros autores han realizado estudios con los fungicidas Imazalil y TBZ a dosis similares y no han obtenido resultados muy alentadores (Páez, 2003; Pérez y González, 2007).

El comportamiento adverso en cuanto al control de antracnosis con los fungicidas empleados en el trabajo es coincidente con el hecho de que los frutos contaban con una madurez bastante avanzada (entre tres y cuatro rayas de cambio de color en la corteza), lo que influye negativamente en el comportamiento de los tratamientos, teniendo en cuenta que el agua caliente acelera el proceso de maduración y senescencia de los frutos y hace que estos sean más susceptibles al ataque de los patógenos, en coincidencia con las observaciones de Bustamante (2000).

Mulkay *et al.* (2006) en estudios encaminados al control del *Colletotrichum* en papaya con tratamientos hidrotérmicos por inmersión en agua a 48°C, combinado con el fungicida Prochloraz, encontraron valores significativamente inferiores de Antracnosis, Alternaria, Phomopsis y pudrición peduncular por *Botrydiplodia theobromae* que los manifestados en los frutos testigo, lo que se corresponde con los resultados de Nishijima (1994a), Dickman (1994), Martins (1999) y Cáceres *et al.* (2003), obtenidos en el tratamiento poscosecha de frutos de papayo o mango.

4.4. Valoración económica de las pérdidas estimadas por pudriciones

La tabla 3 muestra un análisis comparativo en el que se toman como referencia, los resultados obtenidos en el control de pudriciones con el mejor tratamiento (combinación del tratamiento hidrotérmico y el fungicida imazalil) y los de las muestras testigo. Se tuvieron en cuenta los volúmenes de frutos que llegaron como materia prima en el centro de beneficio y el volumen real de frutos cosechados y comercializados durante la campaña del 2016, en este año hubo una tendencia a

Evaluación de tratamientos poscosecha en frutos de papaya (Carica papaya L.) para su comercialización.

disminuir las ventas en CUC por la Empresa y solo el 35 por ciento de la producción fue destinada para el turismo, manteniéndose las ventas para consumo nacional, lo que puede estar relacionado con los altos niveles de contaminación en las áreas por Antracnosis provocando serias afectaciones a la vida anaquel de los frutos, estos valores se corresponden con los datos de ventas reportados por la ONEI (2017).

Tabla 3. Valoración económica en función de las pérdidas causadas por pudriciones en frutos de papayo y el tratamiento de mejor resultado.

Indicadores	Pérdidas por pudriciones (t)		
	Total real 2016	Testigo	Tratamiento*
Materia prima (t)	462	462	462
Ventas (t)	164,4	54,5	285,5
Pérdidas (t)	297,6	407,5	176,5
Pérdidas (%)	64,3	88,2	38,2
Precio/tonelada (CUC)	800,00	800,00	800,00
Pérdidas x tn (CUC)	514,40	705,60	305,70

*Tratamiento hidrotérmico 20 min+ Imazalil 400.

Teniendo en cuenta que una tonelada de frutos de papaya se comercializa en el mercado del turismo a unos 800,00 CUC, utilizando el tratamiento que mejores resultados muestra un mayor control de pudriciones, los resultados económicos representarían una recuperación de 208,80 CUC por cada tonelada procesada.

Los resultados en el control de pudriciones así como del impacto económico de los tratamientos puede ser mejor y susperar los obtenidos en este trabajo, sin embargo para ello es necesario en las condiciones de producción, extremar las medidas de manejo de las plantaciones y los frutos en campo, su manipulación en la cosecha, poscosecha y traslado, teniendo en cuenta que en la actualidad la disponibilidad y efectividad de los tratamientos poscosecha es limitada para lograr una protección de los frutos de papayo que permita su comercialización por tiempos largos.

5. CONCLUSIONES

- En los frutos de papayo Maradol rojo destinados al turismo, se encontraron en mayor proporción pudriciones por antracnosis y la pudrición blanda asociada a una alta incidencia de daños mecánicos.
- El tratamiento de maduración de los frutos con etileno gaseoso a 100 mg.L^{-1} , incrementó las pudriciones por antracnosis y otros patógenos, en correspondencia con los tiempos de exposición y de almacenamiento.
- El tratamiento hidrotérmico de los frutos a 49°C por 20 min y la aplicación del fungicida Imazalil a 400 mg.L^{-1} , mostró los mejores resultados en la reducción de las pudriciones poscosecha por antracnosis.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis integral de las tecnologías de producción, cosecha y poscosecha que permitan disminuir los daños sobre los frutos y las pudriciones.
- Adecuar los tiempos y dosis de etileno para reducir la incidencia de pudriciones con el uso de maduración acelerada y lograr un mejor desarrollo del color durante el almacenamiento.
- Proponer el tratamiento hidrotérmico combinado con el fungicida Imazalil para reducir los niveles de pudriciones en los frutos de papayo de Jagüey Grande.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ALBORNETT, Y. Y SANABRIA, N. 1994. Diagnóstico de las enfermedades fúngicas en frutos de lechosa (*Carica papaya* L.) y melón (*Cucumis melo*) para exportación. *Fac. Agron.* 20:13-20.
- ALVAREZ, A. M. Y NISHIJIMA, W..T. 1987. Postharvest Diseases of Papaya. *Plant Disease.* 661- 686.
- ANÓNIMO. 2001. Servicio de Información Agropecuaria del Ministerio de la Agricultura y Ganadería del Ecuador. Quito. Ecuador. p. 3-18.
- ARANGUREN, M. 2009. Pronósticos de madurez y otras especificaciones de calidad para el ordenamiento de la cosecha en los cítricos de Jagüey Grande. La Habana. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical.
- ARREDONDO C. 2014. Cosecha y poscosecha de la papaya [en línea]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/293491550>. [Consulta: febrero, 5 2018].
- BADILLO, V. M. 2002. Cruzamientos de *Carica* L. vs. *Vasconcella* St. Hil. (*Caricaceae*). *Rehabilitación de este último.* *Ernstia* 10: 74-79.
- BANCOMEXT. 1999. Cosecha poscosecha y Empaque. Sección Tecnología [en línea]. Disponible en: sitio web. <http://Image Group.com>. [Consulta: septiembre, 18 2017].
- BOGANTES, A.; MORA, E.; UMAÑA, GERARDINA Y LORÍA C. L . 2012. Guía para la producción de papaya en Costa Rica [en línea]. Disponible en: <file:///G:/Especialidad%201/Busquedas%20Bibliograficas%20Papaya/a00321.pdf>. [Consulta: febrero, 28 2018].

Evaluación de tratamientos poscosecha en frutos de papaya (Carica papaya L.) para su comercialización.

- BORGES DE OLIVEIRA, M. A.; ROMEU, A.; DE SOUZA, G. y MOREIRA DE REZENDE, T. 2002. Caracterização do estágio de maturação do papaia 'golden' em função da cor. Bras. Frutic. 24 (2): 15 -22.
- BUSTAMANTE, LETICIA. 2000. Control poscosecha de Colletotrichum gloeosporioides. en frutos de papaya mediante la aplicación de fungicidas e hidrocaldentamiento. Universidad Autónoma Metropolitana. División de Ciencias Biológicas y de Salud. p. 4-6.
- CÁCERES, IVIS; MULKAY, TANIA; RODRÍGUEZ, JOSEFINA; PAUMIER, A.; SISINO, A.; CASTRO-LÓPEZ, TANIA; ALONSO, O.; BANGO, GRACIELA Y GUTIÉRREZ, P. 2003. Influencia del encerado y tratamiento térmico en la calidad poscosecha del Mango. Resultado de investigación. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Cuba. 8 p.
- CASTRO, L.; MORALES, L. A. Y ARANGUREN, M. 2000. Fundamentos teóricos – prácticos sobre el cultivo y cosecha de la papaya Carica papaya (L.). Editorial Universitaria del Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba, Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Facultad de Agronomía. Ciudad de Matanzas. Separata. 22 p.
- CASTRO, O Y SABORIO, A. 2004. Avances en la investigación de enfermedades poscosecha de la papaya (Carica papaya L.) en Costa Rica. 15 p.
- CASTRO-LÓPEZ, TANIA. 2009. Aspectos de la post-cosecha de frutos. Conferencia Curso Maestría Fruticultura Tropical. Instituto Investigaciones en Fruticultura Tropical. (no publicada).
- CLARIDADES AGROPECUARIAS. 1999. Manual de Producción de Papaya en el Estado de Veracruz. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; Centro de Investigación. Regional Golfo Centro Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz, Mexico. p. 49-50.

Evaluación de tratamientos poscosecha en frutos de papaya (Carica papaya L.) para su comercialización.

- DANTAS, J. L. L.; DANTAS, A. C. V. L Y LIMA, J. F. 2002. Mamoeiro. In: Melhoramento de fruteiras tropicais. Bruckner, C.H (Eds), Viçosa: UFV. p 309-349.
- DE LA CRUZ J., RAMÍREZ P. Y GARCÍA HS. 2007. Estudio del efecto de la maduración acelerada y la refrigeración sobre la fisiología de la papaya Maradol (Carica papaya L). V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones 2007. Instituto Tecnológico de Veracruz (UNIDA). Veracruz, México. p. 199-206.
- DE LA CRUZ, J. 2010. Maduración inducida con etileno en frutas tropicales: papaya maradol (Carica papaya L.). Premio nacional en ciencia y tecnología de alimentos. Instituto Tecnológico de Veracruz. México. p.115-118.
- DICKMAN, M. B. 1994. Papaya diseases caused by fungi. Compendium of Tropical Fruit Diseases. The American Phytopathology Society. p. 58-59.
- EDWARD, A. E. Y BALLÉN F. H. 2012. Una mirada a la producción, el comercio y el consumo de papaya a nivel mundial [en línea]. Disponible en:<<http://edis.ifas.ufl.edu>>. [Consulta: enero, 24 2018].
- ESTRADA, G.; LÓPEZ, M. O Y PÉREZ, L. 1999. Hongos asociados a pudriciones poscosecha en el cultivo de la fruta bomba (Carica papaya L.) Fitosanidad. 3 (1):75-76.
- FAO 2003. Conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Plan de Acción Mundial. Informe sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos en el Mundo. FAO. 20 p.
- FAO, 2017. El papayo (Carica papaya L.) [en línea]. Disponible en: <http://www.fao.órgano/home/es/>. [Consulta: octubre, 16 2017].
- FINTRAC. 2003. Equipo Básico para Empacadoras de Frutas y Vegetales frescos. Boletín de Poscosecha No 04. Octubre. p. 1- 5.

Evaluación de tratamientos poscosecha en frutos de papaya (Carica papaya L.) para su comercialización.

- FOLGUERAS, MARYLUZ. 2007. Enfermedades fungosas de la papaya [en línea]. Disponible en: <http://BibliotecaDigital\Frutales\Frutabomba\DiscoFrutabomba>. INIVIT. [Consulta: junio, 15 2017].
- FONSECA J. M. 1993. Reducción de pérdidas poscosecha debidas a mancha de látex en mango (Mangifera indica). Tesis en opción al título de Licenciatura en Ingeniería Agronómica. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.
- FRAIFE- FILHO, G. DE A.; DANTAS, J. L. L.; LEITE, J. B. V. Y OLIVEIRA, J. R. P. 2001. Avaliação de variedades de mamoeiro no Extremo sul da Bahia. *Magistra* 13(1): 37-41.
- GAJANANA T. M.; SUDHA, M.; SAXENA, A. K. Y DAKSHINAMOORTHY, V. 2010. Post harvest handling, marketing and assessment of losses in papaya [en línea]. Disponible en: <http://www.actahort.org/>. [Consulta: septiembre, 21 2017].
- GODOY, ANA. 2008. Injurias mecânicas e seus afeitos na fisiologia e nas qualidades de mamões 'Golden'. Univ. Sao Paulo. Esc. Sup. De la Agricultura. Luiz de Queiroz. (BR). 68 p.
- HUESO MARTÍN, JUAN JOSÉ 2017. El desarrollo y puesta punto del manejo y las técnicas agronómicas necesarias para cultivar con éxito la papaya en invernadero, garantizar su calidad organoléptica y optimizar su conservación y vida poscosecha. Disponible en: <https://www.cajamar.es/pdf/bd/agroalimentario/innovacion/investigacion/agrosost-enibilidad/ficha-peuropapaya-1501005104.pdf>. [Consulta: febrero, 26 2018]
- INFOAGRO 2003. Combinación de tratamientos de campo y poscosecha en el combate de Antracnosis en frutos de Papaya. Un negocio de gran rentabilidad. infoagro.com. Jiménez Alexander, Castro Oscar E., Arauz Luis Felipe y Wang Amy. 1996. Laboratorio de Fitopatología. CIPROC. Universidad de Costa Rica. X Congreso Nacional / III Congreso de Fitopatología. p. 2-8.

Evaluación de tratamientos poscosecha en frutos de papaya (Carica papaya L.) para su comercialización.

- INFOAGRO. 2017. Producción y manejo poscosecha de la papaya maradol [en línea]. Disponible en:[https://infoagronomo.net/producción y manejo poscosecha de la papaya maradol/ en Caché](https://infoagronomo.net/produccion-y-manejo-poscosecha-de-la-papaya-maradol-en-cache/). [Consulta: septiembre, 8 2017].
- INIVIT. 2004. Instructivo técnico del cultivo de la fruta bomba (Carica papaya Lin.). Manual de fruta bomba. p 1-82.
- INIVIT. 2007. Manual de papaya. Instructivo técnico del cultivo de la fruta. Tercera Edición. p. 44.
- INIVIT. 2008. Instructivo técnico del cultivo de la fruta bomba. Segunda edición. Biblioteca ACTAF. 11 p.
- JUÁREZ, L. 2013. Carica papaya, una planta con efecto terapéutico. Horizonte Sanitario. 12(2): 35 - 36
- KADER, A. A. 2002. Papaya. postharvest technology research information center, Department of pomology University of California. Davis [en línea]. Disponible en: <http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/Fruit/papaya.sht>. [Consulta: septiembre, 21 2017].
- KADER, A. A. 2004. Recommendations for maintaining postharvest quality. Papaya produce facts. postharvest technology research information center, Department of pomology University of California. Davis. Davis [en línea]. Disponible en: "<http://rics.ucdavis.edu/>" \t "_blank" <http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/Fruit/papaya.sht>. [Consulta: septiembre, 21 2017].
- LIBERATO, J. R. 2002. Anthracnose on papaya fruit. Pest and diseases image library [en línea]. Disponible en:<http://www.PADIL.htm>. [Consulta: noviembre, 19 2017].
- LURIE, S. 1998. Postharvest Heat Treatments of Horticultural Crops. Hort Rev 22: 91-21.

Evaluación de tratamientos poscosecha en frutos de papaya (Carica papaya L.) para su comercialización.

- MARÍN, DAYANA.; GRAU, YUDEIVIS Y CHACÓN, AHMED. 2016. Properties and susceptibility of papaya (*Carica papaya* L.) in postharvest [en línea]. Disponible en: <http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/html/v42n1/body/cag04115.html>. [Consulta: febrero, 5 2018].
- MARÍN, S. L.; YAMANISHI, O.; DOS SANTOS, D. Y MEISSNER, P. 2003. Identificação de pragas, doenças e factores abióticos do mamoe. Doc. Sector de Fruticultura da Universidade de Brasília No 1. 77 p.
- MARTÍNEZ, C. M. y GONZÁLEZ, YULEXY. 2006. "Tecnología del manejo poscosecha de la papaya (*Carica Papaya*) para el mercado fresco". Centro Agrícola. 33(2): 43.
- MARTINS, V. 1999. Colheita e Pós- Colheita. O Cultivo do Mamão. EMBRAPA. EMBRAPA Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica No 34. p. 71-76.
- MEIRELLES, R.; DE MATTOS, Y. Y MELGES, J. M. 2008. Qualidade do mamão cv. Solo submetido ao choque térmico e tratamento quarentenário por radiação gama. Brasileira de Fruticultura. 29(3): 8 -14.
- MONTERO, MARTA Y MOLINA, M. E. 2005. Tratamientos para reducir los daños por látex en mango (*Mangifera indica*) Agronomía Costarricense 29(3): 221-229.
- MULKAY, TANIA; PAUMIER. A.; CÁCERES, IVIS; ALONSO, O.; SISINO, A. Y GONZÁLEZ, J. 2006. Efecto del método físico y químico en la calidad poscosecha de la papaya (*Carica papaya* L.). Resultado de investigación. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Ciudad de la Habana. Cuba. 16 p.
- NISHIJIMA, W. T. 1994 a. Alternaria fruit spot. In compendium of Tropical Fruit Diseases. Ed. Dy Ploetz, R. C. Zentmyer G. A., Nishijima W. T. Rohrbach. K.G. and Ohr H. D. APS Press. St Paul. Brasil. p. 58-59.

Evaluación de tratamientos poscosecha en frutos de papaya (Carica papaya L.) para su comercialización.

- NISHIJIMA, W. T. 1994 b. Rhizopus Soft Rot. Papaya disease caused by fungi. Compendium of Tropical Fruit Diseases. De American Phythopathology Society. p. 63.
- ONEI. 2017. Anuario Estadístico de Cuba 2017. Venta de productos agropecuarios [en línea]. Disponible en: file:///G:/especialidad%203/Tablas%20en%20valor%20y%20fisico.%20Mercados%20Estatales.pdf. [Consulta: febrero, 19 2018].
- OSUNA, J. A.; CÁCERES, T.; MONTALVO, A.; MATA, M. Y TOVAR, B. 2007. Efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) y tratamiento hidrotérmico sobre la fisiología y calidad del mango 'Keitt'. Chapingo, Serie Horticultura. 13(2): 157-163.
- PÁEZ, A. R. 2003. Tecnología sostenible para el manejo de la antracnosis en Papaya y Mango. Valledupar. Corpoica. Boletín técnico No. 8. p. 2-16.
- PANTASTICO, E. B. 1979. Fisiología, postrecolección, manejo y utilización de hortalizas y frutos tropicales y subtrópicos. 2ª. ed. Ed. Continental. México D. F. p. 29-50.
- PAULL, R. E.; NISHIJIMA, W.; REYES, M. Y CAVALLETO, C. C. 1997. postharvest handling and losses during marketing of papaya (Carica papaya L.). Postharvest Biology II: 165-179.
- PÉREZ, L. F. 1999. Las enfermedades de la papaya y su manejo. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. 7 p.
- PÉREZ, L. F. Y GONZÁLEZ A. G. 2007. El cultivo del papayo. Editorial Científico – Técnico. p. 9-40.
- PLOETZ, R. C.; ZENTEMEYER, G. A.; NISHIJIMA, W. T.; ROHRBACH, K.G. Y OHR, H.D. 1997. Compendium of tropical fruit diseases, APS PRESS, USA. p. 56-70.

Evaluación de tratamientos poscosecha en frutos de papaya (Carica papaya L.) para su comercialización.

- PORTALES, J. M. Y RUÍZ, L. 2000. Manejo de la nutrición en el cultivo del papayo. Generalidades [en línea]. Disponible en: inivit@enet.cu. [Consulta: octubre, 18 2017].
- RAWAL R. D. 2010. Fungal diseases of Papaya and their management [en línea]. Disponible en:<http://www.actahort.org/>. [Consulta: junio, 8 2017].
- REIGOSA, M. 2003. Handbook of plant ecophysiology techniques. Kluwer Academic Publishers. 443 p.
- RODRÍGUEZ, A. 2000. El papayo 'Maradol' un aporte a la fruticultura tropical. Cubana de Agricultura. 1(1): 73-77.
- ROJO-BÁEZ, INDIRA; GARCÍA-ESTRADA, RAYMUNDO SAÚL; SAÑUDO-BARAJAS, ADRIANA; LEÓN-FÉLIX, JOSEFINA Y ALLENDE-MOLAR, RAÚL. 2017. Proceso de infección de antracnosis por *Colletotrichum truncatum* en papaya maradol [en línea]. Disponible en:<http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452017379>. [Consulta: febrero, 28 2018].
- RUIZ, A. M. 1991. Damage mechanisms in the handling of fruits. In: Mathews J. (Ed.) Progress in agricultural physics and engineering. New York: CAB Internacional. p. 231-257.
- SAAVEDRA, A. 2009. Características de calidad de frutos de Papaya Maradol en la madurez de consumo. Agric. Téc. Méx. 35(3): 10-15.
- SAGARPA. 2017. Papaya Mexicana. Planeación Agrícola Nacional 2017 – 2030 [en línea]. Disponible en:[file:///G:/Especialidad%201/Busquedas%20Bibliograficas%20Papaya/Potencia I-Papaya.pdf](file:///G:/Especialidad%201/Busquedas%20Bibliograficas%20Papaya/Potencia%20I-Papaya.pdf). [Consulta: febrero, 28 2018].
- SALVADOR A.; ARNAL, L.; NAVARRO, P. Y MARTÍNEZ-JÁVEGA, J. M. 2007. Aplicación de 1-MCP en ciruela 'Songold'. Memorias II Simposio Internacional de Fruticultura Tropical y Subtropical. 17-21 Septiembre. C. Habana. ISBN 978-959-296-001-5.

Evaluación de tratamientos poscosecha en frutos de papaya (Carica papaya L.) para su comercialización.

- SANTAMARÍA, F.; DÍAZ, R.; DUCH, S.; ESPADAS, F.; SANTAMARÍA, J. M. Y LARQUÉ, A. 2009. Características de calidad de frutos de papaya maradol en la madurez de consumo. *Agricultura Técnica en México*. 35(3): 347 – 353.
- SAÑUDO, J. A.; SILLER, J.; OSUNA, T.; MUY, D.; LÓPEZ, G. Y LABAVITH J. 2008. Control de la maduración en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) con 1-metilciclopropeno y ácido 2-cloroetilfosfónico. *Fitotecnia Mexicana*. 31(2): 141-147.
- SEMILLAS DEL CARIBE. 2003. Cosecha poscosecha y Empaque. Sección Tecnología. Semillas del caribe.
- SHAKILA, A. Y ANBURANI A. 2010. Effect of storage temperatures on the quality and shelf life of Papaya [en línea]. Disponible en:<http://www.actahort.org/>. [Consulta: septiembre, 25 2017].
- SILVA, C. F. B.; MICHEREFF, S. J.; ALBUQUERQUE, H. S.; SILVA, J. A.; OLIVEIRA S. M. A. Y DANTAS, S. A. F. 2002. Epidemiología de enfermedades fúngicas de enfermedades poscosecha en frutos de papaya. Universidad Federal Rural de Pernambuco. Brasil. *Boletín Microbiológico*. 17 (17): 1-7.
- SOUZA G. 1998. Características físicas, químicas e sensoriais do fruto de cinco cultivares de mamoeiro (*Carica papaya* L.) produzido em Macaé-RJ. Dissertação Tesis en opción al título de Máster en Producción Vegetal. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Macaé.
- SRINU, B.; MANOHAR, A.; VEENA, K.; NARENDER, S AND HARISH, SHARMA. 2017. Los tratamientos de CaCl₂ mejoran la vida poscosecha de la papaya [en línea]. Disponible en:http://www.poscosecha.com/es/noticias/80612/_id:80612/. [Consulta: febrero, 28 2018].
- STATISTICA, 2003. Data analysis software system, Version 6.1. StatSoft, Inc. www.statsoft.com.
- STOREY, W. B. 1953. Genetics of the papaya. In: *J. Heredity*. 44: 70-78.

Evaluación de tratamientos poscosecha en frutos de papaya (Carica papaya L.) para su comercialización.

- TAYLOR, J. Y. AND TUCKER, G. 1993. Biochemistry of fruit ripening, Chapman and Hall. p. 290-323.
- THANGARA, J. T. 2010. An insights into the post harvest handling and storage of papaya (*Carica papaya* L.) [en línea]. Disponible en:<http://www.wactahort.org/>. [Consulta: enero, 16 2018].
- VALENCIA, KARINA; DUANE, DANAE; HERNÁNDEZ, Á. Y TIRSO, JAVIER. 2017. Estudio del mercado de papaya mexicana: Un análisis de su competitividad (2001 – 2015). *Suma de Negocio*. 8:131-139
- VELA, G. 2002. Maduración acelerada de papaya Maradol (*Carica papaya* L.) en atmósferas modificadas con etileno. Instituto Tecnológico de Veracruz. Mexico.
- VENKATESAN, S.; SUDHAGAR, R.; KAMALAKANNAN, S. Y MANIVANNAN K. 2010. Effect of Borneol on post harvest behaviour of Papaya [en línea]. Disponible en:<http://www.wactahort.org/>. [Consulta: enero, 16 2018].
- ZAENS, M. V. 2004. Biología y fisiología de los productos frescos y principales fuentes de contaminación. Universidad de Costa Rica. Centro de Investigaciones Agronómicas. Laboratorio de tecnología poscosecha. Conferencia. 15 p.
- ZAVALA, M. J.; TUN, J. M.; CRISTÓBAL, J.; SÁNCHEZ, R.; GUTIÉRREZ, O.; VÁZQUEZ, M. Y MÉNDEZ, R. 2005. Control poscosecha de la antracnosis en papaya y sensibilidad de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. a fungicidas organosintéticos Chapingo. *Serie Horticultura*. 11(2): 251-255.
- ZHOU, L.; PAULL, R. E. AND CHEN, N. J. 2004. Papaya. In: Gross. K. C.; Wang, Ch. Y. and Saltveit, M. *The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks agricultural*. Agriculture Handbook. Number 66.