

**Universidad de Matanzas
Facultad de Ciencias Agropecuarias**



**EFFECTO DE TRATAMIENTOS POSCOSECHA EN FRUTOS
DE GUAYABA (*Psidium guajava* L.) cv. ENANA ROJA
EN JAGÜEY GRANDE**

MAGALYS MORENO CÁRDENAS

**Matanzas
2018**



UNIVERSIDAD DE MATANZAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



EFFECTO DE TRATAMIENTOS POSCOSECHA EN FRUTOS DE GUAYABA (*Psidium guajava* L.) cv. ENANA ROJA EN JAGÜEY GRANDE

Tesis presentada en opción al Título de
Especialista en Fruticultura Tropical

Autor: Ing. Magalys Moreno Cárdenas

Tutor: Dr. C. Miguel Aranguren González

Jagüey Grande

2018

DEDICATORIA

A mis padres, hijo y esposo.

AGRADECIMIENTO

A mi tutor el Dr.C. Miguel Aranguren González por su constante apoyo, acertada orientación y esfuerzo durante el trabajo de investigación, redacción y presentación de esta tesis.

Al profesor de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Matanzas, Dr.C. Ramón Liriano González por su apoyo a la realización y culminación de esta especialidad.

A la Técnico Jenny Rodríguez Expósito por su apoyo en el trabajo de laboratorio y análisis de la calidad de los frutos.

Sin olvidar el apoyo incondicional de mí esposo, Humberto Gil Pérez.

Para todos los que de una forma u otra me apoyaron.

Muchas gracias.

RESUMEN

El guayabo *Psidium guajava* (L.) es un frutal de gran importancia económica ya que sus frutos son muy apreciados para la producción de jugos, néctares, mermeladas y frutos frescos. Como parte de la diversificación de los frutales en la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón”, se establecieron plantaciones de este cultivo, sin embargo, es necesario establecer una estrategia de manejo poscosecha que garantice su calidad en esta etapa por mayor tiempo. El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de grado de maduración en la cosecha y los tratamientos hidrotérmico y el empleo de cera con fungicidas en la vida de anaquel de los frutos de guayaba cv. 'Enana Roja Cubana E.E.A 1-23' con destino al mercado como frutos frescos. Las frutas se recolectaron de una plantación compacta de guayaba de la Unidad Empresarial de Base No 2 y se agruparon por el color del exocarpo en grados de maduración II (frutos verdes claro en madurez fisiológica) y III (frutos verde amarillos maduros) se trasladaron al laboratorio de la Unidad de Acondicionamiento y Ventas, donde se le aplicaron los siguientes tratamientos: I (Testigo frutos grado II); II (Testigo frutos grado III); III (Cera + TBZ + Imazalil a frutos grado II); IV (Cera + TBZ + Imazalil a frutos grado III); V (Hidrotérmico 45-50°C 2 minutos + cera sola a frutos grado II) y VI (Hidrotérmico 45-50°C 2 minutos + cera sola a frutos grado III). Se colocaron en cajas telescópicas distribuidas en cinco repeticiones de 10 frutos y se mantuvieron en condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente (18-25°) y humedad relativa 75-80% en el laboratorio por 12 días. En los frutos antes del tratamiento se diagnosticaron los principales defectos que afectan la calidad de las frutas presentes en el exocarpo y durante el almacenamiento se realizaron evaluaciones cada dos días de los siguientes indicadores de calidad: pérdida de masa fresca (%), color del exocarpo (visual), firmeza del mesocarpo (kgf), sólidos solubles totales (°Brix), pudriciones totales (%) y clasificación por tipo de pudrición. En el momento de la recolección las frutas independientemente del grado de maduración presentaron entre los daños de mayor incidencia en el exocarpo los ocasionados por ácaros y trips, por mala manipulación durante la cosecha como heridas, golpes, rameados o rozaduras y durante la poscosecha por las enfermedades antracnosis y pudrición estilar. Al inicio del almacenamiento los frutos de los diferentes tratamientos presentaron indicadores de calidad aceptables para la comercialización al mercado de frutas frescas nacional ó la industria. Los tratamientos que incluyeron la aplicación de fungicidas en la cera contribuyeron a la disminución de las pérdidas de masa, con mayor firmeza y una maduración adecuada de las frutas recolectadas en los grados de maduración II y III hasta los ocho días, y a partir de los 10 días el deterioro de los frutos por pudriciones por Antracnosis y Parda los invalidó para la comercialización. Los tratamientos con cera fueron efectivos en el retraso de la maduración en las frutas.

Palabras claves: poscosecha - daños - pérdidas de peso – pudriciones - calidad

| INDICE | Pág. |
|---|-------------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 5 |
| 2.1. Generalidades sobre el cultivo del guayabo | 5 |
| 2.1.1. Origen de la especie y distribución mundial | 5 |
| 2.1.2. Ubicación taxonómica | 5 |
| 2.1.3. Cultivares de guayabo..... | 6 |
| 2.2. La cosecha de las frutas de guayaba..... | 8 |
| 2.3. Causas que determinan el deterioro de las frutas de guayaba | 9 |
| 2.4. Poscosecha de las frutas de guayaba | 13 |
| 2.4.1. Fisiología de la maduración de las frutas | 13 |
| 2.4.2. La transpiración | 14 |
| 2.4.3. El etileno. | 15 |
| 2.5. Procedimientos de manejo tecnológico durante la poscosecha de frutas | 17 |
| 2.5.1. Sistemas de acondicionamiento | 17 |
| 2.5.2. Sistemas de almacenamiento | 18 |
| 2.5.3. Otros tratamientos | 20 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS | 24 |
| 3.1. Ubicación de la investigación | 24 |
| 3.2. Material vegetal utilizado | 24 |
| 3.3. Diagnóstico de los defectos que afectan la calidad en frutas de guayaba | 25 |
| 3.3.1. Principales defectos que afectan la calidad de las frutas de guayaba..... | 25 |
| 3.3.2. Descripción de los defectos presentes en las frutas de guayaba | 25 |
| 3.4. Influencia de tratamientos poscosecha en la calidad de frutas de guayaba | 26 |
| 3.4.1. Efecto de los tratamientos poscosecha en las pérdidas de peso | 26 |
| 3.5. Evaluación de la calidad físico-química poscosecha en frutos de guayaba..... | 28 |
| 3.6. Programa estadístico empleado | 29 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 30 |
| 4.1. Diagnóstico de los defectos que afectan la calidad en frutas de guayaba | 30 |
| 4.1.1. Principales defectos que afectan la calidad de las frutas de guayaba..... | 30 |
| 4.1.2. Descripción de los defectos presentes en las frutas de guayaba | 31 |
| 4.2. Influencia de tratamientos poscosecha en la calidad de frutas de guayaba | 35 |

| | |
|---|-----------|
| 4.2.1. Efecto de los tratamientos poscosecha en las pérdidas de peso | 35 |
| 4.2.2. Efecto de los tratamientos poscosecha en los cambios de color del fruto ... | 37 |
| 4.2.3. Efecto de los tratamientos poscosecha en las pudriciones de los frutos | 38 |
| 4.3. Evaluación de la calidad físico-química poscosecha en frutos de guayaba..... | 41 |
| 4.3.1. Evolución en la poscosecha de la firmeza de los frutos de guayaba..... | 41 |
| 4.3.2. Evolución poscosecha de los sólidos solubles en frutos de guayaba | 43 |
| 5. CONCLUSIONES | 45 |
| 6. RECOMENDACIONES..... | 46 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA | 47 |

1. INTRODUCCIÓN

La guayaba (*Psidium guajava* L.) es un cultivo que pertenece a la familia de las Myrtaceas y es originario de América. Actualmente se encuentra muy difundido en todo el mundo. La producción mundial de guayaba es de alrededor de 1,2 millones de toneladas, los principales países productores de guayaba en el mundo son: Pakistán, Egipto, México, Estados Unidos, Brasil, Venezuela, Colombia, Malasia, Tailandia, Perú, India, Sudáfrica, Indonesia y República Dominicana. Egipto es el mayor exportador de guayaba fresca; le siguen Brasil, México, República Dominicana e India, que son los principales exportadores de procesados de guayaba, cuyo principal mercado es Estados Unidos. En los países desarrollados, la guayaba se ubica como producto étnico o exótico; el grupo de compradores importantes estaría integrado por Canadá, Japón, la Unión Europea y el resto de los países de Europa Occidental (Agenda de Innovación Guerrero, 2012).

Las frutas de guayaba, son consideradas promisorias por su agradable sabor y riqueza nutritiva reflejada en el contenido de vitaminas, minerales, aminoácidos y fibra; acorde a las necesidades y/o preferencias de los consumidores de alimentos sanos, nutritivos, fáciles de preparar y presentar componentes que puedan reducir o prevenir algunas enfermedades. Presenta alto contenido en vitamina C (ácido ascórbico), la cual es importante para la salud como antiescorbútica y para la industria alimentaria (Romero, 2003; Rueda *et al.*, 2006).

La guayaba es altamente perecedera por causa de su intenso metabolismo durante la maduración, por lo que clasifica como fruta climatérica (Mercado-Silva *et al.*, 1998; Pal y Singh, 2008; Kader, 2013). Esta característica es de suma importancia en el periodo de poscosecha si se piensa en su comercialización como fruta fresca a mercados distantes (Azzolini *et al.*, 2004).

Las operaciones de cosecha y poscosecha son esenciales para garantizar que el fruto madure adecuadamente, con calidad y con el mínimo de pérdidas durante la postproducción, que pueden ser ocasionadas por la presencia de defectos como malformaciones, quemaduras de sol, heridas (raspaduras, cortes, cicatrices, daños

por plagas como la mosca (*Anastrepha* spp.) y el picudo de la guayaba (*Conotrachelus psidii* Marshall), manchas, pardiamiento y daños por pudriciones causadas por hongos (Álvarez, 2000; Carmen *et al.*, 2012; Leiva, 2012).

La guayaba se cosecha en forma manual, con madurez fisiológica, en el estado verde-maduro (cambio de color del verde oscuro al claro) en países donde los consumidores las prefieren en este estado. En naciones donde los consumidores prefieren las guayabas maduras, las frutas se cosechan en estados firme-maduro a madurez media de consumo (más blandas) para un transporte de larga distancia, o bien en plena madurez de consumo (amarillas y blandas) para mercados locales (Kader, 2013).

Durante la poscosecha de las frutas de guayaba se recomienda el lavado con hipoclorito de sodio a 150 ppm (Sánchez, 2012), clasificación y embalaje. El embalaje se realiza con el objetivo de disminuir los golpes internos que reducen su vida poscosecha. En algunos países como el Salvador, la fruta se comercializa en jabas de 25 libras, si se destinan para los supermercados, a cada fruta se le coloca una malla protectora de espuma (García *et al.*, 2011).

Otra práctica poscosecha es la temperatura óptima de almacenamiento, para guayabas verde-maduras y parcialmente maduras es de 8-10 °C con una vida potencial de almacenamiento de dos a tres semanas y de 5-8 °C para guayabas completamente maduras con vida potencial de almacenamiento de una semana (Yam *et al.*, 2010). En la actualidad se realizan estudios para la definición de tratamientos o combinación de estos que prolonguen la vida del fruto y mantenga mejor su calidad, como por ejemplo la aplicación de productos bioactivos como la quitosana (Castellano *et al.*, 2005; Parada *et al.*, 2009; García *et al.*, 2011; Rodríguez *et al.*, 2012).

En Cuba se recomiendan la cosecha de la guayaba para consumo fresco cuando recién comienza a cambiar el color de la corteza (verde amarillento), las semillas estén bien formadas y el color de la pulpa esté cambiando a rosado. Las frutas después de recolectados se protegerán del sol y la lluvia hasta su transportación,

hasta la recepción por el centro de acopio o la unidad comercializadora (NC-340, 2004).

El almacenamiento en cámaras frigoríficas se realizará a temperatura de 10 °C, humedad relativa de 90 % a 95 % y el tiempo de almacenamiento dependerá del estado de madurez y destino del producto. Los cultivares que tradicionalmente se cultivan en Cuba son los introducidos desde la Florida y los que se han obtenido en el país como 'Enana Roja Cubana 'E.E.A 18-40', 'E.E.A 1-23', Cultivares 'N1' al 'N9', 'Suprema Roja': 'Cotorrera' o 'Criolla' (MINAG, 2011).

La Empresa Agroindustrial Victoria de Girón en Jagüey Grande, ha diversificado sus producciones con el desarrollo de frutales no cítricos a partir de las afectaciones a los cítricos por enfermedades de alto impacto como el HLB, la ocurrencia de fenómenos atmosféricos extremos (huracanes) y la carencia de recursos para cumplir con las exigencias tecnológicas.

En la actualidad la producción de guayaba cv "Enana Roja" se ha incrementado y su principal destino es el mercado nacional como fruta fresca e industria y el mercado en frontera o del turismo. Los frutos de guayaba son muy perecederos y pierden sus características de calidad en poscosecha de forma acelerada; por esta razón son necesarios tratamientos de acondicionamiento que extienda su vida de anaquel.

Problema

Durante la comercialización de los frutos de guayaba las pérdidas resultan elevadas por la presencia de daños en la cosecha que limitan su calidad y el inadecuado manejo en la poscosecha que reduce su vida de anaquel

Hipótesis

Si se determinan en la cosecha los daños que causan las pérdidas de frutos de guayaba cv. 'Enana Roja E.E.A 1-23' y se establecen en poscosecha estrategias de manejo eficientes, entonces se podrá mantener la calidad y extender su vida de anaquel de los frutos destinados a la comercialización en el turismo.

Objetivo general

Contribuir al desarrollo de la tecnología poscosecha de frutas del guayabo cv. 'Enana Roja Cubana E.E.A 1-23', con destino al mercado en fresco de la Empresa 'Agroindustrial Victoria de Girón' en Jagüey Grande.

Objetivos específicos

- Diagnosticar los principales defectos que afectan la calidad de las frutas de guayaba antes del tratamiento poscosecha.
- Determinar la influencia de tratamientos hidrotérmico, fungicida y cera en las pérdidas de peso, cambios de color y las pudriciones poscosecha en frutas de guayaba para el mercado en fresco.
- Evaluar durante el almacenamiento la evolución de la firmeza y sólidos solubles en los frutos de guayaba sin tratamiento como indicadores de calidad poscosecha.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades sobre el cultivo del guayabo

2.1.1. Origen de la especie y distribución mundial

La guayaba es originaria de la América Tropical Continental, puede encontrarse en forma silvestre y cultivada en todas las regiones tropicales y subtropicales de Centroamérica, América del Sur, parte de México y otras regiones del mundo. Se cultiva en forma comercial en la India, Sudáfrica, Pakistán, Estados Unidos, Australia, Filipinas, Venezuela, Brasil, México, Cuba, Egipto, Tailandia, Indonesia, Colombia y algunos otros países. Actualmente el cultivo de la guayaba se encuentra muy difundido en todo el mundo. La producción mundial de guayaba es de alrededor de 1,2 millones de toneladas (Agenda de Innovación Guerrero, 2012).

Los principales países productores de guayaba en el mundo son: Pakistán, Egipto, México, Estados Unidos, Brasil, Venezuela, Colombia, Malasia, Tailandia, Perú, India, Sudáfrica, Indonesia y República Dominicana, Kenya, Cuba, Puerto Rico, Haití. Egipto es el mayor exportador de guayaba fresca; le siguen Brasil, México, República Dominicana e India, que son los principales exportadores de procesados de guayaba, cuyo principal mercado es Estados Unidos. En los países desarrollados, la guayaba se ubica como producto étnico o exótico; el grupo de compradores importantes estaría integrado por Canadá, Japón, la Unión Europea y el resto de los países de Europa Occidental (Agenda de Innovación Guerrero, 2012).

2.1.2. Ubicación taxonómica

El guayabo se ubica según la taxonomía en:

Orden: Myrtales.

Familia: Myrtaceae

Género: *Psidium*

Especie: *Psidium guajava* (L.)

La familia de las Myrtaceas cuenta con unos 60 géneros y con algo más de 2000 especies, siendo gran número de ellos forestales, otras de importancia medicinal y como frutal resulta el más valioso el *Psidium guajava* L., conocido comúnmente como guayaba (Carballosa de la Paz y Gaskins, 2013).

2.1.3. Cultivares de guayabo

Los principales cultivares que se producen y comercializan en el mundo son de pulpa roja como 'Paluma', 'Rica', 'Pedro Sato', 'Ogawa', 'IAC-3', 'IAC-4', 'Sassaoka', 'Kumagai' y 'Século XXI', 'Regional Roja' y de pulpa blanca 'Iwao', 'Kumagai' y 'White Selection of Florida', 'Ráquira Blanca' (Pereira *et al.*, 2003; Pereira y Nachtigal, 2009; Solarte *et al.*, 2010; Méndez-Pereira y Kavati, 2011).

En Brasil, los cultivares rojos de piel rugosa, principalmente 'Pedro Sato', 'Sassoka' y 'Paluma' son los más plantados para la producción de fruta fresca; estos cultivares y la variedad 'Kumagai' de pulpa blanca, son la base de la exportación brasileña de guayaba (Méndez-Pereira y Kavati, 2011).

En Colombia se cultivan diferentes cultivares, tales como 'Regional Blanca', 'Regional Roja', 'Regional Rosada', 'Ráquira Blanca', 'Guavatá Victoria', 'Pera' y 'Manzana', 'Guavata Victoria' y 'Palmira ICA I' (Solarte y Melgarejo, 2010; Espinal, 2010).

En Cuba, la guayaba se cultiva en casi todas las provincias y en mayor escala en Holguín, Santiago de Cuba, Matanzas, Guantánamo, Santi Spíritu, Villa Clara, Camagüey, Granma, Cienfuegos y Pinar de Río y en menor escala el resto de las provincias con rendimientos aceptables; sin embargo, es un frutal de grandes perspectivas, por lo que en la actualidad ha existido un incremento en la siembra en los últimos cinco años (Carballosa de la Paz y Gaskins, 2013).

Los cultivares que tradicionalmente se cultivan en Cuba son los introducidos desde la Florida y los que se han obtenido en el país como 'Enana Roja Cubana' (E.E.A 18-40, E.E.A 1-23), cultivares 'N1' al 'N9', 'Suprema Roja': 'Cotorrera' o 'Criolla' (MINAG, 2011).

La tecnología de manejo de los cultivares enanos 'EEA 18- 40' y 'EEA 1- 23' posibilita la recolección durante todo el año en Cuba. Sin embargo, en el país existen dos épocas definidas de producción: de marzo a abril y la otra de agosto a octubre, la primera es de menor magnitud (NC ISO 87, 2003).

Los principales cultivares que se cultivan en Cuba (MINAGRI, 2011) presentan las siguientes características:

Enana Roja Cubana (EEA 18-40). Es un cultivar obtenido en Cuba por selección, el árbol es de porte pequeño, con follaje denso las ramas extendidas y con una copa de tres metros de diámetro aproximadamente y una altura de sólo de 2,7 m. La producción se inicia antes de los seis meses de injertada. El fruto es de mediano a grande y de forma ovoide, el epicarpio liso, de poco espesor y de coloración amarillo claro. Es un cultivar muy productivo, reportándose en plantaciones de cuatro años de edad rendimientos de cerca de 100 t.ha⁻¹, en cultivar intenso, con un marco de plantación de 1,5 x 4,5 m (Carballosa de la Paz y Gaskins, 2013).

Enana Roja Cubana (E.E.A 1-23). Es un árbol de porte pequeño, más ancho que alto. Frutos ovalados de tamaño mediano a grande con pulpa de color rosado. Alto potencial productivo (50 t.ha⁻¹/año a 5,0 x 2,0 m) y las hojas son grandes de color verde claro.

Cultivares N1 al N9. Cultivares de porte alto, con frutos ovalados, de tamaño mediano a grande, donde los denominados del uno al seis son de pulpa roja y los del siete al nueve de pulpa blanca.

Suprema Roja. Cultivar de porte alto, fruto redondeado y grande con pulpa de color rojo, muy apreciado como fruto para consumo fresco.

Cotarrera o Criolla. Los árboles se originan de semillas, de porte alto, con frutos pequeños, el color de la pulpa varía desde blanca, amarilla, rosada o roja se emplea esencialmente como patrón o porta injerto (Pardo y Pérez, 2006).

2.2. La cosecha de las frutas de guayaba

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 manejadas, transportadas y comercializadas las frutas, así como sobre su duración en el almacén, su calidad organoléptica y el precio.

Por la naturaleza delicada y altamente perecedera de las frutas de guayaba, la cosecha debe hacerse a mano tanto como sea posible; se debe recortar el pedúnculo para evitar el daño con otras frutas. Realizarse bien temprano en la mañana y transportarse el mismo día en cajas adecuadas, lavadas y desinfectadas, para evitar la infección de diferentes patógenos (MINAG, 2011).

Las frutas de guayaba son climatéricas, pues la cosecha debe realizarse antes de que alcancen el punto climatérico, ya que las frutas que se maduran en el árbol son de aroma inferior y poco resistente al transporte. Entre más tierna esté la fruta cosechada, será más sensible a las bajas temperaturas y se deshidrata más rápidamente en poscosecha. Una recolección tardía reduce la vida poscosecha y hace al fruto más susceptible al ataque de microorganismos, así como a los daños mecánicos, reduciendo su valor en el mercado (Mercado-Silva *et al.*, 1998; Pal y Singh, 2008; Kader, 2013).

Por tanto, la determinación apropiada del grado de madurez de las frutas para realizar la cosecha es de gran importancia, ya que define el momento correcto de realización de la misma, repercute en la vida poscosecha y en la calidad durante la comercialización (Wu *et al.*, 2011).

Existen diferentes criterios para la recolección de las frutas, en países donde los consumidores la prefieren con madurez fisiológica que en el estado verde-maduro (cambio de color del verde oscuro al claro), otros maduras, las frutas se cosechan en estados firme-maduro a madurez media de consumo (más blandas) para un transporte de larga distancia, o bien en plena madurez de consumo (amarillas y blandas) para mercados locales (Kader, 2013).

Por lo general, las frutas para consumo fresco se cosechan cuando recién comienza a cambiar el color de la corteza (verde amarillento), las semillas estén bien formadas y el color de la pulpa esté cambiando a rosado, con el objetivo de alargar la vida útil ya que su utilización no es inmediata y requiere una mejor presencia exterior. Se debe cosechar dos o tres veces por semana (MINAG, 2011).

En regiones tropicales, la guayaba presenta producción durante todo el año, presentándose la cosecha entre 120 a 180 días después de la floración, dependiendo del cultivar, de la época del año y de las condiciones agroecológicas y del cultivo. Mercado-Silva *et al.* (1998) y Solarte *et al.* (2010) encontraron que el fruto de guayaba cultivar 'Media China' en la temporada primavera-verano requirió 130 días desde floración hasta la cosecha, mientras que el fruto en la temporada de otoño-invierno necesitó 190 días para alcanzar la madurez.

La Norma Cubana NC 340 (2015) establece que las guayabas deberán ser recolectadas con cuidado después de haber alcanzado un grado de desarrollo tal que les permitan proseguir el proceso de maduración hasta que alcancen el grado de madurez apropiado, de acuerdo con el criterio peculiar de la variedad y la zona en que se producen. Las frutas después de recolectados se protegerán del sol y la lluvia hasta su transportación, hacia el centro de acopio o la unidad comercializadora.

2.3. Causas que determinan el deterioro de las frutas de guayaba

El deterioro de las frutas es originado por varias causas, entre estas se encuentran principalmente las lesiones mecánicas que deprecian la fruta y son causa de elevadas pérdidas. Pueden tener lugar antes de la cosecha, por acción del viento, el granizo y la presión ejercida por las frutas adyacentes, a medida que crecen o que aumentan su turgencia o producirse durante la recolección o después de ella, como consecuencia de la presión manual ejercida por los recolectores y envasadores y los impactos sufridos en el transporte o causados por la maquinaria de clasificación.

También la presencia de especies de ácaros, insectos plagas en el cultivo del guayabo causa daños traducidos principalmente en pérdidas a la producción y baja calidad de las frutas. Entre las plagas con mayor incidencia en los resultados económicos se encuentran la mosca frutera, principalmente de la especie *Anastrepha* spp. En Cuba, se reportan siete especies del género *Anastrepha* siendo la *Anastrepha suspensa* Loew y *Anastrepha oblicua* Moquart las de mayor distribución e importancia. También los Thrips de cinta roja (*Selenothrips rubrocinctus* Giard) y diferentes especies de ácaros son reportados como plagas que afectan la calidad de las frutas (MINAG, 2011).

Las enfermedades en el período poscosecha son consideradas como un factor indispensable para la implementación de tecnologías de manejo después de la recolección de los frutos. Los hongos son los principales agentes causales de las enfermedades en poscosecha.

Entre un 90 % y 100 % de las frutas de guayaba pueden ser afectadas por las enfermedades causadas por hongos durante la poscosecha (El-Sayed y Hassan, 2015). La pudrición apical por *Dothiorella* spp., ocasionó pérdidas, en más del 50 % de la producción, así como *Pestalotiopsis* spp., y *Colletotrichum gloeosporioides* incidieron en estas pérdidas (Domínguez, 1985; Pérez *et al.*, 2000).

Según Soares-Colletti *et al.* (2014) en mercados de Brasil, las enfermedades poscosecha más frecuentes en frutos de guayaba 'Kumagai' fueron las de infección latentes como la antracnosis, la mancha negra por *Guignardia psidii* y la pudrición por *Fusicoccum* con rango de incidencia de 23,6 % y 31,6 % y para los frutos 'Pedro Sato' fue la antracnosis, con una incidencia de 72,3 %.

La antracnosis es considerada una de las principales enfermedades poscosecha en diferentes cultivares de guayaba; se desarrolla en todas las regiones productoras de este cultivo y es muy severa en zonas de abundantes lluvias y elevada humedad relativa. En la superficie de los frutos aparecen manchas de color pardo, forma circular, tamaño pequeño a mediano, estas son más visibles e importantes en los frutos maduros, al principio son superficiales y a medida que avanzan los días la

podrición se hunde y puede penetrar en la pulpa; sobre su superficie se observa una coloración naranja típica de la esporulación del hongo (Mulkay, 2015).

Antracnosis: Causada por el hongo *Glomerella cingulata* (Stoneman) Spauld & Schrenk (anamorfo: *Colletotrichum gloeosporioides* Penz), se manifiesta por la presencia de áreas necrosadas en las hojas, donde podemos observar formaciones más o menos concéntricas, de puntos negros, que son los órganos de fructificación del hongo. Según el mismo autor, las ramas son el síntomas inicial de esta plaga y consiste en el apareamiento de manchas de coloración verde más intenso, que evolucionan para una necrosis alongada en el sentido longitudinal de la rama que más tarde se profundizan, pudiendo envolver toda la circunferencia y resulta en un secado de las puntas. También se observa con la fructificación del patógeno, una intensa defoliación en las ramas (Mulkay, 2015).

El *C. gloeosporioides* (Penz), es un hongo considerado cosmopolita que ataca diversas especies de plantas como hospedero, causando lesiones necróticas o manchas en todos los órganos aéreos de la planta como hojas, ramas pecíolos, flores y frutos, dependiendo de las condiciones ambientales favorables, el grado de susceptibilidad de la planta y también en la fase de poscosecha (Mulkay, 2015).

La antracnosis es más severa en condiciones lluviosas de temperatura entre 22°C a 28°C y alta humedad con una mayor ocurrencia en países tropicales y subtropicales, incidiendo directamente en la reducción de la calidad y la producción, además de ocasionar el aumento de los costos de producción por la necesidad de su control en campo y en la poscosecha (Mulkay, 2015).

La pudrición estilar en frutas de guayaba se caracterizan por lesiones de formas circulares, acuosas y se desarrollan en la zona estilar. Al transcurrir el tiempo la lesión avanza y se torna blanda de color pardo rojizo y en el área infectada aparecen picnidios del hongo de tamaños pequeños y color pardo brillante (Chadha, 1986) el agente causal es *Phomopsis psidii* De Camara.

La pudrición peduncular se desarrolla en la zona peduncular del fruto, se observa una mancha de color marrón rojiza fundamentalmente alrededor de los restos florales, que avanza hasta cubrir toda la superficie. En Estados de Venezuela la producción está limitada por problemas fitosanitarios, siendo esta enfermedad la más importante, ya que la misma disminuye la calidad de los frutos causando pérdidas de 30-40% y en caso severo hasta un 80% (FAO, 2002). El agente causal es *Macrophoma* spp.

La podredumbre marrón esta pudrición se desarrolla en la zona peduncular y es de color marrón, aparece en los Estados de Mérida (México) y Zulia (Venezuela) (Cedeño *et al.*, 1997). Puede ocasionar hasta 90 % de pérdidas de la producción, produce ablandamiento, cambios de color y olor, que limitan su uso para el consumo fresco y disminuye el rendimiento durante el procesamiento industrial, debido a la necesidad de separar la parte afectada por la enfermedad que es donde se encuentra el mayor contenido de sólidos solubles (Martínez *et al.*, 2005). En los frutos de guayaba otras pudriciones son causadas por: *Aspergillium niger* Van Teigh, *Aspergillium* spp., *Mucor* spp., *Rhizopus* spp. (Amadi *et al.*, 2014).

También en las frutas de guayaba se observan otras fisopatías como el pardeamiento, el cual se caracteriza por un oscurecimiento de la corteza del fruto, en tejidos vegetales se refleja cuando existen daño físico o durante el envejecimiento, que pueden ocasionar el incremento de la actividad enzimática como el de la enzima polifenoloxidasas (PFO) que ocasiona una de las reacciones de deterioro de mayor impacto y afectación en la calidad sensorial de las frutas, la PFO cataliza la transformación de o-difenoles en o-quinonas. Las o-quinonas son muy reactivas y atacan a una gran variedad de componentes celulares, favoreciendo la formación de polímeros pardos. El oscurecimiento producido por éstas enzimas causa grandes pérdidas a la industria agropecuaria (Vela, 2003).

El pardeamiento también está asociado a la conservación de las frutas a bajas temperaturas. Las frutas de guayaba en plena madurez de consumo son menos sensibles al daño por frío, que las frutas que se encuentran en estado verde-

maduro. Por lo que se recomienda, el almacenamiento en cámaras frigoríficas a temperatura de 10°C, humedad relativa de 90% a 95% y el tiempo de almacenamiento dependerá del estado de madurez y destino del producto (MINAG, 2011).

2.4. Poscosecha de las frutas de guayaba

2.4.1. Fisiología de la maduración de las frutas

La clasificación de la guayaba como fruto climatérico o no climatérico es contradictorio, algunos autores consideran que la guayaba es no climatérica (Azzolini *et al.*, 2005), mientras que otros la consideran climatérica (Kader, 2002; Bashir y Abu-Goukh, 2003; Singh y Pal, 2008; Solarte *et al.*, 2010; Yam *et al.*, 2010).

En los frutos de guayaba a medida que transcurre el periodo poscosecha aumenta la pérdida de masa, los sólidos solubles y el pH y disminuye la firmeza del fruto, y esto está influenciado por las características varietales, edad de la planta y por las condiciones climáticas y de cultivo a que hayan estado expuestos (Parra, 2014).

Los cambios fisiológicos que se presentan en el proceso de maduración poscosecha de las frutas están influenciados por el estado de madurez en el momento de la cosecha y por las condiciones climáticas predominantes en el cultivo y por las condiciones de manejo y almacenamiento poscosecha. En muchas frutas esta condición puede ser un carácter varietal (Azzolini *et al.*, 2005). Al respecto, Porat *et al.* (2009) estudiaron tres cultivares de guayaba cultivadas en Israel, el cultivar Ben Dov exhibió un comportamiento clásico climatérico, mientras que el cv King (pulpa rosada) presentó un comportamiento climatérico poco acentuado (suprimido) y el cv. 'Omri' (pulpa blanca/amarillenta) fue aparentemente no climatérico, ya que no mostró ningún aumento en la respiración y producción de etileno durante la maduración.

Según Solarte *et al.* (2010), este problema puede estar relacionado con el momento de la cosecha, ya que otras especies climatéricas como el melón, recolectados fuera de la madurez fisiológica, pueden comportarse como no climatéricos; además, también es probable el efecto varietal (genético) y de las condiciones ambientales.

Los cultivares climatéricos de la guayaba presentan valores de Intensidad Respiratoria entre 31 mg de CO₂ kg⁻¹h⁻¹, y 1,400 mg de CO₂ kg⁻¹h⁻¹ y de la producción de etileno durante la maduración después de la recolección oportuna, Kader (2013).

2.4.2. La transpiración

La transpiración es la pérdida de agua, desde los productos cosechados al medio exterior y está relacionada con las pérdidas de masa, que hace referencia a la difusión del agua y otras sustancias volátiles de las frutas, producto de la naturaleza de su metabolismo (respiración, transpiración), los gases se difunden en el aire que rodea el vegetal, debido al movimiento de moléculas de zonas de mayor concentración a zonas de menor concentración, hasta que se alcanza la condición de equilibrio, las estructuras a partir de las cuales ocurre este proceso son los hidátodos, estomas, lenticelas y cutícula (Salisbury y Ross, 1992; Kader, 2002).

La pérdida de agua en forma de vapor y otras sustancias volátiles en las frutas se produce a través de la epidermis, esta difusión metabólica de los gases la describe la primera ley de Fick, que establece que el flujo de un gas a través de una barrera de tejido es proporcional al gradiente de concentración (Lammertyn, 2003).

La pérdida de agua puede ser una de las principales causas de deterioro ya que da por resultado no solo pérdidas comerciales, sino también causa pérdidas en apariencia debido al arrugamiento por disminución en la turgencia de las estructuras celulares, la calidad en la textura se ve afectada por ablandamiento, flacidez y falta de firmeza de las frutas. El ablandamiento del fruto es uno de los principales aspectos del proceso de maduración y se considera como una consecuencia de modificaciones en la composición y estructura de la pared celular. Este ocurre a nivel celular por la participación de las enzimas pectinesterasa y poligalacturonasa, las cuales degradan la pectina y el ácido poligalacturónico presente en la pared celular de las células del fruto (Jeong *et al.*, 2002; Imsabai *et al.*, 2002; Arzate-Vázquez, 2011; Dueñas *et al.*, 2012).

El ablandamiento va acompañado por una rápida disminución de la protopectina, un incremento en la pectina soluble en agua junto con una alta y posterior caída en la tasa de respiración (Pantastico *et al.*, 1979).

Cabe destacar que los cambios en la composición de los polisacáridos de pared celular no son los únicos factores determinantes de la firmeza del fruto y las variaciones de textura que se observan durante la maduración (Dueñas *et al.*, 2012).

La temperatura de almacenamiento es fundamental en la disminución de la firmeza. Kader (2013) señala que en las frutas de guayaba almacenadas a temperaturas de 8,3°C a 10,0°C y 85% – 90% de humedad relativa, prolongan la vida del fruto durante dos a cinco semanas.

2.4.3. El etileno.

El etileno es una hormona que desempeña un papel esencial en la regulación de la maduración de los frutos climatéricos (Giovannoni, 2001). La producción de etileno en frutas de guayaba se encuentra entre 0,016 $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ y 94,0 $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$, con pico climatérico respiratorio entre los 3-12 días después de la cosecha; el pico de producción de etileno se observa en los días cercanos al máximo climatérico respiratorio (Solarte *et al.*, 2010).

La biosíntesis del etileno inicia por adición de adenina con la conversión de metionina a S-adenosil metionina (SAM) que se convierte luego en ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) y 5'-metiltioadenosina (MTA), reacción catalizada por la ACC sintasa (ACS) (Cervantes, 2002; Jordán y Casaretto, 2006; Jiang *et al.*, 2011), la cual es considerada como enzima clave, puesto que es inducida por muchos estímulos y mantiene un rol en la regulación de la producción de etileno en muchos tejidos de plantas (Abeles *et al.*, 1992). Además, la MTA es reciclada a metionina, lo cual permite que los niveles de metionina permanezcan relativamente inalterados incluso durante altas tasas de producción de etileno (Abeles *et al.*, 1992).

Finalmente, el ACC es oxidado por la enzima ACC oxidasa (ACO) para formar etileno (Cervantes, 2002). La oxidación en cuestión requiere la presencia de oxígeno y bajos

niveles de dióxido de carbono para activar la ACO (Bradford y Sheng, 2008).

Jordán y Casaretto (2006) señalan que la síntesis y actividad de esta enzima es estimulada no solo por etapas de desarrollo como cierto grado de madurez de las frutas sino por factores abióticos como inundación, sequía y daño mecánico por heladas, heridas. Arias y Toledo (2015) plantearon que la producción de etileno en los tejidos vegetales se incrementa en el rango de temperatura de 0°C a 25°C mientras que temperaturas mayores que 30 °C restringen drásticamente la síntesis y acción del etileno.

Existe un interés particular en el control selectivo de la producción de etileno en tejidos vegetales como flores, frutos y hojas, especialmente para inhibir los dramáticos incrementos en la producción de etileno relacionados con la senescencia de frutos y tejidos, abscisión y/o maduración. El uso de los inhibidores de la producción de etileno está limitado debido a que los productos hortícolas están siempre expuestos a la presencia de etileno exógeno. Por lo tanto, los inhibidores de la acción del etileno se consideran preferibles para su uso en la agricultura, debido a que proporcionan protección tanto contra los efectos del etileno endógeno como del exógeno (Feng *et al.*, 2000).

A pesar de los avances alcanzados, algunos inhibidores del etileno conocidos presentan inconvenientes relacionados con la probabilidad de exposición de los productos agrícolas, los cuales pueden resultar tóxicos como es el caso de tiosulfato de plata, mientras que otros como el 2,5-norbornadieno poseen olor fuerte y naturaleza corrosiva (Feng *et al.*, 2000).

Ha sido ampliamente observado que el CO₂ es un competidor de la acción del etileno. Su modo de acción es complejo, pero el CO₂ es utilizado en atmósferas controladas y atmósferas modificadas para extender la vida de anaquel de muchas frutas y verduras (Jordán y Casaretto, 2006).

El etileno a 100 ppm por uno a dos días puede adelantar la maduración de las guayabas del estado verde maduro al completamente amarillo a 15°C - 20°C y 90%-

95% de humedad relativa. Este tratamiento da lugar también a una maduración más uniforme, característica que es más importante en las frutas destinadas al procesamiento. Las guayabas verdes, sin madurez fisiológica, no maduran apropiadamente y adquieren una consistencia pastosa (FAO, 2014).

2.5. Procedimientos de manejo tecnológico durante la poscosecha de frutas

2.5.1. Sistemas de acondicionamiento

La poscosecha se concibe como el conjunto de operaciones y procedimientos que se pueden realizar entre la producción y el consumo (o utilización industrial) de los productos agrícolas para proteger su integridad y preservar su calidad.

Las tecnologías de manejo poscosecha se basan en el estudio de los factores relacionados con el deterioro del producto, su comportamiento fisiológico, las técnicas de almacenamiento y las estrategias para retardar su envejecimiento. Durante la poscosecha de la guayaba la selección de las frutas que se ejecuta de forma manual tiene como objetivo eliminar aquellas que presentan marcas o daños en el exocarpio.

Otro de los pasos a seguir en la poscosecha es el lavado y la desinfección de la fruta que tienen como función remover la suciedad y los microorganismos patógenos de la superficie del aguacate. El lavado es superficial y con él se reduce la carga microbiológica que trae la fruta desde el campo. Esta operación es muy importante para preservar la calidad de la fruta (extender la vida anaquel) y minimizar el riesgo de transmitir enfermedades a los consumidores. En el caso de la desinfección se utiliza una solución desinfectante, en la que se sumergen las frutas; principalmente se utiliza agua clorada (100 ppm a 150 ppm), utilizando hipoclorito de sodio o de calcio, en un tratamiento por inmersión que tarda de dos a tres minutos (Bernal y Díaz, 2008; Sandoval *et al.*, 2010).

Las frutas de guayaba se recomienda el lavado con hipoclorito de sodio a 150 ppm (Sánchez, 2012), clasificación y embalaje. Seguido se realiza el empacado, en la guayaba por ejemplo algunos comercializadores utilizan jabas de 25 libras de frutas,

si se destinan para los supermercados a cada fruta se le coloca una malla protectora (espumado) y si es para el mercado informal generalmente no se le coloca la protección (García *et al.*, 2011).

Aular *et al.* (2001) cita a varios autores que indican que en frutos de durazno el tratamiento térmico con agua a 46, 50 o 52°C por 2,5 minutos controló la pudrición causada por *Rysopus stolonifer*, con reducción en la evolución del etileno y ablandamiento de los frutos por inactivación de las enzimas pécticas. En maracuyá el tratamiento de los frutos por inmersión en agua a 47,5°C por 5 minutos retardo la aparición de pudriciones, pero por 10 minutos aumento la pérdida de masa de los frutos y aumentaron las pudriciones. La combinación de hidrotemia y aplicación de fungicidas en duraznos y papaya controló satisfactoriamente las pudriciones.

2.5.2. Sistemas de almacenamiento

El propósito de los sistemas de almacenamiento es dar al producto condiciones ideales para que se mantenga en el mejor estado de calidad por el mayor periodo de tiempo posible. La vida de anaquel puede ser incrementada mediante tratamientos como control poscosecha de enfermedades, regulación de atmósferas, tratamientos químicos, aplicación de ceras, refrigeración (Sarroca *et al.*, 2006).

El almacenamiento a bajas temperaturas es el método más comúnmente usado para extender la vida de anaquel del aguacate (Workne *et al.*, 2010; Getine, 2011). El tiempo durante el cual puede ser mantenido en frío sin sufrir daños, depende de la variedad, temperatura de almacenamiento y periodo de almacenamiento. Kader (2002), Yirat *et al.* (2009), Suárez *et al.* (2009) y Gutiérrez *et al.* (2012) en frutas de guayaba 'Criolla Roja' y guayaba "Pera" almacenadas a temperaturas entre 12-27°C lograron extender la vida de anaquel hasta por 20 días.

Es muy importante evitar las fluctuaciones en la temperatura del almacén y transporte, ya que esto puede ocasionar daño por frío, maduración y ablandamiento irregular y favorecer la presencia de pudriciones (Undurraga y Olaeta, 2003). Existen algunos parámetros que determinan los factores que intervienen en el

almacenamiento al frío (Hardenburg *et al.*, 1968) y estos son:

Calidad del producto: Los productos deben hallarse en excelentes condiciones, de óptima calidad y estar libre de roturas de piel, magulladuras, síntomas de descomposición y cualquier otra indicación de deterioro.

La temperatura: La temperatura de las cámaras de almacenamiento deben mantenerse los más constantes posibles, variaciones de ± 1 °C o 2 °C de las temperaturas recomendadas resultan excesivas para la mayoría de los casos de almacenamiento prolongado. La temperatura óptima de almacenamiento difiere con los cultivares.

Con el almacenamiento refrigerado y un buen control de temperatura, se pueden retardar los fenómenos degradatorios para lograr una mayor duración, manteniendo la calidad de la fruta. Además se inhibe o disminuye el desarrollo de hongos y reduce la deshidratación en poscosecha.

La temperatura óptima para guayabas verde-maduras y parcialmente maduras (vida potencial de almacenamiento de dos o tres semanas) está entre 8°C y 10°C y para guayabas completamente maduras (vida potencial de almacenamiento de una semana) está entre 5 °C y 8 °C (Solarte *et al.*, 2010).

Suárez (2009) evaluaron el efecto de la temperatura y el estado de madurez sobre la calidad poscosecha en la guayaba 'Criolla', la menor pérdida de peso, las mejores condiciones de apariencia y color en las frutas fue a 12°C \pm 2°C, además la relación SST/Acidez se incrementó y la vitamina C disminuyó, el proceso de la maduración se retardó por una semana.

La humedad relativa: La humedad del aire en las cámaras de almacenamiento, incide sobre la calidad del producto. La humedad elevada es beneficiosa para la curación de heridas y la formación de periderma. Con respecto a la pérdida de peso por deshidratación, esta se produce cuando el vapor de agua se mueve desde los espacios internos de la fruta (alta presión de vapor y Humedad Relativa HR) hacia la atmósfera (baja presión de vapor y HR). Esto es consecuencia de que la fruta se

encuentre a una temperatura más elevada que el medio o a que la HR del medio es baja (menor a la de la fruta). Por lo que es importante realizar un adecuado control de la HR después de la cosecha y especialmente durante la conservación con los sofisticados sistemas de control y ajuste de la HR en los contenedores de transporte o en las cámaras de conservación para evitar los diferentes desordenes o manchados que se producen en el exocarpio de las frutas (Zacarías, 2014).

2.5.3. Otros tratamientos

Los recubrimientos a base de compuestos cerosos, se han desarrollado con el fin de extender la vida útil de los productos alimenticios, usarse como soporte de agentes antimicrobianos, antioxidantes o nutrientes y para enlentecer tanto la migración de humedad y lípidos como el transporte de gases y solutos. Estos recubrimientos se pueden definir en la práctica como una película que envuelve al alimento y que puede ser consumida como parte del mismo (Pastor *et al.*, 2005). Dicha película envolvente puede estar conformada por un polisacárido, un compuesto de naturaleza proteica, lipídica o por una mezcla de los mismos (Quintero *et al.*, 2010).

De igual forma debe poseer propiedades mecánicas que garanticen la adecuada adherencia a los alimentos y soportar la manipulación de ellos sin llegar a deteriorarse, además, de ser totalmente neutra con respecto al color, tacto y olor del alimento (Famá *et al.*, 2004).

En productos hortofrutícolas, como el aguacate y el mango, que son frutas climatéricas con una vida en anaquel corta, puede emplearse como barrera a gases y vapor de agua; para este propósito se aplican sobre la superficie del alimento con la función primordial de restringir la pérdida de humedad del fruto hacia el ambiente por transpiración, reducir la absorción de O₂ para disminuir su tasa respiratoria, pérdida de peso, color, textura y firmeza de los frutos aumentar su vida útil y reducir las pérdidas poscosecha (Cáceres *et al.*, 2003).

La eficacia de las ceras en la reducción de las pérdidas de peso está ligada a varios factores como la composición química, la dosis y cobertura lograda sobre el producto

a la hora de la aplicación (Beiuruh *et al.*, 2009; Valencia *et al.*, 2009).

Las ceras son formuladas a partir de productos sintéticos o derivados de productos naturales como la cera de abeja y carnauba, aceites vegetales y Minerales. Algunas ceras o recubrimientos tienen como base los polisacáridos como almidón, celulosa, quitosano, mientras que otras están hechas a partir de proteína de maíz, trigo osota considerándose estas últimas como ceras comestibles (Bai y Plotto, 2012).

Varios resultados han demostrado el efecto de la aplicación de distintas ceras o recubrimientos en diferentes frutas en la reducción de la pérdida de masa y mantenimiento de la textura, así como de la calidad y mayor vida de anaquel (Saucedo-Pompa *et al.*, 2009; Corrales y Umaña, 2015).

El uso de cubiertas comestibles también mejora las propiedades mecánicas en el manejo de productos hortícolas (Pérez y Báez, 2003). Otra de las ventajas que tienen los recubrimientos comestibles es que son biodegradables, y por lo tanto, “amigables” con el medio ambiente. En el futuro este tipo de materiales podrían estar disponibles para reemplazar parcial o totalmente a los empaques sintéticos (Geraldine *et al.*, 2008).

La quitosana es un polímero natural derivado del proceso de desacetilación de la quitina. La quitina es un biopolímero abundante en el exoesqueleto de crustáceos y moluscos, además forma parte de la estructura de la pared celular de ciertos hongos e insectos (Vargas *et al.*, 2004; Balanta *et al.*, 2010). Este polímero se utiliza para alargar la vida de anaquel de muchas frutas (Djioua *et al.*, 2010).

Amarrante y Banks (2001) sugieren que la efectividad de una película comestible depende de las características del fruto (tipo de cutícula y velocidad de transpiración). Además de la concentración de la quitosana o dosis utilizada, de la producción de compuesto fenólicos, nutrientes naturales, composición química o nutricional de los sustratos y condiciones ambientales (González *et al.*, 2014).

Varela *et al.* (2011) en frutas de mango 'Bocado' utilizando entre otros recubrimientos, la quitosana. Estos autores refieren que la mejor retención de la

firmeza puede atribuirse al retardo en la degradación de las protopectinas insolubles a pectinas solubles debido a los recubrimientos. Mattiuz *et al.* (2011); De Souza *et al.* (2011) y López *et al.* (2013) encontraron que en frutos de mango 'Kent' y 'Tommy Atkins' sumergidos en quitosana tuvieron un proceso normal de maduración.

Hong *et al.* (2012) con la aplicación de recubrimiento en frutas de guayaba 'Pearlâ' con 2,0 % de quitosana y almacenadas a 11°C y HR 90-95% se redujo significativamente la firmeza y las pérdidas de masa.

Porat *et al.* (2009) realizó pruebas en Israel con diferentes concentraciones del inhibidor de la producción de etileno 1-methylcyclopropeno (1-MCP) para inhibir la maduración en diferentes cultivares de guayaba. Se necesitó una alta concentración de 500 nL·L⁻¹ para prolongar la vida poscosecha en los frutos del cultivar climatérico Ben Dov; una moderada de 250 nL·L⁻¹ inhibió la maduración en el cultivar King con climaterio disminuido y la mas baja concentración de 100 nL·L⁻¹ fue suficiente para inhibir la madurez en el cultivar Omri no climatérico.

Singh y Pal (2008) con el empleo del 1-MCP a 600 nL L⁻¹ for 12 h, en combinación con el almacenamiento en frío (10 °C) lograron la forma de extender la vida poscosecha de los frutos de guayaba cv. 'Allahabad Safeda' mientras que el 1-MCP a 300 nL L⁻¹ por 12 y 24 h o a 600 nL L⁻¹ por 6 h, puede ser utilizado para lograr extender la vida comercial de los frutos por 4–5 días.

Bassetto *et al.* (2005) evaluaron los efectos de concentraciones de 1-methylcyclopropeno (1-MCP), antagonista competitivas de etileno, en la conservación de frutos de guayaba de cultivar 'Pedro Sato'. Los tratamientos fueron la exposición de los frutos a concentraciones del producto de 0, 100, 300 y 900 nL L por tres horas seguido por el almacenamiento a 25°C y 10°C con una humedad relativa del 90±5%. La aplicación de 1-MCP a 900 nL L⁻¹ fue eficiente en retardar las pérdidas de peso, color de los frutos y mantener la firmeza en ambas temperaturas de almacén y redujo de forma significativa la incidencia de pudriciones, con disminución de la tasa de respiración a 25°C. El producto fue eficiente en retardar la maduración de los frutos y la concentración de 900 nL L⁻¹ mostró el mejor efecto.

Las bacterias *Bacillus subtilis* y *Bacillus amyloliquefaciens* se han estudiado en poscosecha y han presentado actividad antagonista in vitro (66,3-86,3%) contra aislados de *Colletotrichum capsici*, *Colletotrichum gloeosporioides* y *Colletotrichum* spp. causantes de la antracnosis (Núñez, 2012).

El extracto de la planta *Aloe vera* se ha utilizado en la preparación de recubrimientos para frutas y aplicado en la poscosecha de frutos de cereza se logró retardar la maduración, reducir la pérdida de peso y disminuir la tasa de respiración durante el almacenamiento poscosecha (Martínez *et al.*, 2006).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación de la investigación

La investigación se desarrolló entre 2016 y 2017 en la Empresa Agroindustrial 'Victoria de Girón', localizada entre los 22°30' - 22°50' de latitud norte y los 81°35' - 81°51' de longitud oeste, en el municipio Jagüey Grande, en la provincia de Matanzas, Cuba. El clima se caracteriza por una temperatura media mensual en el mes más frío de 14,4 °C (enero) y de 33,4 °C en el mes más cálido (julio), una precipitación media anual de 1 494 mm, con el período lluvioso entre mayo y octubre, humedad relativa media superior a 80 % y 7,6 horas de luz solar (Aranguren, 2009).

3.2. Material vegetal utilizado

Se utilizaron frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) cv 'Enana Roja Cubana E.E.A 1-23' que se recolectaron en plantaciones de tres dos años de edad, localizadas en la Unidad Empresarial de Base No 2 de la empresa (Lote T-27-2). Las frutas se cosecharon en madurez fisiológica y se trasladaron al laboratorio de la Unidad de Acondicionamiento y Ventas de la empresa para su procesamiento.

Las frutas recolectadas se seleccionaron según los grados de madurez II y III establecidos por Padilla (2002) donde:

- II- **Verde claro:** El color verde se vuelve menos intenso en toda la superficie del fruto, el cual está en madurez fisiológica y la firmeza es alta.
- III- **Verde amarillo:** El color amarillo no rebasa el 50% de su superficie del fruto, que está en proceso de alcanzar las características de color, sabor, textura y aroma típicas de la guayaba.

Estos grupos de frutos por grado de madurez, teniendo en cuenta el color del exocarpio, se consideraron para establecer los tratamientos poscosecha en función de las siguientes categorías de color inicial.



Figura 1. Frutos de guayaba 'Enana Roja Cubana E.E.A 1-23' por categoría de color inicial a su arribo al acondicionamiento poscosecha en Jagüey Grande.

Se utilizaron en total 120 frutos por cada grupo de coloración inicial para realizar los tratamientos poscosecha.

3.3. Diagnóstico de los defectos que afectan la calidad en frutas de guayaba

3.3.1. Principales defectos que afectan la calidad de las frutas de guayaba

Las frutas clasificadas por color inicial en dos categorías, fueron divididas en dos grupos de 60 frutos distribuidos en tres réplicas de 20 frutos. Se tuvieron en cuenta los siguientes defectos que limitan la calidad comercial de los frutos de guayaba: Daños mecánicos (rozaduras del viento, heridas, golpes y compresión); defectos fisiológicos (destalladuras, deformaciones, pardeamiento); señales de ataque por patógenos (plagas y hongos) y la presencia de lesiones por moscas de las frutas.

Se realizaron evaluaciones de la incidencia de los principales daños presentes en el exocarpio de las frutas de cada categoría de color inicial y los resultados fueron expresados en porcentaje del total de frutos evaluados. Como análisis estadístico se realizó un análisis de comparación de proporciones ($N=60$) entre las diferentes categorías de daños identificados, a un nivel de significación de $p \leq 0.05$.

3.3.2. Descripción de los defectos presentes en las frutas de guayaba

Se tomaron fotografías a los frutos de guayaba que presentaban algún tipo de daño en el exocarpio para su descripción e identificación de las posibles causas de su manifestación durante el desarrollo de los frutos, la cosecha o la poscosecha.

3.4. Influencia de tratamientos poscosecha en la calidad de frutas de guayaba

3.4.1. Efecto de los tratamientos poscosecha en las pérdidas de peso

Frutas de guayaba de cada categoría de color inicial sin daños en el expocarpio, fueron lavadas con una solución de agua más cloro a concentración de $200 \mu\text{L.L}^{-1}$ y se distribuyeron en los diferentes tratamientos poscosecha a evaluar. En el experimento se utilizó un diseño completamente al azar para un total de seis tratamientos con cinco repeticiones y 10 frutos por réplica.

Los tratamientos realizados fueron los siguientes:

- I. Testigo no tratado (Color inicial II)
- II. Testigo no tratado (Color inicial III)
- III. Aplicación de Cera + Tiabendazol TBZ + Imazalil IMZ (Color inicial II)
- IV. Aplicación de Cera + Tiabendazol TBZ + Imazalil IMZ (Color inicial III)
- V. Inmersión en agua $45-50^{\circ}\text{C}$ x 2 min + Cera sola (Color inicial II)
- VI. Inmersión en agua $45-50^{\circ}\text{C}$ x 2 min + Cera sola (Color inicial III)

Se aplicó como recubrimiento de los frutos la cera al agua Citriwax PGL-Cuba) (Waterwax®), recomendada para cítricos. La aplicación se realizó con un paño frotando ligeramente sobre el fruto, y los fungicidas Tiabendazol TBZ (Tecto- SC 500) a dosis de 3000 ppm (6 mL.L^{-1} de cera) y el Imazalil (Magnate CE-50) a dosis de 1125 ppm (0.24 mL.L^{-1} de cera) en mezcla con la cera.

El tratamiento hidrotérmico de los frutos fue por inmersión en agua caliente entre $45-50^{\circ}\text{C}$ durante dos minutos en el laboratorio. Los frutos tratados se empacaron en cajas de cartón telescópicas Open Top de 4kg y se almacenaron en el laboratorio al ambiente a una temperatura de $26^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, Humedad relativa 75%- 85% durante 12 días. Las evaluaciones se realizaron a los en siete tiempos de almacenamiento (0, 2, 4, 6, 8, 10 y 12 días).

Las evaluaciones de pérdidas de masa de los frutos se realizaron en cada tratamiento por pesada de la masa fresca de los frutos (g) de forma individual cada dos días, en una balanza técnica digital modelo EZ- 5000. La pérdida de masa se calculó por la diferencia de peso entre una evaluación con respecto al peso inicial y se expresó en porcentaje y el error estándar de la media.

El procesamiento estadístico de los datos registrados durante el almacenamiento de los frutos de cada tratamiento, se realizó mediante un ANOVA de Clasificación Simple, comprobando la normalidad de los datos y homogeneidad de varianza por las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Cochran C, Hartley, Bartlett. Los datos se transformaron con la función matemática $\arcsen \sqrt{\%}$. Las diferencias entre las medias se establecieron por la Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

3.4.2. Efecto de los tratamientos poscosecha en los cambios de color del fruto

El cambio de color de los frutos durante el almacenamiento se evaluó de forma visual en los frutos de guayaba de cada categoría de color inicial que fueron sometidos a los diferentes tratamientos poscosecha realizados. Se realizaron observaciones de los cambios de color de los frutos en cada tratamiento y las evaluaciones se documentaron con fotos para ilustrar su evolución durante la poscosecha.

3.4.3. Efecto de los tratamientos poscosecha en las pudriciones de los frutos

En los frutos de guayaba de cada categoría de color inicial que fueron sometidos a los diferentes tratamientos poscosecha, se realizaron en cada evaluación evaluaciones de la presencia de síntomas de pudriciones en los frutos. Se contabilizaron los frutos con signos de pudrición por cada tratamiento y se realizó el diagnóstico visual de los tipos de pudriciones presentes. Se determinaron los porcentajes de frutos afectados en cada momento de evaluación.

El procesamiento estadístico de los datos registrados durante el almacenamiento de los frutos de cada tratamiento, se realizó mediante un ANOVA de Clasificación Simple, comprobando la normalidad de los datos y homogeneidad de varianza por las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Cochran C, Hartley, Bartlett. Los datos se

transformaron con la función matemática $\arcsen \sqrt{\%}$. Las diferencias entre las medias se establecieron por la Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

3.5. Evaluación de la calidad físico-química poscosecha en frutos de guayaba

3.5.1. Evolución en la poscosecha de la firmeza de los frutos de guayaba

La firmeza de los frutos se evaluó durante la poscosecha en muestras de frutos de las diferentes categorías de color inicial que no recibieron tratamiento de conservación ni acondicionamiento. Se evaluaron 15 frutos (tres réplicas de cinco frutos), en tres momentos del almacenamiento al ambiente.

Las mediciones de firmeza de la fruta se realizaron con un texturómetro manual Lusa, modelo FT 40 (kgf), y la firmeza se valora por la fuerza ante la compresión ejercida por un cilindro metálico de 6mm de diámetro que se introduce por cada lado del fruto y se obtuvo la media de las mediciones en cinco frutos por repetición.

El procesamiento estadístico de los datos registrados durante el almacenamiento de los frutos de cada tratamiento, se realizó mediante un ANOVA de Clasificación Simple, comprobando la normalidad de los datos y homogeneidad de varianza por las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Cochran C, Hartley, Bartlett. Los datos se transformaron con la función matemática $\arcsen \sqrt{\%}$. Las diferencias entre las medias se establecieron por la Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

3.5.2. Evolución en la poscosecha de los sólidos solubles en frutos de guayaba

En los frutos utilizados para evaluar la firmeza según las diferentes categorías de color inicial y que no recibieron tratamiento de conservación, se realizaron mediciones de los sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix), según la Norma cubana de calidad de frutos NC-77-11 (1981). Se pesaron 50 g de pulpa y 200 g de agua destilada, se licuaron para obtener 10 mL de jugo y se utilizó un refractómetro Atago de escala 0-32 grados Brix, depositando una gota de jugo para la lectura. Se evaluaron 15 frutos (tres réplicas de cinco frutos), en tres momentos del almacenamiento al ambiente.

El procesamiento estadístico de los datos registrados durante el almacenamiento de los frutos de cada tratamiento, se realizó mediante un ANOVA de Clasificación

Simple, comprobando la normalidad de los datos y homogeneidad de varianza por las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Cochran C, Hartley, Bartlett. Los datos se transformaron con la función matemática $\sqrt{\%}$. Las diferencias entre las medias se establecieron por la Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

3.6. Programa estadístico empleado

Para los análisis estadísticos realizados en cada acápite se utilizó el programa STATISTICA, versión 6.0 (2003).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diagnóstico de los defectos que afectan la calidad en frutas de guayaba

4.1.1. Principales defectos que afectan la calidad de las frutas de guayaba

En la figura 2, se presentan los resultados de las evaluaciones de los defectos encontrados en el exocarpio de los frutos de guayaba del cultivar 'Enana Roja Cubana E.E.A 1-23' cosechados en las condiciones de Jagüey Grande. Se encontraron diferencias estadísticas significativas, entre los diferentes defectos presentes en frutos cosechados y entre su presencia según el grado de maduración.

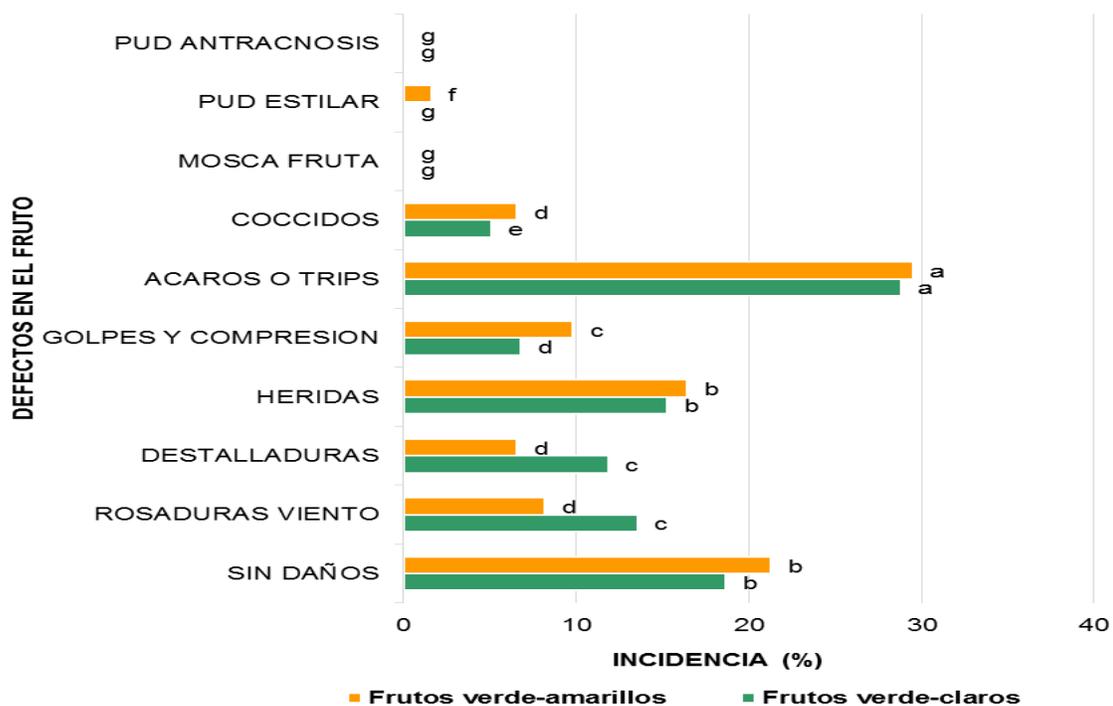


Figura 2. Principales defectos en frutos de guayaba Enana Roja Cubana E.E.A 1-23' a su arribo al acondicionamiento poscosecha en Jagüey Grande.

Los mayores defectos sobre los frutos fueron los daños por ácaros y trips con valores de incidencia en los frutos muy cercanos al 30%. No se encontraron diferencias para este tipo de daños según el grado de maduración de los frutos en la cosecha; lo que se atribuye a que estos daños por plagas, pueden ser causados desde la antesis o apertura de las flores, en el cuajado, durante el desarrollo de los frutos y se

mantienen durante su maduración. La presencia de frutos sin daños alcanzó alrededor del 20% sin diferencias según la maduración en la cosecha.

Los daños por heridas inducidas en la cosecha, como los defectos en segundo orden de importancia, se presentaron en alrededor del 15% de los frutos, con diferencias con respecto al resto de los daños identificados con independencia del grado de maduración en la cosecha. La manipulación o manejo deficiente de los frutos en la cosecha, las cajas de campo y transporte inadecuados contribuyen al aumento de estos daños.

Los defectos como rozaduras causadas por el viento durante el desarrollo de los frutos y las destalladuras en el pedúnculo de los frutos en la cosecha mostraron diferencias significativas entre los frutos cosechados en grado II (verde-claros) y grado III (verde-amarillos), con una mayor incidencia en los cosechados más verdes, lo que se atribuye a que la cosecha de frutos en grado de maduración más avanzado el desprendimiento del árbol durante la cosecha es menos agresivo.

Los daños por golpes y compresión en los frutos mostraron diferencias significativas según la madurez en la cosecha, con mayores valores (10%) en los cosechados en grado de maduración III. Estas observaciones son lógicas si se tiene en cuenta que, con el avance de la maduración en frutos climatéricos como la guayaba, ocurre el ablandamiento de los tejidos por la presencia de enzimas pépticas que degradan las paredes celulares y por lo tanto el ablandamiento resultante hace que los frutos sean más susceptibles a la mala manipulación durante la cosecha.

Los daños por la presencia de cóccidos y signos incipientes de pudrición estilar se presentaron en menor porcentaje en los frutos y no se observaron síntomas de antracnosis ni de la presencia de larvas de la mosca frutera.

4.1.2. Descripción de los defectos presentes en las frutas de guayaba

En la figura 3, se muestran evidencias que identifican los diferentes defectos encontrados sobre los frutos de guayaba. Entre los daños que se observaron en los frutos de este cultivar de guayaba en la cosecha, se identificó la presencia de surcos

en la zona peduncular en forma de acanaladuras estrelladas que parten del pedúnculo de la fruta. Aunque esta alteración no se contabilizó, se observó en formas y colores variables en mayor y menor severidad. Este defecto pudiera estar asociado a diferentes causas relacionadas con el manejo del cultivo durante el crecimiento y desarrollo de las frutas, aunque no se encontraron referencias sobre las causas que originan este tipo de lesión.



Figura 3. Características de los principales defectos en frutos de guayaba Enana Roja E.E.A 1-23' a su arribo al acondicionamiento en Jagüey Grande.

Los daños por destalladuras en la zona peduncular se describen como el desprendimiento de tejidos que rodean el pedúnculo como resultado de una deficiente cosecha de frutos por un inapropiado procedimiento durante su desprendimiento de la planta cuando son cosechados con grado de maduración II, o sea con color verde claro a inicio de la cosecha. Este defecto se puede reducir, con una cosecha cuidadosa de los frutos en este estadio de madurez.

Los daños mecánicos, como las heridas o rozaduras ocasionadas durante la cosecha, se presentaron de diferentes formas; desde acanaladuras profundas,

pinchazos y desgarramientos en el exocarpio que evidencian, como causas principales, la presencia de objetos o zonas cortantes en las cajas de campo, bordes afilados o la compresión entre frutos o de estos contra los envases, posiblemente por el sobrellenado de las cajas de campo.

En este sentido Castro y Saborío (2004) y Martínez *et al.* (2005) señalaron que daños como las magulladuras y heridas producidos sobre las frutas en la recolección, son los causantes de las podredumbres; pues a través de estos daños, la fruta pierde agua y puede ocurrir la penetración de los microorganismos, también se estimula la producción de etileno, aumenta la velocidad de respiración y ocurren cambios físicos y químicos que disminuyen la vida de anaquel de las frutas.

Yam *et al.* (2010) en estudios realizados en frutos de manzana indican que las pérdidas por daños mecánicos pueden variar del 10-12% y llegar hasta el 28%, producto de las fuerzas a la que son sometidos los productos. Se ha establecido los daños son ocasionados en su mayoría por las operaciones de cosecha, almacenamiento y transporte; este último es la principal fuente potencial de daño a los mismos, cuya severidad depende de la intensidad y duración de la vibración y otras cargas combinadas que se producen durante el transporte.

Otros daños mecánicos observados fueron el rameado y rasguños, caracterizados por ralladuras de diferentes longitudes en el exocarpio que pueden ser originadas por la rozadura de ramas u hojas durante el crecimiento de las frutas cuando existen fuertes vientos o en el momento de la recolección. La presencia de frutos deformados por crecimiento entre ramas se observó en menor porcentaje.

Con relación a los daños por plagas y enfermedades, se presentaron los daños causados por los trips y ácaros. Los síntomas ocasionados por el trips de cinta roja (*Selenothrips rubrocinctus* Girad), fue el de mayor presencia. Este insecto causa ligeras lesiones sobre las frutas pequeñas de color pardo rojizo, que se agrandan a medida que la fruta va creciendo y toman un aspecto áspero y costroso como el observado sobre frutos en este cultivar de guayaba.

La presencia de daños por ácaros se identifica por las manchas de color pardo claro y aspecto áspero, que en ocasiones cubren más del 50% de la superficie del fruto, afectando la calidad para la comercialización. Estos daños se describen para frutos de guayaba en MINAG (2011).

Se detectaron otras plagas afectado los frutos de guayaba como la presencia de diferentes tipos de cóccidos, localizados en la zona estilar dentro de la cavidad de los restos florales, o en cicatrices de heridas ocurridas durante el crecimiento de los frutos en el mesocarpio. Esta plaga constituye una de las principales causas de rechazo de los frutos durante su acondicionamiento para la comercialización en fresco, ya que no se cuenta con una tecnología de lavado de las frutas que permita la eliminación de estos insectos de la cavidad estilar.

Estas observaciones demuestran las deficiencias en el manejo fitosanitario en las plantaciones donde fueron recolectadas las frutas, el desconocimiento de la fisiología de la maduración que garantice una recolección en el momento óptimo y relacionada con el destino, además de la mala manipulación en el momento de la recolección y traslado a la planta de acondicionamiento, lo cual contribuye al alto porcentaje de rechazo durante el acondicionamiento de las frutas.

Paumier *et al.* (2017) señalan que durante la poscosecha se presenta elevadas pérdidas. En frutas de guayaba 'Enana Roja Cubana EEA-18-40' determinaron que para la comercialización en fresco los mayores daños fueron los causados por trips y ácaros, presencia de frutas verdes, sobremaduras, con heridas, golpes, rameados y cóccidos con incidencias superiores al 20%. En menor porcentaje se presentaron daños por moscas de la fruta, y acanaladuras en la zona peduncular.

Aunque en los frutos cosechados en esta área de guayaba, no se presentaron síntomas de la presencia de larvas de la mosca de la fruta, hay que tener en cuenta que este frutal, se encuentra entre los más afectados por esta plaga y en Cuba se reporta la presencia de siete especies del género *Anastrepha* spp, siendo la *Anastrepha suspensa* Loew y *Anastrepha obliqua* Moquart, las de mayor distribución e importancia económica (MINAG, 2011).

4.2. Influencia de tratamientos poscosecha en la calidad de frutas de guayaba

4.2.1. Efecto de los tratamientos poscosecha en las pérdidas de peso

En la figura 4 se muestran las pérdidas de peso o masa ocurridas en las frutas de guayaba recolectadas con grados de maduración II y III, durante el almacenaje poscosecha al ambiente del laboratorio hasta los 12 días después que fueron sometidas a diferentes tratamientos de acondicionamiento. En todos los momentos de evaluación y en los diferentes tratamientos, las frutas cosechadas en grado de maduración III presentaron mayores pérdidas de masa que las cosechadas en grado II, lo que demostró la tendencia creciente en las pérdidas de peso o masa de los frutos con el avance de su maduración en las condiciones de almacenamiento estudiadas, con independencia del tratamiento.

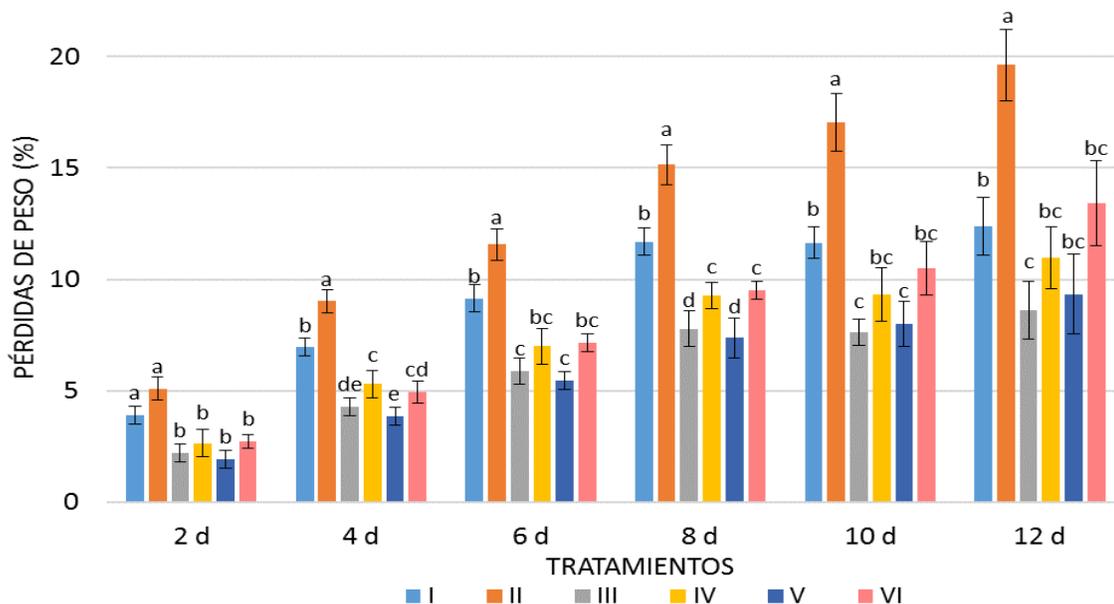


Figura 4. Pérdidas de peso acumuladas en frutos de guayaba Enana Roja Cubana E.E.A 1-23' durante 12 días de almacenamiento después del tratamiento en Jagüey Grande. Las columnas representan la pérdida de masa media \pm Desviación Estándar. Letras diferentes indican medias con diferencias significativas por la Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Las mayores pérdidas de masa se presentaron durante todo el periodo de almacenamiento en los frutos no tratados (I y II), con diferencias significativas al compararse con los tratamientos III y IV en que se aplicó un recubrimiento con cera +

Tiabendazol + Imazalil y los tratamientos V y VI en que se utilizó el tratamiento hidrotérmico por inmersión de los frutos en agua 45-50°C x 2 min + cera sola sin fungicidas. Castellano *et al.* (2005) en frutos de guayaba que fueron sometidos al tratamiento de inmersión en agua caliente a 45°C por cinco minutos, encontraron los valores mas altos de pérdidas de masa con respecto al testigo y los menores cuando fueron inmersos en solución de Ca Cl₂ al 2%.

La reducción de las pérdidas de masa de los frutos en los tratamientos en que se aplicó la cera como recubrimiento, puede estar relacionada a que la formación de una barrera superficial en el fruto generada por la cera, modifica la composición gaseosa interna, lo cual disminuye la tasa de respiración y por tanto las pérdidas de masa por reducción de la tasa de transpiración (Pérez y Báez, 2011; Achipiz *et al.*; 2013). Similares resultados encontraron Hong *et al.* (2012) con la aplicación de recubrimiento con quitosana 2% en guayaba 'Pearlâ'.

Diferentes autores (Canto *et al.*, 2006; Dos Reis *et al.*, 2006; Scanavaca *et al.*, 2009), encontraron un retraso significativo en la maduración, la pérdida de peso, cambios de color de la piel, la firmeza, sólidos solubles y acidez titulable, con alargamiento de la vida útil, cuando aplicaron recubrimientos a base de almidón de yuca en frutos de papaya Formosa "Tainung1", de pepino (*Cucumis sativus* L.) y de mango 'Sorpresa' (*Mangifera acutigemma*).

Achipiz *et al.* (2013) encontraron que el recubrimiento de frutos de guayaba con almidón de papa al 4% fue el tratamiento más eficiente al incrementar en 10 días la vida útil respecto al tratamiento sin recubrimiento.

García *et al.* (2012) con el empleo del recubrimiento de frutos de guayaba con películas plásticas de PVC como cubierta de los frutos en bandejas de poliestireno lograron su conservación como máximo por 10 días al ambiente y hasta 15 días en refrigeración a 9°C y entre 85-90% de HR. Los resultados con la aplicación de cera en frutos de guayaba muestran las perspectivas de estos tratamientos en la extensión de la vida de anaquel de los frutos y una herramienta para el futuro manejo poscosecha de la guayaba para cumplimentar las exigencias de los mercados.

4.2.2. Efecto de los tratamientos poscosecha en los cambios de color del fruto

En la figura 5, se muestra una secuencia de los cambios de color de los frutos de guayaba Enana Roja E.E.A 1-23' durante el almacenamiento. Se aprecia que el color del exocarpio de las frutas evolucionó durante los 10 días de almacenadas con diferente grado según el color inicial y el tratamiento.

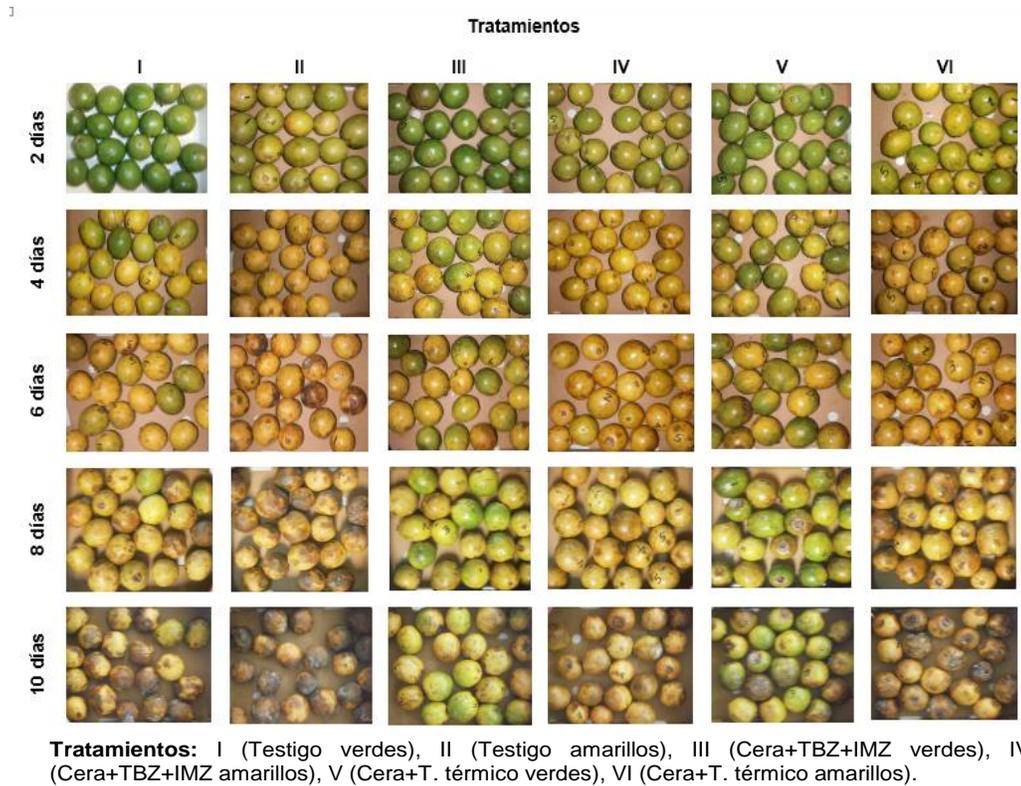


Figura 5. Cambios en el color de los frutos de guayaba Enana Roja E.E.A 1-23' durante el almacenamiento según los tratamientos en Jagüey Grande.

En las frutas del grado inicial III, se observa un cambio gradual del color verde amarillo a amarillo, más evidente; mientras que las recolectadas más verdes en grado II mantuvieron el color verde amarillo por más días. En los tratamientos donde los frutos recibieron el encerado, se aprecia un retraso del desarrollo del color con mayor número de frutos de color verde amarillo en comparación con los tratamientos sin cera, se manifestaron en los frutos en mayor número los tonos amarillos.

Kader (2002) señaló que las pérdidas de color verde en el exocarpio de las frutas es consecuencia de la degradación de la clorofila debido a los procesos oxidativos, la

acción de clorofilasa y los cambios de pH. Otra sustancia que ha contribuido a mantener la calidad de los frutos en guayaba es la cera de carnauba la cual redujo la pérdida de peso y la degradación de la clorofila, impidió la aparición de enfermedades ocasionadas por patógenos y el aumento de los azúcares (Gonçalves, *et al.*, 2004).

4.2.3. Efecto de los tratamientos poscosecha en las pudriciones de los frutos

En la figura 6, se muestra la evolución en el tiempo de la incidencia de pudriciones en los frutos de guayaba sometidos a diferentes tratamientos poscosecha y recolectados con diferente grado de maduración inicial.

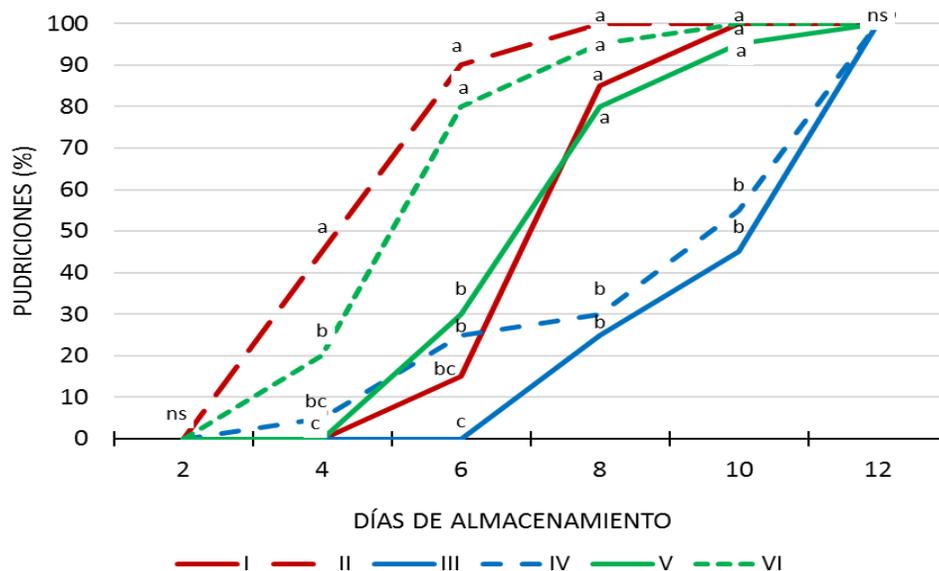


Figura 6. Pérdidas de frutos de guayaba Enana Roja E.E.A 1-23' por pudriciones durante el almacenamiento según el tratamiento en Jagüey Grande. Tratamientos: I. (Color inicial II no tratado), II. (Color inicial III no tratado), III. (Color inicial II aplicación de Cera + Tiabendazol TBZ + Imazalil IMZ), IV. (Color inicial III aplicación de Cera + Tiabendazol TBZ + Imazalil IMZ), V. (Color inicial II e inmersión en agua 45-50°C x 2 min + Cera sola), VI. (Color inicial III e inmersión en agua 45-50°C x 2 min + Cera sola).

Se aprecia que los frutos de los tratamientos II (cosechados con mayor grado de madurez y sin tratamiento) y VI (cosechados con el mayor grado de madurez y tratados por inmersión en agua caliente más cera) presentaron los mayores porcentajes de pudriciones (20-50%) desde los cuatros días de almacenamiento.

Un comportamiento medio en la incidencia de pudriciones (15-30%) presentaron los frutos de los tratamientos I. con color inicial II no tratado y V. con color inicial II e inmersión en agua 45-50°C x 2 min + Cera sola, a partir de los seis días de almacenamiento; mientras que los tratamientos con un mayor retraso en la incidencia de pudriciones fueron el III y IV con frutos de color inicial II y III tratados con la aplicación de Cera + Tiabendazol TBZ + Imazalil IMZ presentaban de 25-30% de pudriciones entre los seis y ocho días.

Paumier *et al.* (2017) en el almacenaje de frutos de guayaba de otro cultivar por ocho días a 16°C y Hr 75-80%, encontraron con mayor incidencia la antracnosis en un 53,4% y la pudrición estilar en un 40% de los frutos. El pardeamiento de la pulpa fue elevado al igual que las pudriciones.

El-Sayed y Hassan (2015) plantean que las pudriciones en frutos de guayaba pueden alcanzar niveles entre un 90% y 100%; por su parte Mulkay (2015) informa la incidencia de patógenos entre un 53 y 40%. En este sentido, en los frutos de guayaba del cultivar analizado, a los 12 días de almacenamiento el 100% de los frutos en todos los tratamientos presentaban síntomas de pudriciones.

Gutiérrez y Gutiérrez (2003) al realizar pruebas de efectividad de fungicidas en frutos de guayaba frente al patógeno causante de la antracnosis, encontraron resistencia cruzada del patógeno a fungicidas benzimidazoles como el TBZ mientras que el azosistrobin redujo las pudriciones. Estas observaciones pueden responder al porque en el trabajo realizado las aplicaciones de TBZ no resultaron efectivas durante el almacenamiento poscosecha de la guayaba en el cultivar evaluado.

Durante el almacenamiento de los frutos los principales daños observados en el exocarpio fueron los de las enfermedades antracnosis y pudrición estilar. La antracnosis (figura 7) se caracterizó por manchas de color pardo de forma circular, tamaño pequeño a mediano, que en un principio son superficiales y a medida que avanzan los días la pudrición se hunde y puede penetrar en la pulpa; en ocasiones sobre su superficie se observa una coloración naranja típica de la esporulación del hongo, similares síntomas a los descritos por Mulkay (2015).

Droby *et al.* (2011) citado por Parra (2014), indican que entre las enfermedades que se presentan con mayor incidencia en frutos de guayaba durante la poscosecha se encuentran la antracnosis (causada por *Colletotrichum gloeosporioides*), pudrición por mucor (causada por *Mucor hiemalis*), pudrición por aspergillus (causada por *Aspergillus niger*), pudrición por rizopus (causada por *Rhizopus stolonifer*) y la pudrición por pomopsis (causada por *Phomopsis destructum*). Algunas de estas enfermedades se presentaron causando afectaciones en las condiciones del estudio.

Las lesiones de la pudrición estilar fueron de forma circular, acuosas y aparecieron en la zona estilar de los frutos y con el tiempo en almacenamiento las lesiones se ponen blandas, de color pardo rojizo y en el área afectada aparecieron picnidios del hongo de tamaños pequeños y color pardo brillante a gris oscuro. Esta sintomatología coincide con las observaciones realizadas por Chadha (1986) y Mulkay (2015).



Figura 7. Principales pudriciones identificadas en los frutos de guayaba Enana Roja E.E.A 1-23' durante la poscosecha.

El-Sayed y Hassan (2015) destacan que estas enfermedades (antracnosis y pudrición estilar) son causadas por hongos como el *Colletotrichum spp* y *Phomopsis spp* durante la poscosecha y pueden afectar entre un 90% y 100% de los frutos de

guayaba durante la poscosecha. Es importante señalar que el comportamiento poscosecha de estas enfermedades está relacionado al tipo de patógeno, la época del año en que ocurre la infección, los niveles de inóculos en las plantaciones y la propia fisiología del fruto.

Mulkay *et al.* (2017) destacan que el empleo de productos bioactivos son una alternativa al uso de químicos en la poscosecha. La aplicación in vitro de extractos etanólicos de propóleos rojo y pardo y sales de lactato y acetato de quitosana mostraron actividad antifúngica ante el patógeno *Colletotrichum gloeosporioides* causante de la antracnosis. Su aplicación en frutas de mango Tommy Atkins que se almacenaron por 12 días a 14°C y guayabas en dos grados de maduración almacenadas a 16°C por ocho días, mostraron menor incidencia de antracnosis.

Otros daños en el exocarpio de los frutos de guayaba durante la poscosecha son el pardeamiento enzimático que se caracteriza por un oscurecimiento de la corteza del fruto, que en tejidos vegetales se refleja cuando existen daño físico o durante el envejecimiento que pueden ocasionar el incremento de la actividad enzimática de enzimas como la polifenoloxidasas (PPO) que ocasiona las reacciones de deterioro de mayor impacto y afectaciones en la calidad sensorial de las frutas. El oscurecimiento producido por éstas enzimas causa grandes pérdidas a los productos agrícolas (Vela, 2003).

De manera general, la incidencia por pardeamiento se presentó en los frutos de guayaba después de ocho días de almacenados de forma generalizada en los diferentes tratamientos pero en un bajo porcentaje.

4.3. Evaluación de la calidad físico-química poscosecha en frutos de guayaba

4.3.1. Evolución en la poscosecha de la firmeza de los frutos de guayaba

El ablandamiento de los frutos durante la poscosecha es atribuido a la degradación de los componentes de la pared celular, principalmente pectinas, por acción de enzimas como la pectinesterasa y la poligalacturonasa; además esto puede facilitar la pérdida de agua de los tejidos que contribuye a pérdida de firmeza. En la figura 8

se muestran los resultados de la evaluación durante la poscosecha de la firmeza en frutos de guayaba Enana Roja Cubana E.E.A 1-23' sin tratamiento y recolectadas con los grados de maduración II y III.

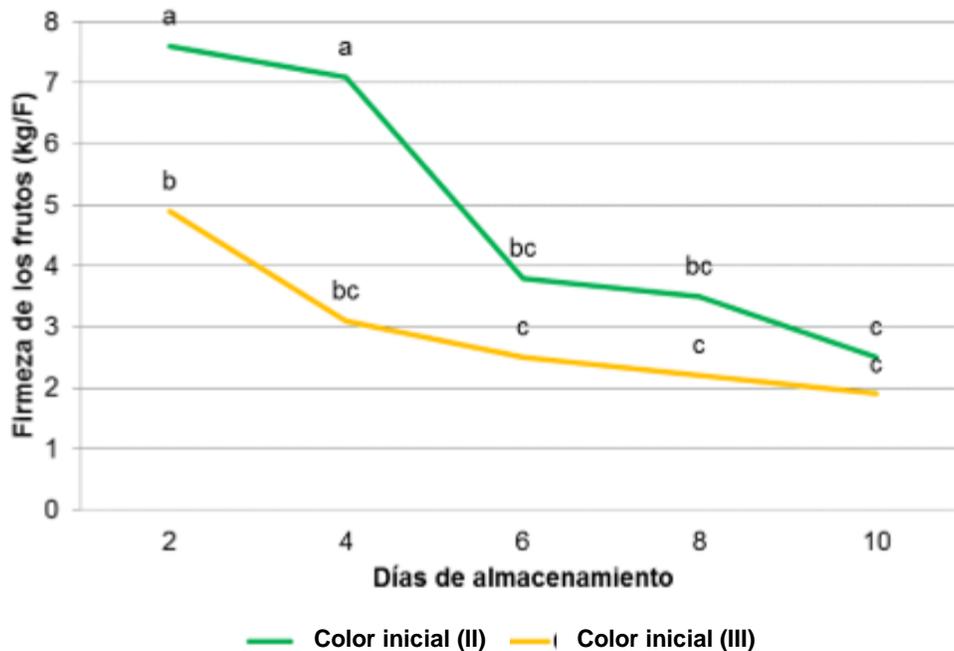


Figura 8. Cambios durante la poscosecha en la firmeza de los frutos de guayaba Enana Roja Cubana E.E.A 1-23' sin tratamiento, recolectadas con dos grados de maduración. Letras diferentes indican medias con diferencias significativas por la Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Los frutos de este cultivar de guayaba cosechados en grado II de maduración (verde claro) presentaron como promedio una firmeza del mesocarpio de 7,8 kgf que resultó significativamente superior a los frutos cosechados en grado III de maduración (verde amarillo) con un valor medio de 4,8 kg. Resultados similares en la evolución de este indicador en frutos de guayaba de otros cultivares refieren Bashir *et al.* (2003); Jacomino *et al.* (2003); Azzolini *et al.* (2005).

Las diferencias en la firmeza de los frutos se mantuvieron hasta los seis días de almacenamiento y a partir de este momento se hicieron similares desde el punto de vista estadístico, aunque siempre los frutos cosechados con menor grado de maduración se mantuvieron más firmes durante el almacenamiento.

Hong *et al.* (2012) con la aplicación de recubrimientos de quitosana 2% en guayaba 'Pearlâ' y Varela *et al.* (2011) en frutos de mango 'Bocado', refieren que la mejor retención de la firmeza puede atribuirse al retardo en la degradación de las protopectinas insolubles a pectinas solubles debido a los recubrimientos.

Azzolini *et al.* (2005), Solarte *et al.* (2010) y Gutiérrez *et al.* (2012) plantean que en las frutas maduras la firmeza disminuye como consecuencia del ablandamiento. La evolución de este indicador en el mesocarpio de los frutos es de gran importancia para definir las estrategias de manipulación poscosecha y la vida de anaquel.

4.3.2. Evolución poscosecha de los sólidos solubles en frutos de guayaba

En la figura 9, se observa que en los frutos de guayaba recolectados con dos grados de maduración y sin tratamiento, los sólidos solubles totales (Brix) se incrementan durante la maduración en ambos grados de madurez. Se encontraron diferencias significativas en la madures inicial según la madurez al cosechar, con un promedio de 4,4 y 8,0 °Brix en frutos en grado II y III de color inicial respectivamente.

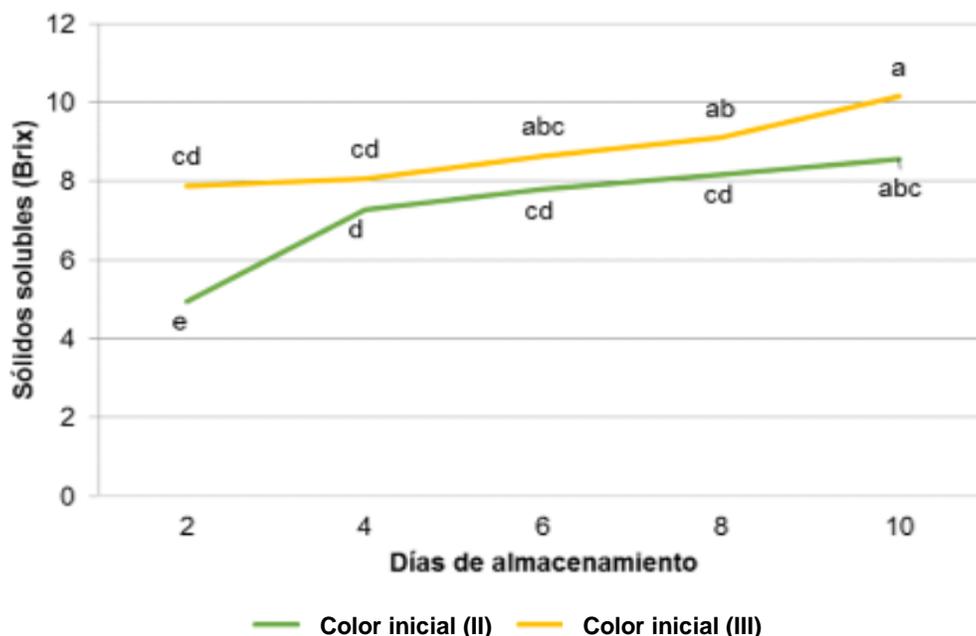


Figura 9. Cambios durante la poscosecha en los sólidos solubles de los frutos de guayaba 'Enana Roja Cubana E.E.A 1-23' sin tratamiento, recolectadas con dos grados de maduración. Letras diferentes indican medias con diferencias significativas por la Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Durante el almacenamiento a partir de los cuatro días las diferencias en la maduración no fueron significativas y los sólidos solubles alcanzaron valores medios de 6,6 y 8,1 °Brix y se mantuvieron incrementos sin diferencias entre tratamientos que llegaron a valores de 8,3 y 10,1 °Brix a los 10 días del almacenamiento.

Gutierrez *et al.* (2012) y Solarte *et al.* (2010) informan un incremento progresivo de esta variable en frutas de guayaba recolectadas con grado II y grado III, con valores de 10° y 12,1°Brix aunque en las primeras los sólidos fueron menores a los ocho días. Los sólidos solubles aumentaron con el avance del periodo poscosecha en las frutas de guayaba, con valores entre 5,0 °Brix y 13,2 °Brix dependiendo del cultivar.

Los requerimientos para valorar los índices de cosecha cambian con el cultivar, las condiciones ambientales de producción y son reglamentados de forma individual por cada país. En Cuba, actualmente los criterios que se utilizan para el inicio de la recolección de las frutas de guayaba con destino al mercado en fresco o industria son el cambio de color del exocarpio (verde a amarillo) y mesocarpio (cambiando a rosado) y cuando las semillas estén bien formadas (MINAG, 2011).

Estas mediciones son subjetivas, por lo que son bastante imprecisas y depende de la experiencia del cosechador, la combinación de estos con otros parámetros objetivos como la firmeza y sólidos solubles totales, contribuyen al establecimiento de diferentes criterios para la definición del momento óptimo de cosecha.

La evolución poscosecha de la pérdida de masa y la firmeza desmostaron que las frutas de guayaba 'Enana Roja Cubana E.E.A 1-23' recolectadas con dos grados de madurez, permiten definir el destino de las frutas hacia el mercado en frontera con grado de maduración II y para el mercado nacional en grado III.

Estos resultados son los primeros informes de estas variables de calidad para frutas de guayaba del cultivar 'Enana Roja Cubana E.E.A 1-23' bajo las condiciones de la Empresa Agroindustrial Victoria de Girón en Jagüey Grande, y sirven de base para establecer las estrategias de comercialización y una herramienta para el desarrollo de las futuras investigaciones.

5. CONCLUSIONES

- Los principales defectos que afectaron la calidad de las frutas de guayaba antes del tratamiento poscosecha, son los causados por ácaros, trips y daños de manipulación en la cosecha como heridas y rozaduras.
- Los tratamientos que incorporaron la cera con fungicidas, retardaron las pérdidas de peso, la incidencia de pudriciones y permitieron extender la vida comercial de los frutos hasta los seis y ocho días.
- Se manifestaron pudriciones por antracnosis y pedunculares que limitaron la vida comercial de los frutos de guayaba. El tratamiento con fungicidas protegió los frutos hasta los seis días.
- La firmeza de los frutos disminuyó durante el almacenamiento al ambiente y los sólidos solubles se incrementaron durante la maduración poscosecha. Se experimentaron cambios de color en los frutos.
- Estos resultados son básicos para el diseño de las estrategias de comercialización de los frutos de guayaba Enana Roja y minimizar las pérdidas poscosecha.

6. RECOMENDACIONES

- Evaluar en la poscosecha de frutos de guayaba el empleo de ceras comestibles o películas protectantes como almidón o quitosanas y de medios biológicos para reducir las pérdidas de masa y el control de patógenos.
- Utilizar los resultados de este trabajo para el diseño de las estrategias de manejo integrado durante la cosecha y poscosecha de frutos de guayaba Enana Roja Cubana.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Abeles, F.; Morgan, P. y Saltveit, M. 1992. Ethylene in plant biology. Academic Press: New York. p. 414.
- Achipiz, S. M.; Castillo, E.; Mosquera, S. A.; Hoyos, J. L. y Navia, D. P. 2013. Efecto de recubrimiento a base de almidón sobre la maduración de la guayaba (*Psidium guajava*). Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Edición Especial. (2) : 92-100.
- Agenda de Innovación Guerrero. 2012. Guayaba. Fundación Produce de Guerrero S.A. 211 p.
- Álvarez, D. C. 2000. Enfermedades fungosas reportadas en la guayaba. Curso Internacional de guayaba. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. p.12.
- Amadi, J.; Nwaokike, P.; Olan, G. y Garuba, T. 2014. Isolation and identification of fungi involved in the post-harvests spoilage of guava (*Psidium guajava*) in Awka Metropolis. International Journal of Engineering and Applied Sciences. 4 (10) : 7-12.
- Amarrante, C. and Banks, N. 2001. Postharvest physiology and quality of coated fruits and vegetables. Hort. Rev. 26 : 161-234.
- Aranguren, M. 2009. Pronósticos de madurez y otras especificaciones de calidad para el ordenamiento de cosecha de los cítricos de Jagüey Grande. La Habana. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical.
- Arias, C. y Toledo, J. 2015. Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (papaya, piña, plátano, cítricos) [en línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s00.htm>. [Consulta: junio, 18 2017].

- Arzate-Vázquez, I.; Chanona-Pérez, J.; De Jesús Perea-Flores, M.; Calderón Domínguez, G.; Moreno-Armendáriz, M.; Godoy-Calderón, S.; Quevedo, R. y Gutiérrez-López, G. 2011. Image processing applied to classification of avocado variety Hass (*Persea americana* Mill.) during the ripening process. Food Bioproc. Technol. 4 (7) : 1307 – 1313.
- Aular, J., Ruggiero, C y Durigan, J. 2001. Efecto de la aplicación de Thiabendazole y del tratamiento térmico sobre la Poscosecha de la parchita maracuyá. Bioagro 13 (2) : 79-83.
- Azzolini M.; Jacomino P.; Bron U.; Kluje R. y Schiavinato, M. 2005. Ripening of “Pedro Sato” guava: study on its climateric or non climateric nature. Braz. J. Plant. Physiol. 17 (3) : 299-306.
- Azzolini, M.; Jacomino, A.; Fillete, P. y Spoto, M. 2004. Estadios de maturacao e qualidade poscolheita de goiabas ‘Pedro Sato’. Bras. Frutic. 26 (1) : 29-31.
- Bait, J. and Plotto, A. 2012. Coating for fresh fruits and vegetables. In E. A Badwin, R.; Hagedmair, J.Bai (eds) Edible coatings and films to improved foof quality. Seconds editons Taylor & Francis Group, United States. p. 185-342.
- Balanta, D.; Grande, C. y Zuluaga, F. 2010. Extracción, identificación y caracterización de quitosano del micelio de *Aspergillium niger* y sus aplicaciones como material bioadsorbente en el tratamiento de aguas. Iberoamericana de Polímeros. 11 (5) : 297-316.
- Bashir, H. A.; Bakr, A. y Goukh, A. 2003. Compositional changes during guava fruit ripening. Food Chemistry. 80 : 557-563.
- Bassetto, Eliane, Jacomino, A. P. and Pinheiro, Ana Luiza. 2005. Conservation of ‘Pedro Sato’ guavas under treatment with 1-methylcyclopropene. Pesq. agropec. bras. 40 (5) : 433-440.
- Beiuruth, L.; De Souza, M.; De Araujo, S. e Morais, A. 2009. Revestimentos alternativos na conservação pos-colheita de maracujá amarelo. Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal. 31 (4) : 995-1004.

- Bernal, E. y Díaz, C. 2008. Tecnología para el cultivo del aguacate. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Centro de Investigación La Selva, Rio Negro, Antioquia, Colombia. Manual Técnico, No 5. p. 241.
- Bradford, K. J. and Sheng, F. Y. 2008. Pioneer in plant ethylene biochemistry. *Plant Science*. 175 (1-2) : 2-7.
- Cáceres, I.; Mulkay, T; Rodríguez, J.; Paumier, A. y Sisino, A. 2003. Influencia del encerado y tratamiento térmico en la calidad postcosecha del mango. *Simiente*. 73 (1-2) : 25 -29.
- Canto, M. E., Santana, A., Simoes, A., Barbosa, D., Barbosa, S. E. y Dos Santos, E. 2006. Amadurecimiento de mamão formosa com revestimento comestível á base de fécula de mandioca. *Ciência e Agrotecnologia*. 30 (6) : 1116-1119.
- Carballosa de La Paz, A. y Gaskins, E. B. 2013. Importancia de poda en el cultivo de la Guayaba (*Psidium guajava* L.) [en línea]. Disponible en: <http://www.monografia.com>. [Consulta: junio, 18 2017].
- Carmen, C.; Melo, H.; Pérez, Y. y Mera, E. 2012. Descripción de las principales plagas y enfermedades que afectan el cultivo de guayaba *Psidium guajava* L. Palmira: Produmedios. 50 p.
- Castellano, Gladis, Quijada, O., Ramírez, R y Sayazo, E. 2005. Comportamiento poscosecha de frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.) tratados con cloruro de calcio y agua caliente a dos temperaturas de almacenamiento. *Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 6 (2) : 78-82.
- Castro, M. y Saborío, D. 2004. Buenas prácticas en la cosecha y transportación a centro de acopio y plantas empacadoras de productos perecederos. Sistemas de poscosecha y su cumplimiento con requisitos de calidad e inocuidad de alimentos. Un enfoque práctico. Memorias Curso de capacitación. San José. Costa Rica. Ed por Gloria Mendoza. p.199.

- Cedeño, L.; Carrero, C. y Santos, R. 1997. Podredumbre en frutos de guayaba causado por *Dothiorella*, en los Estados de Mérida y Zulia. *Fitopatología*. 10 (2) : 26-27.
- Cervantes, E. 2002. Ethylene: new interactions, still ripening. *Trends in plant science*. 8 (7) : 334-335.
- Chadha, K. L. 1986. Guava. *Cultivations*. Indian. Institute Horticulture Research. 12 p.
- Corales, G. y Umaña, G. 2015. Efecto de ceras como complemento a la inmersión hidrotérmica sobre la calidad en la fruta de papaya (*Carica papaya* L.= Híbrido Pococí). *Agronomía Costarricense*. 39 (1) : 91-105.
- De Souza, M.; Ascari, C.; Magalhães, K.; Machado, K.; Fabrino, C. e Mattiuz, B. 2011. Pós-colheita de mangas 'Tommy Atkins' recobertas com quitosana. *Bras. Frutic., Jaboticabal – SP. Volume Especial* : 337-343.
- Djioua, T.; Charles, F.; Freire, M.; Filgueriras, H.; Ducamp- Collin, M. and Sallanon, H. 2010. Combine deffects postharvest heat treatment and Chitosan coatingon quality of fresh cut mangoes (*Mangifera indica* L.). *International Journal Food Scienc and Technology*. 45 (4) : 849-855.
- Domínguez, N. 1985. Identificación del agente causal de la pudrición de frutos de guayaba. *Escuela de Bioanálisis. Facultad de Medicina, Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela*. 55 p.
- Dos Reis, K., De Siqueira, H., De Oliveira, L., Silva, J. E. e Pereira, J. 2006. Pepino Japonés (*Cucumis sativus* L.) submetido ao tratamento com fécula de mandioca. *Ciência e Agrotecnologia*. 30 : 487 493.
- Dueñas Y.; Narváez, C. y Restrepo, L. 2012. Ablandamiento de frutos de pitaya amarilla (*Acanthocereus pitajaya*) a temperatura ambiente y en refrigeración: actividad de poligalacturonasa, celulasa y xilanas. *Acta Biológica Colombiana*. 17 (2) : 259-270.

- El-Sayed, M. and Hassan, M. 2015. Decay of Guava fruit (*Psidium guajava* L.) quality caused by some mold fungi. *Journal of Agricultural Technology*. 11 (3) : 713-730.
- Espinal. M. 2010. Capacidad antioxidante y ablandamiento de la guayaba Palmira ICAI (*Psidium guajava* L.). Bogotá. Tesis en opción al título de Máster en Ciencias Químicas. Universidad Nacional de Colombia.
- Famá, L.; Flores, S.; Rojas, A. M.; Goyanes, S. y Gerschenson, L. 2004. Comportamiento mecánico dinámico de películas comestibles a bajas temperaturas: Influencia del contenido de sorbato y grado de acidez. *SAM*. 1 : 157-162.
- FAO. 2012. Guía práctica del cultivo de la guayaba. FAO. p. 31-32.
- FAO. 2014. Ficha técnica del cultivo de la guayaba [en línea]. Disponible en: http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pfrescos/GUAYABA.HTM. [Consulta: octubre, 8 2017].
- Feng, X.; Apelbaum, A.; Sisler E. and Goren R. 2000. Control of ethylene responses in avocado fruit with 1-methylcyclopropene. *Postharvest biology and technology*. 20 (2) : 43-150.
- García, G.; Cury, Kátia y Dussán, S. 2011. Comportamiento poscosecha y evaluación de calidad de fruta fresca de guayaba en diferentes condiciones de almacenamiento. *Medellín. Fac. Nal. Agr.* 64 (2) : 6207-6212.
- García, M., Cury, Katia y Dussán S. 2012. Evaluación de atributos de calidad de guayaba fresca en diferentes condiciones de conservación. *Vitae*. 19 (1) : 105-107.
- Geraldines, R., Ferreira, N., Alvarenga, D. and Goncalves, L. 2008. Characterization and effect of edible coatings on minimally processed garlic quality. *Journal of Carbohydrate Polymers*. 72 : 403-409.

- Getinet, H.; Workneh, T. and Woldetsadik, K. 2011. Effect of maturity stages, variety and storage environment on sugar content of tomato stored in multiple pads evaporative cooler. *Afr. J. Biotechnol.* 10 (80) : 18481-18492.
- Giovannoni, J. 2001. Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Ann. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 52 : 725-749.
- Gonçalves, V.; Simão, J.; Freitas, F.; Ximenes, P. e Pereira, C. 2004. Armazenamento de goiabas sobre frigeracao e em condicao ambiente com tratamento com cera de carnauba. *Brasileira Fruticultura.* 27 (2) : 203-206.
- González, I.; Mulkay, T. y Paumier, A. 2014. Actividad anti fúngica de sales de quitosana sobre patógenos causantes de enfermedades poscosecha en papaya (*Carica papaya* L.). *Fitosanidad.* 18 (1) : 33-44.
- Gutiérrez, N.; Dussan, S. y Castro Jennifer. 2012. Fisiología y atributos de calidad de la guayaba “Pera” (*Psidium guajava*) en postcosecha. *Ingeniería.* 37 : 26-30.
- Gutiérrez, O. y Gutiérrez, J. G. 2003. Evaluación de resistencia a Benomil, Thiabendazol y Azoxistrobin para el control de Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) en frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) en Postcosecha. *Mexicana de Fitopatología.* 21 (2) : 228-232.
- Hardenburg, R.; Lutz, J. and Katt, R.E 1968. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. U.S. Dept. Agr. Handbook. 66. p. 19.
- Hernández, A.; Ascanio, M.; Cabrera, A.; Morales, M. y Medina, N. 2004. Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba con World Reference Base. In: *Conferencia en Postgrado de Clasificación de suelos*, Universidad Agraria de La Habana. p. 14.
- Hong, K.; Xie, J.; Zhang, L.; Sun, D. and Gong, D. 2012. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. *Scientia Hort.* 144 : 172-178.

- Imsabai, W.; Ketsa, S. and Van Doorn, W. 2002. Effect of temperature on softening and the activities of polygalacturonase and pectinesterase in durian fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 26 : 347-351.
- Jacomino, A.; Martínez, R.; Ojeda, R.; Kluge, J. e Scarpate, F. 2003. Conservação de goiabas tratadas com emulsões de cera de carnauba. *Bras. Frutic.* 25 (3) : 401-405.
- Jeong, J.; Huber, D. and Sargent, S. 2002. Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on ripening and cell wall matrix polysaccharides of avocado (*Persea americana*) fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 25 : 241-256.
- Jiang, T.; Wang, P.; Yin, X.; Zhang, B.; Xu, C.; Li, X. and Chen, K. 2011. Ethylene biosynthesis and expression of related genes in loquat fruit at different developmental and ripening stages. *Scientia Horticulturae*. 130 (2) : 452-458.
- Jordán, M. y Casaretto, J. 2006. Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Etileno, Ácido abscísico, Brasinoesteroides, Poliaminas, Ácido salicílico y Ácido jasmónico. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile. 16. p. 28.
- Kader, A. 2002. *Postharvest technology of horticultural crops*. Agriculture and Natural Resources. Davis, California. University of California. 535 p.
- Kader, A. 2013. Guayaba. Recomendaciones para mantener la calidad poscosecha [en línea]. Disponible en: www.postharvesttechnology.com/maintainingProduceQuality&Safety. [Consulta: octubre, 8 2017]
- Lammertyn, J. A. 2003. Respiration-diffusion model for 'Conference' pears. I. Model development and validation. *Postharvest Biology and Technology*. 30 (1) : 29-42.
- Leiva, L. 2012. Manejo fitosanitario del cultivo de guayaba (*Psidium guajava* L.). Medidas para la temporada invernal. Bogotá, D.C. Colombia. 28 p.

- López, L.; Gutiérrez, P; Bautista, S.; Jiménez, L. y Zavaleta, H. 2013. Evaluación de la actividad antifúngica del quitosano en *Alternaria alternata* y en la calidad del mango 'Tommy Atkins' durante el almacenamiento. Chapingo Serie Horticultura. 19 (3) : 315-331.
- Martínez, L.; Romero, N.; Albuquerque, J. M.; Valverde, F.; Guillén, S., Castillo, D.; Valero, M. and Serrano, M. 2006. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by *Aloe vera* treatment: A new edible coating. Postharvest Biology and Technology. p. 39.
- Martínez, L.; Marín, M.; Fernández, C. y Chirinos, D. 2005. Como afecta la pudrición apical a las características química de la guayaba. Facultad de Agronomía. Poscosecha. AGROTECNICO 18 : 30.
- Mattiuz, B.; Ducamp, M.; Mattiuz, C. and Cissé, M. 2011. Effects of chitosan on growth of *Colletotrichum gloeosporioides* and quality of 'Kent' mangoes. International Congress of Postharvest Patology. 46 : 146.
- Méndez-Pereira, F. e Kavati, R. 2011. Contribuição da pesquisa científica brasileira no desenvolvimiento de algunas frutíferas de clima subtropical. Bras. Frutic. Volum. Esp : 92-108.
- Mercado-Silva, E.; Bautista; P. and Garcia-Velasco, M. 1998. Fruit development, harvest index and ripening changes of guavas produced in Central México. Postharvest Biol. Technol. 13 : 143-150.
- MINAG. 1999. Agencia de Información para la Agricultura-Ministerio de la Agricultura (AGRINFOR-MINAGRI). Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Ciudad de La Habana. Cuba. 64 p.
- MINAG. 2011. Instructivo técnico para el cultivo de la guayaba. 1ra Edición. 38 p.
- Mulkay, T. 2015. Enfermedades poscosecha. Recomendaciones para reducir las afectaciones en los frutos tropicales. IIFT. Habana. Cuba. Conferencia del Curso Internacional Tecnologías para frutas de papaya, guayaba y mango. 30 p.

- Mulkay, T.; Paumier, A. y Suárez, M. 2017. Resultados de la aplicación de productos bioactivos en la calidad poscosecha de frutas de mango y guayaba. Resúmenes V Simposio Internacional de Fruticultura Tropical y Subtropical “Fruticultura 2017”. Hotel Nacional de Cuba. p. 101. ISBN: 978-959-296-051-0
- NC ISO 87. 2003. Norma Cubana de compra- venta de los productos agropecuarios destinados a la comercialización en el turismo. p. 53.
- NC. 340. 2004. Norma Cubana. Guayaba—especificaciones. 2da edición. 11 p.
- NC. 77-11. Norma cubana. 1981. Métodos de ensayo. Frutos y vegetales naturales. 4p.
- Núñez, V. 2012. Bacterias antagonistas con potencial para el control biológico poscosecha de la antracnosis en papaya. Michoacán. Tesis en opción al título de Máster en Ciencias en Producción Agrícola Sostenible. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el desarrollo integral regional. Jiquilpan. Unidad Michoacán.
- Padilla, R. 2002. Cosecha y poscosecha. En: Guayaba su cultivo en México. Libro Técnico No 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Aguascalientes, México. p. 134-144.
- Pal, R. and Singh, S. 2008. Response of climacteric type guava (*Psidium guajava* L.) to postharvest treatment with 1-MCP. *Postharvest Biol. Technol.* 47 : 307-314.
- Pantastico, E.; Mattoo, A.; Murata, T.; Chachin, K. y Phan, C. 1979. Cambios químicos durante la maduración y senescencia. *Fisiología de la postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales.* Editorial Continental. México. p. 129-151.
- Parada, E.; Insuastry, O. y Blanco, J. 2009. Evaluación in vitro de sustancias para controlar el hongo *Pestalotia vesicolor* Speg. Desarrollo tecnológico para el manejo poscosecha de la guayaba (*Psidium guajava* L.) en Colombia y Venezuela. 1ra Edición. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 96 p.

- Pardo, A. y Pérez, M. 2006. Manejo racional de plantaciones de guayaba. Informe técnico. Grupo de Difusión Tecnológica de Cítricos y Frutales. Isla de la Juventud. Cuba. 20 p.
- Parra, A. 2014. Maduración y comportamiento poscosecha de la guayaba (*Psidium guajava* L.). Una revisión. Colombiana de Ciencias Hortícolas. 8 (2) : 314-327.
- Pastor, C.; Vargas, M. y Gonzáles, C. 2005. Recubrimientos comestibles: Aplicación a frutas y hortalizas. Alimentación, Equipos y Tecnología. 197 (24) : 130-135.
- Paumier, A.; Suárez, M. y Mulkay, T. 2017. Defectos de mayor incidencia que afectan la calidad comercial en frutas de guayaba 'Enana Roja Cubana EEA-18-40'. Resúmenes V Simposio Internacional de Fruticultura Tropical y Subtropical "Fruticultura 2017". Hotel Nacional de Cuba. p. 110. ISBN: 978-959-296-051-0.
- Pereira, F. M. e Nacchtigal, J. C. 2009. Melhoramento genético da goiabeira. En: Natale, W., D. E. Rozane, H.A. de Souza y D.A. de Amorim (eds.). Cultura da goiaba: do plantio à comercialização. Jaboticabal, Brasil. p. 371-398.
- Pereira, F.; Carvlho, C.; Nachtiygal, J. e Século, C. 2003. XXI: nova cultivar de dupla finalidade. Bras. Frutic. 25 (3) : 498-500.
- Pérez, B. y Báez, R. 2011. Utilización de ceras comestibles en la conservación de frutas. Alimentaria. p. 59-65.
- Pérez, E.; Santos, R; Montiel, A.; Marín, M. y Sandoval, L. 2000. Micoflora del ambiente de una plantación de guayabo (*Psidium guajava* L.) en la planicie de Maracaibo del estado Zulia. Fac. Agron. (LUZ). 17 : 373-383.
- Porat, R.; Weiss, B. and A. Dag. 2009. Postharvest longevity and responsiveness of Guava varieties with distinctive climacteric behaviors to 1-Methylcyclopropene. Hort Technology. 19 (3) : 580-585.
- Quintero, C.; Falguera, V. y Muñoz, A. 2010. Películas y recubrimientos comestibles: Importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. Tumbaga. 1 (5) : 93-118.

- Rodríguez, A.; González, L.; Mounson, L. y Hernández, A. 2012. Determinación de la firmeza de la guayaba (*Psidium guajava* L.) en diferentes estados de maduración. Ingeniería Agrícola. 2 (1) : 42-46.
- Romero, A. 2003. Tecnología de frutas y verduras. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 75 p.
- Rueda, A.; Palacio, J.; Muñoz, J. E.; Saavedra, R. y Bravo, E. 2006. Caracterización molecular del banco de germoplasma de guayaba *Psidium* spp. del Centro de Investigación Corpoica – Palmira. Fitotecnia Colombiana. 6 (2) : 26-30.
- Salisbury, F. y Ross, C. 1992. Fisiología vegetal. México: Iberoamérica. 759 p.
- Sánchez, J. 2012. Determinar la presencia de microorganismos patógenos en la guayaba orgánica (*Psidium guajava* “variedad ICAI”) después de tratamientos de poscosecha lavado y desinfección del centro agropecuario (La granja) del servicio nacional de aprendizaje (SENA) de la regional Tolima. Tesis en opción al título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Central de Colombia.
- Sandoval, A.; Forero, F. y García, J. 2010. Postcosecha y transformación de aguacate: agroindustria rural innovadora. Publicación de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, financiada por ASOHOFRUCOL, el Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola (FNFH) y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). Colombia. 105 p.
- Sarroca, R.; Orres, M.; Álvarez, H.; Astorga, Y.; Betancourt, M.; Collazo, A.; Corzo, J.; Domínguez, J.; Fritzes, M.; García, M.; Hernández, L.; Lugo, M.; Manzanedo, M.; Mederos, B.; Moral, J.; Neningen, N.; San Román, I. y Santos, M. 2006. Manipulación y Almacenamiento de Alimentos. Edit. Logicuba. p.138.
- Saucedo-Pompa, A.; Rojas-Molina, R.; Aguilera-Carbó, A.; Saenz-Galindo, A.; De La Garza, E.; Jasso-Cantú, D. and Aguilar, C. 2009. Edible film based on candelilla wax to improve the shelf life and quality of avocado. Food Research International. 42 : 511-515.

- Scanavaca, L.; Fonseca, N. e Canto, M. 2009. Uso de fécula de mandioca na pós-colheita de manga “Sorpresa”. *Brasileira de Fruticultura*. 29 (1) : 67-71.
- Singh, S. P. and Pal, R. K. 2008. Response of climacteric-type guava (*Psidium guajava* L.) to postharvest treatment with 1-MCP. *Postharvest Biology and Technology*. 47 (3) : 307-314.
- Soares-Colletti, A.; Fischer, I. and Lourenço, S. 2014. Incidence of postharvest diseases on ‘Kumagai’ and ‘Pedro Sato’ guavas at wholesale markets in Brazil. *Tropical Plant Pathology*. 39 (6) : 478-482.
- Solarte, M. E.; y Melgarejo, L. M. 2010. Calendario fenológico de la guayaba en la hoya del río Suárez. En: Morales, A. y Melgarejo, L. (eds.). Desarrollo de productos funcionales promisorios a partir de la guayaba (*Psidium guajava* L.) para el fortalecimiento de la cadena productiva. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Maduración y comportamiento poscosecha de la guayaba (*Psidium guajava* L.). p. 59-82.
- Solarte, M.; Hernández, A.; Morales, J.; Fernández P. y Melgarejo, L. M. 2010. Caracterización fisiológica y bioquímica del fruto de guayaba durante la maduración. En: Morales, A.L. y L .M. Melgarejo (eds.). 2010. Desarrollo de productos funcionales promisorios a partir de la guayaba (*P. guajava* L.) para el fortalecimiento de la cadena productiva. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. p. 85-119.
- Statistica, 2003. Data analysis software system, Version 6.1. StatSoft, Inc. www.statsoft.com.
- Suárez, J.; Pérez, de María y Jiménez. A. 2009. Efecto de la temperatura y estado de madurez sobre la calidad poscosecha de la fruta de guayaba UDO Agrícola. 9 (1) : 60-69.
- Undurraga, P. L.; Olaeta; J. y Opazo, G. 2003. Caracterización histológica y bioquímica de desórdenes fisiológicos en paltas (*Persea americana* Mill.) cv. Hass en almacenaje refrigerado, en dos estados de madurez. *Proceedings V*

- World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate). p. 653-658.
- Valencia, S.; Pérez, M.; Del Río, M. and Paolou, L. 2009. Effect antifungal by hydroxypropylmethyl cellulose (HPCM) lipid edible: composite coating on postharvest decay development and quality attributes of cold stored 'Valencia' oranges. *Postharvest Biology and Technology*. 54 : 72-79.
- Varela, A.; Matarano, W.; Maffei, M.; Quintero, I y Zambrano, J. 2011. Uso de recubrimientos comestibles y baja temperatura para mantener la calidad de frutos de mango 'Bocado' durante el almacenamiento. *Fac. Agron. (LUZ)*. 28 (1) : 600-608.
- Vargas, M.; González, C.; Chiralt, A. y Cháfer, M. 2004. Estudio preliminar del uso de recubrimientos de quitosano y de microorganismos eficaces en el control postcosecha de la podredumbre azul de las naranjas. *V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones*. 9 (148) : 1415-1423.
- Vela, C. J. 2003. Purificación y caracterización cinética de polifenoloxidasas de tomate. Universidad de Alicante. Alicante. España. 60 p.
- Workneh, T. S.; Osthoff, G. and Steyn, M. S. 2010. Influence of preharvest and postharvest treatments on stored tomato quality. *Afr. J. Agric. Res.* 6 (12) : 2725-2736.
- Wu, C.; Roan, S.; Hsiung, T.; Chen, I.; Shyr, J. and Wakana, A. 2011. Effect of harvest maturity and heat pretreatment on the quality of low temperature storage avocados in Taiwan. *J Facul. Agric. Kyus. Univ.* 56 (2) : 255-262.
- Yam, J. A.; Villaseñor, P. A.; Romantchik, K. E.; Soto, M. y Peña, P. M. 2010. Una revisión sobre la importancia del fruto de guayaba *Psidium guajava* L. y sus principales características en la postcosecha. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 19 (4) : 74-82.

- Yirat, M.; García, A.; Hernández, A.; Calderón, A. y Macho, N. 2009. Evaluación de la calidad de la guayaba, variedad E.E.A-1-23, durante el almacenamiento a temperatura ambiente. *Ciencia y Téc. Agrop.* 18 (2) : 70-73.
- Zacarías, L. 2014. Efectos de la Humedad Relativa en los manchados de la piel de los frutos cítricos. *Levante Agrícola.* (422) : 185-189.