

**UNIVERSIDAD DE MATANZAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CICLO FENOLÓGICO, CLIMA Y PRODUCCIÓN DEL
CULTIVAR DE GUAYABA ENANA ROJA CUBANA
EN JAGÜEY GRANDE**

JESÚS CASTRO BARRETO

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

**Jagüey Grande
2018**



UNIVERSIDAD DE MATANZAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



CICLO FENOLÓGICO, CLIMA Y PRODUCCIÓN DEL CULTIVAR DE GUAYABA ENANA ROJA CUBANA EN JAGÜEY GRANDE

Tesis presentada en opción al Título de
Especialista en Fruticultura Tropical

Autor: Ing. Jesús Castro Barreto

Tutor: Dr.C. Miguel Aranguren González

Jagüey Grande

2018

DEDICATORIA

A:

Mi compañera de siempre, por ayudarme sin reparos; esposa, amiga, hermana,
Martica.

Mis hijas, por las que lucho y lucharé toda la vida,
Lisy y Sandrita.

Mi nieto, quien me alienta al futuro, a vivir, a seguir y luchar, por el que viviré eternamente,
Evián.

AGRADECIMIENTOS

A los que nos cobijamos todos los días bajo el mismo techo y soportan mis noches de insomnio.

A todos aquellos eternos de la patria que no la han traicionado y la glorificaron con sus vidas.

Al tutor de esta tesis el Dr.C. Miguel Aranguren González, por sus conocimientos, ayuda desinteresada, indicaciones precisas y aportes valiosos al diario trabajo de la ciencia en diversas materias, el que no pide nada a cambio, pero si merece el reconocimiento de muchos y la gratitud de todos, gracias Maikel.

Al Dr. C. Romualdo Pérez Castillo por incidir en mi perfil de observaciones constante dentro de las actividades científicas y sugerirme decisiones adecuadas, junto al personal de la ciencia que ya no están físicamente entre nosotros: Dr. C. Roberto Casamayor García, Ing. Luis Bello Muiñoz, Dr.C Rodrigo Rodríguez Frénes, Ing. Apolonio Puentes Vidal.

Al profesor principal de la especialidad en fruticultura, Dr.C. Ramón Liriano González, por su dedicación constante al desarrollo de la misma, por su preocupación aún en situaciones de salud y al resto de su colectivo, Héctor, Sergio, Enildo, Tony.

A los profesores todos de Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Matanzas, compañeros de trabajo, a los que recordaré por siempre, los presentes y los que no están físicamente.

A todos los que día a día aportan de si para que seamos mejores profesionales.

A todos gratitud eterna.

RESUMEN

La diversificación de las producciones de frutales en la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón”, en Jagüey Grande, ha favorecido el mejoramiento de los agroecosistemas con la plantación de otras especies de frutales no cítricas. La guayaba (*Psidium guajava* L.) ha pasado a formar parte del desarrollo de los policultivos establecidos en la actualidad, con el empleo del cultivar guayaba “Enana Roja Cubana”, en cada una de las unidades productivas, para la comercialización de sus frutos en fresco y como producto industrializado. Para evaluar la influencia de las variables del clima: lluvias, temperaturas y humedad relativa, sobre el momento de cosecha y la producción, se relacionaron los datos de estas variables de los últimos cinco años, con el comportamiento fenológico de este frutal y sus producciones. Los factores climáticos tuvieron una marcada influencia en los niveles de producción de la guayaba; los niveles de humedad, junto a la agrotecnia aplicada, fueron determinantes de los volúmenes productivos. Se determinó que las brotaciones vegetativas ocurridas en períodos definidos posteriores a las precipitaciones y la ejecución de podas, favorecen la emisión de nuevas brindillas y un nuevo ciclo productivo. Los resultados obtenidos son de gran utilidad para el manejo de técnicas de cultivo como podas, fertilización, control fitosanitario, floración, momento y destino de la cosecha.

Palabras clave: clima, brotación, floración, madurez, rendimiento, cosecha.

INDICE	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Generalidades sobre el cultivo del guayabo.....	4
2.1.1. Origen y distribución	5
2.1.2. Taxonomía.....	6
2.1.3. Características botánicas.....	6
2.1.4. Cultivares.....	7
2.1.5. Fisiología	8
2.2. Requerimientos climáticos y edáficos.....	18
2.2.1. Clima.....	18
2.2.2. Suelo.....	23
2.3. Atenciones culturales y manejo de la plantación.....	24
2.3.1. Podas.....	24
2.3.2. Riego	27
2.3.3. Nutrición.....	29
2.3.4. Limpia	30
2.4. Cosecha y poscosecha de los frutos de guayaba	31
2.4.2. Momento de cosecha y rendimiento	32
2.4.3. Manejo de la poscosecha	35
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
3.1. Ubicación del trabajo de investigación	38
3.2. Características generales de las plantaciones y el cultivar empleado.....	38
3.3. Material vegetal utilizado.....	39
3.4. Fenología del cultivar de guayaba Enana Roja Cubana en Jagüey Grande	39
3.4.1. Establecimiento del calendario fenológico	39
3.4.2. Determinación de los días para el inicio de la cosecha	39
3.5. Comportamiento del ciclo productivo mensual del guayabo.....	40
3.5.1. Influencia de las precipitaciones en la producción mensual acumulada.....	40

3.5.2. Influencia de las temperaturas en la producción mensual acumulada.....	40
3.5.3. Influencia de la humedad relativa en la producción mensual acumulada	40
3.5.4. Analisis de la producción acumulada y rendimientos de la plantación.....	40
3.6. Evaluación de los resultados económicos con la plantación de guayaba	41
3.7. Análisis estadísticos y programa estadístico utilizado	41
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1. Fenología del cultivar de guayaba Enana Roja Cubana en Jagüey Grande	42
4.1.1. Establecimiento del calendario fenológico	42
4.1.2. Determinación de los días para el inicio de la cosecha	46
4.2. Comportamiento del clima y el ciclo productivo mensual del guayabo.....	48
4.2.1. Influencia de las precipitaciones en la producción mensual acumulada.....	48
4.2.2. Influencia de las temperaturas en la producción mensual acumulada.....	52
4.2.3. Influencia de la humedad relativa en la producción mensual acumulada	55
4.2.4. Analisis de la producción acumulada y rendimientos de la plantación.....	57
4.3. Evaluación de los resultados económicos con la plantación de guayaba	59
5. CONCLUSIONES	60
6. RECOMENDACIONES	61
7. BIBLIOGRAFÍA	62

1. INTRODUCCIÓN

El uso popular del guayabo (*Psidium guajava* L.) en la elaboración de productos, tales como néctar, jugo, conservas, mermeladas, fruta en almíbar, alimentos para niños, refrescos, lácteos y panadería, la convierten en una de las frutas favoritas de miles de millones de personas en todo el mundo. Su producción mundial es aproximadamente de 1,2 millones de toneladas, de la cual la India y Pakistán aportan el 50 %, México el 25 % y el resto se produce en otros países como Colombia, Egipto y Brasil (Yam *et al.*, 2010; Parra, 2014).

La guayaba, es originaria de América Tropical, especialmente entre México y Perú, es rica en vitaminas C y A, posee 50 % de calorías y un alto coeficiente de digestibilidad (90 %). Puede consumirse como fruta fresca y en la industria se puede utilizar para producir jaleas, pastas, cascotes, mermeladas, jugos, compotas y néctares por lo cual, tiene una gran demanda tanto en Cuba como en el extranjero; iniciándose el cultivo organizado de la guayaba después del Triunfo de la Revolución y en los últimos años se ha promovido por tener producciones altas y precoces que contribuyen rápidamente al alimento de la población y la economía del productor para lo cual se han desarrollado las variedades Enana Roja Cubana EEA 18-40 y 1-23 además de una técnica de enraizamiento de esquejes que permite rápida multiplicación del cultivar (Pardo y Pérez, 2009).

En Cuba el guayabo se considera entre los frutales con grandes perspectivas, motivo por el cual numerosas empresas se han encargado de fomentar y desarrollar su cultivo, impregnándole un ritmo a su extensión a partir de la obtención e introducción de la variedad Enana Roja Cubana y sus diferentes cultivares y/o líneas, los que garantizan un gran potencial productivo a esta especie (Anon, 2012).

El cultivo del guayabo forma parte de las estrategias actuales de las producciones frutícolas nacionales y de la Empresa Agroindustrial Victoria de Girón rectoradas por el Grupo Agrícola de la Agricultura (GAG) y el Programa Nacional de Agricultura Urbana (Rodríguez y Sánchez, 2015).

A pesar de los incrementos de las áreas de este frutal, numerosos factores inciden actualmente en la disminución de su rendimiento. Entre estos se destacan la incidencia de plagas (Rodríguez *et al.*, 2016), el empleo de tecnologías que no son las más adecuadas para la producción intensiva, unido al desconocimiento y la falta de motivación para la producción del cultivo, así como violaciones fitotécnicas, que traen consigo una alta infestación de plantas arvenses, propiciada por una ineficiente estrategia de control.

A partir del año 1997 la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón” en el municipio Jagüey Grande, provincia de Matanzas, inició un grupo de transformaciones para desarrollar otras producciones que no solo se centralicen en la producción de frutos cítricos; de ahí que se inició la diversificación de las producciones y dentro de estos objetivos se potenció la siembra de plantaciones del cultivar de guayaba Enana Roja Cubana.

Las producciones de este frutal en las áreas actuales, con un potencial plantado al cierre del 2017 de 135,2 hectáreas, se encuentran tanto en forma compacta como en los perímetros de las plantaciones de cítricos en programas de desarrollo como establecidas o intercaladas en las plantaciones favoreciendo una mejor utilización de los recursos suelo y materiales empleados en las áreas.

Existen evidencias del comportamiento de los cítricos y otros frutales en las condiciones del territorio de la Empresa; pero no se posee información sobre el comportamiento de los diferentes eventos fenológicos del guayabo, en las condiciones climáticas de esta región, así como de las diferentes fases de crecimiento y desarrollo del fruto; resultando un aspecto muy importante, ya que el estudio de la fenología de eventos biológicos periódicos en relación con las variaciones estacionales de las condiciones climáticas, se encarga de establecer el registro cronológico de las diferentes fases de crecimiento y desarrollo de las plantas y su posible correlación con las condiciones ambientales durante un período de tiempo (Fuentes *et al.*, 2010).

A partir de lo planteado se genera el siguiente problema científico: Falta de información sobre el comportamiento fenológico del cultivar de guayabo Enana Roja Cubana, respecto a su relación con el clima y la tecnología, en las condiciones de producción en la Empresa Agroindustrial Victoria de Girón de Jagüey Grande.

Hipótesis

Si se determina la fase fenológica del cultivar de guayabo Enana Roja Cubana, entonces se podrá establecer la relación de su ciclo fenológico con el clima y la producción.

Objetivo general

Determinar la fase fenológica del cultivar de guayabo Enana Roja Cubana y la producción en las condiciones de Jagüey Grande.

Objetivos específicos

- Definir las fechas de ocurrencia de las distintas fases fenológicas en el guayabo Enana Roja Cubana y la tecnología aplicada en las condiciones de producción.
- Establecer el momento de la cosecha en relación con las fechas de floración masiva en estas condiciones.
- Determinar la producción del cultivar de guayabo Enana Roja Cubana en relación con las variaciones del clima.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades sobre el cultivo del guayabo

El guayabo (*Psidium guajava* L.). constituye una fuente natural de vitaminas y minerales lo que le atribuye gran importancia desde el punto de vista alimenticio, en tal sentido hay que señalar que es una de las frutas de mayor contenido de vitamina C, que puede ser superior a 400 mg, tiene un alto y reconocido valor nutricional y funcional gracias a su alta capacidad antioxidante, contenidos de fibra dietaría, carbohidratos, minerales y vitaminas (Pérez *et al.*, 2008, Restrepo *et al.*, 2009, Espinal, 2010) y además es un frutal que tiene diversos usos como fruta fresca e industrializada, (MINAGRI, 2011).

En todo el archipiélago cubano existen plantaciones de guayabo, de forma preferente el cultivar Enana Roja Cubana, clon 18-40, la que en un alto porcentaje se planta de esquejes, que son obtenidos en viveros, que en tres o cuatro meses ofrecen posturas, a los seis meses comienza a producir, a los 12 está en plena producción y puede explotarse de cuatro a seis años, (Pérez, 2010) y suele intercalarse con plantíos de mango (*Mangifera indica* L.), aguacate (*Persea americana* Mill.) y cítricos (*Citrus* sp.), método que rinde favorables dividendos, ya que posibilita el empleo de la misma fuerza de trabajo, permite un mayor aprovechamiento del riego por goteo, al tiempo que se reportan rendimientos medios de hasta 36 toneladas por hectárea.

En la actualidad se observa una creciente demanda de la fruta para la producción de pulpas y jugos naturales (Salinero *et al.*, 2009), considerándose uno de los frutales tropicales de mayor importancia en Cuba, (Concepción *et al.*, 2017). La biodiversidad de especies de frutales en diferentes zonas, regiones y agro ecosistemas es diverso, ocupando el guayabo uno de los tres primeros lugares en preferencia y dominancia dentro de los preferidos en Cuba, (Mesa *et al.*, 2017).

Son diversos los países productores de guayaba en el mundo y en la región de América en particular, donde países como Venezuela, México, Colombia y otros, cultivan grandes extensiones, aunque se reportan disminuciones de áreas y

producciones en la última década en países, como Colombia en el departamento de Santander, considerado el mayor productor, (Solarte *et al.*, 2009 a).

2.1.1. Origen y distribución

La guayaba es una fruta de intenso sabor, nativa de las regiones tropicales y subtropicales de América, y más específicamente de Mesoamérica, que incluye desde el sureste de México hasta el Perú. Lo anterior se atribuye a los hallazgos arqueológicos encontrados en excavaciones realizadas en Puebla, México y Perú, se estima que ahí comenzó su domesticación, lo que hace pensar que fue cultivada desde antes de la llegada de los españoles. Después del descubrimiento de América se propagó a otros continentes e incluso llegó a creerse que era originaria de Asia, ya que en esta región se le conoce desde hace varios siglos y crece en forma silvestre (Paz *et al.*, 2012).

Es una especie nativa de América Tropical, su centro de origen es Brasil o algún lugar entre México y Perú, de acuerdo con algunos investigadores, como Calderón y Moreno, (2009). La guayaba fue domesticada hace 2 000 años por los indígenas, hoy en día su cultivo se ha extendido a diferentes países del mundo por su gran aceptación, los principales productores son India, Brasil, México, Sudáfrica, Jamaica, Kenya, Cuba, República Dominicana, Puerto Rico, Haití, Colombia, Estados Unidos (Hawái y Florida), Taiwán, Egipto, (MINAG, 2012).

Es una fruta tropical que pertenece a la familia de las Mirtáceas la cual incluye a más de 3 000 especies de árboles y arbustos de los cinco continentes. Todas las guayabas las producen árboles del género *Psidium* que crecen en regiones tropicales de América, Asia y Oceanía. En otros países también se le conoce como guayabo, guara, arrayana y luma; siendo tan rica en nutrimentos que en la Segunda Guerra Mundial se incluyó en las provisiones para los soldados, (Paz *et al.*, 2012).

Su componente mayoritario es el agua (78%), contiene calorías, proteínas, calcio, fósforo, hierro, grasa, azúcares, vitaminas A y C, tiamina, riboflavina, niacina y otros nutrimentos (Calderón y Moreno, 2009). Además plantean estos autores que sus

usos son diversos, interviene en la formación de colágeno, huesos y dientes, glóbulos rojos y favorece la absorción del hierro de los alimentos y la resistencia a las infecciones, es antigripal natural, ayuda a controlar la presión arterial, evita calambres, entre otros muchos usos y beneficios.

2.1.2. Taxonomía.

El guayabo pertenece al orden Myrtales, que se compone de cinco familias: Myrtaceae, Lecythruidaceae, Melastomataceae, Combretaceae y Rhizophoraceae, (MINAG, 2012), encontrándose ubicado este frutal en la familia Myrtaceae, con alrededor de 100 géneros y 3 000 especies de árboles y arbustos en áreas tropicales y subtropicales de diversas regiones del mundo.

Según Calderón y Moreno (2009) y Mederos (2011):

Reino: Vegetal
División: Espermatophyta
Subdivisión: Angiospermae
Clase: Dicotyledonea
Orden: Myrtilflorae
Suborden: Myrtineae
Familia: Myrtaceae
Género: Psidium
Especie: *Psidium guajava* L.

2.1.3. Características botánicas

El guayabo es un árbol de porte bajo o un arbusto de tres a diez metros de altura, presenta ramificación libre desde muy cerca del suelo y puede llegar a ser muy denso, de consistencia dura y leñosa, con un sistema radical superficial que sobrepasa la proyección de la copa, lo que permite su desarrollo en casi todos los tipos de suelos. El tallo puede alcanzar entre dos y nueve metros de altura, con un

diámetro de hasta 30 cm, con tendencia a ramificarse profusamente, aún desde brotes radicales. Su consistencia es dura y leñosa (Rodríguez *et al.*, 2010).

Presenta hojas coriáceas; ovales, oblongas o elípticas y de pecíolos cortos, su disposición es en pares alternos a lo largo de las ramas, miden de 3-6,5cm de ancho y de 5-15cm de largo, son pubescentes por el envés, con un aroma característico en dependencia del cultivar (Rodríguez *et al.*, 2010).

En la descripción de este frutal respecto a sus flores se plantea por Rodríguez *et al.*, (2010), que estas son hermafroditas, blancas y grandes. Pueden aparecer solitarias o formando grupos variables de dos a tres. Posee de cuatro a cinco pétalos, con estambres numerosos y la presencia de abundante polen; presenta floración durante todo el año con adecuadas condiciones fitotécnicas y condiciones ambientales apropiadas.

El fruto es una baya que puede ser redondeado, oblongo o piriforme, de corteza lisa o rugosa y con un color amarillo verdoso y amarillo claro en su plena madurez, pulpa de color variable: blanco, blanco amarillento, amarillo, rosado claro u oscuro, rojo y naranja; su sabor varía desde dulce a ácido o muy ácido. Presentan numerosas semillas pequeñas, ubicadas en una cavidad interna, cuyo número puede variar de 112 a 535, aunque algunas guayabas no tienen semillas o presentan muy pocas (Salazar *et al.*, 2006 y Rodríguez *et al.*, 2010).

2.1.4. Cultivares

En el año 1986 se generalizaron para todo el país dos cultivares de porte pequeño (E.E.A 18-40 y E.E.A 1-23) y en la medida que los productores fueron conociendo las bondades de estas variedades, desplazaron de la producción a los cultivares de porte alto y con ello se ha reducido la distancia de siembra y por tanto aumentó la densidad de plantación. Por lo que el empleo de distancias de 5,0 x 3,0 metros, hasta 4,5 x 1,5 metros; han proporcionado de 666 a 1 481 plantas por hectárea, pasando por el marco más generalizado de 5,0 x 2,0 metros (1 000 plantas por hectárea), de acuerdo con Fárres *et al.* (2009).

Según resultados obtenidos por un grupo de investigadores del Instituto de Fruticultura Tropical (Fárres *et al.*, 2009), en evaluaciones experimentales, durante cinco años de estudios, referidos a distancias, densidades y rendimiento por hectárea en guayaba Enana (EEA 18-40 y EEA 1-23), se demostró que a medida que aumenta la densidad de plantación, también se incrementan los rendimientos por área; con resultados al quinto año de 72,6 t/ha para el marco de 5,0 x 2,0 m.

Estos autores concluyeron además que en dicho cultivar, en la medida que aumenta la densidad de plantación, disminuye la producción/planta y aumenta la producción por hectáreas, con un valor promedio para los cinco años de 55,5 kg/planta y 55,5 t/ha, para los cultivares y marcos de plantación referido anteriormente.

Las variedades que se comercializan en Europa se importan principalmente de Sudáfrica y Brasil. Comercialmente se agrupan en blancas y rojas, según el color de la pulpa. Los cultivares más conocidos en función del país de origen son: Puerto Rico, guayabas de pulpa blanca, unos nueve centímetros de largo y siete centímetros de diámetro, con un peso aproximado de 150 gramos; rojo africano, de pulpa rosada, peso de unos 65 gramos y seis centímetros de diámetro; extranjero, peso de 135 gramos, ocho centímetros de largo y siete centímetros de diámetro y Trujillo, peso de 115 gramos y un diámetro de 6,5 centímetros, taiwanesa: fruto redondeado, ancho de ocho a 12 cm y peso promedio de 150 a 850 gramos, (Lozano *et al.*, 2016).

Los cultivares de guayaba Enana Roja Cubana EEA 18-40 y el EEA 18-23, son los que mayor impacto han tenido en las altas producciones alcanzadas en los últimos años, (Concepción *et al.*, (2017).

2.1.5. Fisiología

El ciclo de crecimiento de las plantas depende tanto del genotipo como de las condiciones climáticas; genotipos idénticos, cuando crecen bajo diferentes condiciones, pueden mostrar diferentes estados de desarrollo, (Salazar *et al.*, 2006).

La caracterización de estados fenológicos, como floración y maduración de frutos, es esencial para mejorar la calidad de los mismos, (Salinero *et al.*, 2009).

Los patrones fenológicos son un indicador ecológico para valorar las consecuencias de las variaciones climáticas sobre los ecosistemas y los cultivos, (Fournier y Stefano, 2004). Se plantea que los eventos fenológicos de floración y fructificación no están controlados por un solo factor ambiental, donde el agua, su disponibilidad en el suelo y sus variaciones en las diferentes estaciones, pueden determinar algunos de ellos, (Lemus y Ramírez, 2012).

Para los estudios fenológicos se usan varios indicadores que permiten registrar y evaluar el desarrollo vegetal, entre los más significativos en árboles frutales están el tiempo para la floración, la maduración y el intervalo entre floración y fructificación, (Solarte *et al.*, 2011).

Bajo las condiciones agroecológicas de las sabanas en Venezuela, el fruto de guayaba comienza a presentar cambios físico-químico a partir de los 105 días después de la antesis (finales del periodo II), según Cañizares *et al.* (2013). Por su parte, Salazar *et al.* (2006) identificaron 16 etapas fenológicas en guayaba utilizando el código BBCH, las etapas fueron desde yema en reposo hasta maduración de fruto, y la duración de cada una de ellas fue medida en grados días acumulados. Respecto a variedades, Serrano *et al.* (2008) comentan que el cultivar Paluma bajo condiciones de Brasil (Espíritu Santo) produce frutos a los 182 días después de ser podada.

En el estado de Guerrero, México, en cultivares criollos, se detectaron tres picos de brotación vegetativa durante el año y la formación de órganos florales ocurrió durante casi todo el año; los frutos maduraron de cinco a siete meses después de la formación de los botones florales, (Damián *et al.*, 2014).

Se han reportado también diferencias en producción y calidad de fruto en cultivares de guayaba estudiadas bajo condiciones edafoclimáticas diferentes, de ahí que un mismo cultivar en condiciones edafoclimáticas diferentes en Huanusco, Zacatecas, la producción de 24 selecciones varió de 34 a 73 kg/árbol y el número de frutos de 551

a 1 514; apreciándose una relación positiva entre producción de fruto e índices de productividad (Padilla *et al.*, 2012).

Mondragón *et al.* (2009) obtuvieron resultados similares en siete selecciones de guayabo bajo condiciones del Bajío, en el estado de Guanajuato, también en México, donde el rendimiento varió de 6,5 a 34,7 kg/árbol y la época de producción fue de septiembre a noviembre; el peso fresco del fruto varió de 118 a 207 gramos y los sólidos solubles totales (SST) entre 10 y 13 °Brix, mientras que en cultivares seleccionados y plantados en otras regiones, los frutos pesaron como promedio 48 g y 11,6 °Brix. Padilla y González, (2010), reportaron diferencias en forma de fruto, color de pulpa y número de semilla en un grupo de accesiones de guayaba provenientes de varios estados.

Fernández en el 2016, al caracterizar 119 accesiones de guayaba, señala que el 58 % de ellas fueron de pulpa rosa pálido, rosa y rosa oscuro y demostró que la fenología, producción y calidad de fruto en guayaba está relacionado con el genotipo y el ambiente en que la planta se desarrolla.

En Aguascalientes, México, fueron identificadas y registradas variedades de guayabo, con alto potencial productivo y calidad de fruto; además, se cuenta con accesiones en un banco de germoplasma con características sobresalientes (Padilla y González, 2010) que pudieran ser evaluadas en otras áreas de México como alternativa frutícola.

En estudios realizados en México, durante tres años, por Pérez *et al.*, (2015), para evaluar el comportamiento de cuatro cultivares de guayabo respecto a la fenología, calidad y productividad del fruto reportan diferentes épocas de floración durante los tres años de estudio; apreciando la ocurrencia para el primer año de una primera floración en los meses de enero y febrero, (invierno), donde la temperatura mínima, osciló entre 12 y 16 °C, una segunda floración durante el verano, en julio y agosto; durante ese período la temperatura mínima fue de 21-27 °C; para el segundo año, los árboles florecieron en dos épocas, la primera en invierno con temperaturas mínimas

de 8-16 °C y la segunda en los meses de noviembre y principios de diciembre con temperaturas mínimas de 12-16 °C.

Para el tercer año de evaluación, plantean, que todos los cultivares presentaron tres épocas de floración, enero-febrero (11-16 °C), abril-mayo (14-27 °C) y julio-agosto con temperaturas mínimas por encima de 20 °C. La floración obtenida durante invierno, se presentó, en los tres años de estudio, con temperaturas frescas entre 10 y 20 °C mientras que la floración obtenida en verano fue bajo temperaturas más cálidas (arriba de 20 °C), además de alta humedad tanto en suelo como ambiental por coincidir con la época de lluvias.

En el propio estudio (Pérez *et al.*, 2015), reportan que el período de flor a fruto y la época de cosecha variaron entre los cultivares, pues para el primer año se tuvieron dos épocas de cosecha, la primera se originó de la floración de invierno y tuvo un período de flor a fruto de 126 días, mientras que la segunda cosecha (floración de verano) tuvo un período de 95 días. Para el segundo año hubo una sola cosecha, la de floración, que se presentó en febrero-marzo, con un período de flor a fruto de 125-135 días y para el tercer año de estudio se presentaron tres épocas de cosecha, la primera de abril a mayo, la segunda en agosto a septiembre y finalmente la tercera fue de noviembre a diciembre, siendo el período de flor a fruto de 128 a 140, 90 y 95 días en la primera, segunda y tercera cosecha, respectivamente.

Se observó que con temperaturas frescas en floración (8-16 °C) y desarrollo del fruto (14-22 °C) el período de flor a fruto fue más largo (125-140 días), mientras que con temperaturas por arriba de 20-27 °C en las mismas etapas fenológicas el período fue de 90-95 días, (Pérez *et al.*, 2015). Resultados similares se obtuvieron en México por Mercado *et al.* (2008), quienes reportaron un período de flor a fruto en guayaba nativa de 130 días durante primavera-verano y 190 durante otoño-invierno.

Padilla *et al.* (2012) hallaron un período de flor a fruto de 180 días en sitios con clima templado y una temperatura media anual de 18 °C, comparado con 100 días en sitios con clima cálido y temperatura media anual de 25-26 °C y bajo las condiciones de

Iguala, Guerrero, se reportó un período de flor a fruto de cinco a siete meses (Damián *et al.*, 2014).

Se encontraron diferencias significativas en la producción de fruta entre diferentes genotipos (Pérez *et al.*, 2015); donde en estudios realizados, la producción de frutos varió (promedio de tres años) de 20,5 hasta 40,2 kg/ árbol en los genotipos de pulpa crema, mientras que en los de pulpa rosa la producción fue de 2,1 a 8,3 kg/árbol.

Resultados diferentes respecto a la producción obtenida han sido reportados en estudios en regiones diferentes con cultivares locales, para el mismo período estudiado, en el ambiente de cada región, por lo que el comportamiento en cuanto a variables productivas pueden diferir de una región a otra, (Mondragón *et al.*, 2009; Padilla y Gutiérrez, 2012).

En los estudios realizados por Pérez *et al.*, (2015) por tres años, se encontraron diferencias significativas en el tamaño del fruto expresado en peso fresco (PF) y longitud del mismo. El PF del fruto en los genotipos analizados varió de 86 a 109 g en los tres años evaluados.

De acuerdo a los resultados, (Pérez *et al.*, 2015), el cultivar Enana Roja Cubana, y otros de selección local aparentemente tuvieron frutos de mayor peso, lo que puede estar relacionado con el cultivar; sin embargo, puede deberse también a que estos produjeron pocos frutos y al tener menor competencia alcanzaron un mayor tamaño (Fisher *et al.*, 2012); por el contrario, los cultivares que produjeron mayor número de frutos, expresado en un mayor rendimiento y por lo tanto un incremento en la fuerza de la demanda obteniendo frutos de menor tamaño. Resultados similares fueron obtenidos en la longitud del fruto, según reportan estos autores.

Respecto a la dulzura del fruto, en las condiciones de México estudiadas por Pérez *et al.* (2015) el cultivar Enana Roja Cubana tuvo un contenido de 1,6 °Brix, mientras que selecciones locales alcanzaron valores entre 10 y 12 °Brix y para otras condiciones en México, se reportan selecciones estudiadas que alcanzaron valores de hasta 13 °Brix, (Mondragón *et al.*, 2009).

Una herramienta útil para mejorar la producción de frutas, especialmente de consumo en fresco, son las curvas estacionales de crecimiento y desarrollo de frutos, las cuales están genéticamente determinadas, hormonalmente reguladas y modificadas por la localidad (Garriz *et al.*, 2015); esto indica que se requieren curvas de crecimiento de fruto específicas de acuerdo con cultivares particulares, suelo, clima y condiciones de manejo de huertos.

Por otra parte, en un estudio del comportamiento del guayabo en Michoacán, México (Garriz *et al.*, 2015), encontraron cuatro fases de desarrollo reproductivo; la formación de yemas florales se presentó en brotes de ramas que tenían de cinco a diez cm de longitud y el período de diferenciación floral y floración, así como el crecimiento del fruto, disminuyeron considerablemente a menor altitud, hecho que se atribuyó a las diferencias en temperatura, planteando que el crecimiento de frutos de guayaba muestra un patrón doble sigmoide.

La fenología del guayabo sigue las etapas de formación de renuevos, formación y crecimiento de yemas reproductivas, flor abierta, flor seca, fruto cuajado, fruto verde inmaduro, fruto verde maduro, fruto pintón y fruto en madurez organoléptica (Solarte *et al.*, 2009 b).

El período de floración inicia durante la transición de época seca a época de lluvias, el pico de floración se presenta durante el primer período de lluvias del año, especialmente en los meses más lluviosos del primer semestre, y el período de cosecha se presenta en épocas húmedas, especialmente, (Solarte *et al.*, 2009 b).

Las variaciones ambientales locales muestran modificaciones en el inicio, intensidad y duración de los eventos fenológicos reproductivos de los materiales de guayaba, además alteración en el ciclo de producción normal puede deberse a factores climáticos, como altas precipitaciones, (Solarte *et al.*, 2009 b).

La formación de yemas reproductivas inicia a la par de nuevos brotes vegetativos, después del período seco, cuando comienzan las lluvias (febrero, marzo); esto ha sido reportado por otros investigadores en México donde los riegos aplicados

después de un período de estrés hídrico provoca la emergencia de yemas vegetativas y la producción de nuevos brotes (Nava *et al.*, 2013). Estos mismos autores señalan que los picos de floración se han presentado en época de poca lluvia, en los meses de marzo y abril, así como durante los meses de febrero y marzo; aunque para los otros cultivares puede tener lugar durante el mes de mayo, que se corresponde con momentos más lluviosos.

Algunos autores refieren que los ciclos de crecimiento de las plantas dependen de su genotipo y de las condiciones climáticas en las cuales se desarrollen, lo cual explica el comportamiento variable de los materiales que se emplean en diversas localidades (Salazar *et al.*, 2006).

Definieron Garriz *et al.*, (2015) tres fases de desarrollo de los frutos de guayaba, aunque la duración de cada una varía debido a que está relacionada con el genotipo del material y con factores internos y externos que actúan durante las diferentes fases. La fase I está determinada por procesos de división celular mediante los que se producen casi todas las células que tendrá el fruto maduro y de diferenciación que definen las partes del fruto. El fruto inicia su crecimiento cinco o seis días después de la floración. Esta fase para las guayabas de Santander, Colombia, varía entre 45 y 60 días durante la cual el crecimiento del fruto incrementa levemente. La fase II se caracteriza por un crecimiento lento desde los 46 y 61 días hasta 90 y 105 días dependiendo del material. Durante estos 45 días se produce el desarrollo de embriones de semillas y no se evidencia aumento del mesocarpio.

La fase III muestra una reanudación del crecimiento especialmente por expansión celular y acumulación de compuestos de almacenamiento como azúcares, ácidos, pero también agua; durante esta etapa se producen dos procesos oxidativos independientes: la degradación de clorofilas y la síntesis de carotenoides, los cuales son inducidos por la producción de etileno y que finalmente conducen a la maduración organoléptica del fruto. Durante esta fase se produce la maduración del fruto, el incremento en los sólidos solubles totales y una disminución de la acidez total (Garriz *et al.*, 2015).

En guayaba no hay una respuesta uniforme, existen referencias que muestran una tendencia doble sigmoide y otras que consideran la curva de crecimiento de guayaba como sigmoidea simple. Es posible que de acuerdo con las condiciones ambientales, el patrón de crecimiento del fruto varíe (Salazar *et al.*, 2006).

Los factores climáticos relacionados con la producción, plantea Salazar *et al.*, (2006), como la temperatura y el régimen de lluvias, se consideran los más críticos para el crecimiento de las plantas. La radiación solar y la humedad relativa también interfieren con los mecanismos fisiológicos de la planta pero no son limitantes, debido a que se pueden manipular por densidades de siembra o sombríos.

En la actualidad, la vulnerabilidad de los cultivos a las variaciones en las condiciones ambientales puede ser vista como una barrera para mejorar el rendimiento potencial, por lo tanto las relaciones fisiológicas de la interacción de los genotipos con el ambiente merecen ser investigados, debido al poco conocimiento sobre los aspectos fisiológicos y genéticos en varios cultivos (Solarte *et al.*, 2011). El tiempo transcurrido entre la emergencia de las flores y la maduración del fruto está alrededor de cinco o seis meses, en las condiciones de Venezuela, según estudios realizados por Cañizares *et al.*, (2013), lo que depende de la disponibilidad de agua y de fertilizante.

Brotación vegetativa: En el guayabo de forma natural la brotación reproductiva se manifiesta unida a la vegetativa durante todo el año, por esto siempre hay presencia de hojas jóvenes, botones, flores y frutos, que trae como consecuencia la necesidad de realizar muchas actividades manuales, que incurren en mayores gastos de productos para el control sanitario e incrementos de los costos de producción. Pardo y Pérez, (2009), agregan a su información, que aunque las guayabas EEA 18-40 y 1-23 producen todo el año cuando se cultivan en condiciones de riego el mayor porcentaje de frutos aptos para la cosecha se obtiene en dos momentos: el primero de julio a octubre, que es al mayor y el segundo de diciembre a enero.

Floración: En estación seca prolongada de cinco a seis meses, en un año se obtiene una sola cosecha, cuya floración se dispara a la entrada de las lluvias, mientras que con alta precipitación estacionada durante el año, con niveles

suficientes se pueden observar dos producciones anuales (Martínez, 2012), aunque abundantes durante el período de floración tiende a reducir el amarre de los frutos.

El agua en el guayabo es indispensable en los períodos críticos de crecimiento, las flores nacen sobre las ramas terminales cuando van emergiendo, las que solo desarrollan cuando se dispone de agua en cantidades adecuadas (Martínez, 2012).

Cuaje: La baja fijación de frutos también puede deberse a la falta de polinización de las flores, ya que estas solo permanecen abiertas un día; aunque se han publicado receptividades del estigma de hasta 48 horas después de la antesis. También se ha publicado que la polinización y la fertilización evitan que se presente la capa de abscisión que conllevaría a la caída de las flores y además favorecen el desarrollo y crecimiento del fruto (Insuasty *et al.*, 2008); además se plantea que el tiempo transcurrido entre la emergencia de las flores y la maduración del fruto fluctúa entre cuatro y seis meses según la localidad y el material.

En los trabajos realizados por Martínez en el 2012, se plantea que si la producción y amarre del fruto coinciden con una sequía, las flores y frutos que se formen serán muy pequeños y escasos, los que caerán, siendo también muy necesaria en el período de desarrollo del fruto, plantean además que sin la cantidad de agua necesaria en estos períodos, la cosecha se retardará, lo que provoca reducción del rendimiento.

Crecimiento del fruto: En las localidades de Puente Nacional y Barbosa el crecimiento del fruto a partir de la apertura floral (día cero) fue más corto que en Vélez; según estudios realizados en México por Garriz *et al.*, (2015) informando que el período de diferenciación floral es mayor a una elevada altitud y el crecimiento de frutos es más corto en zonas de menor aptitud. En los propios resultados estos autores plantean que la dinámica de crecimiento y desarrollo de frutos en guayabas de la hoya del río Suárez sigue el siguiente esquema general: la floración o antesis es seguida por la polinización y fertilización del óvulo, que da comienzo a su desarrollo hasta convertirse en fruto maduro.

Esta transición (Garriz *et al.*, 2015) se da lugar en fases con características bien definidas: 12 días después de floración se forma un frutillo identificable que se conoce como fruto cuajado, el cual es seguido por un período de crecimiento, que dura entre 90 y 120 días. La madurez fisiológica se alcanza entre los 130 a 150 días y, la madurez organoléptica, entre 160 a 180 días después de la antesis.

Los resultados de estudios realizados por Cañizares *et al.* (2013) en el estado de Monagas en Venezuela, confirman que bajo las condiciones estudiadas, el crecimiento del fruto de guayabo de la selección local, se expresó a través del patrón de crecimiento doble sigmoideal; plantean además que en el estudio de la dinámica del crecimiento de los frutos se establecieron tres períodos diferentes: uno de crecimiento rápido (7-70 días) de mayo a julio, otro de crecimiento lento (70-105) de julio a agosto y el de aumento exponencial (105-154 días) de agosto a octubre; requiriéndose en las condiciones agroecologías analizadas de 154 días después de la apertura floral para su cosecha; siendo más evidente la mayor intensidad del crecimiento de los frutos en los períodos I y III, además apreciaron que el fruto comienza a presentar cambios físicoquímicos a partir de los 105 días (finales del período II) después de la apertura floral, alcanzándose la madurez comestible a partir de los 120 días.

Para la guayaba variedad Taiwán 1 se confirma en estudio realizados en el Salvador, por Calderón y Moreno (2009) que la curva de crecimiento del fruto es doble sigmoide, por poseer tres períodos de crecimiento, iniciando con un período de crecimiento rápido, seguida de un crecimiento relativamente lento y finalizando con un crecimiento rápido.

Maduración: Un fruto maduro es la suma de los cambios bioquímicos y fisiológicos que ocurren en la etapa final de desarrollo y que producen un órgano comestible y atractivo tanto a los dispersores de semillas (animales) como a los consumidores. Estos cambios, aunque son muy variables entre las especies, generalmente incluyen la modificación de la ultra estructura y textura de la pared celular, su turgencia, jugosidad, la conversión de almidones a azúcares, incremento en la susceptibilidad a

patógenos en la pos cosecha y alteraciones en la biosíntesis de pigmentos, así como biosíntesis y degradación de compuestos responsables del sabor, (Solarte *et al.*, 2011).

En estudios realizados en México por Damián *et al.*, (2014), establece que en las condiciones estudiadas en dos regiones, se apreciaron tres épocas de cosecha de fruto: la principal en mayo y junio, y las dos secundarias de julio a noviembre y en marzo, pero también evidenció potencial para producir fruto en cualquier época del año, sin embargo el período de flor a fruto en Iguala tiene una duración de cinco a siete meses pero, en otras regiones como Zacatecas, el mismo período es de siete a ocho meses, lo que corresponde a las condiciones de desarrollo fisiológico de cada región.

Gutiérrez (2012), plantea que el desconocimiento de la fisiología de la madurez en frutos de la guayaba Pera, obliga a los productores a recolectar en los períodos en que se ha completado la madurez fisiológica e iniciado la madurez comercial o de consumo, dando como resultado períodos muy cortos para las operaciones de transporte, almacenamiento y distribución del producto.

2.2. Requerimientos climáticos y edáficos.

2.2.1. Clima

La agricultura constituye uno de los sectores de la sociedad más sensible y vulnerable a las variaciones en el tiempo de las condiciones climáticas. Estas no solo afectan el crecimiento y desarrollo de los cultivos en el campo, sino todas las actividades productivas (Paz *et al.*, 2008). Resultados similares son planteados por Ribeiro (2008), al referirse que dentro de las actividades económicas, la agricultura es considerada, la más dependiente de los factores climáticos, donde cualquier cambio en la radiación solar, temperatura y precipitación, producirán cambios en los rendimientos y la cosecha.

La guayaba es un fruto proveniente de los países tropicales y subtropicales del mundo que crece en diversas condiciones climáticas, prefiriendo los climas cálidos y

secos, de amplio consumo mundial, que puede producir todo el año según Pérez *et al.*, (2008).

El comportamiento del clima durante las últimas cuatro décadas, sugiere la existencia de una variación importante a partir de la década de los años 70, con incremento de la temperatura media anual del aire (0,5 °C) y la frecuencia de eventos climáticos extremos, como la ocurrencia de lluvias intensas y tormentas locales severas (Metz *et al.*, 2008).

En estudios realizados por Cortes (2016), en Colombia, plantea en sus resultados, que para el desarrollo de los cultivos ante los efectos del cambio climático en las áreas más promisorias de acuerdo a las temperaturas y las precipitaciones, estas deben corresponderse con una distribución generalizada en diversas zonas, debiendo realizarse medidas de adaptación para convertir estos hechos en oportunidades para preparar el sector agrícola ante las condiciones del cambio climático.

Las evidencias indican que el clima de Cuba durante las últimas cuatro décadas se ha hecho más cálido, y la temperatura media anual se ha incrementado en cerca de 0,5 °C, con el período más cálido en los años 80 y 90 (Aranguren *et al.*, 2016). Sin embargo este incremento, que se plantea por los autores, explica que es debido aún a la tendencia muy marcada en el ascenso de las temperaturas mínimas, que han sufrido un incremento cerca de los 1,4°C en sus valores medios mensuales.

Se considera que los principales efectos directos derivados de las variaciones en la temperatura y precipitación se relacionan fundamentalmente con la duración de los ciclos del cultivo, alteraciones fisiológicas por exposición a temperaturas fuera del umbral permitido y deficiencias hídricas; también pueden presentarse efectos indirectos como cambios en las poblaciones de parásitos, plagas y enfermedades, disponibilidad de nutrientes en el suelo y el cumplimiento de los cronogramas organizativos en la planificación agrícola, (Solarte *et al.*, 2011).

La elevación progresiva de las temperaturas, conducirá a una reducción en el tiempo de duración de las fases fenológicas y del ciclo del cultivo para todas las plantas, lo que será más visible en cultivos de ciclo corto, con hábito de crecimiento determinado, los que dispondrán de menor tiempo, para la etapa relacionada con la formación del producto final cosechado, (Rivero *et al.*, 2008).

En estudios realizados por Aranguren *et al.*, durante varios años y concluidos en el 2016, plantean cambios en los patrones de precipitaciones, ya que las lluvias en el período lluvioso se ha incrementado, mientras que en el período de seca ha disminuido para la región de Jagüey Grande; lo que ha provocado para el caso de los cítricos, variaciones en el comportamiento de determinadas etapas fenológicas, donde se pueden ver afectados procesos como la floración y el cuajado, y potenciado otros como el crecimiento de los frutos, lo que puede tener una influencia similar con otros frutales..

Estos autores destacaron además que la disminución de precipitaciones durante el período seco si bien puede favorecer el manejo del estrés hídrico para inducir la floración, también muestra la necesidad de un adecuado manejo del riego para suplir las necesidades del cultivo cuando se inicia la floración y la etapa de fructificación. Por otro lado, Betancourt *et al.* (2009), plantean que para el caso de los cítricos, el clima es el factor abiótico fundamental que modifica los procesos más importantes en el desarrollo de estos.

En estudios realizados en cítricos por Aranguren (2009), se demostró que la floración media masiva para las condiciones de Jagüey Grande ocurre entre la segunda decena de febrero y primera de marzo, planteando que en el año de baja producción, la floración se retardó con respecto a la media obtenida para esta región.

En tal sentido Aranguren *et al.* (2016), plantea que el aumento de las temperaturas y el déficit de precipitaciones en los meses de marzo y abril (período de floración y cuaje), incide en el cuajado y por consiguiente se relaciona en las afectaciones observadas en la producción, de ahí que las precipitaciones intervienen de forma

importante en el cuajado, tamaño y calidad para el cultivo de los cítricos, planteando que la producción está determinada por la intensidad de la floración y el cuajado.

Si bien el clima ha variado durante la historia de la Tierra, actualmente se asiste a un cambio climático muy acelerado y atribuible principalmente a las actividades humanas; los expertos consideran que el aumento de la concentración de dióxido de carbono atmosférico y otros gases de “efecto invernadero”, acontecido en el último siglo, es la principal causa del actual cambio climático, (Vásquez, 2013).

Tal como lo menciona Bono (2008) y Lampis (2013). el cambio climático es una realidad instalada definitivamente, no como problema del futuro, sino como una realidad a la cual es necesario adaptarse y un desafío al que hay que responder; ya que éste está teniendo un efecto sobre el objeto del desarrollo impactando poblaciones, así como los recursos naturales y la provisión de servicios eco sistémicos para el bienestar humano.

En este sentido, Morton (2008) y Palazzo *et al.*, (2009), el sustento de miles de comunidades de agricultores familiares, tradicionales y pueblos indígenas en países en desarrollo serán afectados seriamente por los cambios climáticos y, según lo plantea la FAO (2010), se espera que los cambios a largo plazo en las condiciones de temperatura y precipitación, que son parte del cambio climático, alteren las estaciones de producción y la configuración de plagas y enfermedades, y modifiquen también el conjunto de cultivos viables, afectando a la producción.

Alarcón y Pabón (2013), a partir de investigaciones realizadas, plantean que las áreas óptimas para el desarrollo de los cultivos, tienden a reducirse bajo la influencia del cambio climático, siendo las precipitaciones y las temperaturas las variables climáticas de mayor impacto.

El clima explica, en gran parte, los cambios en la productividad agrícola (Sergio y Llinás, 2010), siendo la agricultura un proceso que depende en gran medida de las condiciones climáticas para que ésta sea próspera; tanto las frutas como las hortalizas, los granos y demás productos agrícolas requieren de temperaturas

específicas, cantidad de agua adecuada, cierta acidificación del suelo, una humedad relativa justa e incluso de ciertos insectos para que puedan desarrollarse de manera óptima, tal como cualquier ser vivo requiere de condiciones puntuales para su supervivencia.

Según plantea Solarte *et al.* (2011) en estudios eco fisiológicos realizados en Colombia, la guayaba se caracteriza por su gran capacidad de adaptación a diferentes condiciones climáticas debido a que se puede encontrar desde el nivel del mar hasta los 2 000 m; crece en una amplia variedad de climas, desde secos hasta húmedos, con precipitaciones de 1 000 a 2 000 mm por año y temperaturas medias de 20 a 30 °C; requiere buena exposición solar y es resistente a la salinidad y a la sequía.

El guayabo es una planta tropical; se recomienda para alturas por debajo a 800 m s n m, requiere temperaturas comprendidas entre los 15 y 34 °C, con una precipitación anual que está comprendida entre 1 000 y 3 800 milímetros bien distribuidos en los meses del año, y una humedad relativa de 70-90 %, (Casaca, 2015).

El agua es indispensable para el cultivo de guayaba en los períodos de crecimiento y la producción, pues las flores se forman en ramas nuevas y éstas solo crecen si tienen agua suficiente. Se ha establecido que si la floración y el amarre de fruto coinciden con una sequía se tendrán problemas, pues se forman frutos muy pequeños y pueden caer, siendo ésta necesaria durante el desarrollo y llenado del fruto (Solarte *et al.*, 2011). Es una especie, que al decir de algunos autores es tolerante al déficit hídrico, no obstante se ha observado que en épocas de alta pluviosidad responde muy bien al incremento de la humedad del suelo, aumentando ampliamente su productividad, según Hernández *et al.*, (2009), planteando que la precipitación óptima oscila entre 500 a 1 000 mm anuales, pero con una buena distribución.

Cada cultivo tiene una temperatura cuando empieza el desarrollo vegetativo y su crecimiento, así como un rango de temperatura óptima durante el cual la planta se desarrolla rápidamente y aunque algunos cultivos en ciertas regiones del mundo

puedan beneficiarse, en general se espera que los impactos del cambio climático sean negativos para la agricultura, (Gerald *et al.*, 2016).

La temperatura es un factor que afecta diversos aspectos del crecimiento y el desarrollo de cultivos en general y de los frutos en particular, siendo el umbral de temperatura específico para cada especie y depende del estado de maduración de los frutos, planteándose que los límites de tolerancia a la temperatura varían con la especie, es así como las temperaturas por encima y por debajo del óptimo limitan el crecimiento de la guayaba, (Solarte *et al.*, 2011).

Aunque las plantas han desarrollado varios mecanismos para adaptar su crecimiento a condiciones hídricas limitadas, el estrés hídrico es considerado el principal factor limitante en la producción mundial, (Solarte *et al.*, 2011). Uno de los procesos fisiológicos más afectados por el estrés hídrico es la fotosíntesis y aunque hay mucha controversia entre si el estrés limita la fotosíntesis a través del cierre estomático o por daño metabólico, (Flexas *et al.*, 2014).

2.2.2. Suelo

Puede cultivarse en diferentes tipos de suelos, siempre que presenten buena penetrabilidad, un espesor arable de no menos de 30 centímetros, con buen drenaje (aunque esta planta es capaz de resistir inundaciones por un período de tres a cuatro días sin sufrir efectos de consideración). Desde el punto de vista de infestación de nematodos del género *Meloidogyne* se consideran aptos aquellos cuyo grado sea igual o inferior a dos, (Solarte *et al.*, 2011).

Las condiciones del suelo son también importantes en la producción de guayaba ya que esta planta puede permanecer con una buena producción si cuenta con los niveles óptimos de nutrientes disponibles en el suelo; el cual puede desarrollarse en pH de 4,5 a 8,2, su óptimo se encuentra alrededor de 6,3, aunque se recomienda que para una óptima producción, el pH debe oscilar entre 5,0 y 7,0, (Solarte *et al.*, 2011). Estos autores indican que las plantas de guayabo responden a una amplia gama de tipos de suelo: arcillosos y orgánicos de buen drenaje, arenosos y

calcáreos, por tener un sistema radical fasciculado, la planta no exige suelos muy profundos pero si fértiles y con buen drenaje; además, puede tolerar períodos de inundación por su respuesta rápida a este efecto, incrementando la red de raicillas superficiales.

Se adapta a un amplio rango de suelos con pH que oscilan entre 6,0 y 7,0. Para una buena calidad de fruto se necesitan suelos fértiles, profundos y ricos en materia orgánica. Preferiblemente, parcelas accesibles para transportar la producción con facilidad. Además se debe contar con buena disponibilidad de agua para riego en forma permanente, (Casaca, 2015); por lo que se impone una correcta selección de los suelos, en correspondencia con la creciente utilización de sistemas de propagación por esquejes (Jiménez, 2009, Concepción *et al.*, 2017, Ramos *et al.*, 2017).

2.3. Atenciones culturales y manejo de la plantación

2.3.1. Podas

La poda es una práctica cultural ampliamente utilizada en los frutales tropicales y especialmente en el guayabo, con el objetivo de regular el sistema vegetativo de la planta, eliminando o cortando aquellas ramas improductivas, secas o enfermas para favorecer que el árbol brote y fructifique con más vigor. También requiere de podas periódicas, desde su formación en el vivero hasta las plantaciones adultas en producción, para garantizar la calidad de los frutos, (Barrantes, 2008).

Al realizarse un ensayo por Vargas *et al.* (2014) para evaluar el crecimiento y fenología del guayabo en respuesta a la poda y defoliación en el estado de Guerrero en México; reportaron que las plantas con podas y sometidas a sequía, presentaron diferencias, con las plantas defoliadas, respecto al área foliar, peso seco del tallo, hojas y frutos, siendo diferentes las épocas de cosecha, ampliando el período del mercado, donde el manejo de estas últimas fue más eficiente fisiológicamente; además agregan que las plantas con podas y sequía presentaron mayor área foliar, con menor producción pero con frutos de mayor calibre.

La planta recién llevada a las áreas provenientes de viveros, deberá tener una altura de por lo menos 50 cm, para lo cual se ejecutarán podas, las que consisten en eliminar el brote terminal o meristemo apical con una tijera de podar que previamente debe desinfectarse, este despuntado tendrá como efecto la estimulación de brotes laterales, y una producción constante lo que permitirá la ramificación de la planta. Casaca (2015) plantea además que la mayor cantidad de flores emerge entre el segundo y cuarto nudo, por eso es necesaria esta práctica, por el contrario si no se practica el despunte de ramas la producción decrecerá y la plantación se verá como una plantación en fase de deterioro.

Según Barrantes (2008), es posible cosechar a los seis meses después de la siembra mediante una poda adecuada; debiéndose realizar la primera entre 20 y 50 cm en el tronco principal; se seleccionan tres o cuatro ramas, las cuales se les conoce como ramas madre, las que deben estar separadas a un ángulo de 45 °.

Cuando la planta ha alcanzado los dos metros de altura, en este momento se recomienda una poda de renovación (Barrantes, 2008), planteándose que la forma de poda consiste en eliminar todas las ramas, dejando cuatro ramas principales con una longitud de 40 cm, luego se recomienda aplicar Benomil con agua con el fin de limpiar el árbol, además cubrir el corte con Benzotiazol o Caldo Bordelés.

La poda de formación se considera más sencilla que la que se realiza en otros frutales (Barrantes, 2008), ya que la variedad de guayaba con la que se trabaja aunado al clima, permite cosechar a los seis meses después de la siembra mediante una poda adecuada. Casi todas las ramas que salen de las ramas madre, producen flores por lo que se les puede dejar la producción.

En la poda de producción es importante considerar aspectos como: la variedad, el clima, la fertilización, el riego, etc., donde la mayoría de las ramas al despuntar o podar producen flores. A los 28 días después de la poda aparecen los botones florales, el botón tarda entre 28 y 30 días para abrir y de aquí en adelante tarda 105 días, para la cosecha; este proceso puede adelantarse o atrasarse unos diez días, dependiendo de la temperatura (Barrantes, 2008).

Este mismo autor plantea que la época de poda recomendada en la zona de la península de Nicoya y Guanacaste, por las condiciones de clima (época seca: diciembre a abril, época lluviosa: mayo a noviembre) es en el mes de febrero o principios de marzo para que los primeros brotes que vienen con mala producción o sin fruta, salgan en época lluviosa ya que es la época en la que el precio es bajo. En los meses de agosto a setiembre se realiza una segunda poda, siguiendo las recomendaciones de poda para producción. Una vez que salen los brotes se dejan todos sin ralea hasta que pase la cosecha de verano.

Con el objetivo de evaluar el efecto de tipos de poda sobre la producción y eficiencia productiva del guayabo en el municipio Baralt, estado Zulia, Venezuela, en árboles de seis años de edad, Quijada *et al.*, (2009), con distintas variantes de podas, lograron modificar parcialmente la dinámica de producción anual en la región, lo que permitió uniformar en parte la producción de la guayaba en la zona de estudio, incrementando de forma significativa las variables productivas y de eficiencia; alcanzándose los mejores resultados con despuntes mensuales más poda central, reportando una producción por planta de 449,76 kg de frutos, el mayor índice de fructificación con 99,07 frutos/m² y mayor eficiencia productiva con 8,99 frutos/m³, además concluyeron que los resultados indican que la poda sola o combinada produjo un efecto positivo sobre la producción de guayaba en la región.

El uso de defoliantes y podas es una alternativa que favorece el desfase de las cosechas, según Quijada *et al.*, (2009) por su parte, indican que la poda en los árboles frutales tropicales constituye una de las prácticas con mayores posibilidades de mejorar la producción a corto plazo.

La poda también acelera la floración y formación de frutos debido a que promueve el crecimiento de retoños que es donde se forman las flores y los mejores frutos, donde la poda de despunte (10 a 15 cm) también incrementa el número de brotes laterales nuevos que adelanta la floración de ocho a diez y de tres 28 días respectivamente e incrementa el tamaño del fruto; por otra parte, la poda de despunte en frutales estimula, en árboles muy jóvenes, el desarrollo frecuente de nuevos retoños y por

ende, nuevas ramificaciones, causando una producción comercial temprana, (Quijada *et al.*, 2009).

2.3.2. Riego

El guayabo bajo condiciones de regadío es capaz de mantener una producción constante, lo cual se traduce en una buena economía. Durante los últimos años se ha visto incrementado el cultivo de este frutal en Cuba, donde existe una época de seca y otra de lluvia bien definidas, habiendo sido el riego uno de los elementos de la tecnología de producción que más ha influenciado en los altos rendimientos que se vienen logrando en el cultivo de esta especie, sobre todo con el cultivar Enana Roja Cubana, (Hernández *et al.*, 2009), quienes plantean además que el incremento de la humedad del suelo produce un efecto significativo sobre el rendimiento y tamaño del guayabo obteniéndose en la variante más húmeda rendimientos de hasta 41 t/ha.

Estos autores reconocen que la misma es exigente en agua durante su estado vegetativo y reproductivo, requiere períodos de sequía para inducir la renovación del follaje y la floración, demandando durante el crecimiento de la planta de 2 mm a 5 mm de agua por día y después pasa a su período reproductivo; en esta etapa cada planta requiere de 5-10 mm por día y anualmente su necesidad aumenta entre 500 a 800 mm de riego.

La guayaba crece con requerimientos de agua de 1 000 – 2 000 m³/ha/año entre 800 y 2 000 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 18 °C, humedad relativa de 78 % y con un pH del suelo entre 5,0 y 6,0; (Salazar *et al.*, 2006). Según experiencias respecto a las necesidades de agua en guayaba se plantea por Fornaris *et al.*, (2011), que el riego se debe realizar preferentemente por aspersión por debajo del follaje y mejor aún de forma localizada en la zona de goteo. En dependencia del tipo de suelo se empleará una norma neta parcial de 250 a 380 m³/ha en el primer año, de 280 a 480 m³/ha en el segundo año y de 310 a 570 m³/ha para el resto de los años, con un intervalo de riego en los primeros seis meses después de la plantación entre cinco a seis días posteriormente se puede alargar hasta siete o diez días, en dependencia de las condiciones edafoclimáticas de cada lugar.

Los rendimientos obtenidos en el cultivo de la guayaba Enana Roja Cubana pueden ser afectados por el deficiente manejo de riego al presentarse déficit de agua disponible en el suelo, pudiendo ser afectado hasta en un 47 % según estudios realizados por Fornaris *et al.*, (2011), en la empresa Ceiba del Agua en Mayabeque, lo cual induce un atraso en la salida de la producción, así como en la disminución del número de frutos y su tamaño, afecta los rendimientos.

Estos autores concluyeron planteando además según sus resultados que la demanda de agua es de 4-10 mm diarios o más, que serían 120 mm mensuales, teniendo su máxima demanda durante la época de fructificación, sin embargo las etapas más sensibles son durante el trasplante, crecimiento y desarrollo de los frutos, esta planta puede tolerar sequías leves, sin embargo los mayores rendimientos se logra donde se satisface la demanda hídrica.

En muy pocas áreas geográficas, coincide que todas las exigencias sean satisfechas de forma natural, de ahí la necesidad de intervenir con tecnologías de riego y drenaje, ya sea porque las lluvias sean escasas, excesivas o mal repartidas (Martínez, 2012), aun siendo la guayaba, una especie tolerante al déficit hídrico, responde muy bien al mantenimiento de altos niveles de humedad durante todo su ciclo biológico, que bajo condiciones de riego puede mantener una producción constante.

La fruta de guayaba puede ser consumida durante todo el año; sin embargo, su oferta es mayor desde junio hasta agosto, período en el que concentra el 50,6 % de la producción total, el 31,1 % se distribuye en los meses de noviembre, diciembre y enero, debido a que existe una respuesta fisiológica de la planta al grado de humedad del suelo promoviendo la iniciación floral, lo cual está directamente asociado con el potencial de fructificación y el resto de la producción sale en diferentes momentos del año (Quijada *et al.*, 2009).

EL guayabo necesita un suministro estable de agua durante todo el ciclo de vida, debiéndose realizar los riegos, con una frecuencia tal que el suelo esté en su

capacidad de campo, aplicando en la etapa de fomento de 10-20 litros de agua diaria y en producción cerca de 40 litros de agua al día, (Fornaris *et al.* 2011).

2.3.3. Nutrición

Las necesidades de la planta con relación al nitrógeno están alrededor de los 180 kg/ha, en la etapa de plena producción, los aportes de fósforo y potasio, están en el orden de 60 y 100 kg/ha respectivamente, la aplicación de materia orgánica a razón de 10 kg/árbol, lo que constituye una práctica imprescindible para la obtención de altos rendimientos según Casaca (2015), sugiriendo que las fertilizaciones deben fraccionarse en 12 aplicaciones si se cuenta con riego, para garantizar un desarrollo sistemático y uniforme en el cultivo y para áreas de secano deben realizarse al menos tres aplicaciones en el período de lluvia.

En experimento realizados con la variedad Paluma en Brasil, en el 2015, referido la nutrición y fertilización potásica, Natale refiere que el potasio (K) además de ser un nutriente esencial para la guayaba, es también el nutriente mineral más extraído por el cultivo para la formación de la parte aérea y el nutriente más exportado en los frutos fuera del campo; en los propios estudios refiere que para las condiciones estudiadas la dosis estuvo asociada a un contenido de K en el suelo de 0,12 meq/100 cm³ y una concentración foliar de 1,77% en la época de floración. Para los demás nutrientes los contenidos se situaron en 2,17% de N, 0,16% de P, 0,67% de Ca, 0,38% de Mg y 0,26% de S. Además observó que la producción de una tonelada de fruta fresca extrae cerca de 1 660 g de K o 148 kg de K₂O, con una producción media de 74 t/ha.

Se hace necesario corregir los momentos de aplicación de los nutrientes pues los productores cubanos aplican de forma alterna a las plantaciones de guayaba Enana Roja Cubana, 100 gramos por planta de urea y 200 gramos de fórmula completa, al finalizar los tres picos de producción, además aplican tres tratamientos con materia orgánica de 5-10 kg/planta, en la primera etapa y plena producción tres aplicaciones de 10-40 kg/planta, (Jiménez *et al.*, 2009).

2.3.4. Limpia

La eliminación de las plantas arvenses encarece grandemente el costo de producción del cultivo del guayabo, a partir de los excesivos recursos que se destinan para la adquisición y aplicación desmesurada de herbicidas, pues realmente el control manual y mecánico de las arvenses es aún insuficiente en estas plantaciones, (Mazorra *et al.*, 2016).

Otras opciones se buscan para disminuir los índices de incidencia y afectación por plantas arvenses en las áreas de guayabo, pues el uso indiscriminado del laboreo del suelo y de agroquímicos han traído consecuencias funestas, no solamente en Cuba, (De Lacroix *et al.*, 2010, Mazorra *et al.*, 2016,) sino también en otras regiones del planeta, destacándose la pérdida de las propiedades físicas y químicas del suelo; el desarrollo de resistencia a pesticidas con rápida multiplicación de organismos plagas; graves pérdidas de la diversidad biológica y la contaminación ambiental.

El establecimiento de coberturas de leguminosas es una opción sostenible que ha permitido contrarrestar tales efectos en cultivos de cocoteros, (Fontes, 2008), lo cual se ha empleado por productores en el cultivo de la guayaba con resultados positivos, no solo por la retención de humedad sino también por el aporte de materia orgánica.

A partir de estudios en plantaciones de guayabos, Negrín (2008) informó que *Teramnus labialis*, entre otras leguminosas herbáceas, forma coberturas que reducen la presencia de plantas arvenses en las plantaciones, además de aportar materia orgánica y nitrógeno al suelo, por lo que consideran a esta especie como una alternativa viable para recuperar los agroecosistemas de los frutales.

En las regiones tropicales, de forma frecuente las especies arvenses ocasionan pérdidas en la producción, no solo por la competencia sino también porque dificultan la cosecha, existiendo dos métodos de forma tradicional para el control de estas, el control químico, el mecánico y el manual mediante machetes, el primero mediante el empleo de herbicidas y el segundo con una grada ligera semiabierta o una chapeadora, (Negrín *et al.*, (2008), además refieren el uso de pastoreo de animales y

la utilización de coberturas con leguminosas, el primero no de total aceptación y el segundo con resultados muy positivos sobre todo en lo referente a la conservación de los suelos.

Para establecer leguminosas en plantaciones de guayabo, se puede realizar el control de arvenses en el camellón con una aplicación de Glifosato, en dosis de 3 l/ha, y para el control de las gramíneas en el narigón, Leopart a razón de 1,5 l/ha en dos ocasiones; lo que permite el establecimiento exitoso de la leguminosa en un período de cinco meses, (Hernández, 2013),

El empleo de coberturas en policultivos de guayabo con leguminosa presenta poca diferencia tanto en la fitotecnia como en los costos, respecto a los sistemas tradicionales, que se emplean actualmente para cultivar el mismo en Cuba, (Mazorra *et al.*, 2016).

Trabajos realizados por Gerald *et al.*, (2016) demostraron que económicamente es factible diversificar el cultivo del guayabo con la leguminosa *Teramnus labialis*, en las condiciones de Ciego de Ávila y otras regiones del país, lo que está acorde con la dimensión económica para lograr una agricultura sostenible.

Otros trabajos indican la reconversión de áreas de monocultivo de frutales en la provincia por asociaciones de guayabo y cítricos con frijol, yuca y melón; y señalan que la producción sostenible de alimentos sin afectar el medio ambiente es un reto para la sociedad actual, que impone transformar los sistemas convencionales de explotación agraria a agroecológicos en las formas productivas, (Hernández *et al.*, 2013).

2.4. Cosecha y poscosecha de los frutos de guayaba

Las frutas del guayabo son recolectadas cuando están maduras, es decir, cuando ocurre un cambio de color de verde a verde claro, el mismo que se presenta de los 90 a 150 días luego de la floración. Muchos agricultores utilizan el tamaño de la fruta como índice de madurez (este no es un método aconsejable), otros índices pueden ser por: determinación del peso ideal mediante flotación, se vuelven más densas, el

grado de suavidad de la fruta, existiendo métodos más sofisticados como la acidez, la cual se determina usando un refractómetro calibrado. Las frutas son recolectadas manualmente y se les coloca dentro de gavetas de plástico ya que dan protección a la fruta y tienen una mayor vida útil, (Agustín *et al.*, 2014).

La guayaba en México (Paz *et al.*, 2012), tenía una marcada estacionalidad de producción hacia los meses de otoño e invierno; sin embargo, ahora es posible programar la cosecha para obtener fruta todo el año, con el manejo actual del cultivo es posible obtener producciones de 15 a 22 t/ha lo que es considerado bajo, ya que existen registros de producciones superiores a 30 t/ha alcanzados con buenas prácticas agrícolas y experimentalmente con altas densidades de población, material genético homogéneo, poda anual y en verde.

En la mayoría de los casos, las condiciones de manipulación y almacenamiento no siempre son las mejores debido a que no se cuenta con la tecnología y conocimientos apropiados para llevar a cabo adecuados tratamientos y manipulaciones poscosecha de la fruta, (Espinal, 2010).

Las variedades de guayaba roja son muy apetecidas para la industria y el consumo en fresco; sin embargo, el peso es un criterio de clasificación comercial, un fruto es considerado excelente cuando posee un peso superior a 200 g, bueno entre 100 y 199 g; regular entre 50 y 99 g, y mala debajo de 50 g (Solarte *et al.*, 2010). Se plantea que un bajo peso final del fruto puede tener varias causas, entre ellas, un bajo aporte de asimilados de la planta hacia el fruto, por competencia entre los frutos o por la incapacidad del fruto para acumular los carbohidratos y otros aspectos que tienen que ver con el tamaño del fruto son las condiciones de cultivo y aspectos ambientales como la disponibilidad de agua y nutrientes para la planta.

2.4.2. Momento de cosecha y rendimiento

La maduración de las frutas está ligada a complejos procesos de transformación de sus componentes; al cosecharse los frutos quedan separados de su fuente natural de nutrientes, pero sus tejidos aún respiran y siguen activos sucediéndose

modificaciones de los azúcares y otros componentes que influyen en los cambios que se producen durante el almacenamiento, transporte y comercialización de las frutas, afectando también en cierta medida el valor nutritivo y la rentabilidad del fruto (Pérez *et al.*, 2008).

Los fenómenos que se producen durante la maduración y senescencia son la respiración, el endulzamiento, cambios en la textura, aroma, producción de compuestos volátiles, cambios en la coloración, y disminución del valor nutritivo. Sin embargo, la velocidad y naturaleza del proceso de maduración difiere significativamente entre las especies de frutas, cultivos, diferentes estados de madurez de la misma variedad y también entre zonas, (Pérez *et al.*, 2008).

La intensidad respiratoria de un fruto depende de su grado de desarrollo y se mide como la cantidad de CO₂ (mg) que desprende un kilogramo de fruta por hora de almacenamiento. Durante el crecimiento de la fruta se produce en primer lugar un incremento de la intensidad de la respiración, que va disminuyendo lentamente hasta el estado de máximo desarrollo o madurez fisiológica. La medida de la intensidad respiratoria y el patrón respiratorio de cada fruto sirve para clasificarlo como fruta climatérica o no, (Bhande *et al.*, 2008).

Estos autores además plantean que en las frutas no climatéricas los procesos de maduración y respiración son graduales y continuos, que se presentan de forma lenta y atenuada, los frutos no presentan cambios drásticos en su aspecto físico y su composición química y presentan un mayor contenido de almidón y pectina, mientras que su tasa de respiración decrece gradualmente con el tiempo; debiéndose realizar la recolección de las frutas no climatéricas, después de la maduración porque si se hace cuando están en estado verde, después no maduraran y solo se pondrán blandas.

Coincidiendo con lo planteado están los resultados aportados por Pech *et al.* (2008), agregando que entre las frutas climatéricas se encuentran la ciruela, melón, tomate, mango, patilla, papaya, higo, guayaba, pitaya, maracuyá, guanábana, mamey, zapote, manzana, pera, banano, melocotón, durazno y chirimoya.

Un material, a los ocho años, que produzca menos de 150 kilogramos comerciales por planta, no debe estar en un esquema de producción comercial de guayaba, (Lozano *et al.*, 2016), se plantea además que el fruto se cosecha cuando recién comienza a cambiar el color (verde amarillento), con el objetivo de alargar la vida útil, existiendo cultivares en Colombia que se cosechan durante todo el año, sin embargo en el país existen dos épocas definidas de producción, ellas son; una pequeña de marzo a abril y la otra de agosto a octubre.

La maduración de las frutas va unida a una variación del color. La transición de color más habitual durante la maduración es de color verde en los estados más inmaduros a otro color dependiendo del cultivar. Este cambio está relacionado con la descomposición de la clorofila, quedando al descubierto pigmentos coloreados como los carotenoides y las antocianinas, donde se aumenta la producción de pigmentos rojos y amarillos característicos de las frutas maduras, (Lozano *et al.*, 2016).

Durante la maduración también se producen compuestos volátiles como ésteres alifáticos e hidrocarburos terpénicos que son los que proporcionan a cada fruta su particular aroma. Además, es bien conocido que el contenido de azúcares y de sólidos solubles totales aumentan durante la maduración, mientras que la acidez titulable y el contenido de fenoles totales disminuye en algunas frutas tropicales (Espinal, 2010).

La textura de las frutas depende en gran medida de su contenido de pectina, protopectina y pectina soluble. La protopectina atrapa el agua formando una especie de malla y es la que proporciona a la fruta no madura su particular textura. Con la maduración, esta sustancia es degradada por enzimas pépticas y se va transformando en pectina soluble, que queda disuelta en el agua que contiene la fruta, produciéndose el característico ablandamiento y la pérdida de firmeza de la fruta madura, haciéndola más susceptible a daños mecánicos. En las manzanas se ha observado que la consistencia disminuye lentamente, pero en las peras, guayabas y lulos la disminución es más rápida afectando la integridad de la pared celular y la calidad sensorial y económica de los frutos (Duan *et al.*, 2008).

La aparición de compuestos pardos en la corteza del fruto puede ser un síntoma de envejecimiento y estrés oxidativo avanzado característico de los frutos que se encuentran en la etapa de senescencia y ocasionan el rechazo del fruto por parte del consumidor, (Ayaz *et al.*, 2008).

La fruta se debe cortar cuando está sazona para que tenga mejor sabor y consistencia, esto se nota cuando cambia el color externo de verde oscuro a verde claro y alcanza unos 10,5 grados Brix, (Casaca 2015). Como índices de cosecha se plantea por este autor que las guayabas se cosechan en 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 estado firme-maduro a madurez media de consumo (más blandas) para un transporte de larga distancia, o bien en plena madurez de consumo (amarilla y blanda) para mercados locales.

2.4.3. Manejo de la poscosecha

El uso como fruto de mesa va a estar determinado por la aplicación de adecuados índices de recolección, determinación del punto de cosecha apropiado, la ampliación de la vida útil poscosecha, la calidad de la fruta para el mercado en fresco y su industrialización, (Fernández, 2016), se plantean varios factores precosecha, entre los que se pueden mencionar el genotipo, las condiciones climáticas, las condiciones edáficas (referentes al suelo) y las prácticas agrícolas en el manejo del cultivo, afectan la calidad de la fruta. Igualmente, la cosecha y la poscosecha pueden acelerar procesos de senescencia, afectando sensiblemente la calidad y limitando el período de comercialización.

El momento oportuno de cosecha es un importante factor que se relaciona con las pérdidas poscosecha en diferentes frutos y vegetales; para guayaba el punto de cosecha está basado en evaluaciones subjetivas de tamaño del fruto, color de la epidermis y la firmeza, características que pueden variar en una misma localidad, de acuerdo con el cultivar, la época del año, la edad de la planta, los procedimientos de manejo y/o la interacción entre estos factores u otros, (Fernández, 2016).

No hay una estandarización o un consenso respecto al estado ideal de madurez de esta fruta, que es cosechada por cuestiones comerciales (mejor aptitud para su transporte) cuando la pulpa está firme e inicia el cambio de verde oscuro a amarillento. Las consecuencias de ello son decisivas en el mercado, con menor calidad global de la esperada (menor sabor, apariencia poco atractiva) por desarrollar daños por frío y pudriciones asociadas en mercados de destino tras su exportación refrigerada, (Fernández, 2016).

Se plantea en estudios realizados en el 2016 por Fernández, que la transpiración y en menor medida el consumo de sustratos son la razón de la pérdida de peso en los frutos durante la maduración en poscosecha, ya que un fruto carnoso como la guayaba tiene alto porcentaje de agua y al ser expuestos a una atmósfera con menos agua, pierden peso constantemente, donde la velocidad y la intensidad de la pérdida de agua dependen del tipo de fruto (presencia de cutícula, lenticelas, apertura o cierre de estomas, etc.), posibles recubrimientos y las condiciones ambientales como temperatura o el gradiente de humedad a la que está expuesta, siendo habitualmente mayor en los primeros días tras la separación de la planta.

La pérdida de agua libre es una de las causas principales de deterioro, porque esto da como resultado no solamente de forma cuantitativa directa (pérdida de peso vendible), sino también de calidad relacionada con el aspecto, por pérdida de brillo y turgencia, la textura (jugosidad) y el valor nutricional, (Kays y Paul, 2014).

En los trabajos realizados por Solarte *et al.* (2009 a), concluyeron que en guayabas almacenadas a 20 °C y una humedad relativa de 75 %, se incrementó la pérdida de peso a medida que avanzó el proceso de maduración, el cual varió entre 4,2 y 11,2% en los materiales evaluados. En general, los frutos presentaron una tendencia lineal en el aumento de la pérdida de peso con valores diferentes según la localidad y el material.

Los índices de desarrollo fisiológico y su comportamiento durante el almacenamiento permiten afirmar que es posible recolectar anticipadamente a los períodos en los que tradicionalmente se recolecta el fruto, debido a que una vez desprendido del árbol, el

fruto continúa realizando las reacciones típicas del proceso de maduración hasta alcanzar la madurez de consumo. Así mismo, si se recolecta el fruto entre ocho y diez días antes de la recolección tradicional, es posible almacenar el producto en condiciones de refrigeración hasta 12 días después de la recolección, permitiendo su transporte hasta mercados especializados, donde es posible obtener mejores precios, (Gutiérrez *et al.*, 2012).

El precio de la tonelada de puré de guayaba, entre nueve y 10 grados brix (indicador que expresa el contenido de azúcar) se cotiza a un precio que fluctúa de 585 a 625 dólares estadounidenses (USD) en el mercado holandés, uno de los principales en el Viejo Mundo, (Pérez, 2010).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del trabajo de investigación

El trabajo se desarrolló en áreas de producción de guayaba de la Unidad Empresarial de Base (UEB), Granja 1 de la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón”, municipio Jagüey Grande, provincia de Matanzas, la que se localiza entre los 22°41’55,73N-22°30’46,77 de latitud norte y los 80°42’53,61W - 81°51’23,44 de longitud oeste, a una altitud entre los 3 y 25 msnm. (Aranguren, 2009).

El clima de la zona se ha mostrado en una serie histórica de 35 años (1981-2016) que en el mes de enero se presentó la temperatura media mensual más baja (14,4 °C) y la más cálida (33,4 °C) en el mes de julio, registrándose los meses más secos entre diciembre-febrero, y los más lluviosos entre mayo-octubre. La precipitación media anual es de 1 494 mm, la humedad relativa media de 80 % y la duración media de la luz solar es de 7,6 horas/día (Aranguren, 2009).

Los suelos son del tipo Ferralítico Rojo Típico con rocosidad y profundidad entre mediana y alta, según la nueva clasificación genética de los suelos de Cuba y catalogados como Ferralsol Rhodic en correlación con el “World Reference Base” (Hernández *et al.*, 2010).

3.2. Características generales de las plantaciones y el cultivar empleado.

La empresa está conformada por cinco unidades productivas que se encuentran distribuidas en un área mayor a los 500 km². Las plantaciones de guayaba se desarrollan como cultivos intercalados con otros frutales, en las periferias de plantaciones de cítricos o como áreas compactas. Para el estudio se empleó como referencia de análisis un área compacta de guayaba de 6,34 ha, en la unidad de producción antes mencionada, que fueron propagadas por esquejes y plantadas a 5,0 x 2,0 x 2,0 m a tresbolillo.

Las atenciones culturales como el riego, fertilización, podas, control fitosanitario y de malezas, se realizaron de acuerdo a lo establecido en las tecnologías

confeccionadas para este cultivo para la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón”, (Castro *et al.*, 2017).

3.3. Material vegetal utilizado

Plantas de guayabo (*Psidium guajava* L.) del cultivar Enana Roja Cubana, EEA 18-40 que es de porte pequeño (tres metros), alto potencial productivo, de desarrollo muy precoz, produce durante todos los meses, se adapta a altas densidades, de fácil manejo para el control de plagas y malezas, así como favorable para una recolección y manipulación que permite la cosecha con calidad (Concepción *et al.*, 2017).

3.4. Fenología del cultivar de guayaba Enana Roja Cubana en Jagüey Grande

3.4.1. Establecimiento del calendario fenológico

Para establecer el calendario fenológico del cultivar de guayaba Enana Roja Cubana se utilizaron las bases de datos de las parcelas control de la fenología y producción del cultivo referidas para los años del 2012 al 2016. Se consideraron las siguientes fases fenológicas establecidas para el cultivo por Solarte *et al.* (2009 b):



Brotación



Floración



Cuajado



Desarrollo fruto



Madurez cosecha

Se tuvieron en cuenta los días en que se observa cada fase para establecer el calendario y el tiempo de una fase a la otra en Jagüey Grande. Se determinó la media y la desviación en cada caso.

3.4.2. Determinación de los días para el inicio de la cosecha

Para determinar los días de floración masiva a la cosecha de los frutos con la madurez comercial se utilizaron los criterios de Solarte *et al.*, (2011). Se contabilizaron los días desde floración masiva hasta que los frutos cambiaron de color de verde intenso a verde-amarillo y la pulpa de blanco a rosa pálido como indicador de madurez de cosecha.

3.5. Comportamiento del ciclo productivo mensual del guayabo

3.5.1. Influencia de las precipitaciones en la producción mensual acumulada

La tendencia anual de la producción real obtenida desde el 2012 al 2016 se contabilizó mensualmente en cada planta durante los diferentes meses del año y se registraron los valores mensuales obtenidos de los datos meteorológicos registrados por la INSMET en la Estación de Jagüey Grande, y los registros de lluvias de la Unidad Empresarial de Base Granja 1. Se confeccionaron curvas de estas variables para la interpretación de las tendencias en la producción y las lluvias. Se establecieron los coeficientes de correlación entre ambas variables. Los valores de precipitaciones se consideraron altos para los periodos cuando estos tuvieron acumulados mensuales superior a 100 mm según Fornaris *et al.*, (2011).

3.5.2. Influencia de las temperaturas en la producción mensual acumulada

De forma similar al análisis realizado con las lluvias, se utilizaron los datos de temperaturas medias anuales registradas cada mes en la zona de Jagüey Grande y se relacionaron con la tendencia anual de la producción real obtenida desde el 2012 al 2016. Se utilizaron los datos meteorológicos registrados por la INSMET en la Estación de Jagüey Grande. Se confeccionaron curvas de estas variables para la interpretación de las tendencias en la producción y las temperaturas. Se establecieron los coeficientes de correlación entre ambas variables.

3.5.3. Influencia de la humedad relativa en la producción mensual acumulada

El comportamiento de la humedad relativa y su relación con las producciones obtenidas para cada uno de los años, se estableció de forma similar a los acápites anteriores y se establecieron los coeficientes de correlación entre ambas variables.

3.5.4. Análisis de la producción acumulada y rendimientos de la plantación

Los datos de producción acumulada por años se registró en la plantación el número de frutos medios/planta, la masa del fruto (g) medida por pesada en 10 frutos por planta y se estimó la producción (t), la producción en el pico máximo (t) y el rendimiento (t/ha).

3.6. Evaluación de los resultados económicos en la plantación de guayaba

Con los resultados productivos obtenidos en la plantación cada año, se determinó la cantidad de pulpa a comercializar según los destinos de turismo y mercado nacional,, los ingresos y costos en cada caso, así como los resultados netos (MP).

3.7. Análisis estadísticos y programa estadístico utilizado

Se comprobó la normalidad de los datos y la homogeneidad de varianza cuando fue necesario para el análisis. Se realizaron análisis de correlación de producción respecto a los datos meteorológicos mensuales, además de la media y la Desviación Standard. Los análisis estadísticos indicados en cada acápite se realizaron con el programa STATISTICA, Versión 6.0, (StatSoft, Inc., 2003).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Fenología del cultivar de guayaba Enana Roja Cubana en Jagüey Grande

4.1.1. Establecimiento del calendario fenológico

En la tabla 1, se refleja el calendario fenológico del cultivar de guayaba Enana Roja Cubana para los años estudiados. Se puede apreciar que la brotación vegetativa y floral observada ocurrió para cada uno de los años en el mes de marzo-abril y para el caso del 2016, su ocurrencia sucedió en el periodo abril-mayo, lo que favoreció el desplazamiento del pico de cosecha durante ese año lo que pudo estar influenciado por el comportamiento del clima o el manejo del riego. Las variaciones estacionales de humedad en el suelo, pueden modificar algunos eventos fenológicos como la floración y fructificación como plantean Salazar *et al.*, (2006), Lemus y Ramírez, (2012), Fornaris *et al.*, (2011).

Tabla 1. Calendario fenológico de la guayaba por años y momento de aplicación de la tecnología en Jagüey Grande.

Fases	2012												2013												2014												2015												2016											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Brotación				28											18											25											30											27												
Floración				15											21												5											15											22											
Cuajado				2											9												20											28											8											
Desarrollo				9											18												12											7											14											
Madurez								23												25												22												4														15		
Podas	x	x		x			x		x			x	x		x				x	x						x				x							x				x				x	x		x				x		x		x				
Riego	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x		x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x													
Nutrición		x	x				x		x				x		x				x					x	x	x				x					x	x					x					x						x								

*Las fechas corresponden al momento de mayor observación de la fase en el mes.

Los momentos de brotación y floración se corresponden al estrés hídrico precedente durante ese periodo en los diferentes años. Además, el comportamiento de las precipitaciones y temperatura media, en el periodo anterior favoreció la inducción y emisión de flores, lo que coincide con lo que plantean Lemus y Ramírez (2012) sobre fenología reproductiva.

Los estadios de brotación-floración principales ocurrieron entre los 18 y 26, días respectivamente para cada uno de los años (Tabla 2) con respecto a la ocurrencia de la brotación, con un promedio de 19 días.

Tabla 2. Tiempo entre las fases de brotación vegetativa y floración del guayabo Enana Roja Cubana en Jagüey Grande.

Etapas fenológicas	Días entre las fases fenológicas (Media cinco años)
Brotación-floración	19
Floración-cuaje	16
Cuaje-Inicio desarrollo fruto	11
Desarrollo fruto-maduración	104

Aunque los días que mediaron entre un estadio a otro están en el rango planteado por Solarte *et al.*, (2009 b), en sus estudios sobre fenología reproductiva del guayabo realizados en Colombia, coinciden con estos autores, esos resultados pueden también haber estado influenciados, por las bajas precipitaciones y el estrés de las temperaturas ocurridas finales del 2012 e inicios del 2013, analizados en los resultados anteriores y que se confirman con lo planteado por Mendoza (2012).

Como se observa el periodo de floración máxima enmarcada entre los meses de abril a mayo no se corresponde con resultados de Nava *et al.*, (2013); al referirse a un periodo en las condiciones estudiadas por estos autores de febrero a marzo, pero esta etapa aun en las condiciones de Jagüey Grande no ha ocurrido el inicio de las lluvias, momento necesario para romper el estrés hídrico, como plantean diversos autores.

Los días transcurridos entre estas dos fases fenológicas para el año 2016, coinciden con resultados de Solarte *et al.*, (2009 b), al estar en los parámetros planteados en sus resultados y también con Mendoza (2012) ya que las lluvias de diciembre y enero pueden haber influido en el próximo periodo floral; lo que confirma también el desplazamiento de las fases para este año.

En la tabla 1, se aprecia que las fases de floración y cuajado, que se presentaron en los meses de abril a mayo y con un corrimiento para los meses siguientes en el año 2016 se presentó en 16 días como promedio (tabla 2), teniendo un comportamiento similar para cada uno de los años estudiados, dado al aumento paulatino de las temperaturas e incremento de lluvias que favorecen el acortamiento del cuaje de los frutos. Resultados similares refieren Garriz *et al.*, (2015).

Entre las fases de cuajado e inicio del crecimiento de los frutos (tablas 1 y 2), para los cinco años estudiados, el valor medio de esta etapa fue de 11 días; siendo significativo el comportamiento del 2014, que este periodo demoró 22 días, motivado por las bajas temperaturas que se presentaron en la etapa de floración a crecimiento del fruto, las que alcanzaron un valor promedio de 24,2 °C. Coincidiendo con Betancourt *et al.* (2009) pues plantea que las bajas temperaturas durante la etapa de cuaje y crecimiento del fruto pueden afectar el ritmo de desarrollo normal en los frutales y también en la guayaba.

La etapa de crecimiento y desarrollo del fruto a madurez (tablas 1 y 2), resultó la más larga, dado a que en ella se suceden cambios fisiológicos relacionados con la formación y desarrollo del fruto, siendo un periodo crítico donde es necesario los mayores niveles de humedad y temperaturas más cálidas, lo que coincide con Martínez (2012).

En la tabla 1 se reflejan además, los periodos en que según el ciclo fenológico del cultivo, se realizaron las diferentes atenciones culturales, que fueron tomadas de los historiales de campo de los años de estudio y de los registros estadísticos. Como se puede apreciar las podas se realizaron en momentos diferentes para cada uno de los años según su programación, efectuándose en periodos donde las temperaturas tenían sus valores más bajos, con el objetivo de obtener mayor cantidad de brotes nuevos para la etapa de floración; debiéndose ejecutar esta actividad en correspondencia con los niveles de humedad en el suelo y las temperaturas, ya que la realización de podas y sequía, puede proporcionar un desarrollo foliar que aporte menores producciones, lo que coincide con Vargas *et al.*, (2014).

Para los años 2014 y 2015, se desplaza este momento lo que coincide con los años de menor producción acumulada de 96 y 78 t respectivamente; que indican la necesidad de realizar podas antes del inicio de las brotaciones ya que como plantea Barrantes (2008) es necesaria la realización de podas en guayaba para favorecer la emisión de nuevos brotes que es donde se producen las flores en el segundo y tercer par de hojas emitidas.

Las podas realizadas en el 2016, en los meses de febrero y marzo, parecen dar como resultado junto al comportamiento de las variables climáticas, a un desplazamiento de las fases fenológicas y producciones más distribuidas por meses, coincidiendo con los resultados de Barrantes (2008).

El resto de las podas se realizaron de forma combinada tanto para garantizar nuevas brotaciones como para el saneamiento del cultivo, realizándose la misma en periodos similares. Estos resultados indican que es importante realizar podas de producción en el guayabo en los meses anteriores a la brotación floral, para garantizar mejor comportamiento de esta, lo que corresponde con conclusiones reportadas con el autor antes mencionado.

El riego como se puede apreciar se realizó para cada uno de los años con volúmenes sin tener en cuenta las fases fenológicas del cultivo y sin considerar el estrés necesario que se plantea por Martínez (2012), donde a pesar de las producciones obtenidas sus valores puede ser superiores si se ejecuta un correcto manejo del mismo (Fornaris *et al.*, 2011), siendo significativo que en el periodo de mayor demanda por coincidir con la fase crítica de crecimiento y desarrollo de los frutos en los años 2014 y 2015, donde las precipitaciones fueron inferiores, el riego se comportó de forma deficiente, sin tener en cuenta la fenología del cultivo, lo cual indica su afectación en la producción, correspondiendo a esos años producciones más bajas.

La nutrición del cultivo se realizó según las etapas fenológicas, pero no de forma fraccionada como se plantea por Casaca (2015), que obtuvo buenas producciones al fraccionar en 12 las aplicaciones de fertilizantes dado al comportamiento continuo de

las floraciones y producciones que puede tener este frutal, coincidiendo con Farrés *et al.*, (2009), al plantear que el guayabo es una planta de crecimiento rápido, de floraciones y fructificaciones continuas, por lo que es exigente a la nutrición.

Conocer los estados fenológicos del guayabo, así como el inicio, la duración y la finalización de los eventos del desarrollo y su relación con las variables climáticas estudiadas, es una herramienta útil para la aplicación de técnicas de manejo de los cultivos como la poda, riego y fertilización, o el control de plagas y enfermedades, existiendo coincidencia con conclusiones planteadas por Salinero *et al.*, (2009), en estudio realizados en frutales.

4.1.2. Determinación de los días para el inicio de la cosecha

El conocimiento de la fecha en que ocurre la floración masiva es de vital importancia para establecer la edad de los frutos durante su desarrollo y a partir de este momento definir los días que se necesitan para alcanzar la madurez comercial e iniciar la cosecha, lo que se corresponde con criterios de Solarte *et al.*, (2011).

Con el análisis de los datos anteriores donde se establece el calendario fenológico del cultivar de guayabo Enana Roja Cubana estudiado en Jagüey Grande, se resume que la duración en días que mediaron entre la floración y el momento de inicio de cosecha para la guayaba en las condiciones estudiadas (tabla 3), los frutos de este cultivar de guayaba, están listos para la cosecha a los 131 ± 10 días desde la floración masiva, y esto se corresponde con un pico máximo de producción enmarcado en un período entre la segunda decena de agosto y primera de octubre.

Tabla 3. Estimación de los períodos de mayor probabilidad de inicio de la cosecha de la guayaba Enana Roja Cubana en las condiciones de Jagüey Grande.

Años	2012	2013	2014	2015	2016
Días de floración a cosecha	130	126	139	142	116
Media \pm D.S.	131 ± 10 días 3ra decena de agosto-1ra de septiembre				

^x Días para la cosecha desde la floración masiva \pm desviación estándar. (N=5 años).

Resultados similares fueron informados por Cañizares *et al.*, (2013), bajo las condiciones agroecológicas de las sabanas en Venezuela, y pudieron apreciar que el fruto de guayaba comienza a presentar cambios físico-químicos a partir de los 105 días después de la brotación floral y alcanza su madurez comestible a partir de los 120 días. Respecto a diferentes cultivares Serrano *et al.* (2008) comentan que el cultivar Paluma bajo las condiciones de Espíritu Santo en Brasil, produce frutos a los 182 días después de la poda de las plantas.

Es de destacar que el año 2016 que fue el de la floración más tardía y en el que se necesitaron menor número de días para la cosecha (116 días), aunque la fecha calendario de recolección fue la más tardía (septiembre-octubre), se aprecia que los frutos crecieron a un mayor ritmo por coincidir su desarrollo con los meses de mayor temperatura, lo que coincide con resultados similares planteados por Mercado *et al.*, (2008) y Pérez *et al.*, (2015) al concluir en estudios realizados que las temperaturas más cálidas favorecen el crecimiento de los frutos, así como que acortan el tiempo de las fase de crecimiento y desarrollo.

El periodo de más de 180 días de floración a cosecha planteado por Padilla *et al.*, (2012), no se corresponde con los resultados de este trabajo, ya que sus estudios se realizaron en condiciones donde la temperatura media anual fue de 18°C, muy diferente a las temperaturas medias mensuales de la zona de Jagüey Grande, según lo planteado por Aranguren *et al.*, (2006).

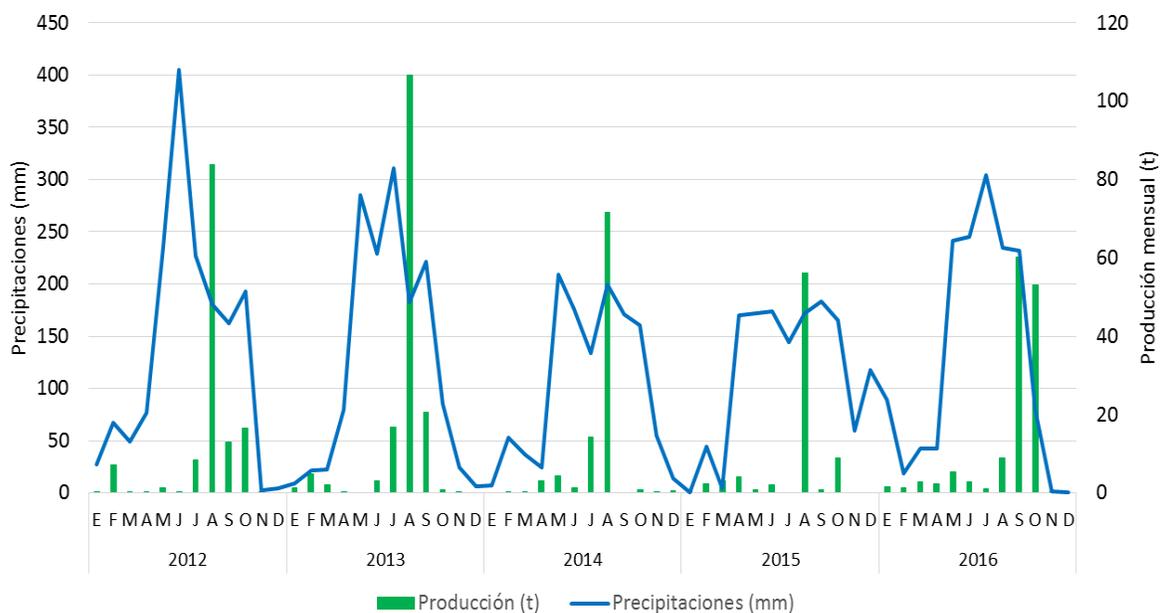
Para las condiciones agroecológicas de las sabanas en Venezuela, el fruto de guayaba alcanza su madurez comestible a partir de los 120 días, según Cañizares *et al.*, (2013) señalan además, que la época de maduración está en correspondencia con las condiciones climáticas en el período de desarrollo desde la floración hasta la madurez fisiológica, transcurriendo por lo general de cinco a siete meses después de la formación de los botones florales, lo que también coincide con lo planteado por Damián *et al.*, en el 2014), y con Padilla *et al.*, (2012) quienes informan que el desarrollo fenológico del guayabo está fuertemente influenciado por las condiciones

de temperatura, el cual puede ocurrir en menor tiempo en las regiones más calurosas, como sucede en las condiciones de Jagüey Grande.

4.2. Comportamiento del clima y el ciclo productivo mensual del guayabo

4.2.1. Influencia de las precipitaciones en la producción mensual acumulada

En la figura 1 se muestra la tendencia anual de la producción real obtenida desde el 2012 al 2016; (estos valores de producción se reflejan en las figuras 2 y 3 para su análisis respecto a las variables meteorológicas, objeto de este trabajo. Como se aprecia, para el año 2012, considerando producciones mensuales superior a una tonelada, se sucedieron tres momentos de mayores valores en la curva, que está representado por febrero con 7,1 t, mayo con 1,2 t y una etapa más larga representada por los meses de julio (8,4 t), agosto (83,8 t, pico máximo de producción), septiembre (12,9 t) y octubre (16,5 t), siendo el mes de diciembre el que no reportó producción durante todo el año.



Precipitaciones vs producción $r=0.28$

Figura 1. Producción de frutos de guayaba mensual acumulada y precipitaciones en Jagüey Grande (2012-2016)

El comportamiento de la curva para el 2013, enmarca dos momentos de cosecha, correspondientes a, enero (1,4 t), febrero (4,7 t) y marzo (1,9 t); reiniciando otra etapa de producción superior a una tonelada, representada por los meses de junio (3,2 t), julio (16,9 t), agosto (106,7 t), mes pico de máxima cosecha y septiembre (20,6 t); significando que en los meses de mayo y diciembre no se presentaron frutas con posibilidades de cosecha.

Una sola etapa de cosecha puede apreciarse en el 2014, que se representa con producciones superiores a una tonelada, a partir del mes de abril (3,0 t), mayo (4,4 t), junio (1,3 t), julio (14,2 t) y agosto (71,7 t), siendo también este mes donde se sucedió el pico máximo de producción; en los meses de enero y septiembre no se obtuvieron producciones para cosechas.

En el año 2015 son tres los momentos de cosecha, como puede apreciarse, que corresponde a un primer periodo del año en los meses de febrero, marzo y abril, con producciones de 2,2; 3,1 y 4,1 toneladas de frutas cosechadas, para cada uno de estos meses, respectivamente. Se observa un segundo pico de producción en el mes de agosto, siendo el mayor del año con 56,0 toneladas, lo que coincide con obtenidos para igual mes para los años anteriores y un tercer pico de producción en el mes de octubre con 8,9 toneladas.

Como resultados de la producción de guayaba en las condiciones estudiadas, en el año 2016, la cosecha se sucedió de forma continua con valores superiores a una tonelada desde el mes de enero hasta noviembre, solo a excepción de diciembre en que no se obtuvo producción, significando que el pico máximo de producción estuvo representado para los meses de septiembre y octubre, con producciones de 60,1 y 53,0 toneladas, respectivamente.

El resto de los meses que reportaron valores, expresados en tonelada de fruta cosechadas, desde enero hasta agosto se comportaron en el orden de 1,5; 1,3; 2,9; 2,4; 5,3; 2,8; 1,1 y 9,0 toneladas en el orden antes referido. Siendo solo el mes de diciembre el que no estuvo representado por valores de producción.

En correspondencia con la producción acumulada obtenida para los cinco años (602,2 t), la media mensual correspondió a 10,2 t; siendo el acumulado de producción para el mes de agosto de 327,2 t, que representa el 54,33 % de la producción total de los cinco años, con una media de 65, 44 t promedio para este mes en cada uno de estos.

Los resultados obtenidos, aún se encuentran en valores por debajo de lo planteado por Fárres *et al.*, (2009), al referirse a producciones superiores a 72 t/ha alcanzadas en condiciones experimentales y que en determinadas zonas de producciones reportan una media de 55 t/ha. Esto indica la necesidad de garantizar el potencial del cultivar para cada lugar, lo que corresponde con Garriz *et al.*, (2015), ya que el comportamiento de las producciones puede ser diferente.

Se aprecia además, que independiente del comportamiento de la alternancia, al mes del pico máximo de producción le corresponden los mayores porcentajes productivos; resultados similares son planteados por Quijada *et al.*, (2009).

Como puede observarse en la figura 1, año 2012, el período lluvioso se inició a partir del mes de mayo, enmarcado hasta el mes de octubre, con valores para esa etapa y de forma consecutiva por meses desde el inicio de 235,4; 404,9; 227,1; 180,9; 162,1 y 192,9 mm mensuales respectivamente para cada uno de los meses; siendo antecedido este periodo de un estrés hídrico por lluvia desde el mes de noviembre del año anterior, con una media mensual de 40 mm de lluvia, sin embargo en el periodo lluvioso la media tuvo un valor de 233,9 mm mensuales.

Este periodo de estrés parece indicar que favoreció la inducción floral anterior a la etapa de mayor producción y muy específicamente al mes de mayor producción ya que las mayores lluvias se inician después del cuaje de los frutos, coincidiendo con los resultados de Solarte *et al.*, (2009), ya que en los estudios realizados, plantean la necesidad de un periodo de reposo antes del periodo lluvioso como se aprecia su ocurrencia en las condiciones estudiadas.

Para el año 2013, el período menos lluvioso, tuvo un acumulado medio mensual de 23,2 mm y uno lluvioso a partir del mes de mayo hasta septiembre con una media mensual de 245,78 mm; con una escala de valores desde el inicio (mayo), hasta el último mes de esa etapa de 285,4; 228,9; 311,2; 182,1 y 221,3 mm respectivamente. Por lo apreciado en la figura anterior para ese año, el estrés por lluvia registrado desde el año anterior, favoreció un periodo de reposo y la iniciación de la brotación floral, favoreciendo con las lluvias los mayores volúmenes de cosecha del mes de agosto, el periodo de rápido crecimiento de los frutos fue favorecido por esta variable climática; existiendo coincidencia con Fornaris *et al.*, (2011) y Nava *et al.*, (2013), al plantear que en los periodos críticos de crecimiento acelerado y desarrollo del fruto deben elevarse los niveles de humedad.

En el año 2014, puede apreciarse un periodo de estrés que se inició desde el mes de noviembre del 2013, con una prolongación hasta el mes de abril, representado por una media mensual de 25,22 mm y una etapa de lluvia de mayo a octubre con valor promedio mensual de 174,8 mm; los valores mensuales de este periodo lluvioso fueron de 209,1; 175,3; 133,8; 199,2; 170,7 y 160,6 mm, desde el inicio del mismo para cada uno de los meses, respectivamente, coincidiendo con Aranguren *et al.*, (2016) y Betancourt *et al.*, (2009).

El periodo más lluvioso del 2015, se sucedió desde el mes de abril y concluyó en octubre con un promedio mensual acumulado de 168,8 mm, con valores mensuales desde el inicio de la etapa hasta el final de 170,4; 172,2; 173,9; 144,7; 171,8; 183,3 y 165,0 mm respectivamente para cada uno de ellos; con una media para el periodo menos lluvioso de 23,7 mm, que coincide con lo planteado por Aranguren *et al.* (2009), según los estudios realizados para las condiciones de Jagüey Grande durante varios años.

Como se aprecia existe coincidencia con los años anteriores, donde el pico de mayor producción es antecedido por un periodo de cuatro a cinco meses de estrés y luego de lluvias que garantizan la humedad en la etapa de mayor desarrollo del fruto.

En el análisis del 2016 los niveles de estrés producto a las lluvias se comportaron diferente a los años anteriores (cuatro meses con niveles bajos), ya que al inicio este se interrumpió por las lluvias acumuladas de 118 mm ocurridas en el mes de diciembre del 2015; como se aprecia la media mensual para esos meses tuvo un valor promedio de 61,73 mm, superior a lo obtenido en los años anteriores, para igual periodo; a resultados similares hace referencia Martínez (2012), al plantear la necesidad de una alta humedad durante la etapa de fructificación para la obtención de rendimientos máximos, coincidiendo también con Hernández *et al.*, (2009) y Lemus y Ramírez (2012), que plantean que el agua y sus variaciones en las diferentes estaciones pueden determinar el comportamiento fenológico del guayabo, siendo más marcado su efecto cuando están bien distribuida durante su ciclo y en periodos críticos.

Este comportamiento favoreció la inducción de la floración de forma sistemática para cada uno de los meses y los niveles de producción que se aprecian en los meses siguientes, ya que los niveles de lluvia registrados favorecieron el periodo de crecimiento y desarrollo de los frutos por la ocurrencia de lluvias, a partir del mes de mayo, con un acumulado mensual de 251,5 mm, indicador que favoreció los niveles de cosecha apreciados en los meses de septiembre y octubre, ocurriendo un desplazamiento del periodo de cosecha máxima respecto a los años anteriores analizados. Estos resultados se relacionan con lo obtenido por Casaca (2015) y Solarte *et al.*, (2011) en los estudios eco fisiológicos realizados en Colombia.

En esta figura 1, se ha podido apreciar que en los años de estudio, aun cuando el coeficiente de correlación es bajo, las lluvias favorecieron niveles de humedad necesarios con periodos de estrés que pueden haber incidido junto a otros factores en el inicio de la brotación floral y las siguientes fases de crecimiento del fruto hasta la cosecha, coincidiendo con Solarte *et al.*, (2009 b).

4.2.2. Influencia de las temperaturas en la producción mensual acumulada

Al analizar la relación del comportamiento de las temperaturas con el de las producciones (figura 2), se observa que las temperaturas más frías ocurrieron en el

2012 desde el mes de enero, hasta el mes de abril, con un inicio desde el mes de noviembre del 2011, lo que representa una media mensual de 22,9 °C y para los meses de valores desde mayo hasta septiembre alcanzó un valor promedio mensual de 27,1 °C, favoreciendo en un inicio un estrés por temperaturas bajas que junto al estrés por lluvias, incidió en el inicio de la inducción floral; resultados que coinciden con Solarte *et al.*, (2011) y al aumentar las temperaturas en el mes de mayo que se prolongó este periodo hasta el mes de septiembre, que junto a la etapa de mayores precipitaciones, favorecieron los niveles de cosecha registrados desde julio a octubre y la identificación de su pico máximo.



Temperatura media vs producción $r=0.36$

Figura 2. Producción de frutos de guayaba mensual acumulada y temperaturas en Jagüey Grande (2012-2016)

Para el 2013, el estrés por temperaturas baja se favoreció desde el mes de octubre del año anterior, reportándose ocho meses con temperatura promedio mensual de

23,2 °C; seguido de temperaturas medias para los siguientes meses desde junio a septiembre con una media de 26,4 °C, para cada uno de estos.

El comportamiento de un periodo de estrés por lluvias y bajas temperaturas en los meses finales del año 2012 e inicio del 2013, como se aprecia, indica que los niveles de cosecha obtenidos, de 1,4; 4,7 y 1,9 t en los meses de enero, febrero y marzo, han estado influenciados, por estas variables climáticas, lo que se corresponde, con estudios realizados por Fernández en el 2016, al plantear en sus estudios de caracterización de diversos cultivares de guayaba, que la fenología, producción y calidad de los frutos estuvieron relacionados con factores genéticos y con el ambiente. Este comportamiento puede corroborarse con una segunda etapa de cosecha en este propio año, de junio a septiembre y un pico máximo en el mes de agosto

Al analizar el año 2014, se aprecia que antes de las primeras cosechas registradas con valores superiores a una tonelada, ocurrió un periodo de estrés por temperaturas bajas (24,2 °C media mensual), iniciado en octubre del año anterior hasta abril del año que se analiza, que junto a las bajas precipitaciones en igual etapa, favoreció el reposo de las yemas, correspondiendo con Fornaris *et al.*, (2011) al plantear la necesidad de un periodo de reposo de las plantas de guayaba al inicio de la inducción floral y la necesidad de garantizar niveles adecuados de humedad para lograr posteriores niveles de producción adecuados.

Esto propicio un pico máximo de cosecha en el mes de agosto, motivado por las temperaturas elevadas, para los meses siguientes que ocurrieron con posterioridad (27,1 °C de temperatura promedio por meses) que coinciden con la etapa de crecimiento acelerado de los frutos, concordando con Hernández *et al.*, (2009).

Al analizar la influencia de las temperaturas en el 2015, las más bajas, aparecen registradas, desde noviembre del 2014, hasta marzo del año analizado, con una temperatura media mensual de 22,5°C, lo que en correspondencia con los bajos volúmenes de lluvia para estos meses del año, favoreció la producción de febrero a abril, presentándose un pico mayor en agosto, dada a la ocurrencia de estas

condiciones en los meses anteriores, y que durante las etapas fisiológicas siguientes la elevación de temperaturas que como promedio registran valores de 27,8°C y a la ocurrencia de lluvias en esos meses, proporcionó cosechas con un máximo superior del año que corresponde al mismo momento de los años anteriores.

En el año 2016, las temperaturas más bajas con un promedio mensual registrado de 23,5°C, considerando desde diciembre del año anterior, que junto a la ocurrencia de lluvias (figura 2), donde los valores de esta no fueron del mismo comportamiento, respecto a los años precedentes, según lo explicado antes; se favoreció la emisión de flores de forma sistemática, así como cosechas de bajos volúmenes, superiores a una tonelada con una frecuencia en todos los meses, lo que se corresponde con el comportamiento del cultivar estudiado al coincidir con los resultados de Concepción *et al.* (2017), etapa que se favoreció con el aumento de las temperaturas a partir del mes de mayo con una media mensual para esos meses de 27,2°C.

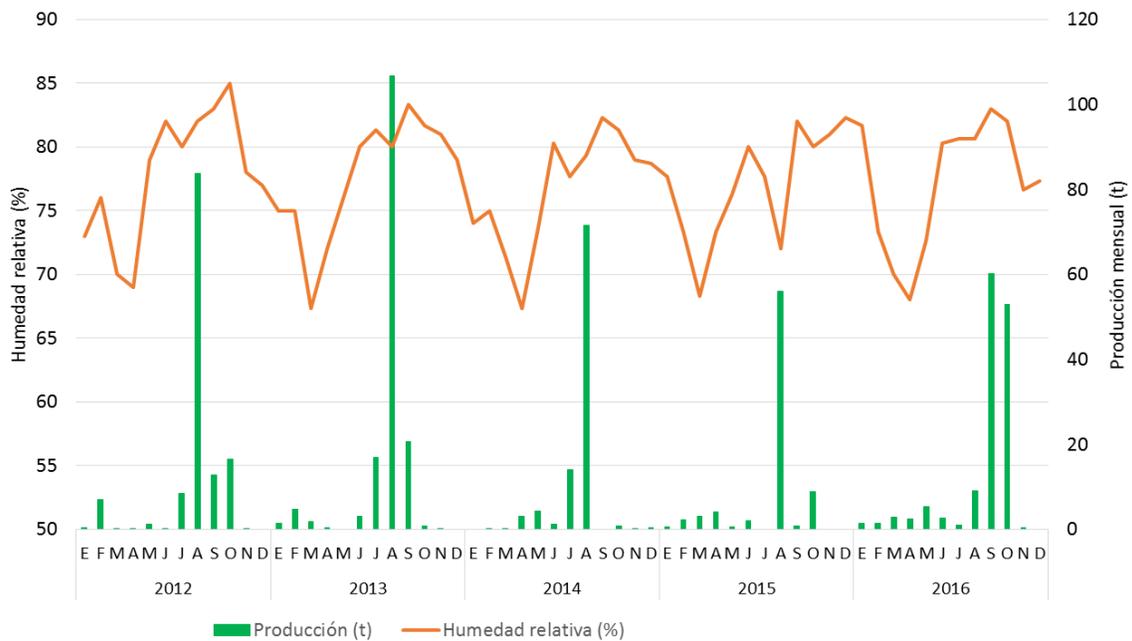
Todo lo analizado con anterioridad indica que la ocurrencia de temperaturas favorables y de niveles de lluvias adecuados en momentos críticos del cultivo, como el máximo crecimiento y desarrollo de los frutos, proporcionó un pico de cosecha que correspondió a los meses de septiembre a octubre, coincidiendo estos resultados con Fornaris *et al.*, (2011) y Martínez (2012), al estudiar las necesidades hídricas de la guayaba.

El comportamiento de la temperatura media para los años y condiciones estudiadas, es de 25,2°C, que se encuentra en el rango planteado entre 23-28°C, comportamiento que favorece las producciones y el momento de cosecha, coincidiendo con Mendoza *et al.*, (2010), lo cual además plantea que esto puede acortar la etapa de crecimiento del fruto.

4.2.3. Influencia de la humedad relativa en la producción mensual acumulada

En la figura 3 se muestra el comportamiento de la humedad relativa y su relación con las producciones obtenidas para cada uno de los años, teniendo está un valor del

77% como promedio para los años estudiados, correspondiendo con los valores reportados por Lucielle (2013) como adecuados para el desarrollo del guayabo.



Humedad relativa media vs producción $r=0.24$

Figura 3. Producción de frutos de guayaba mensual acumulada y humedad relativa en Jagüey Grande (2012-2016)

Como puede observarse en la figura 3, la humedad relativa, tiene un comportamiento similar para cada uno de los años, presentado los menores valores entre los meses de noviembre a mayo, con un pico mínimo entre marzo y abril, apreciándose una tendencia según puede observarse, a presentarse cosechas posteriores a un periodo de humedad relativa más elevada, pero esto no es categórico ya que existen meses de cosecha que no tienen el mismo comportamiento, puesto que presentan humedad relativa alta y no cosechas significativas; por lo que puede confirmarse que en las condiciones estudiadas, la humedad relativa no tuvo influencia directa en las producciones obtenidas, coincidiendo con lo planteado por Lucielle (2016) al referirse al tema donde plantean que la relación de la humedad relativa es necesaria verla respecto a la incidencia de enfermedades.

Sobre este tema los resultados se corresponden con las observaciones de Salazar *et al.*, (2006) y Solarte *et al.*, (2011), quienes plantean que las temperaturas y el régimen de lluvia se consideran las variables más críticas, y que la humedad relativa y la radiación solar no son factores limitantes.

4.2.4. Análisis de la producción acumulada y rendimientos de la plantación

En la tabla 4, se resume la producción anual alcanzada y la lograda en el pico máximo productivo, así como los componentes del rendimiento masa de los frutos y número de frutos por planta. Se puede apreciar que los años 2012 y 2013 tuvieron producciones superiores a 100 t; y le siguieron dos años donde las producciones fueron inferiores para dar lugar a un quinto año (2016) con una producción alta, estos resultados corresponden al comportamiento alternante de las producciones de los frutales, aspecto que corroboran estudios realizados por Solarte *et al.*, (2011), que plantean que años de altas producciones le suceden producciones bajas o intermedias en los años siguientes y a producciones bajas como sucedió durante el 2014 y 2015, sucederán para el próximo año incrementos productivos.

Tabla 4. Comportamiento productivo de la plantación de guayaba (2012-2016).

Años	Frutos media/planta	Masa/fruto (g)	Producción en el año (t)	Producción en pico máximo (t)	Rend (t/ha)
2012	141	153	130,8	83,8	21,8
2013	170	153	156,7	106,7	26,1
2014	151	106	96,3	71,7	16,1
2015	123	105	78,6	56,0	13,1
2016	151	153	139,8	111,4	23,3

Al conjugar el análisis de las lluvias con los resultados de la tabla 4, se puede apreciar que los años 2014 y 2015, fueron los de producciones menores, por debajo de 100 t, al corresponderse con los menores valores de lluvia acumulada y con periodos prolongados de sequía, lo se corresponde con lo que plantea Martínez (2012), al considerar en sus resultados, que una estación de seca prolongada, proporciona cosechas pobres, como las obtenidas en las condiciones de este trabajo.

Como se indicó con anterioridad, las producciones para cada uno de los años, reportan cosechas para todos los meses, enmarcándose los mayores volúmenes en el mes de agosto, lo que se corresponde con elevados niveles de precipitaciones en la etapa de desarrollo final del fruto y periodos de estrés ligero ocurridos dentro de los cuatro meses y medio a cinco meses anteriores donde tiene lugar a la inducción floral por estrés. La tendencia indica que la mayor cosecha está precedida de periodos de mayores precipitaciones, que se inician en la etapa de mayor demanda del cultivo. Este comportamiento se corresponde también con periodos de cuatro a cinco meses anteriores a la cosecha en que se sucedieron momentos de estrés que estimulan el inicio de la brotación floral.

Como se aprecia los menores rendimientos se alcanzaron en los años 2014 y 2015, (tabla 4) lo que corresponde con los análisis planteados con anterioridad, en lo referente a las variables climáticas y a las actividades agrotecnias de riego y poda, donde no solo el peso, sino el número de frutos fueron influenciados por estos aspectos, existiendo un comportamiento de frutos en el 2014 de menor tamaño, que los del 2015, lo que corresponde con lo planteado por Fisher *et al.*, (2012) y Pérez *et al.*, (2015), al referir que el menor número de frutos en la planta y de menor peso, puede alcanzarse menor producción en el 2014 y que a una mayor cantidad de frutos pero con pesos más bajos en el 2015, las producciones fueron más bajas.

Al determinar la producción media por árbol de guayaba, estos presentaron valores de 22 kg, 26 kg, 16 kg, 13 kg, y 23 kg, para los años del 2012 al 2016 estudiados respectivamente, con un promedio acumulado para los cinco años de 20 kg/planta, siendo 2014 y 2015, los años de menor producción por planta, que corresponde a los análisis antes explicados. Estos resultados no coinciden con Lozano *et al.*, (2016) que plantean la necesidad de alcanzar producciones superiores a 150 kg por plantas a partir de los ocho años, aun cuando el área estudiada no tiene esta edad, resulta necesario adecuar la tecnología de manejo de la misma para logra mejores resultados. Por otra parte se aprecia en este frutal de forma importante la alternancia de la producción característica en los frutales.

Se obtuvieron rendimientos de 13-23 t/ha, que resultaron superiores a los reportados por Pérez *et al.*, (2015), que plantean que en estudios realizados en México con el cultivar de guayaba Enana Roja Cubana, se obtuvo una producción de 5kg/planta, la que fue incluso inferior a cultivares locales que produjeron de 41,3 a 44,9 kg/planta.

Farrés *et al.*, (2009), en condiciones de Cuba plantea que este cultivar puede alcanzar producciones entre 73 a 100 t/ha, que se corresponden con los resultados de Concepción *et al.*, (2017) de que este cultivar posee un alto potencial productivo. Aún no se ha logrado el potencial productivo de este cultivar en las condiciones evaluadas en Jagüey Grande.

4.3. Evaluación de los resultados económicos en la plantación de guayaba

En la tabla 5, se aprecia que considerando toda la producción para pulpa y teniendo en cuenta que la conversión es de 1,70 t de frutas por toneladas de pulpa, se puede apreciar las toneladas destinadas a los mercados donde fue comercializada; donde los ingresos superaron los gastos para cada uno de los años, en ambas monedas, por lo que estos, expresaron resultados positivos, teniendo hasta el cierre del año 2016, un resultado positivo de 660,4 miles de pesos.

Tabla 5. Resultados económicos de la producción de guayaba 2012-2016

Año	Produc. (t)	Pulpa (t)	Producción por destinos		Ingresos		Costos		Resul Netos (MP)
			Turismo (t)	Mercado Nacional (t)	Total (MP)	Turismo (MCUC)	Mercado Nacional (MCUP)	Total (MP)	
2012	130.8	76.9	30.8	46.2	373.5	7.1	222.9	230.06	143.4
2013	156.7	92.2	36.9	55.3	447.5	8.5	267.1	275.61	171.8
2014	96.3	56.6	22.7	34.0	275.0	5.2	164.1	169.38	105.6
2015	78.6	46.2	18.5	27.7	224.4	4.3	134.0	138.25	86.2
2016	139.8	82.2	32.9	49.3	399.2	7.6	238.3	245.89	153.3
Total	602.2	354.2	141.7	212.5	1,719.6	32.8	1,026.4	1,059.2	660.4

El año 2015, fue el de menores resultados con 86,2 miles de pesos, y fue el año en que las condiciones climáticas no favorecieron la producción de guayaba.

5. CONCLUSIONES

- Se definieron las diferentes fases fenológicas para el cultivo de la guayaba Enana Roja Cubana en las condiciones de producción de Jagüey Grande.
- La floración máxima de la guayaba Enana Roja Cubana, se manifestó después de un periodo de reposo, marcado por bajos niveles de humedad y temperaturas más cálidas.
- Los frutos alcanzan el tiempo requerido para su cosecha, entre la 1era decena de agosto y la 2da decena de octubre, correspondiendo a 131 ± 10 días del momento de ocurrencia de la floración masiva.
- El comportamiento climático es adecuado para el desarrollo fenológico del guayabo en las condiciones estudiadas. El manejo de la poda y la nutrición en correspondencia con las variables de clima, favorecen la producción.
- Se lograron producciones durante todo el año, siendo agosto el mes de mayor pico de producción. La mayor producción coincidió en los meses de mayores precipitaciones y temperaturas en las condiciones estudiadas.
- Los resultados obtenidos permiten definir el momento más adecuado de realizar las actividades fitotécnicas en el cultivo según la fenología.

6. RECOMENDACIONES

- Estudiar los niveles de humedad que deben aportarse al cultivo en los meses menos lluviosos, para garantizar mayores producciones y más homogéneas en los meses del año en las plantaciones de guayaba.
- Adecuar las atenciones culturales en correspondencia con la fenología del cultivo y las condiciones climáticas.

7. BIBLIOGRAFÍA

- AGUSTÍN, D; GONZÁLEZ, V; SÁNCHEZ, P; PEÑA, C; LIVERA, M MUNOZ1 Y BRITO, T. 2014. Crecimiento y fenología del guayabo (*Psidium guajava* L.) cv. "Media China" en iguala y guerrero. México. Artículo científico. Rev. Fitotec. Mex. 27 (4): 349 – 358.
- ALARCÓN, J. Y PABÓN, J. 2013. El cambio climático y la distribución espacial de las formaciones vegetales en Colombia. Colombia Forestal, 16(2), 171-185.
- ANON, L. 2012. Programa de desarrollo de cítricos y frutales Empresa Citrícola Ciego de Ávila. Ciego de Ávila. 35p.
- ARANGUREN, M. 2009. Pronósticos de madurez y otras especificaciones de calidad para el ordenamiento de la cosecha en los cítricos de Jagüey Grande. Tesis Doctorado. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Ministerio de la Agricultura. 2009. 115 p.
- ARANGUREN, M; BETANCOURT, M; ALMENARES, G; GÓMEZ, N, ABREU, A Y PÉREZ, M DEL C. 2016. Cambio en las variables del clima y su impacto en la producción de cítricos: influencia de las temperaturas y precipitaciones. Rev. Cítricos en las Américas. RIAC.1 (1): 30-41.
- AYAZ, F.; DEMIR, O.; TORUN, H.; KOLCOUGLU, A.; COLAK, A. 2008. Characterization of polyphenoloxidase (PPO) and total phenolic content in medlar (*Mespilus germanica* L.) fruit during ripening and over ripening. Food Chemistry. 106: 291-298.
- BARRANTES, N. 2008. Poda y ajuste de la época de producción en el cultivo de la guayaba. Ministerio de Agricultura y ganadería Región Pacifico central. Agencia de Servicios Agropecuarios de Jicaral. Boletín noviembre. 4 p.
- BETANCOURT, M., GARCÍA, M. E., SISTACHS, V., NÚÑEZ. M., SÁNCHEZ, D., NORIEGA, C., OLIVA, H Y REYES, N. 2009. Meso clima, rendimiento y calidad del toronjo (*Citrus paradisi* Macf) en Cuba. Adaptación al cambio climático. Memorias V Taller Regional de Bioclimatología y manejo de

- Producción de Cítricos, Valencia, Estado de Carabobo, Venezuela, RIAC-ACNET. p 17-22.
- BHANDE, S.; RAVINDRA, M.; GOSWAMI, T. 2008. Respiration rate of banana fruit under aerobic conditions at different storage temperatures. *Journal of Food Engineering*. 87: 116-123.
- BONO, E. 2008. Cambio climático y sustentabilidad económica y social: implicaciones sobre el bienestar social. *Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, (61): 51-72.
- CALDERÓN, D Y MORENO, R. 2009. Producción de frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) variedad Taiwan 1, utilizando diferente programas de fertilización de N-P-K. Tesis ingeniero agrónomo. Universidad de el Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. Departamento de Fitotecnia. San Salvador. Salvador. 80 p.
- CAÑIZAREZ, A; LA VERDE, D Y PUESME. 2013. Crecimiento y desarrollo del fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.) en Santa Bárbara, Estado Monagas, Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). *Revista UDO Agrícola* 3 (1): 34-38.
- CASACA, D. 2015. Guías tecnológicas de frutas y vegetales. Proyecto de Modernización de los Servicios de Tecnología Agrícola, Plegable. El Salvador. Abril. 12 p.
- CASTRO, J; ALONSO, E; DELGADO, E Y FORTEZA, L. 2017. Tecnología para los frutales. Empresa Agroindustrial Victoria de Girón. Matanzas. Cuba. 16 p.
- CONCEPCIÓN, O; NÁPOLES, L Y PÉREZ, D. 2017. Propagación in vitro de diferentes especies del género *Psidium* y perspectivas futuras. V Simposio Internacional de Fruticultura Tropical y Subtropical. Libro resúmenes. p. 56. ISBN: 978-959-296-051-0. [Consulta: Marzo 6 del 2017]
- CORTÉS, Y. 2016. Identificación de los posibles impactos del cambio climático sobre las áreas óptimas de los principales productos de la canasta básica

- alimentaria en el departamento de Cundinamarca. Tesis presentada como requisito para optar por el título de Master en desarrollo sustentable y gestión ambiental. Facultad de medio ambiente y recursos naturales. Universidad distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. Colombia. 173 pág.
- DAMIÁN, A. GONZÁLEZ, VA; SÁNCHEZ, P; PEÑA CB; LIVERA M Y BRITO T. 2014. Crecimiento y fenología del guayabo (*Psidium guajava* L.) cv. “Medio China” en Iguala, Guerrero. Rev. Fitotec. Mex. 27: 349-358.
- DE LACROIX, S; CHAUVET, E.; LAVIGNE, C. Y MAZORRA, C. 2010. Método alternativo de control de las malezas en una huerta de Anonáceas en Martinica. Asociación de frutales, plantas de cobertura y animales. III Simposio Internacional de Fruticultura Tropical y Subtropical. La Habana: Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. p 51. ISBN: 325-135-175-021-1
- DUAN, X.; CHENG, G.; YANG, E.; YI, C.; RUENROENGLIN, N.; LU, W.; LUO, Y.; JIANG, Y. 2008. Modification of pectin polysaccharides during ripening of postharvest of banana fruit. Food Chemistry. 111: 144-149.
- ESPINAL, M. 2010. Capacidad antioxidante y ablandamiento de la guayaba Palmira ICA (*Psidium guajava*). Tesis presentada como requisito para optar al título de Master en Ciencias Química. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Química. Bogotá. Colombia. 141 p.
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION). 2010. Agricultura «climáticamente inteligente». Políticas, prácticas y financiación para la seguridad alimentaria, adaptación y mitigación. Roma. FAO. 23p.
- FARRÉZ, E.; PLACERES, G.; RODRÍGUEZ, D.; PEÑA, G. y MULEN, P. 2009. Manual sobre la propagación de frutales tropicales. La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT). 23p.
- FERNANDEZ, P. 2016. Análisis del punto de venta de frutas y hortalizas y propuestas de mejora desde la poscosecha. Horticultura (Reus). XXIV(3) 192

(Abril): 38-47. <http://www.horticom.com/pd/article.php?sid=63077>
[Consulta: Marzo 6 del 2017]

FISHER, G; ALMANZA, J AND RAMIREZ, F. 2012. Source-sink relationships in fruit species: A review. Rev. Col. Cs. Hortíc. 6: 238-253.

FLEXAS, J; BOTA, J; CIFRE, M; ESCALONA, J; GALMES, J.; GULIAS, K.; LEFI, F; MARTINEZ, M; MORENO, M; RIVAS, D; RIERA, B; SAMPOL, Y; MEDRANO, H. 2014. Understanding down regulation of photosynthesis under stress: future prospects and searching for physiological tools for irrigation management. Ann. Appl. Biol. 144: 273-283.

FONTES, D. 2008. Beneficios agroproductivos de *Teramnus labialis* (L. F) Spreng como cobertura en plantaciones cítricas. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Ciego de Ávila, Cuba: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Ciego de Ávila. 178p.

FORNARIS, L; HERNÁNDEZ, G Y LÓPEZ, T. 2011. Efecto del manejo del riego en la asociación aguacate–guayaba. Tesis presentada para optar por el título de master en ciencias agrícolas. Ingeniería Agrícola,1 (2): 67-75) ISSN-2227-8761, RNPS-2284

FOURNIER, L. Y STEFANO, J. 2004. Variaciones climáticas entre 1988 y 2001 y sus posibles efectos sobre la fenología de varias especies leñosas y el manejo de un cafetal con sombra en la ciudad de Colón de Mora. Costa Rica. Agron. Costarric. 28 (1): 101- 120.

FUENTES, R.; GRANDA, M.; LEMES, C. Y RODRÍGUEZ, C. 2010. Estudios fenológicos en plantas medicinales XII. Rev. Cubana Planta Medicinales. 3: 87-92.1.

GARRIS, I.; ALVAREZ, I.; COLAVITA, M. 2015. Growth pattern of “Abbe Fetel” pear fruits. Acta Hortic. 674: 321-327.

GERALD C., MARK, W., JAWOO, K., ROBERTSON, R., SULSER, T., ZHU, T., RINGLER, C., SIWA M., GONZÁLEZ, N.; RICARDO, R. Y BELTRÁN, J. 2016.

- La agricultura sostenible sobre bases agroecológicas, su impacto en la seguridad nacional cubana. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. 20 (4): 32-35.
- GUTIÉRREZ, M. 2012. The scientific development of the physiology of plants in the American tropics. Mini review. *Rev. Biol. Trop.* 50 (2): 429-438.
- GUTIÉRREZ, N; DUSSAN, S Y CASTRO, J. 2012. Fisiología y atributos de calidad de la guayaba “pera” (*Psidium guajava*) en poscosecha. *Revista de Ingeniería*, #37. Bogotá. Colombia. p. 26-30.
- HERNÁNDEZ, J. 2013. Establecimiento de coberturas vivas con leguminosas herbáceas en una plantación de guayaba (*Psidium guajava* L) var. Enana Roja Cubana. Tesis presentada en opción al título de Master en Ciencias Agrícolas. Ciego de Ávila, Cuba: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Ciego de Ávila. 124 p.
- HERNÁNDEZ, A; ASCANIO, M; CABRERA, A; MORALES, M. Y MEDINA, N. 2010 Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de cuba con World Reference Base. Conferencia en Postgrado de Clasificación de suelo. p. 14.
- HERNÁNDEZ, A.; GRANDA, S; MUR, R. Y LÓPEZ, S. 2013. Reconversión agroecológica en la unidad básica de producción cooperativa “La Estrella”, Ciego de Avila, Cuba. Pasos transitorios. IV Congreso Latinoamericana de Agroecología. M. A. Altieri, S. Sarandon, Carmen F. Morales, F. Funes y Saray Siura, eds. Lima, Perú: Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. p. 1-18.
- HERNÁNDEZ, G; MARTÍNEZ, R Y PUIG, O. 2009. Manejo del riego por goteo en el cultivo del guayabo. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 18, (4): 49-53.
- INSUASTY O; MONROY R; DÍAZ A; BAUTISTA, J. 2008. Manejo fitosanitario del cultivo de la guayaba (*Psidium guajava*, L.) en Santander. *Boletín técnico*. Corpoica-ICA. 40 p.

- JIMÉNEZ, R. 2009. Procedimientos para la realización de las evaluaciones de crecimiento de los frutales, Informe final de proyecto. IIFT (UCTB-Alquizar), La Habana. 15 p.
- KAYS, S AND PAULL, R. 2014. Postharvest biology. Exon Press, Athens, Georgia, EEUU. p. 568.
- LAMPIS, A. 2013. La adaptación al cambio climático: el reto de las dobles agendas. Postigo, op. cit, 29-50.
- LEMUS, L; RAMÍREZ, N. 2012. Fenología reproductiva en tres tipos de vegetación de la planicie costera de Paraguaná, Venezuela. Acta Cient. Venezolana. 53: 266-278.
- LOZANO, C; TORO, C; GARCÍA, R; TAFUR, R. 2016. Manual sobre el cultivo del guayabo en Colombia. Cali, Colombia. Litografía Autónoma del Valle Lavalle Ltda. p.26.
- LUCIELLE, L. 2013. Entomofauna asociada en sistemas diversificados de frutales. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Ciego de Ávila, Cuba: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Ciego de Ávila. 108 p.
- MARTÍNEZ, R. 2012. Elementos agronómicos para el riego del guayabo y el papayo. Informe de resultado de investigación. IIFT. 12 p.
- MAZORRA, C; FONTES, D; DONIS, L; MARTÍNEZ, J; ACOSTA, Y; ESPINOSA, I; LAVINGE, C; FERNÁNDEZ, P Y GONZÁLEZ, A. 2016. Diagnóstico tecnológico y socioeconómico del establecimiento de *Psidium guajava* L. y *Teramnus labialis* en Ciego de Ávila. Cuba. Revista Pastos y Forrajes. 39(4):259-264.
- MERCADO, E. BENITO, P AND GARCÍA, A. 2008. Fruit development, harvest index and ripening changes of guavas produced in central Mexico. Postharv. Biol. Technol. 13: 143-150.

- MESA, R; SOCARRAS, Y Y PADRÓN, R. 2017. Biodiversidad de frutales en patios, parcelas, huertos caseros y fincas de la agricultura urbana suburbana y familiar de la provincia de Cienfuegos. Estrategias de conservación. V Simposio Internacional de Fruticultura Tropical y Subtropical. Libro resúmenes. p 56. ISBN: 978-959-296-051-0.
- METZ, B; AVIDSON, R; BOSHC, R; DAVE, R AND MEYER, A. 2008. Mitigation of climate change. Contribution of working group III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Summary for policy makers and technical. IPCC. Eds. Cambridge University press. Cambridge. United Kingdom and New York, USA, 24pp.
<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar-wg3-spm-sp.pdf>
- MINAG (Ministerio de la Agricultura). 2011. Instructivo técnico para el cultivo de la guayaba (*Psidium guajava* L.). Ed. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT) y Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. 1 ed. La Habana, Cuba: Palma- PNUD, ISBN 978-959-7210-44-3. 38p.
- MINAG (Ministerio de la Agricultura). 2012. Instructivo técnico para el cultivo de la guayaba. Ed. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT) y Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. 2 ed. Ciudad de la Habana, Cuba. 35p.
- MONDRAGÓN J, TORIZ A, GUZMÁN M. 2009. Caracterización de selecciones de guayaba para el bajío de Guanajuato, México. Agr. Téc. Méx. 35: 315-322.
- MORTON, J. F. 2008. The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. Proceedings of the national academy of sciences, 104(50), 19680-19685.
- NATALE, W. 2015. Nutrición y fertilización potásica de la guayaba. Informaciones agronómicas. No. 15. POTAFOS. Brasil. p: 7-9.
- NAVA, A.; GONZÁLEZ' A.; SÁNCHEZ, P.; PENA, C.; LIVERA, M. M.; DÍAZ, G. 2013. Potencial de producción y fisiología del guayabo (*Psidium guajava*, L.)

- en Iguala Guerrero. (Eds.). Memoria Primer Simposio Internacional de la Guayaba. Aguascalientes, México. 41-49 p.
- NEGRÍN, A. 2008. Efecto de leguminosas herbáceas utilizadas como coberturas de suelo en el cultivo de la guayaba (*Psidium guajava* L.). Tesis presentada en opción al título académico de Master en Ciencias Agrícolas: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Ciego de Ávila. 85 p.
- NEGRÍN, A; PÉREZ, R; MAZORRA, C Y GUTIÉRREZ, I. 2008. Control de especies arvenses en plantaciones de guayaba (*Psidium guajava*) mediante el uso de coberturas vivas de leguminosas. Ciego de Avila. Cuba. Rev. AIA. 11(2): 57-69.
- PADILLA, J; GONZÁLEZ, E; PÉREZ, M; OSUNA, J; ESPINDOLA, M AND REYES, J. 2012. Phenological behavior of guava trees (*Psidium guajava* L.) under different climatic conditions of Mexico. Acta Hort. 959: 97-102.
- PADILLA; S AND GONZÁLEZ; E. 2010. Collection and characterization of Mexican guava (*Psidium guajava* L.) germplasm. Acta Hort. 849: 49-54.
- PALAZZO, A, BATKA, M, MAGALHAES, M, ROWENA, V; EWING, M, Y LEE, D. 2009. Cambio climático: el impacto en la agricultura y los costos de adaptación. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias – IFPRI. (USA). 1-30.
- PARDO, A. Y PÉREZ, M. 2009. Manejo racional de plantaciones de guayaba. Grupo de Difusión Tecnológica de Cítricos y Frutales. Informe técnico. 20 p.
- PARRA, A. 2014. Maduración y comportamiento poscosecha de la guayaba (*Psidium guajava* L.). Una revisión. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 8 (2):314-327.
- PAZ, J; GONZÁLEZ, J Y HERNÁNDEZ, J. 2012. “Evaluación y validación de variedades y selecciones existentes en México, manejo fitosanitario y nutrición del guayabo (*Psidium guajava* L.) para una producción sustentable” Sagarpa-Conacyt. México. 14 p.

- PAZ, R; PÉREZ, R; LÓPEZ, M. Y LAPINEL, B. 2008. Curso cambio climático. Universidad para todos. Parte 1. Suplemento especial. Grupo Editorial Academia. p. 16. ISBN:978-959-270-129-8
- PECH, J; BOUZAYEN, M. AND LATSHE, A. 2008. Climateric fruit ripening: ethylene dependent and independent regulation of ripening pathways in melon fruit. *Plant Science*. 175: 114-120.
- PÉREZ, F. 2010. El cultivo de la guayaba en las condiciones de la Empresa de Cítricos Ciego de Avila. Informe técnico. 18 pág.
- PÉREZ, M. H; OSUNA, A; PADILLA, S; SÁNCHEZ, R; NOLASCO, Y GONZÁLEZ, E. 2015. Fenología, productividad y calidad de frutos de guayaba pulpa crema y rosa en clima tropical en México. Reporte: JTVERCIENCIA. Marzo. VOL. 40 N° 3. p 198-203.
- PÉREZ, R; MITCHELL, S; VARGAS, R. 2008. *Psidium guajava*: a review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*. 117: 1-27.
- QUIJADA, O; RAMÍREZ, R; CASTELLANOS, G, CAMACHO, R Y BURGOS, MARÍA ESTHER. 2009. Tipos de poda y producción de guayaba (*Psidium guajava* L.) en el municipio Baralt, estado Zulia, Venezuela. *Revista UDO Agrícola* 9 (2): 304-311.
- RAMOS, L; AROZARENA, N; SEVILA, J. Y LESCAILLE, J. 2017. Respuesta vegetal de esquejes de *Psidium guajava* ante la aplicación de diferentes soluciones enraizadoras. V Simposio Internacional de Fruticultura Tropical y Subtropical. Libro resúmenes. pág, 57. ISBN: 978-959-296-051-0.
- RESTREPO, C; NARVAEZ, E Y RESTREPO, P. 2009. Extracción de compuestos con actividad antioxidante de frutos de guayaba cultivada en Vélez. Santander, Colombia. *Química Nova*. 32(6): 1517-1522.
- RIBEIRO, G. 2008. Mudanças climáticas e a expectativa de seus impactos na cultura da cana-de-açúcar na região de Piracicaba, SP Dissertação de Mestrado.

- Brasil: Universidade de São Paulo. 69pp.
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11131> [Consulta: Marzo 6, 2017]
- RIVERO, R., RIVERO, Z. Y RIVERO, R. 2008. Cambios climáticos: Impactos agrícolas y adaptación. Centro meteorológico de Camagüey. Publicado en Memorias III Congreso Internacional de Meteorología. La Habana. Cuba. 6p.
- RODRÍGUEZ, A. Y SÁNCHEZ, P. 2015. Especies de frutales cultivadas en Cuba en la Agricultura Urbana. 3 ed. La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT). 40-43.
- RODRÍGUEZ, I; SISNE, M. L; IZQUIERDO, R; SAINEY, A; RODRÍGUEZ, I Y NÁPOLES, J. 2016. Nocividad de los insectos de la familia Scarabaeidae asociados a las plantaciones de guayabo (*Psidium guajava* Lin.). Cultivos Tropicales. 37 (ne):57-63.
- RODRÍGUEZ, N.; VALDÉS, J.; FUENTES, V.; HERNÁNDEZ, M.; RIVERO, D.; RODRÍGUEZ, J. y SOURD, D. 2010. Catálogo de cultivares de guayabo. Alquízar: Ed. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical y Unida Científico-Tecnológica de Base de Alquízar, ISBN 978959296022-0.
- SALAZAR; D; MELGAREJO, P; MARTÍNEZ, R; MARTÍNEZ, J; HERNÁNDEZ, F; BUERGUERA, M. 2006. Phonological stages of the guava tree (*Psidium guajava*, L.). Sci. Hortic. 108: 157-161.
- SALINERO, M. C; VELA P; SAINZ, J. 2009. Phenological growth stages of Kiwi fruit (*Actinidia deliciosa* 'Hayward'). Sci. Hortic.. 2009. 121: 27-31.
- SERGIO, J. Y LLINAS, A. 2010. Modelo analítico de derivados de clima para eventos específicos de riesgo en la agricultura en Colombia. Cuadernos de Desarrollo Rural, 7(64), 121-147.
- SOLARTE, C; FLÓREZ, L; JURADO, R; ROJAS, A; INSUASTY, O; MELGAREJO L.; ROMERO H M. 2009 b). Fenología reproductiva de cuatro materiales de guayaba (*Psidium guajava* L.) en tres localidades de la hoya del rio Suarez

- (Santander, Colombia). V Congreso Colombiano de Botánica. San Juan de Pasto Narino. Poster. Septiembre 19 al 24 del 2009. 1p.
- SOLARTE, M. E; CANTILLO, J; MELGAREJO, M; ROMERO, M. 2009 a). Cambios fisiológicos durante la maduración del fruto de materiales regionales de guayaba (*Psidium guajava* L.) de la provincia de Vélez Santander Colombia. Presentación Cartel. V Congreso Colombiano de Botánica. San Juan de Pasto septiembre 19 al 24 de 2009. 186 p.
- SOLARTE, M. E; HERNÁNDEZ, S; MORALES, L; FERNÁNDEZ, P Y MELGAREJO, M. 2010. Caracterización fisiológica y bioquímica del fruto de guayaba durante la maduración. Colombia. 3: 175.
- SOLARTE, M. E; ROMERO, H. Y MELGAREJO, L. 2011. Caracterización ecofisiológica de la guayaba de la hoya del rio Suárez. Cap. 1. Caracterización ecofisiológica de variedades de guayaba por función del uso. Colombia. 56p.
- VARGAS, D.; GONZÁLEZ, V, SOTO, M; CRUZ, F; CRUZ, D Y PALEMÓN, F. 2014. Crecimiento y fenología del guayabo (*Psidium guajava* L.) en respuesta a la poda y la defoliación. Tlamati 5 (4): 57-63.
- VÁSQUEZ, M. 2013. Cambio climático y seguridad alimentaria. Reduca, 4(15): 76-84.
- YAM, A.; VILLASEÑOR, A.; ROMANTCHIK, E.; SOTO, M. PEÑA, A. 2010. Una revisión sobre la importancia del fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.) y sus principales características en la postcosecha. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. 19 (4):74-82.