

CULTIVO Y COMERCIALIZACIÓN DE LA **GUAYABA**



CULTIVO Y COMERCIALIZACIÓN DE LA GUAYABA



Esta publicación se realiza en el marco del “Proyecto de apoyo al fortalecimiento de cadenas de frutales a nivel local” (AGROFRUTALES), iniciativa de cooperación implementada por el Ministerio de la Agricultura (MINAG) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), con el apoyo financiero del Gobierno de Canadá.

Su elaboración ha estado a cargo de un grupo de investigadores y especialistas pertenecientes al Instituto de Investigaciones de Fruticultura Tropical (IIFT) y al Grupo Agrícola (GAG) del Ministerio de la Agricultura.

Esta impresión es cofinanciada por el Programa Autoabastecimiento Local para una Alimentación Sostenible y Sana (ALASS), implementado también por el MINAG y PNUD y cofinanciado por la Unión Europea (UE). Los contenidos de este material no reflejan la opinión del Gobierno de Canadá, UE, ni PNUD.

Edición

María Eugenia García Álvarez

Revisión

Alicia Jordán González

Diseño editorial

Eduardo Martínez Oliva

Diseño cubierta

Geordany G. O'Connor

Fotografía

Yasser Expósito Cárdenas

Fototeca del proyecto “Apoyo al fortalecimiento de cadenas de frutales a nivel local”

ISBN: 978-959-296-067-1

Editorial Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical®

Calle 7ma # 3005 e/ 30 y 32 Miramar, Playa, La Habana

Cuba

La Habana, 2023



INTRODUCCIÓN GENERAL / 1

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES / 5

- 1.1. Introducción / 5
- 1.2. Origen y distribución / 5
- 1.3. Clasificación taxonómica / 6
- 1.4. Descripción botánica / 6
- 1.5. Valor nutricional y medicinal / 11
- 1.6. Requerimiento edafoclimáticos / 14
- 1.7. Países productores referentes a nivel internacional / 15
- 1.8. El cultivo del guayabo en Cuba / 17
- 1.9. Bibliografía / 19

CAPÍTULO 2

RECURSOS FITOGENÉTICOS Y MEJORAMIENTO GENÉTICO / 23

- 2.1. Introducción / 23
- 2.2. Conservación de recursos fitogenéticos / 23
- 2.3. Principales cultivares y patrones / 30
- 2.4. Mejoramiento genético y diversidad / 36
- 2.5. Bibliografía / 52

CAPÍTULO 3

FISIOLOGÍA Y SU RELACIÓN CON EL CLIMA / 61

- 3.1. Introducción / 61
- 3.2. Procesos fisiológicos de las plantas / 61
- 3.3. Fenología del guayabo / 61
- 3.4. Etapa del desarrollo vegetativo / 65
- 3.5. Etapa del desarrollo productivo / 66
- 3.6. Factores que influyen en la fenología del guayabo / 72
- 3.7. Vulnerabilidad del cultivo del guayabo al cambio climático / 75
- 3.8. Prácticas para mejorar el rendimiento y la calidad de las cosechas / 78
- 3.9. Bibliografía / 80

CAPÍTULO 4

MANEJO DEL CULTIVO / 87

- 4.1. Introducción / 87
- 4.2. Propagación / 87
- 4.3. Vivero / 88
- 4.4. Establecimiento de plantaciones / 96
- 4.5. Nutrición / 98
- 4.6. Riego / 104
- 4.7. Poda / 104
- 4.8. Control de arvenses / 107
- 4.9. Bibliografía / 109

CAPÍTULO 5

NEMÁTODOS, INSECTOS Y ÁCAROS PLAGAS Y RECOMENDACIONES PARA SU MANEJO / 113

- 5.1. Introducción / 113
- 5.2. Nemátodos fitoparásitos (nematoda) / 113
- 5.3. Insectos. Mosca de las frutas (Diptera: Tephridae) / 116
- 5.4. Insectos escamas / 120
- 5.5. Insectos. Lepidópteros / 125
- 5.6. Insectos. Aleuródidos, moscas blancas (Hemiptera: Aleyodidae) / 127
- 5.7. Insectos. Crisomélidos / 130

- 5.8. Insectos. Áfidos (Hemiptera: Aphididae) / 130
- 5.9. Insectos. Trips / 132
- 5.10. Insectos. Escarabeidos (Coleoptera: Scarabaeidae) / 133
- 5.11. Ácaros / 134
- 5.12. Bibliografía / 137

CAPÍTULO 6

PRINCIPALES ENFERMEDADES Y RECOMENDACIONES PARA SU MANEJO / 143

- 6.1. Introducción / 143
- 6.2. Principales enfermedades causadas por hongos y oomicetos / 143
- 6.3. Enfermedades bacterianas / 155
- 6.4. Fitoplasma en el cultivo del guayabo / 157
- 6.5. Bibliografía / 157

CAPÍTULO 7

COSECHA / 165

- 7.1. Introducción / 165
- 7.2. Importancia del momento de inicio de la actividad de cosecha / 165
- 7.3. Criterios para la definición del momento de cosecha / 165
- 7.4. Actividad de cosecha y medios para su realización / 170
- 7.5. Principales daños en el exocarpio de las frutas en el momento de la cosecha / 171
- 7.6. Bibliografía / 174

CAPÍTULO 8

POSCOSECHA / 179

- 8.1. Introducción / 179
- 8.2. La maduración de las frutas / 179
- 8.3. Tecnologías o tratamientos poscosecha / 182
- 8.4. Principales desórdenes patológicos y fisiológicos de las frutas.
Recomendaciones para su manejo / 187
- 8.5. Procesos en la empacadoras de frutas para la comercialización / 190
- 8.6. Bibliografía / 192

CAPÍTULO 9

INDUSTRIALIZACIÓN / 201

- 9.1. Introducción / 201
- 9.2. Principios para la conservación de alimentos / 201
- 9.3. La conservación de frutas / 202
- 9.4. Aporte nutritivo de la fruta de guayaba transformada / 203
- 9.5. Procesamiento industrial de la guayaba / 206
- 9.6. Productos elaborados a partir de las frutas de guayaba / 211
- 9.7. Aprovechamiento de los residuos / 219
- 9.8. Inocuidad de los productos procesados / 221
- 9.9. Tecnologías emergentes para la conservación de productos / 223
- 9.10. Bibliografía / 226

CAPÍTULO 10

MERCADO Y COMERCIALIZACIÓN / 231

- 10.1. Introducción / 231
- 10.2. Conceptos básicos sobre la calidad, inocuidad y la normalización aplicados a los frutos.
Implicaciones para la demanda y el comercio / 231
- 10.3. Conceptos de buenas prácticas agrícolas, buenas prácticas de manufactura y buenas prácticas de higiene. Vinculación con la calidad y la inocuidad alimentaria. Implicaciones para la demanda y el comercio / 234
- 10.4. Certificación sobre la calidad y la inocuidad alimentaria. Implicaciones para la demanda y el comercio / 236
- 10.5. Mercado. Acuerdos y regulaciones internacionales como soporte legal en la comercialización de alimentos / 236
- 10.6. Comercialización de frutos frescos en el contexto socio económico actual / 238
- 10.7. Bibliografía / 240





INTRODUCCIÓN GENERAL

El guayabo (*Psidium guajava* L.) representa en la actualidad el 13,6 % del área cultivada de frutales y el 23 % del volumen de producción de frutas en Cuba. A pesar de que en los últimos años su cultivo no muestra incrementos sostenidos en el tiempo, es una especie que tiene alta demanda por la población, tanto como fruta fresca como sus productos procesados (mermeladas, cascós de guayaba, jugos, etc.). Es por esto que hoy el país trabaja en la recuperación de sus áreas y producciones, así como en la mejora de la calidad e inocuidad de sus productos, con vistas a satisfacer la demanda del mercado nacional.

Aun cuando se plantea que esta especie ya se encontraba en la isla desde la época del descubrimiento (siglo XVI), durante la colonización de Cuba por los españoles este frutal comenzó a extenderse por el país, tanto por la zona oriental como occidental. Formaba parte de grandes arboledas pertenecientes a fincas de propiedad privada, patios de casas, bateyes de ingenios o centrales azucareros; también crecía de forma silvestre en los campos.

Con la ocupación norteamericana a inicios del siglo XX se establecen estaciones experimentales que propiciaron la introducción de nuevos cultivares y de tecnologías superiores, con el objetivo principal de exportar las producciones de frutales, entre ellos la guayaba, hacia Estados Unidos de América (EUA). Estas introducciones procedentes de otros países también tenían como objetivo el establecimiento de plantaciones comerciales con cultivares mejorados. Esto se debía a que, aunque había una industria procesadora de propiedad norteamericana con tecnologías modernas, empleaban para sus producciones las frutas cosechadas de los guayabales silvestres del cultivar criollo 'Cotorrera', que se encontraban extendidos por toda la isla.

Sin embargo, no es hasta el triunfo de la Revolución Cubana en 1959 que se produce un cambio importante para la historia de los frutales. Con la promulgación de las dos Leyes de Reforma Agraria se crearon condiciones para una reorganización de la agricultura de forma planificada. La creación del Banco de Germoplasma de Frutales Tropicales y Subtropicales en 1965, que incluía colecciones con accesiones introducidas, prospectadas y mejoradas de los principales frutales presentes en Cuba, la ejecución de programas de mejoramiento, unido a la implementación de programas de desarrollo de frutales cítricos y no cítricos en la década del 60, fueron acciones que contribuyeron al incremento de estas especies en el país.

Dentro de los frutales que experimentaron un rápido crecimiento a mediano plazo, tanto en área como en producción en varias provincias del país, estuvo el guayabo, siendo Sancti Spíritus una provincia pionera en el establecimiento de plantaciones comerciales con varios de los cultivares introducidos desde la Florida (EUA). Entre los aspectos clave que favorecieron su desarrollo se encuentran: la introducción de cultivares mejorados, nuevas tecnologías de propagación (como el injerto y los esquejes o ramas no lignificadas) y alta tecnología en la siembra, donde se incluía el riego, marcos de plantación estrechos y la protección fitosanitaria.

La caracterización de 82 genotipos de guayabo a inicios de la década de los 70 contribuyó a la selección de los primeros nueve cultivares locales promisorios que presentaban caracteres de interés comercial, dos de ellos con porte bajo ('Enana Roja Cubana' o 'EEA 18-40' y la 'EEA 1-23'). Ambos cultivares comenzaron a desplazar en la década de los 80 a los de la Florida, establecidos en plantaciones comerciales y alcanzaron rendimientos superiores a las 70 t/ha. Son en la actualidad los dos principales en explotación.

La desaparición del bloque socialista a inicios de la década de los 90 fue otro momento de cambio para el desarrollo de los frutales en Cuba. El país perdió en un tiempo breve su mercado seguro y todo el apoyo que tenía para mantener una fruticultura basada en grandes extensiones de tierra y alta demanda de insumos. Esto conllevó a un estancamiento en el proceso productivo y a una fuerte crisis económica, conocida como Período Especial. Ello afectó la producción, transformación y comercialización de los frutales en general.

El país inició entonces la reorientación del desarrollo frutícola. Se favoreció la creación de empresas mixtas y la utilización de recursos de la colaboración internacional para la búsqueda de financiamiento y nuevos mercados. En el nuevo entorno de déficit financiero comenzó a promoverse una agricultura menos intensiva y menos consumidora de insumos, a partir de modelos económicamente sostenibles (agroecología, agricultura orgánica, fuentes renovables de energía). A finales de la década de los 90 surgen varias iniciativas que promueven el desarrollo de los frutales, dentro de ellos el guayabo: (1) Movimiento de Agricultura Urbana y Suburbana (fomentó la capacidad productiva de zonas urbanas y periurbanas para incrementar la disponibilidad de alimentos en las ciudades); (2) Programa de Fincas Integrales de Frutales (introdujo la práctica del asocio de cultivos). Estas alternativas sentaron las bases para la creación, en el 2010, del Movimiento de Cooperativas de Frutales que impulsa la producción de frutales en el sector cooperativo.

En este contexto, favorable para los frutales no cítricos, se orienta una nueva estrategia de desarrollo en el año 2009. La misma contempló no solo el incremento de las frutas tradicionales que se desarrollaron después de 1959, sino también la diversificación y producción de las llamadas “frutas de poca presencia”. Esta proyección de fortalecer tanto los frutales cítricos como no cítricos se mantiene vigente en la actualidad en los Lineamientos para la Política Económica y Social del Partido, el Plan de Desarrollo Estratégico hasta el 2030 y la Conceptualización del Modelo Económico Cubano.

A su vez, el nuevo modelo de gestión económica del país también reconoce el papel del mercado como regulador del desarrollo productivo, lo que deviene elemento dinamizador para los frutales. La cultura cubana de consumo de estos, y el creciente sector turístico internacional, constituyen una importante demanda que ofrece oportunidades de mercado dignas de aprovechar, sin minimizar la importancia de la calidad y competitividad de lo que se oferta.

También se debe considerar que, aunque exista un marco estratégico-político que favorece a los frutales, los impactos del cambio climático imponen afectaciones y restricciones cada vez más evidentes. La ocurrencia de eventos extremos de sequía, huracanes, incremento de las temperaturas, reemergencia de plagas, entre otros aspectos, son cada vez más recurrentes y tienen una incidencia directa en los frutales. Para lograr mayor adaptación y resiliencia a estas contingencias se requieren modificaciones en las tecnologías, cultivares tolerantes a estrés biótico (plagas y enfermedades) y abiótico (salinidad, sequía, etc.), duplicación de colecciones de germoplasma, entre otras medidas.

El presente libro representa una contribución importante a la implementación de esta estrategia, al abordar diferentes aspectos que favorecen la preparación del personal productivo para aumentar los rendimientos y la calidad de las frutas que tributan a la comercialización en fresco y de productos transformados en Cuba. De igual forma, constituye un material de consulta para docentes y alumnos interesados en elevar sus conocimientos sobre este frutal y para la reorientación de las acciones de ciencia e innovación a ejecutar en el futuro por los investigadores para dar solución a las principales problemáticas que hoy limitan su desarrollo.

Este documento muestra los resultados del país, así como referencias de la literatura científica internacional consultada, en temáticas relacionadas con las generalidades del cultivo, recursos fitogenéticos y mejoramiento, fisiología y su relación con el clima, así como el manejo del mismo. Además, se abordan las plagas y enfermedades que afectan los rendimientos y la calidad de las frutas y sus métodos de control. Igualmente, se analizan las principales herramientas tecnológicas para la cosecha y el beneficio de las frutas frescas y transformadas, así como los requerimientos para su comercialización hacia los diferentes mercados.



CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

Juliette Valdés–Infante Herrero
Maruchi Alonso Esquivel
Narciso Nerdo Rodríguez Medina
Josefa Bárbara Velázquez Palenzuela
Yadira Méndez Gallo

1.1. INTRODUCCIÓN

El guayabo (*Psidium guajava* L.), perteneciente a la familia Myrtaceae, es oriundo de las Américas, pero fue introducido a otras regiones del mundo donde actualmente se encuentra naturalizado. Constituye uno de los frutales tropicales y subtropicales de mayor valor nutricional, dado fundamentalmente por su aporte de vitaminas y minerales. Todo lo anterior, unido a lo rentable de su cultivo, ha posibilitado que adquiera gran importancia económica en varias regiones del mundo (Coelho de Lima *et al.*, 2002; Vasco *et al.*, 2003; Sanabria *et al.*, 2005).

En este capítulo se comenta sobre el origen y distribución de la especie, las principales características botánicas y se realiza un análisis comparativo de diversos aspectos relacionados con la producción (área de cultivo y rendimiento) a nivel internacional y nacional.

1.2. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

El guayabo (*Psidium guajava* L.) fue semidomesticado hace más de dos mil años, pero solo desde hace poco tiempo ha adquirido gran importancia en las áreas tropicales y subtropicales del mundo, principalmente por su alto contenido de ácido ascórbico y por lo rentable de su cultivo (Mata y Rodríguez, 1985; Valdés–Infante, 2009).

Los estudios para determinar el origen de esta especie son complejos debido a que existe gran diversidad fenotípica, tanto en árboles como en frutos, producto de la propagación por semillas que desarrolló el hombre en sus inicios (Subramanyan e Iyer, 1993; Valdés–Infante *et al.*, 2020). Esta dificultad se incrementa debido a que los frutos son muy atractivos para ciertas aves y animales cuadrúpedos, los cuales transportan las semillas a lugares lejanos, favoreciendo su dispersión (Morton, 2000).

Los historiadores se contradicen respecto a su probable origen. Algunos ubican a México como uno de los centros de origen más probables. Otros investigadores afirman que puede estar entre México y Perú (Nakasone y Paull, 1998), aunque también se menciona como probable centro de origen el Caribe (Nieto, 1996). Dos situaciones podrían explicar la hipótesis de que el guayabo tuvo su origen en América: i) en esta región se encuentran más de 140 especies del género *Psidium* que se distribuyen en el trópico americano y sólo una pequeña porción es originaria de la India y ii) los árboles de guayabo crecen silvestres desde el Sureste de México, Centroamérica y Perú (Nieto, 1996).

El cultivo del guayabo, sin embargo, se ha extendido a diferentes regiones del mundo. El historiador español Don Gonzalo Fernández de Oviedo y Valdez lo describió por primera vez en 1526 y comentó que ya en ese año este cultivo era muy común en las Indias Occidentales (Pathak y Ojha, 1993).

Los colonizadores españoles lo transportaron a las Islas Filipinas a través del Pacífico desde una fecha muy remota (Ruehle, 1948). Posteriormente, los portugueses lo introdujeron en las Indias Orientales a principios del siglo XVII, donde se estableció rápidamente como cultivo (Butani, 1977).

En 1771 llegó a Hawai y ya en 1830 era un fruto selecto y, por su adaptabilidad, la fruta silvestre más común (Shigeura y Bullock, 1983). Fue introducido en las Islas Fidji en 1863 y en Sudáfrica a finales del siglo XIX (Zoe, 1978). En la Florida (Estados Unidos de América, EUA) el primer cultivar comercial fue plantado probablemente en 1912 (Morton, 2000). Aunque se ha señalado que el guayabo



fue introducido en Cuba desde la Florida (EUA), Cañizares (1968) afirmó que ya se encontraba en la Isla desde la época del descubrimiento.

En cuanto a su nombre común, Oviedo, en su descripción de la planta en 1526, llamó al árbol guayabo y a su fruta guayaba manzana, aunque le han asignado diversos nombres comunes a las razas nativas (De-Candolle, 1967). El nombre en inglés que se le da a este frutal (*guava*) probablemente proviene del nombre haitiano *guajaba* (Nakasone y Paull, 1998).

La diversidad de nombres que se le han asignado tanto al árbol como a la fruta, confirma la hipótesis de que esta planta es muy antigua y que se encuentra muy extendida. Evidentemente, la especie fue silvestre en gran parte del continente en el tiempo del descubrimiento de América (Morton, 2000). La familia a la cual pertenece es también muy antigua y se ha diversificado grandemente con el transcurso de los siglos (Pizo, 1999; Wilson, 1999; Ladiges *et al.*, 2003).

1.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

El guayabo pertenece al orden Myrtales, que se compone de cinco familias: Myrtaceae, Lecythidaceae, Melastomaceae, Combretaceae y Rhizophocaceae (Reko, 1946; Valdés-Infante, 2009; Rodríguez y Valdés-Infante, 2016). La familia Myrtaceae, en la cual se encuentra el guayabo, está representada por cerca de tres mil especies de árboles y arbustos que prosperan en la mayor parte de las áreas tropicales y subtropicales del mundo (Carnaveli, 1976). El género *Psidium*, incluido en esta familia, está compuesto por 150 especies aproximadamente (Mosqueda, 1978; Farrés *et al.*, 2002). Algunas de las más importantes son: *P. cattleianum* Sabine, *P. friedrichsthalianum* (Berg) Nied y *P. guajava* L. (Tejada, 1980; Subramanyan e Iyer, 1993). La taxonomía de esta especie es la siguiente:

Reino: Plantae
 Filum: Magnoliophyta
 Clase: Magnoliopsida
 Subclase: Rosidae
 Orden: Myrtales
 Familia: Myrtaceae
 Subfamilia: Myrtoideae
 Tribu: Myrteae
 Género: *Psidium*
 Especie: *Psidium guajava* L.

1.4. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El guayabo es un árbol bajo o arbusto perennifolio (las hojas se mantienen en la planta durante todo el año), aunque en condiciones subtropicales se comporta como un arbusto caducifolio (pierde sus hojas en otoño y las recupera en primavera). Las características morfológicas de la planta y sus frutos dependen del cultivar, de las características y composición del suelo, de los factores climáticos, fundamentalmente temperatura, agua y luz, y del manejo agronómico.

Tronco

El tronco puede alcanzar desde 2,5 m hasta 10 m de altura, con un diámetro de hasta 60 cm. Tiende a ser muy ramificado. Su consistencia es dura y leñosa. La corteza es de color gris, se descaema con frecuencia y presenta manchas (Rodríguez y Valdés-Infante, 2016).

Ramas

En cada nudo existe un par de hojas, y en la base de estas se encuentra una yema vegetativa, la cual, tras un estímulo, brota y se transforma en rama. Las ramas o brotes jóvenes pueden ser de color verde, amarillo o rojizo y presentan hojas jóvenes que pueden ser verdes o llegar a tonalidades rojo intenso o marrón debido a la variación en la concentración de pigmentos antocianicos (Figuras 1 y 2). A medida que avanza su crecimiento las ramas toman posteriormente un color café y pueden tener una disposición ascendente, dispersa o caediza, lo que conlleva a diferencias en las formas de la copa o hábito de crecimiento de la planta (Figura 3) (Pommer y Murakami, 2009; Rodríguez *et al.*, 2010).

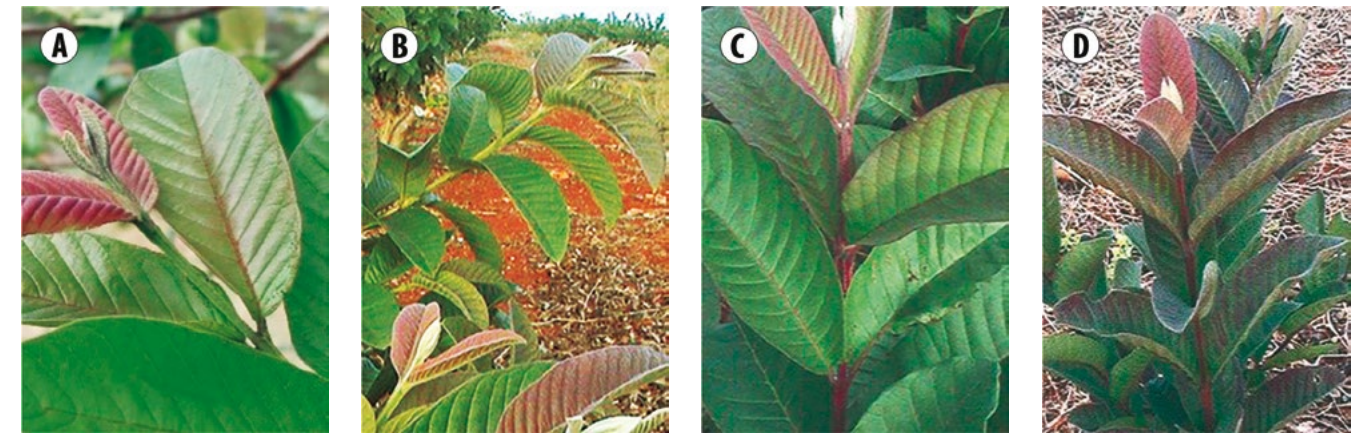


Fig.1. Color de la rama o brote joven. A) verde, B) amarillo-verdoso, C) rojizo, D) rojo intenso. Fotos tomadas por: Narciso N. Rodríguez Medina. Fuente: Rodríguez *et al.* (2010).

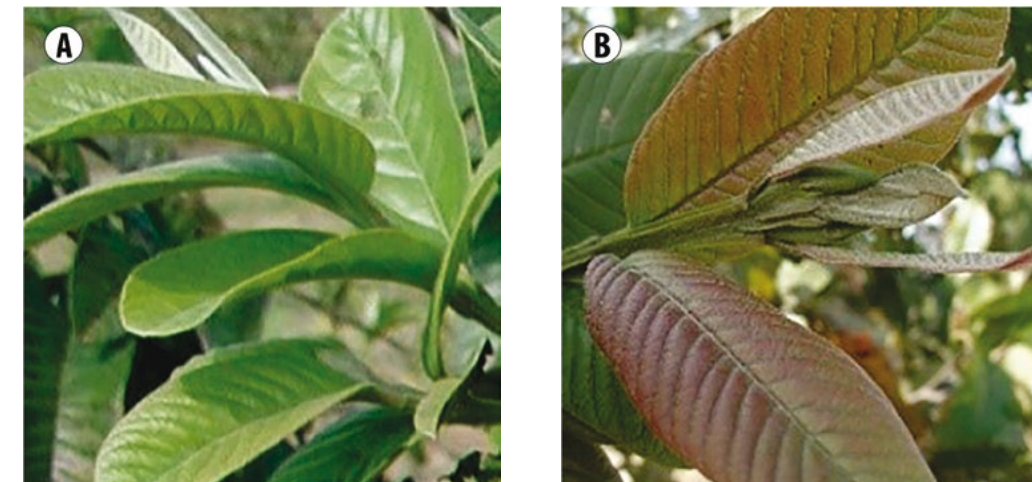


Fig.2. Presencia de pigmentos antocianicos en la hoja joven. A) ausente, B) presente. Fotos tomadas por Narciso N. Rodríguez Medina. Fuente: Rodríguez *et al.* (2010).



Fig.3. Hábito de crecimiento de las ramas. A) erecto o ascendente, B) disperso o irregular, C) caedizo. Fotos tomadas por: Narciso N. Rodríguez Medina. Fuente: Rodríguez *et al.* (2010).

Hojas

Las hojas maduras son simples, de color verde, aromáticas (presentan aroma específico al ser estrelladas, el cual proviene de un aceite esencial y su intensidad y tipo depende del cultivar), algo coriáceas. Pueden presentar diferentes formas: redondeadas (raramente se presenta), ovada, obovada, lanceolada, oblanceolada y oblonga (Figura 4). Se disponen en pares alternos a lo largo de las ramas. Miden de 2,5 cm a 6,0 cm de ancho y de 4,0 cm a 10,0 cm de largo y con peciolo cortos (2 mm a 7 mm de longitud). Tienen pubescencia fina en el envés (Rodríguez *et al.*, 2010; Rodríguez y Valdés-Infante, 2016).

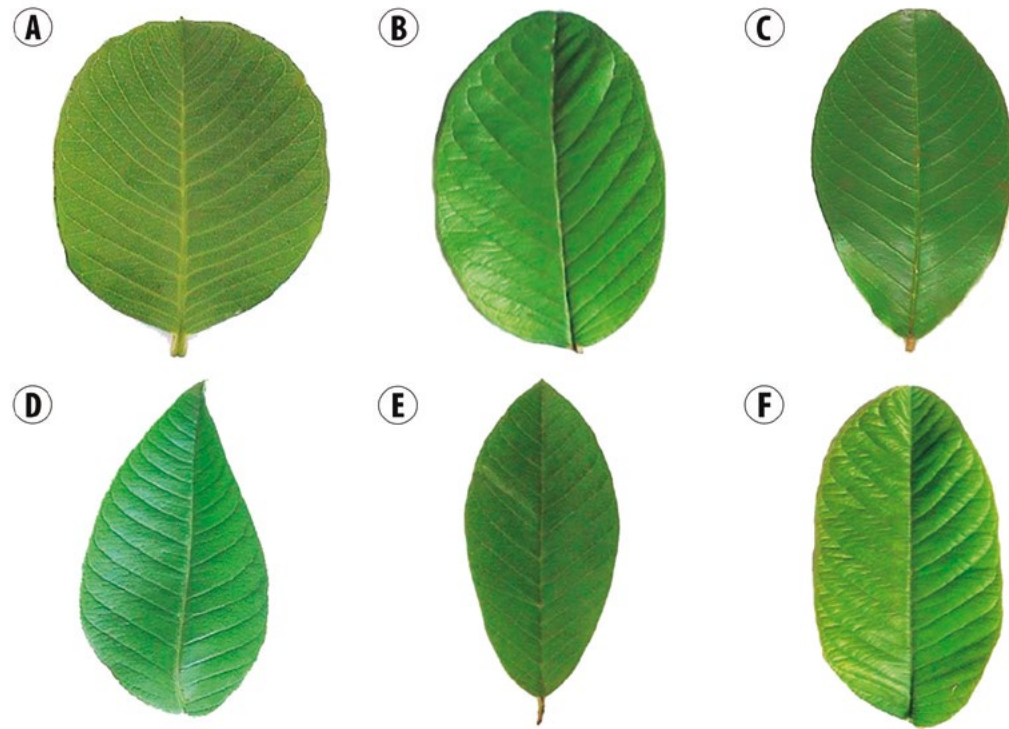


Fig.4. Forma de la hoja desarrollada. A) redondeada, B) ovada, C) obovada, D) lanceolada, E) oblanceolada y F) oblonga. Fotos tomadas por: Narciso N. Rodríguez Medina. Fuente: Rodríguez *et al.* (2010).

Raíz

Presenta un sistema de raíces bien definido. En las plantas procedentes de semillas se destaca una raíz principal que presenta buen desarrollo, ramificación y poder de penetración, lo que proporciona un buen anclaje. La misma da origen a las raíces secundarias, las cuales proliferan en gran cantidad, son más pequeñas y se encuentran cerca de la superficie del suelo (Figura 5). En suelos profundos las raíces secundarias pueden adquirir el grosor y longitud de la raíz principal alcanzando hasta 4 metros de profundidad. La zona de las raicillas activas se encuentra de 0 cm–30 cm de profundidad. Las características de este sistema radicular favorecen que las plantas se desarrollen bien en casi todos los tipos de suelos. Existen referencias en la literatura de que las raíces del guayabo pueden presentar un marcado efecto alelopático, es decir, producen compuestos bioquímicos que influyen (puede ser de forma positiva o negativa) en el desarrollo o supervivencia de otras especies que estén en sus cercanías. En este sentido, se ha indicado que inhiben el desarrollo de malezas debajo del árbol.



Fig.5. Sistema radicular del guayabo. Foto tomada por Darío Sourd.

Flor

Salen en las ramas más jóvenes, por lo general entre el segundo y el cuarto par de hojas. Son hermafroditas, grandes y de color blanco. Pueden aparecer solitarias o formando grupos variables de dos a tres flores (Figura 6). Posee de cuatro a cinco pétalos, pero también pueden presentarse 10 pétalos ubicados en dos series de cinco cada una. Los estambres son numerosos y con mucho polen, el cual se encuentra en las anteras. En algunos casos, estos estambres pueden estar transformados en pétalos (Figura 7) (Rodríguez *et al.*, 2010; Rodríguez y Valdés-Infante, 2016). La floración puede mantenerse todo el año si el manejo del cultivo es adecuado y las condiciones ambientales lo permiten (Nakasone y Paull, 1998; Morton, 2000; Pommer y Murakami, 2009).

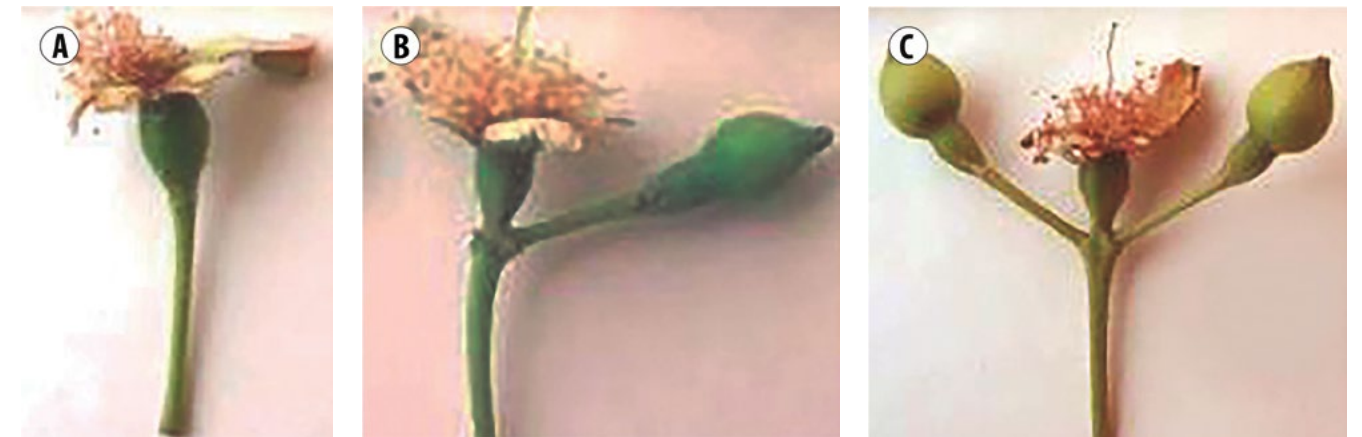


Fig.6. Número de flores presentes en la inflorescencia. A) una sola flor, B) hasta dos flores, C) hasta tres flores. Fotos tomadas por Narciso N. Rodríguez Medina. Fuente: Rodríguez *et al.* (2010).

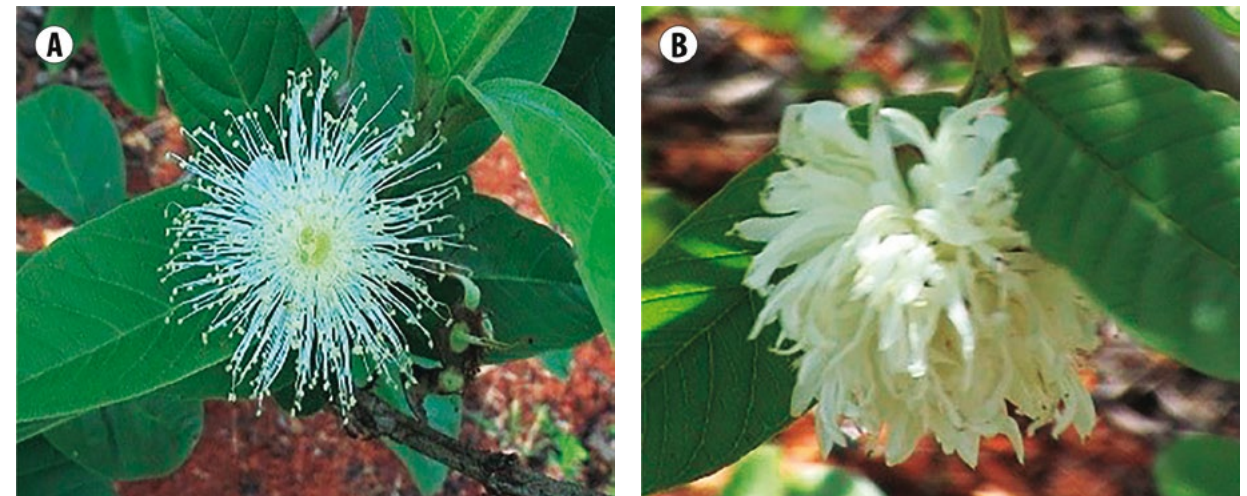


Fig.7. Estambres transformados en pétalos en la flor de guayabo. A) ausente, B) presente. Fotos tomadas por Narciso N. Rodríguez Medina. Fuente: Rodríguez *et al.* (2010).

Fruto

El fruto es una baya cuyas dimensiones varían de un cultivar a otro. Puede ser oblata, esferoide, esferoide alto, elipsoide, ovado angosto, ovado y piriforme y conserva en el ápice los restos del cáliz (Figura 8) (Morton, 2000; Rodríguez *et al.*, 2010; Rodríguez y Valdés-Infante, 2016). Puede tener una masa de 25 g a 500 g o más, de 5 cm a 12 cm de longitud y de 3 cm a 6 cm de diámetro o ancho. La corteza puede ser lisa o rugosa y con diferente coloración en su plena madurez: verde, amarillo verdoso, amarillo pálido, amarillo intenso, naranja-verdoso y en algunos países puede llegar a ser roja (Figura 9) (Rodríguez *et al.*, 2010).

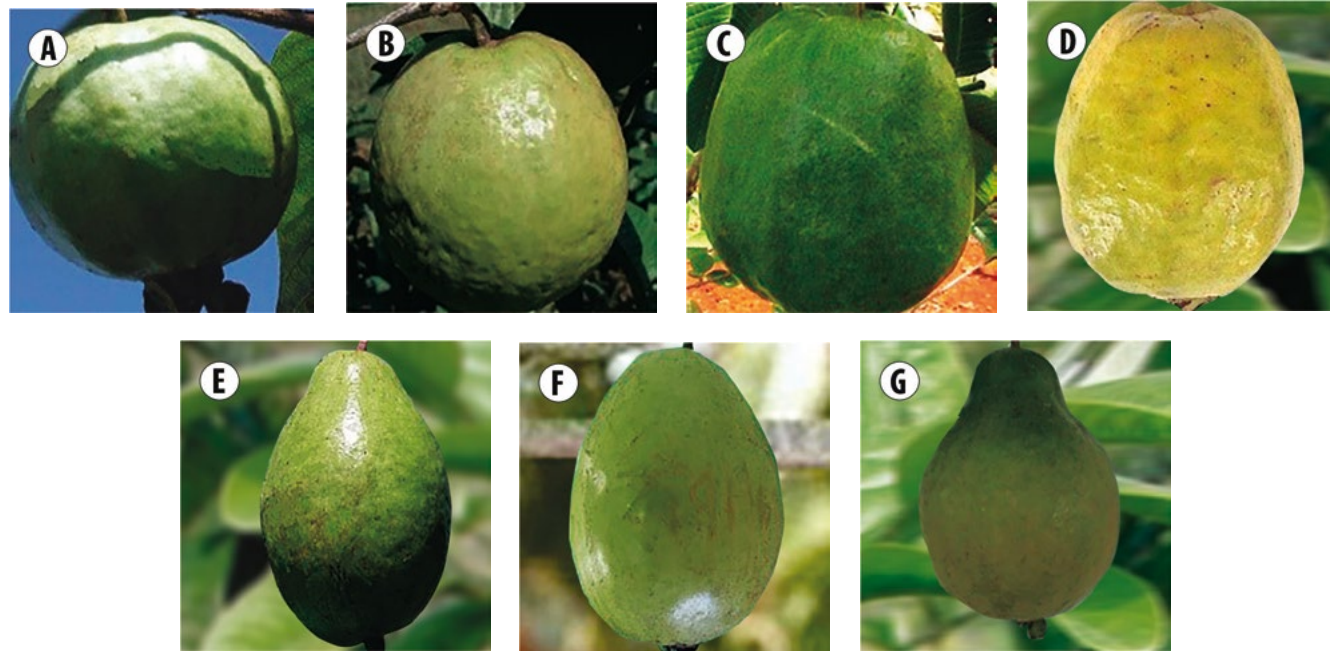


Fig. 8. Forma del fruto. A) oblata, B) esferoide, C) esferoide alto, D) elipsoide, E) ovado angosto F) ovado, G) piriforme. Fotos tomadas por Narciso N. Rodríguez Medina. Fuente: Rodríguez *et al.* (2010).

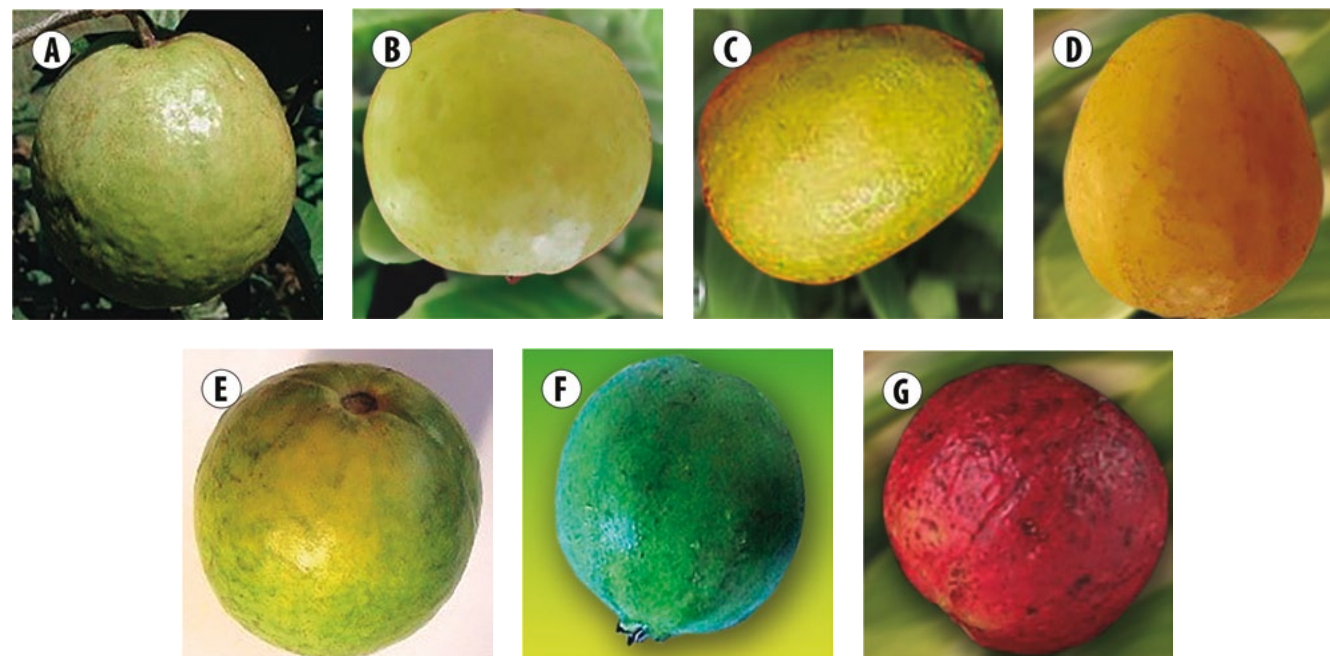


Fig. 9. Coloración externa del fruto. A) amarillo verdoso claro, B) amarillo claro, C) amarillo intenso, D) anaranjado, E) anaranjado verdoso, F) verde oscuro, G) rojo. Fotos tomadas por Narciso N. Rodríguez Medina. Fuente: Rodríguez *et al.* (2010).

El color de la pulpa es muy variable: blanco, crema, rosado pálido o intenso y naranja (Figura 10), con diferente grado de jugosidad, acidez y dulzor (Rodríguez *et al.*, 2010). El sabor varía desde dulce a ácido o muy ácido (Farrés *et al.*, 2000). La semilla es pequeña, en forma reniforme, de tamaño variable (valor promedio de 3 mm de longitud y 2 mm de diámetro), con bordes lisos, corteza dura y una masa que varía de 0,8 g a 12,6 g (Figura 11). Pueden ser numerosas en el fruto (16 a 632), aunque algunas guayabas no tienen semillas o presentan muy pocas (Rodríguez y Valdés–Infante, 2016).

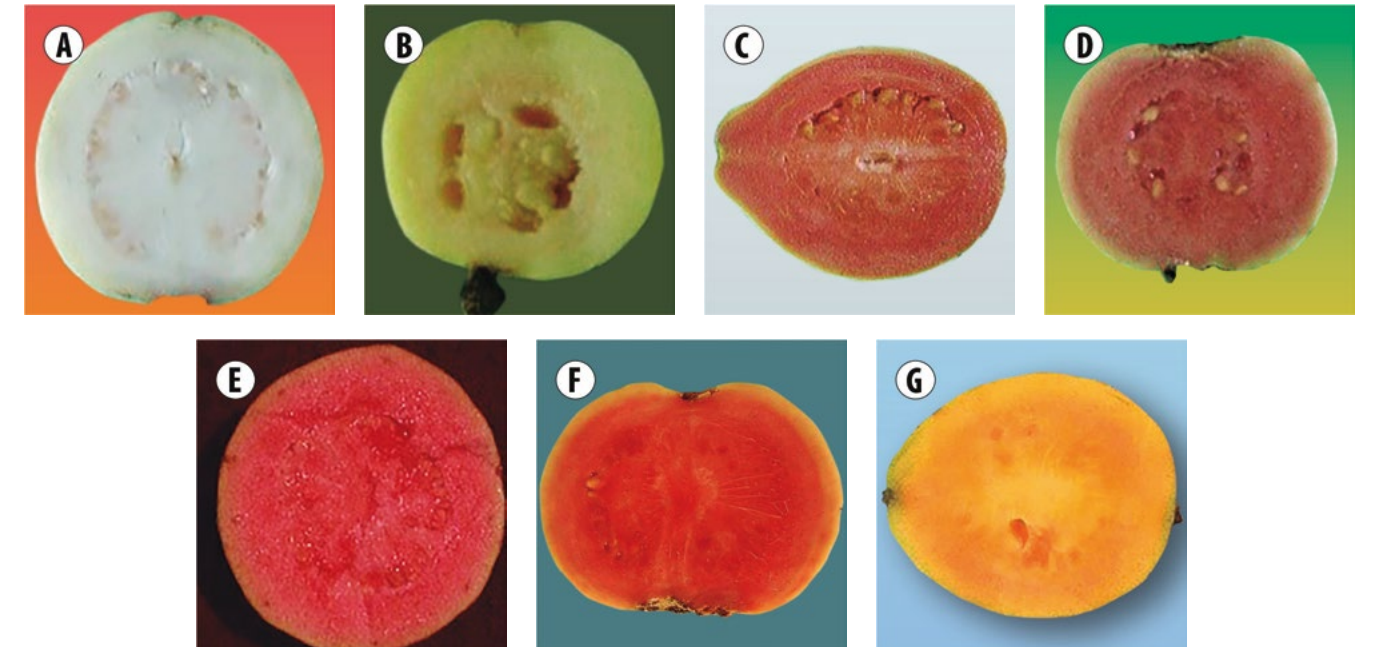


Fig. 10. Coloración de la pulpa. A) blanco, B) crema, C) rosado claro, D) rosado, E) rosado intenso, F) rosado anaranjado, G) anaranjado. Fotos tomadas por Narciso N. Rodríguez Medina. Fuente: Rodríguez *et al.* (2010).

La viabilidad de las semillas se pierde rápidamente, pudiendo perder en un año hasta un 60 %. Se considera como un árbol longevo, ya que puede vivir entre 30 y 50 años, aunque comienza a dejar de ser productivo cuando alcanza los 15 años.

Fig. 11. Semillas de guayabo. Foto tomada por Narciso N. Rodríguez Medina.



1.5. VALOR NUTRICIONAL Y MEDICINAL

El fruto maduro de guayaba posee un valor nutricional excepcional entre los frutales tropicales y subtropicales, por lo que se recomienda su consumo diario. Es rico en taninos, fenoles, triterpenos, flavonoides, aceites esenciales, saponinas, carotenoides, lectinas, ácidos grasos, fibra y vitaminas (Rodríguez *et al.*, 2010; Rodríguez y Valdés–Infante, 2016; Valdés–Infante *et al.*, 2020).

Dentro de las vitaminas se destaca el ácido ascórbico (vitamina C) por su importancia para la salud y la dieta humana. Este antioxidante natural varía en contenido entre 200 mg/100 g a 400 mg/100 g de peso fresco, valores sustancialmente superiores a los encontrados en el jugo de limón (*Citrus limon* L.) (46 mg/100 g de jugo) y de naranja (*Citrus sinensis* L. Osb.) (50 mg/100 g de jugo), que son frutales comúnmente asociados como excelentes fuentes de vitamina C. Además, el fruto de guayaba es reconocido por su contenido de azúcares, hierro, calcio, fósforo, potasio, sodio y

vitamina A; en cuantías también superiores a la mayoría de las frutas. Por otra parte, constituye una fuente moderada de vitaminas del complejo B, E y K (Valdés–Infante, 2009).

Este frutal se caracteriza por un alto contenido de agua, como su principal componente, y bajas concentraciones de carbohidratos, grasas y proteínas. La variación en el contenido de agua (74 %–87 %) conlleva a diferentes grados de jugosidad. Es además, bajo en calorías (36 kcal/100 g a 67,9 kcal/100 g), de los cuales los carbohidratos (78,4 %) son los mayores contribuyentes energéticos. Dentro de éstos, los azúcares representan la mayor concentración (6 %–13 %), seguidos de la fibra (2,4 % – 5,5 %), la cual contiene pectina, que reporta beneficios para la salud humana (Rodríguez y Valdés–Infante, 2016; Valdés–Infante *et al.*, 2020).

Dentro de la composición de la guayaba, los ácidos grasos son también compuestos energéticos y tienen una menor contribución (21 %) que los carbohidratos. Los ácidos grasos mono y poliinsaturados constituyen más del 50 % de los ácidos grasos totales; mientras que los ácidos grasos saturados están menos representados (29 %). Es válido destacar que dentro de estos se encuentran ácidos grasos esenciales para la salud humana como el omega–3 y el omega–6 (Rodríguez y Valdés–Infante, 2016; Valdés–Infante *et al.*, 2020).

Las proteínas también son compuestos energéticos, con una contribución calórica similar a la de los ácidos grasos, y representan un 13 % de la energía total que contiene la guayaba. Estas juegan un papel muy importante en la salud por estar involucradas en prácticamente todas las funciones celulares (Rodríguez y Valdés–Infante, 2016; Valdés–Infante *et al.*, 2020).

De conjunto con las proteínas, los aminoácidos libres de origen vegetal constituyen una fuente importante de aminoácidos esenciales y no esenciales para el desarrollo y funcionamiento de los organismos. En frutos maduros de guayaba varían de 0,4 % a 2,6 %. Las semillas, además de contener aceites esenciales, son también fuente de proteínas con un alto poder de digestibilidad. El perfil de aminoácidos esenciales que presenta la guayaba, excepto para el contenido de lisina, está por encima de las concentraciones propuestas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) para el consumo diario de adultos (Rodríguez y Valdés–Infante, 2016; Valdés–Infante *et al.*, 2020).

De igual forma es una importante fuente de minerales, los que están presentes de forma orgánica e inorgánica en los alimentos. Son factores esenciales en el mantenimiento de todos los procesos fisiológicos que sustentan la vida y una salud óptima. En el caso específico de la guayaba, varían desde 0,5 % hasta 1,39 %. Los frutos frescos son una fuente muy rica de potasio, que oscila de 150 mg/100g a 619 mg/100g de fruta, cuyos valores están por encima de otras frutas de reconocido aporte de potasio como la banana. También contiene calcio (9 mg a 25 mg), fósforo (13 mg a 30 mg), magnesio (8 mg a 18 mg), sodio (3 mg a 5.5 mg) y bajas cantidades de cobre (0.2 mg) e hierro (0.2 mg a 0.97 mg) (Rodríguez y Valdés–Infante, 2016; Valdés–Infante *et al.*, 2020). Un resumen de estos componentes se refleja en la Tabla 1.

A esta especie también se le atribuyen propiedades medicinales. La primera referencia viene del siglo XVI. En la actualidad se continúa utilizando como medicina tradicional en diferentes países, haciendo uso de toda la planta, desde sus raíces, tronco, ramas, hojas, flores y frutos (Valdés–Infante *et al.*, 2020).

De conjunto con otros frutales y vegetales, la guayaba es una buena fuente de antioxidantes, los cuales pueden ser más efectivos y económicos que los suplementos medicinales empleados para proteger al organismo del daño por estrés oxidativo, bajo diferentes condiciones. Estos compuestos contribuyen a retardar el envejecimiento y reducen la incidencia de enfermedades degenerativas como la artritis, arteriosclerosis, cáncer, procesos inflamatorios, deficiencias cardiovasculares y disfunciones cerebrales (Rodríguez y Valdés–Infante, 2016; Valdés–Infante *et al.*, 2020).

La guayaba es una excelente fuente de beta caroteno (β -caroteno) con actividad provitamina A. Este nutriente interviene en la formación de huesos, tejidos blandos y membranas de las mucosas; la generación de los pigmentos necesarios para el funcionamiento de la retina y la participación en la reproducción y la lactancia. Las dietas suplementadas con β -caroteno y licopeno pueden

Tabla 1. Principales componentes para 100 g de alimento comestible de guayaba.

NUTRIENTES	UNIDADES	VALOR POR 100 g DE PORCIÓN COMESTIBLE
Agua	g	80,8
Energía	Kcal	68,0
Proteína	g	2,55
Grasa total	g	0,95
Carbohidratos totales	g	14,32
Fibra dietética	g	5,4
Calcio (Ca)	mg	18,0
Hierro (Fe)	mg	0,26
Magnesio (Mg)	mg	22,0
Fósforo (P)	mg	40,0
Potasio (K)	mg	417,0
Sodio (Na)	mg	2,0
Vitamina C (ácido ascórbico)	mg	228,3
Vitamina A	UI	624,0

Fuente: USDA National Nutrient Database for Standard Reference. Release 22 (2009).

contrarrestar eficientemente el riesgo de padecer muchas enfermedades crónicas y, de conjunto con otros carotenoides, pueden actuar como secuestradores de radicales libres producidos por el estrés oxidativo, lo que tanto daño hace a la salud (Rodríguez y Valdés–Infante, 2016; Valdés–Infante *et al.*, 2020).

Los antioxidantes más abundantes en los frutos son el ácido ascórbico (vitamina C) y los polifenoles, sustancias con una importante contribución a la salud humana. La vitamina C es necesaria para la síntesis de colágeno, la principal proteína estructural del cuerpo humano requerida para el mantenimiento de la integridad de los vasos sanguíneos, la piel, los órganos y los huesos. El consumo diario de vitamina C contribuye a prevenir el riesgo de padecer escorbuto y a la resistencia contra diferentes agentes infecciosos. A su vez, los polifenoles, como suplemento de la dieta diaria, pueden mejorar trastornos de obesidad (Rodríguez y Valdés–Infante, 2016; Valdés–Infante *et al.*, 2020).

Por otra parte, la corteza y la pulpa de la guayaba pueden emplearse como fibra dietética antioxidante. Existen evidencias de que su consumo diario y adecuado evita el estreñimiento, la enfermedad cardíaca coronaria, la fluctuación de los niveles de glucosa y de insulina en la sangre y el cáncer. Un contenido alto de fibra soluble, de conjunto con la presencia de potasio, uno de los principales minerales presentes en este fruto, reduce la presión en sangre, el colesterol y los triglicéridos, además de incrementar el colesterol HDL (*High Density Lipoprotein*, por sus siglas en inglés), llamado colesterol bueno, que es el que no representa un daño para la salud humana (Rodríguez y Valdés–Infante, 2016; Valdés–Infante *et al.*, 2020).

La fibra de la guayaba contiene compuestos fenólicos que van de 2,6 % a 8,8 %, con una capacidad remarcablemente antioxidante, por lo que se ha propuesto como una fuente natural de antioxidantes. Es así que en la actualidad se refiere a nivel internacional como una fruta con propiedades nutraceú-

ticas. Todo lo anterior, unido a lo rentable de su cultivo, ha posibilitado que adquiriera gran importancia económica en varias regiones del mundo (Rodríguez y Valdés–Infante, 2016; Valdés–Infante *et al.*, 2020).

1.6. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS

El guayabo se caracteriza por su gran capacidad de adaptación a diferentes condiciones climáticas y de suelo, en un amplio rango de precipitaciones y temperaturas. También es resistente a la salinidad y a la sequía. Su área ecológica se encuentra en la franja paralela al Ecuador con límites que no van más allá de 30° de latitud norte (LN) en ambos hemisferios. Es muy común en regiones tropicales y subtropicales. Prospera en diferentes condiciones climáticas: clima cálido, semicálido, semiseco, seco y templado (Valdés–Infante, 2009).

Suelo

Tradicionalmente las plantas silvestres de guayabo se han encontrado en terrenos pobres, razón por la cual los productores piensan en cultivarlos donde otros cultivos no se desarrollan muy bien. Sin embargo, los cultivares mejorados requieren de condiciones especiales para que puedan manifestar todo su potencial genético.

En este sentido, la planta responde a una amplia gama de tipos de suelos; por ejemplo, a los arcillosos y orgánicos de buen drenaje, y a los arenosos y calcáreos cuando se manejan con una fertilización adecuada. Sin embargo, se desarrolla mejor si éstos son profundos (60 cm o más de profundidad efectiva), fértiles (alto contenido de materia orgánica) y bien drenados. En los fértiles y medianamente compactos puede emitir raíces a profundidades de hasta 4 m. Tolera un nivel considerable de sales, principalmente altas concentraciones de cloruro (7 % Cl), por lo que prospera en suelos con pH de 4,5 a 8,2; pero para una óptima producción los valores de pH deben oscilar entre 5,0 y 7,0 (IIFT, 2011; Valdés–Infante *et al.*, 2020).

También tolera suelos pesados con alta retención de humedad e inundaciones durante algunos días, pues tiene una reacción de rápida adaptación. Si se le ubica cerca de un manto freático superficial, se incrementa la actividad de la red de raicillas superficiales. Produce buenas cosechas en suelos que son demasiado húmedos para los aguacates y los cítricos (IIFT, 2011; Valdés–Infante *et al.*, 2020).

Humedad

La planta de guayabo se desarrolla en áreas que reciban una precipitación media anual entre 1 000 mm y 2 000 mm (en algunas regiones los requerimientos pueden sobrepasar los 3 000 mm) y una humedad relativa de 70 % – 90 %. También puede prosperar en condiciones de mayor humedad, pero disminuye la calidad de los frutos. En los casos de fuertes restricciones de agua, requiere de los aportes suplementarios del riego para el desarrollo fisiológico adecuado de la planta (IIFT, 2011; Valdés–Infante *et al.*, 2020).

Durante la época de fructificación requiere de la humedad necesaria para la obtención del rendimiento máximo. Las lluvias fuertes y prolongadas, si bien causan un crecimiento abundante en la planta, también provocan en la fruta rotura de la corteza, lo que propicia vías de acceso a los agentes patógenos causantes de pudriciones (fundamentalmente hongos). Esto provoca que se vuelva acuosa y de mal olor, razón por la cual, bajo estas condiciones, el control fitosanitario se debe realizar con más frecuencia (IIFT, 2011; Valdés–Infante *et al.*, 2020).

El guayabo es resistente a la sequía, pues logra producciones en regiones donde se presenta una estación seca prolongada de cinco o más meses, manifestándose la floración con el inicio de las lluvias. No obstante, el déficit hídrico causa una sensible reducción del rendimiento y, en dependencia del tipo de suelo y los cultivares, de la edad productiva de la planta. En zonas cálidas, con precipitación bien distribuida durante todo el año, se logra una producción continua (IIFT, 2011; Valdés–Infante *et al.*, 2020).

Temperatura

Se desarrolla muy bien en aquellos lugares con temperaturas entre los 15 °C – 35 °C, aunque puede tolerar hasta 45 °C. Los más altos rendimientos se obtienen con una temperatura media anual de

23 °C a 28 °C y una óptima para la fotosíntesis de 25 °C – 30 °C. La temperatura umbral mínima para desarrollarse es 9,2 °C en la brotación; 14,8 °C en la etapa de brotación–botón floral; de 10 °C en la de botón floral inicio de la floración y de 8,4 °C en la de inicio de floración–inicio de cosecha. Es sensible a las bajas temperaturas. Las plantas jóvenes pueden morir a -1,7 °C, mientras que las adultas pueden tolerar, por períodos cortos, valores de hasta -3,3 °C (IIFT, 2011; Valdés–Infante *et al.*, 2020).

Viento

Los vientos fuertes son perjudiciales para el follaje, la floración y los frutos en crecimiento, pues además de ocasionar en éstos quebraduras y otros daños mecánicos, incrementan la evapotranspiración. Sus afectaciones van desde la muerte de las plantas hasta la pérdida de follaje, la floración y los frutos en crecimiento, pues estos últimos se tornan resacos (Valdés–Infante *et al.*, 2020).

Altitud

Esta especie se adapta a altitudes que van desde el nivel del mar hasta una elevación de mil 500 m s. n. m. No obstante, este frutal puede ser cultivado por encima de los mil 500 m s. n. m. y hasta los dos mil 300 m s. n. m., aunque esto puede tener una repercusión negativa en el rendimiento y calidad interna y externa de la fruta por la sensibilidad de esta especie a las bajas temperaturas que se van incrementando con el aumento de la altitud (IIFT, 2011; Valdés–Infante *et al.*, 2020).

1.7. PAÍSES PRODUCTORES REFERENTES A NIVEL INTERNACIONAL

El mango, el mangostán y la guayaba constituyen el grupo de frutas tropicales de mayor producción en el mundo, gracias a los grandes volúmenes de producción de mango. De igual forma, en los últimos años constituye el grupo de más rápido crecimiento, debido a la demanda de algunas de las frutas que lo componen como el mango y el mangostán (FAO, 2020 a, b y c).

Dado que los sistemas internacionales de clasificación de productos básicos para la producción y el comercio no exigen que los países informen por separado sobre los frutos de este grupo, los datos oficiales siguen siendo escasos. Se estima que el mango representa aproximadamente el 75 % del volumen total de producción, la guayaba el 15 % y el mangostán el 10 % restante. En términos de distribución regional, aproximadamente el 74 % de la producción de mango, mangostán y guayaba proviene de Asia, el 15 % de África y el 11 % de América Latina y el Caribe (FAO, 2020 a, b y c).

La Figura 12 refleja las estadísticas anuales referidas por la FAO para el período 2015–2019 en relación con el área cosechada. La India es el país que se mantiene todos los años con la mayor superficie cosechada (supera los 2,5 millones de ha) de mango, mangostán y guayaba, con un incremento sostenido anual, sobre todo en los últimos tres años del período analizado. Le sigue Tailandia con valores muy bajos que no superan las 500 mil hectáreas y que disminuyen aún más en el último trienio. Un caso particular es el de China, que pasó de ser el tercer país con mayor área cosechada en el 2015 al sexto lugar en el 2019, superada por países como Indonesia, Pakistán y México que incrementaron este indicador notablemente en los últimos años. Otro país a destacar es Brasil, el cual cuenta con la menor cantidad de área dedicada a este cultivo (no supera en todo el período analizado las 90 mil hectáreas).

A su vez, la Figura 13 muestra los valores de producción de los 10 primeros países productores de mango, mangostán y guayaba en el período 2015–2019. Nuevamente sobresale la India con valores que van de los 18,5 millones de toneladas a 25,6 millones de toneladas, lo cual está en correspondencia con los altos valores de área cosechada (Figura 12). Le siguen con valores mucho más bajos Tailandia con más de 3 millones de toneladas en el período 2015–2017 y un notable decrecimiento de sus producciones en el 2018 y 2019 y China con 2,9 a 2,8 millones de toneladas en los primeros tres años y una ligera disminución a 2,5 millones de toneladas al final del período. Pakistán, México e Indonesia superan discretamente los 2 millones de toneladas por año, siendo Indonesia el país que registra los mayores incrementos en los últimos dos años pasando de 2 millones de toneladas a más de 3 millones de toneladas. Bangladesh, Brasil, Filipinas y Nigeria son los de producciones más bajas, las cuales, en el caso de los dos últimos, no llegan ni al millón de toneladas por año.

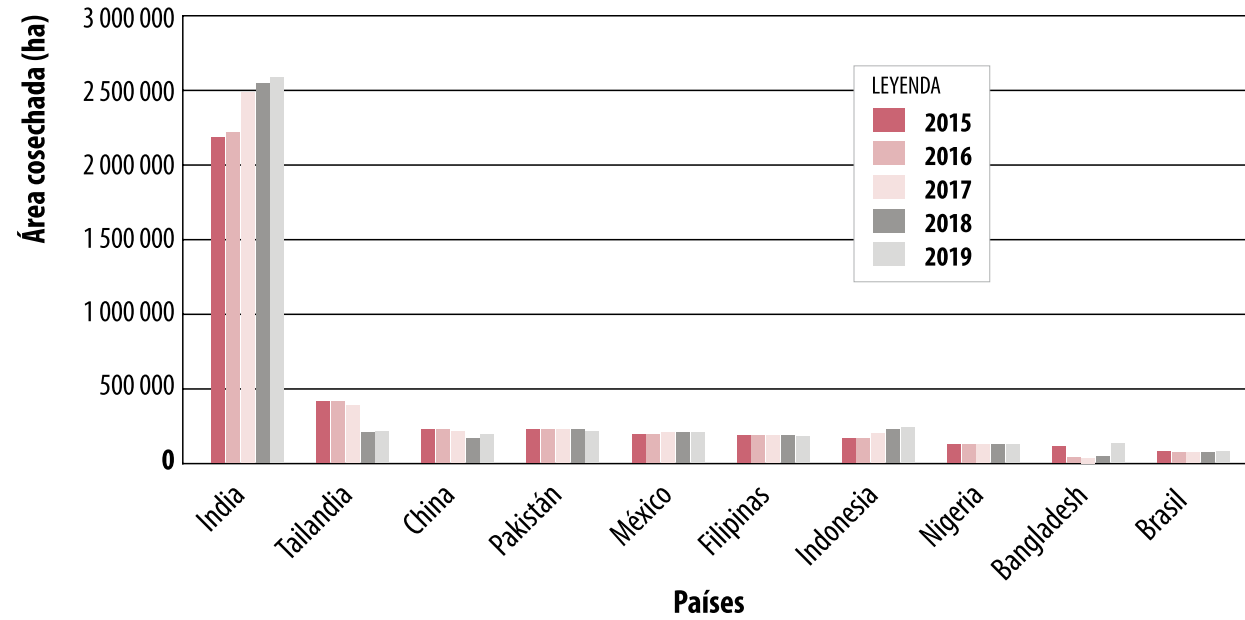


Fig. 12. Área cosechada de mango, mangostán y guayaba en los diez principales países productores a nivel internacional (serie 2015–2019). Fuente: Faostat (2015–2019).

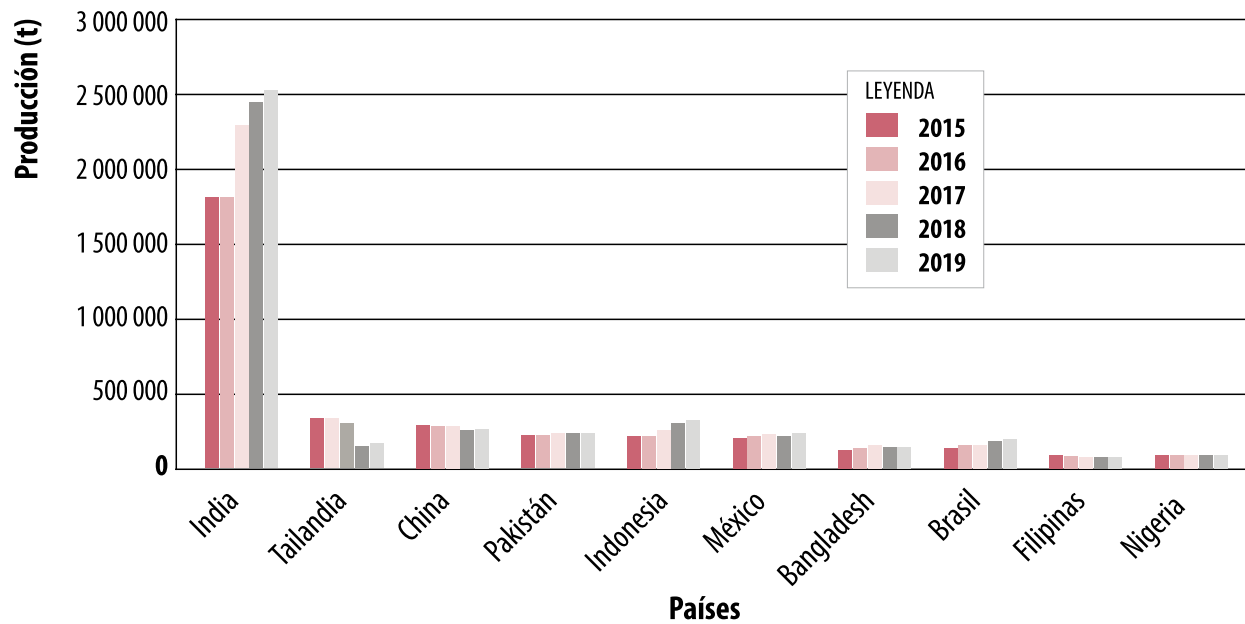


Fig. 13. Producción de mango, mangostán y guayaba en los diez principales países productores a nivel internacional (serie 2015–2019). Fuente: Faostat (2015–2019).

Cuando se analizan los rendimientos por países, el escenario es diferente. Como se puede observar en la Figura 14, no son precisamente los países con mayores producciones y superficie cosechada los que obtienen los mayores rendimientos, expresados en toneladas por hectáreas (t/ha). En este sentido, se destacan dos países que muestran bajos volúmenes productivos y área cosechada: Bangladesh, que en los años 2016–2018 registró rendimientos entre 28 t/ha y 33 t/ha y Brasil, con rendimientos que van en incremento de 17 t/ha en el 2017 a 22 t/ha en el 2019.

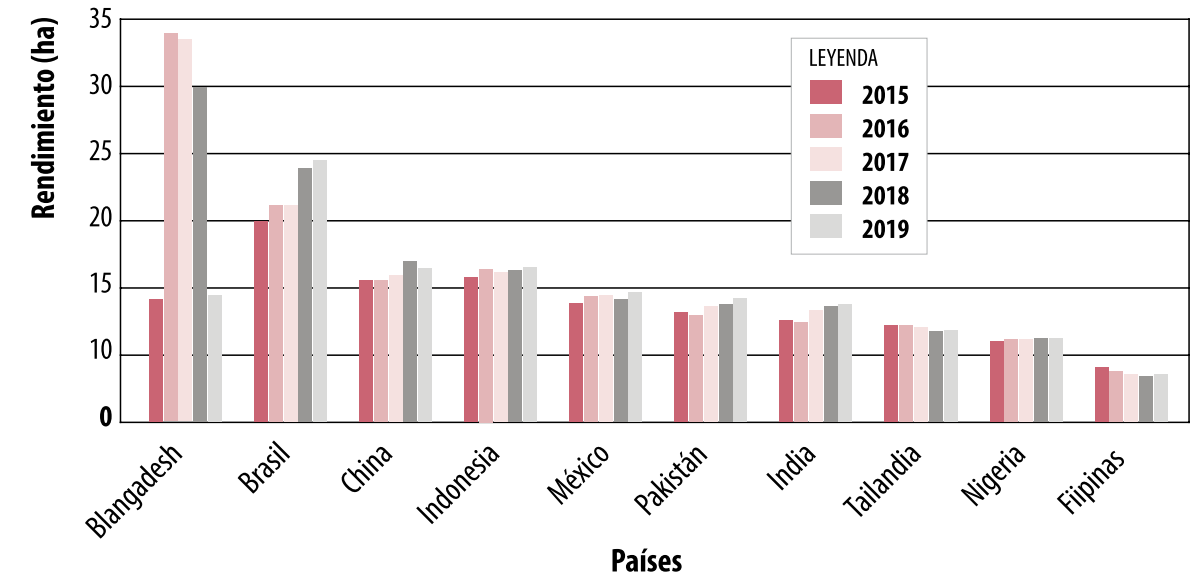


Fig. 14. Rendimiento del mango, mangostán y guayaba en los diez principales países productores a nivel internacional (serie 2015–2019). Fuente: Faostat (2015–2019).

Le siguen en orden China e Indonesia, con valores entre 12 t/ha y 13 t/ha y con tendencia al incremento de año en año; así como México y Pakistán (de 9 t/ha a 11 t/ha). Por otra parte, la India y Tailandia, a pesar de tener altos valores de área cosechada y producción que los ubican en la posición 1 y 2 entre los 10 principales países productores de estos frutales, no tienen los máximos rendimientos (entre 7 t/ha a 9 t/ha). Tales resultados refuerzan la tendencia internacional de centrar el rendimiento en cultivares mejorados o tecnologías avanzadas, en lugar del aumento de las áreas destinadas al cultivo. Nigeria y Filipinas registran valores por debajo de las 6 t/ha.

1.8. EL CULTIVO DEL GUAYABO EN CUBA

Aunque se ha llegado a considerar que la especie se encontraba en Cuba antes de la conquista, no existen evidencias de la presencia del guayabo en el país en épocas precolombinas.

La población cubana aprecia significativamente los frutos del guayabo, y no se restringe sólo a su consumo en fresco, sino también en forma de jugo, dulces, mermelada, jaleas y helados, entre otros. Por ello, resulta común su cultivo en los patios de las casas urbanas y rurales, así como en los bateyes de fincas (Valdés–Infante *et al.*, 2020).

En la actualidad, las plantaciones comerciales de este cultivo se desarrollan tanto en el sector estatal como en el cooperativo, este último con un mayor protagonismo en la producción y comercialización de este frutal. Aun cuando sigue siendo una especie de preferencia por la población, el área existente total (fomento más producción) ha estado experimentando una disminución en los últimos años (ver Tabla 2), lo que ha influido de forma negativa en los volúmenes productivos (ver Tabla 3) y los rendimientos registrados (Figura 15).

Múltiples son las causas que justifican este comportamiento. Dentro de ellas se encuentra el hecho de que este frutal es altamente demandante de fertilizantes y riego en determinados momentos de su ciclo de desarrollo para garantizar producciones sostenidas durante todo el año. Con el surgimiento del Programa de Fincas Integrales en el 2008, y posteriormente el Movimiento de Cooperativas de Frutales en el 2010, muchas plantaciones de guayabo se establecieron en áreas sin riego.

Lo anterior, unido a la limitación cada vez mayor de insumos como fertilizantes para garantizar el manejo tecnológico requerido y que no son cubiertos con los volúmenes aun bajos de bioproductos (humus de lombriz, materia orgánica, etc.) que no permiten satisfacer los requerimientos de macro y microelementos (minerales), fue desestimulando la siembra de nuevas áreas de este frutal. Esto trajo

Tabla 2. Composición del área total existente en Cuba por tipo de frutal (período 2016–2020).

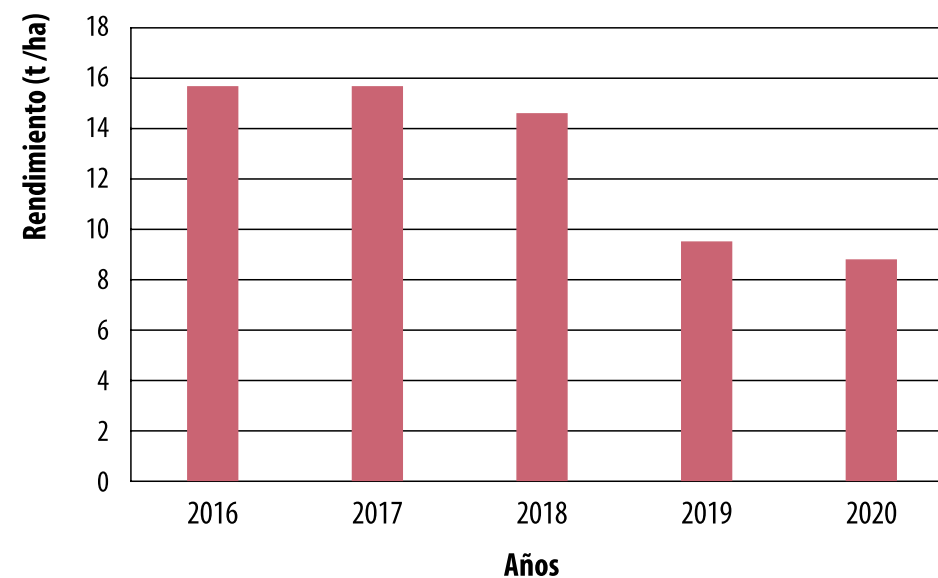
ÁREA TOTAL EXISTENTE (m/ha)	AÑOS					PORCENTAJE (%) 2020
	2016	2017	2018	2019	2020	
Cítricos	19,0	19,7	19,4	18,4	18,5	20,76
Mango	43,4	44,3	46,3	48,0	48,0	53,87
Guayaba	11,8	11,8	12,3	12,1	12,1	13,58
Papaya	6,7	4,7	5,7	5,8	10,5	11,78
Total	80,9	80,5	83,7	84,3	89,1	100

Fuente: Elaboración propia a partir de estadísticas de la ONEI (2020).

Tabla 3. Composición del volumen de producción anual por tipo de frutal en Cuba (período 2016–2020).

PRODUCCIÓN (t)	AÑOS					PORCENTAJE (%) 2020
	2016	2017	2018	2019	2020	
Cítricos	119 494	98 761	71 479	70 787	43 352	7,24
Mango	259 457	292 441	237 531	435 435	259 032	43,24
Guayaba	160 733	139 989	153 580	143 267	138 395	23,10
Papaya	212 579	189 086	176 630	187 821	158 231	26,42
Total	752 263	720 277	639 220	837 310	599 010	100

Fuente: Elaboración propia a partir de estadísticas de la ONEI (2020).

**Fig.15.** Rendimiento del guayabo en Cuba. Serie 2016 – 2020. Fuente: ONEI (2020).

consigno que disminuyeran las áreas de fomento necesarias para incrementar gradualmente las plantaciones en producción, con una repercusión negativa en los rendimientos anuales en el período analizado.

A esto se le adiciona que hoy las afectaciones por nematodos, plaga presente tanto en las áreas en fomento como en producción, provocan grandes pérdidas en las cosechas, lo que va en detrimento de los volúmenes productivos a esperar.

A su vez, como parte de los beneficios que aporta la tecnología de policultivo o cultivo en asocio relacionados con un mejor aprovechamiento del área, retribución económica, estabilidad de la fuerza laboral, entre otros, muchas de las plantaciones de guayabo se han establecido como cultivo secundario en las fincas integrales. Esto conlleva a una menor densidad de plantas por hectárea en comparación con plantaciones compactas de este frutal, a la disminución de los rendimientos y a la pérdida de estas plantas cuando se mantiene solamente el cultivo principal.

Cuba no puede disponer de áreas extensivas para el cultivo de la guayaba, como hace la India, por ser una isla pequeña. Pero el desarrollo de este frutal puede tomar como referente a Brasil, donde se han logrado importantes incrementos en los últimos años, basados en mayores rendimientos por hectáreas. Esto responde al perfeccionamiento de las tecnologías de cultivo y a la utilización de cultivares mejorados, aspectos que sí podrían trabajarse en el país. A estos aspectos se hará referencia en los Capítulos 2 y 4 del presente libro.

A pesar de los elementos negativos comentados anteriormente que han influido en el comportamiento actual de las producciones de este frutal en Cuba, en la actualidad el desarrollo de este cultivo sigue siendo una prioridad por los volúmenes de producción que aporta al balance nacional de frutas, tanto con destino al consumo fresco como a la transformación industrial. Otros elementos a su favor están relacionados con su buena capacidad de adaptación al tipo de suelo y clima del país, que es altamente demandado por la población y que contribuye a la generación de empleo.

Lo anterior está en completa coherencia con la política del Estado Cubano, según lo proyectado en los siguientes documentos reguladores: Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución (PCC, 2016), el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social 2030 (PNDES, 2017) y la Estrategia Económica Social del país, en lo concerniente a la producción de alimentos, reforzamiento de las cooperativas y productores estatales, descentralización de las actividades productivas, así como la mejora del modelo de gestión del sector agropecuario a nivel local.

En este sentido, se pretende trabajar en los próximos años en la introducción de cultivares mejorados a escala productiva, el perfeccionamiento de las tecnologías de manejo bajo premisas sostenibles y resilientes y el establecimiento de áreas compactas de este frutal, como parte de las acciones encaminadas a la recuperación de sus volúmenes productivos. El objetivo fundamental es contribuir a la sustitución de importaciones en lo relacionado con la elaboración de compotas y jugos para niños y en el futuro a la exportación de sus productos procesados, así como a la mejora del estado nutricional de la población por su composición en vitaminas, minerales, fibra, entre otros compuestos de importancia para la salud humana, que aporta su consumo en fresco.

1.9. BIBLIOGRAFÍA

- Butani, K.D. 1977. Insect pests of guava in India and their control. *Fruits*. 32(1): 61–66.
- Cañizares, J. 1968. La guayaba y otras Myrtaceas. Ed. Revolucionaria. Instituto Cubano del Libro. 87p.
- Carnaveli, A. 1976. La guava. *Fruticultura*. 38(12): 29–33.
- Coêhlo de Lima, M.A.; J. Simão de Assis e L. Gonzaga. 2002. Caracterização dos frutos de goiabeira e seleção de cultivares na região do submédio São Francisco. *Rev. Bras. Frutic.* 24(1): 273–276.
- De-Candolle, A. (1967). Origin of cultivated plants. Hafner Publishing Company. Pp: 241–244.
- Farrés, A.E.; W.G. Nodarse; L. Mulén; J. Placeres; O. Peña; T. Castro; G. del Vallín; E. Frómeta; E. Frómeta; V. Fuentes; G. González; C. Noriega; B. Pedrera; C. Parra; D. Sourd; I. Borges. 2002. Curso sobre el cultivo de la guayaba. Ed. Instituto de Investigaciones de Cítricos y otros Frutales. 28p.

- Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT) 2011. Instructivo técnico para el cultivo de la guayaba. © Biblioteca ACTAF. Ministerio de la Agricultura La Habana, Cuba. pp: 39.
- Ladiges, Y.P.; F. Udovicic and N. Gareth. 2003. Australian biogeographical connections and the phylogeny of large genera in the plant family Myrtaceae. *Journal of Biogeography*. 30(7): 989–998.
- Mata, I. y A. Rodríguez. 1985. Cultivo y producción del guayabo. Ed. Trillas. México. 163 pp.
- Morton, J.F. 2000. Guava. In: Fruits of warm climates. Miami. <http://newcrop.hort.purdue.edu/newcrop/morton/guava.html>. Pp: 356–363.
- Mosqueda, V.R. 1978. Papayo, piña y guayabo. Recursos genéticos disponibles en México. Sociedad Mexicana de Citogenética, A.C, Chapingo, México. Pp: 229–309.
- Nakasone, Y.H and R.E. Paull. 1998. Tropical Fruits. Crop Production Science in Horticulture. ISBN 0–85199–254–4. UK. 468 pp.
- Nieto, A.D. 1996. Fisiología, bioquímica y patógenos en frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.). Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio Postgraduados. México. 111p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2020a. Análisis del mercado de las principales frutas tropicales. Panorama general de febrero de 2020. 6p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2020b. Análisis del mercado de las principales frutas tropicales de 2019. 20p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2020c. Análisis del mercado de las principales frutas tropicales de 2018. 18p.
- Pathak, R.K. and C.M. Ojha. 1993. Genetic Resources of Gueva. In: Advances in Horticulture. Vol. 1–Fruits Crops Part 1. Malhotra Publishing House. New Delhi. Pp: 143–147.
- Pizo, M.A. 1999. Seed dispersal of Myrtaceae species in the Brazilian Atlantic forest. British Ecological Society. SEPG 1625. 5 pp.
- Pommer, C.V. and K.R.N. Murakami. 2009. Breeding Guava (*Psidium guajava* L.)'. En: eds. Jain S. M. y Priyadarshan P. M. *Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species*, edit. Springer. New York. Pp: 83–120.
- Reko, B.P. 1946. Los géneros fanerogámicos mexicanos. Sociedad Botánica de México. Boletín número 4. s/p.
- Rodríguez Medina, N.N.; J. Valdés–Infante Herrero. 2016. Guava (*Psidium guajava* L.) Cultivars: An Important Source of Nutrients for Human Health. In: Simmonds, M.S.J., Preedy, V.R. (Eds.), *Nutritional Composition of Fruit Cultivars*. Academic Press. Pp: 287–315. ISBN: 9780124081178.
- Rodríguez, N.N.; G.A. Fermín; J. Valdés–Infante; B. Velásquez; D. Rivero; F. Martínez; J. Rodríguez; W. Rohde. 2010. Illustrated descriptors for guava (*Psidium guajava* L.). Proceedings of the Second International Guava Symposium, Mexico. *Acta Horticulturae*. Nº. 849: 103–113.
- Ruehle, G.D. 1948. The common guava. A neglected fruit with a promising future. *Econ. Bot.* 2: 306–325.
- Sanabria H.; M. García; H.A. Díaz; J. Muñoz. 2005. Caracterización morfológica en árboles nativos de guayaba del valle del Cauca. *Acta Agronómica*. 54(4): 1–8.
- Shigeura, G.T and R.M. Bullock. 1983. Guava (*Psidium guajava* L.) in Hawaii, history and production. US ISS 0271–9916. 20p.
- Subramanyan, M. D. and C.P.A. Iyer. 1993. Improvement of Guava. In: Advances in Horticulture. Vol. 1–Fruits Crops Part 1. Malhotra Publishing House. New Delhi. Pp: 337–347.
- Tejada, L. 1980. Estudio sobre los hospederos potenciales de la mosca Mediterráneo *Ceratitis capitata* Weid, con énfasis en las presentes en el área del Soconusco. Boletín, SARH. Chiapas, México. 10p.
- Valdés–Infante, J. 2009. Utilización de caracteres morfoagronómicos y de marcadores de ADN para el desarrollo de una metodología que contribuya al mejoramiento genético del guayabo (*Psidium guajava* L.) en Cuba. Tesis de doctorado en Ciencias Biológicas. Facultad de Biología. UH. Cuba. 100 p.
- Valdés–Infante, J.; M. Betancourt; T. Mulkay; S. Abreu; Y. Rodríguez; G. Guevara; J.L. Leyva; Z.M. Acosta; Y.C. Méndez; M. Alonso; A. López; A. Hernández; K. Brutau; I. Rodríguez; I. Fuentes; C.M. Noriega; T. Cuellar; E. Farrés; E. Mejías. 2020. La cadena de valor de la guayaba en Cuba. Estudio de su situación en cinco municipios de las provincias de Artemisa y Santiago de Cuba. ISBN: 978–959–296–045–9. 239p.
- Vasco, N.L.; J.S. Padilla y J. Toro. 2003. Composición nutrimental de la guayaba y sus semillas. Primer Simposio Internacional de la guayaba. Pp: 116–123.
- Wilson, P. 1999. Evolution of the Myrtle family in Australia. [Http://www.Evolution/of/the/Myrtle/Family/in/Australia.htm](http://www.Evolution/of/the/Myrtle/Family/in/Australia.htm). 7p.
- Zoe, G. 1978. Fruit growing in Southern Africa. Purnell, Ciudad del Cabo–Johannesburgo. 40p.



CAPÍTULO 2

RECURSOS FITOGENÉTICOS Y MEJORAMIENTO GENÉTICO

Juliette Valdés–Infante Herrero
Narciso Nerdo Rodríguez Medina
Josefa Bárbara Velázquez Palenzuela

2.1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la actividad de los recursos fitogenéticos se ha incrementado notablemente y tanto las organizaciones como los países han tomado conciencia de la importancia que tienen estos recursos para la supervivencia del hombre. No sólo comprenden las plantas silvestres, sino también las cultivadas, que constituyen el mayor porcentaje de las que el hombre utiliza para su alimentación.

Como parte de las actividades que realiza el Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT) para la conservación y adecuada utilización de los recursos fitogenéticos, se han establecido colecciones en campo de especies de interés económico. Una de ellas es la de la familia Myrtaceae, la cual tiene como principal representante al género *Psidium* y dentro de este, el guayabo (*Psidium guajava* L.). El genofondo de esta especie ha estado representado por accesiones introducidas desde diferentes países (5 %); prospectadas en distintas localidades de Cuba (2 %) y obtenidas por polinización libre (9 %) o controlada (84 %).

A este último porcentaje han contribuido mucho los descendientes de los tres cruzamientos controlados realizados en el 2000 como parte del programa de mejoramiento de este cultivo. En estos se tomó como parental femenino a la 'EEA 18–40' (conocido comúnmente como 'Enana Roja Cubana'), principal cultivar en explotación comercial desde la década de los 80, y como masculinos a la 'N–6', la 'Belic L–207' y a la 'Suprema Roja'. Los mismos se desarrollaron con el objetivo de incorporar, en los híbridos obtenidos, determinados caracteres (forma homogénea del fruto, sabor, incremento de los sólidos solubles totales en la pulpa, coloración externa del fruto, etc.) que debían ser mejorados en el cultivar 'EEA 18–40'. El mismo ha sido de gran preferencia entre los productores desde hace varios años por su porte bajo, que permite alta densidad de plantación, y elevados rendimientos.

2.2. CONSERVACIÓN DE RECURSOS FITOGENÉTICOS

Los recursos genéticos son la suma de todas las combinaciones de genes resultantes de la evolución de una especie. Se pueden conservar dentro (*in situ*) o fuera (*ex situ*) de su hábitat natural, o combinando ambas alternativas. Fuera de su hábitat natural (*ex situ*), se conservan en bancos de germoplasma (sitios para preservar la diversidad genética de las diferentes especies de plantas). Aplicado a especies domesticadas, esta forma de conservación busca mantener, fuera de su centro de origen o de diversidad, tanto las especies como la variabilidad producida durante el proceso de domesticación (Hidalgo, 1991; Jaramillo y Baena, 2000).

El banco de germoplasma es el fundamento esencial para un programa de mejoramiento genético. Las diferentes especies se pueden almacenar en forma de semilla, sembradas en el campo o *in vitro* (cultivo de plantas en condiciones controladas de laboratorio), dependiendo de cómo se reproduce la especie y de cómo reacciona al almacenamiento (Alonso, 2002). La conservación en campo se indica en las especies perennes, arbóreas, silvestres, y en aquellas con semillas de vida corta o sensibles a la desecación (recalcitrantes). Esta juega un papel muy importante, ya que posibilita no solo conservar el germoplasma en un ambiente natural por un tiempo prolongado, sino también caracterizarlo y evaluarlo por lo menos durante las primeras fases, propagarlo regularmente y controlarlo con facilidad (Sánchez–Chiang y Jiménez, 2010; Valdés–Infante *et al.*, 2012).

El guayabo tiene como forma principal de conservación tanto a nivel internacional como en Cuba, colecciones en campo (Figura 1). Esto se debe a que presenta una semilla recalcitrante (no soportan

la deshidratación, por lo que deben ser almacenadas en ambientes húmedos y conservan su capacidad germinativa por corto tiempo) y problemas de contaminación por fenoles y microorganismos en los medios de cultivo *in vitro*, lo que dificulta su propagación. La primera colección de esta especie fue establecida en Cuba antes de la década de los 60, en la antigua Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas (actualmente Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT)), en la provincia La Habana (Rodríguez *et al.*, 2010a).



Fig.1. Colección de guayabo en campo. Foto tomada por Juliette Valdés–Infante Herrero.

La misma estuvo representada por introducciones, desde la Florida (Estados Unidos de América (EUA)), realizadas por esta propia institución y el viverista Oscar Muñoz, residente de esa localidad, de los cultivares mejorados 'Indian Pink', 'Indonesia', 'Red Supreme', 'White Supreme' y 'Star Acid' (Cañizares, 1981; Rodríguez *et al.*, 2008 y 2010a; Valdés–Infante, 2009). De igual forma, a finales de 1958, la empresa privada norteamericana Libby's, dedicada al procesamiento industrial de frutas, importó desde la Universidad de Miami, Florida, nueve clones de guayaba, referidos como de alta calidad y denominados con la letra 'N-1' hasta 'N-9'. De ellos, seis tenían pulpa rosada ('N-1' hasta 'N-6') y tres blancas ('N-7' hasta 'N-9').

En 1965, con la creación del Banco de Germoplasma de Frutales Tropicales y Subtropicales, (actualmente Unidad Científico Tecnológica de Base (UCTB) de Alquizar, provincia Artemisa, perteneciente al Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical), la colección fue transferida a dicha institución. Su enriquecimiento se desarrolló a partir de nuevas introducciones de material foráneo, prospecciones locales y genotipos obtenidos por polinización abierta y controlada. En este sentido, en las décadas de los 80 y los 90 del pasado siglo, se introdujeron semillas desde Tailandia, Islas Seychelles y Ecuador, a partir de las cuales se originaron los cultivares 'Bangkok' y 'Selección Seychelles', así como otros genotipos que fueron también preservados en la referida colección (Rodríguez *et al.*, 2008 y 2010a).

Aunque la prospección de plantas en diferentes localidades del país constituyó otra fuente para la formación y enriquecimiento de la colección, esta estrategia no fue suficientemente explotada, con la finalidad de conservar toda la variabilidad presente en las formas locales. De este proceso es válido destacar genotipos tales como 'Perú Roja' (colectado en la Isla de la Juventud y considerado como un buen cultivar autóctono con fines de mejoramiento), 'Cotorrera' (la forma silvestre del guayabo en Cuba que es empleada como patrón por su rusticidad) y 'Homero No. 1', entre otros (Rodríguez *et al.*, 2008 y 2010a).

Por otra parte, el guayabo es una planta susceptible de experimentar mutaciones somáticas. De hecho, en la provincia de Sancti Spíritus, Juan Ibarra detectó mutaciones naturales en los cultivares 'N-6' y 'N-7'. A partir de 'N-6' se originó una accesión con altos rendimientos denominada 'Ibarra' y la que se obtuvo de 'N-7' se nombró 'N-7 sin semillas' (Cañizares, 1981). Otras mutaciones naturales que se incorporaron a la colección estuvieron representadas por los genotipos 'Gonzalo No. 1', 'Gonzalo No. 2' y 'Gonzalo No. 3'. Todos ellos presentaban pocas semillas o ninguna, y por tanto constituían materiales de interés para diferentes propósitos.

Genotipos con características agronómicas distintivas, obtenidos de semillas provenientes de polinización libre (ocurre de forma natural, a través de agentes polinizadores como las abejas, en la cual se conoce el origen de la planta madre, pero no del parental masculino que aportó el polen para que ocurriera la fecundación), también contribuyeron al enriquecimiento de la colección. Estos se derivaron fundamentalmente de los cultivares foráneos 'N-6', 'Suprema Roja' e 'Indian Pink' y autóctonos como 'Perú Roja'. Estos materiales fueron designados por diferentes acrónimos como EEA, Belic, BG y ENF seguidos de un número (Rodríguez *et al.*, 2008 y 2010a).

La incorporación de todas estas accesiones de diferentes orígenes permitió que, a inicios de la década de los 70, la colección contara con 140 accesiones. Con los avances en la genética de esta es-

pecie, a partir de la década de los 80 los genotipos obtenidos por polinización controlada (interviene la acción del hombre como agente polinizador, se conoce el origen del parental femenino y masculino) comienzan a tener un aporte importante de materiales de interés a la colección. Tal es el caso de aquellos seleccionados a partir del cruce de 'Enana Roja Cubana' x 'Bangkok' (1980–90), así como de 'Enana Roja Cubana' x 'N-6', 'Enana Roja Cubana' x 'Suprema Roja' y 'Enana Roja Cubana' x 'Belic L-207' (2000–2008). Esto permitió contar con una colección que estuvo representada por 395 accesiones (Rodríguez *et al.*, 2008 y 2010a).

Por otra parte, la presencia de las especies afines es de vital importancia en una colección, ya sea para su empleo como patrón para regular vigor, calidad del fruto y resistencia a estrés biótico (plagas) y abiótico, o para su utilización en programas de cruzamientos interespecíficos. Para tales propósitos, la colección de guayabo fue enriquecida con representantes de diferentes géneros: *Eugenia guajiju* Berg; *Eugenia uniflora* L.; *Myrciaria edulis* (Vell) Skeels; *Psidium friedrichsthalianum* (O. Berg) Nied; *Psidium guajava* L.; *Psidium guineense* Sw.; *Psidium littorale* Raddi; *Psidium salutare* Berg; *Psidium* sp.; *Syzygium cuminii* (L.) Skeeks; *Syzygium jambos* (L.) Alston y *Syzygium malaccense* (L.) Merr. et Perry. Teniendo en cuenta la diversidad de especies con las que llegó a contar, la colección fue designada como de la familia Myrtaceae. En ella el guayabo siguió siendo la especie con mayor representación de accesiones por sus potencialidades para la comercialización como frutas frescas o procesadas.

La propagación *in vitro* de este frutal tiene ciertas limitantes que disminuyen su eficiencia y su utilidad de forma rutinaria para la multiplicación de plantas, la conservación y el desarrollo de nuevos genotipos empleando diferentes métodos de mejoramiento. Sin embargo, en el país se validaron metodologías para hacer de esta tecnología un método alternativo de conservación para el guayabo a corto y mediano plazo. Tal es el caso de los trabajos desarrollados por Rodríguez y Velázquez (1999), quienes determinaron los medios de cultivo más eficientes que garantizan una conservación a mediano plazo del guayabo, por un período de seis meses, a la temperatura de 21 °C.

A pesar de que la semilla botánica de guayabo no permite ser conservada por períodos largos debido a su naturaleza recalcitrante, en la actualidad existe una alternativa a nivel internacional para estas especies. La misma está relacionada con el establecimiento de bancos de semillas agámicas (partes de la planta, como yemas y esquejes, que permitan su reproducción de forma asexual) en campo. Esto tiene la finalidad de producir el material de propagación, certificado genética y fitosanitariamente, para el establecimiento de plantaciones comerciales. Cuba trabaja actualmente en la elaboración de un documento rector que sienta las bases para la implementación de un Sistema de Producción de Material de Propagación Certificado de Guayabo. Este contempla, dentro de sus primeras actividades, el establecimiento de estos bancos de semillas agámicas para proveer el material básico requerido para la producción masiva de plantas y como contribución a la conservación del material genético de los principales cultivares en explotación comercial.

Adicionalmente, en el país se han desarrollado métodos de conservación *in situ* para la preservación de la diversidad de este frutal. En el empleo de estos métodos se destaca el Jardín Botánico de Soledad (Cienfuegos), el cual cuenta en sus colecciones con representantes de la familia Myrtaceae, a la cual pertenece el guayabo. A su vez, en las áreas registradas con diferentes categorías y que forman parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), los frutales están presentes como parte de la vegetación que se conserva *in situ* en dichas localidades (CENAP, 2013). Uno de ellos es el guayabo, planta que crece tanto de forma silvestre como cultivada por agricultores, debido a su capacidad para desarrollarse bajo diversas condiciones de clima y suelo y su eficiente multiplicación por semillas.

De igual forma, se han potenciado en Cuba, desde la década de los 90 y con una mayor fuerza en los últimos años, proyectos e iniciativas para respaldar y fomentar el ordenamiento, conservación y mejora de los recursos fitogenéticos en explotaciones agrícolas. Esta alternativa es conocida como conservación en fincas y en huertos caseros. El Movimiento de Cooperativas de Frutales y el Programa de Agricultura Urbana, Suburbana y Familiar, son importantes representantes de este método alternativo de conservación *in situ*. En ambos, el guayabo es una de las especies más representativas dentro de estos ecosistemas. La diversidad en cantidad y variedad de especies, algunas de ellas únicas, su estructura y posibles asociaciones, hacen que presenten características idóneas para ser considerados como una especie de banco genético vivo y un centro de conservación de germoplasma *in situ* (Orellana *et al.*, 2006).

Los métodos de conservación *ex situ* e *in situ* comentados anteriormente pueden contribuir a la conservación de la diversidad biológica del guayabo en Cuba. El diseño de una estrategia que combine estas técnicas, unido al programa de mejoramiento genético diseñado para este cultivo (Valdés-Infante *et al.*, 2012b), prospecciones locales e introducción de cultivares con características morfoagronómicas diferentes, contribuirán a enriquecer este genofondo para futuras generaciones.

Si bien es importante contar con un germoplasma diverso y conservado por diferentes métodos, su manejo permite un uso racional de los materiales que comprende. Las actividades de manejo incluyen: caracterización y evaluación, multiplicación y regeneración, información y documentación y utilización del germoplasma (Valdés-Infante *et al.*, 2012c). Estas actividades se describen a continuación.

2.2.1. CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN

Son actividades complementarias que consisten en describir los atributos cualitativos y cuantitativos de las accesiones de una misma especie para diferenciarlas, determinar su utilidad, estructura, variabilidad genética y las relaciones entre ellas. Además, contribuyen a localizar genes que estimulen su uso en la producción o en el mejoramiento de los cultivos. Se realiza mediante descriptores, los cuales son características cuya expresión es fácil de medir, registrar o evaluar. Su conjunto forma la lista de descriptores específicos de cada especie. Las variables para la caracterización pueden ser morfológicas, agronómicas, reproductivas, fisiológicas, citogenéticas (relacionadas con la estructura y número de los cromosomas de cada especie o cultivar), bioquímicas, moleculares basados en el ADN (ácido desoxirribonucleico), entre otras.

La evaluación persigue fundamentalmente determinar caracteres de interés agronómico que normalmente se ven influidos por las condiciones ambientales tales como resistencia o susceptibilidad a factores bióticos, abióticos y componentes del rendimiento. También incluyen análisis bromatológicos (caracteres de calidad interna como sólidos solubles totales, acidez, sabor, olor, etc.), estudios bioquímicos y pruebas de aptitud industrial. Esta variabilidad de descriptores ha sido utilizada a nivel internacional en varios de los países (India, Brasil, México, Venezuela, Colombia, Estados Unidos de América, etc.) que cuentan con banco de germoplasma de guayabo (Sánchez y Peña, 2012; Hernández-Delgado *et al.*, 2018; Fajardo-Ortiz *et al.*, 2019; Methela *et al.*, 2019).

En Cuba, la caracterización morfoagronómica de accesiones de guayabo de la colección de Myrtaceae, empleando el descriptor de la UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales) establecido para el cultivo, ha permitido recomendar a condiciones de producción diferentes cultivares ('EEA 18-40', 'EEA 1-23', 'Belic L-207', 'Belic L-97') con altos rendimientos (González y Sourd, 1981). Además, permitió determinar la diversidad de la colección (Rodríguez *et al.*, 2004; Valdés-Infante, 2005; Valdés-Infante, 2009), la identificación de genotipos promisorios con caracteres de interés comercial (Rodríguez *et al.*, 2003), la selección de parentales para programas de cruzamientos (Valdés-Infante, 2009) y la relación entre variables cualitativas y cuantitativas (Collado *et al.*, 2003), entre otros aspectos.

La información registrada durante todo este proceso de caracterización sentó las bases para la elaboración de un descriptor ilustrado para el guayabo (Rodríguez *et al.*, 2010b). Este contribuye a homogenizar los trabajos de este tipo en la especie a nivel nacional e internacional. Además, complementa, con ilustraciones y escalas para la evaluación de las variables cuantitativas como cualitativas, los estados (variantes diferentes de expresión de un mismo carácter) incluidos en el descriptor de la UPOV para cada uno de los caracteres a analizar.

Con el desarrollo de la biotecnología y sus diferentes disciplinas, se complementaron estos trabajos con marcadores moleculares, lo cual contribuyó a la inclusión de los genotipos presentes en la colección en grupos de diversidad de utilidad para el mejoramiento genético. Adicionalmente, estos estudios contribuyeron a la construcción del primer mapa de ligamiento (representación gráfica del ordenamiento, a lo largo del cromosoma, de conjuntos de genes y su relación con marcadores genéticos como los morfológicos, bioquímicos, moleculares basados en el ADN, etc.) y la detección de loci (grupos de genes) de herencia cuantitativa (QTLs, son genes relacionados con caracteres agronómicos que tienen una alta influencia del ambiente en su expresión fenotípica) (Valdés-Infante *et al.*, 2003; Rodríguez *et al.*, 2005; Ritter *et al.*, 2010a y b).

Los mismos se consideran elementos básicos para la implementación futura de la selección asistida por marcadores (MAS) de genotipos con caracteres promisorios en el cultivo (Valdés-Infante *et al.*,

2003; Rodríguez *et al.*, 2005; Valdés-Infante, 2009). Esto facilita los trabajos de mejoramiento a través de la selección en etapas tempranas (fase de vivero) de los materiales con características agronómicas de interés, con lo que se reduce el número de genotipos que avanzan en cada ciclo de selección y los tamaños de los experimentos de campo. De esta forma se podría lograr un proceso de selección más eficiente, incluso desde el punto de vista económico.

De igual forma, con el apoyo de técnicas biotecnológicas, se detectaron en el guayabo secuencias de ADN con similitud a genes de resistencia (RGL) e involucrados en el desarrollo de las diferentes partes de la planta como los MADS-box (regulan el desarrollo de la flor, el fruto, la hoja y las raíces) y HOMEO-box (actúan como interruptores que determinan el destino de una célula, su crecimiento y desarrollo). La identificación de estas secuencias puede contribuir a estudiar los procesos del desarrollo responsables de la gran diversidad de formas encontradas en las especies de plantas, lo que puede conllevar a la mejora en la productividad, los rendimientos y la resistencia a estrés biótico y abiótico de este frutal (González *et al.*, 2010).

De igual forma, la secuenciación de los productos obtenidos con el empleo de sondas específicas (fragmentos de ADN de longitud variable empleados para la identificación de secuencias complementarias en los genotipos en estudio), puede contribuir a corroborar la presencia de fenotipos asociados a posibles mutantes de algunos de estos genes en accesiones de la colección cubana de guayabo perteneciente al IIFT (González *et al.*, 2010) (Figuras 2 y 3).



Fig. 2. Morfología de la hoja y del fruto de los cultivares de guayabo 'N-6' (tipo normal) e 'Ibarra' (posible mutante del gen MADS-box fruitfull (*ful-1*), relacionado con el desarrollo de la hoja y el fruto, que presenta hojas y frutos más anchos y edondeados que los tipos normales). Fuente: González *et al.* (2010).

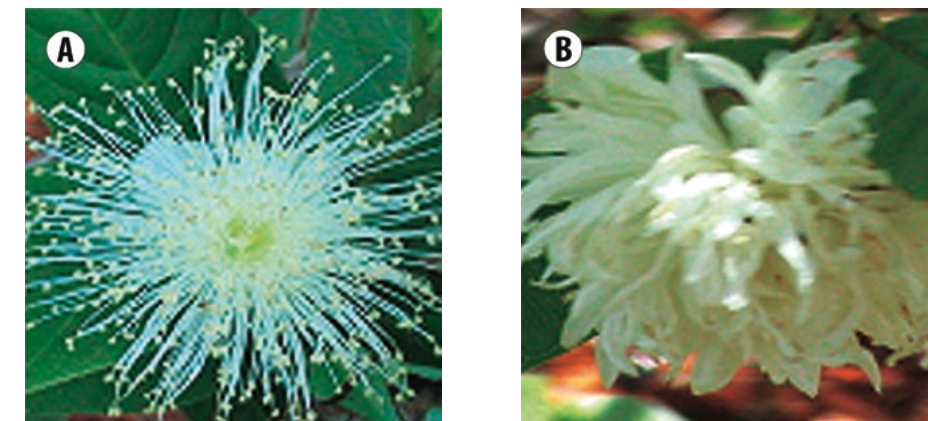


Fig. 3. Tipos de flores observados en accesiones de guayabo de la colección cubana de guayabo: tipo normal (A) y estambres transformados en pétalos (B), fenotipo que presentan los mutantes del gen MADS-box clase C AGAMOUS (AG) involucrado en la regulación de la identidad de los estambres. Fuente: González *et al.* (2010).

2.2.2. MULTIPLICACIÓN Y REGENERACIÓN

La multiplicación es necesaria cuando es preciso aumentar el tamaño de la muestra para llegar a los mínimos de conservación recomendados o para disponer de reservas suficientes para suministrar a los usuarios. La regeneración viene marcada por la necesidad de rejuvenecimiento de las muestras almacenadas, las cuales pueden alterar sus características genéticas al envejecer. Ambas operaciones constituyen un mismo proceso aunque en cada caso puede variar la cantidad de material a obtener. Su principio primordial debe ser no alterar la composición genética del material vegetal. Por tanto, estos procesos deben realizarse con la menor frecuencia posible.

Teniendo en cuenta que en el guayabo puede ocurrir de un 35 % – 40 % de polinización cruzada, la propagación por semillas no es recomendable cuando se quiere replicar un material que tenga las mismas características de la planta madre. En este sentido, en Cuba se han desarrollado métodos de propagación asexual para garantizar la multiplicación del material vegetal de esta especie con el empleo del injerto o la producción de plántulas a partir de esquejes. Estas técnicas se comentan en el Capítulo 4.

De igual forma, se han empleado las técnicas de cultivo *in vitro* para la propagación masiva de plantas de este frutal. En este sentido, se han puesto a punto métodos para la micropropagación del cultivar 'Enana Roja Cubana' (Rodríguez *et al.*, 1994; 1995 y 1998; Pérez *et al.*, 2002), así como la técnica de embriogénesis somática a partir de embriones cigóticos (sexuales) utilizando, incluso, sistemas de inmersión temporal del tipo BIT (multiplicación en sistemas Twin-Flask) y RITA (recipiente de inmersión temporal automatizada) (Vilchez, 2001; Vilchez *et al.*, 2002; Concepción, 2008; Kessel, 2008) (Figura 4). Todos estos métodos de propagación están disponibles en la actualidad para la multiplicación o el rejuvenecimiento de las accesiones presentes en la colección de Myrtaceae de la UCTB de Alquízar.

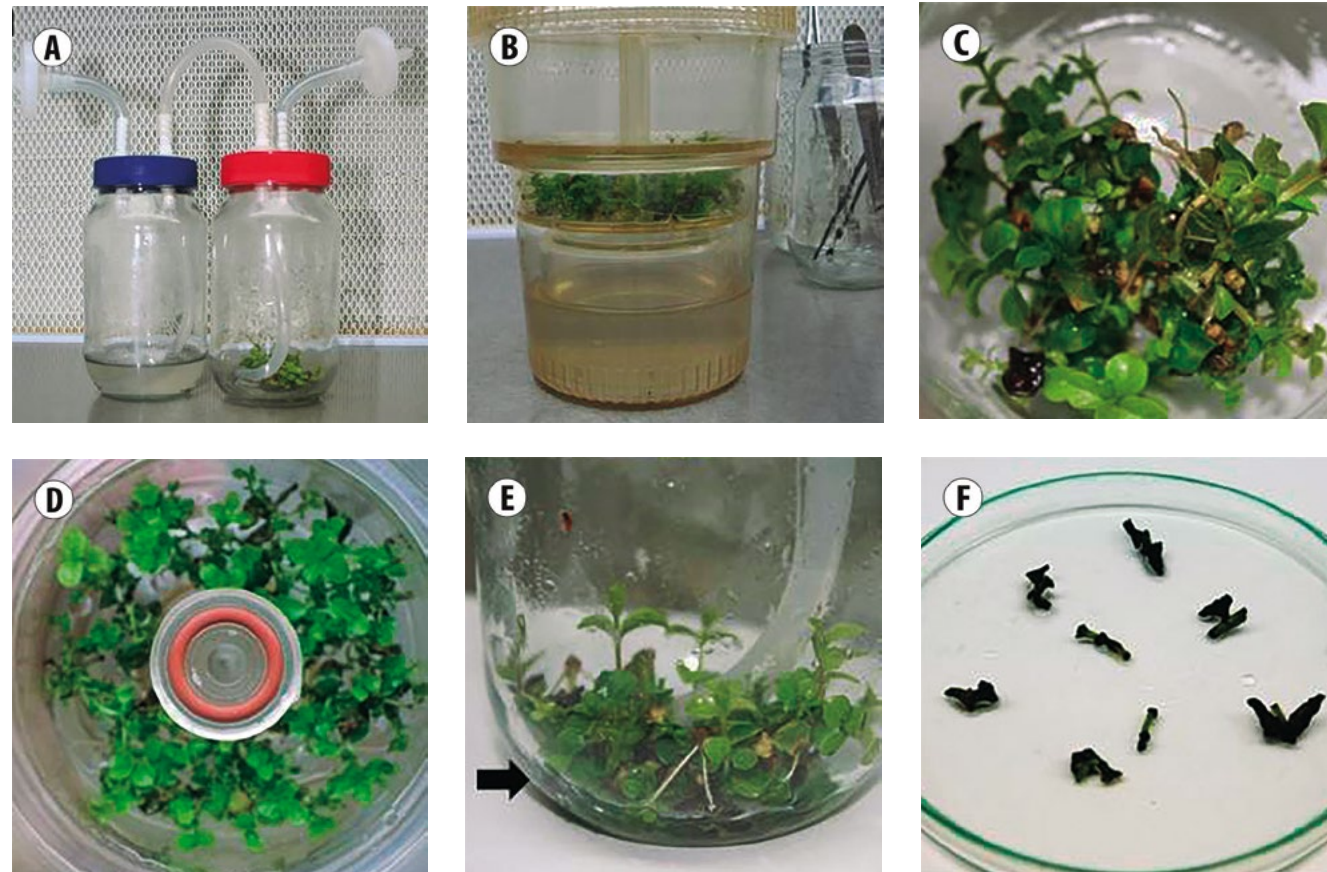


Fig.4. Aspecto general de la multiplicación de microesquejes de guayabo cultivar 'Enana Roja Cubana' multiplicándose en sistemas de inmersión temporal: A) multiplicación en sistemas BIT®, B) multiplicación en sistemas RITA®, C) brotación en BIT®, D) brotación en RITA®, E) la flecha negra indica la permanencia de una lámina de medio de cultivo luego de cada inmersión y F) brotes que crecieron en la lámina de medio de cultivo. Fuente: Vilchez y Albany (2014).

2.2.3. INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

Los bancos de germoplasma precisan siempre de una actividad documental propia, ya que todas las tareas que realizan generan una gran cantidad de información y, a su vez, se apoyan en ella. El desarrollo y mantenimiento de un sistema de documentación eficaz es, por tanto, un aspecto clave dentro de un banco de germoplasma para poder optimizar tanto su propio funcionamiento como el del resto de la comunidad científica o usuarios en general.

La información asociada a los recursos fitogenéticos suele dividirse en las categorías siguientes: datos de pasaporte (incluyen los códigos de identificación de cada entrada y la información obtenida en la recolección); datos de gestión (comprenden la información generada a lo largo de los procesos de conservación propiamente dicha y de regeneración/multiplicación); datos del sitio y medio ambiente (describe parámetros específicos del sitio de colecta, como coordenadas geográficas y una descripción general del sitio, como clima y suelos) y datos de caracterización y evaluación (comprenden el uso de descriptores cualitativos y cuantitativos establecidos para cada especie).

La transmisión eficaz de la información constituye la etapa final del proceso de documentación y contribuye de forma muy importante a promover la utilización del germoplasma. La tendencia actual es el empleo de las tecnologías de la informática y las comunicaciones como vehículo de difusión y cada vez son más numerosas las bases de datos de recursos fitogenéticos incorporadas a este medio. En Cuba existe una base de datos, gestionada por especialistas del INIFAT, que incluye el listado actualizado de los recursos fitogenéticos de las principales especies de plantas comestibles, dentro de las que se encuentran las presentes en la colección de Myrtaceae del Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Este sistema de información permite monitorear y actualizar el estado de estos recursos, como contribución a la toma de decisiones para su conservación y uso.

2.2.4. UTILIZACIÓN DEL GERMOPLASMA

Los bancos de germoplasma cumplen normalmente el doble objetivo de conservar y promover la utilización de los recursos genéticos. El segundo aspecto se materializa, por un lado, en la actividad de suministro o intercambio de material e información que, en aquellas instituciones no ligadas a intereses privados, suele realizarse de forma libre y gratuita con las limitaciones que impongan las normativas o acuerdos de cada país y las propias necesidades de conservación.

Por otra parte, puede tener un uso inmediato, a través de la identificación de materiales con características deseables que se introducen, en su forma original, en otras regiones. Esta introducción generalmente se realiza con fines de producción, pero también puede ser para restaurar un hábitat o para reintroducir materiales del área donde se ha perdido. A su vez, hay una utilización indirecta, basada en la búsqueda de genes en especies silvestres, formas regresivas y tradicionales para introducirlos en otros cultivares con el fin de obtener materiales de interés. Esto se conoce como fitomejoramiento, el cual busca incrementar la producción y calidad de los cultivos en función de los intereses de cada región.

La colección de Myrtaceae de la UCTB de Alquízar no ha sido un simple reservorio de accesiones, sino que ha tenido un uso continuo desde su creación. En este sentido, ha recibido material de otros países para el enriquecimiento de la diversidad y para trabajos de mejoramiento, como se comentó previamente en este capítulo. A su vez, accesiones locales como la 'Enana Roja Cubana' hoy se encuentran establecidas en plantaciones comerciales fuera de Cuba.

De igual forma, a través del mejoramiento participativo, se han incorporado al banco de germoplasma selecciones locales cultivadas por los productores en sus fincas. A su vez, estas áreas se han utilizado como parcelas de investigación para la validación de nuevos cultivares promisorios para su explotación a escala comercial. Esta vinculación productor-ciencia-innovación-extensión ha sido un aporte relevante para el incremento de la diversidad de cultivares y la conservación de los recursos fitogenéticos de esta especie.

Por otra parte, se han empleado las especies afines del género *Psidium* para realizar estudios como posible fuente de porta-injertos (patrones) que manifiesten tolerancia a plagas que afectan al guayabo como los nematodos (Díaz-Silveira, 1975; Cuadra y Quincosa, 1982; González y Sourd, 1982; Fernández, 1989; Fernández, 1991; Pérez, 2000).

Como se hizo referencia con anterioridad en el presente documento, los estudios de caracterización han permitido, en diferentes momentos, recomendar genotipos promisorios a la producción. Toda esta información está disponible en formato de publicaciones, tesis, informes, multimedia, para su socialización y uso tanto en Cuba como a nivel internacional.

2.3. PRINCIPALES CULTIVARES Y PATRONES

La propagación mediante las semillas de los frutos (sexual) puede dar lugar a una descendencia idéntica a sus progenitores (cuando las plantas se autofecundan) o dar origen a una descendencia diferente de sus progenitores (cuando las plantas tienen fecundación cruzada). El segundo caso, que también puede presentarse en el guayabo, contribuye a incrementar la diversidad en cada especie y permite seleccionar luego los individuos con mejores características que darán origen a los nuevos cultivares. Estos se multiplicarán y perpetuarán mediante la propagación vegetativa, evitando su extinción y extendiendo su cultivo, contribuyendo así al progreso de la fruticultura (Valero, 2005).

La amplia distribución geográfica del guayabo, su largo período de domesticación (superior a los dos mil años) y antigüedad como cultivo en Cuba, su propagación a través de semillas por muchos años, los cruzamientos al azar y controlados que se han desarrollado (donde también ha actuado la selección natural y artificial) y la naturaleza de su reproducción anual, han sido factores que han propiciado la amplia diversidad genética de esta especie. Esto ha generado genotipos que exhiben diferencias apreciables, particularmente en cuanto a los caracteres del fruto (Valdés-Infante, 2009).

Con relación a Cuba, desde su introducción y hasta principios de 1959, los guayabales estaban conformados por la forma rústica denominada 'Cotorrera' y distribuidos por toda la isla, no como parte de plantaciones comerciales compactas sino formando parte de arboledas silvestres. Aunque se contaba con una industria procesadora de propiedad norteamericana con tecnologías modernas y, de modo general, había un hábito de consumo de la fruta y algunos de sus derivados, no existía una organización para su producción, transformación y comercialización (Cañizares, 1968; Fuentes, 2003; Valdés-Infante, 2009).

No es hasta inicios de la década de los 60, que se traza como estrategia la diversificación de las producciones agropecuarias del país. Como parte de dicha estrategia, se inició la primera siembra con perspectivas comerciales al plantarse los clones de guayaba introducidos de la Florida (EUA) 'N-1' al 'N-9'. Para ello se utilizó un lote de cuatro o cinco hectáreas, en lo que después fue la Granja "Paquito Rosales", ubicada en la provincia de Sancti Spiritus (Rodríguez *et al.*, 2010 a y c; Valdés-Infante *et al.*, 2020).

Mientras se desarrollaba la obtención y caracterización de nuevos genotipos y su inclusión en la colección establecida en 1965 en el Banco de Germoplasma de Frutales Tropicales y Subtropicales (actual UCTB de Alquizar adscrita al IIFT), las plantaciones comerciales de guayabo que se fueron extendiendo en el país en la década de los 60 y los 70 estuvieron conformadas principalmente por los cultivares introducidos 'N-2', 'N-6', 'N-8' y 'Ruby Red' (Cañizares, 1968). El estudio posterior de 82 genotipos permitió recomendar un grupo de cultivares con potencialidades para la comercialización, entre los que se destacaron 'EEA 18-40' y 'EEA 1-23' debido a su porte bajo, el diámetro reducido de la copa y los rendimientos alcanzados (González y Sourd, 1981 y 1985).

A partir de este resultado, 'EEA 18-40', conocido posteriormente como 'Enana Roja Cubana' por su porte bajo y el color de su fruto, comenzó a desplazar a todos los otros cultivares en explotación comercial y que fueron referidos anteriormente. De hecho, González *et al.* (1995) reportaron que el mismo puede alcanzar rendimientos de hasta 70 t/ha bajo un manejo tecnológico adecuado (poda, fertilización y riego). Estas características lo hacen ideal para la producción y el mejoramiento genético de la especie. Desde esa fecha, y hasta la actualidad, no se han encontrado cultivares que puedan reemplazarlo. No obstante, se trabaja en la evaluación, bajo condiciones de producción, de cinco híbridos derivados de los cruzamientos 'Enana Roja Cubana' x 'N-6', 'Enana Roja Cubana' x 'Suprema Roja' y 'Enana Roja Cubana' x 'Belic L-207'. Estos muestran potencialidades en relación a los caracteres de calidad interna y externa

del fruto, comportamiento poscosecha y de susceptibilidad a plagas, altura y porte de la planta, así como presencia de flores y frutos todo el año o con un alto porcentaje en el pico productivo de invierno. Todos estos aspectos se consideran de gran relevancia para su futura explotación a escala comercial.

A continuación, se describen las principales características de los cultivares más representativos del banco de germoplasma, algunos de los cuales han estado formando parte de las plantaciones comerciales de este frutal a lo largo de todos estos años.

2.3.1. PRINCIPALES CULTIVARES DE GUAYABO

'EEA 18-40' o 'Enana Roja Cubana': cultivar cubano obtenido por Jesús Cañizares en 1962 a partir de una selección de plantas del cultivar 'Indian Pink' (introducido desde los Estados Unidos de América), obtenidas por polinización libre. Se originó en la Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas (actual INIFAT) y en 1992 fue evaluado y propuesto para la producción en áreas comerciales por la Estación Nacional de Frutales. Su porte enano y el color rojo intenso de sus frutas le dieron el nombre de 'Enana Roja Cubana'. Cuando posee riego, produce durante todo el año con rendimientos de más de 70 t/ha. Se adapta a la mayoría de los suelos, incluso los poco profundos. El pH ideal para su cultivo es entre 5,5 y 6,5. Sus frutos son grandes (8,5 cm de largo 7,2 cm de ancho) y pueden presentar, incluso en una misma planta, formas variables (Figura 5). Tiene una masa promedio de 226,4 g (aunque puede alcanzar valores superiores) y valores promedio de sólidos solubles totales de 11,8 °Brix, acidez de un 0,15 %; contenido de vitamina C de 78,5 mg de ácido ascórbico/100 g de pulpa y alto número de semillas (286). La corteza es de color amarillo-verdoso, de textura lisa y con presencia de lomos longitudinales (Rodríguez *et al.*, 2007).



Fig.5. Formas del fruto del cultivar 'Enana Roja Cubana'. A) truncada, B) con cuello, C) redondeada. Foto tomada por Narciso N. Rodríguez Medina.

'N-6': cultivar introducido desde los Estados Unidos de América en el año 1958. Fue uno de los cultivares utilizados a escala productiva en el país y para la realización de los primeros trabajos de mejoramiento genético. Su sabor difiere del reconocido en la guayaba criolla o 'Cotorrera'. A pesar de presentar un porte alto que dificulta el proceso de recolección, su fruta es muy apreciada para consumo en fresco por sus características de calidad interna y externa. Se destaca la forma homogénea y redondeada de su fruto (relación largo/ancho cercana a 1, Figura 6), corteza de textura lisa y sin presencia de lomos longitudinales, color rosado intenso de su pulpa, sólidos solubles totales superiores a 12 °Brix, acidez muy baja (0,10 %) y número medio de semillas (254) (Rodríguez *et al.*, 2007)



Fig.6. Forma redondeada del fruto del cultivar 'N-6'. Foto tomada por Narciso N. Rodríguez Medina.

'EEA 1-23': cultivar local obtenido por polinización libre a partir de semillas del cultivar 'Indian Pink' (introducido desde

los Estados Unidos de América). Se originó en la Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas (actual INIFAT) y en 1992 fue evaluado y propuesto para la producción en áreas comerciales por la Estación Nacional de Frutales. Es un árbol de porte pequeño, más ancho que alto y con elevado potencial productivo (50 t/ha/año a densidades superiores a las 800 plantas por hectárea). Sus frutos son algo ovalados, de tamaño mediano a grande, con pulpa de color rosado, baja acidez (0,16 %) y contenido de vitamina C de 28,5 mg de ácido ascórbico/100 g de pulpa, valores de sólidos solubles totales cercanos a 13 °Brix y alto número de semillas (320) (Rodríguez *et al.*, 2007).

'Suprema Roja': cultivar introducido desde los Estados Unidos de América. Fue uno de los primeros utilizados a escala productiva en el país y para la realización de los trabajos iniciales de mejoramiento genético. Se refiere que produce los frutos más hermosos y de elevada calidad, lo que lo hace ideal para el consumo fresco a pesar de presentar un porte alto que dificulta el proceso de recolección. También puede ser destinado al procesamiento industrial y, a partir del mismo, se obtiene un magnífico néctar. Es muy productivo. Sus frutos son grandes (masa de 285 g, largo de 8,3 cm, ancho de 7,7 cm) y se caracterizan por presentar valores bajos de acidez (0,21 %), sólidos solubles totales cercanos a 13 °Brix, contenido de vitamina C de 171,7 mg de ácido ascórbico/100g de pulpa, número medio de semillas (219), color rosado intenso de la pulpa y amarillo-verdoso de la corteza, la cual es lisa (Figura 7) (Rodríguez *et al.*, 2007).



Fig.7. Características internas y externas del fruto del cultivar 'Suprema Roja'. Foto tomada por Narciso N. Rodríguez Medina.

'Belic L-207': cultivar local obtenido a partir de semillas del cultivar "Indian Pink" en el vivero de Belic ubicado en Niquero, provincia Granma. Fue uno de los recomendados para explotación comercial por González y Sourd (1981) en su estudio preliminar de la colección cubana de guayabo, debido a la buena calidad de sus frutos y altos rendimientos. Se caracteriza por presentar frutos medianos (masa 159,2; largo 7,3 cm, ancho 6,0 cm), con coloración de corteza amarillo pálido y de pulpa blanca, textura lisa, valores bajos de acidez (0,17 %), de sólidos solubles totales (8,9 °Brix), de número de semillas (141) y de contenido de vitamina C de 173 mg de ácido ascórbico/100g de pulpa (Figura 8). Una característica que lo distingue es la presencia casi nula de células pétreas (pulpa poco arenosa), lo que lo hace ideal tanto para consumo en fresco como para procesamiento industrial, así como para programas de cruzamientos encaminados a la mejora de esta variable (Rodríguez *et al.*, 2007).

'Perú Roja': cultivar local prospectado en la Isla de la Juventud a partir del cual se seleccionaron genotipos promisorios procedentes de semillas de frutos polinizados libremente. Sus frutos tienen forma aplanada (relación largo/ancho superior a 1), corteza de textura rugosa y color verde y pulpa rosada (Rodríguez *et al.*, 2007).



Fig.8. Características internas y externas del fruto del cultivar 'Belic L-207'. Foto tomada por Narciso N. Rodríguez Medina.

2.3.2. PATRONES PARA EL CULTIVO DEL GUAYABO

El valor de los parientes silvestres del guayabo está dado fundamentalmente en su uso como patrón para regular vigor, calidad del fruto y resistencia a plagas y enfermedades (Pathak y Ojha, 1993; Subramanyan *et al.*, 1993).

Las características que se requieren generalmente para ser un buen patrón son: compatibilidad con la copa, adaptación a diferentes tipos de suelos (plasticidad edáfica), resistencia a estreses bióticos y abióticos, longevidad y condicionamiento de vigor o enanismo en la planta (Nogueira, 1985, Rossi, 2002). En este sentido, se ha sugerido que *P. molle* Bertol., *P. cattleianum* Sabine y *P. guineense* Sw. pueden ser utilizados como patrón, aun cuando su influencia sobre el injerto no siempre es beneficiosa (Pathak y Ojha, 1993; Landrum *et al.*, 1995; Morton 2000).

Es bien conocido que el guayabo es un hospedero de nematodos muy eficiente, siendo *Meloidogyne* el principal género de nematodos dañino para este cultivo (Rossi *et al.*, 2002). La utilización de patrones tolerantes es uno de los métodos empleados para su control (Fernández, 1991). En este sentido, algunos autores refieren a *Psidium friedrichsthalianum* (Berg) Nied como un patrón compatible (Pathak y Ojha, 1993) y con fuente de resistencia elevada o moderada a la infestación con nematodos del tipo *M. incognita* (Díaz-Silveira, 1975; González y Sourd, 1982; Fernández, 1989). Por otra parte, *Psidium cattleianum* Sabine ha sido catalogado también como tolerante a esta plaga (Fernández, 1989; Fernández, 1991); mientras que otros autores lo han catalogado como susceptible (Cuadra y Quincosa, 1982). Estas variaciones en las respuestas parecen estar principalmente asociadas a diferentes razas de nematodos involucradas en esos estudios y que no siempre son identificadas debidamente.

En Cuba los estudios de diferentes especies de *Psidium* como posibles fuentes de patrones llevaron a algunos autores a recomendar el uso de *P. friedrichsthalianum* (Berg) Nied; mientras que otros informaron la alta susceptibilidad de *P. molle* Bertol., *P. salutare* (H.B.K.) Berg., *P. guineense* Sw. y *P. cattleianum* Sabine (Díaz-Silveira, 1975; Cuadra y Quincosa, 1982; Fernández, 1989; Pérez, 2000). No obstante, se ha referido también la fuerte incompatibilidad patrón-cultivar de *P. guajava* L. con *P. friedrichsthalianum* (Berg) Nied como una limitante para su uso extensivo en el control de nematodos (González y Sourd, 1982).

Con relación a la utilización como patrón de cultivares más rústicos de la propia especie del guayabo, los estudios en Cuba avalan el uso de la forma silvestre 'Cotorrera' para este propósito (González y Sourd, 1981), dada su adaptación y tolerancia a diferentes condiciones de clima y suelo y su alto número de semillas. A continuación, se describen las principales características de las especies o cultivares empleados como patrón para este frutal.

***Psidium friedrichsthalianum* Berg:** conocido comúnmente como la guayaba de Costa Rica, y es quizás una de las especies más dignas de atención dentro del género, después del guayabo común. Su hábitat natural se extiende desde el sur de México hasta el norte de América del Sur. Es un árbol de mediano tamaño, tipo arbusto. Sus hojas son simples, opuestas, con peciolo cortos, borde entero, de color verde oscuro en el haz y pálidas en el envés. Sus flores son solitarias, perfectas, blancas, de 15 cm de largo. El fruto es redondo u ovalado, pequeño (2,5 cm–3,0 cm), con color de corteza amarillo (Figura 9). La pulpa es blanca, muy suave y ácida; con pocas semillas de forma aplanada. No presenta olor a almizcle. Tiene alguna dificultad para fructificar en lugares al mismo nivel del mar; mientras que es capaz de prosperar bien en regiones elevadas. Debido a su acidez, la fruta no se consume comúnmente en fresco; sino que se utiliza para la producción de jaleas, compotas, como saborizante en las bebidas, entre otras (Torres *et al.*, 2011; Rojas–Rodríguez y Torres–Córdoba, 2013). Su utilidad para el mejoramiento genético y como patrón está dada por la tolerancia, referida por diversos autores, a los nematodos agalladores que afectan al guayabo.



Fig.9. Características de la flor y el fruto de la especie *Psidium friedrichsthalianum* Berg. Fuente: Rojas–Rodríguez y Torres–Córdoba (2013).

***Psidium cattleianum* Sabine:** es mucho más atractiva en el follaje y el fruto que el guayabo común. Es conocido comúnmente como la guayaba fresa, la guayaba púrpura, guayaba china, entre otros. Se piensa que esta especie es nativa de las tierras bajas del este de Brasil, más bien cercano a la costa. Es un árbol pequeño, de crecimiento relativamente lento, con una altura de 2 m – 4 m, aunque los de fruto amarillo pueden llegar a 12 m. Las hojas son verdes, ovadas, ubicadas en posición alterna, lisas. Las flores presentan fragancia, son blancas, con estambres prominentes y se ubican solas o en tríos. El fruto es redondeado u obovoide, con presencia de un cáliz remanente y una longitud de 2,5 cm – 4 cm. La corteza es delgada y puede ser de color rojo intenso, púrpura intenso o amarillo limón. Los frutos con corteza roja tienen una pulpa blanca que pasa a ser más o menos rojiza en la región cercana a la corteza (Figura 10).

Los frutos de corteza amarilla presentan una pulpa de coloración amarillenta. En ambos casos, esta es aromática, con un grosor de pulpa exterior de aproximadamente 3 mm. En la pulpa central se encuentran las semillas, que son duras, triangulares y con una longitud de 2,5 mm. Su sabor se asemeja más al de la fresa y está libre del olor a almizcle característico de la guayaba común. El tipo rojo es más resistente que el guayabo común y puede sobrevivir temperaturas tan bajas como -5,5 °C, además de que es medianamente resistente a la sequía. El amarillo es capaz de soportar inundaciones por períodos cortos. Se da bien en suelos de piedra caliza o suelos pobres que otros frutales raramente soportan. Puede ser ingerida como fruta fresca, aunque las demandas son más bien para mercados locales por su corta vida de anaquel. También se emplea en la industria para la producción de jaleas, mermeladas, mantequillas, pastas, dulces, jugos, entre otros (Gilman *et al.*, 1993). Su utilización como patrón para el guayabo contribuiría a incrementar la posibilidad de su cultivo en suelos con una menor categoría agroproductiva debido a factores limitantes y en localidades con afectación por sequía, aspectos que se han estado manifestando, en los últimos años, en los agroecosistemas frutícolas en Cuba.



Fig.10. Características del árbol, las hojas, las flores y los frutos de la especie *Psidium cattleianum* Sabine. Fuente: Árbol y hojas (UF/IFAS, Florida University, Institute of Food and Agricultural Sciences); flor y frutos : [http:// www.dreamstime.com Guava strawberry stock photos](http://www.dreamstime.com/Guava-strawberry-stock-photos).

***Psidium guineense* Sw:** ha estado sujeta a mucha confusión empezando por su nombre científico. Durante mucho tiempo se consideró distinta de *Psidium molle* Bertol o de *Psidium araca* Raddi. Actualmente son sinónimos de *P. guineense* Sw. y se corresponden con esta única especie. Es conocida comúnmente como guayaba brasileña, entre otros nombres. Se presenta de forma natural desde el norte de Argentina y Perú hasta el sur de México, y en Trinidad, Martinica, Jamaica y Cuba en elevaciones medias. Además se cultiva de forma limitada en República Dominicana y el sur de California (EUA). Es un arbusto de crecimiento relativamente lento, que mide de 1 m– 3 m, aunque puede llegar a 7 m. Presenta hojas grisáceas, con forma oblonga, elíptica, ovada u obovada, lo cual las hace más redondeadas que las de la guayaba fresa (*Psidium cattleianum* Sabine). Las flores pueden aparecer solas o en tríos, son blancas y tienen de 150 a 200 estambres prominentes (Figura 11).

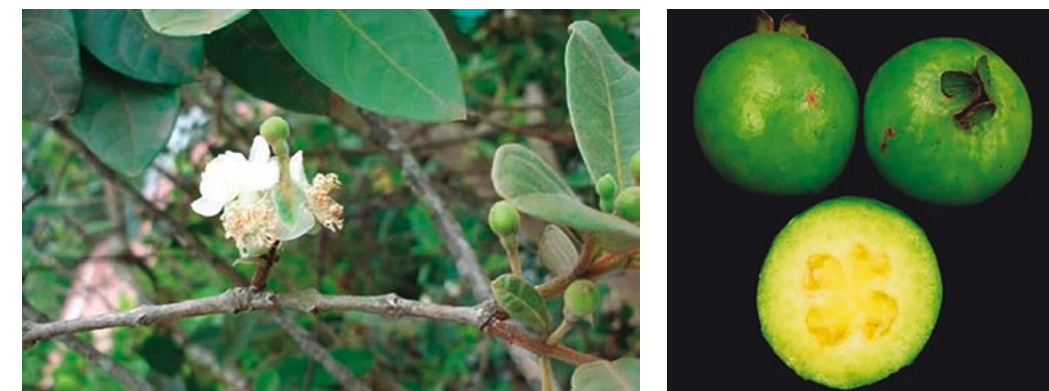


Fig.11. Características de la flor y el fruto de la especie *Psidium guineense* Sw. Foto: João Emmanoel Fernandes Bezerra (flor) y Nilton Junqueira (fruto). Fuente: Fernandes Bezerra *et al.* (2017).

El fruto puede ser redondo, pequeño y de corteza amarilla o aperado, largo y de corteza roja. Presenta una pulpa de color amarillo pálido rodeando la pulpa central que es blanca. Posee un sabor ligeramente ácido semejante al de la fresa. Contiene numerosas semillas, las cuales son pequeñas y duras. El fruto se mantiene firme aún después de haber madurado. La planta no se desarrolla satisfactoriamente en suelos arenosos claros. Es recomendable cultivarla en lugares con buena exposición solar. Puede soportar pequeños períodos de sequía y temperaturas bajas cercanas a los $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Es apropiado para la obtención de productos procesados. De él se obtiene una mermelada que algunos consideran superior a la producida con el guayabo común. Su empleo como patrón para el guayabo pudiera aportar, a los cultivares utilizados como copa, una mayor duración de la vida poscosecha, que es limitada debido a su naturaleza climática. Esto se debe a que el fruto de *P. guineense* Sw. se mantiene firme aún después de haber madurado (Fernandes Bezerra *et al.*, 2017).

Psidium guajava L. cv. 'Cotorrera': se le denomina 'Cotorrera' a las diferentes formas silvestres de guayabo que crecen en Cuba. Ellas varían en tamaño del árbol y del fruto, así como en la forma, coloración externa e interna del fruto. Dentro de las características comunes se destacan las siguientes: poseen hojas generalmente más pequeñas que los cultivares reconocidos y sus frutos tienen una corteza externa fina y gran número de semillas (Figura 12). Tradicionalmente, por su gran rusticidad, se han empleado como patrones para propagar por injerto los diferentes cultivares comerciales de guayabo. Este tipo de frutos fue utilizado ampliamente antes de 1959 para abastecer una industria consolidada, a pesar de que no existían plantaciones comerciales.



Fig.12. Fruto del cultivar silvestre 'Cotorrera'.Foto tomada por Narciso N. Rodríguez Medina.

La descripción que se realiza a continuación se corresponde con una de las formas que posee el banco de germoplasma de guayabo del IIFT. La misma se caracteriza por ser una planta de porte alto y hábito de crecimiento erecto que presenta frutos muy pequeños (55,4 g; 4,65 cm de largo y 4,61 cm de ancho), de forma redondeada, con una corteza de textura rugosa, con presencia de lomos longitudinales y color amarillo-verdoso, pulpa de color rosada y con alto número de semillas (631), de contenido de vitamina C (444 mg de ácido ascórbico/100 g de pulpa), así como un 0,41 % de acidez. Como se ha referido anteriormente, su utilidad como patrón para el guayabo está dada por su naturaleza silvestre que ha generado diversidad de formas que le han conferido una mayor rusticidad (capacidad de adaptarse a diferentes condiciones de clima y suelo) a este cultivar (Rodríguez *et al.*, 2007).

2.4. MEJORAMIENTO GENÉTICO Y DIVERSIDAD

El mejoramiento genético vegetal es un arte y una ciencia, a través del cual se perfecciona el patrimonio genético de las plantas en relación a su uso económico. El arte queda entendido como la habilidad del mejorador de reconocer las diferencias que pueden tener valor económico en plantas de una misma especie (Costa *et al.*, 2001; Valdés-Infante, 2009).

Para poder llevarlo a cabo se debe disponer de variabilidad genética, para lo cual el establecimiento de bancos de germoplasma o colecciones de trabajo es indispensable para el almacenamiento y conservación de los recursos genéticos que tienen o tendrán un valor utilitario en estos programas en función de las demandas de mejora (Sotolongo *et al.*, 2014).

De no existir suficiente variabilidad disponible en las características de interés, es necesario introducirla desde otras regiones del mundo o crearla en forma artificial, ya sea mediante hibridación intra (dentro de una misma especie) o interespecífica (entre especies diferentes), mutación, inducción de poliploidía (incremento del número de cromosomas), o inclusive mediante el uso de técnicas más sofisticadas como la hibridación somática o la ingeniería genética (Figura 13) (Sotolongo *et al.*, 2014).

Posteriormente se procede a combinar esta variabilidad disponible a través de los diferentes métodos de mejoramiento que existen. El próximo paso es la selección de los individuos con las características de interés empleando diversos tipos de marcadores (morfoagronómicos, fisiológicos, isoenzimáticos, moleculares). Una vez seleccionados, se procede a multiplicarlos por las vías de propagación que garanticen la replicación exacta del material genético desarrollado y por último se introducen en la práctica productiva para los fines que fueron diseñados (Sotolongo *et al.*, 2014) (Figura 13).

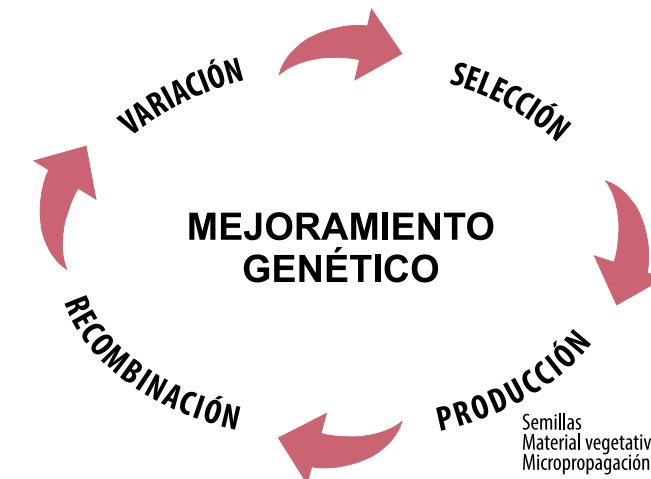


Fig.13. Etapas del ciclo de mejoramiento genético. Fuente: Sotolongo *et al.* (2014)

Existen diferentes elementos que facilitan el mejoramiento genético del guayabo. Entre ellos se puede citar a la morfología de la flor del guayabo, que favorece la autopolinización (en una misma flor están presentes los órganos reproductivos masculino y femenino, los cuales tienen sincronía en el período en el que se mantienen viable el polen y receptivo el ovario). También se reportan, como elementos favorecedores del mejoramiento, la polinización cruzada de un 35 % a un 40 %; así como el tamaño de la flor, el cual facilita la manipulación para realizar cruzamientos dirigidos. Además, es posible obtener frutos dos años después de que las semillas se siembran, lo cual hace factible que en un período relativamente corto se puedan desarrollar cultivares para usos específicos con las cualidades deseadas (Nakasone y Paull, 1998; Valdés-Infante, 2009).

Lo anterior, unido a la propagación por semillas en los inicios de la domesticación, permite contar con poblaciones heterocigóticas (cuentan con información genética diferente procedente de cada parental para un mismo gen, lo que genera una diversidad morfológica para esa variable), en las que hay presente una adecuada variación genética para la selección de tipos comerciales deseables (Nakasone y Paull, 1998; Valdés-Infante, 2009).

En los cultivos perennes como el guayabo se dificulta obtener una información precisa sobre la herencia de los caracteres (proceso por el cual las características de los progenitores se transmiten a sus descendientes). Entre las principales causas se refieren su naturaleza altamente heterocigótica para muchos de los caracteres de interés, la propagación por semillas (si provienen de polinización cruzada la descendencia muestra una variación morfológica alta a partir de la combinación de la información procedente de cada parental), tienen una alta adaptabilidad y variabilidad genética y se requieren evaluar poblaciones grandes para realizar este tipo de estudio (Pommer y Murakami, 2009). Estas son las razones por las cuales, en el guayabo, existe muy poca información relacionada con la herencia de los caracteres cuantitativos (están regulados por múltiples genes que tienen una alta influencia del ambiente en su expresión y se registran a través de datos de conteos, según la unidad de medida designada, como altura de la planta, masa del fruto, etc.).

Sin embargo, se ha estudiado un poco más la herencia de los caracteres cualitativos (generalmente están regulados por uno o dos genes que siguen un patrón de herencia Mendeliana que fija proporciones para cada tipo de combinación y se registran a través de categorías descriptivas como el

color de la pulpa, la forma del fruto, etc.). En este sentido, se conoce que la forma ovoide del fruto es dominante (se manifiesta en mayor porcentaje en la descendencia) sobre los tipos redondeados y piriformes (Bandera y Pérez, 2015).

En Brasil, algunos autores observaron que el color rojo de la pulpa es dominante sobre el color blanco de la pulpa (Soubihe y Gurgel, 1962). Se ha referido, además, que muchos de los cultivares de pulpa roja son heterocigotos para este carácter (hay más de una variante para un mismo gen y en dependencia de cómo se combinan da lugar a las tonalidades que van desde el rosa pálido hasta el rojo intenso) (Valdés-Infante, 2009). En la India otros autores demostraron que ese atributo está gobernado por un solo gen, el cual está ligado con el gen que controla el tamaño de las semillas (Subramanyam *et al.*, 1993).

Se han realizado considerables esfuerzos para estimar la heredabilidad de los caracteres de importancia agrícola en el guayabo. Se ha observado que algunas características comercialmente importantes, tales como el rendimiento, el tamaño del fruto, ciertos tipos de resistencia a enfermedades, el contenido de vitamina C, la pectina y la acidez, tienen con frecuencia estimados bajos de heredabilidad (se transmiten con muy baja probabilidad a la descendencia por las múltiples posibilidades de combinarse que tienen los genes que los regulan y por la alta influencia de variables ambientales en su expresión) (Bandera y Pérez, 2015).

En este sentido, en Cuba la estimación de la heredabilidad de caracteres vegetativos y del fruto en las progenies obtenidas por cruzamiento controlado en el año 2000, empleando al cultivar 'Enana Roja Cubana' como parental femenino y los cultivares 'N-6', 'Suprema Roja' y 'Belic L-207' como masculinos, registró los mayores valores en los caracteres masa del fruto, número y masa total de las semillas por fruto, ancho de la hoja y altura de la planta (Pérez, 2013). Estos resultados indican que estos caracteres, muchos de los cuales son importantes desde el punto de vista comercial, tienen una alta variabilidad genética que puede ser explotada en los programas de mejoramiento genético del cultivo en el país (Pérez *et al.*, 2012; Pérez, 2013; Pérez *et al.*, 2013).

Los objetivos para el mejoramiento del cultivo son muy variados y difieren en los países donde este frutal se cultiva, con un trabajo bastante enfocado a las preferencias de los consumidores y del mercado internacional. Algunos de los caracteres a tener en cuenta, para el caso del fruto, son los siguientes: acidez total, color de la pulpa, sólidos solubles totales, contenido de células pétreas (pulpa arenosa) y cantidad de semillas, relación pulpa-semilla, grosor del casco, contenido de vitamina C, masa, tamaño, aroma y sabor del fruto, peso de las semillas, contenido de pectinas y de vitaminas, buena vida de anaquel y resistencia a plagas y enfermedades (Nakasone y Paull, 1998; Pommer y Murakami, 2009; Valdés-Infante, 2009; Bandera y Pérez, 2013). Muchas de estas son también importantes para su comercialización porque determinan el destino de la fruta y el mercado al que se exportan (ASERCA, 1996).

Las principales características que se deben buscar en las guayabas destinadas a la industria son: a) para la producción de pulpa: pulpa de coloración rosada, elevado contenido de pectina, alta concentración de azúcares y acidez, poca humedad; b) para la producción de compota: pulpa de color rosada a roja, espesa, bajo contenido de células pétreas, firmeza de la pulpa, forma redondeada y alargada (Valdés-Infante, 2009).

Los criterios de selección del árbol incluyen: vigor, porte pequeño, hábito de crecimiento disperso, resistencia a plagas y enfermedades y alto rendimiento (Nakasone y Paull, 1998; Pommer y Murakami, 2009; Valdés-Infante, 2009; Bandera y Pérez, 2013).

Los trabajos de mejoramiento en guayabo comenzaron de forma empírica desde los inicios de la domesticación. Estuvo dado al hombre seleccionar, conservar y propagar aquellos materiales que respondían mejor a las diferentes condiciones donde estaban establecidos. Al principio se llevó a cabo de forma natural o silvestre y, con el avance de la domesticación y el surgimiento y desarrollo de la agricultura, también se tomaron en cuenta los presentes en áreas comerciales.

Los avances de la genética y la biotecnología fueron enriqueciendo los métodos de mejora empleados para este cultivo. Los mismos comenzaron por una selección directa de los materiales con caracte-

rísticas distintivas y se fueron complementando con otras tecnologías que contribuían a disminuir el tiempo de generación de nuevas fuentes de variabilidad y su validación a escala comercial, así como maximizar la eficiencia de la ganancia genética en los estudios de progenies obtenidas tanto por polinización libre como controlada por el hombre. A continuación se describen brevemente los principales métodos de mejora empleados en el guayabo tanto a nivel internacional como en Cuba.

2.4.1. MEJORAMIENTO POR SELECCIÓN DIRECTA

El mejoramiento genético por selección es una actividad que se ha realizado en la mayoría de los países donde se cultiva el guayabo, ya sea porque disponen de ella al ser centro de origen o por haberla introducido. Consta de dos pasos, la identificación de los materiales que poseen un genotipo superior y la utilización de estos como parentales para la nueva generación. Este método ha dado lugar a la mayoría de los cultivares que hoy se explotan comercialmente en los principales países donde se cultiva este frutal y todavía es de amplio uso, obteniéndose con él excelentes cultivares (Valdés-Infante, 2009).

En la India, uno de los países que mayor diversidad de cultivares muestra a pesar de no ser centro de origen primario de esta especie, los trabajos de mejoramiento genético comenzaron desde 1907. Estos han dado lugar a la obtención de genotipos que en la actualidad se manejan como los cultivares 'Lucknow-49', 'Allahabad Safeda', 'Cittidar' y 'Karela', de los cuales los dos primeros están considerados entre los mejores del mundo para consumo en fresco (Subramanyan *et al.*, 1993; Rodríguez y Valdés-Infante, 2016) (Figura 14).



Fig.14. Cultivos 'Lucknow-49' (izquierda), 'Allahabad Safeda' (derecha) generados a partir de los programas de mejoramiento desarrollados en la India. Foto tomada de galería de fotos de las accesiones de *Psidium* del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA).

La selección de genotipos promisorios en la Florida (EUA), otro de los lugares que se consideran un centro de diversidad del cultivo, ha dado como resultado la puesta en el mercado de un grupo de cultivares atractivos tales como 'Red Indian', 'Ruby', 'Suprema Roja', 'Suprema Blanca', 'Híbrido Ruby X Suprema Roja', 'Patillo', 'Pink Acid', 'N-6', entre otras, tanto para consumo en fresco como para industria (Mata y Rodríguez, 1985; Morton, 2000; Rodríguez y Valdés-Infante, 2016) (Figura 15). Algunos de ellos fueron introducidos en Cuba, como se comentó en el Acápito 2.1, y constituyeron la base para la obtención de genotipos locales mejorados.

'Beaumont' fue el primer cultivar para procesamiento introducido en la industria de Hawai en 1960, y se mantuvo como la única guayaba recomendada para industria hasta la introducción, en 1978, de la selección 'Ka Hua Kula', con características muy similares a la anterior (Shigeura y Bullock, 1983; Rodríguez y Valdés-Infante, 2016) (Figura 16).

También está la accesión 'Hong Kong Pink', obtenida a partir de un clon procedente de Hong Kong, la cual es altamente productora y la 'Hong Kong White', que fue introducida en Hawai entre 1948 y 1969 (Popenoe, 1920; Morton, 2000; Rodríguez y Valdés-Infante, 2016) (Figura 17).

En Brasil, la mayoría de las plantaciones comerciales se han obtenido a partir de la siembra de plantas procedentes de semillas, lo cual proporciona una gran heterogeneidad en las características del fruto. Los cruzamientos entre cultivares americanos, indios y brasileños, permitieron la selección de grupos de plantas que dieron origen a un gran número de cultivares. Entre ellos se destacan 'IAC-4', 'IAC-3', 'Guanabara', 'Rica', 'Paluma', 'Ogawa', 'Kumagai' y 'Pedro Santo', entre otras (Silva *et al.*, 2000; Rodríguez y Valdés-Infante, 2016).

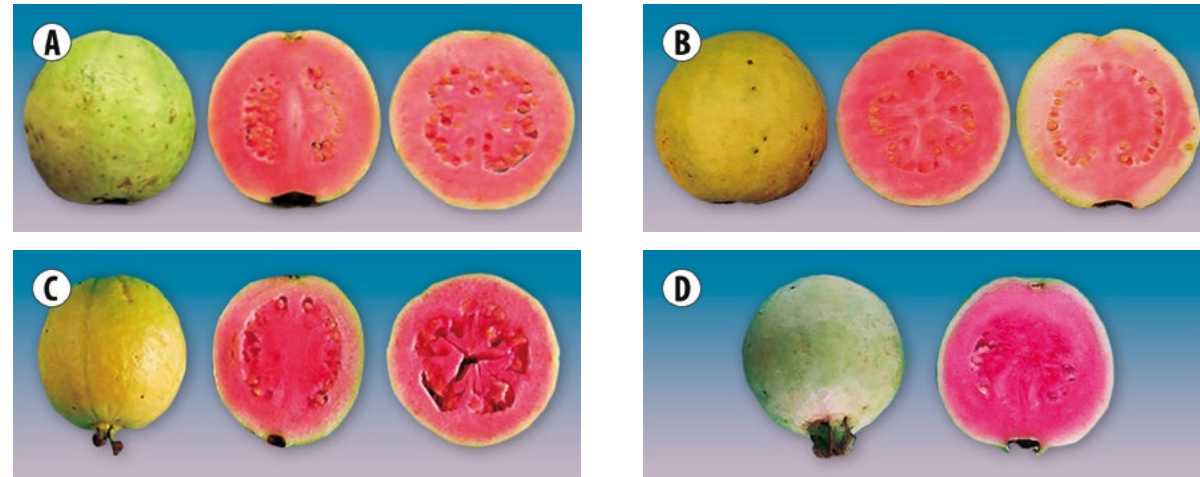


Fig. 15. Cultivares 'Red Indian' (A), 'Híbrido Ruby X Suprema Roja' (B), 'Patillo' (C) y 'Pink Acid' (D) generados a partir de los programas de mejoramiento desarrollados en la Florida. Foto tomada de galería de fotos de las accesiones de *Psidium* del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA).



Fig. 16. Cultivares 'Beaumont' (izquierda) y 'Ka Hua Kula' (derecha) generados a partir de los programas de mejoramiento desarrollados en Hawái. Foto tomada de galería de fotos de las accesiones de *Psidium* del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA).



Fig. 17. Cultivares 'Hong Kong Pink' (izquierda) y 'Hong Kong White' (derecha) generados a partir de los programas de mejoramiento desarrollados en Hawái. Foto tomada de galería de fotos de las accesiones de *Psidium* del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA).

Por otra parte, 'Bassateen El Sabahia' ha sido el cultivar comercial recomendado durante mucho tiempo en Egipto. Los esfuerzos realizados para mejorar su calidad y rendimiento permitieron la introducción, en 1975, de una selección promisoriosa, 'Bassateen Edfina', con fines comerciales (Morton, 2000; Rodríguez y Valdés-Infante, 2016).

Igualmente en Puerto Rico se han evaluado numerosos clones atendiendo a caracteres para industria. Otros han sido seleccionados teniendo en cuenta su resistencia a enfermedades. En Guadalupe y en Colombia también se han llevado a cabo trabajos de evaluación y de selección de cultivares altamente productores, como es el caso 'Puerto Rico 2' (Morton, 2000; Rodríguez y Valdés-Infante, 2016) (Figura 18).

Los programas de mejoramiento en Sudáfrica han dado lugar a accesiones promisorias tales como 'Malherbe' y 'Fan Retief', ambas de una pulpa rosada suave, dulce, buena para consumo en fresco y para industria como conservas (Nakasone y Paull, 1998; Rodríguez y Valdés-Infante, 2016) (Figura 19).



Fig. 18. Cultivar 'Puerto Rico 2' generados a partir de los programas de mejoramiento desarrollados en Puerto Rico. Foto tomada de galería de fotos de las accesiones de *Psidium* del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA).



Fig. 19. Cultivar 'Fan Retief' generados a partir de los programas de mejoramiento desarrollados en Sudáfrica. Foto tomada de galería de fotos de las accesiones de *Psidium* del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA).

En Cuba ha sido, y sigue siendo, uno de los principales métodos empleados para la identificación de genotipos promisorios con caracteres de interés para la comercialización. Constituyó la base de obtención de la mayoría de los cultivares locales que se encuentran actualmente conservados en el banco de germoplasma del cultivo y de los que hoy están establecidos en plantaciones comerciales (Valdés-Infante, 2009).

Teniendo en cuenta que en los inicios de la década de los 60 existía un número reducido de genotipos en el banco de germoplasma de guayabo, y que no se contaba además con plantaciones comerciales de este frutal en Cuba, se comenzó un trabajo incipiente de mejoramiento genético para incrementar áreas con cultivares selectos. Como primer paso se realizó una selección masal, utilizando para ello el alto potencial de las guayabas silvestres presentes en el país ('Cotorrera', 'Perú Roja'), de conjunto con cultivares introducidos ('N-6', 'Suprema Roja', 'Indian Pink'). Se colectaron frutos con excelentes cualidades desde el punto de vista agronómico (Rodríguez *et al.*, 2008).

Las semillas procedentes de cada genotipo fueron sembradas en diferentes regiones: Niquero (provincia Granma), Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas (actual provincia La Habana), Caimito del Guayabal (actual provincia Artemisa) y el Banco de Germoplasma de Frutales Tropicales y Subtropicales (UCTB de Alquizar, actual provincia Artemisa) (Rodríguez *et al.*, 2008).

En cualquier programa de mejoramiento, las etapas de caracterización y evaluación incluyen la recomendación de materiales élites atendiendo a determinadas características importantes económicamente. Las progenies obtenidas fueron caracterizadas por varios investigadores, en diferentes momentos y para diversos propósitos.

En ese sentido, el estudio realizado entre 1970 y 1972, que incluyó 82 genotipos de los 140 obtenidos por este proceso de selección masal, permitió la selección de nueve materiales promisorios con potencialidades para su explotación comercial: 'EEA 18-40'; 'Belic L-207'; 'EEA-27'; 'EEA 28-26'; 'EEA 1-23'; 'Belic L-215'; 'Belic L-97'; 'EEA 21-3' y 'EEA 28-44' (Cañizares, 1981; González y Sourd, 1981).

Estudios realizados con posterioridad, del 2001 al 2008, para continuar estos trabajos previos de caracterización empleando un mayor número de caracteres, contribuyeron a la identificación de genotipos con utilidad en los programas encaminados a mejorar atributos de interés comercial (Valdés-Infante, 2005; Valdés-Infante, 2009). Los cultivares que resultaron importantes para algunas de las características de interés comercial fueron:

- Adecuada forma y uniformidad de la talla del fruto: 'N-6'.
- Poca cantidad de semillas por fruto: 'BG 76-18'; 'BG 73-7'; 'Darío 19-2'; 'ENF 78-7'; 'Ibarra'; 'Indonesia Blanca' (Figura 20), 'Microguayaba' (Figura 21).
- Alto contenido de vitamina C en el fruto: 'Cotorrera'; 'BG 76-8'; 'BG 76-14'; 'Darío 18-2'; 'Microguayaba'; 'BG 76-21'.
- Valores de sólidos solubles totales de medios a altos: 'BG 73-10'; 'Suprema Roja'; 'Belic L-100'; 'EEA 18-40'; 'Ibarra'; 'Homero No.1'; 'N-6'; 'EEA 1-23'.
- Alto grado de acidez: 'BG 76-19'; 'BG 76-18'; 'Seychelles' (Figura 22).
- Valores altos de espesor de la corteza externa del fruto: 'BG 76-11'; 'BG 73-7'; 'EEA 6-19'; 'BG 76-8'; 'ENF 78-7'; 'Ibarra'; 'Indonesia Blanca'.
- Relieve liso de la corteza del fruto: 'BG 76-19'; 'BG 73-6'; 'BG 73-7'; 'Belic L-99'; 'Suprema Roja'; 'BG 76-12'; 'BG 76-8'; 'Ibarra'; 'Indonesia Blanca'; 'Homero No.1'; 'Seychelles'.



Fig.20. Frutos del cultivar 'Indonesia Blanca', introducido de Estados Unidos de América y caracterizado por poseer una pulpa finísima, casi sin semillas y un sabor y textura distintivos que le confiere la potencialidad de ser un buen sustituto de la pera en forma de cascos. Foto tomada por Narciso N. Rodríguez Medina.



Fig.21. Frutos del cultivar 'Microguayaba', guayaba silvestre considerada como la subespecie Púmila de *Psidium guajava* L. por sus características distintivas de forma y tamaño de la hoja y los frutos. Foto tomada por Narciso N. Rodríguez Medina.



Fig.22. Frutos del cultivar 'Seychelles', selección obtenida de semillas introducidas de Islas Seychelles por el Ing. Gonzalo González y caracterizada por presentar frutos medianos con forma anchamente redondeada, corteza de textura lisa y color amarillo intenso, pulpa rosada y con alto porcentaje de acidez. Foto tomada por Narciso N. Rodríguez Medina.

De igual forma, la caracterización, con los marcadores moleculares AFLP (Polimorfismo de la Longitud de Fragmentos Amplificados) y SSR (Secuencias Simples Repetidas), de estas accesiones del banco de germoplasma, como complemento a los trabajos que emplearon caracteres morfoagronómicos, permitió recomendar a los genotipos introducidos 'N-6', 'Suprema Roja', 'Indonesia Blanca' y 'Seychelles', así como otros de origen local ('Belic L-120'; 'EEA 6-19'; 'Microguayaba'; 'BG 76-23'; 'Belic L-98'; 'ENF 78-7'; 'Cotorrera'; 'Perú Roja'; 'Ibarra') para trabajos de mejoramiento, atendiendo a la posición distintiva que ocuparon en los grupos de diversidad formados (Valdés-Infante *et al.*, 2006; Valdés-Infante, 2009).

2.4.2. MEJORAMIENTO POR CRUZAMIENTOS O HIBRIDACIÓN

La mejora por cruzamientos posibilita reunir características y cualidades de diferentes poblaciones, por lo que amplía las bases genéticas para la selección y acelera los resultados del mejoramiento (Izquierdo *et al.*, 2017). Puede ser entre individuos de una misma especie (intraespecífico) o entre individuos de especies diferentes (interespecífico) y a través de polinización abierta o controlada.

En el caso específico del guayabo, la primera es la más utilizada, puesto que se ha informado la existencia de incompatibilidad entre diferentes especies de *Psidium* (Subramanyan *et al.*, 1993). No obstante, existen evidencias de que *P. guajava* y *P. guineense* son compatibles y que los híbridos son buenos productores (Landrum *et al.*, 1995).

Las progenies procedentes de cruzamientos intraespecíficos en este frutal se han logrado tanto por polinización abierta (comentado en el acápite anterior de mejoramiento por selección directa) como controlada. La realización de los cruzamientos controlados en este frutal depende del empleo de la técnica adecuada para la colecta del polen y del momento más favorable para la polinización.

São José y Pereira (1987) verificaron el estado del desarrollo floral más adecuado para la colecta de los granos de polen y la técnica de polinización más eficiente y segura para los cruzamientos

controlados en el guayabo, con el objetivo de obtener conocimientos específicos para el trabajo de mejoramiento genético. Estos autores concluyeron que la emasculación de las flores (proceso por el cual se elimina los órganos reproductivos masculinos en la flor) con cáliz en el inicio de la ruptura, y con eliminación total de pétalos, sépalos y anteras, impide cualquier posibilidad de autopolinización (Figura 23). Verificaron también que la polinización fue más eficaz cuando se realizó 24 horas después de emasculadas las flores, según los resultados obtenidos de porcentajes de fructificación y número medio de semillas.

De acuerdo con Pereira y Nachtigal (2002), el primer paso en los trabajos de mejoramiento es la selección de los progenitores, con el fin de lograr la combinación de caracteres deseados en la descendencia. Una vez que se programan los cruzamientos, el polen de los progenitores masculinos se colecta y conserva durante el estadio de flor abierta. Después, durante la ruptura del cáliz, se emasculan flores de los progenitores femeninos, e inmediatamente se realiza la polinización, la cual debe repetirse los dos días siguientes para asegurar el éxito. Estos autores determinaron un momento óptimo para la polinización controlada, que difiere del encontrado por los autores anteriores. Esta divergencia puede deberse a que ambos grupos de autores estudiaron cultivares diferentes.

Para realizar cruzamientos en un programa de hibridación, las flores se emasculan una hora antes de la antesis y se ensacan (cubrir con algún material para evitar su contaminación con polen aportado por abejas o el viento), se polinizan dos horas después de emasculadas, con polen recién colectado o conservado, se vuelven a ensacar y se etiquetan. Los sacos se hacen de papel hidrofóbico y se remueven 5–6 días después de polinizadas (Singh y Sehgal, 1968). Pueden mantenerse protegidas hasta la colecta de los frutos, para facilitar la localización de las etiquetas y proteger los frutos del ataque de insectos. La viabilidad del polen recién colectado varía entre cultivares. Los granos de polen del guayabo, permanecen viables durante un día en condiciones de campo, y de 90 a 135 días a una temperatura de 0 °C–4,5 °C, con una humedad relativa de 0 %–25 % (Ray, 2002).

La receptividad del estigma varía entre cultivares. En las plantas evaluadas por Ray (2002), el estigma se tornaba receptivo 2 h–3 h antes de la apertura floral y permanecía así 48 horas después. En contraste, en el material estudiado por Singh y Sehgal (1968), la receptividad del estigma se iniciaba dos días antes de la antesis y duraba hasta cuatro días después. Estos autores obtuvieron la máxima germinación de los granos de polen, cuando la polinización se realizó dos horas después de la antesis.

Normalmente, para obtener 200 semillas es necesario polinizar 20 flores y obtener de 2–5 frutos al final del proceso (Pereira y Nachtigal, 2002). La colecta se debe realizar cuando los frutos alcanzan la madurez, pues las semillas maduran fisiológicamente antes de completarse la maduración. Después de cosechar los frutos, las semillas se deben secar a la sombra, tratar con fungicidas y conservar en sacos de papel. La siembra puede realizarse en bolsas plásticas de tres litros, con dos o tres semillas por unidad. Si todas las semillas germinan, solo una plántula debe mantenerse en cada bolsa, las restantes deben ser cuidadosamente trasplantadas a otros recipientes. Durante el desarrollo de las plantas, deben tomarse cuidados especiales en el manejo e identificación de las mismas. Los nuevos híbridos deben llevarse al campo y plantarse en un espacio no muy reducido (generalmente 4 m x 6 m). Las evaluaciones más eficientes se realizan posteriormente a la fase inicial de desarrollo de la planta.

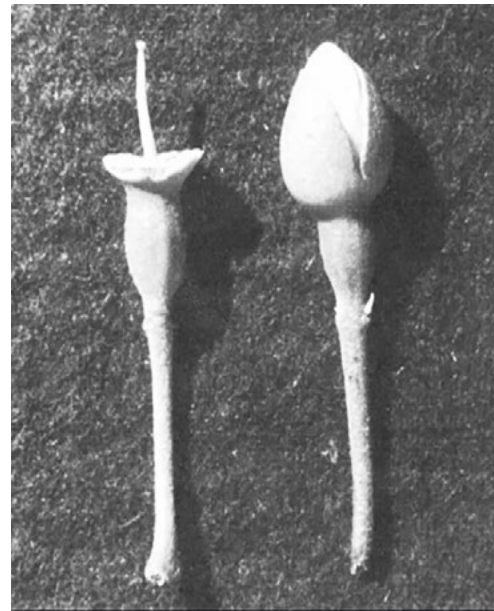


Fig.23. Botón floral emasculado y botón en fase de ruptura del cáliz. Fuente: São José Pereira (1987); Pommer y Murakami (2009).

Basado en los conocimientos aportados por estos estudios comentados anteriormente, y en el análisis integral de los resultados de la caracterización morfoagronómica y molecular al banco de germoplasma del cultivo en el país, un grupo de investigadores, especialistas y técnicos de la UCTB de Alquizar, perteneciente al Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, seleccionaron los parentales a emplear en la realización de los tres cruzamientos intraespecíficos controlados desarrollados en el año 2000 y que se han estado mencionando en acápites previos. De ellos se obtuvieron 354 híbridos, los cuales fueron plantados en el año 2001 para su evaluación y posterior selección de genotipos promisorios.

Estas progenies han sido evaluadas en momentos diferentes, como parte de las fases de un programa de mejoramiento que incluye la evaluación de la descendencia generada, su replicación en otros ambientes para validar su comportamiento y la recomendación final para diferentes propósitos: introducción a escala comercial (en los genotipos que proceda), enriquecimiento del fondo genético de la colección o nuevos trabajos de mejoramiento.

En este sentido, la evaluación del año 2001 al 2009 de estos descendientes, empleando caracteres morfoagronómicos incluidos en el descriptor de la UPOV para el cultivo, condujo a la preselección de 25 genotipos de porte bajo (altura menor de 3,25 m), los cuales pudieran garantizar altas densidades de plantación al igual que su parental femenino 'Enana Roja Cubana'. Estos híbridos mostraron, además, variación en caracteres cualitativos como forma del fruto, color de la corteza y de la pulpa y cuantitativos como masa y tamaño del fruto, contenido de vitamina C, acidez, contenido de sólidos solubles totales, número de semillas, entre otros (Rodríguez *et al.*, 2009). Lo anterior indica que esta diversidad contribuye a enfrentar cambios eventuales en las preferencias del mercado y a satisfacer las demandas de distintos consumidores (Valdés-Infante, 2009).

Dada la importancia de este frutal en el país y la necesidad de introducir nuevos cultivares a explotación comercial, se han continuado ejecutando proyectos de investigación encaminados al completamiento de esta caracterización empleando mayor cantidad de plantas por genotipo. Su complementación con un análisis más integral de cada uno en relación a su comportamiento ante la incidencia de plagas, vida poscosecha y fenología ha permitido identificar cinco híbridos promisorios ('H-50', 'H-69', 'H-100', 'H-153', 'H-350') (Informes finales de proyectos 2012–2016 y 2017–2020). Sus principales características se comentan a continuación.

'H-50': híbrido obtenido del cruzamiento controlado entre 'Enana Roja Cubana' y 'N-6', desarrollado en el año 2000 por el investigador Narciso N. Rodríguez Medina, perteneciente a la UCTB de Alquizar, adscrita al IIFT. Puede llegar a medir 3,5 metros de altura o más. Se caracteriza por presentar frutos grandes (masa de 214 g; largo 8,9 cm y ancho 6,8 cm), con una forma esferoide alto (apurada), corteza de textura lisa y coloración amarillo-verdoso, pulpa de color rosado, sólidos solubles totales que superan los 12 °Brix (Figura 24). Produce flores todos los meses del año, excepto en junio y septiembre, y muestra menor susceptibilidad a la incidencia de insectos y ácaros plagas que atacan al guayabo, por lo que, con un manejo tecnológico adecuado, pudiera producir frutas todo el año y con menor afectación por plagas.



Fig.24. Características de los frutos del híbrido 'H-50' obtenido a través del programa de mejoramiento de este cultivo en el país. Foto tomada por Bárbara Velázquez.

'H-100': híbrido obtenido del cruzamiento controlado entre 'Enana Roja Cubana' y 'N-6', desarrollado en el año 2000 por el investigador Narciso N. Rodríguez Medina, perteneciente a la UCTB de Alquizar, adscrita al IIFT. Puede llegar a medir 4 metros de altura o más. Se caracteriza por presentar

frutos medianos (masa de 184,3 g; largo 6,85 cm y ancho 7,0 cm), con una forma redondeada, corteza de textura lisa y coloración amarilla, pulpa de color rosado, sólidos solubles totales que superan los 12 °Brix (Figura 25), así como valores bajos de acidez (0,16 %), de contenido de vitamina C (96,83 mg de ácido ascórbico/100 g de pulpa) y de número de semillas (160). Produce flores todos los meses del año, excepto en agosto. Su validación en plantaciones comerciales con un manejo tecnológico adecuado pudiera corroborar su potencialidad de producir frutas todo el año.



Fig.25. Características de los frutos del híbrido 'H-100' obtenido a través del programa de mejoramiento de este cultivo en el país. Foto tomada por Bárbara Velázquez.

'H-69': híbrido obtenido del cruzamiento controlado entre 'Enana Roja Cubana' y 'N-6', desarrollado en el año 2000 por el investigador Narciso N. Rodríguez Medina, perteneciente a la UCTB de Alquizar, adscrita al IIFT. Puede llegar a medir un poco más de 3 metros de altura. Se caracteriza por presentar frutos medianos (masa de 180 g; largo 7,07 cm y ancho 6,86 cm), con una forma esferoide, corteza de textura lisa y coloración amarillo intenso, pulpa de color rosado intenso (Figura 26), sólidos solubles totales cercanos a los 12 °Brix, bajo valor de acidez (0,23 %), contenido de vitamina C de 103,9 mg de ácido ascórbico/100 g de pulpa y alto número de semillas (342). Produce flores todos los meses del año, excepto en junio y septiembre. En el pico productivo de invierno, para el cual se refiere en la literatura que las frutas tienen mejores características de calidad interna, puede presentar buena producción de frutos distribuidos entre el 50 % y el 100 % de la planta. Su validación en plantaciones comerciales, con un manejo tecnológico adecuado, pudiera corroborar su potencialidad de producir frutas todo el año, en especial en el pico de invierno.



Fig.26. Características de los frutos del híbrido 'H-69' obtenido a través del programa de mejoramiento de este cultivo en el país. Foto tomada por Tania Mulkay.

'H-153': híbrido obtenido del cruzamiento controlado entre 'Enana Roja Cubana' y 'Suprema Roja', desarrollado en el año 2000 por el investigador Narciso N. Rodríguez Medina, perteneciente a la UCTB de Alquizar, adscrita al IIFT. Puede llegar a medir cerca de 3 metros de altura, por lo que presenta el porte bajo de su progenitor femenino. Se caracteriza por presentar frutos grandes (masa de 205 g; largo 7,44 cm y ancho 7,09 cm), con una forma esferoide, corteza de textura lisa y coloración amarillo intenso, pulpa de color rosado (Figura 27), sólidos solubles totales superiores a los 12 °Brix, acidez de 0,32 %, contenido de vitamina C de 199,4 mg de ácido ascórbico/100 g de pulpa y número de semillas de 246. Produce flores todos los meses del año y muestra menor susceptibilidad a la afectación por ácaros plaga. Su validación en plantaciones comerciales, con un manejo tecnológico adecuado, pudiera corroborar su potencialidad de producir frutas todo el año y con menor afectación por plagas.

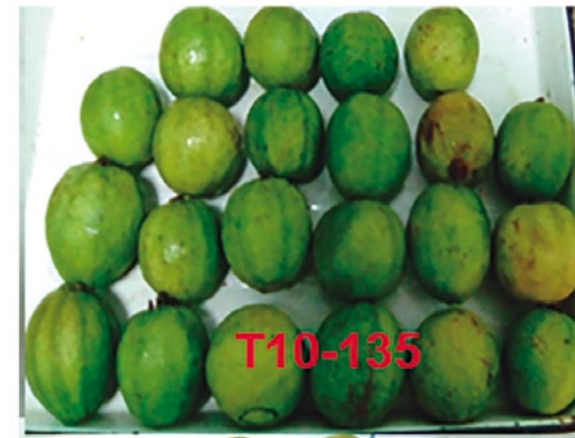


Fig.27. Características de los frutos del híbrido 'H-153' obtenido a través del programa de mejoramiento de este cultivo en el país. Foto tomada por Tania Mulkay.

'H-350': híbrido obtenido del cruzamiento controlado entre 'Enana Roja Cubana' y 'Belic L-207', desarrollado en el año 2000 por el investigador Narciso N. Rodríguez Medina, perteneciente a la UCTB de Alquizar, adscrita al IIFT. Puede llegar a medir cerca de 3 metros de altura, por lo que presenta el porte bajo de su progenitor femenino. Se caracteriza por presentar frutos medianos (masa de 169,9 g; largo 6,94 cm y ancho 6,65 cm), con una forma redondeada, corteza de textura lisa y coloración amarillo intenso, pulpa de color rosado (Figura 28), sólidos solubles totales cercanos a los 12 °Brix, muy bajo valor de acidez (0,16 %), contenido de vitamina C de 172,1 mg de ácido ascórbico/100 g de pulpa y bajo número de semillas (145). Produce flores todos los meses del año, excepto en septiembre. En el pico productivo de invierno, para el cual se refiere en la literatura que las frutas tienen mejores características de calidad interna, puede presentar buena producción de frutos distribuidos entre el 50 % y el 75 % de la planta. Es válido destacar que en los experimentos desarrollados para evaluar su comportamiento poscosecha, es de los híbridos que menos disminuye la firmeza de la fruta durante el almacenamiento, lo que pudiera contribuir a alargar su vida de anaquel. Su validación en plantaciones comerciales, con un manejo tecnológico adecuado, pudiera corroborar su potencialidad de producir frutas todo el año, en especial en el pico de invierno.

Estos materiales se encuentran actualmente en evaluación bajo tecnologías de manejo del cultivo para validar la expresión de su potencial productivo, como parte de los trabajos de mejoramiento participativo que se desarrollan con los productores.

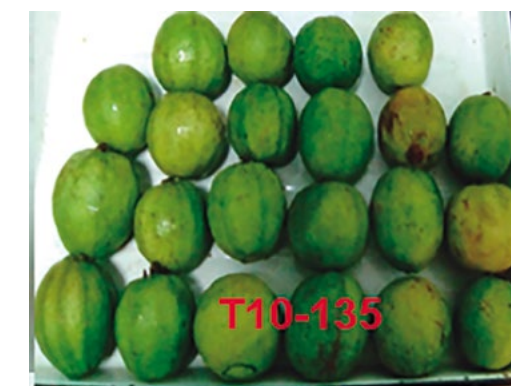


Fig.28. Características de los frutos del híbrido 'H-350' obtenido a través del programa de mejoramiento de este cultivo en el país. Foto tomada por Tania Mulkay.

2.4.3. MEJORAMIENTO POR INDUCCIÓN DE MUTACIONES

Las mutaciones naturales son la principal fuente de nueva variabilidad genética. Sin embargo, la tasa de ocurrencia de mutaciones espontáneas en las plantas es bastante baja. Para fines de mejoramiento es importante incrementar la frecuencia de estas mutaciones con la idea de que haya una mejor oportunidad de detectar aquellas que puedan ser de utilidad (Soraluz, 2015).

El mejoramiento por inducción artificial de mutaciones involucra el uso de agentes mutagénicos físicos (ej. radiación gamma) o químicos (ej. colchicina), tanto en semillas como en las partes vegetativas de la planta. El objetivo de su empleo es crear diversidad genética que conlleve a la obtención de genotipos superiores. Estos tratamientos mutagénicos provocan la ruptura del ADN cuando está ocurriendo el mecanismo de reparación de errores en la replicación del material genético. Como consecuencia se producen mutaciones aleatorias que posteriormente son seleccionadas por los investigadores en el proceso de mejora de determinados caracteres de interés agronómico (Jain y Maluszynski, 2004).

Esta técnica ha jugado un papel importante en el mejoramiento de muchos cultivos y en la generación de nuevos cultivares, con la liberación de más de tres mil mutantes en 214 especies diferentes, dentro de las cuales se incluyen los frutales (Bado *et al.*, 2015). Promueve la inducción de caracteres de interés comercial como la ausencia o la disminución del número de semillas y su dureza, variaciones en el color, forma y calidad interna del fruto, resistencia a estrés biótico y abiótico, variabilidad en el período de floración y fructificación, entre otros (Jankowicz-Cieslak *et al.*, 2017).

Han sido empleadas en países que hoy son principales productores de guayaba como la India (Figuras 29 y 30). En Cuba, este método no ha sido empleado en la obtención de nuevos cultivares y nuevas fuentes de variabilidad, a pesar de existir trabajos previos en otros frutales como cítricos, mango y aguacate. En estos cultivos se empleó radiación gamma, como parte de los métodos empleados en el programa de mejora de los mismos.



Fig.29. Cultivo *in vitro* y aclimatización *ex vitro* de segmentos de tallo de guayabo irradiados. Fuente: Zamiri *et al.* (2009).

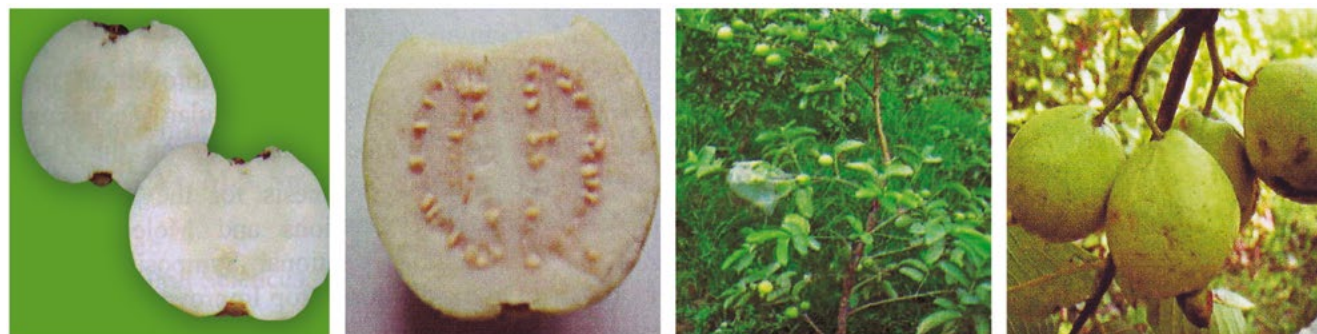


Fig.30. Resultados de la segunda generación de mutantes procedentes de semillas de guayabo irradiadas. A) mutante con pocas semillas, B) mutante con alto número de semillas, C) mutante altamente productivo, D) mutante con agrupamiento de frutos (dos o más frutos por pedúnculo). Fuente: Zamiri *et al.* (2009).

2.4.4. MEJORAMIENTO POR MÉTODOS BIOTECNOLÓGICOS

Las técnicas biotecnológicas contribuyen positiva y significativamente en los programas de propagación, conservación y mejoramiento de las especies vegetales. De hecho, actualmente están incluidas en distintos niveles de los programas de mejoramiento de muchas especies de plantas (Valdés-Infante *et al.*, 2012). Su surgimiento y validación ha sido un proceso continuo, marcado por la generación de conocimientos en especialidades como la genética, genómica, fisiología, entre otras, y que constituyeron la base para su desarrollo.

En este sentido, la década de los 60 y los 70 fue testigo de una nueva era en la biotecnología de plantas con el desarrollo de las técnicas de cultivo de células y tejidos. Actualmente es posible regenerar plantas a partir de un amplio rango de tipos de explantes (parte de un organismo vivo como las células, tejidos u órganos que son transferidos a un medio artificial para su cultivo) en muchas especies, dentro de las que se encuentran los frutales. Las metodologías incluyen el aislamiento, cultivo y regeneración de tejidos, células, protoplastos (células vegetales que se les ha eliminado la pared celular), órganos, embriones (sexuales y asexuales o somáticos), óvulos, anteras y microsporas (Drew y Sasson, 1997).

De igual forma, otro gran aporte en el campo de la biotecnología en la década de los 80 y los 90 estuvo dado por la combinación de los avances en la biología molecular con los que ya existían del cultivo de células y tejidos. Como resultado se obtuvieron las tecnologías para la ingeniería genética de plantas, el desarrollo de marcadores moleculares y el mapeo genético. Esto contribuyó a reducir o eliminar las restricciones para la transferencia de genes entre parientes cercanos, causadas por las incompatibilidades para el cruzamiento entre especies que se dan de forma natural por diversas razones (Drew y Sasson, 1997).

Actualmente, la biotecnología de plantas continúa evolucionando en respuesta a los desafíos constantes que se presentan en la naturaleza relacionados con el mejoramiento, conservación y propagación de la amplia diversidad de especies que existen. Como resultado del rápido avance de la secuenciación y la caracterización de las funciones de los genes presentes en las plantas, estas nuevas técnicas condujeron a cambios más localizados, precisos y confiables en cuanto a la adición, remoción o reemplazo de ADN. A diferencia de la producción de mutaciones inducida por agentes químicos o físicos, estas nuevas técnicas de mejoramiento son menos propensas a crear mutaciones desconocidas y no deseadas a lo largo del genoma (Valdés-Infante y Ruenes, 2020).

A su vez, tampoco tienen como resultado la introducción de ADN foráneo, como es el caso de los organismos modificados genéticamente. En muchos casos, los productos resultantes de esos cambios en el ADN no pueden distinguirse por los mismos cambios obtenidos a través de métodos clásicos (EASAC, 2013). Es por esto que se considera que estas técnicas de edición de genomas pueden servir como puente entre la transformación genética, que tantos detractores tiene por diversas causas, y las técnicas convencionales y los procesos naturales de generar variabilidad (Eriksson y Ammann, 2017).

Para el guayabo, tres técnicas biotecnológicas han demostrado potencialidades para su empleo en el mejoramiento de plantas a nivel internacional: la fusión de protoplastos (unión de células de especies o cultivares que naturalmente pueden presentar problemas para su hibridación); la transformación genética (introducción, por vía directa o indirecta, de genes de una misma especie o de especies diferentes) y la embriogénesis somática.

En el primer caso, la puesta a punto de un protocolo para la realización de la fusión de protoplastos en este frutal (Ramezan y Niedz, 2015) representa un importante paso para vencer las barreras de incompatibilidad naturales que existen entre esta especie y otras pertenecientes al mismo género o familia (Figura 31). Constituye una alternativa para la transferencia de genes relacionados con la tolerancia a estrés biótico y abiótico, así como de calidad externa e interna de la fruta, que presentan estos parientes cercanos al guayabo y que ha sido comentado en acápite anterior.

Con relación a la transformación genética en esta especie, también se han realizado algunos estudios relacionados con la introducción, mediante esta técnica, de genes que pueden contribuir a la

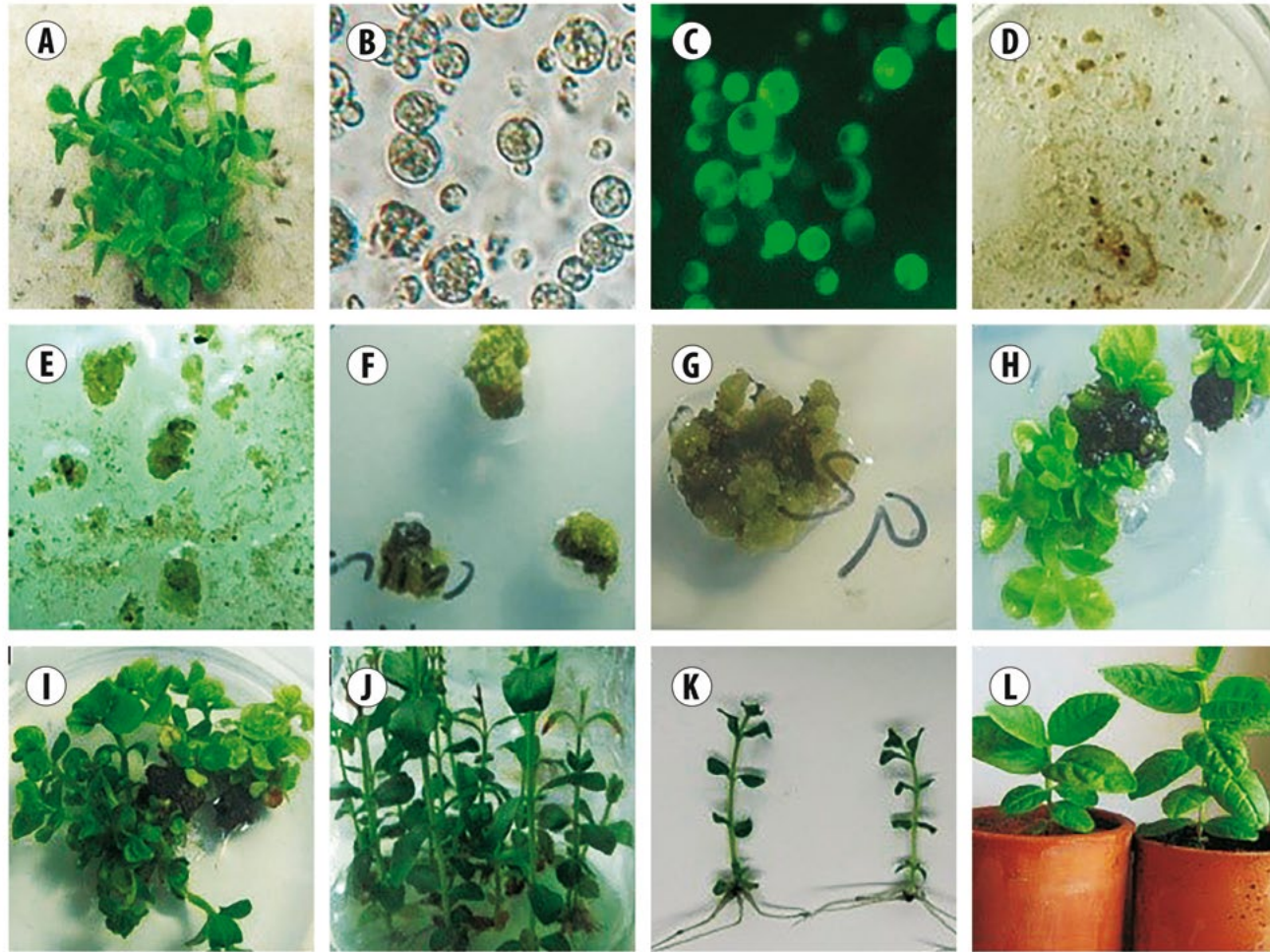


Fig.31. Fusión de protoplastos en guayabo. A) tallos derivados del cultivo *in vitro* que van a ser empleados como donantes de protoplastos, B) protoplastos purificados, C) protoplastos teñidos con diacetato fluorescente (FDA), los protoplastos viables se muestran en verde brillante, D) microcallo regenerado, F, G) microcallo cultivado en medio de regeneración, H, I) regeneración de tallos, J, K) tallos enraizados, L) plantas en macetas. Fuente: Ramezan y Niedz (2015).

mejora de caracteres de interés comercial. Biswas *et al.* (2004, 2007) emplearon la combinación del cultivo *in vitro* y la transformación genética como herramienta para la búsqueda de tolerancia al frío en el guayabo. El objetivo fundamental de este trabajo fue disminuir los costos que representan el desarrollar este frutal en casas de cultivo en regiones con un clima templado. El experimento consistió en evaluar la transferencia de genes relacionados con la tolerancia al frío, mediante la transformación con *Agrobacterium tumefaciens* en tejidos de plantas de guayabo. Se logró la transferencia de estos genes al genoma del guayabo, lo que indica la efectividad de este método.

A su vez, Maneesh *et al.* (2014) emplearon la transformación genética mediada por *Agrobacterium tumefaciens* con el objetivo de crear una fuente de tolerancia a la enfermedad de la marchitez de la guayaba, provocada por un complejo de hongos (*Fusarium oxysporium* f. sp. *psidii*, *F. solani*, *Macrophomina phaseoli*, *Rizhooctonia bataticola*, *Glyocladium roseum* y *Penicillium*). Para ello introdujeron un gen que induce la producción de la enzima hidrolítica endoquitinasa, la cual puede degradar la pared celular de hongos (Figura 32). Se logró confirmar la inserción del fragmento deseado mediante técnicas moleculares y su expresión, dada la sobrevivencia que presentaron en el medio de selección empleado.

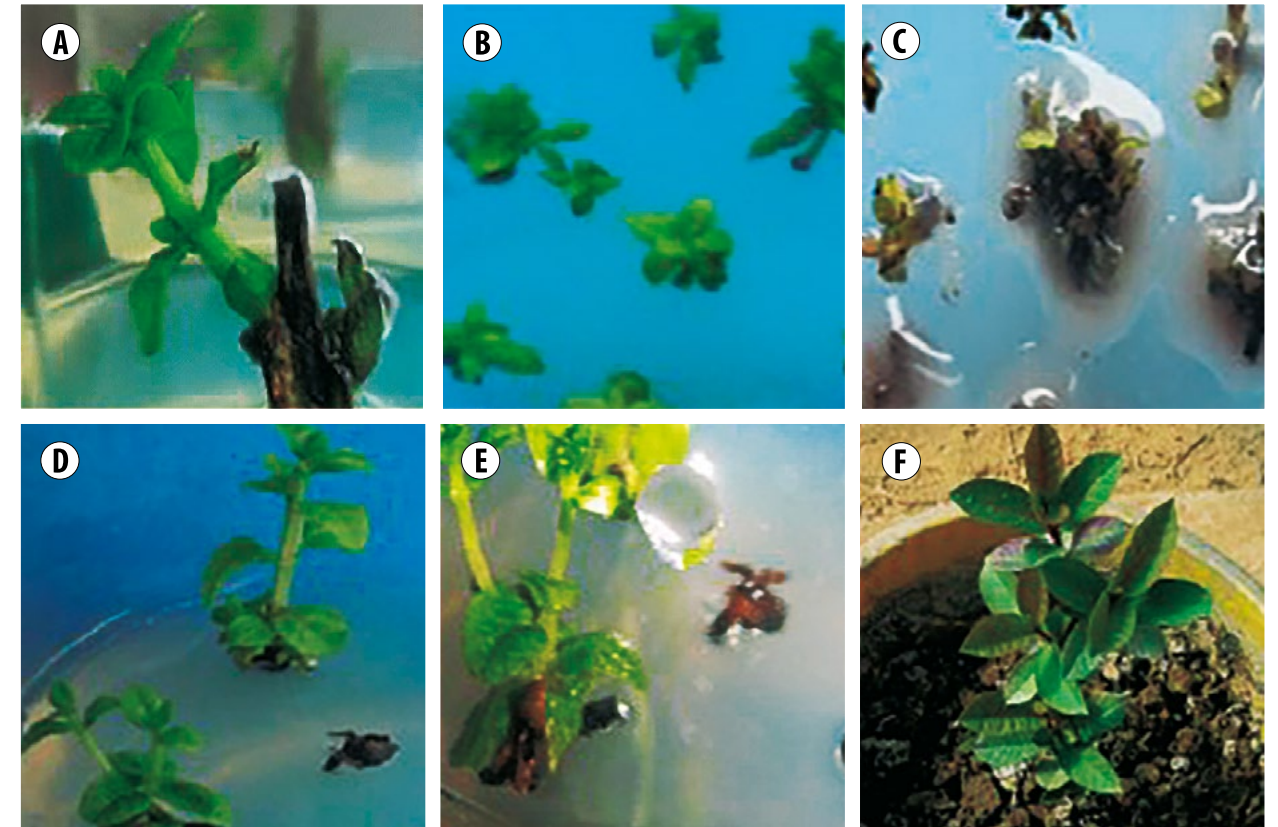


Fig.32. Selección *in vitro* de posibles plantas transformadas de guayabo. A) inducción *in vitro*, B) pre-cultivo del explante, C) co-cultivación del explante con *Agrobacterium tumefaciens*, D) selección de los explantes a las 8 semanas en un medio que contiene kanamicina (antibiótico) a razón de 200 mg/l, E) selección de los explantes a las 12 semanas en un medio que contiene kanamicina (antibiótico) a razón de 200 mg/l, F) plantas de guayabo aclimatizadas. Fuente: Maneesh *et al.* (2014).

Por otra parte, la embriogénesis somática, conocida también como embriogénesis asexual, consiste en el desarrollo de embriones a partir de células que no son el producto de una fusión de gametos (células sexuales de los organismos pluricelulares) durante la fecundación. Este proceso se produce con cierta frecuencia en la naturaleza y ocurre de forma espontánea en más de 60 familias de plantas. Es uno de los métodos preferidos para apoyar los métodos clásicos de mejoramiento, en especial en plantas perennes como los frutales (Madhu y Kwang-Hyun, 2017).

En guayabo, varios investigadores han desarrollado protocolos para validar esta técnica desde la década de los 90 (Gaffoor y Alderson, 1994; Ramirez-Salazar, 1998; Kosky *et al.*, 2005; Kamle *et al.*, 2011; Akhtar, 2013). La Figura 33 muestra un esquema general de los principales pasos a desarrollar en guayabo.

En Cuba, de las tres técnicas biotecnológicas comentadas anteriormente, solo la embriogénesis somática ha sido desarrollada en el país (Vilchez, 2001; Vilchez *et al.*, 2002; Concepción, 2008; Kessel, 2008). Ha sido empleada como método alternativo de conservación de germoplasma y no para la creación de nuevas fuentes de variabilidad.

A pesar de existir experiencia en el cultivo *in vitro* de este frutal, no se ha explorado la utilidad de la fusión de protoplastos y la transformación genética. Estas técnicas posibilitarían la introducción de genes para lograr la tolerancia a estrés biótico y abiótico, mejorar la calidad interna y externa de la fruta, extender la vida de anaquel, entre otras características de interés a mejorar en los cultivares que hoy existen.

Otra alternativa más moderna de mejoramiento que se comienza a visualizar en este frutal a nivel internacional es la combinación del conocimiento del genoma del guayabo con novedosas tecnologías de edición del ADN. Estas conllevan la modificación del material genético pero no mediante métodos invasivos y de poca aceptación como la transformación genética. Las mismas permitirán obtener, en el futuro, cultivares con características comerciales y nutracéuticas superiores (Madhu y Kwang-Hyun, 2017).

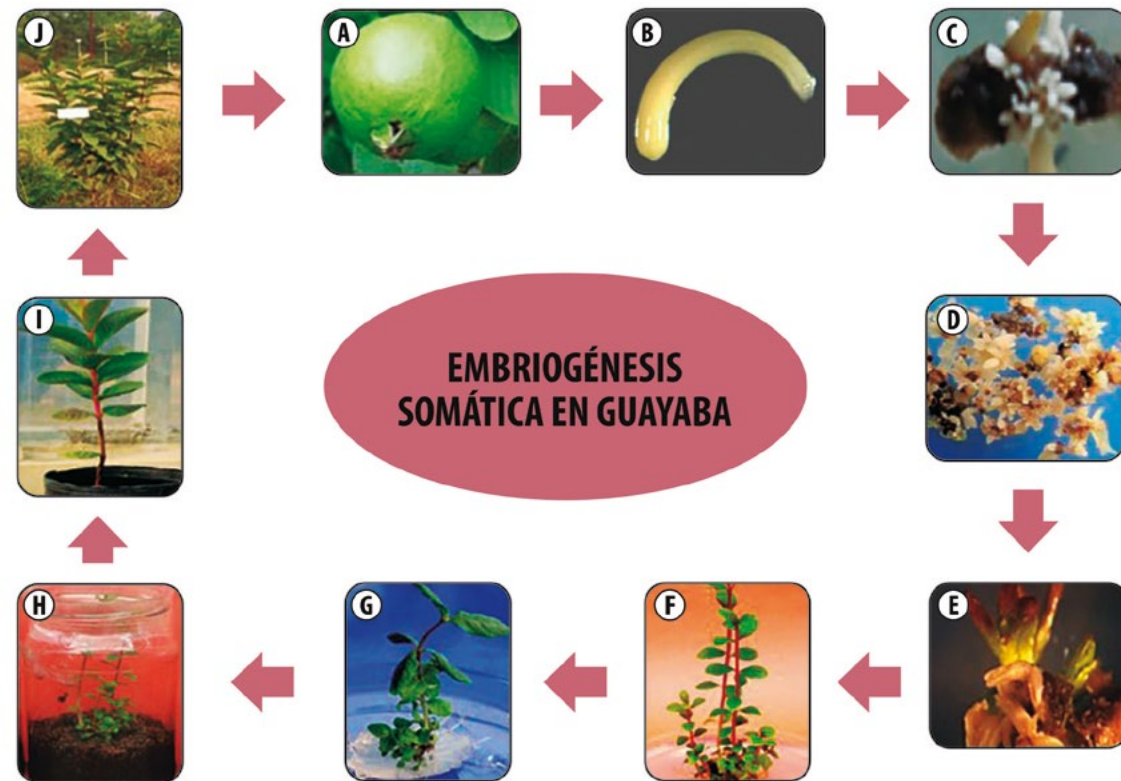


Fig.33. Proceso de embriogénesis somática en guayabo. A) fruto de guayaba de donde se extrae el embrión, B) embrión cigótico empleado como explante, C) inducción del embrión, D) proliferación del embrión, E) maduración y conservación del embrión, F) desarrollo de las plántulas, G) maduración de la planta, H) aclimatización *in vitro*, I) desarrollo de la plántula en bolsas, J) establecimiento en campo. Fuente: Madhu y Kwang-Hyun (2017).

2.5. BIBLIOGRAFÍA

- Akhtar, N. 2013. Endogenous polyamines: a temporal celular modulator of somatic embryogenesis in guava (*Psidium guajava* L.) cv. 'Allahabad safeda'. *Res Plant Sci.* 1: 4–14.
- Alonso, E.M. 2002. Estudio de la variabilidad genética en especies, clones y el primer híbrido cubano de plátano fruta (*Musa* sp.). Tesis de Maestro en Ciencias. Facultad de Biología. UH. 79 p.
- Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA). 1996. Estudio del Mercado Mundial de la guayaba. Aspra consultores S.C. 4p.
- Bado, S.; B.P. Forster; B.J. Till; S. Nielen; A.M.A. Ghanim and P.J.L. Lagoda. 2015. Plant mutation breeding: current progress and future assessment. *Plant Breeding Reviews*. Vol 39, J. Janick, eds. (Wiley online library). Pp: 27–88.
- Bandera Fernández, E.; L. Pérez Pelea. 2015. Mejoramiento genético de guayabo (*Psidium guajava* L.). *Cultivos Tropicales*. 36: 96–110.

- Biswas, B.K., N. Joshee, and A.K. Yadav. 2004. Developing Biotechnology to Regenerate and Improve Selected Nutraceutical Plants. *In Vitro*. 40:23–A.
- Biswas, B.K.; N. Joshee; A. Yadav and A.K. Yadav. 2007. Development and Application of Biotechnology in Guava: a Nutraceutical Fruit. *Proc. Ist IS on Hum. Health Effects of F&V. Acta Hort.* 744: 267–276.
- Cañizares, J. 1981. Mejoramiento de la guayaba (*Psidium guajava* L.) por selección masal. *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Cítricos y Otros Frutales*. 4(3–4): 7–23.
- Cañizares, Z.J. 1968. La guayaba y otras frutas Myrtáceas. Ed. Revolucionaria. Instituto Cubano del Libro. pp.87.
- CNAP (Centro Nacional de Áreas Protegidas). 2013. Plan del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Cuba: Período 2014–2020. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana. pp.30.
- Collado, R; D. Agramonte; J.N. Pérez; O. Gutierrez; F. Jiménez; D. Ramírez. 2003. Influencia del área foliar sobre el peso de los frutos para la selección de líneas clonales de guayaba cultivar 'EEA 18–40'. Taller Internacional sobre Biotecnología Vegetal BioVeg 2003. ISBN 959–16–0169–7. Pp: 16–22.
- Concepción, O. 2008. Organogénesis y embriogénesis somática *in vitro* en el guayabo (*Psidium guajava* L.) cv. 'Enana Roja Cubana'. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Cuba: Universidad de Ciego de Ávila. Centro de Bioplasmas. pp.114.
- Costa, J.N.da; J.W. dos Santos; M.D.de M. Oliveira y J.F. Jerônimo. 2001. Divergencia genética entre accesos de Banco de Germoplasma de algodoero: *Gossypium hirsutum* L. var *latifolium*. En: Simposio de Recursos Genéticos para América Latina y el Caribe. Instituto Agronómico do Paraná. Pp: 272–274.
- Cuadra, R y A. Quincosa. 1982. Comportamiento de diferentes especies de *Psidium* como patrones para guayabos resistentes a *Meloidogyne* (Nematoda: Heteroderidae). *Ciencias de la Agricultura*. 13: 19–26.
- Diaz-Silveira, M.F. 1975. El *Psidium friedrichsthalianum* como patrón para guayabo, resistente a los nemátodos del género *Meloidogyne*. *Revista de Agricultura*, Habana. 3: 80–85.
- Drew, R.A; A. Sasson. 1997. Proceedings of the International Symposium on Biotechnology of Tropical and Subtropical Species. *Acta Horticulturae*. ISBN: 9066059397. 83p.
- EASAC. 2013. Planting the future: opportunities and challenges for using crop genetic improvement technologies for sustainable agriculture. EASAC policy report 21. <http://www.easac.eu>. 12p.
- Eriksson, D.; K.H. Ammann. 2017. A Universally Acceptable View on the Adoption of Improved Plant Breeding Techniques. *Front. Plant Sci.* 7:1999. doi: 10.3389/fpls.2016.01999.
- Fajardo-Ortiz, A.G; J.P. Legaria-Solano; J.E. Granados-Moreno; J. Martínez Solís; A. Celis-Forero. 2019. Caracterización morfológica y bioquímica de tipos de guayaba (*Psidium guajava* L.) colectados en Sumapaz, Colombia. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 42(3): 11–20.
- Fernandes Bezerra, J.E.; J.F. da Silva Junior; J.S. de Lira Junior. 2017. *Psidium guineense*. Araçá. Plantas para o Futuro-Região Nordeste. Capítulo 5-Alimentícias. Pp: 270–278.
- Fernández, G. E. 1991. Los nemátodos del género *Meloidogyne Goeldi* en el cultivo de la guayaba (*Psidium guajava* L.) y su control. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. 120p.
- Fernández G., E. 1989. Los nemátodos del género *Meloidogyne Goeldi* en el cultivo de la guayaba y su control. Instituto de Sanidad Vegetal. Ciudad de la Habana. 31 pp.
- Fuentes Fiallo, V.R. 2003. Apuntes para la flora económica de Cuba VII. Especies Frutales. *Revista del Jardín Botánico Nacional*. 24(1–2): 177–217.

- Gaffoor A.; P.G. Alderson. 1994). Somatic embryogenesis in guava (*Psidium guajava* L.). In: Lumsden PJ, Nicholas JR, Davies WJ (eds). Physiology, growth and development of plants in culture. Springer, Netherlands. Pp: 272–277.
- Gilman, E.F.; D.G. Watson, R.W. Klein, A.K. Koeser, D.R. Hilbert, and D.C. McLean. 1993. *Psidium cattleianum*: Strawberry Guava. ENH-687. Series of the Environmental Horticulture Department, UF/IFAS Extension. <https://edis.ifas.ufl.edu>. 3p.
- González L., D. Becker; N. Rodríguez; J. Valdés–Infante; Z. Schwarz–Sommer; W. Rohde. 2010. Detection of candidate genes for resistance and plant development in guava (*Psidium guajava* L.). *Acta Horticulturae*. 849: 241–245.
- González, G y D. Sourd. 1982. Ensayo de tres especies de *Psidium* y su tolerancia a los nemátodos. *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Cítricos y otros Frutales*. 5(2): 13–25.
- González, G y D. Sourd. 1985. Estudio físico químico en frutos de 10 cultivares de guayabo (*Psidium guajava* L.). *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Cítricos y Otros Frutales*. 4: 47–57.
- González, G. y D. Sourd. 1981. Ensayo de variedades clonales en *Psidium guajava* L. Primer Congreso Nacional de Cítricos y Otros Frutales. Palacio de las Convenciones, Ciudad de La Habana, Cuba. Tomo I. Pp: 319–336.
- González, G; V. Fuentes; N. Rodríguez; M. Torres; M. Capote; J. Cañizares; H. Lima y P. Orozco. 1995. Colecciones y recursos fitogenéticos en la Estación Nacional de Frutales de Cuba. Primer Simposio Internacional sobre Fruticultura Tropical y Subtropical, La Habana, Cuba. Pp: 71–72.
- Hernández–Delgado, S.; J.S. Padilla–Ramírez; N. Mayek–Pérez. 2018. Caracterización morfológica de germoplasma de guayabos de México: implicaciones en su conservación y mejoramiento genético. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal*. 40(2): 1–11.
- Hidalgo, R. 1991. Conservación *ex situ*. En: Técnicas para el manejo y uso de los recursos genéticos vegetales. Eds. R. Castillo, J. Estrella y C. Tapia. Instituto Nacional de Investigaciones agropecuarias, Ecuador. Pp: 71–87.
- Izquierdo Rivero, M.; M. Capote del Sol; L.A. Valdés Silverio; J. Valdés–Infante Herrero; O. Coto Arbelo; L. Pérez Pelea y M.I. Valdés de la Cruz. 2017. Caracterización cualitativa de una progenie de mango (*Mangifera indica* L.) obtenida por polinización abierta. *Revista Cubana de Ciencias Biológicas*. 5(3): 1–10.
- Jain, S.M. and M. Maluszynski. 2004. Induced mutations and biotechnology on improving crops. In: *In vitro* applications in crop improvement: Recent Progress, A. Mujib, M. Cho, S. Predieri, S. Banerjee, eds. (New Delhi, India: IBH–Oxford). Pp: 169–202.
- Jankowicz–Cieslak, I.; C. Mba and B.J. Till. 2017. Mutagenesis for Crop Breeding and Functional Genomics. In *Biotechnologies for Plant Mutation Breeding*. J. Jankowicz–Cieslak, T. Tai, J. Kumlehn, and B. Till, eds. (Springer, Cham). Pp: 3–18.
- Jaramillo, S. y M. Baena. 2000. Material de Apoyo a la Capacitación en Conservación *ex situ* de Recursos Fitogenéticos. Instituto de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia. 210p.
- Kamle M.; A. Bajpai; R. Chandra; S. Kalim; R. Kumar. 2011. Somatic embryogenesis for crop improvement. *GERF Bull Biosci*. 2: 54–59.
- Kessel A. 2008. Aplicación de técnicas biotecnológicas en frutales, una vía valiosa para el rescate y la conservación de estas especies. *Cultivos Tropicales*. 29(3): 15–23.
- Kosky, G.R.; J.V. Perozo; D.A. Penalver. 2005. Somatic embryo germination of *Psidium guajava* L. In: Kosky G.R., Perozo J.V., Penalver D.A (eds) The Rita temporary immersion system and on semi-solid medium. Springer, Heidelberg. Pp: 225–229.
- Landrum, L.; W. Clark; W. sharp and J. Brendecke. 1995. Hybridization between *Psidium guajava* and *P. guineense* (Myrtaceae). *Economic Botany*. 49(2): 153–161.
- Madhu, K.; B. Kwang–Hyun. 2017. Somatic embryogenesis in guava (*Psidium guajava* L.): status and future perspectives. *3 Biotech*. 7: 203. 11p.
- Maneesh, M.; S. Uzma; N. Sharma and U. Hudedamani. 2014. An Agrobacterium mediated transformation system of guava (*Psidium guajava* L.) with endochitinase gene. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 14: 232–237.
- Mata, I. y A. Rodríguez. 1985. Cultivo y producción del guayabo. Ed. Trillas. México. 163 pp.
- Methela, N.J.; O. Faruk; M. Shafiqul and M. Mokter. 2019. Morphological Characterization of Guava Germplasm (*Psidium* sp.). *Journal of Bioscience and Agriculture Research*. 20(01): 1671–1680.
- Morton, J.F. 2000. Guava. In: Fruits of warm climates. Miami. <http://newcrop.hort.purdue.edu/newcrop/morton/guava.html>. Pp: 356–363.
- Nakasone, Y.H. and R.E. Paull. 1998. Tropical Fruits. *Crop Production Science in Horticulture*. ISBN 0–85199–254–4. UK. 468 pp.
- Nogueira, D.J.P. 1985. Os porta–enxertos na fruticultura de clima temperado. *Informe Agropecuario*. 11(125): 3–12.
- Orellana Gallego, R.; L. Castiñeiras; Z. Fundora; T. Shagarodsky; V. Fuentes; O. Barrios; R. Cristóbal; M. García; F. Hernández; M. García; C. Giraudy; L. Fernández; P. Sánchez; V. Moreno y A. Valiente. 2006. Contribución de los huertos caseros rurales cubanos a la sostenibilidad ambiental. *Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente*. 6(11): 1–5.
- Pathak, R.K. and C.M. Ojha. 1993. Genetic Resources of Guava. In: *Advances in Horticulture*. Vol. 1–Fruits Crops Part 1. Malhotra Publishing House. New Delhi. Pp: 143–147.
- Pereira, F.M. and J.C. Nachtigal. 2002. Goiabeira. In: *Melhoramento de Fruteiras Tropicais*, C. H. Bruckner, Ed. Viçosa, UFV. Pp: 267–289.
- Pérez A.; L. Nápoles; O. Concepción; R. Trujillo. 2002. Multiplicación *in vitro* de brotes de guayaba (*Psidium guajava* L.) var. 'Enana Roja Cubana', 'EEA 18–40' obtenidos a partir de semillas. *Cultivos Tropicales*. 23(3): 57–61.
- Pérez, J.M. 2000. Conferencia sobre fitonematología en el cultivo de la guayaba (*Psidium guajava* L.). Curso internacional sobre el cultivo de la guayaba. Ed. Instituto de investigaciones de Cítricos y Otros Frutales. 6p.
- Pérez, L. 2013. Análisis de la variabilidad genética y de la interacción genotipo–ambiente en poblaciones de guayabo (*Psidium guajava* L.). Tesis en opción al título de Doctor en Ciencias Biológicas, Facultad de Biología, Universidad de la Habana, Cuba. 138 p.
- Pérez, L.; A. Sigarroa; N.N. Rodríguez; E. Bandera y J. Valdés–Infante. 2013. Estimación de la heredabilidad en sentido ancho a caracteres de importancia agrícola evaluados en una población de guayabo (*Psidium guajava* L.). *Cultivos Tropicales*. 34(1): 66–73.
- Pérez, L.; A. Sigarroa; N.N. Rodríguez; J. Valdés–Infante; Evelyn Bandera. 2012. Heritability estimates of guava (*Psidium guajava* L.) agricultural important characters evaluated in three populations. Proceedings of the Third International Guava Symposium, Brazil, *Acta Horticulturae*. No. 959. Pp: 117–123.
- Pommer, C.V. and K.R.N. Murakami. 2009. Breeding Guava (*Psidium guajava* L.). En: eds. Jain S. M. y Priyadarshan P. M. *Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species*, edit. Springer. New York. Pp: 83–120.
- Popenoe, W. 1920. Manual of tropical and subtropical fruits. Hafner Press. Pp: 272–279.
- Ramezan, R.; R.P. Niedz. 2015. Protoplast isolation and plant regeneration of guava (*Psidium guajava* L.) using experiments in mixture–amount design. *Plant Cell Tiss Organ Cult*. 122(3). 20p.
- Ramírez, V.; Y.E.G. Salazar. 1998. *In vitro* culture of guava (*Psidium guajava* L.) from immature embryos. *Revista de la Facultad de Agronomía Universidad Del Zulia*. 15: 211–221.
- Ray, P.K. 2002. Guava. In: *Breeding Tropical and Subtropical Fruits*. Springer, New Delhi. Pp: 143–154.

- Ritter, E.; A. Herran; J. Valdés–Infante; N.N. Rodríguez; A. Briceño; G. Fermin; F. Sanchez; A. O'Connor Sanchez; J. Muth; J. Boike; C.A. Santos; I.C. Nunes dos Santos; M.A. Rodrigues; A.M. Risterucci; N. Billotte; D. Becker and W. Rohde. 2010. Comparative linkage mapping in three guava mapping populations and construction of an integrated reference map in guava. Proceedings of the Second International Symposium on Guava and Other Myrtaceae. *Acta Horticulturae* No. 849. Pp: 175–182.
- Ritter, E.; N.N. Rodríguez; B. Velásquez; D. Rivero; J.A. Rodríguez; F. Martínez and J. Valdés–Infante. 2010. QTL (Quantitative Trait Loci) Analysis in Guava. Proceedings of the Second International Symposium on Guava and Other Myrtaceae. *Acta Horticulturae* No. 849. Pp: 193–202.
- Rodríguez Medina, N.N.; J. Valdés–Infante Herrero. 2016. Guava (*Psidium guajava* L.) Cultivars: An Important Source of Nutrients for Human Health. In: Simmonds, M.S.J., Preedy, V.R. (Eds.), Nutritional Composition of Fruit Cultivars. Academic Press. Pp: 287–315. ISBN: 9780124081178.
- Rodríguez Medina, N.N.; J. Valdés–Infante Herrero; J.B. Velázquez Palenzuela; D. Rivero Rodríguez; D.G. Sourd Martínez, F. Martínez González y J.A. Rodríguez Rodríguez. 2010a. Colección cubana de germoplasma de guayabo (*Psidium guajava* L.): Establecimiento, caracterización y selección de cultivares. *CitriFrut*. 27(1): 28–38.
- Rodríguez N.N.; B. Velásquez. 1999. Propagación del guayabo. Informe final de proyecto. Propagación, mejoramiento y conservación de frutales cultivados bajo condiciones tropicales. CITMA. Ciudad de la Habana, Cuba: 70p.
- Rodríguez N.N.; J. Valdés–Infante; D. Becker; B. Velásquez; G. González; D. Sourd; J. Rodríguez; N. Billotte; A.M. Risterucci; E. Ritter; W. Rohde. 2005. Characterization of guava accessions by SSR markers, extension of the molecular linkage map, and mapping of QTLs for vegetative and reproductive characters. *Acta Horticulturae*. 735: 201–216.
- Rodríguez N.N.; L.O. Pérez; M. Blanco. 1994. Avances en la propagación *in vitro* de *Psidium guajava* L. Memorias de la VII Jornada Científica INIFAT–MINAG. Santiago de las Vegas, Cuba. p: 94–95.
- Rodríguez N.N.; O. Más; M. Capote. 1998. Avances en la propagación *in vitro* de frutales cultivados bajo condiciones tropicales. Memorias del III Encuentro Latinoamericano de Biotecnología Vegetal. La Habana, Cuba. p: 107–108.
- Rodríguez N.N.; O.L. Rodríguez; M. Blanco; J. Silva. 1995. Sobre la propagación *in vitro* de *Psidium guajava* L. Memorias del I Simposio Internacional sobre Fruticultura Tropical y Subtropical. La Habana, Cuba. Pp: 143–144.
- Rodríguez N.N.; V.R. Fuentes; M.R. Hernández; J. Valdés–Infante; J.B. Velázquez; D. Rivero, D.G. Sourd; J.A. Rodríguez, G. González; F. Martínez. 2007. Catálogo de cultivares de guayabo (*Psidium guajava* L.) en Cuba. Memorias del II Simposio Internacional de Fruticultura Tropical y Subtropical 2007. ISBN 978–959–296–001–5. 10 p.
- Rodríguez, N.N.; G.A. Fermín; J. Valdés–Infante; B. Velásquez; D. Rivero; F. Martínez; J. Rodríguez; W. Rohde. 2010b. Illustrated descriptors for guava (*Psidium guajava* L.). Proceedings of the Second International Guava Symposium, Mexico. *Acta Horticulturae*. No. 849: 103–113.
- Rodríguez, N.N.; J. Valdés–Infante; D. Becker; B. Velásquez; O. Coto; E. Ritter y W. Rohde. 2004. Morphological, agronomical and molecular characterization of guava accessions (*Psidium guajava* L.) in Cuba. *Journal of Genetic and Breeding*. 58: 70–90.
- Rodríguez, N.N.; J. Valdés–Infante; G. González; V. Fuentes; J. Cañizares and W. Rohde. 2010c. Genetic resources of guava (*Psidium guajava* L.) in Cuba: germplasm characterization and breeding. Proceedings of the Second International Guava Symposium, Mexico. *Acta Horticulturae*. 849: 341–348.
- Rodríguez, N.N.; J. Valdés–Infante; J. Rodríguez; J.B. Velásquez; D. Rivero; F. Martínez; González, L.; G. García; D.G. Sourd y J. Cañizares. 2008. Recursos genéticos y mejoramiento del guayabo (*Psidium guajava* L.) en Cuba. Premio Academia de Ciencias de Cuba. 150p.
- Rodríguez, N.N.; J. Valdés–Infante; J.A. Rodríguez; J.B. Velázquez; D. Rivero y F. Martínez. 2009. Preselección de híbridos de guayabo (*Psidium guajava* L.) con potencial productivo y calidad de la fruta. *CitriFrut*. 26(2): 13–21.
- Rojas–Rodríguez, F.; G. Torres–Córdoba. 2013. Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción Cas (*Psidium friedrichthalianum* (Berg) Ndzu). *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* (Costa Rica). 10(25): 30–31. ISSN: 2215–2504.
- Rossi, C.E. 2002. Levantamento, Reproducao e Patogenicidade de Nematóides a Fruteiras de Clima Subtropical e Temperado. Tese apresentada a escola Superior de Agricultura para obtencao do Título de doctor em Ciencias. Sao Paulo. Brasil. 130p.
- Sánchez, A.B. y C.B. Peña. 2012. Descriptor morfológico para la caracterización del género *Psidium*. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 28(3): 15–25.
- Sánchez–Chiang, N. y V.M. Jiménez. 2010. Técnicas de conservación *in vitro* para el establecimiento de bancos de germoplasma en cultivos tropicales. *Agronomía Mesoamericana*. 21(1): 10–27.
- São José, A.R. and F.M. Pereira. 1987. Study on different methods for pollen collect and pollination of guava (*Psidium guajava* L.). *Científica, São Paulo*. 15(1/2): 8–92.
- Shigeura, G.T and R.M. Bullock. 1983. Guava (*Psidium guajava* L.) in Hawaii history and production. US ISSN 0271–9916. 20p.
- Silva, D.; M. Eduino; C. Mendes; M. Fernández; J.J. de Lucenas; F. Fernández y A.V. da Silva. 2000. Goiabeira (*Psidium guajava* L.): cultivo sob condicho Irrigada. 2 ed., Recife, SEBRAE/PE. 40p.
- Singh, R. and O.P. Sehgal. 1968. Studies on the blossom biology of *Psidium guajava* L. (guava) 2. Pollen studies, stigmatal receptivity pollination and fruit set. *Indian Journal of Horticulture, Bangalore*. 25: 52–59.
- Soraluz Cubas, L.E. 2015. Inducción de mutaciones en centeno (*Secale cereale* Linneo) empleando radiación Gamma. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú. 65p.
- Sotolongo Sospedra, R.; G. Geada López y M. Cobas López. 2014. Mejoramiento Genético Forestal. Texto para estudiantes de Ingeniería Forestal. pp.52.
- Soubihe Sobrinho, J. y J.T.A. Gurgel. 1962. 'Taxa de panmixia na goiabeira (*Psidium guajava* L.)'. *Bragantia*. 21(2): 15–20. ISSN 0102–1966.
- Subramanyam, M.D.; C.P.A. Iyer; K.L. Chadha y O.P. Pareek. 1993. Improvement of guava. En: Advances in horticulture: fruit crops, edit. Malhotra Publishing House, New Delhi, India. Pp: 337–347. ISBN 978–81–85048–19–2.
- Torres, C.; D. Carvajal; F. Rojas; M. Arguedas. 2011. Reproducción de especies arbóreas y arbustivas de la región central de Costa Rica. Germinar. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Esc. de Ing. Forestal. Consultado: 15 de mayo 2013. Disponible en: <http://www.tec.ac.cr/sitios/Docencia/forestal/Germinar/germinar%202.html>
- Valdés–Infante Herrero, J.; N.N. Rodríguez Medina; L. González; J.B. Velázquez Palenzuela; D. Rivero Rodríguez; D.G. Sourd Martínez; F. Martínez González y J.A. Rodríguez Rodríguez. 2012a. La biotecnología como herramienta para la propagación, conservación y el mejoramiento genético del guayabo. *Revista Colombiana de Biotecnología*. XIV (2): 7–19.
- Valdés–Infante J.; D. Becker, N.N. Rodríguez; B. Velásquez; G. González; D. Sourd; J. Rodríguez; E. Ritter; W. Rohde. 2003. Molecular characterization of Cuban accessions of guava (*Psidium guajava* L.), establishment of a first molecular linkage map and mapping of QTLs for vegetative characters. *J. Genet., and Breed*. 57: 349–358.
- Valdés–Infante, J. 2005. Caracterización morfoagronómica y molecular del banco de germoplasma de guayabo (*Psidium guajava* L.) en Cuba. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Máster en Biología Vegetal. Ciudad de La Habana, Cuba. 86p.

- Valdés–Infante, J. 2009. Utilización de caracteres morfoagronómicos y de marcadores de ADN para el desarrollo de una metodología que contribuya al mejoramiento genético del guayabo (*Psidium guajava* L.) en Cuba. Tesis de doctorado en Ciencias Biológicas. Facultad de Biología. UH. Cuba. 100 p.
- Valdés–Infante, J.; G. Guevara. 2020. Mejoramiento genético. Su implicación en la domesticación de plantas y el desarrollo de la agricultura. *CitriFrut*. 37(1): 3–16.
- Valdés–Infante, J.; M. Betancourt; T. Mulkay; S. Abreu; Y. Rodríguez; G. Guevara; J.L. Leyva; Z.M. Acosta; Y.C. Méndez; M. Alonso; A. López; A. Hernández; K. Brutau; I. Rodríguez; I. Fuentes; C.M. Noriega; T. Cuellar; E. Farrés; E. Mejías. 2020. La cadena de valor de la guayaba en Cuba. Estudio de su situación en cinco municipios de las provincias de Artemisa y Santiago de Cuba. ISBN: 978–959–296–045–9. 239p.
- Valdés–Infante, J.; N.N. Rodríguez; D. Becker; B. Velásquez, D. Sourd y W. Rohde. 2006. Caracterización de accesiones de guayabo (*Psidium guajava* L.) en Cuba mediante el uso de microsatélites. *CitriFrut*. 23(2): 6–14.
- Valdés–Infante, J.; N.N. Rodríguez; J.B. Velásquez; D.G. Sourd; G. González; J.A. Rodríguez; W. Rohde. 2012b. Herramientas para un programa de mejoramiento genético del guayabo (*Psidium guajava* L.) en Cuba. *Agronomía Costarricense* 36(2): 111–129. ISSN: 0377–9424.
- Valdés–Infante, J.; N.N. Rodríguez; V. Fuentes. 2012c. Recursos fitogenéticos: diversidad, conservación y manejo. *CitriFrut*. 29(1): 3–12.
- Valero, U. 2005. Propagación de los frutales. Monografía de Fruticultura. No 7. ISBN: 84–689– 0544–5. pp.252.
- Vilches, J. 2001. Embriogénesis somática y regeneración de plantas en el guayabo (*Psidium guajava* L.) cultivar 'Enana Roja Cubana EEA 18–40'. Tesis presentada en opción al título de Máster. Santa Clara, Villa Clara, Cuba: Instituto de Biotecnología de las Plantas–IBP, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas–UCLV. 60p.
- Vilchez, J.; N. Albany. 2014. Multiplicación *in vitro* de *Psidium guajava* L. en sistemas de inmersión temporal. *Revista Colombiana de Biotecnología*. XVI (2): 96–103
- Vilchez, J.A.; N.R. Albany; R. Gómez; L. García. 2002. Inducción de embriogénesis somática en *Psidium guajava* L. a partir de embriones cigóticos. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 19(4): 20–28.
- Zamirl, R.; N. An; S. Tariq Shah; T. Mohammad; J. Ahmad. 2009. Guava (*Psidium guajava* L.) improvement using *in vivo* and *in vitro* induced mutagenesis. In: Induced mutations in tropical fruit trees. International Atomic Energy Agency IAEA TECDOC–1615. Vienna, Austria: IAEA Press, p 101–112. ISBN 978–92–0–102709–2. ISSN 1011–4289.





CAPÍTULO 3

FISIOLOGÍA Y SU RELACIÓN CON EL CLIMA

Mayda Betancourt Grandal
Caridad M. Noriega Carreras
Hugo M. Oliva Díaz
María E. García Álvarez

3.1. INTRODUCCIÓN

El guayabo (*Psidium guajava* L.) es una especie originaria de América Tropical, su centro de origen se identifica en México y Perú (Rodríguez, 2019; Bandera y Pérez, 2015). Es un árbol o arbusto perennifolio o semi-caducifolio. Posee una elevada capacidad adaptativa que le confiere la posibilidad de cultivarse en diferentes tipos de clima, desde los tropicales y subtropicales hasta los subhúmedos y semiáridos. En general, debe cultivarse a plena exposición solar y prefiere localidades de cultivo con estaciones secas bien definidas.

Es un frutal frondoso debido a su hábito de crecimiento. Se mantiene emitiendo brotes vegetativos y reproductivos prácticamente durante todo el año. Presenta, como característica reproductiva, dos picos anuales de floración y cosecha. Bajo las condiciones de Cuba, la primera cosecha se realiza durante los meses de marzo a abril y es de menor volumen de producción. La segunda es mayor y comprende los meses de agosto a octubre.

Los impactos del cambio climático no afectan significativamente a este cultivo, debido a que la inducción de la floración no depende de las temperaturas. Para incrementar su resiliencia es importante mantener tecnologías de cultivo que incluyan la fertilización, la poda, el riego y el manejo fitosanitario.

En este capítulo se recogen los aspectos fundamentales del ciclo de desarrollo del guayabo, que comprende dos etapas: vegetativa y reproductiva, con especial énfasis en las técnicas para inducir la floración y desfasar el pico de cosecha del período tradicional. La aplicación de estas permitirá contar con producciones de elevada calidad y poder disponer de frutos en otros períodos del año. Estos aspectos requieren ser investigados integralmente y con mayor profundidad bajo las condiciones edafoclimáticas del país.

3.2. PROCESOS FISIOLÓGICOS DE LAS PLANTAS

Los procesos esenciales en la vida vegetal son el crecimiento y el desarrollo, que ocurren durante todo el ciclo de vida de la planta. Estos dependen de la disponibilidad de meristemas, fotosintatos y reguladores del crecimiento. El crecimiento es el resultado de los procesos de división y aumento celular, los cuales requieren de la síntesis de proteínas, carbohidratos, lípidos, entre otros, y son irreversibles. El desarrollo demanda del crecimiento, el agrandamiento y la diferenciación celular. Este último proceso, se reconoce como de especialización celular. La acumulación de biomasa es el resultado de los procesos que ocurren durante el desarrollo de la planta (Vargas *et al.*, 2014).

La acumulación de biomasa, área foliar, diámetro, altura y masa fresca se utilizan como indicadores de crecimiento. Aun cuando este último presenta fluctuaciones, es considerado como factor de calidad para algunas flores y frutos. Una forma conveniente de evaluar el crecimiento de una especie es mediante la cinética de acumulación de biomasa que, en el caso del guayabo, está determinada por las condiciones edafoclimáticas de las zonas de cultivo y el cultivar, ya que, como se explicó anteriormente, es un frutal que se adapta con facilidad a diferentes tipos de clima.

3.3. FENOLOGÍA DEL GUAYABO

La fenología estudia las secuencias periódicas de fenómenos biológicos que ocurren durante el ciclo de vida de las plantas. Cada estadio fenológico se describe de acuerdo a su duración e intensidad, a través de observaciones visuales fundamentadas del inicio y finalización de las eta-

pas del desarrollo vegetativo y reproductivo. Las etapas manifiestan una característica adaptativa importante de las plantas con respecto a la duración y el ritmo de los procesos de crecimiento y la reproducción (Larcher, 2000). El conocimiento de la fenología es esencial para evaluar la productividad y el manejo de los cultivos. Basado en los resultados de diferentes estudios de la fenología, se han desarrollado modelos predictivos para las plantas utilizando variables como la temperatura y el fotoperíodo. Estos modelos simulan las características del desarrollo fenológico y la dinámica en el tiempo y en el espacio (Kramer *et al.*, 1996).

En las especies de frutales, la determinación de las fechas de ocurrencia de la floración y la maduración de frutos se reconocen generalmente como indicadores significativos. En los árboles frutales el período comprendido entre la floración y la presencia del cuajado de la flor se identifica como uno de los estadios del desarrollo más importantes. De esta forma, el conteo aleatorio de flores, la media del número de frutos por árbol y la masa fresca promedio, constituyen indicadores importantes de la producción de los cultivos.

El ciclo de vida del guayabo ocurre a través de tres procesos fundamentales (Kopp, 2017):

- Crecimiento celular: puede ser indefinido o indeterminado, es decir, se mantiene durante toda su vida siempre que las condiciones ambientales lo permitan, lo que resulta en ciclos de crecimiento repetitivos cada año.
- Diferenciación celular: no es uniforme en todo el árbol, se localiza en las zonas meristemáticas, las que producen células que formarán tejidos y órganos. Estas zonas están situadas en los ápices del tallo, la raíz y en las axilas de las hojas. En las axilas se forman los nuevos brotes vegetativos donde ocurre la formación de yemas reproductivas.
- Morfogénesis: es el proceso biológico responsable del desarrollo de la forma y la estructura de los órganos vegetales, a través de la división, diferenciación y crecimiento celular.

3.3.1. ESCALAS FENOLÓGICAS DISEÑADAS PARA EVALUAR EL CICLO FENOLÓGICO

Para describir y homologar la secuencia del desarrollo fenológico de las plantas fue diseñada la escala extendida BBCH (por sus siglas en alemán, Biologische Bundesantalt Bundessortenamt and Chemische Industrie). Es un sistema de codificación uniforme para la identificación fenológica de los estadios de crecimiento y desarrollo para todas las especies de plantas, mono y dicotiledóneas.

Los estadios se clasifican en principales y secundarios. Los principales no son adecuados para describir un estudio exacto, o definir fechas de evaluación, porque describen períodos de tiempos amplios en el curso del desarrollo de la planta. Mientras que los secundarios, se utilizan para referir con precisión eventos fenológicos cortos que ocurren durante un determinado estadio principal (Meier, 2001).

El guayabo muestra estadios fenológicos bien definidos que dependen de las condiciones climáticas, y que pueden ser manipuladas a través de diferentes técnicas de cultivo. La escala BBCH para evaluar la fenología de esta especie frutal, está basada en la propuesta realizada por Fleckinger (1945), quien utilizó combinaciones alfanuméricas en su diseño.

La diferencia entre esta escala y la que se utiliza en la actualidad, radica en el empleo de letras y números. No obstante, es posible identificar los estadios del crecimiento y desarrollo desde la yema en reposo hasta la maduración de los frutos.

Para la descripción de los estadios fenológicos del guayabo Singh *et al.* (2015) utilizaron los códigos generales de la escala BBCH y la propuesta realizada por Fleckinger (1945). Los resultados permitieron identificar los estadios por los que transita el árbol de guayabo durante el ciclo fenológico anual. Cada una de las etapas, vegetativa y reproductiva, presenta diferentes estadios principales (macroestadios) y secundarios (microestadios), los que se muestran en la Figura 1 y se explican en la Tabla I.

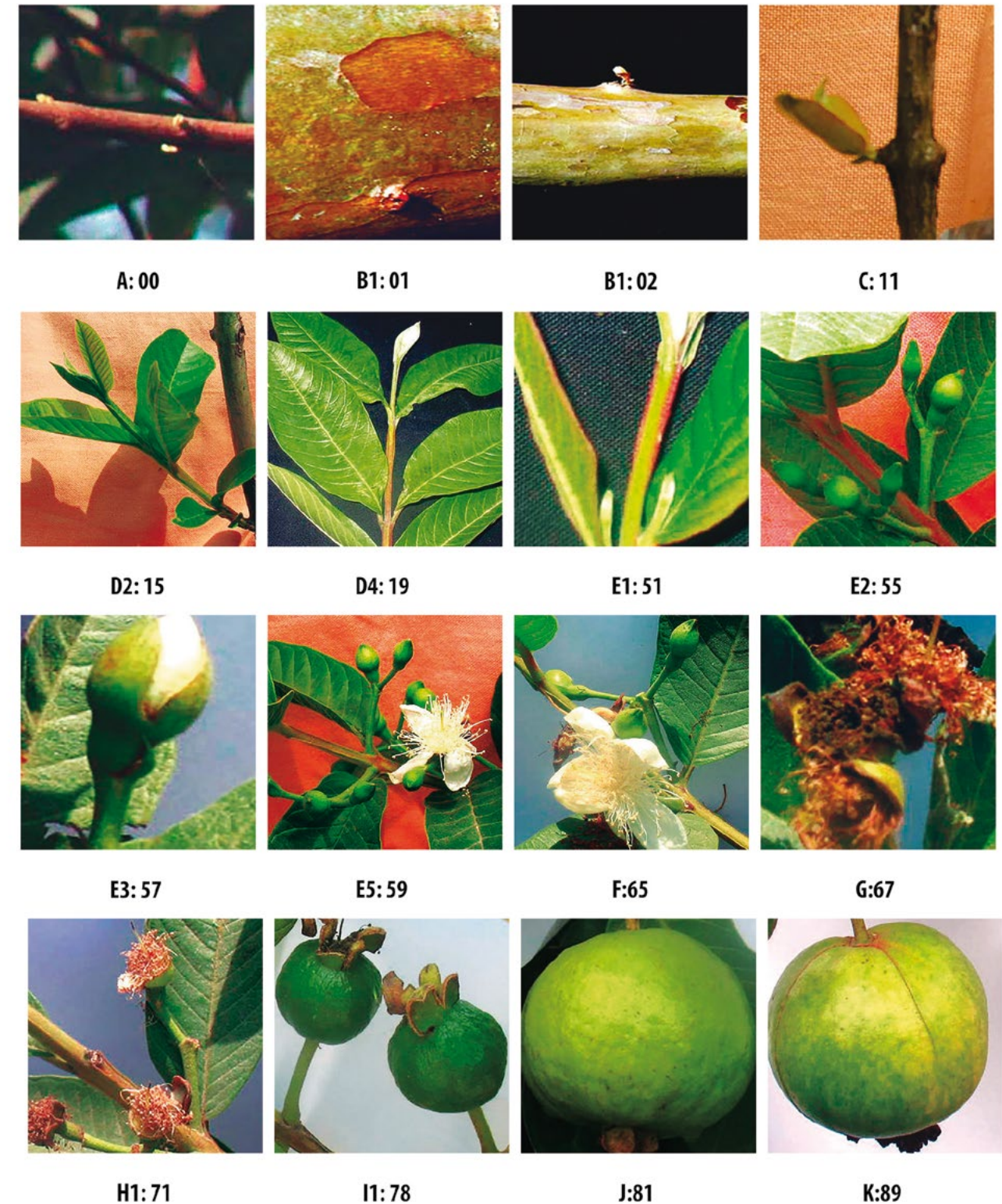


Fig.1. Estadios principales y secundarios del desarrollo del guayabo, acorde a la escala BBCH diseñada para su identificación y reconocimiento en campo. Combinación de los códigos generales de Fleckinger y los de la escala extendida BBCH. Fuente: Singh *et al.* (2015).

Tabla 1. Descripción de los estadios fenológicos principales y secundarios del guayabo (*Psidium guajava* L.) mostrados en la Figura 1. Fuente: Singh *et al.* (2015).

ESTADIOS FENOLÓGICOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS	CÓDIGOS DE FLECKINGER	ESCALA EXTENDIDA BBCH
Etapa del desarrollo vegetativo		
EP – Desarrollo de la yema	A	0
EP – Dormancia de la yema en invierno	A	00
ES – La yema comienza a hincharse	B1	01
ES – Crecimiento y elongación de la yema	B1	02
EP – Desarrollo de las hojas		1
ES – Brotación de las primeras hojas. La primera hoja es visible	C2	11
ES – Se hacen visibles más yemas vegetativas. Las yemas continúan creciendo pero no han alcanzado su tamaño final	D2	15
ES – Las hojas están completamente desarrolladas. Fin del crecimiento	D4	19
Etapa del desarrollo reproductivo		
EP – Desarrollo de las flores		5
ES – Aparecen las yemas florales, se hacen visibles y finaliza el crecimiento longitudinal del brote vegetativo	E1	51
ES – Yemas florales visibles: sépalos cerrados	E2	55
ES – Los pétalos de la flor se extienden: sépalos ligeramente abiertos, pétalos solo visibles	E3	57
ES – Los sépalos están totalmente abiertos y extendidos. Se inicia la apertura de los pétalos	E5	59
EP – Floración		6
ES – El 50 % de las flores están abiertas. Comienza la abscisión (caída) de los primeros pétalos	F	65
E – Caída de pétalos: las flores se marchitan y la mayoría de los pétalos absciden	G	67
EP – Desarrollo del fruto		7
ES – Cuajado del fruto (cuajado de la flor): tamaño del fruto hasta 10 mm de diámetro ecuatorial	H1	71
E – Estado de crecimiento del fruto. Los frutos cuentan con el 80 % del tamaño final	I1	78
EP – Maduración del fruto		8
ES – Los frutos cambian de color: comienza la maduración, los frutos alcanzan el volumen final, el cambio de color es de verde a verde pálido	J	81
ES – Maduración de los frutos: frutos completamente amarillos, fruto que madura: el fruto se pone totalmente amarillo, se reconoce el aroma agradable y está apto para la cosecha	K	

Leyenda:

EP–Estadio principal
ES–Estadio secundario

3.4. ETAPA DEL DESARROLLO VEGETATIVO

Los procesos primarios que determinan primordialmente el crecimiento vegetal son los que involucran el intercambio de gases con el aire circundante, como la fotosíntesis, la respiración y la transpiración. Estos también influyen en la distribución de biomasa entre órganos y en el rendimiento de frutos (Taiz y Zeiger, 2006). El intercambio de gases se lleva a cabo a través de los estomas, cuya conductancia de gases se controla mediante cambios en la turgencia de las células oclusivas y responde a diversos factores ambientales, entre los que se destacan la luz, la humedad y la concentración de CO₂ (Nava *et al.*, 2009).

Fotosintéticamente *Psidium guajava* L. es una especie de tipo C-3 (Nava *et al.*, 2009). Este tipo de plantas se caracterizan por mantener estomas abiertos durante el día para permitir la fijación de CO₂, lo que provoca una pérdida de agua por transpiración de forma continua. Ante el riesgo de deshidratación inducido por un estrés ambiental, estas plantas producen un cierre estomático y con ello disminuye la fotosíntesis (Informaciones Técnicas, 2013).

El árbol de guayabo es de consistencia dura y leñosa (Carballosa *et al.*, 2014). De porte pequeño, su altura oscila entre 5 m–10 m. El tronco es de forma cilíndrica. Tiene un sistema radical de raíz pivotante fuerte (cuando se propaga a través del injerto), que le provee un buen anclaje y puede alcanzar una profundidad de hasta cinco metros en dependencia de la textura del suelo y el nivel del manto freático (Gómez y Rebolledo, 2011).

Se comporta como un árbol o arbusto perennifolio o semi-caducifolio, debido a que después que finaliza la cosecha el follaje experimenta un agotamiento o letargo y se observa la presencia de un amarillamiento y abscisión (caída) de gran parte de las hojas durante el período seco. Después de este período, se reinicia el desarrollo vegetativo mediante el crecimiento de nuevas ramas y brotan las nuevas yemas con el inicio del período lluvioso (Figura 2). En climas estacionales como el de España se ha encontrado un estado de dormancia durante el invierno, reiniciándose el desarrollo de la etapa vegetativa a mediados de la estación de primavera, la cual finaliza en el otoño. Aunque son escasos los trabajos referidos al desarrollo del guayabo, se conoce que el ciclo fenológico depende del genotipo y de las condiciones climáticas. Salazar *et al.* (2006) encontraron que la duración en días del ciclo anual de desarrollo del guayabo al evaluar 16 estadios secundarios, desde la yema de invierno hasta maduración de los frutos, fue de 284 días con una acumulación de 1 712,4 grados día (GD) totales (tiempo fisiológico determinado únicamente por la temperatura, es decir, suma de calor que expresa la cantidad total de energía a la que el árbol estuvo sometido durante el período evaluado).

El guayabo durante un ciclo de desarrollo anual muestra incrementos elevados de su biomasa foliar, debido fundamentalmente, a la emisión constantes de brotes vegetativos. Esta característica es más acentuada o no, de acuerdo al tipo de cultivar y las condiciones edafoclimáticas en que se desarrolle esta especie frutal y las tecnologías de cultivo que se emplean. La brotación ocurre de forma diferenciada, la mayor masividad se produce durante el período de tiempo comprendido entre los meses de junio a septiembre (abundantes precipitaciones y temperaturas altas), con respecto a la de enero a mayo (menores acumulados de precipitaciones y temperaturas frescas). La cantidad de materia seca acumulada por la biomasa foliar es de aproximadamente, para los dos períodos de tiempo de 8 % y 5 %, respectivamente (Nava *et al.*, 2004). Durante el período seco las plantaciones requieren del beneficio del riego para expresar su potencial productivo y una buena calidad de las cosechas, debido a la disminución de días con lluvia y la reducción del volumen de precipitaciones del período.

En lo concerniente a la distribución de biomasa entre los diferentes órganos, se constató que el tronco acumuló la mayor cantidad de biomasa producida durante casi todo el año, 52 % del total, se-



Fig.2. Yema vegetativa del guayabo (*Psidium guajava* L.) cv. 'Enana Roja Cubana'. Fuente: Agrofrutales (2021).

guido de las hojas con 39 %. Las ramas y hojas mostraron un incremento gradual de biomasa durante el año, el tronco obtuvo una ganancia de 19 kg, al pasar de 13 kg a 32 kg en 12 meses (Nava *et al.*, 2004). Los resultados referidos a los incrementos de biomasa foliar coinciden con el modelo de crecimiento de tipo sigmoide simple que muestran las yemas vegetativas informado por Kopp (2017).

Si se tiene en cuenta que el guayabo presenta un crecimiento en las yemas vegetativas indeterminado y localizado, la elaboración de modelos matemáticos que describan el crecimiento permite conocer la dinámica de esta variable bajo diferentes condiciones climáticas de cultivo. Los modelos de crecimiento del diámetro longitudinal de las yemas vegetativas en función del tiempo se emplean frecuentemente y tienen las siguientes ventajas: permiten darle seguimiento a largo plazo al estadio de crecimiento, no son evaluaciones destructivas y son de fácil determinación (Casierra y Cardozo, 2009).

Las hojas del guayabo son lanceoladas, coriáceas, de color verde oscuro en el haz y pubescentes en el envés y de 7 cm a 15 cm de largo. De cada nudo del tallo se desarrollan dos hojas dispuestas de forma opuesta. Presenta un peciolo corto y glándulas oleíferas, responsables del aroma característico (Infoagro, 2002). La cinética del crecimiento de la hoja es una sigmoide con tres estadios secundarios del desarrollo bien definidos, los cuales pueden variar en el tiempo de acuerdo a las condiciones climáticas y el cultivar evaluado (Nava *et al.*, 2014):

- Estadio secundario I: la hoja incrementa su tamaño entre el 21,2 % y 21,5 % en largo y ancho, respectivamente. Finaliza aproximadamente a los 15 días.
- Estadio secundario II: la hoja alcanza 73,6 % y el 68,0 % de su tamaño final (largo y ancho). La etapa concluye alrededor de los 26 días.
- Estadio secundario III: las hojas han incrementado el 5,2 % y el 10,5 % en los brotes principales y secundarios, respectivamente. Concluye próximo a los 30 días.

Las hojas inmaduras de guayabo (70 % de expansión) presentan menor tasa fotosintética y mayor tasa de respiración que las hojas maduras totalmente expandidas. Es decir, las hojas maduras resultaron ser la fuente más importante de fotoasimilados (sustancias sintetizadas por las plantas a partir de CO₂ y de la energía solar) en guayabo, mientras que las hojas en crecimiento gastan más energía que las maduras y tienen una fuerte demanda de fotoasimilados. Cuando los árboles no experimentan sequía, las tasas de asimilación neta y de transpiración son imperceptibles. En presencia de sequía se reduce el 50 % de la conductancia estomática, se inhibe por completo la transpiración y se reduce la tasa fotosintética al 55 % (Nava *et al.*, 2009). Por consiguiente, la condición de sequía provoca un efecto negativo sobre el árbol, debido a la reducción de fotoasimilados disponibles para satisfacer la demanda de los procesos de crecimiento y desarrollo.

El árbol crece simétricamente y presenta una forma de domo (cúpula–parte más alta) (Figura 3). La corteza del tronco es lisa, de color café intenso y tersa escamosa, la cual se desprende en delgadas escamas. Las ramas jóvenes son de color café amarillo y frecuentemente de color café intenso y están cubiertas con pelos finos. Las ramas, al desarrollarse, se tornan de color café claro, opacas y lisas, con lenticelas diseminadas (Nava *et al.*, 2009).

3.5. ETAPA DEL DESARROLLO REPRODUCTIVO

En el guayabo la brotación de órganos florales ocurre durante casi todo el año; de hecho, la emisión de brotes vegetativos y reproductivos es casi continua para árboles cultivados bajo condiciones de clima tropical. Sin embargo, la mayor cantidad de flores se observa durante los meses de invierno, entre diciembre–febrero coincidiendo con la mayor intensidad del desarrollo vegetativo. La emergencia de las flores ocurre en las axilas de las hojas de los brotes vegetativos de 2–3 meses de edad



Fig.3. Árbol de guayabo (*Psidium guajava* L.) cv. 'Enana Roja Cubana'. Fuente: Agrofrutales (2021).

y su contribución a la biomasa total del árbol es muy baja, apenas representan el 1 % los botones y las flores (Nava *et al.*, 2004).

3.5.1. ESTADIO PRINCIPAL DEL DESARROLLO FLORAL

El estadio principal del desarrollo floral en árboles frutales, se divide en iniciación e inducción floral. La iniciación floral comprende la división y la elongación celular que dan origen al desarrollo de brotes, que pueden ser vegetativos (solo hojas), reproductivos (solo flores) o mixtos (hojas y flores en la misma estructura floral). La iniciación se define como el comienzo del desarrollo de brotes, independientemente del tipo de estos. La inducción floral es un evento fisiológico que ocurre en árboles frutales y se diferencia de la iniciación por ser un cambio fisiológico en el que los brotes ya han determinado el curso de su desarrollo y forman estructuras temporalmente definidas, como brotes vegetativos, florales o mixtos (Almanza *et al.*, 2020). Durante este proceso el árbol sufre cambios metabólicos internos que están determinados por diferentes factores como: el contenido de carbohidratos y nitrógeno, la luz, el suministro de agua, las fitohormonas, y otras prácticas agronómicas como la poda y el raleo de frutos (Solarte, 2013).

La inducción floral consta de dos cambios fundamentales: uno reversible, durante la cual la interrupción de los factores inductores anula la programación reproductiva de las yemas (Ej. *Mangifera indica* L. y *Psidium guajava* L.) y otro irreversible, en el cual la evolución endógena no podría ser alterada (Ej. *Persea americana* Mill.) (Pessarakli, 2001).

La inducción irreversible comienza a partir de cuatro a cinco semanas antes de iniciar el cambio morfológico, la diferenciación floral. Los primeros síntomas aparecen con el aplanamiento del ápice meristemático de la yema floral y continúa con la aparición de los primordios de sépalo, y el ápice adquiere una forma cóncava (Lobos y Yuri, 2006 citados por Solarte, 2013).

Para que ocurra la inducción de la floración en el guayabo se necesitan ciertos niveles de irradiación solar y acumulación de fotoasimilados. La cantidad de luz interceptada por la copa de los árboles como resultado de la poda influye sobre el crecimiento vegetativo, la eficiencia fotosintética, la iniciación floral, el cuajado de la flor, el tamaño y calidad de los frutos. Los carbohidratos tienen un papel fundamental en las hojas y en los brotes foliares terminales donde ocurre la floración y la fructificación. Por consiguiente, el árbol requiere un adecuado balance nutricional antes de la floración (Ravishankar *et al.*, 2014).

La intensidad del crecimiento vegetativo unida a la ausencia de un reposo y la presencia de frutos en el árbol inhiben el proceso de diferenciación de la yema floral y por lo tanto, la formación de frutos, debido al exceso de contenidos endógenos de giberelinas (Ariza *et al.*, 2004).

El guayabo cultivado en la India entra en una etapa de reposo cuando el riego se suspende de febrero a mayo. Cuando se reanuda al final del mes de mayo, se debe regar con una frecuencia entre 10–15 días hasta que se inician las lluvias y los árboles comienzan a florecer (Ravishankar *et al.*, 2014).

3.5.2. ESTADIO PRINCIPAL DEL DESARROLLO DE LA FLORACIÓN

La duración de la floración varía debido a la ocurrencia de fluctuaciones en las condiciones climáticas. Así, se ha observado que es mayor durante el período lluvioso con respecto al período seco. Bajo las condiciones de Bihar (India) se observó que el período de tiempo que media entre la yema floral visible hasta que ocurre la floración completa, oscila entre 19–23 días. La cantidad de días transcurridos desde que aparece la primera flor hasta la última oscila entre 30–65 días y la masividad de la floración, 50 % de la copa de los árboles florecidos, estuvo comprendida entre 15–30 días (Alfia *et al.*, 2017). No obstante, es importante señalar, que estos períodos de tiempo entre los diferentes estadios secundarios que conforman los macroestados principalmente del desarrollo floral y la floración, son variables y están determinados fundamentalmente, por las características del clima, el cultivar evaluado, el balance de nutrientes del árbol y las tecnologías de cultivo aplicadas.

La flor puede estar solitaria o formando una inflorescencia de hasta 8 cm de longitud con dos o tres flores dulcemente perfumadas y actinomorfas (simetría lineal). La inflorescencia es dicotómica

(cerrada, el eje principal termina en una flor y deja de crecer) y normalmente se desarrolla solo la yema del primer nivel. Las flores son axilares, pediceladas (flor con pedicelo que la une al eje principal de la inflorescencia), epíginas actinomorfas y hermafroditas, con un diámetro entre 35 mm–50 mm. El cáliz es turbinado con cuatro o cinco sépalos de color verde amarillento y cuatro o cinco pétalos de color blanco insertados en un disco que rodea la cavidad del cáliz. Presenta numerosos estambres insertados en hileras alrededor del disco, su número varía entre 300–600, los filamentos son blancos y las anteras de color amarillo claro, el estilo es de color verde tubulado, liso y curvado sobre los estambres, el ovario es ínfero y se dispone en un disco carnosos (Klein *et al.*, 2020).

El desarrollo floral se inicia con la diferenciación del botón, el cual requiere alrededor de 30 días para transitar al estadio secundario de agrietamiento del cáliz (Salazar *et al.*, 2006). Este estadio se observa, un día antes de la apertura de la flor, la floración se inicia en las primeras horas de la mañana y después de la apertura floral ocurre la dehiscencia de las anteras (Sehgal y Singh, 1967) (Figura 4).



Fig. 4. Diferenciación floral del guayabo (*Psidium guajava* L.) cv. 'Enana Roja Cubana'. Fuente: Agrofrutales (2021).

De acuerdo con los estudios realizados por Soubiher (1951) sobre la biología reproductiva del guayabo cultivado en Brasil, cuando los botones florales alcanzan su máximo desarrollo, los sépalos comienzan a separarse, esta condición marca el inicio de la antesis, ocurre temprano en la mañana y tiene una duración aproximada de una hora. El inicio de la antesis es variable y depende de la temperatura diurna.

La dehiscencia de las anteras ocurre antes de la antesis; a temperaturas de 25,0 °C se alcanza el óptimo de germinación de los granos de polen. La apertura del estigma sucede con la flor abierta y puede estar en esta condición durante 72 horas, pero su receptividad acontece un día después de la antesis, por un período de tiempo aproximado de 32 horas (Seth, 1963) (Figura 5).



Fig. 5. Brote floral en el estadio secundario de antesis. Cultivar 'Enana Roja Cubana'. Fuente: Agrofrutales (2021).

Las flores del árbol de guayabo pueden polinizarse de dos formas, cruzada y mediante la autopolinización. De acuerdo con los estudios realizados, la primera da como resultado una mayor producción de frutos con respecto a la segunda. La polinización cruzada se realiza fundamentalmente a través de los insectos y en tal sentido la abeja *Apis mellifera* se considera como el principal agente polinizador. La polinización de la flor solo a través del viento (cruzada) no garantiza un buen cuajado. Se ha comprobado que la presencia de insectos en las plantaciones de guayabo incrementa la producción por árbol (Klein *et al.*, 2020) (Figura 6).

La forma y tamaño del polen es variable y parece influir en ello el medio empleado para su observación. Diferentes autores informan que el polen permanece viable solo por un día en condiciones de campo y de 90 a 135 días cuando

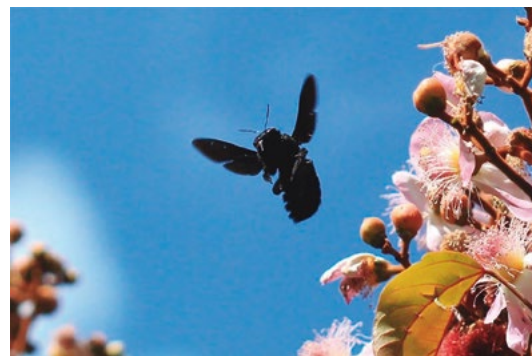


Fig. 6. Polinización de la flor del guayabo mediante insectos polinizadores. Fuente: Klein *et al.* (2020).

se almacena a una temperatura entre 0 °C y 4,5 °C y de 0 %–25 % de humedad relativa. Los granos de polen mantienen su capacidad de germinación (cuando el grano de polen llega a la superficie del estigma) durante mayor tiempo que su capacidad de fertilización (unión del núcleo generativo del polen y el núcleo del ovario, formación del embrión) (IIFT, 2011). El porcentaje de la germinación del polen en las flores recientemente abiertas está en un rango entre 40,23 %–80,34 %. Esta característica difiere entre cultivares (Alfia *et al.*, 2017).

El bajo cuajado de las flores puede deberse a la falta de polinización, ya que estas solo permanecen abiertas un día; aunque se han publicado receptividades del estigma de hasta 48 horas después de la antesis (Nakasone y Paull, 1997). También se ha informado, que la polinización y la fertilización de las flores evitan que se presente la capa de abscisión que conllevaría a la caída de las flores y además, favorecen el crecimiento y el desarrollo del fruto. Adicionalmente, se ha encontrado que existe cierto grado de auto incompatibilidad e incompatibilidad cruzada entre clones de guayabo. Esto genera una variación importante en el porcentaje de cuajado de las flores cuando estas se encuentran en condiciones de polinización abierta (Nitsch, 1999) (Figura 7).

Los árboles de guayabo se plantan comúnmente en jardines y patios de las casas. Bajo estas condiciones las flores pueden polinizarse a mano con un cepillo, preferentemente con polen de otro árbol. Tanto la autopolinización como la polinización cruzada conllevan a la producción de frutos. Se recomienda plantar dos árboles bajo condiciones de jardín para garantizar la polinización (Klein *et al.*, 2020).



Fig. 7. Estadio fenológico del cuajado de la flor. Cultivar 'Enana Roja Cubana'. Fuente: Agrofrutales (2021).

3.5.3. ESTADIO PRINCIPAL DEL DESARROLLO DEL FRUTO

El fruto del guayabo es una baya, la forma varía de redonda a ovoide hasta aplanada y su masa fresca fluctúa entre 25 g–500 g. La corteza del fruto es rugosa o lisa, libre de pubescencia, el color en el fruto inmaduro es verde oscuro y pasa a verde amarillo, amarillo pálido y amarillo en el estado de madurez, característica que depende del cultivar. La pulpa del fruto maduro es blanda y jugosa, varía de color blanco, crema, amarillo, salmón, rosado y rojo (Fischer *et al.*, 2012). La cavidad que guarda las semillas en el centro del fruto (endocarpio o pulpa interna) es pequeña o grande, con semillas duras y semiduras, dependiendo del cultivar. El mesocarpio o pulpa externa tiene una textura arenosa o áspera, debido a la presencia de células pétreas (78 %) con una fuerte pared lignificada, mientras que el endocarpio es rico en células parenquimatosas (Marcelin *et al.*, 1993).

Como resultado del análisis de la información internacional y nacional es importante señalar que el período de desarrollo del fruto en cuanto al tiempo de duración y la dinámica de crecimiento, varía de acuerdo a las características climáticas de cada localidad de cultivo. Por ello, algunos autores refieren modelos de tipo sigmoidal y sigmoidal doble para describir los estadios del crecimiento. De igual forma, también es variable el tiempo que requiere la flor para convertirse en un fruto maduro, registrado a partir de la antesis hasta el momento en que adquiere la madurez fisiológica.

Así, para las condiciones de Santander, Colombia, donde el clima es tropical de régimen bimodal con dos períodos lluviosos: abril–mayo y octubre–noviembre y dos períodos secos: junio–julio y diciembre–enero, Solarte *et al.* (2010b) informaron la dinámica de crecimiento y desarrollo de los frutos del guayabo. Estos siguen un patrón general: a la floración o antesis le sigue la polinización y fertilización del óvulo, que da comienzo a su desarrollo hasta convertirse en un fruto maduro. Esta transición pasa por estadios con características bien definidas: 12 días después de la floración se forma un fruto identificable que se conoce como fruto cuajado (flor cuajada). Luego sigue un estadio secundario 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 (Tabla 2).

Tabla 2. Calendario de la dinámica de crecimiento y desarrollo del fruto del guayabo, bajo las condiciones de clima tropical en Colombia. Fuente: Solarte *et al.* (2010b).

ANTESIS	FRUTO CUAJADO	FRUTO VERDE INMADURO	MADUREZ FISIOLÓGICA	FRUTO MADURO
Cantidad de días de un proceso a otro	12	90 – 120	130 – 150	160 – 80

Los autores, para explicar el desarrollo del fruto, utilizaron un modelo matemático de tipo sigmoide, con tres estadios secundarios que varían en duración. Esto se debe a que están relacionados con el genotipo del material y con factores internos y externos que intervienen durante los diferentes estadios. A continuación, se describen los estadios (Solarte *et al.*, 2010b):

- Estadio secundario I: está determinado por procesos de división celular a través de los cuales se producen casi todas las células que tendrá el fruto maduro y los procesos de diferenciación que definen las partes del fruto. El crecimiento se inicia cinco o seis días después de la floración. Tiene una duración aproximada entre 45–60 días durante la cual el crecimiento del fruto se incrementa ligeramente.
- Estadio secundario II: se caracteriza por un crecimiento lento desde los 46–61 días y hasta los 90–105 días dependiendo del cultivar. Durante estos 45 días se produce el desarrollo de embriones de semillas y no se evidencia aumento del mesocarpio.
- Estadio secundario III: se reanuda el crecimiento principalmente por expansión celular y acumulación de compuestos como azúcares, ácidos y también agua. Durante esta fase se producen dos procesos oxidativos independientes: la degradación de clorofilas y la síntesis de carotenoides. Ambos son inducidos por la producción de etileno, lo que finalmente conduce a la maduración organoléptica del fruto. En este estadio ocurre la maduración del fruto, el incremento de los sólidos solubles totales (SST), la disminución de la acidez total y la estabilización del crecimiento del fruto.

Heredia *et al.* (1997) señalaron que el incremento de los SST se puede atribuir a la conversión del almidón en azúcares, debido probablemente a un aumento de la actividad de las enzimas hidrolasas del almidón. La acumulación de azúcares está asociada con el desarrollo de una óptima calidad comestible y los mismos pueden ser incorporados al fruto desde la corriente de fotoasimilados, más que a partir de la degradación de las reservas de almidón del fruto. Generalmente, los ácidos disminuyen durante la maduración, ya que ellos son sustratos respiratorios o son convertidos en azúcares. De tal forma, pueden considerarse una fuente de energía y disminuyen durante la actividad metabólica que ocurre durante la maduración.

También se ha señalado, que los contenidos de acidez de los frutos difieren con respecto a la estación en que ocurre la floración. De esta forma, se ha determinado que los frutos procedentes de la estación otoño–invierno tienen mayor acidez con respecto a los que se producen en primavera–verano. Las bajas temperaturas no solo retardan la pérdida excesiva de sustratos para la respiración, sino que también incrementan la translocación de fotoasimilados de hojas a frutos (Solarte, 2013).

La longitud de cada estadio del desarrollo del fruto está fuertemente influenciada por las condiciones climáticas y el tipo de cultivar. Por ejemplo, en México, el número de días que requiere el cultivar 'Media China' para alcanzar el estado de madurez es de 130 días durante el período primavera–verano y de 190 días en otoño–invierno (Mercado *et al.*, 1998). El crecimiento de las semillas es rápido y alcanzan su diámetro máximo a los 120 días después de la polinización. En general, los frutos del guayabo requieren entre 100–150 días desde la floración hasta la cosecha (Singh, 2011).

Bajo las condiciones agroecológicas de las sabanas en Venezuela (clima tropical lluvioso con temperatura media anual de 27 °C), el fruto de guayabo comienza a presentar cambios físico–químicos a partir de los 105 días después de antesis (final de la Fase II) y alcanza su madurez comestible a partir

de los 120 días. El modelo de crecimiento y desarrollo del fruto en la localidad estudiada es de tipo sigmoideal doble (Cañizares *et al.*, 2003). El tiempo transcurrido entre el cuajado de la yema floral y la madurez fisiológica (fruto con epidermis verde, sin olor y firme al tacto), es de aproximadamente 119 días (Laguado *et al.*, 2002).

Los árboles de guayabo cultivados bajo condiciones de clima tropical y sin limitantes de riego, florecen desde la estación de primavera hasta el otoño. En invierno el árbol entra en una etapa de reposo causada por bajas temperaturas o falta de humedad del suelo, en la cual acumula las reservas necesarias para una nueva brotación y floración en primavera. Bajo estas condiciones climáticas pueden tener dos o más cosechas al año (Las Antillas, Brasil, India y Venezuela). Mientras, las plantaciones en Zacatecas, México, presentan dos patrones de fenología diferentes, determinados por la tecnología de cultivo. El primero de octubre a diciembre, en el que el árbol se somete a un estrés hídrico, se poda y se fertiliza, y de diciembre a septiembre se riega para que la brotación vegetativa ocurra de diciembre a febrero, la floración de febrero a abril, el crecimiento del fruto de abril a julio y la maduración de los frutos de julio a octubre. En el segundo, el árbol se somete a estrés hídrico de abril a junio, se ejecuta la poda de mayo a julio, se fertiliza de junio a julio y se riega de agosto a septiembre. Con este patrón fenológico la brotación vegetativa ocurre de junio a julio, la floración de agosto a septiembre, el crecimiento del fruto de agosto a marzo y la maduración del fruto de enero a abril (Nava *et al.*, 2004).

En Cuba, bajo las condiciones edafoclimáticas de Alquizar, provincia de Artemisa, se evaluó el período de tiempo desde la floración media (50 % de las flores abiertas) hasta que el fruto está apto para ser recolectado (estadio principal de madurez del fruto). Las evaluaciones se realizaron en el cultivar 'EEA 18 – 40' o 'Enana Roja Cubana' y en los dos momentos de ocurrencia de la floración (marzo – mayo y septiembre – noviembre). Los resultados demostraron que este período oscila entre cuatro y seis meses y comprende tres estadios secundarios del desarrollo del fruto (Rodríguez *et al.*, 2012). Estos coinciden con los descritos por Solarte *et al.* (2010b), aunque varía la duración de los mismos:

- Estadio secundario I: se caracteriza por un crecimiento rápido del fruto y transcurre durante los primeros 30–60 días después de la antesis.
- Estadio secundario II: el crecimiento es relativamente lento, las semillas maduran y se endurecen. Comprende la edad del fruto de 60–120 días.
- Estadio secundario III: se observa un incremento de la tasa de crecimiento de los diámetros ecuatorial y polar. La maduración del fruto se presenta de inmediato y se aprecia un cambio de color. Los frutos culminan este estadio principal entre los 120–180 días después de la floración.

De igual forma se ha informado que, bajo las condiciones de Cuba, se obtienen dos cosechas en el año, la primera y más pequeña de marzo a abril (fecha de ocurrencia de la floración septiembre–noviembre) y la segunda de mayor volumen de producción de agosto a octubre (fecha de ocurrencia de la floración finales de marzo–mayo). Aunque, con la introducción de los cultivares enanos, la fructificación se presenta durante todo el año, siempre y cuando no existan déficits de humedad en el suelo. Además, se pudo determinar el tiempo que media desde que la flor cuaja hasta que el fruto está fisiológicamente maduro, es de alrededor de 90 días en verano, mientras que en invierno los frutos requieren 120 días para completar el estadio de madurez (González *et al.*, 2000). En la Figura 8 se muestran diferentes estadios secundarios del desarrollo de los frutos del cultivar 'Enana Roja Cubana'.



Fig.8. Frutos en diferentes estadios secundarios de desarrollo del fruto, cultivar 'Enana Roja Cubana'. Fuente: Agrofrutales (2021).

Durante los años 2012–2016 se realizaron estudios dirigidos a conocer el calendario fenológico del cultivar de guayabo ‘Enana Roja Cubana’ en la localidad de Jagüey Grande, Matanzas. Para ello se analizó la variable cantidad de días requeridos para que el fruto este apto para ser cosechado, desde la floración media hasta la cosecha. De los resultados se pudo conocer que la floración masiva en ‘Enana Roja Cubana’ se presentó entre los meses de marzo y abril y los frutos requirieron 131 ± 10 días desde la floración hasta la recolección (Castro *et al.*, 2017).

3.6. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FENOLOGÍA DEL GUAYABO

3.6.1. FACTORES INTERNOS DEL ÁRBOL

El rendimiento y la productividad son dos aspectos importantes a considerar en el estudio integrado de la fotosíntesis, el crecimiento, la translocación y el almacenamiento de fotoasimilados. La capacidad fotosintética foliar, no es más que la tasa fotosintética por unidad de área foliar y esta varía como consecuencia de la luz, la temperatura y la disponibilidad de agua, así como de la edad y de los aspectos genéticos (Solarte *et al.*, 2010a).

La productividad depende de la fotosíntesis y esta puede estar influida por propiedades inherentes de la hoja y por prácticas culturales. Además, entre el 90 % – 95 % de la masa seca de las plantas se deriva de la fotosíntesis, por consiguiente, la producción depende directamente de la tasa fotosintética y de la cantidad de hojas aptas para realizar la fotosíntesis. Las mismas muestran grandes variaciones en la capacidad fotosintética, dependiendo de la irradiación interceptada, el balance hídrico, la temperatura y la tasa de respiración (Solarte *et al.*, 2010a; Lemus y Ramírez, 2002).

Como resultado del proceso de la fotosíntesis, se produce masa seca (MS). La acumulación y el crecimiento dependen del exceso de carbohidratos sintetizados en relación con aquellos que se utilizan como sustratos de la respiración. Sin embargo, este concepto no es estricto para todas las estructuras del árbol, debido a que el mecanismo de redistribución de los fotosintatos puede incrementar o reducir la biomasa acumulada en cada una de las estructuras. Aproximadamente el 90 % de la masa seca acumulada es producto de la actividad fotosintética, mientras que el porcentaje restante procede de la absorción mineral. Cuando los nutrientes minerales son limitados, los árboles reducen su crecimiento y se alteran aspectos de su morfología, la absorción y el uso de los minerales con el objetivo de adquirir las escasas reservas de minerales en el suelo (Dussán *et al.*, 2016).

De forma general, las deficiencias de N (nitrógeno) y P (fósforo) inducen una acumulación de carbohidratos en las hojas, grandes cantidades de C (carbono) distribuido a las raíces y un incremento en la relación raíz/parte aérea. Estas mismas deficiencias alteran varios eventos fisiológicos, especialmente la fotosíntesis, el metabolismo de azúcares y la asignación de fotoasimilados entre fuentes y sumideros (Calderón y Moreno, 2009). También se conoce que la menor acumulación de masa seca en la raíz está relacionada con altos contenidos de Ca (calcio) en el árbol. Al parecer esto se debe a que el Ca estimula la división celular en los ápices meristemáticos, facilita la división celular y la síntesis de auxinas (Marschner, 2012). Bajo estas condiciones, se afecta el desarrollo de las etapas vegetativa y reproductiva del árbol.

3.6.2. FACTORES AGROCLIMÁTICOS

El guayabo es un árbol que se adapta a un amplio rango de ambientes, crece en climas húmedos y secos a elevaciones sobre el nivel del mar (m s. n. m.) desde 0 m s. n. m. – 2 100 m s. n. m., si no hay heladas. Sin embargo, a menos de 1 000 m s. n. m. las plantaciones son más exitosas, y se obtiene el mejor crecimiento y producción. Esta especie supera a la mayoría de los frutales tropicales y subtropicales con respecto a la adaptabilidad y productividad, debido a su tolerancia al frío, la sequía y la salinidad (Solarte, 2013).

Condiciones de suelo

Es una especie bastante rústica, se desarrolla bien en una amplia gama de suelos, desde arenosos hasta arcillosos, pero los mejores para ella son los francos, donde se producen frutos de mejor calidad. Sin embargo, para el cultivo comercial es preferible establecer las plantaciones en suelos de tex-

tura franca. Aunque tolera suelos con anegamiento por un período de tiempo corto, es aconsejable utilizar suelos permeables, porque favorecen un buen drenaje y una mejor calidad del fruto. La especie tolera diversas condiciones de suelo, pero produce mejor cuando estos tienen buen drenaje, abundante materia orgánica, pH entre 4,5–7,5 y una profundidad de hasta 4 m (Álvarez y Camacho, 2018).

Condiciones de altitud

La duración del estadio principal de desarrollo del fruto depende de la altura sobre el nivel del mar (m s.n. m.) donde esté establecida la plantación. A 650 m s. n. m. el desarrollo del fruto tiene una duración de 180 días, mientras que se requieren hasta 270 días para altitudes de mil 786 m s. n. m. A esta altitud el fruto madura en la época de frío lo que provoca mayor dureza de las semillas y mayor firmeza de los frutos (Solarte, 2013).

La altitud también influye en la fecha de cosecha, a bajas altitudes tiene una duración de 30 – 40 días, a mayor elevación transita desde 50 hasta más de 80 días. De igual forma el diámetro del fruto varía de acuerdo con la altitud. En localidades que se ubican a mil 500 m s. n. m., el diámetro ecuatorial medio de los frutos está comprendido entre 5,3 cm – 5,9 cm, a mil 350 m s. n. m. oscila alrededor de 5,8 cm, a mil 190 m s. n. m. entre 4,9 cm – 5,8 cm y en localidades bajas (700 m s. n. m.) el diámetro está aproximadamente en 5,5 cm (Solarte, 2013).

Para las condiciones de cultivo de Cuba, en la Isla de la Juventud, los procesos de botonización, floración y fructificación transcurren en 103 días (ocurrencia de la floración en el período de tiempo septiembre– noviembre), y a los 195 días el árbol cuenta con frutos maduros, en una plantación de guayabo ‘Enana Roja Cubana’ ubicada a una altitud entre 25 m s. n. m. y 30 m s. n. m. (Pardo y Pérez, 2006).

Condiciones de sequía

La respuesta fisiológica de los árboles de guayabo cultivar ‘China’ en México, respondieron a la sequía con una reducción de un 50 % y 55 % de la conductancia estomática y la tasa fotosintética, respectivamente. La sequía inhibe completamente la tasa de transpiración foliar e incrementa los niveles de respiración (Nava *et al.*, 2009).

Bajo las condiciones edafoclimáticas de Brasil, se observaron bajos valores de resistencia estomática en épocas húmeda y seca, así como baja resistencia a la pérdida de agua. No obstante, otros mecanismos fisiológicos como una mayor eficiencia en la absorción de agua y el sistema de raíces profundas le permiten a esta especie ser más tolerante a las condiciones de sequía (Alves de Sena *et al.*, 2007).

Sin embargo, los árboles de guayabo no expresan adecuadamente su potencial productivo y la calidad de sus cosechas bajo escenarios de estrés por sequía, y solo cuando se encuentran bajo condiciones de riego mantienen una producción constante (Cañizares, 1968). Además, Mata y Rodríguez (1990) informaron que el agua es imprescindible en los estadios críticos de crecimiento del árbol y durante el desarrollo del fruto, ya que, sin la cantidad de agua disponible durante estos estadios, no solo se retrasará la fecha de inicio de la cosecha, sino que también se afectará la cantidad de frutos y su tamaño.

De igual forma se ha encontrado que el déficit de presión de vapor de las hojas (DPV), como consecuencia de la sequía, disminuye la concentración de ácido cítrico en los frutos, debido a la reducción de la transpiración y al rango a que se realiza la fotosíntesis en los frutos (Solarte *et al.*, 2014).

Bajo las condiciones edafoclimáticas de Cuba, se pudo comprobar que el incremento de la humedad del suelo en plantaciones comerciales de guayabo ‘Enana Roja Cubana’ provocó un efecto favorable sobre el rendimiento y el tamaño del fruto. La cosecha contó con mayor cantidad de frutos grandes, con una masa fresca superior a los 100 g y un rendimiento de 41 t/ha (Hernández *et al.*, 2009).

Condiciones de anegamiento

El guayabo es una especie que tolera el anegamiento de forma moderada (Fischer *et al.*, 2012). Cuando ocurren precipitaciones prolongadas se incrementan los pigmentos antocianicos (son pigmentos hidrosolubles que se hallan en las vacuolas de las células vegetales y son los responsables del color rojo púrpura o el azul en hojas, flores y frutos) en las hojas y, como consecuencia, reducen la capacidad fotosintética de este frutal y, por tanto, la producción y la cantidad de días de cosecha (Moreno y Fischer, 2014). Estas condiciones húmedas aumentan la incidencia de plagas y enfermedades y conllevan a la abscisión del 90 % de los frutos. El exceso de agua durante el crecimiento de los frutos reduce el contenido de sólidos solubles totales (Ashraf, 2012).

Condiciones de salinidad

De forma general, la salinidad reduce el crecimiento de la parte aérea y de los entrenudos, suprime la iniciación y la expansión de las hojas, y acelera la abscisión de las mismas (Casierra *et al.*, 2006).

Los trabajos relacionados con la respuesta del guayabo a condiciones de salinidad del suelo o a incrementos de sales en el agua utilizada para el riego, refieren que pueden producirse los siguientes efectos:

- Inhibición de: emergencia de plántulas, altura y diámetro del tronco, área foliar y la producción de masa seca de raíces, brotes y hojas (Cavalcante *et al.*, 2007).
- Concentraciones superiores a 10 NaCl mM (NaCl-cloruro de sodio, mM-milimoles) disminuyen el crecimiento, el metabolismo del nitrógeno, la fotosíntesis y el contenido de clorofilas. Cuando las concentraciones de sales son de 30 NaCl mM se reduce el crecimiento del tronco.
- La salinidad en guayabo causa el cierre estomático o la disminución de la eficiencia fotoquímica del cloroplasto, en ambos casos con reducción de la tasa fotosintética (Ebert *et al.*, 2002).
- Ligeras modificaciones en la distribución de biomasa causada por concentraciones salinas entre 10 NaCl mM – 80 NaCl mM (Casierra *et al.*, 2006).

La salinidad afecta varios procesos, la absorción de agua y el intercambio de gases, debido a las alteraciones morfológicas causadas, entre ellas: desbalance nutricional, reducción de la conductancia estomática, el rango fotosintético y la transpiración. Las afectaciones provocadas por la salinidad se manifiestan en la reducción del crecimiento del árbol debido a una menor absorción de CO₂ de la atmósfera, y por consiguiente, causa una reducción de la fotosíntesis (Bezerra *et al.*, 2018).

Para mitigar los efectos adversos de la salinidad, en los árboles se puede emplear una estrategia de manejo que consiste en la aplicación de fertilizantes nitrogenados, los cuales promueven el crecimiento y pueden reducir el efecto de la salinidad. Además, el nitrógeno participa en las funciones estructurales de varios compuestos orgánicos, los cuales son vitales para las plantas como: aminoácidos, proteínas y prolina (Barhoumi *et al.*, 2010).

Cuando en el riego se emplea agua salinizada se reduce la masa fresca del fruto por debajo de su nivel medio y los diámetros polar y ecuatorial. Como consecuencia, disminuyen el volumen de producción y la calidad de la cosecha (Bezerra *et al.*, 2018).

3.6.3. CONDICIONES CLIMÁTICAS

Las condiciones climáticas de cada localidad están relacionadas con la fase reproductiva del guayabo. La temperatura, la cantidad y distribución de las precipitaciones, se consideran como los más críticos para el crecimiento de los árboles. La radiación solar y la humedad relativa también interfieren con los mecanismos fisiológicos, pero no son limitantes, debido a que pueden ser manipulados a través de las densidades de plantación o por el intercalamiento de cultivos de sombra (Salasar *et al.*, 2006).

Temperatura

La temperatura óptima anual para el cultivo del guayabo es de 25 °C, aunque puede desarrollarse a una temperatura media de ± 5 °C del óptimo señalado. Los rendimientos más altos se obtienen con una temperatura media anual entre 23 °C–28 °C. No obstante, se ha señalado que el guayabo puede

tolerar temperaturas de 45 °C o más. Esta especie frutal es sensible a las bajas temperaturas y se ha observado que los árboles jóvenes pueden morir a -1,7 °C, mientras que los adultos pueden tolerar períodos cortos de hasta -3,3 °C (Solarte, 2013; IIFT, 2011). Las oscilaciones de la temperatura entre el día y la noche de 8 °C– 10 °C favorecen la buena pigmentación del fruto y la mayor concentración de azúcares, pero las temperaturas bajas cercanas a los 3 °C, no permiten la maduración del fruto (Álvarez y Camacho, 2018).

La actividad del cámbium de las ramas se incrementa gradualmente con las temperaturas hasta que exceden el valor de 28°C; a partir de ese valor comienza a disminuir. Las yemas vegetativas abren poco después de iniciada la actividad cambial (Álvarez y Camacho, 2018).

Precipitaciones

La precipitación mínima para la obtención de una producción aceptable debe ser de 600 mm/año, y tolera un volumen de precipitaciones anuales de hasta dos mil mm. Para que ocurra una buena y abundante floración, se requiere de una época seca definida, la cual debe dar una producción óptima de frutos. Las áreas de cultivo que cuentan con el beneficio de las precipitaciones por debajo del valor mínimo, requieren la aplicación del riego (Gómez y Rebolledo, 2011).

La distribución de las lluvias es otro factor de gran importancia, ya que durante los períodos lluviosos ocurre el crecimiento activo del árbol, la nueva brotación vegetativa, la floración y el desarrollo de los frutos (Lozano *et al.*, 2002). El guayabo se desarrolla en áreas que reciben precipitación media anual entre mil y dos mil mm. También puede prosperar en condiciones de mayor humedad, pero la calidad de los frutos disminuye. Es tolerante a la sequía, pues logra producciones en regiones donde se presenta una estación seca prolongada de cinco o más meses. En zonas cálidas con precipitaciones bien repartidas durante todo el año se logra una producción continua, aunque los frutos disminuyen en calidad (IIFT, 2011). Además, los mejores rendimientos se obtienen en regiones con lluvias en verano y un volumen de precipitación media anual que no exceda de mil mm (Solarte *et al.*, 2010a).

Humedad relativa

La humedad relativa óptima para el cultivo del guayabo es de 75 %-80 %, aunque se obtienen buenas producciones en plantaciones comerciales establecidas en regiones desérticas. Las condiciones de bajos valores de humedad relativa reducen los problemas fitosanitarios del cultivo (Lozano *et al.*, 2002).

Radiación y luz solar

En el guayabo el factor radiación solar es muy importante, para el manejo de densidades de población y distancias de plantación, porque la floración y fructificación en este frutal se produce en la periferia y en la parte alta de la copa, las cuales reciben directamente los rayos solares. El árbol requiere de una buena intensidad lumínica, debido a que la luz deficiente induce baja fructificación y muerte de ramas que se desarrollan en el interior de la copa. Altas intensidades de radiación solar favorecen la acumulación de mayores niveles de azúcares y ácido ascórbico en los frutos. El cultivo necesita aproximadamente de 5,4 horas diarias de luz (Álvarez y Camacho, 2018).

Viento

Los vientos fuertes son perjudiciales para el follaje, la floración y los frutos en crecimiento, ya que además de ocasionar quebraduras y otros daños mecánicos, incrementan la evapotranspiración (IIFT, 2011).

3.7. VULNERABILIDAD DEL CULTIVO DEL GUAYABO AL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático inducido por las actividades humanas es un problema mundial que afecta de forma negativa los procesos ecológicos, económicos y sociales que rigen el planeta (IPCC, 2001). Se produce fundamentalmente por el incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, como el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O) y el dióxido de carbono (CO₂) (Ibrahim, 2006).

Desde hace varias décadas, el estudio del tema del calentamiento global ha atraído la atención de la comunidad científica y de los gobiernos, por el impacto a nivel global, regional y local que

puede tener este fenómeno. Se ha incrementado la evidencia de que la Tierra está experimentando un cambio en la temperatura global promedio, que se manifiesta en el aumento de las temperaturas superficiales de la tierra, de los océanos, al igual que del sistema combinado tierra-océanos. El calentamiento global es un proceso gradual con graves consecuencias como: elevación del nivel de los mares, daños en las cosechas, hambre, cambios en los regímenes de lluvias, cambios en las poblaciones de plantas y animales, efectos serios en la salud, propagación de enfermedades infecciosas, entre otras (Isaza y Campos, 2007).

Existen evidencias científicas sobre el impacto del cambio climático en la agricultura por el efecto sobre las variables conexas relevantes: la temperatura, la precipitación, la concentración de dióxido de carbono y la humedad del suelo. Algunas investigaciones advierten que el cambio climático podría tener un impacto directo sobre la productividad de las cosechas y sobre la fertilidad del suelo. Existe la probabilidad de variaciones en las tasas de degradación del suelo, aumentos de salinización, incremento en las superficies de riego, mayores pérdidas por siniestros, reducciones de las especies polinizadoras y modificaciones importantes en la distribución y dinámica de las plagas y enfermedades (Ocampo, 2011).

Los factores de estrés ambiental pueden causar distintos cambios morfológicos, fisiológicos y bioquímicos en los cultivos y provocan una considerable reducción en su rendimiento. La comprensión de la interacción entre estos factores ambientales y procesos fisiológicos es importante para el mejoramiento de las prácticas hortícolas (riego, manejo de la luz, nutrición mineral, diseño de infraestructuras, etc.), con el objetivo de optimizar la fotosíntesis e incrementar la productividad de los cultivos (Restrepo *et al.*, 2010).

Los frutales perennes cuando se exponen a condiciones óptimas de temperaturas y precipitaciones desde el inicio hasta el final del año condicionan la calidad de sus producciones. Los estadios del desarrollo floral y la floración en los árboles tienen un largo período de tiempo. El régimen de temperaturas del suelo y del ambiente determina el cuajado de la flor por cambios en los niveles hormonales que se requieren para los procesos de crecimiento y desarrollo. Las temperaturas juegan un importante papel en la ruptura de la dormancia de las yemas, a diferencia de los frutales subtropicales y tropicales, donde la temperatura determina la diferenciación y el cuajado de la flor. Los frutales requieren diferentes regímenes de temperatura para su mejor crecimiento y desarrollo, pero, debido al calentamiento global, es posible que los árboles no cuenten con un rango de temperaturas óptimas para su buen desarrollo. Como consecuencia, las producciones pueden disminuir al igual que la calidad de las cosechas (Subedi, 2019).

En condiciones de clima tropical, donde las temperaturas son altas, un incremento por encima del rango normal, afectará negativamente la producción y calidad de las cosechas. Por el contrario, las áreas de cultivo comercial establecidas bajo condiciones climáticas donde prevalecen temperaturas frías serán beneficiadas por el efecto de la elevación de las temperaturas por el cambio climático (Subedi, 2019).

Los estudios sobre la vulnerabilidad y el impacto del cambio climático en la especie frutal *Psidium guajava* L. son escasos, al parecer esto puede deberse a la zona de su origen, a su distribución y a su capacidad de adaptación a diferentes condiciones edafoclimáticas.

El guayabo es más tolerante a los estreses ambientales, pero los árboles jóvenes son susceptibles a las condiciones de sequía y al frío. Los frutos de los cultivares de guayabo que muestran en la corteza un color rojo similar al de la manzana, son muy atractivos y se obtienen bajo las condiciones del clima subtropical de la región norte de la India (Figura 9). El desarrollo del color requiere noches frescas



Fig.9. Frutos del cultivar de guayabo 'Color Manzana' producidos en la India. Fuente: Marcos (2021).

durante la maduración, pero, debido a las modificaciones de la temperatura mínima, provocadas por el cambio climático, las noches son más cálidas y solo se observan pequeñas zonas coloreadas en la corteza de los frutos (Rajan, 2008).

Además, se ha encontrado una correlación negativa con los contenidos de sólidos solubles totales, la firmeza y los porcentajes de materia seca con la temperatura durante el estadio de desarrollo del fruto. Estos resultados fueron informados por Rajan (2008) cuando la temperatura se incrementó en 0,2 °C.

La abscisión de flores de guayabo es común cuando prevalecen temperaturas bajas durante la floración. Los estudios han demostrado claramente, que las especies de insectos polinizadores han disminuido considerablemente con el cambio climático (Haokip *et al.*, 2020). En la Tabla 3 se muestran los efectos pronosticados sobre la fase reproductiva del guayabo por las modificaciones de las variables meteorológicas y la sequía como consecuencia del cambio climático.

Tabla 3. Efecto de las variables meteorológicas y la sequía sobre la floración y el cuajado de la flor del guayabo. Fuente: Rajan (2008).

VARIABLE	CAMBIO PRONOSTICADO	EFFECTO SOBRE LA FLORACIÓN Y CUAJADO DE LA FLOR
Temperatura	Incremento	<ul style="list-style-type: none"> • Efecto positivo sobre la viabilidad del polen y el cuajado de la flor • Efecto negativo sobre el proceso de inducción floral
Luz	Incremento	<ul style="list-style-type: none"> • Efecto positivo sobre el crecimiento del árbol
Sequía	Incremento	<ul style="list-style-type: none"> • Efecto positivo indirecto sobre la inducción floral • Efecto negativo sobre el cuajado de la flor y la retención de frutos

De igual forma, fue observado un incremento de los sólidos solubles totales de los frutos cuando coexisten condiciones de altas temperaturas y humedad (Sthapit *et al.*, 2012 citado por Adak *et al.*, 2016). Estas condiciones también favorecen la incidencia de moscas fruteras y de enfermedades fúngicas (Subedi, 2019).

3.7.1. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN

El manejo para incrementar el porcentaje de carbono en el suelo por el uso de fertilizantes orgánicos reduce las labores de cultivo, evita la compactación del suelo y facilita el empleo de coberturas, policultivos y otros sistemas de control de malezas. El máximo contenido de carbono en el suelo con el empleo de las técnicas de cultivo antes señaladas fue de 27,70 t/ha en el cultivo del guayabo (Rajatiya *et al.*, 2018). Este resultado constituye un servicio medioambiental y una medida de mitigación del cultivo del guayabo al cambio climático.

El empleo de coberturas (mulching) para la conservación de la humedad del suelo, mejora el microclima del suelo, la actividad microbiana y la salud del suelo. En guayabo este sistema de protección incrementó la producción en un 25,93 % (Rajatiya *et al.*, 2018).

Los árboles con vegetación densa, hojas anchas y agrupadas son los mejores para remover de la atmósfera el CO₂. En plantaciones de guayabo la biomasa total contribuyó a elevar la cantidad de carbono fijado al pasar de 1,43 Mg/ha (Mg–megagramos) a 40,54 Mg/ha, de 0,26 Mg/ha a 7,75 Mg/ha y de 0,48 Mg/ha a 13,66 Mg/ha en árboles de 4 a 14 años de edad, respectivamente (Rajatiya *et al.*, 2018).

3.8. PRÁCTICAS PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DE LAS COSECHAS

3.8.1. EMPLEO DE LA PODA

Los árboles se podan con el objetivo de reducir el crecimiento vegetativo. Esto permite lograr un balance adecuado entre el desarrollo vegetativo y el reproductivo, así como facilitar una apropiada distribución de la luz en la copa del árbol. Además, con la práctica de la poda se logran árboles de menor tamaño, con una buena distribución de los brotes en la copa. Esta característica influye sobre el tamaño de los frutos.

La demanda (sumidero) de los órganos en crecimiento: brotes vegetativos, inflorescencias, cuajado de la flor y desarrollo del fruto son superiores a la disponibilidad de las reservas de nutrientes (fuente) cuando los árboles no se podan. Como consecuencia, la producción y la calidad de las cosechas es baja. Por el contrario, cuando el árbol se poda se incrementan los sitios activos y la producción, también la calidad de los frutos mejora notablemente (Singh *et al.*, 2015). En el Capítulo 4 se detallan los diferentes tipos de poda y cómo realizarlas.

3.8.2. INDUCCIÓN DE LA FLORACIÓN Y MEJORA DE LA CALIDAD DEL FRUTO CON REGULADORES DEL CRECIMIENTO

En plantaciones comerciales de guayabo, para lograr altas producciones y óptima calidad de los frutos se requiere reducir el tiempo de floración y compactar su masividad. Para lograr este objetivo se aplican reguladores del crecimiento y bioestimulantes (productos ecológicos). La estimulación floral a través de la inducción, se realiza para lograr homogenizar la floración de todo el cultivo, de tal manera que las labores posteriores, tales como aplicaciones foliares, control de enfermedades y plagas, labores culturales y la cosecha, se puedan realizar de forma eficiente y oportuna con un costo mínimo.

3.8.3. DEFOLIACIÓN Y DESBOTONADO

Cuando se quiere elevar la producción y la calidad de las cosechas se realiza la práctica de la defoliación y el desbotonado de flores en la segunda quincena de abril. La ejecución de esta práctica trajo como consecuencia incrementos del tamaño, masa fresca y la extensión del estadio de desarrollo en los frutos del cultivar 'Gola' bajo las condiciones edafoclimáticas de Faisalabad, Pakistán (Khan *et al.*, 2011). Los autores concluyeron que la defoliación y el desbotonado tienen un efecto negativo sobre el desarrollo vegetativo y reproductivo, debido a la reducción del número de yemas florales y frutos con respecto al control. Además, la defoliación tiene un impacto negativo sobre las etapas vegetativa y reproductiva, porque los árboles cuentan con menor cantidad de hojas y brotes vegetativos necesarios para realizar los procesos fisiológicos fundamentales para la vida del árbol. Además, se produce una sensible reducción de la emergencia de inflorescencias que se producen en las axilas de las hojas de los nuevos brotes vegetativos. Mientras, el desbotonado, cuando se practica durante el verano al 50 % de la copa del árbol con ausencia de defoliación, puede ser utilizado eficazmente para elevar la producción de invierno.

3.8.4. MANEJO DE LA FLORACIÓN

La ocurrencia de una floración más abundante en el período lluvioso con respecto a la de invierno, disminuye la producción y la calidad de la cosecha, por ello, debe reducirse. Los métodos empleados para reducir la floración consisten en: poda de raíces y brotes, así como el raleo mecánico y químico de las flores por aplicaciones de urea y reguladores del crecimiento como: el ácido 1-naftalenacético (NAA), ácido naftil acetamida (NAD), ácido 2,4-diclorofenoxi acético (2,4-D), dinitro-orto-cresol (DNOC), entre otros. El raleo de botones florales puede hacerse con la aplicación 600 ppm NAA o con la combinación de 50 ppm de NAA seguido de 30 ppm de 2, 4-D y la poda de la mitad de los brotes del árbol. También pueden realizarse aplicaciones de urea foliar a una dosis de 10 % o ácido naftalén acético a 660 ppm durante el mes de mayo cuando el máximo de flores están abiertas (Suman y Bhatnagar, 2019).

La regulación de la cosecha del guayabo puede tener éxito cuando se emplean tecnologías adecuadas en las atenciones culturales (fertilización, riego, poda, entre otras) y la aplicación de produc-

tos químicos para regular la floración del verano y producir frutos en invierno. Este enfoque está fundamentado en la mejora significativa de la producción y los aspectos de calidad como el tamaño, la masa fresca y los indicadores internos de calidad de los frutos. Los métodos deben probarse a pequeña escala y después extenderse a mayores áreas. El clima, la disponibilidad de agua y el balance nutricional del árbol tienen un papel importante como factores determinantes en la selección del método apropiado (Suman y Bhatnagar, 2019).

Otra técnica para inducir la floración y elevar la producción en el guayabo, consiste en defoliar el árbol a través de la práctica del calmeo. Se fundamenta en la inducción de un estrés hídrico por la suspensión del riego por un período de uno a seis meses durante la época seca. Bajo esta condición, el árbol se defolia por completo y entra en un estado de quiescencia (estado vegetativo sin división celular), aunque se mantiene vivo por las raicillas que se encuentran a más de 60 cm de profundidad. El estrés hídrico se rompe con la aplicación de un riego o con la ocurrencia de una lluvia efectiva que reactive los puntos de crecimiento del árbol. El calmeo se realiza después de la cosecha y su duración definirá en qué época se volverá a cosechar. Esto se debe a que el período que media desde que el crecimiento se activa hasta la cosecha de los frutos es de seis meses en el verano y, si coincide con los meses de invierno, puede ser de hasta ocho meses (Aguilar *et al.*, 2011).

3.8.5. INDUCCIÓN DE LA FLORACIÓN CON NITRATO DE POTASIO (KNO₃)

Para las condiciones edafoclimáticas de Ambato, Tungurahua, Ecuador, se hicieron tres aplicaciones de nitrato de potasio a tres dosis (3 %, 6 % y 9 %) con una frecuencia de 15 días entre cada una. Los resultados demostraron que el tratamiento de KNO₃ al 3 % resultó el mejor, debido a que: i) se redujo la cantidad de días del estadio de dormancia del árbol, ii) se promovió el adelanto de la brotación de las primeras yemas florales (10 días después de la tercera aplicación), iii) mejoró la uniformidad de flores por árbol, iv) se logró mayor porcentaje de cuajado de las flores en relación con la floración masiva (91,45 %), v) se redujo el estadio de desarrollo del fruto (39 días) y vi) se incrementaron los rendimientos hasta 17,37 t/ha (Caiza, 2019).

En Cuba, se ha evaluado el efecto de las aplicaciones foliares de urea, nitrato de amonio (NH₄NO₃) sin biuret sobre la floración del guayabo cv. 'Enana Roja Cubana' establecido en la Unidad Científico Tecnológica de Base (UCTB) de Alquizar, Artemisa, perteneciente al Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Los tratamientos consistieron en: en el primer año se realizaron asperjaciones foliares a tres dosis: 8 %, 10 % y 12 % en dos momentos fenológicos: inicio de la floración del período marzo-abril y durante el mayor pico de floración de mayo-junio. En el segundo año se aplicó urea foliar al 2 % en noviembre. Los resultados mostraron que es posible desfasar las fechas de cosecha para los meses de noviembre-marzo, coincidiendo con las bajas temperaturas que caracterizan estos meses en los cuales se obtienen frutos de mejor calidad con respecto a la cosecha del verano (Noriega *et al.*, 2013).

3.8.6. MEJORA DE LA CALIDAD DE LOS FRUTOS

Técnica para incrementar tamaño de los frutos

Con el objetivo de incrementar el tamaño de los frutos, se realizó un estudio en una plantación de guayabo plantado a una distancia de 1 m x 2 m, para una densidad de cinco mil árboles/ha en la localidad de Telangana, India. El mismo consistió en dejar 5, 10, 15 y 20 frutos por árbol a los 30, 60 y 90 días posteriores al cuajado de la flor. Los resultados demostraron que el incremento de los diámetros ecuatorial (ancho) y polar (largo) de los frutos está relacionado con el número de frutos por árbol. Los mayores valores del diámetro polar (7,34 cm), se alcanzaron para la cantidad de 5 frutos/árbol, seguidos por 10 frutos/árbol (6,50 cm) y el menor valor (5,29 cm), se correspondió con la mayor cantidad de frutos en el momento de la cosecha. También la producción se incrementó, como consecuencia del mayor tamaño de los frutos (Patil *et al.*, 2018).

Técnica para mejorar la calidad interna de los frutos del guayabo

Bajo las condiciones edafoclimáticas del distrito de Andhra Pradesh, India, se aplicaron nutrientes a diferentes concentraciones, con el objetivo de mejorar la calidad interna de los frutos del cultivar de

guayabo 'Taiwan Rosado'. Las aplicaciones se realizaron sobre la primera brotación vegetativa emergida después de la poda. Los fertilizantes utilizados y las dosis fueron: urea (NH_4NO_3) al 2 %, 3 % y 4 %, sulfato de potasio (K_2SO_4) al 1 %, 2 % y 3 %, sulfato de zinc (ZnSO_4) al 0,2 % y 0,4 %.

Los resultados mostraron que todas las aplicaciones de nutrientes contribuyeron a incrementar los valores de los siguientes indicadores de calidad interna: firmeza de los frutos ($7,33 \text{ kg/cm}^2$), contenido de sólidos solubles totales ($10,09^\circ\text{Brix}$), total de azúcares (7,35 %), contenido de pectina (0,86 %) y ácido ascórbico (235,38 mg /100 g). La más baja acidez se encontró en los frutos procedentes de los árboles aplicados con sulfato de potasio al 3 %. Esta dosis se identificó como la más promisoría para alcanzar este objetivo (Kumar *et al.*, 2017).

3.9. BIBLIOGRAFÍA

- Adak, T.; K. Kumar and V. S. Kumar. 2016. Energy Summation Indexes and Heat Use Efficiency in mango cv. 'Dashehari' under subtropical Indian condition. *Journal of Agricultural Physics*. Vol. 16 (1-2): 71-79. ISSN 0973-032X <http://www.agrophysics.in>.
- Aguilar, G. S.; R. R. Granado y J. L. A. Domínguez. 2011. Uso de los recursos naturales y productivos en el cultivo de la guayaba en la región de Juchipila, Zacatecas. 2011. *Revista Geográfica de América Central*. Número Especial EGAL II Semestre. pp: 1-21
- Agrofrutales. 2021. Fototeca del proyecto Apoyo al fortalecimiento de la cadena de frutales a nivel local. Número del Proyecto: 00085124 / Output: 00092873. Oficina de AGROCADENAS, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, La Habana, Cuba.
- Alfia M. A.; C. Vasugi; M. K. Honnabyraiah; J. A. Dinakara; M. Shivapriya and L. Vincent. 2017. Phenological stages of wild species and cultivated species of guava (*Psidium guajava* L.) *Int. J. Pure App. Biosci*. Vol. 5 (6): 464-474. ISSN: 2320 - 7051. doi: <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.5994>.
- Almanza, P. J. M.; J. A. Giovanni; Y. Aranda; M. A. Benavides; *et al.*, 2020. Manual para el cultivo de frutales en el trópico. *PRODUMEDIOS*. pp: 28. ISBN: 978-958-99892-5-8. Publicado en: <https://www.researchgate.net/publication/259672421>.
- Álvarez, D. L. C. y J. A. Camacho. 2018. Evaluación de las condiciones ambientales por el cambio en la dinámica de los cultivos de guayaba en la provincia sur de Vélez, Santander. Proyecto en la modalidad de monografía de investigación para optar por el título de Ingenieros Ambientales. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Bogotá, Colombia. pp: 73.
- Alves de Sena, J.A.; H.A. Zaidan and P.R. Castro. 2007. Transpiration and stomatal resistance variations of perennial tropical crops under soil water availability conditions and water deficit. *Braz Arch Biol and Techn*. 50(2):225-230.
- Ariza R.; R. Cruzaley; E. Vázquez; A. Barrios y N. Alarcón. 2004. Efecto de las labores culturales. *Revista Fitotecnia Mexicana*: 73-76.
- Ashraf, M. 2012. Waterlogging stress in plants: A review. *Afr. J. Agr. Res*. 7(13):1976-1981.
- Bandera, E. y L. Pérez. 2015. Mejoramiento genético de guayabo (*Psidium guajava* L.). Cultivos Tropicales. Vol. 36: 96-110. ISSN: 0258-5936.
- Barhoumi, Z.; A. Atia; M. Rabhi; W. Djeball; C. Abdelly and A. Smaoui. 2010. Nitrogen and NaCl salinity effects on the growth and nutrient acquisition of the grasses *Aeluropus littoralis*, *Catapodium rigidum*, and *Brachypodium distachyum*. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. Weinheim. Vol.173 (1): 149-157.
- Bezerra, I. L.; H. G. Raj; R. N. Gomes; J. B. Lima; R. Teodoro de Fátima; J. J. Elías; L.S. de Pádua and F. Luenio de Azevedo. 2018. Physiological alterations and production of guava under water salinity and nitrogen fertilizer application. *Ciências Agrárias, Londrina*. Vol. 39 (5):1945-1956, DOI: 10.5433/1679-0359.2018v39n5p1945.

- Caiza, R. C. Ch. 2019. Inducción de floración y cosecha en la guayaba (*Psidium guajava* L.), mediante la aplicación de nitrato de potasio (KNO_3). Documento final del proyecto de investigación como requisito para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo. Cevallos-Ecuador.pp:67.
- Calderón, A.D. y E.J. Moreno. 2009. Producción de frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) variedad Taiwam 1, utilizando diferentes programas de fertilización de N-P-K. Trabajo de Grado. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, San Salvador. pp:65.
- Cañizares A.; D. Laverde y R. Puesme. 2003. Crecimiento y desarrollo del fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.) en Santa Bárbara, Estado de Monagas, Venezuela. *UDO Agr*. 3(1): 34-38.
- Cañizares, J. 1968. La Guayaba y otras frutas Myrtaceas. La Habana, Ed. Revolucionaria. Inst. del Libro. pp: 88.
- Carballosa, A. V. P; B.G. E. Gaskins; C. Valerall y A. Maciel. 2014. Determinación de las propiedades elásticas del cultivo de guayaba de la variedad Calvillo Medio Chino (*Psidium guajava* L.). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. Vol. 23 (2): 12-17. RNPS-0111. ISSN -1010-2760.
- Casierra, F.P. y M. Cardozo. 2009. Análisis básico del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv. 'Quindío') cultivados a campo abierto. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. Vol. 62(1): 48-51.
- Casierra, F. P.; B. A. Dotor y L. A. M. González. 2006. Efecto de la salinidad en la eficiencia en el uso del agua y la producción de materia seca en guayabo. pp:11. Recuperado el 20 de junio de 2021 de: <https://www.researchgate.net/publication/215869836>.
- Castro, J.; M. Aranguren y S. Santana. 2017. Influencia de las condiciones climáticas en la producción de guayaba (*Psidium guajava* L.) en Jagüey Grande. V Simposio Internacional de Fruticultura Tropical y Subtropical, FRUTICULTURA 2017. La Habana 15-19 Octubre 2017.
- Cavalcante, I.H.; L.F. C. Hu and M.Z. C. Beckmann. 2007. Water salinity and initial development of four guava (*Psidium guajava* L.) cultivars in Northeastern Brazil. *J Fruit Ornam Plant Res*. 15: 71-80.
- Dussán S. L.; D. A. Villegas y D. Miranda. 2016. Efecto de la deficiencia de N, P, K, Mg, Ca y B sobre la acumulación y distribución de la masa seca en plantas de guayaba (*Psidium guajava* L.) var. ICA Palmira II en fase de vivero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. Vol. 10 (1): 40-52.
- Ebert, G.; J. Eberle; H. Ali-Dinar and P. Lüdders. 2002. Ameliorating effects of $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ on growth, mineral uptake and photosynthesis of NaCl-stressed guava seedlings (*Psidium guajava* L.). *Sci. Hortic-Amsterdam*. 93:125-135.
- Fleckinger J. 1945. Notations phénologiques et représentations graphiques du développement des bourgeons de poiriers. (In) C.R. Congrès de Paris de l'Association française pour l'avancement des sciences. Bibliographical reference in "Fruticultura de Coutançeau", 1971, Oikos-tau, Barcelona: pp: 118.
- Fischer, G.; L.M. Melgarejo y D. Miranda. 2012. Guayaba (*Psidium guajava* L.). En: Fischer, G. (ed.). Manual para el cultivo de frutales en el trópico. PRODUMEDIOS, Bogota. pp. 526-549
- Gómez, E., Rebolledo, N. 2011. Módulo del cultivo de guayaba. Corpoica. Bogotá, Colombia.
- González, G.; J. Rodríguez; D. Sourd y N. Rodríguez. 2000. Conferencias sobre fruticultura impartida en la UCTB Alquízar para productores de la provincia Artemisa: El Cultivo del Guayabo. Documento en fondo de la biblioteca del Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. pp: 39.
- Heredia, J.; J. Siller; M. Báez; E. Araiza, T. Portillo; R. García y M. Muy. 1997. Cambios en la calidad y el contenido de carbohidratos en frutas tropicales y subtropicales a nivel de supermercado. *Proa. Interamer. Soc. Trop. Hort*. 41:104-109.
- Hernández, G. C.; R. V. Martínezona y O. Puig. 2009. Manejo del riego por goteo en el cultivo del guayabo. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. Vol. 18 (4): 49-53.

- Ibrahim, M.; M. Chacón; C. Cuartas; J. Naranjo; G. V. Ponce; *et al.*, 2006. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*. pp:45.
- Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT) 2011. Instructivo técnico para el cultivo de la guayaba. © Biblioteca ACTAF. Ministerio de la Agricultura La Habana, Cuba. pp: 39.
- Infoagro. (2002). Recuperado el 20 de Octubre de 2020, de http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_guayaba.asp.
- Informaciones Técnicas. 2013. Los árboles frutales como sumideros de CO₂ desempeñan un importante servicio ambiental. Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario. *Servicio de Recursos Agrícolas*. (248): 11.
- IPCC, G. I. (2001). Tercer Informe de Evaluación Cambio climático 2001: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. pp:56.
- Isaza, J. F. y D. Campos. 2007. Cambio climático: glaciaciones y calentamiento global. Bogotá, Colombia: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. pp:38.
- Khan, A. S.; M. R. K. Gul; A. U. Malik; B. Ali Saleem; I. A. Rajwana and I. Ahmad. 2011. Influence of defoliation and deblossoming on the vegetative and reproductive growth of guava (*Psidium guajava* L.) cv. 'Gola'. *Pak. J. Bot.* Vol. 43(6): 2891–2896.
- Haokip, S. W.; K. Shankar and J. Lalrinnggheta. 2020. Climate change and its impact on fruit crops. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. Vol. 9 (1): 435–438.
- Klein, A.M.; B. M. Freitas; G.A. Bomfim; V. Boreux and O. Oliveira. 2020. Insect Pollination of Crops in Brazil. A Guide for Farmers, Gardeners, Politicians and Conservationists. Albert–Ludwigs University Freiburg, Nature Conservation and Landscape. Ecology. All rights reserved. DOI: 10.6094/UNIFR/151200.
- Kopp, G. A. B. 2017. Eventos fenológicos de guayaba (*Psidium guajava* L.) del tipo 'Regional Roja' dentro del período Enero–Abril del 2010, bajo condiciones de campo, en CORPOICA estación experimental CIMPA, Barbosa, departamento Santander, Colombia. Trabajo de grado para optar por el título de Bióloga. Universidad Industrial de Santander Facultad de Ciencias Escuela de Biología Bucaramanga. pp:68.
- Kramer, K.; A. Friend and I. Leinonen. 1996. Modelling comparison to evaluate the importance of phenology and spring frost damage for the effects of climate change on growth of mixed temperate zone deciduous forest. *Climate Res.* 7: 31–41.
- Kumar, G.N. K.; V Sudha; A.V.D.R. Dorajee; P. Subbaramamma and R.V. Sujatha. 2017. Effect of foliar sprays of urea, potassium sulphate and zinc sulphate on quality of guava cv. Taiwan pink. *IJCS*. Vol. 5(5): 680–682. P-ISSN: 2349–8528. E-ISSN: 2321–4902.
- Laguado, N.; E. Rendiles; M. Marín; L. Arenas de Moreno y C. Castro 2002. Crecimiento de frutos de guayabo (*Psidium guajava* L.) del tipo 'Criolla Roja'. Etapa I. *Rev. Fac. Agron.* (LUZ). 16 Supl. 1: 30–35.
- Larcher, W. 2000. Temperature stress and survival ability of Mediterranean sclerophyllous plants. *Plant Biosyst.* 134:279–295.
- Lemus, L. J. y N. Ramírez. 2002. Fenología reproductiva en tres tipos de vegetación de la planicie costera de Paraguaná, Venezuela. *Acta Cient. Venezolana*. Vol.53: 266–278.
- Lozano, J.C.; J. C. G. Toro y R. Tafur. 2002. Manual sobre el cultivo del guayabo en Colombia. Primera edición. Cali, Colombia. pp: 63.
- Marcelin, O.; P. Williams and J. M. Briollouet. 1993. Isolation and characterization of the two main cell–wall type from guava (*Psidium guajava* L.) pulp. *Carbohydr Res.* 240: 233–243.
- Marcos, L. 2021. Guayaba roja del norte de la India. Recuperado el 30 de agosto de 2021, de www.huertasurbanas.com.
- Marschner, P. 2012. Mineral nutrition of higher plants. Third ed. Academic Press, London. pp:52.
- Mata, B.I y A. M Rodríguez. 1990. Cultivo y producción del guayabo. UAA Antonio Narro, Editorial Trillas, México. pp: 157.
- Meier, U. 2001. Estadios de las plantas mono y dicotiledóneas. BBCH Monografía. Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura. 2da. Edición, 2001. pp:149.
- Mercado, E. Silva; P. Bautista and M. V. García 1998. Fruit development, harvest index and ripening changes of guavas produced in Central Mexico. *Postharvest Biol. Tec.* 13: 143–150.
- Moreno, A.C. y G. Fischer. 2014. Efectos del anegamiento en los frutales. Una Revisión. *Temas Agrarios*. Vol. 19(1):106–123.
- Nakasone H. and R. E. Paull. 1997. Tropical Fruits. UK. CAB Internacional: 270–291.
- Nava, A. D.; V. A. H. González; M. J. Nava; E. C. Hernández; D. A. Vargas; G. V. Díaz; F. A. Palemón; B. L. Cruz. 2014. Growth Kinetics of Vegetative and Reproductive Organs of Guava (*Psidium guajava* L.) in Iguala, Guerrero, México. *Agricultural Sciences*. Vol.5: 1468–1475.
- Nava, D. A.; R. Ramírez; C.B. V. Peña y G. D. Villaseñor. 2009. Características del intercambio de gases en hojas de guayabo (*Psidium guajava* L.). *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. Vol.15 (2):119–126.
- Nava, A. D.; A. Víctor; G. Hernández; P. G. Sánchez; García; C. B. V. Peña; M. M. Livera; y T. G. Brito. 2004. Crecimiento y fenología del guayabo (*Psidium guajava* L.) cv. 'Media China' en Iguala, Guerrero. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 27 (4): 349–358.
- Nitsch P. J. 1999. The Physiology of Fruit Growth. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 1953. Vol.4:199–236.
- Noriega C. M.; N. Rodríguez; B. Velázquez, J. Rodríguez y M. E. Rodríguez. 2013. Informe Final de Proyecto. Cadena Productiva de la Guayaba. Unidad Científico Tecnológica de Base, Alquízar. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. pp:11.
- Ocampo, O. 2011. El cambio climático y su impacto en el agro. Manizales, Colombia: Universidad Autónoma de Manizales. pp:18.
- Pardo, A. y M. Pérez. 2006. Manejo racional de plantaciones de guayaba <http://www.forumcyt.cu/UserFiles/forum/Textos/1500186.pdf>.
- Patil, P.; A. K. Kumar; A. Bhagwan and M. Sreedhar. 2018. Effect of crop load on length, diameter and fruit weight of guava (*Psidium guajava* L.) cv. Allahabad Safeda at different stages of fruits under meadow planting system. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* Vol. 7(4):1336–1343.
- Pessaraki, M. 2001. Handbook of plant and crop physiology. 2nd ed. Marcel Decker Inc., New York, USA. pp: 1000.
- Rajan, S. 2008. Implications of climate change in mango. In Impact Assess of Climate Change for Research Priority *PIQMing in Horticultural Crops*. pp: 36–42.
- Rajatiya, J.D.K. V.; P. Gohil; M. Solanki; F. Halepotara; M. Gohil; P. Mishra and R. Solanki. 2018. Climate Change: Impact, Mitigation and Adaptation in Fruit Crops. *Int. J. Pure App. Biosci.* Vol. 6 (1): 1161–1169. ISSN: 2320 – 7051.
- Ravishankar, H.; V. K. Singh; A. K. Misra and M. Mishra. 2014. Physiology of Flowering in Perennial Fruit Crops. Central Institute for Subtropical Horticulture (ICAR), Lucknow Rehmankhera, Kakori, P.O. Lucknow –226 101, U.P., India. pp: 306.
- Restrepo, H. D.; J. C. Melgar y L. Lombardini. 2010. Ecofisiología de cultivos hortícolas. Una visión general. *Agronomía Colombiana*. Vol. 28(1): 71–79.
- Rodríguez, J. A. G.S. 2019. Propiedades físico–mecánicas del guayabo (*Psidium guajava* L.). Trabajo de Diploma. Departamento de Ingeniería Agrícola. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas. pp: 96.

- Rodríguez M. E.; N. Rodríguez; J. Valdés–Infante; C. M. Noriega; H. M. Oliva y M. R. Hernández. 2012. Software educativo. Conozca el cultivo del guayabo (*Psidium guajava* L.): un frutal de importancia para el trópico. IX Encuentro Provincial de Agricultura Orgánica y Sostenible. ACTAF. 2 de febrero de 2012.
- Salazar, D.M., Melgarejo; J. Martínez; R. Martínez; J. Hernández; F. M. Burguera. 2006. Phenological Stages of the guava tree (*Psidium guajava* L.). *Sci Hortic–Amsterdam*.108: 157–161.
- Sehgal, O. P. and R. Singh. 1967. Studies on the Blossom Biology of Guava (*Psidium guajava* L.) I. Flowering Season, Flowering Habit, Floral Bud Development, Anthesis and Dehiscence. *Indian J. Hort.* Vol. 24(3–4):118–126.
- Seth, J.N. 1963. Morphological and cross–incompatibility studies in some species of *Psidium*. *Agra University J. Res.* 12: 193–197.
- Singh, V K; H. Ravishankar, A. Singh and M. S. Kumar. 2015. Pruning in guava (*Psidium guajava* L.) and appraisal of consequent flowering phenology using modified BBCH scale: source–sink relationships. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. Vol. 85 (11): 1472–1476.
- Singh, S.P. 2011. Guava. In: Yahia, E.M. (Ed.). *Tropical fruit*. Woodhead Publishing, Great Abington, Cambridge, UK. Vol. 3(6): 213–245.
- Solarte, M.E.; L.M. Melgarejo; O. Martínez, M.S. Hernández and J.P. Fernández–Trujillo. 2014. Fruit quality during ripening of Colombian guava (*Psidium guajava* L.) grown at different altitudes. *J. Food Agric. Environ.* Vol. 12(2): 669–675.
- Solarte, M. E. C. 2013. Aspectos ecofisiológicos y compuestos bioactivos de guayaba (*Psidium guajava* L.) en la provincia de Vélez, Santander–Colombia. Trabajo de grado presentado para optar al título de Doctor en Ciencias Biológicas. pp: 151.
- Solarte, M.E., Romero, H.M., Melgarejo, L.M. 2010a. Caracterización ecofisiológica de la guayaba de la hoya del río Suárez. Capítulo 1, pp 25–56. En: *Desarrollo de productos funcionales promisorios a partir de la guayaba (*Psidium guajava* L.) para el fortalecimiento de la cadena productiva*. Morales, A.L., L.M. Melgarejo, (Editoras) Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. pp: 200. ISBN: 978–958–719–410–4.
- Solarte, M.; Insuasty y O. L.M Melgarejo. 2010b. Calendario fenológico de la guayaba en la hoya del río Suárez. Capítulo 2, En: *Desarrollo de productos funcionales promisorios a partir de la guayaba (*Psidium guajava* L.) para el fortalecimiento de la cadena productiva*. pp 59–82.
- Subedi, Sh. 2019. Climate change effects of Nepalese fruit production. *Adv Plants Agric Res.* Vol. 9 (1):141–145.
- Suman, M. and P. Bhatnagar. 2019. A review on techniques for crop regulation in guava *Ind. J. Pure App. Biosci.* Vol. 7(5): 504–510. ISSN: 2582–2845.
- Soubihe, J. S.1951. Estudos básicos para o melhoramento da goiabeira (*Psidium guajava* L.). São Paulo: ESALQ. Tese de Doutorado. pp: 166.
- Taiz L., Zeiger E. 2006. *Plant Physiology*. Fourth Edition. Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts.
- Vargas, D. A.; V. H. Gonzales; M. H. Soto; E. C. Cruz; A. N. Damián y F. A. Palemón. 2014 Crecimiento y fenología del guayabo (*Psidium guajava* L.) en respuesta a la poda y la defoliación. *Revista Tlamati*. Vol. 5 (4): 57–63.





CAPÍTULO 4

MANEJO DEL CULTIVO

Emilio Farrés Armenteros
Rolando Clavijo Izquierdo
Guillermo Almenares Garlobo

4.1. INTRODUCCIÓN

Este capítulo aporta elementos necesarios para diseñar y aplicar estrategias y prácticas agronómicas orientadas a lograr un desarrollo óptimo de las plantas, además de alcanzar los volúmenes productivos esperados y una adecuada calidad de los frutos en el menor tiempo y costo posible.

El manejo de las plantaciones incluye las actividades de propagación de las plantas, preparación del suelo, marcos de plantación, siembra, asociación de cultivos, nutrición, riego, empleo de bio-productos, poda y control de arvenses.

En las recomendaciones técnicas expuestas se detallan alternativas que podrán ser implementadas por los productores para contribuir a mejorar la productividad y sostenibilidad del sistema productivo y reducir los impactos negativos al medio ambiente.

4.2. PROPAGACIÓN

Es de conocimiento general que la eficiencia de los cultivos, en cuanto a rendimiento y rentabilidad, está estrechamente relacionada con la calidad de las semillas empleadas. En el caso particular del guayabo, la forma de propagación para la obtención de las plantas (posturas), es un elemento fundamental para lograr la calidad requerida. La propagación del guayabo puede realizarse de forma sexual o asexual (Alfonso García, 2010; IIFT, 2011; Farrés *et al.*, 2011).

4.2.1. PROPAGACIÓN SEXUAL

La propagación sexual se realiza a través de las semillas botánicas. Cuando se utiliza esta forma de propagación, por lo general la progenie presenta una alta variabilidad, debido a la recombinación de genes de las plantas progenitoras, y las plantas obtenidas requieren un mayor periodo de tiempo para la entrada en producción. La alta variabilidad genética, limita la obtención de plantas con la uniformidad y calidad de las frutas para los diferentes mercados. En la actualidad la propagación por semillas se emplea fundamentalmente para la obtención de patrones o portainjertos, en el mejoramiento genético y en los programas de reforestación (IIFT, 2011; Farrés *et al.*, 2011).

4.2.2. Propagación asexual

La propagación asexual o vegetativa se basa en los principios de la constancia genética y fisiológica. La descendencia mantiene siempre la misma constitución genotípica e iguales características fisiológicas del individuo del cual provienen, excepto en los casos de ocurrencia de mutaciones y coclofisis (retroceso fisiológico a un estado juvenil). Es por esa razón que es la forma de propagación más apropiada para el establecimiento de plantaciones de guayabo.

Los métodos más conocidos y empleados son: estacas o esquejes de ramas, acodos e injertos. Los dos primeros buscan promover el enraizamiento, mientras que el tercero se basa en la soldadura o fusión de dos tejidos (Valera *et al.*, 1991).

- Estaca o esqueje: es una parte seccionada de la planta, que se coloca en un medio propicio para la formación de raíces. El enraizamiento está determinado, entre otros factores, por la edad, la condición de la estaca y las condiciones del medio de enraizamiento. Este se estimula mediante la aplicación de hormonas de crecimiento como el ácido indolacético (AIA) y el ácido indolbutíri-

co (AIB), en soluciones entre el 0,1% y el 1%, o en mezclas con polvo en concentraciones de mil a 6 mil ppm (Valera *et al.*, 1991). En la propagación del guayabo se han logrado resultados satisfactorios con el empleo de estacas con dos pares de hojas procedentes de ramas no lignificadas, colocadas en un sustrato adecuado y garantizando la humedad para evitar la deshidratación y la caída de las hojas, (Farrés *et al.*, 2011).

- Acodo: es una parte de la planta que se pone a enraizar mientras está aún adherida a la misma, y de la cual se separa una vez que se constata la presencia del sistema radicular. Los acodos que se cubren con tierra, en el suelo o en un envase, se denominan terrestres y son aéreos cuando no tienen contacto con la tierra (Figura 1). Generalmente, se seleccionan ramas vigorosas, y se deja el follaje entre la parte acodada y la parte terminal de la misma, por lo que, al lograrse el enraizamiento ya se dispone de una planta con su parte aérea desarrollada. Esta debe trasplantarse a un envase que contenga un sustrato adecuado, bajo sombra y con riego, antes de la plantación definitiva en el campo (Valera *et al.*, 1991). El acodo, en el cultivo del guayabo, es un método de propagación que tiene poca utilidad práctica por las grandes cantidades de plantas que se siembran por área y la complejidad y elevado costo de sus operaciones (Alfonso García, 2010; Farrés *et al.*, 2011).
- Injerto: consiste en la unión de dos porciones vegetativas procedente de dos plantas afines y compatibles, con el fin de lograr la soldadura de sus tejidos. Una de las plantas aporta el sistema radicular, que sirve de soporte y constituye el patrón o porta-injertos. La otra planta, previamente seleccionada y con atenciones diferenciadas, aporta el injerto, que debe desarrollarse para formar el conjunto de las ramas productivas del árbol (Alfonso García, 2010; IIFT, 2011; Farrés *et al.*, 2011).

En la propagación asexual del guayabo los métodos de enraizamiento de estacas no lignificadas y el injerto han demostrado sus posibilidades para producir con eficacia y eficiencia plantas de alta calidad. Esta depende del material de propagación empleado, la habilidad de los operarios y la supervisión del cumplimiento de los requerimientos en las actividades técnicas (Valera *et al.*, 1991; Alfonso García, 2010; Farrés *et al.*, 2011).

4.3. VIVERO

El vivero es el lugar donde se producen las plantas utilizando los dos métodos antes señalados, injerto o enraizamiento de estacas o esquejes. Incluye la infraestructura para ejecutar todas las fases de ambos métodos empleados. Cuando se utiliza el injerto se tienen en cuenta la extracción, preparación y siembra de las semillas, el desarrollo y educación de los patrones, la injertación y las atenciones a las plantas injertadas hasta el momento de ser llevadas a la plantación. Cuando se utiliza el enraizamiento de estacas o esquejes, se incluye la preparación de los mismos, la siembra en el lecho de germinación, trasplante y las restantes atenciones hasta que las plantas estén aptas para la siembra en el campo (IIFT, 2011).

Se recomienda, en el cultivo del guayabo, realizar el vivero en envases para limitar las afectaciones por fitonematodos. Los envases por lo general son de plástico, de color oscuro, preferentemente negro (IIFT, 2011). Se debe ubicar en un lugar que disponga de un suelo libre de fitonematodos, especialmente del género *Meloidogyne* (NRAG 31, 2014), con adecuadas vías de acceso, buena nivelación, adecuada luminosidad, buen drenaje y disponibilidad de fuente de abasto de agua para el riego y las restantes labores.



Fig. 1. Acodos en una planta de guayabo (*Psidium guajava* L.). Fuente: IIFT (2011).

4.3.1. PRODUCCIÓN DE PLANTAS POR INJERTO

Para la producción de plantas por injerto se deben utilizar envases (bolsas) de polietileno negro de 23 cm de ancho x 36 cm de largo y 120 micras de espesor, con dos hileras de perforaciones en la parte inferior para drenaje. Los envases se deben ubicar formando secciones compuestas por 8 ó 10 hileras dobles o triples de 20 m a 25 m de largo, separadas entre sí por pasillos interiores y transversales de 60 cm. Se puede evaluar la conveniencia, en dependencia de las dimensiones del área, de trazar calles de 3 m para favorecer la mecanización y el cargue y trasiego de las plantas.

El sustrato para el llenado de los envases (bolsas) debe estar compuesto por una mezcla de suelo, materia orgánica y zeolita o arena de río u otro material, como cascarrilla de arroz o carbonilla, adecuado para garantizar las propiedades que se requieren de buena aireación, buen drenaje y baja compactación. De ser posible el suelo puede ser totalmente excluido, si se cuenta con suficiente disponibilidad de los restantes materiales, para la preparación del sustrato (Figura 2). Es importante realizar análisis de suelo para garantizar que el mismo esté libre de fitonematodos. También es recomendable utilizar plantas indicadoras para la detección de nematodos (género *Meloidogyne*), aunque ello no implica la sustitución del análisis (Farrés *et al.*, 2011). Se recomienda tratar el sustrato con microorganismos eficientes (EM), mediante la aplicación de una solución de EM al 5 %, a razón de 60 ml por 1 m² de sustrato (Donis, 2019).



Fig. 2. Preparación de sustrato para el llenado de envases. Fuente: IIFT (2011).

En esta tecnología se identifican varios procesos necesarios para su ejecución: extracción de semillas, producción de plántulas para portainjertos o patrones, educación de patrones, injertación y atenciones a la planta injertada.

Extracción de semillas

Para la obtención de las semillas se deben tomar los frutos de plantas productivas, preferentemente del cultivar criollo 'Cotorrera', con buen estado sanitario y que presenten evidencias visuales de tolerancia a las plagas y la falta de humedad (Alfonso, 2010; IIFT, 2011; Farrés *et al.*, 2011). Los cultivares que pueden emplearse como patrones se detallan en el Capítulo 2. Se seleccionan los mejores frutos en estado de madurez y se les extraen las semillas de forma manual o mecánicamente. Luego se lavan bien y se secan preferentemente a la sombra en un lugar seco, removiéndolas varias veces en el día. Deben envasarse totalmente secas en sacos de yute. Se recomienda emplear las semillas antes de los 15 días posteriores a su extracción, para alcanzar menor intervalo de tiempo en la germinación y evitar pérdidas del poder germinativo de las mismas. Las semillas se pueden almacenar entre 9 °C y 10 °C por un mayor periodo de tiempo y se recomienda tratarlas, para una mejor conservación, con algún fungicida (IIFT, 2011; Farrés *et al.*, 2011).

Producción de patrones

Las semillas se deben sumergir en agua limpia y preferentemente tibia, por un período de 48 a 72 horas, antes de sembrarlas, con el objetivo de hidratarlas y con ello agilizar la germinación.

Existen dos métodos de siembra de las semillas, directamente en los envases o en canteros de germinación (semilleros), ambos son efectivos. En el primero de ellos se evitan los traumas que se le causan al sistema radical y el gasto de fuerza de trabajo durante la operación del trasplante. Con el segundo método se alcanza una mayor uniformidad del tamaño y desarrollo de los patrones que se trasplantan a los envases.

La siembra directa en los envases se realizará en el centro de cada uno de ellos; se deben colocar de 4 a 6 semillas formando una cruz, separadas 1,0 cm una de otra, y a una profundidad de 1,0 cm

a 1,5 cm. En los semilleros se deben trazar surcos transversales separados 10 cm uno de otro para sembrar las semillas, las que se separan una de otra a una distancia y profundidad igual que en los envases (IIFT, 2011; Farrés *et al.*, 2011). Las semillas comienzan a germinar entre los 8 a 20 días después de plantadas, en dependencia del poder germinativo, la época del año y el manejo agronómico (Iglesias, 2021; IIFT, 2011).

Cuando se emplean los semilleros, las actividades a realizar a las plántulas son el riego ligero y frecuente para garantizar la humedad adecuada, el control de las malezas y la aplicación de productos para el control de plagas si es necesario. Las plántulas estarán listas para su trasplante a los envases cuando alcancen entre 11 cm y 15 cm de altura, aproximadamente a los 3 meses del inicio de la germinación (Iglesias, 2021; IIFT, 2011).

Las plántulas que se producen directamente en los envases se deben regar con normas bajas y frecuentes y se mantendrá el control sistemático de las malezas y plagas. A partir de que las plántulas alcancen de 4 cm a 5 cm de altura se realizará el primer raleo, eliminando aquellas de menor vigor y mal ubicadas dejando 2 ó 3 por cada envase. Posteriormente, cuando alcancen una altura entre 10 cm y 12 cm se efectuará el segundo raleo para dejar una sola planta por envase. Las plántulas raleadas podrán ser empleadas para reponer fallos en los envases. En la Figura 3 se pueden observar las plántulas de guayabo antes de ser injertadas.



Fig.3. Plántulas de guayabo (*Psidium guajava* L.) antes del injerto. Fuente: IIFT (2011).

Educación de patrones

Una vez que las plántulas estén en los envases se constituyen portainjertos o patrones, a los cuales no se les dejará desarrollar ningún brote lateral en el tallo, hasta una altura de 20 cm. Para ello se deben efectuar los deshijes que sean necesarios, considerando que, mientras más pequeños sean eliminados estos brotes, se obtendrá un mayor beneficio en el desarrollo de los patrones. Estos estarán listos para injertar cuando los tallos alcancen un diámetro mínimo de 5 mm a la altura de 10 cm a 12 cm. En toda esta etapa del vivero se deben regar cada 2 o 3 días, en dependencia del desarrollo de los patrones, del tipo de suelo y los factores climáticos, con normas entre 100 m³/ha y 150 m³/ha. Además, los envases, pasillos y calles deben estar libres de malas hierbas, empleando y combinando para tal objetivo, métodos manuales, mecanizados y químicos (Iglesias, 2021; Farrés *et al.*, 2011; IIFT, 2011).

Injertación

El tipo de injerto más utilizado en el guayabo es el de chapa o enchapado. Se pueden utilizar diferentes tipos de yemas dependiendo de las posibilidades: 1) yemas procedentes de ramas verdes cuando los patrones presentan la edad y las dimensiones adecuadas para realizar la injertación, 2) yemas procedentes de ramas lignificadas para injertar patrones con dimensiones superiores a los 5 mm de diámetro y cierto grado de lignificación en la zona del injerto. También se pueden utilizar yemas lignificadas para realizar cambios de cultivares en plantaciones adultas y cuando se requieren trasladar, desde localidades distantes, las yemas del cultivar que se va injertar en patrones con dimensiones normales (Farrés *et al.*, 2011; IIFT, 2011).

Es recomendable, en aras de garantizar la pureza y la calidad de las plantas que se van a propagar, que las yemas, tanto verdes como lignificadas, procedan de plantas altamente productivas, vigorosas, sanas y que presenten las características fenotípicas y agronómicas del cultivar que se pretende fomentar.

Cuando se emplean yemas verdes, se poda el patrón a una altura entre 30 cm y 35 cm, y se procede inmediatamente a realizar el injerto. Se selecciona la yema y se separa mediante un corte longitudinal

a lo largo de la médula, este corte debe ser uniforme y limpio. Posteriormente se realiza, en el patrón, un corte rectangular de dimensión similar a la yema a una altura entre 10 cm y 15 cm del cuello de la planta y se asienta la misma. Seguidamente se procede a colocar un vendaje o amarre bien ajustado, dejando la yema u "ojo" tapado o no, a elección del injertador (Farrés *et al.*, 2011; IIFT, 2011).

Las yemas lignificadas se extraen de las varetas redondeadas, cortadas con un largo que permita obtener un promedio entre 15 y 20 yemas por cada una de ellas (Figura 4). Para extraer las yemas, se realizan cuatro cortes de 1,0 cm – 2,0 cm por cada lado en forma de un rectángulo o cuadrado según el diámetro que tenga el patrón. Luego, con la ayuda de la espátula o filo de la cuchilla se levanta la chapa para extraer la yema, el corte debe profundizar por debajo de la misma, para evitar que ésta se desprenda o quede adherida a la madera de la vareta.



Fig.4. Extracción de yemas lignificadas de guayabo (*Psidium guajava* L.). Fuente: Convenio Cuba-Venezuela (2011).

Una vez desprendida la corteza con la yema, se mantiene apoyada sobre ésta con ayuda del dedo pulgar para evitar que se oxide en esta operación. Luego se realiza, en el patrón, un corte rectangular un milímetro superior para que al cicatrizar no levante la yema, seguidamente se coloca y se amarra con la cinta de polietileno (Farrés *et al.*, 2011; IIFT, 2011).

Para ambos tipos de yemas entre los 25 y 30 días posteriores se suprime la cinta; si la chapa está verde significa que está prendida. En la Figura 5 se puede observar la realización del injerto en la plántula de guayabo. El injerto por lo general debe brotar entre los 10 y 15 días posteriores, usualmente; cuando las yemas son verdes, el injerto brota más rápido. Se debe mantener un buen nivel de humedad para garantizar la unión entre el patrón y el injerto (Farrés *et al.*, 2011; IIFT, 2011).



Fig.5. Injerto de plántula de guayabo (*Psidium guajava* L.). Fuente: Convenio Cuba-Venezuela (2011).

Atenciones a la planta injertada

Una vez fijado el injerto preso se hará el despatronado, el cual consiste en eliminar el patrón por encima de la chapa injertada. Esta operación, cuando se dispone de operarios experimentados, se puede realizar haciendo primeramente un corte inicial que preserve una parte del patrón para emplearlo como tutor del injerto, para posteriormente, cuando se ha logrado la posición erecta del brote injertado, con un segundo corte eliminar la parte restante.

Al realizar el despatronado, se rompe el equilibrio sistema foliar/sistema radical de la planta. Esto trae como consecuencia la tendencia natural a recuperar el equilibrio perdido y el inicio de la brotación de todas las yemas existentes del patrón incluyendo la yema injertada, con la diferencia que las procedentes del patrón brotan con mayor rapidez y vigor que el injerto. Si se dejan estos brotes se inhibirá el normal crecimiento del injerto y, por lo tanto, este puede crecer muy raquítico y en ocasiones hasta puede morir. Por esa razón se deben eliminar todos los brotes del patrón que no sean del injerto, especialmente de aquellos que nazcan por debajo de este.

Se mantendrán las actividades agrotécnicas y las plantas se deben regar cada 2 o 3 días, en dependencia del desarrollo de las plantas injertadas, del tipo de suelo y los factores climáticos. Las normas de riego a emplear deben estar entre 150 y 250 m³/ha; se debe mantener un estricto monitoreo y control de plagas y malas hierbas.

Se considera que la planta injertada está lista para su trasplante a campo cuando el tallo en la base alcanza un diámetro entre 1,5 cm y 1,9 cm y a la altura del injerto entre 1,0 cm y 1,5 cm y la altura total, desde la base hasta donde se efectuará el corte de la primera poda, esté entre 40 cm y 50 cm (NRAG 1, 2018).

4.3.2. PRODUCCIÓN DE PLANTAS POR ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS O ESQUEJES NO LIGNIFICADOS

La producción de plantas por enraizamiento de esquejes requiere de una instalación que disponga de un área sombreada donde ubicar los canteros de enraizamiento o los envases en el caso de que se enraícen directamente en ellos. También se debe contar con una segunda área para colocar los esquejes que han iniciado el enraizamiento y el inicio de la brotación de las yemas y la formación de las primeras estructuras del follaje; y una tercera área para el endurecimiento y desarrollo de las plantas. Es esencial disponer de riego, envases y sustratos sueltos con un adecuado drenaje (Figura 7).



Fig.7. Vivero de esquejes de guayabo (*Psidium guajava* L.). Fuente: Agrofrutales (2021).

Entre los factores de mayor importancia para la propagación por esquejes enraizados figuran el manejo y la edad de las plantas seleccionadas para tomar los esquejes, la calidad del esqueje, la superficie y retención foliar, los posibles tratamientos hormonales, la calidad del medio o sustrato de enraizamiento y las condiciones ambientales (iluminación, temperatura y humedad relativa). La combinación adecuada de todos estos factores propicia la inducción de raíces en los esquejes y el posterior desarrollo de los mismos, para convertirse en plantas de calidad para fomentar plantaciones (Mesen, 1998; Oliva, 2006; Castillo *et al.*, 2013). En este método de producción de plantas se deben realizar las siguientes actividades: 1) llenado y ubicación de los envases en el área de enraizamiento, 2) corte de ramas para obtener los esquejes, 3) preparación de los



Fig.6. Plantas de guayabo (*Psidium guajava* L.) producidas por injertos. Fuente: IIFT (2011).

esquejes, 4) siembra de los esquejes, 5) enraizamiento– brotación y endurecimiento. A continuación, se detallan las 5 etapas.

1) Llenado y ubicación de los envases en el área de enraizamiento

Se deben de emplear envases (bolsas) de polietileno negro con perforaciones en el fondo para drenaje, de 12 cm a 14 cm de ancho x 20 cm – 24 cm de alto y de 50 micras de espesor. Se deben llenar las tres cuartas partes de los mismos con un sustrato compuesto por una mezcla de un 25 % – 30 % de materia orgánica y un 70 % – 75 % de zeolita o arena de río y tratado con microorganismos eficientes (EM), mediante la aplicación de una solución al 5 %, a razón de 60 ml por 1 m² de sustrato. El último cuarto de la bolsa solamente se llenará con zeolita o arena de río. Las bolsas se deben ubicar en un área tapada con una malla que permita un 50 % – 70 % de intercepción de la luz, en canteros de 1 m de ancho x 10 m – 15 m de largo y separados uno de otro por pasillos de 60 cm – 80 cm (Farrés *et al.*, 2011; IIFT, 2011).

2) Corte de ramas para obtener los esquejes

De plantas previamente seleccionadas por su productividad, vigor vegetativo, estado fitosanitario y sobre todo por tener las características fenotípicas del cultivar a fomentar, se toman y se podan ramas herbáceas (Figura 8). Estas deben estar en buen estado sanitario, con un largo promedio entre 20 cm y 40 cm y deben disponer de varios pares de hojas. Una vez realizado el corte se ubicarán en un lugar ventilado y protegido de la incidencia directa de la luz solar para evitar la deshidratación de las hojas; de ser necesario se remojarán ligeramente con agua (Farrés *et al.*, 2011).

3) Preparación de los esquejes

Las ramas seleccionadas se cortan en fracciones que tengan como mínimo dos pares de hojas cada una, las cuales constituyen las estacas que se pondrán a enraizar (Figura 9). Las hojas, en dependencia del tamaño, se cortarán entre un tercio y la mitad de la longitud para evitar interferencias que impidan su humedecimiento con el agua de riego (IIFT, 2011) y lograr un mejor balance de la transpiración y la fotosíntesis, procesos claves para un enraizamiento eficiente del esqueje (Alfonso García, 2010).



Fig.8. Corte de ramas para obtener de esquejes de guayabo (*Psidium guajava* L.). Fuente: Agrofrutales. (2021).



Fig.9. Preparación de esquejes de guayabo (*Psidium guajava* L.). Fuente: Agrofrutales (2021).

4) Siembra de los esquejes

Los esquejes preparados se siembran de forma vertical en el centro de cada bolsa, introduciendo en el sustrato alrededor de 0,5 cm–1,0 cm del extremo basal. Se recomienda para acelerar e incrementar la eficiencia del proceso de enraizamiento, el tratamiento previo con hormonas, sumergiendo la porción basal del esqueje en una solución de 2,5 mg/L de ácido indol–3–butírico (AIB) o de 5,0 mg/L de ácido indol–3–acético (AIA) durante 5–10 minutos. En la Figura 10 se puede apreciar la manera en que se deben plantar los esquejes.

El ácido indol-3-acético (AIA) es el estimulador natural auxínico, más influyente en la producción de raíces de las plantas, está siempre presente en el esqueje, junto a otras sustancias que permiten el buen funcionamiento del vegetal, reguladores del crecimiento, sales, vitaminas, aminoácidos, carbohidratos etc. El aporte adicional externo de AIA tiene la finalidad de aumentar su concentración y efecto, ya que puede ser inactivado por enzimas oxidasas presentes en la planta, en especial, el ácido indol acético oxidasa. Por esa razón se prefiere usar en los viveros, como hormonas estimulantes del enraizamiento, al ácido naftalén acético (ANA) y al ácido indol butírico (IBA) (Oliva, 2006).

En Cuba se ha comprobado que el empleo de una solución acuosa de PectiMorf® a 12mg/L y FitoMas® a 5 ml/L tiene un efecto enraizador similar al producido por el ácido indol acético (Ramos, 2014). El PectiMorf® es una mezcla de oligosacáridos pécticos con grado de polimerización de 7 a 16, obtenida a partir de materias primas producidas en Cuba por la agroindustria cítrica (Cabrerá, 2000) que tiene un reconocido efecto estimulador del crecimiento en numerosos cultivos (Fajardo *et al.*, 2011).

5) Enraizamiento – brotación y endurecimiento

A partir de la siembra de los esquejes es imprescindible regar con frecuencia para mantener las hojas de los mismos turgentes durante todo el ciclo, evitando que se desprendan hasta que se produzca el enraizamiento. Los esquejes que pierden las hojas debido al déficit hídrico, antes de que se inicie el proceso de enraizamiento, no lograrán hacerlo y posteriormente morirán. Las hojas son un componente muy importante del esqueje, porque ellas sintetizan y proporcionan los carbohidratos, cofactores de enraizamiento, nutrientes y sustancias hormonales que son trasladados basípetamente a la zona basal del esqueje, para garantizar el enraizamiento (Méndez *et al.*, 2004; Hartmann *et al.*, 2011). La Figura 11 muestra un esqueje de guayabo enraizado.

De acuerdo con resultados del Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT) de Cuba, los esquejes herbáceos de guayaba, estimulados con una solución de ácido indol butírico sal sódica a 80 mg/L en la base y colocadas en un sustrato inerte de zeolita durante 30 días, con riego nebulizado, enraizan mejor en las condiciones del verano, que en las de invierno (Oliva, 2006). La emisión de las primeras raíces, según la época del año y las condiciones propias del esqueje, generalmente ocurre entre los 25 y 45 días (IIFT, 2011).

Los esquejes enraizados deben permanecer en los canteros (Figura 12) con la humedad requerida hasta que aparezca el primer brote y posteriormente se pasan a pleno sol para la fase de endurecimiento. Se deben realizar las labores culturales de riego, aportar materia orgánica y mantener un sistemático monitoreo y control de plagas y malezas (IIFT, 2011).

Las plantas estarán listas para el trasplante a campo cuando sus brotes alcancen por lo menos dos flujos de crecimiento y presenten entre 3 y 6 pares de hojas (NRAG 1:2018) (Figura 13). Se recomienda aplicar *Heterorhabditis indica* Poinar (nematodo entomopatógeno que parasita diferentes plagas que habitan en el suelo), a las plantas, dos o tres días antes del trasplante a campo, con la finalidad de controlar plagas que afectan al sistema radicular. Se debe aplicar a razón de una galería infestada por bolsa o una aplicación líquida que equivalga a 250 mil nemátodos por bolsa. La aplicación de *H. indica* se debe realizar en horas de la tarde, en suelo húmedo y 5 días antes o después de una aplicación de algún producto químico o aporte de gallinaza (Hernández *et al.*, 2015). La Figura 14 muestra plantas de guayabo listas para la siembra.



Fig.10. Siembra de esquejes de guayabo (*Psidium guajava* L.). Fuente: Agrofrutales (2021).



Fig.11. Esqueje de guayabo (*Psidium guajava* L.) enraizado. Fuente: Convenio Cuba–Venezuela (2011).



Fig.12. Esquejes de guayabo (*Psidium guajava* L.) en canteros de enraizamiento. Fuente: Agrofrutales (2021).



Fig.13. Plantas de guayabo (*Psidium guajava* L.) producidas por esquejes, listas para el trasplante. Fuente: IIFT (2011).



Fig.14. Plantas de guayabo (*Psidium guajava* L.) listas para trasplante. Esqueje (Izquierda). Injerto (Derecha). Fuente: IIFT (2011).

4.3.3. TRANSPORTACIÓN DE LAS PLANTAS

Para la transportación y manipulación de las plantas se deben tener en cuenta los siguientes aspectos (Pennington *et al.*, 1998; IIFT, 2011):

1. Emplear vehículos limpios, libres de residuos de tierra y de productos químicos (plaguicidas, fertilizantes u otros de síntesis química) y con medidas adecuadas para proteger las plantas del viento fuerte.
2. Durante la carga de los equipos, se velará que no queden espacios vacíos entre una planta y otra.
3. La segunda y última camada se colocará entre las plantas inferiores, quedando apoyados los envases sobre las bolsas de abajo.
4. Se tomarán las medidas de seguridad adecuadas para garantizar la integridad del producto y que no reciban golpes.
5. No se deben mover las plantas tomándolas por el follaje.
6. Los envases que contengan las plantas, no se deben tirar ni arrastrar para evitar que los mismos se rompan y se dañen las mismas.

4.4. ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES

El establecimiento de una plantación de guayabo engloba una serie de actividades fundamentales para lograr resultados adecuados en cuanto a los niveles de producción, la calidad de las cosechas, la satisfacción de los requerimientos de los clientes y la eficiencia económica del productor (Samarra, 1985; Casaca, 2005; IIFT, 2011).

4.4.1. PREPARACIÓN DEL SUELO

La preparación del suelo tiene como objetivo lograr un lecho adecuado para el desarrollo de las plantas, favoreciendo la aireación de las raíces y el mejoramiento del drenaje interno (Figura 15). Para lograrlo se deben realizar tantas labores como sean necesarias.

Por lo general, en un terreno plano o con poca pendiente (5 % o menor), donde la topografía permita el empleo de maquinaria agrícola, se pueden realizar las siguientes labores: rotura, cruce, dos o tres pases de grada, nivelación, estaquillado, marque y hoyado. El diseño puede ser a marco real o tres bolillos. Para este tipo de terrenos mecanizables se puede evaluar, en lugares donde el suelo tenga limitada superficie cubierta de malezas poco agresivas, la variante de preparar solamente el lugar donde se plantarán las hileras de plantas y posteriormente, si emplea el intercalamiento, preparar las calles o mantenerlas con césped bajo (Casaca, 2005; IIFT, 2011).

En los terrenos con topografía accidentada, con pendientes mayores del 5 % o muy pronunciadas, es recomendable utilizar prácticas de conservación de suelos, con curvas a nivel. El acondicionamiento se puede realizar eliminando las malezas, con el empleo de tracción animal o manualmente y, posteriormente, realizar el marcado y el hoyado (Casaca, 2005; IIFT, 2011).

4.4.2. DISTANCIAS DE PLANTACIÓN

Las distancias de plantación se establecen en dependencia del porte del cultivar a fomentar, la fertilidad del suelo, la topografía del terreno, las características del sistema de riego, de los equipos e implementos que se emplearán, de la tecnología de manejo, el empleo de asociación con otros cultivos, los requerimientos del mercado y la disponibilidad de los insumos, tales como plaguicidas y fertilizantes, y de fuerza de trabajo (IIFT 2011).

En los cultivares de bajo porte y en concordancia con las restantes particularidades, las distancias más comunes son: 5 m x 4 m, 4 m x 3 m; 5 m x 2 m; 4 m x 2 m y 4,5 m x 1,5 m, con lo se logran densidades entre 500 y mil 481 plantas por hectárea. Es importante tomar en cuenta que, mientras más reducido es el distanciamiento, las prácticas de manejo deberán realizarse con mayor frecuencia. Esto incrementa los costos de producción, por lo que se hace imprescindible que exista también un correspondiente incremento de los rendimientos, sin menoscabo de la calidad, que origine un favorable balance de los gastos e ingresos (Casaca, 2005; IIFT, 2011).

Para los cultivares de porte alto se emplean distancias como: 6 m x 4 m; 5 m x 4 m; 4 m x 4 m; con lo que se logran densidades entre 416 y 625 plantas por hectárea (IIFT, 2011).

4.4.3. ÉPOCA DE PLANTACIÓN

El guayabo se puede plantar durante todo el año, en dependencia de las condiciones locales y las posibilidades de suplir las necesidades hídricas de las plantas. Por esta última razón y considerando además el factor de ahorro de fuerza de trabajo y recursos materiales, especialmente los portadores energéticos, el período lluvioso constituye la mejor época para realizar la plantación ya que hay



Fig.15. Preparación de suelo para siembra de guayabo (*Psidium guajava* L.). Fuente: Agrofrutales (2021).

mayor posibilidad de que las precipitaciones brinden los aportes de agua que las plantas requieren (Casaca, 2005; Farrés *et al.*, 2011).

4.4.4. PLANTACIÓN O TRASPLANTE A CAMPO

Los hoyos para plantar el guayabo deben ser amplios, de 45 cm x 50 cm, a los cuales se les aplica de 5 kg a 10 kg de materia orgánica bien descompuesta en el fondo. Asimismo, se recomienda aplicar un riego profundo 24 horas antes del trasplante.

Para proceder a la siembra, las plantas se colocan en cada hoyo; posteriormente se les quita el envase evitando que la tierra se separe de las raíces, se tapan con la tierra y se estiran hacia arriba para evitar que las raíces queden dobladas. A continuación, se comprime el suelo para evitar cámaras de aire y se aplica un riego.

En las áreas con riego emergente (se utiliza un tanque con agua), se confecciona una caja circular pequeña, de unos 15 cm de diámetro, para garantizar la infiltración del agua en la zona donde se ubicará la planta. Debe tomarse en cuenta que la planta debe quedar sembrada hasta la altura del cuello de la raíz y no aporcarse (IIFT, 2011; Farrés *et al.*, 2011). La Figura 16 muestra una planta de guayabo recién trasplantada.



Fig.16. Planta de guayabo (*Psidium guajava* L.) recién trasplantada. Fuente: Convenio Cuba–Venezuela (2011).

4.4.5. TUTORADO

Se recomienda colocar estacas de maderas, conocidas comúnmente como tutores, al lado de cada planta recientemente trasplantada (Figura 17) para posibilitar, mediante un amarre, que éstas tengan un apoyo y sostengan sus ramas evitando el contacto con el suelo. A medida que la planta se desarrolla y avanza el proceso de lignificación y crecimiento del diámetro de las ramas se van eliminando los tutores (Casaca, 2005).



Fig.17. Planta en desarrollo de guayabo (*Psidium guajava* L.) con tutor. Fuente: Agrofrutales (2021).

4.4.6. REPLANTACIÓN

Esta actividad se debe realizar siempre que, por cualquier razón, se pierda alguna planta. Se inicia a los 45 días después del trasplante de las plantas al campo y se reponen todas aquellas que se hayan muerto o presenten daños que impidan su adecuado desarrollo. Se mantendrá la revisión mensual de la plantación y la reposición de las pérdidas durante el periodo que sea necesario con la finalidad de lograr una supervivencia superior al 95 % de la cantidad de plantas que establece la distancia de plantación establecida (IIFT, 2011; Farrés *et al.*, 2011).

4.4.7. ASOCIACIÓN DE CULTIVOS

La asociación de cultivos es una práctica que consiste en cultivar, dentro de la misma parcela, varias especies diferentes. Esto tiene como objetivo promover y optimizar el uso de los recursos, alcanzar una mayor biodiversidad de la producción, incrementar la protección contra los daños ocasionados por plagas y disminuir el riesgo de pérdida total de la cosecha (Gómez–Rodríguez y Zavaleta–Mejía, 2001).

Las plantaciones de guayabo se pueden asociar con la finalidad de lograr una rápida recuperación de la inversión (Figura 18). Los aspectos a considerar para asociar con otras especies son los siguientes:

- El espacio vital de cada cultivo.
- Las plagas y enfermedades comunes.
- El sistema y régimen de riego.
- Las exigencias tecnológicas de cada una de las especies asociadas, especialmente las del cultivo principal.
- Una mayor preparación y manejo para cada cultivo.

Los cultivos recomendados para asociar al guayabo son aquellos de porte bajo y/o de ciclo corto, como el frijol, maíz, pimiento, tomate, col, ají y otras leguminosas. No es recomendable el intercalamiento con cucurbitáceas por ser estas plantas altamente hospederas de nemátodos.

Debido a su pronta entrada en la producción y su alta productividad, se recomienda emplear al guayabo como cultivo intercalado en plantaciones de frutales que tienen un ciclo preproductivo largo, especialmente el mango (*Mangifera indica* L.), aguacate (*Persea americana* Mill.) y mamey colorado (*Pouteria sapota* Jacq.); en la medida en que estos árboles crecen se eliminan las plantas de guayabo. También se recomienda para establecer barreras fitosanitarias, de dos o tres hileras, alrededor de las plantaciones de cítricos, ya que se le atribuyen propiedades repelentes a *Diaphorina citri*, insecto vector del Huanglongbing (HLB) de los cítricos (Zeledón *et al.*, 1999; IIFT, 2011; Farrés *et al.*, 2011).

4.5. NUTRICIÓN

Las plantaciones comerciales de guayabo requieren, entre otros factores, de adecuados niveles de nutrientes para expresar una alta producción y con una buena calidad de las frutas. Para lograrlo se debe tener en cuenta el potencial productivo del cultivar.

El nitrógeno (N) es necesario para la síntesis de la clorofila y forma parte de su molécula. La falta de nitrógeno afecta el proceso de la fotosíntesis y con ello otras funciones esenciales de la planta, como la absorción de nutrientes. El nitrógeno es también un componente de las vitaminas y los sistemas de energía de la planta. Este elemento tiene alta movilidad en la planta, por lo que su deficiencia únicamente es visible en las hojas viejas. La deficiencia de este elemento se identifica por el amarillamiento de las hojas viejas, reducción del número de hojas, del largo de los entrenudos y del crecimiento en general (CENTA, 2011).

El fósforo (P) tiene como función principal estimular el desarrollo radicular. Por ello es indispensable su aplicación en el momento del trasplante al campo y cuando se requiera reponer las raíces. Además, aporta energía durante la fotosíntesis y el transporte de carbohidratos, es un regulador de todos los ciclos de las plantas. Su deficiencia provoca una reducción en la floración y baja producción de frutos. Esta se manifiesta en hojas viejas como una coloración rojiza (CENTA, 2011).

El potasio (K) es uno de los elementos que más requieren las plantas de guayabo, ya que desempeña varias funciones en el crecimiento de las plantas. Es esencial para los procesos de fotosíntesis y respiración, ayuda a la translocación de productos de la fotosíntesis a diversos órganos e interviene activamente en el proceso de división celular, regulando las disponibilidades de azúcares. Otorga vigor y resistencia contra las enfermedades y bajas temperaturas, controla el cierre y apertura de los estomas. Los síntomas de deficiencias se observan primeramente en las hojas viejas, que presentan necrosis en los márgenes y puntas, se reduce la cantidad de frutos y la calidad organoléptica y la consistencia blanda, lo que provoca un acortamiento de la vida poscosecha (CENTA, 2011).

El calcio (Ca) influye en el proceso de los carbohidratos proteicos del metabolismo graso y sobre otros procesos fisiológicos. Causa la contracción del plasma fomentando la transpiración y reducción de la absorción de agua (Jacob y Uexhül, 1973). La deficiencia de este nutriente se manifiesta con la



Fig.18. Plantación de guayabo (*Psidium guajava* L.) asociada con papayo (*Carica papaya* L.) y maíz (*Zea mays* L.). Fuente: Agrofrutales (2021).

muerte a la yema apical, clorosis en los márgenes y deformación de las hojas más jóvenes, la nervadura principal y las secundarias principalmente en las hojas más viejas que se tornan de color rojo oscuro (Manica, 2000).

El magnesio (Mg) es esencial por ser uno de los constituyentes de la clorofila, protoclorofila, pectina y fitina. Participa en la síntesis de carbohidratos, proteínas y lípidos, en el efecto catalítico del sistema enzimático y en la síntesis de vitaminas. Su deficiencia se manifiesta en una clorosis en los márgenes y moteadura entre las nervaduras de las hojas y la defoliación prematura (Jacob y Uexhül, 1973).

Diferentes autores coinciden al reportar que la demanda de los principales nutrientes de la planta de guayabo, varía en dependencia del suelo, las condiciones climáticas, los cultivares, edad de la planta y el manejo agronómico. Las necesidades de la planta de guayabo, en la etapa de plena producción, están alrededor de los 150–180, 60–100 y 100–130 g/ árbol de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), respectivamente (Corrales, 2000; CENTA, 2011; Mendoza y Moreno, 2014). Se reconoce que la extracción en kilogramos de los principales nutrientes para producir una tonelada de fruto es de: 4,1 de nitrógeno; 0,5 de fósforo; 5,0 de potasio; 2,9 de calcio; 0,4 de magnesio (IIFT, 2011; Farrés *et al.*, 2011).

4.5.1. FERTILIZACIÓN

La cantidad de fertilizantes y abonos orgánicos a aplicar por planta en la etapa preproductiva del cultivo del guayabo debe ser calculada tomando en cuenta la demanda de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Esta se puede calcular tomando en cuenta los resultados de los trabajos de investigación, las características del suelo y los fertilizantes y abonos orgánicos disponibles. Para esta etapa, las demandas para los dos primeros años de los elementos esenciales, nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), están entre 40–60 gramos/planta (Zeledón *et al.*, 1994).

Para el cálculo de la dosis en la fase productiva se deben tener en cuenta el rendimiento potencial, la extracción media de NPK por tonelada de frutos producidos y el coeficiente de aprovechamiento de los nutrientes para cada tipo de suelo (IIFT, 2011; Farrés *et al.*, 2011).

Se recomienda realizar la aplicación de fertilizantes en las plantaciones de forma tal que exista una adecuada disponibilidad de nutrientes de acuerdo con los estadios fenológicos del guayabo. Por lo general en las plantaciones en producción, los ciclos de desarrollo anual ocurren después de la ejecución de la poda de producción. Inicialmente se produce la brotación, luego aparecen los botones florales, le sigue la floración, la formación de los frutos y luego su desarrollo. La duración de cada uno de estos estadios depende del cultivar, y de las condiciones climáticas y de cultivo. Se recomienda fraccionar como mínimo la dosis anual en dos aplicaciones de igual proporción. Estas se deben realizar después de las podas de mantenimiento que se efectúan al finalizar los dos periodos de cosecha que se presentan, generalmente en las condiciones de Cuba, entre los meses de marzo a abril el primero y de mediados de agosto a octubre el segundo. En las plantaciones que no disponen de riego el aporte de fertilizantes se debe realizar en el periodo lluvioso para garantizar que la humedad del suelo sea la adecuada (IIFT, 2011; Carabalí *et al.*, 2019).

4.5.2. APLICACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA

La planta de guayabo responde satisfactoriamente a la aplicación de materia orgánica. Su empleo, siempre que sea posible, deberá complementarse con la adición de fertilizantes minerales y constituye una práctica imprescindible para la obtención de altos rendimientos. Se recomienda hacer aplicaciones en bandas o en el ruedo de las plantas, en ambos casos habrá que incorporarla con el suelo. La primera aplicación de materia orgánica se realiza en el momento del establecimiento de la plantación a razón de 5 kg a 10 kg/planta (IIFT, 2011).

La cantidad de abonos orgánicos que se apliquen a la plantación de guayabo, deberá ser calculada tomando en cuenta las características del suelo y de los fertilizantes minerales y abonos orgánicos disponibles. Además, para las plantaciones jóvenes se debe tomar en cuenta la demanda de nutrientes y para las plantaciones en producción, el rendimiento potencial estimado y la extracción media de NPK por tonelada de frutos producidos.

La calidad y composición de los abonos orgánicos dependen de muchos factores que están relacionados con el origen y naturaleza de los residuos que se utilicen, el proceso de fermentación y los productos que se emplean para enriquecerlos. En la Tabla 1 se muestran las características de los abonos orgánicos de mayor disponibilidad en Cuba.

En los casos que no dispongan de datos para calcular las dosis de abono orgánico y su complemento de fertilizante químico, en dependencia de la disponibilidad, se pueden asumir las dosis que se muestran en la Tabla 2.

Estos volúmenes de abono orgánico se deben aplicar cada año y, de acuerdo al marco de plantación, se determinará la cantidad a aplicar por planta. La cantidad de abono orgánico, al igual que los fertilizantes minerales, se fraccionará, preferentemente, en dos aplicaciones que se aplicarán después de las podas de mantenimiento.

Tabla 1. Características de los abonos orgánicos de mayor disponibilidad en Cuba (Paneque y Calaña, 2001).

TIPO DE ABONO ORGÁNICO	PARÁMETROS					
	HUMEDAD (%)	RELACIÓN (C/N)	MATERIA ORGÁNICA (%)	NITRÓGENO (%)	FÓSFORO (%)	POTASIO (%)
Estiércol vacuno	80,0	20:1	11,5	0,33	0,23	0,72
Estiércol equino	67,4	30:1	17,9	0,34	0,13	0,35
Estiércol de cerdo	72,8	19:1	15,0	0,45	0,20	0,60
Estiércol de ovino	61,6	15:1	21,1	0,82	0,21	0,84
Compost	75,0	16:1	13,8	0,50	0,26	0,53
Gallinaza	75,0	22:1	15,5	0,70	1,03	0,49
Guano de murciélago	23,0	8:1	13,2	0,96	12,00	0,40
Turba	70,0	42:1	14,4	0,20	0,17	0,12
Cachaza fresca	71,0	30:1	16,4	0,32	0,60	0,17
Cachaza curada	54,5	15:1	28,9	1,11	1,11	0,15
Humus de lombriz	42,5	15:1	60,4	2,39	0,88	0,22

Tabla 2. Dosis de materia orgánica por tipo de suelos (Paneque y Calaña, 2001).

TIPO DE SUELOS	HUMUS DE LOMBRIZ (t/ha)	COMPOST (t/ha)	OTROS ORGÁNICOS (t/ha)
Rojos latosolizados	6	8	10
Arcillosos pardos	5	6	8
Arenosos	7	10	12

4.5.3. APLICACIÓN DE AGROMENAS

Los fertilizantes Agromenas son mezclas de componentes minerales que incluyen, de forma permanente, zeolita natural y roca fosfórica. Opcionalmente, en dependencia del tipo de suelo y de sus características nutricionales, incluyen otras fuentes minerales como las tobas potásicas, bentonita, magnesita, dolomita, carbonatos y paligorskita, con efectos mejoradores (enmendantes) del suelo. Combinados con fuentes de materias orgánicas y un mínimo de NPK, se obtienen productos órgano-minerales con propiedades nutricionales de liberación controlada que se registran como Agromenas y que son aplicables a diversos cultivos en diferentes sistemas productivos. Se recomienda su uso para todos los cultivos como una alternativa además de los fertilizantes químicos. La composición de las Agromenas Ecofertilizantes puede estar sujeta a las especificidades de los suelos y a determinados cultivos (Velázquez *et al.*, 2013). La composición representativa general de la fórmula órgano-mineral de las Agromenas se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Composición físico-química de la fórmula órgano-mineral de las Agromenas (Velázquez *et al.*, 2013).

N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	MgO (%)	CaO (%)	pH	PESO ESPECÍFICO (%)	HUMEDAD (%)
2,0 – 2,5	7 – 10	2,0	0,64	12,7	6,5 – 6,9	1,0	20 – 25

En las Agromenas, el 100 % de la granulometría es menor de 5 mm. La fase mineral representa 55 %–60 %, la orgánica 30 %–35 % y los químicos solubles un máximo entre 9 %–10 %.

La dosis anual de Agromenas recomendada para el guayabo, oscila entre 1 y 3 t/ha, en dependencia de la fertilidad del suelo y el rendimiento esperado, fraccionada en dos aplicaciones de igual proporción (Velázquez *et al.*, 2013).

4.5.4. BIOPRODUCTOS PARA LA NUTRICIÓN DE LA PLANTA DE GUAYABO

El uso de bioproductos para la nutrición de las plantaciones de guayabo es una opción que contribuye a la obtención de frutas más sanas y a la reducción de contaminantes al medio ambiente. Además, disminuye el riesgo de intoxicaciones, la afectación de organismos beneficiosos y minimiza la dependencia de los agroquímicos. Los bioproductos más utilizados son los siguientes:

Microorganismos Eficientes (EM)

La tecnología de los microorganismos eficientes surgió en la década de los ochenta en Japón y ha demostrado ser una alternativa eficiente y sostenible al uso de los fertilizantes químicos. Los microorganismos eficientes (EM) son una combinación de varios microorganismos naturales beneficiosos de tres géneros principales: bacterias fototrópicas, bacterias del ácido láctico y levaduras que segregan sustancias beneficiosas como las vitaminas, ácidos orgánicos, minerales y antioxidantes. Ellos se encuentran en los ecosistemas naturales y se pueden recolectar y reproducir de forma extensiva en un medio a base de azúcar a un pH entre 3,0 – 4,0 (Tanya y Leiva– Mora, 2019). Las especies que componen a los EM son:

- Bacterias del ácido láctico: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Streptococcus lactis*.
- Bacterias fotosintéticas: *Rhodospseudomonas plastrus*, *Rhodobacter spaeroides*.
- Levaduras: *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida utilis*.
- Hongos que realizan la fermentación: *Aspergillus oryzae*, *Mucor hiemalis*.
- Los actinomicetos, *Streptomyces albus*, *Streptomyces griseus*, microorganismos del suelo intermedios entre los hongos y las bacterias que presentan la capacidad de segregar antibióticos (estreptomycina, aureomicina, terramicina, cloromicetina y tetraciclina).

Desde el punto de vista agrícola los EM promueven la germinación de las semillas, favorecen la floración, el crecimiento y desarrollo de los frutos y permiten una reproducción más exitosa en las plantas. Adicionalmente se ha demostrado que mejoran la estructura física de los suelos, incremen-

tan la fertilidad química de los mismos y suprimen a varios agentes fitopatógenos causantes de enfermedades en numerosos cultivos. Desde el punto de vista fisiológico se ha determinado que los EM incrementan la capacidad fotosintética de los cultivos, así como su aptitud para absorber agua y nutrientes. Además, mejoran la calidad y reducen los tiempos de maduración de abonos orgánicos, en particular, el composteo.

Todos estos aspectos explican el incremento del rendimiento agrícola y el amplio uso de los EM así como productos derivados de estos como los bioles. Se emplean para mejorar la productividad de sistemas agrícolas, orgánicos o naturales. Se aplican directamente a la materia orgánica que se adiciona a los cultivos o al compost, ayudando al proceso de descomposición de materiales orgánicos y durante la fermentación se producen ácidos orgánicos como ácido láctico, ácido acético, aminoácidos y ácido málico, sustancias bioactivas y vitaminas. También este proceso incrementa el humus en el suelo (Tanya y Leiva-Mora, 2019).

La tecnología EM, en el guayabo, se puede utilizar en la preparación del sustrato para el llenado de las bolsas en el vivero, y del terreno para la plantación y el mantenimiento, con aplicaciones al suelo o al follaje de las plantas (Donis, 2019).

La aplicación de EM en el momento de la preparación del terreno, tiene como objetivo establecer en el suelo los microorganismos benéficos presentes en los EM y el suelo para promover el desarrollo vigoroso de las plantas. Para ello se debe proceder de la forma siguiente:

1. Cortar y trocear los residuos vegetales presentes en el terreno (restos de cosechas o malezas) y dejarlos en el suelo antes de prepararlo.
2. Preparar una dilución de EM y agua teniendo en cuenta la calidad de suelo, de la siguiente forma:
 - Suelo de baja fertilidad, de bajo contenido de materia orgánica, aplicar 25 litros de EM en 500 litros de agua / ha (dilución al 5 %).
 - Suelo de fertilidad media, con contenido medio de materia orgánica, aplicar 10 litros de EM en 500 litros de agua / ha (dilución al 2 %).
 - Suelo de alta fertilidad, con alto contenido de materia orgánica, aplicar 5 litros de EM en 500 litros de agua / ha (dilución al 1 %).
3. Aplicar la dilución de EM al suelo, homogéneamente, por lo menos de 15 a 20 días antes de la siembra.
4. Pasado el tiempo recomendado, preparar el terreno según la tecnología prevista.

La utilización de los EM, en la plantación de guayabo, se realiza mediante aplicaciones directas al suelo o al follaje de la siguiente forma:

Aplicaciones al suelo: las aplicaciones al suelo (Figura 19), tienen como objetivo establecer los microorganismos en el área de la rizosfera favoreciendo la:

- Solubilización de nutrientes.
- Generación de sustancias bioactivas.
- Protección de las plantas frente al desarrollo de las enfermedades del suelo.

Se deben de aplicar, directamente al suelo, 30 litros / ha de una dilución de EM al 5 %, tomando en cuenta los aspectos siguientes:

1. Aportar materia orgánica previamente para favorecer el establecimiento y desarrollo de los EM.
2. Aplicar a primera hora en la mañana, antes de las 8:00 a.m., o en la tarde, después de las 4:00 p.m.
3. Dirigir las aplicaciones al área de la rizosfera, el área de mayor volumen de raíces de la planta.
4. Regar con abundante agua durante o después de la inoculación con microorganismos (a capacidad de campo).



Fig.19. Aplicación al suelo de EM a árboles jóvenes de guayabo (*Psidium guajava* L.). Fuente: Agrofrutales (2021).

5. La frecuencia de aplicación recomendada no debe ser inferior a 6 aplicaciones anuales pero debe valorarse su incremento en dependencia de la respuesta productiva y el vigor de la plantación.

FitoMas®

El FitoMas-E® es el nombre comercial de un estimulante de crecimiento vegetal, conformado por un formulado acuoso, que contiene básicamente aminoácidos, oligosacáridos y bases nitrogenadas y una fracción mineral de N, P y K. En su composición no figuran aditivos hormonales ni microorganismos (Montano, 1998; MINAG, 2013). Estimula la nutrición, el crecimiento, la floración, la fructificación, la germinación y el enraizamiento. Tiene acción anti estrés contra la sequía, inundaciones, desequilibrios nutricionales, salinidad, ataques de plagas y daños mecánicos) (Montano, *et al.*, 2007; Saborit, *et al.*, 2013). Se reporta que incrementa los rendimientos en un 30 %. La utilización de FitoMas-E®, en la plantación de guayabo, se realiza mediante aspersiones al follaje de las plantas de una solución de 1 litro del producto en 200 litros de agua / ha. Se recomienda realizar las aplicaciones a las plantaciones cada 45 o 60 días (Figura 20) (MINAG, 2013).



Fig.20. Aplicación foliar de FitoMas-E® a árboles jóvenes de guayabo (*Psidium guajava* L.). Fuente: Agrofrutales (2021).

Biobrás-16®

Biobrás-16® es el nombre comercial, de un estimulante del crecimiento vegetal que tiene como principio activo un análogo de brasinoesteroide y que es capaz de incrementar, en la planta, el crecimiento y el rendimiento entre un 10 y un 25 %. Se aplica en el guayabo mediante aspersiones al follaje en las horas tempranas de la mañana, con una solución entre 10 mg/ha y 50 mg/ha, en dependencia del tamaño de las plantas (MINAG, 2013).

Fosforina®

La Fosforina® es un inoculante microbiano a base de bacterias de la especie *Pseudomonas fluorescens*, capaz de solubilizar el fósforo insoluble en el suelo, estimulando el crecimiento vegetal e incrementando la protección contra el ataque de patógenos fúngicos. El uso de Fosforina® permite sustituir entre el 30 % y el 50 % de la cantidad de fósforo aportada por los fertilizantes químicos. La Fosforina®, en el guayabo, se aplica directamente al suelo, en el ruedo, en las horas tempranas de la mañana, a razón de 20 litros del producto comercial, diluido en 180 litros de agua por hectárea (MINAG, 2013).

Dimargón®

El Dimargón® es el nombre comercial del inoculante microbiano a base de bacterias de la especie *Azotobacter chroococum*. El producto es capaz de fijar el nitrógeno del aire y estimular el crecimiento vegetal. Permite sustituir el 35 % de la cantidad de nitrógeno aportada por los fertilizantes químicos e incrementa los rendimientos entre un 10 % y 20 %. Se aplica directamente al suelo, en el ruedo, en las horas tempranas de la mañana, a razón de 20 litros del producto comercial, diluido en 180 litros de agua por hectárea (MINAG, 2013).

Azomeg®

El Azomeg® es el nombre comercial del biofertilizante de amplio espectro de acción, constituido por *Azotobacter chroococum* (fijador de nitrógeno) y *Bacillus megatherium* (solubilizador de fósforo), que es capaz de estimular el crecimiento y la producción de enzimas, ácidos orgánicos y otras sustancias activas. El empleo de Azomeg® en dosis de 2 L/ha de conjunto con 10 g/ planta de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y 1 L/ha de FitoMas® permite sustituir el 25 % de la cantidad de fertilizantes minerales sin afectar el rendimiento (Ramos *et al.*, 2013).

Vermicompost y bacterias solubilizadoras de fósforo PSB (por sus siglas en inglés)

El empleo de la aplicación combinada de vermicompost (humus de lombriz) y PSB a una dosis de 7,5 kg vermicompost + 50 g PSB en plantaciones de guayabo bajo la copa de los árboles, produjo un incremento de los parámetros del crecimiento y desarrollo referido al porcentaje de la altura del árbol, el número de brotes y de nudos, el porcentaje de carbono orgánico y el contenido de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en la rizosfera del suelo. Los autores señalaron que la aplicación combinada de vermicompost y PSB condiciona el árbol para una mayor producción y calidad de las cosechas (Kumar *et al.*, 2019).

4.6. RIEGO

El guayabo es una especie tolerante al déficit hídrico y al exceso de humedad (Medina, 2013), 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. Para que la planta exprese su verdadero potencial productivo, es obligatorio mantener la humedad uniforme durante todo el ciclo de producción (Cañizares, 1968). Se ha podido demostrar que el guayabo, bajo condiciones de regadío, es capaz de mantener una producción constante, lo cual se traduce en una buena economía (Hernández *et al.*, 2010). Esto convierte a la actividad de riego en un factor determinante en la producción de guayaba. La Figura 21 muestra una plantación de guayabo con riego con pivote central.



Fig.21. Riego por aspersión con pivote central. Fuente: Agrofrutales (2021).

Por lo general, este cultivo se riega con sistemas de aspersión bajo el follaje de la planta o localizados en la zona de goteo, también se emplea el riego por gravedad (Figura 22).

En dependencia del tipo de suelo se sugiere emplear una norma neta parcial entre 250 a 380 m³/ha en el primer año, de 280 m³/ha a 480 m³/ha en el segundo año y de 310 a 570 m³/ha para el resto de los años. Los requerimientos hídricos para árboles en producción son del orden de 7 mil m³/ha/año, siendo los períodos más críticos la brotación, floración–cuajado y desarrollo del fruto (Rodríguez–Gallo, 2019).

Para los sistemas de aspersión y gravedad el intervalo de riego puede oscilar entre 4 y 6 días en los primeros 6 meses después de la plantación. Luego se puede alargar en dependencia de las condiciones climáticas y las características del suelo, hasta los 7 o 10 días. En el sistema de riego localizado se recomienda regar a diario.



Fig.22. Riego por gravedad en plantas jóvenes de guayabo (*Psidium guajava* L.). Fuente: Convenio Cuba–Venezuela (2011).

4.7. PODA

La poda consiste en la eliminación de partes vivas de la planta, con el fin de modificar el hábito de crecimiento, estableciendo y controlando el patrón de crecimiento y la forma del árbol para formar una copa que posibilite lograr la mayor operatividad y eficiencia de las labores propias del cultivo y reducir el envejecimiento de la planta mediante la renovación de sus partes (Singh, 2011).

En el manejo de las plantaciones de guayabo, la actividad de poda es de vital importancia, ya que, a través de ella, se promueve el crecimiento de brotes nuevos. En estos emergen las flores y los frutos, incidiendo positivamente en el incremento de la producción. También mediante la poda es posible

regular las dimensiones de la planta, posibilitando el empleo de altas densidades de plantación al facilitar la realización de las actividades culturales y la ejecución eficiente de la cosecha (IIFT, 2011).

En el guayabo, el tiempo transcurrido entre la emergencia de las flores y la maduración del fruto fluctúa entre cinco o seis meses, de acuerdo con las condiciones climáticas y la disponibilidad de agua y nutrientes. Es por ello que, a través de un programa de poda, de conjunto con un manejo adecuado del riego, se puede realizar un ordenamiento y regulación de los ciclos de producción para satisfacer las demandas del mercado (IIFT, 2011; Carmen y Correa, 2013). En el Capítulo 3 se detallan algunos tratamientos que se pueden emplear para mejorar el rendimiento y la calidad de las cosechas.

4.7.1. TIPOS DE PODA

Los tipos de poda que se realizan en el guayabo se han denominado fundamentalmente por el objetivo de las mismas. En la práctica, en una operación de poda por general se interviene para solucionar la mayoría de las deficiencias presentadas por las plantas con la finalidad de que tengan el mejor estado técnico.

Poda de formación

Esta poda se realiza en las plantas jóvenes y tiene como objetivo formar la copa del árbol ramificada, con buena estructura y productividad (Figura 23). Se inicia por lo general después del trasplante, tanto en las plantas obtenidas por esquejes como por injerto. Se debe formar un solo fuste (tallo) y en ambos casos se elimina la yema apical cuando la planta alcance una altura, medida desde el suelo, entre 25 cm y 30 cm. Posteriormente se dejan crecer los brotes que salen de este corte con el objetivo de formar una planta bien equilibrada y ramificada.

Luego se mantiene el pinzado de los brotes terminales cada 6 pares de hojas, porque la rama que disponga de esa cantidad de hojas, es capaz de sintetizar los nutrientes necesarios para que un racimo de hasta un par de frutos alcance el tamaño y peso promedio apropiado para la comercialización. En las plantas propagadas por injerto se deben suprimir, de forma permanente y sistemática, todos los brotes que salgan por debajo del injerto. Se eliminarán todas las ramas que se pongan en contacto con el suelo, ya que constituyen vías de acceso para los agentes patógenos; también se eliminan ramas rotas y enfermas para eliminar focos de diseminación de enfermedades. La Figura 24 muestra cómo se realiza esta práctica.



Fig.23. Poda de formación en árboles jóvenes de guayabo (*Psidium guajava* L.). Fuente: Convenio Cuba–Venezuela (2011).



Fig.24. Poda de formación en árboles jóvenes de guayabo (*Psidium guajava* L.). Fuente: Agrofrutales (2021).

Poda de mantenimiento o producción

Esta poda es una labor que debe realizarse sistemáticamente después de la cosecha y se ejecuta en las plantas que han comenzado su periodo productivo. Tiene el objetivo de generar nuevos brotes ya que las flores y posteriormente los frutos, se producen en las ramas jóvenes, específicamente entre el segundo y el cuarto par de yemas de la rama. En los árboles en producción se podan las estructuras aéreas de la planta, para fomentar el crecimiento de nuevos brotes y de esa forma equilibrar la actividad vegetativa y reproductiva. En los árboles jóvenes de dos a cuatro años de edad y en aquellos que tengan una altura entre 1,5 m a 1,7 m, se deberá mantener el pinzado de las ramas terminales cada 6 pares de hojas (Figura 25). En el caso de presentar frutos, se dejarán entre 2 y 3 pares de hojas por encima de los mismos.

En esta poda se deben eliminar las ramas partidas, enfermas, entrecruzadas, de excesivo tamaño que impidan las atenciones culturales; así como también, los brotes del patrón. Además, se puede aprovechar para extraer fuera de la plantación los frutos enfermos o afectados por cualquier daño, que puedan ser hospederos de patógenos (IIFT, 2011). La Figura 26 muestra la realización de la poda de mantenimiento con podadora neumática.



Fig.25. Pinzado de las ramas en árboles jóvenes de guayabo (*Psidium guajava* L.). Fuente: Agrofrutales (2021).



Fig.26. Poda de mantenimiento en plantación de guayabo (*Psidium guajava* L.). Fuente: Agrofrutales (2021).

Poda de renovación o rejuvenecimiento

Este tipo de poda se realiza en las plantas adultas cuando tienen demasiada madera gruesa improductiva, ramas de diámetro mayor a 2 cm, sin brotes y dimensiones que dificultan las atenciones y la cosecha (Figura 27). El objetivo de esta poda es rejuvenecer las ramas, disminuir el tamaño excesivo de las plantas y con ello restablecer la productividad y la calidad de los frutos de la plantación. Consiste en eliminar todas las ramas, dejando entre 3 y 4 ramas madres con una longitud de 40 cm. Debido a que se cortan ramas gruesas, los brotes que se originan tienen un gran vigor y crecimiento por lo que es recomendable realizar una segunda poda a estos brotes. Cuando se realiza esta poda se afecta sensiblemente la producción del siguiente año. Se debe repetir a los cuatro o cinco años, en dependencia del manejo agronómico, lo que determinará el grosor y dimensiones de las ramas que se formen posteriormente (IIFT, 2011).

Esta poda también constituye el paso inicial para realizar una operación de cambio de copa que se realiza con la finalidad de sustituir cultivares de baja productividad o de menor demanda por el mercado y para eliminar mezclas de los mismos en una plantación.



Fig.27. Poda de renovación en plantación de guayabo (*Psidium guajava* L.). Fuente: Agrofrutales (2021).

Cambio de copa o sustitución de cultivares

La operación de cambio de copa es una actividad que combina un sistema de poda con la injertación de los brotes o ramas que se realiza para sustituir a cultivares de baja productividad o para eliminar mezclas de los mismos en una plantación (Farrés *et al.*, 2011).

El paso inicial para ejecutar la actividad de cambio de copa es realizar la poda de todas las ramas que no van a ser utilizadas para la injertación.

En las plantas jóvenes se recomienda dejar dos ramas solamente; en cada rama es posible ejecutar dos e incluso tres injertos. También se puede injertar una sola rama y si las yemas injertadas no prenden o no brotan, se injerta la otra. Se eliminarán las ramas no injertadas y en las injertadas, todos los brotes que no procedan de los injertos realizados (Figura 28). En las plantas adultas, después de la poda de renovación, se seleccionan dos o tres de las mejores ramas y se eliminan las restantes mediante la poda. Las ramas seleccionadas se deben injertar en dos o tres posiciones e igualmente se eliminarán todos los brotes que no procedan de los injertos realizados (Farrés *et al.*, 2011).

En ambos procedimientos al mes de la injertación, se destapan los injertos y se procede a ejecutar el despatronado. Para ello es necesario podar las ramas 3 ó 4 mm por encima de la chapa injertada más alejada de la base, con un corte inclinado para favorecer el escurrimiento del agua. Posteriormente, se eliminan todos los brotes que no procedan de los injertos realizados, actividad que se debe repetir todas las veces que sea necesario, tomando en cuenta que mientras menor sea el tamaño de estos, más rápida será la brotación y el desarrollo de las yemas injertadas (Farrés *et al.*, 2011).



Fig.29. Planta de guayabo (*Psidium guajava* L.) con copa renovada. Fuente: Agrofrutales (2021).



Fig.28. Injerto en planta adulta de guayabo (*Psidium guajava* L.) para cambio de copa. Fuente: Convenio Cuba-Venezuela (2011).

Los brotes que surjan de las yemas injertadas, de forma general, tienden a prolongarse bastante antes de ramificarse; por lo tanto, se deben pinzar cuando tengan de 6 a 7 pares de hojas con la finalidad de formar una copa bien ramificada de baja altura (Farrés *et al.*, 2011). La Figura 29 muestra una planta de guayabo a la que se le ha sustituido la copa.

4.8. CONTROL DE ARVENSES

Se denominan arvenses (malezas) aquellas especies de plantas superiores, que, por crecer junto o sobre plantas cultivadas, perturban o impiden el desarrollo normal, encarecen el cultivo comercial y merman sus rendimientos o la calidad (Blanco, 2016). Las arvenses compiten con los cultivos por los nutrientes del suelo, el agua y la luz; hospedan insectos y patógenos dañinos en las plantas de los cultivos y sus exudados de raíces y filtraciones de las hojas pueden ser tóxicos para las plantas cultivadas.

Además, interfieren con la cosecha del cultivo e incrementan los costos de tales operaciones; en la cosecha, las semillas de estas pueden contaminar la producción. Por lo tanto, la presencia de arvenses en las áreas de cultivo reduce la eficiencia de los insumos tales como el fertilizante y el agua de riego, fortalecen la densidad de otros organismos y plagas, finalmente, reducen severamente el rendimiento y la calidad del cultivo (Blanco, 2016).

Para diseñar un programa efectivo para el manejo de arvenses es importante conocer las principales familias, géneros y es-

pecies que predominan en el suelo donde se ubica la plantación. También se deben conocer sus principales características tales como el hábito de crecimiento y el ciclo y forma de vida de las especies. Considerando lo anterior se puede realizar un manejo óptimo de los herbicidas y de otros métodos de control (Rodríguez-Gallo, 2019).

Las arvenses se deben controlar todo el año, fundamentalmente en los árboles jóvenes. En el periodo poco lluvioso el control de las arvenses minimiza el riesgo de incendios. Se debe mantener libre de malezas el área completa durante todo el ciclo productivo del guayabo, mediante la combinación de los métodos siguientes:

- Control manual.
- Control mecanizado.
- Control químico.
- Control biológico: coberturas diversas, especialmente leguminosas.

Los ruedos de las plantas se deben limpiar cada vez que sea necesario y la dimensión de los mismos será de 1,0 metro, cuando la planta es pequeña. Posteriormente, se mantendrá limpia toda el área de proyección de la copa (Rodríguez-Gallo, 2019; IIFT, 2011). En la Figura 30 se observa la aplicación de herbicidas con mochila en una plantación joven de guayabo.

Las calles deben mantenerse limpias mediante chapea, de forma manual (Figura 31) o mecanizada (Figura 32). La asociación de cultivo en la calle constituye una forma ideal para controlar las malezas, la erosión y aumentar la explotación del suelo (Rodríguez-Gallo, 2019; IIFT, 2011).

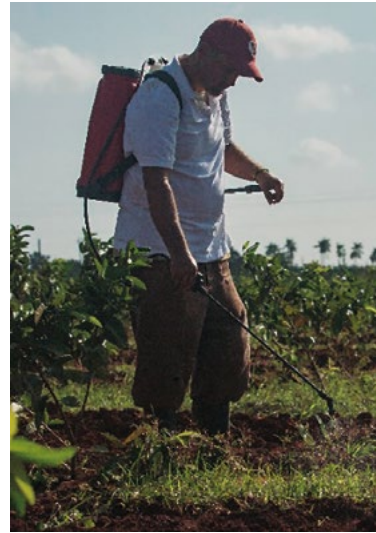


Fig.30. Aplicación de herbicidas en plantaciones de guayabo (*Psidium guajava* L.). Fuente: Agrofrutales (2021).



Fig.31. Limpia manual en plantaciones de guayabo (*Psidium guajava* L.). Fuente: Agrofrutales (2021).



Fig.32. Limpia mecanizada en plantaciones de guayabo (*Psidium guajava* L.). Fuente: Agrofrutales (2021).

Se recomienda en las plantaciones de guayabo, tomando en consideración las condiciones edafoclimáticas de cada lugar, el uso de coberturas de leguminosas, con el propósito de controlar arvenses e incrementar el contenido de materia orgánica y la fertilidad del suelo, mejorando sus propiedades físicas y minimizando la erosión (Fontes *et al.*, 2018).

Las leguminosas de forma general, proporcionan una biomasa con un alto contenido de proteínas, la cual al depositarse sobre el suelo y mezclarse paulatinamente con éste, se convierte en una fuente de alimentación para los organismos edáficos, denominada hojarasca. El aporte de hojarasca, es de gran importancia para el manejo y reciclaje de nutrientes en el suelo (Morales *et al.*, 2016).

Otra ventaja del empleo de las coberturas con leguminosas es la posibilidad de obtener, a través del corte y acarreo, alimento suplementario para los animales (Fontes *et al.*, 2018). Se recomienda realizar el corte de la cobertura, a una altura de 10 cm de la superficie del suelo, cada 90 días en el periodo poco lluvioso y cada 60 días en el lluvioso (Hernández, 2013).

4.9. BIBLIOGRAFÍA

- Agrofrutales. 2021. Fototeca del proyecto Apoyo al fortalecimiento de la cadena de frutales a nivel local. Número del Proyecto: 00085124 / Output: 00092873. Oficina de AGROCADENAS, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, La Habana, Cuba.
- Alfonso García M. 2010. Programa MAG-CENTA-FRUTALES. Guía técnica del cultivo de la Guayaba.
- Blanco-Valdés, Y. 2016. El rol de las arvenses como componente en la biodiversidad de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, vol.37 (4):34–56. *Cultrop* [online]. 2016, vol.37, n.4, pp.34–56. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.10964.19844>.
- Cabrera, C. 2000. Obtención de (1–4)–a–D–Oligogalacturónidos bioactivos a partir de los subproductos de la industria cítrica. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. UH. 100 pp.
- Cañizares J. 1968. *La Guayaba y otras frutas Myrtaceas*, 88pp. La Habana, Ed. Revolucionaria. Instituto del Libro.
- Carabalí, M. A.; Correa, M. D.; Jaramillo, L. A.; Rodríguez, H. E.; Rubilma, T.; Grajales, G. L.; Canacuan, D. L. y Montes, P. M. *Prácticas de manejo sostenible para el cultivo de guayaba*. Mosquera, Colombia, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). 55 p. 2015.
- Castillo, J.; López, A.; López, J.; Cetina, M. y Hernández, T. 2013. Factores de influencia en el enraizamiento de estacas de *Abies religiosa* (Kunth) Schldt. et Cham. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 19 (1): 175–184.
- Caraballo M. *Control biológico de plagas agrícola*. 1ra ed. Serie Técnica Manual Técnico/CATIE. Nicaragua. 2004.
- Carmen, C. H. y Correa-Moreno, D. L. 2013. Poda en el cultivo de guayaba (*Psidium guajava* L.). Feria AGRONOVA-CI. Nataima. Póster.
- Casaca Angel D. *El cultivo de la Guayaba*. Secretaria de Agricultura, Costa Rica. 2005.
- Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria, SV (CENTA), Programa de Innovación en frutales: Producción de Guayabas Taiwanesa. Boletín 5. 2002.
- Corrales Garriga, I. 2000. Tecnología para la fertilización con gallinaza y fertilizante mineral en el guayabo (*Psidium guajava* L.). Disponible en: <http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/tesis/index/assoc/HASH2143.dir/doc.pdf>.
- Donis Infante, F. Ingeniero agrónomo y productor agroecológico. Finca Cayo Piedra. Matanzas. Comunicación personal, 2019.
- Fajardo, L.; Blanco, Y.; Borges, M.; Fonseca, D.; Hernández, Y. y Arceo, L. 2011. Efecto de diferentes concentraciones de PectiMorf® en el enraizamiento y aclimatización de *Dianthus caryophyllus*. Publicaciones Científicas. *Revista Ciencias*. Disponible en: <http://www.revistaciencias.com/publicaciones/EFElppluZkfPDLJFIC.php>.
- Farrés, A. E.; Sardiñas, F. A.; Luzbet, P. R.; Peña, G. O.; Martínez, M. J.; Lumpuy, R.P.; Ojeda, F. R.; Cordones, J y Siso, M. W. *Manual del cultivo de la guayaba*. Ediciones FONDAS. Caracas. Venezuela. 2011.
- Fontes D.; Mazorra, C.; Acosta, Y.; Pardo, J.; Martínez, J.; Hernández, J.; González, A.; Fernández, P. y Lavigne, C. 2018. Comportamiento productivo de coberturas vivas de leguminosas herbáceas en una plantación de guayaba (*Psidium guajava* L.) VAR. 'Enana Roja Cubana' 'EEA-18-40'. *Universidad & Ciencias*. Volumen 7, No 2 abril-julio: 297–308.
- Gómez-Rodríguez O. y Zavaleta-Mejía E. 2001. La Asociación de Cultivos una estrategia más para el Manejo de Enfermedades, en particular con *Tagetes* spp. *Revista Mexicana de Fitopatología*, vol. 19 (1): 94–99.
- Hartmann, H.; Kester, D.; Davies, F. y Geneve, L. 2011. *Plant propagation: principles and practices*. 8th ed. São Paulo: Prentice-Hall.

- Hernández, C. G.; Pérez, J.; Martínez, R. y López, T. 2010. Respuesta productiva del guayabo al manejo del agua en condiciones de Agricultura Urbana, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(3): 1–6.
- Hernández, C. G.; Martínez, V. R. y Puig, E. O. 2009. Manejo del riego por goteo en el cultivo del guayabo. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 18, núm. 4, pp 49–53. Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez." Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=9321236701>.
- 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, Universidad de Ciego de Ávila "Máximo Gómez Báez", Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ciego de Ávila, pp.52.
- Hernández M.; Noda, M.; Ortega, P.; Ortiz, M. y Areas, M. 2015. La utilización de *Heterorhabditis indica* en el control de plagas en las condiciones del sur de Artemisa, Cuba. *Agrotecnia de Cuba*, volumen 39, no. 7.
- Iglesias Rodríguez O. 2021. Ingeniero agrónomo, productor de plántulas. Fomento, Sancti Spíritus. Comunicación personal.
- Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT) 2011. Instructivo técnico para el cultivo de la guayaba. © Biblioteca ACTAF. Ministerio de la Agricultura La Habana, Cuba. 39p
- Jacob, A; Uexhül, H von. 1973. Nutrición y abono de los cultivos tropicales y subtropicales. Trad. L López Martínez. 4 ed. México, D.F. p. 45–64.
- Kumar, N. V.; P. Bhatnagar; J. Singh; M.K. Sharma; R. Chopra and A. Kumar. 2019. Growth and development dynamics of Guava cv. L- 49 plants under consortium of vermicompost and phosphorus solubilizing bacteria. *International Journal of Chemical Studies*. Vol.7 (5): 1316–1322. ISSN: 2349–8528; E-ISSN: 232–4902.
- Manica, I. 2000. Fruticultura tropical: 6. Goiaba. Cinco Continentes, Porto Alegre, Brasil. 374 p.
- Mendoza, D. y Moreno, EM. 2014. Rendimiento y análisis económico en el cultivo de guayaba (*Psidium guajava* L.) Utilizando tres dosis de vermicompost. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía, Managua, Ni. 19 p.
- Medina Jiménez, F. 2013. Sección de Fertirrigación, Granja Agrícola Experimental. Cabildo, Gran Canaria.
- Méndez, J.; Salazar, R.; Dautant, A.; Alcorcés, N. y Laynez, J. 2004. Efecto del medio de enraizamiento, número de hojas por estaca y lesionado de las estacas de Ixora Enana (*Ixora coccinea* L.) con Hormojardín Nro. 4. *Revista UDO Agrícola* 4(1): 31–35.
- Mesen, F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. Manual técnico N° 30. CATIE Proyecto PROSEFOR. Turrialba Costa Rica.
- MINAG. 2013. Manual Práctico para el uso y manejo de los bioproductos por los productores agropecuarios.
- Montano, R. 1998. Fitoestimuladores orgánicos para la agricultura. Resultado de Investigación Informe Técnico. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). MINAZ. Ciudad de la Habana Cuba.
- Montano, R.; Zuaznábar, R.; García, A. ; Viñals, M. y Villar, J. 2007. FitoMas-E®. Bionutriente Derivado de la Industria Azucarera. ICIDCA. *Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar* 41(3): 14–21.
- Morales, S.; Vivas, N. y Terán, V. 2016. Ganadería eco-eficiente y la adaptación al cambio climático. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, Vol.14, Num.1, pp.135–144.
- NRAG 1 Frutales. 2018. Material de propagación. Posturas especificaciones para mango y guayaba.
- NRAG 31. 2014. Cuarentena Vegetal. Peritaje Nematológico. *Meloidogyne* en suelos para semilleros y viveros.
- Oliva, H. 2006. El enraizamiento de esquejes en los frutales tropicales. *CitriFrut*, Vol. 23, No.2.
- Paneque, V.M y Calaña, N. J. 2001. Abonos orgánicos, conceptos prácticos para su evaluación y aplicación. ISBN 958.246121X.
- Ramos, H. L.; Reyna G. Y.; Lescaille, A. J.; Telo, C. L.; Arozarena, D. N.; Ramírez, P. M.; Martín, A. G.M. 2013. Hongos micorrízicos arbusculares, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megatherium* y FitoMas-E: una alternativa eficaz para la reducción del consumo de fertilizantes minerales en *Psidium guajava*, L. var. Enana Roja Cubana. *Cultivos Tropicales*, vol.34 no.1.
- Ramos H. L. 2014. Uso de PectiMorf®, FitoMa-E® e inóculos microbianos para el enraizamiento de esquejes y el crecimiento de posturas de guayaba (*Psidium guajava*, L.) 'Enana Roja Cubana'. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana.
- Rodríguez-Gallo Suarez, J.A. 2019. Tesis en opción al Título de Ing. Agrícola. Departamento de Ingeniería Agrícola. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- Saborit, R.; Meneses, P. y Cañizares, A. 2013. Efecto de las aplicaciones de FitoMas-E® combinadas con la fertilización orgánica y mineral sobre los rendimientos agrícolas del cultivo del arroz en aniego. *Revista Infociencia*, 17 (4), 1–10.
- Samarrabia E. 1985. Arboles de guayaba (*Psidium guajava*) en pastizales; 1. Producción de fruta y potencial de dispersión de semillas. *Sobretiro Turrialba* 35(3): 289–295.
- Singh, G. 2011. Application of canopy architecture in high density planting in guava, *Progressive Horticulture*, 43(1): 36–43.
- Tanya M. y Leiva-Mora M. 2019. Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro. Agr.* vol.46 no.2 Santa Clara abr.– jun.
- Valera, L. A. y Garay, J. Producción Vegetal y Establecimiento de Plantaciones Tema 3. Propagación asexual de plantas, 1991.
- Velázquez, M.; Montejo, S. E.; Alfonso, O. E.; Alonso, J; Figueredo, F. V.; Rodríguez, M. A.; Villavicencio, R. B.; Puentes, A. D; Fernández E. N.; Estrada, A. J. 2013. Alternativas de empleo de las agromen- nas en la producción de alimentos.
- Zeledón R. R. y Wan, F. J. El cultivo de la guayaba Cañas. Guanacaste, Costa Rica 1994.



CAPÍTULO 5

NEMATODOS, INSECTOS Y ÁCAROS PLAGAS Y RECOMENDACIONES PARA SU MANEJO

Caridad González Fernández
Mirtha Borges Soto
Evi Rosana Estévez Terrero
Doris Hernández Espinosa
Maylin Rodríguez Rubial
Jorge Luis Rodríguez Tapia
Livia González Risco

5.1. INTRODUCCIÓN

El incremento de nuevas áreas para el cultivo de frutales en los últimos años ha generado la necesidad de incorporar sistemas de vigilancia idóneos para la detección de plagas que habitan en ese entorno agrícola. En este contexto surgió la necesidad de actualizar la biodiversidad y su incremento en áreas destinadas a la producción, así como su manejo fitosanitario para mitigar los efectos nocivos que estos pueden causar por pérdida de mercados y de la fruta. Todos estos elementos son cuantificables y generan un impacto importante si se descuidan las medidas establecidas por este concepto y bajo sistemas acordes en las nuevas áreas de frutales del sistema.

El guayabo (*Psidium guajava* L.), constituye uno de los frutales de mayor impacto en la comercialización de frutas en Cuba. Las principales plagas que lo afectan son los nematodos, insectos y ácaros (IIFT, 2011). A pesar del incremento de las áreas plantadas de este frutal en el país, sus rendimientos no son los esperados debido, entre otros factores, a las afectaciones provocadas por la incidencia de estas plagas. A continuación se señalan las especies de mayor importancia en Cuba, entre ellas nematodos, tefrítidos, insectos escamas, trípidos, aleuródidos, lepidópteros, escabeidos, crisomélidos y ácaros entre otros.

5.2. NEMATODOS FITOPARÁSITOS (NEMATODA)

Los nematodos son organismos que suelen tener forma de gusano, con una longitud entre 0,1 mm–3 mm y un diámetro 20 veces menor que su longitud. Están recubiertos por una cutícula protectora compleja que les brinda resistencia ante los factores ambientales adversos. Se destacan por presentar una alta organización en su estructura: el sistema digestivo está compuesto por el estilete, esófago, intestino y ano. El estilete es de diferentes tamaños y es utilizado para parasitar la planta. Tienen además sistema excretor, nervioso y reproductor, cuyas estructuras se utilizan para su identificación. Viven en los espacios acuosos del suelo.

Se han informado más de sesenta especies de fitonematodos asociados al guayabo. Entre ellas se destacan: *Meloidogyne* spp., *Rotylenchulus* spp., *Pratylenchus* spp., *Hoplolaimus* spp., *Tylenchorhynchus* spp., *Helicotylenchus* spp. y *Xiphinema* spp. entre otros. Aun así, el problema de nematodos mejor documentado que afecta a *P. guajava* es el creado por *Meloidogyne* spp. (Fernández, 1991; Gandarilla et al., 2014). Entre las especies reportadas y más importantes del género se encuentran *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* y *M. hapla*, siendo *M. incognita* catalogada como una de las de mayor importancia en este cultivo (Cabrera y El-Borai, 2018).

Descripción

En los nematodos nodulares, como los del género *Meloidogyne*, se presenta dimorfismo en el estado adulto (Figura 1). Las hembras pueden ser globosas o en forma de riñón (piriforme), mientras que los juveniles y machos mantienen la forma de gusano (piliiforme). El estilete y los nódulos son de tamaño mediano, visibles al microscopio. El bulbo medio es corto, la región del istmo es muy corta. En la hembra el ano y la vulva se encuentran separados. La región cefálica es anillada (dos anillos), y la parte anterior del estilete tiene forma de “remo” con punta roma, los nódulos basales

son en general redondeados. Además, el patrón perineal puede presentar diferentes formas, con estrías que varían de lisas a onduladas.

El ciclo de vida de *Meloidogyne* spp. comprende: huevo, cuatro estadios juveniles y el adulto. Este ciclo de vida oscila entre 20 y 25 días. Se inicia con el estado de huevo, en el cual se desarrolla el juvenil de primer instar (J_1). Dentro del huevo ocurre la primera muda; el juvenil (J_2) es el estado que sale en búsqueda de la raíz, por esta razón se conoce como el estado infectivo. Una vez dentro de la raíz, el J_2 se mueve intercelularmente, pasando por dos estadios más (J_3 y J_4), hasta llegar al estado adulto (Fernandez, 1991; Moens *et al.*, 2009; Holguín y Sánchez, 2021) (Figura 2 A, B, C, D y E).

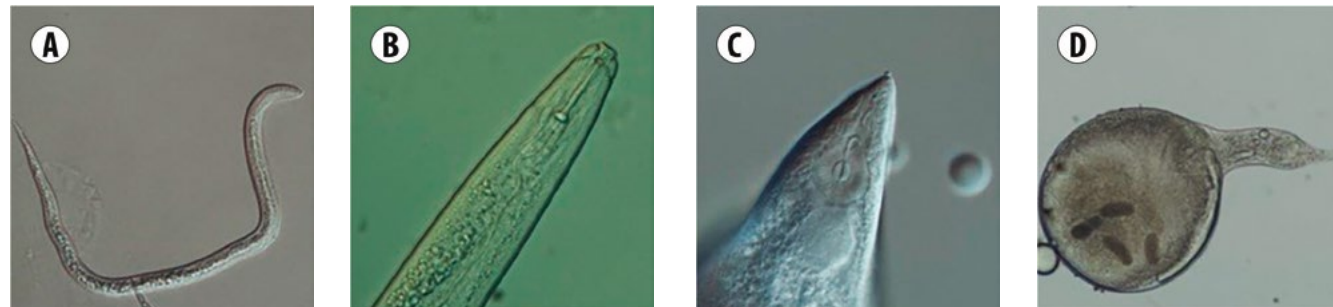


Fig. 1. *Meloidogyne* sp., dimorfismo sexual: A) estado juvenil vermiforme, B) región anterior del macho, C) región anterior de la hembra, D) hembra adulta con forma de pera. Fuente: UNED Multimedia (2019).

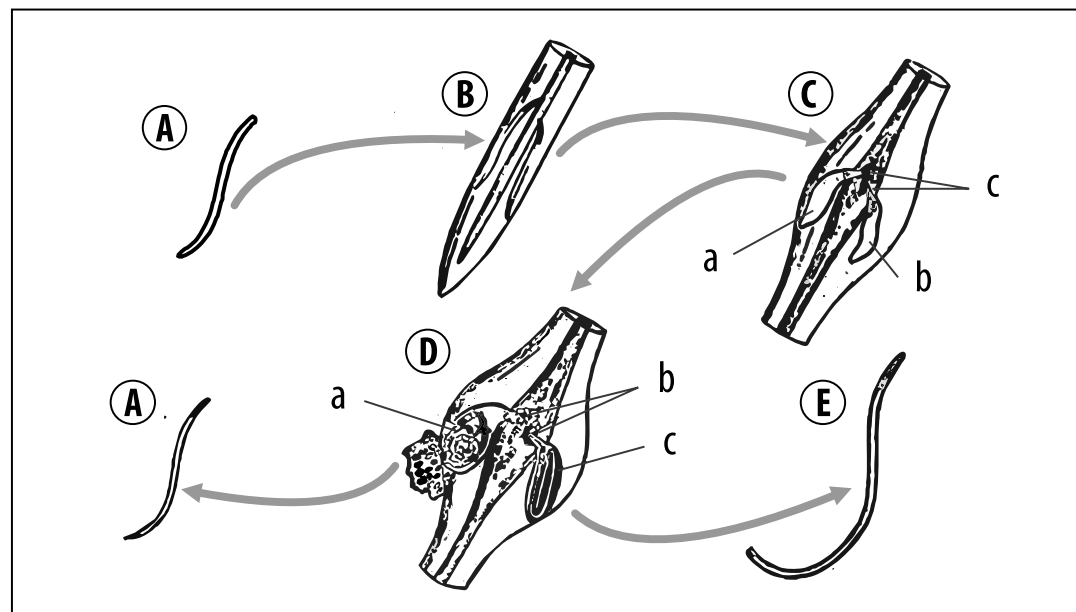


Fig. 2. Ciclo de vida de una especie de *Meloidogyne*. A) segundo estadio larval pre-parásitico, B) dos larvas que han penetrado en una raíz, haciéndose sedentarias y comenzando su alimentación, C) inicio de la formación de agallas, desarrollo de larvas (a, b) y células gigantes (c), D) agalla con una hembra madura y su masa de huevos (a) macho después de la metamorfosis (b), y células gigantes (c), E) macho libre en el suelo. Fuente: Guiran y Netscher, 1970 tomado de Tranier *et al.* (2014).

Daños

En el guayabo, los síntomas típicos causados por nematodos se asocian a especies del género *Meloidogyne*. El daño se inicia con la introducción del estilete en el tejido vegetal, el cual perfora la pared celular, introduce un complejo de enzimas y extrae el contenido del citoplasma (Ali *et al.*, 2017). Alrededor del sitio de alimentación se produce hipertrofia e hiperplasia celular, lo que da origen a la agalla o nódulo radicular característico de este nematodo (Figura 3). El tejido viejo se rompe y origina chancros de apariencia corchosa y grietas longitudinales; las raíces mueren, lo cual impide la formación de raicillas, la absorción de agua y la asimilación de nutrientes.

Se inicia un proceso de declinación paulatina que se traduce en la pérdida del anclaje y la muerte del árbol. Las heridas generadas por estos fitoparásitos permiten, además, la entrada de otros hongos que causan pudriciones de la raíz. Tal es el caso de la enfermedad 'Declinamiento de la guayaba', ocasionada por la asociación sinérgica entre el hongo *Fusarium solani* (Mart.) y el nematodo *M. enterolobii*. En la parte aérea de las plantas, se observan hojas pequeñas, cloróticas con bordes de color castaño, enanismo, pobre desarrollo foliar, defoliación en la parte baja de las plantas y pobre crecimiento. Los frutos generalmente son pequeños, no maduran y pueden ser abortados, lo que hace baja o nula la producción (Figura 4, A, B, C y D) (IIFT, 2011, Holguín y Sánchez, 2021). La inespecificidad de los síntomas que provocan los fitonematodos sobre los cultivos, hace que se subestimen frecuentemente por agricultores y técnicos agrícolas. Estos suelen confundirse con desórdenes nutricionales, estrés hídrico, problemas de fertilidad del suelo, y otras infecciones secundarias causadas por hongos y bacterias, cuya entrada se facilita por la acción del nematodo (Fernández, 2011).



Fig. 3. Agalla de nematodos y masa de huevos. Foto tomada por Evi Rosana Estévez Terrero.



Fig. 4. Síntomas de la presencia de fitonematodos en el guayabo. A) y B) clorosis (hojas rojizas), C) y D) malformación en raíces. Fuente: A, B y C: Dirección Técnico Productiva, IIFT (2008), D) Foto tomada por Evi Rosana Estévez Terrero.

5.2.1. MANEJO DE LOS FITONEMATODOS

El manejo de los fitonematodos debe ser preventivo, pues una vez que estos están presentes, el daño al cultivo es irreversible. Por ello se recomienda analizar el suelo antes de establecer la plantación para detectar la presencia de nematodos. Si el nivel de población está por encima del umbral económico de daño, es recomendable el uso de un nematicida o el empleo de métodos de control alternativos. Entre estos se pueden citar la solarización, la siembra previa de cultivos que disminuyan la población de nematodos, la aplicación de biorreguladores y la inversión del prisma combinada con una preparación larga del suelo sin permitir enyerbamientos (IIFT, 2011).

Fernández *et al.* (1998), Fernández (2011), Holguín y Sánchez (2021), recomiendan para el manejo de fitonematodos:

- Utilizar patrones resistentes.
- Utilizar plantas sanas para la propagación.
- Incorporar enmiendas orgánicas al suelo en el área de goteo de la planta.
- Aplicar, de forma preventiva, *Trichoderma harzianum* o *T. viride* (cepa TS-3) en viveros no contaminados, al menos 30 días antes del trasplante y en el hoyo en el momento de la plantación.
- Utilizar el riego adecuado (evitar el riego por gravedad, pues contribuye a la diseminación de estos organismos en el campo, por lo que se recomienda el riego por aspersión).

5.3. INSECTOS. MOSCAS DE LAS FRUTAS (DIPTERA: TEPHRITIDAE)

5.3.1. MOSCA CARIBEÑA DE LA FRUTA. *Anastrepha suspensa* Loew (Diptera: Tephritidae)

Se conoce como Mosca Caribeña de la Fruta o Mosca de la Fruta de las Antillas Mayores. Entre sus principales hospederos se encuentran la guayaba (*Psidium guajava* L.), el níspero (*Manilkara zapota* L.), y el anón (*Annona reticulata* L.), entre otros.

Distribución geográfica

Originalmente fue conocida en las Antillas y Bahamas, y fue descrita a partir de especímenes colectados en Cuba (Weems y Heppner, 2001) y luego introducida a la Florida (Estados Unidos de América, (EUA)) (ICA, 2017). Su distribución va desde Florida (EUA) hasta las islas del Caribe que incluyen Bahamas, Cuba, Jamaica y La Española (República Dominicana y Haití). Se le ha recolectado ocasionalmente en Puerto Rico (Torres *et al.*, 2006). Su distribución geográfica y la gama de huéspedes son muy similares a otras dos especies: *A. obliqua* y *A. striata* Schiner.

Descripción morfológica

El adulto es de una y media a dos veces el tamaño de la mosca doméstica y de color café amarillento. Carina facial, de perfil, cóncava. Las antenas no se extienden al margen de la cara ventral. El húmero y la banda media se ensanchan posteriormente con una franja pálida lateral desde la sutura transversa hasta el escutelo, pleura café-amarillenta u oscurecida lateralmente. Presenta una mancha negra en la parte posterior del abdomen lo que la distingue de otras especies del género. Las alas presentan bandas de color café amarillento a café (Figura 5 A y B) (Borges *et al.*, 2003).

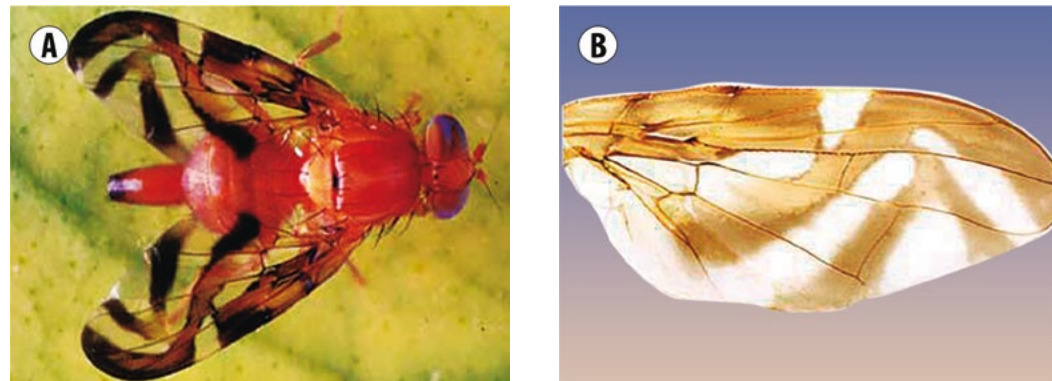


Fig.5. *Anastrepha suspensa*, A) hembra adulta, B) vista general del ala. Fuente: Weems y Heppner (2001).

Características de los daños

Esta especie como la mayoría de los tefritidos presenta aspectos biológicos y hábitos similares, no obstante, *A. suspensa*, como el resto de los representantes del género, posee amplia plasticidad ecológica, y está confinada a las regiones tropicales y subtropicales.

En cuanto a las características de los daños, *Anastrepha suspensa* prefiere, y usualmente ovipone en frutos maduros, aunque a veces también ataca frutos inmaduros. Los daños son ocasionados por la hembra, la que perfora con su ovipositor la piel de los frutos para introducir los huevos. Después de la eclosión, las larvas se alimentan de la pulpa y la parte carnosa, produciendo galerías en la pulpa

que, al oxidarse, originan zonas necróticas, fibrosas y endurecidas de color café o negro. Estas afectaciones propician la proliferación de bacterias y otros microorganismos que también pueden ocasionar deterioro en los tejidos además de provocar la caída prematura de los frutos.

Los frutos con agujeros causados por la oviposición, ya con larvas alimentándose dentro, generalmente no son apropiados para consumo humano y ciertamente no son comercializables (Aluja, 1993; Borges, 1999) (Figura 6).



Fig.6. Larvas y daños de *A. suspensa* en guayaba. Fuente: Borges *et al.* (2003).

Enemigos naturales

Diachasmimorpha longicaudata (Ashmead), *Doryctobracon areolatus* (Szepliget), *Bracanastrepha* sp. y *Utetes anastrephae* (Viereck) (Hymenoptera: Braconidae) fueron parasitoides evaluados por Aluja *et al.* (2009) para medir parámetros bionómicos sobre especies de *Anastrepha*.

El parasitoide *Utetes anastrephae* fue detectado por primera vez en Cuba (Borges *et al.*, 2012) parasitando larvas de *Anastrepha suspensa* Loew y *A. obliqua* Macquart en guayaba (*Psidium guajava* L.) y mango (*Mangifera indica* L.) en áreas de empresas de frutales del GAG (Grupo Agrícola del Ministerio de la Agricultura).

5.3.2. BICHO DE SAN JUAN, MOSCA ANTILLANA DE LA FRUTA *Anastrepha obliqua* (Macquart) (= *Mombinpraeoptans*)

(Diptera: Tephritidae)

Descripción morfológica

El adulto es de tamaño medio, de color café amarillento. Presenta el mesonoto de color amarillo naranja, con una franja central ensanchándose posteriormente y con otras dos franjas laterales. El escutelo es de color amarillo y sin manchas en la parte media. Las alas presentan bandas de color marrón amarillento. El huevo es de color blanco cremoso, su forma es alargada y ahusada en los extremos. La pupa es una cápsula de forma cilíndrica con 11 segmentos. Su color varía desde amarillo cremoso cuando está recién formada, hasta café rojizo con la madurez (Figura 7 A y B) Borges *et al.* (2003).

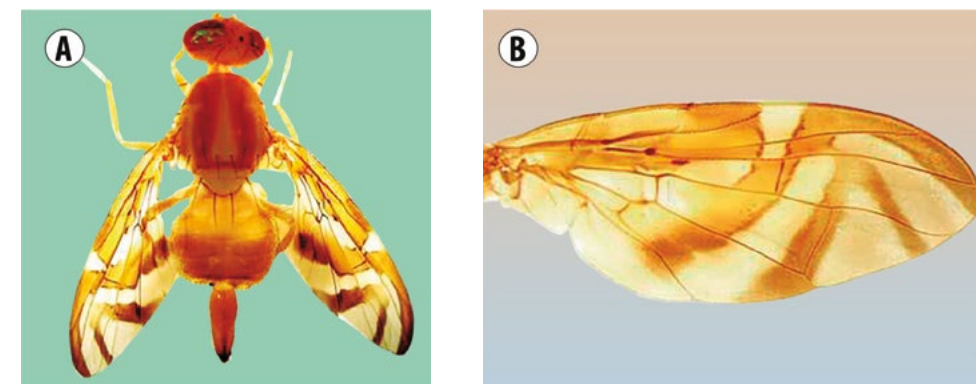


Fig.7. *Anastrepha obliqua* (Macquart). A) hembra adulta, B) vista general del ala. Fuente: Hernandez Ortiz (1992).

Daños

Ovipositan usualmente en frutos maduros, pero a veces lo hacen en los inmaduros. La hembra ocasiona los daños cuando perfora la corteza de los frutos con su ovipositor para introducir los huevos. La alimentación de las larvas en la pulpa, origina zonas necróticas, fibrosas y endurecidas, de color café o negro. Las puncturas de la oviposición permiten la entrada de microorganismos que también pueden ocasionar deterioro en los tejidos, además de provocar la caída prematura de los frutos (Figura 8 A, B y C) (Borges *et al.*, 2003),

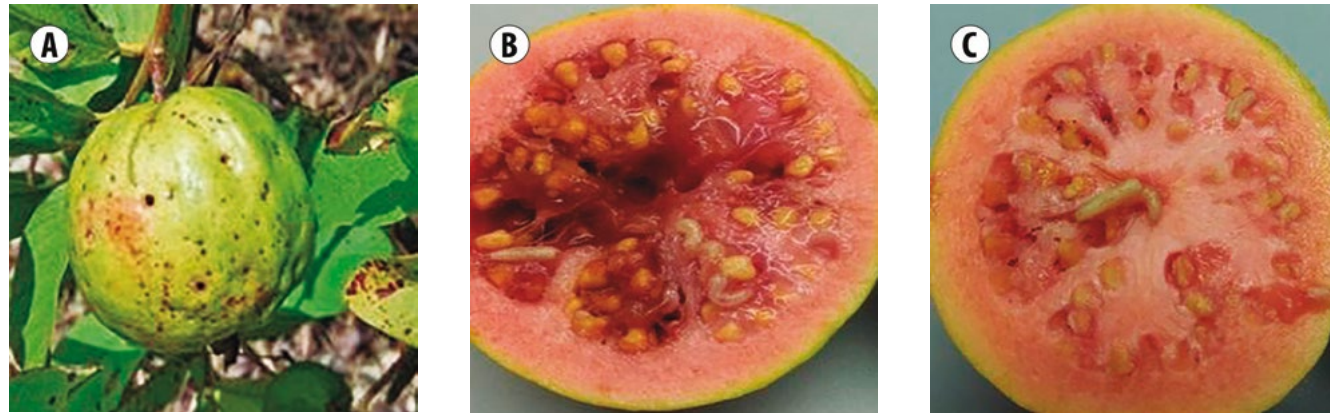


Fig.8. A) Daños causados por *Anastrepha* spp. en frutos. Fuente: Carrillo *et al.* (2018). B y C) presencia de larvas y maduración acelerada. Fuente: Carabali *et al.* (2021).

Del muestreo de frutos y evaluación de daños provocados por moscas de la fruta en *P. guajava*, Borges, *et al.* (2015) señalaron que el número de larvas de *Anastrepha suspensa* por fruto varió de uno a cuatro y el 15 % de los frutos presentaron cuatro larvas como máximo. Para la especie *A. obliqua*, solamente encontraron un total de 0,08 larvas/fruto, lo que permite demostrar la preferencia de *A. suspensa* por este frutal. Del total de frutos afectados por *A. suspensa* se obtuvo que existe mayor porcentaje de frutos que presentan de una a dos perforaciones, siendo menor el porcentaje con tres perforaciones.

5.3.3. MANEJO DE LAS MOSCAS DE LA FRUTA

Borges *et al.* (2003, 2016, 2020), CNSV, (2002, 2008) e IIFT, (2011) recomiendan para el manejo de las moscas de la fruta:

- a) Utilizar trampas y atrayentes para la detección de las moscas de la fruta.
 - Se deben utilizar trampas de tipo McPhail (preferentemente para la captura de especies de *Anastrepha*), Trampa Rebell o de tablero de color amarillo para la captura de adultos de *Anastrepha* y trampas Jackson.
 - Para la captura de moscas del género *Anastrepha* se recomienda el uso de proteína hidrolizada, levadura *Torula* como atrayentes.
 - En las trampas del tipo McPhail, el cebo a emplear por trampa consiste en una mezcla de: 35 gramos de levadura *Torula* (45 % de proteína bruta), 10 gramos de bórax, 250 ml de agua. Se recomiendan para el programa de exportación y el de cuarentena.
 - El sistema de monitoreo en los campos debe mantenerse a partir del cuaje de los frutos hasta concluir la cosecha.
 - Se debe aplicar el Sistema de Vigilancia según establece la Metodología de Señalización para el cultivo de la guayaba.

Las trampas se ubican en lugares estratégicos de la plantación, durante un período de 7 días según instituye el programa de defensa para la vigilancia de estos agentes nocivos establecidos en Cuba. El muestreo debe durar como mínimo un año para establecer la dinámica de los adultos. No constituye en sí un método de control. El objetivo de su empleo es lograr información sobre los volúmenes poblacionales de los adultos de moscas, el momento en que inician el vuelo y llegan al cultivo para desplegar su ciclo de desarrollo. Esto permite establecer las épocas de mayor prevalencia del insecto adulto para su control con cebos tóxicos o alternativas químicas.

- b) Muestreo de frutos para la detección de daños (CNSV, 2002).

La metodología a emplear es la siguiente:

- La recolección y evaluación de frutos se debe realizar a partir de los 45 días antes de que las frutas alcancen su madurez fisiológica y se continúa hasta el fin de la cosecha.
- Se seleccionará el 2 % de los árboles de cada campo al azar y se tomarán 4 frutos por planta y los frutos caídos al suelo.
- Se llevarán a jaulas de maduración, donde se mantendrán durante 2 semanas.
- El 60 % de las muestras se deben tomar directamente del árbol (permite establecer el daño directo y recuperar los adultos de moscas de la fruta).
- El 40 % de las muestras se deben tomar de frutos con la apariencia de haber caído.
- Si durante el muestreo de frutos se detecta la presencia de larvas de dípteros, las muestras se enviarán a los laboratorios acreditados (Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal (LAPROSAV) o Laboratorio Central de Cuarentena Vegetal (LCCV)) para su identificación.

- c) Determinación del índice para emitir señal de aviso.

Se calcula la cantidad de moscas por trampas por días (MTD) mediante la fórmula: (NIMF, 2008, Borges, 2016):

$$MTD = \frac{M}{(T) (D)}$$

Donde:

M = Total de moscas capturadas **T** = Número de trampas **D** = Número de días que las trampas estuvieron en exposición.

Las categorías definidas para emitir la señal de aviso se refieren en la Tabla 1:

Tabla 1. Categorías definidas para dar la señal de aviso de acuerdo a la cantidad de moscas por trampas por días.

CATEGORÍA	VALORES
Nula	0,00
Baja	< 0,001
Media	0,001– 0,008
Alta	>0,008

La primera señal para la toma de medidas se emite cuando esta se encuentre en el rango: 0 – 0,001 (moscas/trampa/día), que se ubica en la categoría de baja prevalencia.

- d) Medidas recomendadas para el manejo fitosanitario de las moscas de la fruta (IIFT, 2011).

Para el control fitosanitario de las moscas de las frutas se recomiendan las siguientes medidas:

- El control cultural mediante la recolección y eliminación de las frutas caídas y la erradicación de plantas hospederas.
- El control químico mediante aplicaciones semanales con cebos tóxicos, en las primeras horas de la mañana en la época de mayores poblaciones de adultos, ya que el rocío en las hojas y las temperaturas más frescas contribuyen a la menor evaporación del cebo.
 - Para ello se debe usar una mochila con boquilla graduable tipo cazuela número 4 sin difusor, calibrada a razón de 10 litros de mezcla por hectárea con gotas de diámetro de 3 mm a 6 mm.
 - Las aplicaciones del cebo se hacen dirigiendo la aspersion hacia la parte más sombría del árbol. Esta es una estrategia económica y más aceptable que la aplicación química directa.
- El control biológico por medio de la liberación de parasitoides criados y multiplicados en laboratorio o artesanalmente, de manera directa en campo.

- El control autocida a través de la liberación de moscas estériles.
- El control legal mediante la toma de medidas cuarentenarias.

5.4. INSECTOS ESCAMAS

5.4.1. ESCAMA DEL OLIVO. *Hemiberlesia rapax* Comst. (Hemiptera: Diaspididae)

Descripción

El escudo de la hembra adulta es fuertemente convexo, casi cónico, de contorno más o menos circular en forma de ostra, de color gris ligeramente amarillento, más oscuro en la parte media y blanquecino en el borde, siendo este más o menos difuso. La exuvia está situada en uno de los lados y es de color pardo amarillento. El escudo es mate y está recubierto de polvillo blanco. Cuando joven es ligeramente transparente. El velo ventral desarrollado y blanco. El cuerpo de la hembra es amarillo, de forma oval, casi redondo, con el extremo posterior triangular muy ancho (Figura 9 A y B) (Conde *et al.*, 2010; González *et al.*, 2015 a).



Fig.9. *Hemiberlesia rapax* A) y B) escudo y cuerpo de hembra adulta, C) ninfas y hembras adultas en rama. Fuente: A y B) González, *et al.* (2015 a), C) Foto tomada por Jorge L. Rodríguez.

Daños

Generalmente, las poblaciones predominan en las ramas y en particular en las axilas de las ramificaciones; forman costras que se confunden con la corteza de las ramas (Figura 9 C). Cuando el ataque es intenso se concentran en los pedúnculos y frutos y se expanden hasta la base de estos. En hojas y frutos provocan deformaciones en la zona donde se fijan (González *et al.*, 2015 a).

En estudios realizados en el cultivo de *Psidium guajava* en dos fincas integrales de la Empresa Agroindustrial Ceiba, en la provincia de Artemisa, Cuba, González *et al.* (2016), determinaron que los insectos escamas representaban el 58,3 % de los insectos inventariados. La plaga que predominó afectando *P. guajava* en las dos áreas evaluadas, fue *H. rapax*. Del análisis faunístico este diaspidido resultó ser una especie frecuente y dominante. Este parámetro es indicador de niveles elevados de daños. González *et al.* (2015b), evaluaron la ocurrencia de plagas en el guayabo, en siete localidades de Cuba. En este estudio se destacó *H. rapax* por las numerosas poblaciones contabilizadas en Ceiba del Agua (Artemisa), Arimao (Cienfuegos) y Sola (Camagüey). Los valores más altos de constancia y frecuencia entre los artrópodos plaga fueron determinados para *H. rapax* (100 % y 28,3 respectivamente).

Enemigos naturales

La controlan algunas especies de parasitoides himenópteros del género *Aphytis*: *A. chilensis*, *A. diaspidis* y *A. podia* y el encártido *Zaomma lambinus* Walter.

5.4.2. GUAGUA VERDE. *Coccus viridis* (Green) (Hemiptera: Coccidae)

Descripción

La hembra adulta es de color verde pálido brillante, con una marca interna en forma de U irregular de color negro llamativo, que es visible dorsalmente a simple vista. También posee dos puntos negros

submarginales del ojo, que se pueden ver con una lupa. La forma del contorno puede describirse como ovalada, alargada y moderadamente convexa. Las escamas de los adultos miden de 2,5 mm a 3,25 mm. Las ninfas o escamas verdes inmaduras son ovaladas, planas y de color verde amarillento y tienen seis patas cortas. Presentan tres etapas ninfales, antes de convertirse en adultos; cada etapa es más grande y más convexa que la etapa anterior. Los huevos son de color verde blanquecino, ovalados, alargados y son puestos individualmente y eclosionan debajo de la hembra donde están protegidos (Figura 10 A y B) (Dekle y Fasulo, 2018).

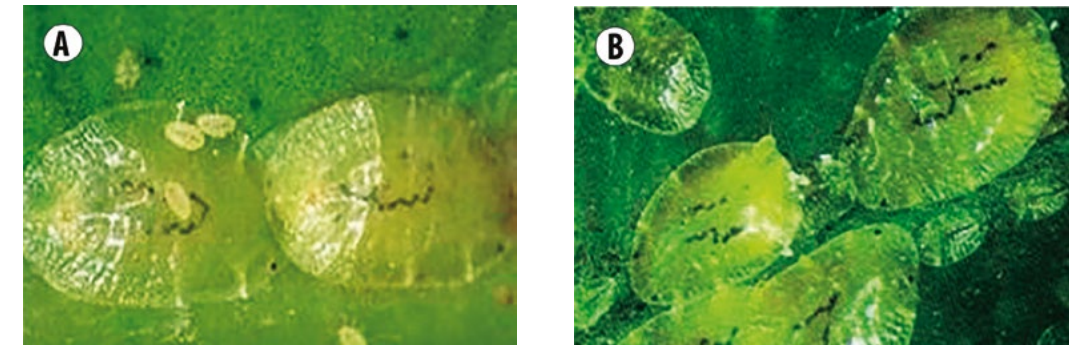


Fig.10. *Coccus viridis* (A) y (B) hembras y ninfas. Fuente: A) González *et al.* (2009) y B) Veloso (2016).

Daños

Tanto las ninfas como los adultos ocasionan daños al extraer la savia de los árboles con la cual se alimentan. En los árboles, producen debilitamiento, pérdida de hojas, reducción en el desarrollo y en el rendimiento; además excretan miel de rocío, la cual facilita el incremento de la fumagina. Se fijan en ambas superficies de las hojas, pero en mayor número en el envés y a lo largo de la nervadura principal. También atacan a las ramas tiernas y a los frutos, especialmente en la base de éstos (González, *et al.*, 2009). En Sandino (Pinar del Río), Ceiba del Agua y Alquizar (Artemisa) y Jagüey Grande (Matanzas), González *et al.* (2015b), determinaron también la presencia de las poblaciones de *C. viridis* en las hojas de *P. guajava*, destacándose por el envés y recorriendo la nervadura principal, así mismo se evidenciaron sus colonias en las ramas tiernas.

Enemigos naturales

La parasitan himenópteros de las familias Encyrtidae, Eulophidae y Aphelinidae como *Cocophagus pulvinaria* (Comp.) y el hongo *Lecanicillium lecanii* Zera & Gams.

5.4.3. ESCAMA NEGRA, GUAGUA H, COCHINILLA DE LA TIZNE. *Saissetia oleae* (Olivier) (Hemiptera: Coccidae)

Descripción

El huevo es de color blanco variando al salmón-rosado; de 0,2 mm a 0,3 mm. El migrante es de color marrón claro-salmón, de forma oval y achatada, de unos 0,5 mm por 0,2 mm. En los estadios ninfales aparece una quilla longitudinal marcada y ya se esbozan las quillas transversales. La hembra adulta se fija al vegetal y su escudo protector es de forma ovalada, hemisférica, de tegumento duro y rugoso (parecida a granos de pimienta), con dos carinas transversales y una longitudinal que forman una "H" en el dorso de color castaño oscuro de 2 mm a 5 mm de largo. Antes de la puesta su cuerpo es convexo y arrugado, luego de la oviposición se forma una concavidad ventral en la que se alojan los huevos, adquiere brillo, y va oscureciéndose hasta tornarse negra (Acosta y Murace, 2011 (Figura 11A, B y C) (González *et al.*, 2015 a).

Daños

Ataca ramas, ramillas y hojas. Los adultos, generalmente se encuentran en vástagos y ramillas y las larvas visitan preferiblemente el envés de las hojas y las puntas de los brotes. Succionan grandes cantidades de savia, y provocan con ello la pérdida de vigor de la planta. En infestaciones severas se produce la defoliación, caída del fruto y muerte de la madera. Produce también daños indirectos porque junto a esta cochinilla se desarrolla el hongo denominado fumagina o negrilla debido a la miel de rocío (González, *et al.*, 2015a).

Enemigos naturales

La controlan himenópteros como *Aneristus ceroplastae* How., *Plagiomerus cyaneus* (Ashm.) y hongos como el *Lecanicillium lecanii* Zera & Gams. y *Nectria flammae* (Tul.) Dingley.



Fig.11. *Saissetia oleae* A) hembra con huevos, B) ninfa, C) hembra adulta. Fuente: González, et al. (2015 a).

5.4.4. ESCAMA CEROSA DE FLORIDA. *Ceroplastes floridensis* Comstock (Hemiptera: Coccidae)

Descripción

La hembra adulta está cubierta de una gruesa capa de cera blanda. La escama es algo circular, muy convexa y oval. La coloración es blanca, algunas veces es rosada y se vuelve blanca en la última etapa de su vida. Posee una longitud de 2 mm – 4 mm y un ancho de 1mm – 3 mm. Presenta ocasionalmente puntos en determinadas áreas. Los huevos son ovales, de coloración rosada o rojo oscuro y se disponen en dos filas paralelas, debajo de la escama, entre sus pliegues. Las ninfas del primer instar son rosadas y poseen patas funcionales, las del segundo instar secretan a su alrededor la cera que las recubre y les da apariencia de estrella (Figura 12 A, B y C) (González et al., 2015a).

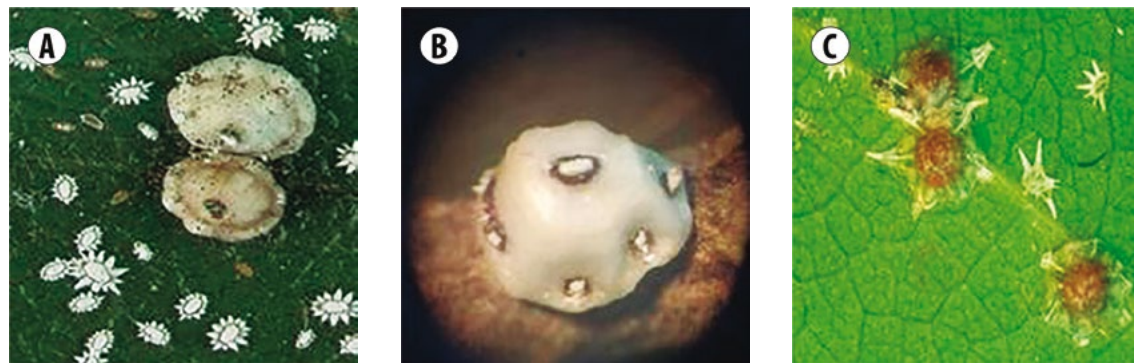


Fig.12. *Ceroplastes floridensis* A) ninfas y hembras adultas, B) hembra, C) ninfas 3er instar. Fuente: A) Sharma y Buss (2018), B) Foto tomada por Jorge L. Rodríguez, C) Castillo (2019).

Daños

Las ninfas causan el daño directo al insertar su aparato bucal en los tejidos de la planta para succionar la savia. Cuando las infestaciones son grandes pueden provocar decoloración de hojas, defoliación y secado de ramas; directamente pueden ocasionar daño, como consecuencia de la extracción de los fluidos de la planta. En este proceso, el insecto secreta abundante miel de rocío, que sirve de sustrato para el desarrollo del hongo *Capnodium citri*. La fumagina como comúnmente se conoce, al alimentarse de este sustrato, recubre los órganos de la planta y reduce la fotosíntesis (Sharma y Buss, 2018).

Enemigos naturales

La controlan los parasitoides *Coccophagus lycimnia* (Walker) (Aphelinidae), *Metaphycus eruptor* Howard (Encyrtidae), y *Scutellista cynea* Motschulsky (Pteromalidae).

5.4.5. CHINCHE HARINOSA DEL COCOTERO. *Nipaecoccus nipae* Mask. (Hemiptera: Pseudococcidae)

Descripción

La hembra tiene una coloración desde pardo rojiza a anaranjada oscura, su forma es subcircular, achatada y mide entre 1,5 mm y 2,5 mm de largo. Está recubierta por una capa de cera amarilla-anaranjada. Posee 10 a 12 pares de filamentos cerosos marginales cortos y de forma piramidal. Sobre el dorso del cuerpo se observan otros 5 a 8 filamentos cerosos similares a los filamentos cerosos marginales. Depositán sus huevos en un saco compacto, algodonoso, detrás del extremo posterior del cuerpo. El migrante tiene forma aplanada y oval y su color es amarillo claro. Las ninfas tienen una delgada capa cerosa amarilla-anaranjada. Aquellas que originan machos se diferencian en el tercer estadio y se desarrollan en capullos de cera blanca muy finos, antes de emerger como adultos alados, cuyo tamaño es menor a las hembras (Figura 13 A y B) (González et al., 2015a; Moran et al., 2017).



Fig.13. *Nipaecoccus nipae* A) hembra adulta, B) ninfas de hembras y machos, C) daños en hojas. Fuente: A y B) González, et al. (2015a), C) Fuentes et al., (2018).

Daños

Los daños que produce se deben a la extracción de la savia al alimentarse, lo cual provoca el debilitamiento de la planta. Además, el insecto secreta miel de rocío, lo que favorece el desarrollo del hongo denominado negrilla o fumagina, que disminuye la superficie fotosintética causando defoliación y reduciendo los rendimientos del cultivo, e incluso la muerte ocasional en plantas jóvenes. La presencia de la miel de rocío también favorece la aparición de las hormigas, que juegan un papel importante en la rápida dispersión de la plaga y dificultan la acción de los enemigos naturales (Figura 13 C) (Fuentes, et al., 2018). Del inventario de las plagas del guayabo en siete localidades cubanas, Gonzalez, et al. (2015b) evidenciaron altas poblaciones de *N. nipae* afectando el envés de las hojas y los frutos de *P. guajava* en la localidad de Sola en la provincia de Camagüey.

Enemigos naturales

La controlan *Scymnus bahamensis* Csy. (Coccinellidae), *Lobodiplosis pseudococci* Felt (Cecydomiidae) y *Pseudoaphycus utilis* Timberlake. También el hongo *Lecanicillium lecanii* Zera & Gams.

5.4.6. CHINCHE HARINOSA RABILARGA. *Pseudococcus longispinus* (Targioni) (Hemiptera: Pseudococcidae)

Descripción

El cuerpo de la hembra tiene forma suboval, de color amarillo, y está cubierto de abundante cera con 17 pares de filamentos cerosos alrededor del cuerpo, mas uno impar en la cabeza. El par de filamentos anales es muy largo, el penúltimo es también largo pero más corto que el anterior. Los filamentos marginales y cefálicos poseen igual longitud. La hembra adulta pone los huevos en una masa irregular de cera detrás de su cuerpo, de donde salen los migrantes amarillentos. Es una especie ovovivípara. El macho es de color ladrillo. Por lo general se encuentra formando colonias en el haz de las hojas (Figura 14 A y B) (González et al., 2015a).



Fig.14. *Pseudococcus longispinus* (A) y (B) hembras adultas. Fuente: González, et al. (2009).

Daños

Causa daños por la extracción de savia, la acción mecánica de las picaduras y la acción tóxica de la saliva inyectada a los tejidos. Como consecuencia de esto se produce el amarillamiento de las partes verdes. Cuando el ataque es fuerte, las plantas se atrofian y los frutos pueden caer prematuramente. En las frutas ocasionan manchas cloróticas. Las partes de los árboles afectadas por la plaga quedan cubiertas por secreciones muy intensas de miel de rocío, en las que se forma una capa más o menos considerable de fumagina, producida por el hongo *Capnodium citri* Berk et Desm., que obstaculiza las funciones fisiológicas, como la respiración, la transpiración y la fotosíntesis. La presencia de la miel de rocío también atrae a las hormigas, las que protegen a esta plaga y provocan también daños directos (González et al., 2015 a). Este insecto escama fue observado por González et al. (2015b) en Ceiba del Agua (Artemisa), Arimao (Cienfuegos), Ceballos (Ciego de Ávila) y Sola (Camagüey) en el envés de las hojas y su presencia estuvo asociada con la fumagina.

Según Valdés–Infante (2020), en híbridos de guayabo evaluados en la Unidad Científico Tecnológica de Base de Alquizar, perteneciente al Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, y ubicada en la provincia de Artemisa, se determinó, en hojas y brotes, la presencia de *P. longispinus* de julio a diciembre de 2017, con mayor número de individuos en noviembre.

Enemigos naturales

La controlan *Leptomastidea abnormis* Girault (Hymenoptera: Encyrtidae), y *Cryptolaemus montrouzieri* Muls. (Coleoptera: Coccinellidae).

5.4.7. MANEJO DE LOS INSECTOS ESCAMAS

De acuerdo con González (2000) se recomienda:

- Monitorear permanentemente la plaga y sus enemigos naturales.
- Los enemigos naturales (depredadores, parasitoides y hongos entomopatógenos) pueden suprimir poblaciones de insectos escamas lo suficiente como para que la utilización de insecticidas sea innecesaria. Verificar si hay signos de parasitismo (orificio de salida del parasitoide) o de depredación (daños irregulares de las escamas).
- Aplicar regularmente riego (son susceptibles a los hongos entomopatógenos cuando la humedad relativa es alta).
- Aplicar agua jabonosa sobre insectos escamas, porque facilita el control de estos insectos y la permanencia de los biorreguladores.
- Favorecer el establecimiento de enemigos naturales.
- Si las poblaciones de estos insectos son elevadas y los enemigos naturales están ausentes, se debe aplicar insecticidas como aceite mineral [Rocio Spray CE 80 a 0,5 % – 1,5 % PC], dimetoato [Rogor L 40 a 0,04 % i.a.] y etion [Sierra CE 50 a 0,05 % – 0,075 %]).
- La señal de aplicación se emitirá en presencia de las fases susceptibles del insecto (hembras en reproducción y migrantes).

- Algunas especies de insectos escamas están muy asociadas con las hormigas y una forma de controlarlas es aplicándoles insecticidas en los hormigueros y en la base del árbol.
- Podar, cortar y quemar los restos de poda, asegura un mejor control de insectos escamas en general.

5.5. INSECTOS. LEPIDÓPTEROS

5.5.1. ENROLLADOR DE HOJAS. *Strepsicrates smithianus* Wilson (Lepidoptera: Tortricidae)

Descripción

Las hembras son de color marrón oscuro con escamas blancas en las alas anteriores y las alas posteriores en forma de quilla y más claras. Los machos son de color gris oscuro con banda de escamas blancas. Las hembras son de mayor tamaño con abdomen más corto y redondeado. Los huevos son redondeados, lisos y aplanados, de color tornasol brillante, con un diámetro de 0,5 mm. Generalmente son puestos individualmente en el envés de las hojas. Las larvas presentan el cuerpo cilíndrico, de color amarillo grisáceo con setas simples en todo el cuerpo. Su longitud máxima es de 14 mm. La prepupa inicialmente es rojiza y de gran actividad, luego cambia su coloración a crema claro y disminuye su actividad. Elaboran capullo con borde de hoja, recubierto por seda. La pupa es obtecta, de color marrón claro hasta marrón oscuro, es lisa y alargada, con diez segmentos abdominales (Figura 15 A, B y C) (Carabali et al., 2015).

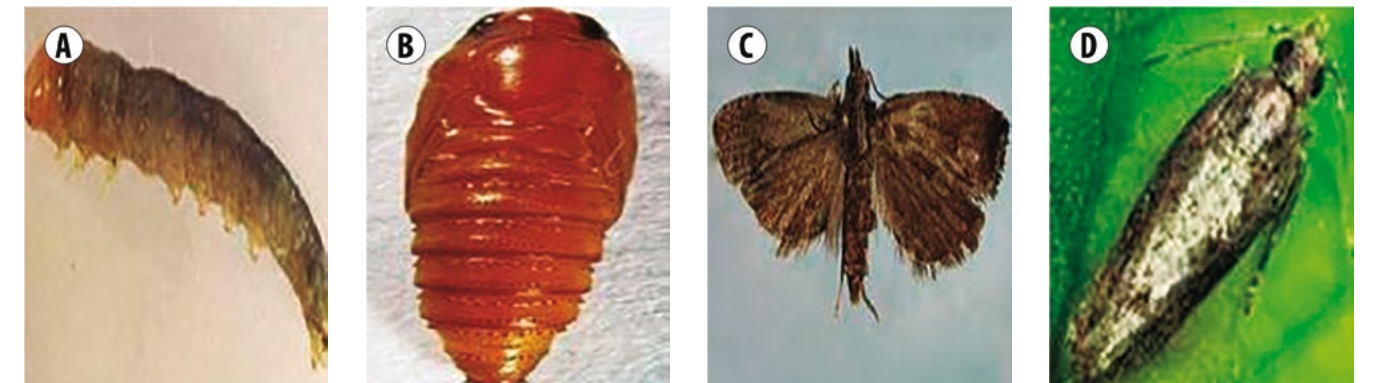


Fig.15. *Strepsicrates smithianus* A) larva, B) pupa, C) hembra, D) macho. Fuente: Canacúan y Carabali (2015).

Daños

Prefiere brotes tiernos; colocan los huevos de forma individual sobre brotes jóvenes de guayaba. Puede atacar el botón floral en formación, los frutos en cuajado, madurez y cosecha. Al alimentarse, las larvas reducen el área foliar, provocan amarillamiento y muerte de brotes terminales. En la etapa inicial, el daño se caracteriza por raspaduras en hojas y perforación en brotes terminales, seguido de un enrollamiento de hojas ocasionado por larvas más desarrolladas, y llegan a consumir por completo la hoja (Figura 16 A, B y C) (Canacúan y Carabali, 2015). Según Farrés et al. (2014), se presenta con afectaciones importantes en áreas sembradas con guayabo cv. 'Enana Roja Cubana'.



Fig.16. *Strepsicrates smithianus* Daños: A) perforación en ápice del brote, B) enrollamiento en hoja, C) esqueletización de hojas. Fuente: Canacúan y Carabali (2015).

Enemigos naturales

Lo controlan el parasitoide *Bassus* sp. (Braconidae: Agathidinae) y el depredador *Chrysoperla* sp. (Neuroptera: Chrysopidae).

5.5.2. GUSANO DE CARTUCHO DEL GUAYABO. *Cicinus pachardi* Grate (Lepidoptera: Psychidae)

Descripción

La mariposa adulta es de color gris con una mancha redonda y transparente en las alas anteriores. Pone los huevos sobre las hojas y, la larva que emerge, produce un cartucho con las excretas, residuos vegetales e hilos de seda, el cual se fija a una rama pequeña de la planta. Este cartucho es de color pardo grisáceo, ovalado, alargado y con entradas por ambos extremos. En su interior la larva se transforma en pupa y de esta sale el adulto que de ser hembra posee alas (Figura 17 A, B y C) (González *et al.*, 2015a).

Daños

El daño más importante lo producen las larvas al alimentarse de las hojas, en las que producen perforaciones (IIFT, 2011).

Enemigos naturales

Lo controla un parasitoide interno de la larva, *Chirotica* sp. (Ichneumonidae).



Fig.17. *Cicinus pachardi* A) cartucho, B) cartucho con pupa del insecto, C) adulto. Fuente: González *et al.* (2015a).

5.5.3. MINADOR DE LA HOJA DEL GUAYABO. *Chilocampyla psidiella* Busk. (Lepidoptera: Gracillariidae)

Descripción

El insecto adulto es una mariposa de color crema, y en algunos casos blanco amarillento, que presentan en las alas posteriores unas bandas negras situadas transversalmente. El minador de la hoja pone los huevos en las hojas tiernas. Las larvas son pequeñas, de aproximadamente 2 mm de longitud y una coloración amarillo rojiza, en los primeros estadios de desarrollo, pero a medida que crecen se tornan de color rojo brillante y llegan a medir 6 mm de longitud. Una vez concluida esta fase, cada larva comienza a tejer una fina capa amarilla alrededor de su cuerpo, hasta que se cubre completamente y queda encerrada en un capullo, en el que para el estado de pupa y llega al estado adulto (Figura 18 A y B) (Sánchez, 1983).

Daños

C. psidiella ataca todos los cultivares de guayabo y en su estado larval mina las hojas. Al inicio de su ataque produce galerías pequeñas, pero a medida que las larvas crecen y se van haciendo más voraces, estas galerías aumentan de tamaño y afectan las funciones del metabolismo foliar (Figura 18 C y D) (Sánchez, 1983). Según Valdés–Infante (2020), en híbridos de guayabo evaluados en la Unidad Científica Tecnológica de Base de Alquízar, perteneciente al Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, y ubicada en la provincia de Artemisa, este insecto mostró en el mes de septiembre la mayor cantidad de individuos en hojas jóvenes.

Enemigos naturales

Lo controlan parasitoides de los géneros *Diglyphus* Walker, *Sympiesis* Foerster y *Pnigalio* Shrank (Hymenoptera: Eulophidae).

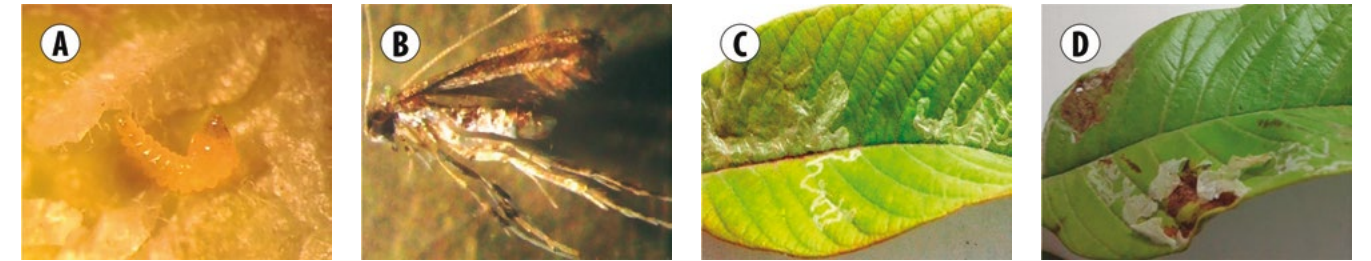


Fig.18. *Chilocampyla psidiella* A) larva, B) adulto, C) mina por el haz de la hoja, D) necrosis del tejido en la zona afectada por la larva. Fotos tomadas por Jorge L. Rodríguez.

5.5.4. MANEJO DE LOS LEPIDÓPTEROS

De acuerdo con Carabali *et al.* (2015 y 2021) se recomienda:

- Mantener la vigilancia y el monitoreo de la plantación.
- Realizar podas sanitarias cuando se detecten los primeros síntomas de la presencia de esta plaga.
- Extraer y enterrar los restos vegetales derivados de las podas.
- Con el propósito de mantener bajas las poblaciones del insecto. realizar aplicaciones con insecticidas cuando se inicie el brote foliar.
- Como método de control biológico se sugiere hacer liberaciones de: *Trichogramma* sp. como parasitoide de huevos y, para los primeros estados larvales, se propone hacer liberaciones de *Chrysoperla* sp. como depredador de estados inmaduros.
- Como medida para el control de adultos, se aconseja instalar trampas nocturnas.

5.6. INSECTOS. ALEURÓDIDOS, MOSCAS BLANCAS (Hemiptera: Aleyrodidae)

5.6.1. MOSCA BLANCA DE CARDINI. *Metaleurodicus cardini* (Back.)

Descripción

El adulto es blanco amarillento y posee un punto en las alas delanteras. Estas moscas se caracterizan por tener cubierto todo su cuerpo, y en especial las alas, por un polvillo de color oscuro. Se reproduce sexualmente y es una especie ovípara que pone sus huevos en el envés de las hojas en forma de espiral. Los huevos tienen forma oblonga y son de color blanco, recubiertos de un polvo blanco que produce el insecto. Las ninfas son muy parecidas a los adultos aunque más estrechas, más pequeñas y sin alas. La pupa es de color amarillo y, debido a su transparencia, se aprecia la formación de la mosca (Figura 19) (González *et al.*, 2015a).

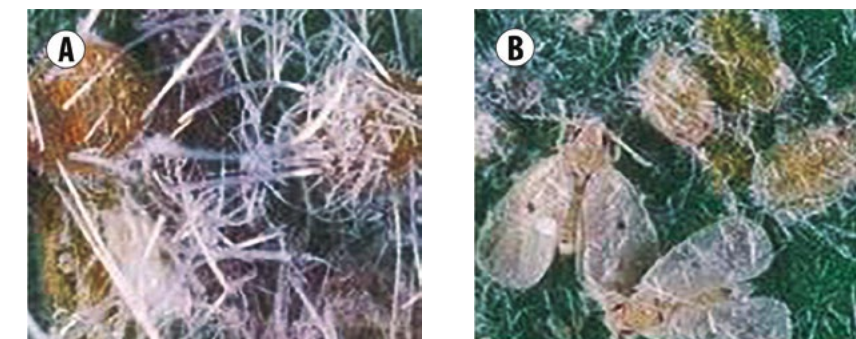


Fig.19. *Metaleurodicus cardini* A) y B) ninfas y adultos. Fuente: González *et al.* (2015a).

González *et al.* (2016), señalaron que las poblaciones de *M. cardini* en plantas de guayabo cultivadas en el municipio de San José de las Lajas, provincia de Mayabeque, fluctúan durante todo el año, con población total entre 22– 439 individuos de diciembre a marzo. Determinaron también que la mayor distribución de las ninfas en noviembre se observó por el norte y el oeste de las plantas, pero en diciembre se observaron en mayor cantidad por el este y el oeste. Los adultos resultaron en noviembre más abundantes por este y el oeste. Las ninfas y adultos de este aleuródido manifestaron densa dependencia por los valores máximos de la temperatura y la humedad relativa. En el estudio sobre las plagas de *P. guajava* en siete localidades, González *et al.* (2015b) evidenciaron que, con respecto a los aleuródidos, *M. cardini* presentó una mayor ocurrencia por los índices poblacionales y por su distribución en cinco localidades evaluadas: Sandino (Pinar del Río), Ceiba del Agua y Alquizar (Artemisa), Arimao (Cienfuegos) y Ceballos (Ciego de Ávila).

5.6.2. MOSCA PRIETA DE LOS CÍTRICOS. *Aleurocanthus woglumi* Ashby

Descripción

La hembra adulta es pequeña, de coloración azul pizarra, con una banda blanca transversal en el centro del dorso, mientras que sobre las alas presenta una mancha blanco grisácea. Deposita sus huevos en el envés de las hojas y los dispone en forma de espiral o media luna. Inicialmente estos son de color amarillento y luego, cuando están cerca del periodo de eclosión, adquieren un color marrón oscuro (Figura 20 A, B y C) (González *et al.*, 2015a).



Fig.20. *Aleurocanthus woglumi* A) huevos, B) pupas, C) adulto. Fuente: González *et al.* (2009).

5.6.3. MOSCA BLANCA LANUDA. *Aleurotrixus floccosus* Maskel

Descripción

El adulto es blanco amarillento, los primeros instares son de color verde claro. Las pupas son elípticas, conspicuamente elevadas del sustrato y de color pardo o pardo claro. Generalmente están cubiertas con secreciones algodonosas pardo–blanquecinas, largas, en forma de hilos. Las hembras ponen sus huevecillos en círculos en un nido de filamentos céreos usualmente sobre las hojas maduras (González *et al.*, 2015a).

5.6.4. MOSCA BLANCA EN ESPIRAL. *Aleurodicus dispersus* Russell

Descripción

Los adultos son blancos, los machos miden 2,28 mm y las hembras 1,74 mm de longitud. Están cubiertos por un polvo ceroso blanquecino; ambos sexos son alados, con dos manchas negras características en las alas anteriores. Los huevos son lisos, amarillos, elípticos, de 0,3 mm de longitud, tienen un pedicelo corto que está insertado en el tejido vegetal, generalmente en el envés de las hojas, y casi siempre en los estomas. Depositán los huevos junto con secreciones cerosas, en un patrón en espiral. La ninfa del tercer instar, se reconoce porque en los laterales del cuerpo tiene proyecciones cerosas en forma de rodillo. Tiene una abundante secreción algodonosa, muy blanca y cerosa, extendiéndose por todo el dorso. Esta secreción tiene hilos y círculos tan largos y tan anchos como el cuerpo, el cual está cruzado por una banda translúcida, como cristal, estriada, que extiende la cera ventralmente (Figura 21) (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales–CONOFOR, 2018a).



Fig.21. *Aleurodicus dispersus* A) huevos, B) ninfas, C) adulto. Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales–CONOFOR (2018a).

Daños

Las moscas blancas realizan sus daños principalmente en el envés de las hojas. En casos severos, se pueden observar recubriendo el fruto y parcialmente el tallo. Provocan daños directos por la extracción de savia que realizan las ninfas al alimentarse de las hojas. En presencia de altas poblaciones pueden ocasionar retraso en el crecimiento, debilitamiento, marchitez, disminución en la producción y rendimiento del cultivo, afectando la calidad de los frutos. También producen daños indirectos por la secreción de miel de rocío por las ninfas, que contribuyen al desarrollo de la fumagina y con ello a una deficiente actividad fotosintética, la disminución de la producción así como una mala apariencia externa de los frutos (Figura 22 A, B y C) (González *et al.*, 2015a ; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales–CONOFOR, 2018a).

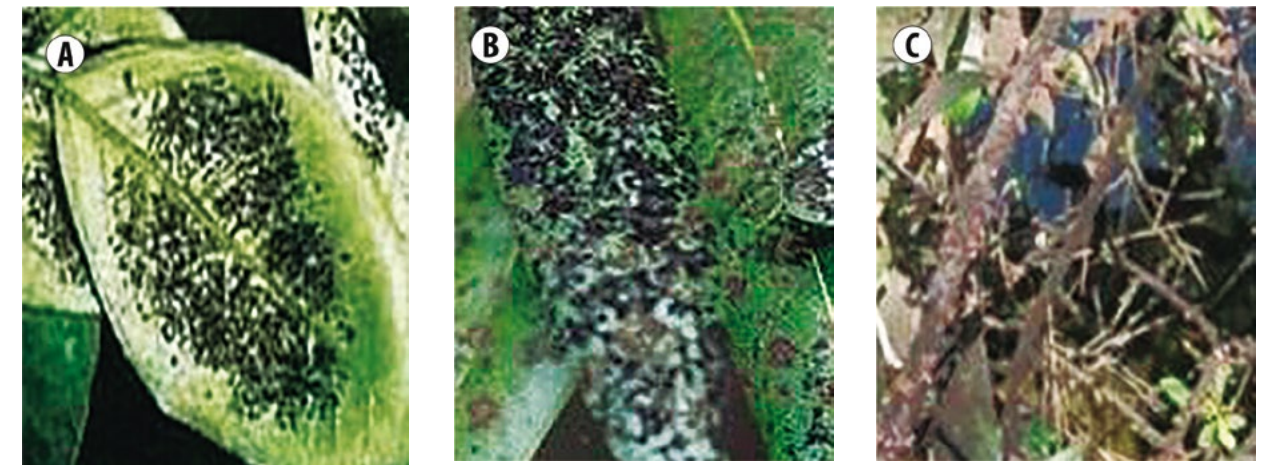


Fig.22. Daños por moscas blancas A) y B) en hojas, C) en ramas. Fuente: A) González *et al.* (2015a), B) y C) Mannion *et al.* (2013).

Enemigos naturales

Los controlan los depredadores *Delphastus pallidus*, *D. pusillus* y *Cycloneda sanguinea*, los parasitoides himenópteros: *Encarsia cubensis*, *Eretmocerus californicus*, *Euderomphale aleurothrix* y los hongos entomopatógenos como *Aschersonia aleyrodis* y *A. goldiana* (González *et al.*, 2015a).

5.6.5. MANEJO DE LAS MOSCAS BLANCAS

De acuerdo con González *et al.*, 2009 se recomienda para el manejo de moscas blancas:

- Mantener el monitoreo de la plaga y de sus biorreguladores.
- Suprimir el uso de productos altamente tóxicos que afectan los biorreguladores.
- Realizar las atenciones culturales como poda, limpia de las áreas colindantes, y el saneamiento.
- Aplicar productos químicos como aceite mineral [Rocio Spray CE 80 y Citrole CE 97 a 0,5 %–1,5 % PC], alternándolos según la fenología del cultivo (brotaciones florales o vegetativas).

5.7. INSECTOS. CRISOMÉLIDOS

5.7.1. CRISOMÉLIDO DEL ROSAL. *Metachroma adustum* Suffrian (Coleoptera: Chrysomelidae)

Descripción

Es un insecto pequeño de 5 mm a 7 mm, de cuerpo oval-oblongo, color marrón a marrón oscuro lustroso. El pronotum presenta las márgenes lateral y posterior bien desarrolladas. El protórax es de coloración marrón oscuro. Los élitros en su mayoría son de color oscuro con el ápice claro, pero hay individuos que su coloración varía de marrón claro a marrón oscuro. Se conoce poco del ciclo biológico. Las larvas se tiran al suelo donde se desarrolla su fase de pupa hasta convertirse en adulto y coloniza el follaje de la planta para alimentarse (Figura 23 A) (Shawn *et al.*, 2013; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-CONOFOR, 2018b).

Daños

Los adultos se alimentan de las hojas más tiernas de los brotes, a las que les abren orificios circulares característicos. Causa defoliación severa en árboles recién plantados. También se han observado alimentándose de las yemas y la corteza de brotes, con lo que genera muerte de la planta o su bifurcación, al igual que la reducción de la tasa de crecimiento (Figura 23 B y C) (Mendoza y Gómez, 1983; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-CONOFOR, 2018b). En 2020, Valdés-Infante, señaló que en el mes de junio, en híbridos de guayabo evaluados en la Unidad Científico Tecnológica de Base de Alquízar, perteneciente al Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, y ubicada en la provincia de Artemisa, los mayores porcentajes corresponden a daños producidos por *M.adustum*.

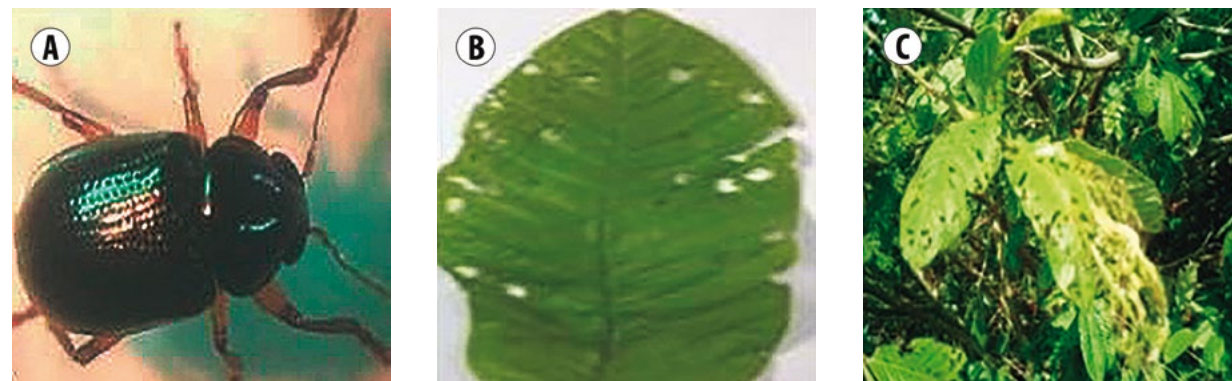


Fig.23. *Metachroma adustum* A) adulto B) y C) daños en hojas. Fuente: A) y B) Fotos tomadas por Jorge L. Rodríguez, C) Dirección Técnico – Productiva, IIFT, (2008).

5.7.2. MANEJO DE CRISOMÉLIDOS

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-CONOFOR, (2018b) recomienda para el manejo de crisomélidos:

- Monitoreo periódico en las plantas recién establecidas.
- Aplicar hongos entomopatógenos en presencia de infestaciones.
- El uso de insecticidas piretroides es apropiado para matar adultos que se estén alimentando.

5.8. INSECTOS. ÁFIDOS (Hemiptera: Aphididae)

5.8.1. PULGÓN PARDO DEL NARANJO. *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonsc.)

Descripción

De color negro carmelita verdoso, en su forma alada los segmentos antenales III y V son pálidos. Presentan ápices oscuros, poseen una banda oscura casi negra en el borde de las alas anteriores. La venación de las alas anteriores presenta vena media (M) con una sola bifurcación. Las patas poseen la parte media de las tibias pálidas.

5.8.2. PULGÓN DE LOS MELONES *Aphis gossypii* Glover

Descripción

Presentan color y tamaño extremadamente variables. Los más pequeños o inmaduros son de tonalidades más claras. Los ápteros frecuentemente presentan tonalidades de color verde sucio, verde grisáceo hasta verde oscuro, jaspeado con verde y también se encuentran ejemplares de color verde amarillento, amarillo anaranjado o amarillo sucio, con las partes medias de las antenas y casi la totalidad de las tibias pálidas. Los alados son de color negro con el abdomen amarillo o verdoso y con la parte media de las tibias, pálida (Figura 24 A y B) (González *et al.*, 2015a).

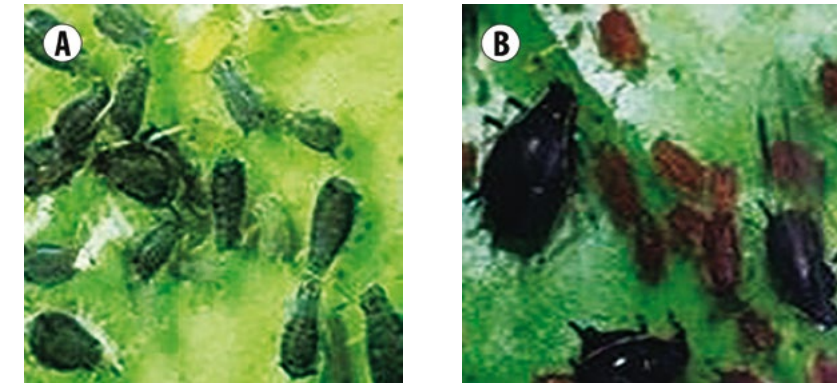


Fig.24. Áfidos A) *Toxoptera aurantii*, B) *Aphis gossypii*. Fuente: González *et al.* (2009).

Daños

Desarrollan colonias en el envés de las hojas de brotes jóvenes, en vástagos tiernos, flores y frutos pequeños. Causan daños directos al succionar la savia. Producen malformaciones, retardo o paralización del crecimiento en los brotes jóvenes atacados y en la planta. Provocan además daños indirectos como vectores de enfermedades virales y como consecuencia de la excreción de los carbohidratos en forma de miel de rocío posibilitan el desarrollo del hongo *Capnodium citri* (fumagina), que interfiere los procesos de fotosíntesis y respiración de las plantas (Figura 25 A y B) (González *et al.*, 2015a).

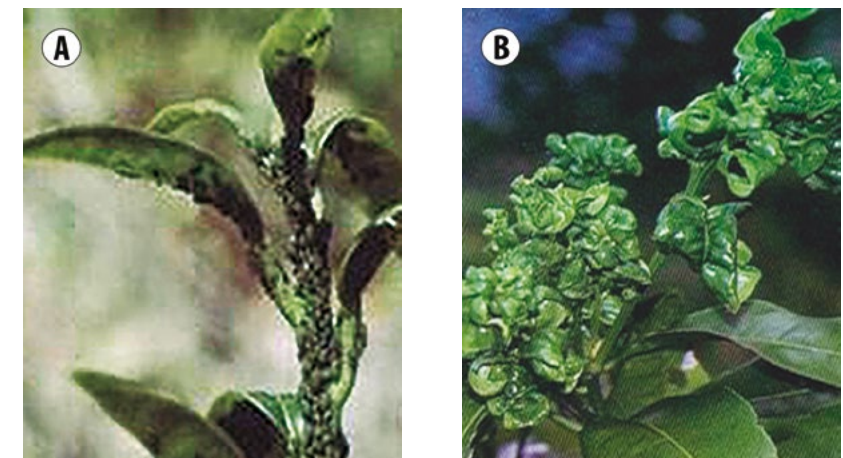


Fig.25. A) y B) Daños provocados por áfidos. Fuente: González *et al.* (2009).

Enemigos naturales

Los controlan parasitoides himenópteros como *Lysiphlebus testaceipes* Cresson y *Aphelinus sp.*; insectos depredadores como *Cycloneda sanguinea* Lin. (Coleoptera: Coccinellidae), *Leucopis sp.* (Diptera: Chamaemiidae) y *Pseudodorus clavata* (F.) (Diptera: Syrphidae).

5.8.3. MANEJO DE ÁFIDOS

De acuerdo con González *et al.* (2009) se recomienda para el manejo de los áfidos:

- Monitorear la plaga y sus enemigos naturales.
- Utilizar biopreparados a base de *Lecanicillium lecanii* (Zimm) a dosis de 108 esporas/ml (aplicar cada 7–10 días cuando la infestación está por debajo de 5 % de brotes infestados).
- Aplicar productos químicos si no hay presencia de enemigos naturales y cuando hay más del 5 % de brotes infestados (Dimetoato CE 38 % al 0,1 %, Malathion 57 % EC al 0,25 % y Omethoate 50 % EC al 0,1 %).

5.9. INSECTOS. TRIPS

5.9.1. TRIPS DE CINTA ROJA. *Selenotrips rubrocinctus* (Giard.) (Thysanoptera: Thripidae)

Descripción

El adulto es pequeño, de color pardo oscuro a negro. La hembra vive siete semanas y pone 25 huevecillos por separado, dentro del tejido, en el envés de las hojas. Los estados inmaduros (ninfas) son de color amarillo con los primeros segmentos abdominales en rojo, el abdomen es curvado hacia arriba (Figura 26 A, B y C) Peña, (2008), Pérez *et al.* (2009).

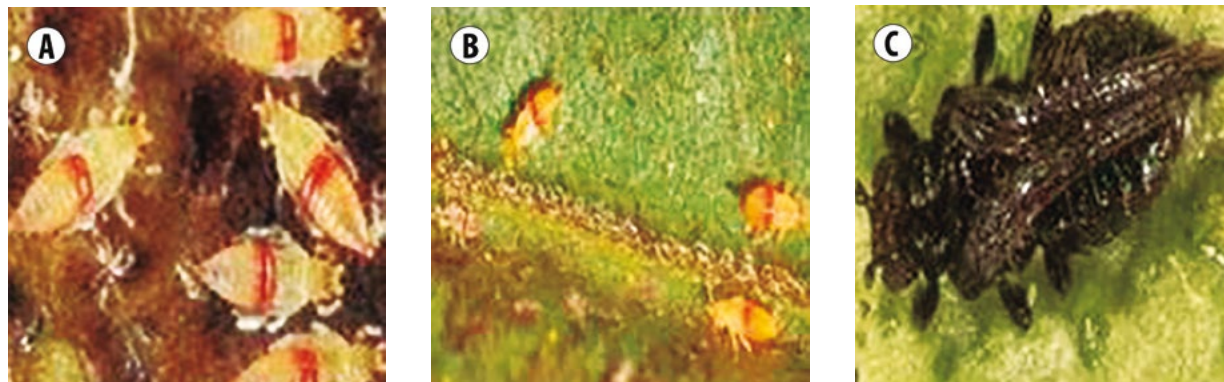


Fig.26. *Selenotrips rubrocinctus* A) ninfas, B) pupas, C) adulto. Fotos tomadas por Jorge L. Rodríguez.

Daños

Se alimentan tanto del follaje como de los frutos. En las hojas casi siempre se encuentran en el envés, pero también pueden hacerlo en el haz. Se caracterizan por la presencia de fecas de coloración marrón. La porción que se encuentra afectada por este insecto, se torna de color cobrizo, con una gran cantidad de excreciones. Si las poblaciones son muy altas las hojas afectadas se doblan. Su alimentación en la fruta produce un síntoma de acorchamiento, seguido por agrietamiento y finalmente pudrición. Estos trips parecen preferir frutas grandes y maduras. Regularmente las infestaciones se encuentran en el área de contacto entre dos frutos contiguos (Figura 27 A y B) (Peña, 2008; IIFT, 2011). En la localidad de Ceiba del Agua, provincia Artemisa, Pérez *et al.*, (2009) determinaron afectaciones provocadas por el trips de cinta roja, en el follaje de plantas de *P. guajava*, con un valor de frecuencia del 8 %. No obstante, la intensidad del daño presentó porcentajes bajos (0,02 %) en la misma localidad.

Enemigos naturales

Lo controlan los depredadores *Franklinothrips vespiformis* (D. L. Crawford) y *Leptothrips macro-ocellatus* (Watson).

5.9.2. MANEJO DE LOS TRIPS

Se recomienda para el manejo de trips:

- Realizar monitoreos permanentes: sacudir flores o el follaje de la planta sobre una superficie de color claro para determinar la presencia de trips y realizar conteos.
- Incrementar la humedad si hay alta infestación.
- Controlar las malezas en el ruedo de la planta y en la calle.
- Realizar poda para la eliminación de órganos infestados de la planta.

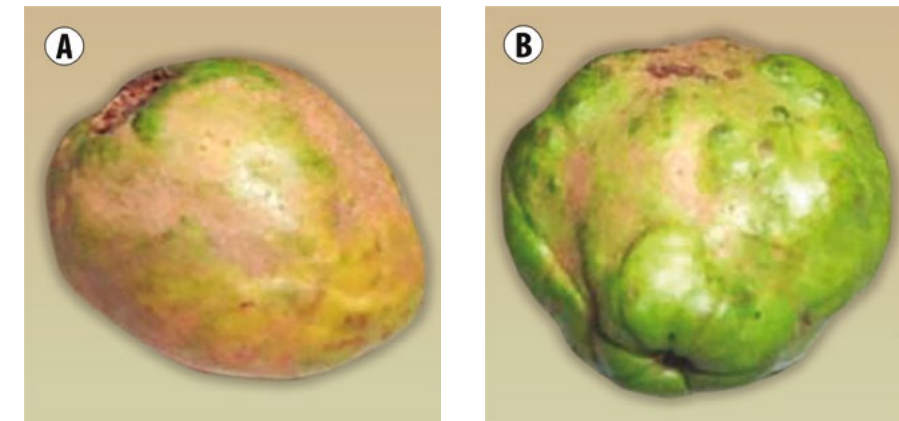


Fig.27. Daños en frutos provocados por *Selenotrips rubrocinctus*. Fuente: Dirección Técnico Productiva, IIFT (2008).

5.10. INSECTOS. ESCARABEIDOS (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE)

5.10.1. GUSANOS BLANCOS O DE MANTECA, GALLINAS CIEGAS, CHICHARRONES, GALLEGOS. *Cyclocephala cubana* Chap, *Phyllophaga patruelis* Chev, *Phyllophaga dissimilis* Chev, *Phyllophaga puberula* Duval, *Strategus* sp.

Descripción

Los huevos son de forma ovalada, opacos y de color blanco. Se encuentran en el suelo a 5 cm–15 cm de profundidad, en grupos de 10 a 20. Las larvas con cuerpo robusto y tres pares de patas bien desarrolladas, poseen mandíbulas robustas que se proyectan hacia abajo (hipognata). Las pupas son de tipo exarata, de coloración variable a café pálido. Transcurrido un mes aparecen los adultos, que permanecen inactivos en las celdas hasta que la lluvia que moja la tierra los estimula a salir a la superficie. Los adultos son escarabajos de forma ovalada, alargada, y miden de 15 mm a 18 mm de longitud. Presentan coloración de café rojizo a café oscuro. El pronoto es más ancho que largo y las patas moderadamente largas, con pocas espinas o sin ellas. El dorso en ocasiones con setas largas (Figura 28 A, B, C y D) (DGSV–CNRF, 2020).

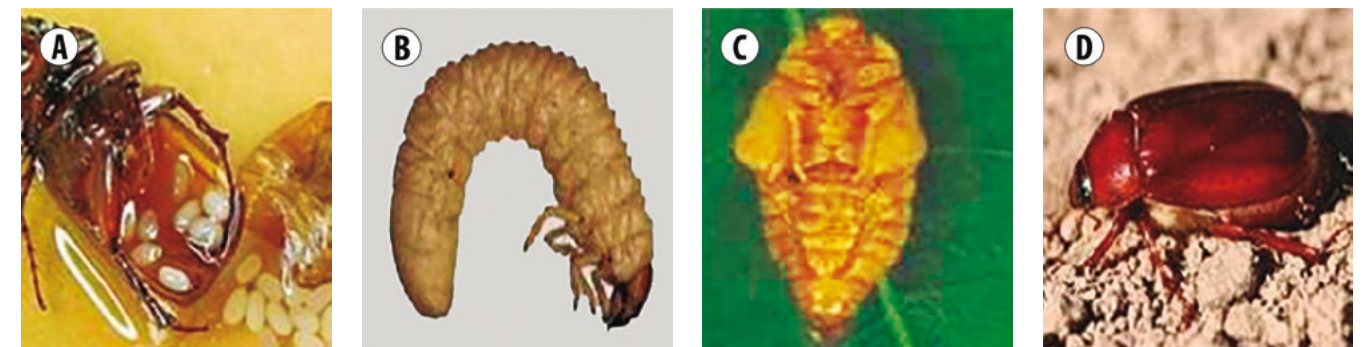


Fig.28. Chicharrones, gallegos, A) huevos, B) larva, C) pupa, D) adulto. Fuente: DGSV–CNRF (2020).

Daños

Los daños se deben a las larvas de tercer estadio, que se alimentan de las raíces de las plantas, con síntomas muy característicos en plantas jóvenes y plántulas, el ataque de estos insectos causa marchitez que se caracteriza por un primer engarce de las hojas seguido por la muerte de las plantas pequeñas y la reducción del vigor de las más grandes. Los adultos, durante la noche provocan daños al alimentarse de los brotes apicales, las hojas tiernas y los frutos (DGSV –CNRF, 2020).

En la Empresa Agroindustrial de Ceballos, provincia Ciego de Ávila, Rodríguez *et al.*, (2015), evidenciaron la relación directamente proporcional entre el número de larvas de escarabeidos o gu-

sanos blancos por metro cuadrado asociadas a las raíces de las plantas de guayabo y los grados de afectación que se manifiestan en el follaje. Al aumentar el grado de afectación, disminuye el número de hojas totales y verdes, aumenta el número de hojas rojas, verde-rojas y amarillas y disminuye la masa de las ramas y las raíces de las plantas de guayabo. En la misma localidad Rodríguez *et al.* (2017) determinaron que las especies más abundantes son *C. cubana* con un 60 % (muy abundante) y *A. calceata* (10 %, abundante). Quintana-López *et al.* (2018), evaluaron plantaciones de *P. guajava* en esa misma localidad de Ceballos, y concluyeron que al incrementarse el grado de afectación de la planta de guayabo disminuye la masa de los frutos en 61,7 %, la masa de la pulpa en 73 %, el diámetro longitudinal en 28 % y el transversal en 28,5 %. Además, se produce un incremento del 71,2 % de la relación semilla-pulpa.

Enemigos naturales

Las larvas son controladas por *Thipia argentipes* Crees. (Hymenoptera: Tiphidae) y *Campsomeris atrata* (Fabri.) (Hymenoptera: Scoliidae) (Zayas, 1981, Calderón, 2018).

5.10.2. MANEJO DE LOS ESCARABEIDOS

De acuerdo con DGSV-CNRF (2020), para el manejo de los gusanos blancos, gallinas ciegas o escarabajos se recomienda:

Monitoreo

- Monitorear el área con luces durante la noche para detectar la presencia de escarabajos adultos.
- Para la búsqueda de larvas, hacer un corte triangular en un área de un pie cuadrado con una profundidad de dos pulgadas utilizando una pala.

Control cultural

- El barbecho y rastreo del área de siembra elimina algunas plagas que viven en el suelo.

Control físico

- Utilizar barreras físicas (las mallas anti-insectos o las láminas de polietileno), para evitar que los adultos ovipositen en el suelo.
- Utilizar trampas de luz fluorescente negra para la captura de adultos.

Control biológico

- Aplicar nematodos entomopatógenos, en suspensión acuosa y humedad moderada en el suelo (*Steinernema* sp. y *Heterorhabditis* sp.).

Control químico

- Aplicar al suelo productos químicos que controlan estas especies de insectos. Clorpirifos etil 25–30 kg/ha, Diazinon 20–25 kg/ha, Permetrina 10–25 kg/ha, Fipronil 10 kg/ha.

5.11. ÁCAROS

5.11.1. ÁCARO CHATO DE LOS CÍTRICOS. *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae)

Descripción

Este ácaro posee el cuerpo alargado, redondeado en su parte anterior y afilado en la parte posterior, comprimido dorsoventralmente, por lo que se le nombra ácaro chato. Es de color rojo con manchas oscuras. Vive en la superficie de frutos, hojas, peciols y retoños en cuyas cavidades las hembras depositan los pequeños huevos elípticos de color rojo brillante con ambos extremos redondeados. La hembra los pone en grupos aislados y poco numerosos. Ambos sexos son similares en color, el macho es más pequeño y aguzado en parte posterior que la hembra. Es poco móvil, vive en solitario y no produce tela de araña (Figura 29 A y B) (González *et al.*, 2015c).

Daños

Se desarrolla en la superficie de frutos, hojas, peciols y retoños. En el follaje se producen manchas cloróticas. Afecta al fruto desde su formación hasta que el mismo madura fisiológicamente. Provocan el mayor daño sobre los frutos desarrollados, los cuales presentan corteza áspera y manchas de color

pardo. Este ácaro ocasiona heridas en los sépalos y el ápice del fruto, así como en la base de los mismos, generando además, cuando el daño es severo, un bronceado de la epidermis de los frutos verdes. El ápice de la guayaba es muy susceptible al ataque de *B. phoenicis*. La presencia de los sépalos es determinante en la densidad de las poblaciones del ácaro durante el desarrollo del fruto (Figura 24 C y D) (González *et al.*, 2017).

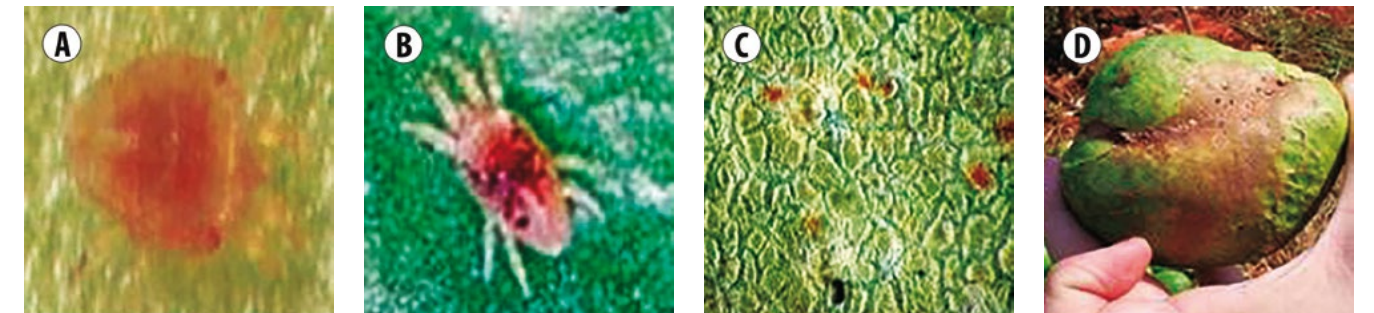


Fig.29. *Brevipalpus phoenicis* A) adulto, B) ninfa, C) daños en hojas, D) daños en fruto. Fuente: González *et al.* (2015c).

Beltrán *et al.* (2010), destacan que, en Cuba, este tenuipálpido puede encontrarse durante todo el año en los frutos, ramas y hojas. En el estudio sobre la acarofauna asociada a frutales y otras plantas en la región occidental y central del país, Díaz *et al.* (2010) determinaron la presencia en el guayabo de *B. phoenicis* en las localidades de Bejucal, provincia Mayabeque, Ceiba del Agua, provincia Artemisa y Jagüey Grande provincia Matanzas, en el caso de *P. latus* fue observado en Ceiba del Agua.

Enemigos naturales

Lo controlan los ácaros depredadores *Agistemus* sp., *Amblyseius largoensis* Muma, *Phytoseiulus sexpilis* Muma, *Galendromus floridanus* Muma, el hongo *Hirsutella thompsonii* Fischer y otros hongos entomopatógenos.

5.11.2. ÁCARO BLANCO. *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae)

Descripción

Esta especie es muy polífaga, de color blanquecino y la hembra puede alcanzar hasta 0,32 mm de longitud, presenta el cuarto par de patas atrofiado, con tegumentos brillantes. El macho es mucho menor que la hembra. El ciclo de vida pasa por las fases de huevo, larva y adulto. El huevo es ovoide y provisto de tubérculos en su parte superior, la inferior es aplanada y se adhiere al sustrato. La duración del ciclo de vida total es de tres y siete días (Figura 30) (González *et al.*, 2015a).

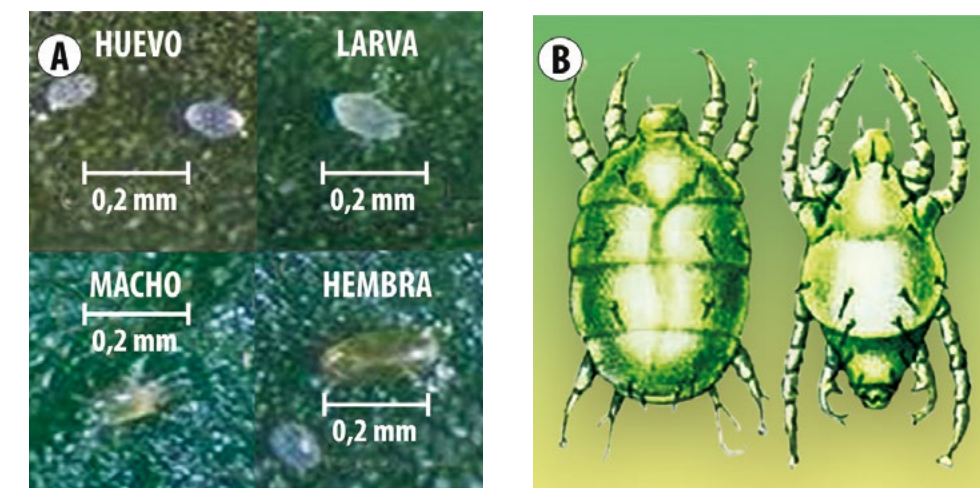


Fig.30. *Polyphagotarsonemus latus*. A) huevo, larva y adultos, B) hembra y macho adultos. Fuente: González *et al.* (2017).

Daños

Ataca las partes vegetativas nuevas, tales como frutos y brotes en desarrollo. En el follaje prefiere el envés de las hojas jóvenes, provoca enrollamiento de estas, deforma los brotes, los encaracola y atrofia. En los frutos forma una capa superficial de color cenizo o plateado según el cultivar. Si se raspa con una uña la parte afectada y cae la superficie, es una lesión producida por *P. latus* y, si no se cae, es producida por *Phyllocoptruta oleivora*. En viveros se observa la formación de yemas múltiples debido a su ataque. En el caso de ataques severos puede afectar las flores (González *et al.*, 2015a y 2015c).

Enemigos naturales

Lo controlan *Amblyseius largoensis* Muma y el hongo *Hirsutella thompsonii* Fischer.

5.11.3. ÁCARO DE DOS MANCHAS. *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)**Descripción**

En Cuba son de color amarillo verdoso, aunque pueden encontrarse de color más oscuro, sobre todo los adultos más viejos de la colonia. Presenta dos zonas o manchas oscuras a ambos lados del cuerpo, la hembra es de forma redondeada y el macho es de menor tamaño, de forma alargada pero de una longitud menor que la hembra. El huevo es esférico e incoloro, adquiere un color blanquizco algunas horas después de puesto; en ellos se pueden observar señales de la segmentación. La puesta se realiza a todo lo largo de la nervadura central. Su ciclo de vida tiene una duración aproximada de 15 días a una temperatura de 25 °C, presentando altos niveles poblacionales a temperaturas superiores a los 25 °C (Figura 31) (González *et al.*, 2015a).

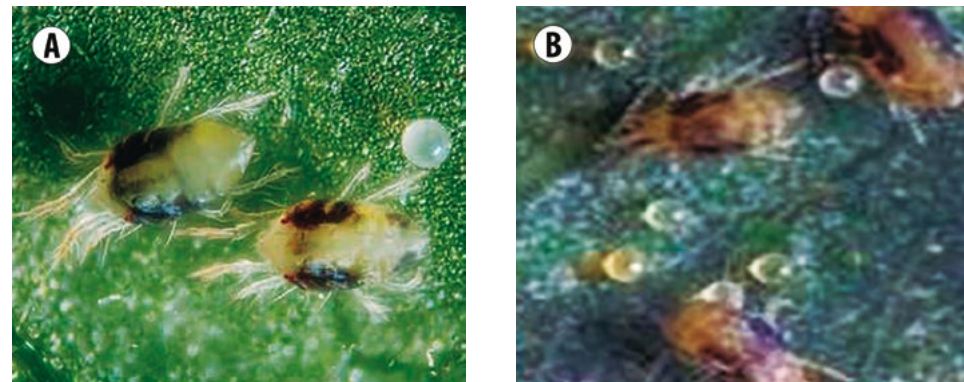


Fig.31. *Tetranychus urticae* A) y B) huevos y adultos. Fuente: Esser (2018).

Daños

Vive en colonias, prefiriendo el envés de las hojas, aunque se puede encontrar por el haz. Se alimenta de las hojas fundamentalmente, ocasionando pequeñas manchas amarillentas y dándoles un aspecto veteado. Cuando el ataque es muy fuerte la telaraña producida por estos ácaros puede llegar a cubrir el vegetal parcial o totalmente, provocando la muerte del mismo (González *et al.*, 2015a).

De la evaluación de las plagas del guayabo en siete localidades de Cuba, González *et al.* (2015 b), determinaron que los ácaros representan el 19 % de los artrópodos perjudiciales asociados a *P. guajava*. De estos, *T. urticae*, y *B. phoenicis* resultaron los más frecuentemente encontrados. *P. latus* se observó en los brotes vegetativos y en el envés de las hojas jóvenes, y *T. urticae* en el envés de las hojas. Las poblaciones de *B. phoenicis* se encontraron en las cavidades de las hojas y retoños.

En Jagüey Grande, provincia de Matanzas, González (2021) evaluó de 2018 a 2021 la incidencia de artrópodos plagas en el cultivo de *P. guajava*. Las especies de ácaros observadas fueron: *P. latus*, *B. phoenicis* y *T. urticae*. En 2018, la especie más frecuentemente encontrada resultó ser *T. urticae*. Se observaron sus huevos y adultos en el envés de las hojas, con presencia de telaraña y acumulación de polvillo. Durante 2019, *T. urticae* y *P. latus* presentaron las mayores densidades poblacionales en el mes de febrero. En 2020 y 2021 las ninfas y adultos de *B. phoenicis* se contabilizaron en el envés de las

hojas, en los meses de febrero, marzo, julio y octubre. En numerosas plantas se pudo apreciar que los frutos estaban ásperos y tenían una coloración carmelitosa.

Enemigos naturales

Lo controlan algunas especies de coccinélidos, ácaros depredadores como los estigmeídos y fitoseídos, el trips depredador *Scolothrips sexmaculatus* (Pergande) y *Oligota* sp.(Coleoptera: Staphelinidae).

5.11.4. MANEJO DE LOS ÁCAROS

González *et al.* (2010) y González *et al.* (2015c) recomiendan para el manejo de ácaros:

- Monitorear semanalmente las áreas.
- Uso y conservación de enemigos naturales (ácaros depredadores, coccinélidos y hongos entomopatógenos).
- Si es necesaria la aplicación de productos químicos, se deben alternar acaricidas con mecanismos de acción diferentes, con el fin de favorecer la conservación de ácaros depredadores y reducir el desarrollo de resistencia a los ingredientes activos de los acaricidas: Rocío Spray y Aceite Mineral Sigatoka 5 –10 L/ha, Match CE 0, 25 – 0,5 L pc/ha, Spiroclifofen 0,4 – 0,5 L pc/ha.

5.12. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, N.; Murace, M. 2011. Curso de Protección Forestal–Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales Ficha de *Saissetia oleae* “Cochinilla H; Cochinilla negra del olivo” UNLP Plagas. Argentina.
- Ali, M.A.; Azeem, F.; Li, H.; Bohlmann, H. Smart. 2017. Parasitic Nematodes Use Multifaceted Strategies to Parasitize Plants. *Front. Plant Sci.* 8, 1699.
- Aluja, S.M. 1993. Manejo integrado de moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae). SARH Programa mosca del Mediterráneo. México. 241p.
- Aluja M., J. Rull. 2009. Managing pestiferous fruit flies (Diptera: Tephritidae) through environmental manipulation. In: Aluja, M., Leskey, T.C. & Vincent, C. (Eds.), *Biorational tree–fruit pest management*. CAB International, Wallingford, UK. pp 171–213.
- Beltrán A., Díaz, Y, Otero, W. Borges, M., Pérez, L., Ávalos, Y., González, G., Hernández, D. Rodríguez, De la Torre, P. 2010. Importancia de los ácaros del género *Brevipalpus* (Acari: Tenuipalpidae) y las plantas hospedantes asociadas. *CitriFrut* 27 (1): 54–59.
- Borges, M; A. Beltran; O. Otero; D. Rodríguez; M. Gómez; D. Hernández; J. L. Rodríguez; I. Cáceres; T. Mulkey; T. Castro–López; L. Ayra y A. Paumier. 2003. Contribución a la Estrategia de Manejo de las Moscas de la fruta en el contexto de la fruticultura cubana. Trabajo presentado en opción al Premio a Organismo MINAGRI. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical.
- Borges, M., M. Pineda, A. Beltran. 2012. Primer informe de *Utetes anastrephae* (Viereck) Hymenoptera: Braconidae:(Opiinae) en Cuba, parasitoide de larvas de *Anastrepha suspensa* Loew y *Anastrepha obliqua* Mcquart en guayabo (*Psidium guajava* L.) y mango (*Mangifera indica* L.). *CitriFrut* 29 (1): 65–66.
- Borges. M, M. Rodríguez, D. Hernández, J.L. Rodríguez. 2015. Reforzamiento de la vigilancia fitosanitaria de las moscas de la fruta *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) en el contexto del nuevo escenario de la fruticultura cubana. *Rev. Protección Veg.* vol. 30 supl.1.
- Borges M., D. Rodríguez, M. Rodríguez Rubial, B. Sabater–Muñoz, D. Hernández Espinosa, J. L. Rodríguez Tapia. 2016. A review on the Tephritid fruit flies of economic interest in Cuba: species, plant hosts, surveillance methods and management program implementation Proceedings of the 9th ISFFEI – ISBN: 978–616–358–207–2.
- Borges, M., Rodríguez, R., Estévez. B. Sabater–Munoyos. 2020. Implementation of an *Anastrepha* spp. Risk–Mitigation Protocol for the Mango Export Industry in Cuba. Chapter 24–Section Vii Book Area–Wide integrated Pest Management and Action Programs CRC Press Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487–2742 © 2020 by Taylor & Francis Group, USA.

- Cabrera J.A. y El-Borai F.E. 2018. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Chapter 13. Nematode parasites of subtropical and tropical tree fruits crops p. 479.
- Calderón, A. 2018. Caracterización de las especies de *Tiphia* (Hymenoptera: Tiphidae) de Costa Rica y su papel como parasitoides de larvas de *Phyllophaga* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae) en Zaecero, Alajuela. Tesis en opción al título profesional de Ingeniería Agrónoma con el Grado de Licenciada en Universidad de Costa Rica. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. 74pp.
- Canacuán, D. E.; Carabalí, A. 2015. *Strepsicrates smithiana* (Walsingham, 1891), enrollador de hojas de *Psidium guajava*. Identificación, daño y ciclo biológico. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu., Mosquera Colombia* 16(2):279–292.
- Carabali, A.; Insuasty, O.; Pulido V. y Canacuan, D. E. 2015. Insectos. Plagas de importancia económica en el cultivo de la guayaba y sus estrategias de control. Capítulo III Enrollador de las hojas del cultivo de guayaba (*Strepsicrates smithiana*), Bogotá (Colombia): Corpoica. 76 p.
- Carabali, A.; Canacuán, D. E.; Montes, M.; Deantoni-Florido, L. Y.; Lesmes, J. C.z, Holguín, C.; Sánchez, A.N., Jaramillo, A. 2021. Plagas y enfermedades de la guayaba (*Psidium guajava*) en Colombia / Arturo Mosquera, Colombia. AGROSAVIA. 156 p.
- Carrillo, D., Peña, J., Duncan, R. 2018. Guava Pests and Beneficial Insects. ENY-412, Department of Entomology and Nematology, UF/IFAS Extension. 4pp.
- Castillo, P.S. 2019. Insectos y ácaros plagas en cítricos con énfasis en el cultivo del limón sutil. Facultad de Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Agronomía Perú. 55p.
- Centro Nacional de Sanidad Vegetal (CNSV).2002. Programa de Defensa contra las Moscas de la Fruta. Ministerio de la Agricultura. Cuba.
- Centro Nacional de Sanidad Vegetal (CNSV). 2008. Revision del Programa de Defensa Contra las Moscas de la Fruta. Ministerio de la Agricultura. Cuba.
- Conde, L., C. González, D. Hernández, J. Rodríguez. 2010. Presencia de *Hemiberlesia rapax* Comst. (Hemiptera: Daspidae) en *Psidium guajava* (L) asociada con *Persea americana* Mill. en Sola Camagüey. Memorias II Simposio Internacional de Fruticultura Tropical y Subtropical. Fruticultura 2010. La Habana.
- Dekle, G. W, Fasulo, T.R: 2018. *Coccus viridis* (Green) (Hemiptera: Coccidae) Circular 165. EENY-253 UF/IFAS.
- Díaz, Y., De la Torre, P., Beltrán, A., Hernández, D., Rodríguez, J. L., 2010. Acarofauna asociada a frutales, plantas ornamentales y malezas de la región occidental y central de Cuba. *CitriFrut* 27 (2): 54–59.
- Dirección Técnico Productiva, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT). 2008. El cultivo de la Guayaba. Curso de Capacitación.
- DGSV-CNRF. 2020. Gallinas ciegas *Phyllophaga* spp. (Coleoptera: Melolonthidae: Melolonthinae) y *Cyclocephala* spp. (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae). Sader-Senasica. Dirección General de Sanidad Vegetal. Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha técnica. Tecámac, México, 21 p.
- Esser, C. 2018. Manejo integrado de ácaros. Boletín Técnico Pomáceas 18, N°5, septiembre Universidad de Talca. ISSN 0717–6910.
- Farrés, E., Placeres, J., Rodríguez, A., Peña, O., Fornaris, L. M., Mulen, L. 2014. Instructivo técnico para el cultivo de la guayaba. *CitriFrut* 31(2): 55–62.
- Fernández, E. 1991. Los nemátodos del género *Meloidogyne Goeldi* en el cultivo de la guayaba (*Psidium guajava* L.) y su control, Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana, La Habana.
- Fernández, E.; M. Pérez; H. Gandarilla; R. Vázquez; M. Fernández; M. Paneque; O. Acosta; M. Basterrechea: 1998. Guía para disminuir infestaciones de *Meloidogyne* spp. mediante el empleo de cultivos no susceptibles. *Boletín Técnico* 4 (4): 1–18.
- Fernández, E. 2011. Manejo integrado de las principales plagas de la guayaba (*Psidium guajava* L.) variedad 'Enana Roja Cubana'. Guías técnicas sobre manejo integrado de plagas en cultivos de importancia económica, Boletín Fitosanitario, Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, La Habana, 16 (1): 66–70.
- Fuentes, E., Piedra-Buena, A., Perera, S., Hernández, E. Suárez, 2018. Evaluación de la eficacia de formulados en el control de la cochinilla del aguacate (*Nipaecoccus nipae* Maskell) en condiciones de semicampo. Información técnica. Agrocabildo ICIA Instituto Canario de investigaciones Agrarias. 11p.
- Gandarilla Basterrechea, H. y Rivas Bofill, O. y Fernández González, E. 2014. Fitonematodos asociados a los cultivos de frutos tropicales. *Fitosanidad*, 18(3):187–197.
- González, C. 2000. Aspectos fundamentales para el Manejo de Coccoideos en Frutales. Curso de Manejo Integrado de Plagas. Instituto de Investigaciones de Cítricos y otros Frutales. La Habana. Cuba. 1ª Edición, Marzo 2000. ISBN 959–246–026–4, 23 p.
- González C., Borges M, Pérez L, Hernández D. 2009. Principales insectos y ácaros plagas asociados a cítricos, mango, guayabo y aguacatero y su manejo. Conferencia Taller de Manejo de Plagas. Bayer Varadero. 15 p.
- González, C; Pérez, L.; Beltrán, A.; Cabrera, R.; Borges, M.; Montes, M.; Hernández, D.; Rodríguez, J. L. 2010. Insectos, ácaros y nematodos plagas asociados a las plantas cítricas de los viveros y su control. Taller Regional sobre Viveros de Cítricos. La Habana 44 p
- González C., Borges M, González L, Hernández D, Rodríguez J. L. 2015a. Principales insectos y sus enemigos naturales asociados a mango, guayabo, aguacatero y papayo. Conferencia. Curso Internacional de Tecnologías de Frutales. 20 p.
- González, C., Conde, L.; Hernández,, D.; Rodríguez, J. L. 2015b. Actualización de la ocurrencia de artrópodos plagas y sus enemigos naturales asociados con *Psidium guajava* (L.) en siete localidades de Cuba. *CitriFrut*. 32(2): 29–35.
- González, C., Borges, M.; Beltrán, A.; Hernández, D. 2015c. Ácaros plagas asociados a cítricos, mango, guayabo y aguacatero. Curso Especialidad en Fruticultura Tropical. IIFT. 20p.
- González, C., M. Borges, D. Hernández, J. L. Rodríguez, M. Rodríguez, A. Beltrán. 2016. Artrópodos plagas y enemigos naturales en guayabo *Psidium guajava* L y aguacatero *Persea americana* Mill. en diferentes localidades de Cuba. Premio MINAGRI. La Habana. 76 p.
- González, C.: Hernández, D.: Rodríguez, J. L.: González, J.: González, L.: Beltrán, A.: Borges, M. 2017. Fichas para la identificación y el manejo de insectos y ácaros plagas del guayabo (*Psidium guajava* L.) y el aguacatero (*Persea americana* Mill.). Premio MINAGRI "Artrópodos plagas y enemigos naturales en guayabo (*Psidium guajava* L.) y aguacatero (*Persea americana* Mill.) en diferentes localidades de Cuba.20 p.
- González, L. 2021. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Informe de tarea para Informe final del proyecto 2041 " Manejo de las principales plagas que afectan los frutales de mayor interés económico en Cuba".
- Hernández-Ortiz V. 1992. El género *Anastrepha Schiner* en México (Diptera: Tephritidae) y sus plantas huéspedes. Instituto de Ecología Sociedad Mexicana de Entomología. 161 p.
- Holguín C.M., Sánchez, A: N. 2021. Capítulo VI. Nematodos en Plagas y enfermedades de la guayaba (*Psidium guajava*) en Colombia.147p.
- ICA. 2017. Plan Nacional de Detección, Control y Erradicación de Moscas de la fruta. Manual Técnico de Trampeo de Moscas de la fruta. PNMF Colombia.
- Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT) 2011. Instructivo técnico para el cultivo de la guayaba. © Biblioteca ACTAF. Ministerio de la Agricultura La Habana, Cuba. pp: 39.
- Mannion, C., L. Osborne, E. Buss, J.L. Capinera, Gillett-Kaufman, A. Hodges, G. Hodges, B. Schall, I.Stocks, and S. Stocks. 2013. Invasive Whitefly Pests of Florida. accessed
- Mendoza, F., J. Gómez Souza. 1983. Principales insectos que atacan a las plantas económicas de Cuba. Ed. Pueblo y Educación. La Habana. 303p.
- Moens M, Perry RN, Starr J. L. 2009. *Meloidogyne* Species a diverse group of novel and important Plant Parasites. En Root-knot Nematodes. CAB International. Pp. 1–17.

- Morán, A., Olivares, N., Guzmán, Rodríguez, F. 2017. Capítulo 4. Plagas de importancia en cultivos de Rapa Nui. Boletín INIA N° 429 Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA / Ministerio de Agricultura. 75–109 p.
- NIMF. 2008. Trampeo de moscas de la fruta. Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias Anexo 1 de la NIMF No 26 (Establecimiento de Áreas Libres de plagas de Moscas de la Fruta (Tephritidae)).
- Peña, J. Plagas del palto en Florida. 2008. En Capítulo 11 de Manejo de plagas en paltos y cítricos Edit. Ripa R.; y Larral, P. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura. Chile. Divulgación N° 23: 310 – 316.
- Pérez, L., Díaz Y., Hernández, D., Rodríguez J.L. 2009. Nocividad producida por *Selenothrips rubrocintus* Giard (Thysanoptera: Tripidae) en frutales bajo tecnología de fincas integrales. Citrifrut. 26.(1): 49–51.
- Quintana-López, L.; Sisne, M. L.; Martel-Ortiz, D. 2018. Incidencia de Insectos de la Familia Scarabaeidae sobre la Calidad de los Frutos de Guayabo Ciencia y Progreso. Publicada en línea: 03 de junio, ISSN: V.3. Núm. Esp. (<http://estudiantes.cug.co.cu>).
- Rodríguez, I.; Sisne M. L.; Martínez, R. E. I. Cham, A. K.; Rodríguez, I. y Nápoles, J. C. 2015 "Nocividad de los insectos de la familia Scarabaeidae asociados a las plantaciones de guayabo (*Psidium guajava* Lin.)". *Cultivos Tropicales*, vol. 36, no. Especial, pp. 11–17.
- Rodríguez, I. A.; Sisne M. L.; Grillo, L. H.; Rodríguez, Nápoles, J. C.; Companioni, D.; Martel, D. 2017. Insectos de la familia Scarabaeidae asociados al guayabo (*Psidium guajava* L.) en Ceбалlos, Ciego de Ávila. *Revista Centro Agrícola* 44(3): 28–35.
- Sánchez, M. 1983. Plagas y enfermedades de los frutales. Editorial Pueblo y Educación, La Habana. 193 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-CONOFOR 2018a. Ficha *Aleurodicus dispersus* (Russell, 1965. Recuperado 15 de julio de 2021 <http://SIVICOFF.cnf.gob.mx>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-CONOFOR 2018b. Ficha *Metachroma* spp. (Chevrolat, 1837). Recuperado 11 de julio de 2021 <http://SIVICOFF.cnf.gob.mx>.
- Sharma, Sh. y Buss, E. 2018. Florida Wax Scale, *Ceroplastes floridensis* Comstock. EENY-510, Department of Entomology and Nematology, UF/IFAS Extension. 4pp.
- Shawn M.; Tiffany, L.; Belo Neto, L. A. 2013. Leaf Beetles of the Cayman Islands (Coleoptera: Chrysomelidae). *Insecta Mundi* 0279: 1–41.
- Torres, D., Castillo, M. y Pérez, Q. 2006. Guía para el Manejo Integrado de las Moscas de la Fruta. SEA, Consejo Nacional de Competitividad, Pro Mnago, USAID. República Dominicana. 24 p.
- Tranier M.S, Gros J.P, De La Cruz Quiroz R, Aguilar González C.N, Thierry Mateille, *et al.*, 2014. Commercial Biological Control Agents Targeted Against Plant-Parasitic Root-knot Nematodes. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Tecpar, 57: 831–841.
- UNED Multimedia. 2019. Tomado de: <https://multimedia.uned.ac.cr/pem/fitopatologia/nematodos.html#&gid=1&pid=1>. Recuperado septiembre de 2021.
- Valdés-Infante, J. 2020. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Informe Final del Proyecto 2044. "Caracterización y evaluación de nuevos híbridos de guayabo (*Psidium guajava* L.) con potencial para la producción".
- Veloso, L F: 2016. Estudio diagnóstico e taxonômico de cochonilhas (hemiptera: coccoidea) associadas às plantas cítricas no estado de São Paulo, Brasil. Tesis para obtención del título de Maestro en Agronomía (Entomología Agrícola).
- Weems H.V., J.B. Heppner, T.R. Fasulo, and J.L. Nation. 2001. Featured Creatures Fact Sheet: Caribbean fruit fly *Anastrepha suspensa* (Loew) (Insecta: Diptera: Tephritidae). Publication EENY 196. University of Florida.
- Zayas F. 1981. Entomofauna cubana Tomo VIII. Edit Ciencia-Técnica. La Habana, Cuba. 111 p.





CAPÍTULO 6

PRINCIPALES ENFERMEDADES Y RECOMENDACIONES PARA SU MANEJO

Miguel Ramos-Leal
Xenia Ferriol Marchena
Maritza Luis Pantoja
Camilo Paredes Tomás

6.1. INTRODUCCIÓN

El guayabo es afectado por varias enfermedades causadas fundamentalmente por hongos y oomicetos, bacterias y fitoplasmas que afectan su producción, rendimiento y calidad de los frutos. La incidencia de estos fitopatógenos causantes de enfermedades se ve favorecida por la presencia de altos niveles de humedad. Muchos de estos se describen como patógenos importantes en diferentes etapas del proceso productivo de este frutal (propagación, producción, poscosecha y comercialización) (Amadi *et al.*, 2014).

En este capítulo se abordan las principales enfermedades de este cultivo en Cuba, y se señalan, además, varias que no están presentes en el país. En cada caso se enfatiza en su distribución geográfica e importancia, síntomas, agente causal, ciclo de vida y epidemiología, así como en su manejo.

6.2. PRINCIPALES ENFERMEDADES CAUSADAS POR HONGOS Y OOMICETOS

6.2.1. ANTRACNOSIS DEL GUAYABO

Distribución geográfica e importancia

La antracnosis es una de las enfermedades más importantes para la agricultura a nivel mundial y está considerada en muchos países como la enfermedad de especies frutales más común de pre y poscosecha. Esta enfermedad afecta frutos, flores, tallos y hojas en un amplio rango de cultivos que van desde plantas leñosas a herbáceas, especialmente en regiones tropicales y subtropicales (Braganca *et al.*, 2016; Gutiérrez *et al.*, 2002).

La antracnosis se ha reportado en el cultivo del guayabo en países productores como Colombia, Brasil, México, Nigeria, Pakistán, Egipto y la India (Carabalí-Muñoz *et al.*, 2021). Se encuentra presente en todas las localidades donde se cultiva el guayabo en Cuba, y constituye uno de los factores que limitan seriamente los rendimientos de este cultivo.

Agente causal

El patógeno más común que causa antracnosis es *Colletotrichum gloeosporioides* Penz., aunque también se ha identificado *C. acutatum* J.H. Simmonds en otros países como Australia (Cooke, 1982). En la actualidad se habla de diferentes complejos de especies, donde se destacan el complejo *C. gloeosporioides* y el *C. acutatum* (Correa *et al.*, 2007; Martínez *et al.*, 2009). En la India se ha descrito al hongo *Colletotrichum psidii* Curzi (Misra, 2001).

En Cuba estos complejos de especies no han sido identificados en guayabo, pero los complejos *C. gloeosporioides*, *C. tropicale* E.I. Rojas, S.A. Rehner & Samuels (García y Manzano, 2017) así como *C. grossi* Y.Z. Diao, C. Zhang, L. Cai & Xi L. Liu, se han identificado en otras especies de frutales (Manzano-León *et al.*, 2018).

Síntomas

La antracnosis puede afectar distintos órganos de las plantas, como ramas, hojas, flores y frutos. Sin embargo, es más frecuente que afecte frutos maduros o cercanos a la madurez fisiológica. (Carabalí-Muñoz *et al.*, 2013). En las hojas se observan lesiones pequeñas y hundidas de color marrón. Con alta humedad relativa, las lesiones crecen, coalescen y destruyen toda el área foliar (Figura 1A).

Los síntomas en frutos se inician con pequeñas lesiones circulares con cierto hundimiento, las cuales se tornan de color café (Figura 1B). A medida que avanza la enfermedad, la lesión toma un color marrón oscuro y se empiezan a observar acérvulos en círculos concéntricos sobre el sitio de la infección. En la lesión se producen grandes cantidades de esporas, las cuales van a ser fuente de inóculo para nuevas infecciones (Figura 1). Cuando la severidad es alta, se pueden encontrar frutos momificados (Carabalí– Muñoz *et al.*, 2013; Soares–Colletti y Lourenco, 2014).

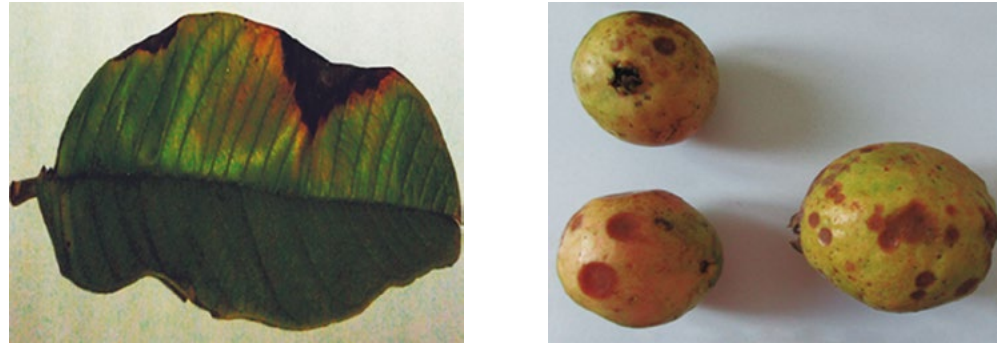


Fig.1. Daños ocasionados por antracnosis en guayabo. A) hoja con lesiones necróticas, B) frutos afectados por la enfermedad. Fotos tomadas por Ana Margarita Manzano.

Ciclo de vida y epidemiología

Algunos estudios han descrito que el género *Colletotrichum* puede encontrarse como saprófito, parásito o endófito en la naturaleza (Cannon *et al.*, 2012).

Las conidias son las estructuras reproductoras más importantes por las cuales el patógeno se dispersa y la enfermedad se desarrolla en las plantas. Se producen en lesiones necróticas de frutas, ramitas muertas, hojas y otros tejidos del huésped, y se trasladan a través de la lluvia.

Aunque los síntomas pueden aparecer poco después de la infección, son comunes las infecciones latentes que permanecen inactivas durante meses. La propagación de la enfermedad es mayor cuando hay una humedad relativa elevada. En las frutas, las lesiones se observan en cualquier etapa del crecimiento, y se expanden más rápidamente con temperaturas de 30 °C. La enfermedad es más severa durante temporadas prolongadas de lluvia; pero otras variables climáticas como la temperatura y la humedad relativa influyen en su desarrollo (Carabalí–Muñoz *et al.*, 2013). La presencia de esta enfermedad es continua cuando hay alta humedad relativa (Lozano *et al.*, 2002). Las epifitias pueden desarrollarse durante un clima cálido y húmedo prolongado, y el desarrollo de la enfermedad en los frutos no dañados es baja (34 %) en comparación con los dañados por pinchazos de insectos (100 %) (Ploetz, 2003, Pandey *et al.*, 1997).

El hongo *Colletotrichum* spp. puede sobrevivir en el suelo creciendo como saprófito en tejido vegetal muerto. Además, tiene la capacidad de dispersar las conidias y las ascosporas a través del viento y las salpicaduras de agua (Cannon *et al.*, 2012). En el fruto infectado en campo, el hongo puede permanecer latente hasta que inicia el proceso de maduración, momento en el cual las lesiones comienzan a desarrollarse (Agrios, 2005).

También sobrevive en tallos, hojas y frutos enfermos como micelios o esporas. Las ascosporas o conidias son las causantes de las infecciones primarias que ocurren por la formación de un apresorio. Este último se desarrolla a partir de la espora que germina en la superficie del tejido, únicamente en presencia de agua, y penetra directamente los tejidos del huésped, como la cutícula o las células epidérmicas. El micelio crece inter e intracelularmente produciendo acérvulos y conidios justo debajo de la cutícula, la cual puede romperse y liberar conidias que causan nuevas infecciones. El micelio puede permanecer latente por algún tiempo, antes de que las células colapsen y se degraden (Agrios, 2005; Cannon *et al.*, 2012).

Manejo

El empleo de cultivares resistentes o tolerantes a la enfermedad es una opción para su manejo. También el uso de productos químicos como el Fundazol (i.a.) y el Carbendazim (i.a.) en las plantaciones en combinación con agua caliente pueden reducir la antracnosis (ICA, 2012).

El hongo tiene gran capacidad de adaptación y variabilidad, lo que puede generar resistencia a fungicidas, sobre todo si se realizan aplicaciones frecuentes de productos químicos sintetizados, por lo que es conveniente realizar un programa de rotación de fungicidas, donde se incluyan aplicaciones de productos de cobre como oxiclورو y óxido de cobre, los cuales disminuyen considerablemente la enfermedad (Misra, 2001).

Para el control químico se recomiendan aplicaciones periódicas con fungicidas a base de cobre (oxiclورو de cobre PH 50), y alternar con fungicidas con base en el ingrediente activo (i.a.) Mancozeb (Mancozeb PH 80), 2,5 kg/ha (Gutiérrez y Gutiérrez, 2003) y Clorotalonil 75 % PH (IIFT, 2011). La rotación debe incluir fungicidas sistémicos como triazoles y benzimidazoles (ICA, 2012). El crecimiento y la formación de acérvulos de *C. gloeosporioides* se inhibe fuertemente por el benomilo (Fundazol PH 50) (0,05 % i.a.), tiabendazol (i.a.) y tiofanato de metilo (i.a.) en 5–50 g/L y azul de vitigran (i.a.) a 50 g/L (Lim y Manicom, 2003).

Se ha recomendado también el empleo de bioplaguicidas o bioproductos como el Avogreen®, con base en la bacteria *Bacillus subtilis* en otros cultivos, aunque pocos productores lo han utilizado (Van Eeden y Korsten, 2013).

Esta enfermedad debe prevenirse mediante la intervención de medidas como:

- Utilizar material vegetal sano.
- Realizar podas sanitarias que proporcionen mayor aireación al cultivo y eliminación de material vegetal afectado.
- Eliminar las malezas y los frutos enfermos para evitar la diseminación de inóculo del patógeno.
- Reducir las condiciones de humedad para evitar encharcamiento mediante drenajes.
- Evitar heridas en las plantas.
- Aplicar fungicidas a base de cobre periódicamente.
- Realizar cosechas oportunas sin dejar madurar en exceso los frutos.
- Eliminar los frutos maduros presentes en el suelo.

6.2.2. CLAVO DEL GUAYABO

Distribución geográfica e importancia

La enfermedad clavo del guayabo se considera probablemente la más destructiva del follaje y principalmente del fruto del guayabo y causa pérdidas considerables. Se encuentra distribuida en casi todas las áreas de producción de guayabo del mundo y muestra un mayor impacto en regiones con elevadas precipitaciones y alta humedad relativa. Se han informado grandes pérdidas por esta enfermedad en la India, sur de Asia, Sudáfrica, América del Sur y el Caribe (Lim y Manicom, 2003). Es uno de los factores que limitan los rendimientos de este cultivo, así como la comercialización de las frutas hacia el mercado nacional y las exportaciones (Martínez *et al.*, 2009; Solarte *et al.*, 2018).

En Cuba, la enfermedad se describió por primera vez en la provincia de Sancti Spiritus (Ariosa, 1982) y se encuentra presente en muchas de las localidades donde se cultiva el guayabo. Además de Cuba, la enfermedad se encuentra dispersa en países productores de guayabo como: México, Birmania, Costa de Marfil, Ecuador, Hawai, India, Malasia, Mozambique, Nigeria, Puerto Rico, Taiwán, Tanzania, India, Venezuela, Zambia y Zimbabue (González *et al.*, 2020). Las pérdidas ocurren tanto en el campo como durante la comercialización de los frutos.

Agente causal

Los hongos *Pestalotiopsis versicolor* (Speg.) Steyaert. y *P. psiddi* (Pat.) son las principales especies de este género, las cuales presentan una amplia distribución y rango de hospederos (Carabalí–Muñoz *et al.*, 2013; Solarte *et al.*, 2018). Son considerados parásitos débiles que se producen en el tejido leñoso de las ramas como endófitos. Actúan como oportunistas que invaden frutos a través de lesiones causadas por insectos (Lim y Manicom, 2003).

En la actualidad, la identificación de estos hongos se basa en la taxonomía polifásica, que integra evaluaciones de caracteres fenotípicos, genotípicos y análisis filogenéticos (Solarte *et al.*, 2018).

Síntomas

El clavo del guayabo es una enfermedad que afecta tanto a hojas como a frutos de los árboles de cualquier edad. En las hojas se desarrollan manchas asimétricas de color café rojizo en la porción media alrededor de la nervadura central, los brotes tiernos se enroscan sobre su haz y las yemas terminales se secan y caen (Figura 2A).

La enfermedad puede causar necrosis en brotes tiernos. Cuando ataca las yemas terminales, estas toman un color morado oscuro, luego se secan y caen. La afectación en brotes y hojas puede causar deformaciones y/o marchitamiento.

En las flores aparecen manchas pardas en el cáliz y en el pedúnculo, pudiendo provocar la caída de la flor o el estancamiento de los ovarios.

En la epidermis de los frutos jóvenes aparecen lesiones circulares, levantadas, de consistencia corchosa o coriácea de color café, con la apariencia de una cabeza de clavo oxidado que le da nombre a la enfermedad (González, 2002 (Figura 2B). Las lesiones pueden aumentar, afectando la pulpa debajo de la epidermis (Solarte *et al.*, 2018) y reduciendo la calidad de la fruta y su valor comercial. Los frutos atacados se momifican y se quedan adheridos a la planta (Lim y Manicom, 2003; Keith y Zee, 2010) (Figura 2 C).



Fig.2. Afectaciones en guayabo ocasionadas por *Pestalotiopsis* sp. A) hojas mostrando síntomas característicos de la enfermedad, B) fruto mostrando daños causados por *Pestalotiopsis* sp., C) frutos momificados y adheridos al tallo, D) conidias típicas de *Pestalotiopsis* sp. Fotos tomadas por los autores. .

Ciclo de vida y epidemiología

Las especies patógenas de *Pestalotiopsis* spp. entran en contacto con el hospedero a través de las conidias, las cuales pueden sobrevivir en condiciones adversas y causar infecciones primarias, las mismas germinan a través de aberturas naturales o heridas (Figura 2D), formando picnidios que rompen la cutícula y liberan nuevas conidias. El inóculo secundario, producido en el tejido enfermo, puede causar nuevas infecciones y aumentar la severidad de la enfermedad. El ciclo del hongo se desarrolla completamente en el hospedero, hasta que las esporas se dispersan por el agua o por el viento (Maharachchikumbura *et al.*, 2011; Solarte, 2014). La infección en las flores puede provocar su caída o el estancamiento de los ovarios.

La enfermedad se presenta con mayor severidad sobre frutos en todos los estadios de desarrollo cuando se presentan condiciones de altas temperaturas y humedad relativa. Las lesiones como costros se forman en un rango de temperaturas entre 25 °C y 35 °C y humedad relativa entre 80 y 100 % (Jaramillo *et al.*, 2013); (Solarte 2014).

Manejo

Para prevenir el desarrollo de las enfermedades fungosas es recomendable reducir la humedad relativa del ambiente, realizar podas que faciliten la aireación de las plantas y aplicaciones preventivas con fungicidas a base de cobre.

Las medidas de manejo que se implementen en el cultivo dependen de la identificación apropiada de los agentes causales de las enfermedades (Carabalí-Muñoz *et al.*, 2021). Por lo que identificar de manera errónea conlleva a llevar a una mala práctica de manejo; de ahí la importancia clave de una buena identificación. El plan de manejo de las enfermedades debe incluir prácticas encaminadas a disminuir la cantidad de inóculo que pueda estar presente en el cultivo, con el fin de evitar y prevenir su dispersión. Este plan debe estar compuesto de varios métodos de control, incluyendo semillas con características genéticas, sanitarias y fisiológicas ideales provenientes de viveros registrados, prácticas culturales que incluyan fertilización, riego, drenajes, manejo de podas, distancias de siembra adecuadas, además de controles químicos y biológicos (Carabalí-Muñoz *et al.*, 2021).

Es aconsejable controlar adecuadamente las malezas en la plantación, con el propósito de disminuir la alta humedad relativa, ya que en este ambiente suelen presentarse las condiciones ideales para la germinación y desarrollo del clavo en las hojas, brotes y frutos. Es importante mantener un buen control de malezas alrededor de los árboles.

Resultan muy útiles las aplicaciones de insecticidas para reducir la alimentación de insectos que favorecen la movilidad de los hongos. La poda de árboles y un espaciado más amplio puede suprimir el daño por insectos. Además, el empleo de enemigos naturales, como la hormiga *Oecophylla smaragdina*, puede reducir las poblaciones de estos insectos.

6.2.3. MARCHITEZ DEL GUAYABO

Distribución geográfica e importancia

La enfermedad es la más destructiva en la India, pero afecta seriamente a los países productores de América Latina, Malasia, Pakistán, Sudáfrica, Sur de Asia y Taiwán (Cambridge Scientific Abstract, 2010).

La enfermedad del marchitamiento del guayabo se informó por primera vez en Taiwán en 1926. Un marchitamiento del guayabo con síntomas casi idénticos apareció en Sudáfrica en 1980 y se encontró en Malasia en 1995 (Schoeman *et al.*, 1997). Es probable que las enfermedades detectadas en estos países estuvieran causadas por el mismo hongo u otro estrechamente relacionado.

En Sudáfrica, la enfermedad apareció por primer vez en el sureste del país (Lim y Manicom, 2003). En 10 años, se extendió por las zonas de cultivo, reduciendo el área plantada desde 700 ha hasta aproximadamente 100 ha. Las plantaciones en estas áreas fueron casi en su totalidad del cultivar rosa de propagación clonal 'Fan Retief'. Las medidas de cuarentena implementadas evitaron la propagación de la enfermedad al occidente de Sudáfrica. En Taiwán, la enfermedad está presente en todas las zonas productoras del guayabo, donde reduce la vida de los huertos de aproximadamente ≥ 25 a 10–12 años (Lim y Manicom, 2003). La infección parece ocurrir principalmente a través de heridas causadas por la poda.

La enfermedad es menos agresiva en Taiwán que en Sudáfrica, aunque también hay evidencias de que los cultivares que se utilizan allí son más resistentes. En Taiwán la infección del agente causal parece ocurrir principalmente a través de heridas causadas por la poda, mientras que en Sudáfrica es más una enfermedad transmitida por el suelo infectado (Grech, 1985, 1986).

Agente causal

Algunas especies del género *Fusarium* sp., en particular *F. oxysporum* Schelcht y *F. solani* (Mart.) Sacc. En Brasil ha sido identificado a partir de la predisposición de las plantas infectadas con *Meloidogyne enterolobii* (Gomes *et al.*, 2013). Anteriormente, el hongo fue identificado en Taiwán como *Myxosporium psidii* (Sawada & Kuros.) (actualmente *Nalanthamala psidii* (Sawada & Kuros.)). En Taiwán y Sudáfrica se ha informado que el hongo tiene una etapa conidial como *Paecilomyces* sp. Ha pasado por varios nombres, siendo identificado como *Paecilomyces* sp., *Septofusidium* sp., *Gliocladium* sp., *Gliocladium roseum* Bainier (actualmente *Clonostachys rosea* (Link) Schroers, Samuels, Seifert & W. Gams), y *Acremonium diospyri* (Crand.) W. Gams (actualmente *Nalanthamala diospyri* (Crand.) Schroers & M.J. Wingf. (Lim y Manicom, 2003).

En la India la enfermedad la causa *Fusarium oxysporum* f. sp. *psidii* Prasad, Mehta & Lal (Gupta *et al.*, 2010). Un marchitamiento menos común en este país lo causa *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid., (Lim y Manicom, 2003).

Síntomas

Una vez que la planta se infecta, las ramas se marchitan y la muerte del árbol ocurre en algunas semanas o meses (Ploetz, 2003; Gupta *et al.*, 2010). Puede ocasionar pudrición en raicillas, clorosis, secado del follaje y necrosis de las raíces. Además, causa daños en frutos en cuya superficie se hacen visibles manchas de aspecto algodonoso.

Ciclo de vida y epidemiología

Las temperaturas cruciales para que el fitopatógeno provoque la enfermedad están entre 30 °C y 35 °C. El guayabo es más susceptible durante los meses de verano, y la muerte de las plantas inoculadas fue significativamente más baja a 20 °C – 24 °C que cuando estaban expuestas a temperaturas entre 24 °C – 32 °C (Schoeman *et al.*, 1997, 2012). El hongo se mueve a través del xilema y puede aislarse de todas las partes leñosas sintomáticas. Las infecciones también se pueden diagnosticar en plantas asintomáticas (Ploetz 2003).

La enfermedad se transmite a través del suelo infectado. La propagación del hongo se puede producir con el uso de las herramientas de trabajo sin desinfectar. Experimentalmente, la enfermedad no se ha podido desarrollar cuando se han aplicado conidias al suelo en ausencia de heridas (Ploetz, 2003). Las heridas provocadas por la actividad de la poda se consideran como el principal sitio de infección en Taiwán, mientras que las raíces y el tallo a nivel del suelo son los sitios de infección primaria en Sudáfrica. En este mismo país la inoculación en condiciones experimentales no mostró daños extensos, mientras que, en plantación, causó muerte regresiva (Schoeman *et al.*, 1997). En la India, plántulas sembradas en suelo infectado con *F. oxysporum* f. sp. *psidii* se marchitaron y murieron dentro de los 60 días (Pandey y Dwivedi, 1985).

Manejo

Las medidas control químico no siempre resultan efectivas para el marchitamiento de la guayaba. La propagación del hongo se puede ralentizar eliminando las plantas afectadas. El hongo no sobrevive por más de unos pocos meses en el suelo, pero puede sobrevivir en trozos de raíces durante más de un año. Por lo tanto, es importante eliminar la mayor cantidad de restos de raíces del suelo como sea posible antes de replantar.

Aunque el tratamiento de las heridas causadas por la actividad de la poda se realiza empleando benomilo (Fundazol PH 50) (0,05 % ingrediente activo (i.a.) y el oxiclورو de cobre (i.a.), no siempre resulta eficaz. También se recomienda la esterilización de los envases de cosecha de las frutas, para asegurar que el inóculo no se mueva entre fincas, aunque su eficacia es baja. La desinfección del calzado mediante la habilitación de pasos podálicos evita su diseminación, por ser un patógeno del suelo.

En la experiencia de los investigadores del Laboratorio de Micología del Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT), el control químico *in vitro* de *Fusarium* sp. ha sido efectivo empleando un grupo de fungicidas que se refieren a continuación:

NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO (i.a.)
Supreme EW (13,3 + 26,7)	(tebuconazol + procloraz)
Funcloraz EC 40	(procloraz)
Fundazol PH 50	(benomilo)
Celest SC 2,5	(fludioxonilo)
Regnum EC 25	(pyraclostrobin)
Mancozeb PH 80	(mancozeb)
Clortosip SC 50	(clortalonilo)

El empleo del antagonista o agente de biocontrol *Trichoderma harzianum*, ha mostrado un efecto positivo en casos de infección causados por *Fusarium* sp. (LABIOFAM, 2013). El bioproducto comercial T34 Biocontrol®, basado en una formulación concentrada de *Trichoderma asperellum* ha resultado efectivo en el control de *Fusarium* (Biocontrol, 2018).

6.2.4. COMPLEJO *Phytophthora*, *Pythium* y *Fusarium*

Distribución geográfica e importancia

En Cuba, la presencia de este complejo es frecuente y de alta permanencia, por la característica de estos tres fitopatógenos: el hongo *Fusarium* sp. puede permanecer hasta un año en trozos de material vegetal. Para el caso de los dos oomicetos, sus estructuras de reproducción les permiten mantenerse durante largos periodos de tiempo en el suelo.

Agente causal

El complejo está constituido por los oomicetos *Phytophthora* sp. y *Pythium* sp., junto al hongo vascular *Fusarium* sp.

Como se mencionó en el caso del fitopatógeno estudiado en el acápite anterior, varias especies del género *Fusarium* spp. ocasionan la enfermedad conocida como marchitez del guayabo. Una vez que el árbol se infecta, las ramas se marchitan y la muerte del árbol ocurre en algunas semanas o meses (Ploetz, 2003; Gupta *et al.*, 2010). Sin embargo, este hongo del suelo se encuentra muchas veces asociado a oomicetos que mantienen una larga permanencia en el suelo.

Síntomas

El complejo *Phytophthora*–*Pythium*–*Fusarium* provoca diversos daños en el cultivo del guayabo. Entre ellos se encuentran pudrición en raicillas, clorosis, secado del follaje, defoliación y necrosis de las raíces. Además, ocasiona daños en frutos en cuya superficie se hacen visibles manchas de aspecto algodonoso (Suárez *et al.*, 1998).

En el caso de muestras de raíces y suelo, estas se procesan empleando el llamado "método del cebo" (Machado *et al.*, 2013). Para ello, las muestras se colocan sobre otras hojas empleadas como cebo, durante 15–20 días, hasta que se aprecia la colonización fúngica de las hojas, así como su marchitez parcial producto de la acción de los patógenos (Figura 3 A y B). Se observa además un crecimiento fúngico en algunas zonas de las raíces correspondientes a estas muestras (Figura 3C). Al microscopio de contraste de fase pueden observarse conidias correspondientes al género *Fusarium* sp. (Figura 3D). Pueden observarse también oogonio y oosporas correspondientes al oomiceto *Pythium* sp. (Figura 3E) y finalmente esporangios característicos del oomiceto *Phytophthora* sp. (Figura 3F).

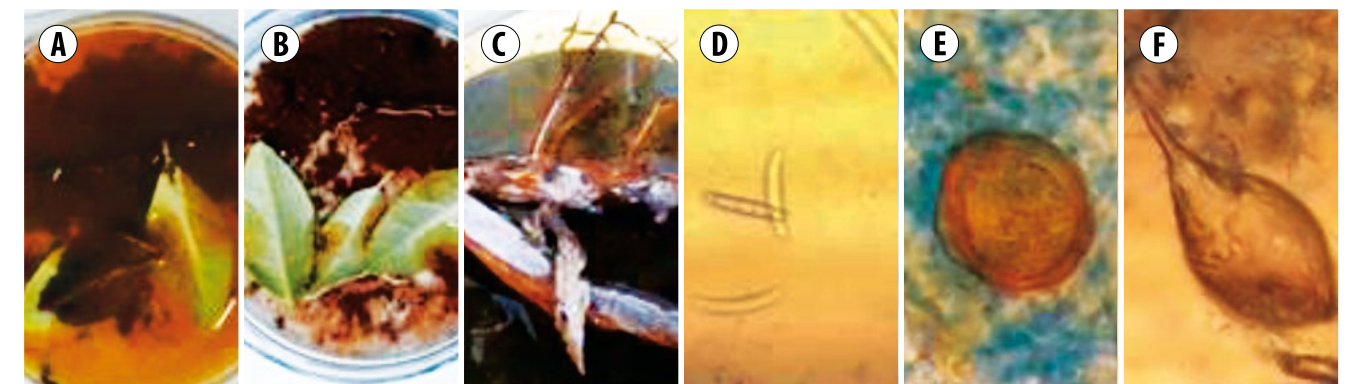


Fig. 3. Hongos y oomicetos fitopatógenos diagnosticados en muestras de raíces y suelo de los campos de guayabo. A) y B) colonización fúngica y marchitez de las hojas de limón 'Eureka' utilizadas como cebo, C) crecimiento fúngico sobre raíces de guayaba del campo, D) macroconidias características del género *Fusarium*, E) oogonio y oospora de *Pythium* sp., F) esporangio de *Phytophthora* sp. Fotos tomadas por los autores.

Manejo

Las medidas de control químico descritas en el acápite anterior como efectivas contra la marchitez del guayabo causada por *Fusarium* sp., no siempre resultan efectivas para el control de los oomicetos. Deben tenerse en cuenta las medidas contra los oomicetos, en particular *Phytophthora* sp., que se describen en el Acápite 6.2.8. para la pudrición radical del guayabo. El bioproducto comercial T34 Biocontrol®, basado en *Trichoderma asperellum* ha resultado efectivo en el control de *Pythium* en otros cultivos (Biocontrol, 2018).

6.2.5. MUERTE REGRESIVA DE LAS RAMAS DEL GUAYABO

Distribución geográfica e importancia

La muerte regresiva de las ramas de guayabo presenta una amplia distribución geográfica en todo el subcontinente americano en las más diversas especies de frutales.

En Cuba, esta enfermedad está presente en un gran número de plantas y especies de frutales. En el caso del guayabo, su presencia es significativa, aunque no es el más importante de los patógenos fungosos. Este hongo ocupa el primer lugar entre los hongos y oomicetos fitopatógenos que afectan a las diferentes especies de frutales presentes en el país (Ramos-Leal *et al.*, 2017).

Agente causal

El hongo *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl. es el causante de la enfermedad, y ha sido identificado en la microbiota endófito asociada a estadios preflorales del guayabo (Urdaneta *et al.*, 2009).

Síntomas

Causa muerte regresiva de las ramas y momificación de los frutos, fundamentalmente en árboles estresados (Figura 4A). Adicionalmente ocasiona la pudrición de los frutos en poscosecha (Lim y Manicom, 2003).

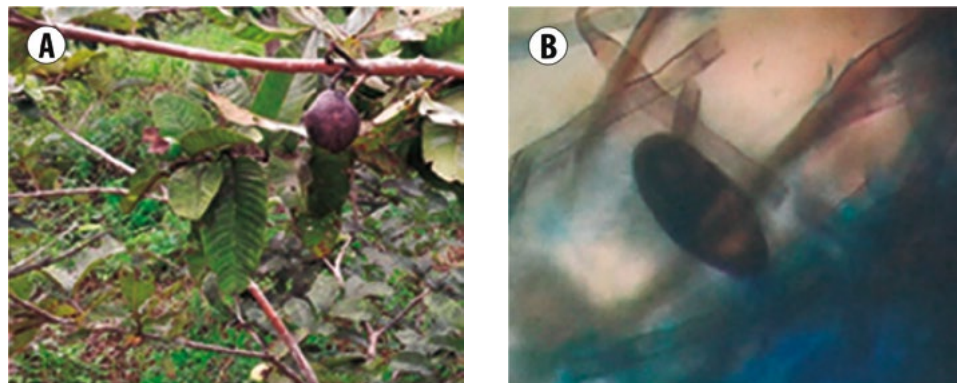


Fig.4. A) Rama afectada por *Lasiodiplodia* sp. y fruto momificado de guayaba cv. 'Enana Roja Cubana' intercalada con mango 'Tommy Atkins', B) conidia característica de *Lasiodiplodia* sp. Fotos tomadas por los autores.

Ciclo de vida y epidemiología

Las mejores temperaturas para que el fitopatógeno cause la enfermedad están entre 28 °C como óptima y 40 °C como máxima (Slippers *et al.*, 2004; Alves *et al.*, 2008). El hongo se mueve a través del xilema y desarrolla la infección mediante las conidias características del hongo fitopatógeno (Figura 4B), que germinan a través de aberturas naturales o heridas y pueden aislarse de las partes sintomáticas.

La principal vía de entrada de *L. theobromae* es a través de heridas producidas por herramientas de trabajo, insectos o aberturas naturales (Ploetz, 2003).

El hongo coloniza el sistema vascular y avanza por delante de los síntomas visibles de la enfermedad. Puede sobrevivir sobre tejidos muertos en el árbol y especialmente en frutos momificados

(Ploetz, 2003). El inóculo secundario, producido en el tejido enfermo, es capaz de causar nuevas infecciones y, por tanto, incrementar la severidad de la enfermedad. El ciclo del hongo se desarrolla completamente en el hospedero, hasta que las esporas se dispersan por el agua o por el viento.

Manejo

En la experiencia de los investigadores del laboratorio de micología del IIFT, el control químico en condiciones *in vitro* de *Lasiodiplodia* sp. ha sido efectivo empleando un grupo de fungicidas en un programa de rotación, los cuales se refieren a continuación:

NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO (i.a.)
Supreme EW (13,3 + 26,7)	(tebuconazol + procloraz)
Funcloraz EC 40	(procloraz)
Fundazol PH 50	(benomilo)

El empleo de antagonistas o agentes de biocontrol como *Trichoderma harzianum* y otras especies de *Trichoderma* sp., han sido exitosos en casos de infección contra diferentes patógenos fungosos (LABIOFAM, 2013). Se ha demostrado la eficacia de Fertimar®, un bioestimulante a base de algas marinas, como inductor de resistencia en plantas en condiciones controladas (Alvarez, 2015).

6.2.6. FUMAGINA

Distribución geográfica e importancia

Esta enfermedad se encuentra en regiones con climas tropicales, y afecta a muchos cultivos además del guayabo como los cítricos, cacao, cafeto, cocotero, caña de azúcar, entre otros. En Cuba está ampliamente distribuida y en otros países constituye una importante enfermedad para el cultivo del guayabo. La enfermedad provoca afectaciones económicas debido a que reduce la productividad de los árboles y afecta la calidad estética de los frutos (Rebolledo-Martínez *et al.*, 2013).

Agente causal

La enfermedad es provocada por un conjunto de hongos, principalmente de los géneros *Capnodium* sp. y *Meliola* sp., pertenecientes a las familias Englerulaceae y Meliolaceae. Sin embargo, existe una diversidad de géneros fúngicos vinculados a la fumagina entre los que se encuentran: *Aspergillus* sp., *Alternaria* sp., *Botryodiplodia* sp., *Cladosporium* sp., *Curvularia* sp., *Fusarium* sp., *Helminthosporium* sp. (Hamid y Jalaluddin, 2006).

Síntomas

La enfermedad se caracteriza por la aparición de un polvillo de color negro en el haz y el envés de las hojas de la planta, así como en ramas, flores y frutos. Su presencia da el aspecto de tizne en las hojas (Figura 5). Esta enfermedad está asociada con la presencia de cóccidos y otros insectos chupadores sobre tallos, hojas y frutos, pues el hongo crece a expensas de los restos y secreciones azucaradas que desechan o producen estos insectos. La fumagina se considera como una enfermedad parásita, pues su daño es indirecto, debido a que interfiere en la actividad fotosintética, al cubrir la superficie verde de las hojas. Al ocluir los estomas se inhibe el intercambio gaseoso y la transpiración (Rebolledo-Martínez *et al.*, 2013).

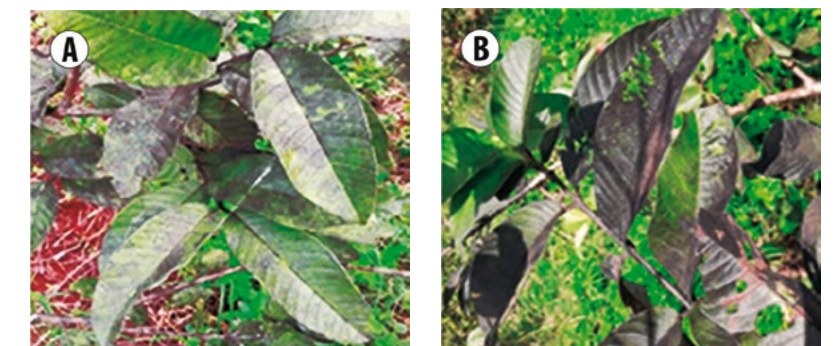


Fig.5. Hojas de guayabo cv. 'Enana Roja Cubana' intercalada con mango 'Tommy Atkins', mostrando A) la presencia abundante y B) creciente de fumagina. Fotos tomadas por los autores.

Ciclo de vida y epidemiología

Las temperaturas en los meses de verano favorecen que las poblaciones de insectos tengan la oportunidad de establecerse. Las esporas de los hongos germinan en condiciones de humedad en presencia de la melaza o mielecilla que producen los insectos y colonizan rápidamente la superficie sobre la que se encuentran, formando crecimientos miceliales. El clima cálido y seco también puede aumentar la prevalencia de este polvillo. Otro factor a tener en cuenta es que durante los períodos secos, la falta de lluvia impide que la melaza se diluya o se lave de la planta, lo que puede incrementar la incidencia y severidad de la fumagina. A la vez, las plantas que están estresadas por falta de humedad tienen más probabilidades de sufrir infestaciones de áfidos, lo que da como resultado la producción de más melaza.

Manejo

Para un manejo adecuado se recomienda:

- Mantener buenas condiciones de nutrición y riego. Eliminar las plantas en estado depauperado. Realizar poda sanitaria y quema de ramas, hojas y frutos afectados, con vistas a reducir la fuente de inóculo del hongo fitopatógeno.
- Monitorear las principales plagas del cultivo y aplicar prácticas de control y un adecuado plan de fertilización que disminuya la susceptibilidad de los frutos al ataque del hongo, mantener niveles de potasio y calcio adecuados
- Valorar la pertinencia de aplicación de los fungicidas establecidos en la tecnología del cultivo, así como de los que están incluidos en la propuesta de tecnología registrada para frutales (Dirección General de Sanidad Vegetal, 2020).
- Emplear bioproductos de producción nacional (LABIOFAM, 2013).
- Realizar la aplicación preventiva de productos sistémicos como: Azoxystrobina 250 g/L, Carben-dazim 350 mg/ L. Fundazol, 80 % mostró buen control de la fumagina en hoja y frutos (Rebolledo –Martinez *et al.*, 2013).

6.2.7. ROYA DEL GUAYABO

Distribución geográfica e importancia

La roya fue descrita por primera vez en San Francisco del Sur, Brasil, en 1884. Afecta actualmente cerca de 56 géneros y 244 especies de mirtáceas en Suramérica, Centroamérica y el Caribe, en estados como Florida, California y Hawaii (Estados Unidos de América) y otros países como Japón, Australia, China, Suráfrica, Indonesia y Nueva Caledonia (Baskarathevan *et al.*, 2016; Giblin, 2013; Machado, *et al.*, 2015; Pegg *et al.*, 2014; Uchida y Loope, 2009). En Cuba la enfermedad no representa una amenaza para el cultivo por su poca presencia.

Agente causal

La causa de la enfermedad es el hongo *Puccinia psidii* (Wint.). *P. psidii* es el estado sexual del hongo causante de la roya, mientras que el estado asexual incluye diversas especies como *Uredo psidii*, *U. rangelii* J.A. Simpson, K. Thomas & Grgur. y *U. seclusa* H.S. Jacks. & Holw. Sin embargo, la literatura científica las considera parte del complejo de *P. psidii* (Carnegie *et al.*, 2010; Glen *et al.*, 2007; Simpson *et al.*, 2006).

Su mayor incidencia se presenta bajo condiciones de humedad relativa alta. Este patógeno se ha encontrado en huertos, afectando hojas y frutos de diferentes tamaños, pero principalmente en frutos verdes en desarrollo (Corpoica, 2011).

Síntomas

Los síntomas ocurren en rebrotes vegetativos, hojas, flores y frutos jóvenes, que se inician con la aparición de las típicas esporas amarillas (uredosporas).

Estas lesiones se expanden y provocan necrosis en los tejidos, deformación, momificación y caída de hojas y frutos (Martins *et al.*, 2011; Martins *et al.*, 2014). En muchos casos, la ruptura de los tejidos a causa de las uredosporas permiten la entrada de otros hongos que degradan el tejido y generan la pérdida de frutos (Carabalí–Muñoz *et al.*, 2013; Lozano *et al.*, 2002).

La roya en frutos, generalmente presenta síntomas similares a los de las hojas, con manchas oscuras de forma circular, que en un estado maduro se cubren de una masa algodonosa de color amarillo (Figura 6B). Además, hay hundimiento del tejido afectado generando malformaciones que deterioran la calidad de los mismos (Lozano *et al.*, 2002) (Figura 6A).

En muchos casos, la ruptura del tejido a causa de la roya, permite la entrada de otros hongos que colonizan, degradan y pudren el tejido, generando la pérdida total de fruto (Lozano *et al.*, 2002). En el seguimiento fitosanitario realizado a los cultivos, durante el año 2011, en Colombia se presentaron niveles de incidencia del 70 % (Corpoica, 2011).

En estado avanzado de la enfermedad se observan manchas cafés oscuras que se tornan necróticas, de diferente tamaño, sobre estas se presenta un desarrollo micelial con estructuras de reproducción de color amarillo oscuro y apariencia polvosa. Generalmente se produce la pérdida total de la hoja cuando las lesiones coalescen (Lozano *et al.*, 2002).

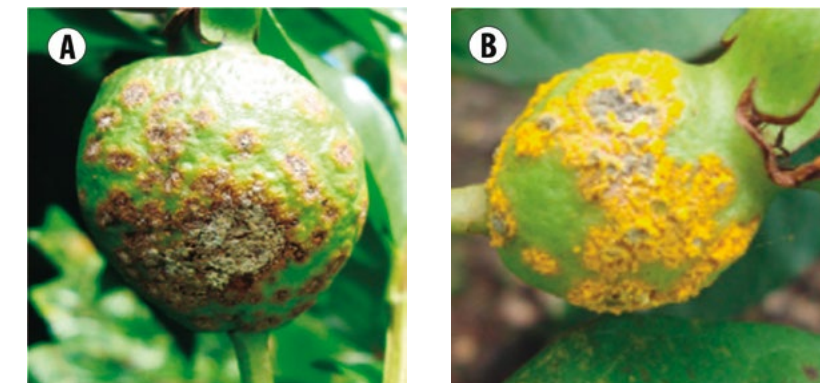


Fig.6. Síntomas y signos de roya (*Puccinia psidii* Wint.) en frutos de guayaba en el norte del Valle del Cauca. A) uredosporas que toman apariencia de polvillo amarillo, B) lesiones con desarrollo micelial de apariencia algodonosa. Fuente: Carabalí Muñoz *et al.*, (2013).

Ciclo de vida y epidemiología

P. psidii se dispersa rápidamente por el viento, lluvia o insectos a través de las uredosporas y, en menor medida, por las teliosporas. Las pústulas se producen en ciclos de cerca de 10 a 14 días en condiciones de verano, y la infección repetida puede provocar la muerte de los tejidos (Carnegie *et al.*, 2010; Clark, 2011).

La reproducción se da por generaciones repetidas de uredosporas, aunque ocasionalmente se producen teliosporas (Clark, 2011; Glenn *et al.*, 2007).

El proceso de infección implica, en primer lugar, la germinación de la uredospora (la cual se genera entre 15 °C y 21 °C), la formación de un apresorio y la posterior penetración directa en las células vegetales. El hongo se extiende y ramifica intracelularmente dentro del hospedero, y los síntomas se pueden observar a simple vista entre 3 y 5 días después de inoculado (Glen *et al.*, 2007). Cerca de 12 días después, las pústulas de las uredosporas amarillas se hacen visibles (Figura 6A y B). Posteriormente, pueden surgir infecciones secundarias en el tejido (Coutinho *et al.*, 1998; Glen *et al.*, 2007).

La germinación de las uredosporas y la posterior infección están fuertemente influenciadas por temperaturas entre 15 °C y 25 °C, la humedad relativa alta, presencia de agua sobre los tejidos así como intensidad de la luz y fotoperiodo.

El progreso y la severidad de la enfermedad varían de acuerdo con las condiciones ambientales (Bora *et al.*, 2016; Coutinho *et al.*, 1998; Glen *et al.*, 2007; Martins *et al.*, 2011; Ruiz *et al.*, 1989). En condiciones de alta humedad en el suelo y baja aireación del cultivo, se pueden presentar ataques severos de la enfermedad (Jaramillo *et al.*, 2013).

Manejo

Para el manejo de la roya en el cultivo se deben realizar las siguientes prácticas según lo sugerido por Lozano *et al.* (2002):

- Mantener una buena aireación de la plantación para reducir la humedad relativa mediante la realización de podas y la limpieza de la misma.
- Realizar un buen control de las malezas para evitar hospederos transitorios del patógeno dentro del cultivo.
- Utilizar productos químicos con base a los ingredientes activos Mancozeb y oxiclورو de cobre.

6.2.8. PUDRICIÓN RADICAL DEL GUAYABO

Distribución geográfica e importancia

La enfermedad ha sido descrita en los principales países productores de la fruta: India, Brasil, Pakistán, México y Egipto, así como en Colombia, Malasia y Tailandia. El patógeno se encuentra en muchos suelos, y los síntomas de la enfermedad se manifiestan principalmente en épocas de lluvia, debido a la presencia en su ciclo de vida de esporas móviles en el agua (ICA, 2012). En Cuba la enfermedad no representa un problema importante.

Agente causal

Diferentes especies del oomiceto *Phytophthora* sp. son las causantes de la enfermedad. Al menos dos taxones están involucrados en un tipo de apareamiento A2: *Phytophthora citricola* Sawada en (Hawaii) y *P. nicotianae* Breda de Haan (Cuba, India y Malasia) (Singh *et al.*, 1978; Ariosa, 1982; Ko *et al.*, 1982; Lim y Chin, 1987). Solo el tipo de apareamiento A1 de *P. nicotianae* se informó en Malasia. Ambos se pueden aislar del suelo utilizando un medio selectivo (Singh *et al.*, 1978), o utilizando la técnica del cebo, descrita anteriormente en el Acápite 6.2.4.

Síntomas

Los síntomas de la enfermedad comienzan con lesiones necróticas en las raíces, las cuales al inicio pasan inadvertidas, pero que se van desarrollando hasta alcanzar todo el sistema radical (Alfonso-García, 2010; ICA, 2012).

Los síntomas en la parte aérea se manifiestan por medio de clorosis gradual, que se transforma en marchitamiento y muerte de ramas, especialmente en la parte superior de la copa de los árboles. Las lesiones se vuelven grisáceas, cubiertas por finas masas algodonosas y esponjosas de micelio blanquecino. La enfermedad se presenta también en frutos jóvenes; los frutos verdes maduros y amarillos maduros son menos susceptibles (Ko *et al.*, 1982). Al afectar la planta, las hojas parecen mojadas y marchitas, y los brotes jóvenes en las plántulas pueden morir (Lim y Chin, 1987).

Ciclo de vida y epidemiología

Este patógeno se encuentra en muchos suelos y las enfermedades que causa se manifiestan, sobre todo, en épocas lluviosas, debido a que en su ciclo de vida presenta esporas móviles en el agua (Ploetz, 2003).

P. nicotianae produce clamidosporas de paredes gruesas que persisten en el suelo como principal fuente de inóculo. El hongo puede sobrevivir durante 12 a 16 meses en el suelo y en tejidos muertos del huésped (Prasad y Mehrotra, 1985). Las hojas y ramitas infectadas sirven como fuentes secundarias de inóculo para la infección (Ploetz, 2003).

La enfermedad se ve favorecida por una humedad relativa mayor del 90 %. Mathur *et al.*, (1992) informaron que la lluvia durante al menos 3 o 4 días a la semana con temperaturas máximas de 28 °C a 30 °C y mínimas de 21 °C a 22 °C son propicias para el desarrollo y difusión de la enfermedad.

Manejo

Un manejo adecuado de la enfermedad incluye: realizar un programa de rotación de fungicidas, siguiendo la orientación técnica de un especialista. La enfermedad se puede controlar con aerosoles de fosetil-Al (i.a.), metalaxil (i.a.), milfuram (i.a.), cymoxanilo (i.a.) y sus combinaciones con mancozeb (i.a.) y etridiazol (i.a.), propamocarb y dimetomorf (ICA, 2012). También se ha informado que hay

control con zineb y aureofungina (i.a.) y captafol y zineb (i.a.) (Lim y Manicom, 2003); los fungicidas a base de cobre resultan fitotóxicos. La susceptibilidad puede oscilar entre el 5 % y el 20 % en diferentes cultivares.

Además, el bioproducto comercial T34 Biocontrol®, basado en una formulación concentrada de *Trichoderma asperellum* ha resultado efectiva en el control de *Phytophthora* spp. (Biocontrol, 2018). Esta misma especie y *T. harzianum*, han resultado efectivos en el control de este patógeno, en ensayos en condiciones de invernadero para otros cultivos. El tratamiento consistió en la inoculación de 5 ml que contenían 106 conidios/ml de *Trichoderma* spp. *Pseudomonas fluorescens* también resultó efectiva para el control de *Phytophthora* (Andrade-Hoyos *et al.*, 2020; Sumida *et al.*, 2020; Ramírez-Gil *et al.*, 2020).

Al tratarse de un patógeno del suelo, es importante evitar su diseminación mediante la desinfección del calzado con la habilitación de pasos podálicos.

6.3. ENFERMEDADES BACTERIANAS

6.3.1. BACTERIOSIS PROVOCADA POR *Erwinia psidii*

Distribución geográfica e importancia

Esta enfermedad fue descrita en 1982, en plantaciones de guayabo del estado de Sao Paulo, en Brasil. La importancia de la enfermedad se restringe a la localidad donde ataca, ocasionando grandes estragos por la inviabilidad de los frutos (Rodríguez-Neto *et al.*, 1987). Se informó posteriormente en otras regiones de Brasil causando pérdidas de alto rendimiento (Márques *et al.*, 2007). Es una de las enfermedades más importantes en este cultivo en Brasil (Sylva *et al.*, 2015). No se encuentra presente en Cuba.

Agente causal

Se ha identificado como agente causal de esta enfermedad la bacteria *Erwinia psidii*, en aislamientos en medios artificiales y diagnóstico por PCR (Silva *et al.*, 2015). Esta se encuentra incluida en el grupo "amylovora".

Síntomas

Surge en las hojas de brotes jóvenes que adquieren una coloración rojiza, distribuida de forma irregular en el limbo foliar. Luego evoluciona un bronceado u oscurecimiento de las puntas de las ramas, las nervaduras adquieren una coloración marrón, hasta que se secan ("seca de los punteros") (Figura 7). En las ramas cercanas a las puntas secas se observa, en cortes transversales, un ligero oscurecimiento en la médula, muchas veces acompañado de destrucción de los tejidos. En síntomas severos hay escurrimiento de un líquido claro y denso en hojas, ramas y frutos, los cuales no se desprenden de la planta. Las flores y frutos jóvenes se oscurecen, se secan y se momifican. La planta no llega a morir, pero el daño en los frutos es bastante grande (Rodríguez-Neto *et al.*, 1987; Coelho *et al.*, 2002; Ferreira da Silva *et al.*, 2016).



Fig.7. Síntomas de bacteriosis en brotes jóvenes y en ramas con flores, provocada por *Erwinia psidii*. Fuente: Rodríguez-Neto *et al.* (1987).

Ciclo de vida y epidemiología

La penetración del patógeno ocurre a través de las aberturas naturales de los botones florales o de los daños provocados por labores culturales, insectos o daños naturales. La infección se favorece por las altas temperaturas o la humedad, siendo el agua su principal agente diseminador, principalmente en el vivero con el regadío. La diseminación a larga distancia se favorece por el traslado de las plantas infectadas, el empleo de material de propagación enfermo y las herramientas de poda (Rodríguez Neto *et al.*, 1987; Romeiro *et al.*, 1994; Ferreira da Silva *et al.*, 2016). La temperatura óptima del desarrollo de la bacteria es a 33 °C pero puede desarrollarse bien desde 15°C a 36 °C (Coelho *et al.*, 2002).

Los cultivares con pulpa de color blanco muestran mayor tolerancia a la enfermedad, las hojas jóvenes son más susceptibles, por lo que la fertilización nitrogenada es un factor importante en la predisposición de la planta a la bacteria. Esto permite la presencia de brotaciones por períodos más largos, por consiguiente, la hacen más sensible a daños que beneficien la penetración del patógeno (Rodríguez Neto *et al.*, 1987; Ferreira da Silva *et al.*, 2016).

Manejo

Para realizar un manejo adecuado deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Utilizar plantas sanas.
- Tener especial cuidado con el regadío, evitando excesos de humedad.
- Realizar podas de saneamiento; los restos de poda deben ser eliminados del campo y quemados.
- Realizar las podas de educación en el momento más cálido del día cuando ya no exista agua libre sobre las plantas.
- Realizar pulverizaciones preventivas con cobre y en los campos afectados; estas deben hacerse cada 15 días.
- Usar cortinas rompevientos, pues auxilian en la reducción de los daños causados por los vientos.

6.3.2. BACTERIOSIS PROVOCADA POR *Xylella fastidiosa*

Distribución geográfica e importancia

Esta enfermedad fue descrita solamente en Costa Rica. La importancia de la enfermedad se restringe a la localidad donde ataca (Villalobos *et al.*, 2007).

Agente causal

Se ha identificado como agente causal de esta enfermedad a la bacteria *Xylella fastidiosa*, con análisis realizados por la técnica inmunoenzimática ELISA (Villalobos *et al.*, 2007).

Síntomas

Las hojas adquieren una coloración amarilla distribuida por todo el limbo foliar en forma de moteado y presenta puntos de color café (Figura 8).

Ciclo de vida y epidemiología

Esta bacteria se ha detectado en Costa Rica asociada a diferentes plantas que se usan en el sombreado del café. La transmisión ocurre a través de diferentes insectos llamados comúnmente chicharritas. En los análisis realizados a chicharritas pertenecientes a la Familia Cicadellidae Subfamilia Cicadellinae, Tribu Cicadellini (21 especies), Tribu Proconiini (6 sp.), se ha detectado a *Xylella fastidiosa*, por lo que se identifican como vectores transmisores de la enfermedad en los diferentes frutales en que se ha detectado la bacteria.

Manejo

Se recomienda el uso de plantas sanas, control químico de vectores y la erradicación de plantas enfermas.



Fig.8. Síntomas foliares asociados a *X. fastidiosa* infectando plantas de guayabo en Costa Rica. Fuente: Villalobos (2007).

6.4. FITOPLASMA EN EL CULTIVO DEL GUAYABO

Rao *et al.* (2020) informaron la presencia de *Candidatus Phytoplasma australasia* perteneciente al grupo 16SrII-D en guayabo en varias localidades de la India. La sintomatología descrita fue de disminución del crecimiento, hojas de pequeño tamaño, malformadas y con coloración amarilla y rojiza (Figura 9).



Fig.9. Árboles de guayabo en la India. A) sano, B) con síntomas de hojas de pequeño tamaño, malformadas y con coloración amarilla y rojiza. Fuente: Rao *et al.* (2020).

6.5. BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G.N. 2005. Plant Pathology. Fifth edition. Elsevier Academic Press. Burlington, Ma. USA: 921p.
- Alfonso-García, M. 2010. Guía Técnica del cultivo de la guayaba. Programa MAG-CENTA-Frutales. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdoba", El Salvador.
- Alvarez, L.A. 2015. The use of Fertimar[®], a seaweed based biostimulant, as an effective fungicidal control of *Lasiodiplodia theobromae* in avocado plants (*Persea americana*). VIII Congreso Mundial de la Palta. Plagas y enfermedades. Libro de Resúmenes
- Alves A, Crous PW, Correia A and Phillips AJL. 2008. Morphological and molecular data reveal cryptic speciation in *Lasiodiplodia theobromae*. *Fungal Diversity* 28:1–13.
- Amadi, J.E., Nwaokike, P., Olan, G.S. and Garuba, T. 2014. Isolation and identification of fungi involved in the post-harvest spoilage of guava (*Psidium guajava* L.) in Awka metropolis. *Int. J. Eng.* 4(10):7–12.
- Andrade-Hoyos, P., Silva-Rojas, H. V., and Romero-Arenas, O. 2020. Endophytic Trichoderma species isolated from *Persea americana* and *Cinnamomum verum* roots reduce symptoms caused by *Phytophthora cinnamomi* in avocado plants *Basel, Switzerland* 9(9), 1220.
- Ariosa, M.D. 1982. Una nueva enfermedad de la guayaba (*Psidium guajava* L.) en la provincia Sancti Spiritus. *Centro Agrícola* 9(2): 3–7.
- Barnett, H.L. and Hunter, B.B. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. Fourth Edition. Burgess Publishing Co. Minneapolis, Minn., USA: 218.
- Baskarathevan, J.; Taylor, R.K.; Ho, W.; McDougal, R.L.; Shivas, R.G. and Alexander, B.J.R. 2016. Real-time PCR assays for the detection of *Puccinia psidii*. *Plant Disease* 100(3): 617–624. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-15-0851-RE>.
- BioControl. 2018. T34 Biocontrol[®]–Biocontrol Technologies en Español. Consultado 25/ 3 2022. Disponible en: <https://biocontroltech.com/es/phytophthora/>

- Bora, K.C.; Scheinpflug, G.; García, C.; Figueredo, A. and Silveira, M. 2016. Climatic favorability for eucalyptus rust in Parana State, Brazil. *Summa Phytopathologica* 42(1): 24–42. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/201>.
- Braganca, C.A.; Damm, U.; Baroncelli, R.; Massola, N.S. and Crous, P.W. 2016. Species of the *Colletotrichum acutatum* complex associated with anthracnose diseases of fruit in Brazil. *Fungal biology* 120(4): 547–561. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2016.01.0>.
- Cannon, P.F.; Damm, U.; Johnston, P.R. and Weir, B.S. 2012. Colletotrichum – current status and future directions. *Studies in mycology* 73(1): 181–213. <https://doi.org/10.3114/sim0014>.
- Carabalí-Muñoz A., Murcia Riaño, N.; Ramos-Villafañe, Y.P.; Orozco, F.; Canacuan, D.E.; Jaramillo, A. and Marín, G. 2013. Manejo de enfermedades y plagas en el cultivo de guayaba (*Psidium guajava* L. (Myrtaceae) en el norte del Valle del Cauca. CORPOICA. Bogotá, Colombia: 15. ISBN 978-958-740-133-2.
- Carabalí-Muñoz, A.; Nasamuez, D.E.C.; Prado, M.M.; Deantonia-Florido, L.Y. and Suárez, J.C.L. 2021. Plagas y enfermedades de la guayaba (*Psidium guajava*) en Colombia-Mosquera, Colombia. AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.investigacion.7404579>.
- Carnegie, A.J.; Lidbetter, J.R.; Walker, J.; Horwood, M.A.; Tesoriero, L.; Glen, M. and Priest, M.J. 2010. *Uredo rangelii*, a taxon in the guava rust complex, newly recorded on Myrtaceae in Australia. *Australasian Plant Pathology* 39(5): 463–466. <https://doi.org/10.1071/AP10102>.
- Clark, S. 2011. Risk analysis of the Puccinia psidii/ Guava Rust fungal complex (including *Uredo rangelii*/Myrtle Rust) on nursery stock. Ministry of Agriculture and Forestry. <https://www.nzffa.org.nz/assets/452/puccinia-psidii-on-nursery-stock-ra.pdf>.
- Coelho, V. M.; Peron, A. and Marques, A. 2002. Seca dos ponteiros da goiabeira causada por *Erwinia psidii*: levantamento e caracterização Comunicado técnico 59. Embrapa. ISSN 0102-0099 Brasília, DF.
- Cooke, A. 1982. Guava. In: Persley, D. (ed.) Diseases of Fruit Crops. Department of Primary Industries, Queensland, p. 59.
- CORPOICA. 2011. Estudio del comportamiento de problemas sanitarios en especies vegetales en las zonas inundadas y adyacentes y desarrollo y transferencia de recomendaciones para su prevención y manejo. Informe técnico final de la acción cuatro, ola invernal fase I. 90 p.
- Correa, G.; Lavalett, L.L.; Galindo, M.P. and Afanador, L. 2007. Use of multivariate methods for grouping strains of *Colletotrichum* spp. based on cultural and morphological characters. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 60(1): 3671–3690.
- Coutinho, T.A.; Wingfield, M.J.; Alfenas, A.C. and Crous, P.W. 1998. Eucalyptus rust: a disease with the potential for serious international implications. *Plant disease* 82(7): 819–825.
- Dirección General de Sanidad Vegetal. 2016. Lista Oficial de Plaguicidas de la República de Cuba. Ministerio de Agricultura. 146 p.
- Farfán, P.D.; Insuasty, O. and Casierra, F. 2006. Distribución espacio temporal y daño ocasionado por *Pestalotia* spp. en frutos de guayaba. *Rev. Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 7(2): 89–98.
- Ferreira da Silva, C.; Hidemi, C.; Bassay, L.E.; Soares dos Anjos, A.B.; Marques, M. and Álvares da Silva, V. 2016. Molecular detection of *Erwinia psidii* in guava plants under greenhouse and field conditions. *Ciencia Rural* 46 (9): 1528–1534. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20151600>.
- García, L., Manzano-León, A.M. 2017. First report of anthracnose on cherimoya caused by *Colletotrichum tropicale* in Cuba. *J. Plant Pathology* 99 (3): 799–818.
- Giblin, F. 2013. Myrtle rust report: New Caledonia. Assessment of myrtle rust situation in New Caledonia. University of the Sunshine Coast, Maroochydore. https://davar.gouv.nc/sites/default/files/atoms/files/rapport_de_mission_de_fiona_giblin_universite_de_la_sunshine_coast_-_australie.pdf.
- Glen, M.; Alfenas, A.C.; Zauza, E.A.V.; Wingfield, M.J. and Mohammed, C. 2007. Puccinia psidii: a threat to the Australian environment and economy—a review. *Australasian Plant Pathology* 36(1): 1–16. <https://doi.org/10.1071/AP06088>.
- Gomes, V. M.; Souza, R. M.; Silveira, S. F.; Almeida A. M. 2013. Guava Decline: Guava decline: effect of root exudates from *Meloidogyne enterolobii*-parasitized plants on *Fusarium solani* in vitro and on growth and development of guava seedlings under controlled conditions. *European Journal of Plant Pathology*, 137(2): 393–401.
- González, G. E. 2002. Enfermedades y nematodos. In: Guayaba, su cultivo en México. González G., E. J. S.; Padilla, R. L.; Reyes, M. M. A.; Perales de la C. y Esquivel, V. F. (Eds.) Libro técnico núm. 1. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón. 112–127 pp.
- González, G.E., Silos-Espino, H., Perales-Segovia, C., Padilla-Ramírez, J.S., López-Muraira, I.G. y Acosta-Díaz, E. 2020. Control del clavo de la guayaba con extractos de plantas. *Rev. Mex. Cienc. Agríc* 11 (2):365–376. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i2.2071>.
- Grech, N.M. 1985. First report of guava rapid death syndrome caused by *Septofusidium* sp. in South Africa. *Plant Disease* 69, 726.
- Grech, N.M. 1986. Study visit on guava wilting disease in the Republic of China. CSFRI Report, Nelspruit.
- Gupta, V.K.; Misra, A.K.; Gaur, R.K.; Jain, P.K.; Gaur, D. and Sharma, S. 2010. Current status of *Fusarium* wilt disease of guava (*Psidium guajava* L.) in India. *Biotechnology* 9 (2): 176-195. <https://doi.org/10.3923/biotech.2010.176.195>.
- Gutiérrez, O. and Gutiérrez, J.G. 2003. Evaluación de resistencia a Benomil, Thiabendazol y Azoxystrobin para el control de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) en frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) en postcosecha. *Rev. Mexicana de Fitopatología* 21: 228–232.
- Gutiérrez, O.; Nieto, D.; Gutiérrez, J.G.; Delgadillo, F. and Domínguez, J.L. 2002. Características morfológicas, culturales y patogenicidad de aislamientos de *Colletotrichum* spp. obtenidos de frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología* 20(1): 24–30.
- Hamid, M., y Jalaluddin, M. 2006. Recurring incidence of sooty mould of mango in Karachi and its control. *International Journal of Biology and Biotechnology* 3(3): 561–565.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 2012. Manejo fitosanitario del cultivo de la guayaba (*Psidium guajava* L.): 27.
- Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT). 2011. Instructivo técnico para el cultivo de la guayaba. Biblioteca ACTAF. Ministerio de la Agricultura. La Habana. Cuba: 32p.
- Jaramillo, A.; Marín, G. and Murcia, N. 2013. Diagnóstico y seguimiento epidemiológico a cultivos de guayaba (*Psidium guajava* L.) en zonas afectadas por la ola invernal en cuatro municipios del Valle del Cauca. En Memorias del XXI Congreso de Fitopatología. Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines (Ascolfi).
- Keith L.M. and Zee, F.T. 2010. Guava diseases in Hawaii and the characterization of *Pestalotiopsis* spp. affecting guava. *Acta Hort.*: 849.
- Keith, L.M., Velasquez, M.E., and Zee, F.T. 2006. Identification and characterization of *Pestalotiopsis* spp. causing Scab disease of guava (*Psidium guajava*) in Hawaii. – *Plant Disease* 90 (1) DOI: 10.1094/PD-90-0016.
- Ko, W.H.; Kinimoto, R.K. and Nishijima, W.T. 1982. Fruit rot of guava caused by *Phytophthora citricola*. *Plant Disease* 66: 854–855.
- LABIOFAM S.A. 2013. Oferta de Productos. Tomado de <https://www.procupa.cu>
- Lim, T.K. and Chin, C.L. 1987. Foliar blight of guava seedlings caused by *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae*. *Fitopatologia Brasileira* 12: 251–254.
- Lim, T. K. and Manicom, B.Q. 2003. Diseases of Guava. En Ploetz, R.C. (ed.) "Diseases of tropical fruit crops". Chapter 12. Editado por CABI Publishing, Florida, USA: 275–289.

- Lozano, J.C.; Toro, J.C.; García, R. y Tafur, R. 2002. Manual sobre el cultivo del guayabo en Colombia. Editorial, Lavalle Ltda.: 157–164.
- Machado, M.; Collazo, C.; Peña, M.; Coto, O. and López, M.O. 2013. First report of root rot caused by *Phytophthora nicotianae* in avocado trees (*Persea americana* Mill.) in Cuba. *New Disease Reports* 28: 9. <https://doi.org/10.5197/j2044-0588.2013.028.009>.
- Machado, P.D.; Glen, M.; Pereira, O.L.; Silva, A.A. and Alfenas, A.C. 2015. Epitypification of *Puccinia psidii*, causal agent of guava rust. *Tropical Plant Pathology* 40(1): 5–12. <https://doi.org/10.1007/s40858-014-0002-8>.
- Maharachchikumbura, S.S.N., Liang–Dong Guo, Chukeatirote, E., Bahkali, A.H., Hyde, K.D. 2011. *Pestalotiopsis*–morphology, phylogeny, biochemistry and diversity. *Fungal Diversity* 50:167–187 DOI 10.1007/s13225-011-0125-x.
- Manzano–León, A.M., Serra–Hernández, W., García, L., Crespo, K., Guarnaccia, V. 2018. First report of leaf anthracnose caused by *Colletotrichum grossum* on mango (*Mangifera indica*) in Cuba. *J. Plant Pathology* 100 <https://doi.org/10.1007/s42161-018-0040-z>.
- Marin–Felix, Y.; Groenewald, J.Z.; Cai, L.; Chen, Q.; Marincowitz, S.; Barnes, I.; Bensch, K.; Braun, U.; Camporesi, E.; Damm, U.; de Beer, Z.W.; Dissanayake, A.; Edwards, J.; Giraldo, A.; Hernández–Restrepo, M.; Hyde, K.D.; Jayawardena, R.S.; Lombard, L.; Luangsaard, J.; McTaggart, A.R.; Rossman, A.Y.; Sandoval–Denis, M.; Shen, M.; Shivas, R.G.; Tan, Y.; van der Linde, E.J.; Wingfield, M.J.; Wood, A.R.; Zhang, Y. and Crous, P.W. 2017. Genera of phytopathogenic fungi: GOPHY 1. *Studies in Mycology* 86: 99–216. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2017.04.002>
- Marques, A.S.A.; Coelho, M.V.S.; Damasceno, J.P.S.; Mendes, A.P. and Vieira, T.M. 2007. Seca dos ponteiros da goiabeira causada por *Erwinia psidii*: níveis de incidência e aspectos epidemiológicos. *Revista Brasileira de Fruticultura* 29(3): 488–493. Tomado de : <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v29n3/a16v29n3.pdf>>. Recuperado: Nov. 5, 2014. doi 10.1590/S0100-29452007000300016.
- Martínez, E.P.; Hio, J.C.; Osorio, J.A. and Torres, M.F. 2009. Identification of *Colletotrichum* species causing anthracnose on Tahiti lime, tree tomato and mango. *Agronomía Colombiana* 27(2): 211–218.
- Martins, M.; Silveira, S. and Maffia, L.A. 2014. Guava fruit loss caused by rust. *Summa Phytopathologica* 40(2): 107–113. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/1904>.
- Martins, M.; Silveira, S.; Maffia, L.; Rocabado, J. and Mussi–Dias, V. 2011. Chemical control of guava rust (*Puccinia psidii*) in the Northern Region of Rio de Janeiro State, Brazil. *Australasian Plant Pathology* 40(1): 48–54. <https://doi.org/10.1007/s13313-010-0012-z>
- Mathur, S.; Bhatnagar, M.K. and Mathur, K. 1992. Occurrence and epidemiology of fruit rot of guava caused by *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*. *Indian Phytopathology* 45: 217–220.
- Misra, A.K. 2001. Diseases of guava and their management. En *Diseases of Fruits and Vegetables and their Management* Chapter 7. Ed. T. S. Thind. : 128–138
- Pandey, R.R., Arora, D.K. and Dubey, R.C. 1997. Effect of environmental conditions and inoculum density on infection of guava fruits by *Colletotrichum gloeosporioides*. *Mycopathologia* 137: 165–172.
- Pandey, R.R. and Dwivedi, R.S. 1985. *Fusarium oxysporum* f.sp. *psidii* as a pathogen causing wilt of guava in Varanasi district, India. *Phytopathologische Zeitschrift* 114, 243–248.
- Pegg, G.S.; Giblin, F.R.; McTaggart, A.R.; Guymer, G.P.; Taylor, H.; Ireland, K.B.; Shivas, R.G. and Perry, S. 2014. *Puccinia psidii* in Queensland, Australia: disease symptoms, distribution and impact. *Plant Pathology* 63(5): 1005–1021. <https://doi.org/10.1111/ppa.12173>
- Ploetz RC. 2003. *Diseases of Tropical Fruit Crops*. CABI Publishing. Wallingford, UK.
- Prasad, G. and Mehrotra, R.S. 1985. Persistence of *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* in artificially infested soil at different inoculum levels in dead host tissues. *Indian Journal of Mycology and Plant Pathology* 15: 279–282.
- Ramírez–Gil, J.G.; Castañeda–Sánchez, D.A. y Morales–Osorio, J.G. 2020. Alternativas microbiológicas para el manejo de *Phytophthora cinnamomi* Rands., en *Persea americana* Mill. bajo condiciones de casa–malla. *Cultivos Tropicales*, 35 (4):19–27. ISSN 1819–4087
- Ramos–Leal, M., Cabrera, R.I. and Crespo–Zulueta, K.L. 2017. *Lasiodiplodia theobromae*. Predominant presence in fruit species as phytopathogenic fungi. *Memorias V Simposio Internacional de Fruticultura Tropical y Subtropical (Fruticultura 2017)*.
- Rao, G.P.; Rao, A.; Kumar, M.; Ranebennur, H.; Miltra, S. and Singh, A.K. 2020. Identification of phytoplasma in six fruit crops in India. *Eur. J. Plant Pathol.* 156:1197–1206. <https://doi.org/10.1007/s10658-020-01949-3>.
- Rebolledo–Martínez, A.; del Angel–Pérez, A.L.; Peralta–Antonio, N. and Díaz–Padilla, G. 2013. Sooty mold control (*Capnodium mangiferae* Cooke and Brown) with biofungicides in leaves and fruits of mango "Manila". *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 16: 355–362.
- Rodríguez Neto, J.; Robbs, C.F. y Yamashiro, T.A. 1987. Bacterial disease of guava (*Psidium guajava*) caused by *Erwinia psidii* sp. Nov. *Fitopatologia Brasileira* 12: 345–350.
- Romeiro, R.S.; Oliveira, J.R.; Pomella, A.W.V.; Barbosa, J.G. and Couto, F.A.A. 1994. Situação e perspectivas de controle da morte das pontas da goiabeira (*Erwinia psidii*) em Minas Gerais, Brasil. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília 19: 309. Suplemento.
- Ruiz, R.A.R.; Alfenas, A.C. and Ferreira, F.A. 1989. Influencia da temperatura, luz e origen do inoculo sobre a producao de uredosporos e teliosporos de *Puccinia psidii*. *Fitopatologia Brasileira* 14(2): 70–73.
- Schoeman, M.H., Benade, E. and Wingfield, M.J. 1997. The symptoms and cause of guava wilt in South Africa. *Journal of Phytopathology*, 145, 37–41.
- Schoeman, M.H., Botha, F.A. and Manicom, B.Q. 2012. Guava wilt disease. The South African perspective. *Acta Horticulturae* 959:67–72
- Silva, C.F.; Torres, P.; Oliveira, N.P.; Marques, A.S. and Ferreira, M.A. 2015. PCR–based methods for detection of *Erwinia psidii* on guava. *Tropical Plant Pathology*. 40: 251–259.
- Simpson, J.A.; Thomas, K. and Grgurinovic, C.A. 2006. Uredinales species pathogenic on species of Myrtaceae. *Australasian Plant Pathology* 35(5): 549–562. <https://doi.org/10.1071/AP06057>.
- Singh, K.B.; Prasad, G.; Bhargava, K.S. y Mehrotra, R.S. 1978. Studies on the occurrence of fruit rot of guava due to *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*. *Indian Phytopathology* 31: 263.
- Slippers B, Crous PW, Denman S, Coutinho TA, Wingfield BD and Wingfield MJ. 2004. Combined multiple gene genealogies and phenotypic characters differentiate several species previously identified as *Botryosphaeria dothidea*. *Mycologia* 96:83–101.
- Soares–Colletti, A.R. y Lourenco, S. 2014. Effect of temperature, wetness duration and cultivar on the development of anthracnose in guava fruits. *Summa Phytopathologica* 40(4): 307–312. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/1988>.
- Solarte, A. F.; Muñoz, C.G.; Maharachchikumbura, S.S. and Álvarez, E. 2018. Diversity of *Neopestalotiopsis* and *Pestalotiopsis* spp., Causal Agents of Guava Scab in Colombia. *Plant Disease* 102(1): 49–5959. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-17-0068-RE>.
- Solarte, A. F. 2014. Caracterización morfológica, molecular y patogénica de *Pestalotiopsis* sp. agente causante de la enfermedad del clavo en la guayaba (*Psidium guajava*) y evaluación in vitro de biofungicidas. [Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia.
- Suárez, H.Z.; Rosales, L.C.; Rondón, A. y González. M.S. 1998. Histopatología de raíces de *Psidium guajava* L. atacadas por el nematodo *Meloidogyne incognita* raza 1 y los hongos *Macrophomina phaseolina* y *Fusarium oxysporum*. *Fitopatología Venezolana* 11: 44–47.
- Sumida, C.H., Fantin, L., Braga, K., Canteri, M., and Homechin, M. 2020. Control of root rot (*Phytophthora cinnamomi*) in avocado (*Persea americana*) with bioagents. *Summa Phytopathologica*. 46. 205–211. 10.1590/0100-5405/192195.

- Tamayo, M.P.J. 2007. Enfermedades del aguacate. Politecnia 4:51–70.
- Uchida J. Y. and Loope L. L. 2009. A Recurrent Epiphytotic of Guava Rust on Rose Apple, *Syzygium jambos*, in Hawaii. *The American Phytopathological Society (APS)*. 93(4). <https://doi.org/10.1094/PDIS-93-4-0429B>.
- Urdaneta, L.; Araujo, D.; Quiros, M.; Rodriguez, D.; Colmenares, C.; Poleo, N.; Petit, Y. y Dorado, I. 2009. Micobiota endófito asociada a estadios preflorales del guayabo (*Psidium guajava* L.) y al ácaro plano (*Brevipalpus phoenicis*) (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae). *Revista Científica UDO Agrícola* 9(1): 166–174.
- Van Eeden, M., L. Korsten. 2013. Factors determining use of biological disease control measures by the avocado industry in South Africa, *Crop Protection* 51:7–13, ISSN 0261–2194, <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.03.011>.
- Villalobo, W., Jimenez, U., Moreira, L., Montero, M., Coto, T., Sandoval, I., Garita, L. y Chacón, C. 2007. Situación actual de las enfermedades causadas por bacterias limitadas al sistema vascular en Costa Rica. Memorias del II Simposio Internacional de Fruticultura Tropical y Subtropical "FRUTICULTURA 2007". La Habana Cuba.





CAPÍTULO 7

COSECHA

Tania Mulkey Vitón
Adrián Paumier Jiménez

7.1. INTRODUCCIÓN

La cosecha como tecnología general, está constituida por un conjunto de operaciones, algunas de gran complejidad y todas vinculadas entre sí. Entre las etapas que integran la cosecha se encuentran el ordenamiento, estrategia y organización, recolección de las frutas y transportación (campo-centro de beneficio).

Como factor individual, la cosecha se ubica entre las etapas con mayor influencia en el resultado final de la comercialización de las frutas. A partir de ese momento las frutas son sometidas a un fuerte estrés, que se inicia con la recolección y abarca todas las etapas posteriores. En la ejecución de esta actividad, los factores relacionados con la calidad de las frutas, es decir los índices que determinan la madurez, juegan un papel importante para que se cosechen debidamente y con el mínimo de pérdidas.

A continuación, se relacionan aspectos fundamentales y de interés para los productores acerca de la cosecha de la guayaba.

7.2. IMPORTANCIA DEL MOMENTO DE INICIO DE LA ACTIVIDAD DE COSECHA

La definición del momento óptimo para el inicio de la cosecha de las frutas es esencial para que maduren adecuadamente, con calidad y con el mínimo de pérdidas. Las pérdidas de calidad en las frutas pueden producirse debido a la presencia de defectos como malformaciones, quemaduras de sol, daños mecánicos (heridas, cicatrices, rasguños, golpes), daños por insectos-plagas y pudriciones, oscurecimiento del mesocarpio o la pulpa. La cosecha debe iniciarse cuando las frutas cumplan con los parámetros de madurez requeridos.

De acuerdo con Gergoff (2016) la madurez de las frutas se puede considerar de tres formas.

Madurez fisiológica: corresponde al estado en el cual la fruta ha alcanzado su completo y apropiado proceso de maduración. La fruta adquiere la madurez fisiológica unida a la planta que le dio origen, por lo que no se recomienda su cosecha antes de que haya alcanzado este estado.

Madurez organoléptica o de consumo: corresponde a aquella en la que se han alcanzado todos los atributos que una fruta necesita en color, textura, aroma y sabor deseables para el consumidor.

Madurez comercial o de cosecha: se sitúa entre los dos estados mencionados anteriormente, cuando la fruta alcanza la madurez fisiológica y tiene los atributos para su consumo o para adquirirlos en una evolución posterior.

En general, si la fruta no se cosecha en el momento óptimo, la calidad se afecta y la vida de anaquel se acorta (Wu *et al.*, 2011). Mientras más tierna se coseche la fruta de guayaba, más sensible será a las bajas temperaturas y se puede deshidratar más rápidamente durante la poscosecha. Una recolección tardía reduce la vida poscosecha, la fruta tiene una menor firmeza y es más susceptible al ataque de microorganismos, así como a los daños mecánicos, lo cual reduce su valor en el mercado (Bialves *et al.*, 2012; Kader, 2013).

7.3. CRITERIOS PARA LA DEFINICIÓN DEL MOMENTO DE COSECHA

Para definir el momento óptimo de inicio de la cosecha de las guayabas se pueden tomar en cuenta varios criterios, entre ellos la edad, el tamaño, la forma, la gravedad específica, el cambio del color del exocarpio o corteza, la firmeza del mesocarpio o pulpa externa, el contenido de los sólidos solubles totales (SST), la acidez titulable (AT) y el índice de madurez (IM).

Edad de las frutas

La edad de las frutas se define como el período entre la plena floración y la madurez comercial, es decir, el tiempo que tarda una fruta desde que el 75 % de las flores de una planta se abren hasta el inicio de la cosecha. Este es un índice estimativo que depende de las condiciones climáticas de la localidad y su influencia sobre el cultivar (es decir, la maduración depende de la suma de unidades de calor o grados días hasta el momento de maduración) (Gergoff, 2016).

En regiones de clima tropical, el guayabo produce todo el año y la cosecha puede comenzar entre los 120 días a 180 días después de la floración. Así, en sitios con clima cálido y semi-cálido el ciclo es más corto, comparado con sitios donde el clima es más templado. Esta característica depende del cultivar, la época del año, las condiciones agroecológicas y del cultivo. (Solarte *et al.*, 2010; Padilla-Ramírez *et al.*, 2012; Pérez-Barraza *et al.*, 2015). En estudios realizados en México, el cultivar 'Media China' en la temporada primavera-verano requiere de 130 días desde la floración hasta la cosecha y en otoño-invierno las frutas necesitan 190 días para alcanzar la madurez (Mercado-Silva *et al.*, 1998). En la India, el cultivar 'L- 49' precisa de 105 días a 135 días (Dube y Singh, 2019) y los cultivares 'Lalit' de 112 días y 'Shweta' de 122 días (Killadi *et al.*, 2018). En Cuba, las frutas alcanzan su madurez de cosecha entre los 150 días a 180 días, con dos picos de cosecha entre los meses de marzo-abril y agosto-octubre (IIFT, 2011).

Gravedad específica

La gravedad específica es otro indicador de madurez, el cual disminuye a valores menores de uno en frutas maduras, aunque este no se considera por sí solo un buen indicador, ya que depende de la época del año en que se coseche la fruta (Mercado-Silva *et al.*, 1998). Dube y Singh (2019) en el cultivar 'L-49' determinaron la disminución de este parámetro de 1,14 % a 0,93 % a los 15 días y 150 días respectivamente, después del cuaje de las frutas; además refieren que este comportamiento puede deberse al incremento del endocarpio o pulpa interna o aumento de los espacios intercelulares, y manifiestan su relación con el índice de madurez y la apariencia de la fruta.

Masa y tamaño de las frutas

La masa y el tamaño de las frutas son dos variables que no son confiables como indicadores del momento de inicio de cosecha, ya que en una misma plantación se pueden tener diferentes momentos de floración (Cajuste *et al.*, 2001; Dorantes *et al.*, 2004), pero se utilizan como criterio para la comercialización. Según la norma del *Codex Alimentarius* 215 y las Norma Cubana NC 340 el calibre de las guayabas se establece por su peso en gramos o el diámetro máximo de la sección ecuatorial de la fruta en milímetros. El calibre se referencia con números del 1 al 9, donde 1: masa > 450 g y diámetro > 100 mm, 2: masa 351 g-450 g y diámetro 96 mm-100 mm, 3: masa 251 g-350 g y diámetro 86 mm-95 mm, 4: masa 201 g-250 g y diámetro 76 mm-85 mm, 5: masa 151 g-200 g y diámetro 66 mm - 75 mm, 6: masa 101 g-150 g y diámetro 54 mm-65 mm, 7: masa 61g-100 g y diámetro 45 mm-53 mm, 8: masa 35 g-60 g y diámetro 30 mm-42 mm, 9: masa < 35 g y diámetro < 30 mm. En frutas 'Enana Roja Cubana' o 'EEA' 18-40' por su masa fresca (161,4 g) y diámetro ecuatorial (58,82 mm) clasifican en el código de calibres 5 y 6 respectivamente (Mulkay, 2019).

Color del exocarpio

El color del exocarpio en las frutas es un atributo de calidad que influye en las preferencias del consumidor e induce la expectativa de sabor, gusto y palatabilidad, siendo al mismo tiempo una variable utilizada como indicador de estado de madurez y/o deterioro de su calidad (Castro *et al.*, 2013; Wadhwa y Capaldi-Phillips, 2014). Para reducir la subjetividad de los especialistas en la evaluación de este indicador, se sugiere utilizar instrumentos como colorímetros (Figura 1), procesamiento digital de imágenes y otras técnicas para construir escalas de colores durante su aplicación en cultivos e industrias (CIE, 2004).

El cambio del color del exocarpio de verde-oscuro a verde-claro es el índice de madurez más comúnmente utilizado para guayabas. La evaluación del color con el uso del colorímetro es un método no destructivo y ofrece las variables del color Luminosidad (L), a* (- a* verde, + a* rojo), b* (- b* azul, + b* amarillo) y el tono (H, ángulo hue), las cuales pueden ser monitoreadas durante el proceso de maduración de las frutas y su almacenamiento (Azzoline *et al.*, 2004a). La ecuación que



Fig.1. Colorímetro para la medición del color del exocarpio y mesocarpio en las frutas. Fotos tomadas por los autores..

representa el índice de color (IC*), busca la variación más relevante entre los diferentes valores (L*, a*, b*), con el fin de encontrar una óptima representación del color en la fruta, (Bonilla-González y Prieto-Ortíz, 2016) donde:

$$IC^* = a^* \times 1000 / L \times b^*$$

Mercado-Silva *et al.* (1998) establecieron para L, a* y el ángulo hue valores de 65 ± 3 , -15 ± 2 y 110 ± 2 en guayabas 'Media China' y 'Pedro Sato' respectivamente. En 'Enana Roja Cubana' son para L de 48,44, a* de -13,13 y b* de 29,89 en el momento de la recolección (Rodríguez, 2020) y para 'EEA -1-23' el rango de IC* es $-12,34 \leq IC^* \leq -7$, $-7 < IC^* \leq -1$ y $-1 < IC^* \leq 1,9$ para frutas en estado de maduración verde (color verde del exocarpio), pintona (color verde a amarillo del exocarpio) y madura (predomina el color amarillo e incipiente color verde del exocarpio) respectivamente (Machado-Molina *et al.*, 2019).

En la Figura 2 se muestra el color del exocarpio y mesocarpio del cultivar 'Enana Roja Cubana' y de tres híbridos de guayabas 'H-135', 'H-233' y 'H-347' en el momento de la cosecha, recolectados en la Unidad Científico Tecnológica de Base de Alquizar, perteneciente al Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical.



Fig.2. Color del exocarpio y mesocarpio de 'Enana Roja Cubana' y tres híbridos de guayabo en el momento de la recolección. Fotos tomadas por los autores.

Firmeza del mesocarpio

La definición del mínimo de firmeza del mesocarpio de las guayabas para la comercialización en fresco está relacionada con el cultivar. Este indicador debe determinarse con el empleo de un penetrómetro de vástago de 7,94 mm de diámetro (Figura 3 A). Se elimina el exocarpio de la fruta por ambos lados (en la zona ecuatorial) con ayuda de una cuchilla. Posteriormente se coloca sobre una superficie dura y la fuerza con el equipo debe hacerse a una velocidad constante (la acción debe durar 2 segundos) (Figura 3 B).

Las investigaciones realizadas por Killadi *et al.* (2018) demuestran que la firmeza de las frutas 'Shweta' y 'Lalit' varía significativamente ($p \leq 0,05$) durante su crecimiento y desarrollo desde los 62 días a 132 días después del cuaje. En el cultivar 'Shweta' es de 12,13 kg/cm² y en 'Lalit' de 11,93 kg/cm² a los 96 días y de 11,53 kg/cm² y 11,77 kg/cm² a los 112 días respectivamente, coincidiendo con el rompimiento del estado del color verde a los 112 días. La firmeza decrece a 6,77 kg/cm² en 'Shweta' y 6,60 kg/cm² en 'Lalit' a los 132 días respectivamente, indicando el avance de la maduración de las frutas. En ambos cultivares, las frutas inmaduras son más firmes y de color verde oscuro; las maduras tienen un rompimiento del color verde oscuro a verde claro y son moderadamente firmes desde los 102 días a 112 días. Las frutas de 'Enana Roja Cubana' recolectadas en los estados de madurez II (color verde del exocarpio) y III (color verde con amarillo del exocarpio) tienen una firmeza de 8,66 kgf y 4,86 kgf respectivamente (Suárez, 2016).

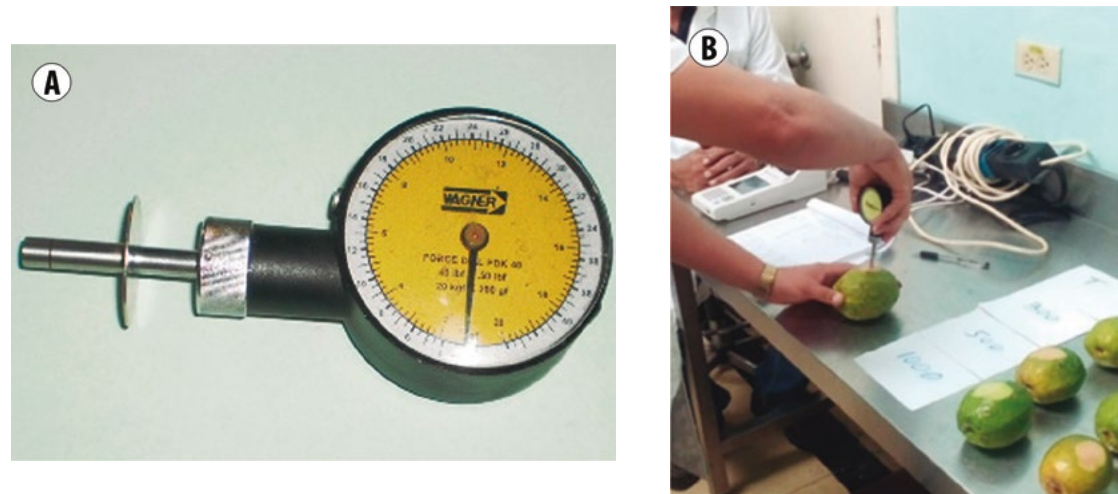


Fig.3. Penetrómetro para la medición de la firmeza del mesocarpio de las guayabas (A) y la forma para su determinación (B). Fotos tomadas por los autores.

Según Padilla (2002), las guayabas se pueden clasificar en cinco estados de madurez a partir del color del exocarpio, la gravedad específica y la firmeza del mesocarpio:

Estado I. Completamente verde: el color del exocarpio es un verde intenso. En esta etapa, la fruta está en proceso de terminar con el crecimiento y alcanza su máximo tamaño, por lo general la gravedad específica es mayor de uno y tiene mayor firmeza.

Estado II. Verde claro: el color verde se vuelve menos intenso de manera general en todo el exocarpio, el cual está en madurez fisiológica; la gravedad específica disminuye y la firmeza es mayor.

Estado III. Verde con amarillo: el color amarillo empieza a notarse en parte del exocarpio, pero no rebasa el 50 % de su superficie. La firmeza disminuye ligeramente, en comparación a las dos etapas anteriores. La fruta está en proceso de alcanzar las características de color, sabor, textura y el aroma, típicas de la guayaba.

Estado IV. Amarillo con verde: el color amarillo empieza a dominar y se observa en más del 50 % de la superficie. Continúa el proceso de disminución de la firmeza.

Estado V. Completamente amarillo: El color de la fruta es de un amarillo brillante, la firmeza es menor que en todas las etapas anteriores. La fruta expresa las características típicas de la especie.

Azzolini *et al.* (2004 a) establecieron para frutas del cultivar 'Pedro Sato' tres estados de madurez de acuerdo con el color del exocarpio: estado I. Verde oscura, estado II. Verde claro y estado III. Amarillo-verde. Machado-Molina *et al.* (2019) constituyeron cinco estados de madurez para la guayaba 'EEA-1-23': I. Verde, II. Píntona, III. Madura, IV. Sobremadura y V. Maduración industrial, con promedio de IC* de -9,13, -4,2, 0,92, 3,31 y 5,39, y con rangos de IC* de -12,34 a -7, -7 a -1, -1 a 1,9, 1,9 a 4 y 4 a 6,10 y la descripción del color del exocarpio de verde, verde-amarillo, amarillo con tonalidades verdes, amarillo pálido con tonalidades naranja y amarillo con tonalidades pardas, respectivamente.

Sólidos Solubles Totales (SST)

Otro indicador de cosecha son los SST que se comprueban con un refractómetro, el cual puede ser digital o analógico (Figura 4 A y B). Para determinar este indicador se debe cortar un lado completo de la fruta y exprimirla para coleccionar o poner una gota del jugo sobre el equipo y luego se observa en la escala graduada en grados Brix (1 ° Brix equivale a 1 gramo de sólido soluble por cada 100 gramos de solución). El mejor método para esta fruta es hacer jugo con toda la pulpa de la fruta, usando un exprimidor o triturador y luego medir el contenido de SST.

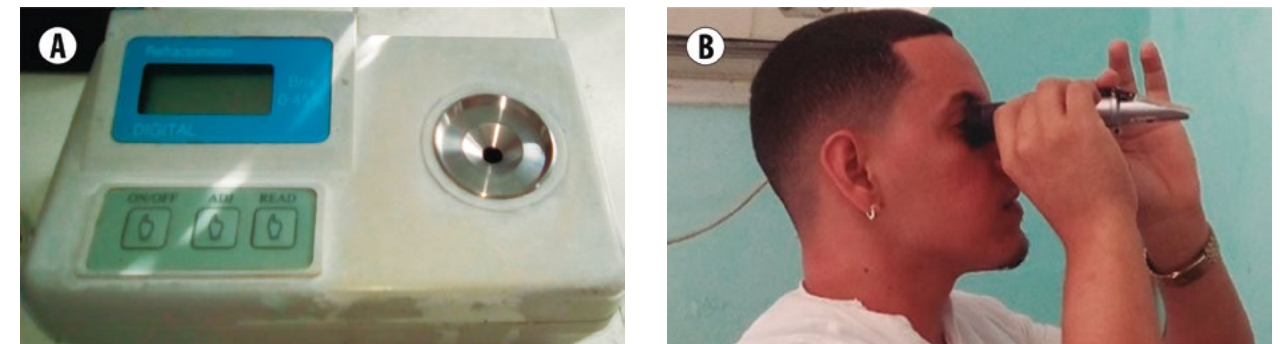


Fig.4. Refractómetro digital (A) y analógico (B) para la medición de los sólidos solubles totales de las frutas. Fotos tomadas por los autores.

La definición de los SST está relacionada con el cultivar. González (2010) catalogó a las frutas de guayabas de los cultivares 'Regional Roja', 'Regional Blanca' y 'Palmira ICA-1' en inmaduras (**estado I**, 100 % verde) con SST de 7,9 °Brix, 8,5 °Brix y 8,9 °Brix; pintonas (**estado II**, 50 % amarilla) de 8,7 °Brix, 9,1 °Brix y 9,7 °Brix y maduras (**estado III**, 100 % amarilla) de 10,5 °Brix, 9,9 °Brix y 9,8 °Brix respectivamente. En frutas 'Enana Roja Cubana' recolectadas en los estados de madurez II (color verde del exocarpio) y III (color verde con amarillo del exocarpio) tienen SST de 7,36 °Brix y 9 °Brix respectivamente (Suárez, 2016).

Acidez titulable

La determinación de la acidez se realiza por el método volumétrico de valoración con hidróxido de sodio a 0,1 N según refiere AOAC (1998) (Association of Official Analytical Chemists). González (2010) clasificó a las guayabas de los cultivares 'Regional Roja', 'Regional Blanca' y 'Palmira ICA-1' en inmaduras (**estado I**, 100 % verde), pintonas (**estado II**, 50 % amarilla) y maduras (**estado III**, 100 % amarilla) con acidez de 0,82 %, 0,74 % y 0,74 %, de 0,90 %, 0,73 % y 0,70 % y de 0,71 %, 0,62 % y 0,61 % respectivamente. Las frutas de 'Enana Roja Cubana' recolectadas en los estados de madurez II (color verde del exocarpio) y III (color verde con amarillo del exocarpio) tienen acidez de 0,45 % y 0,42 % respectivamente (Suárez, 2016).

Índice de madurez

La relación entre los SST y la acidez constituye el índice de madurez, que es un buen indicador del estado de madurez de las guayabas (Azzolini *et al.*, 2004 b; Mitra *et al.*, 2012). En dependencia del cultivar se han informado valores de índice de madurez en el rango 8 – 18 (Pereira *et al.*, 2012, Gutiérrez *et al.*, 2012) y en otros casos valores superiores a 30 (Rodríguez *et al.*, 2010). Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 911, los requisitos químicos de las guayabas en estado de madurez

fisiológica y de pulpa blanca son valores máximos de acidez < 0,40 %, SST < 10 °Brix e índice de madurez < 20 y las de pulpa rosada acidez < 0,40 %, SST < 8 °Brix e índice de madurez < 13. En estado de madurez comercial, las frutas de pulpa blanca deben tener una acidez mínima 0,40 % y máxima 0,50 %, SST mínimo 10 °Brix e índice de madurez 20 y las de pulpa rosada de acidez mínima 0,40 % y máxima 0,60 %, SST de 10 °Brix e índice de madurez 13.

No existe actualmente una Norma Cubana para la determinación del momento de inicio de cosecha de las guayabas. En Cuba se recomiendan como índices de cosecha para consumo fresco cuando recién comienza a cambiar el color del exocarpio (verde amarillo), las semillas estén bien formadas y el color del mesocarpio esté cambiando a rosado (IIFT, 2011). En investigaciones realizadas en guayabas 'Enana Roja Cubana' recolectadas en las localidades de Ceiba del Agua y Jagüey Grande, provincias de Artemisa y Matanzas respectivamente, y los híbridos 'H-135', 'H-233', 'H-347' y 'H-39' cosechados en la localidad de Alquizar, provincia de Artemisa, se evaluaron los indicadores de madurez como la firmeza, los SST, la acidez y el índice de madurez (Mulkay, 2019). En la Tabla 1 se muestran los valores de cada uno de estos en el momento de cosecha.

Para la determinación de estos indicadores en la plantación a cosechar, se deben tomar muestras al azar (20 a 30 frutas), de cinco plantas como mínimo. Las frutas se recolectan en los cuatro puntos cardinales y a una altura similar a la de un hombre (1 m a 1,50 m) (Gergoff, 2016).

Tabla 1. Indicadores de madurez de frutas de cinco cultivares de guayaba en el momento de la cosecha en diferentes localidades en Cuba (Fuente: Mulkay, 2019).

CULTIVAR	LOCALIDAD	INDICADORES			
		FIRMEZA DEL MESOCARPIO (kgf)	SST (°Brix)	ACIDEZ (%)	ÍNDICE DE MADUREZ
'Enana Roja Cubana'	Ceiba del Agua	7,16	7,96	0,71	11,21
'Enana Roja Cubana'	Jagüey Grande	8,66	7,36	0,41	17,95
'H-135'	Alquizar	7,52	10,16	0,92	11,04
'H-233'	Alquizar	5,7	9,8	0,84	11,6
'H-347'	Alquizar	6,88	9,0	1,05	8,57
'H-39'	Alquizar	7,82	9,0	1,01	8,91

La definición de los indicadores de madurez de las frutas y su análisis integral, en complemento a las diferencias entre los cultivares, las regiones de producción, las condiciones climáticas y las prácticas agronómicas, constituyen una herramienta fundamental para los productores, ya que garantizan una mayor vida de anaquel y calidad de las frutas para su comercialización en el mercado interno y de frontera, además de minimizar las pérdidas poscosecha.

7.4. ACTIVIDAD DE COSECHA Y MEDIOS PARA SU REALIZACIÓN

La recolección de las guayabas debe realizarse en las primeras horas de la mañana, cuando las temperaturas aún no son tan elevadas ni la radiación solar tan fuerte. Se efectúa de forma manual. Se pueden utilizar recolectores (baldes, tanquetas, jologos de tela, canastillas forradas con espuma), posteriormente las frutas se depositan en contenedores o cajas plásticas lavadas y desinfectadas, procesos de higiene que deben ejecutarse periódicamente con los mismos, de acuerdo con lo que establecen las Buenas Prácticas Agrícolas (Brendis-Natera *et al.*, 2016; Pinzón, 2016). Después de la cosecha se trasladan al establecimiento donde se acondicionan y empacan lo antes posible, preferiblemente en

horas de la mañana o al final de la tarde, con el fin de evitar las altas temperaturas que aceleran sus procesos fisiológicos. De no lograrse, las frutas deben mantenerse en un lugar ventilado y a la sombra.

7.5. PRINCIPALES DAÑOS EN EL EXOCARPIO DE LAS FRUTAS EN EL MOMENTO DE LA COSECHA

Durante la actividad de cosecha se recolectan frutas con lesiones en el exocarpio que invalidan la calidad comercial hacia los distintos mercados y causan elevadas pérdidas poscosecha.

En plantaciones de guayabo 'Enana Roja Cubana' de tres años en asocio con mango (*Mangifera indica* L.) en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) "30 de Noviembre" de la Empresa Cítricos Ceiba, en la provincia de Artemisa, después de recolectadas las frutas y a su llegada a la Unidad Empresarial de Base de Beneficio se observó que los principales daños que afectan su calidad externa son mecánicos (golpes, heridas y rasguños), acanaladuras de forma estrellada en la zona peduncular y daños por plagas (coccidos, moscas de las frutas, trips y ácaros). Además de otros defectos como frutas deformes, inmaduras y sobremaduras (Paumier *et al.*, 2018).

Daños mecánicos

Los daños mecánicos que pueden sufrir las frutas se clasifican de tres formas: por fricción, por impacto o por compresión. La fricción resulta del movimiento de las frutas contra objetos adyacentes, dando lugar a una abrasión superficial. El impacto se refiere al choque entre frutas o contra las paredes o piso del contenedor de las frutas, sobre todo cuando no hay restricción de movimiento vertical. La compresión se presenta debido a la presión que ejercen frutas u objetos en capas superiores, principalmente cuando son transportadas a granel. Estos tipos de daños pueden generarse durante la transportación por carreteras, ya sea de forma individual o combinada. En la generación del daño, tiene influencia el tipo de empaque, el tipo de vehículo, las acciones de conducción y el estado superficial de las carreteras, que son la fuente de la vibración que sufren las frutas (Yam Tzec *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2015).

Entre los daños mecánicos que afectan el exocarpio de las guayabas se encuentran las heridas, que se manifiestan como acanaladuras profundas (Figura 5 A) provocadas por el sobrellenado de las cajas en el momento de realizar la recolección; los golpes ocasionados por la incorrecta manipulación durante la cosecha; el rameado y los rasguños caracterizados por ralladuras de diferentes longitudes que en ocasiones cubren más del 50 % del exocarpio (Figura 5 B) y son causados por la rozadura de ramas y hojas durante el crecimiento de las frutas cuando existen fuertes vientos o en el momento de la recolección.

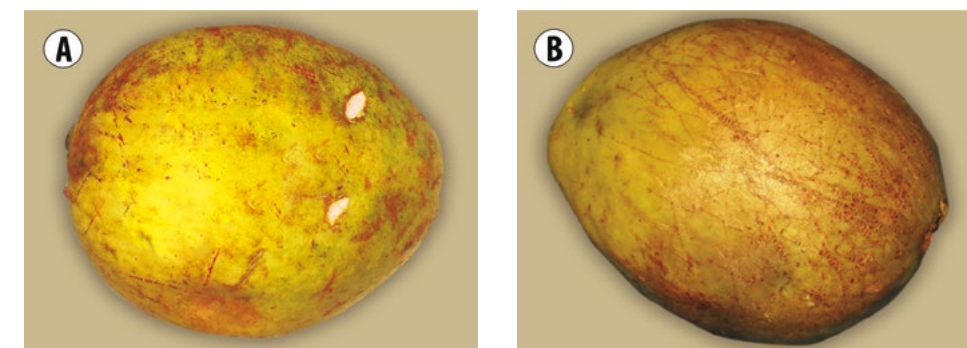


Fig.5. Daños mecánicos (A: heridas y B: rasguños) en el exocarpio de guayabas 'Enana Roja Cubana' después de recolectadas. Fotos tomadas por los autores.

Martínez (2005) y Castro y Saborío (2004) señalaron que los daños como las magulladuras y heridas producidos sobre las frutas en la recolección, son los causantes de las podredumbres, ya que a través de estos, la fruta pierde agua y puede ocurrir la penetración de microorganismos. También se estimula la producción de etileno, se aumenta la velocidad de respiración, ocurren cambios físicos y químicos, y se presentan mayores pérdidas de masa fresca (11,6 %) que disminuyen su vida de anaquel (Silva *et al.*, 2015). Frutas con caída sobre una superficie de madera a una distancia de 1,0 m

muestran valores altos en las variables de color, pérdidas de masa fresca y porcentaje de daño. Consecuentemente, debido a este daño por impacto se manifiesta un incremento de hasta 25 % más en la velocidad de respiración y la evolución del área afectada alcanza 19,7 % en relación con las guayabas que no son sometidas al daño (Martínez-Martínez *et al.*, 2017).

Acanaladuras de forma estrellada en la zona peduncular

Las acanaladuras de forma estrellada en la zona peduncular de la fruta se caracterizan por el color amarillo verde similar al color del exocarpo y en ocasiones de pardo claro a oscuro; el número de acanaladuras y severidad del daño son variables (Figura 6). Este defecto pudiera estar asociado a diferentes causas relacionadas con el crecimiento y desarrollo de las frutas o la presencia de insectos plagas. No existen referencias sobre esta afectación que expliquen las causas que originan este tipo de lesión.



Fig.6. Defecto de acanaladuras de forma estrellada en la zona peduncular de guayaba 'Enana Roja Cubana' después de recolectada. Foto tomada por los autores.

Daños causados por plagas

Cóccidos

Los cóccidos se presentan en el exocarpo y principalmente en la zona estilar dentro de la cavidad de los restos florales (Figura 7 A), en el mesocarpo de esta zona se observa un ligero ablandamiento de aspecto acuoso, y esencialmente en frutas maduras (Figura 7 B). La presencia de esta plaga constituye una de las principales causas de rechazo en unidades de acondicionamiento, ya que en varios países no se cuenta con una tecnología de lavado para las frutas que permita la eliminación de las mismas en la cavidad de los restos florales.

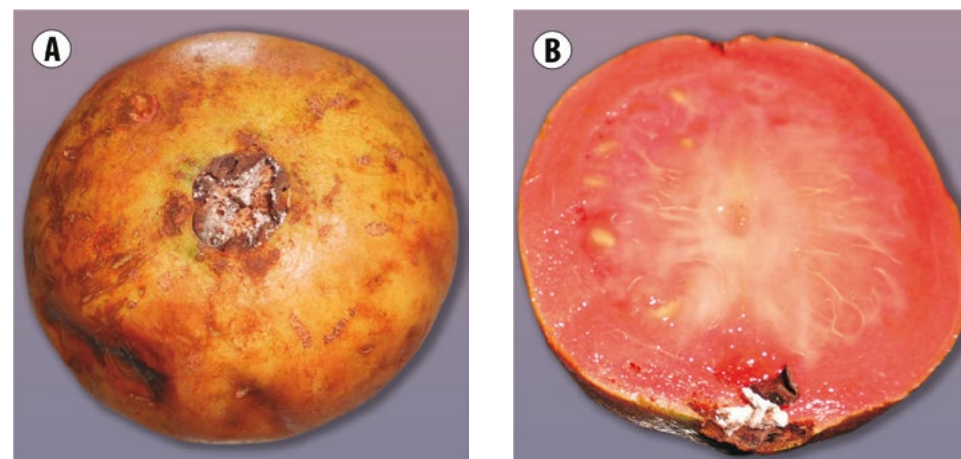


Fig.7. Presencia de cóccidos en la zona estilar (A) y ablandamiento del mesocarpo (B) de guayaba 'Enana Roja Cubana' después de recolectada (Fotos tomadas por los autores).

Moscas de la fruta

En las frutas recolectadas con madurez de consumo se observan lesiones ocasionadas por moscas de la fruta que se caracterizan por pequeños orificios en el exocarpo (Figura 8 A); en aquellas con estado de maduración muy avanzado hay presencia de larvas en el mesocarpo (Figura 8 B). El guayabo es uno de los frutales más afectados por las moscas, pues el alto contenido de nutrientes de las frutas permite el desarrollo de varias especies en todas las áreas donde se cultiva.

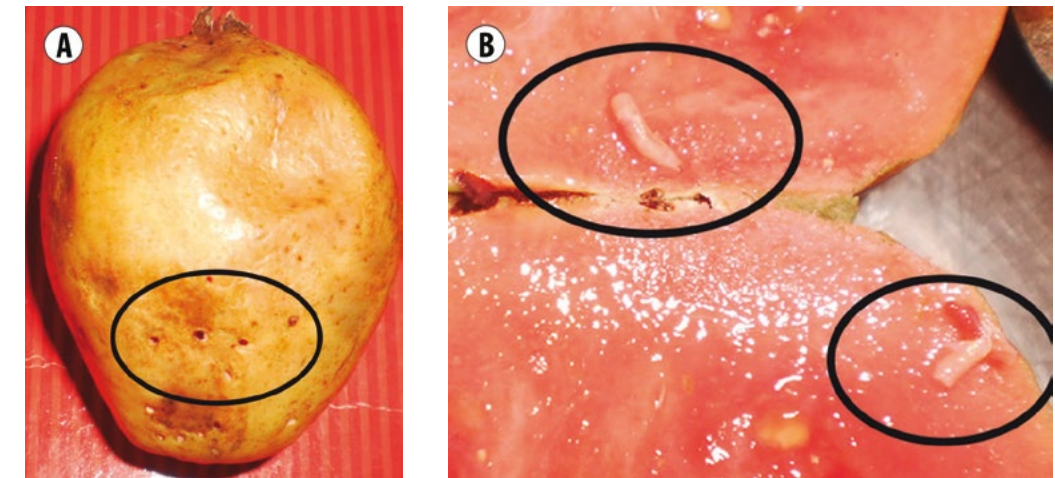


Fig.8. Lesiones en el exocarpo (A) y presencia de larvas de moscas de la fruta (B) en guayaba 'Enana Roja Cubana' después de recolectada. Fotos tomadas por los autores.

Trips

El trips *Selenothrips rubrocinctus* Girard, conocido como trips de cinta roja, provoca ligeras lesiones sobre las frutas pequeñas de color pardo rojizo (Figura 9); estas lesiones se agrandan en la medida que la fruta va creciendo y toman aspecto áspero y costroso.

Ácaros

Las lesiones por ácaros se caracterizan por manchas de color pardo claro, de aspecto áspero, que en ocasiones cubren más del 50 % del exocarpo (Figura 10).

En el Capítulo 5 se detallan los efectos causados por los cóccidos, moscas de la fruta, trips y ácaros en las frutas de guayaba y las medidas para su control.

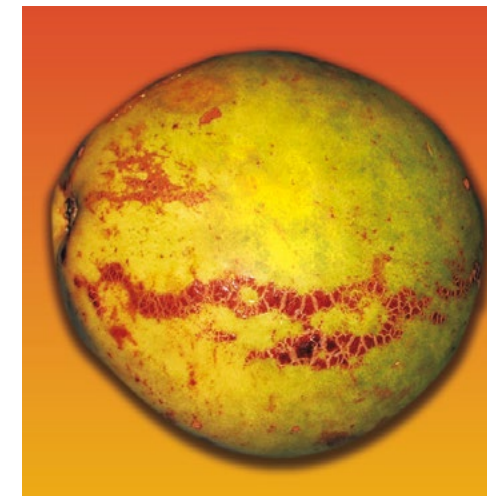


Fig.9. Lesiones en el exocarpo causadas por trips en guayaba 'Enana Roja Cubana' después de recolectada. Foto tomada por los autores.

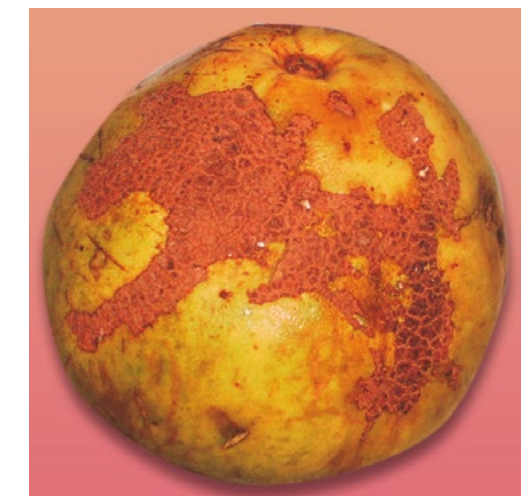


Fig.10. Lesiones en el exocarpo causadas por ácaros en fruta de guayaba 'Enana Roja Cubana' después de recolectada. Foto tomada por los autores.

Deformaciones

Las frutas deformes son las que no cumplen con las características del cultivar y se aprecian defectos en su forma. Su recolección contribuye al no cumplimiento de los requerimientos establecidos para la comercialización, los cuales son referidos en las diferentes categorías de la Norma Cubana NC 340.

Inmaduras y sobremaduras

Según la Norma Cubana NC 340, las frutas recolectadas que no alcanzan su madurez fisiológica se definen como inmaduras y las sobremaduras son las que han completado su proceso de maduración y entran en la etapa de senescencia.

Paumier *et al.* (2018) determinaron que el mayor porcentaje de incidencia de defectos en las guayabas 'Enana Roja Cubana' recolectadas son las frutas con heridas, verdes (inmaduras) y sobremaduras. También los golpes, rameados y las lesiones causadas por plagas como los trips, ácaros y cóccidos muestran valores de incidencia superior al 15 %, sin diferencias significativas entre estos; en menor porcentaje están los originados por las moscas de la fruta, las acanaladuras en la zona peduncular y las frutas deformes. Similares resultados presentaron Xavier *et al.* (2009) y Rocha *et al.* (2010) en frutas comercializadas en diferentes tipos de mercados como centrales de abastos, ferias libres y supermercados. Silva *et al.* (2015) mostraron que la incidencia de los daños mecánicos en guayabas comercializadas en mercados públicos en Paraíba, Brasil es de 97 % y predominan los de tipo compresión con 70 % de incidencia, principalmente en frutas sobremaduras, las que se consideran más susceptibles a este tipo de daño mecánico, por tener menos firmeza. Además, revelaron la heterogeneidad con relación a su estado de maduración, en este caso se distribuyen con color del exocarpio verde-amarillo, amarillo-verde y amarillo, y predominan las guayabas de color amarillo y en menor proporción las verde-amarillo.

Es común observar la presencia en una misma caja de varios estados de maduración. Con relación a este aspecto, Chitarra y Chitarra (2005) expresaron que esto contribuye a incrementar la incidencia de daños mecánicos por compresión debido a la presión ejercida de las frutas verdes sobre las maduras. Del mismo modo, la incidencia de estos daños se incrementa cuando se comercializan frutas en estado avanzado de maduración (Morgado *et al.*, 2010; Bialves *et al.*, 2012). Fisher *et al.* (2011) en guayabas 'Pedro Sato' determinaron en la Región del Centro-Oeste Paulista, en Brasil que la incidencia de daños no cicatrizados como las heridas es superior a 50 %, los daños cicatrizados de 17,5 % y las frutas inmaduras de 2,8 %.

La identificación y cuantificación de estas lesiones permiten al productor garantizar que la producción contratada que arribe al centro donde se acondicionan y empaca cumpla con los requerimientos establecidos y decidir el destino que le dará a las frutas que no califican (otros mercados, alimento animal u otros), evitando que el producto de rechazo se deje en la plantación.

Todos los requerimientos mencionados para la realización de la cosecha de las frutas de guayaba, constituyen premisas necesarias para la cuantificación de las pérdidas que se producen durante esta actividad y que influyen en otros eslabones de la cadena. Esto permite implementar estrategias para su reducción y establecer líneas bases para la comparación de los resultados obtenidos luego de su aplicación.

Es importante lograr la capacitación del personal de campo para asegurar los procesos que impactan en la calidad de las guayabas a cosechar, debido a la temporalidad de esta actividad en las fincas productoras. Debe incluirse el análisis de temáticas asociadas al seguimiento y evaluación de los indicadores de madurez de las frutas, procedimientos para la realización de la cosecha y su selección por defectos, promoviendo y socializando las Buenas Prácticas de Higiene.

7.6. BIBLIOGRAFÍA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Official methods of analysis. 16 Ed., Association of official Analytical Chemists. Meryland, USA, 1998.
- Azzolini, M.; A. Jacomino; P. Fillete y M. Spoto. 2004a. Estadios de maturacao e qualidade poscolheita de goiabas 'Pedro Sato'. *Rev Brasileira de Fruticultura* 26(1):29-31.
- Azzolini, M; A.P. Jacomino and Il. U. Bron. 2004b. Índices Para Avaliar Qualidade Pós-Colheita de Goiabas Em Diferentes Estádios de Maturação. (Indices to evaluate Quality of Postharvest Guavas in Different Stages of maturation). *Pesquisa Agropecuária Brasileira (Brazilian Agricultural Research)* 39(2):139-145.

- Bialves, T. S.; V. F. Araujo; M. Vizzotto; A. C. R. Krolow; N. M. L. Ferri y J. C. Nachtigal. 2012. Avaliação físico-química e funcional de goiaba (*Psidium guajava* L.) cultivar Paluma em diferentes estádios de maturação. In: Simpósio de Segurança Alimentar, 4., Gramado, Anais. Gramado: Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Brindis-Nateras, A.; E. Acosta-Gonzaga; A. Gordillo-Mejía y A. Gutiérrez-González. 2016. Medidas sustentables basadas en la tecnología para incrementar la calidad y productividad de la guayaba en la zona Oriente de Michoacán Editorial ECORFAN: 607-8324. 227 p.
- Bonilla-González, J.P. y F.A. Prieto-Ortiz. 2016. Determinación del estado de maduración de frutos de feijoa mediante un sistema de visión por computador utilizando información de color. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación* 7(1):111-126.
- Cajuste, B.; V. Saucedo y T. Colinas. 2001. Comportamiento postcosecha de fruto de aguacate cv. Hass en función de la época de corte. *Fitociencia Mexicana* 17(1): 94-102.
- Castro, M. y D. Saborío. 2004. Buenas prácticas en la cosecha y transportación a centro de acopio y plantas empacadoras de productos perecederos. Sistemas de pocosecha y su cumplimiento con requisitos de calidad e inocuidad de alimentos. Un enfoque práctico. Memorias Curso de capacitación. San José. Costa Rica. Ed por Gloria Mendoza. p.199.
- Castro, J. K.; N. E. Cerquera y E. G. Gutiérrez. 2013. Determinación del color del exocarpio como indicador de desarrollo fisiológico y madurez en la guayaba Pera (*Psidium guajava* cv. Guayaba Pera), utilizando técnicas de procesamiento digital de imágenes. *Revista EIA* 10(19):79-89.
- Chitarra, M. I. F. y A. B. Chitarra. 2005. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2a ed. *Lavras: UFLA*. 785 p.
- CIE. 2004. Technical Report. Colorimetry (3rted.). Tomado de [https://www.google.com.uy/search?q=CIE.+2004.+Technical+Report.+Colorimetry%2C+\(3rt+ed.\)&aq=chrome..69i57.7869j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com.uy/search?q=CIE.+2004.+Technical+Report.+Colorimetry%2C+(3rt+ed.)&aq=chrome..69i57.7869j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8). Recuperado 10 de septiembre, 2019.
- Dorantes, L.; L. Parada y A. Ortiz. 2014. Avocado: Post-Harvest Operation. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Ed. by AGST/FAO: Danilo Mejía, PhD, FAO (Technical), Emanuela Parrucci (HTML transfer). Tomado de <http://www.avocado-source.com/>. Recuperado 20 de marzo de 2014.
- Dube, A. and P. Singh. 2019. Compositional evaluation of guava (*Psidium guajava* L.) cv. L-49 during fruit growth and development. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 8(5): 68-71.
- Fischer, I. H.; A. M. Almeida; M. C. Arruda; R. M. A. Bertani; M. J. M. García y L. Amorim. 2011. Danos empós-colheita de goiabas na Região do Centro-Oeste Paulista. *Bragantia, Campinas* 70(3):570-576.
- Gergoff G. G. 2016. Maduración e índices de cosecha. Aspectos fisiológicos y determinación de estados de madurez de fruto. Universidad Nacional de La Plata Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales Cátedra de Fruticultura. 17 p.
- González, I.A. 2010. Caracterización química del color de diferentes variedades de guayaba (*Psidium guajava* L.) colombiana. Tesis presentada para optar al título de Magister en Ciencias-Química. CÓDIGO 197449. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Departamento de Química, Bogotá D.C. 73 p.
- Gutiérrez, N.; S. Dussan y J. Castro. 2012. Fisiología y atributos de la calidad de la guayaba Pera (*Psidium guajava* L.) en poscosecha. *Rev. Ing.* (37):6-12.
- Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT). 2011. Instructivo técnico para el cultivo de la guayaba. Ira edición. 38 p.
- Kader, A. 2013. Guayaba. Recomendaciones para mantener la calidad poscosecha. Tomado de <http://www.poshasvertecnology/maintanigPrduceQuaity&Safety>. Recuperado 22 de enero 2015.

- Killadi, B.; R. Chaurasia and D.K. Shukla. 2018. Maturity indices and quality attributes during growth and development in guava cultivars 'Shweta' and 'Lalit'. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7(2): 2102–2106.
- Machado–Molina, M.; García–Pereira, A y N. Machado–García. 2019. Propuesta de rangos de índice de color según estados de maduración en frutas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 28(4) Octubre–Noviembre–Diciembre: 19–27.
- Martínez, M. 2005. Principales enfermedades en postcosecha. Tratamiento y manipulación de los frutos cítricos en la postcosecha. Tema 8.1. Ed. Grupo FOMESA SA, Universidad Politécnica de Valencia y el Instituto Valenciano de Investigaciones Agraria. 28 p.
- Martínez–Martínez, H.; A. Pérez–López; Ma. Del R. Venegas–Ordoñez y S. Valle–Guadarrama. 2017. Propiedades físico–mecánicas y simulación por computadora del daño por impacto en guayaba (*Psidium guajava* L.). *Acta agrícola y pecuaria* 3(1) enero–abril:14–23.
- Mercado–Silva, E.; P., Bautista y M. García–Velasco. 1998. Fruit development, harvest index and ripening changes of guavas produced in Central México. *Postharvest Biology and Technology* 13:143–150.
- Mitra, S. K.; H. L. Devi; I. Chakraborty and P. K. Pathak. 2012. Recent development in postharvest physiology and storage of guava. *Acta Horticulturae* 959: 89–96.
- Morgado, C. M. A.; J. F. Durigan; V. G. Lopes y L. O. Santos. 2010. Conservação pós–colheita de goiabas 'Kumagai': efeito do estágio de maturação e da temperatura de armazenamento. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal* 32(4):1001–1008.
- Mulkay, T. 2019. Indicadores de madurez en frutas de nuevos híbridos de guayaba. Informe del proyecto Caracterización y evaluación de nuevos híbridos de guayabo (*Psidium guajava* L.) con potencial para la producción. Código 2040. Centro de Documentación del Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, Cuba. 10 p.
- Norma CODEX STAN 215. 1999. Norma del Codex para guayaba. 6 p.
- Norma Cubana NC 340. 2015. Guayaba– Especificaciones. ICS: 67.080. 2da. Edición, en proceso de revisión. 11 p.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 911. 2009. Frutas frescas. Guayaba–Requisitos. ICS: 67.080.10. Primera revisión. 6 p.
- Padilla, R. 2002. Cosecha y postcosecha. En: Guayaba su cultivo en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Aguascalientes, México. *Libro Técnico* (1):134–144.
- Padilla–Ramírez, J. S.; E. González–Goana; M. H. Pérez–Barraza; J. A. Osuna–García; M.C. Espindola–Barquera and J.C. Reyes–Alemán. 2012. Phenological behavior of guava trees (*Psidium guajava* L.) under different climatic conditions of Mexico. *Act. Hort.* 959: 97–102.
- Paumier, A.; M. Suárez y T. Mulkay. 2018. Defectos de mayor incidencia que deterioran la calidad comercial en frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.) 'Enana Roja Cubana EEA 18–40'. *TriFrut* 35(2) ju–dic: 33–40.
- Pereira, M.C.; R.S. Steffens and A. Jablonski. 2012. Characterization and antioxidant potential of brazilian fruits from the myrtaceae family. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60:3061–3067.
- Pérez–Barraza, M.H.; J.A. Osuna–García; J.S. Padilla–Ramírez; R. Sánchez–Lucio; Y. Nolasco–González y E. González–Gaona. 2015. Fenología, productividad y calidad de fruto de guayaba pulpa crema y rosa en clima tropical en México. *Interciencia* 40(3):198–203.
- Pinzón, P. 2016. Estudio de factibilidad financiera de la tecnificación del cultivo de guayabo (*Psidium guajava* L.) var. Roja Común en el departamento de Cundinamarca. Trabajo final de Especialización en Gerencia Integral de Proyectos. Universidad Militar Nueva Granada. 21 p.
- Rocha, R. H. C.; D. D. S. Satiro; M. A. César; J. M. C. Silva; H. S. Silva y F. A. Sousa. 2010. Qualidade pós–colheita do mamão formosa comercializado em diferentes estabelecimentos comerciais no sertão paraibano. In: Congresso Brasileiro De Fruticultura, 21., 2010, Natal, Anais. Natal: Sociedade Brasileira de Fruticultura.
- Rodríguez, L.; L. López y M. García. 2010. Determinación de distintos estados de madurez de frutas de consumo habitual en Colombia, Mora (*Rubus glaucus* B.), Maracuyá (*Passiflora edulis* S), Guayaba (*Psidium guajava* L.) y Papayuela (*Carica cundinamarcensis* J.). *Revista Alimentos Hoy* 21(1):35–42.
- Rodríguez, L.M. 2020. Efecto de la irradiación gamma (Co 60) en la calidad poscosecha de las frutas de guayaba 'Enana Roja Cubana EEA 18–40'. Tesis presentada en la opción de Ingeniero Agrícola. Universidad Agraria de La Habana, facultad de Ciencias Técnicas, Cuba. 74 p.
- Silva, E.S.; I.D.S. Moreira; T.C. Furtunato; R.H. Rocha y F.D. Sousa. 2015. Estádios de maturação e danos mecânicos na goiaba comercializada no Sertão da Paraíba. *Revista Verde (Pombal–PB–Brasil)* abril–junio 10(2):1–8.
- Solarte, M.; A. Hernández; J. Morales; P. Fernández y M. Melgarejo, M. 2010. Caracterización fisiológica y bioquímica del fruto de guayaba durante la maduración. En: Morales, A.L.; Melgarejo, L.M. (eds.). Desarrollo de productos funcionales promisorios a partir de la guayaba (*P. guajava* L.) para el fortalecimiento de la cadena productiva. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. p. 85–119.
- Suárez, M. 2016. Contribución al desarrollo de la poscosecha de frutas de guayaba 'Enana Roja Cubana EEA–18–40' con destino al sector del turismo de la empresa 'Cítricos Ceiba'. Tesis presentada para obtener el grado de Máster en Ciencia. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Cuba. 60 p.
- Wadhwa, D. y E. D. Capaldi–Phillips. 2014. A review of visual cues associated with food on food acceptance and consumption. *Eating Behaviors* 15(1):132–143.
- Wu, C.; S. Roan; T. Hsiung; I. Chen; J. Shyr and A. Wakana. 2011. Effect of harvest maturity and heat pretreatment on the quality of low temperature storage avocados in Taiwan. *Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu University* 56(2):255–262.
- Xavier, I. F.; G. A. Leite; E. V. Medeiros; P. L. D. Morais y L. M. Lima. 2009. Qualidade pós–colheita de manga 'Tommy Atkins' comercializada em diferentes estabelecimentos comerciais no município de Mossoró–RN. *Revista Caatinga. Mossoró–RN* 22(4):7–13.
- YamTzec, J.; P. Villaseñor; K. Romantchik; M. Soto y P. Peña. 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.



CAPÍTULO 8

POSCOSECHA

Tania Mulkey Vitón

8.1. INTRODUCCIÓN

La actividad de poscosecha está constituida por un conjunto de operaciones que se inician con la recolección de las frutas y culmina con su conservación para el consumo. Durante esta etapa las frutas se someten a un fuerte estrés y predominan los procesos que la conducen a su senescencia, por lo que se requiere reducir y retardar la acción de los factores internos que causan su deterioro, tales como la respiración, transpiración y producción de etileno. Se deben minimizar los efectos externos como la temperatura, humedad relativa y composición de la atmósfera que rodea a las frutas.

La poscosecha constituye uno de los principales eslabones en la cadena productiva del guayabo. La ejecución consecuente de las actividades que se realizan permite mantener y "maximizar" la calidad de las frutas, les aporta un valor agregado, crea oportunidades de mercado, principalmente las exportaciones y contribuye a reducir las pérdidas. A continuación, se relacionan aspectos fundamentales acerca de la poscosecha de la guayaba.

8.2. LA MADURACIÓN DE LAS FRUTAS

Las frutas de guayaba después de recolectadas continúan su proceso de maduración, en el cual ocurren reacciones bioquímicas y actividades metabólicas que provocan un incremento de la respiración y de la producción de etileno. También se producen modificaciones estructurales en los polisacáridos que originan ablandamiento, se degrada la clorofila y se desarrollan pigmentos como consecuencia de la biosíntesis de carotenos, la conversión de carbohidratos o almidones para azúcares y cambios en los ácidos orgánicos, lípidos, compuestos fenólicos y volátiles. Todo esto favorece la maduración de la fruta con ablandamiento de la textura y una aceptable calidad para su consumo (Herianus *et al.*, 2003).

Las frutas se pueden clasificar como climatéricas y no climatéricas de acuerdo al comportamiento fisiológico y al índice de respiración después de cosechadas. Este indicador se define como la tasa de producción de CO₂ por unidad de peso de la fruta y por unidad de tiempo (Kader, 2003).

La clasificación de la guayaba como fruta climatérica o no climatérica es contradictoria, algunos autores consideran que la guayaba es no climatérica (Azzolini *et al.*, 2005), mientras que otros la consideran climatérica (Solarte *et al.*, 2010a; Yam Tzec *et al.*, 2010).

Según Parra-Coronado (2014), las frutas de los cultivares climatéricos presentan valores de intensidad respiratoria entre 31 mg de CO₂ kg/h y 1 400 mg de CO₂ kg/h. Sin embargo, Kader y Yahia (2011) las incluyen en el grupo de la producción de CO₂ moderada, entre 70 mg de CO₂ kg/h y 150 mg de CO₂ kg/h, con pico climatérico respiratorio entre los días tres y 12 después de la cosecha.

El etileno es una hormona que desempeña un papel esencial en la regulación de la maduración de las frutas climatéricas (Giovannoni, 2001). La producción de etileno en guayaba se encuentra entre 0,016 µL/kg/h y 94,0 µL/kg/h, con pico climatérico respiratorio entre los días tres y 12 después de la cosecha. El pico de producción de etileno se observa en los días cercanos al máximo climatérico respiratorio (Solarte *et al.*, 2010 a). En frutas del cultivar 'Pedro Sato' almacenadas a temperatura ambiente, la síntesis de etileno es prácticamente constante durante los primeros cuatro días de maduración (0,1 µL/kg/h) y comienza su incremento a partir del octavo día con valores superiores a 5 µL/kg/h, cuando ya están casi en estado de senescencia (Abreu *et al.*, 2012).

Otro proceso fisiológico que influye en la vida de anaquel de las frutas es la transpiración, la cual se define como la pérdida de agua o contenido de humedad desde el interior de las frutas cosecha-

das hacia el medio exterior. El agua como componente principal de las frutas frescas, se encuentra en estado líquido en su interior y se desplaza por los espacios intercelulares hasta la superficie de la fruta, donde se evapora (Gregori, 2007).

La pérdida de agua está relacionada con la disminución de masa fresca y causa un deterioro importante en la apariencia de la fruta (Gregori, 2007), debido al arrugamiento del exocarpio por la escasa turgencia de las estructuras celulares. También influye en la calidad por el ablandamiento, la flacidez y falta de firmeza del exocarpio o corteza y mesocarpio o pulpa externa, ocasionando pérdidas comerciales.

La humedad relativa del aire (HR) y la temperatura durante el almacenamiento intervienen notablemente en los niveles de disminución de la masa fresca de las frutas. En guayabas 'Enana Roja Cubana' almacenadas durante ocho días a $16\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$, HR de 85 %– 90 % (Suárez, 2016) y a $10\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$, HR de 85 % – 90 % por 12 días (Rodríguez, 2020), la pérdida de masa fresca es de 11,5 % y 4,26 % respectivamente.

La definición de la firmeza del mesocarpio es importante para la manipulación poscosecha y vida de anaquel de las frutas. La temperatura de almacenamiento es fundamental en la disminución de la firmeza. En guayabas 'Enana Roja Cubana' almacenadas a $16\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$, HR de 85 % – 90 % durante ocho días (Suárez, 2016) y a $10\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ y HR de 85 % – 90 % durante nueve días (Rodríguez, 2020) la firmeza es de 2,45 kgf y 3,52 kgf respectivamente. Similares resultados refirieron Azzolini *et al.* (2005) para otros cultivares.

El color del exocarpio representa un importante parámetro del estado de maduración de las frutas, tanto para el mercado fresco como para la industria. Los indicadores de luminosidad y cromaticidad se incrementan conforme avanzan los días de almacenamiento de las frutas, lo que se traduce en una mayor claridad y pureza del color en las guayabas (Maldonado, 2013). Nisha *et al.* (2003) encontraron que durante la maduración de las guayabas disminuye la clorofila total mientras que los carotenoides aumentan, confirmando que la pérdida de clorofila se atribuye al incremento de enzimas que la degradan como la clorofilasa, clorofiloxidasa y peroxidasa durante la maduración.

Como parte del proceso de maduración de las frutas, se incrementan los sólidos solubles totales (SST); esto se debe a la hidrólisis de diversos polisacáridos estructurales tales como almidón, pectinas de la pared celular, hasta sus componentes manométricos básicos, por lo cual se acumulan azúcares, principalmente glucosa, fructosa y sacarosa que son los constituyentes principales de los SST (Arrieta *et al.*, 2006). Además, disminuye la acidez orgánica en el mesocarpio, lo cual conlleva a un mayor índice de madurez (IM). El contenido de SST puede variar de 3 % en guayabas verdes a más de 10 % en maduras y la acidez titulable (AT) de 1,5 % a 0,2 %; los cultivares cambian mucho en dulzura y acidez (Paull y Cheng, 2014; Dolkar *et al.*, 2017). De acuerdo con Mercado–Silva *et al.* (1998) y Azzolini *et al.* (2004) en las frutas después de cosechadas con madurez fisiológica, no se produce un cambio significativo en el contenido de SST. Por ello, este parámetro no se considera un buen indicador del estado de madurez de las guayabas, pero sí es una característica importante en cuanto a su calidad y su aceptación por parte del consumidor, el cual prefiere frutas entre 11,0 °Brix y 12,0 °Brix. Por otra parte, se ha mencionado que el clima puede influir en esta característica, especialmente por la temperatura del aire y la humedad del suelo que prevalecen en la última etapa de maduración del fruto (Padilla *et al.*, 2010).

La relación de SST/acidez constituye el índice de madurez, el cual es representativo del sabor de las frutas. Además, se toma como índice de calidad en la aceptación de las mismas, ya que mide el balance entre los azúcares principales y la acidez, donde el mayor valor de esta relación indica la mejor calidad comestible (Mitra *et al.*, 2012). Para el consumo en fresco de las frutas no necesariamente se requiere que las mismas alcancen los más altos índices de madurez notificados. Dependiendo del cultivar se han informado valores de índice de madurez en el rango 8–18 (Gutiérrez–Guzmán *et al.*, 2012) y en otros casos valores superiores a 30 (Rodríguez *et al.*, 2010). Las gua-

yabas 'Enana Roja Cubana' revelan un índice de madurez de 27,98, el cual indica la mejor calidad comestible a los 8 días de conservación a la temperatura de $16\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ (Mulkay, 2020).

El pH también se modifica durante la maduración de las frutas. En guayabas 'Regional Roja', 'Regional Blanca', 'Ráquira Blanca' y 'Guavatá Victoria' cultivadas en tres localidades colombianas, el pH varía de 3,90 en la cosecha hasta 4,16 en el estado maduro (Solarte *et al.*, 2010 b). En frutas rojas 'Paluma Rica' y 'Pedro Sato' cultivadas en Brasil, el pH varía de 3,92 a 4,25 después de almacenadas a temperatura ambiente ($25,9\text{ °C}$ y 66 % de HR) hasta completar la maduración poscosecha (Batista *et al.*, 2012). En guayabas 'Enana Roja Cubana' el valor de pH es de 4,36 a los ocho días de almacenadas a temperatura de $16\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$, HR de 75 % – 80 % y con diferencias significativas al valor inicial (4,01) (Mulkay *et al.*, 2020). El incremento de este indicador durante el proceso de maduración se debe a que los ácidos orgánicos disminuyen, porque son utilizados como sustrato durante la respiración de la fruta. También a la reducción de la actividad metabólica, que es provocada por la menor difusión del oxígeno, asimismo ocurre con el incremento en la síntesis del contenido de aminoácidos (Miranda *et al.*, 2014).

Los cambios fisiológicos que se presentan en el proceso de maduración poscosecha de las frutas están influenciados por el estado de madurez en el momento de la cosecha, por las condiciones climáticas predominantes en el cultivo, y el manejo y almacenamiento poscosecha. En varios tipos de frutas esta condición puede ser un carácter varietal (Azzolini *et al.*, 2005; Solarte *et al.*, 2010 a).

Al respecto, Porat *et al.* (2009) estudiaron tres cultivares de guayaba, el cv 'Ben Dov' exhibe un comportamiento clásico climatérico, 'King' (pulpa rosada) presenta una conducta climatérica poco acentuada (suprimida) y 'Omri' (pulpa blanca/amarillenta) es aparentemente no climatérico, ya que no muestra ningún aumento en la respiración y producción de etileno durante la maduración. Abreu *et al.* (2012) en guayabas 'Pedro Sato' observaron un incremento en la producción de etileno, cambio del color y la pérdida de firmeza, lo cual es típico de frutas climatéricas. Sin embargo, presentan niveles constantes de SST y acidez, características de frutas no climatéricas.

En la Tabla 1 se observan los valores óptimos de los indicadores de madurez SST, acidez, índice de madurez y firmeza del mesocarpio en guayabas 'Enana Roja Cubana' recolectadas en distintas localidades de Cuba y evaluadas a diferentes condiciones al final del almacenamiento.

Tabla 1. Indicadores de madurez en guayabas 'Enana Roja Cubana' después de recolectadas y almacenadas.

LOCALIDAD	INDICADORES				CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO
	SST (° BRIX)	ACIDEZ (%)	ÍNDICE DE MADUREZ	FIRMEZA DEL MESOCARPIO (kgf)	
Caimito	9,76	0,57	17,12	2,02	$10\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ HR 85 % – 90 % por 12 días
	10	0,36	27,98	2,45	$16\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ HR 85 % – 90 % por 8 días
Jagüey Grande	10	0,98	10,20	3,88	$14\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ HR 85 % – 90 % por 7 días
Alquízar	9,7	0,7	12,95	2,4	$10\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ HR 85 % – 90 % por 10 días

8.3. TECNOLOGÍAS O TRATAMIENTOS POSCOSECHA

En países productores de guayaba se aplican diferentes tecnologías o tratamientos poscosecha para mantener la calidad y alargar la vida de anaquel de las frutas, de acuerdo a las exigencias del mercado.

8.3.1. TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DE ALMACENAMIENTO

El almacenamiento a bajas temperaturas es el método más comúnmente utilizado para extender la vida de anaquel de las frutas (Getinet *et al.*, 2011). El tiempo durante el cual pueden ser mantenidas en frío sin sufrir daños, depende del cultivar, la temperatura y el periodo de almacenamiento. También el estado de madurez con que se cosechan las frutas de guayaba determina la vida de anaquel en los mercados.

La temperatura óptima para almacenar guayabas verde–maduras y parcialmente maduras (vida potencial de almacenamiento entre dos o tres semanas) está entre 8 °C y 10 °C. Para guayabas completamente maduras (vida potencial de almacenamiento de una semana) está entre 5 °C y 8 °C (Kader, 2013). Cuando las frutas se almacenan a 20 °C, la vida de anaquel es de siete días (Paull y Cheng, 2014).

Suárez *et al.* (2009) evaluaron el efecto de las temperaturas y el estado de madurez sobre la calidad poscosecha en la guayaba 'Criolla'. Encontraron menor pérdida de masa fresca, las mejores condiciones de apariencia y el color en las frutas, con temperatura de almacenamiento de 12 °C ± 2 °C; además, la relación SST/acidez se incrementa y la vitamina C disminuye, y el proceso de la maduración además, se retarda por una semana.

Frutas del cultivar 'Pera' recolectadas en tres momentos (120 días, 112 días y 100 días después de la floración) y almacenadas a temperatura ambiente (26 °C) y HR de 58 % presentan un pico climaterico en forma más temprana y mayores tasas de respiración. En las cartas de color se evidencia un incremento de la coordenada b* a partir del tercer día en comparación con las almacenadas a 7,5 °C y HR de 85 %. En estas, el proceso de respiración es más lánguido, el color avanza hacia tonalidades amarillas de manera más lenta y se conservan los colores verdes con valores menores de la coordenada a* (Castro *et al.*, 2013). También Gutiérrez–Guzmán *et al.* (2012) comprobaron en este mismo cultivar y en iguales condiciones de almacenamiento, que la tasa de respiración en las frutas almacenadas a temperatura ambiente, el inicio de la crisis climaterica se presenta a las 60 horas y oscila entre 60 ml CO₂/kg/h y 100 ml CO₂/kg/h. Bajo condiciones de refrigeración se muestra un considerable retraso en el inicio de la crisis climaterica hasta las 100 horas después de la recolección y tienen un rango de 15 ml CO₂/kg/h y 20 ml CO₂/kg/h.

Las condiciones de empaque y manejo de las frutas de guayaba inciden en su adecuada conservación. Frutas del cultivar 'Roja' almacenadas en bandeja de poliestireno cubierta con película plástica de PVC pueden ser conservadas hasta máximo 10 días en condiciones ambientales (37 °C ± 2 °C y 85 % a 90 % de HR) y hasta 15 días en refrigeración (9 °C ± 2 °C y 85 % a 90 % de HR) (García *et al.*, 2011).

La humedad del aire en las cámaras de almacenamiento también incide sobre la calidad del producto. La humedad elevada es beneficiosa para la curación de heridas; el almacenamiento de las frutas no debe tener una humedad inferior a 90 % para evitar la deshidratación (Berger, 1996).

8.3.2. IRRADIACIÓN

La irradiación de alimentos es un método físico de conservación, similar a otros que utilizan el calor o el frío. Consiste en exponer el producto a la acción de las radiaciones ionizantes durante un tiempo determinado (Gálvez y Buitimea, 2010). En su aplicación, se utilizan tres fuentes de energía ionizante: los rayos gamma de los elementos cobalto–60 o cesio–137 (⁶⁰Co o ¹³⁷Cs, respectivamente); rayos X generados por máquinas que trabajan a energía no mayor de 5 MeV, y electrones generados por máquinas que trabajan a energía no mayor de 10 MeV (Norma CODEX STAN 106, 2003).

La irradiación gamma es la principal y más empleada con fines comerciales. Procede de radionúclidos de cobalto–60 (⁶⁰Co) o cesio–137 (¹³⁷Cs), aunque el ¹³⁷Cs no se emplea actualmente debido a sus altos costos. Los rayos gamma son radiaciones electromagnéticas de una longitud de onda muy corta. Se considera como un tratamiento alternativo que no eleva la temperatura del producto, es de alta penetrabilidad, no deja residuos en el alimento y se aplica en el envase final (Vargas, 2015).

Una instalación de irradiación es básicamente un almacén que contiene un irradiador, el cual se compone de una cámara donde los productos se exponen a una fuente de radiación ionizante (OEIA, 2017) (Figuras 1 A y 1 B).

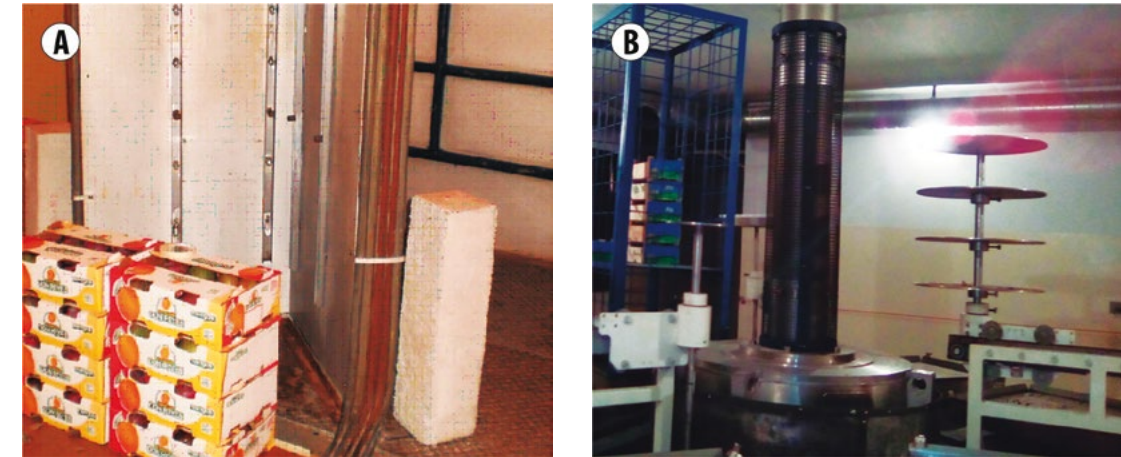


Fig. 1. Instalaciones de irradiación en la Unidad de Irradiación y Seguridad Biológica, Universidad Autónoma, México (A) y la Estación de Ionización de Bounkhalef SIBO, Marruecos (B). Fotos tomadas por la autora.

Actualmente más de 70 de países incluyen este tratamiento para la exportación e importación de productos agrícolas, entre los que se destacan Australia, India, Malasia, República Popular China, Vietnam, República Dominicana, Nueva Zelanda, México, entre otros (Bustos–Griffin *et al.*, 2014; Maherani *et al.*, 2016).

Desde 2007, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA) certificó el tratamiento de irradiación como una medida de cuarentena efectiva para evitar la presencia de insectos–plagas, como la mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata* Wiedemann), lepidóptero (mariposas y polillas), Pseudococcidae (cochinillas) y Curculionidae (gorgojos). La efectividad del tratamiento depende de diferentes factores, como la presencia de moléculas de oxígeno, la temperatura, el rango de dosis y el huésped (productos frescos). Se emplean dosis genéricas de 150 Gy–400 Gy (Hallman *et al.*, 2010; Ferrier *et al.*, 2012).

En adición al tratamiento de cuarentena para reducir los efectos de los insectos–plagas, la irradiación se utiliza para mantener la inocuidad de los alimentos y extender su vida de anaquel. Las dosis empleadas para lograr este propósito pueden superar los 400 Gy. Por ejemplo, para el control de bacterias como *E. coli* O157:H7 en espinaca (*Spinaca oleraceae* L.) la dosis es de 2000 Gy (Ferrier *et al.*, 2012).

Las guayabas del cv. 'Enana Roja Cubana' irradiadas a dosis de 0,3 kGy y 0,5 kGy presentan una retención de la firmeza del mesocarpio después de conservadas durante 12 días a 10 °C ± 1 °C y HR de 85 % – 90 % (Rodríguez, 2020). También, Hassanein *et al.* (2018) refirieron similares resultados en frutas 'Baladi' irradiadas a 0,2 kGy y almacenadas a 8 °C ± 1 °C y 90 % de HR por 20 días y Sau *et al.* (2018) en guayabas 'Khasa' irradiadas a 0,1 kGy, 0,2 kGy y 0,3 kGy y almacenadas a temperatura ambiente (25 °C ± 2 °C, HR de 85 % ± 4 %) por nueve días.

Otro indicador de calidad revela una evolución positiva, como es la reducción de las pérdidas de masa fresca en guayabas 'Baladi' irradiadas a 0,2 kGy, 0,4 kGy y 0,6 kGy y conservadas a 8 °C ± 1 °C y

90 % de HR durante 20 días (Hassanein *et al.*, 2018) y en frutas 'Allahabad Safeda' irradiadas a 0,20 kGy y 0,40 kGy almacenadas durante 12 días (Reddy *et al.*, 2016). En este sentido, Yadav *et al.* (2013) señalaron el efecto positivo que tiene la combinación de la irradiación y las bajas temperaturas de almacenamiento, aunque existen otros factores que influyen como la presencia de moléculas de oxígeno, el rango de dosis y el producto fresco (fruta) (Hallman y Blackburn, 2016). Del mismo modo, Jupeng *et al.* (2016) señalaron que las guayabas 'Taiwan', irradiadas a 0,2 kGy, 0,4 kGy, 0,6 kGy, 0,8 kGy, 1,2 kGy, 2 kGy y 6 kGy y almacenadas durante siete días a $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, $70\% \pm 5\%$ de HR, no manifiestan cambios en las propiedades organolépticas (sólidos solubles totales y acidez titulable) cuando son irradiadas por debajo de 0,8 kGy.

En Cuba se utiliza esta tecnología con fines investigativos desde el año 1958; regulada por la norma Cubana NC 680 y se cuenta con una infraestructura para emplearla comercialmente (Moreno y Prieto, 2017). El país posee cuatro instalaciones de irradiación, una de ellas a escala industrial, así como de especialistas capacitados científica y profesionalmente (Prieto *et al.*, 2019).

Otro tipo de irradiación es la ultravioleta UV-C, la cual se ha aplicado como tratamiento de desinfección en frutas 'Kumagai' infectadas por la mosca *Ceratitis capitata* (Wied.) en condiciones de laboratorio. Esta permite que los huevos no sobrevivan a la intensidad de radiación de $1,383\text{ kJ/m}^2$, e inhibe completamente la pupación a $15,512\text{ kJ/m}^2$ y la emergencia de adultos a $11,758\text{ kJ/m}^2$. Las guayabas sometidas a este tratamiento y almacenadas a $8\text{ °C} \pm 0,2\text{ °C}$ tienen una mejor respuesta en cuanto a los índices de calidad que las almacenadas a $22\text{ °C} \pm 0,2\text{ °C}$ (Vieira *et al.*, 2014). También, Kabbashi *et al.* (2017) emplearon la irradiación UV-C a 254 nm y aceite de menta (*Mentha* spp.) para la desinfección de guayabas. Encontraron que, después de nueve días de almacenadas disminuye el porcentaje de infestación por moscas de la fruta de 20 %, 30 % y 38 % para las tratadas con aceite de menta, UV-C y control respectivamente, con similares resultados en cuanto a la disminución de las pérdidas de masa fresca y retención de la firmeza.

8.3.4. ATMÓSFERA CONTROLADA

La tecnología de atmósfera controlada (AC) se basa en la disminución de oxígeno (O_2) (2 % – 5 %) y el aumento del dióxido de carbono (CO_2) (3 % – 10 %) (Burdon *et al.*, 2008). La AC retrasa la maduración, reduce la respiración y la tasa de producción de etileno.

Bautista y Silva (1997) en guayabas expuestas en AC de 5 % CO_2 y 10 % O_2 por 24 horas y almacenadas 4 °C o 10 °C por dos semanas, encontraron un retraso en el desarrollo del color durante la maduración a 20 °C – 30 °C por tres días y no observaron síntomas de daño por frío después de almacenadas a 4 °C por tres semanas. Kader (2003) recomienda AC de 2 % – 5 % de O_2 y 0 % – 1 % CO_2 en frutas almacenadas a 5 °C – 15 °C . No se han determinado las tolerancias a las altas concentraciones de dióxido de carbono. El corto plazo de las guayabas sometidas a altos niveles de CO_2 no influye en los rangos de respiración, pero reduce la producción de etileno durante la maduración (Pal y Buescher, 1999). Pal *et al.* (2007) concluyeron que, las frutas del cultivar 'Lucknow-49' ('Sardar') cosechadas en estado de madurez verde claro pueden almacenarse durante un mes en AC con 5 % de O_2 y 2,5 % CO_2 a 8 °C , y presentan una maduración normal a 20 °C con mejor calidad sensorial y nutricional.

8.3.5. ATMÓSFERA MODIFICADA

La atmósfera modificada (AM) es otra tecnología que contribuye a extender la vida de anaquel de las frutas por reducción de las pérdidas de masa fresca, el retraso del cambio del color y la pérdida de firmeza. Se basa en la modificación de la composición de la atmósfera producida por la respiración (Meir *et al.*, 1997).

Los recubrimientos comestibles se han desarrollado con el fin de extender la vida anaquel de los productos alimenticios. Un ejemplo es el quitosano, polímero natural derivado del proceso de desacetilación de la quitina. La quitina es un biopolímero abundante en el exoesqueleto de crustáceos y moluscos, además forma parte de la estructura de la pared celular de ciertos hongos e insectos (Balanta, 2010).

Una de las propiedades del quitosano es la capacidad para formar películas semipermeables, tiene poca influencia en los indicadores de madurez y baja toxicidad para el ser humano. Su aplicación como recubrimiento aporta buenos resultados en cuanto a la reducción de pérdidas de masa fresca y mejora de la calidad de las frutas. Para su utilización debe tenerse en cuenta el tipo de fruto, cultivar, condiciones de almacenaje, combinación con otros tratamientos poscosecha y la naturaleza, peso molecular y grado de desacetilación del quitosano (Jianglian y Shaoying, 2013).

Varios resultados demuestran la efectividad del recubrimiento de quitosano en la reducción de las pérdidas de masa fresca en frutas de guayaba (Hong *et al.*, 2012; Parambir *et al.*, 2017). Las aplicaciones de las sales de lactato y acetato de quitosano en guayabas 'Enana Roja Cubana' contribuyeron a menores pérdidas de masa, mayor firmeza y maduración normal de las frutas (Mulkay, 2016). De acuerdo con Kumar *et al.* (2017) las frutas del cultivar 'Pant Prabhat' sumergidas durante 10 min en quitosano a 1,5 % mantienen la calidad durante 12 días de almacenadas a 27 °C – 29 °C y HR de 70 % – 75 %. Estos autores refieren, además, la efectividad del recubrimiento del gel *Aloe vera* 1:1 en la extensión de su vida de anaquel. Del mismo modo, Fuentes-Ruiz *et al.* (2019) resaltaron la potencialidad del almidón de plátano macho verde (*Musa balbisiana* Colla) para ser utilizado en la elaboración de recubrimientos comestibles para guayabas. Tal es el caso, del recubrimiento elaborado a partir de quitosano, grado alimenticio y almidón de plátano macho verde, el cual extiende la calidad de las guayabas a 10 días en condiciones ambiente, manteniendo sus características sensoriales agradables al consumidor.

Otros tipos de recubrimientos como el binario a base de concentrado de proteína de suero lácteo 4 % p/v y glicerol 10 % v/v aplicado en frutas del cultivar 'Pera' durante 60 segundos, modifica significativamente la composición físico-química de las frutas. Esto favorece su aceptación a partir de la aprobación general del análisis sensorial y el color desarrollado después de 15 días de almacenadas a 30 °C (González *et al.*, 2016). Vishwasrao y Ananthanarayan (2016) mostraron que la aplicación del recubrimiento comestible a base de hidroxipropimetilcelulosa (1 %) y aceite de palma (3 %) en guayabas 'Lalit' almacenadas a 24 °C y HR de $65\% \pm 5\%$ reduce las pérdidas de masa fresca, retiene la firmeza y el cambio de color es más lento. De igual forma, el recubrimiento con sábila (*Aloe vera* L.) (10 %, 20 % y 30 %) mezclado con dos dosis de glicerol (1,5 % y 2,5 %) logra retardar el tiempo de maduración y obtener mejores resultados en cuanto a parámetros como las pérdidas de masa fresca, aumento del pH y de los sólidos solubles totales, descenso de la acidez y menor conteo de mohos y levaduras en frutas almacenada a 4 °C durante 15 días. El tratamiento más efectivo resulta ser la sábila a 30 % y el glicerol al 1,5 % (García-Mera *et al.*, 2017). El recubrimiento con mucílago de cactus adicionando carboximetil celulosa, Tween 80 y ácido cítrico es también una buena alternativa de preservación de guayabas 'Criolla Roja' almacenadas a temperatura de $10\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ durante 16 días (Valera *et al.*, 2019).

Se han evaluado diferentes tipos de compuestos en guayabas 'Allahabad Safeda' durante la frigoconservación, tal es el caso de los aceites de distintas plantas (Sight *et al.*, 2017). Estos autores mostraron que el recubrimiento con aceite de oliva extiende la vida de anaquel de las frutas de este cultivar a 28 días y 16 días a temperatura ambiente. Las frutas retienen su color, expresan el mínimo de pudriciones y tienen la mejor calidad organoléptica en comparación con el control.

8.3.6. INDUCCIÓN DE LA MADURACIÓN

El etileno es un producto natural del metabolismo que promueve el climaterio y la maduración de las frutas. El proceso de maduración de las guayabas puede inducirse utilizando diferentes métodos. La inmersión de estas en tanques con una solución acuosa de ácido-2 cloroetil fosfónico (ethephon o ethrel) a 250 mg/L, 500 mg/L y 1000 mg/L durante tres minutos es efectiva para la homogenización de su maduración y calidad durante el almacenamiento a $20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ y HR de 85 % – 90 % (Mohamed-Nour y Abu-Goukh, 2010). Aplicado de manera exógena a 100 mg/L por uno a dos días, puede adelantar la maduración de las guayabas del estado verde maduro al completamente amarillo a temperaturas de 15 °C – 20 °C y 90 % – 95 % de HR. Este tratamiento permite la maduración más uniforme, lo cual es la característica más importante en las frutas destinadas al procesamiento industrial. Las

guayabas verdes sin madurez fisiológica no maduran apropiadamente y adquieren una consistencia pastosa (Kader, 2003; FAO, 2014).

De Mateo (2014) refiere que el personal encargado del proceso de maduración y de control de calidad, debe documentar y controlar el mismo en todas sus etapas y recomienda:

- Comprobar el grado de madurez de las frutas previo al inicio del proceso de maduración, las cuales deben tener madurez fisiológica, pero no de consumo, además de cumplir con las especificaciones de la norma de calidad.
- Realizar las actividades de preselección de las frutas, el lavado y secado o escurrido con ventiladores durante 20 minutos.
- Colocar las paletas o cajas de frutas dentro de la cámara de maduración a una altura y espacio adecuado que proporcione la dispersión del etileno.
- Verificar el tiempo, la concentración de etileno y de dióxido de carbono (por debajo 1 %), la circulación del aire, temperatura y humedad relativa.
- Monitorear los avances del proceso y muestrear las frutas para medir la firmeza hasta que llegue al punto de transferencia óptima.
- Retirar las frutas de la cámara una vez alcanzada la madurez deseada, de acuerdo al destino final.
- Realizar la selección de las frutas, el empaque y su colocación en cámaras con temperaturas de 8 °C y 10 °C, para detener el proceso de maduración y prolongar su vida de anaquel.

Es necesario mantener en las cámaras de maduración el control de los niveles de contaminación ambiental y realizar periódicamente su limpieza y desinfección.

8.3.7. RESULTADOS DE LAS INVESTIGACIONES EN POSCOSECHA PARA ALAGAR LA VIDA DE ANAQUEL DE LAS FRUTAS

Se han desarrollado otros estudios para mantener la calidad y extender la vida de anaquel de las guayabas. Tal es el caso de la aplicación de los reguladores del crecimiento. Deepthi *et al.* (2015) evaluaron el efecto de la inmersión de las frutas cv. 'Lucknow-49' en solución acuosa a diferentes concentraciones de ácido naftalen acético (100 mg/L y 200 mg/L), ácido giberélico (150 mg/L y 300 mg/L) y benziladenina (25 mg/L y 50 mg/L) por cinco min-10 min y almacenadas a temperatura de 10 °C ± 1 °C y HR de 90 % ± 5% durante 20 días. Los resultados en cuanto a los parámetros de calidad revelan una mejor y larga vida de anaquel de las guayabas con los tres tratamientos. Aunque el regulador benziladenina a 50 mg/L extiende la vida útil por más de 23 días con una calidad moderadamente aceptable.

Azam *et al.* (2020) en guayabas 'Golla' determinaron el efecto de la solución de ácido ascórbico a las concentraciones de 0 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L, 200 mg/L, sumergidas durante cinco minutos y almacenadas a temperatura de 25 °C ± 2 °C y HR superior al 80 %. El ácido ascórbico demuestra su potencial a la concentración de 200 mg/L en la mejora de los atributos de calidad, lo cual se evidencia en la reducción de las pérdidas de masa fresca y porcentaje de pudriciones, en la retención del pH y la relación SST/acidez. Así mismo, Choudhary y Jain (2018) en frutas 'Hisar Surkha' evaluaron el tratamiento de inmersión durante cinco minutos en selenio (solución acuosa de selenato de sodio) a 0,01 mg/L, 0,02 mg/L, 0,03 mg/L, 0,04 mg/L y 0,05 mg/L y almacenadas a temperatura ambiente durante 12 días. Comprobaron que a 0,02 mg/L se logra una disminución significativa de las pudriciones, las pérdidas de masa fresca (30,44 %) y la acidez titulable (7,90 %), además de la retención de la firmeza (34,13 %) en comparación con las frutas control.

El efecto de la aplicación de las sales de calcio ha sido estudiado en la poscosecha de guayabas. En frutas 'Media China' mantienen su firmeza y calidad (Jiménez, 2018). Guayabas 'Sardar' tratadas con nitrato de calcio 1 % y almacenadas a 6 °C - 8 °C conservan su calidad por 30 días (Mandal *et al.*, 2010) y las frutas del cv. 'Allahabad Safeda' tratadas con cloruro de calcio al 2 % tienen menores pérdidas de masa fresca (Mahajan *et al.*, 2011).

Se han utilizado otros tratamientos como la inmersión de guayabas en hidrogenofriamiento (2 °C por 10 minutos) y/o combinado con solución de ácido salicílico 4 mM y ácido cítrico a 2 mM y almacenadas a temperatura de 10 °C y HR de 90 % - 95 %. Estos indican que la técnica de hidrogenofriamiento

combinada con ácido salicílico mantiene la calidad de las frutas como la firmeza y acidez, decrece la incidencia de enfermedades, retarda los cambios de color y los SST durante 28 días en frigoconservación (Abd El-Aziz, 2020). Killadi *et al.* (2021) sugirieron que la inmersión de guayabas 'Shweta' en agua caliente a 45 °C por tres minutos y almacenadas a 5 °C ± 2 °C y HR de 85 % - 90 % es efectiva en la extensión de la vida de anaquel y mantiene su calidad por 28 días, y durante tres días en condiciones de ambiente. Además, conservan los componentes nutricionales como la vitamina C, polifenoles totales, flavonoides y antioxidantes.

También se ha propuesto la aplicación de nanomateriales, los cuales tienen muy buena aceptación en los alimentos y la agricultura (Alghuthaymi *et al.*, 2016; Sharma *et al.*, 2019). Estos se definen por un amplio rango de materiales que incluyen sustancias específicas, las cuales tienen una longitud menor que 100 nm (Laurent *et al.*, 2008; Sekhon, 2014), donde un nanómetro equivale a una mil millonésima partes de un metro. En el campo de la poscosecha de frutas y vegetales la tecnología de nanopartículas se ha empleado en el control de enfermedades y para el recubrimiento de naranjas (*Citrus sinensis* L. Osb) (Khoshtaghaza y Taghinezhad, 2017), limón (*Citrus limon* L. Osb) (Taghinezhad y Ebadollahi, 2017), uva (*Vitis vinifera* L.) (Youssef *et al.*, 2019), entre otros.

García-Betanzos *et al.* (2018) desarrollaron una película sólido lípido nanopartícula / goma xanthan (276 nm de diámetro) donde sumergen las guayabas 'Media China' que se almacenan a 10 °C y 85 % de HR por 32 días. Las frutas muestran una reducción de índice de pardeamiento y de las pérdidas de firmeza. Martínez-Ortiz *et al.* (2019) realizaron estudios recientes en guayabas sumergidas en una solución con microcápsulas que contiene ácido ascórbico, a las concentraciones de 6,25 % y 12,5 % y almacenadas a temperatura de 4 °C y HR de 65 % por 12 días. Las frutas presentan cambios significativos en los SST, pH y acidez titulable, y decrece de manera significativa el rango de respiración, firmeza y masa fresca a las dos concentraciones al igual que en las frutas control. Las guayabas recubiertas se maduran más lentamente y se reducen los cambios de color en comparación con las no tratadas.

8.4. PRINCIPALES DESÓRDENES PATOLÓGICOS Y FISIOLÓGICOS DE LAS FRUTAS. RECOMENDACIONES PARA SU MANEJO

8.4.1. DESÓRDENES PATOLÓGICOS

Las enfermedades que más inciden durante la poscosecha de las guayabas son las que se originan por hongos; ocasionan elevadas pérdidas. Entre el 90 % y 100 % de las frutas pueden ser afectadas (El-Sayed y Hassan, 2015).

Antracnosis es una de las principales enfermedades que daña a los diferentes cultivares del guayabo. Se desarrolla en todas las regiones productoras de este cultivo y es muy severa en zonas de abundantes lluvias y elevada humedad relativa (Lakshmi *et al.*, 2011; Chowdhury *et al.*, 2014). El agente causal es *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Penz & Sacc y *Colletotrichum psidii* Tan & Sing, los que ocasionan manchas de color pardo, de forma circular, tamaño pequeño a mediano. Al principio son superficiales y a medida que avanzan los días la pudrición se hunde y puede penetrar en la pulpa; sobre su superficie se observa una coloración naranja, típica de la esporulación del hongo. La alta severidad del daño en el mesocarpio afecta la calidad de las frutas frescas y de los productos transformados (Figura 2).



Fig.2. Frutas de 'Enana Roja Cubana' con lesiones típicas de antracnosis después de almacenadas a 16 °C ± 1 °C, HR de 85 %-90 % durante ocho días. Foto tomada por la autora.

Otras pudriciones que también deterioran a estas frutas son las que causan *Phomopsis psidii* De Camara, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl, *Aspergillus niger* Van Teigh, *Aspergillus* spp., *Mucor* spp., *Rhizopus* spp., *Macrophoma* spp., *Pestalotia* spp. (Droby *et al.*, 2011; Amadi *et al.*, 2014; Zahra, 2016; Gadgile, 2017). Las pérdidas por la pudrición apical debida a *Dothiorella* spp. afecta a más del 50 % de la producción en la planicie de Maracaibo del estado Zulia, en Venezuela; así como por *Pestalotiopsis* spp. y *C. gloeosporioides* (Pérez *et al.*, 2000). En Aksum, Etiopía en frutas cosechadas la frecuencia de *Pestalotia psidii* es de 32,1 %, *R. stolonifer* de 16 % y *A. niger* de 10,4 % (Matew, 2010). Según Soares-Colletti *et al.* (2014) en mercados de Brasil, las enfermedades más frecuentes en frutas de guayaba 'Kumagai' son las producidas por infecciones latentes como antracnosis, la mancha negra causada por *Guignardia psidii* Ullasa & Rawal y la pudrición por *Fusicoccum* spp. con incidencia de 23,6 % y 31,6 % respectivamente. Para las frutas del cultivar 'Pedro Sato' es antracnosis, con incidencia de 72,3 %.

En Cuba, las guayabas se afectan por los hongos *C. gloeosporioides*; *Pestalotia psidii* Pat., *Alternaria citri* Ellis & Pierce, *Botrydiplodia theobromae* Pat., *Phoma psidii* De Camara, *Rhizopus nigricans* Ehreub, *Phytophthora parasitica* Dastur (Álvarez, 2000). En frutas de 'Enana Roja Cubana' almacenadas a 16 °C ± 1 °C, HR de 75 % – 80 % durante ocho días y a 10 °C ± 1 °C y HR de 85 % – 90 % por 12 días, la incidencia de antracnosis y la pudrición estilar causada por *Phomopsis psidii* De Camara es de 53,4 % y 40 % (Paumier *et al.*, 2018) y 30,3 % y 39,39 % respectivamente (Rodríguez, 2020). Paumier *et al.* (2018) describieron las lesiones de la pudrición estilar con formas circulares y acuosas (Figura 3). Al transcurrir el tiempo la lesión puede avanzar, se torna blanda y de color pardo rojizo; en el área infectada aparecen picnidios del hongo de tamaño pequeño y color pardo brillante. En general, en el país no existen referencias actuales sobre la prevalencia y las pérdidas ocasionadas por las enfermedades durante la cosecha, poscosecha y comercialización de las frutas hacia los diferentes mercados.

Control

Muchas de las enfermedades poscosecha como antracnosis, la pudrición estilar, entre otras tienen su fuente de infección en las plantaciones, por lo que su control se basa principalmente en las aplicaciones de fungicidas en el campo para la reducción de la carga de inóculo. Otras medidas complementarias son el manejo de la poda sanitaria para la eliminación de ramas secas y de restos vegetales de una cosecha a otra, y la poda de aclareo para facilitar la entrada de luz y aeración de la planta. Además, son necesarios el empleo de cultivares resistentes o tolerantes en campo, adecuadas distancias de plantación, deshojes y raleo de frutas. Estas recomendaciones se describen en el Capítulo 6.

Diferentes investigaciones realizadas durante la poscosecha evidencian los resultados positivos en el control de las enfermedades en guayabas. En frutas inoculadas con *Colletotrichum simmondsii* se evaluaron los tratamientos con fosfitos [fosfito – K (40 % P₂O₅ y 30 % K₂O) y fosfito – Ca (10,7 % P₂O₅, 3,89 % Ca, 0,5 % B)] incluyendo el carbendazim como referencia, cloruro de calcio (CaCl₂), ácido acetil salicílico (ASA), agua caliente (47 °C por 20 min) y 1-metilciclopropeno (1-MCP) y la combinación de estos. El agua caliente y 1-MCP son los más efectivos en la reducción del diámetro de la lesión y el número de lesiones por antracnosis, como la combinación del agua caliente con el 1-MCP y fosfito (Freire *et al.*, 2015). También, la inmersión de guayabas en agua caliente a 48 °C por dos minutos, peróxido de hidrógeno (H₂O₂) al 2 % y cloruro de calcio (CaCl₂) al 2 % por cuatro minutos, además de



Fig.3. Fruta de 'Enana Roja Cubana' con lesiones típicas de la pudrición estilar después de almacenadas a 16 °C ± 1 °C, HR de 85 %–90 % durante ocho días. Foto tomada por la autora.

la fumigación con aceite de lemongrass (*Cymbopogon citratus* L.) (concentración de 6 ml/cartón) y la combinación de estos tratamientos, permiten que las frutas tengan menos pérdidas de masa fresca e incidencia de pudriciones y mayor vida de anaquel después de conservadas a temperatura de 8 °C ± 1 °C y 90 % de HR por 15 días. La infección por *Rhizopus* spp. se reduce a los 10 días de almacenadas (Ismail *et al.*, 2010).

Otros tratamientos como la aplicación combinada de extracto acuoso de orégano (*Origanum vulgare* L.) con el recubrimiento binario a base de concentrado de proteína de suero lácteo 4 % p/v y glicerol 10 % v/v en guayabas 'Pera' durante 60 segundos, mantiene por un mayor tiempo la vida de anaquel (45,9 días). Esto se debe al posible efecto antimicrobiano ejercido por el extracto, el cual limita el crecimiento de bacterias en la superficie de las frutas (González *et al.*, 2016). En guayabas 'Kumagai' sumergidas en etanol 40 % y 50 % durante 2 minutos y almacenadas a 25 °C se reduce la incidencia y severidad de antracnosis, sin cambios en sus atributos físico-químico. Cuando son almacenadas a temperatura de 10 °C y HR de 90 % durante 15 días y seguido de seis días a 25 °C y HR de 80 %; el etanol 40 % no reduce la incidencia de antracnosis, pero sí la severidad de la enfermedad (Scolfaro-Ponzo *et al.*, 2018).

Del mismo modo, la tecnología de irradiación gamma (⁶⁰Co) contribuye a una menor incidencia de los daños en guayabas 'Enana Roja Cubana' debido a la pudrición estilar y antracnosis. La dosis de 0,5 kGy y 1 kGy son las más efectivas para el control de la pudrición estilar y 0,3 kGy y 1 kGy para antracnosis (Rodríguez, 2020). Hassanein *et al.* (2018) observaron que, en frutas 'Baladi' irradiadas y almacenadas a 8 °C ± 1 °C y 90 % de HR por 20 días, se reduce significativamente la incidencia de enfermedades a 0,2 kGy y un control positivo a 0,4 kGy y 0,6 kGy.

8.4.2. DESÓRDENES FISIOLÓGICOS

Las guayabas se afectan por pardeamiento, el cual se caracteriza porque el color amarillo, típico del exocarpio de las frutas en estado de madurez de consumo, no es homogéneo. Los colores verdes, amarillos y pardos se entremezclan dando un aspecto de quemado al exocarpio (Figura 4) (Paumier *et al.*, 2018).

El pardeamiento se muestra cuando existen daños físicos o durante el envejecimiento que pueden incrementar la actividad de enzimas como la polifenoloxidasas. El oscurecimiento producido por esta enzima causa grandes pérdidas a la industria agroalimentaria (Vela, 2003). Asimismo, los daños mecánicos y la alta transpiración de las frutas ayudan a la presencia de este desorden (Paull y Cheng, 2014).

Paumier *et al.* (2018) informaron un 66,6 % de incidencia de pardeamiento en guayabas 'Enana Roja Cubana' durante el almacenamiento. Señalaron la necesidad de profundizar en las causas que lo originan, ya que las frutas fueron recolectadas de una plantación en asocio con mango (*Mangifera indica* L.) y la tecnología del cultivo es importante en la manifestación de esta sintomatología. Bower y Van Lelyveld (1985) y D'hallewin *et al.* (1994) refrieron que este trastorno fisiológico puede desarrollarse debido a algunos factores en los huertos antes de la cosecha como la fertilización y la combinación cultivar patrón. La temperatura, la HR en el campo y el estrés hídrico afectan la fisiología de la maduración de las frutas. Además, también pueden influir las condiciones de almacenamiento poscosecha, tales como el período de conservación, la temperatura y la atmósfera que rodea a las frutas. Del mismo modo, las vibraciones durante la transportación y el proceso de acondicionamiento de las frutas generan abrasión, variando en intensidad desde el frotamiento hasta la pérdida del exocarpio; en ocasiones estas adquieren coloración parda por oxidación (Yam Tzec *et al.*, 2010; Kassim *et al.*, 2013).



Fig.4. Frutas de 'Enana Roja Cubana' con lesiones típicas de pardeamiento después de almacenadas a 16 °C ± 1 °C, HR de 75 % – 80 % durante ocho días. Foto tomada por la autora.

El pardeamiento también está asociado a la conservación de las frutas a bajas temperaturas. Las guayabas en plena madurez de consumo son menos sensibles al daño por frío, que cuando se encuentran en estado verde – maduro. En este último estado, al igual que con madurez parcial de consumo, los síntomas de daño por frío favorecen el desarrollo anormal de la maduración, el pardeamiento del mesocarpio y exocarpio, y el aumento en la incidencia y severidad de las pudriciones, cuando se les transfiere a temperaturas más altas (Kader, 2003). En frutas 'Allahabad Safeda' después de dos semanas almacenadas a 5 °C, los síntomas por frío en el exocarpio se manifestaron con pardeamiento, picado y desecación (Tiwari *et al.*, 2006). Guayabas 'Media China' almacenadas a temperatura de 4 °C por cuatro semanas manifiestan severo daño por frío; presentan incapacidad para madurar, oscurecimiento en el exocarpio y un ablandamiento acelerado. Estos síntomas se asocian al incremento de la actividad de la enzima fosfolipasa D, alteración de la permeabilidad y funcionalidad de las membranas celulares, acelerando el ablandamiento de las frutas (Jiménez, 2018). Otros autores refieren que los síntomas de pardeamiento y la degradación de la membrana son inducidos por la acumulación de especies de oxígeno reactivo (EOR) durante las condiciones de estrés a que son sometidas las frutas (Mahajan *et al.*, 2017).

8.5. PROCESOS EN LAS EMPACADORAS DE FRUTAS PARA LA COMERCIALIZACIÓN

En el contexto actual son muy pocas las operaciones que se realizan durante la poscosecha de las frutas de guayaba. El proceso en las empacadoras comienza con la inspección por un supervisor autorizado que revisa la documentación fitosanitaria que acompaña al producto, se muestrea el 2 % de las frutas en la búsqueda de cualquier evidencia de infestación por larvas de moscas de la fruta. Para la inspección, las mismas se cortan a la mitad, el cargamento de frutas es rechazado si existen evidencias de la presencia de larvas vivas de moscas de la fruta.

Por su parte, el personal de control de calidad debe muestrear las frutas (al menos 25 frutas) por cada lote para evaluar su estado de madurez y los defectos, previo a la recepción en la empacadora.

Posteriormente las frutas se trasladan a la línea de empaque, donde se voltean de forma manual. En las esteras se ejecuta la primera selección para eliminar las que presenten lesiones por insectos –plagas, enfermedades, daños mecánicos, deformadas, restos de hojas y ramas. Después pasan al lavado para remover la suciedad y se sumergen en productos como el calcio (2 %) y el hipoclorito de sodio, este último de 100 mg/L a 150 mg/L durante 2 min a 3 min (Sánchez, 2012). Luego se secan, se clasifican por calibres, son empacadas y unitarizadas. Por ejemplo, en ocasiones son empacadas en bolsas de 25 libras de frutas; si se destinan a los supermercados a cada fruta se le coloca una malla protectora (espumado) y si es para el mercado local no se coloca la protección (García *et al.*, 2011). También, las frutas de exportación se envían en cajas de 4,5 kg (10 lb) en una sola capa, con fundas de espuma o envoltorios para evitar lesiones (Paull y Cheng, 2014).

En países exportadores de guayabas como México, se emplea la irradiación de frutas con un mínimo de dosis de 0,4 kGy hacia los mercados de Estados Unidos de América (Sing, 2010), así como la atmósfera controlada cuando se comercializan a mercados distantes como Japón y Europa (Brindis –Nateras *et al.*, 2016).

Durante la comercialización de las frutas es importante mantener la temperatura de frigoconservación. Otras vías de transportación son la aérea o marítima, que se emplean principalmente hacia los mercados distantes, como los de Europa y Asia.

Es esencial mantener la higiene en las empacadoras de guayabas. Los daños ocasionados por hongos en las frutas se pueden reducir con una adecuada higiene al disminuirse el potencial de inóculo y por consiguiente, los índices de pudriciones.

Las cajas plásticas que se utilizan durante la actividad de recolección de las frutas son portadoras de fuentes de inóculo al encontrarse en contacto directo con el suelo, estas se ensucian con restos de plantas (hojas, ramas), partículas de tierra e incluso en ocasiones se almacenan frutas podridas cargadas de esporas. Por ello, deben lavarse con agua caliente o detergente y desinfectarse periódicamente (González y Mulkay, 2011) con productos como hipoclorito de sodio 0,1 %, ortofenilfenato de sodio (SOPP 1 % –2 %), ortofenilfenol (OPP 100 mg/L–1500 mg/L) y formol 1 % –2 % (Martínez, 2005).

Es imprescindible que, al finalizar la jornada de trabajo en la empacadora se garantice la limpieza y desinfección de utensilios, herramientas, equipos de la línea de acondicionamiento o empaque, incluyendo la vestimenta de trabajo para reiniciar las labores poscosecha.

Las áreas de las plantas de acondicionamiento son reservorios de hongos, que se agravan cuando permanecen en ellas frutas podridas. Los almacenes y zonas de envasado deben desinfectarse regularmente con productos como cloro libre a 25 mg/L – 50 mg/L, solución de formaldehído 1 % – 2 %. Para las cintas transportadoras y los bancos de trabajo se emplean compuestos de amonio cuaternario. Después se realiza el aclarado para eliminar los restos de desinfectantes y luego el secado de las superficies (Tuset, 1999 y Larios, 2011).

Es necesario garantizar la higiene, salud y seguridad del personal que trabaja en este eslabón de la cadena y establecer prácticas dirigidas a asegurar la inocuidad y aptitud del producto, con énfasis en peligros microbiológicos.

Durante el proceso de acondicionamiento y empaque de las guayabas se determinan las pérdidas poscosecha y las causas que las originan por lote de frutas procesadas. Esto permite implementar estrategias dirigidas a minimizarlas y establecer líneas bases para la comparación de los resultados obtenidos después de aplicadas.

Los principales mercados de guayabas en Cuba son el interno ((turismo, agromercados, mercados agropecuarios especializados (MAE) y en frontera como es el caso de la Zona Especial de Desarrollo de Mariel. Para las frutas destinadas a estos mercados, su proceso de acondicionamiento se inicia con el volteo, desinfección con hipoclorito de sodio 150 mg/L, secado, empaque en cajas de cartón corrugados y frigoconservación. Se deberán cumplir las especificaciones de la norma cubana NC 340.

Actualmente en el país se proyecta incrementar la comercialización de guayabas con calidad para satisfacer la creciente demanda del mercado interno y en frontera, aspectos concebidos en la Estrategia de Desarrollo de los Frutales del Ministerio de la Agricultura.

Es impostergable lograr la capacitación del personal de las empacadoras desde el comienzo de cada temporada de cosecha, donde se incluya el análisis de temáticas asociadas al control de la calidad, procedimientos para el acondicionamiento de las frutas, inspección en los puntos críticos de control, promoviendo y socializando las Buenas Prácticas de Higiene y de Manufacturas.

En correspondencia con la necesidad de incrementar la comercialización de guayabas con calidad y minimizar las pérdidas poscosecha, se propone el flujo tecnológico para el acondicionamiento de frutas bajo las condiciones de producción y comercialización de Cuba (Figura 5) que permita cumplir con las exigencias del mercado interno y en frontera.

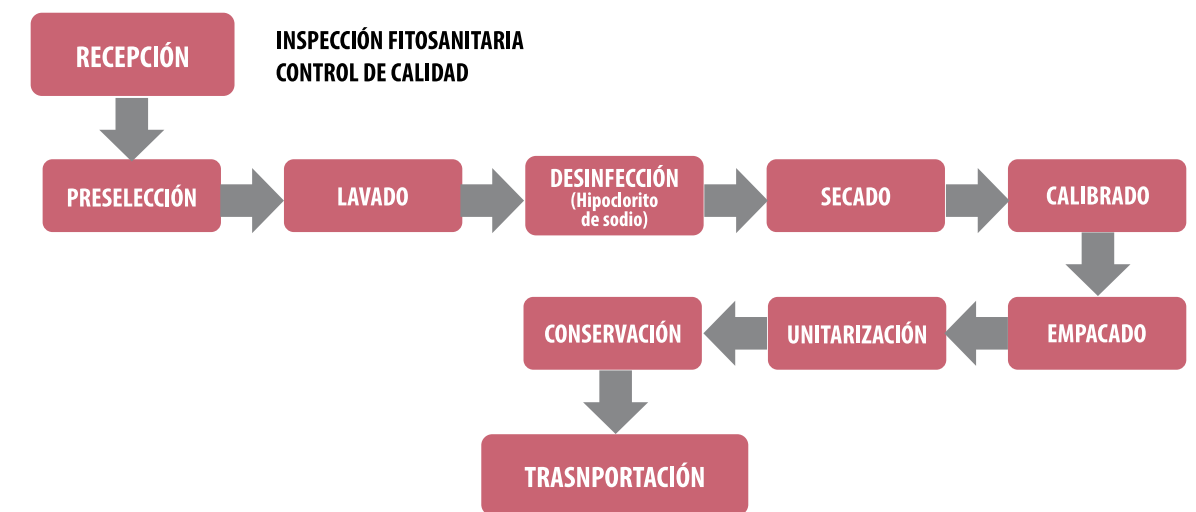


Fig.5. Flujo tecnológico para el acondicionamiento de guayabas con destino al mercado interno y en frontera bajo las condiciones de producción y comercialización en Cuba.

8.6. BIBLIOGRAFÍA

- Abd El-Aziz, M. 2020. Effect of Hydro-cooling and Immersion in Salicylic Acid and Citric Acid on Quality and Storability of Guava Fruits (*Psidium guajava* L.). *Annals of Agric. Sci., Moshtohor* 58 (3): 615–632.
- Abreu, J.R.; C. Santos; C.M. Abreu; A.C. Pinheiro and A.D. Correa. 2012. Ripening pattern of guava cv. Pedro Sato. *Ciência Tecnologia e Alimentos Campinas* 32(2) abr–jun: 344–350.
- Alghuthaymi, M.A.; A. A. Ali; A.F. Hashim and K.A.A. Abd-Isalam. 2016. Rapid method for the detection of *Ralstonia solanacea* rummy Isolation DNA from infested potato tubers based on magnetic nanotools. *Philipp. Agric. Sci.* 99: 113–118.
- Álvarez, D. 2000. Enfermedades fungosas reportadas en la guayaba. Curso Internacional de guayaba. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. 12 p.
- Amadi, J.; P. Nwaokike; G. Olanhan and T. Garuba. 2014. Isolation and identification of fungi involved in the post-harvest spoilage of guava (*Psidium guajava* L.) in Awka Metropolis. *International Journal of Engineering and Applied Sciences* 4(10): 7–12.
- Arrieta, A.; U. Baquero y J. Barrera. 2006. Caracterización fisicoquímica del proceso de maduración del plátano "Papocho" (Musa ABB Simmonds). *Revista Agronomía Colombiana* 24(1): 48–53.
- Azam, M.; L. Hameed; R. Qadri; S. Ejaz; A. Aslam; M. Khan; J. Shen; J. Zhang; M. Nafees; I. Ahmad; M. Ghani; J. Chen and N. Anjum. 2020. Postharvest ascorbic acid application maintained physiological and antioxidant responses of Guava (*Psidium guajava* L.) at ambient storage. *Food Sci. Technol. Campinas*. 7 p.
- Azzolini, M.; A. Jacomino; P. Fillete y M. Spoto, 2004. Estadios de maturacao e qualidade poscolheita de goiabas 'Pedro Sato'. *Rev Brasileira de Fruticultura* 26(1): 29–31.
- Azzolini M.; P. Jacomino; U. Bron; R. Klujje and M.Schiavinato. 2005. Ripening of "Pedro Sato" guava: study on its climateric or non climateric nature. *Braz. J. Plant Physiology* 17(3): 299–306.
- Balanta, D.; C. Grande y F. Zuluaga. 2010. Extracción, identificación y caracterización de quitosano del micelio de *Aspergillus niger* y sus aplicaciones como material bioadsorbente en el tratamiento de aguas. *Iberoamericana de Polímeros* 11(5): 297–316.
- Batista, P.; M. De Lima; D. Trindade; A. Araújo and R. Alves. 2012. Chemical characterization of guava fruit produced in submiddle of São Francisco Valley, Brazil. En: Abstracts 3rd International Symposium on Guava and other Myrtaceae. Petrolina, PE, Brasil. *Acta Horticulturae* 959. 223 p.
- Bautista, P.B. and E.M. Silva. 1997. Effect of CA treatments on guava (*Psidium guajava* L.) fruit quality. Department of Pomology, University of California. *Postharvest Horticulture Series* 17: 212–218.
- Berger H. 1996. Nuevas opciones en el manejo de fruta después de cosecha. En: Cultivo del palto y perspectivas de mercado. Publicaciones Misceláneas Agrícolas. Departamento de Producción Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Boletín (45):123 p.
- Brindis-Nateras, A.; E. Acosta-Gonzaga; A. Gordillo-Mejía y A. Gutiérrez-González. 2016. Medidas sustentables basadas en la tecnología para incrementar la calidad y productividad de la guayaba en la zona Oriente de Michoacán Editorial ECORFAN: 607–8324. 227 p.
- Bower, J. and I. Van-Lelyveld. 1985. The effect of stress history and container ventilation on avocado fruit polyphenoloxidase activity. *Journal Horticultural Science* (60): 545–547.
- Bustos-Griffin, E.; G.J. Hallman and R. L. Griffin. 2014. Phytosanitary irradiation in ports of entry: a practical solution for developing countries. *International Journal of Food Science and Technology* 50 (1):249–255.
- Burdon J.; N. Lallu; K. Haynes; J. McDermott and D. Billing. 2008. The effect of delays in establishment of a static or dynamic controlled atmosphere on the quality of 'Hass' avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology* 49: 61–68.
- Castro, J. K.; N. E. Cerquera y E. G. Gutiérrez. 2013. Determinación del color del exocarpio como indicador de desarrollo fisiológico y madurez en la guayaba Pera (*Psidium guajava* cv. Guayaba Pera), utilizando técnicas de procesamiento digital de imágenes. *Revista EIA* 10(19) enero–junio: 79–89.
- Choudhary, P. and V. Jain. 2018. Effect of post-harvest treatments of selenium on physico-chemical quality in guava (*Psidium guajava* L.) fruit. *Horticult. Int. J.* 2(2): 41–44.
- Chowdhury, S.M.; N. Sultana; G. Mostofa; B. Kundu and M. Rashid. 2014. Postharvest diseases of selected fruits in the wholesale market of Dhaka. Bangladesh. *J. Plant Pathology* 30(1–2): 13–16.
- De Mateo, Y. 2014. Centro de Acopio, Maduración y Comercialización. Manual de Operaciones. 139 p.
- Deepthi, V.; R. Chandra and D. Srihari. 2015. Effect of maturity stage and NAA, GA₃ and BA on the organoleptic quality of guava fruits (cv. Lucknow-49) during cold storage. *International Journal of Current Research* 7 (08) August: 19395–19405.
- D'Hallewin, G.; D. Mura; A. Piga; M. Pala and G. Lovicu. 1994. Rootstock effects on postharvest and pathological behavior of 'Avana' mandarin. *Acta Hort.* 368: 395–402.
- Dolkar, D., P. Bakshi and M. Gupta. 2017. Biochemical changes in guava (*Psidium guajava* L.) fruits during different stages of ripening. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 87(2): 257–260.
- Droby, S.; M. Israel and N. Benkeblia. 2011. Postharvest pathology of tropical and subtropical fruit and strategies for decay control. En: Yahia, E.M. (ed.) *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits* 3: 194–223.
- El-Sayed, M. and M. Hassan. 2015. Decay of Guava Fruit (*Psidium guajava* L.) Quality Caused by Some Mold Fungi. *Journal of Agricultural Technology* 11(3): 713–730.
- FAO. 2014. Ficha Técnica de la guayaba. Tomado de <http://www.archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pfrescos/Guayaba.HTM>. Recuperado 9 de octubre 2014.
- Ferrier, P.; E. Petersen and M. Landes. 2012. Specialty Crop Access to U.S. Markets: A Case Study of Indian Mangoes, ERR-142, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service. 39 p.
- Freire, A.; N. Lima; G. Lessa; M. Borges; C. Hidemi, M. Alvares da Silva; J. Peixoto and L. Bassay. 2015. Control of Post-harvest Anthracnose Infection in Guava (*Psidium guajava*) Fruits with Phosphites, Calcium Chloride, Acetyl Salicylic Acid, Hot Water, and 1-MCP. *Hort. Environ. Biotechnol.* 56(3): 330–340.
- Fuentes-Ruiz, A.; A. Arreola-González, M. Domínguez-Espinosa y T. Jaime-Ornelas. 2019. Diseño y evaluación de un recubrimiento comestible para alargar la vida de anaquel de guayaba (*Psidium guajava* L.). CA7. Memorias IV Congreso en tendencias en ciencias de alimentos y desarrollo tecnológico: 61–63.
- Gadgile, D. 2017. Post-harvest fungal diseases of guava: A brief review. *International Journal of Processing and Post Harvest Technology* 8(1) June: 56–58.
- Gálvez, J.C. y G.V. Buitimea. 2008. Uso de la radiación en la conservación de alimentos. *Revista Universidad de Sonora* 22: 29–31.
- García-Betanzos, C.I.; H. Hernández-Sánchez; D. Quintanar-Guerrero; M.J. Galindo-Pérez, and M. L. Zambrano-Zaragoza. 2018. Influence of solid lipid nanoparticle/xanthan gum coatings on compositional and enzymatic changes in guava (*Psidium guajava* L.) during ripening. *Acta Hort.* 1194: 289–296.
- García, C.; K.I. Cury y S. Dussán. 2011. Comportamiento poscosecha y evaluación de calidad de fruta fresca de guayaba en diferentes condiciones de almacenamiento. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín* 64(2): 6207–6212.
- García-Mera, G.A.; C.A. Salas-Macías y H.G. Canales-Torres. 2017. Recubrimiento comestible natural con base en Aloe vera como estrategia de conservación de *Psidium guajava* L. *Revista Científica* 30(3): 224–236.

- Getinet, H.; T. Workneh and K. Woldetsadik. 2011. Effect of maturity stages, variety and storage environment on sugar content of tomato stored in multiple pads evaporative cooler. *Afr. J. Biotechnol.* 10 (80):18481–18492.
- Giovannoni, J. 2001. Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Plant Physiology* 52:725–749.
- González, J. y T. Mulkay. 2011. Los detergentes y su aplicación en la poscosecha de los frutos. Boletín NOTICITRIFRUT N°1 Enero–Junio. 4 p.
- González, R.; Y. Cervantes y L. del C. Caraballo. 2016. Conservación de la guayaba (*Psidium guajava* L.) en postcosecha mediante un recubrimiento comestible binario. *Temas Agrarios* 21(1) Enero – Junio: 54–64.
- Gregori, G. 2007. La transpiración de frutas y verduras. 17° Simposio de Internacional Phytoma INFOPOST 4: 2 pp.
- Gutiérrez–Guzmán, N.; S. Dussan Sarria y J. Castro–Camacho. 2012. Fisiología y atributos de calidad de la guayaba "Pera" (*Psidium guajava* cv. "Pear") en poscosecha. *Revista de Ingeniería* (37): 26–30.
- Hallman, G.J.; N.M. Levang–Brilz; J.L. Zettler and I.C. Winborne. 2010. Factors affecting ionizing radiation phytosanitary treatments and implications for research and generic treatments. *Journal of Economic Entomology* 103: 1950–1963.
- Hallman, G. J. and C. M. Blackburn. 2016. Review. Phytosanitary Irradiation. *Foods* 5(8): 2–10.
- Hassanein, R.; E. Salem and A. Zahran. 2018. Efficacy of coupling gamma irradiation with calcium chloride and lemongrass oil in maintaining guava fruit quality and inhibiting fungal growth during cold storage. *Folia Hort.* 30(1): 67–78.
- Herianus, J.D.; L.Z. Singh and S.C Tan. 2003. Aroma volatiles production during fruit ripening of 'Kensington Pride' mango. *Postharvest Biol. Technol.* 27: 323–333.
- Hong, K.; J. Xie; L. Zhan, D. Sun and D. Gong. 2012. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. *Scientia Hort.* 144: 172–178.
- Ismail, O.; E. Abd El–Moniem; A.S.E. Abd–Allah and M.A.A. El–Naggar. 2010. Influence of some postharvest treatments on guava fruits. *Agric. Biol. J. N. Am.* 1(6): 1309–1318.
- Jianglian, S. and Z. Shaoying. 2013. Application of chitosan based coating in fruit and vegetable preservation: A Review. *Journal Food Process Technology* 4: 227 p.
- Jiménez, J.E. 2018. Estudio de factores que afectan la resistencia mecánica de los frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) durante su maduración. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias de los Alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro. México. 149 p.
- Jupeng, Z.; M. Jun; W. Mutao; J. Xiaoguo; W. Zhanggen; L. Fan and Z. Guoping. 2016. Gamma radiation as a phytosanitary treatment against larvae and pupae of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in guava fruits. *Food Control* 17(1): 1–7.
- Kabbashi, K.; I. Saeed and M. Adam. 2017. Extending shelf life of guava fruits by mint oil and UVC treatments. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)* 2(5) Sep–Oct: 2761–2769.
- Kader, A.A. 2003. A summary of CA requirements and recommendations for fruits other than apples and pears. *Act. Horticulturae* 600. 737–740.
- Kader, A.A. and E.M. Yahia. 2011. Postharvest biology of tropical and subtropical fruits. En: Yahia, E.M. (ed.). Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK. *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits* (1):79–111.
- Kader, A. 2013. Guayaba. Recomendaciones para mantener la calidad poscosecha. Tomado de <http://www.poshasvertecnology/maintanigPrduceQuaity&Safety>. Recuperado 22 de enero 2015.
- Kassim, A.; T. Workneh and C. Bezuidenhout. 2013. A review on postharvest handling of avocado fruit. *African Journal of Agricultural Research* 8(21): 2385–2402.
- Khoshtaghaza, M.H. and E. Taghinezhad. 2017. Investigation effect of particle Nano coating on storage quality properties of Thomson orange. *J. Food Sci. Technol. Mys.* 13: 113–125.
- Killadi, B.; P.S. Gurjar; J. Lenka; R. Chaurasia and D.K. Shukla. 2021. Optimization of hot water treatment of guava fruits cv. 'Shweta' to prolong cold storage. *International Journal of Chemical Studies.* 9(1): 410–415.
- Kumar, A.; O. Singh and K. Kohli. 2017. Post–harvest changes in functional and sensory properties of guava (*Psidium guajava* L. cv. Pant Prabhat) fruits as influenced by different edible coating treatments. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 6(6):1109–1116.
- Lakshmi, B.K.M.; P.N. Reddy and R.D. Prasad. 2011. Cross infection potential of *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. isolates causing anthracnose in subtropical fruit crops. *Tropical Agricultural Research* 22(2): 183–193.
- Larios, J.D. 2011. Manual del curso de manipulador de frutas y hortalizas. Ed. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. p. 5–26.
- Laurent, S.; D. Forge; M. Port; A. Roch; C. Robic; L. Vander Elst and R.N. Muller. 2008. Magnetic iron oxide nanoparticles: Synthesis, stabilization, vectorization, physicochemical characterizations, and biological applications. *Chem. Rev.* 108: 2064–2110.
- Mahajan, B.; C. Ghuman; S. Bons and K. Harsimrat. 2011. Effect of postharvest treatments of calcium chloride and gibberellic acid storage behaviour and quality of guava fruits. *Journal of Horticultural Ornamental Plants* 3(1): 38–42.
- Mahajan, B. V.; K. S. Gill and H. S. Dhaliwal. 2017. Effect of storage period on various physiological, biochemical and enzymatic parameters of guava (*Psidium guajava* L.) fruit. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences* 5(6):846–851.
- Maherani, B. F.; P. Criado; Y. Ben–Fadhel; S. Salmieri and M. Lacroix. 2016. Review world market development and consumer acceptance of irradiation technology. *Foods* 5 (79): 2–21.
- Maldonado, N.E. 2013. Cinética de la maduración de la guayaba. Tesis presentada para obtener el grado de Master en Ciencias biológicas. Univ. Michoacán de San Nicolas de Hidalgo. México. 97 p.
- Mandal, G.; H.S. Dhaliwal and B.V.C. Mahajan. 2010. Effect of pre–harvest calcium sprays on post–harvest life of winter guava (*Psidium guajava* L.). *Journal of Food Science and Technology, Mysore* 47(5): 501–506.
- Mathew, S. 2010. Prevalence of fungi on the postharvest guava (*Psidium guajava* L.) in Askum. *Int. J. Pharmaceutical. Sci. Res.* 1: 145–149.
- Martínez, M. 2005. Principales enfermedades en postcosecha. Tratamiento y manipulación de los frutos cítricos en la postcosecha. Tema 8.1. Ed. Grupo FOMESA SA, Universidad Politécnica de Valencia y el Instituto Valenciano de Investigaciones Agraria. 28 p.
- Martínez–Ortiz, M.A.; H.M. Palma–Rodríguez; E. Montalvo–González; S.G. Sayago–Ayerdi; R. Utrilla–Coello and A. Vargas–Torres. 2019. Effect of using microencapsulated ascorbic acid in coatings based on resistant starch chayotextle on the quality of guava fruit. *Sci. Hort.* 256. p. 108604.
- Meir, S.; D. Naiman; M. Akerman; J. Hyman; G. Zauberman and Y. Funch. 1997. Prolonged storage of Hass avocado fruit using modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology* 12: 51–60.
- Mercado–Silva, E.; P. Bautista and M. García–Velasco. 1998. Fruit development, harvest index and ripening changes of guavas produced in Central México. *Postharvest Biology and Technology* 13: 143–150.
- Miranda, A.; A. Alvis y G. Arrazola. 2014. Efectos de dos recubrimientos sobre la calidad de la papaya (*Carica papaya*) variedad Tainung. *Temas Agrarios* 19(1): 7–18.

- Mitra, S. K.; H. L. Devi; I. Chakraborty and P. K. Pathak. 2012. Recent development in postharvest physiology and storage of guava. II *Acta Horticulturae* 959: 89–96.
- Mohamed–Nour, I. A. and A.B.A. Abu–Goukh. 2010. Effect of ethrel in aqueous solution and ethylene released from ethrel on guava fruit ripening. *Agric. Biol. J. N. Am.* 1(3): 232–237.
- Moreno, D. y E. Prieto. 2017. La irradiación como método alternativo para el tratamiento poscosecha de frutos. *CitriFru* 34(1): 3–11.
- Mulkay, T. 2016. Caracterización, evaluación de híbridos y programación de cosecha de guayabo (*Psidium guajava* L.). Informe Anual. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. cod.2009. 51p.
- Mulkay, T.; M. Suárez y A. Paumier. 2020. Indicadores de calidad de la guayaba 'Enana Roja Cubana EEA 18–40' durante la conservación poscosecha. *Centro Agrícola* 47(4) Octubre–Diciembre:73–80.
- Nisha, J.; D. Kamal; M. Sarla and S. Randhir. 2003. Biochemistry of fruits reopening of guava (*Psidium guajava* L.) compositional and enzymatic changes. *Plant Food for Human* 8: 309–315.
- Norma Cubana NC 680. 2009. Irradiación de alimentos. Requisitos sanitarios generales. 20 p.
- Norma Cubana NC 340. 2015. Guayaba–Especificaciones. ICS: 67.080. 2da. Edición, en proceso de revisión. 11 p.
- Norma General del Codex para los Alimentos Irradiados, CODEX STAN 106 –1983, Rev.1–2003. 20 p.
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). 2017. Manual de buenas prácticas para la irradiación de alimentos aplicaciones sanitarias, fitosanitarias y de otro tipo colección de informes técnicos nº 481. 108 p.
- Padilla, R.J.S.; G.E. González; G.J.A. Osuna; B.M.H. Pérez y L. R. Sánchez. 2010. Influencia de la temperatura y precipitación sobre los sólidos solubles de la guayaba (*Psidium guajava* L.). In: Memoria de la V Reunión Nacional de Innovación Agrícola. Campeche, Cam. p. 251.
- Pal, P.K and R.W. Buescher. 1999. Respiration and ethylene evolution of certain fruits and vegetable in response to CO₂ in controlled atmosphere storage. *Journal of Food Science and Technology*. 29: 29–32.
- Pal, R.K.; S.P. Singh; C.P. Singh and A. Ram. 2007. Response of guava fruit (*Psidium guajava* L. cv. Lucknow–49) to control atmosphere storage. *Acta Hort.* 735: 547–554.
- Parra–Coronado, A. 2014. Maduración y comportamiento poscosecha de la guayaba (*Psidium guajava* L.). Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 8(2): 314–327.
- Parambir, K.; J. Brar and K. Gill. 2017. Response of guava fruits to post harvest treatments of 'chitosan' under cold and ambient storage conditions. *International Journal of Science, Environment and Technology* 6 (3): 1948–1955.
- Paull, R. and CH. Cheng. 2014. Guava: postharvest quality–maintenance guidelines. *Fruit, Nut, and Beverage Crops* (41). 3 p.
- Paumier, A.; M. Suárez y T. Mulkay. 2018. Defectos de mayor incidencia que deterioran la calidad comercial en frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.) 'Enana Roja Cubana EEA 18–40'. *CitriFru* 35(2) jul–dic: 33–40.
- Pérez, E.; R. Santos; A. Montiel; M. Marín y L. Sandoval. 2000. Micoflora del ambiente de una plantación de guayabo (*Psidium guajava* L.) en la planicie de Maracaibo del estado Zulia. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* (17): 373–383.
- Porat, R.; B. Weiss; I. Zipori and A. Dag. 2009. Postharvest longevity and Responsiveness of guava varieties with distinctive climacteric behaviors to 1–Methyl–cyclopropene. *Hort. Technology* 19(3): 580–585.
- Prieto, E.; A. Chávez; A. Moreno; R. Rodríguez y B. Pérez. 2019. Aplicación de la tecnología de irradiación en Cuba: Actualidad y perspectiva. *Revista Nucleus* 66: 6–11.
- Reddy, T.; P. Sukumar; B. Dilip; A. Chinapolaiah and G.C. Gangaram. 2016. Effect of gamma irradiation on shelf life of guava (*Psidium guajava* L.) cv. Allahabad Safeda. *Progressive Research–An International Journal* 11 (Special–VII): 4766–4770.
- Rodríguez, L.; L. López y M. García. 2010. Determinación de Distintos Estados de Madurez de Frutas de Consumo habitual en Colombia, Mora (*Rubus Glaucus* B.), Maracuyá (*Pasiflora Edulis* S), Guayaba (*Psidium Guajava* L.) L.) y Papayuela (*Carica Cundinamarcensis* J.). *Revista Alimentos Hoy*. 21(1) enero–diciembre: 35–42.
- Rodríguez, L.M. 2020. Efecto de la irradiación gamma (Co⁶⁰) en la calidad poscosecha de las frutas de guayaba 'Enana Roja Cubana EEA 18–40'. Tesis presentada en la opción de Ingeniero Agrícola. Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Cuba. 74 p.
- Sánchez, J. 2012. Determinar la presencia de microorganismos patógenos en la guayaba orgánica (*Psidium guajava* "variedad ICA I") después de tratamientos de poscosecha lavado y desinfección del centro agropecuario (La granja) del servicio nacional de aprendizaje (SENA) de la regional Tolima, Colombia. Tesis. 67 p.
- Sau, S.; P. Datta; T. Sarkar and S. Sarkar. 2018. Impact of low doses of gamma irradiation on off-season guava at ambient storage condition. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 7(01): 295–307.
- Sekhon, B.S. 2014. Nanotechnology in agri–food production: An overview. *Nanotechnol. Sci. Appl.* 7: 31–53.
- Scolfaro–Ponzo, F.; E. A. Benato; B. M. Pereira da Silva and P. Cia. 2018. Ethanol on the postharvest control of anthracnose in 'Kumagai' guava. *Bragantia, Campinas* 77(1): 160–167.
- Sharma, S.; S. Jaiswal; B. Duffy and A.K. Jaiswal. 2019. Nanostructured materials for food applications: Spectroscopy, microscopy and physical properties. *Bioengineering* 6: 26 p.
- Sing, S.P. 2010. Prospective and retrospective approaches to postharvest quality management of fresh guava (*Psidium guajava* L.) fruit in the supply chain. *Fresh Produce* 4 (Special issue 1): 36–48.
- Singh, H.; D. Singh; V. Satish; G. Vikas; N. Kaushal and A. Singh. 2017. Edible oil coatings prolong shelf life and improve quality of guava (*Psidium guajava* L.). *Int. J. Pure App. Biosci.* 5 (3):837–843.
- Soares–Colletti, A.; I. Fischer and S. Lourenço. 2014. Incidence of postharvest diseases on 'Kumagai' and 'Pedro Sato' guavas at whole sale markets in Brazil. *Tropical Plant Pathology* 39(6):478–482.
- Solarte, M.; A. Hernández; J. Morales; P. Fernández y M. Melgarejo. 2010 a. Caracterización fisiológica y bioquímica del fruto de guayaba durante la maduración. En: Morales, A.L. y L. M. Melgarejo (eds.). Desarrollo de productos funcionales promisorios a partir de la guayaba (*P. guajava* L.) para el fortalecimiento de la cadena productiva. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. p. 85–119.
- Solarte, M. y L. Melgarejo. 2010 b. Calendario fenológico de la guayaba en la Hoya del Río Suárez. En: Morales, A. y Melgarejo, L. (eds.). Desarrollo de productos funcionales promisorios a partir de la guayaba (*Psidium guajava* L.) para el fortalecimiento de la cadena productiva. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Maduración y comportamiento poscosecha de la guayaba (*Psidium guajava* L.). p. 59–82.
- Suárez, J.; M. Pérez y A. Giménez. 2009. Efecto de la temperatura y estado de madurez sobre la calidad poscosecha de la fruta de guayaba. *Revista UDO Agrícola* 9(1): 60–69.
- Suárez, M. 2016. Contribución al desarrollo de la poscosecha de frutas de guayaba 'Enana Roja Cubana EEA–18–40' con destino al sector del turismo de la empresa 'Cítricos Ceiba'. Tesis presentada para obtener el grado de Máster en Ciencia. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Cuba. 60 p.
- Taghinezhad, E. and A. Ebadollahi. 2017. Potential application of chitosan–clay coating on some quality properties of lemon during storage. *Agric. Eng. Int.* 19:189–194.

- Tiwari, S.; D.K. Tandon and E.B. Esguerra. 2006. Chilling injury as an indicator of critical temperature for cold storage of guava (*P. guajava* L.) cv. Allahabad Safeda. *Int. J. Postharv. Technol. Innov.* 1(2): 170–177.
- Tuset J. 1999. Perspectiva del control de las podredumbres en la postcosecha de cítricos. *Levante Agrícola. Especial de postcosecha*: 272–280.
- Valera, A. M; J. Zambrano; W. Materano y Y. Ruiz. 2019. Calidad fisicoquímica de frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.) recubiertos con mucílago de cactus almacenados bajo refrigeración. *Revista Academia-Trujillo-Venezuela* 18 (41) Enero–Junio: 49–58.
- Vargas, J. 2015. Aplicaciones de la radiación gamma en frutas y hortalizas. Perspectivas agroindustriales para el espárrago peruano. Lima, Perú. 5 p.
- Vela, C. J. 2003. Purificación y caracterización cinética de polifenoloxidasas de tomate. Alicante: Universidad de Alicante. 60 p.
- Vieira, S.M; R. Adalton; B. Benedetti; R. A. de Oliveira, P. Gómez and A.P de Toledo. 2014. Effect of ultraviolet–C radiation on “Kumagai” guavas infested by *Ceratitis capitata* (Diptera–Tephritidae) and on physical parameters of Postharvest. *Scientia Horticulturae* 165: 295–302.
- Vishwasrao, Ch. and L. Ananthanarayan. 2016. Postharvest shelf–life extension of pink guavas (*Psidium guajava* L.) using HPMC–based edible surface coatings. *Journal Food Science and Technology* 53(4) April: 1966–1974.
- Yadav, M.; K. Kirtivardhan; P. Singh and P. Singh. 2017. Irradiation and Storage Temperature Influence the Physiological Changes and Shelf Life of Mango (*Mangifera indica* L.) *American Journal of Plant Biology* 2(1): 5–10.
- Yam Tzec, J.; P. Villaseñor; K. Romantchik; M. Soto y P. Peña. 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.
- Youssef, K.; A.G. de Oliveira; C.A. Tischer; I. Hussain and S.R. Roberto. 2019. Synergistic effect of an ovelchitosan/silica nanocomposites–based formulation against gray mold of table grapes and its possible mode of action. *Int. J. Biol. Macromol.* 141: 247–258.
- Zahra, I.E.G. 2016. Isolation and identification of fungi associated with fruits sold in local markets. *Internat J. Res. Studies Biosci.* 4(11):61–64.





CAPÍTULO 9

INDUSTRIALIZACIÓN

Jorge L. Leyva Rodríguez
Sheyla Abreu Saiz
Jennifer Mackay Hernández
Yunisleidys Ramos Lage
Carolina Sera Rodríguez
Guadalupe M. Borges Caballero

9.1. INTRODUCCIÓN

El fruto del guayabo es una baya de variadas formas, tamaños y peso. La coloración de su pulpa puede ser desde blanca, amarilla hasta roja o rosada; su sabor y olor característicos lo hace muy apetitoso al paladar. Las guayabas verdes o maduras se consumen como fruta fresca, pero debido a que son altamente perecederas, su principal destino es el procesamiento industrial.

Dependiendo del cultivar así será su contenido de pulpa, algunos apenas poseen semillas, lo cual reviste gran importancia para la industrialización. Su importancia desde el punto de vista industrial, radica fundamentalmente en sus capacidades pulposas para la obtención de puré, mermeladas, jaleas, dulce, jugos y néctares. Sin embargo, el fruto en general es aprovechable debido a su potencial para la elaboración de pectinas y la obtención de aceites a partir de sus semillas. Existen numerosas recetas para utilizar la guayaba deshidratada como saborizante de helados, pudines y otros productos (Mora, 2007).

El potencial agroindustrial de este cultivo, su sabor inigualable acompañado de sus excelentes propiedades nutricionales y un trasfondo cultural en la gastronomía de muchos países latinoamericanos hacen presente este fruto en la vida cotidiana de sus consumidores. Posee elevados niveles en el contenido de vitamina C, por lo que se recomienda para mantener una buena salud. Algunas referencias bibliográficas lo sitúan en la Segunda Guerra Mundial, por la utilización de su jugo para hidratar y proveer de vitamina C a las tropas aliadas (Ligorguro y Sierra, 2015).

La comercialización de las frutas frescas de guayaba es muy limitada. Los países que la comercializan en fresco tienen una participación de un orden menor al 0,10 % del total de alimentos exportados. Sin embargo, el comercio de procesados a partir de guayaba va ganando espacios en los mercados europeos, aunque su preferencia sigue siendo menor comparada con el de otros productos tropicales. Con gran aceptación y demanda en los mercados nacionales e internacionales, la guayaba es una fruta de gran potencial comercial para las zonas tropicales y subtropicales donde actualmente se elevan los importes de venta y exportación de las frutas y sus derivados a los mercados europeos (Páez, 2019).

En Cuba actualmente el fruto del guayabo es uno de los de mayor producción y venta. Se conoce que su producción data de principios del siglo XVIII. Como dato curioso se refiere que el dulce de guayaba tuvo su lugar de origen en Puerto Príncipe (Camagüey). Se cuenta que las frutas eran tan abundantes que muchos pidieron licencia para establecer fábricas y puestos de ventas. Este dulce se conservaba en cajas de fragante cedro, en botes de cerámica o en latas barnizadas por dentro. Se dice que la guayabera, camisa campesina con grandes bolsillos, surgió para llevar en ellos las guayabas (Jácome, 2015).

Con el desarrollo de la agroindustria se han encontrado diversos productos que pueden ser elaborados con este fruto. Entre ellos se mencionan los néctares, mermeladas, jaleas y los cascos de guayaba. Este último es uno de los productos más conocidos y codiciados tanto en Cuba como en el área del Caribe.

9.2. PRINCIPIOS PARA LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

La transformación industrial y conservación de frutas tropicales son mecanismos empleados para protegerlas contra los microorganismos y otros agentes responsables de su deterioro. Ello permite

que se puedan consumir productos apetitosos durante todo el año, en muchos casos con sabor, olor, textura y valor nutritivo original, muy similar al del fruto fresco.

La conservación de los alimentos puede definirse como el conjunto de tratamientos que prolongan su vida útil, manteniendo sus atributos de calidad que incluyen el color, la textura, el sabor y especialmente, su valor nutritivo. Esta definición involucra factores internos y externos en una amplia escala de tiempos de conservación que incluyen, desde periodos cortos, dados por el empleo de métodos artesanales o domésticos de cocción y almacenaje en frío, hasta periodos muy prolongados dados por procesos industriales estrictamente controlados como la conservería, los congelados y los deshidratados.

Dentro de los factores externos se tienen en cuenta: temperatura, concentración de oxígeno, humedad relativa y/o actividad de agua, luz, presión, vibración, y esfuerzos mecánicos, aplicados a tecnologías de transformación cero. Como factores internos es común controlar el pH o acidez (decisivo para determinar si el alimento debe ser esterilizado o pasteurizado); contenido de sólidos solubles totales (SST) en grados Brix (°Bx), contenido de sal, entre otros, que no pueden ser controlados solamente por las tecnologías de transformación (Guevara y Cancino, 2008).

Recientemente se han estudiado y aplicado novedosos métodos de conservación que conllevan a la destrucción microbiana, también denominados tecnologías emergentes. Entre ellos pueden mencionarse la irradiación, las altas presiones hidrostáticas, y los pulsos eléctricos, entre otros que inactivan la carga microbiana e impiden la reproducción del microorganismo, proceso que resulta imprescindible en términos de conservación. Sin embargo, pueden llegar a ser costosos y poco viables para procesos artesanales a pequeña escala. Estos prefieren la aplicación de métodos más tradicionales como son el uso de bajas temperaturas, la modificación de la atmósfera, métodos químicos, la manipulación de la concentración (deshidratación, evaporación, cristalización y destilación), entre otros, que permiten controlar la carga microbiana en el tiempo planificado y con el tratamiento adecuado.

9.3. LA CONSERVACIÓN DE FRUTAS

Los procesos de transformación de las frutas modifican su forma y su ambiente circundante. Si se combinan con tratamientos térmicos, se producen cambios químicos y estructurales externos e internos tales como la osmódeshidratación, la plasmólisis, y la inactivación enzimática y microbiana entre otros (Aguilar, 2012). Todo ello potencia la seguridad alimentaria y mejora el sabor, aroma y/o apariencia de los productos por periodos más prolongados de tiempo. Además, contribuyen a la variabilidad de la dieta aportando los nutrientes necesarios para la conservación de la salud (calidad nutritiva en los alimentos) y la generación de ganancias a lo largo de la cadena productiva.

Actualmente se puede hablar mucho sobre las novedades en el sector agroindustrial de los alimentos, con técnicas de preservación que van desde las más simples como el secado solar y la fermentación, hasta las más complejas como la irradiación y la liofilización. El creciente desarrollo de industrias a pequeña escala (minindustrias, microindustrias) ha permitido el rescate de métodos sencillos como la conservería, los concentrados, deshidratados y fermentados en aras de llegar a la mesa del consumidor con productos sanos e ino cuos, con calidad. Estos métodos coinciden con un conjunto de operaciones y/o procesos generales que son comunes a los empleados por las grandes industrias transformadoras para su producción (Mackay *et al.*, 2019).

Dependiendo del tipo de fruta, la porción comestible puede ser recuperada en forma de trozos, puré o jugos. La forma en que la fruta se procesa también determina el producto final para el cual será destinada. Existen diversos mecanismos de conservación de frutas y hortalizas, diferentes de acuerdo al empleo de sustancias preservantes, como son la adición de salmueras, jarabes y vinagretas. Estos medios naturales de conservación, combinados con procesos de esterilización, cocción y deshidratación, protegen el producto de la oxidación, la putrefacción y la recontaminación.

En el caso de los procesos industriales, donde la conservación se realiza por esterilización, deshidratación o congelación, no se produce desarrollo microbiano, por lo tanto, el alimento que se elab

bora es seguro para el consumo. Además, se debe tener en cuenta que el uso de envases adecuados es particularmente importante, si se considera que los procesos como la esterilización no tendrían ninguna validez si su envase influye en la recontaminación del producto final.

El método más utilizado tradicionalmente para la conservación de frutas es el tratamiento térmico, una tecnología efectiva, económica y de fácil disponibilidad. A cambio, en muchos casos se producen pérdidas importantes en la calidad sensorial y nutricional de los alimentos. Su principal inconveniente radica en su inespecificidad; el calor, además de destruir microorganismos, afecta el valor nutritivo y las propiedades sensoriales de los alimentos. Los nuevos hábitos de consumo llevan al consumidor a ser más exigente con la calidad de los productos que compra, planteándose adquirir productos lo más libres de aditivos posible y que presenten una mayor calidad nutritiva y sensorial (García-Parra *et al.*, 2014).

Industrias transformadoras con tecnologías de avanzada incorporan en la fase de trituración o despulpado y calentamiento un proceso de desaieración del producto, para la inactivación enzimática bajo vacío y evitar oxidaciones por la presencia de la polifenoloxidasas. Con este proceso se logran productos de mayor consistencia porque se protegen más las pectinas presentes, así como se degradan menos las vitaminas, fundamentalmente la vitamina C. Este tipo de tecnología se utiliza entre otras frutas, para la guayaba. Con ella se logra una alta eficiencia y calidad de la pulpa, permitiendo concentrarla hasta 16 °Brix como máximo sin que se afecten las propiedades organolépticas del producto final (Cabrera, 2010).

Proveer alimentos sanos, ino cuos y de calidad a los consumidores es la clave para la conservación de los alimentos derivados de los frutales. Seleccionar correctamente la tecnología y el método de conservación a utilizar, permite aprovechar al máximo la materia prima, disminuir las pérdidas y diversificar la dieta. En la Tabla 1 se enuncian algunos de estos métodos.

Tabla 1. Métodos de conservación de productos transformados de frutas.

BAJAS TEMPERATURAS	Refrigeración (frutas, etc.)
	Congelación (jugos simples y concentrados)
ALTAS TEMPERATURAS	Pasteurización (pulpas, jugos)
	Esterilización (enlatados)
CONSERVANTES NATURALES	Azúcar (mermeladas, almíbares, pastas)
	Sal (salsas, encurtidos)
ACIDEZ	Regulación del pH (jugos, encurtidos, fermentados, adobos)

La mayoría de estos métodos involucran una combinación de técnicas. Puede utilizarse una combinación entre congelación y deshidratación y conservas, pasteurización y fermentación. Además, siempre existe la necesidad de contar con envases y embalajes adecuados que aseguren la protección del alimento contra microorganismos.

9.4. APOORTE NUTRITIVO DE LA FRUTA DE GUAYABA TRANSFORMADA

La guayaba es una fruta tropical muy apetecible al paladar tanto para el hombre como para los animales. Aporta muchos beneficios al organismo y posee propiedades naturales antioxidantes, digestivas e inmunológicas que se aprovechan tanto en la fruta fresca como transformada. El color rojizo-rosado de su pulpa se atribuye a la presencia de licopeno, un micronutriente “muy interesante” que crea barreras contra agentes externos en el organismo y que además no se deteriora durante la

cocción. Según la dietista y nutricionista Lara Lombarte el licopeno es un gran antioxidante, antiinflamatorio y anticancerígeno (Monreal, 2019).

Esta fruta contiene nutrientes tales como: carbohidratos, calorías, fibra, grasas, proteínas, vitamina C en mayor cantidad, vitaminas B1, B2, B3, B6, ácido pantoténico, calcio, folatos, magnesio. Además, contiene un gran por ciento de potasio (290 mg/100 g de pulpa), fósforo, sodio, hierro, zinc, cobre, y selenio. Indudablemente el mayor valor nutritivo de la guayaba radica en su alto contenido de ácido ascórbico (vitamina C) cinco veces mayor que la naranja, alrededor de 300 mg/100 g de pulpa (Monreal, 2019).

La vitamina C y la provitamina A presentes en los jugos y néctares que se obtienen de esta fruta, son altamente beneficiosas para la salud. No solo cumplen con su función antioxidante, sino que son importantes para la estabilidad y mejora del sistema inmunológico. Proporcionan mayor resistencia al cuerpo frente a virus y bacterias a la vez que ayudan a mantener en perfecto estado la piel, las mucosas y cabellos (Ligorguro y Sierra, 2015).

De los cultivares de guayabo con frutos que poseen coloración roja o rosada de la pulpa externa (mesocarpo, denominada casco para la industria) y la pulpa interna (endocarpo), se procesan en Cuba fundamentalmente los cultivares de bajo porte 'Enana Roja Cubana' o 'EEA 18 - 40', 'EEA 1-23' y la 'Cotorrera 3'. La pulpa de esta última posee altos contenidos de pectina, de ahí que se utilice para la producción de cremas (Conde, 2008).

Para los frutos destinados a la elaboración industrial, se establece, en la Norma Cubana NC 340. Guayaba – Especificaciones, una clase de calidad única, atendiendo a los tipos y porcentaje de defectos, según se observa en la Tabla 2.

Tabla 2. Tipos y porcentajes de defectos permitidos para el procesamiento industrial de frutas de guayaba de acuerdo con la Norma Cubana NC 340.

PARÁMETROS	% MÁXIMOS DE DEFECTOS PERMISIBLES	
	CLASE ÚNICA	
	Cascos	Puipias
Frutos verdes	5	No se admiten
Frutos maduros	No se admiten	100
Frutos pintones	95	5
Frutos sobre maduros	No se admiten	No se admiten
Frutos con diámetro inferior a 40 mm y no menor de 30 mm	10	15
Magulladuras	5	10
Heridas por daños mecánicos	5	10
Afectaciones por plagas y/o enfermedades	3	3
Total de afectaciones permisibles	15	15

Machado–Molina *et al.* (2019), realizaron un estudio en el cultivar 'EEA1–23' con el objetivo de determinar los parámetros fisicoquímicos y organolépticos de los diferentes índices de maduración del fruto. El estudio refleja la influencia que ejerce el índice de madurez sobre los parámetros físico-químicos y organolépticos de las frutas, tanto frescas como transformadas. En ellas el aroma, sabor y fundamentalmente color de la pulpa (IC) es un criterio esencial de elegibilidad del producto por parte de los consumidores.

La Tabla 3 muestra valores referentes para la guayaba 'EEA1–23', obtenidos para cinco estados de maduración, los cuales coinciden con los resultados de Yirat *et al.* (2009). De acuerdo con estos autores, los estados de madurez (EM) III (madura), IV (sobremadura) y V (maduración industrial) se corresponden con los procesos de transformación a pequeña, mediana y gran escala según los productos a lograr en las agroindustrias cubanas.

Tabla 3. Propiedades físico-químicas, mecánicas y organolépticas de frutas de guayaba 'EEA1–23'. Fuente: Machado–Molina *et al.*, 2019.

EM	pH	SST (°Bx)	FIRMEZA (kg/cm ²)	IC
I	3,26	6,64	2,20	- 9,13
II	4,27	6,94	1,97	- 4,2
III	5,13	7,06	1,84	0,92
IV	6,24	7,94	1,69	3,31
V	6,96	8,89	1,50	5,39

En los resultados de su investigación Cabrera (2010), plantea como la calidad de los frutos influye directamente en la calidad del producto final y sus cualidades nutritivas, así como en la eficiencia del proceso productivo. Estos resultados concuerdan con los actualizados por Machado–Molina (2019) y responden a lo que establecen las Normas Cubanas NC 340 y la Norma Ramal NRIAL 13. Pulpa de Frutas – Especificaciones. En estas se reflejan parámetros establecidos para la clasificación de las frutas con destino a la transformación y los parámetros físico – químicos de la pulpa natural, tales como los sólidos solubles totales (SST) superiores al 8 %, pH entre 3,8 – 4,2 y niveles de ácido ascórbico con un mínimo de 300 mg/kg.

La selección correcta de los cultivares y su calidad tecnológica, unido al cumplimiento de las normas referidas con anterioridad, determinan la calidad de las frutas destinadas a su transformación industrial. Esto permite obtener productos derivados de la guayaba con significativos aportes nutricionales como los que se presentan en la Tabla 4.

Aunque se han encontrado pocos reportes sobre el estudio de la composición nutricional de la semilla de la guayaba, algunos autores proponen su uso como fibra dietaria con actividad antioxidante, en fracción de harina. Se sugiere que puede utilizarse como suplemento en la sustitución de harina de trigo en la elaboración de galletas; otros estudios proponen el uso del aceite de las semillas en la industria cosmética (El y Yassen, 1997).

Las semillas de guayaba se consideran como desechos del sistema productivo, generalmente los productores las descartan. Representan 12 g /100 g de peso de la fruta, y es un material vegetal con alto valor nutricional, proteína cruda del 9,7 % y una digestibilidad mayor que la de la soya. Pueden ser empleadas como alimento animal (Silva–Vega *et al.*, 2017). Por su parte Vasco–Méndez *et al.* (2005), reportan valores de cenizas que indican la presencia de materias minerales y salinas en la composición química de las semillas de guayaba. En la Tabla 5 se detalla su composición.

Tabla 4. Propiedades físico-químicas, mecánicas y organolépticas de frutas de guayaba 'EEA1-23'. Fuente: FatSecret-Platform API, 2021.

INFORMACIÓN NUTRICIONAL	JUGO (100 g)	MERMELADA (100 g)	DESHDRATADOS (100 g)
Energía	62 kcal	27 kcal	68 kcal
Proteína	0,37 g	0,54 g	2,55 g
Carbohidratos	15,56 g	66,63 g	14,32 g
Fibra	0,8 g	0,70 g	5,2 g
Azúcar	14,77 g	42,64 g	75,2 g
Grasa	0,14 g	0,14 g	0,95 g
Colesterol	0 mg	0 mg	0 mg
Sodio	2 mg	36 mg	2 mg
Potasio	55 mg	77 mg	417 mg

Tabla 5. Composición de las semillas de guayaba. Fuente: Vasco-Méndez *et al.* (2005).

PARÁMETROS	VALORES (%)
Humedad	44,85
Proteína cruda	9,0
Grasa cruda	11,0
Fibra cruda	80,0
Lignina	25,0
Hemicelulosa	65,0
Cenizas	1,5

9.5. PROCESAMIENTO INDUSTRIAL DE LA GUAYABA

La guayaba es una fruta que ha sido poco explotada en el mercado internacional y es conocida fundamentalmente, por los productos derivados de la misma. De acuerdo con los especialistas de la industria, las frutas de pulpa roja y rosada son las de mayor calidad, debido a su contenido en azúcares y alto rendimiento en la producción de derivados (Abreu, 2008). Por el contrario, las de pulpa blanca por su textura arenosa y bajo contenido de azúcares, son menos adecuadas para algunos procesos industriales (UNAM, 2021). Las principales características que deben tener las guayabas destinadas a la industria se describen en el Capítulo 2.

En la Figura 1 se puede apreciar cómo su versatilidad permite obtener gran variedad de productos que suelen ser muy populares entre los consumidores.

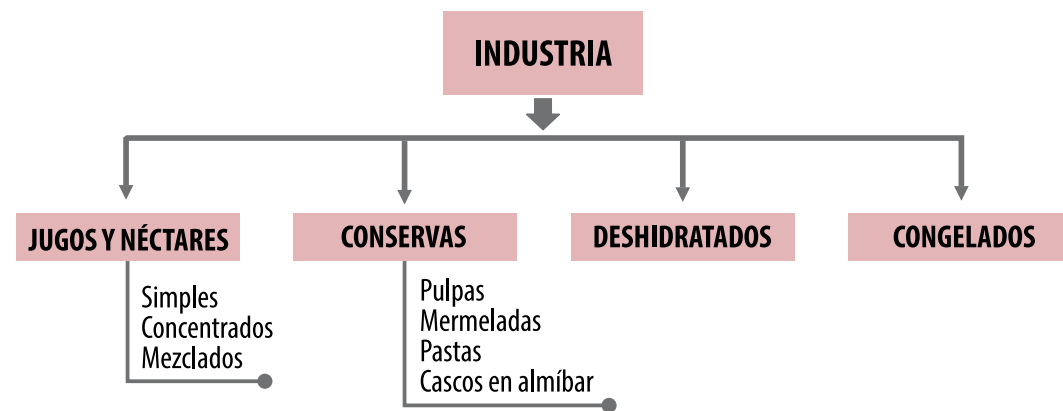


Fig.1. Productos que se obtienen a partir de la transformación de las frutas de guayaba.

A la vez, el desarrollo de la industria a pequeña y mediana escala ha representado una oportunidad para incrementar la oferta de productos derivados de la guayaba. Así, se fortalece la identidad regional y/o nacional, con el rescate de surtidos tradicionales muy populares para alimentos procesados como los cascos de guayaba en almíbar, las barras de guayaba, los cucuruchos de coco con guayaba, entre otros, que en general se pierden, porque se le da prioridad a la producción industrial a gran escala. Con estos productos elaborados artesanalmente se ha abierto un espacio para la oferta de productos diferenciados y exclusivos para el turismo rural y de montaña en Cuba.

Un proceso industrial o proceso de fabricación es el conjunto de operaciones unitarias necesarias para modificar las características de las materias primas. Dichas características pueden ser de naturaleza muy variada tales como la forma, la densidad, la resistencia, el tamaño o la estética, con el propósito de la transformación de la materia prima o materiales para la obtención de un producto (Quiroa, 2020).

Las instalaciones industriales solo deben recibir frutas envasadas por cultivar, y con similar estado de madurez. A su entrada en la instalación se deben inspeccionar y tomar muestras para realizar los ensayos físico – químicos y organolépticos establecidos en las normas. Esto permite determinar la calidad de la materia prima y proceder al pago por calidad establecido en el proceso de contratación. La calidad organoléptica e higiénico sanitaria son fundamentales y decisivas tanto para la eficiencia industrial como para la calidad del producto final (IIFT, 2020).

9.5.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

El desarrollo de procesos a pequeña escala y artesanales no difieren entre sí, solo están marcados por los procedimientos, la infraestructura y el volumen de productos a procesar. Las operaciones generales utilizadas en el procesamiento de la guayaba tienen como objetivo preparar un producto listo para el consumo bajo los principios de inocuidad y seguridad. Estas operaciones se caracterizan por un flujo de procesos secuenciales que generalmente comienzan con la selección de la materia prima y culminan con la obtención y conservación del producto terminado. Son aplicables a los diversos productos derivados de las frutas frescas de guayaba.

La secuencia uniforme y rigurosa de pasos que se presentan en la Figura 2 se corresponde con los procesos u operaciones más comunes realizadas a escala industrial para el procesamiento de las frutas de guayaba.

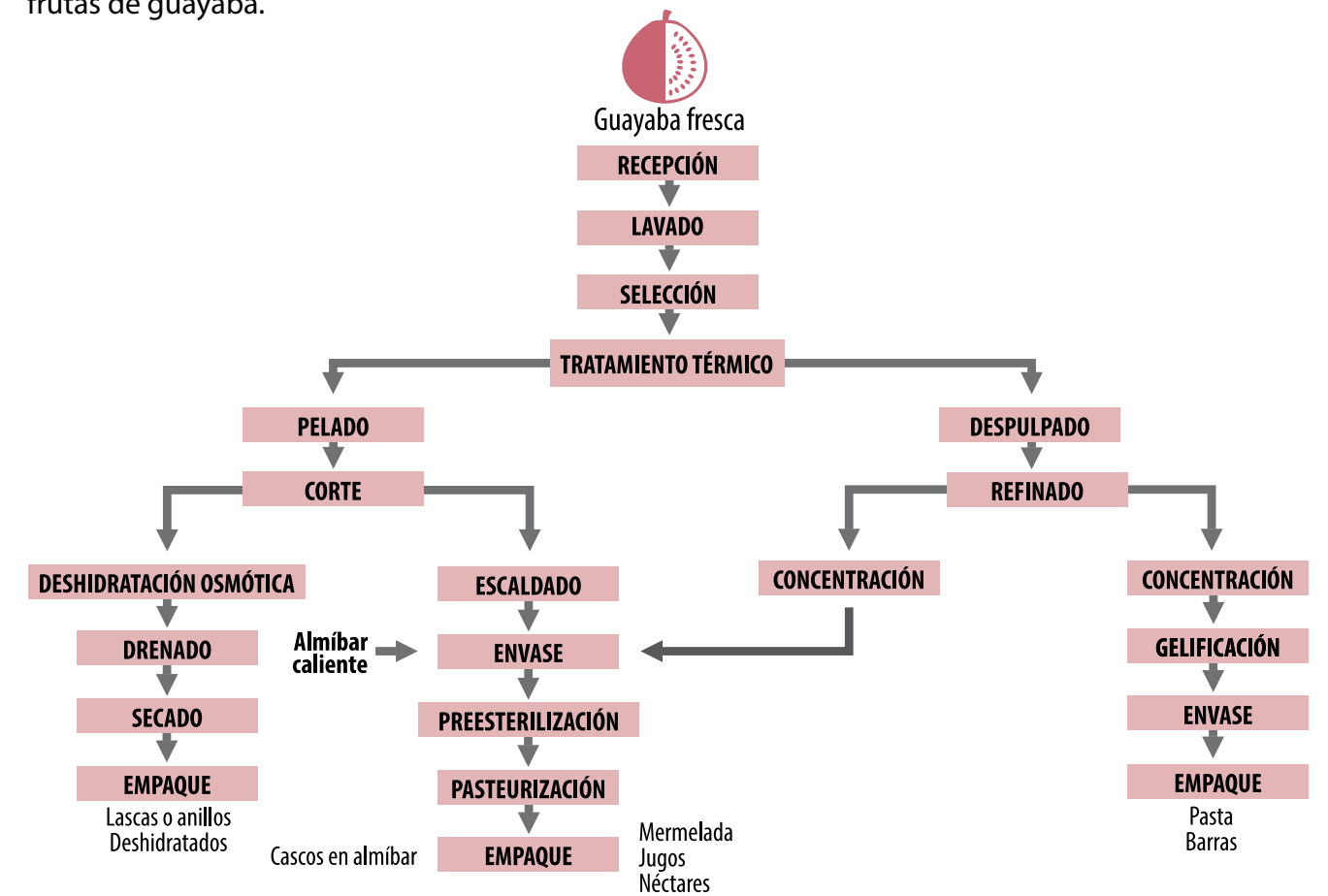


Fig.2. Diagrama general para el procesamiento de frutas de guayaba.

A continuación, se explican detalladamente los procesos más generales.

Recepción, inspección y pesaje de la fruta

Las frutas llegan del campo en diferentes tipos de embalajes (pallets o cajas de madera), con el estado de madurez apropiado para su procesamiento industrial. Este se debe corresponder con los requerimientos tecnológicos del producto a elaborar y con el criterio peculiar del cultivar y la localidad donde se produce. Las frutas se pesan y se taran para conocer su peso neto. A la vez, se inspeccionan para determinar el por ciento de afectaciones en materia de calidad, así como el valor monetario establecido en la relación contractual entre entidades. Durante este proceso se toman muestras para realizar los controles físico-químicos y organolépticos a la materia prima, lo cual, unido a los parámetros antes señalados, permiten determinar la calidad de las frutas.

Las frutas que no tengan el grado de madurez adecuado, y/o que presenten pudriciones, magulladuras o daños mecánicos serán eliminadas, de acuerdo con las especificaciones de la Norma Cubana NC 340 (Tabla 2). Las pérdidas en esta etapa se estiman en un 10 % aproximadamente. Si la materia prima recibida no cumple con los parámetros de calidad establecidos deberá ser rechazada. La calidad organoléptica y la higiénico-sanitaria son fundamentales y decisivas tanto para la eficiencia industrial como para la calidad del producto final.

Lavado y enjuague

El lavado de la fruta puede hacerse por aspersión o inmersión en lavadoras automáticas o en tinas de lavado según la tecnología instalada. Algunas tecnologías a gran escala cuentan con una bomba para la recirculación de agua de lavado lo que mantiene en constante movimiento a las frutas. El sistema de distribución de agua permite el empuje de las frutas hacia un elevador de canelones donde son escurridas y transportadas a la mesa de selección. Otras tecnologías utilizan sistemas continuos de aspersión para el lavado de las frutas. Siempre se debe garantizar la higienización de las mismas mediante el empleo de desinfectantes que permitan la remoción de contaminantes y suciedades. Si se utiliza cloro la concentración deberá estar en un rango entre 150 y 200 ppm para un tiempo de retención estimado de 15 min. La concentración de cloro se debe monitorear frecuentemente durante el proceso productivo. Este proceso es de suma importancia para el procesamiento de la guayaba; a su salida la fruta se encuentra libre de suciedades, residuos de plaguicidas y con una menor carga bacteriana que la recibida del campo, lo que contribuye a aumentar la eficiencia de los procesos térmicos que siguen a continuación.

Cuando las frutas se procesan artesanalmente, se recomienda cambiar el agua de las tinas de lavado por lo menos dos veces al día, o cuantas veces sea necesario siempre que muestren niveles de suciedad. Es necesario que los tanques de lavado tengan facilidades para la remoción del agua para evitar la acumulación excesiva de materia extraña y sólidos que sedimenten. El agua utilizada debe cumplir con los mismos requerimientos antes mencionados para los procesos a mayor escala.

Selección

Las frutas ya lavadas se transportan por un sistema de rodillos y esteras donde los operarios ubicados a ambos lados de la mesa descartan manualmente y de forma visual los frutos no aptos para continuar el proceso según los criterios ya mencionados con anterioridad. Los desechos se vierten en depósitos dispuestos al lado de cada operador o se transportan a través de una segunda estera (banda transportadora de rechazos) que los conduce fuera del área de trabajo de acuerdo a la tecnología empleada.

Escaldado

El objetivo de este proceso es ablandar la fruta para aumentar el rendimiento en el proceso de despulpado. A la vez, se reduce la carga microbiana y se inactivan las enzimas causantes de los cambios no deseados de color, olor y sabor de la pulpa. En el mismo las frutas se someten a un calentamiento de corta duración seguido de un enfriamiento para evitar la sobre cocción y facilitar su manejo posterior. Este calentamiento puede ser por inmersión de la fruta en agua caliente o

mediante vapor, dependiendo de la tecnología instalada. Se puede utilizar una escaldadora continua de vapor, generalmente a presión atmosférica.

Para productos como lascas, cubos o trozos picados se recomienda realizar un escaldado con agua caliente a 95 °C durante 1 a 3 minutos, dependiendo del grado de madurez. Luego se realiza un enfriamiento para poder manejar las frutas manualmente.

Pelado y troceado

Es una operación totalmente manual que permite separar la corteza de las frutas y retirar las partes no deseadas como las semillas, desperfectos mecánicos o de apariencia. Este proceso puede ser realizado en mesas de selección con la ayuda de cuchillos comunes de acero inoxidable u otros que presentan ciertas características que se ajustan al tipo de piel de la fruta y que su aspecto ergonómico facilita el trabajo del operador. Algunos transformadores prefieren el uso de equipos de troceado o cortado que dan uniformidad y favorecen los procesos térmicos y de llenado, a la vez que le atribuyen al producto una mejor presencia. Estos equipos pueden ser semiautomáticos o automáticos, dependiendo de las condiciones requeridas, la capacidad de la línea de producción y la tecnología instalada.

Luego de peladas, se realiza un corte longitudinal que permite separar la pulpa externa de la interna, y se extrae la parte carnosa de las semillas utilizando cucharas de diferentes tamaños. Estas operaciones facilitan obtener productos de la guayaba en diferentes formatos como cascos, trozos y segmentos, de acuerdo con lo que establece la Norma Cubana NC 370. Frutas en Conservas. Especificaciones. Los mismos se utilizan para la preparación de surtidos tales como dulces en almíbar, lascas deshidratadas o en su jugo, entre otros.

Despulpado

La extracción de la pulpa es un proceso sencillo que permite separar la pulpa de la corteza y las semillas contenidas en las frutas. Para ello se utiliza un equipo de despulpe que emplea la acción centrífuga de un conjunto de paletas en su interior acopladas a un tamiz de malla de tres mm. A través de esta pasa la pulpa libre de semillas y partículas de corteza. Los residuos del proceso van hacia la tolva de rezagos.

Algunos transformadores recomiendan realizar un proceso de molinado previo, utilizando molinos de martillo que permitan la desintegración de las estructuras de las frutas sin romper las semillas y facilitar el proceso de despulpe. Sin embargo, el molinado tiene la desventaja de incorporar aire al producto obtenido y con ello puede ocurrir un aceleramiento de los procesos de oxidación. Entre estos se encuentran el cambio de color y la formación de espuma que puede causar baja calidad del producto terminado.

En procesos totalmente artesanales, para la extracción de la pulpa es común seguir el mismo principio, pero con equipos domésticos como una licuadora y un tamiz o colador.

Adición de antioxidantes

La adición de antioxidantes es recomendable para prolongar la vida útil del producto. Uno de estos aditivos es el ácido cítrico; el mismo se utiliza como acidulante para bajar el pH y evitar así el crecimiento de microorganismos.

También se recomienda la adición de ácido ascórbico al 0,1 %, el cual actúa como antioxidante para evitar el cambio de color del producto final (oscurecimiento). Además, ayuda a combatir los hongos y levaduras. Estos aditivos se añaden un poco antes de que termine el tratamiento térmico, aproximadamente cinco minutos. Se disuelven en un poco de agua o pulpa caliente y se da una buena agitación para asegurar una distribución homogénea.

Tamizado o refinado

Durante este proceso la pulpa precalentada pasa a través de tamices de diferentes diámetros, menores a los utilizados en el proceso de despulpado (1,6 mm–0,4 mm), que permiten separar los fragmentos de corteza, semillas u otros no deseados, de la pulpa. El proceso puede ser realizado

en equipos de dos o tres etapas dependiendo de la tecnología instalada. En cada una de ellas el diámetro de la malla va siendo menor, lo que aumenta la eficiencia en el proceso, proporcionando una mejor apariencia y textura más fina al producto. La pulpa filtrada pasa a un tanque de homogenización que tiene como función almacenar el producto que alimenta las marmitas o el concentrador según corresponda.

El refinado baja los rendimientos, pero, a la vez, aumenta la calidad de la pulpa con la separación del material grueso y/o duro que en ocasiones se encuentre presente en la pulpa inicial. Ello permite que pueda ser utilizada como materia prima en la preparación de otros productos como mermeladas, néctares, compotas y jugos.

Tratamiento térmico–pasteurización

Dependiendo de la tecnología instalada, la pulpa refinada es impulsada por una bomba para ser sometida a un tratamiento térmico relativamente bajo, a temperaturas menores que 100 °C, lo que permite realizar una pasteurización de la pulpa. Este proceso requiere de equipos tan sencillos como una cocina o marmitas eléctricas para procesos a pequeña y mediana escala, hasta equipos más complejos utilizados a nivel industrial. Estos pueden ser intercambiadores de calor tubular o de placa que son controlados automáticamente por una válvula de alimentación de vapor. La finalidad del proceso es la misma, independientemente de la tecnología utilizada: neutralizar las enzimas presentes en el producto y destruir los microorganismos patógenos. A la vez, permite prolongar la vida útil del alimento.

Llenado y envase

Este proceso se realiza en caliente y depende en gran medida de la consistencia del producto (si el mismo es fluido o sólido).

Los fluidos se envasan inmediatamente, después se procede a cerrar el envase y colocarlo en forma inversa para asegurar la higiene de la tapa al estar en contacto con el producto caliente. Los envases y las tapas deben estar totalmente limpios antes de ser utilizados. Los productos sólidos como los deshidratados, se envasan en bolsas de nailon o polietileno, de acuerdo con las características de cada producto. El sellado se realiza con calor y debe hacerse inmediatamente después de ser llenadas.

La pulpa, con temperaturas de 90 °C – 95 °C, se transporta hacia bolsas de nailon dobles, a través de una válvula que se opera manualmente. Estas bolsas se encuentran depositadas dentro de tanques plásticos o metálicos con capacidad para 200 kg. Las mismas se deben sellar antes del cierre hermético del tanque y se dejan reposar para disminuir la temperatura.

Etiquetado

El producto se etiqueta cuando alcanza temperaturas que permitan su manipulación y se realiza generalmente de forma manual y de acuerdo a la línea tecnológica instalada. Los productos para poder ser comercializados, deben contener toda la información necesaria en el empaque. Esta exigencia, se corresponde tanto por los mercados locales como internacionales. Las etiquetas deben cumplir con lo establecido por la Norma Cubana NC 108. Norma general para el etiquetado de los alimentos preenvasados.

Las etiquetas deben contener la siguiente información: Nombre del alimento, marcado de la fecha, ingredientes, aditivos alimentarios, información nutricional, contenido neto, país de origen e identificación del lote.

Almacenamiento

Las producciones tanto en tanques como en otros formatos, se deben almacenar en locales limpios y sobre paletas para su posterior comercialización. De acuerdo con la Norma Cubana NC 492. Almacenamiento de alimentos. Requisitos sanitarios generales, los tanques con producto se almacenan a temperaturas de -15 °C en cámaras de congelación o a temperatura ambiente de acuerdo a los requerimientos de cada uno de ellos.

Control de calidad

La calidad es un factor decisivo para acceder a nuevos mercados competitivos. La garantía de calidad para productos elaborados e pequeñas y medianas industrias es particularmente importante para lograr un producto de larga vida útil. Un producto de buena calidad es obtenido si la fruta es cosechada en la etapa correcta de su madurez y donde sea apropiado, madurada bajo condiciones controladas (Abreu, 2008).

Los productos procesados, como todo alimento para consumo humano, deben ser elaborados con las máximas medidas de higiene que aseguren la calidad y no se ponga en riesgo la salud de quienes lo consumen. Por ello, deben elaborarse en buenas condiciones de sanidad, con frutas maduras, frescas, limpias y libres de restos de sustancias tóxicas. Pueden prepararse con pulpas concentradas o con frutas previamente elaboradas o conservadas, siempre que reúnan los requisitos mencionados. Además, es importante controlar todas las etapas de producción, por lo que se debe cumplir con ciertos parámetros de calidad para la elaboración. Para realizar un buen control del producto, se deben hacer varios análisis físicos y químicos en diferentes etapas del proceso y al producto terminado.

9.6. PRODUCTOS ELABORADOS A PARTIR DE LAS FRUTAS DE GUAYABA

Como se explicó en el Acápito 9.5., la guayaba es una fruta muy versátil, que permite la obtención de diversos productos mediante el procesamiento industrial. A continuación, se detallan los procesos para la obtención de varios de estos productos.

9.6.1. PULPA DE GUAYABA

La pulpa es el producto que se obtiene a partir de la separación de la parte comestible o carnosa de la fruta de las semillas, corteza y bagazo, lo cual se realiza mediante los procesos tecnológicos adecuados. En ella se condensan los nutrientes, el sabor, el color y aroma de la fruta. La pulpa de guayaba constituye un producto semielaborado intermedio para la elaboración de jugos 100 % naturales, néctares, purés de frutas, compotas, mermeladas naturales y concentradas, confituras y pastas o cremas (Cabrera, 2010). La Figura 3, muestra el diagrama de flujo del proceso para la obtención de pulpa de guayaba.

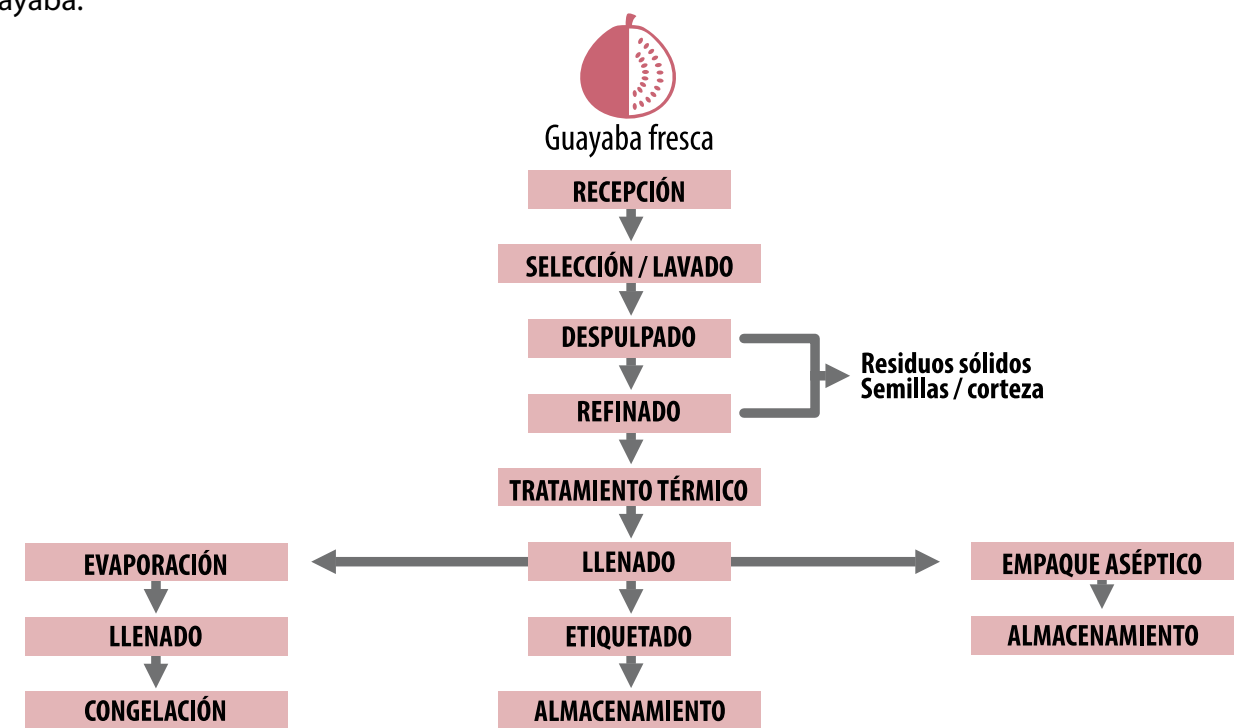


Fig.3. Diagrama del proceso de obtención de pulpa de guayaba.

De acuerdo con la Norma Ramal del Ministerio de la Industria Alimentaria NRIAL 013, la pulpa es el producto de consistencia viscosa, obtenida de frutas con adecuado grado de madurez, al que se le puede añadir o no ácido orgánico (ácido cítrico, tartárico o ascórbico) para regular el pH en caso necesario y la cuál es tratada térmicamente para su conservación y almacenamiento. Para las pulpas de guayaba, el Comité Técnico Ramal del Ministerio de la Industria Alimentaria ha establecido diferentes clases de pulpa: pulpa de guayaba I y II y pulpa concentrada. Cada una de ellas posee determinadas características organolépticas que reflejan una mínima flexibilidad en los parámetros de color, olor y textura. Las características físico-químicas de las mismas se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Propiedades físico-químicas de la pulpa de frutas de guayaba. Fuente: NRIAL 013 Pulpa de Frutas– Especificaciones.

PULPA	SST (%)	VISCOSIDAD (100 – 150 ml)	ACIDEZ VALORABLE (%)	ETANOL (g/kg)	pH
Guayaba clase I	8,0	3,0 – 5,0	0,30 – 1,30	4,0	3,8 – 4,2
Guayaba clase II	7,0	3,0 – 5,0	0,30 – 1,30	4,0	3,8 – 4,2
Guayaba concentrada	14,0 – 16,0	–	0,21 – 1,3	4,0	3,8 – 4,2

Las operaciones de extracción, refinado de la pulpa, pasteurización y envasado deben realizarse de forma rápida porque se oxida fácilmente y se altera el sabor. En el proceso se deben controlar las temperaturas y tiempo de pasteurización, así como la temperatura de enfriamiento. De acuerdo con la tecnología instalada es necesario utilizar métodos adecuados de conservación para las pulpas, la adición de preservantes (benzoato de sodio, metabisulfito de sodio) y reguladores de la acidez y antioxidantes (ácido cítrico, ácido ascórbico). Estos se adicionan después de la etapa de pasteurización, y garantizan períodos prolongados de almacenamiento.

El proceso de envase de la pulpa se debe realizar en recipientes sanitarios rígidos o flexibles o bolsas asépticas que garanticen su calidad, inocuidad, hermeticidad, integridad y preserven sus cualidades nutritivas y que cumplan con las especificaciones de calidad. Los productos concentrados congelados se pueden envasar en bolsas de nailon limpias que garantizarán todos los aspectos anteriormente señalados con respecto a la calidad, inocuidad e integridad a la vez que deberán cumplir con todos los requerimientos que exige la Norma Cubana NC 452. Envases, Embalajes y Medios Auxiliares destinados al contacto con Alimentos. Requisitos Sanitarios Generales. Los bidones con producto se depositarán en las bodegas de almacenamiento para su posterior comercialización. Es importante asegurarse de que los bidones queden lo suficientemente llenos, con un espacio de cabeza de dos cm como máximo.

9.6.2. JUGOS Y NÉCTARES

La Norma Cubana NC 903. Jugos y Néctares de Frutas, Especificaciones, define como jugo de fruta, el líquido sin fermentar, pero fermentable, obtenido de la parte comestible de frutas en buen estado, debidamente maduras y que se preparan mediante procedimientos adecuados que mantienen las características físicas, químicas, organolépticas y nutricionales esenciales de los jugos de las frutas de que proceden. También conceptualiza la definición de pulpa (puré), aspecto necesario que ayudará a entender el proceso de obtención de jugo, considerando que la gran industria procesa grandes volúmenes de néctar y jugo de guayaba, simple y concentrado. La normativa muestra las características para los jugos y néctares de guayaba reconstituidos establecidos teniendo en cuenta aspectos tales como que la preparación de jugos a partir de jugos concentrados (jugos reconstituidos) debe ajustarse al nivel mínimo de sólidos solubles a 8 °Bx, así como el contenido mínimo de jugo y/o pulpa (ingrediente de fruta) en 25 % v/v, en los néctares de frutas, todo ello se corresponde con los niveles mínimos para esta fruta. La Figura 4 muestra el diagrama de flujo del proceso para la obtención de jugos y néctares de guayaba.



Fig.4. Diagrama del proceso de obtención de jugo y néctar de guayaba.

9.6.3. GUAYABA DESHIDRATADA

Deshidratar es uno de los procedimientos más antiguos para conservar los alimentos, posiblemente es el sistema más efectivo para preservar las frutas. Tiene la ventaja de ser una tecnología conocida tradicionalmente, donde los costos pueden ser muy bajos. Algunos métodos como el simple secado al sol o en cámaras de deshidratación, la osmodeshidratación y el cristalizado convergen en el principio básico de extraer el agua contenida en la fruta por la interacción de tres elementos básicos: aire, temperatura y humedad (Guzmán *et al.*, 2008). Tecnologías novedosas como microondas, liofilización, atomización, secado al vacío, por congelación al vacío, entre otras, han sido aplicadas con este objetivo, a granos, frutas y vegetales (Marrufo *et al.*, 2019).

La deshidratación consiste en reducir a menos del 15 % el contenido de agua de las frutas. Se basa en la exposición de las mismas a una corriente de aire caliente, con temperaturas que oscilan entre los 55 °C– 60 °C. En Cuba, el uso de la energía solar para la deshidratación de frutas se hace muy atractiva y viable (Moya *et al.*, 2010).

La guayaba es una fruta que posee características que propician el éxito del proceso de deshidratado. Presenta una humedad inicial superior al 80 % y un contenido de sólidos solubles totales entre el 8 % – 10 % en dependencia del cultivar. Su textura permite lasquear sin semillas, trozar el producto en cuartos e incluso en cascos, lograr piezas pequeñas que, a los efectos del proceso, favorecen la pérdida de agua y disminuyen el tiempo de secado.

El agua es probablemente el factor que más contribuye al deterioro de las frutas, por lo que reducir este elemento impide el crecimiento de los microorganismos y la generación de reacciones bioquímicas. A la vez, se logra prolongar la vida útil del producto facilitando la transportación y el almacenamiento por largos períodos de tiempo. Sin embargo, algunos autores como Estrada *et al.* (2018), plantean que el proceso de secado por convección forzada afecta la calidad del producto final. Para tal afirmación se basan en las alteraciones físicas y químicas, que modifican las características organolépticas, físico – químicas y nutricionales, entre ellas el contenido de vitamina C. Investigaciones realizadas por Moya *et al.* (2010), proponen el uso de soluciones osmodeshidratantes como pretratamiento antes del proceso de secado. Esto favorece la liberación del agua de la fruta y, a la vez, contribuye a disminuir el tiempo de secado. Como resultado se obtienen frutas deshidratadas que conservan un color claro y brillante durante largos períodos de almacenamiento.

La materia prima para este proceso debe ser frutas sanas, maduras, sin daños físicos ni ataques microbianos y con una textura tal que una vez lasqueada o troceada no pierda su forma. Deben pro-

cesarse entre 4 y 48 horas después de cosechadas. La guayaba obtenida del proceso de secado contiene aproximadamente una humedad entre 13 % – 15 %, 0,82 % de proteínas y 5 % de fibras, lo que la convierte en un alimento rico en energía y minerales (Tenorios-Reyes *et al.*, 2019). Además, constituyen una excelente fuente de vitaminas siempre y cuando el proceso de deshidratación esté bien realizado.

Descripción del proceso de deshidratación

El beneficio de la fruta (recepción, lavado, selección y lasqueado o troceado) se realiza de acuerdo a lo descrito en el Acápite 9.5.1. Los procesos posteriores se observan en la Figura 5.



Proceso de deshidratación osmótica: la masa (cascos, lascas, trocitos) de guayaba se sumerge en un jarabe de azúcar entre 40 – 60 °Bx, empleando una relación fruta: jarabe de 1:1. Se agregan al jarabe, ácido cítrico y ácido ascórbico para llevar la fruta a niveles de pH menores de 3,8 y, además, metabisulfito de sodio. Las lascas de guayaba se mantienen en el jarabe por un tiempo aproximado de 12 horas con lo que se logra remover hasta el 20% del agua contenida en la fruta. Este paso contribuye a evitar el oscurecimiento (pardeamiento enzimático), y el crecimiento de hongos y bacterias (Fig. 5B).

Drenado: se saca la fruta del recipiente de concentración y se pasa por un colador para eliminar el exceso de jarabe (Fig. 5C).

Secado: la fruta se seca a temperaturas entre 55 °C – 60 °C durante 6 horas o hasta que la humedad de la misma no supere el 15%, en un secador con aire caliente que puede ser convencional o solar y que debe cumplir con los requisitos de calidad establecidos (Fig. 5D y Fig. 6).

Envasado: debe hacerse preferiblemente en un empaque de celofán polietileno o nailon con sellado al vacío. Otros fabricantes usan un segundo empaque de papel o cartón que le aporta mayor presencia al producto.

Almacenamiento: se debe almacenar sobre anaqueles en lugares secos, con buena ventilación, sin exposición a la luz.

La Figura 6, muestra lascas de guayaba deshidratadas.

9.6.4. MERMELADA DE GUAYABA

La mermelada de guayaba es un postre ideal y de los clásicos que se consumen en Cuba. En Latinoamérica, es reconocida y apreciada, con un mercado muy competitivo, donde la calidad del producto depende del contenido de azúcar, el envase o etiqueta. Por lo sencillo de su proceso de elaboración, este producto es una buena forma de aprovechar la fruta en temporadas

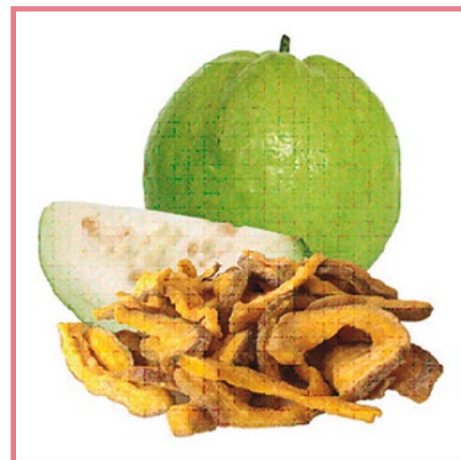


Fig. 6. Guayaba blanca deshidratada. Fuente: Foto aportada por Dr. Rajbir Sangwan. Director del Centro de Biotecnología de la Universidad Julio Verne de Francia.

de abundancia, para poder disfrutarla de nuevo en temporadas cuando son escasas. La Figura 7 muestra el diagrama de flujo del proceso para la obtención de mermelada a partir del beneficio de la fruta.

La elaboración de mermeladas representa una alternativa para la agroindustria cubana, es un producto con una larga vida útil que no necesita refrigeración lo que facilita su almacenamiento y comercialización. Según López *et al.* (2000), al ser un producto de fácil elaboración y que requiere inversiones mínimas, es una opción válida para pequeños empresarios no solo con emprendimientos en mercados internos, sino en mercados exteriores donde va ganando cada vez mayores espacios con ventajas competitivas.

López *et al.* (2000) plantean que en la elaboración de mermeladas hay que tener presente cierta relación entre el dulzor y el contenido de sustancias pécticas para obtener el grado deseable de gelificación, así como controlar la acidez en la mezcla ya sea por la que presenta la fruta o por la adición de un ácido, lo que reduce el tiempo de elaboración y mejora la calidad del producto final.

Las mermeladas son una mezcla de fruta y azúcar que se presentan en forma semisólida. Se elaboran a partir de la pulpa de la fruta y su posterior evaporación para eliminar el agua y concentrar los sólidos que contiene con ayuda de azúcar. La mezcla se hace en caliente con adición de pectina y en algunos casos se agrega un regulador de acidez para ajustar el pH en el cual se forma el gel. Se pueden elaborar mermeladas a partir de una amplia variedad de frutas, pero se prefieren aquellas que presentan un buen balance entre azúcar y acidez como es en la guayaba. En ella no es necesario agregar pectina a la mezcla, la fruta la incorpora al proceso de forma natural.

La Norma Cubana NC 288. Mermeladas, Confituras y Jaleas. Especificaciones, describe explícitamente a la mermelada como el producto elaborado a partir de la cocción de al menos el 40 % en peso de las frutas, a partir de pulpa de las frutas, o a partir de zumos (jugos) de frutas (naturales o concentrados). Estos se mezclan con azúcar o edulcorantes carbohidratos tales como la miel, con o sin la adición de agua, hasta obtener un producto semifluido o espeso o un producto de consistencia gelificada o semigelificada, al menos en un 40 %. Cuando se elabora con una mezcla de frutas, la que se declara como fruta principal debe estar en una proporción del 50 % – 65 % del total. También en dicha norma se describen con características similares las mermeladas extra y concentrada con una diferenciación del porcentaje en peso de fruta del 50 %. En la Tabla 7 se muestran las características físico-químicas y microbiológicas establecidas para este producto.

9.6.5. CASCOS DE GUAYABA

Es un dulce tradicional cubano, sencillo y económico, que se elabora a partir de frutas maduras de guayaba. Este producto tiene gran aceptación en la población, que usualmente lo consume solo o acompañado con queso. Es un dulce muy vigente en el quehacer artesanal de pequeñas y medianas

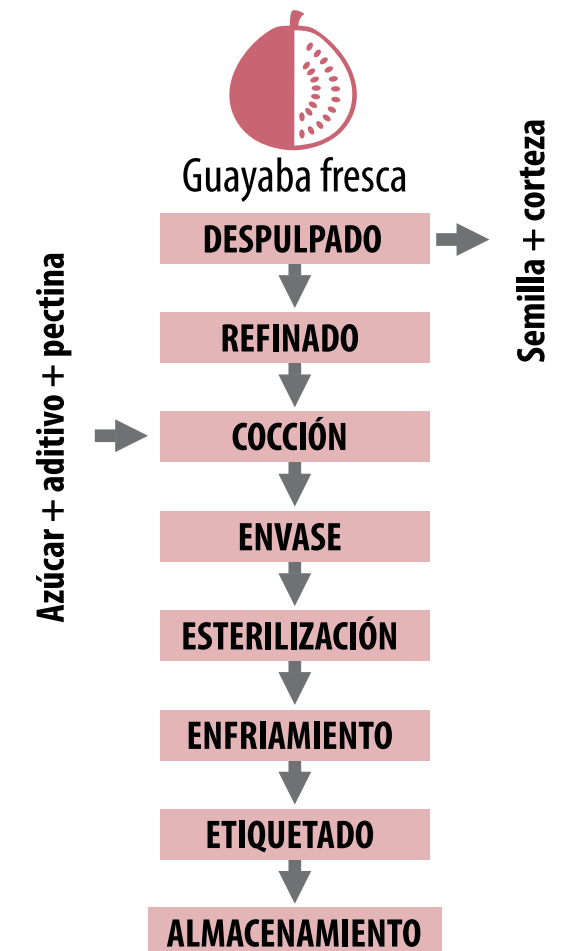


Fig. 7. Diagrama del proceso para la producción de mermelada de guayaba.

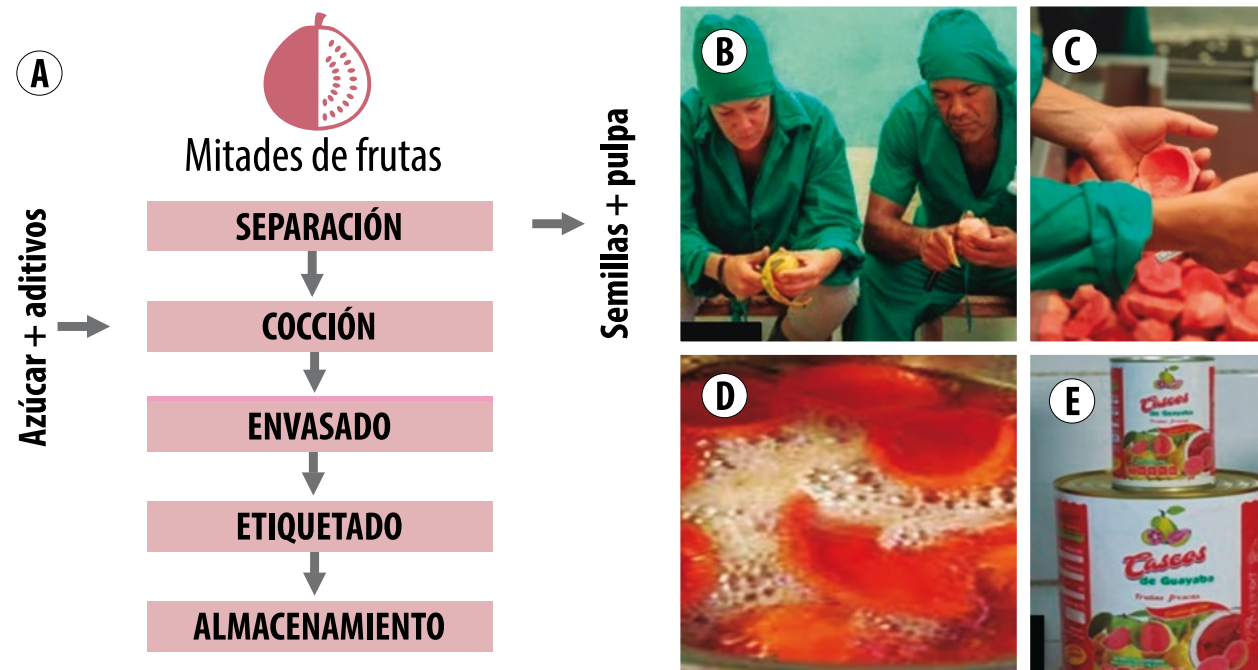
Tabla 7. Características físico-químicas y microbiológicas de la mermelada de guayaba de acuerdo a la Norma Cubana NC 288.

PARÁMETROS	
Sólidos Solubles Totales (°Brix)	Mínimo 30
Acidez valorable (%)	0,2 – 1,20
Conteo de HF y levaduras (col/ml)	100 máximo
Conteo de microorganismos (col/ml)	0

industrias, y se presenta cada año en la Feria Internacional Agropecuaria (FIAGROP) bajo diversos formatos. En el 2018 obtuvo Medalla de Oro a la Calidad del Producto bajo la marca **Galano** reconocida por sus excelentes atributos en cuanto a textura, olor, color y un apetitoso sabor, los cuales son típicos de la fruta fresca adecuadamente procesada; además tuvo un exitoso lanzamiento al mercado.

Los cascos se elaboran a partir de la pulpa externa de la fruta después de pelada. Se pueden elaborar a partir de cultivares de pulpa blanca, rosada o roja, prácticamente de forma artesanal. Existen diversos formatos de presentación y formas de elaboración que van desde las recetas tradicionales familiares hasta las elaboradas por las grandes industrias conserveras que pueden diferir en los procesos utilizados en su elaboración. Las frutas se dividen en dos partes aproximadamente iguales resultantes del corte de la fruta en la zona ecuatorial, también pueden ser divididas en porciones en forma de arco que pueden ser o no uniformes en tamaño y forma. Luego se remueven las semillas y los cascos se ablandan con calor de modo apropiado y posteriormente se sumergen en almíbar.

La Figura 8 muestra el diagrama de flujo del proceso para la obtención de cascos de guayaba a partir del beneficio de la fruta, en ella se ilustra cómo se desarrolla este proceso a nivel artesanal en la minindustria de la Empresa Agroindustrial de Granos Sur del Jíbaro, influenciados por el rescate de recetas de la cultura popular de la región.

**Fig.8.** Diagrama del proceso para la obtención de cascos de guayaba; producción en la Empresa Agroindustrial Sur del Jíbaro. Fotos aportadas por la EAIG Sur del Jíbaro. A) diagrama de proceso de elaboración, B) proceso de pelado y corte, C) separación de los cascos de la pulpa y semilla, D) proceso de cocción. E) envase.

Las técnicas empleadas para el pelado de los cascos pueden ser manuales, por calentamiento utilizando vapor, por inmersión en agua caliente, por abrasión o acción de lejías. Escoger la más apropiada depende del productor y la tecnología instalada. A escala industrial el proceso de ablandamiento de los cascos se denomina escaldado y cumple una función esencial como método previo al envasado. Permite inactivar enzimas que favorecen la degradación y los cambios químicos que afectan, en especial, la textura y el sabor, dando un producto de calidad superior, ejerce influencia sobre el ablandamiento del tejido fibroso, elimina los gases contenidos en el interior favoreciendo un mayor vacío, y contribuye a minimizar la contaminación superficial a la vez que facilita las operaciones de pelado.

Las ya conocidas propiedades nutricionales de los cascos de guayaba y una cuidadosa elaboración del producto permiten disfrutar de considerables aportes nutricionales como los que se muestran en la Tabla 8.

La Norma Cubana NC 370. Frutas en Conservas. Especificaciones, establece que este producto, debe presentar color y olor característicos de la fruta de guayaba adecuadamente procesada, y debe mostrar una textura razonablemente firme y carnosa, con un color característico del cultivar empleado y el grado de madurez de la fruta. A su vez, el medio de cobertura, también conocido por almíbar, está constituido por agua y azúcares o por agua y edulcorantes nutritivos (jarabe de azúcar invertido, dextrosa, fructosa, jarabe de fructosa, jarabe de glucosa deshidratada, jarabe de glucosa, azúcar invertido) y/o edulcorantes no carbohidratos. De acuerdo con la norma este almíbar se clasifica según el grado de concentración que posee. Se puede encontrar desde muy diluida (10 °Bx – 14 °Bx) hasta muy concentrada con valores superiores a los 22 °Bx. Estos valores se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Características físico-químicas de los cascos de guayaba. Fuente Norma Cubana NC 370. Frutas en conservas. Especificaciones.

PARÁMETROS		PARÁMETROS	
Sólidos Solubles Totales (°Bx)		Almíbar muy concentrada	22,0 ^a
Almíbar muy diluida	10 – 14	Acidez Valorable (% Ácido cítrico)	0,35 ^b
Almíbar diluida	14 – 18	Conteo de HF y levaduras (col/ml, máx.)	100
Almíbar	18 – 20	Conteo total de microorganismos aerobios mesófilos (col/ml, máx.)	0
Almíbar concentrada	20 – 22		

^a Valor mínimo / ^b Valor máximo

Se debe señalar que el líquido de cobertura, también llamado jarabe o almíbar, cumple una función primordial en la conservación de este producto. Mejora el sabor de la fruta, llena los espacios libres entre los cascos de fruta envasados y ayuda a la transferencia de calor durante el proceso térmico. Esquivel y Guerrero (2004), plantean que la concentración de jarabe a utilizar depende de las características de la fruta procesada teniendo en cuenta que durante el tiempo de anaquel se llegan a igualar la concentración de azúcar en la fruta y el jarabe.

Un elemento clave a tener en cuenta en este proceso es el agua; se debe verificar la calidad del agua empleada en el proceso y los valores de parámetros como el pH. Este último está influenciado por la adición de reguladores de la acidez y/o antioxidantes (ácido cítrico y ácido ascórbico) llegando hasta valores de 3,5 como promedio. Estos factores garantizan disminuir las posibilidades de crecimiento de bacterias y alargan la vida útil del producto. Además, evitan la precipitación de sales en el proceso de ebullición del agua, y el oscurecimiento o precipitación del jarabe durante el almacenamiento, entre otros.

Una vez concluido el proceso de elaboración, el producto se envasa en recipientes herméticamente cerrados y que preserven las cualidades higiénicas del alimento. Se deben llenar bien, con las frutas y el líquido de cobertura (almíbar), cuidando ocupar no menos del 90 % de la capacidad de agua del recipiente. Los cascos en almíbar pueden envasarse en diferentes presentaciones, en envases de metal (latas), frascos de vidrio y bolsas de polietileno de alta densidad, en todos los casos se debe tomar en cuenta que los envases utilizados alteran los procesos y con ellos la tecnología utilizada.

9.6.6. BARRA DE GUAYABA

La barra de guayaba es un dulce típico y muy popular no solo para los cubanos, también es bien conocido y muy tradicional en varios países de América Latina. Muchos países de esta región desarrollan procesos similares para la obtención de dulces de guayaba que culminan en una barra semisólida, aunque existen variaciones en cuanto al nombre, la forma de empacar o conservar el producto (Bustos, 2013). Existen algunas variantes industriales de este dulce, que alternan capas del dulce de guayaba con dulce de leche, coco, queso, entre otras.

La barra de guayaba o pasta de guayaba es un producto muy sencillo de preparar que requiere de pocos ingredientes, cuyo proceso artesanal le provee de un sabor único y exquisito. Es una conserva que se obtiene por la cocción de una mezcla de pulpa de guayaba y azúcar blanca, hasta obtener un producto de aspecto sólido y de sabor muy dulce. El proceso consiste en el despulpado de la fruta seguido de un fino tamizado y la concentración de sólidos mediante la eliminación de agua y la adición de azúcar, hasta alcanzar un mínimo de 73 °Bx. En el proceso se puede emplear ácido cítrico como regulador de la acidez y pectina como gelificante. En la Figura 9 se muestra el diagrama de flujo del proceso para la elaboración de barras de guayaba a partir del beneficio de la fruta, y además se ilustra cómo se desarrolla este proceso.

La Norma Cubana NC 475 define como pastas de frutas al producto de consistencia semisólida obtenido por la cocción de pulpas de frutas y/u hortalizas o mezclas de estas con azúcares blancos, dextrosa, glucosa, fructuosa jarabes y/o edulcorantes artificiales, tratado con calor de modo apropiado antes de ser envasada en envases que garanticen la calidad, inocuidad y conservación de este. Su forma de presentación es en barras y estarán envueltas en papel celofán u otro material, o contenido en envases adecuados. Dicha norma también recoge criterios de calidad que abarcan requisitos físico-químicos y microbiológicos que son de obligatorio cumplimiento para las entidades agroindustriales cubanas tanto del sector estatal como cooperativo. La Tabla 10 muestra estas características para la barra de guayaba de la marca "Natio", producida y comercializada por la Empresa Agroindustrial Ceballos en la provincia de Ciego de Ávila, y muy aceptada por la población cubana.

La barra de guayaba es un producto que debe contar con características físicas que le den un aspecto homogéneo, libre de materias extrañas, con una textura pastosa y suave que, en algunos casos, presenta una ligera sensación arenosa en dependencia del cultivar empleado. Su color olor y sabor son los característicos de la fruta. En ningún caso se deberán aceptar productos con oscurecimiento o con olores extraños. Una cuidadosa selección de la materia prima seguida de pasos secuenciales y un riguroso control del proceso garantizan la calidad del producto final.

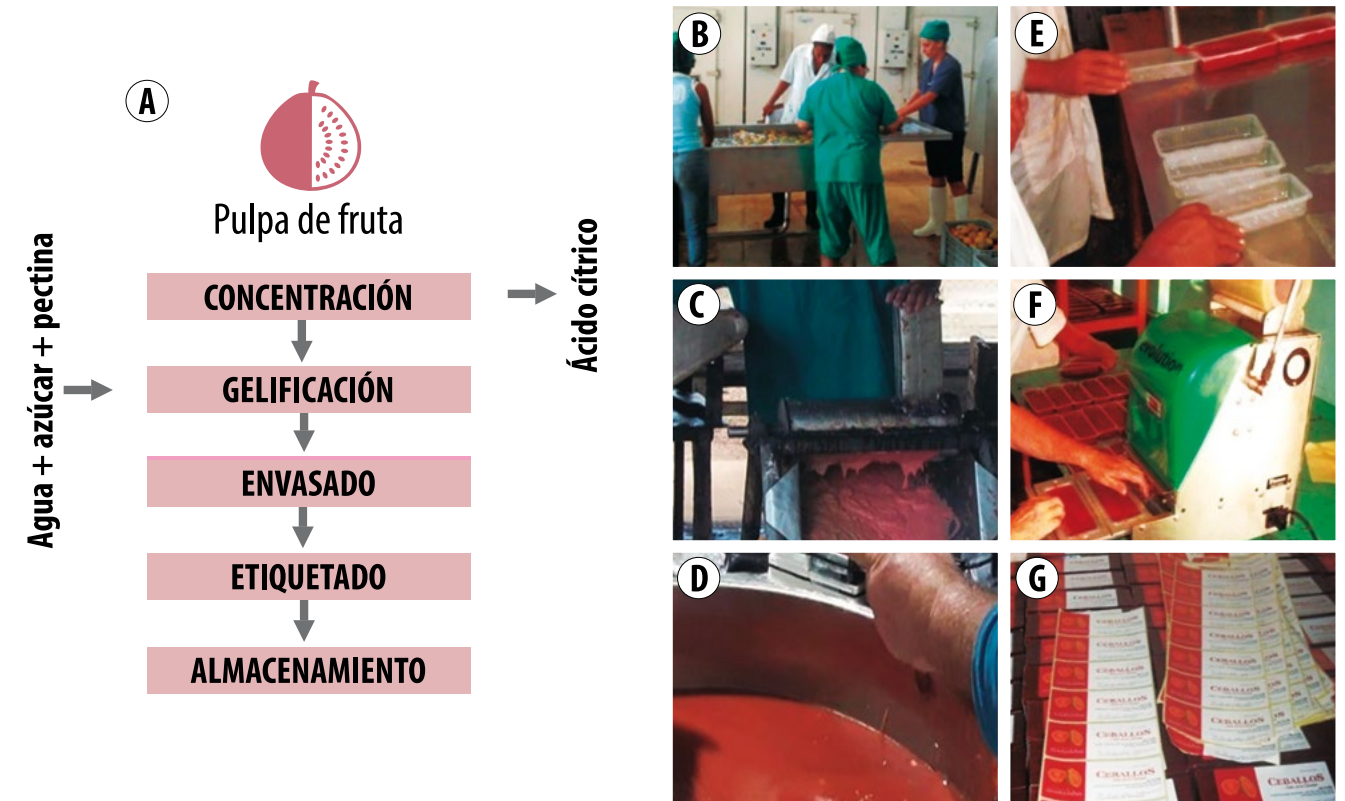


Fig.9. Proceso de elaboración de barra de guayaba a pequeña escala. A) diagrama de proceso de elaboración, B) beneficio, C) despulpado, D) concentración y gelificación, E) llenado, F) envaso, G) etiquetado. Fuente: (B, E, F, G) tomadas por los autores. (C, D) tomadas por Ángel Bermúdez.

Tabla 10. Características físico-químicas y microbiológicas de la barra de guayaba marca "Natio", producida y comercializada por la Empresa Agroindustrial "Ceballos". Fuente: Cartera de productos de la Empresa Agroindustrial Ceballos.

PARÁMETROS	
Sólidos Solubles Totales (°Brix)	73,0 mínimo
pH	0,2 – 1,20
Conteo de HF y levaduras (col/ml)	100 máximo
Conteo de microorganismos (col/ml)	10* máx., ausencia de <i>E. coli</i>

9.7. APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS

La generación de residuos agroindustriales en las diferentes etapas de los procesos productivos es actualmente una problemática a nivel mundial. En la mayoría de los casos no son procesados o están dispuestos inadecuadamente, situación que contribuye al proceso de contaminación ambiental. Los residuos del procesamiento industrial de las frutas de guayaba cuentan con un alto potencial para ser aprovechados en diferentes procesos que incluyen elaboración de nuevos productos, agregación de valor a productos originales y la recuperación de condiciones ambientales alteradas. En los últimos años se ha visto un marcado interés en esta línea de investigación encaminada al aprovechamiento de los residuos no solo motivados por los ya mencionados impactos ambientales sino por las posibilidades de incremento de los ingresos, que llegan a ser muy atractivos para los empresarios.

Los residuos agroindustriales que pueden obtenerse de la transformación de la guayaba son pocos, pero pueden ser utilizados en la alimentación animal, obtención de aceites, harina y otros sub-

productos (Orrego, 2017). En la Figura 10 se pueden apreciar los posibles subproductos a obtener a partir del procesamiento industrial de las frutas de guayaba. La gran cantidad de semillas obtenidas tradicionalmente se destinan al compostaje o relleno sanitario. Sin embargo, Ordoñez (2019), caracterizó bromatológicamente la harina de guayaba obtenida a partir de las semillas. Además, en su investigación formuló una bebida destinada al consumo humano aprovechando las múltiples propiedades nutricionales presentes en el producto entre ellas proteínas 10,6 %, glucosa 22,7 %, grasa 5,5 % y sólidos 99,3 %.

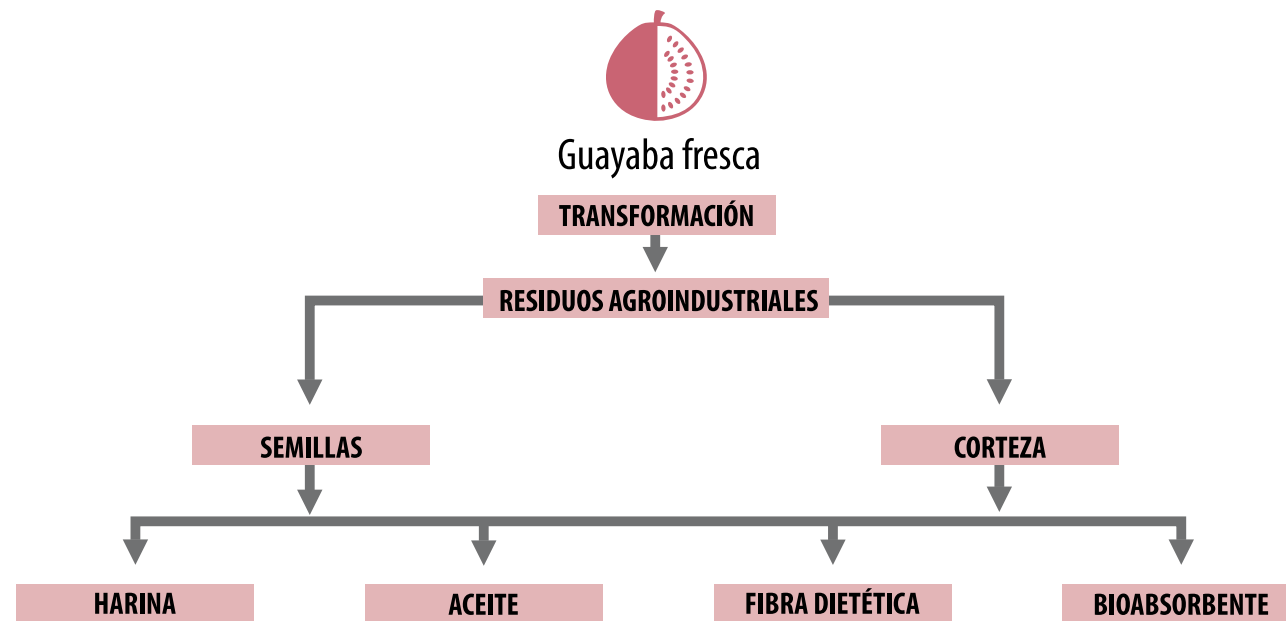


Fig.10. Flujo de aprovechamiento de los residuales obtenidos de la transformación de las frutas de guayaba.

Una comparación realizada por Gutten (2013) entre diferentes tipos de harinas comercializables en el mercado internacional (maíz, trigo) y la harina de semillas de guayaba reflejó como resultado dos puntos porcentuales más en contenido de fibra (10,80 %) de este producto. Este resultado fue corroborado por Aguirre-Alcalá (2015). Este autor concluyó su trabajo explicando que: la harina de semilla de guayaba adicionada con gluten (mayor propiedad en maleabilidad) es un producto viable para consumo humano por las bondades de la fibra que contiene (11 %), además preserva las propiedades organolépticas típicas (sabor y olor) del fruto sin tener que agregar ningún tipo de aditivo sintético. Otro aspecto a favor, lo constituye la disponibilidad de materia prima (semilla), ya que dicho co-producto se deja de lado y en alguno de los casos se considera como producto de desecho de las plantas procesadoras de frutas.

Una investigación realizada por Silva-Vega *et al.* (2017) evaluó los contenidos nutricionales de la semilla de guayaba como alternativas para alimento ruminal. Su trabajo refleja los beneficios que aporta el uso de harina de semillas de guayaba como complemento de la dieta de rumiantes por el aporte de grasa y Fibra Detergente Neutro (FDN) y la considera una fuente viable de proteína vegetal con potencial suficiente para el mantenimiento de los rumiantes. Su fibra contribuye al mantenimiento del funcionamiento del pH ruminal, la secreción salival dependiente de la masticación y la rumia.

Se debe señalar que existen pocas referencias documentales acerca de investigaciones aplicadas sobre la utilización de las semillas de guayaba. Cabe enunciar los resultados de autores como El y Yassen, (1997), los cuales proponen que la harina de la molienda de semilla de guayaba se utilice en la preparación de galletas sustituyendo parte de la harina de trigo; los de Bourgeois *et al.* (1998) que estudiaron el aceite de la semilla, proponiendo su utilización en la elaboración de jabones, productos de baño y productos de belleza; Jiménez-Escrig *et al.* (2001) quienes indican que la fibra de la semilla

de guayaba es una fuente de fibra dietaria con actividad antioxidante. Por otra parte, Bernardino-Nicanor *et al.* (2001) realizaron una caracterización bioquímica de las proteínas de la semilla y sus particularidades funcionales; Vasco-Méndez *et al.* (2005) reportaron el perfil de ácidos grasos de las semillas de guayaba e indicaron que son una buena fuente de ácido linoleico, ya que es el ácido graso que se encuentra en mayor cantidad (80 %) en las semillas.

Estudios realizados en Chile por Ramírez y Pacheco de Delahage (2009) concluyen que las frutas son fuentes de fibras dietéticas total. Los resultados de los ensayos en 38 variedades de frutas diferentes, entre ellas la guayaba con un 45,2 % de fibra dietética y además elevados contenidos de polifenoles extraíbles, asociados a la matriz de componentes de esta fibra por lo que le confieren propiedades antioxidantes. Las investigaciones estuvieron enfocadas a la evaluación de las fibras tanto solubles como insolubles, para ser incluidas como suplementos dietarios como polvos para diferentes alimentos. Las fibras pueden adicionarse a jugos, carne, dulces, jaleas y postres.

9.8. INOCUIDAD DE LOS PRODUCTOS PROCESADOS

Los hábitos de consumo de los alimentos han experimentado cambios importantes en muchos países y en consecuencia se han desarrollado diferentes técnicas de producción, preparación, almacenamiento y distribución de alimentos. Por tanto, es fundamental contar con prácticas eficaces de higiene de los alimentos, para evitar los riesgos de enfermedades y los daños provocados a la economía y al comercio por los alimentos deteriorados (Pérez *et al.*, 2020).

Entre las múltiples acepciones que definen a la calidad una de ellas la identifica como el conjunto de características o atributos que tiene un producto y que lo diferencia de otros. Según Neumann, citado por Sielaff, (2000), la calidad total de un alimento resulta del nivel de propiedades determinantes de su valor de uso, referentes a los parámetros de valor nutritivo, valor culinario, madurez para el consumo y forma de presentación. Entonces puede decirse que la calidad es lo que el consumidor está dispuesto a pagar por un determinado producto, es lo que el consumidor espera, que el producto adquirido sea sano, seguro e inofensivo; la inocuidad no es un atributo negociable en los alimentos. En el contexto de Cuba, la calidad y la inocuidad de los alimentos constituyen actualmente un punto de mira de la industria cubana.

Todos los días, personas de cualquier lugar del mundo enferman por los alimentos que comen. El alimento se define como la sustancia elaborada, semielaborada o en bruto que se destina al consumo humano, incluidas las bebidas. Se consideran inocuos si ellos o sus ingredientes, no causan daño al consumidor cuando de preparan y consumen o cuando se consumen debido al tiempo previsto. Estos daños o enfermedades se denominan "enfermedades de transmisión alimentaria" y son causadas por microorganismos peligrosos y/o sustancias químicas tóxicas. Sin embargo, el olor, el sabor y la apariencia de los alimentos no son indicadores fiables de su inocuidad, Aunque es cierto que algunos microorganismos cambian aspectos sensoriales en el alimento, otros tan peligrosos como las bacterias de los géneros *Salmonella*, *Shigella* y la *Escherichia coli* pueden estar presentes sin mostrar alteraciones aparentes. Sin embargo, la mayoría de las enfermedades de transmisión alimentaria se pueden prevenir con una apropiada manipulación de los alimentos.

Según la FAO/OMS 1997 el Aseguramiento de la Inocuidad es "el conjunto de condiciones y medidas necesarias durante la producción, elaboración y almacenaje, distribución y preparación de los alimentos para asegurar que, una vez ingeridos, no representen un riesgo apreciable para la salud". La inocuidad se valora mediante el análisis de riesgos, que consiste en determinar los peligros químicos, físicos y biológicos que pueden afectar a estos productos. En el Capítulo 10 se profundiza en los conceptos relativos a la calidad, inocuidad y normalización.

En las condiciones de Cuba la garantía del aseguramiento de la calidad y la inocuidad de frutas frescas se puede establecer a partir de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), de Manufactura (BPM) y de Higiene (BPH). Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) son los procesos y procedimientos que controlan las condiciones operacionales dentro de un establecimiento que realiza la etapa de transformación de la fruta y considera el mínimo impacto de tales prácticas sobre el ambiente y la salud de

los trabajadores (FAO, 2003). Las BPM juegan un papel muy importante para facilitar la producción de alimentos inocuos (Sánchez *et al.*, 2015).

En los últimos años se ha desatado un movimiento que ha revolucionado la industria de los alimentos en Cuba. El sector no estatal liderado por el Movimiento de Cooperativas de Frutales, ha propiciado el desarrollo de mini y micro industrias procesadoras de frutas, con tecnologías desde las totalmente artesanales hasta las semiautomatizadas. A la vez cuentan con diferentes proveedores de materias primas y productos auxiliares todo lo cual podría intervenir en la contaminación del producto final, afectando directamente al sector productivo (Sánchez, 2015).

Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) forman parte de los prerrequisitos más importantes del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC). Son la base en la cadena de la calidad de un proceso productivo y se implementan en todos los eslabones de la cadena de producción hasta el consumidor final. Es importante para los procesadores, identificar los principios esenciales de higiene de los alimentos aplicables a lo largo de la cadena desde la producción primaria hasta la mesa del consumidor con el objetivo de lograr alimentos sanos e inocuos y aptos para el consumo. Estos principios generales de higiene se recogen en la Norma Cubana NC 143. Código de prácticas. Principios generales de higiene de los alimentos. En ella se fortalece el enfoque preventivo y se prepara a las organizaciones para la implementación de sistemas APPCC. La aplicación de esta norma tanto en el sector estatal como en el no estatal contribuye a la mejora de la inocuidad e idoneidad y prepara a los productores y comercializadores a enfrentar las exigencias de los mercados para la exportación e importación de alimentos a todos los niveles.

El Ministerio de la Agricultura ha trabajado arduamente en la aplicación y cumplimiento de las normativas y requerimientos que en materia de calidad, inocuidad alimentaria e higiene de los alimentos involucran al sector agroindustrial frutícola. La elaboración de normativas ramales y empresariales ha favorecido la integración y la comunicación con un enfoque integral de responsabilidades y derechos a lo largo de la cadena productiva con respecto a la calidad e inocuidad de los productos alimenticios. La Norma Ramal NRAG 280. Buenas Prácticas de Manufactura para industrias Agroalimentarias es una muestra de estas acciones. Recoge los principales requisitos generales obligatorios aplicables a las industrias agroalimentarias incluyendo a las pequeñas y medianas industrias del sector frutícola.

La aplicación de las Buenas Prácticas de Manufactura en la industria transformadora hace posible asegurar la uniformidad y control de los productos de acuerdo con las normas establecidas para los diferentes productos que se desarrollen en la industria y conforme a las condiciones exigidas en la comercialización. Ello hace posible minimizar la presencia de contaminantes durante la elaboración de productos como jugos, néctares, pulpas o purés y conservas, a través de un control sanitario riguroso del personal, equipos, utensilios, instalaciones físicas y sanitarias; la limpieza y desinfección y el control de plagas.

Durante la elaboración de cualquier producto es indispensable conocer las especificaciones del mismo. Estas tienen que encontrarse bien documentadas y establecidas sobre la base de los estudios realizados y del conocimiento. Para ello se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Documentar las especificaciones organolépticas, microbiológicas, químicas o físicas, basadas en principios científicos sólidos y/o normas vigentes.
- Verificar el cumplimiento de los requisitos del producto final antes de la liberación de los lotes.
- Requerir para la producción y comercialización de todo nuevo producto alimenticio o las modificaciones de los ya existentes, de la aprobación del Ministerio de Salud Pública, de acuerdo con la tramitación oficialmente establecida al efecto (Licencia Sanitaria, Registro de productos).

Además, se deben cumplir las prácticas de higiene necesarias en la elaboración de productos derivados de la guayaba, tales como:

1. Exigir que los operarios se laven cuidadosamente las manos con jabón líquido antibacterial:
 - al ingresar al área de proceso,

- después de manipular cualquier alimento crudo y/o antes de manipular alimentos cocidos que sufrirán ningún tipo de tratamiento térmico antes de su consumo,
- después de llevar a cabo cualquier actividad no laboral como comer, beber, fumar, sonarse la nariz o ir al servicio sanitario, y otras,

2. Utilizar batas sanitarias o en su defecto ropa blanca, verde o azul claro acorde con las exigencias sanitarias de la actividad que estén realizando e incluso se pueden utilizar para diferenciar el personal por áreas de proceso.
3. Cubrir con vendajes impermeables apropiados los cortes y las heridas del personal, cuando a este se le permita seguir trabajando.
4. Lavar las manos y antebrazos con agua corriente potable y jabón antes de iniciar las labores de manipulación y cuantas veces sea necesario, y cuando hayan utilizado los servicios sanitarios. Para ello, deben existir las instalaciones pertinentes dotadas de los medios requeridos para ello.
5. Realizar por métodos higiénicos el secado de manos empleando servilletas desechables, toallas, secadores de aire u otros medios que garanticen la ausencia de cualquier posible contaminación durante esta operación.
6. No manipular productos en otra fase de elaboración avanzada, ni productos terminados cuando se estén manipulando materias primas alimenticias o subproductos.
7. Colocar avisos donde se indique la importancia de mantener una conducta higiénica, mantener la higiene de las instalaciones y del producto.

Las BPM constituyen el fundamento sanitario bajo el cual toda empresa relacionada con el procesamiento y manejo de alimentos debe operar, asegurando que, hasta la más sencilla de las operaciones a lo largo del proceso de manufactura de un alimento, se realice bajo condiciones que contribuyan al objetivo último de calidad, higiene y seguridad del producto (Sánchez-Vásquez, 2018). Las BPM son un modo de trabajo y un elemento indispensable para que las pequeñas, medianas y grandes empresas procesadoras de frutas, coexistan y se mantengan competitivas.

9.9. TECNOLOGÍAS EMERGENTES PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS PRODUCTOS

El incremento a nivel mundial del procesamiento de frutas, debido a la mejora en las técnicas de preservación, transporte y a los sistemas de comercialización y distribución, permite ofrecer al consumidor un abanico cada vez más amplio de alimentos saludables, en creciente demanda. Sin embargo, la mayoría de los constituyentes de interés de los alimentos son sensibles a las temperaturas y vulnerables a cambios químicos, físicos y microbiológicos. Los tratamientos convencionales aplicados en la industria suelen facilitar las pérdidas de compuestos, a la vez que consumen altos niveles de energía, tiempo y agua. Es por ello que en los últimos años han surgido un gran número de tecnologías alternativas que permiten el procesamiento a temperaturas bajas o medias como tratamientos potenciales para inactivar enzimas y microorganismos con mínimos efectos perjudiciales sobre los parámetros de calidad de los alimentos (Gamboa-Santos *et al.*, 2016).

Los jugos de frutas constituyen un aporte vitamínico diario de considerable importancia en la dieta, y han sido utilizados desde tiempos remotos como fuente de ingredientes funcionales. El consumo de jugos de guayaba ha estado asociado con la estabilización del sistema digestivo, la producción de insulina, la prevención de enfermedades respiratorias, la protección del sistema circulatorio y con ello la prevención de enfermedades cardiovasculares, entre otras. Todo ello se le atribuye al aporte de altas dosis de vitaminas como la A, E, B y C y su potencial actividad antioxidante (Bustos, 2013). Aplicar tecnologías emergentes en el procesamiento de algunos productos de guayaba, representa una oportunidad viable e interesante para obtener jugo o néctar de guayaba seguro microbiológicamente, que preserve sus características de calidad (nutricional, fisicoquímica y organoléptica), su actividad antioxidante y contribuya a la extensión de la vida útil del producto.

Los estándares ambientales, de calidad, y sociales, entre otros, han estereotipado un consumidor con hábitos alimentarios cada vez más exigentes que demanda del mercado productos sanos e inocuos, libres de aditivos alimentarios y con una alta calidad nutritiva y sensorial. Debido a ello y presionado por la competitividad industrial a nivel mundial, ha existido un creciente desarrollo de

las investigaciones en el sector alimentario hacia la búsqueda de nuevos procesos requeridos para la conservación de alimentos que permitan posicionar los productos y ganar un espacio no solo en los mercados nacionales sino también el mercado internacional.

Todos estos esfuerzos han promovido el desarrollo de tecnologías emergentes como también se conocen a las tecnologías de altas presiones, tratamiento óhmico, campos eléctricos pulsantes, luz pulsante, microondas, irradiación, ultrasonido, tecnología de membranas, métodos combinados, métodos mínimos. Estas tecnologías emergentes presentan potencial de expansión industrial comercial y, actualmente existe viabilidad verificada para ciertos productos en determinados nichos de mercado. Sin embargo, el impacto sobre el consumidor está asociado a la información científico técnica que tenga disponible.

A continuación, se relacionan algunas características de estas tecnologías emergentes.

9.9.1. ULTRASONIDO

Consiste en ondas de sonido con frecuencias mayores a aquellas que pueden ser detectadas por el oído humano. El ultrasonido (US) maneja ondas con frecuencias entre 16 KHz y 20 MHz, las cuales al ser aplicadas pueden llegar hasta 5 MHz en gases o hasta 500 MHz en líquidos y sólidos. Se ha demostrado que puede ser utilizado para la evaluación de la textura, composición y viscosidad de alimentos. Adicionalmente, el ultrasonido, por su capacidad para destruir paredes y membranas biológicas, se considera una tecnología promisoría tanto para la destrucción de microorganismos a temperaturas de procesamiento inferiores a las utilizadas durante la esterilización, como para acompañar otras tecnologías de proceso como lo son la extracción, la pasteurización, entre otras (Delgado, 2012).

En la industria alimentaria, el ultrasonido se utiliza cada vez más no solo para la emulsificación de productos como los jugos de frutas, sino que ha sido aplicado con éxito en el procesamiento de pulpas y mermeladas para la inactivación microbiana en sustitución de procesos como pasteurización y esterilización. Esta tecnología ultrasónica ha demostrado su eficiencia en procesos de secado por deshidratación osmótica. Debido a las bajas temperaturas durante la deshidratación y los tiempos de tratamiento más cortos, se mantienen inalteradas cualidades de los alimentos, tales como sabor, color y valor nutritivo.

La deshidratación osmótica (DO) es un claro ejemplo de la aplicación de US en medios líquidos como pretratamiento al secado convectivo de frutas, utilizando diferentes soluciones hipertónicas de sustancias, en general, azúcares y sales, a concentraciones, temperaturas y tiempos variables. Los efectos mecánicos de los US, que conllevan la formación de microcanales en la estructura del producto, junto con la presión osmótica, son los responsables de acelerar la pérdida de agua y la ganancia de sólidos y de reducir el tiempo de secado posterior. Esta tecnología ha sido utilizada con éxito por Kek *et al.* (2013) en tratamientos pre osmóticos para el secado convectivo de rodajas de guayaba.

9.9.2. ALTAS PRESIONES

El tratamiento de alimentos por altas presiones hidrostáticas (APH) es la tecnología de las denominadas emergentes, con mayor éxito a nivel industrial que ha conseguido llegar a los mercados con una amplia variedad de productos. Esta tecnología se conoce también como 'pasteurización fría' gracias a que consigue inactivar microorganismos patógenos que alteran los alimentos mediante el uso de presión en lugar de calor, consiguiendo una reducción en el recuento de microorganismos similar a la que produce la pasteurización térmica tradicional. Ha sido aplicada tanto a alimentos líquidos como a sólidos con altos contenidos de humedad, y por lo general, se aplican una vez envasado el alimento en su envase final. En el caso de jugos y otras bebidas a base de fruta, el procesado mediante altas presiones mantiene las propiedades originales del producto sin necesidad de conservantes.

Entre los productos comerciales más recientes en los que se utiliza esta tecnología se encuentran los jugos y, entre ellos el de guayaba. Tras un proceso térmico convencional muchos compuestos volátiles se pierden y/o transforman en otros de carácter no deseable, con la consecuente pérdida

de calidad organoléptica. Sin embargo, la aplicación de altas presiones sobre este tipo de productos es más conservadora para estos compuestos. Existen estudios en los cuales los consumidores no distinguen entre, por ejemplo, un jugo recién exprimido de uno presurizado. Esta tecnología permite la formación de geles (gelificación de pectinas y proteínas, gelatinización de almidón) y tiene capacidad de preservar la frescura de los alimentos y la retención de compuestos bioactivos además de lograr la reducción microbiana necesaria para obtener un producto seguro (García-Parra *et al.*, 2014).

9.9.3. TRATAMIENTO ÓHMICO

El calentamiento óhmico se produce cuando una corriente eléctrica pasa a través de un alimento, la rápida transferencia de calor provoca la elevación de la temperatura en su interior, como resultado de la resistencia que ofrece al paso de la corriente eléctrica. Es rápido y tiene mayor capacidad de penetración que la microondas.

Esta tecnología se aplica a alimentos líquidos con rápida transferencia. Entre sus ventajas se encuentra la rapidez, la eficiencia energética y el bajo costo operacional y, como desventaja, el descongelamiento. Entre las múltiples aplicaciones de esta tecnología se puede mencionar su aplicación en el escaldado, la pasteurización, la evaporación, y la deshidratación, entre otras (Gamboa-Santos *et al.* 2016).

9.9.4. CAMPOS ELÉCTRICOS PULSANTES

La tecnología de campos eléctricos pulsantes conocida por sus siglas en inglés PEF consiste en la aplicación de alto diferencial de potencial eléctrico (voltaje) por corto tiempo (pulso). El producto fluye entre dos electrodos alimentados por fuente de energía pulsante; los jugos o pulpas de frutas se tornan parte del "circuito eléctrico", y son sometidos a una serie de pulsaciones eléctricas a una intensidad de 10 000 voltios. De ahí pasan a una cámara de tratamiento y a un proceso de refrigeración para ser envasados. Es un tratamiento muy adecuado, principalmente para líquidos. Se ha probado en productos diversos tales como jugos de frutas, pulpas, leche desnatada. Su efecto garantiza la inocuidad del producto porque es un proceso en cadena con una alta eficiencia energética.

Esta tecnología, disponible en pequeña y mediana escala industrial, constituye una alternativa al tratamiento térmico asociado al envase aséptico y control extremadamente eficaz. Ha sido utilizada para la conservación de jugos como una alternativa para inactivar microorganismos patógenos. Ejemplo de ellos fueron los estudios realizados por Rivas *et al.* (2016), quienes evaluaron el efecto combinado de los PEF y stevia (edulcorante libre de calorías) en la supervivencia de *L. monocytogenes* en jugo de mango entre otras frutas.

9.9.5. IRRADIACIÓN

Es un método físico de conservación tecnológica para reducir el riesgo de contaminación microbiana en el alimento durante la producción, procesamiento, manipulación y preparación del mismo con alta calidad. Consiste en exponer el producto a la acción de radiaciones ionizantes capaces de transformar moléculas y átomos en iones, durante un período de tiempo preciso. La energía absorbida por el alimento se define como dosis y no es más que la absorción de un Joule de energía por kilo de masa irradiada y la unidad de medida es el Gray (Gy) (Iriarte, 2019).

El alimento nunca está en contacto con la fuente de energía; la energía ionizante solo penetra en el alimento, pero no permanece en él, se necesita muy poca energía para destruir los microorganismos. La tecnología no causa formación/condensación de anillos aromáticos/heterociclos, que ocurren a altas temperaturas y son carcinogénicos; tampoco deja residuos de radiación en el alimento; y los componentes volátiles encontrados durante el ciclo natural de crecimiento se mantienen con niveles iguales.

Estudios recientes demuestran que el uso de irradiación ultravioleta en frutas y vegetales frescos, reduce la incidencia de patógenos y la carga microbiana y prolonga la vida poscosecha, sin afectar la calidad del producto. Sin embargo, existen pocos resultados de su aplicación en la industria de la

transformación de frutas para jugos, néctares y pulpas. Investigaciones recientes reflejan desventajas en la aplicación de esta tecnología tales como pérdidas de vitaminas en el proceso (fundamentalmente la vitamina A), no se desactivan las toxinas ni las enzimas en el producto, además de lo costosa y las elevadas dimensiones de la planta.

Es importante señalar que hay un potencial interés de la industria en las tecnologías emergentes a nivel internacional, para productos como jugos, néctares y pulpas de guayaba. Los estudios revelan resultados exitosos, por su eficacia, en la inactivación de microorganismos patógenos que permitan alargar la vida útil de los alimentos manteniendo sus cualidades sensoriales y nutricionales, Por lo tanto, las tecnologías emergentes más activas están relacionadas con los nuevos sistemas de conservación y envase de los alimentos.

9.10. BIBLIOGRAFÍA

- Abreu Sh., L. Prevez, J. Guzmán, R.J. Moya, C.M. Fernández, M. Bello, 2008. Procesamiento industrial de la Guayaba. Sección Industria. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Boletín NOTICITRIFRUT, ISSN 1993–9329 No. RNPS 2134, No 8.
- Aguilar J., 2012. Métodos de Conservación de Alimentos. 1ra Edición. Tlalnepantla, Estado de México. RED DEL TERCER MILENIO S.C. ISBN 978–606–733–150–6. Pp 192.
- Aguirre–Alcalá R.M., P. Maldonado, J.L. Jara, 2015. Determinación de las propiedades físico–químicas de la harina de semillas de guayaba (*Psidium guajava*). XII Encuentro de participación de la Mujer en la Ciencia, Guadalajara, México.
- Avilán, L., M. Millán, 1984. Consideraciones acerca de los sistemas de plantación del guayabo (*Psidium guajava* L.) en Venezuela, *Rev.Agronomía Tropical*, 34(4–6):69–80,
- Bustos G.K. y D. Hurtado, 2013. Diseño de Alimentos derivados de la guayaba, empleando procesos simples de conservación. Disertación de grado Obtención del Título de diseñadora con mención en productos. pp 1–99. Pontificia Universidad Católica del Ecuador–Quito.
- Cabrera J., 2010, Aplicación de la PML en la Industria Citrícola de Contramaestre, como base para su sostenibilidad, Tesis en Opción al grado de Master en Fruticultura Tropical, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, La Habana.
- Cañizares J., 1981, Mejoramiento de la Guayaba, *Psidium guajava* L., por selección masal, *Rev. Ciencia y Técnica en la Agricultura, Serie Cítricos y otros Frutales*, Vol., 4 pp: 3–4.
- CODEX STAN 215–1987. Guayaba en Conserva.
- CODEX STAN 247–2005. Zumos (jugos) y Néctares de fruta.
- Decreto Ley 9/ 2020. Inocuidad Alimentaria. Cuba.
- Delgado J.O., 2012. Aplicación del Ultrasonido en la Industria de los Alimentos. *Rev. Especializada en Ingeniería de Procesos en Alimentos y Biomateriales*, Vol. 6, pp 141–152. ISSN: 1900–6608.
- El D.M.H.A.S., A. A. E. Yassen, 1997. Evaluation of utilization of guava seed meal (*Psidium guajava* L.) in cookies preparation as wheat flour substitute. *Nahrung*, Vol. 41(6): 344–348.
- Esquivel–Ibarra I y R. Guerrero–Huerta, 2004. Tecnología de Frutas y Hortalizas. En: LIMUSA. Libro. Introducción a la tecnología de Alimentos. (Edición 2) D.F., LIMUSA. México. Pp 44–53.
- Estrada H.H., C.E. Restrepo, H.G. Saumet, L. Pérez, 2018. Deshidratación Osmótica y Secado por aire caliente mango, guayaba y limón para la obtención de ingredientes funcionales. *Rev. Información Tecnológica*, La Serena, Vol.29 (3), pp197–204. Recuperado en 28 Septiembre 2021, de (<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000300197>)
- FatSecretPlatform API. 2020. Agosto. *FatSecretMexico*. Recuperado el 17 de Julio 2021, de <https://mobile.fatsecret.com.mx>
- Gamboa–Santos J., J. Rodríguez, G. Carvajal, A. Pilamala, 2016. Aplicación de tecnologías emergentes al procesamiento de frutas con elevada calidad nutricional–Una revisión. *SENA Rev. Colombiana Investigaciones Agroindustriales*. Vol. 3 (1) pp 57–65.

- García–Parra J., F., González–Cebrino, R. Ramírez, 2014. Tecnologías emergentes de procesamiento de alimentos: altas presiones hidrostáticas, Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX), Instituto Tecnológico Agroalimentario de Extremadura (INTAEX).
- González E, J.S. Padilla, L. Reyes, F. Esquivel, F.J. Robles, M.A. Perales, 2000. Tecnología para la producción de guayaba en Calvillo, Aguascalientes, INIFAP, Centro de Inv., Regional Norte Centro, Pabellón Aguascalientes, México, 17pp.
- Guevara–Pérez A., K. Cancino–Chavez, 2008, Métodos Apropriados para Inactivar o Controlar el Deterioro Microbiológico en Alimentos, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, pp 1–80.
- Guzmán J., L. Prévez, R.J. Moya, C.M. Fernández, M. Bello, 2008. Desarrollo de Tecnologías para el Procesamiento de Frutas. Sección Industria. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Boletín NOTICITRIFRUT, ISSN 1993–9329 No. RNPS 2134, No 9.
- Hernández, G, R. Martínez, O. Puig, 2005. Respuesta del guayabo (*Psidium guajava*, L.) a diferentes tensiones de humedad en el suelo con riego localizado, *Memorias del Congreso Internacional Cuba–Riego 2005*, La Habana. Pp, 544–558.
- Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT), 2009, Fincas Integrales de Frutales, Boletín del IIFT, La Habana. Pp 1–5
- Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT), 2011. Instructivo Técnico para el Cultivo de la Guayaba (*Psidium guajava* L.), 38 pp.
- Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT), 2020. La Cadena de valor de la guayaba en Cuba, La Habana, PNUD. ISBN 978–959–296–064–0. pp165.
- Iriarte D., 2019. Avances en Tecnologías de Producción y Conservación de Frutas. Tesis de diploma en Ingeniería de los Alimentos. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Bogotá.
- Jácome D., 2015. Frutas Cubanas. Cuba en la Memoria. Recuperado Agosto 2021. www.facebook.com/CubaEnLaMemoria/?_tn_=%2Cg
- Kek P., N.L. Chin, Y.A. Yusof, (2013). Direct and indirect power ultrasound assisted pre–osmotic treatments in convective drying of guava slices. *FoodBioprProc*, 91(4), 495–506. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2013.05.003>
- Ligorguro J. E. y K.A. Sierra 2015, Diseño de Plan de exportación de pulpa y dulce de guayaba producido en la Provincia de Tungurahua para el mercado alemán de Núremberg, Alemania, Diploma en opción al título de ingeniería Comercial, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador, Pp 1–130
- López G.R., Ramírez M., Alejandra O., L. Graziani de Frariñas, 2000. Evaluación fisicoquímica y microbiológica de tres mermeladas comerciales de guayaba (*Psidium guajava* L.) *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* Vol. 50 (3), pp 291–295. Recuperado el 20 de Septiembre de 2021, http://ve.scielo.org/scielo.php?scrip=sci_arttex&pid=S0004-06222000000300013&lng=es.
- Machado–Molina M, A. García–Pereira, N. Machado–García, 2019. Propuesta de rangos de índices de color según los estados de maduración en frutas, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, Vol. 28, No 4, Versión on– line ISSN 2071–0054, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad Agraria de la Habana.
- Marrufo, R., et al, (2019), Piña deshidratada mediante procesos combinados de deshidratación osmótica y flujo de aire caliente, *Revista Ciencia Norandina*, Vol, 2 No.2, pp115–122,
- Monreal A., 2019, La Vanguardia.com, Guayaba: propiedades, beneficios y valor nutricional, Recuperado junio 2021, www.lavanguardia.com/comer/frutas/20180730/451122103148/frutas-guayaba-propiedades-valor-nutricional-beneficios,html%ffacet=amp
- Moya R., L. Prevez, Sh. Abreu, J. Guzmán, M. Bello., G. Capote, 2010. Energía Renovable: Una Alternativa Sostenible en el Procesamiento de Frutas Tropicales. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Boletín NOTICITRIFRUT, No 3. Sección Industria.

- Nagor, P.K., R. Roja, 1981. Sustancias similares a las giberelinas en el fruto del guayabo (*Psidium guajava*) sin semillas, *The Journ., Hort, Science*, 56 (4), pp 339–343.
- NC 475: 2010. Pasta de Frutas y/u Hortalizas, Especificaciones.
- NC 452: 2014. Envases, Embalajes y Medios Auxiliares destinados al contacto con Alimentos. Requisitos Sanitarios Generales.
- NC 492: 2014. Almacenamiento de Alimentos–Requisitos Sanitarios Generales. Obligatoria
- NC 340: 2015. Guayaba–Especificaciones.
- NC 136: 2017. Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC/HACCP). Requisitos.
- NC 288: 2017. Mermeladas, Confituras y Jaleas, Especificaciones.
- NC 362: 2017. Alimentos infantiles Puré compotas y Calados de frutas y/u hortalizas. Especificaciones.
- NC 370: 2017. Frutas en Conservas. Especificaciones.
- NC 903: 2017. Jugos y Néctares de Frutas, Especificaciones.
- NC 108: 2020. Norma General para el Etiquetado de los Alimentos Preenvasados.
- NC 143: 2021. Código de prácticas. Principios generales de higiene de los alimentos.
- NRAG 280: 2012. Buenas Prácticas de Manufactura para industrias Agroalimentarias.
- NRIAL 013: 2018. Pulpa de Frutas–Especificaciones.
- NRIAL 200: 2018. Frutas en Almíbar, Especificaciones.
- Olivé B, 2009, Operaciones Básicas. Procesamiento de Frutas y Vegetales. Curso Básico, Principios de Conservas, Conferencias Tecnológicas.
- OMS, 2007, Las cinco claves para la Inocuidad de los Alimentos, Ediciones OMS, Pp 1–32.
- Ordoñez–Rodríguez J.F, L.M. Román, O. Giraldo –Valencia, E. D. J. Hoyos–Zuluaga, E. Barrera–Bello, C. Jiménez Argumedo, 2019. Caracterización bromatológica de Harina de semillas de guayaba obtenida a partir del proceso industrial de despulpado y su potencial para la elaboración de una bebida tipo colada. Encuentro cennoba del oriente atiqueño. *Revista Sena* 4(1):12–22.
- Orrego C.E. 2017. Aprovechamiento de residuos agroindustriales de frutales andinos. Proyecto: Modelo de plataforma de aprovechamiento integral, adición de valor y competitividad de frutales comerciales andinos, Convenio FTG/RF–1330–RG financiado por el Fondo regional de Tecnología agropecuaria (FONTAGRO), Colombia.
- Páez J.G., 2019. Análisis de producción de guayaba en Calvillo, Aguascalientes. Tesis en opción al título de Licenciado en Economía. Centro Universitario UAEM Texcoco. Estado de México. Pp1–65.
- Pérez–Méndez L.L., D. Díaz–Mena, I. Ayala–Ávila, L. Felipe–Fernández, J.F. Medina–Pérez, 2020. Novedades de la nueva versión de la NC 143 Código de Prácticas. Principios Generales de Higiene de los Alimentos. *Rev. LE ACTUALIZA* ISSN 2309–5253 (04). pp 1–8.
- Quiroa M., Diciembre, 2020. Proceso Industrial. *economipedia.com*. Recuperado 22 de Septiembre 2021 de <http://economipedia.com/definiciones/proceso-industrial.html>.
- Ramírez, A., P. De Delahage, 2009. Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana, *INCI*, 24 (4), pp, 293–298.
- Rivas A., S. Sansano, M.C.P. Pérez, A. Martínez y D. Rodríguez, 2016. Antimicrobial Effect of *Stevia Rebaudiana Bertonia* against *Listeria monocytogenes* in a Beverage Processed by Pulsed Electric Fields (PEFs): Combined Effectiveness. Jarm T. y Kramar P. (eds) 1st World Congress on Electroporation and Pulsed Electric Fields in Biology, Medicine and Food & Environmental Technologies: Portoro, Slovenia, September 6–10, 2015. Springer Singapore, Singapore, Vol. 53, pp 43–46.
- Rodríguez N., 1983. Propagación en Frutales, *Carica papaya* y *Psidium guajava*. Boletín de Reseñas, Serie Cítricos y otros Frutales (10); pp 30–51.
- Sánchez C. D., M. Vegaa–León, O. M. Valdés–Almaral, A. Beltrán–Castillo, G.R. Almenares–Garlobo, Z. M. Acosta–Porta, M. E. García. 2015. Generalidades para la Aplicación de las Buenas Prácticas. *CitriFrut* 32(2): 3–10.
- Sánchez–Vásquez V.L., 2018. Buenas Prácticas de Manufactura. *PRO–SCIENCES*. *Rev. Producción, Ciencias e Investigación*. ISSN 2588–1000. Vol. 2 (10), pp 22–26.
- Silva–Vega M, R. Bañuelos–Valenzuela, A. Muro–Reyes, L. Delgadillo–Ruiz, 2017. Evaluación de semilla de Guayaba (*Psidium guajava* L.) como alternativa en la nutrición ruminal, *Rev. Abanico Vet* Vol.7 (1), 26–35. *Tipic ene/abr*.
- Tenorio–Reyes S., J.D. Robles–Ramírez, E.U. Carrera–Arellano, J.M. García–González, 2019. Deshidratación de Guayaba (*Psidium guajava* L.) en forma de rodajas mediante radiación solar en un secador directo. *Rev. Energía Química y Física*, Vol. 6, No 21 (14–18).
- UNAM. Departamento de Alimentos y Biotecnologías, Facultad de Química. 2021. Ficha Técnica Industrialización de la guayaba (*Psidium guajava* L.). Recuperado Septiembre 2021 de <http://www.google.com/amp/s/docplayer.es/amp/2847286-ficha-tecnica-industrializacion-de-la-guayaba-psidium-guajava-l.html>
- Vasco–Méndez., J.F. Toro–Vázquez., S. Padilla–Ramírez, 2005. Composición Química de la Semilla de Guayaba. II Encuentro Participación de la Mujer en la Ciencia. León, Guanajuato. Recuperado 14 Julio 2021, de http://congresos.cio.mx/2_enc_mujer/Extenso/Posters/S1–QUI07.doc
- Vega R., 2007. La Inocuidad de Alimentos procesados en las Américas. *Rev. Alimentos Hoy*. Vol. 11(11). Bogotá.
- Yirat B. M., P.A. García, G.A. Hernández, N.A. Camacho, 2009. Evaluación de la calidad de la guayaba, variedad enana roja EEA 1–23, durante el almacenamiento a temperatura ambiente, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN 1010–2760 pp Vol. 18 (2) 70–73.



CAPÍTULO 10

MERCADO Y COMERCIALIZACIÓN

Zita María Acosta Porta
Guillermo Almenares Garlobo
Yadany Herrera Ramírez
Clara Labrada Fernández

10.1. INTRODUCCIÓN

La guayaba (*Psidium guajava* L.) se considera como uno de los frutos más conocidos y estimados en la mayor parte del mundo para el consumo de la población y la exportación. Este fruto tiene un alto potencial de comercialización en diferentes mercados, ya que es una fruta 100 % aprovechable, hasta sus semillas sirven para la elaboración de diferentes productos. El guayabo posee un importante potencial productivo y existe una tradición en su cultivo. También se destaca por su exquisito aroma y sabor, junto a propiedades nutricionales y medicinales (Valdés–Infante *et al.*, 2020).

Actualmente Cuba no exporta guayaba en fresco ni productos procesados. No obstante, es un importante cultivo frutícola, y se dedican grandes extensiones de tierra a este frutal en el país, destinadas a la industria, el turismo y el consumo fresco.

Para que las frutas puedan cumplir su función en la alimentación humana y la comercialización, es necesario que tengan una alta calidad, la cual se vincula a sus características físico–químicas. Estas se expresan mediante los indicadores o índices de calidad, clasificados en externos e internos.

La calidad e inocuidad de las frutas incluye componentes relacionados con el color, el tamaño, la forma, la ausencia de defectos y materias extrañas; así como la consistencia al tacto (textura), sabor y olor. Además, forman parte de la actividad comercial, la seguridad del valor nutricional y la ausencia o minimización de riesgos biológicos, químicos y físicos que comprometan la salud del consumidor. Tales indicadores se registran en las normas de productos o procesos productivos y pueden clasificarse en intrínsecos y extrínsecos: los intrínsecos son valorados por los consumidores y los extrínsecos no son conocidos directamente por el consumidor, se relacionan con la inocuidad del producto y con los procesos de producción, según se refiere en la Tabla 1.

Los indicadores de calidad e inocuidad que se observan en la Tabla 1, se establecen en Normas de Especificaciones con alcance internacional (Comité del *Codex Alimentarius*), regional (Normas UNECE de la Comisión de las Naciones Unidas para Europa formada entre otros por los Estados Unidos de América (EUA) y Canadá, Nacional (Normas Cubanas, por la sigla NC), establecidas por la Oficina Nacional de Normalización y las Normas Ramales por las siglas NRAG, que son responsabilidad del Ministerio de la Agricultura.

10.2. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE LA CALIDAD, INOCUIDAD Y LA NORMALIZACIÓN APLICADOS A LOS FRUTOS. IMPLICACIONES PARA LA DEMANDA Y EL COMERCIO

10.2.1. CALIDAD

La calidad se vincula a las características físico–químicas del fruto, expresadas mediante los indicadores o índices de calidad, que se establecen en Normas de Especificaciones. Desde el punto de vista de los productos agroalimentarios, de acuerdo con la FAO (2003), se define como "la calidad puede considerarse como una característica compleja de los alimentos que determina su valor o aceptabilidad para los consumidores".

Sánchez *et al.* (2014), refieren que la calidad del producto abarca las especificaciones de todas sus características y sus empaques que, al realizarse en la fase de producción, generan productos que satisfacen las necesidades y expectativas de los usuarios y respetan la salud, la seguridad de consumo

Tabla 1. Indicadores de calidad e inocuidad de los frutos frescos para el comercio (Sánchez, 2017).

	INDICADORES DE CALIDAD	COMPONENTES
INDICADORES INTRINSECOS	Apariencia, tamaño, forma	Dimensiones, peso, diámetro, uniformidad en el empaque.
	Textura	Suculencia, dureza, suavidad, firmeza, jugosidad.
	Color	Uniformidad, intensidad.
	Defecto	Morfología, físicos, mecánicos, patológicos, entomológicos, externos.
	Sabor	Sabores y aromas, astringencia, acidez, dulzura.
	Clasificación por calidad	Categoría extra, Categoría I y Categoría II.
	Clasificación por calibres	Calibrado por diámetro, peso o número de frutos según el país importador.
	Disposiciones sobre la presentación	Envasado, características de los envases, uniformidad en el empaque.
INDICADORES EXTRINSECOS	Marcado y etiquetado	Naturaleza del producto, origen e identificación comercial.
	Transportación, manipulación, almacenamiento y conservación	Características del transporte, manipulación de los empaques: almacenamiento en locales adecuados y temperaturas de conservación.
	Seguridad	Residuos de compuestos químicos, contaminantes, contaminación microbiana, trazabilidad del proceso y el producto.
	Valor nutricional	Vitaminas, minerales, aminoácidos, fibras, lípidos, carbohidratos.

y el medio ambiente. Y esto debe ser así, no solo en la fase de consumo, sino también al terminar el ciclo de vida del producto y de empaque, una vez que ha sido consumido.

Desde el punto de vista comercial el concepto de la calidad varía de acuerdo con el producto y el tipo de persona que lo consume y gira alrededor de la satisfacción de las necesidades de los clientes. Se requiere conocer los procesos productivos y las condiciones ecológicas más adecuadas para lograr que los productos alcancen los requisitos exigidos y, por último, garantizar con evidencias que esos requerimientos sean alcanzados.

El incremento del comercio mundial de alimentos, los progresos en la comunicación y el aumento de la movilidad de las poblaciones, han contribuido a ampliar la importancia de las disposiciones relativas a la descripción, etiquetado, envasado y calidad de los productos. Esto proporciona información a los consumidores y garantiza las prácticas leales en el comercio. La calidad se relaciona con diversos factores reguladores del mercado en el siglo XXI, entre ellos:

- La mundialización del comercio.
- La complejidad actual de productos, procesos y servicios.
- La concentración de la demanda.
- La crisis económica que intensifica la competencia internacional a nivel de empresa.
- El reconocimiento de que el enfoque de calidad total puede apoyar procesos competitivos de la empresa (reducción de costos, reducción de pérdidas) (Sánchez, 2017).

10.2.2. INOCUIDAD

La inocuidad se vincula a las características de los procesos de producción, elaboración, transporación, almacenaje y distribución de los alimentos (Cruz y Acosta, 2013).

El concepto de inocuidad de un alimento, según la FAO/OMS (2007), se define como "la garantía de que los alimentos no causarán perjuicio al consumidor cuando sean preparados o ingeridos de acuerdo

con su uso previsto". El aseguramiento de la inocuidad se refiere a la reducción de los riesgos que puedan surgir durante las fases de producción y manejo del producto.

La preocupación del consumidor por el respeto a la salud y la seguridad de consumo, ha aumentado en los últimos años, debido principalmente a la incidencia de enfermedades de transmisión alimentaria (ETAS). De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), millones de personas padecen de enfermedades causadas por alimentos y aguas contaminadas (FAO, 2007). Los alimentos contaminados tienen un importante papel en la epidemiología de enfermedades como el cólera (causada por la bacteria *Vibrio cholerae*) y otras que contribuyen sustancialmente a problemas de malnutrición (Sánchez, 2017).

El riesgo real y/o percibido de los contaminantes químicos, como por ejemplo, la presencia de residuos de plaguicidas y peligros microbiológicos, ha hecho del logro de la inocuidad alimentaria una preocupación en la mayoría de los países (Puñales y Leyva, 2013). Además, es una de las principales preocupaciones de las grandes transnacionales dedicadas al comercio de alimentos. Ello ha provocado una creciente necesidad de ofertar productos con calidad, sanos e inoos, aptos para el consumo.

Tanto la calidad como la inocuidad son conceptos que están contenidos en los sistemas de control de alimentos. El sector reglamentario es el responsable a niveles internacionales, regionales y nacionales, de establecer los sistemas para dar garantía y confianza, mediante el establecimiento de normas de productos y procesos, así como métodos de inspección y control, que se vinculan con las cadenas productivas.

La garantía del aseguramiento de la inocuidad se relaciona al Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control o HACCP (por sus siglas en inglés), a la trazabilidad del producto o proceso y a los sistemas de certificación. La trazabilidad o rastreabilidad se define como "la capacidad de seguir el trayecto de un alimento hacia uno o más etapas definidas de producción, de tratamiento y de distribución". Representa la habilidad para identificar el origen del producto, el lugar donde fue producido, los insumos que fueron aplicados, el manejo poscosecha al que fue sometido e identificar la ubicación específica en la cadena productiva a través de registros. Estos deben ser retenidos por un período apropiado de tal manera que apoyen la historia del producto (Sánchez, 2017).

La cadena productiva se refiere, de forma general, al conjunto de actores, procesos y recursos interrelacionados e interdependientes que permiten que uno o varios productos lleguen al mercado final en un contexto territorial determinado (Vinci *et al.*, 2014). Si algunos de ellos fallan, el resultado final no podrá ser logrado, afectando a la cadena en su conjunto y sobre todo al consumidor final.

Una cadena productiva depende de:

- El mercado que pretende satisfacer.
- Los eslabones y procesos de la cadena, así como de todos sus actores directos e indirectos.
- La interrelación entre los eslabones y procesos para el desempeño de la misma.

Las características y atributos que permiten a un producto satisfacer las necesidades o deseos diferentes de los consumidores se definen como valor y son las razones que les motivan a adquirir un producto disponible en el mercado. En el caso de los alimentos, agregar valor no se refiere a generar productos. Por lo tanto, una cadena productiva debe organizarse y desarrollarse para generar valor y no simplemente productos (Sánchez, 2017).

10.2.3. NORMALIZACIÓN

Mantener los productos en el mercado, con unas características cualitativas definidas y constantes en el tiempo y el espacio, requiere de la normalización. Según la FAO, la normalización se basa en normas, que son documentos escritos, de público acceso que representan el marco de acuerdo con las partes interesadas, relativa a directrices y especificaciones técnicas concernientes a los atributos de calidad, de observancia no obligatoria, para definir unas reglas de juego para el beneficio óptimo de la comunidad.

En relación con las frutas frescas, la normalización se puede considerar como "el conjunto de actividades cuyo fin es que los productos que superen un nivel mínimo de calidad se presenten en el mercado clasificado" (Mañes y Martínez, 2007).

Objetivos de la normalización

- Acelerar el progreso técnico, aumentar la eficiencia y productividad del trabajo técnico y de gestión.
- Incrementar las exportaciones de productos que respondan a las exigencias del mercado internacional.
- Facilitar el comercio nacional e internacional, eliminando las barreras técnicas.
- Propiciar la protección a los consumidores, la seguridad y salud de las personas y la protección ambiental.
- Permitir la comprensión mutua y la uniformidad de las mediciones.

Beneficios de la normalización

- Propicia la productividad del trabajo.
- Aumenta la calidad de las producciones y la eficacia de los procesos.
- Logra un mayor ahorro en los procesos productivos.
- Determina una mayor seguridad en los productos.
- Permite establecer un orden, coordinar y regular el desarrollo industrial, económico.

10.3. CONCEPTOS DE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS, BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA Y BUENAS PRÁCTICAS DE HIGIENE. VINCULACIÓN CON LA CALIDAD Y LA INOCUIDAD ALIMENTARIA. IMPLICACIONES PARA LA DEMANDA Y EL COMERCIO

Los programas para el aseguramiento de la inocuidad de las frutas y hortalizas frescas, se concentran en la identificación de tales peligros, priorizando su importancia de acuerdo al riesgo que representan para la inocuidad del producto, así como identificando las prácticas apropiadas para su prevención y control. La garantía del aseguramiento de la calidad y la inocuidad de frutas frescas se puede establecer a partir de la aplicación de los programas pre-requisitos de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y Buenas Prácticas de Higiene (BPH), las cuales se muestran a continuación.

10.3.1. BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA)

Las Buenas Prácticas Agrícolas, también conocidas como GAP en inglés (Good Agricultural Practices) son un conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas, aplicables a las diversas etapas de la producción primaria de productos que se consumen en estado fresco o con un mínimo de procesamiento. Su aplicación tiene como objetivo ofrecer al mercado productos de elevada calidad y asegurar a los consumidores de frutas frescas un producto sano y apto (inocuo) para el consumo humano; protegiendo además el medio ambiente, la flora, la fauna, y la salud de los trabajadores (FAO, 2003).

Una definición de las BPA es sencillamente "hacer las cosas bien" y "dar garantías de ello". Las BPA constituyen un sistema preventivo tendiente al mejoramiento de los métodos convencionales de producción y manejo del producto para garantizar la inocuidad en todas las fases de la cadena alimentaria; comprenden el desarrollo de un sistema de trazabilidad como garantía de sus resultados. Los principios se aplican desde la selección del terreno, la siembra, el desarrollo del cultivo; con énfasis en el manejo integrado de plagas, la disminución del uso de agroquímicos, la cosecha, el empaque y el transporte, con producciones rentables y de calidad aceptable, hasta la venta al consumidor final.

La certificación de BPA, fue una iniciativa de algunas cadenas de supermercados que operan en distintos países europeos, las cuales se organizaron en el Grupo Europeo de productores minoristas EUREP (Euro-Retailer Produce Working Group), que radica en Alemania. Su misión fue el desarrollo e implementación de normas y procedimientos ampliamente reconocidos para la certificación de Buenas Prácticas Agrícolas a nivel internacional. Fue conocida como EurepGAP desde su creación en el año 2002 y pasó a nombrarse GlobalGAP, con una versión en el 2007. La versión actualizada

y vigente desde el 2012 incorpora el concepto de aseguramiento integrado de fincas, entre otros (Sánchez *et al.*, 2014).

La implementación del Protocolo GlobalGAP, permite mantener controlados los diferentes peligros asociados con las operaciones de producción agrícola, empaque, transportación y almacenamiento, hasta la distribución según los destinos. En todas las fases del proceso productivo se establecen indicadores de la trazabilidad del producto. En el centro de acondicionamiento y empaque se señala la trazabilidad del producto final en los envases. Los frutos se trasladan en contenedores refrigerados, de acuerdo con las temperaturas de almacenamiento y se acompañan del certificado fitosanitario y la declaración de la calidad pactada con el cliente final.

Su valor radica en el énfasis que hace en el tema de la sanidad o inocuidad de los alimentos y en la trazabilidad o rastreo del producto desde su lugar de venta hasta el origen donde fue producido (Sánchez, 2017).

Los autores Landa (2010), y Cañet y Cháves (2002), han reconocido que la aplicación de las BPA implica el conocimiento, la planificación, el registro y la gestión; orientados al logro de objetivos sociales, ambientales y productivos específicos. En sus análisis aportan los siguientes conceptos:

- **Inocuidad:** gestión de las materias primas como insumo de calidad alimentaria para la industria.
- **Sustentabilidad ambiental:** integración de la gestión de los recursos naturales: agua, suelo y aire.
- **Sustentabilidad social:** promoción de la seguridad y salud de los trabajadores.
- **Sustentabilidad económica:** eficiencia productiva, disminución de costos, capacitación.

Los beneficios de certificar las BPA son:

- Contar con un sistema internacional reconocido.
- Brindar al cliente y consumidor la garantía de la inocuidad alimentaria.
- Mejorar la imagen empresarial.
- Motivar al personal y mejora continua de los procesos productivos.

Cuando el productor realiza las actividades de poscosecha en sus propias instalaciones está considerando las BPA como el conjunto de todas las actividades productivas.

10.3.2. BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA (BPM)

Las Buenas Prácticas de Manufactura, son los procesos y procedimientos que controlan las condiciones operacionales dentro de un establecimiento que realiza la etapa de la poscosecha y considera el mínimo impacto de tales prácticas sobre el ambiente y la salud de los trabajadores (FAO, 2003), juegan un papel muy importante para facilitar la producción de alimentos inocuos.

Un adecuado programa de BPM debe incluir procedimientos relativos a:

- Manejo de las instalaciones.
- Recepción y almacenamiento.
- Mantenimiento de equipos.
- Entrenamiento e higiene del personal.
- Limpieza y desinfección.
- Control de plagas.
- Rechazo de productos.

Las ventajas que obtiene el productor con la implementación de estas son:

- Acceso a otros mercados, básicamente externos
- Ofrece un producto diferenciado y no un producto genérico, que apunta a un mercado específico, con posibilidades de obtener un precio preferencial por su producto
- Seguridad del consumidor
- Mayor control del proceso mediante el sistema de trazabilidad implementado
- Conservación del medio ambiente
- Seguridad de los trabajadores (Sánchez *et al.*, 2014).

10.3.3. BUENAS PRÁCTICAS DE HIGIENE (BPH)

Las Buenas Prácticas de Higiene, comprenden las prácticas dirigidas a asegurar la inocuidad y aptitud del producto en todas las fases de la cadena alimentaria, con énfasis en peligros microbiológicos. Se consideran componentes horizontales de las BPA y las BPM (FAO, 2003).

Las BPA, BPM y BPH son prerrequisitos del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC conocido como HACCP). Es un sistema que tiene fundamentos científicos y de carácter sistemático: permite identificar peligros específicos y toma las medidas para su control, con el fin de garantizar la inocuidad de los alimentos, centrándose en la prevención. En Cuba es de obligatorio cumplimiento la aplicación del sistema HACCP en las industrias procesadoras del sector frutícola (Sánchez *et al.*, 2014).

10.4. CERTIFICACIÓN SOBRE LA CALIDAD Y LA INOCUIDAD ALIMENTARIA. IMPLICACIONES PARA LA DEMANDA Y EL COMERCIO

Durante los últimos años la agricultura, en el ámbito mundial, ha evolucionado hacia esquemas más eficientes y sostenibles, donde la calidad y la inocuidad alimentaria adquieren mayor importancia en los sistemas de producción. Se aplican mediante legislaciones obligatorias o por procesos de certificación voluntaria, que suministran un indicador de su cumplimiento a través de sellos, marcas o certificaciones (Sánchez, 2017).

La aplicación de un marco normativo legal moderno constituye hoy una estrategia de mejoramiento de la competitividad en las empresas alimentarias y relacionadas con los alimentos (Sánchez *et al.*, 2014). Se pueden citar como normas internacionales sobre diferentes sistemas las siguientes: ISO 9001 Gestión de la Calidad, ISO 14000 Gestión Ambiental, OSHAS 18000 Seguridad y Salud del Trabajo, ISO 28000 de Responsabilidad Social de cada empresa y la ISO 22000 Gestión de la inocuidad en todas las fases de la cadena alimentaria (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control, (HACCP) que se aplica en Cuba en la industria procesadora, así como la NC 136), las cuales se han armonizado con las normas cubanas con las siglas NC.

10.5. MERCADO. ACUERDOS Y REGULACIONES INTERNACIONALES COMO SOPORTE LEGAL DE LA COMERCIALIZACIÓN DE ALIMENTOS

El comercio internacional de frutos frescos y transformados, es un negocio que involucra millones de dólares y ha experimentado un crecimiento constante en las últimas décadas. En el mercado del siglo XXI, se observa un crecimiento sostenido de la producción por una mayor productividad, a expensas fundamentalmente de los países en desarrollo. Pero el mayor porcentaje de las actividades de importación-exportación en el comercio de alimentos se realiza entre países desarrollados (Sánchez, 2017).

Las características del siglo XXI y su vinculación con la globalización actual han generado importantes cambios de paradigmas en el ámbito institucional, organizacional, tecnológico y comercial, impactando fuertemente en el negocio de los alimentos en general.

Los requerimientos del mercado están condicionados por las exigencias y necesidades de los consumidores (Mañes y Martínez, 2007).

Entre estos se señalan:

- Alta calidad del producto ofertado en el mercado.
- Excelente condición que permita una buena conservación en los productos perecederos, especialmente frutas y hortalizas.
- Evidencia de procesos que garanticen la inocuidad de éstas con práctica ausencia de residuos de plaguicidas (característica de creciente importancia en la valoración del producto por parte del consumidor).
- Información en el envase: origen, marca, valores nutricionales, la trazabilidad del producto y/o del proceso y la forma de preparación cuando sea necesario.
- Buena presentación, precio atractivo y relativamente estable.

A nivel internacional y nacional se han desarrollado políticas, reglamentos y normas que organizan y controlan la calidad y la inocuidad de los productos perecederos que se comercializan.

El conocimiento de productores y comercializadores sobre las regulaciones y controles de los mercados, así como las demandas de los consumidores, requiere de capacitación, con el objetivo de lograr la inserción exitosa en los mercados internacionales (Sánchez, 2017).

10.5.1. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DEL COMERCIO (OMC)

El surgimiento de la Organización de Comercio en 1994, ha tenido como consecuencia una apertura del mercado internacional de alimentos. Las barreras arancelarias se sustituyen por obstáculos técnicos al comercio, que se basan en la elaboración de normas y sistemas internacionales de evaluación de la conformidad, tomando en consideración que no debe impedirse a ningún país la adopción de las medidas necesarias para:

- La protección de sus intereses en materia de seguridad.
- Asegurar la calidad de sus exportaciones.
- La protección de la salud y la vida de personas y animales o la preservación de las producciones agrícolas.
- La protección del medio ambiente.
- Adoptar los niveles de seguridad que considere pertinente, siempre y cuando estén científicamente justificados (Cañet *et al.*, 2002).

Los Acuerdos de la Organización Mundial del Comercio, constituyen el fundamento del sistema internacional del comercio para la mayoría de las naciones mercantiles del mundo. Fueron resultado de la Ronda de Uruguay de negociaciones comerciales bajo los auspicios del GATT (Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio). Dentro de los acuerdos referidos a bienes adoptados por la mayoría de los países agrícolas se encuentran: Agricultura, Medidas Sanitarias y Fitosanitarias, Obstáculos Técnicos al Comercio, Inspección previa a la expedición, Normas de origen, Trámites de licencias de importación, Subvenciones y Medidas compensatorias de salvaguarda.

El Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC), abarca las normas y requisitos técnicos (aplicables a todos los productos) sobre etiquetado, disposiciones de calidad, requisitos nutricionales y métodos de análisis y muestreo (Luna Martínez, 2013).

El Acuerdo sobre Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (MSF), comprende los aspectos relativos a la sanidad y a la inocuidad de los alimentos comercializados y a las disposiciones de la Comisión del *Codex Alimentarius*, reconocidas en este acuerdo, entre ellos los límites máximos para utilizar aditivos alimentarios, residuos de plaguicidas y medicamentos veterinarios, de contaminantes, y requisitos de higiene.

10.5.2. CODEX ALIMENTARIUS

El *Codex Alimentarius* (significa "*legislación alimentaria*" o "*código alimentario*"), es punto de referencia mundial para productores, procesadores, comerciantes, expertos en alimentos y consumidores, así como para organismos nacionales encargados del control de los alimentos y el comercio alimentario internacional. Es un órgano auxiliar de la FAO y la OMS establecido conjuntamente por las dos organizaciones internacionales. Es intergubernamental y participan en él alrededor de 189 países miembros, cuya finalidad es proteger la salud de los consumidores y asegurar la aplicación de prácticas equitativas en el comercio de alimentos facilitando el mismo al proporcionar normas que garantizan la inocuidad de los alimentos (Pérez Acosta, M. *et al.*, 2013).

La OMC reconoce en el Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio que "Las normas, directrices y recomendaciones del *Codex* son puntos de referencia para facilitar el comercio internacional y resolver las diferencias comerciales con arreglo al derecho internacional" (FAO-OMS, 2007).

Cada país, tiene una entidad que se ocupa del trabajo nacional del *Codex*, en Cuba es la Oficina Nacional de Normalización (NC), es el Punto de Contacto de la Comisión del *Codex Alimentarius*. Tie-

ne, entre sus funciones, las de recibir, distribuir y enviar hacia los Comités Técnicos de Normalización (CTN) y ministerios correspondientes la documentación circulada por este organismo internacional (Medina Pérez J.F. y N. Cintas Rodríguez, 2013).

La guayaba se encuentra dentro de los productos con normas *Codex* de Especificaciones para frutos frescos cuyo Comité lo preside México, la de jugos y néctares Brasil y la de Higiene de los Alimentos Estados Unidos de América. Estas normas son las siguientes:

- CODEX STAN 215–1999. Norma del *Codex* para la Guayaba.
- CODEX STAN 247–2004. Norma General del *Codex* para Zumos (Jugos) y Néctares de Frutas y Hortalizas.
- CAC/RCP 44–1995, Emd. 1–2004. Código Internacional recomendado de Prácticas para el Envasado y Transporte de Frutas y Hortalizas frescas.
- CAC/RCP 53–2003. Código de Prácticas de Higiene para las Frutas y Hortalizas Frescas.

10.6. COMERCIALIZACIÓN DE FRUTOS FRESCOS EN EL CONTEXTO SOCIO ECONÓMICO ACTUAL

La comercialización de las frutas frescas constituye una alternativa en cuanto a la diversificación de exportaciones. La demanda de estos productos crece aceleradamente a nivel mundial, con regulaciones técnicas de los mercados que se aplican mediante normas y reglamentos.

10.6.1. COMERCIALIZACIÓN DE FRUTOS FRESCOS Y PROCESADOS DE GUAYABA A NIVEL MUNDIAL

El comercio mundial de la guayaba, ocurre principalmente en los países que se encuentran en zonas tropicales a subtropicales. Se cultiva bajo condiciones bien tecnificadas en algunos países de África, India, Brasil, México, Colombia, Puerto Rico, Cuba, Malasia, Filipinas y Tailandia entre otros.

El mercado mundial de puré de guayaba contiene entre 8 °Brix y 11 °Brix y el puré concentrado posee aproximadamente 20 °Brix. La demanda del mercado europeo es más o menos estable, principalmente debido a que el aroma/sabor de la guayaba no es totalmente del gusto del consumidor europeo. Los mercados árabes tienen preferencia por la guayaba blanca, en ocasiones con semillas. Por otra parte, los mercados norteamericanos son más atractivos, con una buena demanda de guayaba rosada. Hay una mayor demanda de puré congelado o aséptico o puré concentrado.

Exportaciones: debido a que el fruto de la guayaba es altamente perecedero, su comercialización como fruta fresca presenta cierta dificultad. Esto se debe a su manejo, ya que el fruto maduro es muy frágil y se deteriora fácilmente por daños mecánicos y sobremaduración, entre otros aspectos. La alternativa más viable a nivel internacional es la venta de productos industrializados tales como: pulpa (simple, concentrada, congelada o aséptica), mermelada, barras, jalea, jugo, néctar, trozos en almíbar, guayaba deshidratada y cueros de guayaba (Valdés–Infante *et al.*, 2020). El comercio de estos derivados, aunque es menor comparado con el de otros productos tropicales procesados, es mucho mayor que el comercio de la fruta fresca, y cobra importancia especialmente en Norteamérica (Estados Unidos de América y Canadá), Europa y Japón. En realidad, el volumen de exportación de esta fruta en el mercado exterior de los países que la comercializan en fresco es insignificante y Egipto es el mayor exportador de guayaba fresca (Valdés–Infante *et al.*, 2020).

México, Tailandia y Brasil se han mantenido como los principales exportadores de estas frutas, con valores totales para el periodo entre uno y tres millones de toneladas (t), que generaron un ingreso de 200 millones a 400 millones de dólares. Por otro lado, la India, primer productor, solo exporta alrededor de 50 mil t (menos del 0,3 % de sus producciones totales) y destina la mayor parte de la producción al consumo nacional de fruta fresca y a su transformación industrial. Por otra parte, México y Brasil destinan sus producciones tanto para el mercado local como para la exportación, y su consumidor principal es Estados Unidos de América. México, además, tiene acuerdos comerciales con algunas economías mundiales fuertes, lo que le reporta beneficios adicionales (Valdés–Infante *et al.*, 2020).

Importaciones: El mayor importador es Estados Unidos de América con un incremento por año de sus importaciones de tres millones de toneladas (t) en el 2010 a 4,6 millones de t en el 2016. Aun cuando es un país productor de guayaba, no logra satisfacer la demanda nacional. Este es un mercado de difícil

acceso a las producciones cubanas por las restricciones del bloqueo económico–financiero impuesto por el gobierno norteamericano. Le siguen en orden, con más de un millón de toneladas importadas como promedio anual, Holanda, que constituye el mercado más importante en la Unión Europea, y China. Este último pudiera ser un destino de interés para Cuba, pues, aunque esté entre los mayores productores del mundo, también es un gran importador, dado su alto número de habitantes.

El resto de los países están por debajo del millón de toneladas, con una tendencia al incremento por año, en el caso de Alemania y Reino Unido. Por su parte, Canadá, Francia y España oscilan entre el incremento y la disminución de sus importaciones. Es válido resaltar que los Emiratos Árabes Unidos (EAU), que en los años 2010–2011 no importaba estas frutas, a partir de ese año alcanzó valores de importación de 80 mil a más de un millón de toneladas (Valdés–Infante *et al.*, 2020).

10.6.2. SITUACIÓN DE LA COMERCIALIZACIÓN DE LA GUAYABA EN CUBA

Cuba, debido a las regulaciones cuarentenarias y los bajos niveles de producción, no exporta guayaba en fresco ni productos procesados. No obstante, cuenta con las condiciones climáticas favorables para el desarrollo de plantaciones comerciales dedicadas al cultivo de la guayaba, caracterizadas por altos volúmenes de producción, que cubren las expectativas del mercado para la comercialización de fruta fresca y de pulpa de excelente calidad en todo el país.

Además, dentro de los objetivos concebidos en las estrategias para el desarrollo de los frutales se tiene en cuenta la proyección de incrementar la producción de esta fruta con destino al mercado interno para satisfacer la creciente demanda de la industria turística, diversificar las exportaciones y sustituir importaciones en el país (Mulkay *et al.*, 2018).

La guayaba y sus derivados son de preferencia en el consumo de la población cubana. Ello responde a patrones culturales establecidos durante décadas, además del valor nutricional y medicinal de sus frutos y otras partes de la planta (Valdés–Infante *et al.*, 2020).

10.6.3. ESTRATEGIA PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE FRUTOS FRESCOS Y ELABORADOS DE GUAYABA

La estrategia para la comercialización de la guayaba, debe privilegiar las acciones que garanticen el cumplimiento de los acuerdos y las regulaciones de los mercados de destino y los clientes, además de seguir de cerca las novedades del sector. De ello dependerá la competitividad empresarial en el dinámico escenario actual del mercado internacional.

Esta fruta es fuente de materia prima para elaborar productos procesados a nivel local, producciones que también permiten dinamizar las economías de esos territorios. En el estudio de la Cadena de Valor de la guayaba realizado en Cuba (Valdés–Infante *et al.*, 2020) se identificaron 12 posibles productos finales para dicha cadena:

- | | | | |
|---------------|------------------|-------------|-----------------------|
| 1. Pulpa | 4. Deshidratados | 7. Compotas | 10. Trozos en almíbar |
| 2. Néctar | 5. Helados | 8. Cascos | 11. Confituras |
| 3. Mermeladas | 6. Fruta fresca | 9. Barras | 12. Jugos naturales |

10.6.4. PERTINENCIA DE LA GUAYABA EN CUBA

La guayaba en Cuba contribuye, con sus productos finales, a la sustitución de importaciones de alimentos por producciones nacionales, prioridad del país como medida económica que favorece el desarrollo. Además, es fundamental en la elaboración de compotas para los niños y niñas, segmento poblacional básico en la seguridad alimentaria. La comercialización se produce una vez concertada la demanda de la pulpa con los diferentes destinos.

Entre la población cubana existe una arraigada tradición de consumo de guayaba, tanto en fruta fresca como procesada y la demanda actual se encuentra insatisfecha.

Por esta relevancia y las posibilidades de exportación que ofrece, la guayaba se inserta en programas significativos de desarrollo del país, como son: la Estrategia de Desarrollo de los Frutales, el Programa de Fincas Integrales y el Movimiento Productivo de las Cooperativas de Frutales.

10.7. BIBLIOGRAFÍA

- Cañet, F. M. y Chaves, S. M. 2002. Manual de manejo de Frutas y Vegetales en los Servicios de Nutrición y Proveeduría de los Hospitales. Dirección Técnica de Servicios de Salud, Sección de Nutrición de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS). Costa Rica.
- Cruz, Trujillo A. y Acosta Porta Z. 2013. Inocuidad de los alimentos. Estrategia global. En: El Análisis de Riesgos como base de los Sistemas de Inocuidad de los alimentos. Cuba pág. 39–44.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2003. Manual para Multiplicadores. “Mejoramiento de la calidad e inocuidad de las Frutas y Hortalizas frescas, bajo un enfoque práctico”. Servicio de Calidad de los Alimentos y Normas Alimentarias. Roma, pp. 10–35.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2007. Tendencias de las políticas sanitarias y fitosanitarias que han afectado el comercio de los cítricos a lo largo del período 1995–2005. CCP. CI 07/3. Ed. Roma Reunión 14 del Grupo Intergubernamental sobre Frutos Cítricos. Roma.
- FAO–OMS (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Organización Mundial de la Salud). 2007. Análisis de riesgos relativos a la inocuidad de los alimentos. Guía para las autoridades nacionales de inocuidad de los alimentos. Estudio FAO. Alimentación y Nutrición 87. Roma ISSN 0138–3118, pp108.
- Luna Martínez, M.V. 2013. Soporte Legal de la Seguridad Alimentaria. El Análisis de Riesgos como base de los Sistemas de Inocuidad de los alimentos. Ed. CGDC/FAO, Cuba. ISBN: 978–959–7136–93–4 pp. 44.
- Medina Pérez, J.F. y N. Cintas Rodríguez. 2013. Beneficios para los gobiernos nacionales. El Comité Nacional del Codex. El Análisis de Riesgos como base de los Sistemas de Inocuidad de los alimentos. Ed. CGDC/FAO, Cuba. ISBN: 978–959–7136–93–4 pp. 98
- Mañes, V. y J.V Martínez. 2007. La importancia de la calidad en la comercialización de los frutos cítricos en fresco. El control de calidad en la Unión Europea. Memorias II Simp. Inter. Fruticultura Tropical y Subtropical. Cuba. ISBN 978–959–296 001–5 pp. 12
- Mulkay Vitón, T., M. Suárez Niles y A. Paumier Jiménez. 2018. Requerimientos para la cosecha y Poscosecha de frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.) con destino al mercado en fresco. *Citrifrut* 35(1): 52–60.
- Pérez Acosta, M. L. Pérez Méndez, y I. Urquiaga Mergarejo. 2013. Introducción al análisis de riesgos. El Análisis de Riesgos como base de los Sistemas de Inocuidad de los alimentos. Ed. CGDC/FAO, Cuba. ISBN: 978–959–7136–93–4 pp. 15
- Puñales Sosa, O. y V. Leyva Castillo. 2013. Situación de las enfermedades transmitidas por alimentos. El Análisis de Riesgos como base de los Sistemas de Inocuidad de los alimentos. Ed. CGDC/FAO, Cuba. ISBN: 978–959–713–93–4 pp. 63–64.
- Sánchez García, C.D. 2017. Curso Internacional. Conferencia: Certificación, Mercado y Comercialización de los Frutales Tropicales (mango, papaya, guayaba y aguacate).
- Sánchez García, C.D., G. Selema de la Morena, Z.M. Acosta Porta, Y. Deus Montes. 2014. “Manual Buenas Prácticas Agrícolas para Frutas Frescas”. Ed. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, La Habana, Cuba, pp. 103.
- Valdés–Infante, J.; M. Betancourt; T. Mulkay; S. Abreu; Y. Rodríguez; G. Guevara; J.L. Leyva; Z.M. Acosta; Y.C. Méndez; M. Alonso; A. López; A. Hernández; K. Brutau; I. Rodríguez; I. Fuentes; C.M. Noriega; T. Cuellar; E. Farrés; E. Mejías. 2020. La cadena de valor de la guayaba en Cuba. Estudio de su situación en cinco municipios de las provincias de Artemisa y Santiago de Cuba. ISBN: 978–959–296–045–9 pp 239.
- Vinci, M.; A. Hernández; M., Mireles; V., Antúnez; M. Ferrer; M. Pacheco; Y. Landa, B.A.; Cruz M.A. Fernández, 2014. Hacia gestión con enfoque de cadena. Conceptos básicos e instrucciones para el diagnóstico. Cuba. ISBN 978–959–296–038–1 pp. 55.





El presente libro aborda los resultados del país y referencias de la literatura científica internacional en temáticas relacionadas con las generalidades del cultivo del guayabo. Presenta elementos clave como recursos fitogenéticos y mejoramiento, fisiología y su relación con el clima, manejo de las plantaciones, plagas y enfermedades y sus métodos de control, cosecha y beneficio de las frutas, así como los requerimientos para su comercialización hacia los diferentes mercados.

Contribuye a la preparación del personal productivo, con vistas a la mejora de los rendimientos y volúmenes de producción para el consumo en fresco y de frutas procesadas. A su vez, constituye un material de consulta para docentes y estudiantes interesados en elevar sus conocimientos sobre este frutal y también para investigadores motivados en dar solución a las principales problemáticas que hoy limitan su desarrollo.

Forma parte de una serie de materiales elaborados por el Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT) con el apoyo del proyecto Agrofrutales para contribuir a la mejora de las capacidades en la agrotecnia de los cultivos, la reducción de las pérdidas y la agregación de valor.

ISBN: 978-959-296-067-1

