

Caracterización morfológica y bioquímica de frutos de guayaba

José Saúl Padilla Ramírez, Ernesto González Gaona, Víctor M. Rodríguez Moreno, Consuelo de Jesús Cortés Penagos y Tsanda Sánchez Rico



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

Lic. Enrique Martínez Y Martínez
Secretario

Lic. Jesús Aguilar Padilla
Subsecretario de Agricultura

Lic. Juan Manuel Verdugo Rosas
Subsecretario de Desarrollo Rural

M. C. Ricardo Aguilar Castillo
Subsecretario de Alimentación y Competitividad

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES,
AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

Dr. Luis Fernando Flores Lui
Director General

Dr. Manuel Rafael Villa Issa
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

M.C. Jorge Fajardo Guel
Coordinador de Planeación y Desarrollo
Mtro. Eduardo Francisco Berterame Barquín
Coordinador de Administración y Sistemas

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO

Dr. Homero Salinas González
Director Regional

Dr. Uriel Figueroa Viramontes
Director de Investigación

Dr. Héctor Mario Quiroga Garza
Director de Planeación y Desarrollo

Ing. Héctor Manuel López Ponce
Director de Administración

Dr. Alfonso Peña Ramos
Director de Coordinación y Vinculación en Aguascalientes

Caracterización morfológica y bioquímica de frutos de guayaba

Dr. José Saúl Padilla Ramírez
Investigador del Programa de Frutales
Campo Experimental Pabellón

M.C. Ernesto González Gaona
Investigador del Programa de Sanidad Forestal y Agrícola
Campo Experimental Pabellón

Dr. Víctor M. Rodríguez Moreno
Investigador del Programa de Agrometeorología y Modelaje

Dra. Consuelo de Jesús Cortés Penagos
Profesor-Investigador de la Facultad de Químico Farmacobiología
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

QFB Tsanda Sánchez Rico
Tesis de la Facultad de Químico Farmacobiología
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Centro de Investigación Regional Norte Centro
Campo Experimental Pabellón
Pabellón de Arteaga, Ags. México
Noviembre de 2014

Portada: “Variabilidad de frutos de guayaba”
(Fotografías: J. Saúl Padilla Ramírez)

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina
Delegación Coyoacán, C. P. 04010 México, D. F. Teléfono (55) 3871-8700

Caracterización morfológica y bioquímica de frutos de guayaba

ISBN: 978-607-37-0365-9

Primera Edición 2014

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación,
ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico,
mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo
y por escrito de la Institución.

Impreso y hecho en México

Contenido

Introducción.....	1
Antecedentes.....	2
Colecta de los recursos fitogenéticos.....	2
Contenido de vitamina C en guayaba.....	4
Metodología de estudio.....	6
Descripción del área de estudio.....	6
Genotipos de <i>P. guajava</i> evaluados.....	8
Características morfológicas.....	10
Características bioquímicas.....	12
Registro de datos de clima.....	13
Análisis de las características morfológicas.....	14
Resultados.....	14
Condiciones climatológicas.....	14
Caracterización morfológica.....	15
Correlación entre características morfológicas.....	20
Caracterización bioquímica.....	21
Conclusiones.....	26
Literatura citada.....	27

Caracterización morfológica y bioquímica de frutos de guayaba

Introducción

Respecto al origen del guayabo (*Psidium guajava* L.), se menciona como posible centro de origen la región comprendida entre el sur de México y el Perú (De Candolle, 1967 y Ruehle, 1964, citados por Mata y Rodríguez, 1990; Negi y Rajan, 2005).

El guayabo pertenece a la familia de Myrtaceae y es un cultivo de importancia económica en varios países del mundo entre los que destacan India, Brasil, México, Venezuela, Colombia, Cuba, Tailandia, Malasia y Sudáfrica, entre otros (Negi y Rajan, 2005). El área ecológica del guayabo se ubica entre la latitud 30° al norte y sur del ecuador y se distribuye en áreas con climas tropicales y subtropicales (Dinesh e Iyer, 2005).

En México, el guayabo ocupa el doceavo lugar en importancia dentro de los principales frutales, y se producen en promedio 300 mil toneladas anuales en aproximadamente 22,500 hectáreas (SIAP-SAGARPA, 2013). Borys y Leszczyńska, (2001) mencionan que el guayabo es una especie con potencial frutícola, así como uno de los que presenta gran variabilidad en los caracteres del fruto.

Por su composición nutricional, la guayaba se considera una excelente fuente de vitamina C, ya que llega a tener entre 200 y 400 mg de ácido ascórbico por 100 g de fruto fresco. Además, dadas las propiedades medicinales de las hojas, frutos y corteza del guayabo, se le atribuye una amplia gama de usos etnobotánicos (Padilla *et al.*, 2007).

Por otra parte, se sabe que los recursos fitogenéticos son la fuente inicial de características básicas tales como: adaptación a diferentes condiciones ambientales, productivas, y resistencia a plagas y enfermedades, entre otras. Lo anterior, permite que mediante un uso adecuado se obtengan variedades mejoradas de plantas.

Así, la conservación y utilización sustentable de los recursos fitogenéticos son vitales para mejorar la productividad agrícola mediante el mejoramiento genético. En este sentido, se realizó una colecta de germoplasma de *P. guajava* en varios estados del país, con el propósito de disponer de una amplia base genética que represente la diversidad de esta especie para su caracterización y posterior aprovechamiento en el desarrollo de variedades mejoradas que presenten ventajas comparativas (Padilla *et al.*, 2007).

Este folleto tiene como objetivo presentar la descripción de las características morfológicas y bioquímicas del fruto de un grupo de genotipos de guayabo que se encuentran establecidos en la colección *ex situ* del INIFAP en el Sitio Experimental “Los Cañones”, Huanusco, Zac. Lo anterior, con la finalidad de conservar y aprovechar la variabilidad del germoplasma en el mejoramiento de este cultivo.

Antecedentes

Colecta de los recursos fitogenéticos

Los recursos fitogenéticos, constituidos por la diversidad del material genético con valor actual o potencial, son la base primordial para la seguridad alimentaria de una población que cada día va en aumento y demanda mayor cantidad de alimentos.

De acuerdo con Iriondo (2001) en nuestro planeta existen unas 250,000 especies de plantas vasculares, de las cuales 80,000 son comestibles. Sin embargo, no se ha llegado a cultivar más de 10,000 y actualmente solo se cultivan unas 200 especies con fines alimenticios, y si se consideran aquellas con mayor participación en la producción de alimentos, son tan solo 25 especies las que proporcionan el 90% de la producción alimentaria, destacando el arroz, avena, cebada, centeno, frijol, maíz, papa, sorgo, soya, trigo, etc.

No obstante la gran riqueza de los recursos fitogenéticos, estos se consideran naturales, limitados y perecederos. La Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha hecho advertencias sobre la pérdida de los recursos fitogenéticos y con ello la pérdida de genes importantes, que pueden conferir características de adaptación al medio ambiente, mayor productividad, tolerancia a plagas y enfermedades, entre otros. Se estima que el 10% de la flora del planeta está en peligro de extinción y la causa principal de la pérdida de la biodiversidad se atribuye a la deforestación y desertificación (Heywood *et al.*, 1995; citados por Iriondo, 2001). Por su parte, Raven (1994) señala que la tasa de extinción de especies vegetales a nivel mundial es de 5%, lo que significa que cada año se pierden irreversiblemente aproximadamente unas 1,250 especies.

Por lo anterior, la colecta, conservación, caracterización y aprovechamiento sustentable de los recursos fitogenéticos son fundamentales para asegurar la producción de alimentos, contribuyendo a incrementar la productividad agrícola mediante programas de mejoramiento genético que permitan la generación de variedades con ventajas comparativas.

En el caso específico de la colecta, conservación, caracterización y uso de los recursos de *P. guajava*, se han realizado diversos trabajos en varios países para establecer y enriquecer las colecciones de germoplasma de guayabo *ex situ* con el objetivo de lograr un mayor aprovechamiento de la diversidad de este cultivo.

En México, los trabajos de selección de material sobresaliente de guayabo datan de finales de los años 60's, en la zona de Calvillo, Ags., donde se observaron siete grupos diferentes por color de pulpa, frutos de diferente tamaño y peso, y árboles con alto potencial de rendimiento (Pérez, 1970). Estudios posteriores han demostrado la existencia de una amplia diversidad fenotípica y genética del germoplasma de guayabo en cuanto a forma, tamaño, color de pulpa, calidad y rendimiento de fruto (Laksminarayana y Moreno, 1978; Perales y Silguero, 1995; Padilla *et al.*, 2002a; Padilla *et al.*, 2007; Padilla y González, 2010).

A nivel internacional, destacan los trabajos de colecta, caracterización y aprovechamiento del germoplasma de guayabo en Hawái, E.E.UU. (Zee, 2003; Sitther *et al.*, 2014), India (Pandey, 2007; Babu, *et al.*, 2007), Brasil (Fernandes-Santos *et al.*, 2010); Venezuela (Valecillos *et al.*, 2010) y Cuba (Díaz-Infante *et al.*, 2010).

Lo anterior revela el gran interés que existe a nivel mundial por la conservación y aprovechamiento de *P. guajava* en el desarrollo de variedades mejoradas con ventajas comparativas.

Contenido de vitamina C en guayaba

Más del 80% del volumen de guayaba que se produce en nuestro país es predominantemente del tipo “media china”, de pulpa

crema, la cual se destina al consumo en fresco y posee buena aceptación por los consumidores debido a su sabor y aroma agradables. No obstante, se ha reportado una gran diversidad de tipos de guayaba (Padilla *et al.*, 2007; Padilla *et al.*, 2010) que pudieran ampliar la oferta de diferentes variedades, incluyendo aquellas con otro color de pulpa y mejores características nutricionales atribuidas principalmente a su contenido de ácido ascórbico o vitamina C. También estos nuevos materiales tendrían buena aceptación para su consumo en fresco (Padilla *et al.*, 2013).

La vitamina C se encuentra en cantidades importantes en el fruto de guayaba y cuyo contenido depende del genotipo, entre otros factores. Esta vitamina tiene una función específica para captar, retrasar o eliminar los radicales libres, responsables del estrés oxidativo y actuar como antioxidante. Además, este componente, junto con otros fotoquímicos tales como los fenoles y carotenos que posee la guayaba, contribuyen a la prevención de enfermedades cardiovasculares, inflamatorias y cancerígenas (Pérez, 2003; Martínez, 2008; Tapas, *et al.*, 2008; Mondal, *et al.*, 2009). Es importante mencionar que el cuerpo humano no puede sintetizar la vitamina C, por lo que debe ser suministrada en la dieta mediante el consumo de frutas y hortalizas.

Mata y Rodríguez (1990) mencionan que aun cuando la composición química del fruto de guayaba puede variar entre cultivares y ambientes, se estima que el promedio del contenido de vitamina C de la guayaba cultivada en México es de 160 mg/100 g. Recientemente, Padilla *et al.*, (2012b) señalan que el contenido de vitamina C en un grupo de cultivares de guayaba de pulpa crema de la región Calvillo-Cañones, varió de 230 a 430 mg/100 g de tejido fresco. Estos valores superan en más del doble a los encontrados en otras frutas como kiwi y lichi (www.dietaynutricion.net), y entre

tres y seis veces más que el contenido de vitamina C de la naranja, que en promedio es de 70 mg (www.euroresidentes.com/Alimentos/naranjas/htm).

Por otra parte, se desconoce el contenido de vitamina C en cultivares de pulpa rosa pertenecientes al Banco de Germoplasma del INIFAP, lo cual es importante en el proceso de caracterización bioquímica de los genotipos de *P. guajava* que pudieran ser utilizados para el mejoramiento del cultivo, específicamente en relación con este compuesto antioxidante.

METODOLOGÍA DE ESTUDIO

Descripción del área de estudio

La colección *ex situ* del *P. guajava* se tiene establecida en el **Sitio Experimental “Los Cañones”** (21° 44.7' N, 102° 58.0' W; 1508 msnm) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en el municipio de Huanusco, Zac. Este Sitio Experimental se localiza en la parte sur del estado y está comprendido en la región guayabera conocida como “Los Cañones” que incluye a los municipios de Huanusco, Jalpa, Apozol y Juchipila del estado de Zacatecas.

El clima predominante es semicálido semiseco con lluvias en verano y de acuerdo con García (1981) corresponde a la clasificación BS₁hw(w). El promedio anual de temperatura máxima, mínima y media es de 31.0, 9.7 y 20.3°C, respectivamente (Padilla *et al.*, 2012a). La precipitación promedio anual es de 500-550 mm y el mayor porcentaje de esta lluvia ocurre en el periodo comprendido de julio a septiembre.

La Figura 1 muestra los promedios de temperaturas máximas, media y mínima, así como la precipitación acumulada en periodos decenales durante los últimos cinco años (2009-2013) en el Sitio Experimental Los Cañones.

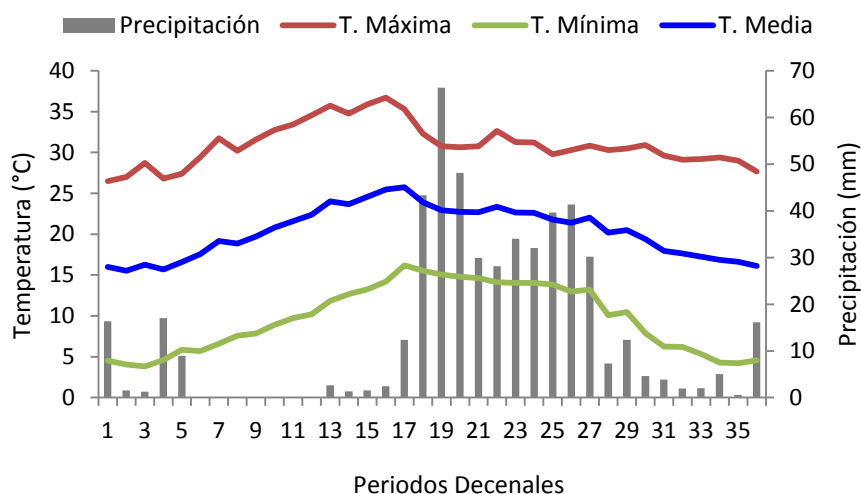


Figura 1. Promedios de temperatura máxima, media y mínima, y precipitación acumulada, en periodos decenales durante 2009-2013 en el Sitio Experimental “Los Cañones”. Huanusco, Zac.

Las principales características físico-químicas del suelo en el sitio de estudio son: textura media, pH alcalino (8.2). El contenido de nitrógeno inorgánico y materia orgánica son 28.9 ppm y 1.1%, respectivamente, los cuales se consideran de bajos a medios, aunque el contenido de potasio y calcio son altos, con 2,345 y 5,849 ppm, respectivamente (Padilla *et al.*, 2012b).

Genotipos de *P. guajava* evaluados

En total se incluyeron 19 genotipos de guayabo, los cuales se colectaron, propagaron y establecieron en condiciones de campo. Estos forman parte de la colección *ex situ* del germoplasma de *P. guajava* del INIFAP (Padilla *et al.*, 2010). El germoplasma bajo estudio se colectó durante el periodo 2004-2008 en varios estados del país, desde altitudes que van desde los 17 hasta los 1,893 msnm, otros se introdujeron de diferentes países. Todos los genotipos se propagaron por semilla, excepto las dos variedades del INIFAP las cuales se propagaron por acodo aéreo. De los 19 genotipos incluidos, 14 se caracterizaron morfológicamente y en el resto se realizaron los análisis bioquímicos. La pulpa de los frutos incluyó diversos colores como el blanco-cremoso, crema, rosa y naranja-salmón entre otros. El origen de los genotipos se presenta en el Cuadro 1.



Banco de Germoplasma de *Psidium guajava* L. en Huanusco, Zac.

Cuadro 1. Origen de los genotipos de guayabo establecidos en el Banco de Germoplasma del INIFAP-Sitio Experimental “Los Cañones”. Huanusco, Zac.

Genotipo	¹ Color	Municipio	Estado	Latitud	Longitud	Altitud
	Pulpa			Norte	Oeste	msnm
Caracterizados morfológicamente						
113 i	B-C	Calvillo	Ags.	21°55'	102°43'	1788
138	B-C	Colima	Col.	19°07'	103°46'	319
140	B-C	Colima	Col.	19°14'	103°48'	401
87	R	Mixtlan	Jal.	20°26'	104°24'	1546
95	C	Atenguillo	Jal.	20°24'	104°29'	1317
SJN	R	S. Juan N.	Mich.	19°25'	102°07'	1880
58	C	B. Juárez	Mich.	19°17'	100°26'	1310
64	B-C	Zitácuaro	Mich.	19°24'	100°22'	1746
Seve	N-S	Santiago	Nay.	21°48'	105°12'	17
Mirna-1	R	Ruiz	Nay.	21°57'	105°09'	38
Berna-3	R	Ruiz	Nay.	21°56'	105°08'	24
129 d	B-C	Tamuín	SLP	22°00'	98°46'	36
Fuentes	C	Jalpa	Zac.	21°33'	102°54'	1893
Mezquitera	B	Jalpa	Zac.	21°38'	102°58'	1380
Caracterizados bioquímicamente						
Seg. India	R			Introducido		
Seg. de Sudáfrica	R			Introducido		
87	R	Mixtlan	Jal.	20°26'	104°24'	1546
Hidrozac	R	Variedad Registrada de INIFAP (GUA-002-160709)				
Calvillo S-XXI	C	Variedad Registrada de INIFAP (GUA-005-160709)				

¹B-C = Blanco-Crema; B= Blanca; C= Crema; R= Rosa; N-S= Naranja-Salmón

Características morfológicas

Durante los ciclos de 2010 y 2012 se tomó una muestra de cinco frutos de los 14 genotipos seleccionados para la caracterización morfológica (Figura 2). Los frutos se cosecharon en madurez fisiológica (entre las etapas 2 y 3) de acuerdo con la escala de colores de maduración para guayaba propuesta por Padilla (2002b) y se registraron las siguientes características cuantitativas: peso de fruto, diámetros polar y ecuatorial, relación DP/DE, grosor de casco y/o pulpa (mesocarpio), número y peso de semillas por fruto, peso por semilla (promedio de 100 semillas), diámetro de la cavidad de cáliz y el contenido de sólidos solubles totales (°Brix). Este último se registró utilizando un refractómetro manual ATAGO^{MR} modelo N-1EBX (0-32 °Brix).

Los diámetros (polar y ecuatorial) se midieron con un vernier digital MITUTOYO^{MR}, con aproximación a 0.00 de milímetro, mientras que los pesos se registraron en una báscula OHAUS^{MR} con aproximación a 0.000 de g. Una vez registrados el peso y los diámetros, los frutos se cortaron transversalmente para medir el grosor de pulpa. Posteriormente se extrajeron las semillas de cada fruto, separándolas del mesocarpio bajo constante flujo de agua utilizando un cedazo para retener las semillas, las cuales se secaron a la sombra y temperatura ambiente ($22.0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2.0$) durante 72 h antes de contarse y pesarse.

Las características de fruto registradas son parte de los descriptores para *P. guajava* de acuerdo con la Unión para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV, 1987) y se utilizan para las pruebas de distinción, homogeneidad y estabilidad entre los genotipos.

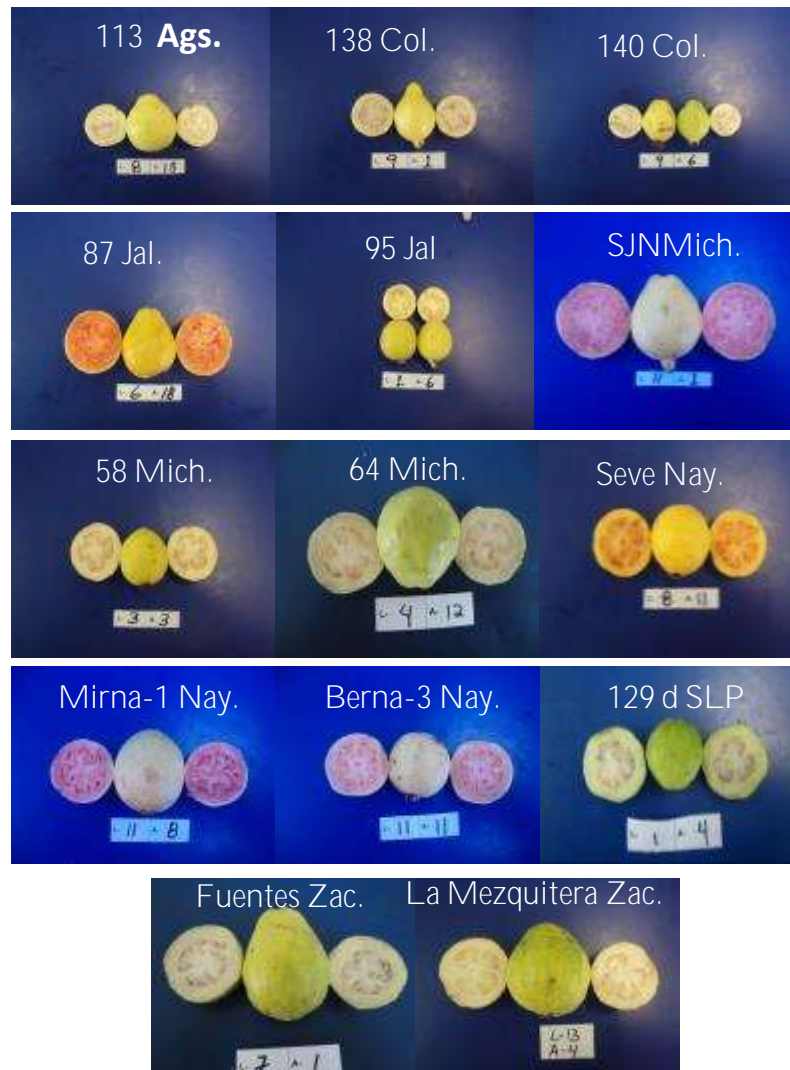


Figura 2. Tipo de fruto de los genotipos de guayabo caracterizados morfológicamente.

Características bioquímicas

Para la determinación de las características bioquímicas se seleccionó un grupo de cinco genotipos: cuatro de pulpa rosa (dos introducidos, una colecta de Jalisco y una variedad de guayabo registrada por INIFAP) y uno de pulpa crema que fue la variedad Calvillo S-XXI (Figura 3).

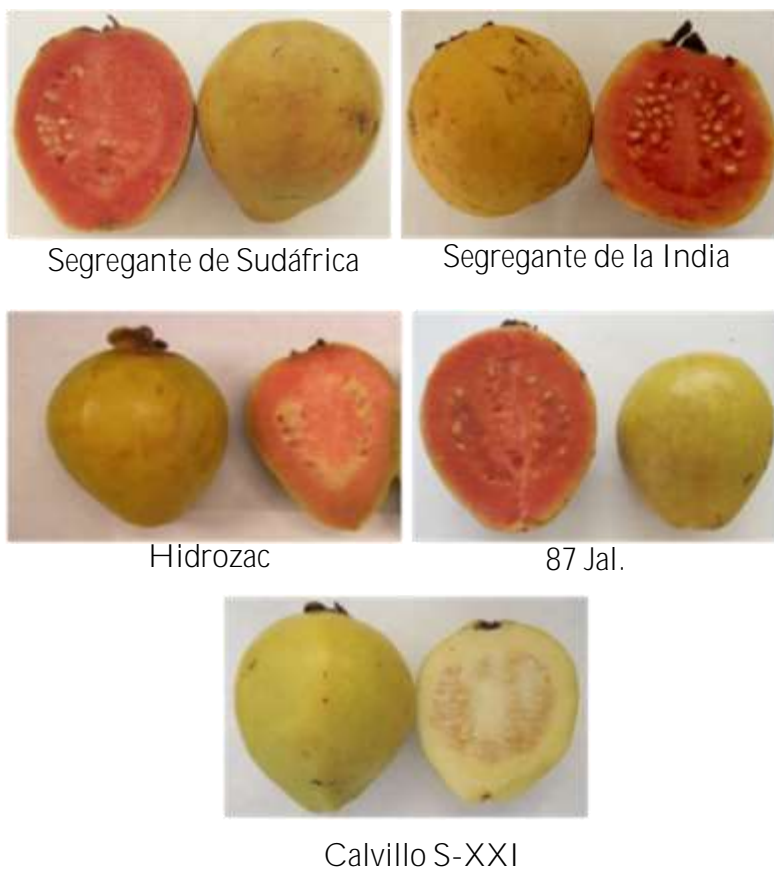


Figura 3. Tipo de fruto de los genotipos de guayabo caracterizados bioquímicamente.

En el ciclo 2011, se cosechó una muestra de cinco frutos en estado de madurez similar a los frutos caracterizados morfológicamente, los cuales se colocaron en bolsas de papel debidamente identificadas y empacadas en caja de cartón para su traslado el mismo día al Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en Morelia, Michoacán.

Los frutos se desempacaron al día siguiente en el laboratorio donde se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 0.1% y enjuagados con agua. Después se secaron y se almacenaron a una temperatura de 8.0°C con humedad relativa de 80-95% hasta su análisis.

Las determinaciones incluyeron: sólidos solubles totales (°Brix); acidez titulable; relación °Brix/Acidez; pH; contenido de Vitamina C o ácido ascórbico y contenido de licopeno. Los análisis se realizaron de acuerdo con la metodología descrita por la AOAC, (1988) (método 43.056) y Sánchez (2013).

Registro de datos de clima

Las condiciones de temperatura (máxima, mínima y media) y precipitación se registraron diariamente en los dos años del estudio en la estación meteorológica ubicada dentro del sitio experimental y cercana al lote de germoplasma de *P. guajava*, para determinar las condiciones climáticas prevalecientes en cada ciclo de producción. Se obtuvieron los promedios decenales para la temperatura máxima, mínima y media, mientras que la precipitación se acumuló para los mismos periodos.

Análisis de las características morfológicas

Se obtuvo el promedio y error estándar de las características registradas para los 14 genotipos caracterizados morfológicamente en ambos ciclos evaluados. También se estimó el promedio de cada característica por año de evaluación (2010 y 2012), para comparar la posible influencia de las condiciones climáticas sobre las variables determinadas. Con los valores promedio obtenidos de los cinco frutos en cada variable morfológica registrada de los 14 genotipos se estimó el coeficiente de correlación simple (r) para estimar el grado de asociación entre las características medidas.

Resultados

Condiciones climatológicas

Las condiciones climatológicas fueron diferentes en cada ciclo de producción donde se registraron las características del fruto. En 2010 se registró una temperatura promedio anual ligeramente más baja que en 2012. La temperatura media anual en 2010 fue de 19.6°C, comparada con 2012 que fue de 20.5°C. Esto se reflejó en una mayor acumulación de unidades calor (Temperatura base = 9.0°C) en 2012 (4,200) en contraste con 3,868 acumuladas en 2010. Lo anterior pudo afectar el desarrollo de las plantas en cada ciclo, ya que se considera que el guayabo es muy sensible a la acumulación de unidades calor (Padilla *et al.*, 2012a). La temperatura media anual más baja y consecuentemente menor acumulación de unidades calor en 2010, se atribuye a que en este año la precipitación total acumulada fue mayor (636 mm) que en 2012 (444 mm) (Figura 4).

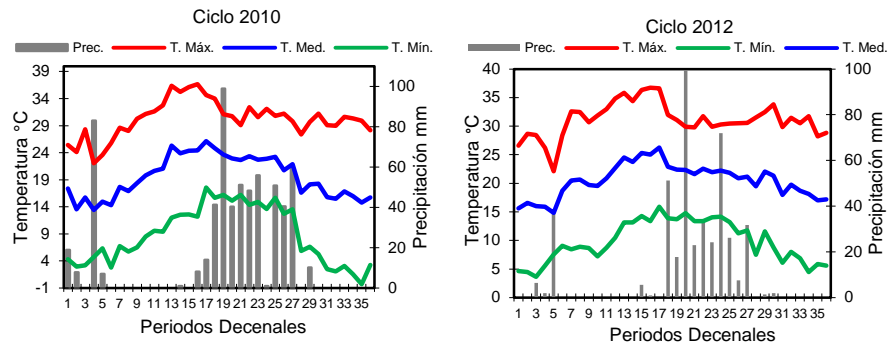


Figura 4. Promedios de temperatura máxima, media y mínima, y precipitación acumulada en periodos decenales en los ciclos 2010 y 2012 en el Sitio Experimental “Los Cañones”. Huanusco, Zac.

Caracterización morfológica

El Cuadro 2 muestra el promedio y error estándar para las características de peso de fruto, los diámetros ecuatoriales y polares, la relación entre los diámetros y el número de semillas por fruto.

El peso y tamaño de fruto de los 14 genotipos de guayabo evaluados tuvieron una notable variación. En relación con el peso, se registraron valores desde 22 hasta 193 g fruto⁻¹. El diámetro polar y ecuatorial mostraron valores de 3.9 a 8.0 cm y de 3.3 a 3.9 cm, respectivamente. La Norma Mexicana NMX-FF-040-SCFI-2002 para el diámetro ecuatorial del fruto especifica las siguientes cuatro categorías: A= >5.0 cm; B= 4.0-4.9 cm; C= 3.0-3.9 cm y D= < 2.9 cm, por lo que cuatro de los genotipos caen en la categoría A, siete en la B y tres en la C. En cuanto al peso, González *et al.*, (2002) mencionan que los frutos de guayaba se clasifican en extra (> 90 g), primera (60-90 g) y segunda (< 60 g); con base a esta clasificación solo tres genotipos tuvieron frutos con peso promedio en la

categoría extra, cuatro en primera y el resto de los genotipos tuvo frutos con peso promedio menor a 60g.

La relación de los diámetros indica la forma del fruto. Así, los frutos con valores cercanos a 1.0 son más redondos, mientras que valores entre 1.1 y 1.2 son frutos de forma ovoide y mayores de 1.2 tienden a ser de forma aplanada. El rango para esta variable fue de 1.07 a 1.39 indicando frutos redondos, ovoides y aplanados.

Cuadro 2. Promedio y error estándar de las características morfológicas del fruto registradas en genotipos de guayaba en ambos ciclos de evaluación. INIFAP-Sitio Experimental “Los Cañones”. Huanusco, Zac.

Genotipo	PF	DP	DE	DP/DE	NS
113 i	44.3±3.12	5.2±0.16	4.2±0.11	1.23±0.02	99.4±15.38
138	34.1±1.35	5.2±0.12	3.8±0.06	1.39±0.02	168±11.64
140	21.9±2.05	3.9±0.14	3.3±0.12	1.17±0.03	87.3±11.94
87	97.2±11.33	6.9±0.34	5.2±0.21	1.32±0.04	228.4±25.45
95	45.8±5.95	4.5±0.24	4.1±0.18	1.08±0.02	119.4±6.99
SJN	97.4±8.62	6.5±0.20	5.4±0.15	1.21±0.03	179.4±15.42
58	65.7±5.18	5.3±0.25	4.7±0.12	1.12±0.03	187.2±15.01
64	55.1±5.14	5.2±0.21	4.5±0.16	1.15±0.02	138.7±14.17
Seve	78.7±7.07	5.4±0.23	5.0±0.15	1.07±0.02	308.1±22.74
Mirna-1	60.2±3.00	5.6±0.08	4.6±0.08	1.20±0.01	301.2±27.10
Berna-3	56.9±5.22	5.1±0.22	4.5±0.13	1.14±0.02	264.6±15.41
129 d	36.4±3.66	4.3±0.20	3.9±0.15	1.10±0.03	153.2±13.23
Fuentes	71.9±8.67	5.7±0.26	4.7±0.21	1.22±0.01	171.0±20.92
Mezquitera	192.8±15.55	8.0±0.25	6.9±0.18	1.16±0.02	291.9±38.57

PF= peso de fruto (g); DP= diámetro polar (cm); DE= diámetro ecuatorial (cm); DP/DE = relación de diámetros; NS= número de semillas fruto⁻¹.

El número de semillas fruto⁻¹ también mostró una amplia variación, desde 100 hasta poco más 300 semillas, indicando que en programas de mejoramiento genético es posible seleccionar genotipos con bajo número de semillas (< 200).

El Cuadro 3 muestra el promedio y error estándar para las características de: peso de semillas, peso promedio por semilla, grosor de casco, diámetro de la cavidad de cáliz y sólidos solubles totales.

Cuadro 3. Promedio y error estándar de las características morfológicas del fruto registradas en los genotipos de guayabo en ambos ciclos de evaluación. INIFAP-Sitio Experimental “Los Cañones”. Huanusco, Zac.

Genotipo	PS	PPS	GC	DCC	SST
113 i	1.04±0.13	10.9±0.38	7.7±0.03	8.1±0.03	15.8±0.59
138	1.35±0.09	8.1±0.24	5.3±0.02	5.8±0.02	14.1±0.93
140	0.66±0.09	7.6±0.29	5.1±0.03	6.9±0.02	11.4±0.43
87	2.34±0.23	11.0±0.93	8.5±0.06	7.7±0.03	12.9±0.73
95	1.41±0.09	11.9±0.51	7.2±0.06	6.0±0.03	15.1±0.34
SJN	1.60±0.14	9.0±0.50	10.2±0.05	7.1±0.03	11.1±0.51
58	2.63±0.15	14.4±0.49	7.8±0.06	7.7±0.02	14.1±0.63
64	1.51±0.12	11.2±0.60	7.2±0.04	8.3±0.02	11.0±0.44
Seve	3.67±0.19	12.2±0.58	7.3±0.06	7.8±0.03	11.0±0.37
Mirna-1	2.85±0.17	9.7±0.40	7.4±0.04	9.4±0.04	9.9±0.38
Berna-3	2.39±0.14	9.0±0.26	5.9±0.03	8.1±0.03	8.0±0.40
129 d	1.70±0.12	11.4±0.79	6.3±0.08	8.6±0.02	12.0±0.52
Fuentes	2.08±0.22	12.7±0.67	8.2±0.03	7.9±0.01	13.3±0.39
Mezquitera	2.99±0.29	11.0±0.70	10.7±0.12	13.8±0.06	12.2±0.48

PS= peso de semillas (g); PPS= peso por semillas (mg); GC= grosor de casco (mm); DCC= diámetro de la cavidad de cáliz (mm); SST= sólidos solubles totales (°Brix).

El peso de semillas fruto⁻¹ y el peso medio por semilla tuvieron rangos de 0.66 a 3.67 g y de 7.6 a 14.4 mg, respectivamente. Estos valores son similares a los reportados por Padilla y González (2011) para un amplio número de accesiones de guayabo. El grosor de casco también presentó una gran variación con valores de 5.9 a 10.7 mm. Frutos de guayaba con mayor grosor de casco, bajo número de semillas y pequeñas serían una buena combinación tanto para el consumo en fresco como para la industria, ya que en esta última representaría una relación mayor de pulpa/semilla y para el consumo en fresco, aproximadamente un 60% de los consumidores de guayaba mencionó que prefieren frutos con pocas semillas (Padilla *et al.*, 2013).

En los genotipos evaluados el diámetro de la cavidad del cáliz fluctuó entre 5.8 a 13.8 mm. Esta característica en los frutos de guayaba, puede ayudar a distinguir entre genotipos, ya que presenta poca variación entre los frutos del mismo árbol.

Los sólidos solubles totales (°Brix) de los 14 genotipos variaron de 8.0 a 15.8. El contenido de °Brix es una característica importante en la calidad de la guayaba para su aceptación y el consumidor prefiere frutos entre 11.0 y 12.0 °Brix. Padilla *et al.*, (2012b) reportaron valores similares para frutos de guayaba de la región Calvillo-Cañones. Por otra parte, se ha mencionado que esta característica puede ser influenciada por el clima, 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).

Los valores medios de las 10 características registradas en los frutos de los 14 genotipos de guayabo en ambos años se muestran en el Cuadro 4. Los frutos obtenidos en el ciclo 2010 fueron de mayor tamaño, reflejándose en valores más altos para las variables

PF, DP, DE, GG, DCC y SST, comparados con los valores obtenidos en 2012. No obstante, el NS y PS, fueron ligeramente más bajos en 2010. Lo anterior muestra la influencia que tuvieron las condiciones ambientales prevalecientes en cada ciclo de crecimiento. Aunque, en general, las características mantienen la proporcionalidad.

Cuadro 4. Promedio y error estándar de características morfológicas de fruto de 14 genotipos de guayabo por ciclo de desarrollo.

Característica	2010	2012
	Promedio \pm EE	Promedio \pm EE
Peso de fruto (g)	82.41 \pm 6.29	54.51 \pm 4.04
Diámetro Polar (cm)	5.95 \pm 0.14	5.00 \pm 0.13
Diámetro Ecuatorial (cm)	4.93 \pm 0.12	4.32 \pm 0.10
DP/DE	1.21 \pm 0.01	1.16 \pm 0.01
No. semillas	173.89 \pm 9.63	211.60 \pm 12.20
Peso de semillas (g)	1.89 \pm 0.10	2.14 \pm 0.12
Peso por semilla (mg)	11.09 \pm 0.31	10.36 \pm 0.28
Grosor de casco (mm)	8.60 \pm 0.03	6.30 \pm 0.02
Cavidad cáliz (mm)	8.30 \pm 0.03	7.80 \pm 0.02
SST ($^{\circ}$ Brix)	12.82 \pm 0.32	11.70 \pm 0.29

Debido a que la temperatura y precipitación fueron diferentes en ambos años, las características del fruto de guayaba fueron influenciadas por las condiciones ambientales, manifestándose sobre la expresión fenotípica del fruto. Resultados similares se reportaron para características químicas de frutos de guayaba, donde frutos cosechados durante la época lluviosa mostraron los valores más bajos (Rathore, 1976; Thaipong y Boonprakob, 2006). Efectos de la temperatura y precipitación sobre

la acumulación de sólidos solubles totales en guayaba se reportaron previamente por Padilla *et al.*, (2010).

Lo anterior indica que las características del fruto de guayaba fueron más influenciadas por las condiciones ambientales que por la posición o grado de madurez, además de la diversidad de los genotipos incluidos en este estudio.

Correlaciones entre características morfológicas

La matriz de correlaciones simples (r) para las diez características del fruto se muestra en el Cuadro 5. El PF mostró una alta **correlación positiva y significativa ($p \leq 0.01$)** con DP, DE, GC y DCC ($r = 0.73$ a 0.96), mientras que con NS y PS, la correlación también fue significativa pero fue moderada ($r = 0.38$ a 0.44). Para PPS la correlación también fue significativa (**$p \leq 0.05$**) pero baja ($r = 0.17$) y con DP/DE no hubo significancia estadística. La correlación de SST con PF, DP, DE, DP/DE, GC y DCC no fueron significativas, mientras con NS, PS y PPS si fueron **significativas ($p \leq 0.01$)** pero los valores de r fueron bajos (-0.41 a 0.23) (Cuadro 5). Thaipong y Boonprakob (2006) reportaron valores similares, además señalan que PF se puede utilizar como criterio de selección para incrementar tamaño de fruto y GC, lo cual daría mayor rendimiento de pulpa y probablemente menor NS y PS.

Sin embargo, la selección de frutos de mayor tamaño, probablemente tienda a reducir SST, no obstante las correlaciones fueron no significativas. Estos resultados sugieren que es factible la selección de frutos grandes con altos valores de SST.

Cuadro 5. Matriz de correlaciones de las características morfológicas de fruto de guayaba.

Carct ¹	PF	DP	DE	DP/DE	NS	PS	PPS	GC	DCC	SST
PF	1.000									
DP	0.899 **	1.000								
DE	0.961 **	0.910 **	1.000							
DP/DE	0.048 Ns	0.397 **	-0.012 ns	1.000						
NS	0.381 **	0.375 **	0.443 **	-0.067 ns	1.000					
PS	0.447 **	0.403 **	0.523 **	-0.181 *	0.905 **	1.000				
PPS	0.170 *	0.124 ns	0.210 *	-0.175 *	-0.222 **	0.163 ns	1.000			
GC	0.764 **	0.734 **	0.767 **	0.065 ns	-0.020 ns	0.109 ns	0.328 **	0.540 **	1.000	
DCC	0.738 **	0.573 **	0.684 **	-0.114 ns	0.328 **	0.357 **	0.137 ns	0.540 **	1.000	
SST	-0.001 Ns	0.030 ns	-0.039 ns	0.163 ns	-0.410 **	-0.323 **	0.231 **	0.152 ns	-0.146 ns	1.000

¹ PF= peso de fruto; DP= diámetro polar; DE= diámetro ecuatorial; DP/DE = relación de diámetros; NS= número de semillas; PS= peso de semillas; PPS= peso por semillas; GC= grosor de casco; DCC= diámetro de la cavidad de cáliz; SST= sólidos solubles totales.

² ns= no significativo; * = significativo al $p \leq 0.05$; **= significativo al $p \leq 0.01$.

Caracterización bioquímica

El contenido de sólidos solubles totales “SST” es un parámetro que permite estimar el estado de maduración del fruto, en el cual, el contenido de azúcares se incrementa con la madurez, mientras que otros compuestos como el almidón y los ácidos disminuyen notablemente (Azcón-Bieto y Talón, 2008). Los azúcares obtenidos en otros estudios efectuados en guayaba reportan: fructuosa, glucosa, sacarosa e inositol (Mata y Rodríguez,

1990). El contenido de SST mostró un rango de 11.5 a 16.5 °Brix (Cuadro 6). El valor mayor de SST se registró en la variedad HidroZac, seguido de Segregante de la India, el resto de los genotipos tuvieron valores similares. Calvillo S-XXI coincide con lo reportado previamente por Padilla, *et al.*, (2010); sin embargo, en este trabajo HidroZac registró mayor contenido de SST. Estudios realizados por Mondragón, *et al.*, (2009) en genotipos de pulpa rosa y salmón reportan 10.1 a 13.1 °Brix que coinciden parcialmente con los resultados obtenidos y con los registrados por Mercado-Silva *et al.*, (1998) para el tipo “Media China” (8.5-11.4 °Brix). Sin embargo, en variedades colombianas de pulpa rosa “Regional Roja” y “Pera”, los SST han presentado valores inferiores (7.5 ± 2.2 y 8.6 ± 0.6 °Brix) (Rojas-Barquera y Narváez-Cuenca, 2009). La NMX-FF-040-SCFI-2002 recomienda que para el consumo en fresco el porcentaje de SST debe ser mayor a 12%, por lo que el material Colecta 87 (C-87) no cumple con esta característica.

El pH es la medición electrométrica de la actividad de los iones hidrógeno presentes en una solución. Los compuestos mayoritarios presentes en la guayaba son de carácter ácido y disminuyen a través de la maduración del fruto de guayaba (Soares *et al.*, 2007). Los resultados recabados de pH indican que Calvillo S-XXI y Segregante de Sudáfrica fueron similares con las concentraciones menos ácidas, mientras que HidroZac, Segregante de la India y C-87 registraron los valores más ácidos (Cuadro 6). En referencia con variedades brasileñas de pulpa blanca y roja para las que se reporta un pH de 3.7 en estado maduro independiente del color de pulpa, esto es, más ácido con relación a los genotipos estudiados (Mendonça *et al.*, 2007). En variedades originarias de Colombia el rango del pH fue más amplio desde 3.90 ± 0.10 a 4.60 ± 0.20 (Andrade *et al.*, 2009b).

Cuadro 6. Promedio y error estándar de las características bioquímicas del fruto registradas en los genotipos de guayabo. **INIFAP-Sitio Experimental “Los Cañones”. Huanusco, Zac.**

Genotipo	SST ¹ (°Brix)	Acidez Titulable (%AC ²)	Relación °Brix/Acidez	pH	Ac. Ascórbico mg/100 g tejido fresco	Licopeno mg/100 g tejido fresco
Calvillo	12.0	1.02	11.76	4.17	162.43	0.14
S-XXI	±0.01	±0.04	±0.45	±0.10	±2.66	±0.05
HidroZac	16.5	1.25	13.22	3.97	244.81	0.33
	±0.50	±0.04	±0.81	±0.13	±15.10	±0.04
Seg. de la	14.3	1.0	14.41	3.98	459.83	1.90
India	±0.29	±0.04	±0.39	±0.11	±18.48	±0.13
Seg. de	13.0	1.09	12.08	4.14	271.43	2.03
Sudáfrica	±1.00	±0.16	±0.99	±0.04	±20.34	±0.03
Colecta 87	11.5	0.84	13.76	3.92	61.25	4.38
	±0.01	±0.05	±0.70	±0.04	±11.50	±0.06

¹SST = Sólidos Solubles Totales; ²Ácido Cítrico

La **acidez titulable “AT”** expresa la concentración de ácidos orgánicos que a su vez es otro indicador del proceso de maduración del fruto, así la concentración de AT aumenta desde el cuajado hasta la maduración del fruto (Mata y Rodríguez, 1990). Otras referencias sugieren que desciende con el avance de la maduración debido a la dilución provocada por la acumulación de agua y del metabolismo (Coletto, 1995; Soares *et al.*, 2007; Azcon-Bieto y Talón, 2008) para posteriormente incrementar firmemente (Mata y Rodríguez, 1990). Otro de los ácidos orgánicos reportados para guayaba es el ácido cítrico (Perales, *et al.*, 2005) y su mayor concentración se reporta en el estado maduro (Mercado-Silva *et al.*, 1998).

El contenido de ácidos orgánicos en los materiales presentó un valor similar, a excepción de C-87. La NMX-FF-040-SCFI-2002 especifica para el consumo en fresco un valor no mayor a 10%, condición que cumplen los cinco materiales. El mayor porcentaje de AT se observó en la variedad HidroZac ($1.25 \pm 0.04\%$), en el resto de los genotipos su porcentaje osciló alrededor del 1.0%. Para el tipo “Media China” cosechadas en distintos periodos, la AT varió entre 0.70 y 0.96% para el estado maduro (Mercado-Silva *et al.*, 1998). Otros autores reportan valores inferiores de AT para el estado maduro en guayaba (0.44%) (Soares *et al.*, 2007), incluso algunas variedades van de 0.56 ± 0.05 a 0.96 ± 0.04 de AT (Andrade *et al.*, 2009b).

La relación °Brix/acidez también se utiliza como un índice de madurez de los frutos. Dicho valor es la razón de los sólidos solubles totales entre la AT o concentración de ácidos orgánicos (Azcon-Bieto y Talón, 2008). Por medio de esta relación se busca establecer las condiciones bioquímicas ideales para el transporte y la comercialización del fruto y así poder garantizar la calidad para el consumidor final (Kays, 1999). Los frutos de los distintos genotipos y variedades utilizados mostraron valores similares entre ellos para la relación °Brix/acidez. Frutos de guayaba de origen brasileño tuvieron un valor promedio de 15.68 ($13.8^\circ\text{Brix}/0.88\%\text{AT}$) (Pereira *et al.*, 2012), similar a Segregante de la India, C- 87 e HidroZac. Variedades colombianas como Pera, Regional Roja, Regional Blanca y Manzana, en estado maduro fueron reportados en un rango de 10.0 ± 2 a 16.0 ± 2 (Rojas-Barquera y Narváez-Cuenca, 2009). Así mismo, un estudio realizado para caracterizar fisicoquímica y reológicamente la pulpa de distintas variedades colombianas de guayaba (Híbrido de Klom Salí, Puerto Rico, D14 y Red) manifestaron una relación °Brix/acidez que osciló entre 9.38 y 17.94 (Andrade *et al.*, 2009b).

Para caracterizar el fruto de guayaba es imprescindible la cuantificación de la vitamina C o ácido ascórbico “AA” que se considera uno de los factores de calidad nutricional más importante. El rango observado para el contenido de AA en los genotipos va de 61.25 ± 11.5 mg/100g hasta 459.83 ± 18.48 mg/100g (Cuadro 6). El genotipo Segregante de la India fue superior en su concentración con respecto a las variedades y genotipos. Perales *et al.*, (2005) reportan una concentración de 160 mg/100g de guayaba, lo cual coincide con la concentración de Calvillo S-XXI, mientras que el resto del material a excepción de C-87, superan este valor. El requerimiento de AA para adultos es de 60 mg/día (NOM-086-SSA1-1994), por lo cual todos los materiales pueden contribuir al aporte de esta vitamina, inclusive C-87. Otros genotipos de guayaba de pulpa rosa y salmón reportan concentraciones que oscilan entre 83.29 y 185.75 mg/100g (Mondragón, *et al.*, 2009) por debajo de lo observado en los genotipos Segregante de la India, Segregante de Sudáfrica y la variedad HidroZac. Respecto a otros genotipos de guayabo brasileños, como la variedad “Pedro Sato”, sólo reporta valores de 48.77 para su estado tres de maduración (Azzolini *et al.*, 2004), mientras que para la variedad “Paluma” reportan un contenido de vitamina C de 67.86 mg/100g (Brunini *et al.*, 2003), similar a la C-87 que presentó la menor concentración de los genotipos evaluados. Otras variedades colombianas de pulpa rosa como “Regional Roja” y “Pera” reportan valores de AA de 52.2 (± 7.6) y 206.6 (± 64.6) mg/100 g (Rojas-Barquera y Narváez-Cuenca, 2009).

Uno de los compuestos más importantes de la fracción de los carotenoides en el fruto de guayaba es el licopeno, también considerado un antioxidante con propiedades nutraceuticas que contribuye en la disminución de ciertos padecimientos cardiovasculares. La mayor concentración de licopeno en el fruto de

guayaba se observó en el genotipo C-87 (4.38 ± 0.06 mg/100g). Sin embargo, este genotipo fue el de menor concentración de AA (Cuadro 6). Los segregantes de la India y Sudáfrica fueron similares en su concentración de licopeno con promedio de 1.96 mg/100g. La variedad Calvillo S-XXI de pulpa crema, utilizada como control, mostró una concentración de licopeno de 0.14 mg/100g, inferior a los reportado por Mondragón *et al.*, (2009) para el tipo “Media China” quienes señalan una concentración de licopeno de 0.53 (± 0.01) mg/100 g; en el mismo estudio, se registraron selecciones de guayaba de pulpa rosa y salmón con concentraciones de licopeno de 1.06 hasta 3.28 mg/100 g. Existen otros reportes en los que señalan guayabas de pulpa rosa con concentraciones de licopeno de 5.5 mg/100g (Waliszewski y Blasco, 2010).

La concentración de licopeno en variedades brasileñas “Paluma” y “Pedro Sato”, en frutos poco procesados en estado de maduración verde-amarillo fue de 6.0 y 8.0 mg/100g respectivamente (Andrade *et al.*, 2009a), superior a la concentración observada en C-87.

Conclusiones

La gran variabilidad observada en las características del fruto de los genotipos de guayabo, tanto a nivel morfológico como bioquímico, indica la amplia base genética del germoplasma de *P. guajava* que se dispone para el desarrollo de nuevas variedades con ventajas comparativas para distintas regiones productoras, así como para satisfacer las demandas del consumidor de fruta fresca o para la industria.

Literatura citada

- Andrade, C.A., Pinto P. M., Caron V.C., Koga F.A., Kluge R.A., & Jacomino A.P. 2009a. Influência do processamento mínimo no teor de licopeno de goiabas “Paluma” e “Pedro Sato”. In: 17 Simposio Internacional de Iniciação Científica USP, Pirassununga, São Paulo. Brasil. pp. 1-4.
- Andrade, R. D., Ortega F., Montes E., Torres R., Pérez O., Castro M. y Gutiérrez L. 2009b. Caracterización fisicoquímica y reológica de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) variedades Híbrido de Klom Sali, Puerto Rico, D14 y Red. Vitae. 16:13–18.
- AOAC. 1988. Official Methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (14th ed.). Washington, D.C.: Association of Analytical Chemists.
- Azcón-Bieto, J. y Talón M. 2008. Fundamentos de Fisiología Vegetal (2da. Edición). McGraw-Hill / Interamericana. Madrid, España. pp. 403-430.
- Azzolini, M., Jacomino A.P., & Bron I. U. 2004. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 39:139-145.
- Babu, K.D., Patel, R.K. and Yadav, D.S. 2007. Comparative evaluation of guava selections under North Eastern region of India. Acta Hort. 735:99-103.
- Borys, M.W. y Leszczyńska B.H. 2001. El potencial genético frutícola de la República Mexicana. Fundación Salvador Sánchez Colín. CICTAMEX, S.C. Coatepec Harinas, México. 99 p.
- Brunini, M. A., Oliveira A. de, & Varanda D.B. 2003. Avaliação da qualidade de polpa de goiaba “Paluma” armazenada a -20 °C. Revista Brasileira de Fruticultura. 25:394–396.
- Coletto, M.J.M. 1995. Crecimiento y desarrollo de las especies frutales. Mundi-Prensa Libros. S.A. 168 p. Madrid, España.
- Díaz-Infante, J., Rodríguez N.N., Velásquez B., Rivero D., Martínez F., Espinosa G., Risterucci A.M., Billotte N., Becker D., Ritter E. and Rohde W. 2010. Simple sequence repeats (SSRs) for diversity characterization of guava (*Psidium guajava* L.). Acta Hort. 849:155-162.

- Dinesh, M.R., and Iyer, C.P.A. 2005. Significant research achievements in guava – Improvement and future needs. *In* Souvenir 1st International Guava Symposium. Lucknow, India. p. 7-16.
- Fernandes-Santos, C.A., Cunha C.J.M., De Franco S.F., Alcántara V.A., Do Ferreira F.R., Gomes P.J., Estigarribia B.R.M., Barbieri R.L. Claret de S. A. de G. and Amorim R.M. 2010. Prospecting and morphological characterization of Brazilian *Psidium* germplasm. *Acta Hort.* 849:63-68.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 252 p.
- González, E., Padilla R.J.S., Reyes M.L., Perales de la C.M.Á. y Esquivel, F. 2002. Guayaba su cultivo en México. México: Libro Técnico No. 1. INIFAP-CIRNOC-CEPAB. 182 p.
- Iriondo A.J.M. 2001. Conservación de los recursos fitogenéticos. *In* Conservación y caracterización de recursos fitogenéticos. F. González-Andrés y J.M. Pita-Villamil (eds.) Publicaciones I.N.E.A. p. 15-31.
- Kays, S.J. 1999. Preharvest factors affecting appearance. *Postharvest biology and Technology.* 15: 233–247.
- Lakshminarayana, S. y Moreno, M.A. 1978. Estudio preliminar para determinar la existencia de las variaciones en guayaba mexicana. *Revista Chapingo.* 10:37-47.
- Mata, B.I. y Rodríguez, M.A. 1990. Cultivo y producción del guayabo. Editorial Trillas-UAAAN. (reimp. 2000). México. 160 p.
- Martínez, H.E. 2008. Temas selectos en Alimentos, Nutrición y Salud. Capítulo IV. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. DES Ciencias de la Salud. Morelia, Mich. pp. 80-82.
- Mendonça, R.D., Ferreira K.S., Souza L.M., de Marinho C.S. & Teixeira, S. L. (2007). Características físicas e químicas de goiabas “Cortibel 1” e “Cortibel 4” armazenadas em condições ambientais. *Bragantia.* 66:685–692.
- Mercado-Silva, E., Benito-Bautista, P., and García-Velasco, M. de los A. 1998. Fruit development, harvest index and ripening changes of guavas produced in central Mexico. *Postharvest Biology and Technology,* 13: 143–150.
- Mondal, K., Malhotra, S.P., Jain, V. and Singh, R. 2009. Oxidative stress and antioxidant systems in guava (*Psidium guajava* L.) fruits during ripening. *Physiology and Molecular Biology of Plants.* 15:327–334.

- Mondragón, J.C., Toriz L.M., y Guzmán S.H. 2009. Caracterización de selecciones de guayaba para El Bajío de Guanajuato, México. *Agricultura Técnica en México*, 35: 315–322.
- Negi, S. S. and Rajan, S. 2005. Improvement of guava through breeding. In: *Souvenir 1st International Guava Symposium*. Lucknow, India. p. 1-6.
- Padilla, R.J.S., González G.E., Esquivel V.F., Mercado S. E., Hernández D. S. y Mayek P.N. 2002a. Caracterización de germoplasma sobresaliente de guayabo de la región Calvillo-Cañones, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 25:393-399.
- Padilla, R.J.S. 2002b. Cosecha y postcosecha. In: *Guayaba. Su cultivo en México*. /n. González G.E., Padilla R.J.S., Reyes M.L., Perales de la C.M.A. y Esquivel V.F. (eds). Libro Técnico No.1. INIFAP-CIRNOC-CEPAB. pp. 134-144.
- Padilla, R.J.S., González G.E., Perales de la C. M.A., Reyes P. H.R. y Osuna C.E.S. 2007. Variabilidad del fruto de la guayaba (*Psidium guajava* L.) mexicana. *Publicación Especial No. 31*. INIFAP-SAGARPA-SNICS. Campo Experimental Pabellón. 61 p.
- Padilla, R.J.S. and González G.E. 2010. Collection and characterization of Mexican guava (*Psidium guajava* L.) germplasm. *Acta Hort.* 849:49-54.
- Padilla, R.J.S., González G.E., Osuna G.J.A., Pérez B. M.H. y Sánchez L. R. 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.
- Padilla, R.J.S. y González G.E. 2011. Relación entre peso y número de semillas con el tamaño de fruto de guayaba. In: *Memoria del XIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas*, A.C. Culiacán, Sin. p. 81.
- Padilla, R.J.S.; González G.E., Pérez B.M.H., Osuna G.J.A., Espindola B.M. C. and Reyes A.J.C. 2012a. Phenological behavior of guava trees (*Psidium guajava* L.) under different climatic conditions of México. *Acta Hort.* 959:97-102.
- Padilla, R.J.S., Cortés P.C. de J., Maldonado S.N.E. and Sánchez R.T. 2012b. Comparative analysis for °Brix and ascorbic acid concentration of guava fruits under two fertilization treatments in Zacatecas, México. *Acta Hort.* 959:111-115.

- Padilla, R.J.S., González G.E., Rodríguez M.V.M., Cortés P.C. de J. 2013. Determinación de las características preferenciales del fruto de guayaba para consumo en fresco. *In*: Padilla R.J.S., Rodríguez M.V.M. y González G.E. (eds.) Simposio Nacional de Fitomejoramiento y Postcosecha de Guayaba. Publicación Especial No. 39. SAGARPA-INIFAP. Calvillo, Ags., México. Octubre de 2013. pp.10-16.
- Pandey, D., Shukla, S.K., Yadav, R.C. and Nagar, A.K. 2007. Promising guava (*Psidium guajava* L.) cultivars for North India conditions. *Acta Hort.* 735:91-94.
- Perales de la C.M.A. y Silguero, J.F. 1995. Caracterización de colectas de guayaba *Psidium guajava* L. de la región Calvillo-Cañones por forma y componentes del fruto. *Agric. Téc. Méx.* 21:195-203.
- Perales de la C.M.Á., Padilla R. J. S., González G. E., y Reyes P. H. R. 2005. Manual para la Producción Integral del Cultivo de la Guayaba. México. Impresión Litográfica Central.
- Pereira, M.C., Steffens R.S., Jablonski A., Hertz P.F., de O. Rios A., Vizzotto M., and Flôres S.H. 2012. Characterization and Antioxidant Potential of Brazilian Fruits from the Myrtaceae Family. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 60:3061–3067.
- Pérez, Ch. V.R. 1970. Selección preliminar de guayabo en la zona de Calvillo, Ags. *In*: Memoria del Primer Congreso Nacional de Fruticultura. Aguascalientes, Ags. Agosto 1970. pp. 606-608.
- Pérez, G. 2003. Los flavonoides, antioxidantes o prooxidantes. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas.* 22:48-57.
- Rathore, D.S. 1976. Effect of season on the growth and chemical composition of guava (*Psidium guajava* L.) fruits. *J. Hort. Sci.* 51:41-47.
- Raven, H. 1994. Extinciones biológicas: Su importancia y significado para nosotros. Simposio: "Biological Diversity". Tucson, Arizona. p. 71-78.
- Rojas-Barquera, D. and Narváez-Cuenca C.E. 2009. Vitamin C, total phenolic compounds and antioxidant activity in guava (*Psidium guajava* L.) fruits from Colombia. *Química Nova.* 32:2336–2340.
- Sánchez, R.T. 2013. Caracterización fisicoquímica y nutricional del germoplasma de guayaba de pulpa rosa. Tesis de Maestría. Facultad de Químico Farmacobiología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. 131 p.

- SIAP-SAGARPA. 2013. Sistema de Información Agropecuario. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (consultada 16 de marzo de 2013).
- Sitther, V., Zhang, D., Harris, D.L., Yadav, A.K., Zee, F.T., Meinhardt, L.W. and Dhekney. 2014. Genetic characterization of guava (*Psidium guajava* L.) germplasm in the United States using microsatellite markers. *Gent. Resour. Crop Evol.* 61:829-839.
- Soares, F.D., Pereira T., Maio M.M.O. and Monteiro A.R. 2007. Volatile and non-volatile chemical composition of the white guava fruit (*Psidium guajava*) at different stages of maturity. *Food Chemistry*. 100:15–21.
- Tapas, A.R., Sakarka, D.M. and Kakde, R.B. 2008. Flavonoids as nutraceuticals: A Review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 7:1089-1099.
- Thaipong, K. and Boonprakob, U. 2006. Repeatability, optimal sample size of measurement and phenotypic correlations of quantitative traits in guava. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*. 40:11-19.
- UPOV. 1987. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, homogeneity and stability: Guava (*Psidium guajava* L.). Geneva, Switzerland. 27 p.
- Valecillos, C., Aranguren Y. and Fermin G. 2010. Natural resources conservation: Guava and other *Myrtaceae* germplasm ex situ conservation in Mérida, Venezuela. *Acta Hort.* 849: 95-101.
- Waliszewski, K. N., y Blasco G. 2010. Propiedades nutraceuticas del licopeno. *Salud Pública de México*. 52:254–265.
- Zee, F.T. 2003. Guava, *Psidium guajava*, one of the fourteen germplasm collections at the USDA/ARS, national plant germplasm program. Hilo, Hawaii. *In* Memoria del Primer Simposio Internacional de la Guayaba. Padilla RJS, Reyes ML., González G.E. y Perales de la C M.A. (eds.). Aguascalientes, Ags. pp. 50-53.



Guayaba silvestre en Talpa de Allende, Jal. Muestra de la diversidad genética y usos.





Centros Nacionales de Investigación Disciplinaria, Centros de Investigación Regional y Campos Experimentales



- Sede de Centro de Investigación Regional
- Centro Nacional de Investigación Disciplinaria
- Campo Experimental



Agradecimientos

Se agradece al Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS)-Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI) y a la Coordinadora de Fundaciones Produce (COFUPRO), por el financiamiento otorgado para el desarrollo del proyecto:

“Caracterización, mantenimiento, conservación y aprovechamiento de los recursos genéticos de guayaba (*P. guajava*) en México”
del cual se derivó el presente folleto.



Asimismo, se agradece a los señores: Humberto Joaquín Lozano, José López Ávila, Jesús Núñez Cortez, Jorge Hernández Díaz, Paulo Rodríguez Venavides, Ismael Silva Duran y Martín Pulido Torres del Sitio Experimental “Los Cañones” por su valiosa participación en las actividades de campo de este proyecto.

Comité Editorial del CEPAB

Dr. Alfonso Peña Ramos
Dr. Luis Reyes Muro
Dr. José Saúl Padilla Ramírez
M.C. Luis Martín Macías Valdez
Dr. Manuel Antonio Galindo Reyes
Dr. Víctor Manuel Rodríguez Moreno
M. Sc. Abraham de Alba Ávila

Edición

M.C. Osías Ruíz Álvarez

Diseño

Dr. J. Saúl Padilla Ramírez
Dr. Luis Reyes Muro

Fotografía

Dr. J. Saúl Padilla Ramírez

Código INIFAP

MX-0-310704-52-02-10-09-58

La presente publicación se terminó de imprimir en noviembre de 2014,
en la imprenta Carmona Impresores S.A. de C.V. en Calz. Lázaro Cárdenas No. 850,
Col. Eduardo Guerra, C.P. 27280
Torreón Coah., México.

Su tiraje consta de 500 ejemplares.

Campo Experimental Pabellón

Dr. Alfonso Peña Ramos..... Director de Coordinación y Vinculación

Personal investigador

Dra. Alma Delia Báez González..... Agrometeorología y modelaje
M.C. Arturo Corrales Suastegui..... Agrometeorología y modelaje
Ing. Luis Antonio González Jasso..... Agrometeorología y modelaje
M.I.T.C. Mario Primitivo Narváez Mendoza..... Agrometeorología y modelaje
Ing. José Luis Ramos González..... Agrometeorología y modelaje
Dr. Víctor Manuel Rodríguez Moreno..... Agrometeorología y modelaje
Dr. Esteban Salvador Osuna Ceja..... Fertilidad de suelos y nutrición vegetal
Ing. Sergio Arellano Arciniega..... Frijol y garbanzo
Dr. Manuel Antonio Galindo Reyes..... Frutales
M.C. Miguel Ángel Perales de la Cruz..... Frutales
Dr. José Saúl Padilla Ramírez..... Frutales
M.C. Luis Martín Macías Valdez..... Hortalizas
M.C. Luis Humberto Maciel Pérez..... Ingeniería de riego
M. C. Osías Ruiz Álvarez..... Ingeniería de riego
M.C. Omar Iván Santana..... Leche
Dra. Dolores Briones Reyes..... Maíz
M. Sc. Arturo Cruz Vázquez..... Mecanización
Ing. Raúl Vidal García Hernández..... Mecanización
M.C. Francisco Garibaldi Márquez..... Mecanización
Ing. Ernesto Martínez Reyes..... Mecanización
Ing. Carlos Rojas Santillán..... Mecanización
M. Sc. Abraham de Alba Ávila..... Pastizales y cultivos forrajeros
Ing. Karla Vanessa de Lira Ramos..... Sanidad forestal y agrícola
M.C. Ernesto González Gaona..... Sanidad forestal y agrícola
Dr. Guillermo Sánchez Martínez..... Sanidad forestal y agrícola
M.C. Candelario Serrano Gómez..... Sanidad forestal y agrícola
Dra. Mercedes Borja Bravo..... Socioeconomía
Dr. Luis Reyes Muro..... Socioeconomía

WWW.INIFAP.GOB.MX

El cultivo del guayabo en nuestro país ha estado basado principalmente en el germoplasma denominado **“Media China”**, el cual aun cuando produce frutos que tienen buena aceptación por su sabor y aroma, se ha reportado la existencia de una gran variabilidad del fruto de guayaba en cuanto a: forma, tamaño, color, grosor de casco, número y tamaño de semillas, contenidos de °Brix, vitamina C, entre otras características.

Por lo anterior, y con el propósito de conservar, caracterizar y aprovechar dicha diversidad del germoplasma de *Psidium guajava*, se realizaron colectas de genotipos de guayabo por diversas regiones de México, logrando establecer una colección *ex situ* que representa una amplia base genética de este cultivo.

En este folleto se presentan resultados de la caracterización morfológica y bioquímica del fruto de un grupo de genotipos de guayabo, donde se muestra de manera cuantitativa la gran diversidad observada que puede ser aprovechada para el desarrollo de nuevas variedades.