

PRODUCCIÓN DE FRUTO E ÍNDICES PRODUCTIVOS EN ÁRBOLES DE GUAYABO*

FRUIT PRODUCTION AND PRODUCTIVITY INDEXES OF GUAVA TREES

José Saúl Padilla-Ramírez¹, Ernesto González-Gaona¹, Luis Reyes-Muro¹ y Netzahualcóyotl Mayek-Pérez^{2*}

¹Campo Experimental Pabellón, INIFAP. Km. 32.5, carretera Aguascalientes-Zacatecas. 20660 Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. ²Centro de Biotecnología Genómica, Instituto Politécnico Nacional. *Autor para correspondencia: nmayek@ipn.mx

RESUMEN

El guayabo (*Psidium guajava* L.) es uno de los principales frutales que se cultivan en México, con una superficie de 24 000 ha y un volumen de producción anual de 300 000 t. Se determinó la producción de fruto fresco de 24 selecciones de guayabo durante 1999-2002 en Huanusco, Zacatecas, México, así como su relación con dos índices de productividad: volumen de copa y área transversal de tallo. El objetivo fue identificar características adecuadas para evaluar la productividad de germoplasma criollo y mejorado de guayabo. Todos los materiales evaluados fueron identificados y seleccionados en la región de Calvillo-Cañones, en los estados de Aguascalientes y Zacatecas, México. La producción de fruto varió de 34 a 73 kg árbol⁻¹, mientras que el número promedio de frutos por árbol varió de 551 a 1514. Las selecciones más productivas fueron la 11, 106, 126, 12 y 47. Entre las más vigorosas destacaron la 118, 106, 115, 117 y 42. Se observó asociación positiva entre producción de fruto e índices de productividad.

Palabras Clave: *Psidium guajava* L., germoplasma, productividad.

ABSTRACT

Guava (*Psidium guajava* L.) is one of the main fruit trees cultivated in Mexico, with a production area of 24 000 ha and annual production of 300 000 t. Fresh fruit production of

24 guava selections grown in Huanusco, Zacatecas, Mexico was recorded during 1999-2002, and then related to two productivity indexes: productivity index based on canopy volume and productivity index based on stem cross sectional area. This work was conducted in order to identify useful traits that can be used for the evaluation of productivity in landraces and breed guava germplasm in Mexico. All evaluated materials were identified and selected in the Calvillo-Cañones region. Fruit production ranged from 34 to 73 kg tree⁻¹, while the average number of fruits per tree was from 551 to 1514. Selections with greatest number of fruits were 11, 106, 126, 12, and 47. The most vigorous accessions were 118, 106, 115, 117, and 42. Positive associations between fruit production and productivity indexes were found.

Key Words: *Psidium guajava* L., germplasm, productivity.

En 2005 se cultivaron en México 24 000 ha con guayabo (*Psidium guajava* L.). Las mayores superficies se localizan en los estados de Aguascalientes y Zacatecas, en la región conocida como Calvillo-Cañones, en donde se cultivan aproximadamente 12 000 ha; y en Michoacán, con 9000 ha (SIAP, 2007). Aunque el guayabo se ha cultivado en dichas regiones desde hace más de 100 años, a la fecha no existen cultivares caracterizados que presenten ventajas en comparación con el germoplasma comercial establecido actualmente, el cual se denomina como tipo China y Media

* Recibido: Febrero de 2006
Aceptado: Julio de 2007

China, que permitan la homogenización de las plantaciones con producción uniforme de fruta. En México, las primeras colectas de germoplasma de guayabo se realizaron en la zona de Calvillo se identificaron materiales con cualidades para la elaboración de conservas en almíbar, consumo en fresco y productos especializados (Mata y Rodríguez, 1990). En frutos de árboles colectados en Calvillo, Aguascalientes e Ixtapan de la Sal, Estado de México se observaron frutos con altos contenidos de ácido ascórbico (599 mg en 100 g de peso fresco). La caracterización de los materiales colectados reveló una gran heterogeneidad morfológica y bioquímica del guayabo, misma que se atribuyó a la propagación de plantas por medio de semillas (Laksminarayana y Moreno, 1978). Perales y Silguero (1995) establecieron en 1989 una plantación en Huanusco, Zacatecas con las colectas sobresalientes de guayabo obtenidas en la región Calvillo-Cañones de los estados de Zacatecas y Aguascalientes.

Esta plantación constituye el Banco de Germoplasma de Guayabo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y cuenta con 45 selecciones de *P. guajava* L. y accesiones de las especies *P. cattleianum* y *P. friedrichsthalianum*. A la fecha se ha caracterizado la morfología de árboles y frutos, y el desarrollo fenológico y rendimiento, con la finalidad de determinar sus ventajas para promover el registro de genotipos sobresalientes con características deseables para el consumo en fresco o para la industrialización (González-Gaona et al., 2002; Padilla-Ramírez et al., 2002). El objetivo del presente estudio fue determinar el rendimiento de fruto fresco de 24 selecciones de guayabo, así como su relación con dos índices productivos que apoyen la evaluación de la productividad y selección de germoplasma criollo y mejorado de guayabo en México.

El estudio se realizó en el Campo Experimental Los Cañones (CEDEC) en Huanusco, Zacatecas ($21^{\circ} 45' \text{ LN}$; $102^{\circ} 58' \text{ LO}$; 1500 msnm). La localidad de estudio presenta temperatura media anual de 21.5°C y precipitación media anual de 560 mm (González-Gaona et al., 2002). Los árboles se establecieron en 1989 a una distancia de 3 x 3 m. Desde su establecimiento, y durante los ciclos de producción 1999-2002, los árboles de cada selección (un árbol por selección) se podaron al inicio del ciclo de producción anual y luego se fertilizaron con la fórmula 60-60-60. La fertilización se fraccionó en dos partes: la primera mitad se aplicó con el primer riego en la segunda quincena de abril, al término del calmeo (período de suspensión del riego a partir del término de la cosecha del ciclo anterior) y la segunda mitad 50 días después. Se aplicaron en promedio 12 riegos con intervalos

de 15 a 20 días durante cada ciclo de producción. En cada ciclo de cultivo se realizaron dos aplicaciones de Malatión (250 mL en 100 L de agua) para el control del picudo de la guayaba (*Conotrachelus dimidiatus*) cuando la mayoría de las accesiones tenía el fruto en tamaño 'canica' (menos de 3 cm de diámetro promedio). El manejo agronómico de los árboles desde su establecimiento hasta los años de evaluación se ha realizado con base en las indicaciones de González-Gaona et al. (2002). Las condiciones climáticas (temperaturas promedio mensuales máxima, mínima y media y precipitación total mensual) que ocurrieron durante el desarrollo de este trabajo se consignan en la Figura 1.

Durante la cosecha de cada ciclo de cultivo se contaron y pesaron los frutos en cada corte (dos a tres cortes por semana). Los frutos fueron clasificados en las categorías extra ($> 90 \text{ g fruto}^{-1}$), primera ($60-90 \text{ g}$) y segunda ($< 60 \text{ g}$) (González-Gaona et al., 2002). En el ciclo de producción 2001-2002 se midió el diámetro de copa al inicio de la cosecha en direcciones norte-sur y oeste-este en cada selección, aproximadamente a 1.5 m sobre la superficie del suelo. Ambos valores de diámetro de copa se promediaron (DP, m) para obtener el radio de copa ($r = DP/2$). El volumen de copa (VC, m^3) se obtuvo mediante la expresión $VC = (4 \times \pi \times r^3)/3$.

El perímetro de la base de tallo (P) se midió a los 0.10 m sobre la superficie del suelo en cada árbol, también al inicio de la cosecha. Con este valor se calculó el radio del tallo ($r = P/2\pi$), con el cual a su vez se determinó el área transversal del tallo ($AT = \pi \times r^2$). Se estimó el Índice de Productividad con base a Volumen de Copas (IPVC, kg de fruto por m^3 de copa) (Santos et al., 1998) y el Índice de Productividad con base al Área Transversal del Tallo (IPAT, kg de fruto por centímetro cuadrado de área transversal de tallo) (Westwood y Roberts, 1970). Se obtuvieron los promedios de producción de fruto y número de frutos por árbol de los tres años de evaluación, así como la clasificación de frutos con base en tamaño para los tres años de evaluación. Adicionalmente se calcularon los coeficientes de correlación simple de Pearson entre las características medidas y estimadas con el paquete Statistica versión 5.0 (StatSoft, Inc., 2006).

La producción de las 24 selecciones de guayabo varió de 34 a 73 kg árbol^{-1} y, considerando la densidad de plantación de 1111 árboles ha^{-1} (3 x 3 m), los rendimientos promedio fueron de 37.7 a 81.1 tha^{-1} . El número de frutos por árbol varió de 551 a 1514 y el peso medio de fruto fue de 34.5 a 70.7 g fruto^{-1} . Las accesiones más productivas fueron la 11, 106, 126, 12, 47, 48, 10, 20 y 118; mientras que las de menor producción

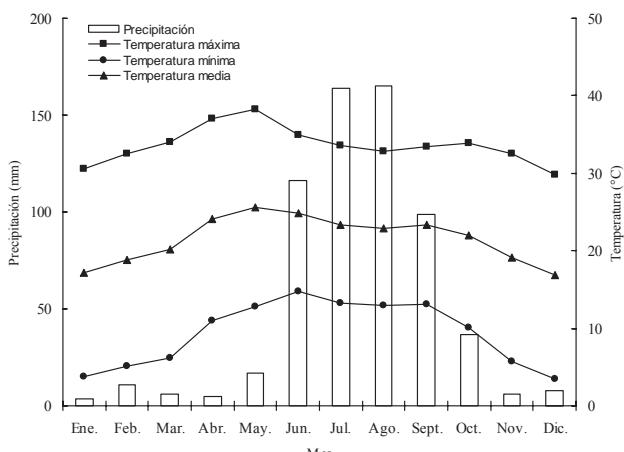


Figura 1. Temperaturas promedio mensuales máxima, mínima y media y precipitación total mensual durante el desarrollo del estudio en la estación meteorológica del área experimental Los Cañones, INIFAP. Huanusco, Zacatecas, México. 1999-2002.

fueron la 28, 29, 38, 57, 85, 111, 116 y 119. Las accesiones que produjeron más de 1100 frutos fueron las más productivas; mientras que las que produjeron menos frutos también fueron por lo general las menos productivas (Cuadro 1). Da Silva *et al.* (1997), Lederman *et al.* (1997) y Santos *et al.* (1998) observaron variación significativa en la productividad de germoplasma mejorado de guayaba en Brasil. Lederman *et al.* (1997) reportaron en accesiones sobresalientes de *P. guineense* (guayaba 'Brasileña') en Brasil con rendimientos de 14 a 17 kg árbol⁻¹ al año, de 1700 a 2800 frutos árbol⁻¹ y peso promedio de fruto de 12 a 16 g; mientras que Santos *et al.* (1998) indicaron rendimientos promedio anuales en germoplasma mejorado en Brasil de 80 a 194 kg árbol⁻¹ con promedio de 135 kg árbol⁻¹.

Como observó Santos *et al.* (1998), la mayoría de las selecciones produjeron principalmente frutos con calidades de primera y segunda. Las selecciones con mayor porcentaje de frutos con calidad extra fueron la 106, 85, 11 y 42; con frutos de primera las 85, 10, 61, 118, 48 y 117 y con frutos de segunda las 29, 57, 119, 12, 37 y 47. Existió relación entre mayor productividad y calidad de fruto, particularmente en el caso de las selecciones 11, 106 y 48; mientras que la menor productividad y menor calidad de frutos se observó en las selecciones 29, 57 y 119. Hubo casos contrarios, como la selección 85, con poca producción y alta proporción de frutos con calidad extra y otras como la selección 12, con alta producción pero con mayor proporción de frutos de

segunda calidad. Las selecciones más productivas, con mayor proporción de frutos con calidad extra y primera y mayor producción de frutos fueron la 11, 106 y 48 (Cuadro 1). No obstante, en las selecciones más productivas a medida que el número total de frutos cosechados aumentó, se redujo el tamaño medio del fruto. El análisis de correlación indicó asociación negativa entre número de frutos y peso medio de fruto ($r = -0.35^*$) y asociación positiva con rendimiento de frutos por árbol ($r = 0.62^{**}$).

Lo anterior indica que es necesario determinar el número óptimo de frutos por árbol para afectar lo menos posible su tamaño y disminuir el porcentaje de frutos de segunda; de manera que se mantenga o incremente la rentabilidad del cultivo con base en la alta productividad y calidad de la producción de frutos. La calidad de fruto podría mejorarse con el raleo; esto es, eliminando cierta proporción de frutos en cada árbol para reducir la competencia por asimilados y favorecer el crecimiento de los frutos restantes. Sin embargo, en guayabo es indispensable conocer los patrones de fructificación, debido a que es probable que esta especie pudiera presentar alternancia en la producción y el raleo afectaría sensiblemente dicho patrón productivo.

Se observó variación entre las selecciones en las características de vigor e índices productivos de las 24 selecciones de guayabo estudiadas (Cuadro 2). Entre las accesiones más vigorosas (mayor tamaño de copa y área de tallo) destacaron la 106, 117 y 48. También se detectaron selecciones con altos valores de vigor y bajos índices de productividad (10, 11, 12, 20) y que además mostraron altos niveles de producción de fruto.

Los valores que expresan el vigor del desarrollo de guayabo son en general más bajos que los publicados por Santos *et al.* (1998) quienes en germoplasma mejorado de guayabo cultivado en Brasil registraron valores mayores de altura (4.8 m) y diámetro de copa (5.9 m), volumen de copa (92 m³) y área transversal de tallo (283.5 cm²) a los aquí consignados, pero valores menores de IPVC (1.3) en 21 variedades de guayabo en Brasil. Esto se debe a que en Brasil los árboles se establecen a distancias de plantación mayores (6 x 5.5 m) y al clima que prevalece en ese país, con lo que el crecimiento vegetativo es en general mayor al de los árboles de guayabo de la región Calvillo-Cañones, México. La producción de fruto estuvo positivamente asociada con los IPVC e IPAT; mientras que el IPVC se asoció negativamente con el diámetro y volumen de copa y el IPAT se asoció negativamente con el área de tallo y positivamente con IPVC (Cuadro 3). Santos *et al.* (1998) no observaron asociación entre IPVC y productividad y

Cuadro 1. Promedios de producción de fruto, número de frutos por árbol y producción de frutos con base en calidad de 24 selecciones de guayabo durante 3 ciclos de producción (1999-2001). Huanusco, Zacatecas, México.

Selección	Producción de fruto (kg árbol ⁻¹)	Número de frutos por árbol	Peso medio de fruto (g)	Producción de frutos por calidad (%)		
				Extra	Primera	Segunda
10	54	1003	57.7	6	53	41
11	73	1515	51.6	2	38	60
12	55	1496	44.5	1	26	73
20	51	1008	53.2	4	42	54
28	34	1002	34.5	1	36	63
29	36	872	41.8	1	7	92
37	43	1027	44.0	1	26	73
38	34	693	50.3	2	34	64
42	44	1012	49.7	10	29	61
45	44	905	50.6	3	38	59
46	41	815	50.5	2	35	63
47	55	1160	48.3	1	29	70
48	57	1175	51.0	3	44	53
57	39	1074	35.7	1	7	92
61	41	755	54.5	2	47	51
85	37	551	67.5	16	58	26
106	72	1261	70.7	31	36	33
111	40	785	56.7	16	35	49
115	43	906	51.5	2	41	39
116	38	806	51.1	4	39	57
117	46	935	52.6	3	44	53
118	51	977	56.0	7	47	46
119	34	917	42.0	1	8	91
126	61	1397	46.1	1	38	61
Promedio	47	1002	50.5	5	35	60
Desviación estándar	11.13	239.51	8.27	7.02	13.13	17.07

concluyeron que el mayor crecimiento vegetativo no era una variable confiable para medir la alta productividad. Con base en los resultados obtenidos, los dos índices de productividad podrían ser útiles para evaluar la productividad del guayabo en la región de estudio. La utilización del IPAT será más conveniente que el IPVC, dado que es una característica fácil de medir y no muestra efectos significativos por manejo agronómico de plagas o enfermedades. La conservación del equilibrio entre el volumen de copa y el área del tallo, con respecto a la producción de fruto evitará los árboles

con demasiado vigor y desarrollo vegetativo pero con poca capacidad productiva, lo que se reflejaría en un bajo índice productivo, tal como ocurrió con el germoplasma evaluado por Santos *et al.* (1998).

Los resultados indican que existen selecciones de guayabo con alta productividad para la región Calvillo-Cañones. Será necesaria su propagación vegetativa y posterior establecimiento en plantaciones y proceder a su validación experimental y registro como cultivares clonales.

Cuadro 2. Vigor de planta e índices de productividad de 24 selecciones de guayabo. Huanusco, Zacatecas, México. 2001-2002.

Selección	Altura de copa (m)	Diámetro de copa (m)	Volumen de copa (m^3)	Área de tallo (cm^2)	IPVC (kg fruto m^{-3})	IPAT (kg fruto cm^{-2})
10	3.0	3.5	21.5	299.5	2.2	0.16
11	3.0	3.1	15.2	373.1	4.5	0.18
12	2.8	3.3	17.9	292.3	2.2	0.14
20	3.2	3.4	20.6	395.5	1.6	0.08
28	2.2	2.9	12.4	147.1	2.8	0.23
29	2.6	2.7	10.3	178.1	3.9	0.22
37	3.5	2.9	12.4	208.6	3.7	0.22
38	2.9	2.7	9.7	167.9	3.4	0.20
42	2.7	2.9	12.8	215.2	4.9	0.29
45	3.0	2.9	12.4	136.4	4.8	0.44
46	3.0	2.9	12.1	175.8	3.7	0.25
47	3.0	2.9	13.4	221.4	4.2	0.25
48	3.1	3.1	14.8	232.1	4.9	0.32
57	3.0	3.0	14.5	153.1	3.5	0.33
61	3.1	3.1	15.6	189.5	3.0	0.25
85	3.0	2.8	11.5	269.1	3.3	0.14
106	2.6	3.4	20.6	220.1	5.7	0.53
111	2.4	2.9	13.1	236.4	4.2	0.23
115	2.8	2.9	12.1	215.3	5.7	0.32
116	2.6	2.7	9.7	140.4	4.7	0.32
117	3.0	2.8	11.5	187.2	5.1	0.31
118	3.0	2.6	9.2	257.8	9.7	0.35
119	2.6	2.9	12.8	140.4	3.8	0.34
126	2.8	3.9	30.4	279.6	2.8	0.30
Promedio	2.9	3.0	14.4	222.1	4.1	0.27
Desviación estandar	0.28	0.30	4.81	69.64	1.61	0.10

IPVC= Índice productivo con base al volumen de copa; IPAT= Índice productivo con base al área transversal de tallo.

Cuadro 3. Matriz de correlaciones simples (r) entre producción de fruto y variables de vigor del árbol e índices productivos, ciclo 2001-2002. Huanusco, Zacatecas, México.

Variable	Producción de fruto	Altura de copa	Diámetro de copa	Volumen de copa	Área de tallo	Índice productivo de área de tallo
Área de copa	-0.03NS					
Diámetro de copa	0.30NS	0.07 NS				
Volumen de copa	0.32 NS	0.05 NS	0.99**			
Área de tallo	0.12 NS	0.32 NS	0.54**	0.53**		
Índice productivo de volumen de copa	0.65**	0.00 NS	-0.47*	-0.44*	-0.17 NS	
Índice productivo de área de tallo	0.72**	-0.19 NS	-0.06 NS	-0.05 NS	-0.54**	0.61**

* Significativo ($p \leq 0.05$); ** Significativo ($p \leq 0.01$); NS= No significativo ($p \leq 0.05$).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento de este trabajo al Sistema de Investigación Regional Miguel Hidalgo (SIHGO-CONACYT, proyecto 19990201011) y a Fondos Mixtos (FOMIX) - Gobierno del estado de Tamaulipas.

LITERATURA CITADA

- Da Silva Jr., J. F.; Lederman, I. F.; Fernandez-Bezerra, J. E.; Tavares, J. A. and Pedrosa, A. C. 1997. Evaluation of some processing-guava cultivars (*Psidium guajava* L.) under semi-arid conditions of Pernambuco State, Brazil. I. Yield characteristics. *Act. Hort.* 452:71-76.
- González-Gaona, E.; Padilla-Ramírez, J. S.; Reyes-Muro, L.; Perales de la C., M. A. y Esquivel-Villagrana, F. 2002. Guayaba. Su cultivo en México. Campo Experimental Pabellón, Centro de Investigación Regional Norte Centro. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Pabellón, México. 182 p. (Libro Técnico Núm. 1).
- Laksminarayana, S. y Moreno, M. A. 1978. Estudio preliminar para determinar la existencia de las variaciones en guayaba mexicana. *Rev. Chapingo.* México 10:37-47.
- Lederman, I.; Silva, M.; Alves, M. and Bezerra, J. 1997. Selection of superior genotypes of Brazilian guava (*Psidium guineense*, Swartz) in the coastal wood forest region of Northeast Brazil. *Act. Hort.* 452:95-100.
- Mata, B. I. y Rodríguez, M. A. 1990. Cultivo y producción del guayabo. 2a. ed. Trillas. México. 160 p.
- Padilla-Ramírez, J. S.; González-Gaona, E.; Esquivel-Villagrana, F.; Mercado-Silva, E.; Hernández-Delgado, S. y Mayek-Pérez, N. 2002. Caracterización de germoplasma sobresaliente de guayabo de la región Calvillo-Cañones, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 25:393-399.
- Perales de la C., M. A. y Silguero, J. F. 1995. Caracterización de colectas de guayabo, *Psidium guajava* L., de la Región Calvillo-Cañones por forma y componentes del fruto. *Agric. Téc. Méx.* 21:195-203.
- Santos, R. R.; Martins, F. P.; Antunes, I. J.; Do Nacimiento, L. M. e Igue, T. 1998. Avaliacao de variedades de goiabeira em Monte Alegre Do Sul (SP). *Bragantia* 57:117-126.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2007. Anuario estadístico de la producción agrícola: guayaba. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. México. Disponible en http://www_siap.gob.mx (Consultado julio 2007).
- StatSoft Inc. 2006. Statistical analysis and graphics software. Tulsa, OK., USA.
- Westwood, M. N. and Roberts, A. N. 1970. The relationship between trunk cross-sectional area and weight of apple trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95:28-30.