



# Revisión bibliográfica MEJORAMIENTO GENÉTICO DE GUAYABO (*Psidium guajava* L.)

## Review Genetic breeding of guava (*Psidium guajava* L.)

Evelyn Bandera Fernández<sup>✉</sup> y Leneidy Pérez Pelea

**ABSTRACT.** Guava (*Psidium guajava* L.) is native to the tropical regions of America, but it has been introduced in different countries of the world where is nowadays naturalized. It is one of the most valuable tropical and subtropical fruit tree, because it is a natural source of vitamins and mineral salts. Due to its seed propagation, there are heterocigotic populations in which there is a correct genetic variability for the selection of desirable commercial types. At the foundation of the Cuban Fruit Tropical and Subtropical germplasm bank in 1965 (nowadays Tropical Fruit Research Institute, IIFT), was established the biggest collection of guava in the country. This germplasm collection has been characterized by using morphological markers and techniques of Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP) and Simple Sequence Repeats (SSR). The evaluations allowed the selection of elite genotypes for commercialization, breeding and the establishment of crossing programs. They are able to build linkage maps using molecular markers and over 50 quantitative trait loci were detected, as a basis for marker assisted selection. These results, in conjunction with the use of tissue culture techniques for the conservation and propagation of germplasm, have allowed to propose a methodology for developing crop improvement program in the country.

**RESUMEN.** El guayabo (*Psidium guajava* L.), es oriundo de la región tropical de las Américas, pero fue introducido a otras regiones del mundo, donde actualmente se encuentra naturalizado. Es considerado como uno de los frutales tropicales y subtropicales más valiosos, pues resulta una fuente natural de vitaminas y sales minerales. Producto de su propagación por semillas, se cuenta con poblaciones heterocigóticas, en las que existe una adecuada variación genética para la selección de tipos comerciales deseables. Con la fundación del Banco de Germoplasma de Frutales Tropicales y Subtropicales en 1965 (actualmente Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, IIFT), se creó la colección más grande de Cuba. Esta colección de germoplasma del cultivo, ha sido caracterizada con el empleo de marcadores morfológicos y técnicas de Polimorfismo de la Longitud de Fragmentos Amplificados (AFLP) y de Secuencias Simples Repetidas (SSR). Las evaluaciones realizadas permitieron la selección de genotipos élites para propósitos de comercialización y mejoramiento genético. Además, se lograron construir mapas de ligamiento utilizando los marcadores moleculares y se detectaron más de 50 *loci* de caracteres cuantitativos, como base para la selección asistida por marcadores. Estos resultados, junto al uso de técnicas de cultivo de tejidos, para la conservación y propagación de germoplasma, han permitido proponer una metodología para desarrollar el programa de mejoramiento del cultivo en el país.

**Key words:** fruits, germplasm, molecular markers, plant breeding

**Palabras clave:** frutales, germoplasma, marcadores moleculares, mejoramiento genético de plantas

### INTRODUCCIÓN

El guayabo (*Psidium guajava* L.), es uno de los frutales tropicales y subtropicales de mayor importancia económica, que se cultiva con fines comerciales

en más de 60 países (1). Pertenece a la familia Myrtaceae, que está constituida por más de 133 géneros y de 3800 especies (2), pocas de las cuales producen frutos comestibles (3).

Departamento Biología Vegetal. Facultad de Biología, Universidad de la Habana. Calle 25 # 455 / 1 y J, Plaza de Revolución, La Habana.

✉ [lene@fbio.uh.cu](mailto:lene@fbio.uh.cu)

Está considerado, dentro del género *Psidium*, como uno de los representantes más importantes, desde el punto de vista comercial, debido fundamentalmente al alto valor nutricional de sus frutos, que son muy ricos en vitaminas A, B, C y en sales minerales, que son importantes para la salud y la dieta humana, así como por lo rentable de su cultivo (4). Constituye un frutal tropical y subtropical de gran importancia, que cuenta con grandes extensiones dedicadas a la industria y su comercialización en fresco.

Aunque la morfología de la flor de esta especie favorece la autopolinización, también se informa de 35 a 40 % de polinización cruzada, lo que unido a la propagación por semillas desde los inicios de la domesticación, ha permitido contar con poblaciones heterocigóticas, en las que existe una adecuada variación genética para la selección de tipos comerciales deseables (5).

Los programas de mejoramiento genético del cultivo, se encuentran en desarrollo en países como la India, Brasil, Cuba, Venezuela, Tailandia, México, Pakistán, entre otros, donde el guayabo representa un cultivo de importancia económica (6); estos programas se encuentran en distinto grado de desarrollo y difieren en sus objetivos. En varios de estos países se han hecho contribuciones significativas a lo largo de los años.

Aunque el mejoramiento selectivo de cultivares de guayabo comenzó hace casi un siglo, la facilidad de propagar las plantas a través de semillas, impide preservar los cultivares mejorados sin cambios significativos de sus atributos (7). Probablemente existen más de 400 cultivares de guayabo en el mundo, pero solo unos pocos se cultivan con fines comerciales.

Partiendo de los antecedentes anteriores, el objetivo de esta revisión es presentar la importancia

y los avances en los programas de mejoramiento de guayabo en Cuba y en el resto del mundo.

## CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

La posición taxonómica del guayabo, según estudios filogenéticos recientes es (8):

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

La familia Myrtaceae, en la cual se encuentra el guayabo, está representada por 133 géneros y 3800 especies de árboles y arbustos, que prosperan en las áreas tropicales y subtropicales del planeta (2). El género *Psidium*, incluido en esta familia, está compuesto por 150 especies aproximadamente (9); algunas de las más importantes son *P. cattleianum* Sabine, *P. fredrichsthalianum* (Berg) Nied y *P. guajava* (10).

## DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE *P. guajava*

*Psidium guajava* L. es un árbol o arbusto perennifolio o caducifolio, que alcanza de 5-10 m de altura en promedio, pero si se maneja adecuadamente con podas, no sobrepasa los tres metros y con un diámetro a la altura del pecho de hasta  $6 \times 10^{-2}$  m. Su copa es irregular<sup>A</sup>, con hojas decusadas simples, oblanceoladas, oblongas o elípticas, margen entero; verde

brillantes a verde parduscas; dispuestas en pares alternos a lo largo de las ramas, poseen vellosidades finas y suaves en ambos lados, con una nervadura central y varias secundarias que resaltan a simple vista. Presentan un aroma específico al ser estrelladas, que proviene de un aceite esencial y el olor depende del cultivar.

El tronco es, generalmente, torcido y muy ramificado, con ramas gruesas, ascendentes y retorcidas (11). La corteza externa es escamosa en piezas lisas, delgadas e irregulares, pardo rojiza y escamas grisáceas.

La corteza interna es fibrosa, ligeramente amarga, de color crema rosada o pardo rosada, cambiando a pardo oscuro; grosor total de  $5 \times 10^{-3}$  a  $8 \times 10^{-3}$  m (12). Las flores son solitarias o en cimas, axilares; dulcemente perfumadas, actinomorfas; sépalos de cuatro a cinco, verdes en el exterior y blancos en el interior; pétalos cuatro a cinco, blancos (12). El estilo es filiforme, liso, de color verde amarillento. La floración puede mantenerse todo el año, si las condiciones fitotécnicas son buenas y las condiciones ambientales lo permiten (11).

La forma del fruto, el color de la pulpa y de la cáscara dependen de la variedad. Lo más común es el fruto en bayas hasta de  $8 \times 10^{-2}$  m de diámetro, globosas a ovoides, con el cáliz persistente en el ápice, carnosas, de color crema amarillento a rosado y de olor fragante. El sabor varía desde dulce a ácido o muy ácido.

La cáscara exterior es fina, de color amarillo; el fruto contiene numerosas semillas (11). Las semillas son pequeñas, en forma reniforme, con bordes lisos y con una corteza dura. Pueden ser numerosas en el fruto (112 a 535), aunque algunas guayabas no tienen semillas o presentan muy pocas (13).

<sup>A</sup> Union for the Protection of New Varieties of Plants. *Guidelines for the conduct of test for distinctness, homogeneity and stability. Guava (Psidium guajava L.)* [en línea]. no. TG/110/3, Geneva, Switzerland, 1987, p. 29. [Consultado: 7 de enero de 2016]. Disponible en: <[http://www.upov.int/en/publications/tg-rom/tg110/tg\\_110\\_3.pdf](http://www.upov.int/en/publications/tg-rom/tg110/tg_110_3.pdf)>.

El sistema radicular es muy superficial, pero el árbol lo compensa con la extensión y el número de raíces, que sobrepasan la proyección de la copa. Esto es lo que incrementa su posibilidad de sobrevivir en áreas donde frecuentemente se tienen problemas con ciclones y le permite, además, que se desarrolle en casi todos los tipos de suelos.

## FLORACIÓN Y FRUCTIFICACIÓN

El guayabo florece y fructifica en diferentes épocas, en los diversos lugares donde se cultiva, en dependencia de las características climáticas y el manejo. Las flores aparecen, generalmente, dispuestas en inflorescencias con dos o tres flores, aunque pueden aparecer más de tres, pero no todas producen frutos. Las flores localizadas entre el medio y la base de la rama tienen mayor probabilidad de producir frutos (14).

El desarrollo completo de la flor desde la diferenciación de la yema floral hasta la apertura del cáliz, dura aproximadamente 30 días (15). La apertura del cáliz ocurre, generalmente, 24 horas antes de la apertura de la flor (7, 14). Cuando los botones florales alcanzan su máximo desarrollo, los sépalos comienzan a romperse en varios puntos, lo que indica el inicio de la antesis. La hora de inicio de la apertura floral puede variar en dependencia de la temperatura diurna. Esta característica es muy valiosa para la evaluación de colecciones de genotipos o bancos de germoplasma, debido a su estrecha relación con las características productivas de las plantas. La observación y el conocimiento de estas características, pueden guiar los programas de mejoramiento genético del cultivo, especialmente aquellos enfocados en la obtención de nuevos cultivares

a partir de la recombinación de genotipos (14).

El guayabo es un frutal que predominantemente se autopoliniza (16) con la ayuda de agentes externos, aunque también puede aparecer polinización cruzada de 25,7- 41,3 %, con una media de 35,6 %.

## IMPORTANCIA Y USOS DEL CULTIVO

En la actualidad, el cultivo del guayabo tiene un mercado bien establecido en más de 60 países, debido a su rusticidad, proliferación, alto contenido de vitaminas y gran retorno económico (17). Los frutos del guayabo, son muy utilizados para el consumo en fresco y como materias primas para la industria de jugos, néctares, helados, jaleas y dulces (18). Recientemente se ha desarrollado el mercado del "guatchup" que es un mojo agridulce preparado a base de guayaba, como sustituto del ketchup, entre otros productos informados (19).

Es un frutal de gran valor nutritivo, en el cual se destaca su elevado contenido de vitamina C. Este antioxidante natural varía en contenido entre 200 a 400 mg 100 g<sup>-1</sup> de peso fresco, valores sustancialmente mayores que los encontrados en el jugo de limón (*Citrus limon* L.) 46 mg 100 g<sup>-1</sup> de jugo y de naranja (*Citrus sinensis* L. Osb.) 50 mg 100 g<sup>-1</sup> de jugo, frutales comúnmente asociados como excelentes fuentes de vitamina C (20). Los frutos presentan un contenido de 0,1-1,9 % de pectina, que se incrementa durante la maduración y disminuye en los frutos super maduros. Son también ricos en hierro, calcio y fósforo (21). El manganeso se encuentra presente en combinación con los ácidos fosfórico, oxálico y málico (22).

Los frutos contienen también saponinas, piranosídeos, flavonoides, guaijaverina, ácido oleanólico y quercetina (23), muy empleados por el hombre por sus

propiedades medicinales y de gran importancia para la planta en sus funciones metabólicas.

Estudios farmacológicos han demostrado un gran número de usos medicinales en el guayabo, como antimicrobiano, antígenotóxico, anti-inflamatorio, antialérgico, antiplasmódico, hepatoprotector y para el tratamiento de diarreas y diabetes (24). Su consumo también ha sido asociado con la reducción del colesterol, los triglicéridos y la presión sanguínea (25).

Esta especie ha sido cultivada como ornamental en diversas partes del mundo y sus flores son muy importantes para la apicultura (26). Su madera es moderadamente pesada (densidad 0,8 x 10<sup>-2</sup> kg x 10<sup>-6</sup>m), dura, elástica, moderadamente duradera, se utiliza como leña, carbón, para cabos de herramientas, en la construcción aeronáutica, entre otros usos (27). También es útil en el control de la contaminación, pues sirve como bioindicador y bioacumulador. Es indispensable en plantaciones mixtas destinadas a la recomposición de áreas degradadas (27).

## NIVEL DE PLOIDÍA EN LA ESPECIE *Psidium guajava* L.

En general, los representantes de la familia Myrtaceae, tienen un número básico de 11 cromosomas, aunque algunos autores plantearon que pueden encontrarse especies cuyo número básico de cromosomas varía entre seis y nueve (28). La poliploidía es más frecuente en las Myrtaceae con frutos carnosos que en las especies que tienen frutos secos<sup>B</sup> (29).

En la especie *P. guajava* L. la variación citológica es alta, se han registrado formas diploides, triploides, tetraploides

<sup>B</sup>Costa, I. R. *Estudos cromossômicos em espécies de Myrtaceae Juss. no sudeste do Brasil*. Tesis de Maestría, UNICAMP, Campinas, S.P., 2004.

y aneuploides (disploides). Los genotipos poliploides constituyen razas cromosómicas o citotipos (29). La mayoría de las variedades comerciales están informadas como diploides, con un número cromosómico de  $2n=2x=22$  (30), aunque se han encontrado cultivares de guayabo sin semillas, que presentaban 33 cromosomas. Además, se encontró un cultivar de guayabo triploide y se sugirió que podía tratarse de un autotriploide (31).

Los estudios citológicos realizados en la especie *P. guajava*, basados en la estructura y el comportamiento de los cromosomas, indican que la meiosis transcurre de forma normal, con la formación de 11 bivalentes en la diacinesis y una correcta distribución de los cromosomas en los estadios finales del proceso (10, 15).

El carácter ausencia de semillas, está relacionado con varios factores, de los cuales las anomalías cromosómicas y la auto-incompatibilidad, son los principales. Iyer y Subramanyan, citados por otros autores (32) plantearon que la producción de triploides era inútil, pues la formación de los frutos de los triploides era altamente irregular y mal acabada, debido al tamaño diferente de las semillas.

En la India se realizó un cruzamiento entre un cultivar triploide sin semillas y uno diploide ('Allahabad Safeda'), para desarrollar un cultivar con menos semillas y mayor rendimiento potencial. En la generación F1 se obtuvo 26 plantas diploides, nueve trisómicas, cinco dobles trisómicas y 14 tetrasómicas (30). En esta progenie se observaron variaciones en el hábito de crecimiento y los caracteres de las flores y los frutos.

Existen pocas investigaciones enfocadas a conocer la conducta de los trisómicos, tetrasómicos y aneuploides en el mejoramiento de la especie, aun cuando se

conoce que los trisómicos y otros aneuploides pueden emplearse para vencer el problema de incompatibilidad en ciertos cruces interespecíficos (31).

En Cuba se han realizado trabajos para la obtención de algunos cultivares sin semillas como: 'Gonzalo No. 1', 'Gonzalo No. 2', 'Ibarra' y 'N7' sin semillas. No obstante, no debe perderse de vista que, aun cuando la ausencia de semillas es un atributo comercial muy importante, se ha publicado en la literatura pobre germinación de los granos de polen y bajo porcentaje de amarre de los frutos que, además, presentan pocas semillas viables; así como bajo rendimiento (33).

## OBJETIVOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL GUAYABO

Los objetivos para el mejoramiento del cultivo son muy variados y difieren en los países donde este frutal se cultiva. Las estrategias de mejoramiento generalmente consideran cultivares promisorios, lo cual conlleva a una base genética estrecha. La introgresión de variedades tradicionales o de genotipos sin características de interés comercial al banco de genes, no es de mucha aceptación debido a la posible incorporación de caracteres no deseados.

La realización de inventarios, la colecta, la caracterización y la evaluación, garantizan el mantenimiento y el uso de una herencia genética para futuras generaciones, con el objetivo de contar con una base más amplia en los programas de mejora, que posibilite responder ante las demandas del mercado y ante la incidencia de plagas y enfermedades (34).

La mayoría de los programas de mejoramiento del guayabo incluyen los objetivos: (a) coleccionar, introducir, caracterizar y

seleccionar genotipos de guayabo con características definidas y apropiadas para la producción; (b) seleccionar genotipos con alto potencial productivo y con mecanismos de resistencia a plagas y enfermedades; (c) establecer descriptores botánicos importantes para el guayabo, buscando eliminar redundancias en la colección; (d) mantener la colección de genotipos de guayabo en áreas de desarrollo estratégicas; (e) seleccionar y difundir genotipos de guayabo, para la formación de huertos comerciales y para suplir de material élite a otros programas de mejoramiento y viveros (6, 14).

Los cultivares que tienen frutos con muchas semillas son indicados para la hibridación controlada y las progenies obtenidas por polinización abierta, pueden ser adecuadas para los programas de desarrollo de cultivares (10). Estos autores plantean que los criterios de selección que deben ser considerados son los siguientes:

*Frutos:* a) frutos de tamaño grande  $200 \times 10^{-3}$  -  $340 \times 10^{-3}$  kg), con pocas semillas y pulpa gruesa; b) pulpa blanca para consumo en fresco y de rosado oscuro a rojo para la industria; c) sabor y aroma característicos del fruto; d) contenido de sólidos solubles totales superior al 10 %; e) acidez de 1,25-1,50 % para los frutos destinados a la industria y de 0,2-0,6 % para los que se consumirán en fresco; f) contenido de vitamina C igual o superior a  $300 \times 10^3$  mg  $\times 10^{-3}$  g; g) número mínimo de células pétreas; h) buena calidad post cosecha; i) resistencia a plagas y enfermedades que dañan a los frutos.

*Planta:* a) árboles vigorosos, con copas anchas y de baja altura; b) resistencia a plagas y enfermedades; c) alta producción; d) porta-injertos con efecto reductor de la altura.

Otros autores también publicaron una lista de objetivos para el mejoramiento del guayabo (35) que incluye:

- ♦ *Aspecto externo del fruto*: peso medio superior a  $100 \times 10^{-3}$  kg en plantas no raleadas; forma oval; halos de tamaño medio o pequeño; color de la corteza amarillo-verdoso o amarillo cuando madura el fruto; resistente a la transportación y con buena calidad de almacenamiento.
- ♦ *Aspecto interno del fruto*: color de la pulpa rosada o roja; relación entre el peso de la pulpa y el peso total superior a 70; espesor del pericarpio superior a  $100 \times 10^3$  m; ausencia o pocas manchas en el pericarpio; ausencia de células pétreas; pocas semillas y semillas de tamaño pequeño.
- ♦ *Características organolépticas y contenido de los frutos*: contenido de sólidos solubles totales superior a 10 °Brix; relación sólidos solubles totales/AT superior a 11,7; contenido de vitamina C alrededor de 100 mg de ácido ascórbico en 100 g de pulpa; sabor y aroma agradables que se mantenga en los productos industriales.
- ♦ *Plantas*: productividad mínima de 30 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>; copa baja y abierta; resistentes a *P. psidii*.

## HERENCIA EN GUAYABO

En los cultivos perennes como el guayabo, se dificulta obtener una información precisa, debido a que son altamente heterocigóticos, se necesitan extensas áreas y labores para su cultivo, se propagan por semillas, tienen una alta adaptabilidad y variabilidad genética y se requieren evaluar poblaciones grandes para realizar este tipo de estudio, del cual se puede derivar poca información relacionada con la herencia del cultivo (7). Esta es una de las razones por la cual, en el guayabo

existe muy poca información relacionada con la herencia de los caracteres cuantitativos; sin embargo, se ha estudiado un poco más la herencia de los caracteres cualitativos.

Se conoce que la forma ovoide del fruto es dominante sobre los tipos redondeados y piriformes. En Brasil, algunos autores observaron que la pulpa roja es dominante sobre la pulpa blanca (26). En la India otros autores demostraron que ese atributo está gobernado monogénicamente y que el gen que codifica para el color de la pulpa está ligado con el gen que controla el tamaño de las semillas (15).

La heredabilidad, en sentido ancho, incluye todos los tipos de acción génica, como la dominancia, la aditividad y la epistasia (30); mientras que la heredabilidad, en sentido estrecho, sólo tiene en cuenta la contribución de la varianza genética aditiva a la varianza fenotípica. El efecto de aditividad es el más importante, porque es la causa principal del parecido entre parientes, determinante de las propiedades genéticas observables en la población y de la respuesta positiva a la selección (36).

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. Ninguna de esas características es determinada de forma exclusiva por genes principales, aunque genes básicos sujetos a efectos modificadores de poligenes, han sido identificados para algunos caracteres cualitativos, como el color de la corteza y la acidez.

En la India se estudiaron las progenies F1 obtenidas de cuatro cruzamientos, entre plantas del cultivar 'Apple Colour' con los cultivares 'Arka Mridula', 'Chittidar', 'Beaumont' y 'Allahabad Safeda' (37). Estos autores determinaron que la varianza genotípica y el coeficiente de variación genético fueron menores que la varianza fenotípica y el coeficiente de variación fenotípico, respectivamente, en los caracteres evaluados (contenido de sólidos solubles totales, peso, largo, ancho y volumen del fruto). Los bajos valores de los coeficientes de variación genética indicaron un bajo grado de variabilidad genética en las poblaciones de medios hermanos evaluadas, mientras que los mayores valores de los coeficientes de variación fenotípica implican mayor manifestación de esos caracteres.

Los coeficientes de variación indican solo la variabilidad en diferentes caracteres pero no su porción heredable (37), por lo que es necesario determinar también la heredabilidad de los mismos. Estos autores estimaron los valores de heredabilidad en sentido estrecho de los caracteres evaluados y obtuvieron estimados medios en los mismos; los mayores valores de heredabilidad se observaron en los caracteres largo del fruto y contenido de sólidos solubles totales. Por tanto, la selección se puede realizar con vistas de mejorar los componentes del rendimiento, al estar controlados estos caracteres, por genes con efectos aditivos. Estos autores también calcularon las correlaciones genéticas y fenotípicas entre los caracteres y determinaron que el peso del fruto presentaba correlación positiva con el largo, el ancho y el volumen de los frutos, mientras que la correlación con contenido de sólidos solubles era negativa.

La correlación genotípica fue mayor que la correlación fenotípica en los caracteres evaluados con

excepción del contenido de sólidos solubles, lo cual puede estar relacionado con la estabilidad relativa de los genotipos. Esto sucede no solo cuando los genes que controlan los caracteres son similares, sino también cuando los factores ambientales relacionados tienen efectos similares.

En otro trabajo realizado en la India se obtuvieron altos valores de heredabilidad en los caracteres vegetativos de las flores y los frutos evaluados en accesiones de guayabo (38). Estos autores también determinaron correlaciones fenotípicas positivas entre el ancho de los frutos, el peso de los frutos, el contenido de sólidos solubles y los días requeridos para la maduración de los frutos con el tamaño de las flores, así como entre el número de semillas/fruto y acidez, y contenido de sólidos solubles con acidez y contenido total de azúcares. Además se obtuvieron altos valores de heredabilidad en sentido ancho, así como de los coeficientes de variación genético y fenotípico, en caracteres de los frutos y las semillas, evaluados en 50 accesiones de guayabo (39).

Estos resultados indicaron que dichos caracteres tenían un efecto genético aditivo, por lo que se podía realizar una selección efectiva de los mismos. Estos autores también observaron correlaciones genotípicas y fenotípicas positivas entre el largo, el ancho, el peso de los frutos y el número y el peso de las semillas/fruto, en todas sus combinaciones; mientras que las correlaciones fueron negativas entre el peso, el largo de los frutos, el peso y el número de semillas/fruto con la relación peso del fruto/peso de semillas.

A partir de la estimación de componentes de varianza fenotípica en caracteres del fruto evaluados en ocho genotipos de guayabo, se obtuvieron altos valores de varianza genética y de la varianza del error (componente

de varianza frutos dentro de árboles, tomada como error, por la estructura jerárquica del diseño experimental y el análisis estadístico) en la mayoría de los caracteres, siendo mayores los estimados de la varianza del error en algunos caracteres (40). Estos autores obtuvieron una interacción significativa, así como, bajos valores para la varianza de la interacción. Además obtuvieron bajos valores de la componente de varianza árboles dentro de genotipos (réplicas de los genotipos) y esta fuente de variación solo fue significativa en dos de los nueve caracteres evaluados (contenido de vitamina C y peso de la cavidad de las semillas).

Con los resultados sobre los bajos valores de varianza de árboles dentro de genotipos y altos valores de la varianza de frutos dentro de árboles, los autores sugirieron que los frutos cosechados de diferentes árboles de un mismo genotipo tenían cualidades similares, por lo que evaluaciones efectivas de los caracteres del fruto podían realizarse en un solo árbol por genotipo y que incrementar el número de frutos a evaluar por árbol (genotipo) era más efectivo que incrementar el número de árboles (réplicas) por genotipo, para obtener estimados genéticos exactos. Estos resultados pudieran permitir que el programa de mejoramiento del cultivo opere de forma más económica y eficiente en las evaluaciones de campo.

En Cuba, también se han realizado trabajos con el objetivo de estimar parámetros genético-estadísticos en poblaciones del cultivo, obtenidas a partir de cruzamientos controlados realizados entre plantas del cultivar 'Enana Roja Cubana' y los cultivares 'N6', 'Suprema Roja' y 'Belic L-207'. En este sentido en el año 2013 se obtuvieron valores muy variables de heredabilidad, en sentido ancho y en sentido

estrecho, en caracteres vegetativos y de los frutos, evaluados en las tres poblaciones<sup>c</sup>. Estos estimados fueron mayormente medio, lo cual evidencia la influencia tanto de los factores genéticos, como de los ambientales, en la expresión de los caracteres.

También se obtuvieron valores mayormente medios de los coeficientes de variación genéticos, resultados que muestran la marcada influencia ambiental que tuvieron los caracteres; criterio que debe tenerse en cuenta al adoptar nuevas estrategias en el programa de mejoramiento genético del cultivo<sup>c</sup>. Esta autora obtuvo valores de los coeficientes de variación genéticos mayores que los del coeficiente de variación ambiental en la mayoría de los caracteres evaluados.

Existe una situación muy favorable para la ganancia por selección cuando la relación entre el coeficiente de variación genético y ambiental es superior a uno, ya que en estos casos la variación genética es mayor que la ambiental, lo que indica que la selección para estos caracteres tiene las mejores condiciones en términos de ganancia genética (41).

En este estudio, también se calculó la respuesta a la selección y se observaron los mayores valores en los caracteres peso del fruto, número y masa total de las semillas por fruto, ancho de la hoja y altura de la planta, los cuales presentaron también valores medio de los coeficientes de variación genéticos y estimados de heredabilidad en ambos sentidos medio o alto. Por tanto, estos caracteres tienen alta variabilidad genética que puede ser explotada en los programas de mejoramiento genético del cultivo, pues en los mismos predomina la acción de los genes con efecto aditivo y se puede hacer una selección efectiva (39, 42).

<sup>c</sup> Pérez, L. *Análisis de la variabilidad genética y de la interacción genotipo-ambiente en poblaciones de guayabo (Psidium guajava L.)*. Tesis de Doctorado, Facultad de Biología, Universidad de la Habana, La Habana, Cuba, 2013, 138 p.

Al analizar las asociaciones existentes entre los caracteres evaluados<sup>C</sup>, se detectó que los valores de las correlaciones genéticas fueron de mayor magnitud que las fenotípicas en la mayoría de los caracteres correlacionados, lo que indica que la relación entre los mismos obedece a factores genéticos aditivos, presentes en el material en estudio, más que a la existencia de efectos ambientales (43).

Se observaron correlaciones genéticas y fenotípicas positivas y significativas entre el peso, el largo, el ancho del fruto y el espesor externo de la pulpa; entre el número y la masa total de las semillas con el peso de los frutos, en todas sus combinaciones; así como, entre el espesor interno de la pulpa, el número y la masa total de las semillas por fruto. Sin embargo, al relacionar estos caracteres con los de las dimensiones de los frutos, se observaron correlaciones genéticas negativas entre el largo del fruto con el espesor interno, el número y la masa total de las semillas; así como, correlaciones fenotípicas negativas entre el largo del fruto con el espesor interno de la pulpa y el número de semillas.

Estos resultados son de gran importancia, ya que uno de los caracteres que se quiere mejorar en el guayabo es el número de semillas, pues los mejoradores desean obtener cultivares con pocas semillas que sean más rentables, tanto para la industria como para el consumo en fresco.

## RESULTADOS EN EL MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL GUAYABO

Históricamente, el guayabo se ha propagado a partir de semillas y las plantaciones obtenidas son muy variables, producto de la polinización por insectos. Las plántulas presentan altas tasas de segregación y es esta la base de la variación empleada a nivel

mundial, tanto por mejoradores como por productores (14).

La morfología de la flor del guayabo favorece la auto polinización, aunque también al ser una especie de polinización cruzada, se cruza de forma natural con otros cultivares, dando origen a genotipos diferentes en apariencia, producción y calidad (44). Lo anterior, unido a la propagación por semillas en los inicios de la domesticación, ha generado cierta variabilidad que debe ser estudiada y caracterizada, con fines de poder reconocer, identificar y documentar la variabilidad dentro y entre cultivares de la especie, así como analizar su comportamiento agronómico en respuesta al sistema de producción utilizado (45).

En algunos países como Estados Unidos (principalmente en la Florida y Hawaii) e Israel, donde se cultiva el guayabo desde hace más de un siglo, los cultivos están basados prácticamente en un solo cultivar comercial. Aunque en Israel, algunos investigadores realizaron cruzamientos entre diferentes cultivares provenientes de Brasil, Tailandia y México y obtuvieron cinco nuevos cultivares prometedores, con los que se comenzó a incrementar la base genética del cultivo en el país (46).

En Pakistán se han utilizado técnicas no convencionales como inducción de mutaciones, para tratar de incrementar la variabilidad genética (47). La resistencia a los nemátodos que atacan las raíces es el principal objetivo del programa de mejoramiento en Malasia y se han detectado tres accesiones con potencial resistencia (48, 49). En Tailandia (40) y en México (50, 51) se han caracterizado las colecciones de germoplasma del cultivo y se ha detectado gran variabilidad genética, principalmente en caracteres del fruto. En la India se desarrolla el programa principal de mejoramiento de guayabo y se han identificado y caracterizado nuevos híbridos y cultivares, mediante

diversos marcadores morfológicos y moleculares<sup>D</sup> (32, 52, 53). En Brasil, aunque la producción se ha incrementado en los últimos años, el programa de mejoramiento del cultivo ha sido discontinuo por varias razones (35).

En Cuba, los trabajos de mejoramiento y selección se iniciaron a principios de la década del 60 del pasado siglo, con la obtención de 36 cultivares por polinización libre del cultivar 'Indian Pink' en la Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas. Se continuó con el estudio de 108 cultivares en la colección del Banco de Germoplasma<sup>E</sup>. Resulta válido destacar los trabajos realizados por González y Sourd<sup>F</sup> (54). El primero incluye el ensayo de 10 variedades de *P. guajava*, nueve de ellas injertadas sobre el cultivar 'Cotorrera' y una sobre *Psidium friedrichsthalianum*. El segundo trabajo comprendió la evaluación de 10 selecciones de guayabo atendiendo a los caracteres físico-químicos de los frutos.

Otro estudio realizado fue en el que se caracterizó la descendencia del cruzamiento entre los cultivares 'Enana Roja Cubana' y 'Bangkok' (5). Los caracteres evaluados mostraron muy pocas diferencias entre las plantas analizadas; se pudieron agrupar los descendientes en base a la altura de la planta, el color de la pulpa y a la resistencia al ataque de hongos como *Colletotrichum gloeosporioides*.

<sup>D</sup> Aswath, C.; Padmakar, B.; Kanupriya; Vasugi, C. y Dinesh, M. R. "Genotyping of parental lines in *Psidium guajava* using microsatellite markers". En: *7th International Symposium on In vitro Culture and Horticultural Breeding*, Bélgica, 2011.

<sup>E</sup> González, G.; Fuentes, V.; Rodríguez, N. N.; Torres, M.; Capote, M.; Cañizares, J.; Lima, H. y Orozco, P. "Colecciones y recursos filogenéticos en la Estación Nacional de Frutales de Cuba". En: *Primer Simposio Internacional sobre Fruticultura Tropical y Subtropical*, La Habana, Cuba, 1995, pp. 71-72.

<sup>F</sup> González, G. y Sourd, D. "Ensayo de variedades clonales en *Psidium guajava* L.". En: *Primer Congreso Nacional de Cítricos y Otros Frutales*, La Habana, Cuba, 1981, pp. 319-336.

Posteriormente, se realizó una evaluación de la diversidad del germoplasma cubano de guayabo mediante marcadores morfológicos y técnicas de Polimorfismo de la Longitud de Fragmentos Amplificados (AFLP) y de Secuencias Simples Repetidas (SSR) (55, 56, 57).

Basados en los resultados, los autores pudieron recomendar genotipos élites para diferentes propósitos como la comercialización y el mejoramiento, así como, para el establecimiento de programas de cruzamientos, de los cuales se seleccionaron 25 genotipos de porte bajo. Además, se lograron construir mapas de ligamiento, utilizando dichos marcadores moleculares (SSR y AFLP), la saturación del mapa molecular de ligamiento y la detección de más de 50 *loci* de caracteres cuantitativos, como base para la selección asistida por marcadores. Estos resultados, de conjunto con el uso de técnicas de cultivo de tejidos, para la conservación y propagación de germoplasma, han permitido proponer una metodología para desarrollar el programa de mejoramiento del cultivo en el país (3).

## EMPLEO DE MARCADORES MOLECULARES EN EL MEJORAMIENTO

Los marcadores morfológicos ha sido utilizados tradicionalmente para evaluar la variabilidad genética. Para suplementar y refinar las descripciones basadas en la morfología, se comenzaron a emplear marcadores enzimáticos (58). Subsecuentemente, los marcadores basados en el ADN brindaron una nueva opción para estudios genéticos y mostraron ventajas significativas en relación con los marcadores morfológicos y bioquímicos<sup>c</sup>. Los marcadores de ADN se han hecho muy importantes por su utilización en la construcción de mapas de

ligamiento genético, el análisis de mapeo comparativo, el marcaje de genes de importancia económica, la selección asistida por marcadores y el clonaje basado en mapas. También proveen información genética en las principales áreas de conservación del germoplasma, tanto *ex situ* como *in vitro* (59).

Existe gran potencial para la aplicación de los marcadores moleculares en los cultivos perennes de frutales tropicales y subtropicales. De hecho, en frutales, estas herramientas podrían ser de difícil aplicación, debido a factores tales como la autoincompatibilidad, la apomixis, la dioecia, la ausencia de semillas, la madurez del embrión, la heterocigosis y los largos períodos juveniles (60).

En el guayabo se han usado diferentes técnicas, basadas en la PCR, para verificar la calidad del ADN, establecer huellas de ADN de accesiones individuales, evaluar diversidad genética, construir mapas de ligamiento e identificar genes económicamente importantes para la selección asistida por marcadores. Dentro de estos podemos citar la Amplificación Aleatoria del ADN polimórfico, Amplificación de la Longitud de los Fragmentos Polimórficos, Repeticiones de secuencias inversas marcadas y Secuencias Simples Repetidas.

## DESARROLLO DE SSR PARA *Psidium guajava* L.

Con vistas a explotar las potencialidades que brindan las Secuencias Simples Repetidas (SSR), se desarrolló una librería enriquecida de microsátélites con las secuencias (GA)<sub>n</sub> y (GT)<sub>n</sub> para impulsar estudios genéticos y selección asistida por marcadores en el guayabo y otras especies afines (61).

Con la finalidad de determinar la utilidad de los cebadores, se emplearon muestras de ADN de guayabo de diversos orígenes

(Camerún, Colombia, Cuba, Florida, Hawaii y Martinica) así como de otras especies como *Psidium acutangulum* D.C., *Psidium cattleianum* Sabine var. *lucidum* y *Psidium friedrichsthalianum* Nied. Para el resto de las especies de *Psidium*, excepto para cuatro *loci*, la amplificación reveló patrones SSR confiables.

Esta librería es la primera referida para el guayabo y puede ser usada para la identificación de genotipos, análisis de pedigrí, estudios de diversidad del germoplasma y de mapeo genético. Por otra parte, constituye un potencial para las investigaciones de recursos genéticos y mejoramiento en el género *Psidium* (61). Investigaciones que involucran el uso de este marcador para diversos propósitos también han referido la obtención de patrones SSR confiables, tanto en esta especie, como en otros representantes de la familia. Las mismas se han desarrollado en países como la India (62, 63), Cuba (64, 65); México (66); Brasil (67), Venezuela (68, 69), entre otros.

## MARCADORES DE ADN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE GENOTIPOS

Se ha sugerido para muchos cultivos el uso de los marcadores moleculares con el fin de establecer huellas de ADN de accesiones individuales (70). Además, la Unión Internacional para la Protección de nuevas Variedades de Plantas (UPOV) promueve la introducción de nuevos métodos de pruebas estables, uniformes y distintivas (DUS) y vencer las implicaciones legales de ciertos cambios para la protección de variedades de plantas (71). En este sentido, el uso de cuatro sistemas isoenzimáticos ( $\alpha$ -esterasas,  $\beta$ -esterasas, fosfatasa ácida y peroxidasas) constituyó una aproximación para distinguir variaciones intra

de inter-específicas en especies de *Psidium*; sin embargo, no fue observada una clara identificación de los genotipos (72). A veces los marcadores isoenzimáticos exhiben un polimorfismo insuficiente. Además, pueden ocurrir variaciones de espacios temporales y experimentales (73). Por ello, su uso con propósitos de identificación está restringido a un germoplasma local si se tiene en cuenta que los perfiles isoenzimáticos no son transferibles.

Diversos trabajos han corroborado la utilidad de los marcadores AFLP, ISTR, microsatélites y RAPD con fines de identificación en países donde se cultiva esta especie: Cuba<sup>g</sup> (5, 74, 75, 76); México<sup>h</sup> (50, 51, 77); Bangladesh (78); Colombia (79); India (80, 81, 82); Brasil (67, 83, 84); Estados Unidos (85), entre otros. En el caso de los marcadores RAPD, a pesar de que su reproducibilidad entre diferentes laboratorios permanece bajo discusión (71), los mismos han mostrado buenos resultados, por lo que se pueden recomendar para este propósito.

Estudios más recientes han incursionado en el uso de otros marcadores moleculares. Tal es el caso de la región 18S del ARN ribosomal, regiones de Secuencias espaciadoras de transcritos internas (ITS) del ADN ribosomal y regiones de Secuencias espaciadoras intergénicas (IGS) de ADN cloroplástico, los cuales han sido empleados en Taiwan para

la identificación de accesiones de guayabo y otros representantes del género *Psidium* (86).

De igual forma, se ha evaluado la utilidad de las Regiones de Secuencias Internas Espaciadoras (ISSR) para la discriminación entre genotipos pertenecientes a diferentes especies del género *Psidium*. Esta técnica combina el empleo de un único cebador como los RAPD y la confiabilidad y reproducibilidad de los SSR, lo que la hace más potente para estos fines (53). Este tipo de marcador molecular también ha sido empleado en la estimación de la fidelidad genética entre plantas regeneradas por embriogénesis somática y plantas madres, procedentes de accesiones de guayabo, brindando muy buenos resultados, que confirman la uniformidad del material obtenido (87, 88, 89).

Otro sistema de marcadores de ADN muy utilizado es el basado en retrotransposones, del tipo denominado Sitios de Unión Inter Cebador (iPBS), los cuales son diseñados a partir de regiones conservadas de los sitios de unión al cebador dentro del retrotransposon. Para la discriminación de accesiones de guayabo procedentes de polinización abierta, se empleó ese tipo de marcador obteniendo muy buenos resultados con la aplicación de los iPBS con estos fines (90). Este estudio demostró que los iPBS constituyen una herramienta poderosa, ya que además de posibilitar la identificación de genotipos cuando no se tiene un conocimiento *a priori* de las secuencias a analizar, poseen un bajo costo y son eficientes y de fácil manipulación.

Por otra parte, la selección de un marcador dado es un balance entre el nivel de polimorfismo que puede detectar (información contenida) y su capacidad de identificar múltiples polimorfismos (91). El parámetro *D* (poder de discriminación), evalúa la eficiencia

de un cebador para la identificación de variedades (la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar tengan diferentes patrones) y además, puede usarse para comparar diferentes tipos de marcadores, conociendo solo las frecuencias de los alelos (92).

En este sentido, estudios realizados determinaron que los cebadores AFLP más eficientes para la discriminación en las accesiones de guayabo que forman el banco de germoplasma cubano fueron: *E32 x M33*, *E32 x M35*, *E32 x M32*, *E33 x M39*, *E32 x M36*, *E33 x M32*, *E32 x M34*, dado por los valores del parámetro *D* calculados (65, 93). Estos trabajos, previos a los estudios de diversidad, permiten evaluar las potencialidades de cada marcador molecular, con el objetivo de identificar cuál es la aplicación más adecuada de los mismos, o sea, donde brindan una información más confiable para trazar estrategias futuras en el programa de mejoramiento de la especie.

## CONSTRUCCIÓN DE MAPAS DE LIGAMIENTO GENÉTICO

Para el uso eficiente del polimorfismo detectado por los marcadores genéticos, es necesario el conocimiento de su localización individual en el genoma y puede lograrse a través de la construcción de un mapa de ligamiento genético. Por tanto, el mapa de ligamiento genético representa el arreglo o acomodo de los innumerables *loci*, los cuales incluyen marcadores morfológicos, bioquímicos y de ácidos nucleicos, a través del cromosoma (70).

Para la implementación futura de la selección asistida por marcadores para impulsar el programa de mejoramiento genético en Cuba, se obtuvieron tres poblaciones de mapeo por polinización cruzada de tres

<sup>g</sup> Rodríguez, N. N.; Valdés-Infante, J.; Becker, D.; Velázquez, B.; González, G.; Sourd, D.; Rodríguez, J.; Billote, N.; Risterucci, A. M.; Ritter, E. y Rohde, W. "Characterization of guava accessions by SSR markers extension of the molecular linkage map and mapping of QTLs for vegetative and reproductive characters". En: *Proceedings of the First International Guava Symposium*, Lucknow, India, 2005, pp. 201-215.

<sup>h</sup> Hernández, D. S.; Martínez, J. L.; Padilla, J. S. y Mayek, N. "Diversidad genética de *Psidium* sp. en la Región Calvillo-Cañones, México". En: *1er Simposio Internacional de Guayaba*, Aguascalientes, México, 2003, pp. 71-83.

árboles individuales de 'Enana Roja Cubana' como progenitor femenino, donadores de polen 'N6' (población de mapeo 1 = MP1), 'Suprema Roja' (MP2) y 'Belic L-207' (MP3). La población MP1 se usó para una identificación inicial de la co-segregación de marcadores en la progenie a través del uso de la técnica de AFLP.

Basado en estos resultados, se estableció el primer mapa de ligamiento genético con un total de 167 marcadores mapeados sobre 11 grupos de ligamientos que presumiblemente representan los 11 cromosomas del genoma haploide del guayabo (75). Estos esfuerzos fueron posteriormente extendidos por el incremento de las combinaciones de cebadores AFLP y SSR y el mapeo adicional de estos marcadores sobre el mapa de ligamiento. El alto número de marcadores comunes permitieron la fusión de los mapas individuales de los parentales en un mapa integrado con un total de 220 marcadores mapeados. Los grupos individuales de ligamiento contienen desde 11 hasta 30 marcadores cada uno, con variaciones en la longitud entre 104 y 150 cM, resultando en un total de 1379 cM (74).

De igual forma, se ha trabajado en el desarrollo de otros dos mapas de ligamiento para los cruces 'Enana Roja Cubana' x 'Suprema roja' y 'Enana Roja Cubana' x 'Belic L-207', basados en marcadores AFLP y SSR (94, 95, 96). Esto tiene como objetivo identificar marcadores comunes que permitan homologar grupos de ligamiento para la construcción de un mapa integrado para la especie. Para esto se han referido combinaciones de cebadores SSR y AFLP que han sido de utilidad para lograr este propósito (97).

Recientemente, en la India también se han realizado trabajos similares. Tal es el caso de un estudio realizado con marcadores SSR, tomando como base dos genotipos de guayabo con

diferencias contrastantes para un grupo de caracteres de interés comercial. Como resultado, se desarrolló un mapa de ligamiento que puede ser de utilidad para la identificación de QTLs, el clonaje posicional y la identificación de marcadores ligados a caracteres de importancia para el mejoramiento y la producción (98).

## DEBILIDADES Y OPORTUNIDADES

A pesar de la importancia económica de este cultivar, en los programas de mejoramiento, todavía existen muchos problemas:

- ◆ Falta de implementación práctica de los resultados científicos.
- ◆ Insuficiente respaldo financiero en el Mercado de Libre Comercio (MLC) para garantizar las inversiones y tecnologías requeridas.
- ◆ Limitadas posibilidades para elaborar productos industriales con los requisitos de calidad del mercado internacional.
- ◆ Infraestructura obsoleta e insuficiente para el acondicionamiento postcosecha de las frutas.
- ◆ Obsolescencia de las plantas industriales.
- ◆ Carencia de una Estación de post-entrada que limita la introducción de nuevas especies y variedades.

Sin embargo, existe un creciente mercado interno en divisas y un aumento en la demanda del mercado externo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Rajan, S.; Yadava, L. P.; Kumar, R. y Saxena, S. K. "GIS based diversity analysis of guava growing distribution in Uttar Pradesh". *Acta Horticulturae*, no. 735, marzo de 2007, pp. 109-113, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2007.735.14.

2. Fermin, G. "Myrtaceae in Venezuela: Diversity, distribution and ethno-botanical aspects". *Acta Horticulturae*, no. 849, enero de 2010, pp. 39-48, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2010.849.3.
3. Valdés-Infante, J.; Rodríguez, N. N.; Bautista, M.; Ortiz, M. M.; Quiroz, A.; Sánchez, L. F.; Risterucci, A. M. y Rohde, W. "Amplificación cruzada de secuencias simples repetidas de guayabo (*Psidium guajava* L.) en otros representantes de Myrtaceae". *Revista CITRIFRUT*, vol. 26, no. 1, 2009, pp. 15-21, ISSN 1607-5072.
4. Sanabria, H. L.; García, M. A.; Díaz, H. A. y Muñoz, J. E. "Caracterización morfológica en árboles nativos de guayaba en el Valle del Cauca". *Acta Agronómica*, vol. 54, no. 4, 5 de abril de 2006, pp. 1-6, ISSN 2323-0118.
5. Rodríguez, N. N.; Valdés-Infante, J.; Rohde, W.; Becker, D.; González, G.; Fuentes, V.; Velásquez, B. y Sourt, D. "Molecular and morphoagronomic characterization of guava (*Psidium guajava* L.) hybrid populations". En: *Taller Internacional sobre Biotecnología Vegetal BioVeg*, 2003, pp. 56-65, ISBN 959-16-0169.
6. Pommer, C. V. "Guava World-Wide Breeding: Major Techniques and Cultivars and Future Challenges". *Acta Horticulturae*, no. 959, septiembre de 2012, pp. 81-88, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2012.959.9.7.
7. Pommer, C. V. y Murakami, K. R. N. "Breeding Guava (*Psidium guajava* L.)" [en línea]. En: eds. Jain S. M. y Priyadarshan P. M., *Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species*, edit. Springer New York, 2009, pp. 83-120, ISBN 978-0-387-71199-7, DOI 10.1007/978-0-387-71201-7\_3, [Consultado: 6 de enero de 2016], Disponible en: <[http://link.springer.com/ptcr/10.1007/978-0-387-71201-7\\_3](http://link.springer.com/ptcr/10.1007/978-0-387-71201-7_3)>.
8. Chase, M. W. y Reveal, J. L. "A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III". *Botanical Journal of the Linnean Society*, vol. 161, no. 2, 1 de octubre de 2009, pp. 122-127, ISSN 1095-8339, DOI 10.1111/j.1095-8339.2009.01002.x.

9. Mitra, S. K.; Irenaues, T. K. S.; Gurung, M. R. y Pathak, P. K. "Taxonomy and importance of *Myrtaceae*". *Acta Horticulturae*, no. 959, septiembre de 2012, pp. 23-34, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2012.959.2.
10. Nakasone, H. Y. y Paull, R. E. "Crop Production Science in Horticulture" [en línea]. En: *Tropical fruits*, edit. CAB International, 1998, ISBN 978-0-85199-254-9, [Consultado: 6 de enero de 2016], Disponible en: <<http://www.cabdirect.org/abstracts/20006781217.AE9F7A4ECCAFE1878972>>.
11. Morton, J. F. *Fruits of Warm Climates*. edit. Echo Point Books & Media, 13 de junio de 2013, 550 p., ISBN 978-1-62654-972-2.
12. González, G. E.; Padilla, R. J. S.; Reyes, M. L.; Perales, A. y Esquivel, V. F. *Guayaba su cultivo en México*. (no. ser. 1), edit. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Aguascalientes, México, 2002, 182 p., ISBN 970-93214-0-4.
13. Meza, N. y Bautista, D. "Morfología de semillas de guayabo (*Psidium guajava* L.), germinación y emergencia después del remojo en agua". *Revista de la Facultad de Agronomía*, vol. 24, no. 01, 2007, pp. 265-270, ISSN 0378-7818.
14. Pommer, C. V.; Oliveira, O. F. de y Santos, C. A. F. *Goiaba. Recursos genéticos e melhoramento* [en línea]. edit. UFERSA, 1 de enero de 2013, 126 p., ISBN 978-85-63145-17-8, [Consultado: 6 de enero de 2016], Disponible en: <[https://www.researchgate.net/publication/261633599\\_GOIABA\\_RECURSOS\\_GENETICOS\\_E\\_MELHORAMENTO](https://www.researchgate.net/publication/261633599_GOIABA_RECURSOS_GENETICOS_E_MELHORAMENTO)>.
15. Subramanyam, M. D.; Iyer, C. P. A.; Chadha, K. L. y Pareek, O. P. "Improvement of guava" [en línea]. En: *Advances in horticulture: fruit crops*, edit. Malhotra Publishing House, New Delhi, India, 1993, pp. 337-347, ISBN 978-81-85048-19-2, [Consultado: 6 de enero de 2016], Disponible en: <<http://www.cabdirect.org/abstracts/19941601700.html>>.
16. Chandra, R. y Mishra, M. "Biotechnological Interventions for Improvement of Guava (*Psidium guajava* L.)". *Acta Horticulturae*, no. 735, marzo de 2007, pp. 117-125, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2007.735.15.
17. Negi, S. S. y Rajan, S. "Improvement of Guava through Breeding". *Acta Horticulturae*, no. 735, marzo de 2007, pp. 31-37, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2007.735.2.
18. Junior, J. F. S.; Bezerra, J. E. F.; Tavares, J. A.; Lederman, I. E.; de Melo Neto, M. L. y Neto, L. G. "Caracterización y evaluación de germoplasma de guayabo (*Psidium guajava* L.) en la región semiárida del estado de Pernambuco, Brasil". *Revista Caatinga*, vol. 21, no. 3, 2008, pp. 94-99, ISSN 0100-316X.
19. Lócio, F. J. M. y Moraes, F. R. A. "Obtenção de vantagem competitiva sustentável para a goiabicultura no Brasil: análise do modelo Goiabrás". *Revista Ciências Administrativas*, vol. 11, no. 2, 2005, pp. 198-210, ISSN 1414-0896.
20. Gil, H. A. *Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos*. 2.ª ed., edit. Médica Panamericana, 30 de junio de 2010, 820 p., ISBN 978-84-9835-347-1.
21. Burkill, H. M. *The useful plants of west tropical Africa* [en línea]. 1.ª ed., vol. 1-2-3, edit. Royal Botanic Gardens, Kew, 1995, 976, 648, 868 p., ISBN 978-0-947643-01-0, [Consultado: 6 de enero de 2016], Disponible en: <<http://www.cabdirect.org/abstracts/19986770347.html>>.
22. Nadkarni, K. M. *Indian Materia Medica*. edit. Popular Prakashan, 1996, 1404 p., ISBN 978-81-7154-142-3.
23. Arima, H. y Danno, G. "Isolation of Antimicrobial Compounds from Guava (*Psidium guajava* L.) and their Structural Elucidation". *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, vol. 66, no. 8, 1 de enero de 2002, pp. 1727-1730, ISSN 0916-8451, DOI 10.1271/bbb.66.1727, PMID: 12353635.
24. Gutiérrez, R. M. P.; Mitchell, S. y Solis, R. V. "*Psidium guajava*: A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology". *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 117, no. 1, 17 de abril de 2008, pp. 1-27, ISSN 0378-8741, DOI 10.1016/j.jep.2008.01.025.
25. Singh, G. "Recent development in production of guava". *Acta Horticulturae*, no. 735, marzo de 2007, pp. 161-176, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2007.735.21.
26. Soubihe Sobrinho, J. y Gurgel, J. T. A. "Taxa de panmixia na goiabeira (*Psidium guajava* L.)". *Bragantia*, vol. 21, no. 2, 1962, pp. 15-20, ISSN 0102-1966.
27. Lorenzi, H. *Árvores Brasileiras*. 3.ª ed., vol. 1, edit. Plantarum de Estatutos de la Flora, Nova Odessa, S.P., 2000, 351 p., ISBN 978-85-86714-11-5.
28. Takhtajan, A. *Diversity and Classification of Flowering Plants*. edit. Columbia University Press, New York, 15 de abril de 1997, 620 p., ISBN 978-0-231-10098-4.
29. Costa, I. R. da y Forni-Martins, E. R. "Chromosome studies in species of Eugenia, Myrciaria and Plinia (*Myrtaceae*) from south-eastern Brazil". *Australian Journal of Botany*, vol. 54, no. 4, 13 de julio de 2006, pp. 409-415, ISSN 1444-9862, DOI 10.1071/BT04199.
30. Ray, P. K. *Breeding Tropical and Subtropical Fruits*. edit. Springer Science & Business Media, 1 de junio de 2002, 364 p., ISBN 978-3-540-42855-8.
31. Kumar, L. S. S. y Ranade, S. G. "Autotriploidy in guava (*Psidium guajava*, Linn.)". *Current Science*, vol. 21, 1952, pp. 75-76, ISSN 0011-3891.
32. Dinesh, M. R. y Vasugi, C. "Guava improvement in India and future needs". *Journal of Horticultural Sciences*, vol. 5, no. 2, 2010, pp. 94-108, ISSN 0973-354X, CABDirect2.
33. Mata, B. I. y Rodríguez, M. *Cultivo y Producción del Guayabo* [en línea]. edit. Trillas, México, 1990, 160 p., ISBN 968-24-4033-5, [Consultado: 6 de enero de 2016], Disponible en: <<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=ADDAC.tidad=1&expresion=mfn=000201>>.

34. Kellerhals, M.; Bertschinger, L. y Gessler, C. "Use of genetic resources in apple breeding and for sustainable fruit production". *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, vol. 12, no. Special, 2004, pp. 53-62, ISSN 1231-0948.
35. Pereira, F. M. y Nachtigal, J. C. "Melhoramento de goiabeira". En: Bruckner C. H., *Melhoramento de fruteiras tropicais*, edit. UFV, 2002, ISBN 978-85-7269-144-4.
36. Maldonado, M. M.; Lomelí, A. P.; Castellanos, J. S.; Pérez, J. E. R. y Aguilar, R. M. "Varianza aditiva, heredabilidad y correlaciones en la variedad M1-Fitotecnia de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot)". *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 25, no. 3, 2002, pp. 231-237, ISSN 0187-7380.
37. Dinesh, M. R. y Yadav, I. S. "Half-sib analysis in guava (*Psidium guajava* L.)". *Indian Journal of Horticulture*, vol. 55, no. 1, 1998, pp. 20-22, ISSN 0972-8538, 0974-0112.
38. Bihari, M. y Suryanarayan, S. "Genetic diversity, heritability, genetic advance and correlation coefficient in guava (*Psidium guajava*)". *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, vol. 81, no. 2, 8 de febrero de 2011, ISSN 0019-5022, Disponible en: <<http://epubs.icar.org.in/ejournal/index.php/IJAgS/article/view/3986>>.
39. Rajan, S.; Yadava, L. P. y Kumar, R. "Variation among guava (*Psidium guajava* L.) accessions in seed hardness and its association with fruit characteristics". *International Journal of Innovative Horticulture*, vol. 1, no. 1, pp. 18-23, ISSN 1054-7487.
40. Thaipong, K. y Boonprakob, U. "Genetic and environmental variance components in guava fruit qualities". *Scientia Horticulturae*, vol. 104, no. 1, 15 de marzo de 2005, pp. 37-47, ISSN 0304-4238, DOI 10.1016/j.scienta.2004.07.008.
41. Vencovsky, R. y Barriga, P. *Genética biométrica no fitomelhoramento*. edit. Sociedade Brasileira de Genética, 1992, 486 p.
42. Bello, O. B.; Ige, S. A.; Azeez, M. A.; Afolabi, M. S.; Abdulmalik, S. Y. y Mahamood, J. "Heritability and Genetic Advance for Grain Yield and its Component Characters in Maize (*Zea mays* L.)". *International Journal of Plant Research*, vol. 2, no. 5, 1 de diciembre de 2012, pp. 138-145, ISSN 2163-2596, DOI 10.5923/j.plant.20120205.01.
43. Tatis, H. A.; Ayala, C. E. C. y Camacho, M. M. E. "Correlaciones fenotípicas, ambientales y genéticas en berenjena". *Acta Agronómica*, vol. 58, no. 4, 2009, pp. 285-291, ISSN 0120-2812, 2323-0118.
44. Lozano, J. C.; Toro, J. C.; García, R. y Tafur, R. *Manual sobre el cultivo del guayabo en Colombia*. *Fruticultura Colombiana*. no. solc. 05825 L691, edit. CVC, Cali, 2002, 278 p., ISBN 978-958-33-9125-5.
45. Urdaneta, S. A. B. y Valdivia, P. C. B. "Descriptor morfológico para la caracterización del género *Psidium*". *Revista de la Facultad de Agronomía*, vol. 28, no. 3, 2011, pp. 303-343, ISSN 0378-7818.
46. Zipori, I.; Shuker, S.; Dag, A. y Tomer, E. "Guava Breeding in Israel". *Acta Horticulturae*, no. 735, marzo de 2007, pp. 39-47, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2007.735.3.
47. Zamir, R.; Ali, N.; Shah, S. T.; Mohammad, T. y Ahmad, J. "Guava (*Psidium guajava* L) improvement using in vivo and in vitro induced mutagenesis" [en línea]. En: *Induced Mutation in Tropical Fruit Trees*, edit. IAEA, Austria, 2009, pp. 100-112, ISBN 978-92-0-102709-2, [Consultado: 6 de enero de 2016], Disponible en: <[http://inis.iaea.org/Search/search.aspx?orig\\_q=RN:46015431](http://inis.iaea.org/Search/search.aspx?orig_q=RN:46015431)>.
48. Milan, A. R. "Breeding of *Psidium* Species for Root Knot Nematode Resistance in Malasya". *Acta Horticulturae*, no. 735, marzo de 2007, pp. 61-69, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2007.735.6.
49. Milan, A. R. "Collection and Evaluation of Guava (*Psidium guajava* L.) for Nematode Resistance in Malasya". *Acta Horticulturae*, no. 849, enero de 2010, pp. 357-362, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2010.849.42.
50. Martínez, D. L. J.; Barrientos, L. M. C.; Reyes, D. A. A. C.; Hernández, D. S.; Padilla, R. J. S. y Pérez, N. M. "Diversidad fenotípica y genética en huertas de guayabo de Calvillo, Aguascalientes". *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 27, 2004, pp. 243-249, ISSN 0187-7380.
51. Padilla, R. J. S. y González, G. E. "Collection and Characterization of Mexican Guava (*Psidium guajava* L.) Germosplasm". *Acta Horticulturae*, no. 849, enero de 2010, pp. 49-54, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2010.849.4.
52. Pandey, D.; Shukla, S. K.; Yadav, R. C. y Nagar, A. K. "Promising Guava (*Psidium guajava* L.). Cultivars for North Indian Conditions". *Acta Horticulturae*, no. 735, marzo de 2007, pp. 91-94, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2007.735.10.
53. Thomas, A. M. y Mishra, R. "Elucidation of diversity among *Psidium* species using morphological and SPAR methods". *Journal of Phytology*, vol. 3, no. 8, 2011, pp. 53-61, ISSN 2075-6240.
54. González, G. y Sourd, D. "Estudio físico químico en frutos de 10 cultivares de guayabo (*Psidium guajava* L.)". *Ciencia y Técnica Agrícola. Cítricos y otros frutales*, vol. 4, 1985, pp. 13-25, ISSN 0138-8835.
55. Nerdo, R. N.; Valdés, I. J.; Velázquez, J. B.; Rivero, D.; Sourd, D. G.; Martínez, F.; Tamayo, R. y Rodríguez, J. A. "Colección cubana de germoplasma de guayabo (*Psidium guajava* L.): Establecimiento, caracterización y selección de cultivares". *CitriFruit*, vol. 27, no. 1, 2010, pp. 28-38, ISSN 1607-5072.
56. Rodríguez, M. N. N.; Valdés, I. J.; González, G.; Fuentes, V. y Cañizares, J. "Genetic Resources of Guava (*Psidium guajava* L.) in Cuba: germplasm characterization and breeding". *Acta Horticulturae*, no. 849, enero de 2010, pp. 341-348, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2010.849.40.

57. Rodríguez, M. N. N.; Fermin, G. A.; Valdés, I. J.; Velásquez, B.; Rivero, D.; Martínez, F.; Rodríguez, J. y Rohde, W. "Illustrated descriptor for guava (*Psidium guajava* L.)". *Acta Horticulturae*, no. 849, enero de 2010, pp. 103-110, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2010.849.11.
58. Belaj, A.; Satovic, Z.; Cipriani, G.; Baldoni, L.; Testolin, R.; Rallo, L. y Trujillo, I. "Comparative study of the discriminating capacity of RAPD, AFLP and SSR markers and of their effectiveness in establishing genetic relationships in olive". *Theoretical and Applied Genetics*, vol. 107, no. 4, 14 de junio de 2003, pp. 736-744, ISSN 0040-5752, 1432-2242, DOI 10.1007/s00122-003-1301-5.
59. Karp, A. *Molecular Tools in Plant Genetic Resources Conservation: A Guide to the Technologies*. edit. Bioversity International, 1997, 47 p., ISBN 978-92-9043-323-1.
60. Moore, G. A. y Durham, R. E. "Molecular markers" [en línea]. En: eds. Hammerschlag F. A. y Litz R. E., *Biotechnology of Perennial Fruit Crops*, edit. CAB International, 1992, pp. 105-140, ISBN 978-0-85198-708-8, [Consultado: 6 de enero de 2016], Disponible en: <<http://www.cabdirect.org/abstracts/19931635540.A13066657F9CC7A06EB1FF48>>.
61. Risterucci, A. M.; Duval, M. F.; Rohde, W. y Billotte, N. "Isolation and characterization of microsatellite loci from *Psidium guajava* L.". *Molecular Ecology Notes*, vol. 5, no. 4, 1 de diciembre de 2005, pp. 745-748, ISSN 1471-8286, DOI 10.1111/j.1471-8286.2005.01050.x.
62. Rai, M. K.; Phulwaria, M.; Gupta, A. K.; Shekhawat, N. S. y Jaiswal, U. "Genetic homogeneity of guava plants derived from somatic embryogenesis using SSR and ISSR markers". *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, vol. 111, no. 2, 13 de junio de 2012, pp. 259-264, ISSN 0167-6857, 1573-5044, DOI 10.1007/s11240-012-0190-1.
63. Rai, M. K.; Phulwaria, M. y Shekhawat, N. S. "Transferability of simple sequence repeat (SSR) markers developed in guava (*Psidium guajava* L.) to four Myrtaceae species". *Molecular Biology Reports*, vol. 40, no. 8, 9 de mayo de 2013, pp. 5067-5071, ISSN 0301-4851, 1573-4978, DOI 10.1007/s11033-013-2608-1.
64. Valdés-Infante, J.; Rodríguez, M. N. N.; Velásquez, B.; Rivero, D.; Martínez, F.; Risterucci, A.-M.; Billotte, N.; Becker, D.; Ritter, E. y Rohde, W. "Comparison of the polymorphism level, discriminating capacity and informativeness of morpho-agronomic traits and molecular markers in guava (*Psidium guajava* L.)". *Acta Horticulturae*, no. 849, enero de 2010, pp. 121-132, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2010.849.13.
65. Valdés-Infante, H. J.; Rodríguez, M. N. N.; González, L.; Velásquez, P. J. B.; Rivero, R. D.; Sourd, M. D. G.; Martínez, G. F. y Rodríguez, R. J. A. "La biotecnología como herramienta para la propagación, conservación y el mejoramiento genético del guayabo". *Revista Colombiana de Biotecnología*, vol. 14, no. 2, 8 de febrero de 2013, pp. 7-19, ISSN 1909-8758.
66. Sánchez, T. L. F.; Barraza, M. A.; Keb, L.; Barredo, F.; Quiroz, M. A.; O'Connor, S. A. y Padilla, R. J. S. "Assessment of genetic diversity of Mexican guava germplasm using DNA molecular markers". *Acta Horticulturae*, no. 849, enero de 2010, pp. 133-138, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2010.849.14.
67. da Costa, S. R. y Santos, C. A. F. "Allelic database and divergence among *Psidium* accessions by using microsatellite markers". *Genetics and Molecular Research*, vol. 12, no. 4, 2013, pp. 6802-6812, ISSN 1676-5680.
68. Aranguren, Y.; Briceño, A. y Fermin, G. "Assessment of the variability of Venezuelan guava landraces by microsatellites". *Acta Horticulturae*, no. 849, enero de 2010, pp. 147-154, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2010.849.16.
69. Briceño, A.; Aranguren, Y. y Fermin, G. "Assessment of guava-derived SSR markers for the molecular characterization of *Myrtaceae* from different ecosystems in Venezuelan". *Acta Horticulturae*, no. 849, enero de 2010, pp. 139-146, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2010.849.15.
70. Kumar, L. S. "DNA markers in plant improvement: An overview". *Biotechnology Advances*, vol. 17, no. 2-3, septiembre de 1999, pp. 143-182, ISSN 0734-9750, DOI 10.1016/S0734-9750(98)00018-4.
71. Donini, P.; Cooke, R. J. y Reeves, J. C. "Molecular Markers in Variety and Seed Testing" [en línea]. En: ed. Arencibia A. D., *Developments in Plant Genetics and Breeding*, (ser. Plant Genetic Engineering Towards the Third Millennium Proceedings of the International Symposium on Plant Genetic Engineering), edit. Elsevier, 2000, pp. 27-34, ISBN 0-444-50430-3, DOI 10.1016/S0168-7972(00)80005-5, [Consultado: 6 de enero de 2016], Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168797200800055>>.
72. Albanyz, N.; Vilchez, J.; Nava, A.; González, M. y Rincón, C. C. de R. C. de. "El análisis de conglomerado para complementar el estudio de patrones electroforéticos en *Psidium* spp". *Revista de la Facultad de Agronomía*, vol. 15, no. 2, 1998, ISSN 0378-7818, [Consultado: 6 de enero de 2016], Disponible en: <<http://www.produccioncientifica.luz.edu.ve/index.php/agronomia/article/view/11735>>.
73. Dettori, M. T. y Palombi, M. A. "Identification of *Feijoa sellowiana* Berg accessions by RAPD markers". *Scientia Horticulturae*, vol. 86, no. 4, diciembre de 2000, pp. 279-290, ISSN 0304-4238, DOI 10.1016/S0304-4238(00)00157-6.
74. Pathak, R. K. y Ojha, C. M. "Genetic resources of guava" [en línea]. En: eds. Chadha K. L. y Pareek O. P., *Advances in horticulture: fruit crops*, edit. Malhotra Publishing House, 1993, pp. 143-147, ISBN 978-81-85048-19-2, [Consultado: 6 de enero de 2016], Disponible en: <<http://www.cabdirect.org/abstracts/19941601691.html>>.

75. Valdés-Infante, J.; Sourd, D.; Rodríguez, J.; Becker, D.; Rohde, W. y Ritter, E. "Molecular characterization of Cuban accessions of guava (*Psidium guajava* L.), establishment of a first molecular linkage map and mapping of QTLs for vegetative characters". *Journal of Genetics and Breeding (Italy)*, vol. 57, 2003, pp. 349-358, ISSN 0016-6766.
76. Rodríguez, N. N.; Valdés, J.; Rodríguez, J. A.; Velásquez, J. B.; Rivero, D.; Martínez, F.; González, G.; Sourd, D. G.; González, L. y Cañizares, J. "Genetic resources and breeding of guava (*Psidium guajava* L.) in Cuba". *Biotechnología Aplicada*, vol. 27, no. 3, septiembre de 2010, pp. 238-240, ISSN 1027-2852.
77. Tapia, P. D. y Legaria, S. J. P. "Variabilidad genética en cultivares de guayabo (*Psidium guajava* L.)". *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 30, no. 4, 2007, pp. 391-401.
78. Ahmed, B.; Mannan, M. A. y Hossain, S. A. "Molecular characterization of guava (*Psidium guajava* L.) germplasm by RAPD analysis". *International Journal of Natural Sciences*, vol. 1, no. 3, 2011, pp. 62-67, ISSN 2221-1020, DOI 10.3329/ijns.v1i3.8823.
79. Rueda, A.; Muñoz, J. E.; Saavedra, R.; Palacio, J. D. y Bravo, E. "Caracterización molecular del banco de germoplasma de guayaba *Psidium* spp del Centro de Investigación de Corpoica, Palmira". *Fitotecnia Colombiana*, vol. 6, no. 2, 2006, pp. 26-32, ISSN 0123-1286.
80. Dahiya, K. K.; Archak, S. y Karihaloo, J. L. "DNA fingerprinting of guava (*Psidium guajava* L.) cultivars using RAPD markers". *Indian Journal of Plant Genetic Resources*, vol. 15, no. 2, 2002, pp. 112-115, ISSN 0971-8184.
81. Prakash, D. P.; Narayanaswamy, P. y Sondur, S. N. "Analysis of molecular diversity in guava using RAPD markers". *Journal of horticultural science & biotechnology*, vol. 77, no. 3, 2002, pp. 287-293, ISSN 1462-0316.
82. Kanupriya; Latha, P. M.; Aswath, C.; Reddy, L.; Padmakar, B.; Vasugi, C. y Dinesh, M. R. "Cultivar Identification and Genetic Fingerprinting of Guava (*Psidium guajava*) Using Microsatellite Markers". *International Journal of Fruit Science*, vol. 11, no. 2, 1 de abril de 2011, pp. 184-196, ISSN 1553-8362, DOI 10.1080/15538362.2011.578521.
83. Gomes, F. A.; Oliveira, J. G. de; Viana, A. P.; Siqueira, A. P. de O.; Oliveira, M. G. y Pereira, M. G. "RAPD molecular markers and morphological descriptors in the evaluation of genetic diversity of guava (*Psidium guajava* L.)". *Acta Scientiarum. Agronomy*, vol. 32, no. 4, diciembre de 2010, pp. 627-633, ISSN 1807-8621, DOI 10.4025/actasciagron.v32i4.4720.
84. Coser, S. M.; Ferreira, M. F. da S.; Ferreira, A.; Mitre, L. K.; Carvalho, C. R. y Clarindo, W. R. "Assessment of genetic diversity in *Psidium guajava* L. using different approaches". *Scientia Horticulturae*, vol. 148, 4 de diciembre de 2012, pp. 223-229, ISSN 0304-4238, DOI 10.1016/j.scienta.2012.09.030.
85. Viji, G.; Harris, D. L.; Yadav, A. K. y Zee, F. T. "Use of microsatellite markers to characterize genetic diversity of selected accessions of guava (*Psidium guajava* L.) in the United States". *Acta Horticulturae*, no. 859, abril de 2010, pp. 169-176, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2010.859.20.
86. Chen, T.; Ng, C.; Wang, C. y Shyu, Y. "Molecular identification and analysis of *Psidium guajava* L. from indigenous tribes of Taiwan". *Journal of Food and Drug Analysis*, vol. 15, no. 1, 2007, p. 82, ISSN 1021-9498.
87. Rai, M. K.; Jaiswal, V. S. y Jaiswal, U. "Regeneration of plantlets of guava (*Psidium guajava* L.) from somatic embryos developed under salt-stress condition". *Acta Physiologiae Plantarum*, vol. 32, no. 6, 11 de abril de 2010, pp. 1055-1062, ISSN 0137-5881, 1861-1664, DOI 10.1007/s11738-010-0496-8.
88. Liu, X. y Yang, G. "Assessment of clonal fidelity of micro-propagated guava (*Psidium guajava*) plants by ISSR markers". *Australian Journal of Crop Science*, vol. 6, no. 2, 2012, p. 291, ISSN 1835-2707, 1835-2693.
89. Kamle, M.; Kumar, P.; Bajpai, A.; Kalim, S. y Chandra, R. "Assessment of genetic fidelity of somatic embryogenesis regenerated guava (*Psidium guajava* L.) plants using DNA-based markers". *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, vol. 42, no. 1, 2 de enero de 2014, pp. 1-9, ISSN 0114-0671, DOI 10.1080/01140671.2013.814574.
90. Mehmood, A.; Jaskani, M. J.; Ahmad, S. y Ahmad, R. "Evaluation of genetic diversity in open pollinated guava by iPBS primers". *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, vol. 50, no. 4, 2013, pp. 591-597, ISSN 0552-9034, 2076-0906.
91. Powell, W.; Machray, G. C. y Provan, J. "Polymorphism revealed by simple sequence repeats". *Trends in Plant Science*, vol. 1, no. 7, julio de 1996, pp. 215-222, ISSN 1360-1385, DOI 10.1016/1360-1385(96)86898-1.
92. Tessier, C.; David, J.; This, P.; Boursiquot, J. M. y Charrier, A. "Optimization of the choice of molecular markers for varietal identification in *Vitis vinifera* L.". *Theoretical and Applied Genetics*, vol. 98, no. 1, enero de 1999, pp. 171-177, ISSN 0040-5752, 1432-2242, DOI 10.1007/s001220051054.
93. Valdés-Infante, H. J.; Medina, R.; Nerdo, N.; Bautista, A. M.; Ortiz, G. M. M.; Quiroz, M. A.; Teye, S.; Felipe, L.; Marie, R. A. y Rohde, W. "Microsatellites developed in guava (*Psidium guajava* L.) and their usefulness in evaluating diversity in the *Myrtaceae* family". *Revista Colombiana de Biotecnología*, vol. 12, no. 1, enero de 2010, pp. 64-76, ISSN 0123-3475.

94. Lepitre, V.; Nansot, G.; Grangeon, R.; Pomies, V.; Rivallan, R.; Risterucci, A. M.; Valdés-Infante, J.; Rodríguez-Medina, N. N.; Muth, J.; Prüfer, D.; Becker, D.; Rohde, W.; Ritter, E. y Billotte, N. "The microsatellite (SSR) AFLP reference linkage map of guava". *Acta Horticulturae*, no. 849, enero de 2010, pp. 183-192, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2010.849.20.
95. Ritter, E.; Herran, A.; Valdés-Infante, J.; Rodríguez-Medina, N. N.; Briceño, A.; Fermin, G.; Sanchez-Teyer, F.; O'Connor-Sanchez, A.; Muth, J.; Rodrigues, M. A.; Risterucci, A. M.; Billotte, N.; Becker, D. y Rohde, W. "Comparative linkage mapping in three guava mapping populations and construction of an integrated reference map in guava". *Acta Horticulturae*, no. 849, enero de 2010, pp. 175-182, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2010.849.19.
96. Valdés-Infante, H. J.; Rodríguez, M. N. N.; Ritter, E. y Rohde, W. "Mapa de ligamiento genético y análisis de QTLs en guayabo (*Psidium guajava* L.). Población de mapeo de «Enana Roja Cubana»x'Belic L-207". *CitriFrut*, vol. 28, no. 2, 2011, pp. 56-66, ISSN 1607-5072.
97. Ritter, E. "Guava biotechnologies, genomic achievements and future needs". *Acta Horticulturae*, no. 959, septiembre de 2012, pp. 131-140, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2012.959.16.
98. Padmakar, B.; Aswath, C.; Kanupriya, S.; Abhinaya, V. C. y Dinesh, M. R. "Survey of Simple Sequence Repeat (SSR) markers in guava (*Psidium guajava* L.) genome; towards establishment of molecular genetic map of guava". *Agrotechnol*, vol. 1, no. 2, 2012, ISSN 2168-9881, DOI <http://dx.doi.org/10.4172/2168-9881.S1.002>.

Recibido: 23 de marzo de 2015

Aceptado: 30 de octubre de 2015

#### ¿Cómo citar?

Bandera Fernández, Evelyn y Pérez Pelea, Leneidy. Mejoramiento genético de guayabo (*Psidium guajava* L.). [en línea]. *Cultivos Tropicales*, 2015, vol. 36, no. especial, pp. 98-112. ISSN 1819-4087. [Consultado: \_\_\_\_]. Disponible en: <-----/>.