

Myrtaceae

La familia *Myrtaceae*, conformada aproximadamente por 130 géneros y 3.000 especies entre árboles, arbustos y enredaderas que crecen en las regiones templadas, tropicales y subtropicales del hemisferio sur, comprende dos subfamilias: *Myrtoideae* y *Leptospermoideae*. La primera presenta hojas siempre opuestas, flores epíginas, frutos bacciformes (que tiene parecido o forma de baya) o drupáceos; la segunda presenta hojas opuestas o alternas, flores epíginas o períginas, fruto en cápsula y se encuentran casi exclusivamente en Australia (Paiva, 1997). Según Lozano (2002), muchas de las especies que conforman la familia *Myrtaceae* son de interés económico y ornamental; se destacan cuatro géneros: *Eugenia*, *Syzygium*, *Feijoa* y *Psidium*.

Los árboles y arbustos de *Eugenia* expelen aromas perfumados y producen frutos suculentos con bajo número de semillas. Aproximadamente 900 especies constituyen este género; la mayoría son nativas de Malasia e India (Lozano, 2002). *Eugenia caryophyllus* se cultiva principalmente en Indonesia, Sri Lanka, Madagascar, Tanzania y Brasil. De los brotes florales se obtienen los clavos constituidos por los pétalos plegados con los estambres. El principal compuesto aromático del clavo es el eugenol, utilizado como analgésico local y antiséptico en odontología (Acofarma, 2007).

En el género *Syzygium* se destaca la especie *Syzygium jambos*, conocida como pomarrosa. Esta especie se utiliza con fines ornamentales. El fruto es una drupa carnosa de color amarillo pálido a rosado que expele un aroma parecido a las rosas (Francis, 1990). También se destacan en este género *S. aqueum*, *S. bracteatum*, *S. cerasoideum*, *S. cuminni*, *S. malaccense* y *S. zeylanicum*, cultivadas en pequeña escala (Anon, 1976).

La feijoa (*Feijoa sellowiana* Berg o *Acca sellowiana* Berg) comprende árboles y arbustos siempreverdes, tomentosos, con hojas opuestas y simples, flores en racimo o solitarias, con numerosos estambres. Esta especie se utiliza con fines ornamentales además por la exquisitez de su fruto (Pereira y Martínez, 1986).

El género *Psidium* se destaca por su importancia económica. Todos los ecotipos de guayabas que se comercializan en la actualidad pertenecen al género *Psidium* y son originarias de América (Medina et ál., 1978). El género comprende 233 especies, algunas de ellas seleccionadas para mejorar la calidad y aumentar la productividad (Wit, 1986; Escobar, 1981), aunque solo unas 150 especies son nativas de la América tropical y subtropical (Ochse et ál., 1961). Se destacan cinco especies de importancia económica: *P. guineense* Sw; *P. cattleianum* Sabien, las plantas adultas exhiben resistencia a temperaturas bajas hasta de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Ochse et ál., 1961); *P. chivense* y *P. friedrichsthalianum* poseen ecotipos de características ácidas como la guayaba coronilla (ICA30-30) y las pulpas se emplean en la preparación de jugos (Adsule y Kadam, 1995). *P. guajava* se cultiva ampliamente en Colombia.

Guayaba

Psidium guajava L. (Myrtaceae)

Margarita Perea Dallos, Lilian Matallana Ramírez, Andrea Tirado Perea¹

INTRODUCCIÓN

Psidium guajava L. parece tener un origen en el neotrópico americano (Patiño, 2002; Medina et ál., 1978) aunque algunos autores lo ubican específicamente en América Central y el sur entre Colombia y Perú, desde donde los portugueses la llevaron a África y al Oriente (Méndez-Ferrao, 1998). Linneau separó dos subespecies *pyriferum* que presenta mesocarpo rojizo y *pomiferum* con mesocarpo blanco. Desde el punto de vista botánico se consideran iguales, sin embargo, en la actualidad se reconocen dos variedades de acuerdo con la forma globosa piriforme y no al color de la pulpa (Medina et ál., 1978).

En Colombia se conoce como guayaba al fruto de la especie *Psidium guajava* L. Guayaba es un nombre taíno de las Antillas (Tejera, 1951). Países suramericanos y centroamericanos como México (Cervantes de Salazar, 1971), Guatemala (Fuentes y Guzmán, 1972), Honduras (Ruiz de Arce, 1933) y Panamá (Cieza, 1984) reportaron la existencia de esta fruta antes de la llegada de los españoles.

Cieza (1984) reporta que la guayaba se encontraba en regiones del occidente colombiano y pudo verificarse su existencia gracias a las expediciones de Vadillo y Robledo. Existían en San Sebastián de Urabá y en los ríos comarcanos y en el Valle del Cauca. También en la costa Atlántica a finales del siglo XVIII (Torre Miranda, 1794), donde se conocían las guayabas blancas, encarnadas y amarillas, y además las enanas, conocidas popularmente como guayabitas del Perú (Rosa, 1945).

Se ha reportado en otros países como Venezuela (De Aguado, 1917); Brasil, Paraguay (Oviedo y Valdés, 1959; Silveira, 1874; Marcgrave, 1942); Guayanas (Schomburgk 1922), Antillas (Casas, 1909), y en varios puntos del litoral ecuatoriano, como la bahía de San Mateo, Atacames y Cojimiés, donde según De Trujillo (1948), en 1531, Pizarro y sus acompañantes hallaron guayabas en abundancia y de buena calidad durante su recorrido.

¹ Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia.

Patiño (2002) informa que la guayaba es una de las frutas sobre las cuales se encuentran reportes históricos. Se cree que inicialmente la diseminación de esta especie vegetal la realizaron las aves y luego, por efecto de la colonización, se aceleró el proceso por los animales domésticos. La guayaba es una planta heliófila; por tanto, los campos abiertos y la cría de ganado favorecieron su proliferación. Se halla ampliamente distribuida en más de 50 países del trópico y subtropical en el rango de 35 °C latitud norte y 35 °C latitud sur (Lozano, 2002). En Colombia, las principales zonas productoras son Polonuevo y Baranoa (Atlántico), Monquirá y Valle de Tenza (Boyacá); Pacho, Tocaima, La Vega, Villeta y Anolaima (Cundinamarca); Pitalito (Huila); Mogotes, Vélez, Barbosa, Puente Nacional (Santander); estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta (Magdalena); Restrepo y el valle geográfico del río Cauca (Valle del Cauca) (Ríos-Castaño y Salazar, 1976).

La región de mayor producción de guayaba es el departamento de Santander. En 2003 produjo 49.000 toneladas, lo que representó el 34,20% de las 145.635 toneladas producidas a nivel nacional; le siguieron los departamentos de Boyacá (19,70%) y Valle del Cauca (11,80%) (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2004). El 99% de los productores regionales está representado por población rural, quienes cuentan con aproximadamente tres hectáreas y un sistema agropastoril. Se estima que este cultivo genera aproximadamente 750.000 jornales por año; 72% de los cuales lo constituye mano de obra familiar. De acuerdo con las cifras reportadas por Asohofrucol, casi 200 fábricas de bocadillo dependen de la producción de guayaba como materia prima, las cuales generan 300 empleos directos y 4.000 indirectos.

ASPECTOS BOTÁNICOS

La guayaba es un árbol de porte mediano; sin embargo, puede alcanzar hasta 12 m de altura; el promedio es de 3 a 5 m. Para lograr el cambio del porte y el desarrollo general de la planta se practican las podas periódicas y la fertilización, lo cual permite una producción constante durante el año.

La guayaba posee un periodo vegetativo de cinco a siete años; el periodo de producción puede alcanzar 20 años. Crece adecuadamente en suelos francos, arenosos o arcillosos con pH estable de 5,0 a 6,0. A pesar que soporta temperaturas entre 18 y 30 °C, para una floración abundante se requiere un periodo seco definido (Lozano, 2002).

El tallo del árbol de guayaba es generalmente corto y puede ser cilíndrico o muy ramificado. La epidermis de la corteza presenta un tono café-rojizo, es lisa, delgada y con muchas lenticelas, zonas del peridermo donde las células del parénquima proliferan y luego de formarse la corteza realizan la función del intercambio de gases. La corteza genera descamación con mayor frecuencia a

medida que envejece y los nuevos brotes son tetragonales y pubescentes para evitar el daño en los tejidos clorofílicos por causa de la radiación solar (Lozano, 2002).

Las hojas son opuestas y oblongas; poseen venas prominentes en la cara abaxial. Las hojas jóvenes se presentan dobladas hacia la cara axial con el fin de disminuir la radiación (Amaro et ál., 1986). Las hojas contienen una gran cantidad de glándulas oleíferas y, según la variedad, se pueden encontrar diferencias en cuanto al tamaño (Lozano, 2002).

La raíz de *P. guajava* es pivotante; crece rápidamente cuando la planta es joven y disminuye el ritmo de crecimiento con la edad. Presenta numerosas ramificaciones laterales que pueden llegar a observarse en la superficie del suelo; sin embargo, en épocas de sequía, estas raíces penetran el suelo entre 3,0 y 4,5 m de profundidad (Purseglove, 1986; Bourdelles y Estanove, 1967).

La inflorescencia del árbol de guayaba emerge de las axilas de las hojas, de tipo dicasio (cima bípara o dicotómica a dos niveles). En este caso, la yema floral lateral de una rama se desarrolla hasta cierto punto y produce un botón en la extremidad de la axila. El botón presenta dos bractéolas opuestas; durante el desarrollo del botón floral, aparecen a la altura de la base dos botones florales laterales que presentan dos bractéolas opuestas, lo cual indica que en este lugar podrían desarrollarse otros dos botones laterales, y así sucesivamente, obteniendo el sistema dicasio (Caraballo, 2001; Lozano, 2002). Las flores son bisexuales; pueden ser simples o reunidas en pequeños grupos en las axilas de las hojas de crecimiento reciente. Son heteroclamídeas (cáliz y corola diferenciados), hermafroditas, actinomorfas (simetría radiada) y epíginas (tienen las piezas florales insertadas por encima del ovario). Su cáliz está constituido por 4 o 5 pétalos blancos en la parte superior y verdes en la inferior, con algunas glándulas traslúcidas. Las flores presentan entre 300 y 600 estambres que constituyen el androceo (Caraballo, 2001); el gineceo es gamocarpelar, con ovario ínfero dispuesto en un disco carnosos; presenta placentación marginal y no tiene glándulas nectíferas (Lozano, 2002).

Caraballo (2001) realizó estudios de la biología floral en guayaba e indica que el periodo completo de desarrollo de la yema floral tiene una duración de 27 días desde que la yema inmadura presenta una longitud promedio de 0,77 cm hasta que alcanza la madurez, faltando entre 12 y 24 horas para cumplirse la antesis. En estos estudios utilizó la variedad Lucknow-49 y encontró diferencias con los resultados obtenidos por otros investigadores, con lo cual concluyó que el tiempo requerido para el desarrollo completo de la yema floral cambia con la variedad y la localidad.

El estudio de Caraballo (2001) también muestra que 24 horas antes de la antesis no se presenta la dehiscencia de las anteras y que en el momento de la

apertura de la flor casi todas las anteras son dehiscentes; este hecho sugiere que hay autopolinización, como lo postuló Soubine Soubrinho et ál. (1962); sin embargo, se confirmó la polinización cruzada después de observar abejas (*Apis mellifera* L.) inmediatamente después de la antesis. Estos autores indican que la polinización cruzada alcanza un valor promedio de 35,6% en *P. guajava*, generando cosechas más abundantes. Balasubramanyam y Rangaswani (1959) determinaron que el periodo de receptibilidad del estigma está limitado a 48 horas después de la antesis.

El polen de la especie *P. guajava* presenta cuatro formas diferentes, al ser observados al microscopio se observan estructuras triangulares con extremos lisos, cuadrados, esféricos y ovalados; siendo la forma usual los triangulares (75,35%). En cuanto al tamaño, se reportaron medidas entre 14,89 μ y 19,31 μ . La fertilidad se determinó mediante las pruebas de viabilidad con acetocarmin; se estableció que el 97% de los granos de polen son viables en el momento de la antesis. Los estudios realizados por Caraballo (2001) presentan similitud con los trabajos de Balasubrahmanyam (1959), Dodake et ál. (1998) y Nalawadi et ál. (1973).

Se realizaron pruebas de fertilidad artificial utilizando los sistemas in vitro y se determinó que los granos de polen colectados inmediatamente después de la antesis germinaron en mayor porcentaje al ser cultivados en un medio de sacarosa al 2% por un periodo de dos horas. Se realizaron ensayos con diferentes medios usando glucosa al 2% y agar al 2%, además de cultivar el polen colectado 24 horas después la antesis y dos horas después de la misma. Como resultado se determinó que solo los granos de polen colectados inmediatamente después de la antesis germinan independientemente en los medios utilizados (Caraballo, 2001).

Sobrinho (1956) determinó que el polen de guayaba germina en una amplia gama de pH en periodos mayores a 33 horas. Para las pruebas de campo se utilizó la viabilidad del polen in vitro, determinando que conserva su viabilidad después de 48 horas. Según Srivastava (1974), la germinación de algunas variedades de guayabas puede variar entre el 50,9 y el 68,9%.

El fruto de la guayaba es una baya en que la pared del ovario madura en un pericarpio comestible. Puede tener forma redonda, ovoide, el peso puede variar de 25 a 800 g. Dependiendo de la variedad, la cáscara (exocarpio) puede ser fina o delgada y presenta colores que van desde el verde pálido a amarilloroso; la pulpa, además de diferencias en la tonalidad, presenta cambios en el aroma, el sabor y la acidez. Según el piso térmico, el fruto madura entre 90 y 150 días después de la floración. La guayaba se divide en dos tipos según el color de la pulpa: roja y blanca. En las zonas productoras, como Vélez y Moniquirá, pueden encontrarse las variedades llamadas mulatas y cimarronas con estos tonos de pulpa.

VALOR NUTRICIONAL Y USOS

La guayaba es reconocida en el mercado por su agradable aroma, sabor y alto valor nutricional. Es identificada como la "reina de las frutas" por poseer el mayor número de vitaminas reportadas hasta ahora en este grupo de alimentos (Ronald, 1998). En Colombia se consume como fruta fresca e industrialmente se prepararan bocadillos, jaleas cernidas, néctares, mermeladas, vinos y cremas (Arango, 1967). Su uso comercial más importante se relaciona con la elaboración de jaleas, en las cuales se utiliza guayaba agria (Purseglove, 1968).

Los estudios de Lozano et ál. (2002) reportan que la guayaba es tan nutritiva que es atacada por varias especies de moscas que encuentran en ella todos los requerimientos nutricionales que necesitan. En Colombia, aproximadamente el 96% del cultivo no es tecnificado; por tanto, el fruto de guayaba es orgánico, ecológico y natural, libre de pesticidas.

La composición nutricional de las frutas varía significativamente, dependiendo de la variedad y las condiciones agroecológicas. La guayaba presenta alto porcentaje de agua (86%) y baja proporción de hidratos de carbono (9,5%), lo que representa un reducido valor calórico (46 cal). Los carbohidratos son los principales constituyentes no acuosos y pueden contener un total de 14,8 g por 100 g de fruta, con un total de 5,82 g de azúcares, como la fructosa –que es el azúcar principal–, también la glucosa y la sacarosa, según los estudios realizados por Jagtiani et ál. (1988) en guayabas cv. Beaumont.

Esta fruta se caracteriza por el alto contenido de ácido ascórbico (vitamina C). Se considera una variedad rica la que posee más de 200 mg por cada 100 g de pulpa (Lozano et ál., 2002). La guayaba puede tener hasta 1.160 mg por 100 g de fruta fresca (Lee, 1992). Cada 100 gramos contienen, entre otros compuestos, 0,9 g de proteína, 0,1 g de grasa, 15 mg de calcio, 22 mg de fósforo, vitamina A, riboflavina, niacina y hierro, así como ácidos láctico, málico, galacturónico, glicólico y fumárico (Siap, 2007). Las guayabas contienen dos a cinco veces más vitamina C que el jugo de naranja, razón por la cual fue usada durante la Segunda Guerra Mundial para fortificar las raciones de las tropas aliadas en forma de jugo deshidratado y pulverizado (Purseglove, 1968). Kunishi y Seale (1961) reportaron que la guayaba presenta una gran cantidad de aminoácidos esenciales: cada 100 gramos de guayaba contiene 24 mg de lisina, 8 mg de triptófano y 8 mg de metionina. La lisina y el triptófano son fundamentales para el crecimiento normal del cerebro humano (Lozano et ál., 2002). Las propiedades enunciadas hacen de la guayaba un alimento saludable y recomendado en los primeros años de vida.

Como alimento medicinal, la guayaba es utilizada para reducir los niveles de colesterol HDL de la sangre y para prevenir la tuberculosis; sus contenidos ele-

vados de vitamina C promueven la restauración de los tejidos, la eliminación de los radicales libres o desechos del metabolismo, actuando como antioxidantes. Ayuda al mantenimiento del tejido conectivo, tiene efecto contra las infecciones, alivia determinadas alergias y controla la radiactividad, al igual que el cáncer y el resfriado común (Lee, 1992). Los deportistas suelen aprovechar las características de esta fruta para neutralizar la acidez de los hidratos de carbono y mantener el tono muscular gracias a la acción del potasio contenido en la fruta (Lozano et ál., 2002). Las hojas y los frutos se usan para controlar la diarrea, para teñir y para curtiembres (Purseglove, 1968). La madera que produce el árbol de guayaba es usada para la carpintería, debido a su resistencia y fácil manejo. También se emplea para fabricar utensilios de cocina, mangos para herramientas de trabajo agrícola, carpintería y, en ocasiones, juguetes para niños (Ríos-Castaño y Salazar, 1976).

PLAGAS Y ENFERMEDADES

PRINCIPALES PLAGAS

Las principales plagas son el gorgojo de la guayaba (*Conotrachelus psidii*) y las moscas de la fruta (*Anastrepha* sp. y *Ceratitis capitata*). Se reportan otras plagas de menor importancia como el ácaro de los cogollos (*Tegonutus guavae*), el gusano negro del guayabo (*Mimallo amilia*), la broca de las mirtáceas (*Timocratica albella*), la coleobroca (*Trachyderes thorricu*), el gorgojo amarillo (*Costalimaita ferruginea*), los psilidos (*Trizoide* sp). También es usual encontrar hormigas en los cultivos de guayaba.

Gorgojo de la guayaba (*Conotrachelus psidii* Marshal)

Este coleóptero y las moscas de la fruta constituyen los principales problemas de plagas en Colombia. Las hembras de *Conotrachelus* sp. ovipositan en los frutos verdes. Cuando ocurre la eclosión, la larva penetra el fruto, se alimenta de las semillas y ocasiona su caída (Sampaio, 1975; Orlando et ál., 1974).

Mosca de las frutas (*Anastrepha striata*, *Anastrepha fraterculus* y *Ceratitis capitata*)

En Colombia se reportan alrededor de 50 especies de mosca de la fruta, entre las que se destacan los géneros *Ceratitis capitata* Wied (mosca del Mediterráneo) y *Anastrepha fraterculus* (mosca suramericana); estas especies ocasionan daños directos en los frutos, limitando su producción y exportación. Estados Unidos y Japón exigen tratamientos cuarentenarios en las frutas provenientes de lugares con la mosca del Mediterráneo y la mosca suramericana (Frutasyhortalizas, 2007; Vidal y Abello, 2007).

Ácaro de los cogollos (*Tegonutus guavae* Boczek)

son arañas de porte pequeño que succionan la savia e inoculan una toxina ocasiona una toxemia caracterizada por la aparición de puntos amarillos y deformación en las hojas (Orduz y Rangel, 2002).

Gusano negro del guayabo (*Mimallo amilia* Stoll)

Las larvas de este lepidóptero consumen el follaje afectando la tasa fotosintética de los árboles; habitan en cápsulas de color café que fabrican con fragmentos de hoja y sus propios excrementos.

Broca de las mirtáceas (*Timocratica albella* Zeller)

Conocida como la broca del guayabo, aunque también ataca el café y el eucalipto (Soubihe Sobrinho, 1951). Las larvas perforan el tronco y las ramas, dejando aglomeraciones de excremento y aserrín que son utilizadas para empujar (Lozano et ál., 2002).

Coleobroca (*Trachyderes thoracicu* Oliv)

El daño de este coleóptero lo ocasionan las larvas, las cuales perforan la madera del árbol. Los principales síntomas son amarillamiento severo, envejecimiento de las hojas a causa del colapso en el tejido vascular y, en casos severos, la muerte del árbol.

Gorgojo amarillo (*Costalimaita ferruginea vulgata*)

Esta plaga ataca el guayabo, el algodón, la guanábana, el eucalipto y el mango (Carnauba, 1970). Los adultos perforan las hojas y los nuevos brotes; también ocasionan deformación y caída de los frutos (Lozano et ál., 2002).

Psilidos (*Trizoide* sp.)

Las ninfas de estos insectos se alimentan de la savia e inyectan toxinas que hacen que las hojas se deformen y adquieran una coloración amarillo-rojiza que termina con el necrosamiento del tejido (Lozano et ál., 2002).

ENFERMEDADES CAUSADAS POR HONGOS

En Colombia, las enfermedades más importantes en el cultivo de la guayaba son la conocida como costra o clavo de la guayaba (*Pestalotia versicolor* Speg), la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* y *Glomerella cingulata*), la fumagina (*Capnodium* sp.), la pestalotiopsis (*Pestalotiopsis psidii*) y la roya (*Puccinia psidii*). Aunque en Colombia esta última no se reporta como enfermedad limitante de la producción, sí lo es en Brasil.

Costra o el clavo de la guayaba (*Pestalotia versicolor* Speg)

La enfermedad producida por este patógeno infesta del 75 al 100% de los frutos en fincas de Boyacá y Santander (Farfán et ál., 2004). El hongo ataca las flores, los frutos y las hojas. Cuando se presenta en los frutos, detiene el crecimiento, produce suberización y momifica el fruto, que adquiere aspecto de corcho.

Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* y *Glomerella cingulata*)

Esta enfermedad genera pérdidas importantes en el cultivo de la guayaba. El hongo ataca flores, frutos y ramas. La primera evidencia de la enfermedad se observa en los frutos maduros aún en el árbol; aparecen manchas necróticas y hundidas que toman apariencia de parches alargados que llegan hasta la pulpa (Lim y Manicom, 2003). Otro síntoma es la aparición de manchas amarillas en las flores, que pueden llegar hasta los frutos más pequeños.

Fumagina (*Capnodium* sp.)

La guayaba es muy susceptible a la fumagina, porque el hongo invade los estomas completamente, limitando la fotosíntesis y la transpiración.

Pestalotiopsis (*Pestalotiopsis psidii*)

La enfermedad producida por este hongo no se reporta como limitante de la producción en Colombia; sin embargo, en Venezuela se reporta como de alta incidencia económica (Fontagro, 2007). El patógeno, reportado en Australia, Burma, Ecuador, India, Malasia, Mozambique, Nigeria, Puerto Rico, Venezuela y Zambia, ataca los frutos en cualquiera de sus estadios de desarrollo (Mordue, 1969). El hongo se encuentra en tejidos maderables de las ramas como endófito y penetra en el fruto por heridas causadas por algunos insectos.

Roya (*Puccinia psidii*)

El hongo ataca los tejidos jóvenes de la planta como hojas, brotes, botones florales, frutos y es la enfermedad más importante en las plantaciones de guayaba en Brasil (Ribeiro y Pommer, 2004).

ENFERMEDADES CAUSADAS POR BACTERIAS

Pudrición bacteriana de los cogollos (*Erwinia spidii*)

Esta enfermedad, reportada en el Brasil (Tokeshi et ál., 1980), afecta las hojas y es causada por la bacteria *Erwinia spidii* sp. nov. (Rodríguez et ál., 1987).

Los síntomas son enrollamiento de las hojas, debilitamiento y amarillamiento de las venas; las áreas adyacentes terminan en un colapso del tejido vascular. La enfermedad se evidencia con la pudrición de las hojas, generando la muerte rápida; de igual manera, ataca los brotes jóvenes, las flores y eventualmente los frutos hasta que causa la muerte de la planta (Lim y Manicom, 2003).

FITOMEJORAMIENTO

Pontikis (1996) reporta que el género *Psidium* presenta un alto grado de heterocigocidad y un prolongado ciclo juvenil que hace necesario establecer varias generaciones para fijar un carácter deseable, lo cual implica tiempo prolongado para un programa de mejoramiento. Ante esta situación, la utilización de los sistemas in vitro –mediante la variación somaclonal– podrían reducir significativamente los periodos requeridos para la selección de plantas mejoradas. Los programas de mejoramiento realizados en guayaba han tenido problemas debido a las limitaciones de la estructura floral (la guayaba se autopoliniza). Los cruces interespecíficos, con el propósito de buscar genotipos superiores, no han sido exitosos debido a la incompatibilidad de los genomas (Jaiswal y Amin, 1992). Lograr la hibridación interespecífica es difícil por la incompatibilidad debida a la diferencia en el número de cromosomas entre las especies. En este género se encuentran especies di, tetra, hexa y octoploides (Hirano y Nakasone, 1969). Los estudios realizados por Atchison (1947), D'Cruz y Rao (1962), Hirano y Nakasone (1969), Kumar y Ranade (1952) reportan que la guayaba posee un número cromosomal de $2n = 22$, el mismo que exhibe *P. polycarpum*, aunque en el género se encuentran clones que presentan diferencias, como los aneuploides con $2n = 21$ y $2n = 30$, los clones triploides con $2n = 33$ y los tetraploides con $2n = 44$, como *P. guineense*, *P. cujavillus* y *P. friedrichsthalianum*.

En el mejoramiento de la guayaba se determinan varios objetivos: calidad de la fruta para el procesamiento con características como diámetro de fruto mayor de 7,5 cm y diámetro de la cavidad menor de 4 cm, peso fresco de 200 a 300 g, reducción del contenido de la semilla o su eliminación, color de la pulpa, contenido de vitamina C y características de sabor y aroma. Resistencia a enfermedades como *Phytophthora* spp. y nemátodos, especialmente, *Meloidogyne incognita*. Así mismo, se seleccionan árboles vigorosos y de porte bajo, tolerantes al frío, con frutos de menor número de semillas y precocidad. Además de los aspectos mencionados, las prioridades de los programas de mejoramiento pueden variar de acuerdo con las necesidades locales de los países productores de guayaba; por ejemplo, en Colombia, los factores críticos en la producción y en los que se deben formular programas de mejoramiento son las enfermedades de la costra o clavo de la guayaba (*Pestalotia versicolor*) y antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*); en lo relacionado con la tolerancia, se requieren estudios que busquen resistencia a las moscas de las frutas (*Anastrepha striata*, *Anastrepha fraterculus* y *Ceratitis capitata*) y el gorgojo de la guayaba. En

Venezuela, las enfermedades pestalotiopsis (*Pestalotiopsis psidii*), antracnosis y el insecto *Capulinia* spp. representan una alta incidencia en los cultivos. En Brasil, la roya (*Puccinia psidii*) es la enfermedad limitante en la producción de la fruta. Además de tolerancia a plagas y enfermedades, se busca el mejoramiento en la calidad de la fruta tanto para industria como para el consumo en fresco. La calidad está estrechamente relacionada con el contenido de SST, porcentaje de acidez y el pH de la pulpa. En la industria se prefieren frutos con pH entre 3,8 y 4,3 y porcentaje de acidez (% ácido cítrico) entre 0,35 y 0,63. Se prefieren frutas de pulpa color rosado, rosado intenso y rojo intenso. Además de la selección de la fruta, se eligen plantas con una producción mínima de 30 t/ha⁻¹ (Lozano et ál., 2002).

Las variedades de guayaba se agrupan comercialmente entre blancas y rojas, según la coloración de la pulpa. En Colombia, las variedades más conocidas son Puerto Rico, Rojo Africano, Extranjero, Trujillo, D13, D14, Red, Palmira ICA1, Roja ICA2, Polonuevo, Rosada y Blanca Común de Antioquia, Guayaba Agria y Guayaba Enana Roja Cubana EEA (Universidad de Antioquia, 2007; Corpoica, 2006).

En la identificación y selección de materiales nativos, Caicedo et ál. (2004) reportan diferentes tipos de guayaba: la guayaba roja es la más abundante en las zonas de producción. Sus frutos poseen un gran número de semillas, poca pulpa y agradable aroma; su sabor es dulce y es muy apetecida en la industria para la preparación de jugos, jaleas y compotas. La guayaba rosada es una fruta de buen sabor, con menos semillas y más pulpa que la roja; las frutas son muy delicadas, por lo que requieren especial cuidado durante la cosecha y la poscosecha. La guayaba blanca se caracteriza porque la cáscara u hollejo es gruesa, tiene abundante número de semillas, pulpa escasa y presenta bajo contenido de sólidos solubles totales (SST). Se utiliza con frecuencia en la industria para la elaboración de bocadillo.

PROPAGACIÓN VEGETATIVA

La propagación de la guayaba puede realizarse por la vía sexual con semillas o asexual con acodos aéreos o terrestres, por estacas, esquejes de raíces, corte de raíces o injertos (Ruehle, 1971; Naik, 1963; Chandler, 1962); el uso de semillas es el más común, generando variaciones en tamaño, forma, espesor de la corteza, coloración, acidez, sabor y peso de los frutos.

La técnica del acodo consiste en anillar una rama y cubrir la parte del anillo con musgo o tierra húmeda y drenada, para promover y facilitar la aparición de raíces (Soto, 1965). La técnica de las estaquillas de ramas consiste en remover los brotes nuevos a las ramas cuando la planta ha alcanzado a formar los tres o cuatro primeros pares de hojas; estos se dejan en una solución de 200 mg·L⁻¹ de

AIB (ácido indol-butírico) durante seis horas y luego se plantan. Transcurridas dos semanas se desarrollan las primeras raíces; después de dos meses las estas son aptas para el trasplante (Ríos-Castaño y Salazar, 1976).

Con la técnica de esquejes de raíces, se han reportado resultados exitosos al tomar secciones de raíces de diámetro intermedio enterrándolas en arena y manteniéndolas húmedas. La aparición de nuevos árboles se da en los sitios de corte; a pesar de ser un método sencillo y económico no es efectivo en todos los casos (Chandler, 1962; Naik, 1963; Mortesen y Bullard, 1964).

Otro método conocido como injerto de yema (Mortesen y Bullard, 1964) o de púa (Chandler, 1962) o de aproximación (Aponete, 1968), parece ser el más eficiente; sin embargo, existen algunas variaciones en el método del injerto por yema: forkert, parche y escudete. En Colombia, el mejor sistema de injertación para la guayaba utilizado en las variedades Extranjero, Red y Coronilla es el forkert, con más del 80% del rendimiento. La variedad que presenta más facilidad para la propagación es la Extranjera, seguida por Red y Coronilla (Ríos-Castaño y Salazar, 1976).

SISTEMAS IN VITRO

Los avances en los últimos años por investigadores interesados en el mejoramiento del cultivo de la guayaba han contribuido al desarrollo, el conocimiento y la tecnificación de algunas variedades de importancia en los cultivos de la fruta (figura 1 A).

Amin (1987), Amin y Jaiswal (1987, 1988, 1989a, b) y Jaiswal y Amin (1987) han logrado considerables avances en la propagación clonal de algunos cultivares en India, solucionando los problemas de oxidación y exudación de compuestos fenólicos al utilizar 0,5% de polivinilpolipirrolidón (PVPP) y subcultivos frecuentes en el mismo medio durante los primeros 15 días. Siddiqui y Farooq (1996) suplementaron el medio con 250 mg·L⁻¹ de PVPP, y utilizaron segmentos nodales de árboles maduros de los cultivares Bañarais y Chittidar,, logrando iniciar la formación de varios brotes con el empleo del medio básico M&S (Muras-hige y Skoog, 1962) suplementado con 4,5 μM de BAP (6-bencil aminopurina) y establecieron que la proliferación y el crecimiento óptimo de los explantes para conservar una tasa aproximada de tres o cuatro brotes por subcultivo se obtenía mediante el uso de 30 a 45 g·L⁻¹ de sacarosa, 8 g·L⁻¹ de agar y pH 5.

Para el enraizamiento de los brotes se empleó el medio M&S (1962) a la mitad, semisólido suplementado con 1,0 μM de ácido indolbutírico (AIB) o 1,14 μM de ácido naftalenacético (ANA); se logró el 33% de enraizamiento en el primer cultivo y del 70 al 90% en los subcultivos siguientes. Al utilizar fluoroglucinol (PG), bien sea solo o en combinación con AIB o ANA, se tiene una inhi-

bición de la rizogénesis, mientras que el incremento de la concentración de la sacarosa de 15 a 45 g·L⁻¹ incrementa la formación de raíces entre 80 y 90% sin que esto afecte la longitud de estas. Igualmente, se estudió la incidencia del pH (ácido y básico); se concluyó que el pH indicado para lograr una buena cantidad de brotes enraizados está entre 5,5 y 6, ya que valores inferiores disminuyen la respuesta de enraizamiento. Otro factor evaluado fue la temperatura. Sobre este aspecto, Amin y Jaiswal (1989b) concluyeron que el 100% de los brotes generaron las primeras raíces después de siete días a 30 °C. Las plantas fueron transferidas a condiciones de campo y adaptadas normalmente.

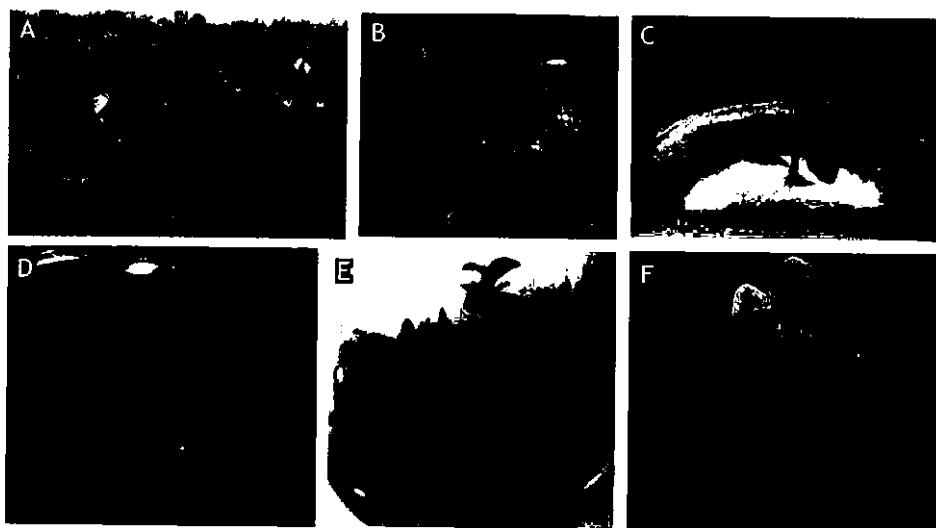


Figura 1. Cultivo y propagación de *Psidium guajava* L. A. Cultivo tecnificado de guayaba. B. Germinación de semillas de guayaba cv. Enana roja cubana, medio M&S al 50%, Tiamina 1 mg·L⁻¹, BAP 0 - 8,88 μM. C. Desarrollo de plántulas después de ocho semanas. D-E. Propagación por segmentos nodales después de diez semanas. F. Adaptación de plantas a condiciones externas. (Universidad Nacional de Colombia).

Loh y Rhao (1989) utilizaron plántulas del cultivar Pera Vietnamita, desarrolladas a partir de la germinación de semilla, segmentos hipocótilo y de cotiledones de plantas injertadas. Para el caso de los segmentos de hipocótilo, usaron el medio M&S (1962), suplementado con 2,2 μM de benciladenina (BA), y obtuvieron aproximadamente cinco brotes por explante después de ocho semanas de cultivo. Para los segmentos de los cotiledones se utilizó WMP (Woody Plant Medium) (Lloyd y McCown, 1980), obteniéndose 3,3 brotes por explante. El 100% de los explantes formó sistema radical con el empleo del medio básico M&S (1962) y la adición de BA (0,4 μM); sin embargo, concluyeron que tan solo con disminuir a la mitad la concentración de las sales del medio M&S (1962) se indujo la rizogénesis.

Papadatau et ál. (1990) utilizaron yemas apicales de plántulas obtenidas por semillas germinadas, estos explantes poseen una buena capacidad de regeneración y no sintetizan los compuestos fenólicos que causan la oxidación. Se empleó el medio de cultivo OM (Olive Medium) (Rugini, 1984), suplementado con BA para inducir el proceso de proliferación, y OM suplementado con ANA para inducir la rizogénesis. Al finalizar el estudio se logró aumentar el coeficiente a 10,3 brotes por explante. Para la disminución de la oxidación fenólica en cultivos in vitro, León et ál. (1997) disminuyeron el tiempo de exposición solar de las plantas madre, con lo cual se logró la supervivencia de yemas apicales de guayaba.

Singh et ál. (2002) usaron segmentos de cotiledones obtenidos de semillas germinadas in vitro de seis semanas de desarrollo. Efectuaron una modificación al medio M&S (1962) y lo denominaron (MM&S). Emplearon thidiazuron (TDZ) en una concentración de 0,1 μM y 0,54 μM de ANA, obteniendo la mejor respuesta (44,6% de regeneración) y aproximadamente 3,6 brotes por explante original. Al efectuar subcultivos en el medio MM&S suplementado con 2,22 μM de BA y 2,32 μM de kinetina lograron el incremento de proliferación a cinco brotes por explante.

Tirado et ál. (2005) establecieron el proceso de propagación clonal de guayaba cv. Enana roja cubana EEA 18-40 a partir de semillas germinadas en condiciones in vitro (figura 1 B). Posteriormente, para los estudios de propagación, se seleccionaron segmentos nodales provenientes de plántulas obtenidas también en condiciones in vitro.

Se utilizó el medio básico M&S (1962) al 50% con la adición de tiamina 1 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, BAP (0,0 - 8,88 μM), sacarosa 20 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ y agar-agar 7 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ Sigma. Los segmentos nodales se transfirieron a medios de cultivo y se incubaron a temperatura de 28 $^{\circ}\text{C} \pm 1$, fotoperiodo de 12/12 horas e intensidad lumínica de 2.000 lux. Después de dos semanas de cultivo, los segmentos nodales presentaron fenolización severa; para contrarrestar la formación de fenoles, se adicionó fluroglucinol al medio de cultivo (162 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$). De esta manera, se logró disminuir en su totalidad la oxidación de los explantes. El inicio del desarrollo de las plántulas con tres a cuatro entrenudos se observó después de las ocho semanas (figura 1 C); sin embargo, durante este proceso se logró incrementar la tasa de crecimiento de manera uniforme, obteniendo plántulas con mayor proliferación de brotes (figura 1 D, E). La posición de las yemas apicales y los segmentos nodales en condiciones in vitro es un factor muy importante para la propagación clonal de numerosas especies. Para la formación de raíces se utilizó el mismo medio de cultivo; no fue necesario el empleo de auxinas. Las plantas desarrolladas fueron transferidas a condiciones externas para el proceso de adaptación (figura 1 F).

Otros investigadores han tratado de optimizar las formas de propagación. Tahseen y su equipo (2005) establecieron como objetivo estudiar el efecto de

la exposición de segmentos de guayaba cv. Allaabadi sobre la rizogénesis. En este ámbito han venido trabajando diferentes autores como Mitra y Bose (1990) y Mukhopadhaya y Sen (1988), utilizando tratamientos con diferentes concentraciones de ácido indolacético (AIA), ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA) sobre segmentos de guayaba con el propósito de mejorar el proceso de enraizamiento.

Un estudio sobre el desarrollo de la morfogénesis en guayaba ha sido reportado por Concepción et ál. (2004), quienes obtuvieron un 48% de regeneración de brotes a partir de hojas cultivadas en la semana siete con un medio suplementado con BAP en una concentración de 3,33 μM . Estos autores sugieren que es posible obtener mejores resultados de regeneración en aquellos explantes más jóvenes.

EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA

El proceso de embriogénesis somática puede utilizarse para la propagación clonal y considerarse uno de los sistemas *in vitro* más utilizados en el mejoramiento genético. La función primaria de la mitosis en el proceso de la embriogénesis somática se genera en la división de las células por estimulación del corte en los explantes que se adaptan a su alrededor y genera la proliferación de las células (figura 2 A).

Loh y Rao (1989) reportan la regeneración de brotes a partir del cultivo de segmentos de hipocotilo de la variedad Pera Vietnamita en un medio M&S (1962) suplementado con 0,04 μM de benciladenina (BA). La propagación *in vitro* en algunos cultivares de guayaba de la India ha sido estudiada en detalle por Amin (1987), Amin y Jaiswal (1987, 1988, 1989 a,b) y Jaiswal y Amin (1987).

El proceso de embriogénesis somática ha sido ampliamente estudiado (Akthar y Jaiswal, 1995; Akthar, 1997; Akthar et ál., 2000) y se han determinado cuatro etapas específicas en el desarrollo de este proceso: inducción, mantenimiento, maduración y germinación. Para inducir embriogénesis a partir de embriones zigóticos inmaduros los embriones fueron cultivados en un medio semisólido M&S (1962) con 4,52 μM de 2,4-D solo o en combinación con 2,5 μM de AIB o 2,7 μM de ANA. La regeneración de los embriones somáticos ocurrió de forma directa; en este caso, se utilizaron segmentos de hipocótilos y ejes embrionales. Los estudios histológicos evidenciaron que los embriones se desarrollan a partir de las células del tejido subepidérmico y rara vez a partir del tejido epidérmico.

Se determinó que en el cultivo, el número de embriones generados y la intensidad del color que presentan están directamente relacionados con la clase y la concentración de auxina utilizada, y el tiempo de exposición de los embriones con la hormona. Las condiciones óptimas para la inducción de embriones requieren el medio M&S (1962) suplementado con 10% de sacarosa y 4,5 μM

de 2,4-D a 25 ± 2 °C. El empleo de otras hormonas de crecimiento, como la kinetina, TDZ, AIB, ANA, afectan la inducción según Akthar (1997) y Akthar et ál. (2000). Otros autores utilizaron la zeatina en una concentración de $0,5 \mu\text{M}$ como agente inductor (Ramírez-Villalobos y Salazar-Yamarte, 1998), y concluyeron que la exposición de los explantes cultivados en condiciones de luz o oscuridad no influyen significativamente en el desarrollo de los embriones.

En la etapa de mantenimiento, durante el proceso de embriogénesis para la inducción secundaria, se cultivaron embriones zigóticos en un medio con 2,4-D y se realizaron subcultivos en medio semisólido M&S (1962) sin 2,4-D. Los embriones somáticos se regeneraron más rápidamente cuando fueron cultivados en estado de torpedo en un medio suplementado con $4,5 \mu\text{M}$ de 2,4-D, mantenido a 25 ± 2 °C y fotoperiodo de 16 horas.

La maduración es una de las condiciones requeridas en el proceso de embriogénesis; se alcanza cuando aún están los embriones inmaduros en el medio de inducción y de mantenimiento y son subcultivados en medio básico. El desarrollo de los embriones somáticos es asincrónico y depende, en gran medida, del tipo de explante seleccionado, así como de las condiciones de mantenimiento; en el caso de los embriones somáticos provenientes de los cotiledones, se debe mantener a 16/8 el fotoperiodo por un tiempo aproximado de 2 a 7 semanas para lograr el desarrollo óptimo. Se ha encontrado que los embriones somáticos procedentes de cultivos mantenidos en la oscuridad, a bajas temperaturas, presentaron tendencias hiperhídricas; sin embargo, los cultivos mantenidos en oscuridad a 25 °C presentaron buen desarrollo inicial de brotes y raíces. El desarrollo y la maduración de los embriones y su posterior regeneración a plantas fue posible solo al transferirlos en condiciones de luz a un medio de germinación.

En la etapa de germinación, se observó que los embriones con ocho semanas de cultivo no presentaban un rápido desarrollo; sin embargo, al final del proceso, se obtuvieron plantas completas. La mejor respuesta se observó cuando se utilizaron embriones en la etapa de torpedo alargado en medio semisólido M&S a la mitad. Finalmente, las plantas fueron mantenidas en medio semisólido M&S, con 3% de sacarosa como condición fundamental en la adaptación de la aclimatación de las plantas para su transferencia a suelo (Akthar et ál., 2000).

Loh y Rao (1989) reportan la obtención de brotes adventicios a partir de hojas a las cuales se les realizaron pequeñas punteaduras en la vena central con el propósito de inducir el desarrollo morfogénico; se utilizaron hojas de guayaba cv. Enana roja cubana EEA 18-40 provenientes de plántulas in vitro, transfiriendo tres hojas por recipiente y utilizando 20 réplicas por tratamiento.

Tirado et ál., 2005 utilizaron hojas de guayaba cv. Enana roja cubana realizando pequeñas punteaduras y las transfirieron al medio de cultivo en

posición axial en recipientes que contenían el medio básico M&S (1962) suplementado con 2,4-D (0,0 a 4,52 μM) y TDZ (0,0 a 9,08 μM), sacarosa (20 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) y agar-agar Sigma (6 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$). Para la incubación de los cultivos se emplearon las mismas condiciones descritas anteriormente en la propagación por segmentos nodales.

La inducción de la embriogénesis somática directa se evidenció sobre la superficie de las hojas en el medio de cultivo, observándose las estructuras globulares después de 14 semanas (figura 2 B). El desarrollo de los embriones somáticos se inició mediante subcultivos, eliminando reguladores de crecimiento; la formación de los cotiledones requiere de 4 a 6 semanas con fotoperíodo de 12 horas durante el proceso de maduración de los embriones y temperatura de 25 $^{\circ}\text{C} \pm 1$ (figura 2 C).

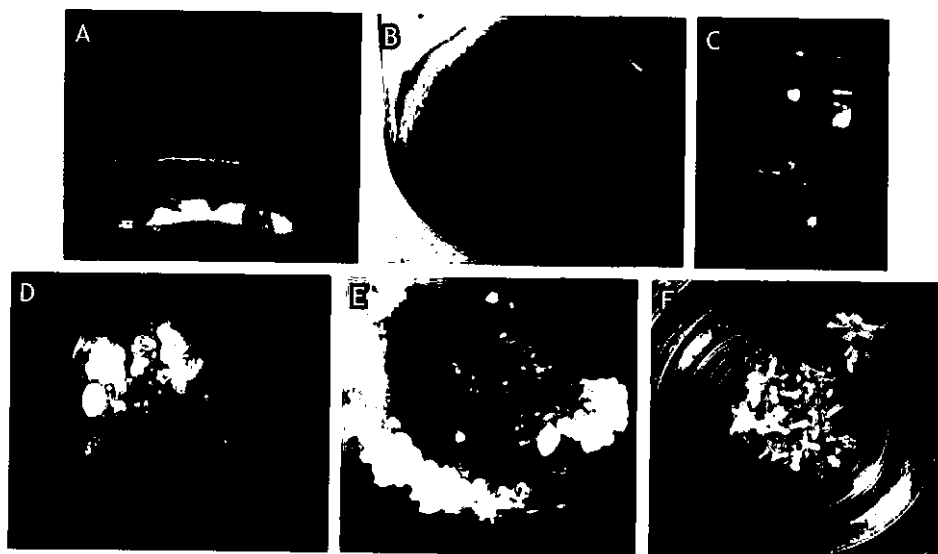


Figura 2. Embriogénesis somática en *Psidium guajava* L. A. Plantas in vitro de guayaba. B. Subcultivo de embriones somáticos sin reguladores de crecimiento C. Germinación de embriones somáticos (Tirado et ál., 2005). D. Inducción de estructuras globulares a partir de callo en el medio de cultivo básico M&S (1962) con adición de 2.4 -D (4,52 μM). E Embriones somáticos desarrollados sobre embriones zigóticos. F. Desarrollo de la embriogénesis somática directa (Vilchez, 2008).

Para generar mayor actividad meristemática en la vena central de las hojas de guayaba, se realizaron pequeñas heridas en hojas jóvenes. El daño mecánico realizado en la vena de las hojas conduce a una serie de reacciones bioquímicas generadas por la exposición de las células en el medio de cultivo; se piensa, además, que algunos genes responsables normalizan el funcionamiento de las células.

Vilchez et ál. (2005) utilizaron frutos inmaduros de guayaba cv. Enana roja cubana EEA 18-40 (25-35 días después de la antesis). Los embriones zigóticos se cultivaron con 400 mg·L⁻¹ de L-glutamina, 100 mg·L⁻¹ de ácido ascórbico, 60 g·L⁻¹ de sacarosa y 2,5 g·L⁻¹ de Gelrite en oscuridad y temperatura de 27 °C ±2 °C. Para la inducción de la embriogénesis somática utilizaron 2,4-D (4,52-45,25 µM); en cada tratamiento se emplearon 20 embriones zigóticos. Después de 10 semanas, se observó formación de callo con estructuras embriogénicas en las etapas corazón, torpedo y cotiledonar. Se determinó la dosis de 4.52 µM de 2,4-D para la inducción de la embriogénesis somática indirecta a partir de embriones zigóticos en estado de desarrollo torpedo y cotiledonar. El mayor porcentaje de embriones zigóticos en estado torpedo se obtuvo a partir de frutos inmaduros (figura 2 E, F, G).

PERSPECTIVAS

La importancia de establecer un programa de mejoramiento para la selección de clones de alta producción, que garanticen la uniformidad y la calidad de la fruta requeridas por la industria y el consumo en fresco, para el establecimiento de cultivos uniformes con características deseables se hace prioritario. Son fundamentales los programas de mejoramiento convencional complementados con la utilización de los sistemas in vitro mediante la propagación a partir de yemas apicales, segmentos nodales y embriogénesis somática. La creación de variedades, concretamente para el control de la enfermedad conocida como clavo de la guayaba, la antracnosis y la roya, son esenciales. Para la tecnificación de los cultivos, se recomienda la búsqueda de árboles de porte medio con copa ancha con el fin de facilitar la recolección de los frutos y el control de plagas.

La capacidad de producir plantas mejoradas por la ingeniería genética para la obtención de clones resistentes es una alternativa de enorme importancia para el mejoramiento genético del cultivo de la guayaba. Para controlar la incidencia de plagas como el gorgojo de la guayaba y las moscas de la fruta se recomienda estudiar algunos metabolitos secundarios que, eventualmente, pueden generar mecanismos de defensa contra el ataque, por tanto, es necesario realizar estudios de transformación genética.

REFERENCIAS

- Acofarma. (2007). Eugenol. En: <http://www.acofarma.com/pdf/htm/e032.htm>. Consultado en septiembre de 2007.
- Adsule, R. N., Kadam, S. S. (1995). Guava. En: *Handbook of fruit science and technology: production, composition and technology*. Salunkhe, D. K., Kadam, S. S., Dekker, M. (eds.), (pp. 419-433). Nueva York: Dekker.

- Akthar, N., Jaiswal, V. S. (1995). Rapid multiplication of *Psidium guajava* L. through recurrent embryogenesis. En: All India Symposium on Recent Advances in Biotechnological Application of Plant Tissue Culture, Mysore. CFTRI, Mysore. (Abstract).
- Akthar, N., Kumari, N., Pandey, S., Ara, H., Singh, M., Jaiswal, V. S., Jain, S. M. (2000). Somatic embryogenesis in tropical fruits trees. En: Jain, S. M., Gupta, P. K., Newton, R. J., (eds). Somatic embryogenesis in woody plants. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. (6). pp.93-140.
- Akthar, N. (1997). Studies on induction of somatic embryogenesis and production of artificial seeds for micropropagation of a tropical fruit tree guava (*Psidium guajava* L.). Unpublished PhD. thesis, Banaras Hindu University, Varanasi. 203p. En: Mohan Jain, S., Gupta Pramond, Newton Ronald. (eds.). Somatic Embryogenesis in Woody Plants. Vol. 6. Kluwer Academic Publishers. pp.119.
- Amaro, A. A., Prates, H. S., Pereira, M. T., Falaguasta, V. P. (1986). A cultura da goiabeira. São Paulo. IEA. 47p.
- Amin, M. N., Jaiswal, V. S. (1987). Rapid clonal propagation of guava through in vitro shoot proliferation on nodal explants of mature trees. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. (9). pp.235-243.
- Amin, M. N., Jaiswal, V. S. (1988). Micropropagation as an aid to rapid cloning of guava cultivar. Scientia Horticulturae. (36). pp.89-95.
- Amin, M. N., Jaiswal, V. S. (1989a). In vitro propagation of guava (*Psidium guajava* L.): effects of sucrose, agar and pH on growth and proliferation of shoots. Bangladesh Journal of Botany. (18). pp.1-8.
- Amin, M. N., Jaiswal, V. S. (1989b). Effects of phloroglucinol, sucrose, pH and temperature on in vitro rooting of guava (*Psidium guajava* L.) microcuttings. Bangladesh Journal of Botany. (18). pp. 129-139.
- Amin, M. N. (1987). In vitro clonal propagation of guava (*Psidium guajava* L.) and jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). PhD. thesis, Banaras Hindu University. Varanasi.
- Anon. (1976). Wealth of India. Vol. X. Raw Materials. 2nd edn. Publication and Information Directorate. CSIR. New Delhi. pp. 93-107.
- Aponte, C. E. (1968). El cultivo de la guayaba en Puerto Rico. Caribb. Agric. (1): 199-215.
- Arango, T. F. (1967). Cultivo y aprovechamiento de la guayaba. Trabajo de grado. I.A. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. (Mimeografiada). Bogotá-Colombia. 58 p.

- Chapman, E. (1947). Chromosome numbers in *Myrtaceae*. *Amer. Jr. Bot.* (34). 159p.
- Dasgupta, V. R. (1959). Studies on blossom biology of guava (*Psidium guajava* L.). *Indian J. Hort.* Vol. 16. pp. 69-75.
- Dasgupta, V. R., Rangaswami, G. (1959). Parthenocarpy in guava induced by pollen hormone. *Current Science*, 28(10):413.
- Durand, J. L., Estanove, P. (1967). La goyave aux Antilles. *Frutis*, 22:397-412.
- Escobar, G., Ocampo, L. A., Barrios, J. L., Polanía, O., Pérez, N. (2004). Identificación y selección de materiales nativos de guayaba común (*Psidium guajava*), y transferencia en el manejo agronómico del cultivo en los departamentos del Tolima y Huila. Programa Nacional de transferencia tecnológica (Pronata). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Publicación de Corpoica. Centro de Investigación Nataima, Colombia: El Poirá Ediciones e Impresiones S.A.
- Fernández, B. M. (2001). Biología floral del guayabo (*Psidium guajava* L.) en la planicie de Maracaibo, Zulia, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 18:41-55.
- Gonçalves, T. (1970). Ensaio de controle do besouro amarelo *Castalimaitia ferruginea Vulgata* (Coleoptera Chrysomelidae) em goiabeira, com o emprego de novos praguicidas. *O Biológico*, 36:79-82.
- Las Casas de la, B. (1909). Apologética historia sumaria quanto a las cualidades, dispusición, y condiciones naturales, policias republicas, maneras de vivir e costumbres de las gentes destas Indias occidentales y meridionales, cuyo imperio soberano pertenece a los reyes de Castilla. En Serrano y Sanz, *Historiadores de Indias* (pp. 32). Tomo I.
- Hendler, W. H. (1962). Frutales de hojas perenne. Traducción. 2.ª ed. inglesa por J. L. de La Loma. México: Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana.
- Reza de León. (1984). Obras completas. Tomo I: Las guerras civiles peruanas. Edición crítica, notas, comentarios e índices, estudios y documentos adicionales, por Carmelo Sáenz de Santa María. Monumenta Hispano-Indiana. V centenario de América. CSIC. Instituto Gonzalo Fernández de Oviedo. Madrid: Artes Gráficas Clavileño.
- Recepción, O., Nápoles Lelurllys, Pérez, A., Peralta, N., Trujillo, R. (2004). Regeneración de brotes adventicios en hojas de guayaba (*Psidium guajava* L.) cultivadas in vitro. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 6(2):54-61.

- Corpoica. (2006). Preguntas frecuentes sobre frutales. En: http://www.corpoica.org.co/Libreria/libropreg.asp?id_libro=6&id_capitulo=5 Consultado el 6 de diciembre de 2007.
- D'Cruz, R., Rao, C. B. (1962). Cytogenetic studies in two guava aneuploides. *J. Ind. Bot. Soc.*, 41: 316-321.
- De Aguado, P. (1917). Historia de Santa Marta y Nuevo Reino de Granada. Tomo II. Prólogo, notas y comentarios de Jerónimo Becker. Publicaciones de la Real Academia de la Historia. Madrid: Establecimiento tipográfico de Jaime Ratés.
- De Trujillo, D. (1948). Relación del descubrimiento del Reino del Perú. Edición, prólogo y notas de Raúl Porras Barrenechea. Publicaciones EEHAS de Sevilla, XLVIII (No. General). Imprenta de la EEHA. Sevilla. Serie 7ª. No. 4. pp. 46-47.
- Dodake, S. S., Dhonukshe, B. L. (1998). Variability in floral structure and floral biology of finger millet (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn.). *Indian J. Genet.*, 58:107-112.
- Escobar, E. (1981). Claves botánicas. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Farfán, P. D., Insuasty, O., Casierra, F. (2004). Distribución espacio-temporal y daño causado por *Pestalotia versicolor* Speg en el fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.) en la hoya del río Suárez. Corpoica, Cimpa, Fontagro, UPTC. Barbosa, 5-7 octubre de 2004. En: http://www.fontagro.org/Projects/01_21_Guayaba/SEGUNDO%20ENCUENTRO%20BINACIONAL%20COLOMBIA%20VENEZUELA/pp_farfan_burbano_casierra.pdf Consultado en diciembre de 2007.
- Fontagro. (2007). Desarrollo tecnológico para el manejo poscosecha de la guayaba en Colombia y Venezuela. En: Informe de seguimiento técnico de los proyectos financiados por fontagro. En: http://www.fontagro.org/Projects/01_21_Guayaba/2006_ISTA_01_21.pdf Consultado en diciembre de 2007.
- Francis, J. K. (1990). *Syzygium jambos* (L.) Alst. Rose apple. *Myrtaceae*. Myrtle family. Inst. of Tropical Forestry. United States Department of Agriculture. 4 p.
- Frutas y hortalizas. 2007. Las moscas de las frutas. En: <http://www.frutasyhortalizas.com.co/portal/includej/mosca.php>
- Fuentes y Guzmán, F. A. (1972). Obras históricas de Don... Tomo I. Edición y estudio preliminar de Carmelo Sáenz de Santa María. BDAE. CCXXX, CCLI, CCLIX. Madrid: Ediciones Atlas. Aldus Valverde. 1969.

- Hirano, R. T., Nakasone, H. Y. (1969). Chromosome numbers of ten species and clones in the genus *Psidium*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 94:83-86.
- Jagtiani, J., Chan, H. T., Sakai, W. (1988). Guava. En: *Tropical Fruit Processing* (pp. 20-21). Academic Press INC. USA.
- Jaiswal, V. S., Amin, M. N. (1992). Guava and jackfruit. In: Hammerschlag, F. A., Litz, R. E., (eds.), *Biotechnology of perennial fruit crops* (pp. 421-431). Wallingford, UK: CAB International.
- Jaiswal, V. S., Amin, M. N. (1987). In vitro propagation of guava from shoot cultures of mature trees. *Journal of Plant Physiology*, 130:7-12.
- Kumar, L. S. A., Ranade, S. G. (1952). Autotriploidin guava (*P. guajava*) Carr. En: Nel, R. I. *Strengthening the fruit industry*. Farm. In South Africa. Vol. 24. Sci. (21): 75-76.
- Kunishi, A. T., Seale, P. E. (1961). Recovery of some volatile components from mango and guava. *Tech. Poro. Rep.* pp. 128.
- Lee, W. H. (1992). Sáquele jugo a sus frutas y verduras y mejore su salud. Cali, Colombia: Norma.
- León de Sierralta, S. L., Arenas, L., Vitoria, Z. (1997). Efecto de la exposición solar de las plantas donantes en la iniciación del cultivo in vitro de guayabo (*Psidium guajava* L.). *Rev. Fac. Agron.*, 14:43-55.
- Lim, T. K., Manicom, B. Q. (2003). Diseases of Guava. En: Ploetz, R. C. (eds.), *Diseases of tropical fruits crops* (pp. 275-289). Cambridge: CABI Publishing.
- Loh, C. S., Rhao, A. N. (1989). Clonal propagation of guava (*Psidium guajava* L.) from seedling and grafted plants and adventitious shoot formation in vitro. *Scientia Horticulturae*, 39:31-39.
- Lloyd, G., McCown, B. (1980). Combined Proceedings of the International Plant Propagators Society. 30:421-427.
- Lozano, C. J., Toro, J. C., García, R., Tafur, R. (2002). *Fruticultura colombiana. Manual sobre el cultivo del guayabo en Colombia*. Cali, Colombia: Litografía Autónoma del Valle Lavalte Ltda.
- Marcgrave, J. (1942). *História natural do Brasil*. Tradução de Mons. José Procopio de Magalhães. Edição dirigida por Aftoso de E. Tauna. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado. Medina, J. C., García, L. M., Kato, K., De Martín, Z., Viera, L. F., Ernesto, O. V. (1978). *Goiaba-Da cultura au procesamento e comercialização*. Campinas: ITAL.

- Méndez Ferrao, J. 1998. A aventura das plantas e dos descubrimentos portugueses. Maputo: Instituto de Investigação Científica Tropical. Archivo Histórico de Moçambique.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2004. Anuario estadístico de frutas y hortalizas. Frutas y Hortalizas 2001-2003. Cultivos transitorios y permanentes 2001-2003 y sus calendarios de siembras y cosechas. Bogotá: Dirección de Política Sectorial. Tecnigraphicos Impresos y Máquinas-EAT.
- Mitra, S. K., Bose, T. K. (1990). Fruits, tropical and subtropical. Guava. Calcuta: Naya Prokash.
- Mordue, J. E. (1969). *Pestalotiopsis psidii*. CMI Descriptions of pathogenic fungi and bacteria. Kew, UK: Commonwealth Mycological Institute.
- Mortesen, E., Bullard, E. T. (1964). Horticultura tropical y subtropical. Traducción. México: Agencia para el Desarrollo Internacional-AID.
- Mukhopadhaya, T. P., Sen, S. K. (1988). Propagation of horticultural crops. Guava. Calcuta: Naya Prokash.
- Murashige, T., Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Plant Physiology*, 15:473-497.
- Naik, K. O. (1963). South Indian fruits and their culture. Madrás: Varadachary.
- Nalawadi, U. G., Farooqi, A., Narayana, A., Reddy, G., Nalini, A. S. (1973). Studies on the floral biology of guava (*Psidium guajava* L.) variety Lucknow-49 (Sardar). *Mys. J. Agric. Sci*, 7:24-37.
- Ochse, J. J., Soule, J., Dijkman, M. J., Wehlburg, C. (1961). Tropical and subtropical agricultura. Vol. 1. New York: The MacMillan Company.
- Ordúz, J. O., Rangel, J. A. (2002). Frutales tropicales para el piedemonte llanero. *Manual de asistencia técnica No. 8*. Villavicencio-Colombia: Corpoica-Pronata.
- Orlando, A., Sampaio, A., Carvalho, A., Scaranavi, H., Arruda, H. (1974). Notas sobre o gorgulho das goiabas *Conotrachelus psidii* Marshall, 1922 (Coleoptera: Curculionidae) e experimentos de combate. *Biológico*, 10:281-289.
- Oviedo y Valdés, G. F. (1959). Vida y escritos de Gonzalo Fernández de Oviedo y Valdés. Primera parte. Edición y estudio preliminar de Juan Pérez de Tudela Bueso, BDAE. Tomos 117 - 121. Ediciones Atlas, Gráficas Orbe. S. L., T. I. clxxvi. T. II. pp. 374.
- Paiva, L. (1997). *Myrtaceae*. En Castroviejo, S., Lainz, M., López, G., Montserrat, P., Muñoz, F., Paiva, J., Villar, L. (eds.). Flora Ibérica. Plantas vascula-

- res de la península Ibérica e islas Baleares (pp. 73-74) Tomo 8. Real Jardín Botánico. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. En: <http://www.rjb.csic.es/floraiberica/>
- Papadatou, P., Pontikis, C. A., Epthimiadou, E., Lydaki, M. (1990). Rapid multiplication of guava seedlings by in vitro shoot tip culture. *Scientia Horticulturae*, 45:99-103.
- Patiño, V. M. (2002). Historia y dispersión de los frutales nativos del neotrópico. Palmira, Colombia: Publicación CIAT.
- Pereira, F. M., Martínez, J. M. (1986). Goiabas para industrialização. São Paulo: Jaboticabal ed. Legis Summa.
- Pontikis, C. A. (1996). *Psidium guajava* L. (Guava). In: Bajaj, Y. P. S. (ed.). *Biotechnology in Agriculture and Forestry IV* (pp. 309-320). Vol. 35, Trees. Berlin: Springer Verlag.
- Purseglove, J. M. (1968). Tropical crops, Dicotyledons 2. John Wiley and Sons, New York. USA. Vol. 2:719.
- Ramírez-Villalobos, M. del C., Salazar-Yamarte, E. G. (1998). In vitro culture of guava (*Psidium guajava* L.) immature embryos. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 15:211-221.
- Ribeiro, I. J. A., Pommer, C. V. (2004). Breeding guava (*Psidium guajava*) for resistance to rust caused by *Puccinia psidii*. *Acta Horticulturae*, 632:75-78.
- Ríos-Castaño, D., Salazar, R. (1976). Guayaba. Frutales Vol. III. Bogotá-Colombia: Publicaciones del ICA.
- Rodríguez, N. J., Robbs, C. F., Yamashiro, T. (1987). A bacterial disease of guava (*Psidium guajava* L.) caused by *Erwinia psidii* sp. Nov. *Fitopatologia brasileira*, 12:345-350.
- Ronald, A. (1998). Frutoterapia: el poder curativo de 105 frutos que dan la vida. Madrid, España: Ediciones libertarias.
- Rosa, J. N. (1945). Floresta de la santa iglesia catedral de la ciudad y provincia de Santa Marta. Barranquilla, Colombia: Publicaciones de la Biblioteca Departamental del Atlántico. Empresa Litográfica S.A.
- Ruehle, G. D. (1971). Merece atención el cultivo de la guayaba. *Carta Agraria*, 250:3-6.
- Rugini, E. (1984). In vitro propagation of some olive (*Olea europaea sativa* L.) cultivars with different root ability, and medium development using ana-

- litical data from developing shoots and embryos. *Scientia Horticultural*, 24:123-134.
- Ruiz de Arce, J. (1933). Relación de los servicios de Indias, conquistador de Perú. En: *Boletín de la Academia de Historia*, N.º 102. Madrid. 27 p.
- Sampaio, A. S. (1975). O gorgulho das goiabas. O Estado de São Paulo. São Paulo: Suplemento Agrícola.
- Schomburgk, R. (1922). Richard Schomburgk's travels in Britain Guiane (1840-1844). Georgetown. Daily Chronicle. Office. Vol. I.4, xxxviii, 8.
- Siap. (2007). En: <http://www.siap.gob.mx/> Consultado en septiembre de 2007.
- Siddiqui, Z. M., Farooq, S. A. (1996). Role of anti-oxidants in the elimination of phenolic compounds from the in vitro cultures of *Psidium guajava* L. *Advances in Plant Sciences*, 9:155-158.
- Silveira, S. E. (1874). Relação summaria das cousas do Maranhã. Dirigida aos pobres deste reino de Portugal (Lisboa, Geraldo da Vinha, 1624 en: Mendes de Almeida, II, pp. 29.
- Singh, S. K., Meghwal, P. R., Sharma, H. C., Singh, S. P. (2002). Direct shoot organogenesis on hypocotyl explants from in vitro germinated seedlings of *Psidium guajava* L. cv. Allahabad Safeda. *Scientia Horticulturae*, 95(3):213-221.
- Soto, T. (1965). El cultivo de la guayaba en Puerto Rico. *Rev. Agric. Puerto Rico*, 52:120-125.
- Soubihe Sobrinho, J., Gurdel, J. T. (1962). Taxa de panmixia na goiabeira (*Psidium guajava* L.). *Bragantia*, 21(2):15-20.
- Soubine Sobrinho, J. (1951). Estudos básicos para melhoramento da goiabeira *Psidium guajava* L. Piracicaba: ESALQ.
- Soubine Sobrinho, J. (1956). Instrução prática para a cultura da goiabeira. São Paulo: Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo.
- Srivastava, R. P. (1974). Studies on flowering habit, blooming period, anthesis, dehiscense and pollen grain of *Psidium guajava* L. varieties Apple Colour, Chittidar and Red Fleshed. *Progressive Horticulture Indian*, 6:71-77.
- Tahseen, U., Farid, U. W., Masood, A., Farhad, A., Mohib, U. K., Masood, A. (2005). A break thought in Guava (*Psidium guajava* L.) propagation from cutting. *Asian Journal of Plant Sciences*, 4(3): 328-243.
- Tejera, E. (1951). Palabras indígenas de la isla de Santo Domingo. Con adiciones hechas por Emilio Tejera. Santo Domingo: Editorial La Nación.

- Tirado, A., Perea, M., Matallana, L. (2005). Estrategias biotecnológicas para el mejoramiento del cultivo de la guayaba (*Psidium guajava* L.). Fondo Nacional Hortifrutícola de Colombia, FNFC, Asohofrucol. Informe técnico.
- Tokeshi, H., Valdenvito, R. M., Dias, A. S. (1980). Ocorrenca de bacteriose de goiabera no Estado de São Paulo. *Summa-Phytopathologica*, 6:85-87.
- Torre-Miranda, A. (1794). Noticia individual de las poblaciones nuevamente fundadas en la Provincia de Cartagena, la más principal del Nuevo reino de Granada. Por el teniente coronel de infantería agregado al Estado Mayor de Puerto de Santa Marta. Cartagena-Colombia: Impreso por D. Luis de Luque y Leiva.
- Universidad de Antioquia. (2007). Pulpas de frutas tropicales: Guayaba (*Psidium guajava*). En: <http://huitoto.udea.edu.co/FrutasTropicales/guayaba.html> Consultado en diciembre de 2007.
- Vidal, G. M., Abello, J. (2007). Tratamiento con vapor caliente en pitahaya (*Selenicereus megalantus*, Haw) contra las moscas del Mediterráneo y suramericana. En: <http://www.ica.gov.co/servicios/PRFitisanitarios/TCuarentenarios/pitaya.asp>
- Vilchez, J. A., Albany, N. R., Gómez, R., García, L. (2005). Inducción de embriogénesis somática en *Psidium guajava* L. a partir de embriones zigóticos. *Revista Facultad de Agronomía*, 19:284-293.
- Vilchez, J. A. (2008). Embriogénesis somática *Psidium guajava* L. (Comunicación personal).
- Wit, H. C. D. (1986). Plantas superiores. Barcelona-España: Seix Barral, S.A.