

Estudio Anatómico y de los Procesos de Crecimiento del Fruto del Guayabo (*Psidium guajava* L.)¹

EMIRA GARCES DE GRANADA²

RESUMEN. Los frutos del guayabo son el resultado del crecimiento del receptáculo y el ovario. La pulpa del fruto o sea la parte comestible tiene su origen en las paredes de los carpelos que conforman el ovario. El incremento en el volumen o crecimiento del pericarpio de *Psidium guajava* L. se debe, en los primeros estadios de desarrollo del fruto, a multiplicación celular y posteriormente a alargamiento y rompimiento de paredes de muchas células, como también, al alargamiento radial de las células que rodean tanto los haces conductores como las esclereidas y los canales de aceite.

ABSTRACT. The guajava's fruits are the result of the receptacle and the ovary growth. The fruit pulp, that is to say, the eating part has its origin in the carpel walls that constitute the ovary. The volume increment or pericarp growing of *Psidium guajava* L. is due, in the first instars of fruit development, to the celular multiplication and posterior enlargement and breaking of many celular walls, as well as to the radial enlargment of the cells which are localized around the fluid conducting vessels, esclereids and oil canals.

INTRODUCCION

Psidium guajava L. (en Colombia N.v. "guayabo") es una de las especies más conocidas de las mirtáceas tropicales. Es originaria de América Tropical. Fue introducida a los

tropicos del Viejo Mundo donde se ha extendido considerablemente.

El guayabo es un arbolito de más o menos 6 metros de altura. Los troncos son tortuosos (raras veces rectos), la madera dura y pesada pero de poco diámetro. Las hojas son simples, elípticas u oblongas, opuestas, pubescentes por el envés y glabras por el haz, lisas y brillantes.

El follaje nuevo es, con frecuencia, rosado y se torna luego verde. Las flores son bisexuales solitarias o agrupadas en pequeño número en las axilas de las hojas de reciente formación. El cáliz y la corola son pentámeros. Los sépalos son persistentes y los pétalos caedizos. El androceo presenta numerosos estambres. El ovario es ínfero, consta de 5 lóculos y termina en un estigma peltado. (Purseglove, 1974; Torres, 1983).

Como una de las características más conspícuas puede señalarse la presencia de felógeno permanentemente activo en el tronco y en las ramas viejas, el cual forma estratos de súber o corcho de color rojizo que se desprenden continuamente. (Castaño, 1977; Kennard, 1963; Torres, 1983).

Si bien el fruto del "guayabo" ha sido estudiado desde el punto de vista químico, desde el punto de vista anatómico y de su desarrollo, es completamente desconocido. Por este motivo, el presente trabajo pretende: Estudiar las características de los tejidos de los frutos de *Psidium guajava* L., su distribución en los diferentes sectores que conforman el fruto y la diferenciación de los tejidos a través del desarrollo y maduración.

Desde el punto de vista económico, este estudio se justifica por cuanto los frutos del guayabo constituyen una fuente barata y altamente eficiente de vitamina C, que se conserva en los productos elaborados como jaleas y mermeladas. Contiene, además, vita-

¹ Este trabajo hace parte del proyecto "Estudio anatómico y de los procesos de crecimiento y desarrollo de frutos tropicales de importancia económica", financiado por COLCIENCIAS y la Universidad Nacional de Colombia.

² Profesora Asistente, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

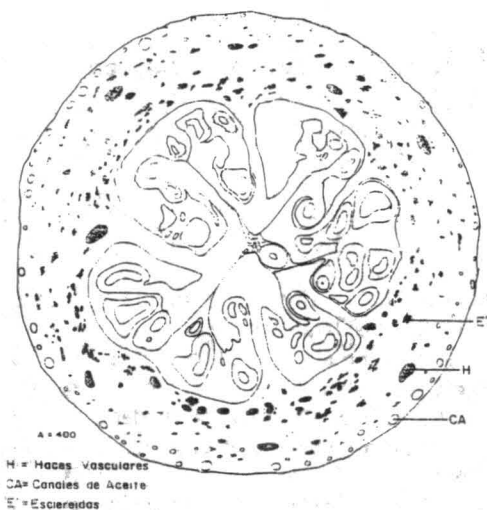


Figura 1. Corte transversal de ovario (*Psidium guajava* L.).

minas A y B, aparte de grasas y proteínas. Son ricos en hierro, con alto contenido de fósforo y calcio y fuente de aceites esenciales, y taninos. La fruta es comestible y agradable y antes de madurar se usa como anti-diarreico (Secab 1983; Torres, 1983).

En Colombia, las zonas productoras de guayaba están ubicadas en los Departamentos de Atlántico, Boyacá, Cundinamarca, Huila, Santander, Magdalena y Valle del Cauca, siendo las de Santander y Boyacá las que, actualmente, registran la mayor producción, tanto de guayaba como de productos elaborados con esta fruta (Castaño y Salazar, 1977).

En Colombia, la guayaba, en las hojas, es atacada por el hongo *Capnodium* sp. que produce la fumagina. Cuando esto sucede, las hojas muestran aspecto carbonoso. De la misma manera, los frutos presentan costras, cuando sufren antracnosis causada por el hongo *Collectotrichum gloeosporoides* Penzing. Las moscas *Anastrepha stricta* Sch. y *Anastrepha frateeculus* Wied. atacan los frutos del guayabo (Olarde, 1972, 1980).

MATERIALES Y METODOS

Se hicieron observaciones de árboles ubicados en los municipios de Mariquita y Fresno (Tolima), con el objeto de observar caracte-

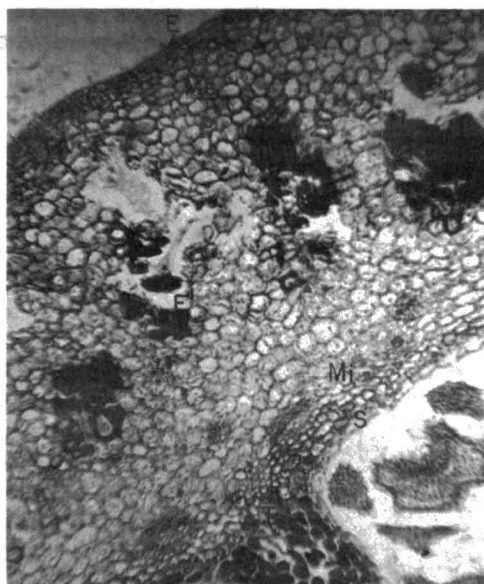


Figura 2. Sección transversal de la pared del ovario de *Psidium guajava* L. (capullo floral de 6 mm de diámetro) 40 X. E. Células de la epidermis, Me (Meristemo externo). Células meristemáticas que originan hacia dentro células parenquimáticas, P. Células parenquimáticas de contornos poligonales o redondeados, E'. Células esclerenquimáticas, Mi. Meristemo interno que da lugar al parénquima y a grupo de esclerenquima, S. Papilas, T. Taninos.

rísticas morfológicas externas. Se procedió a tomar muestras de diferentes estadios de desarrollo del fruto, desde capullo floral hasta la madurez.

Este material se fijó en formol-alcohol y ácido acético FAA y se procesó en el Laboratorio de Microtecnia del Departamento de Biología, según la técnica descrita por Roth (1964).

Se realizaron cortes a mano alzada para observaciones sobre tipo de tejidos y su distribución. Posteriormente se realizaron cortes más finos para dibujos y fotografías. Los cortes fueron coloreados con safranina-fast-green de acuerdo a la técnica de Roth (1964).

RESULTADOS

Estudio de capullo floral.

Corte transversal a nivel de ovario; 6 mm de

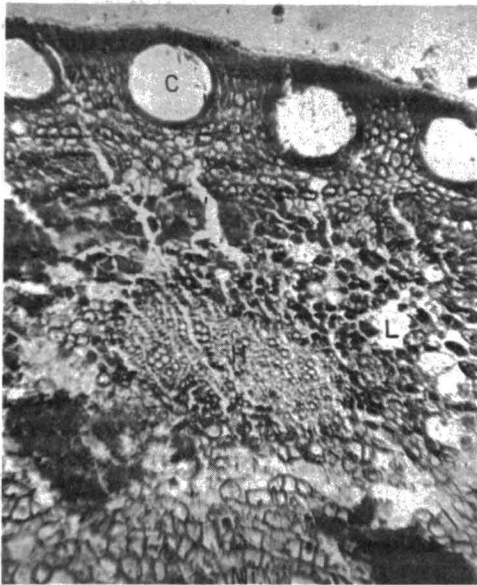


Figura 3. Vista de un corte transversal del ovario de *Psidium guajava* L. (capullo floral 6 mm de diámetro) 40 X. C. Canales de aceite. E'. Células esclerenquimáticas. H. Haces conductores. L. Lagunas de lumen vacío y de forma irregular. Mi (Meristemo interno). Meristemo que da lugar a parénquima y a grupos de esclerénquima.

diámetro. Ovario con 5 lóculos y placentación axilar (Figuras 1 y 2). La pared del ovario está limitada hacia afuera por una epidermis con cutícula más o menos espesa, células cuadrangulares con tendencia a alargarse anticlinalmente, que se disponen apretadamente sin espacios intercelulares (Figura 2E). En corte superficial se observan estomas de tipo anomocítico.

Hacia el interior, por debajo de la epidermis, se encuentran cinco capas de células meristemáticas rojas y pequeñas que se dividen anticlinal y periclinalmente (Figuras 2 Me). Estas células poco a poco se diferencian y originan hacia el interior células parenquimáticas de contornos poligonales o redondeadas, isodiamétricas, cada vez más grandes hacia el interior (Figura 2 P).

Inmediatamente por debajo de la epidermis, se encuentran grandes cavidades de contornos circulares y contenido traslúcido, rodeados de cuatro capas de células angostas y fuertemente alargadas, cuyo contenido

protoplasmático denso y de naturaleza glandular, muestra finidad por los colorantes.

Las cavidades mencionadas son de origen esquizolisígeno por cuanto surgen de grupos de células fácilmente diferenciables de las células circundantes que se dividen y finalmente se rompen para dar lugar a los mencionados espacios (Figura 3C).

Hacia el interior se observa que el parénquima se interrumpe por grupos de células esclerenquimáticas de contornos poligonales y paredes fuertemente engrosadas. A este grupo de células se debe la consistencia áspera característica del mesocarpio de la guayaba (Figuras 2 y 3 E'). Estas células están rodeadas de parénquima, algunas de cuyas células presentan divisiones y agregan nuevas capas al mismo parénquima.

La mitad interior de la pared del ovario está formado, en su mayor parte, por tejido parenquimático interrumpido por lagunas de lumen vacío y de forma irregular (Figura 3 L). En este mismo parénquima se hallan inmensos haces conductores. El xilema está constituido por traqueidas de paredes engrosadas espiralmente, rodeadas por el floema configurado por dos capas de células de paredes ligeramente engrosadas (Figuras 1 y 3 H).

Hacia el interior de la pared del ovario, en la zona próxima a la epidermis interior, se encuentra una zona meristemática de seis capas de células. De estas capas, la segunda y la tercera muestran mayor actividad mitótica y están diferenciadas a su vez en un meristemo que da lugar al parénquima y a los grupos de esclereidas. Estas dos capas representan divisiones periclinales (Figuras 2 y 3 Mi) De trecho en trecho, el meristemo se ensancha y forma hacia dentro protuberancias a manera de papilas, producidas por divisiones anticlinales y por el alargamiento radial de las células de la epidermis interna (Figura 2 s).

En la zona donde parten los tabiques que separan los lóculos, el meristemo interno se estrecha y se diferencia paulatinamente hacia el centro del tabique, dando lugar a una zona central parenquimatosa, rica en células redondeadas repletas de una sustancia que se tiñe de rojo intenso con zafranina, probablemente taninos (Figura 2 T). A partir de

este estadio se observan numerosas drusas de oxalato de calcio, tanto en las placentas como en los tabiques.

Corte transversal de 9 mm de diámetro.

En este estadio las células de la epidermis se han alargado en sentido radial. Hacia el interior siguen cinco capas de células con tendencia al alargamiento en el mismo sentido cuyo contenido se tiñe de rojo intenso y muestra actividad meristemática. Las divisiones ocurren predominantemente en sentido anticlinal. El tamaño de las células de estas capas aumenta hacia el interior. Más adentro, se observan lagunas formadas por reabsorción de conjuntos compactos de células claramente diferenciadas de las de los contornos por sus contenidos más densos. La reabsorción de las células ocurre paulatinamente, al final se fusionan las cavidades lisi-génicas resultantes (Figuras 4C y C'). En medio de una y otra cavidad, se observan células con protoplastos intensamente teñidos y plasmolizadas (Figura 4 T).

Inmersas en el parénquima se observan esclereidas hexagonales de paredes fuertemente engrosadas de lumen pequeño. Estas esclereidas son de tamaños diferentes y presentan numerosas punteaduras. Las esclereidas aumentan en número a medida que avanza el desarrollo del fruto; en cambio el lumen se reduce y finalmente desaparece (Figura 5 E'). En este mismo sector se observan pocas drusas de oxalato de calcio (Figura 4 D).

Corte transversal de fruto de 1.1 cm de diámetro.

En este estadio las células de la epidermis continúan alargándose en sentido radial y se tiñen intensamente. Las células de las cinco capas subadyacentes también continúan alargándose en sentido radial o anticlinal. Aparecen, así mismo, nuevas lagunas de origen esqueizolisigénicas, rodeadas por células alargadas en posición tangencial. En esta misma región se encuentran dispersas drusas de oxalato de calcio, aunque en menor proporción a las observadas en tejido placenta-

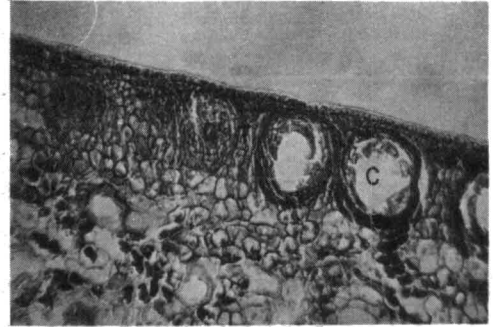


Figura 4. Vista de un corte transversal de fruto de *Psidium guajava* L. (9 mm de diámetro) 40X.

- C. Cavidades lisi-génicas formadas.
- C'. Proceso de formación de las cavidades donde se observan diferentes estadios.
- D. Drusas de oxalato de calcio.

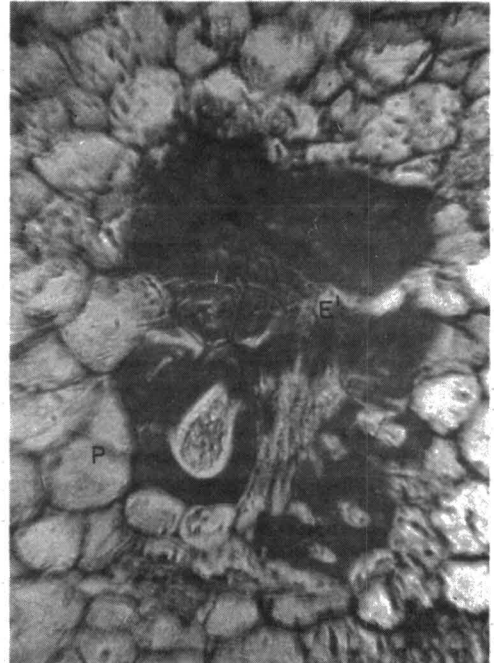


Figura 5. Vista de un corte transversal del fruto de *Psidium guajava* L. (9 mm de diámetro) 100X.

- E'. Esclereidas en diferentes etapas de diferenciación. Las paredes engrosadas aparecen teñidas de rojo intenso.
- P. Células de parénquima que rodean las esclereidas; algunas presentan divisiones.

rio. Hacia el interior se encuentran varias capas de células parenquimáticas que aumentan de tamaño en el mismo sentido y muestran la tendencia a alargarse anticlinalmente.

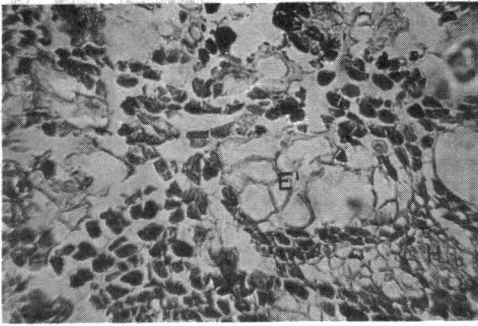


Figura 6. Vista de un corte transversal del fruto de *Psidium guajava* L. cuando mide 1.1 cm de diámetro. 160X.

E' Células sin contenido protoplasmático que dan origen a nidos de esclereidas.
H Haces conductores.

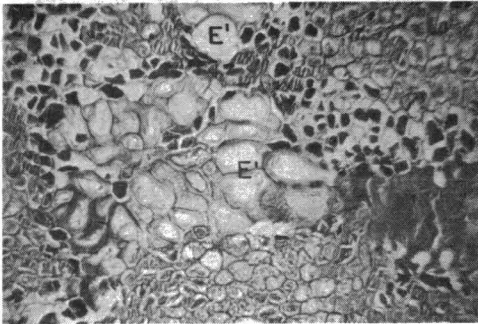


Figura 7. Vista de un corte transversal del fruto de *Psidium guajava* L. (1.5 cm de diámetro) 160X.
E' Conjunto de esclereidas en diferentes estados de diferenciación, rodeadas por células teñidas de rojo.

Inmersas en este parénquima se encuentran conjuntos de esclereidas en distintas etapas de desarrollo y conjuntos de células muy grandes sin contenido protoplasmático, pero cuyas paredes se engrosan fuertemente; en algunos de estos conjuntos se observa el surgimiento de nuevas esclereidas (Figuras 6 y 7 E'). Inicialmente, las células de los conjuntos en referencia presentan grandes vacuolas centrales y paredes relativamente delgadas que no muestran mayor afinidad a los colorantes (Figuras 6E' y 7E').

En este mismo parénquima, se encuentran haces conductores que han aumentado de tamaño. De la misma manera, los haces vas-

culares están rodeados tangencialmente, por células fuertemente teñidas de rojo (tanino) (Figura 6 H).

De las seis capas de células contiguas a la epidermis interior, las tres más externas han dado origen a nuevos conjuntos de esclereidas, mientras que las tres más internas se han alargado tangencialmente y aún se observan divisiones periclinales.

Los septos de origen placentario aparecen ya configurados por unas 15 capas de células parenquimatosas pequeñas alargadas radialmente. Algunas de estas capas muestran células mitóticamente activas.

Corte transversal de un fruto de 1.5 cm de diámetro.

En este estadio de desarrollo del fruto, las células de la epidermis continúan dividiéndose anticlinalmente y alargándose en sentido radial.

El espesor del parénquima subepidermal ha aumentado como resultado del incremento en cantidad de capas de células y por el alargamiento radial de las mismas. En este parénquima, continúa el proceso ya descrito de formación de cavidades esquizolisigénicas de contornos circulares rodeadas siempre de una capa de células pequeñas en sentido tangencial. Estas células llevan taninos a juzgar por la coloración que muestran sus contenidos. Hacia el interior (parénquima interno) las células continúan con predominio de esta última modalidad.

Este parénquima, en distintos sitios, aparece interrumpido por conjuntos de células que dan origen a esclereidas (Figura 7 E'). No se observa la formación de nuevos haces conductores, pero las células de los ya existentes aumentan de tamaño. A este nivel, las células que rodean los heces presentan menor contenido de tanino, aunque persiste la actividad mitótica (periclinal) y la tendencia al alargamiento.

De la misma manera, las células que rodean los conjuntos que originan esclereidas se organizan tangencialmente y mientras algunas presentan divisiones periclinales otras lo hacen anticlinalmente. Las capas de parénquima contiguas a la epidermis interior, aún

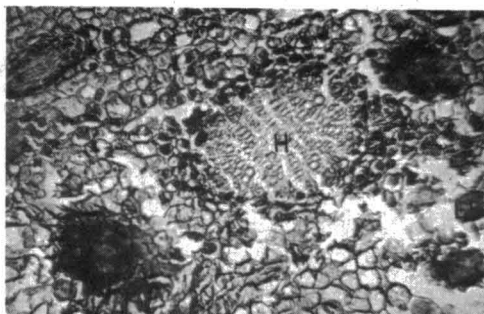


Figura 8. Vista de un corte transversal de fruto de *Psidium guajava* L. cuando mide 1.8 cm de diámetro. 160X.

E' Conjunto de esclereidas y células que dan origen a nuevas esclereidas.

H Haz vascular.

muestran divisiones anticlinales y periclinales. Entre tanto las células que conforman la epidermis interior se han alargado.

Corte transversal de fruto de 1.8 cm. de diámetro.

A partir de este estadio es ostensible el comienzo del proceso de maduración. En este estadio, se observa una zona celular subepidérmica, compacta, colenquimática e interrumpida por series continuas de cavidades que contienen aceite.

El parénquima del mesocarpo presenta, de trecho en trecho, conjuntos de células grandes aparentemente sin contenido, cuyas paredes se engrosan paulatinamente, toman coloración rosada y se diferencian, posteriormente, en nuevas esclereidas (Figura 8 E').

Las células que rodean los conjuntos esclerenquimáticos y los haces tienden a alargarse radialmente y, en algunas, se observan divisiones periclinales. En este estadio, las células que conforman la epidermis interior muestran menor actividad mitótica, a excepción de aquellas de la parte que continúa hasta los septos placentarios donde se observan divisiones anticlinales (Figura 9 T). El parénquima placentario ha proliferado hasta llenar los lóculos y engolfar las numerosas semillas. Este parénquima muestra zonas de gran actividad mitótica (Figura 10 PP). Hacia la periferia de estas zonas, se diferencian células de paredes que se tiñen de rojo y que dan lugar a nuevas esclereidas.



Figura 9. Vista de un corte transversal de fruto de *Psidium guajava* L. de 1.8 cm de diámetro. 40X.

T Septos o tabiques placentarios

D Drusas o oxalato de calcio

S Semilla

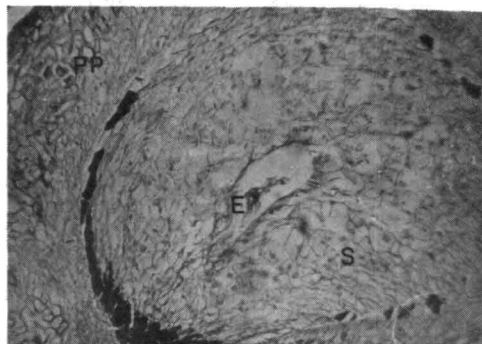


Figura 10. Vista de un corte transversal de fruto de *Psidium guajava* L. (1.8 cm de diámetro) 160X.

PP Células del parénquima placentario que prolifera y engolfa la semilla.

S Semilla

E Embrión

Corte transversal de un fruto maduro de 3.0 cm. de diámetro.

En este estadio se observan grandes transformaciones histológicas. El fruto presenta externamente coloración amarillenta e internamente rosada. Las células de la epidermis externa y algunas capas subepidérmicas se han alargado tangencialmente completando así la sección transversal circular típica del fruto maduro. En el mesocarpo, constituido por numerosas capas de parénquima, encontramos algunas células que se ha roto o disuelto y, en consecuencia, el conjunto adapta aspecto pulposo (Figuras 11 y 12 C). Las células que rodean, tanto los haces conductores como los numerosos conjuntos de es-

clereidas, se han alargado considerablemente en sentido radial (Figuras 11 y 12 C'). La epidermis interna se mantiene completa pero sus células se han alargado tangencialmente.

En este sentido el parénquima placentario ha invadido totalmente los lóculos, engolfando numerosas semillas amarillentas de testa dura, reniforme y de 3 a 5 mm de longitud. Este parénquima placentario es de aspecto pulposo, de consistencia blanda y jugoso.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El fruto de *Psidium guajava* L., es un fruto indehiscente carnoso, compuesto principalmente de parénquima con muchas semillas.

El pericarpio de este fruto comprende: una epidermis externa, constituida por células pequeñas de paredes gruesas que a lo largo del desarrollo del fruto consta de una sola capa de células que experimentan divisiones anticlinales hasta estadios avanzados y en la madurez las células de la epidermis externa se alargan tangencialmente, probablemente, para mantener el ritmo de crecimiento del fruto en circunferencia. La pared exterior de la epidermis está constituida por una cutícula gruesa que protege el fruto y le da consistencia carnosa.

Por debajo de la epidermis se encuentra una hipodermis que, desde los primeros estadios se diferencia del resto del mesocarpio por cuanto sus células son más pequeñas, con alto contenido de tanino, a menudo colenquimatosas y algunas de las cuales conservan su carácter meristemático hasta los estadios cercanos a la madurez. La hipodermis consta de varias capas que se originan gradualmente durante el desarrollo. De algunas de las células de este tejido se originan los canales de aceite. Las células que rodean dichos canales se alargan radialmente en la madurez del fruto.

Hacia el interior del fruto se encuentra el mesocarpio configurado por varias capas de células parenquimáticas. Desde los primeros estadios las células de las capas internas son cada vez más grandes y alcanzan el tamaño máximo en la parte media. A través de todo el desarrollo del fruto ocurre gran proliferación de células pétreas que configuran la

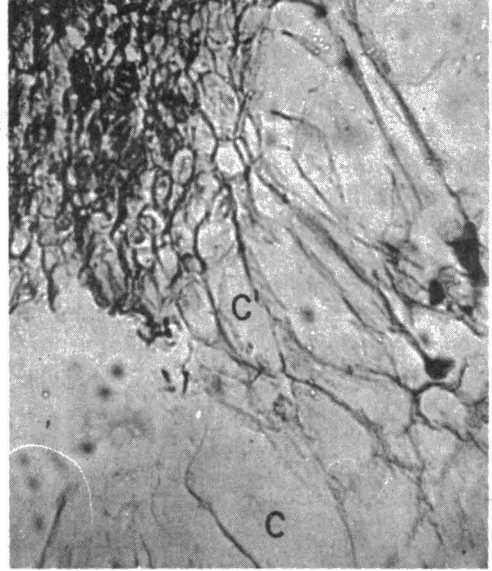


Figura 11. Vista de un corte transversal de fruto de *Psidium guajava* L. maduro (3.0 cm de diámetro) 160X.

- C Células que han aumentado de tamaño y cuyas paredes se han roto o disuelto.
- C' Células que rodean conjunto de esclereidas alargadas radialmente.
- E' Conjunto de esclereidas.

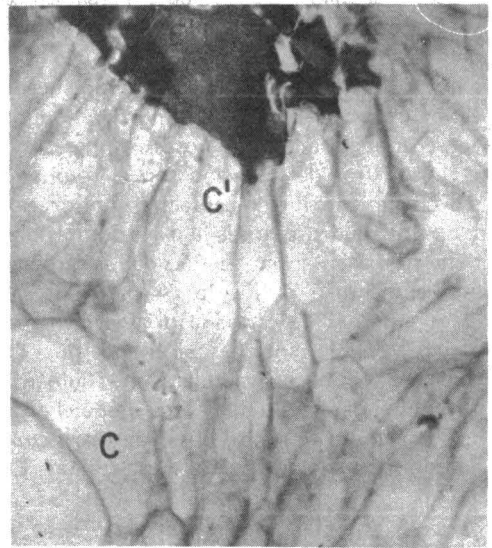


Figura 12. Vista de un corte transversal de fruto maduro (3.0 cm de diámetro) 160X.

- C Células que han aumentado de tamaño.
- C' Células alargadas radialmente que rodean un conjunto de esclereidas.
- E' Conjunto de esclereidas.

mayor parte del mesocarpio en la madurez.

El incremento en el volumen o crecimiento del pericarpio de *Psidium guajava* L. se debe, en los primeros estadios de desarrollo del fruto, a multiplicación celular y posterior alargamiento y rompimiento de paredes de muchas células, como también, al alargamiento radial de las células que rodean tanto los haces conductores como las esclereidas y los canales de aceite. En este sentido la guayaba se diferencia de otras bayas, como *Lycopersicum sculentum*, cuyo crecimiento se debe más que todo al aumento de tamaño de las células (Roth, 1977).

En la guayaba el endocarpio estaría representado por una epidermis interior que persiste a lo largo de todo el desarrollo, a diferencia de lo que ocurre en muchos frutos secos. Las divisiones anticlinales son menos frecuentes en esta epidermis.

En la epidermis interna las células a menudo se alargan tangencialmente a lo largo del proceso de desarrollo, tal vez por crecimiento circular del fruto. El parénquima placentario crece por divisiones celulares hasta estadios ya avanzados del desarrollo, pero en la madurez, se debe a alargamiento y rompimiento de las células. Así, esta parte del fruto es más suave y jugosa. No hay abundancia de células pétreas, como sucede en el mesocarpio. Este mismo parénquima al crecer engolfa las numerosas semillas.

Los frutos del guayabo son el resultado del crecimiento del receptáculo y el ovario. La pulpa del fruto, o sea la parte comestible, tiene su origen en las paredes de los carpelos que conforman el ovario. A partir de las caras externas de éstas, se origina el mesocarpio y de las internas el endocarpio. La cantidad de haces vasculares no aumenta durante el desarrollo del fruto. Desde el estadio de capullo floral, se observan haces conductores, canales de aceite y esclereidas. La

cantidad de canales de aceite y conjunto de esclereidas aumenta a medida que progresa el desarrollo y maduración del fruto.

AGRADECIMIENTOS

A los doctores Luis Eduardo Mora-Osejo y Marina C. de Restrepo por su valiosa colaboración en la realización de este trabajo.

LITERATURA CITADA

1. Castaño, R.D. y R.C. Salazar. 1977. Frutales. Programa Nacional de Hortalizas y Frutales. Instituto Colombiano Agropecuario ICA, Bogotá.
2. Kennard, W.C. y H.F. Winters. 1960. Some Fruits and Nuts for the Tropics. Agricultural Research Service. Federal Experimental Station in Puerto Rico, Mayaguez.
3. Kennard, W.C. y H.F. Winters. 1963. Frutas y Nueces para el Trópico. Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional (AID) México.
4. Olarte, E.W. 1972. Control Fitosanitario en Plantaciones de Guayaba. Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales "Francisco José de Caldas" Bucaramanga.
5. Olarte, E.W. 1980. Dinámica de Población del Complejo constituido por las moscas de las frutas, *Anastrepha striata* Sch. *Anastrepha fraterculus*. Wied, en el medio ecológico del Sur de Santander. Universidad Industrial de Santander.
6. Purseglove, J.W. 1974. Tropical Crops Dictyledons. Longman Group Limited. London.
7. Roth, Ingrid. 1964. Microtecnica Vegetal. Escuela de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
8. Roth, Ingrid. 1977. Fruits of Angiosperms. Gebruder Borntraeger, Berlin Stuttgart.
9. Secab y Colciencias. 1983. Especies Vegetales promisorias de los países del Convenio "Andrés Bello".
10. Torres, J.H. 1983. Contribución al conocimiento de las Plantas Tánicas registradas en Colombia. Universidad Nacional-Colciencias.