

ANATOMIA DEL FRUTO DE *Vaccinium floribundum* (ERICACEAE)

MARTHA LUCÍA CHAPARRO DE VALENCIA y NUBIA BECERRA DE LOZANO
Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.
Apartado Aéreo 14490

RESUMEN

Se suministra información sobre el fruto y la semilla de *Vaccinium floribundum* H.B.K. Igualmente se incluye el estudio detallado de la anatomía del fruto maduro y los cambios que sufre durante su desarrollo.

Palabras claves: Anatomía, desarrollo del fruto, *Vaccinium floribundum*.

ABSTRACT

Information on *Vaccinium floribundum* H.B.K. fruit and seeds is reported. A detailed description of the anatomy of ripe fruit and the changes that occur through its development are included.

Key words: Anatomy, fruit development, *Vaccinium floribundum*.

INTRODUCCIÓN

La anatomía de los frutos y de las semillas de Ericaceae nativas es poco conocida. El fruto de *Macleania rupestris* ha sido estudiado (Valencia & de Carrillo, 1991) y de *Vaccinium meridionale* se han aportado datos sobre la anatomía de las semillas (Valencia & Ramírez, 1993) y su fruto (Valencia & de Lozano, 1995). El presente trabajo contribuye a llenar este vacío mediante la caracterización anatómica del fruto de *Vaccinium floribundum*, que se distribuye desde Bolivia hasta Venezuela a lo largo de los Andes, en pisos térmicos que van desde 2500 hasta 4500 m.s.n.m. Según Lutein y Vidal (en prensa): "Crece en páramos, matorrales, orillas de caminos, en el subpáramo, vertientes secas, en barrancos y bosques de transición". Sturm y Rangel (1985) mencionan esta especie como integrante principal de los páramos andinos. *V. floribundum* ha sido considerada como fruto de interés promisorio (Romero 1961, 1969) y como planta tintórea (Torres, 1983); sin embargo, no se ha incrementado su cultivo en los Andes colombianos.

Las especies de *Vaccinium* que han sido utilizadas en Europa y Norte América como alimento, principalmente en repostería, se agrupan bajo la denominación de "blueberry", Winton (1902), Shoemaker (1955), Bierman (1975), Lyrene y Sherman (1978) reportan como especies mas cultivadas: *V. australe*, *V. corymbosum*, *V. augustifolium*, *V. Ashe*, *V. vitis-ideae* y *V. macrocarpum*. Su mejoramiento se ha orientado a producir resistencia a enfermedades, a aumentar el vigor y mejorar el hábito de la planta, mejorar la calidad de los frutos y su resistencia a la caída e incrementar la producción, así como a conocer la época de madurez apropiada (Draper, 1970). Para precisar la probabilidad de implementación de estas técnicas en nuestro medio, hace falta el conocimiento básico de aspectos como: polinizadores, suelo, germinación, reproducción vegetativa, morfología y anatomía de flores y frutos, fenología, etc.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material utilizado se colecciónó en el páramo de Cruz Verde y en el páramo de Monserrate entre 3200-3300 m.s.n.m. Se depositaron los ejemplares botánicos en COL. M.L. Chaparro No 195 y 196. La identificación se llevó a cabo por comparación con los ejemplares depositados en COL, en el sentido dado por Camargo (1979), sin tener en cuenta las variedades descritas. El material fue fijado en FAA y luego preservado en alcohol al 60%; se realizaron secciones transversales y longitudinales a mano alzada de ovarios y frutos en diferentes estadios de desarrollo, y luego se fijaron con gelatina-glicerina. Los dibujos se realizaron con cámara lúcida y las escalas se basaron en la proyección de la rejilla objetiva.

Se llevaron a cabo pruebas para azúcares reductores, taninos y lignina según las técnicas de Johansen (1940), para la prueba de almidones se extrajeron los pigmentos de las secciones delgadas con alcohol hasta ebullición, luego se lavaron con agua destilada y se adicionó lugol.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización general del fruto

El fruto de *Vaccinium floribundum* procede de un ovario ínfero, intervienen en su formación el ovario propiamente dicho y el hipanto; presenta cuatro carpelos, con cuatro septos que se mantienen hasta la madurez (fig. 1A).

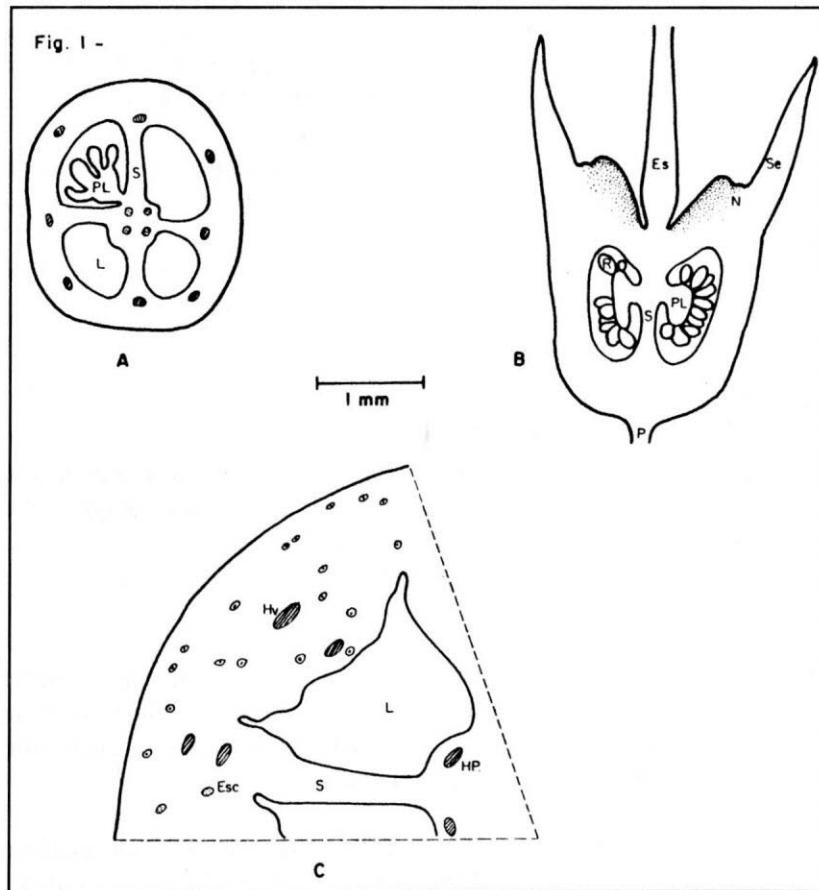


Fig. 1 A- Corte transversal de ovario parte media. B- Corte longitudinal. C- Corte transversal parcial de un fruto de 8 mm de diámetro. (R- rudimento seminal, PL- placenta, L- lóculo, S- septo, Es- estílo, N- nectario, Se- sépalo, P- pedúnculo, Esc- esclereidas, HP- haz placentario, Hv- haces vasculares.)

El fruto debe ser considerado como una drupa de estructura simple, puesto que el endocarpo está constituido por una sola capa de esclereidas, que en estado maduro se separan fácilmente, tal como lo menciona Roth (1977) para especies de *Vaccinium* y *gaylussacia resinosa* y Valencia y de Lozano (1995) para *V. meridionale*.

Esta especie tiene una alta floración por planta, de allí su epípeto específico; sus flores están orientadas en un mismo sentido, facilitando así la labor de los polinizadores (abejas). Sin embargo, los frutos no permanecen con esta dirección porque durante su desarrollo los pedúnculos sufren torsión.

Los frutos inmaduros son verdes hasta que alcanzan 3-4 mm de diámetro, en tamaños mayores poseen tonos violetas y finalmente coloración casi negra. Cuando se está llevando a cabo la torsión del pedúnculo es muy común encontrar partes verdes en un mismo fruto donde no recibe iluminación directa, y coloreadas en las más expuestas.

Los tamaños no siempre muestran correlación con el grado de madurez, los más grandes alcanzan 10 -12 mm de diámetro, pero es frecuente encontrarlos ya maduros de 7 mm.

El sabor del fruto maduro es agradable, aunque un poco ácido, no produce olor apreciable; su apariencia es llamativa por su color y brillantez debido a la cera epicuticular.

Anatomía del fruto

Con base en el análisis global del desarrollo del fruto no fue necesario delimitar estadios, pues son muy pocas las variaciones ocurridas en la estructura general que se presenta desde el ovario.

Formación del exocarpo

Las células epidérmicas externas, desde el ovario hasta el fruto maduro, se encuentran recubiertas por una cutícula que se engrosa cada vez más a medida que avanza su desarrollo. Las paredes radiales están engrosadas, sin embargo los engrosamientos son más evidentes en la pared tangencial externa.

La epidermis externa permanece meristemática durante casi todo el desarrollo (fig. 2 A-B), se observan estados de división en sentido anticlinal que evidencian el patrón ventana en vista superficial, comportamiento común en algunos frutos (Roth, 1977). No se encontraron estomas ni en la epidermis externa del ovario ni en el fruto; en estados inmaduros iniciales se presentan pelos escasos.

En posición subepidérmica se localiza la hipodermis, constituida por 2-3 estratos, sus células se alargan progresivamente en sentido tangencial y presentan engrosamientos colenquimáticos (fig. 2 C, D y E).

Anatómicamente el exocarpo del fruto está conformado por la epidermis externa y la hipodermis, y corresponde a lo que comúnmente se denomina hollejo, piel o cáscara (fig. 2). Esta zona es de color morado oscuro a casi negro por la presencia de antocianinas.

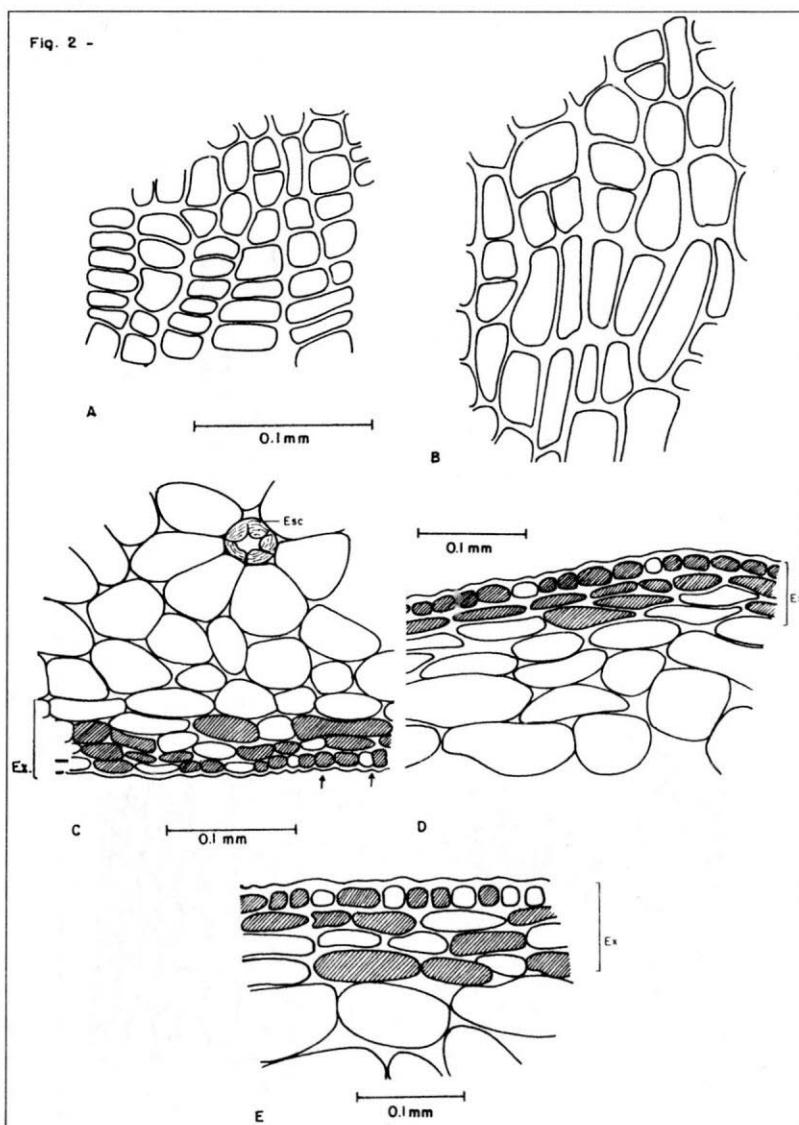


Fig. 2. Formación del exocarpo. A- Vista frontal de la epidermis del ovario. B- Epidermis del fruto de 5 mm de diámetro, parte media. C- Vista frontal del exocarpo de un fruto de 5 mm de longitud. D- fruto de 7 mm; E- de 9 mm, fruto semi-maduro. (Ex- exocarpo, Esc- sclereida)

Formación del Mesocarpo

El mesófilo del ovario está conformado por 13-15 capas de células parenquimáticas. En corte transversal se observa un mayor tamaño de las células que están situadas hacia la zona media (8-9 capas); en las células localizadas alrededor de los haces conductores y en las células que se ubican alrededor de los futuros idioblastos de esclereidas existe ya una orientación radial (fig. 3A-B). Es evidente la presencia de drusas y de pequeñas filas radiales de células, responsables del incremento en número de capas (fig. 3A).

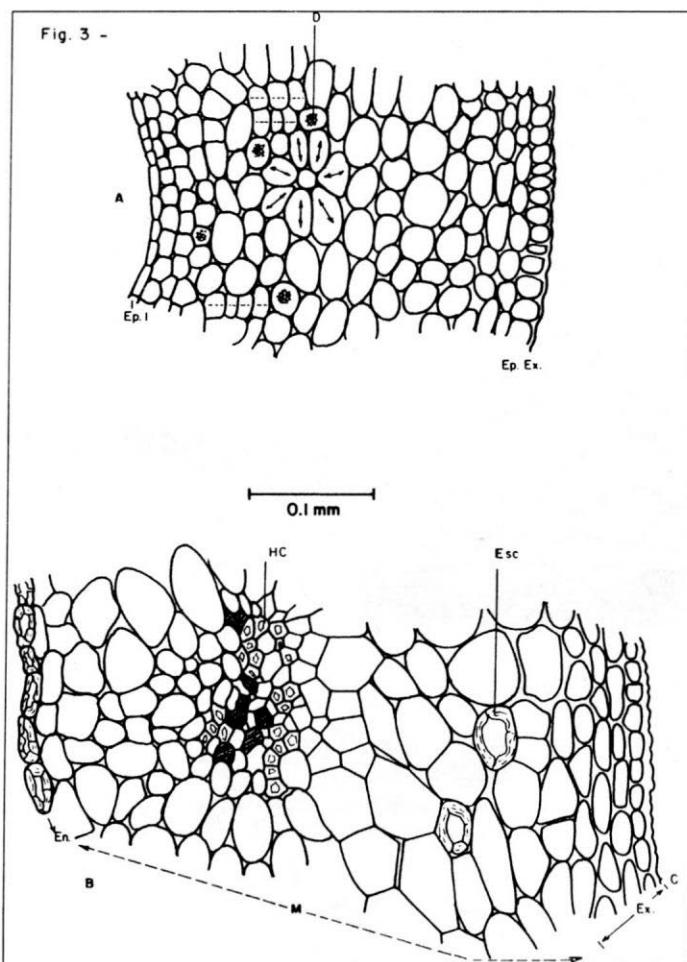


Fig. 3: Formación del mesocarpo. A- Corte transversal de ovario. B- Fruto de 4 mm de diámetro, corte transversal (Ep. I- Epidermis interna, Ep. Ex- Epidermis externa, Ⓢ orientación radial, — filas radiales, En- endocarpo, M- mesocarpo, Ex- exocarpo, C- cutícula, HC- haz conductor, D- drusa, Esc- esclereida)

A medida que transcurre el desarrollo del fruto se van diferenciando las esclereidas, que pueden estar solas o en grupos de 2-3; a partir de frutos de 4-5 mm de diámetro ya están lignificadas (figs. 3B y 4).

Las 2-3 capas de parénquima subyacente a la epidermis interna, sufren alargamientos radiales progresivos y algunas divisiones transversales. La mayor elongación se observa en frutos semimaduros y maduros (fig.4).

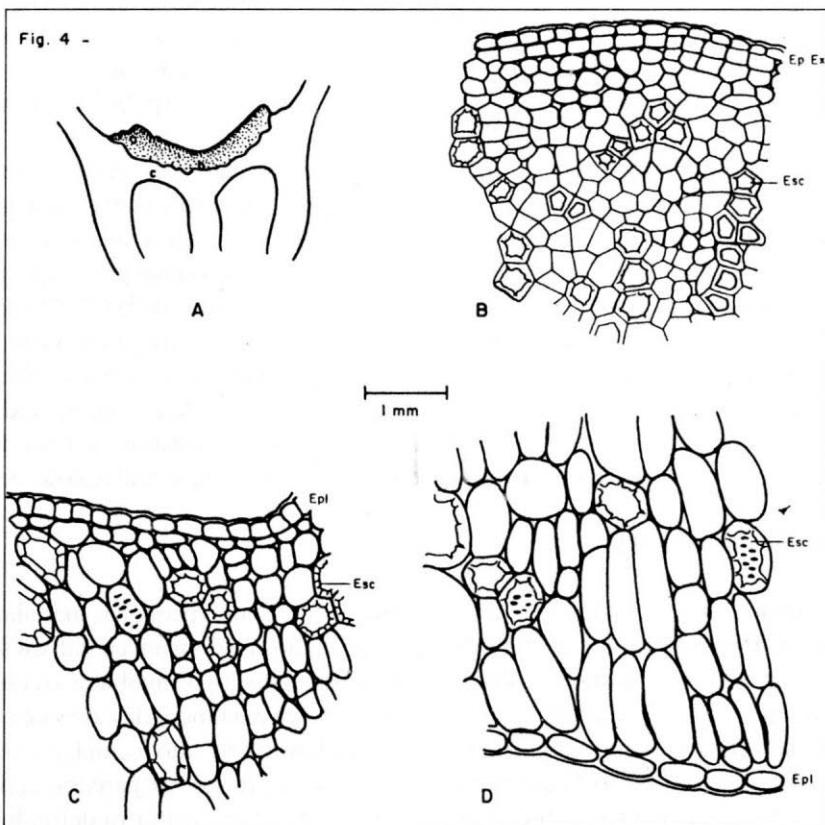


Fig. 4 A- Corte longitudinal de un fruto de 3 mm de diámetro, la zona punteada corresponde al nectario. B- Detalle anatómico de la zona a-. C- Detalle anatómico de la zona b-. D- Detalle anatómico de la zona c- Todas en corte longitudinal. (Ep. Ex- epidermis externa, Ep I- epidermis interna, Esc- esclereidas)

En el ovario y en el mesocarpo de estadios inmaduros son muy abundantes los cloroplastos y la presencia de taninos en idioblastos o en las paredes celulares, igualmente las células poseen grandes vacuolas y no se observan antocianinas.

En frutos semimaduros y maduros algunas de las células de la zona central del mesocarpo se separan entre sí por disolución de la lámina media conservando su forma y turgencia, pero no se aprecian colapsadas en número alto como en algunas bayas de solanáceas (Valencia 1985, 1988).

El resultado de las pruebas para almidón no evidenció su presencia en ninguna etapa del desarrollo del fruto; para el caso de las grasas el resultado fue positivo.

Durante el desarrollo del fruto el incremento de capas del mesocarpo es muy poco (3-4) puesto que su número está casi definido desde la antesis. El aumento en diámetro de la zona está dado básicamente por elongación celular mas que por la formación de nuevas capas (fig. 3A-B). Solo en la zona apical del fruto, es decir por debajo del nectario, hay un mayor incremento en número de capas celulares comparado con el mesocarpo de la parte media.

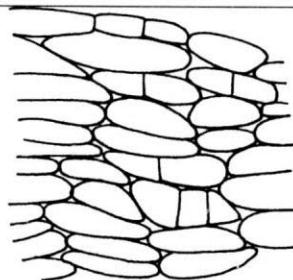
El tejido que conformó el nectario (fig. 4A) se puede delimitar hasta en frutos maduros, aunque con algunos cambios; la epidermis de aspecto papiloso cambia a células más aplanadas en la pared tangencial externa; la formación de corcho se inicia en los sitios donde se insertaban los pétalos y estambres y luego avanza a otras zonas pero en proporción baja. En *Macleania rupestris* es más abundante la formación de corcho (Valencia & de Carrillo, 1991). Las células que conforman esta zona son pequeñas y tienen citoplasma denso; además se presentan esclereidas abundantes en nidos o filas. Estas últimas se observan ya lignificadas en frutos de 3 mm de diámetro en adelante, cuando todavía el endocarpo no está totalmente estructurado (fig. 5 A-B-C-D). La zona cercana a los lóculos presenta alargamiento celular moderado en este estadio y no pertenece al área del nectario.

Formación del endocarpo

La epidermis interna del ovario es uniestratificada con células pequeñas más alargadas en sentido tangencial, sin cutícula, con algunos estadios de división celular en sentido radial (fig. 5A). La transformación de epidermis a endocarpo involucra crecimiento celular y posterior lignificación, mas no incremento en el número de capas de células. Esta transformación ocurre rápidamente una vez el ovario ha sido fecundado, se inicia con el engrosamiento de la pared tangencial interna, luego las paredes radiales y finalmente la pared tangencial externa. El endocarpo se encuentra ya definido desde frutos de 4 mm de diámetro en adelante. En este tamaño las células endocárpicas están completamente lignificadas, presentan punteaduras simples y no sufren ningún cambio posterior en sus dimensiones (fig. 5B-D).

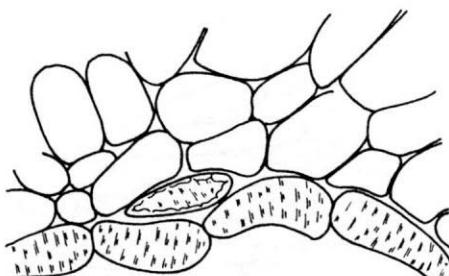
Este endocarpo uniestratificado no presenta gran cohesión en sus células; la disposición predominante, paralela al eje longitudinal del fruto, unida a la tensión del crecimiento en circunferencia y a la liberación e hidrólisis de la pectina, hace que cuando el fruto madure se separen las células fácilmente, mezclándose con tejidos placentarios y semillas. En las observaciones realizadas no se evidenció en ninguno de los estadios la presencia de estomas en esta capa (fig. 5 D-E).

Fig. 5 -

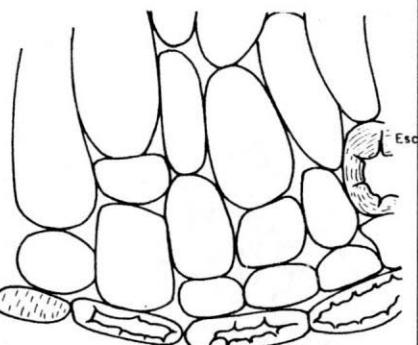
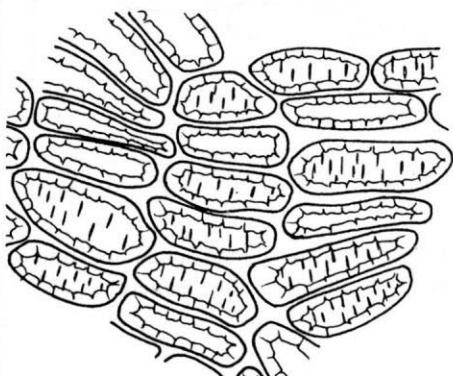


A

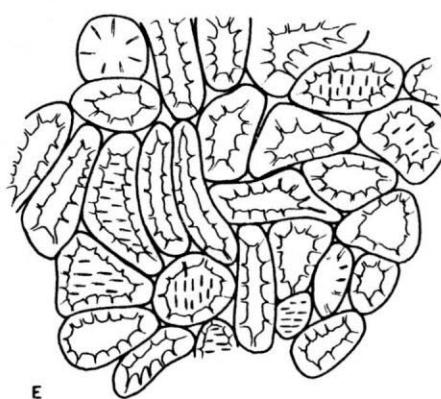
0.1 mm



B

C
0.1 mm

D



E

0.1 mm

Fig. 5. Formación del endocarpo. A- Epidermis interna del ovario en vista frontal, se observan algunas divisiones celulares. B- Corte transversal del endocarpo de un fruto de 6 mm de diámetro. C- Corte transversal del endocarpo de un fruto de 7 mm de diámetro. D- Vista frontal del endocarpo de un fruto de 7mm que muestra la disposición paralela al eje del fruto. E- Endocarpo de un fruto de 7 mm en la curvatura de los lóculos. Vista frontal. (Esc- esclereida, En- endocarpo)

Crecimiento del fruto

El periodo comprendido entre fecundación y fruto de 4 mm de diámetro se caracteriza por divisiones celulares escasas, en el parénquima se constituyen algunas filas radiales y en la epidermis interna se suceden muy pocas divisiones, la epidermis externa por el contrario mantiene una actividad mitótica casi permanente.

Entre 4-7 mm de diámetro, se inicia el alargamiento de las células subepidérmicas externas en sentido tangencial; en las restantes zonas del fruto el alargamiento es menos evidente.

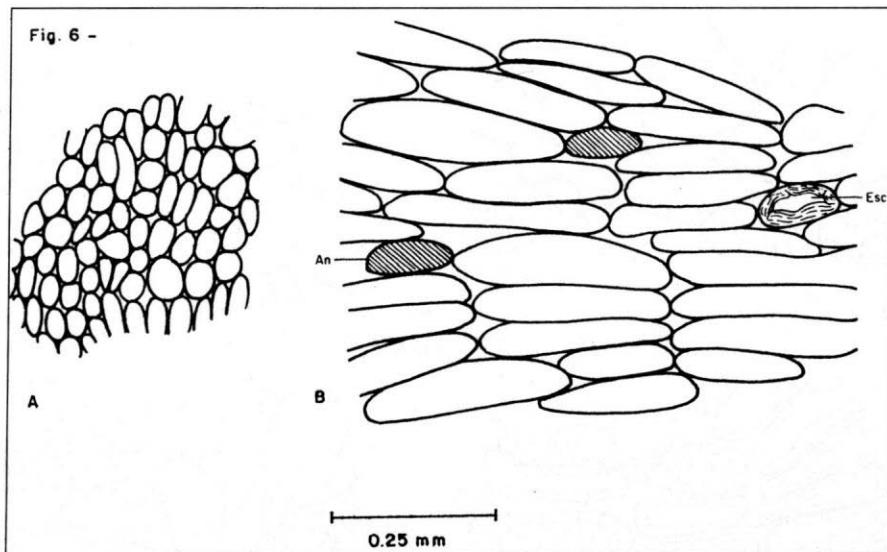


Fig. 6. Sección longitudinal de células parenquimáticas de la zona apical del fruto: A- ovario, B- fruto de 9 mm de diámetro. (Esc- esclereida, An- antocianina)

A partir de los 7 mm de diámetro es muy notable la elongación celular, esta se verifica en diferentes direcciones, comenzando por la zona apical donde las células incrementan considerablemente su longitud (fig. 6A-B). Los septos y la zona central presentan un comportamiento similar; las células de los septos se alargan en dirección tangencial y las células de la zona central en dirección transversal; igualmente las subepidérmicas internas lo hacen en dirección radial. Para compensar el crecimiento en diámetro las células que conforman el exocarpo continúan dividiéndose en dirección radial y se alargan en dirección tangencial (fig. 7A, B, C).

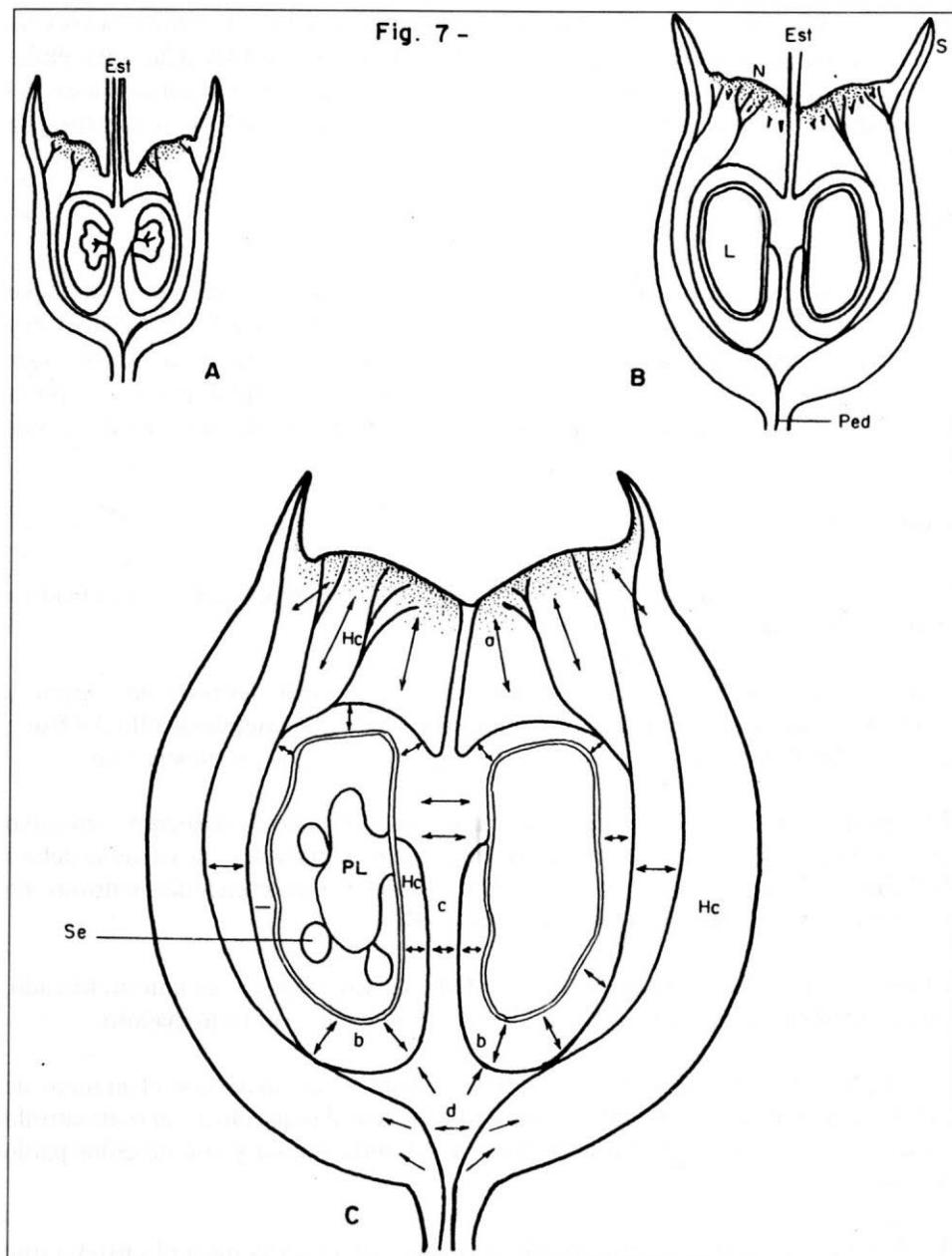


Fig. 7. Crecimiento del fruto. Corte longitudinal medio del ovario y de frutos en donde se ilustran los cambios de forma y las zonas de crecimiento. A- Flor en post antesis. B- Fruto de 5 mm de diámetro. C- Fruto de 9 mm de diámetro. (Est- estílo, N- nectario, S- sépalo, Ped- pedúnculo, Hc- haces conductores, Pl- placenta, Se- semilla, a-b-c-d- zonas de crecimiento).

Comparando la forma general alargada del ovario y la globosa del fruto maduro, se observa cambio a nivel de la base de los sépalos, dado por la formación de filas radiales de células localizadas en la zona, sin constituirse en un meristemo. Las células parenquimáticas del mesocarpo son las que sufren elongaciones mas notorias, de 100-130 micrómetros de longitud pasan 210-250 micrómetros.

Semilla

Las semillas son numerosas en relación al tamaño del fruto, oscilan entre 45 y 60 por fruto; su tamaño es muy pequeño, tienen una longitud entre 0.93 y 1.2 mm, y entre 0.56 y 0.84 mm de ancho en estado seco; la forma es variada, predominan las ovoides o las elípticas. El número de semillas que no alcanzan el desarrollo completo es alto y las pocas que lo alcanzan se destacan por mayor tamaño, testa dura, reticulada y color pardo dorado.

CONCLUSIONES

El fruto de *V. floribundum* es una drupa jugosa, con tendencia a baya, originado a partir de un ovario ínfero tetracarpelar.

El exocarpo se forma a partir de la epidermis y capas subepidermales del hipanto y mantiene su actividad meristemática durante la mayor parte del desarrollo del fruto; en la madurez el exocarpo tiene una cutícula gruesa y es rico en antociáninas.

El hipanto y el mesófilo de las hojas carpelares originan el mesocarpo, en cuyo desarrollo no se evidencian meristemos, el aumento en el número de capas se debe a la aparición de filas radiales de células. Esta zona es rica en esclereidas y drusas, no presenta almidón y tiene lípidos en poca cantidad.

El endocarpo proviene de la epidermis interna de los carpelos, es uniestratificado, está formado por una capa de esclereidas que se separan en el fruto maduro.

EL número de semillas por fruto es bajo cuando se compara con el número de primordios seminales observados en el ovario, las semillas que alcanzan su desarrollo completo son de mayor tamaño, tienen la testa dura, rugosa y son de color pardo dorado.

V. floribundum ofrece características menos atractivas para el cultivo que *V. meridionale* en razón al tamaño más reducido y sabor menos agradable del fruto; sin embargo *V. floribundum* posee un porte más pequeño y ramificado, ocupa por lo tanto un menor espacio para efectos de cultivo, lo que potencialmente amerita prácticas de mejoramiento genético entre estas especies.

La floración de *V. floribundum* es alta con buena fructificación por planta, sin embargo existe tendencia a la caída precoz de los frutos.

Es necesario estudiar la causa de la momificación de algunos frutos inmaduros, así como el ataque de insectos, puesto que se observan frutos perforados por larvas.

Agradecimientos:

A COLCIENCIAS y a la Universidad Nacional de Colombia por la financiación de este trabajo. A la Bacterióloga Bertha Coba de Gutierrez por su colaboración en el trabajo de laboratorio y Germán López por pasar los dibujos a tinta.

BIBLIOGRAFIA

- BIERMAN J. E. 1975. A description of *Vaccinium vitis-ideae*. Fruit varieties and Hort. Digest. 24 (3): 48-51.
- CAMARGO L. A. 1979. Catálogo Ilustrado de las plantas de Cundinamarca, Vol. VII. Instituto de Ciencias Naturales, Museo de Historia Natural. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- DRAPER A. D. 1970. Highbush Blueberry Cultivars. Fruit Varieties and Horst. Digest. 24 (3): 48-51.
- JOHANSEN D. A. 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill Publication Book Co., New York.
- LUTEIN J. M. & L. VIDAL. En prensa. Flora de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada (1783-1816) Tomo XX. Ericaceae. Ediciones Cultura Hispánica, Madrid.
- LYRENE P.M. & W. B. SHERMAN. 1978. Blueberry Cultivars for Florida. Fruit Varieties and Horst. Digest. 32(1): 9-12.
- ROMERO R. 1961. Frutas Silvestres de Colombia. Vol I. Banco de la República, Bogotá.
- ROMERO R. 1969. Frutas Silvestres de Colombia. Vol II. Banco de la República, Bogotá.
- ROTH I. 1977. Fruits of Angiosperms. Encyclopedia of Plant Anatomy. Gerbruder Borntraeger, Berlín.
- SHOEMAKER J. S. 1955. Small Fruit Culture. McGraw-Hill Book Co. Third edition, New York.

- STURM H. & O. RANGEL. 1985. Ecología de los Páramos Andinos. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- TORRES H. 1983. Contribución al conocimiento de las plantas tintóreas registradas en Colombia. Biblioteca José Jerónimo Triana, No.3. Editorial Carrera Séptima, Bogotá.
- VALENCIA M. L. de. 1985. Anatomía del fruto de la Uchuva (*Physalis peruviana* L.) Acta Biológica 1 (2): 63-89.
- _____ 1988. Anatomía del fruto de *Solanum sisymbriifolium* Lam. Perez-Arbelaezia 2 (6,7): 69-94.
- VALENCIA M. L. de & N. de CARRILLO. 1991. Anatomía del fruto de la uva camaronera (*Macleania rupestris* (H.B.K.) Smith). Agronomía Colombiana 8(2):286-305.
- VALENCIA M. L. de & N. B. de LOZANO. 1995. Anatomía del fruto del "agraz" (*Vaccinium meridionale* Swartz) Acta Biológica Colombiana 9: 159-172.
- VALENCIA M. L. de & F. RAMIREZ. 1993. Notas sobre la morfología, anatomía y germinación del Agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz). Agonomía Colombiana 10(2): 151-159.
- WINTON A.L. 1902. The anatomy of Edible Berries. Conn. Experiment Stat. Report., 288-325.