

ASPECTOS ANATÓMICOS DE LA FORMACIÓN Y CRECIMIENTO DEL FRUTO DE UCHUVA *Physalis peruviana* (Solanaceae)

Anatomic Aspects of Formation and Growth of the Cape Gooseberry Fruit *Physalis peruviana* (Solanaceae)

MANUEL FERNANDO MAZORRA¹, ÁNGELA PATRICIA QUINTANA¹,
DIEGO MIRANDA¹, GERHARD FISCHER¹,
MARTHA CHAPARRO DE VALENCIA²

¹Investigación desarrollada dentro del Convenio
Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia,
Sede Bogotá-Servicio Nacional de Aprendizaje SENA-CIAL.

¹Facultad de Agronomía.

²Departamento de Biología, Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

Presentado septiembre 9 de 2005, aceptado septiembre 30 de 2005, correcciones octubre 10 de 2005.

RESUMEN

Se observaron y describieron los cambios anatómicos en estructuras reproductivas, botón a fruto maduro, se establecieron los estados fenológicos y el desarrollo estructural del fruto a través del tiempo en frutos de uchuva ecotipo Colombia. Esta investigación se realizó en un huerto comercial de uchuva (*Physalis peruviana*) localizado en el municipio de Granada, Cundinamarca, Colombia. El estudio confirmó que anatómicamente los frutos de uchuva ecotipo Colombia y de tipo ruderal son similares, lo que demuestra la ausencia de cambios anatómicos apreciables que expliquen el mayor tamaño de los frutos del ecotipo Colombia.

Palabras clave: *Physalis peruviana*, uchuva, ecotipo Colombia, fenología, fruto.

ABSTRACT

The anatomical changes in reproductive structures were observed and described from button to mature fruit and the phenological states and the structural development of the Cape gooseberry fruit, ecotype Colombia, were established settled down. This investigation was made in a commercial Cape gooseberry (*Physalis peruviana*) orchard located in the municipality of Granada, Cundinamarca, Colombia. The study confirmed that anatomically the Cape gooseberry fruits, ecotipo Colombia, and ruderal type are similar, which demonstrates the absence of appreciable anatomical changes that explain the greater size of the fruits of ecotipo Colombia.

Key words: *Physalis peruviana*, Cape gooseberry, ecotype Colombia, phenology, fruit.

INTRODUCCIÓN

Aunque *P. peruviana* está completamente distribuida en los países Andinos, es en Colombia donde se cultiva como fruto de exportación, en donde ha alcanzado el primer puesto como productor mundial seguido de Sudáfrica. En Perú, de donde es originaria, se conoce como una planta arvense con propiedades medicinales. En Colombia, se cultiva en los departamentos de Antioquia, Tolima, Boyacá y Cundinamarca; en el año 2001 el 80% de la producción nacional se generó en los municipios de Granada y Silvania, Cundinamarca; (Mazorra *et al.*, 2003). Investigadores de la Universidad Nacional de Colombia -Sede Palmira- iniciaron la caracterización molecular, con material colectado en el Departamento del Cauca. La producción anual exportada (1999) alcanzó 1.113 toneladas siendo el principal destino Europa, destacándose Alemania y Holanda con más del 60% de la demanda (Corporación Colombiana Internacional, 2002).

La especie *P. peruviana* fue introducida en Sudáfrica por los españoles y desde allí se ha trasladado a diferentes países del trópico y del subtropico en donde se cultiva comercialmente. Se han reportado variedades comerciales en Estados Unidos y Nueva Zelanda; en Colombia, en los años ochenta, fueron evaluados dos ecotipos provenientes de Kenia y Sudáfrica (Fischer, 2000). Las plantas cultivadas en el país se registran como ecotipo Colombia, el cual presenta frutos con peso promedio de cinco gramos, pequeños y de un color más vistoso comparado con los ecotipos Kenia y Sudáfrica, además de otras características morfológicas distintas como la forma del cáliz, el comportamiento fisiológico y el sabor (Almanza y Espinosa, 1995). En cultivos de uchuva del ecotipo Colombia se observa una gran variabilidad morfológica en las plantas, expresión clara de una alta variabilidad genética. Por esta razón, las características de la fruta y los tiempos de cosecha presentan una gran heterogeneidad. La planta cultivada alcanza hasta 1,5 m; es tutorada por los agricultores para mejorar las características de los frutos y las condiciones del cultivo, presentándose distintos tipos de conducción dependiendo de la zona (Fischer, 2000). Para el caso de las zonas de cultivo de Subia y Granada, se practica el tutorado de doble alambre, el cual deja cuatro ramas principales por encima de la ramificación natural y conduce un gran número de ramificaciones a lado y lado, dejando un cono al interior. Mazorra *et al.* (2003) encontraron frutos de uchuva de 50 días de edad, de las localidades de Subia (1.900 m) y San Raimundo (2.100 m) Cundinamarca, cuyas semillas presentaron un alto porcentaje de germinación (superior al 90%) estableciendo que el momento óptimo para la cosecha es a partir de 50 días después de cuajamiento del fruto, lo que coincide con una coloración amarillo-verdoso del fruto y una verde-amarillo del cáliz. Para la localidad de San Raimundo, se inició hacia el día 70 y para Subia, hasta el día 80, relacionando éste con el inicio de cambios degradativos naturales que se dan con la disolución de uniones intracelulares y la erosión de la pared celular; propios de la fase de senescencia (Hobson, 1993).

El objetivo del presente trabajo fue observar y describir los principales cambios anatómicos ocurridos en las diferentes estructuras reproductivas (botón a fruto maduro)

de la uchuva cultivada en Colombia con relación al tipo silvestre descrito por Valencia (1985). Igualmente establecer sus estados fenológicos y analizar la formación y desarrollo estructural de este fruto a través del tiempo, a partir del momento de formación del ovario en el botón floral.

MATERIALES Y MÉTODOS

La selección de las muestras (botón, flor, fruto) fue realizada en plantas de cuatro meses de edad, momento en que la uchuva comienza su etapa productiva, en un huerto comercial de la finca El Roble ubicada en el municipio de Granada, vereda San Raimundo a 4° 29' latitud norte y a 74° 21' longitud oeste, a una altura de 2.100 m, temperatura promedio anual de 16° C, humedad relativa del 78% y precipitación promedio anual de 1.300 mm. Se determinaron los tiempos de preantesis, antesis y postantesis. Para el seguimiento del desarrollo del botón y fruto, se marcaron en campo botones florales de aproximadamente 5 mm de longitud ubicados en el segundo nudo de las ramas, a partir del ápice. La recolección de estructuras florales y posteriormente de frutos, se realizó cada cinco días, seleccionándolas al azar de las ramas marcadas. También se marcaron las diferentes estructuras sobre una misma rama, y en cinco ramas, para establecer de una manera más precisa su desarrollo. Para la observación y el seguimiento de los cambios anatómicos se seleccionaron estados de botón, flor y fruto, los cuales una vez colectados fueron fijados en FAA (formaldehído-alcohol-ácido acético glacial) y transportados a la Clínica de Plantas de la Facultad de Agronomía, donde se siguieron las técnicas básicas para elaborar micropreparados permanentes (deshidratación en series de alcohol y xilol, inclusión en bloque de parafina, cortes al micrómetro entre 10-15 micrómetros y coloración con safranina y *fast-green*) según las técnicas descritas por Johansen (1940) y Roth (1964). Algunos cortes se realizaron a mano alzada, coloreándolos con carmín y verde de metilo. Para la observación de los micropreparados y sus diferentes estructuras anatómicas se utilizó un microscopio marca Nikon y un estereoscopio marca Leika. El conteo del número de capas de la pared del ovario, tomando zonas centrales donde no estuvieran situados haces vasculares, se tomó como parámetro para medir el desarrollo y crecimiento del ovario-fruto. Se hicieron en cada estado cinco conteos y se tomó el promedio.

RESULTADOS

Se observó que las plantas presentan flores ubicadas en las axilas de cada nudo y van acompañadas, en el caso de las ramas principales, de una hoja y una ramificación. En el caso de las ramas secundarias van acompañadas de una hoja de mayor tamaño y otra de menor tamaño. La conducción y las condiciones de cultivo posiblemente influyen en un mayor desarrollo del fruto del ecotipo Colombia, en cuanto a dimensiones y peso, comparado con plantas no cultivadas o ruderales objeto de estudio por parte de Valencia (1985). Para la zona donde se efectuó el estudio, se reporta que la floración se inicia aproximadamente a los dos meses después del transplante y la producción de frutos cuatro meses después; también se determinó la inserción de una nueva estructura reproductiva entre nudos de cinco días en promedio. El ecotipo Co-

lombia presenta flor y fruto con características similares a las descritas por Valencia (1985) para especímenes ruderales, es decir, flores solitarias, pedunculadas, con corola actinomorfa, gamopétala, de color amarillo con cinco puntos morados en su base y péndulas. El androceo posee cinco estambres fértiles, algunos desarrollan un filamento más largo que otros (heterostilia), están unidos al fondo de la corola, glabros, con anteras libres, oblongas, con dehiscencia longitudinal, polen amarillo y nectario de tipo ovárico desarrollado en la base de éste. Gineceo súpero, ovario oblongo-ovoide, glabro, bicarpelar y con placentación axilar. El color de la corola cambia de amarillo a amarillo pálido cuando se produce la fecundación. Se observó a la especie *Apis mellifera* visitando las flores. El fruto es una baya jugosa con un promedio de 275 semillas; bicarpelar, a diferencia del observado en el ecotipo Sudáfrica, que posee tres carpelos, que explican su mayor tamaño, como sucede con algunas variedades mejoradas de tomate (*Lycopersicon esculentum*). El crecimiento del cáliz se inicia al tiempo que se produce el cuajado del fruto, presentando una coloración verde con visos morados por más de 50 días, a partir de los cuales empieza a tomar un aspecto clorótico, hasta llegar a un estado apergaminado de color amarillo pajizo. En la tabla 1 se presentan los cambios en las estructuras reproductivas de *P. peruviana* a lo largo de los estados demarcados en ésta investigación: botón floral, flor y fruto. Los parámetros tenidos en cuenta incluyen la longitud y diámetro total, el incremento en el número de capas de la pared del ovario y los días en los cuales se suceden dichos cambios.

Estado	Botón floral						Flor		Fruto	
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	Preantesis	Antesis	Fruto 1*	Fruto 2**
Edad (días)	0	4	8	1	12	18	19	21	23	33
Longitud (mm)	1	2	2	7	8	10				
Diámetro (mm)	3	4	5	4	5	6				
No. Capas	5,5	6,5	7	8	8	8	9	9	9	12,5

Tabla 1. Resumen estado de desarrollo de estructuras reproductivas de *P. peruviana*.

* Fruto recién cuajado. **Fruto de 10 días de cuajado.

ESTADOS DE DESARROLLO DEL BOTÓN FLORAL

Se determinó, con base en las observaciones de campo y de acuerdo con la inserción de las estructuras a lo largo de las ramas, que la duración aproximada del estado de botón floral está entre 18 a 21 días y de flor de dos a tres días, contando a partir de la aparición de un primordio floral de 2 mm de longitud por 1 mm de diámetro. Durante este periodo, el botón muestra un crecimiento externo que alcanza dimensiones aproximadas de 1,4 cm de longitud por 1 cm de diámetro, antes de pasar al estado de *post antesis*, donde se observa aún la corola sobresaliendo del cáliz. Con base en los principales cambios morfológicos del botón y de la flor se determinaron los siguientes estados:

Botón estado uno. Externamente se observó como una estructura casi imperceptible entre los primordios foliares que lo acompañan. En los cortes anatómicos se observó el ovario ya formado con una base aplanada unida al receptáculo floral; las paredes del ovario presentaron entre cinco y seis capas de células (la epidermis externa, la

epidermis interna y el mesófilo), y un esbozo de lo que serán los rudimentos seminales, teñidos intensamente de rojo. Las anteras duplican en tamaño al ovario y su filamento es muy corto, se encuentran también los sacos polínicos cada uno con un par de tecas y el tejido conectivo (Fig. 1A).

Botón estado dos. Se observaron anteras muy grandes con respecto al ovario, gineceo con estilo muy corto y el ovario con sus dos carpelos (Fig. 1B). La pared del ovario presenta de seis a siete capas, una representa la epidermis externa que experimenta divisiones anticlinales, con células un poco más altas que anchas, muy unidas, y la otra representa la epidermis interna; las restantes capas corresponden al mesófilo, cuyas células han crecido y se tornan poliédricas. Se observó el núcleo de las células teñido de rojo y el espacio locular se observa bastante reducido. El cáliz se distingue por presentar unas seis capas de células con estados de división celular (Figs. 2A y 3).

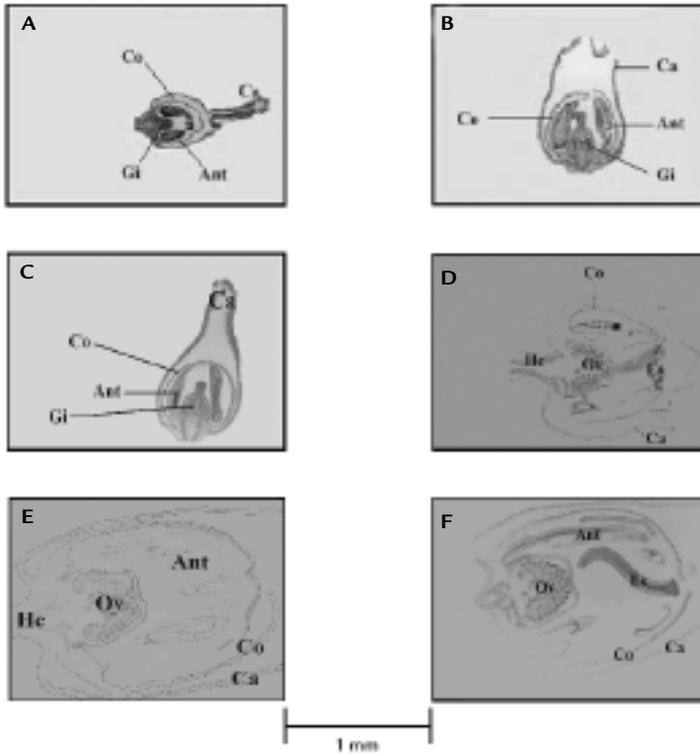


Figura 1. Desarrollo anatómico del botón floral de uchua (Aumento estereoscópico: 10x). A. Botón estado 1; B. Botón estado 2; C. Botón estado 3; D. Botón estado 4; E. Botón estado 5; F. Botón estado 6. Se observa el desarrollo de los distintos órganos componentes de la flor en cortes longitudinales a través de estereoscopia. Ca: cáliz; Co: corola; Ov: ovario; Ant: antera; Es: estilo; Hc: haces conductores y Gi: gineceo.

Botón estado tres. En sección longitudinal el gineceo se observa muy corto y las anteras lo superan en longitud (Fig. 1C). En este estado, el ovario presenta en corte trans-

versal las cinco anteras conformadas por los dos sacos polínicos y el tejido conectivo, también los anillos del cáliz, la corola y el ovario con los dos carpelos (Fig. 2B). En la pared del ovario las células de la epidermis externa presentan divisiones anticlinales y las del mesófilo periclinales y algunas anticlinales (Fig. 3A). En la figura 3B se destaca un haz vascular dentro del mesófilo.

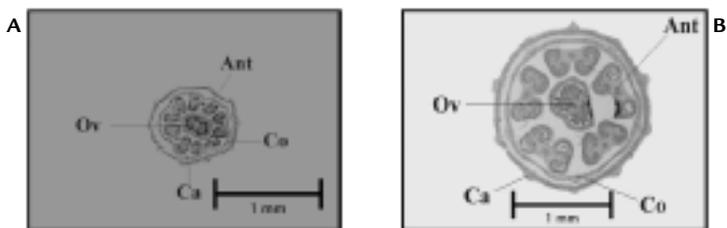


Figura 2. Cortes transversales de botón floral (Aumento al estereoscopio: 10x). A. Botón estado 2. B. Botón estado 3. Se observan las diferentes partes del botón floral, el ovario con los dos carpelos y la pared. Cinco anteras con dos tecas.

Botón estado cuatro. Presentó el crecimiento longitudinal más pronunciado (Fig. 4), esto posiblemente está relacionado con el aumento de capas del mesófilo y del tamaño de las estructuras florales especialmente el estilo y el ovario. El estilo ha crecido al punto de alcanzar la corola; las anteras y el ovario han crecido y aún las primeras duplican en longitud al segundo (Fig. 1D). Hay aumento en el número de capas de la pared del ovario que llega a seis solo en el mesófilo. Los septos y la placenta se diferencian claramente. La epidermis presenta divisiones anticlinales y el mesófilo divisiones periclinales (Fig. 5A). El cáliz presenta siete capas, la epidermis con tricomas conformados por dos células, la epidermis externa posee células más altas que anchas y la epidermis interna presenta lo contrario. Cabe recordar que el cáliz es una hoja modificada y por tanto tiene una estructura anatómica y un papel fisiológico similar a la hoja.

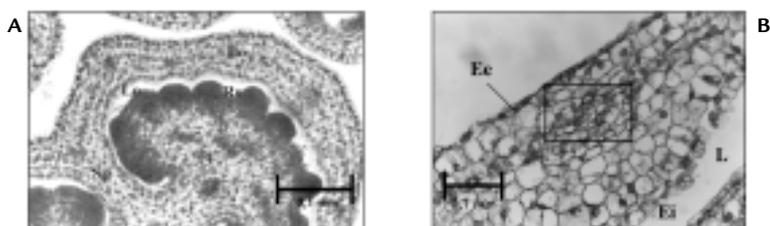


Figura 3. Pared del ovario primer estado A. Detalle de la pared del ovario botón estado 2 (Aumento total al microscopio: 400x). Corte transversal. Po: pared del ovario; Rs: rudimentos seminales; Pl: placenta; Sp: septo y Lo: lóculo. B. Detalle de un haz vascular en un botón estado 3 (Aumento total al microscopio: 200x). Corte transversal. Ee: epidermis externa; Ei: epidermis interna y L: laguna.

Botón estado cinco. El ovario presenta septos con siete capas, la pared no presenta incremento en el número de capas, pero sí del tamaño de las células del mesófilo, en el cual se distinguen zonas de división y algunos espacios intercelulares, también se ven estados de división y las células de la epidermis externa en división periclinal. Mientras la epidermis externa presenta células más altas que anchas, la epidermis interna pre-

senta células más anchas que altas, explicado por su posición y función inmediata, ya que el crecimiento en los tejidos externos tienden hacia la expansión (aumento de volumen) con relación a los internos. Se observa el cáliz bien conformado con sus haces conductores. En este estado se distinguió una zona glandular en la base del cáliz. En algunas células parenquimáticas se observan cristales de oxalato de calcio, conocidos como drusa, los cuales se visualizan como zonas brillantes dentro de las células.

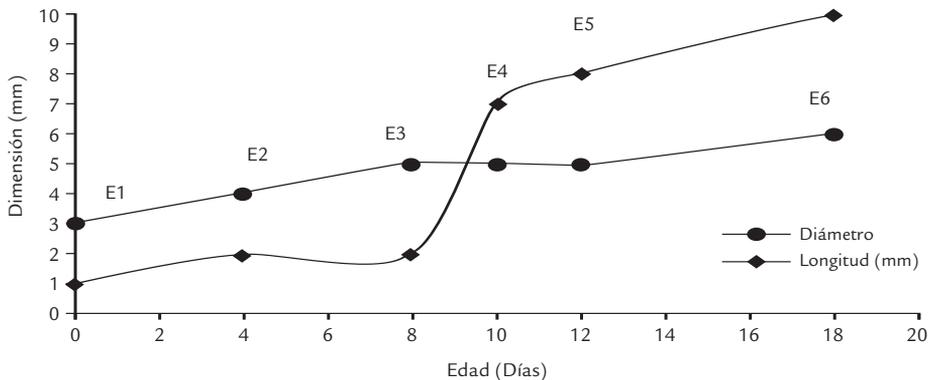


Figura 4. Desarrollo del botón floral de uchuva según el crecimiento del diámetro y la longitud. E1: Botón estado 1; E2: Estado 2; E3: Estado 3; E4: Estado 4; E5: Estado 5; E6: Estado 6.

Botón estado seis. Externamente se apreció un botón muy prominente, en el cual, aún la corola se encuentra dentro del cáliz pero a punto de salir. Anatómicamente, en la pared del ovario, la epidermis externa presenta divisiones anticlinales numerosas. No se observa incremento del número de capas pero sí en el tamaño de las células; los septos permanecen con seis a siete capas; las células del mesófilo se notan más grandes, con algunos espacios intercelulares. Se presentan muchos estados de división subepidérmicos de tipo periclinal y se nota una mayor presencia de drusas. Los rudimentos se observan más desarrollados en este estado (Figs. 1F y 5B).

ESTADOS DE DESARROLLO DE LA FLOR

Flor estado uno, Preantesis: día 19 y 20. Las características que exhibe este estado son las de una flor con la corola cerrada y de color amarillo verdoso, que ya sobrepasa en longitud al cáliz. Los cortes realizados al micrótopo permiten visualizar un polen listo para realizar polinización. La pared del ovario presenta nueve capas de células, y estados de división subepidérmicos. La epidermis externa continúa presentando división anticlinal y células más altas que anchas. El septo permanece con seis a siete capas. Son notorios los espacios de los lóculos, dentro de los cuales se observan los rudimentos seminales de tipo anátropo. La zona glandular del cáliz se encuentra muy diferenciada y con presencia de células muy alargadas. Se observa el nectario ovárico en la base (Figs. 5, 6A y B).

Flor estado dos, Antesis. Flor con corola completamente abierta. En este estado se pueden ver flores cuyas anteras tienen sus tecas cerradas y flores con anteras de tecas

abiertas, lo cual muestra que no todas las anteras liberan el polen al mismo tiempo. En el mesófilo de la pared del ovario se observaron de ocho a nueve capas, es decir no hay incremento respecto al estado anterior. El ovario presenta forma oval con una base plana unida al receptáculo floral. Las horas de apertura de la flor son de 8:30 a.m. a 5:00 p.m., cierran levemente y permanecen en antesis durante dos días (Fig. 7).

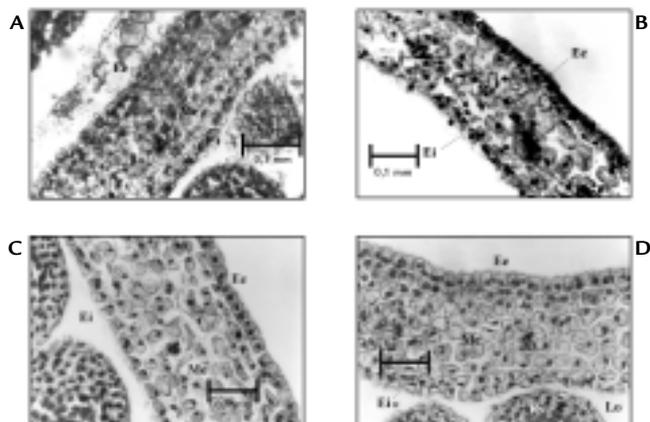


Figura 5. Pared del ovario estados avanzados. A. Detalle de la pared del ovario del botón estado 4 (Aumento total al microscopio: 400x). Ee: epidermis externa; Me: mesófilo y Ei: epidermis interna. B. Detalle de la pared del ovario botón estado 5 (Aumento total al microscopio: 200x). Ee: epidermis externa; Ei: epidermis interna y Me: mesófilo. C. Detalle de la pared del ovario botón estado 6 (Aumento total al microscopio: 200x). Ee: epidermis externa; Ei: epidermis interna y Me: mesófilo. D. Flor en preantesis. Ee: epidermis externa; Ei: epidermis interna; Me: mesófilo; Rs: rudimentos seminales y Lo: lóculo.

DESARROLLO DEL FRUTO

Fruto recién cuajado. Externamente, se distingue por la caída de la corola, quedando el cáliz con el ápice abierto, dejando ver el fruto en su interior y donde a veces se aprecia el pistilo aún unido a este. También presenta una constricción hacia el ápice y una base amplia, unida al receptáculo floral. Las dimensiones aproximadas de este son de 4 mm de diámetro por 4 mm de largo. Anatómicamente, este estado presenta nueve capas en el mesófilo de la pared y ondulaciones hacia las capas de la epidermis interna.

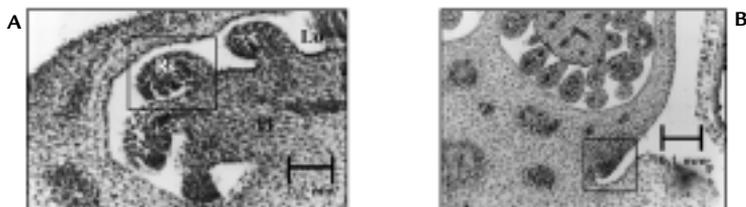


Figura 6. A. Desarrollo de los rudimentos seminales, tipo anátropo (Aumento total al microscopio: 100x). Lo: lóculo; Pl: placenta y Rs: rudimentos seminales. B. Flor en preantesis. Sección longitudinal basal del ovario donde se muestra el nectario floral (Aumento total al microscopio: 100x). D. Flor en antesis. A. Vista general en corte longitudinal.

Fruto de diez días de cuajado (fase de crecimiento inicial). Dimensiones de 1,2 cm de diámetro por 1,3 cm de largo. Se observan los avances del pericarpo y de la placenta hacia los lóculos. Se aprecia la epidermis del fruto con células de forma cuadrangular a irregular, y aproximadamente tres capas subepidérmicas con células alargadas en sentido tangencial. Este estado presentó el aumento más significativo en número de capas pasando de 9 en el estado anterior a 12 (Fig. 8). En el mesocarpo, se aprecian células con forma irregular que empiezan a formar espacios intercelulares y zonas de división celular. Las semillas se observan en proceso de diferenciación (Fig. 9).

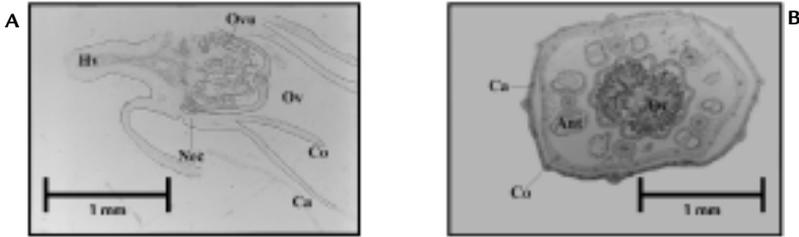


Figura 7. Vista general en corte transversal (Aumento al estereoscopio: 10x). Hv: haces vasculares; Ov: ovario; Ovu: óvulos; Nec: nectario; Ca: cáliz y Co: corola.

Fruto de 25 días de cuajado (etapa de llenado). Sus dimensiones son de 1,48 cm de diámetro por 1,51 cm de largo. Se trata de un fruto inmaduro todavía. Se evidencia la capa de cutícula sobre la epidermis del fruto; las células del mesocarpo se presentan, en su mayoría, se encuentran colapsadas y se ven grandes lagunas; las células de la epidermis del fruto se presentan más anchas que altas. Las células subepidérmicas se notan alargadas en sentido tangencial y con paredes gruesas, diferenciándose en este estado el exocarpo, constituido por la epidermis y las tres capas subsiguientes, de naturaleza colenquimatosa. El avance del pericarpo y la placenta hacia los lóculos es tal que se han formado los llamados falsos tabiques alrededor de la semilla (Figs. 10A y B)

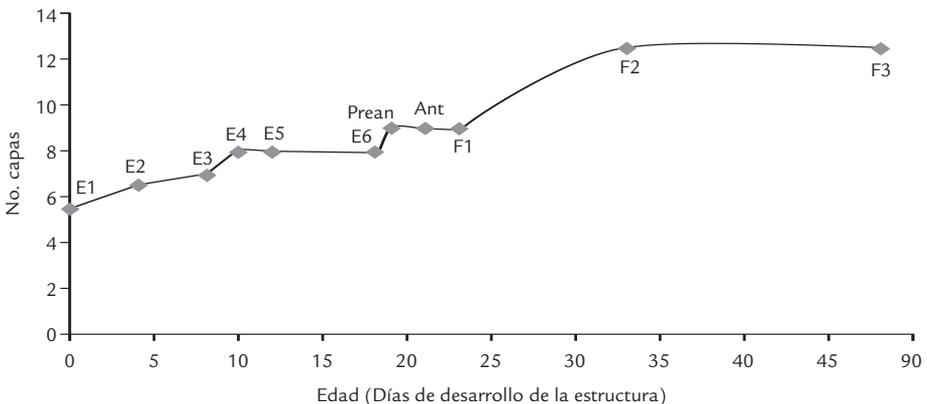


Figura 8. Desarrollo del número de capas de las paredes del ovario y del fruto según los estados de desarrollo. Prean: Preantesis; Ant: Antesis; F1: fruto recién cuajado; F2: fruto de 10 días de cuajado; F3: fruto de 25 días de cuajado.

Frutos en etapa de maduración (50–60 días después de cuajados). Frutos con dimensiones mayores a 1,9 cm de diámetro por 1,7 cm de longitud. Cuando los frutos alcanzan la madurez, las paredes celulares del mesocarpo prácticamente han desaparecido y lo que se encuentra es tejido jugoso, se diferencian las células del exocarpo, las cuales se presentan en unas tres capas recubiertas por una gruesa cutícula. En esa masa jugosa se insertan las semillas, en las cuales se observa su cubierta seminal diferenciada teñida de rojo y en su interior las estructuras típicas de la semilla, el embrión y el endospermo (Figs. 10C, 10D y 11A).

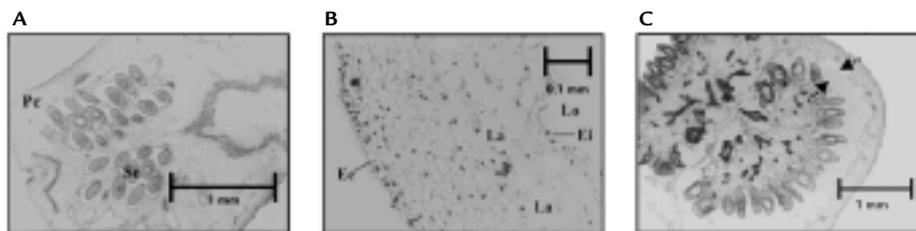


Figura 9. Fruto de diez días de cuajado. A. Corte longitudinal. Se observan semillas en formación (aumento al estereoscopio: 10x). Se: semilla y Pe: pericarpo. B. Detalle de la pared del fruto, se observan lagunas en el mesófilo y el avance del pericarpo hacia los lóbulos (aumento total al microscopio: 100x). C. Se observa el avance inicial del pericarpo hacia los lóculos. Corte longitudinal (aumento al estereoscopio: 10x). Las flechas punteadas indican el avance del tejido.

DISCUSIÓN

Como lo señala Grange (1993), el desarrollo de los frutos carnosos sigue tres procesos que parten del desarrollo y crecimiento del ovario en el primordio floral; se continúa con una nueva fase de división celular después de la antesis y polinización, y finalmente ocurre el proceso de expansión celular que determina el tamaño final del fruto. Para el caso de la uchuva, estos procesos se cumplen completamente con algunos cambios drásticos de textura, en la última etapa. El patrón de desarrollo de esta baya no se aparta de los descritos por Coombe (1976) para frutos jugosos. Los estados de desarrollo del botón floral (1-6) muestran claramente el desarrollo paulatino de las estructuras reproductoras, siendo el estado cuatro donde se evidencia el crecimiento longitudinal más pronunciado, se establecen las proporciones de tamaño del gineceo y androceo y se observa un aumento en el número de capas de la pared del ovario (ocho). Igualmente, se evidencian las divisiones anticlinales de la epidermis externa que permitirán posteriormente mantener la relación superficie-volumen. El incremento de capas del pericarpo, producto de la activación de la división celular después de antesis, se observa a los diez de cuajado donde alcanza hasta 12-13 capas totales (Figs. 10A y B); a partir de este estado no se observa aumento de capas celulares en el pericarpo. El proceso de elongación o expansión celular inicia básicamente, en frutos de 25 días de cuajado y continúa hasta los estados de maduración. Adicionalmente, ocurre una alteración de la textura de los tejidos parenquimáticos de placenta y mesocarpo, evidenciado por la presencia de grandes lagunas o espacios intercelulares apreciables, cambio de la forma de las células por vacuolación, formación de falsos tabiques alrededor de la semilla y

liberación de jugo vacuolar. Estos cambios anatómicos no se traducen en la consistencia del fruto sino en los estados semimaduro-maduro y senescencia.

En cuanto al exocarpo conformado por la epidermis del fruto y de dos a tres capas subyacentes, alargadas tangencialmente y de naturaleza colenquimatosas, se establece que su estructura es similar tanto en el tipo ruderal como en el ecotipo Colombia. Esta conformación podría ser una desventaja para éste último ecotipo puesto que el fruto es más grande y con mayor contenido de materia fresca. Por lo tanto, se generaría una mayor presión sobre el exocarpo (principalmente en estado maduro y senescente) causando la eventual ruptura del fruto. En el trabajo realizado por Valencia (1985), sobre la anatomía del fruto de uchuva tipo silvestre, los estadios fueron establecidos según los cambios anatómicos del fruto a lo largo de su desarrollo, tomando como referencia la longitud del eje polar del mismo. En el presente estudio se amplió el estudio de la etapa de botón floral, tomando como referente el incremento en longitud y diámetro del ovario en el tiempo, referente usado también en el desarrollo del fruto.

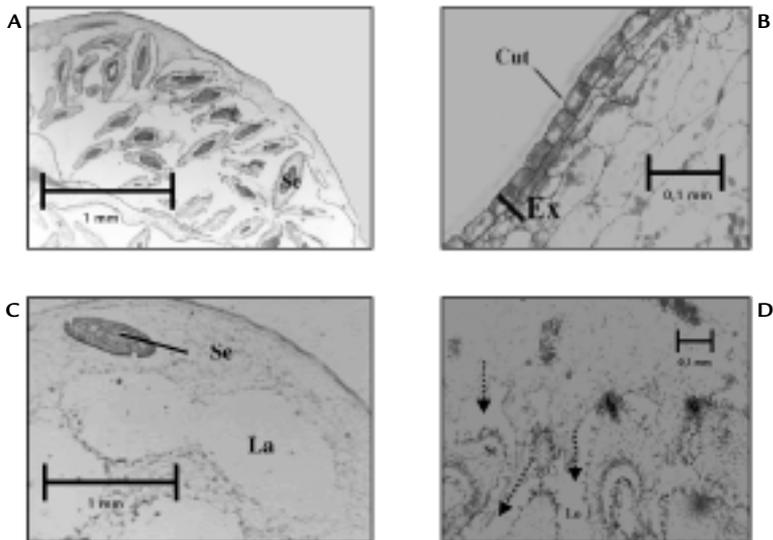


Figura 10. Sección transversal. Fruto de 25 días de cuajado. A. Se observan semillas ya formadas rodeadas por tejidos provenientes de la pared del fruto y la placenta; además se observan grandes lagunas (Aumento al estereoscopio: 8x). Se: semilla. B. Detalle del exocarpo del fruto en sección transversal. Se observan las capas de células que lo conforman, alargados tangencialmente y la cutícula gruesa (Aumento total al microscopio: 200x). Cut: cutícula y Ex: exocarpo. C. Sección transversal de un fruto maduro. Se observan grandes lagunas y las semillas inmersas en el tejido (Aumento al estereoscopio: 10x). Se: semilla y La: laguna. D. Fruto en etapa de maduración. Se observan semillas y el avance del tejido placentario hacia el lóculo (Aumento total al microscopio: 100x). Se: semilla y Lo: lóculo. Las flechas punteadas indican el avance del tejido.

Comparando los resultados de ambas investigaciones se concluye que los cambios anatómicos son los mismos y al extrapolar los estados descritos, los cambios también ocurren en etapas del desarrollo similares. Cuando se compara el tamaño promedio

del fruto ecotipo Colombia (2,3 cm de diámetro) con el tipo ruderal o silvestre (1,6 cm), se demuestra con los resultados del presente estudio, que esta diferencia no es producto de cambios anatómicos importantes y por tanto el mayor tamaño y mejor calidad del ecotipo Colombia se deben más a las ventajas que proporcionan las condiciones óptimas de cultivo a las plantas y los procesos de selección continua de los mejores frutos, que han llevado a cabo los cultivadores de uchuva. Se confirma la presencia de la zona glandular en la cara interna y basal del cáliz e igualmente la secreción producida en esta zona, que impregna toda la superficie del fruto; caracteres descritos ampliamente por Valencia (1985). El carácter acrecente del cáliz se mantiene en el ecotipo Colombia al igual que la relación de tamaño cáliz/fruto, lo cual es de mucha importancia puesto que el cáliz cumple una función fisiológica y protectora muy importante para el fruto, jugando un papel significativo en la producción y traslocación de los carbohidratos, con mayor importancia durante los primeros días de desarrollo del fruto (Fischer *et al.*, 1997; Fisher y Lüdders, 1997). Mazorra y Quintana (2003), reportan para el ecotipo Sudáfrica la presencia de tres carpelos y 3 cm de diámetro, lo cual probablemente explica su mayor tamaño (Valencia, comunicación personal; Fig. 11B).

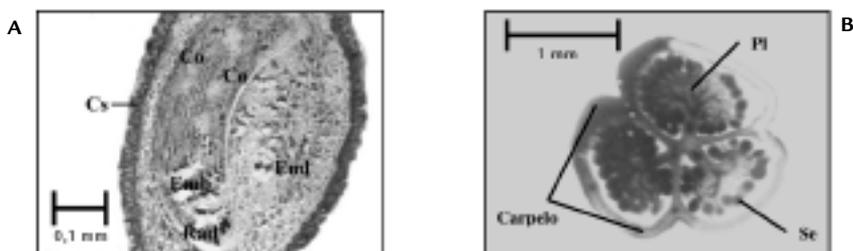


Figura 11. A Semilla. Cs: cubierta seminal lignificada; Emb: embrión; Hip: hipocótilo; Rad: radícula y End: endospermo (aumento total al microscopio: 100x). B. Se observa la placentación y los tres carpelos del fruto de uchuva ecotipo Sudáfrica (aumento al estereoscopio: 10x). Pl: placenta y Se: semilla.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la investigación desarrollada dentro del convenio Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá y el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA, Quindío). Al Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Industria de Alimentos (CIAL, Medellín) por el apoyo financiero para llevar a cabo este estudio. Igualmente, a la Universidad Nacional de Colombia por todos los recursos brindados para la ejecución del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- ALMANZA P, ESPINOSA C. Desarrollo morfológico y análisis físico químico de frutos de uchuva *Physalis peruviana* L. para identificar el momento óptimo de cosecha. [Tesis de Postgrado] Tunja: Facultad de Agronomía, UPTC; 1995.
- CCI. Perfil del producto uchuva. Corporación Colombia Internacional, Bogotá. Rev Exótica. 2002;13:1-12.

- COOMBE BG. The Development of Fleshy Fruits. *Annu Rev Plant Physiol.* 1976;27:207-228.
- FISCHER G. Crecimiento y desarrollo. En: Flórez VJ, Fischer G, Sora AD (Eds.). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá; 2000;9-26.
- _____, LÜDDERS P, TORRES F. Influencia de la separación del cáliz de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) sobre el desarrollo del fruto. *Rev Comalfi.* 1997;24(1-2):3-16.
- _____, LÜDDERS P. Developmental Changes of Carbohydrates in Cape Gooseberry (*Physalis peruviana* L.) Fruits in Relation to the Calyx and the Leaves. *Agro Col.* 1997;14(2):95-107.
- GRANGE R. Crecimiento del fruto. En: Azcon-Bieto J, Talon M (Eds.). *Fisiología y bioquímica vegetal.* McGraw-Hill-Interamericana de España. Madrid, Bogotá; 1993;449-462.
- HOBSON G. Maduración del fruto. En: Azcon-Bieto J, Talon M (eds.). *Fisiología y bioquímica vegetal.* McGraw-Hill-Interamericana de España. Madrid, Bogotá; 1993;463-478.
- JOHANSEN DA. *Plant Microtechnique.* Mc Graw Hill Publication Book Co., New York; 1940.
- MAZORRA MF, QUINTANA AP. Desarrollo del fruto y aspectos anatómicos de las estructuras reproductivas de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Subia (Cundinamarca). [Trabajo de Grado] Bogotá: Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá; 2003.
- _____, QUINTANA AP, MIRANDA D, FISCHER G, CHÁVES B. Análisis sobre el desarrollo y la madurez fisiológica del fruto de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Sumapaz (Cundinamarca). *Agro Col.* 2003;21(3):175-189.
- ROTH I. *Microtecnia Vegetal.* Universidad Central de Venezuela, Caracas. 1964.
- VALENCIA M, De. Anatomía del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Act biol Colom.* 1985;1(2):63-89.