

# Análisis sobre el desarrollo y la madurez fisiológica del fruto de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Sumapaz (Cundinamarca)<sup>1</sup>

## Analysing cape gooseberry fruit (*Physalis peruviana* L.) development and physiological maturity in the Sumapaz area (Cundinamarca)<sup>1</sup>

Manuel Fernando Mazorra<sup>2</sup>, Ángela Patricia Quintana<sup>2</sup>, Diego Miranda<sup>3</sup>, Gerhard Fischer<sup>3</sup> y Bernardo Cháves<sup>3</sup>

**Resumen:** Con el fin de determinar los índices de cosecha de los frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) cultivados en la zona de Subia, en Cundinamarca, se realizó el seguimiento de los estados fenológicos durante la fase reproductiva. El trabajo se llevó a cabo en dos huertos comerciales de la localidad. El primero, ubicado en Subia (4° 28' N y 74° 22' W), a una altura de 1.900 m.s.n.m., temperatura promedio anual de 17,5° C, humedad relativa del 77% y precipitación promedio anual de 1.290 mm. El segundo huerto, ubicado en la localidad de San Raimundo, se encuentra a 4° 29' N y 74° 21' W, a una altura de 2.100 m.s.n.m., temperatura promedio anual de 16° C, humedad relativa del 78% y precipitación promedio anual de 1.300 mm. Se seleccionaron frutos provenientes de las ramas principales y de las secundarias, los cuales se tomaron a partir del cuajamiento del fruto, cada cinco días. Las variables consideradas fueron: peso fresco, peso seco, diámetro y porcentaje de germinación de semillas, además de la determinación del color, tanto para el fruto como para el cáliz. Los datos de peso fresco, peso seco y diámetros generaron una curva de crecimiento de tipo sigmoidal, a la cual se le ajustó un modelo de crecimiento logístico que describió la dinámica de crecimiento del fruto. Las semillas presentaron un porcentaje de germinación alto, superior a 90%, en frutos de 50 días de edad. De acuerdo con los resultados obtenidos, se estableció que el momento óptimo para la cosecha es a partir de los 50 días después del cuajamiento del fruto (DCF), lo que coincide con el surgimiento de una coloración amarillo-verdoso del fruto y una verde-amarillo del cáliz.

**Palabras clave:** Crecimiento, germinación, ramas, color, peso, curva sigmoidal.

**Abstract:** The phenological stages of the reproductive phase of the cape gooseberry fruit (*Physalis peruviana* L.), grown in the Subia area of Cundinamarca (Colombia), were studied for determining harvest indices. The work was carried out in two commercial orchards in the area. The first was located in Subia at 4° 28' N and 74° 22' W, 1.900 meters above sea level (masl), 17.5° C average annual temperature, 77% relative humidity and 1.290 mm average annual rainfall. The second orchard was located in San Raimundo at 4° 29' N and 74° 21' W, at 2.100 masl, 16° C average annual temperature, 78% relative humidity and 1.300 mm average annual rainfall. Fruit was selected from main and secondary branches, from which fresh weight, dry weight, fruit diameters, percentage of seed germination and fruit and calyx color were determined each five days, beginning at fruit setting (DFS). A sigmoidal growth curve was constructed from fresh weight, dry weight and diameter data; a logistical growth model was adjusted to it for describing fruit growth behaviour. The seeds presented a high percentage of 50-day old fruit germination (greater than 90%). According to the obtained results it was established that the optimal moment for harvesting occurs 50 days past fruit set (DFS), coinciding with yellow-greenish fruit colouring and a green-yellow calyx.

**Key words:** Growth, germination, branches, colour, weight, sigmoidal curve.

Fecha de recepción: 15 de septiembre de 2003.

Aceptado para publicación: 28 de noviembre de 2003.

- 1 Investigación desarrollada dentro del Proyecto "Desarrollo de Tecnologías de Cosecha y Poscosecha en Mora, Mango Común, Lulo, Pitahaya y Uchuva", Convenio Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), CIAL y la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- 2 Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- 3 Profesor Asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mails: dmirandal@unal.edu.co; gfischer@unal.edu.co; bchavesc@unal.edu.co

## Introducción

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) se ha convertido en el segundo fruto de exportación de Colombia después del banano; los frutos presentan buena calidad vitamínica y contenidos apropiados de  $\beta$ -caroteno y ácido ascórbico, razones que han favorecido su cultivo, especialmente en el Altiplano Cundiboyacense, zona con la mayor área en producción del país (Fischer y Martínez, 1999). Desde 1985 este cultivo se considera promisorio para departamentos como Nariño, Cauca, Huila, Antioquia, Cundinamarca y Boyacá, lo cual constituye una importante alternativa para los sistemas de producción agrícolas de las zonas frías (Rodríguez y Botía, 2000; Franco, 2000; López, 2000).

El desconocimiento del momento óptimo de cosecha, de acuerdo con la madurez fisiológica del fruto, constituye un inconveniente para productores y exportadores, ya que se presentan pérdidas por rechazos de producto que no satisface los requerimientos exigidos por el mercado.

Se ha recomendado cosechar cuando el fruto tiene un color amarillo (3/4 de maduración) si los frutos van para el mercado externo; o cuando aparece el color naranja si es para el mercado nacional. Se afirma que el color del cáliz es un indicador de fácil utilización en campo para determinar la calidad y la madurez de la uchuva (Fischer y Martínez, 1999; Fischer y Angulo, 1999).

Según Almanza y Espinosa (1995), el cambio de color del cáliz, de verde a amarillo, indica el comienzo de la maduración del fruto. No obstante, muchos frutos se recolectan sin haber alcanzado la madurez fisiológica; por tratarse de un fruto posiblemente no climatérico (Villamizar *et al.*, 1993), no consigue alcanzar la madurez de consumo ni las características exigidas por los consumidores.

De igual forma, se desconocen los cambios anatómicos y fisiológicos que ocurren durante el desarrollo del fruto de la uchuva, a partir del momento de la iniciación floral, en las condiciones de la región cundinamarquesa de Subia; esta información es necesaria para determinar de manera precisa el momento de la madurez fisiológica en esta zona, ubicada entre 1.900 y 2.100 m.s.n.m., que se considera como una de las de mayor producción y abastecimiento de uchuva, tanto para el mercado interno, como para el de exportación.

En Colombia, la uchuva se comporta bien en sitios entre 1.800 y 2.800 m.s.n.m., con temperaturas entre 13 y 18° C; las precipitaciones deben oscilar entre 1.000 y 2.000 mm anuales, bien distribuidos; la humedad relativa (HR) apropiada está entre 70 y 80% (Fischer, 2000). Puesto que cada especie frutícola tiene un rango de temperatura en el cual se desarrolla más eficientemente (Boshell, 1982), la región de Subia reúne las características agroclimáticas adecuadas para la producción de uchuva, pues se localiza entre 1.900 y 2.100 m.s.n.m., cuenta con una temperatura promedio anual de 17° C, una humedad relativa de 77% y una precipitación promedio anual de 1.300 mm.

Fue necesario determinar los grados de maduración de la uchuva en las condiciones de la zona de Subia, mediante diferentes métodos que involucran el estudio y seguimiento del desarrollo de las diferentes estructuras reproductivas a través de observaciones en campo y laboratorio.

El objetivo del presente estudio fue establecer los estados fenológicos de la fase reproductiva de la uchuva, partiendo de la determinación de dos índices de crecimiento: la TAC (Tasa Absoluta de Crecimiento) y la TRC (Tasa Relativa de Crecimiento) de los frutos; de acuerdo con los resultados es posible proponer un momento de cosecha adecuado para la uchuva en esta región.

## Materiales y métodos

### Localización

El material vegetal fue recolectado en dos huertos comerciales establecidos en la zona de Subia. El primero ubicado en la localidad de Subia, a 4° 28' N y 74° 22' W, a una altura de 1.900 m.s.n.m. El segundo lote estaba en la localidad de San Raimundo, que se encuentra a 4° 29' N y 74° 21' W, a una altura de 2.100 m.s.n.m. El huerto de Subia tenía una temperatura promedio anual de 17,5° C, una humedad relativa de 77% y una precipitación promedio anual de 1.290 mm. El huerto de San Raimundo tenía una temperatura promedio anual de 16° C, una humedad relativa de 78% y una precipitación promedio anual de 1.300 mm. Las características climáticas imperantes en la zona durante la realización del trabajo (septiembre 2001 - enero 2002) se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Condiciones climáticas de la localidad de San Raimundo (Cundinamarca) durante los meses de estudio.

Parámetro \ Mes	Septiembre 2001	Octubre 2001	Noviembre 2001	Diciembre 2001	Enero 2002
Precipitación (mm)	89.8	142	87.9	234.2	23.1
Temperatura (°C)	17.3	18.7	18.2	17.9	18
Humedad relativa (%)	75	76	80	83	76

Fuente: IDEAM, Estación Valsálize.

### **Material vegetal**

Las plantas de los huertos seleccionados tenían cuatro meses de edad, momento en que la uchuva comienza su etapa productiva. De acuerdo con la arquitectura de las plantas y el método de tutorado usado en los huertos, se seleccionaron ramas principales y secundarias, criterio que se empleó para estratificar el muestreo. En los lotes se seleccionaron 500 plantas que habían iniciado su producción hace cinco meses; en cada una de ellas se marcaron ocho botones florales de 5 mm de longitud: cuatro en ramas principales y cuatro en ramas secundarias. La unidad de muestreo la constituyeron 30 estructuras o frutos de cada una de las ramas, tanto principales como secundarias, procedentes de aquellas plantas marcadas en cada uno de los lotes; con ello se dispuso de 120 estructuras o frutos en cada muestreo.

La recolección de estructuras florales, y posteriormente de los frutos, se realizó cada cinco días, seleccionándolas al azar entre las ramas marcadas para tal fin, durante las 12 semanas del estudio; ello tuvo el propósito de hacer un seguimiento detallado del desarrollo de esas estructuras. Una vez recolectadas, fueron transportadas al laboratorio de Fisiología Vegetal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional, sede Bogotá, refrigeradas en nevera de icopor y con papel periódico húmedo, a fin de evitar los daños y la deshidratación de las estructuras y los frutos; allí se realizaron los procedimientos para determinar el peso fresco, el peso seco, los diámetros del fruto, el color del fruto y el cáliz, además de pruebas de germinación.

### **Material de laboratorio**

Los materiales y equipos empleados en la investigación, se describen en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Metodología para la medición de las variables en estudio.

Variable	Método
Peso fresco	Balanza analítica 0.001 g
Peso seco	Estufa 105° C, bBalanza analítica 0.001 g
Diámetro transversal	Calibrador nonio
Diámetro longitudinal	Calibrador nonio
Color	Diccionario de color y RHS Colour Chart.
Germinación	Germinador a 25° C y 80% H. R.

### **Germinación de las semillas**

Para conseguir la germinación de las semillas se seleccionaron 10 frutos de cada una de las edades comprendidas entre 30 y 65 días después del cuajado del fruto (DCF); con un intervalo de cinco días, se les extrajo la semilla, secándolas durante un lapso de 24 horas, para posteriormente desinfectarlas con Vitavax® (2 ml/l de agua), de acuerdo con las recomendaciones de Angulo (1998). Posteriormente, para cada edad, se pusieron a germinar 100 semillas en cajas de Petri sobre papel de filtro húmedo. La información se tomó cada tercer día contando las semillas germinadas a lo largo de un período de 102 días.

### **Análisis de la información**

Los promedios de los datos obtenidos sobre peso fresco, peso seco y diámetros, se analizaron con el programa SAS® (*Statistical Analysis System*) versión 8.2. Se ajustaron las ecuaciones correspondientes a los modelos de Gompertz y Logística, y se seleccionó el modelo logístico por ser el que mejor describió el comportamiento sigmoidal del crecimiento del fruto y del cáliz para cada una de las variables. Dicho modelo ha sido empleado en otros estudios de crecimiento vegetal (Hunt, 1982 y 1990; Opara, 2000).

El modelo logístico tiene la siguiente expresión:

$$Y_t = \frac{a}{1 - b \cdot e^{-ct}}$$

Donde,

$Y_t$  = promedio del peso fresco o diámetro en el tiempo  $t$ .  
 $a$  = máximo valor o asíntota, expresión del peso o diámetro de acuerdo al modelo ajustado.

$b$  = parámetro de posición o desplazamiento de la curva.

$e$  = base de logaritmo natural.

$c$  = tasa de crecimiento relativo.

$t$  = tiempo en días.

La tasa absoluta de crecimiento (TAC) se calcula como la derivada de la ecuación del modelo ajustado con respecto al tiempo; por su parte, la tasa relativa de crecimiento (TRC) se obtiene al dividir la TAC por el valor estimado de la variable de crecimiento ajustada.

## Resultados y discusión

### Desarrollo del fruto

Luego de cinco días de presentarse la antesis, se observa el fruto cuajado con un peso fresco entre 0.031 y 0.095 gramos, y un diámetro ecuatorial entre 0.38 y 0.58 centímetros; este estadio se caracteriza por la caída de la corola junto con los estambres y el estilo, a la vez que el cáliz inicia su crecimiento. El ovario convertido en fruto, como resultado de la fecundación, presenta forma alargada y una constricción hacia el centro, en sentido longitudinal, que refleja la unión de los dos carpelos. Anatómicamente, las paredes del fruto presentan nueve capas en el mesófilo y la epidermis interna se distingue por las ondulaciones resultantes del proceso de expansión y crecimiento de las células del mesófilo hacia los lóculos (Valencia, 1985; Mazorra y Quintana, 2003). Esto concuerda con lo señalado por Bidwell (1993) y Grange (1993) quienes afirman que a continuación de la polinización empieza el desarrollo del fruto, considerando que éste ha cuajado tras la división de las células del ovario, luego de lo cual comienza su crecimiento. Según Bidwell (1993), en este estado del desarrollo de los frutos la concentración de ácidos orgánicos y azúcares puede empezar a aumentar y el descenso resultante en el potencial osmótico se relaciona probablemente con un aumento de la absorción de agua y con el crecimiento de las células por alargamiento. La inserción de

un nuevo fruto cuajado de uchuva en el siguiente nudo de la misma rama tomó, en promedio, cinco días; este comportamiento fue similar a lo observado por Fischer (2000) en uchuva bajo condiciones de invernadero.

El desarrollo del fruto de uchuva presentó un patrón de crecimiento de tipo sigmoideal simple, el cual se describe por medio de una curva en forma de S resultado de graficar el peso o tamaño de la planta o de sus órganos en función del tiempo (Hunt, 1982). Este comportamiento también se observa en varios tipos de frutos (Hernández *et al.*, 2002; González *et al.*, 2001; Salazar *et al.*, 1994; Coombe, 1976).

En las curvas de crecimiento que se construyeron con base en el peso fresco de los frutos de uchuva, fue posible diferenciar tres etapas: una fase inicial de crecimiento lento comprendida entre cero (cuajamiento de fruto) y 20 días después del cuajamiento del fruto (DCF); una segunda fase de crecimiento exponencial o acelerado comprendida entre 21 y 60 días; y una tercera fase de desaceleración que va desde los 61 hasta los 80 días, momento en que los frutos empiezan a presentar sobremaduración y entran en la fase de senescencia. Estas fases concuerdan con otros resultados reportados para frutos con curvas sigmoideas (Opara, 2000; Grange, 1993; Coombe, 1976; Bollard, 1970).

Los frutos producidos en la localidad de San Raimundo, a 2.100 m.s.n.m., presentaron mayor peso fresco (6,95 gramos en promedio) en comparación con los producidos a 1.900 m.s.n.m. en la localidad de Subia (5,12 gramos). Fischer *et al.* (1998) encontraron una producción de frutos más pesados, del ecotipo Colombia, a mayor altitud (2.690 m.s.n.m. contra 2.300 m.s.n.m.) para las condiciones de Tunja y Villa de Leyva en el departamento de Boyacá. Esto difiere de lo reportado para el tomate, en donde temperaturas elevadas (las cuales se presentarían en zonas de menor altitud) incrementaron el tamaño individual del fruto y acortaron el tiempo de desarrollo (Grange, 1993). En el caso de la uchuva, los resultados disímiles en el comportamiento de la variable “peso fresco” se pueden atribuir a las características de adaptación de la especie, ya que a 1.900 m.s.n.m., ésta se encuentra cerca del límite inferior del rango altitudinal óptimo preferido por la uchuva en Colombia, que está comprendido entre 1.800 y 2.800 m.s.n.m. (Fischer y Angulo, 1999).

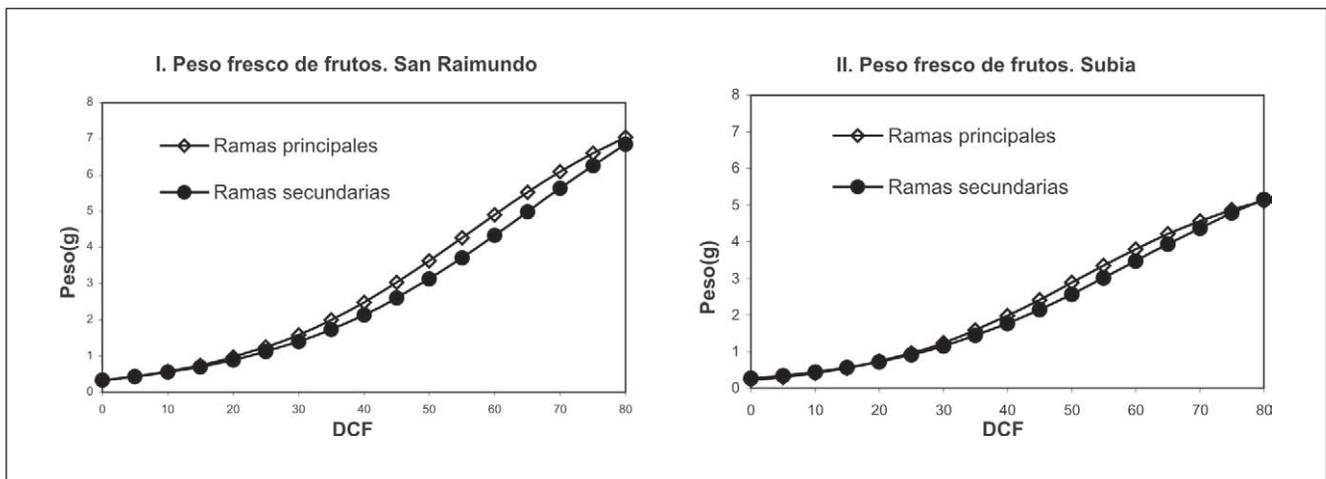
El crecimiento del fruto presentó comportamientos similares en las dos localidades para la variable “peso fresco”,

tanto en ramas principales como en secundarias, presentándose un leve incremento del peso del fruto obtenido de ramas principales, comparado con las ramas secundarias entre los días 30 a 75 (Figura 1). La diferencia de pesos entre los frutos provenientes de ramas principales y secundarias se puede explicar por la competencia que existe entre estos tipos de ramas. Los frutos en las ramas principales presentan un mayor grosor con respecto a las secundarias; lo que indica una mayor acumulación de asimilados en sus diferentes tejidos y una mayor posibilidad de traslocación de estos hacia los frutos (demandas) producidos sobre ellas. Esto se explicaría como una mayor potencia de la demanda, la cual está relacionada con su tamaño y actividad (Marquín y Corchuelo, 1998). Esto coincide con lo reportado en kiwi en donde se encontró que las últimas flores en abrirse se forman predominantemente en ramas laterales cortas, menos vigorosas que las ramas laterales largas, y que presentan ovarios más pequeños y por tanto frutos de menor tamaño. (Grange, 1993).

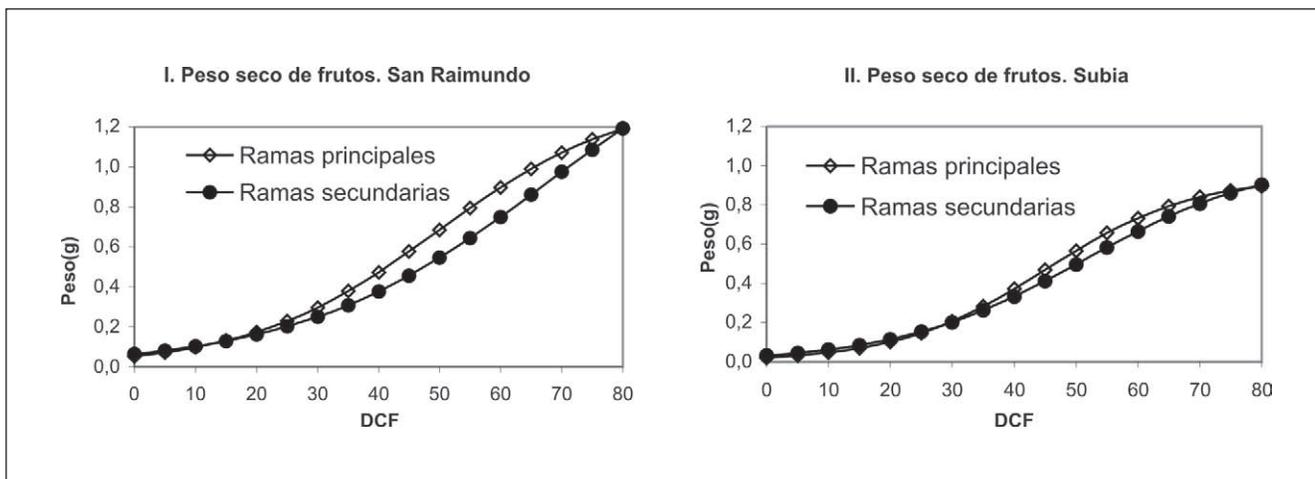
El descenso en el peso fresco para la localidad de San Raimundo, se inició hacia el día 70, día en el cual se dio el máximo valor del peso fresco; mientras que para la localidad de Subia éste período no se llegó a evidenciar antes del día 80, día hasta el cual se realizaron mediciones y en que se alcanzó el máximo peso fresco para esta localidad, siendo un fruto sobremaduro y con características comerciales no aceptables. Este descenso se relaciona con el inicio de los 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 (Opara, 2000; Hobson, 1993).

El comportamiento de la variable “peso seco del fruto” también presentó una curva de tipo sigmoideal. Se observó inicialmente un período de crecimiento lento hasta el día 30, luego de lo cual se evidencia un leve aumento del peso entre los 35 y 75 días. El peso seco promedio final de frutos obtenidos en San Raimundo fue de 1,19 g, contra 0,89 g promedio de los provenientes de Subia. La mayor acumulación de masa seca en los frutos obtenidos a mayor altura (2.100 m.s.n.m.), puede deberse a una mayor tasa de asimilación por el cultivo, debido a que ésta se relaciona con la altitud, ya que a mayor altitud el índice de área foliar de la uchuva disminuye y por tanto la tasa de asimilación neta TAN tiende a aumentar, además, un índice de área foliar demasiado alto reduce la productividad mediante tasas de respiración muy altas, teniendo en cuenta que los carbohidratos asimilados en las hojas son cargados en el fruto y finalmente acumulados en sus vacuolas (Cayón, 1992; Fischer y Lüdders, 2002; Ferree y Palmer 1982; Yamaki, 1995).

El comportamiento para la variable “peso seco de los frutos” desarrollados sobre ramas principales y ramas secundarias es similar al observado para la variable peso fresco, presentándose valores superiores para frutos desarrollados sobre ramas principales (Figura 2). Éstas diferencias se pueden presentar por lo argumentado anteriormente frente al comportamiento de la demanda, que permite al fruto, no solamente acumular una mayor masa fresca, sino también un mayor peso seco, en el caso de las estructuras que se desarrollan sobre ramas vigorosas, como sucede en el caso de las ramas principales en las cuales se evidenció un mayor diámetro.



**Figura 1.** Curva logística del crecimiento del fruto de uchuva expresado como peso fresco, en ramas principales y ramas secundarias. Localidades de San Raimundo (I, izquierda) y Subia (II, derecha).



**Figura 2.** Curva logística del crecimiento de peso seco del fruto de uchuva en ramas principales y ramas secundarias. I. Peso seco de frutos en San Raimundo. II. Peso seco de frutos en Subia.

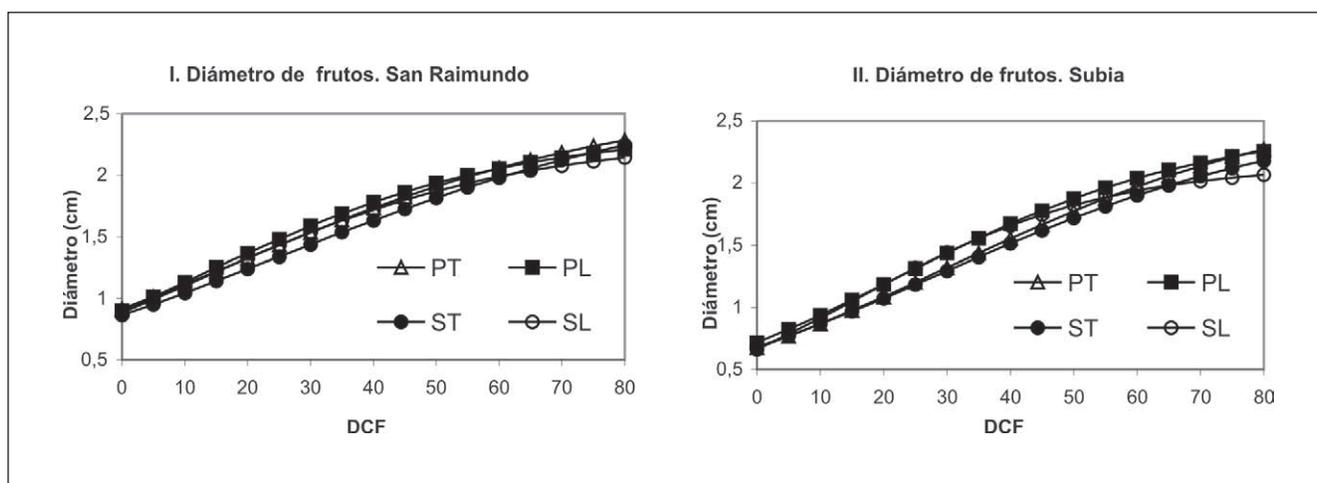
Se encontraron diferencias estadísticas entre los pesos secos de las localidades, teniendo en cuenta los intervalos o límites de confianza para el parámetro b (máximo valor o asíntota de la variable), lo cual muestra que ésta diferencia en términos de ubicación del cultivo es importante, pues a menor altitud la productividad del cultivo tiende a disminuirse.

### **Diámetro del fruto**

Los cambios de magnitud expresados en los diámetros transversal y longitudinal presentaron una curva de tipo exponencial ajustada al modelo logístico (Figura 3). Allí,

el diámetro longitudinal y transversal del fruto crece constantemente sin mostrar descenso hasta el final (día 80), lo que indica que aunque se presente degradación de los tejidos por la sobremaduración, como fue evidente en los muestreos, el tamaño del fruto hasta ese momento no disminuye, observándose más bien una tendencia a que la presión de turgencia haga que el fruto se reviente.

Al igual que sucede con el peso, los diámetros de frutos desarrollados sobre ramas secundarias son menores a aquellos desarrollados sobre ramas principales y los diámetros de los frutos provenientes de la localidad de



**Figura 3.** Curva logística representando los cambios de magnitud del fruto de uchuva según la localidad y tipo de ramas. I. Diámetros de fruto en San Raimundo. II. Diámetros de fruto en Subia. PT: Diámetro transversal frutos ramas principales, PL: Diámetro longitudinal frutos ramas principales. ST: Diámetro transversal frutos ramas secundarias, SL: Diámetro longitudinal frutos ramas secundarias.

Subia son menores a los muestreados en San Raimundo. Los valores aproximados entre el diámetro transversal y el diámetro longitudinal confirman que estos presentan una forma esférica (Villamizar *et al.*, 1993).

El diámetro ecuatorial o transversal alcanzado en el día 50 (día en donde se ubica la madurez fisiológica) está entre 17 y 19,9 mm, lo cual se encuentra dentro del rango de aceptación según la norma Icontec NTC 4580, los cuales se han establecido entre 15 y 22 mm (Herrera, 2000; López *et al.*, 2000).

### Tasas de crecimiento del fruto

Tasa absoluta de crecimiento (TAC). La tasa absoluta de crecimiento determinada con base en el peso fresco presentó mayores valores para las estructuras formadas sobre ramas primarias hasta el día 55 para San Raimundo y en el día 50 para Subia con valores respecti-

vos de 0,1278 y 0,0944 g/día, comparado con 0,1303 y 0,0927 g/día para frutos de ramas secundarias alcanzados en los días 65 y 60 para la localidad de San Raimundo y Subia, respectivamente (Figura 4).

Las tasas con respecto al peso seco de frutos ubicados sobre ramas primarias alcanzaron los máximos valores en San Raimundo en el día 50 con un valor de 0,022 g/día y en Subia en el día 45 con un valor de 0,0198 g/día, lo cual indica que aunque en Subia este valor se alcanza mas temprano, el cultivo presentó una menor acumulación de masa seca. Con respecto a los frutos de ramas secundarias, estos alcanzaron los mayores valores de TAC en los días 65 para San Raimundo y 50 para Subia con valores de 0,0226 y 0,0173 g/día, respectivamente, lo cual muestra por un lado que estas tasas son menores para los frutos de ramas secundarias y por otro que en Subia se alcanza una tasa máxima en menor tiempo aunque con valores inferiores a los de San Raimundo (Figura 5).

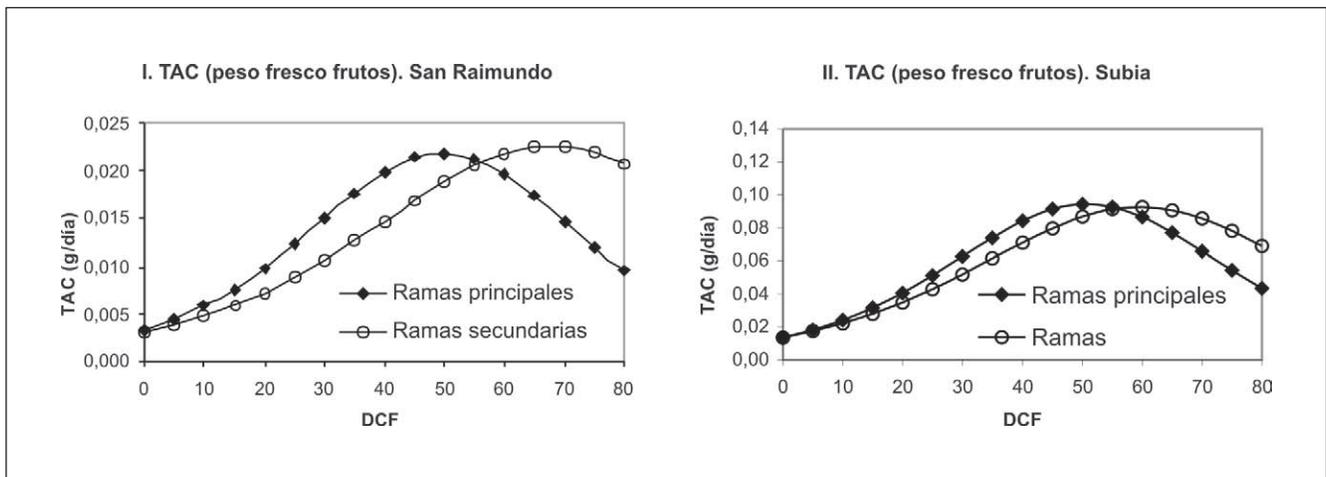


Figura 4. Tasa absoluta de crecimiento con base en el peso fresco de fruto. I: San Raimundo. II: Subia.

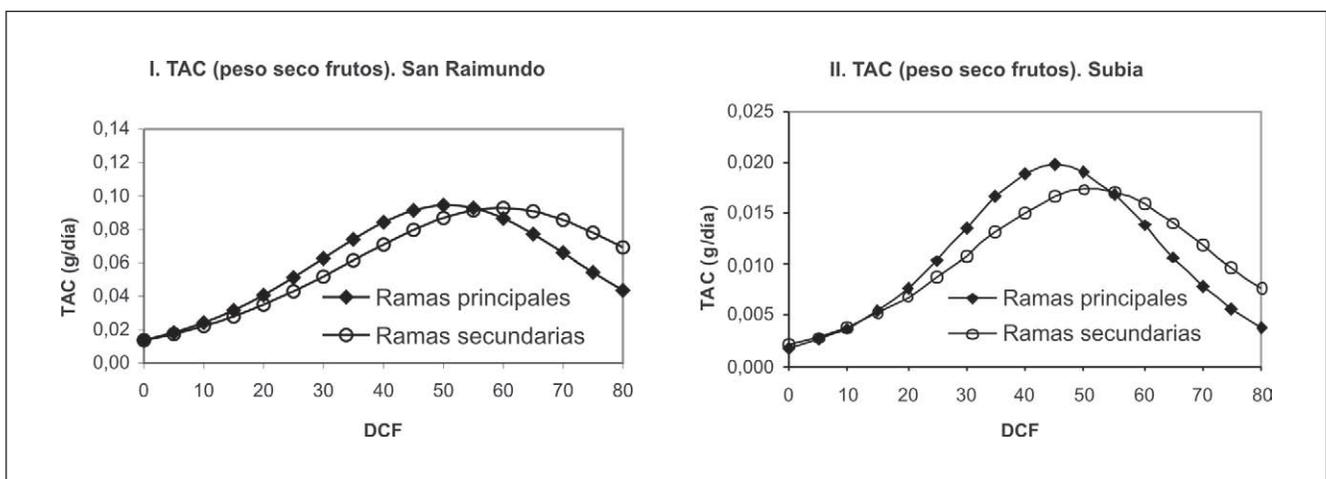


Figura 5. Tasa absoluta de crecimiento con base en el peso seco de fruto. I: San Raimundo. II: Subia.

Los mayores valores de la tasa absoluta de crecimiento para frutos formados sobre ramas secundarias, posiblemente se deba a que estos no compiten eficientemente por fotoasimilados con los frutos ubicados sobre ramas principales, los cuales, por su mayor tamaño, probablemente sean más eficientes en la toma y asimilación de fotoasimilados, tomándoles menos tiempo alcanzar su máxima tasa, aunque esta sea menor, comparados con los frutos ubicados sobre ramas secundarias. Estos resultados indican que la TAC como índice de crecimiento (utilizada en este caso para frutos), es muy útil para determinar valores puntuales del crecimiento del fruto en el tiempo, comparar las dos localidades y los dos tipos de ramas; sin embargo, muestra limitaciones para evaluar la eficiencia de las plantas como tal.

Tasa relativa de crecimiento (TRC). La tasa relativa de crecimiento presenta mayores valores iniciales para los frutos obtenidos en la localidad de Subia, con 0,0815 y 0,0645 g/g-día, para frutos formados sobre ramas principales y secundarias respectivamente. Para la localidad de San Raimundo, estos valores fueron de 0,0617 y 0,0471 g/g-día para frutos formados sobre ramas principales y secundarias respectivamente. Los valores finales alcanzados en la localidad de Subia (0,0053 y 0,0098 g/g-día, para frutos formados sobre ramas principales y secundarias respectivamente) son menores a los alcanzados por los frutos en la localidad de San Raimundo (0,0092 y 0,0188 g/g-día, para frutos formados sobre ramas principales y secundarias respectivamente). Este contraste entre valores iniciales y finales para las dos localidades indican que aunque se presentan mayores valores para la localidad de Subia, el comportamiento

de la TRC es más constante en el tiempo en la localidad de San Raimundo.

Este resultado permite corroborar que la TRC es un parámetro de crecimiento muy sensible a las condiciones climáticas donde se desarrolla el cultivo, y en este caso el factor altitudinal puede estar influyendo en su comportamiento.

Se observa que la tasa relativa de crecimiento tuvo mayores valores para los frutos producidos en las ramas principales, lo cual está de acuerdo con la acumulación de peso fresco y seco, argumentado anteriormente (Figura 6). Los valores antes mencionados indican que las ramas primarias son más eficientes en la acumulación y posterior traslocación de fotoasimilados hacia los frutos cuajados y en desarrollo, pero existe un período importante que se presentó en el día 50 después del cuajamiento en San Raimundo y en el día 55 en Subia (que en las curvas se representa por un punto de inflexión). Esto indica que los fotoasimilados se destinan a terminar el llenado del fruto a partir de este momento, y las ramas principales son igualmente más eficientes para contribuir al llenado, lo que se manifiesta por la caída abrupta de la curva. No ocurre lo mismo para las ramas secundarias que por su estado de desarrollo más joven, sólo empiezan a acumular y a llenar los frutos con fotoasimilados disponibles, con una diferencia superior a los cinco días.

Estos resultados corroboran que éste índice es más adecuado para determinar la eficiencia de la planta de uchuva para producir material nuevo (ramas y frutos en

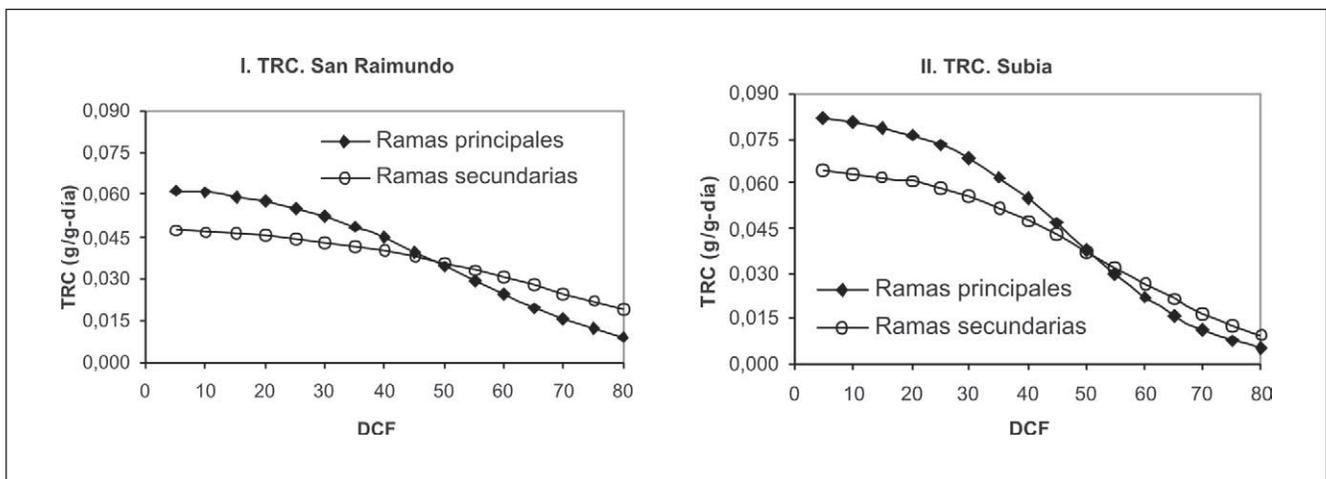


Figura 6. Tasa relativa de crecimiento con base en el peso de fruto. I: San Raimundo. II: Subia.

este caso), pero que los valores están condicionados en buena parte por la ontogenia del fruto.

La diferencia en el punto de inflexión de la Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC) entre las localidades indica que una diferencia de cinco días en el momento de la cosecha puede ser significativa, ya que al adelantarse la cosecha en dicho lapso de tiempo en la localidad ubicada a mayor altitud, el agricultor podrá ganar tiempo al realizar una recolección anticipada de frutos, y favorecerse en caso de una alta demanda de la fruta.

### Peso fresco del cáliz

Con base en el modelo de crecimiento logístico, se representó gráficamente el crecimiento del cáliz de acuerdo a la variable de peso fresco según se indica en la Figura 7. El patrón de crecimiento fue similar en ambas localidades, observándose mayores valores para San Raimundo, lo cual demostró que existe una relación directa entre el crecimiento del fruto y del cáliz.

El comportamiento de la curva muestra que en los primeros 15 días se presentó un incremento acelerado de peso fresco del cáliz, el cual llega a su máximo valor y se estabilizó a partir del día 20, presentándose un fuerte descenso en el día 80, el cual coincide con el estado pergaminoso que éste presenta debido a la deshidratación. Este comportamiento es similar a lo descrito por Fischer *et al.* (1997) bajo condiciones de invernadero en Berlín, en donde la curva resultante presentó un incremento proporcional hasta el día 15, descendiendo fuertemente después de los 55 días. En contraste, Almanza y Espi-

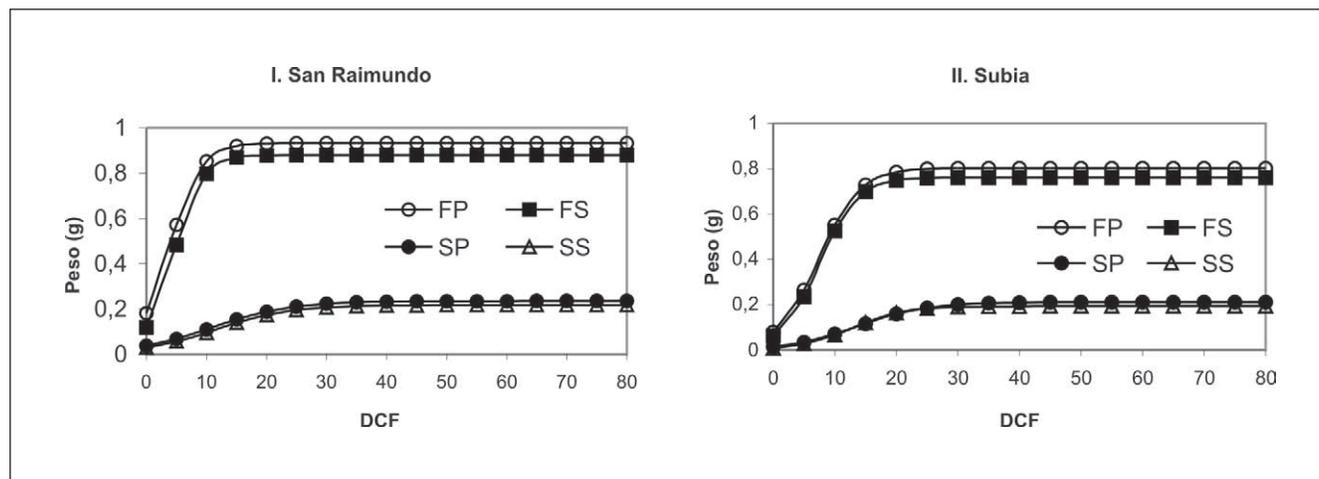
noza (1995) obtuvieron un máximo peso fresco del cáliz entre los días 49 y 56 bajo condiciones de invernadero para la ciudad de Tunja (2690 m.s.n.m.). De esta manera, los resultados obtenidos en el presente estudio mostraron que el cáliz alcanza un desarrollo mayor antes de que el fruto lo haga, posiblemente en función de su papel de síntesis y translocación de fotoasimilados hacia el fruto (Fischer *et al.*, 1997).

### Peso seco del cáliz

Según lo representa la curva logística de la Figura 7, la acumulación de materia seca presenta un crecimiento rápido en los primeros 20 días, alcanza el mayor punto hacia el día 30 para estabilizarse a partir de este momento. Se presentan mayores valores en el cáliz desarrollado sobre ramas principales, lo cual tiene relación con lo explicado anteriormente frente al peso fresco y seco de los frutos desarrollados sobre dichas ramas.

Teniendo en cuenta que el crecimiento se mide principalmente frente a la acumulación de masa seca, es de suponerse que hasta el día 30 el cáliz compite por fotoasimilados con el fruto, pero también estaría en capacidad de aportarle asimilados para su desarrollo. Es importante destacar que el peso fresco máximo se alcanza antes que el peso seco (20 y 30 días respectivamente), indicando que una rápida acumulación de agua le permite continuar con procesos fotosintéticos para completar su desarrollo en un corto período de 10 días.

Con base en el comportamiento del peso fresco y el seco observados en el cáliz, se puede corroborar



**Figura 7.** Curvas logísticas de crecimiento del cáliz con base en el peso fresco y peso seco. I. San Raimundo. II. Subia. FP: fresco principales, FS: fresco secundarias, SP: seco principales, SS: seco secundarias.

que esta estructura tiene gran capacidad para acumular agua y fotoasimilados en solución, lo cual debe aprovechar para su desarrollo en los primeros 30 días. También para estas estructuras se observa la eficiencia de traslocación de las ramas primarias respecto a las ramas secundarias, esto debido a la mayor traslocación por parte de las primeras, de agua y nutrientes en solución hacia el cáliz.

### Tasas de crecimiento de cáliz

En la localidad de San Raimundo, la TAC para el cáliz presentó los valores mínimos cuando se utilizó el peso fresco los días 0 (0,0551 g/día) y 25 (0,0001 g/día), para el caso de las ramas primarias, presentándose un comportamiento similar con valores de 0,0421 y 0,0001

g/día para el cáliz de las ramas secundarias. El comportamiento del peso seco del cáliz de las ramas primarias fue menor los días 0 y 50, con valores de 0,0048 y 0,0001 g/día respectivamente para el caso de las ramas primarias. Un comportamiento similar se observó para las ramas secundarias cuyos valores fueron 0,0041 y 0,0001 g/día para los días 0 y 50 respectivamente. En cuanto a los valores máximos de TAC, calculados con base en el peso seco, estos se presentaron en el día 10 y fueron de 0,0090 g/día para las ramas primarias y 0,0088 g/día para las ramas secundarias. Para este caso, los primeros diez días de desarrollo del cáliz, muestran que las ramas primarias aportan a la formación y crecimiento del cáliz en una forma más eficiente, sin embargo, a partir del día 15 su crecimiento es similar independientemente de la rama (Figura 8-I y Figura 9-I).

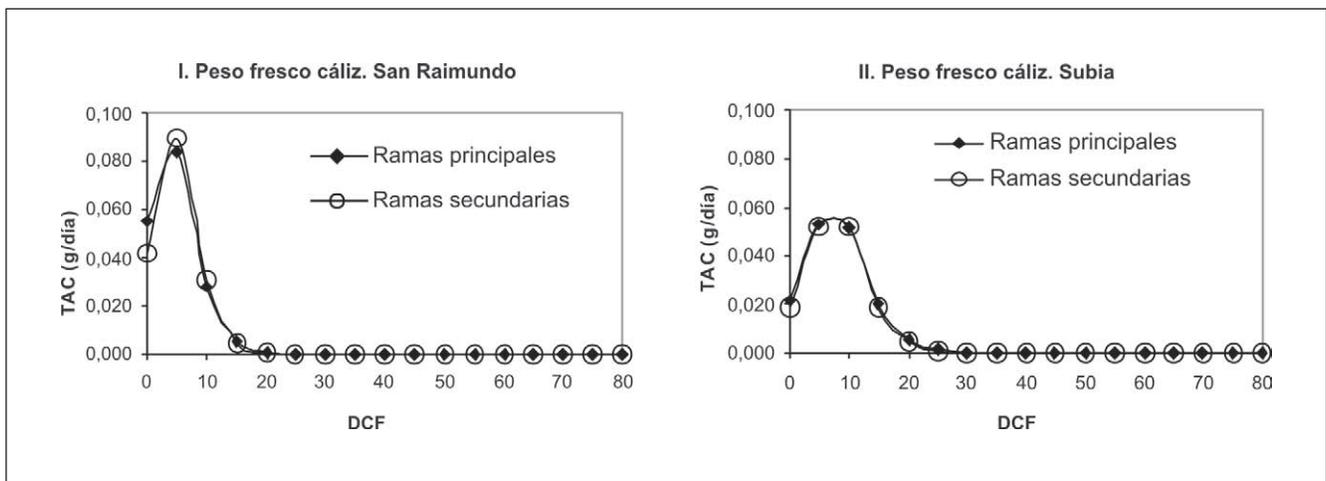


Figura 8. Tasa absoluta de crecimiento de cáliz con base en el peso fresco. I: San Raimundo. II: Subia.

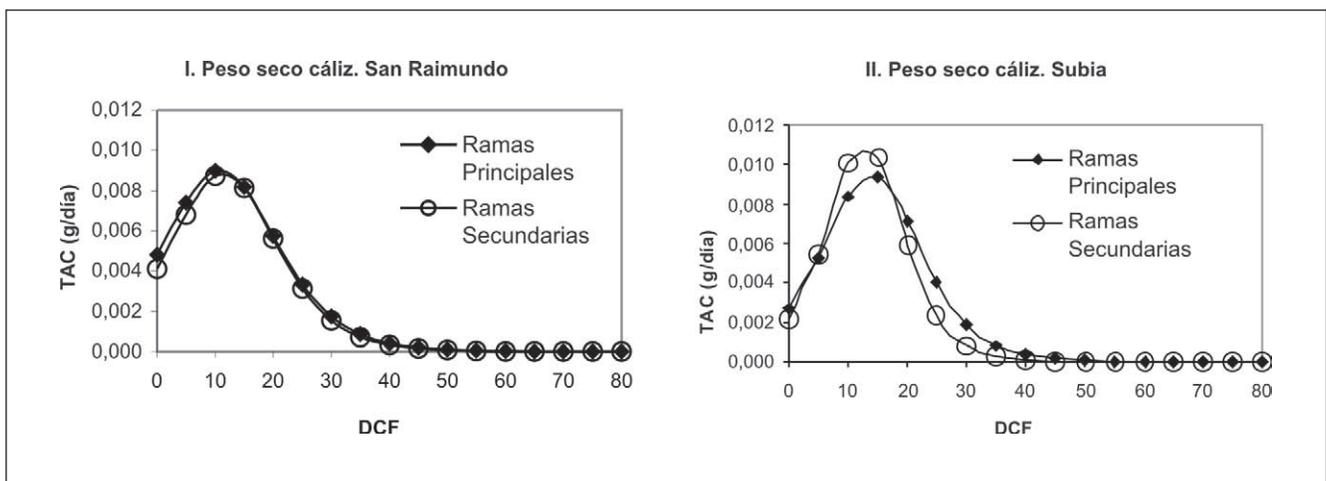


Figura 9. Tasa absoluta de crecimiento de cáliz con base en el peso seco. I: San Raimundo. II: Subia.

En la localidad de Subia, la TAC para el cáliz presentó valores mínimos de crecimiento el día 0 (cuajamiento del fruto) con 0,0214 g/día y el día 35 con 0,0001 g/día y valores máximos de 0,0532 y 0,0517 g/día alcanzado en los días 5 a 10 para el caso de ramas principales. Un comportamiento similar presentó el cáliz ubicado en ramas secundarias corroborándose que para dicho período (hasta el día 20 inclusive) éste acumula gran cantidad de agua en los dos tipos de ramas (Figura 8-II).

La TAC determinada con base en el peso seco, mostró valores mínimos de 0,0027 g/día (en el día 0) y 0,0001 g/día a partir del día 50. Los valores máximos de TAC para el cáliz provenientes de ramas primarias fue de 0,0084 y 0,0094 g/día obtenidas en los días 10 y 15 respectivamente. En este caso las ramas primarias mostraron una menor TAC en comparación con las ramas secundarias en los primeros 20 días de desarrollo del cáliz. Esto indica que para las condiciones de esta localidad, en los estados tempranos de desarrollo del fruto, los asimilados producidos por las ramas primarias son destinados a la formación y desarrollo del fruto en primera instancia y en segundo lugar al cáliz, lo cual se manifiesta en la caída abrupta de crecimiento a partir del día 20, mientras las ramas secundarias continúan su acumulación y formación tanto de fruto como del cáliz, cuyo desarrollo ontogénico es menor (Figura 9-II).

En San Raimundo, con unas condiciones más adecuadas para el cultivo, la acumulación y distribución de asimilados por las ramas primarias se destinan inicialmente

(primeros 10 días del desarrollo del fruto) a la formación y crecimiento del cáliz y fruto en forma más rápida, mientras que las ramas secundarias lo hacen en forma más lenta, lo cual está asociado con su ontogenia.

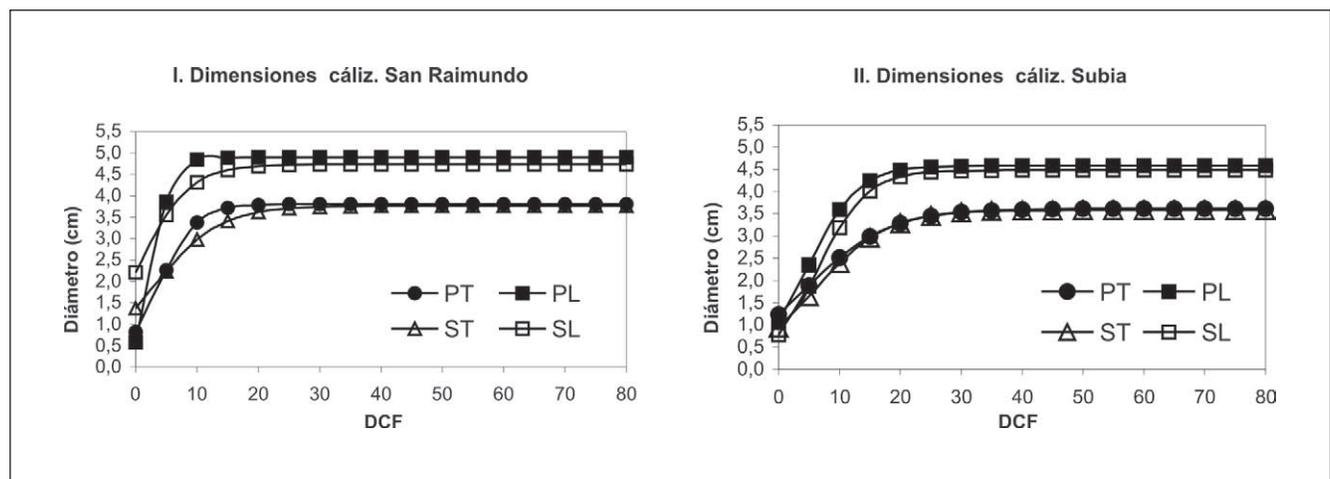
En Subia, las mayores temperaturas hacen que el cáliz desarrollado sobre ramas primarias reciba en forma más acelerada los fotoasimilados y que estos se redistribuyan a un mayor número de estructuras en la rama, mientras que en las ramas secundarias los asimilados pueden acumularse más lentamente. Estos resultados corroboran que este índice (TAC) para dicha estructura, también se vio afectado por las condiciones agroclimáticas que influyen sobre el desarrollo.

### Dimensiones del cáliz

Las curvas de crecimiento del diámetro del cáliz (Figura 10) muestran que éste presenta un desarrollo acelerado en los primeros 15 días y en el día 25 se estabiliza, tanto para el diámetro longitudinal como para el diámetro transversal, lo cual indica que el cáliz crece antes que el fruto dándole de esta manera espacio para su desarrollo dentro del cáliz. Se presenta un mayor crecimiento longitudinal que transversal, ya que el cáliz es más largo que ancho debido posiblemente a una característica del ecotipo Colombia (Fischer *et al.*, 1997).

### Germinación de semillas

La semilla es el producto de la fecundación del óvulo por el polen, bien sea en forma autógena o con ayuda



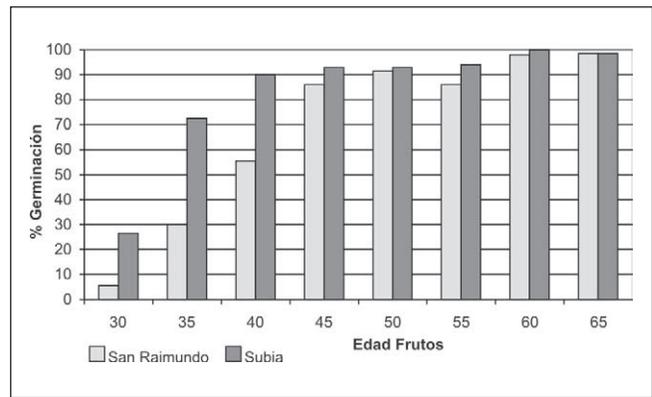
**Figura 10.** Curva logística del crecimiento del cáliz de uchuva. **I.** Dimensiones de cáliz, San Raimundo. **II.** Dimensiones de cáliz Subia. PT: Diámetro transversal cáliz ramas principales, PL: Diámetro longitudinal cáliz ramas principales. ST: Diámetro transversal cáliz ramas secundarias, SL: Diámetro longitudinal cáliz ramas secundarias.

de agentes polinizadores, estando el desarrollo de esta relacionada con el desarrollo del fruto. En el caso de la uchuva, uno de los parámetros utilizados para determinar la madurez fisiológica ha sido la germinación de semillas teniendo en cuenta que estas presenten los mayores niveles de germinación como punto indicador de la madurez fisiológica. La maduración de la semilla comprende una serie de transformaciones morfológicas, fisiológicas y funcionales que suceden en el óvulo fertilizado y culminan en el punto en que la semilla alcanza el máximo poder germinativo o máximo vigor, siendo por esto denominado punto de madurez fisiológica (Bidwell, 1993; García y Primo, 1993; Barceló *et al.*, 2001; Salisbury y Ross, 1994).

Las semillas influyen en la maduración del fruto, ya que las hormonas que producen tienden a retrasar la maduración. La madurez fisiológica ocurre cuando la fruta está botánicamente en un estado de desarrollo en donde todas sus partes y en especial su semilla está fisiológicamente desarrollada, madura y apta para la reproducción (Grange, 1993). Los componentes de reserva de la semilla pueden estar almacenados en el embrión, por ejemplo, las proteínas de reserva están localizadas en los cotiledones (García y Primo, 1993). En frutos no climatéricos la variable de porcentaje de germinación es importante para encontrar el momento de madurez fisiológica de la fruta, ya que al recolectarla antes de este estado, ella detendría su desarrollo físico y los cambios químicos propios de la maduración (Almanza y Espinoza, 1995).

Ya que el climaterio del fruto de uchuva se encuentra en discusión, debido a los reportes de fruto no climatérico por Villamizar *et al.* (1993) y el reporte de estudios en Argentina como un producto climatérico (Trincherro *et al.*, 1999), el determinar la madurez fisiológica por medio de la germinación sería un parámetro igualmente útil para indicar un momento inicial de recolección, lo cual favorece el mercadeo de este producto.

Los resultados encontrados en el presente estudio (Figura 11) muestran que en frutos de 30 días de cuajado ya hay indicios de germinación que no superan el 35%, lo cual es lógico pues se trata de frutos inmaduros y probablemente aún no hay una adecuada síntesis proteica que de lugar a formación de enzimas hidrolíticas que producen la movilización de las reservas, como lo señalan García y Primo (1993), lo cual ocurre seguramente en frutos a partir de 50 días de desarro-



**Figura 11.** Porcentajes de germinación de semillas para diferentes edades del fruto en dos localidades.

llo, donde se observó una germinación mayor al 90%, lo cual indica que partir de este momento el fruto ha reunido las características que garantizan la propagación de buena parte de sus semillas y una buena capacidad para su posterior desarrollo y maduración, si se trata de un fruto climatérico.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Criollo e Ibarra (1992), quienes determinaron que las semillas de frutos maduros mostraron los mayores porcentajes de germinación, en contraste con menores porcentajes en las semillas de frutos verdes.

El porcentaje alcanzado de germinación, superior al 90% a partir del día 45 para la localidad de Subia, indica que ya se ha alcanzado una madurez fisiológica, señalando que los frutos ya pueden ser cosechados. Para la localidad de San Raimundo se consigue un porcentaje similar hacia el día 50. Este parámetro indica que el fruto a partir de este momento ha adquirido la madurez fisiológica. Aun así, las características de tamaño, peso y color, como lo indican los valores promedio de este estudio, se encuentran por debajo de las expectativas de productores y comerciantes, por lo cual, se podría suponer que aunque a partir de este momento el fruto se puede cosechar, valdría la pena esperar a que éste gane peso y tamaño para cumplir con las exigencias del mercado. Este rango de espera podría llegar hasta el día 60, pues hacia el día 65 los porcentajes de germinación tienden a declinar.

Las diferencias en los porcentajes de germinación, pueden deberse a aspectos relacionados con la madurez del embrión, el cual puede ser afectado por la madurez del fruto, como lo señalan Criollo e Ibarra (1992). Estos

mismos autores señalan que los mayores porcentajes de germinación se obtuvieron con semillas almacenadas durante una semana y con semillas sin almacenamiento, lo cual puede indicar que el tiempo de secado y almacenamiento de las semillas para el presente trabajo (24 horas) no influyó en la germinación de las mismas, tal como lo señala Almanza (2000). Cabe resaltar que la uchuva, por ser una planta alógama y de propagación principalmente por semilla sexual, presenta una gran variabilidad fenotípica en la población. Esta característica no es deseada cuando lo ideal es obtener variedades comerciales de calidad uniforme, alta productividad y con un hábito particular de crecimiento (Bernal, 1986; Santana y Angarita, 1997).

### Color

Los cambios en el color son una característica común pero no universal de la maduración (Hobson, 1993).

Con el fin de relacionar el desarrollo de la uchuva con los cambios de color, tanto para el fruto como para el cáliz, en el presente estudio se determinaron siete estados de color (Tabla 3), tomando como referencia la RHS (*Royal Horticulture Society*) Colour Chart y el Diccionario del Color de Maerz y Paul (1950).

Actualmente, algunos agricultores de la zona toman como principal parámetro de cosecha el color del cáliz, siendo su indicativo un color mas cercano al amarillo que al verde, distinguiéndose en las cosechas una gran variabilidad en los colores del cáliz.

Según las observaciones hechas en el presente estudio, el color correspondiente a la maduración fisiológica (50

días después de cuajado el fruto) es amarillo verdoso para el y para el fruto, y verde amarillo para el cáliz en la zona de Subia y San Raimundo. Sin embargo, como se discutía anteriormente, el tamaño y el peso para este momento estarían por debajo de las exigencias del mercado y de las expectativas del productor, por lo cual, dependiendo el destino del producto y del comportamiento climatérico o no de la uchuva, la cosecha puede efectuarse en el rango de los 50-60 días después de cuajado el fruto. Un fruto con las características que presenta a los 65 días, es decir un color de fruto naranja y de cáliz amarillo, se consideraría sobremaduro, además que estos frutos presentan mayor tendencia a rajarse.

Almanza y Espinoza (1995) encontraron para la zona de Boyacá que el ecotipo Colombia en el día 49 presenta una coloración de fruto amarillo verdoso y de cáliz verde oliva, el color del cáliz se torna amarillo hasta el día 70 y el del fruto anaranjado en el día 77. Esto muestra que en la zona de Subia los procesos de maduración ocurren mas rápido, presentándose coloraciones del cáliz amarillas en el día 65 y de fruto anaranjadas para este mismo día, lo cual indica que en esta zona la recolección debe hacerse en un periodo de tiempo menor.

### Bibliografía

**Almanza, P. 2000.** Propagación. En: Flórez, V; G. Fischer, y A. Sora (eds.). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.), Unibiblos, Bogotá, pp. 27-40.

**Almanza, P. y C. Espinosa. 1995.** Desarrollo morfológico y análisis físico químico de frutos de uchuva *Physalis peruviana* L. para identificar el momento óptimo de cosecha. Tesis de Postgrado, Facultad de Agronomía, UPTC, Tunja.

**Tabla 3.** Determinación del color del fruto y del cáliz de uchuva.

Estado	Edad ( Días)	COLOR RHS Colour Chart		COLOR Dictionary Of Color		DESCRIPCIÓN	
		Fruto	Cáliz	Fruto	Cáliz	Fruto	Cáliz
1	35	143 B	143 A	Plate 20 K-L, 7-8	Plate 19 H-J, 5	V	V
2	40	144 C	143 A	Plate 18 I-J, 5-6	Plate 19 H-J, 5	VC	V
3	45	N144 A	143 B	Plate 18 J-K, 3-4	Plate 19 H-J, 5	VA	V
4	50	13 A	143 B	Plate 18 I-J 1	Plate 17 J2	AV	VA
5	55	21 A	144 B	Plate 10 J-K, 4-5	Plate 17 K, 3-7	A	VA
6	60	24 A	151 A	Plate 9 K-L, 7-8	Plate 9 J 3	AN	AV
7	65	N25 C	162 B	Plate 10 J-K, 9-10	Plate 10 J 2	N	A

V: verde; VC: verde claro; VA: verde amarillo; AV: amarillo verdoso; A: amarillo; N: naranja; AN: amarillo naranja.

- Angulo, R. 1998.** Uchuva (*Physalis peruviana* L.). Memorias del Curso Frutales de Clima Frío. Federación Nacional de Cafeteros. Tibacuy. pp. 110-112.
- Bernal, J. 1986.** La uchuva (*Physalis peruviana* L.), historia, taxonomía y biología. Memorias Primer Curso Nacional de Uchuva. UPTC, Tunja, pp. 1-5.
- Barceló, J.; G. Rodrigo, B. Sabater y R. Sánchez. 2001.** Fisiología vegetal. Ediciones Pirámide, Madrid, 566 p.
- Bidwell, R. G. 1993.** Fisiología vegetal. Segunda edición. A.G.T. Editores, México D. F.
- Bollard, E. 1970.** The physiology and nutrition of developing fruits. En: A. C. Hulme (ed.). The biochemistry of fruits and their products. Vol. 1. Academic Press, Londres, pp. 387-428.
- Coombe, B. 1976.** The development of fleshy fruits. Ann. Rev. Plant Physiology 27, 207-228.
- Boshell, J. 1982.** Influencia del clima en el rendimiento y la calidad de los frutales. En: Fruticultura tropical. Federación Nacional de Cafeteros, Bogotá, pp. 30-31.
- Cayón, G. 1992.** Fotosíntesis y productividad de cultivos. Revista Comalfi 19 (2), 23-31.
- Criollo, H. y V. Ibarra. 1992.** Germinación de la uvilla (*Physalis peruviana* L.) bajo diferentes grados de madurez y tiempo de almacenamiento. Acta Horticulturae 310, 183-187.
- Ferree, D. y J. W. Palmer. 1982.** Effect of defoliation and ringing during bloom on fruiting, fruit mineral level, and net-photosynthesis of 'Golden Delicious' apple. Journal of the American Society for Horticultural Science 107, 1182-1186.
- Fischer, G. y P. Lüdders. 2002.** Efecto de la altitud sobre el crecimiento y desarrollo vegetativo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Revista Comalfi 29(1), 1-10.
- Fischer, G. 2000.** Crecimiento y desarrollo. En: Flórez, V.; G. Fischer y A. Sora (eds.), Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Unibiblos, Bogotá, pp. 9-23.
- Fischer, G. y R. Angulo. 1999.** Los frutales de clima frío en Colombia: La uchuva. Ventana al Campo Andina 2(1), 3-6.
- Fischer, G. y O. Martínez. 1999.** Calidad y madurez de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en relación con la coloración del fruto. Agronomía Colombiana 16(1-3), 35-39.
- Fischer, G.; F. Torres y P. Lüdders. 1998.** Efecto de la altitud sobre los componentes de la producción en uchuva (*Physalis peruviana* L.). Ciencia y Agricultura 4, 156-170.
- Fischer, G. y P. Lüdders. 1997.** Developmental changes of carbohydrates in cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits in relation to the calyx and the leaves. Agronomía Colombiana 14(2), 95-107.
- Fischer, G.; P. Lüdders y F. Torres. 1997.** Influencia de la separación del cáliz de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) sobre el desarrollo del fruto. Revista Comalfi 24(1-2), 3-16.
- Franco, O. 2000.** Mercado nacional. En: Flórez, V.; G. Fischer y A. Sora (eds.). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Unibiblos, Bogotá, pp. 109-127.
- García, P. y E. Primo. 1993.** Germinación de semillas. En: Azcon-Bieto, J. y M. Talon (eds). Fisiología y bioquímica vegetal. McGraw-Hill Interamericana, Bogotá, pp. 419- 433.
- González, V.; M. Hernández; A. Herrera; J. Barrera; O. Martínez y D. Páez. 2001.** Desarrollo del fruto e índices de cosecha de la carambola (*Averrhoa carambola* L.) producida en el piedemonte amazónico colombiano. Agronomía Colombiana 18(1-3), 53-62.
- Grange, R. 1993.** Crecimiento del fruto. En: Azcon-Bieto, J. y M. Talon (eds). Fisiología y bioquímica vegetal. McGraw-Hill Interamericana, Bogotá, pp. 449-462.
- Hernández, M.; H. Arjona; B. Coba; G. Fischer y O. Martínez. 2002.** Crecimiento físico y anatómico del fruto de arazá (*Eugenia stipitiata* Mc Vaught). Agronomía Colombiana 19(1-2), 13-21.
- Hernández, M. 1991.** Análisis del crecimiento y desarrollo reproductivo de la pitaya amarilla (*Cereus triangularis* Haw). Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. Bogotá.
- Herrera, A. 2000.** Manejo poscosecha. En: Flórez, V.; G. Fischer y A. Sora (eds.). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.), Unibiblos, Bogotá, pp.109-127.
- Hobson, G. 1993.** Maduración del fruto. En: Azcon-Bieto, J. y M. Talon (eds). Fisiología y bioquímica vegetal. McGraw-Hill Interamericana, Bogotá, pp. 463-478.
- Hunt, R. 1982.** Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold Publishers Ltd., Londres.

- Hunt, R. 1990.** Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners. Unwin Hyman, Londres.
- López, A. 2002.** Mercado internacional. En: Flórez, V.; G. Fischer y A. Sora (eds.). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Unibiblos, Bogotá, pp. 147-160.
- López, J.; G. Aristizabal; C. Gómez; M. Chaparro; A. Peñuela y J. Rojas. 2002.** Caracterización y normalización. En: Flórez, V.; G. Fischer y A. Sora (eds.). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Unibiblos, Bogotá, pp. 147-160.
- Maerz, A. y M. Paul. 1950.** A dictionary of color. Segunda edición. Mc Graw-Hill Book Company Inc., Nueva York.
- Marquínez, X. y G. Corchuelo. 1998.** Metabolismo y asignación de fotoasimilados en los cultivos. Revista Comalfi 24 (1-3), 59-79.
- Mazorra, M. y A. Quintana. 2003.** 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. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Opara, L. 2000.** Fruit growth measurement and analysis. Horticultural Reviews 24, 373-431.
- Rodríguez, L. y B. Botia. 2000.** Economía y gestión de la producción. En: Flórez, V.; G. Fischer y A. Sora (eds.). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Unibiblos, Bogotá, pp. 91-108.
- Salazar, M; B. Cháves; H. Riaño; J. Arcila y R. Jaramillo. 1994.** Crecimiento del fruto de café *Coffea arabica* L. var. Colombia. Revista Cenicafé 45(2), 41-50.
- Salisbury, F. y C. Ross. 1994.** Fisiología vegetal. Grupo Editorial Ibero América. México D.F., 759 p.
- Santana, G. y A. Angarita. 1997.** Regeneración adventicia de somaclones de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Agronomía Colombiana 14(1), 59-65.
- Trincherro, G.; G. Sozzi; A. Cerri; F. Vilella y A. Franchina. 1999.** Ripening related changes in ethylene production, respiration rate and cell-wall enzyme activity in golden berry (*Physalis peruviana* L.), a solanaceous species. Postharvest Biology and Technology 16, 139-145.
- VALENCIA, M. L. de. 1985.** Anatomía del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Acta Biológica Colombiana 1(2), 63-89.
- Villamizar, F.; A. Ramírez y M. Meneses. 1993.** Estudio de la caracterización física morfológica y fisiológica poscosecha de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Agro-Desarrollo 4(1-2), 305-320.
- Yamaki, S. 1995.** Physiology and metabolism of fruit development. Acta Horticulturae 398, 109-119.