

# CAPÍTULO 3

## CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, FISIOLÓGICA Y BIOQUÍMICA DEL FRUTO DE GRANADILLA (*Passiflora ligularis* Juss)

*Diana Sofía Espinosa*<sup>1</sup>, *Walter Hernando Pérez*<sup>2</sup>,  
*María Soledad Hernández*<sup>3</sup>, *Luz Marina Melgarejo*<sup>4\*</sup>,  
*Diego Miranda*<sup>5</sup>, *Gerhard Fischer*<sup>6</sup>, *Juan Pablo Fernández-Trujillo*<sup>7</sup>

- 
- <sup>1</sup> Diana Sofía Espinosa Puentes, [dsespinosap@unal.edu.co](mailto:dsespinosap@unal.edu.co), Laboratorio de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Departamento de Biología – Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Bióloga. Estudiante de maestría en Ciencias Agrarias.
- <sup>2</sup> Walter Hernando Pérez, [whperezm@unal.edu.co](mailto:whperezm@unal.edu.co), Laboratorio de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Departamento de Biología – Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Químico. Maestría en Ciencias-Química.
- <sup>3</sup> María Soledad Hernández, [mshernandez@unal.edu.co](mailto:mshernandez@unal.edu.co), Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) – Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Instituto SINCHI. Bióloga. Ph.D.
- <sup>4</sup> Luz Marina Melgarejo, [lmelgarejom@unal.edu.co](mailto:lmelgarejom@unal.edu.co), Laboratorio de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Departamento de Biología – Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Bióloga. Ph.D.
- <sup>5</sup> Diego Miranda Lasprilla, [dmirandal@unal.edu.co](mailto:dmirandal@unal.edu.co), Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Ingeniero Agrónomo. Ph.D.
- <sup>6</sup> Gerhard Fischer, [gfischer@unal.edu.co](mailto:gfischer@unal.edu.co), Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Ingeniero Agrónomo. Ph.D.
- <sup>7</sup> Juan Pablo Fernández-Trujillo, [juanp.fdez@upct.es](mailto:juanp.fdez@upct.es), Universidad Politécnica de Cartagena. Departamento de Ingeniería de Alimentos y E.A., Cartagena (Murcia), España. Ph.D.
- \* Autor para correspondencia.



## INTRODUCCIÓN

Las frutas tropicales están adquiriendo en las últimas décadas una mayor importancia por su alto contenido de nutrientes, minerales, vitaminas y azúcares. Según la FAO (2004), la producción y comercialización de frutas tropicales frescas aumentará en el próximo decenio y los países en desarrollo continuarán produciendo el 98% de dicha producción. La granadilla se clasifica dentro del grupo de “frutas tropicales secundarias”, que por su producción e importancia en la comercialización podrían ocupar un nicho muy interesante en los mercados.

La granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) es un fruto tropical originario de América, que pertenece a la familia Passifloraceae. Se distribuye desde México Central hasta América Central y Suroccidente de América. Es conocida con el nombre de badea, parcha granadina, granadilla real, y parchita amarilla (Nagy *et al.*, 1990).

El comportamiento pre y postcosecha (entre otros aspectos) de la granadilla no está claramente definido porque es una especie semisilvestre, el material de propagación es aún muy diverso, y la fisiología de su maduración está aún por entenderse plenamente. De hecho, en especies como la pera que llevan más de un siglo bajo riguroso estudio, Villalobos-Acuña y Mitcham (2008) indican que su fisiología aún no está bien entendida. Solo a través del conocimiento del desarrollo y maduración en general de los frutos de granadilla, se logrará establecer un marco de competitividad para ella en los mercados. Prueba de esta variabilidad se encuentra en los resultados de Cárdenas-Hernández *et al.* (2011) y Bernal-Parra *et al.* (2014) quienes indicaron la carencia de estructuración y la alta variabilidad intraespecífica debida al fenómeno de alogamia presente en la especie y el intercambio de semillas entre productores.

La maduración es un proceso irreversible y coordinado que se produce en la fase final del desarrollo de los frutos y de los vegetales que conduce a cambios fisiológicos, bioquímicos y sensoriales que producen un órgano comestible con parámetros de calidad deseables (Valero y Serrano, 2010). Dentro de los cambios bioquímicos y fisiológicos que presenta el fruto durante la maduración y que están regulados genéticamente se encuentran la biosíntesis de pigmentos, la síntesis de volátiles de aroma y sabor, el cambio en el metabolismo de los azúcares, las modificaciones en la estructura de la pared celular que afectan la textura (Giovannoni, 2001; Valero y Serrano, 2010).

El proceso de maduración en las frutas se clasifica de acuerdo a la tasa de respiración y producción de etileno, dividiendo los frutos en climatéricos y no climatéricos, como una clasificación arbitraria. Los frutos climatéricos presentan un pico de respiración asociado a la maduración organoléptica y coincide con un aumento perceptible y sostenido de la producción de etileno autocatalítico, el cual es necesario para que se inicie y progrese el proceso de la maduración; mientras los frutos no climatéricos pueden responder a etileno exógeno pero este no es un requerimiento para la maduración (Giovannoni, 2001; Hiwasa-Tanase y Ezura, 2014).

Existen diferentes conceptos de madurez, la madurez de cosecha es aquella etapa fisiológica en el desarrollo del fruto en la cual se desprende del árbol y puede llegar a desarrollar su madurez de consumo. Esta última es aquel momento del desarrollo donde el fruto alcanza todas las características sensoriales propias de la especie, como el sabor, color, aroma y textura, si se trata de un fruto climatérico. Sin embargo, los frutos no climatéricos desarrollan sus características sensoriales en la planta y solo hasta este momento pueden ser cosechados. La madurez fisiológica se define cuando la fruta se encuentra fisiológicamente en su máximo estado de crecimiento y desarrollo, y todas sus partes, especialmente la semilla, están formadas, maduras y aptas para su reproducción (Pinzón *et al.*, 2007; Bouzayen *et al.*, 2010).

El estudio del cultivo de la granadilla se ha abordado desde enfoques generales y multidisciplinarios (Miranda *et al.*, 2009; Rivera *et al.*, 2002; Perea *et al.*, 2010), sobre su ecofisiología (Fernández *et al.*, 2014), sobre

las plagas y enfermedades (Angulo, 2008), las características del fruto y las semillas (Linares *et al.*, 2013; Cárdenas-Hernández *et al.*, 2011; Cañar y Caetano, 2012; Villamizar, 1992), los usos en la industria alimenticia y propiedades medicinales (Carvajal-de Pabón, 2014; Saravanan y Parimelazhagan, 2014; Kannan *et al.*, 2011), maduración postcosecha (Dussán *et al.*, 2011; Fernández-Trujillo, 2006) y la caracterización de la cadena productiva y comercialización (Parra *et al.*, 2013). A pesar que el cultivo de granadilla se encuentra en Venezuela, Ecuador, Kenya y Sudafrica, así como en Australia, además de Colombia, es en nuestro país donde más investigación se ha hecho, debido posiblemente a que es la segunda passiflora de importancia en la exportación (CORPOICA, 2011).

La cosecha es una operación crítica en el buen desempeño de los frutos durante la posrecolección, por lo que es necesario profundizar en el conocimiento de la fisiología del crecimiento y maduración de la granadilla en planta, establecer el punto óptimo de cosecha analizando las variables fisiológicas, fisicoquímicas y bioquímicas para mejorar la calidad y longevidad de la vida poscosecha. De igual manera, es preciso conocer el efecto del medio ambiente en la expresión del genotipo para mejorar la producción y la calidad del cultivo, considerando además que la diversidad de la especie no permite un comportamiento homogéneo de las plantas en los sistemas de producción (Bernal-Parra *et al.*, 2014). Los avances en caracterización del crecimiento del fruto y los indicadores de recolección son un significativo avance que se presenta en esta publicación, para el departamento del Huila, en el Municipio de La Argentina donde actualmente se concentra gran parte de las 53000 Tn que se producen anualmente en el país (CORPOICA, 2011).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se recolectaron frutos de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) cada ocho días desde antesis hasta madurez comercial, en la finca La Merced (2232 msnm), en el municipio de La Argentina en el departamento del Huila (N: 02°11'58,6'' y O: 075°55'36,3'').

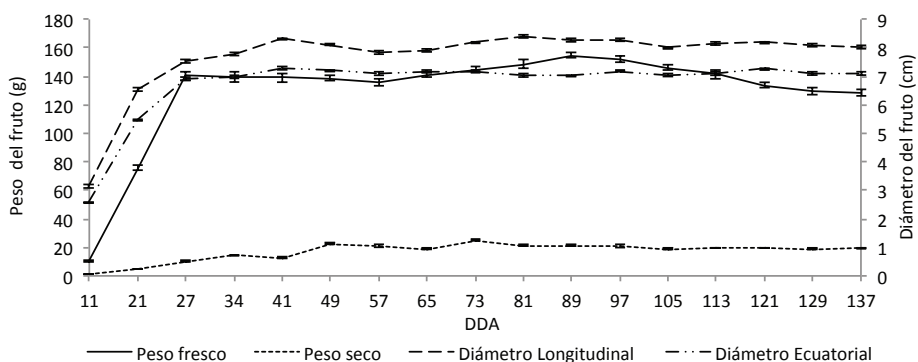
La unidad de estudio estuvo constituida por diez plantas y en cada una se colectaron tres frutos por planta durante cada muestreo. Las variables que se consideraron y que darían una mejor idea del proceso de desarrollo del fruto se agruparon en físicas: 1) Peso fresco y peso seco con una balanza analítica (Mettler AB204). 2) Diámetro longitudinal y ecuatorial con un calibrador digital (Fischer *Scientific* 0-150mm). 3) Firmeza de los frutos por penetrometría usando un penetrómetro (con punta de 6 mm de diámetro), aplicando medida en el diámetro ecuatorial del fruto. 4) Cambios de color del exocarpo en cuatro puntos en el eje ecuatorial del fruto, por medio de un espectrocolorímetro (MiniScan XE Plus), se identificaron las coordenadas colorimétricas L (luminosidad), a\* y b\* que se transformaron a croma y hue (tono) respectivamente. Químicas: 5) Contenido de sólidos solubles totales (SST) del zumo de la fruta, con base en lo descrito en el método de AOAC 932.14, expresados como °Brix por medio de un refractómetro de precisión (marca *Hanna Instruments* Woonsocket, USA) con escala de 0-85 % en masa), como medida es proporcional a la concentración de azúcares en una solución (Rodríguez, 2009). 6) Acidez total titulable (%ATT) en el zumo de la fruta, por medio de la titulación de la muestra con NaOH 0,1 N en presencia del indicador fenofaleína hasta el viraje (Carrillo *et al.*, 2011; Flórez *et al.*, 2012; Hernández *et al.*, 2007; Hernández *et al.*, 2010; Melgarejo, 2010). La acidez total titulable (ATT) es una medida del contenido de ácidos orgánicos totales en las frutas. Se expresa como el contenido de ácido predominante en las frutas, principalmente el ácido cítrico (Rodríguez, 2009). 7) Contenido de los ácidos cítrico, málico y oxálico por cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) a 207 nm y ácido ascórbico a 242 nm. Los zumos de las frutas fueron analizados en un cromatógrafo líquido HPLC Waters (Waters, Milford, Massachusetts, EE.UU.), con una columna HPLC ROA acid organic H<sup>+</sup> 30 cm x 7,8 mm, con un autoinyector Waters 2707 y un detector de arreglo de diodos PDA Waters 2998. 8) Contenido de azúcares simples (glucosa, fructosa y sacarosa) por HPLC con una columna Phenomenex Ca<sup>++</sup> Monosacharide de 30cm X 8mm, con autoinyector Waters 2707, horno y detector de índice de refracción Waters 2014 (Solarte *et al.*, 2014; Díaz *et al.*, 2012; Chinnici *et al.*, 2005). 9) Tasa respiratoria y producción de etileno por cromatografía de gases usando el método de atmósfera confinada (Kader, 2002; Hernández

et al., 2010), el cual consistió en trasladar transitoriamente los frutos individuales a cámaras herméticas durante 60 minutos a 20 °C, y tras ese tiempo tomar una muestra e inyectar en el cromatógrafo de gases Agilent 7890B, dotado de un detector de ionización de llama (FID) y un metanizador de Níquel. Se usó una columna cromatográfica PoraPLOT QPT de 25 m x 0,35 mm x 20 µm.

## RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS FRUTOS

### Pesos y diámetro del fruto

El crecimiento de los frutos se describe como el aumento de masa fresca y seca al igual que como el cambio en los diámetros ecuatorial y longitudinal. El crecimiento del fruto de granadilla se presenta de manera acelerada para esta localidad del Huila durante los primeros 34 días después de la antesis o apertura floral (DDA), donde se presenta el máximo crecimiento, el cual se estabiliza y permanece constante y no varía hasta la madurez de cosecha, la cual prácticamente coincide con la madurez comercial. En concordancia con el cambio de masa el crecimiento en dimensiones de los frutos de granadilla fue rápido hasta el día 21 y a partir de allí, la tasa de crecimiento disminuyó hasta alcanzar el tamaño máximo hacia el día 41, con valores promedio de 8,12 cm (Figura 1).



**Figura 1.** Pesos y diámetros de frutos de granadilla colectados después de antesis hasta madurez comercial (DDA). Las barras representan el error estándar (n=30).

El crecimiento del fruto de granadilla muestra una curva sigmoide simple con una primera fase de división y expansión celular, que se evidencia en el aumento del tamaño de la fruta, y posteriormente con una fase de crecimiento reducido hasta alcanzar el máximo peso fresco hacia el día 49, con un promedio de 141,1 g en las condiciones del Huila (Figura 1).

Variaciones en condiciones de clima y suelo, así como el momento de la vida de la planta hacen que estos tiempos se reduzcan, a veces hasta en un 50% como reportan Rivera *et al.* (2002) que para la misma especie el tiempo de desarrollo es solo de 70-75 días, en condiciones del eje cafetero. La maduración más lenta en condiciones del departamento del Huila lleva a que la madurez fisiológica se alcance solo hasta el día 105 DDA, cuando la semilla es viable para la germinación y se ha terminado la formación del arilo. Se encontró que esta especial condición de retraso en la maduración puede tener interesantes implicaciones en la vida de anaquel o góndola del fruto de granadilla, ya que, de acuerdo con Salisbury (2000), lapsos mayores para alcanzar la maduración están directamente ligados a vida poscosecha más larga en el caso de frutas.

Este comportamiento se presentó en otras passifloras como maracuyá, donde se alcanza el máximo tamaño entre los días 18 y 20 DDA (Akamine y Girolami, 1959; Paull y Chen, 2014), y gulupa (*Passiflora edulis* Sims.) cuyo máximo tamaño fue hacia los días 30 y 48 DDA (Carvajal *et al.*, 2012; Flórez, 2012), respectivamente. Si se revisa esta condición hay una proporción entre el máximo tiempo de desarrollo y el máximo tamaño siendo de 10% del tiempo total.

La relación de masa seca y masa fresca para muchos frutos tropicales y no tropicales, corresponde a un 10% de la masa fresca, condición que se mantiene en el fruto de granadilla y puede, además, explicarse a que la mayor cantidad de frutos están constituidos hasta en un 95% de agua, en casos como la patilla y la pitaya. Para el caso de la granadilla, Fischer *et al.*, (2009) y Fischer (2012), indican que el agua es indispensable para el transporte y metabolismos de carbohidratos, ácidos, y para mantener la turgencia de las células; de allí la importancia del riego durante el llenado de la fruta. Sin embargo, es importante

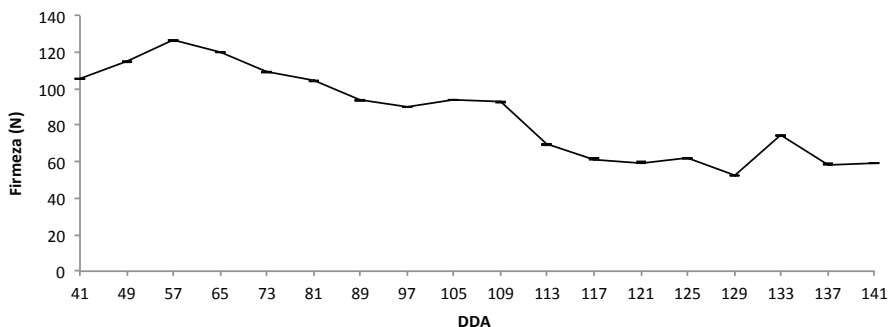
eliminar el exceso de riego para evitar rajado, o la disminución brusca de la irrigación porque podría provocar un repentino estrés, abscisión prematura, maduración acelerada, o/y otros síntomas indeseables para el fruto o la planta.

Cabe además anotar que la masa fresca de las passifloras se ve incrementada por el crecimiento de estructuras de naturaleza acuosa como el arilo de la semilla. El trabajo desarrollado por Ishihata (1965) en maracuyá, *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, reportó que el arilo durante la antesis es una delgada membrana que rodea a las semillas, hacia los diez DDA su crecimiento se incrementa hasta formar una bolsa, la cual es llamada saco de jugo, a los 25 DDA aparece la pulpa jugosa y a los 75 DDA los sacos de jugo se encuentran completamente desarrollados, similar a lo que se produce en la granadilla y otras passifloras, de acuerdo con su propio acervo genético y las condiciones climáticas del momento del desarrollo del fruto.

## **Firmeza del fruto de granadilla**

La firmeza es una característica mecánica de la textura, utilizada para describir el comportamiento reológico (estudio de la deformación y fluir de la materia) de materiales biológicos y es la máxima fuerza requerida para lograr la compresión, la punción o el corte de un material (Linares *et al.*, 2013).

En el caso de la granadilla, el fruto presenta una firmeza de 69 N (Figura 2) desde el día 113 de desarrollo hasta la madurez de consumo, a diferencia de lo reportado por Linares *et al.*, (2013) y Dussán *et al.*, (2011) quienes registraron en promedio una firmeza de 43 N para frutos muestreados en mercados del departamento del Cauca, respectivamente, quizás asociado a una rápida maduración tras la cosecha en las condiciones de medida. Para el caso de los frutos crecidos bajo las condiciones del Huila, 69 N indican que está en momento oportuno para cosechar y es un fruto apto para su transporte y manipulación (Figura 2).



**Figura 2.** Firmeza de frutos de granadilla colectados después de antesis hasta madurez comercial (DDA). Las barras representan el error estándar (n=30).

La firmeza disminuye debido a cambios en la estructura de la pared celular, los cuales implican la actividad de enzimas como la poligalacturonasa, celulosa y pectinmetilesterasa que degradan los componentes de la misma (Gallo, 1996; Toinoven *et al.*, 2008). La pérdida de firmeza depende de la anatomía de los tejidos vegetales, en particular el tamaño de las células, su forma y disposición en el fruto, de la respuesta a la presión de turgencia, del espesor y de la resistencia de las paredes de las células (Chanliaud *et al.*, 2002).

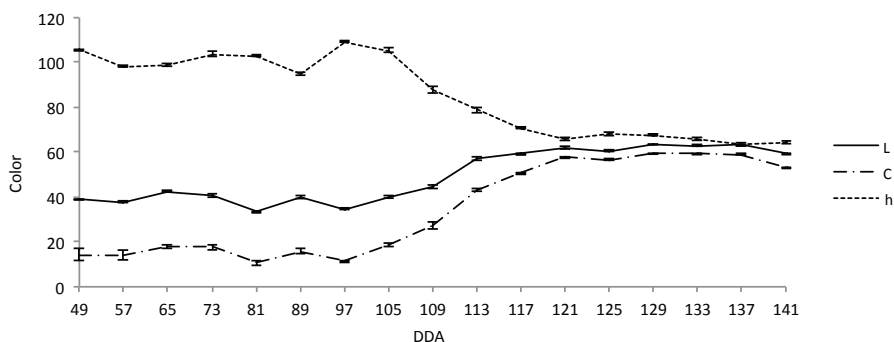
A pesar de la diversidad de la especie y su condición semisilvestre se encuentran respuestas similares en cuanto a la firmeza de los frutos del Huila, con los previamente estudiados en otras zonas del país y reportados por García, (2008) y Villamizar, (1992) de alrededor de 71 N. Además de ser un indicador de la resistencia del fruto, la firmeza también puede ser utilizada como un indicador de la maduración del fruto, como en maracuyá cuya pérdida de firmeza se constituye en una forma práctica de identificación de la madurez comercial del fruto (Cleves *et al.*, 2009).

## **Evolución del color de frutos de granadilla a través de su crecimiento**

Los parámetros de color (luminosidad, saturación y tono) en una muestra de alimento, designan: L, la luminosidad que va desde negro (0) hasta blanco (100). Los ejes Croma indican la saturación del color,

cuanto mayor sea su valor más vivo será el color, y hue representa el tono y se expresa en grados (Padrón *et al.*, 2012; Castro *et al.*, 2013).

En el caso de frutos de granadilla cultivados en el departamento del Huila se observó un aumento en las coordenadas colorimétricas, luminosidad (L) y croma (C); mientras los valores del hue (h) disminuyeron a partir del día 121 como una consecuencia del inicio de la maduración de la fruta en planta. El aumento en la luminosidad indica incremento en el brillo de la corteza de la fruta; en tanto que el aumento en las coordenadas croma y hue indican el cambio en el color que se aleja del verde oscuro y mate hacia un amarillo-anaranjado más vivo (Figuras 3 y 4).



**Figura 3.** Coordenadas colorimétricas de frutos de granadilla colectados después de antesis hasta madurez comercial (DDA). Las barras representan el error estándar (n=30).

Durante la maduración de las frutas passifloráceas la característica más notable es el cambio del color de la epidermis (Schotsmans y Fischer, 2011). El color es una de los principales atributos en la apariencia de los frutos y es un indicador de la madurez (Nunez, 2008). Los frutos de granadilla cambian de color verde a amarillo-anaranjado durante la maduración (Figura 4), lo cual se debe a la degradación de la clorofila y a la aparición de otros pigmentos, principalmente los carotenoides, responsables de la coloración amarillo a anaranjada (Valpuesta *et al.*, 1996; Valero y Serrano, 2010).



**Figura 4.** Cambios en la coloración de la cáscara de frutos de granadilla colectados después de antesis hasta madurez comercial en el municipio de La Argentina, Huila. Fotografías tomadas por Diana Espinosa.

## **CARACTERIZACIÓN FISIOLÓGICA Y BIOQUÍMICA DE FRUTOS DE GRANADILLA**

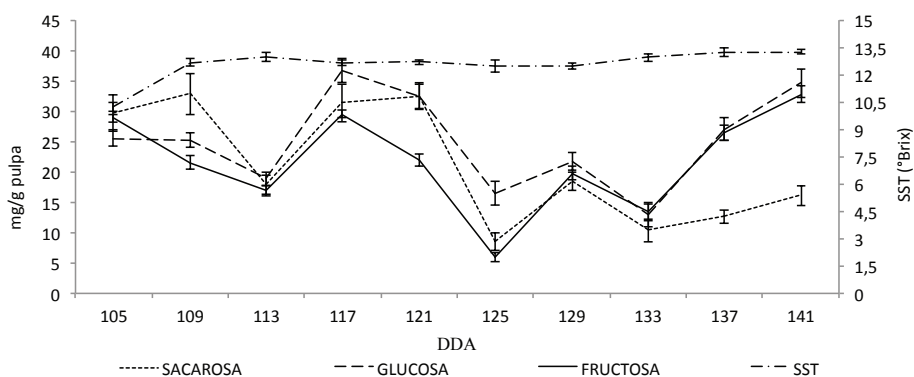
### **Sólidos Solubles Totales (SST) y azúcares orgánicos**

El aumento de sólidos solubles es una característica bien definida en la maduración de todos los frutos la cual se da como una respuesta al desdoblamiento de polisacáridos de mayor tamaño como es el caso de los almidones almacenados en las vacuolas y espacios intercelulares durante el crecimiento del fruto (Wills *et al.*, 2007, Valero y Serrano, 2010). En el caso de la granadilla del Huila, los sólidos solubles totales aumentaron rápidamente hasta el día 109 y posteriormente se mantuvieron valores constantes hasta alcanzar la madurez comercial (día 141), con un valor final de 13,3 °Brix (Figura 5).

Los SST en frutas están constituidos principalmente por azúcares disueltos en el jugo celular. Los principales azúcares en los zumos de las frutas son la sacarosa, glucosa y fructosa, que suman alrededor de los 75% de los SST (Rodríguez, 2009).

En frutos de granadilla se encontró que los azúcares predominantes son sacarosa, glucosa y fructosa (Figura 5). Se observa una acumulación de sacarosa durante el desarrollo del fruto hasta el día 121 DDA para posteriormente mostrar una disminución, y el lógico aumento de los contenidos de glucosa y fructosa, producto de la hidrólisis de la sacarosa. Los contenidos de fructosa y glucosa muestran variaciones durante la maduración pero hacia el día 141 alcanzan valores de

34,57 mg/g pulpa de glucosa y 32,72 mg/g de pulpa de fructosa (Figura 5), lo que permite considerar a esta fruta como dulce comparada con otros frutos de la misma familia. La variación en maduración se encuentra relacionada probablemente con la translocación de fotoasimilados que se da desde las hojas hacia el fruto durante el crecimiento del mismo y el metabolismo de azúcares en los frutos una vez se inicia la maduración (Kays, 1997; Kubo *et al.*, 2001; Álvarez-Herrera *et al.*, 2009) así como con el efecto específico de las condiciones climáticas de la zona de estudio.



**Figura 5.** Sólidos solubles totales (°Brix) y contenido de azúcares en pulpa de frutos de granadilla colectados después de anthesis hasta madurez comercial (DDA). Las barras representan el error estándar (n=30).

Es probable, que hacia el día 125, la sacarosa comience a ser el sustrato en el proceso respiratorio del fruto durante su maduración en planta y que todavía exista translocación de sacarosa desde las hojas más cercanas hacia el fruto, siendo este un momento de transición de los azúcares (Hobson, 1996; Fischer y Lüdders, 2003).

Los estudios sobre azúcares orgánicos y sólidos solubles totales que se han realizado en el país en frutos de granadilla originarios de diferentes zonas de producción, coinciden con los valores encontrados para los frutos estudiados en el departamento del Huila (Rivera *et al.*, 2002; Villamizar, 1992; Mogollón, 2009; Dussan *et al.*, 2011; Cabrera, 2006; García, 2008). Sin embargo, frutos provenientes del departamento del Cauca (Colombia), tienen una concentración de sólidos

solubles de 14,5 °Brix (Cañar y Caetano, 2012), lo cual indica posible efecto del clima en la maduración del fruto y sus propiedades organolépticas.

Con el avance de la maduración en los frutos como el maracuyá, clasificado como climatérico ocurre la hidrólisis del almidón, cuyo producto principal es la glucosa, la cual es acumulada principalmente junto con otros azúcares como la fructosa (Oliveira *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2009). En el caso de la granadilla no se registraron contenidos de almidón; sin embargo, los contenidos de sacarosa, fructosa y glucosa presentan niveles importantes durante todo su desarrollo, comportamiento que coincide con lo que sucede con el maracuyá, en el cual los azúcares representan alrededor del 80% de los sólidos solubles de la pulpa, similar a los contenidos de granadilla del Huila.

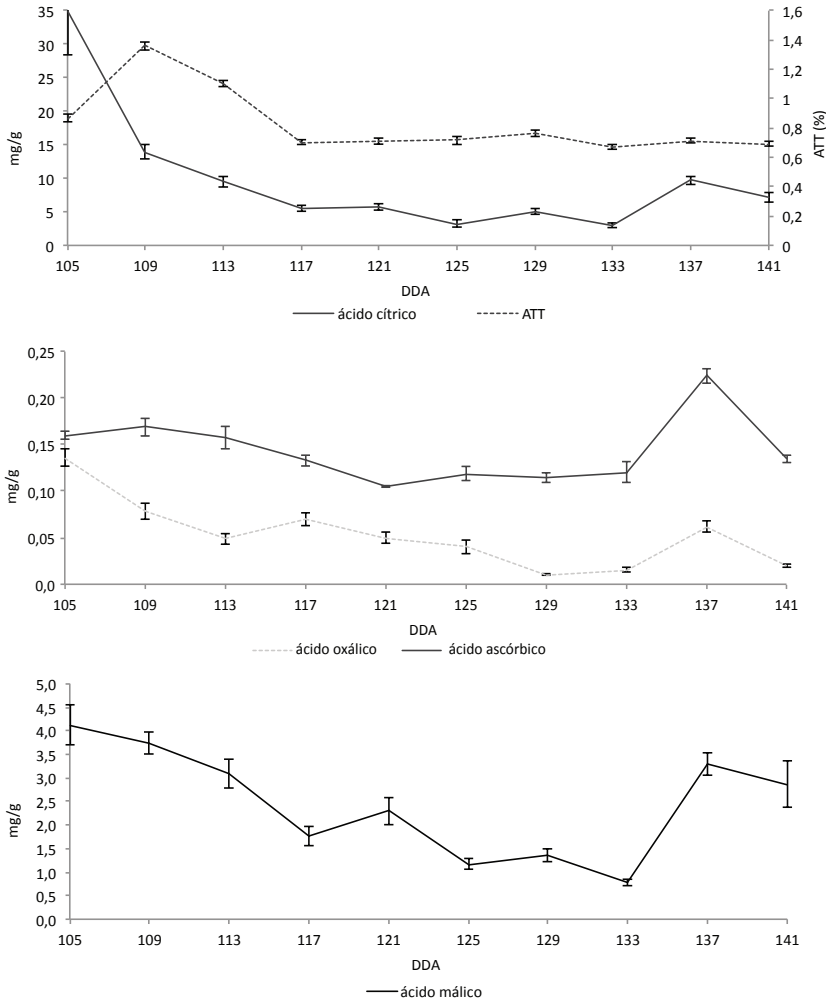
### **Acidez total titulable y ácidos orgánicos**

Los ácidos orgánicos son respirados, como sustrato del metabolismo primario. Su disminución es producto de su ingreso al ciclo de los ácidos tricarbónicos para la producción de energía. Los principales ácidos orgánicos en los frutos de granadilla cosechados en el departamento del Huila son: cítrico, málico, y oxálico. El ácido mayoritario es el ácido cítrico, y en mucha menor concentración se encuentran el málico y el ascórbico, siendo minoritario el ácido oxálico (Figura 6). El contenido de ácido cítrico disminuyó a través de la maduración, encontrándose el mayor valor en el día 105 DDA. El ácido málico disminuyó de manera similar a pesar que los últimos días presentó un aumento; muy similar a lo observado para el ácido oxálico. El contenido de ácido ascórbico presenta valores con pocos cambios a través de los estados de madurez, aunque con un aumento hacia el día 137 DDA.

En la granadilla la acidez total titulable se hace máxima a los 109 días del desarrollo, para luego disminuir hacia el día 117 a valores cercanos a 0,66%, los cuales se mantienen hasta la madurez comercial (Figura 6) (Osterloh *et al.*, 1996).

Los resultados obtenidos son acordes con lo reportado por García (2008) donde se reportó un valor de 0,60% en la acidez para la fruta madura; aunque otros estudios han reportado una menor acidez en la

fruta madura con valores de 0,47% (Cabrera, 2006; Villamizar, 1992; Rivera *et al.*, 2002). Estas diferencias pueden estar dadas por factores climáticos como la temperatura y humedad relativa; los frutos de zonas cálidas presentan un desarrollo morfológico y bioquímico acelerado obteniéndose acidez y aroma elevados, pero aumentando la degradación en poscosecha (Fischer, 2005).



**Figura 6.** Acidez Total Titulable (%) y contenido de ácidos orgánicos en pulpa de frutos de granadilla colectados después de anthesis hasta madurez comercial (DDA). Las barras representan el error estándar (n=30).

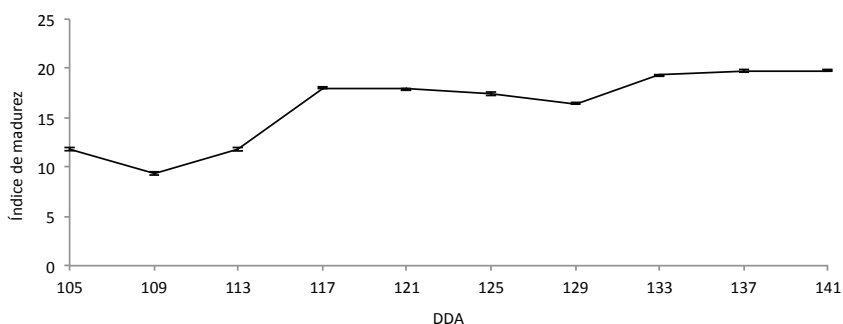
Estudios en passifloras principalmente en maracuyá y en gulupa reportan el ácido cítrico como el predominante seguido por el ácido málico, lo que coincide con nuestros resultados para granadilla (Rodríguez *et al.*, 1992; Shiomi *et al.*, 1996; Flórez *et al.*, 2012).

Diferentes estudios se han enfocado en los contenidos de vitamina C para frutas tropicales. Es una de las vitaminas solubles en agua más importantes presente en los alimentos y un antioxidante natural que puede ayudar a prevenir o retrasar el daño oxidativo. El contenido de ácido ascórbico corresponde a lo encontrado para maracuyá por Zarak *et al.* (2010) (22,0 mg/100g o su equivalente 0.22 mg/g) y un poco menor para lo reportado por Valente *et al.* (2011) (36,3 mg/100 g o su equivalente 0,36 mg/g). Se ha reportado que para frutos maduros de maracuyá el contenido de ácido ascórbico es mayor en las cáscaras de los frutos (41,98 mg/100 g) que en la pulpa (Hernández-Santos *et al.*, 2015).

El contenido de ácidos orgánicos en las frutas va a depender de diferentes variables, Rodríguez *et al.* (1992) indican que los ácidos cítrico, málico y oxálico aumentan durante los estados tempranos del desarrollo del fruto y decrecen en la maduración. Por otra parte, el estudio de Shinohara *et al.* (2013), en maracuyá, mencionan que la variación en el contenido de ácidos orgánicos, principalmente el cítrico, se da cuando se presenta disminución en la temperatura diaria acumulada.

## **Índice de madurez**

El balance entre los azúcares y los ácidos determina el sabor característico del fruto, y su cociente indica el índice de madurez (Villamizar, 1992). Para frutos de granadilla se encontró en valores de 20 a partir del día 117 y se mantuvo hasta la madurez comercial, que es un poco menor que los encontrados por Mogollón (2009) y García (2008) quienes reportaron 25 y 38,7, respectivamente; lo cual indica diferencias que existen en el sabor dulce de la fruta de acuerdo a la procedencia de la misma (Figura 7).



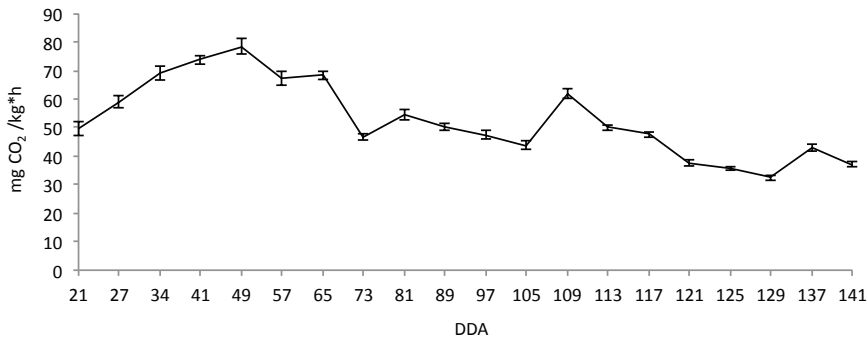
**Figura 7.** Relación de índice de madurez (sólidos solubles totales divididos por acidez en porcentaje del ácido cítrico predominante) de frutos de granadilla colectados después de antesis hasta madurez comercial (DDA). Las barras representan el error estándar (n=30).

## Intensidad respiratoria

La respiración es la actividad de oxidación de las moléculas del metabolismo primario que proceden de la fotosíntesis. La relación existente entre la respiración y la maduración de la fruta climatérica ha sido cuestionada en los últimos años, ya que algunos frutos muestran que la maduración ocurre en ausencia de cualquier aumento en la respiración (Salveit, 1993; Bouzayen *et al.*, 2010). Un trabajo realizado en melón indica que la presencia o ausencia del climaterio respiratorio depende de las condiciones ambientales prevalecientes (Bower *et al.*, 2002).

Durante el inicio del desarrollo se observa un leve aumento en el día 49 que corresponde a 78,39 mg CO<sub>2</sub>/Kg\*h, pero este no se puede asociar a un climaterio, aunque ya Hernández *et al.* (1992) habían reportado los climaterios de juvenilidad, para el caso de pitaya. Para frutos de granadilla, estudiados en el Departamento del Huila, se encontró una disminución en la producción de CO<sub>2</sub> que se mantiene desde los 105 DDA (Figura 8).

Los resultados de este estudio indican que un pico transitorio a los 105 d (Figura 8) coincide con un inicio del viraje de los frutos (Figura 4), el aumento del índice de madurez posterior (Figura 7), y una acumulación transitoria de sacarosa (Figura 5). Todo este proceso parece desarrollarse entre los 105-117 días y coincidiría con un aumento de la



**Figura 8.** Intensidad respiratoria en frutos de granadilla colectados desde antesis hasta madurez comercial (DDA). Las barras representan el error estándar (n=30).

coloración del fruto, típica de los frutos climatéricos. Sin embargo, no se detectaron cantidades de etileno apreciables en el fruto (datos no mostrados) y el proceso se desarrolla muchísimo antes de la madurez comercial (141 DDA; Figura 8).



Estas evidencias hacen considerar que los frutos de granadilla presentan un climaterio en planta muy débil, coincidente con el inicio de viraje del fruto (Tabla 1) y lo reportado en maracuyá (Biale, 1975; Matta *et al.*, 2006). Las evaluaciones en granadilla procedente del departamento del Huila tras 24 horas de cosechado el fruto, podrían no ser la más representativa para la especie algunos aspectos de la fisiología del fruto quedan aún por aclararse. Otros autores (Villavicencio *et al.*, 2001) han acuñado el término de “comportamiento climatérico intermedio” que puede asociarse a que el fruto se manifiesta claramente climatérico en la planta, pero que el estrés ocasionado por la cosecha, lo lleva a un comportamiento no climatérico, como se mostró en frutos de ají.

Estudios en otras passifloras como curuba (Téllez *et al.*, 1998) y gulupa (Lüdders, 2003; Flórez *et al.*, 2012) las reportan como climatéricas y en el caso de gulupa, así como del maracuyá, el climaterio respiratorio y la emisión de etileno están claramente verificados (Hernández y Fischer 2009) siendo en los arilos más que en las semillas donde se encontró la mayor cantidad de etileno (Mita *et al.*, 1998).

No existe un estudio comparativo en precosecha en granadilla. Los estudios realizados con fruta de granadilla madura en diferentes tiempos de almacenamiento postcosecha (Mogollón, 2009; Villamizar, 1992) concluyen un comportamiento climatérico, aunque sin ninguna variable de respuesta, como la respiración y la producción de etileno, o tratamientos postcosecha con etileno exógeno, que así lo indique claramente. Por otra parte, en frutos de granadilla con aplicación de 1-MCP en tiempos muy reducidos tampoco se encontró incidencia destacable sobre el proceso de maduración durante el almacenamiento, que podría discutirse como que el fruto mismo no presentó una emisión de etileno que fuera controlada por el retardante de maduración (Dussán *et al.*, 2011). Por tanto, son necesarios estudios precosecha en el período de maduración en planta, y con tratamientos postcosecha, así como mediciones de etileno finas, para verificar el comportamiento climatérico en granadilla. Si es que existe intervención de etileno en el proceso, probablemente se trataría de un pico transitorio del gas a niveles bajos pero suficientes para inducir el proceso en planta, por lo que su detección es difícil.

Como conclusión práctica de este estudio podríamos decir que el punto óptimo de cosecha de los frutos de granadilla en La Argentina en el departamento del Huila es el estado 4 (Tabla 1), donde se presenta la mayor concentración de azúcares en el fruto, el contenido de ácido ascórbico muestra valores altos, la fruta ha disminuido su acidez y se alcanza un color homogéneo de la epidermis con la luminosidad característica del recubrimiento de compuestos céreos, característicos del fruto. Eventualmente, para alargar el tiempo de manipulación y comercialización, el fruto puede cosecharse en un estado previo (Estado 3) , porque se completa el proceso de maduración.

**Tabla 1.** Tabla de calidad de las granadillas (*Passiflora ligularis* Juss). DDA días después de antesis.

ESTADO DE MADUREZ	DESCRIPCIÓN	ESCALA COLOR	°Brix	ACIDEZ (%)	ÍNDICE DE MADUREZ (°Brix/ACIDEZ)	
1		Fruto 100% de crecimiento, 100% verde 49-105 DDA	L= 38,49	10,2	1,4	7,6
			C= 15,08			
			h=102,347			
2		Fruto 100% de crecimiento, 60% verde - 40% amarillo 109-117 DDA	L= 53,65	12,8	1,1	12,2
			C= 40,41			
			h= 79,21			
3		Fruto 100% de crecimiento, 60% amarillo - 40% verde 121 - 129 DDA	L= 61,96	12,5	0,7	17,4
			C= 57,86			
			h= 67,09			
4		Fruto 100% de crecimiento, 100% amarillo 133-141 DDA	L= 61,77	13,1	0,7	18,5
			C= 57,04			
			h= 64,53			

Fotografías tomadas por Diana Espinosa.

## REFERENCIAS

AKAMINE, E., GIROLAMI, G. 1959. *Pollination and fruit set in the Yellow Passion Fruit*. Hawaii Agricultural Experiment Station, University of Hawaii.

ÁLVAREZ-HERRERA, J.; GALVIS, J.; BALAGUERA-LÓPEZ, E. (2009). Determinación de cambios físicos y químicos durante la maduración de frutos de champa (*Campomanesia lineatifolia* R. & P.). *Agronomía Colombiana*. 27(2): pp. 253-259.

ANGULO, R. (2008). Granadilla *Passiflora ligularis*. Bogotá: *Crop Science SA*. p. 30.

AOAC Official Method 932.12. (2005). Solids (soluble) in fruit, and fruit products. *Official Method of Analysis of AOAC International*, ed.18, caps 37.

BERNAL-PARRA, N.; OCAMPO-PÉREZ, J.; HERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, J. (2014). Characterization and analysis of the genetic variability of sweet passion fruit (*Passiflora ligularis* Juss) in Colombia using microsatellite markers. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 36(3): pp. 586-597.

BIALE, J.B. 1975. *Synthetic and degradative process in fruit ripening*. Postharvest Biol. & Handling of Fruits & Veg. Symp. AVI, Westport, Conn.

BOUZAYEN, M.; LATCHÉ, A.; NATH, P.; PECH, J. (2010). Mechanism of Fruit Ripening - Chapter 16. In: *Plant Developmental Biology - Biotechnological Perspectives* vol. 1. Springer.

BOWER, J.; HOLFORD, P.; LATCHÉ, A.; PECH, J.C. (2002). Culture conditions and detachment of the fruit influence the effect of ethylene on the climacteric respiration of melon. *Postharvest Biology and Technology*. (26): pp. 135-146.

CABRERA, C. (2006). *Caracterización de las propiedades físicas y químicas del fruto de granadilla, Passiflora ligularis* Juss. Tesis de maestría. Universidad Técnica del Norte. Ecuador.

CAÑAR, D.; CAETANO, C. (2012). Caracterización fisicoquímica preliminar como estrategia para promoción y conservación de tres frutales neotropicales. *Acta Agronómica*. (61): pp. 83-84.

CÁRDENAS-HERNÁNDEZ, J.; MIRANDA, D.; MAGNITSKIY S.; CARRANZA, C. (2011). Análisis morfológico y anatómico de las cubiertas de semillas de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.). *Agronomía Colombiana*. 29(3): pp. 377-385.

CARRILLO, M.; HERNÁNDEZ, M.S.; BARRERA, J.; MARTINEZ, O.; FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J.P. (2011). 1-Methylcyclopropane delays arazá ripening and improves postharvest fruit quality. *Food Science and Technology*. 44(1): pp. 250-255.

CARVAJAL, V.; ARISTIZÁBAL, M.; VALLEJO, A. (2012). Caracterización del crecimiento del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis* Sims). *Agronomy*. 20 (1): pp. 77-88.

CARVAJAL-DE PABÓN, L.; TURBAY, S.; ÁLVAREZ, L.; RODRÍGUEZ, A.; ÁLVAREZ, J.; BONILLA, K.; RESTREPO, S.; PARRA, M. (2014). Relación entre los usos populares de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) y su composición fotoquímica. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 12 (2): pp. 185-196.

CASTRO, J.; CERQUERA, N.; GUTIÉRREZ, N. (2013). Determinación del color del exocarpio como indicador de desarrollo fisiológico y madurez en la guayaba pera (*Psidium guajava* cv. guayaba pera), utilizando técnicas de procesamiento digital de imágenes. *Revista EIA Escuela de Ingeniería de Antioquia*. 10(19): pp. 79-89.

CHANLIAUD, E.; BURROWS, K.; JERONIMIDIS, G.; GIDLEY, M. (2002). Mechanical properties of primary plant cell wall analogues. *Planta*. 215: pp. 989-996.

CHINNICI, F.; SINABELLI, U.; RIPONI, C.; AMATI, C. (2005). Optimization of the determination of organic acids and sugars in fruit juices by ionexclusion liquid chromatography. *Journal of Food Composition and Analysis*. 18: pp. 121-130.

CLEVES, A.; JARMA, A.; FONSECA, J. (2009). Manejo integrado del cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). En: Miranda, D., G. Fischer, C. Carranza, S. Magnitskiy, F. Casierra-Posada, W. Piedrahíta y L.E. Flórez (eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba*. Bogotá: Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. pp. 97-120.

CORPOICA. (2011). *Manejo fitosanitario del cultivo de la granadilla Passiflora ligularis. Medidas para la temporada invernal Sanidad agropecuaria e inocuidad en la producción primaria*. p. 29.

CORPAS, E.; TAPASCO, O. (2014). Hallazgos de la biosíntesis del etileno en frutas climatéricas y de los factores que afectan la ruta metabólica. *Revista Alimentos Hoy*. 22: pp. 31-46.

DÍAZ, RO.; MORENO, L.; PINILLA, R.; CARRILLO, W.; MELGAREJO, L.M., MARTÍNEZ, O.; HERNÁNDEZ, S.; FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J. (2012).

Postharvest behavior of purple passion fruit in Xtend® bags during low temperature storage. *Acta Horticulturae*. 934: pp. 727-731.

DUSSAN, S.; SERNA, C.; PERENGUEZ, C.A.M. (2011). Efecto de la aplicación de 1-Metilciclopropeno sobre algunas propiedades físico-químicas y organolépticas del fruto de la granadilla. *Acta Agronómica*. 60 (3): 237-244.

FAO, (2004). Perspectivas a plazo medio de los productos básicos agrícolas. Proyecciones al 2010. Roma. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-y5143s.pdf>

FERNÁNDEZ, G.E.; MELGAREJO, L.M.; RODRÍGUEZ, N.A. (2014). Algunos aspectos de la fotosíntesis y potenciales hídricos de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) en estado reproductivo en el Huila, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 8 (2): pp. 206-216.

FISCHER, G. (2005). Aspectos de la fisiología aplicada de los frutales promisorios en cultivo y poscosecha. *Revista Comalfi*. 32(1): pp. 22-34.

FISCHER, G. (ed). (2012). *Manual para el cultivo de frutas tropicales en el trópico*. Bogotá: Produmedios.

FISCHER, G.; LUDDERS, P. (1997). Developmental changes of carbohydrates in cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits in relation to the calyx and the leaves. *Agronomía Colombiana*. 14(2): pp. 95-107.

FISCHER, G.; CASIERRA-POSADA, F.; PIEDRAHÍTA, W. (2009). Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. En: Miranda, D., G. Fischer, C. Carranza, S. Magnitskiy, F. Casierra-Posada, W. Piedrahíta y L.E. Flórez (eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba*. Bogotá: Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas, pp. 45-68.

FLÓREZ, L. (2012). *Caracterización fisiológica y bioquímica del fruto de gulupa (Passiflora edulis Sims) bajo tres ambientes contrastantes*. Tesis de maestría. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

FLÓREZ, L.M.; PÉREZ, L.V.; MELGAREJO, L.M.; HERNÁNDEZ, S. (2012). Caracterización fisicoquímica, fisiológica y bioquímica del fruto de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) como indicadores para el punto óptimo de cosecha. En: Melgarejo, L.M. (ed.). *Ecofisiología del cultivo de la gulupa (Passiflora edulis Sims)*. Universidad Nacional de Colombia. pp. 53-79.

GALLO, F. (1996). *Manual de fisiología, patología post-cosecha y control de calidad de frutas y hortalizas*. Convenio SENA - NRI, Armenia. pp. 10-41.

GARCÍA, C. (2008). *Manual de manejo cosecha y poscosecha de granadilla*. Bogotá: Corpoica. p. 98.

GIOVANNONI, J. J. (2001). Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 52: pp. 725-749.

HERNÁNDEZ, M.S.; RESTREPO, P.; CLAVIJO, J. (1992). Caracterización morfológica, química y fisiológica de fruto de pitaya amarilla. *Agricultura Tropical*. 29(3): pp. 69-75.

HERNÁNDEZ, S.; MARTÍNEZ, O.; FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J.P. (2007). Behavior of Arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh), fruit quality traits during growth, development and ripening. *Scientia Horticulturae*. (111): pp. 220-227.

HERNÁNDEZ, S.; FISCHER, G. (2009). Cosecha y poscosecha en las frutas pasifloráceas. En: Miranda, D., G. Fischer, C. Carranza, S. Magnitskiy, F. Casierra-Posada, W. Piedrahíta y L.E. Flórez (eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba*. Bogotá: Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. pp. 45-68.

HERNÁNDEZ, S.; BARRERA, J.; MELGAREJO, L. (2010). Fisiología Poscosecha. En: Melgarejo, L.M. (ed.). *Experimentos en fisiología vegetal*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. pp. 167-186.

HERNÁNDEZ-SANTOS, B.; VIVAR-VERA, M.; RODRÍGUEZ-MIRANDA, J.; HERMAN-LARA, E.; TORRUCO-UCO, J.; ACEVEDO-VENDRELL, O.; MARTÍNEZ-SANCHEZ, C. (2015). Dietary fibre and antioxidant compounds in passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) peel and depectinised peel waste. *International Journal of Food Science and Technology* 50: pp. 268-274.

HIWASA-TANASE, K.; EZURA, H. (2014). Climacteric and Non-climacteric Ripening. En: Nath, P.; Bouzayen, M.; Mattoo, A.; Pech, J. (Ed.) *Fruit Ripening Physiology, Signalling and Genomics*. London: CAB International, pp. 1-14.

HOBSON, G.E. (1996). Maduración del fruto. En: Azcon-Bieto, J. y M. Talón (eds.). *Fisiología y bioquímica vegetal*. Bogotá: Interamericana McGraw-Hill. pp. 463-478.

ISHIHATA, K. 1965. *On the development of the fruit and behavior of flower organs in purple passion fruit (Passiflora edulis Sims)*. Memoirs of the Faculty of Agriculture, Kagoshima University 5(2): 1-7.

KADER, A. (1994). *Postharvest technology of horticultural crops*. Oakland: University of California. p. 535.

KANNAN, S.; DEVI, B.; JAYAKAR, B. (2011). Antibacterial activity of *Passiflora ligularis*. *International Journal of Chemical Sciences*. 9(1): pp. 393-396.

KAYS, S. (1997). *Postharvest physiology of perishable plant products*. Exon Press. Athens, GA. p. 532.

KUBO, T.; HOHJO, I.; HIRATSUKA, S. (2001). Sucrose accumulation and its related enzyme activities in the juice sacs of satua mandarin fruit from trees with different crop loads. *Scientia Horticulturae*. 91: pp. 215-225.

LINARES, L.; CASTILLO, B.; LONDOÑO, M. (2013). Caracterización de propiedades mecánicas del fruto de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.). *Agronomía Colombiana*. 31(2): pp. 208-214.

LÜDDERS, P. (2003). Granadilla (*Passiflora edulis* Sims) - a multiple useful tropical fruit. *Erwerbs-Obstbau*. 45(6): pp. 186-191.

MATTA, F.; ARJONA, H.; GARNER, J.; SILVA, J. (2006). *Studies on Postharvest Quality Of Passion Fruit*. Mississippi State University. p. 10.

MELGAREJO, L.M. (2010). *Experimentos en fisiología vegetal*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. p. 277.

MIRANDA, D.; FISCHER, G.; CARRANZA, C.; MAGNITSKIY, S.; CASIERRA, F.; PIEDRAHÍTA, F.; FLÓREZ, L. (2009). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba*. Bogotá: Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. p. 358.

MITA, S.; KAWAMURA, S.; YAMAWAKI, K.; NAKAMURA, K.; HYODO, H. (1998). Differential Expression of Genes Involved in the Biosynthesis and Perception of Ethylene during Ripening of Passion Fruit (*Passiflora edulis* Sims). *Plant and Cell Physiology*. 39(11): pp. 1209-1217.

MOGOLLÓN, R. (2009). *Determinación del comportamiento fisiológico en poscosecha de la granadilla (Passiflora ligularis Juss)*. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

NAGY, S.; SHAW, P.; WARDOWSKI, W. (1990). *Fruit of tropical and subtropical origin*. Florida: Florida Science Source, INC. p. 391.

NUNEZ, C. (2008). *Color atlas of postharvest quality of fruits and vegetables*. USA: Blackwell Publishing. p. 448.

OLIVEIRA, G.; CASTILLOS, F.; RENARD, K.; BUREAU, S. (2013). Comparison of NIR and MIR spectroscopic methods for determination of individual sugars, organic acids and carotenoids in passion fruit. *Food Research International* 60: 154-162.

OSTERLOH, A.; EBERT, G.; HELD, W.; SCHULZ, H.; URBAN, E. (1996). *Lagerung von Obst und Sudfruchten*. Stuttgart, Alemania: Verlag Ulmer.

PADRÓN, A.; PADRÓN, G.; MONTES, A.; OROPEZA, R. (2012). Determinación de color en epicarpio de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con sistema de visión computarizada durante su maduración. *Agronomía Costarricense*. 36(1): 97-111.

PAULL, R.; CHEN, C. (2014). *Passion Fruit: Postharvest Quality-Maintenance Guidelines*. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawai.

PARRA, M.; RIVERA, P.; RODRÍGUEZ, R.; AGUILAR, O. (2013). *Acuerdo de competitividad para la cadena productiva de pasifloras en Colombia*. Asohofrucol, CEPASS, Consejo Nacional de Pasifloras, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Bogotá.

PEREA D., M.; FISCHER, G.; MIRANDA, D. (2010). *Passifloraceae* Passifloras Maracuyá, Granadilla, Curuba, Gulupa. En: PEREA D., M., L.P. MATAALLANA R. Y A. TIRADO P. (eds.). *Bioteconología aplicada al mejoramiento de los cultivos de frutas tropicales*. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. p. 350-390.

PINZÓN, I.; FISCHER, G.; CORREDOR, G. (2007). Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims). *Agronomía Colombiana*. 25(1): 83-95.

RIVERA, B.; MIRANDA, D.; ÁVILA, L.; NIETO, A. (2002). *Manejo integral del cultivo de granadilla (Passiflora ligularis Juss.)*. Manizales: Editorial Litoas. p. 126.

RODRÍGUEZ, M.; ODERIZ, M.; HERNÁNDEZ, J.; LOZANO, S. 1992. Determination of vitamin C and organic acids in various fruits by HPLC. *Journal of chromatographic Science*. 30(11): pp. 433-437.

RODRÍGUEZ, M. (2009). Industrialización de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss). En: Miranda, D., G. Fischer, C. Carranza, S. Magnitskiy, F. Casierra-Posada, W. Piedrahíta y L.E. Flórez (eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba*. Bogotá: Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. pp. 283-302.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. (2000). *Fisiología de las plantas*. Ed Thompson-Paraninfo. p. 305.

SALVEIT, M.E Jr. 1993. Internal carbon dioxide and ethylene levels in ripening tomato fruit attached to or detached from the plant. *Physiologia Plantarum*. 89: pp. 204-210.

SARAVANAN, S.; PARIMELAZHAGAN, T. (2014). In vitro antioxidant, antimicrobial and anti-diabetic properties of polyphenols of *Passiflora ligularis* Juss. fruit pulp. *Food Science and Human Wellness* 3: pp. 56-64.

SCHOTSMANS, W.C.; FISCHER, G. (2011). Passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). En: Yahía, E.M. (ed.). *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits*. Vol. 4. Mangosteen to white sapote. Cambridge, U.K.: Woodhead Publishing., pp. 125-142.

SHINOHARA, T.; USUI, M.; HIGA, Y.; IGARASHI, D.; INOUE, T. (2013). Effect of accumulated minimum temperature on sugar and organic acid content in passion fruit. *ISSAAS Journal*. 19 (2): pp. 1-7.

SHIOMI, S.; KUBO, Y.; WAMOCHO, L.; KOAZE, H.; NAKAMURA, R.; INABA, A. (1996). Postharvest ripening and ethylene biosynthesis in purple passion fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 8: pp. 199-207.

SOLARTE, M.E.; MELGAREJO, L.M.; MARTÍNEZ, O.; HERNÁNDEZ, M.S.; FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J.P. (2014). Fruit quality during ripening of Colombian guava (*Psidium guajava* L.) grown at different altitudes. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 12 (2): pp. 669-675.

TÉLLEZ, C.; FISCHER, G.; QUINTERO, O. (1998). Comportamiento fisiológico y fisicoquímico en la poscosecha de curuba de Castilla (*Passiflora mollisima* Bailey) conservada en refrigeración y temperatura ambiente. *Agronomía Colombiana*. 16(1), pp. 13-18.

TOINOVEN, P.; BRUMMELL, D.A. (2008). Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Review. Postharvest, Biology and Technology*. 48: pp. 1-14.

VALENTE, A.; ALBURQUERQUE, T.; SANCHES-SILVA, A.; COSTA, S. (2011). *Ascorbic acid content in exotic fruits: A contribution to produce quality data for food composition databases*. *Food Research International*. 44: pp. 2237-2242.

VALERO, D.; SERRANO, M. (2010). *Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality*. New York. Taylor & Francis Group. p. 217.

VALPUESTA, V.; QUESADA, M.; REID, M. (1996). Senescencia y abscisión. En: Azcon-Bieto, J. y M. Talon (eds.). *Fisiología y bioquímica vegetal*. Bogotá: Interamericana McGraw-Hill. pp. 479-492.

VILLALOBOS-ACUÑA, M.; MITCHAM, E. (2008). Ripening of European pears. *The chilling dilemma*. 49: pp. 187-200.

VILLAMIZAR, F. 1992. La Granadilla, su caracterización física y comportamiento postcosecha. *Ingeniería e Investigación*. 8(3): pp. 14-23.

VILLAVICENCIO, L.; BLANKENSHIP, S.; SANDERS, D.; SWALLOW, W. (2001). Ethylene and carbon dioxide concentrations in attached fruits of pepper cultivars during ripening. *Scientia Horticulturae*. (91): pp. 17-24.

WANG, S.; CHEN, C.; WNAG, C. (2009). The influence of light and maturity on fruit quality and flavonoid content of red raspberries. *Food Chemistry*. 112: pp. 676-684.

WILLS, R.; MCGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. (2007). *Postharvest - an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. Wallingford, UK: CAB International. p. 227.

ZERAIK, L.; PEREIRA, M.; ZUIN, G.; YARIWAKE, J. H. (2010). Passion fruit: A functional food. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*. 20: pp. 459-471.