

# Caracterización fisicoquímica del crecimiento y desarrollo de los frutos de feijoa (*Acca sellowiana* Berg) en los clones 41 (Quimba) y 8-4

## Physical-chemical characterisation of the growth and development of pineapple guava fruit (*Acca sellowiana* Berg) clones 41 (Quimba) and 8-4

Mariela Rodríguez<sup>1</sup>, Harvey E. Arjona<sup>2</sup> y Héctor A. Campos<sup>3</sup>

**Resumen:** La feijoa (*Acca sellowiana* Berg) se cultiva en la región andina colombiana, sin embargo, no se tiene reportes del crecimiento y desarrollo de los frutos de clones importantes como el clon 41 (Quimba) y el clon 8-4. En este estudio se evaluaron los cambios físicos desde la anthesis hasta la madurez fisiológica, mientras que los cambios bioquímicos se evaluaron en la última etapa del crecimiento. Los clones 41 (Quimba) y 8-4 en las variables: diámetro transversal, diámetro longitudinal, peso fresco y peso seco, exhibieron una curva de tipo sigmoidal. Asimismo, se determinó que los frutos de feijoa tienen muy bajos contenidos de almidón. Además, utilizando la técnica de cromatografía líquida de alto desempeño (HPLC), se encontró que los azúcares más abundantes eran fructosa, sacarosa y glucosa. Otras variables medidas fueron los sólidos solubles totales (SST), el pH y la acidez total titulable, que se incrementaron gradualmente durante el desarrollo del fruto.

**Palabras claves adicionales:** cambios físicos, cambios bioquímicos, almidón, sólidos solubles totales, acidez total titulable, azúcares

**Abstract:** Pineapple guava fruit (*Acca sellowiana* Berg) clones 41 (Quimba) and 8-4 are cultivated in the Colombian Andean region. However, no studies regarding pineapple guava fruit growth and development are known. Physical changes from anthesis up to physiological maturity were evaluated in this study; biochemical changes were determined during the last stage of development. Clones 41 (Quimba) and 8-4 exhibited a typical sigmoid curve for transverse diameter, longitudinal diameter, fresh weight and dry weight. It was determined that pineapple guava fruit have very low starch content. The most abundant sugars were fructose, sucrose and glucose by HPLC. Other variables such as total soluble solids (TSS), pH and titratable total acidity were also measured.

**Additional key words:** physical changes, compositional changes, starch, total soluble solids, titratable total acidity, sugars

### Introducción

LA FEIJOA ES UN FRUTO DE ORIGEN SUBTROPICAL, que se adapta bien en las zonas tropicales y en la región andina colombiana. Tal es el caso de los clones 41 (Quimba) y 8-4, que se perfilan como frutos de excelente calidad para exportación. Sin embargo, no se conocen reportes que expliquen los cambios fisiológicos durante el crecimiento y desarrollo de estos frutos en Colombia.

En general, la información relacionada con los cambios fisicoquímicos en el fruto de feijoa es mínima; sin

embargo, Seymour et al. (1993) reportan que la variedad de feijoa 'Triumph', cultivada en Nueva Zelanda, tiene un crecimiento de tipo sigmoidal doble, el mismo comportamiento que se reporta en frutos de guayaba (Mercado et al., 1998). Desafortunadamente, los autores no informan acerca del modelo matemático que explica el crecimiento de los frutos. Por otra parte, se conoce que en frutos carnosos, dependiendo de la especie, se pueden acumular cantidades variables de azúcares (Arntzen y Ritter, 1994; Thompson, 1996; Taiz y Zeiger, 1998; Barceló et al., 2001). En guayaba, los azúca-

Fecha de recepción: 18 de enero de 2006  
Aceptado para publicación: 11 de mayo de 2006

<sup>1</sup> Docente ocasional, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: mrodriguez@unal.edu.co

<sup>2</sup> Asesor fisiología vegetal, BASF Colombia, Bogotá. e-mail: hearjonad@unal.edu.co

<sup>3</sup> Profesor asistente, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. e-mail: hacamposm@unal.edu.co

res totales se incrementaron gradualmente durante las etapas de desarrollo, al igual que el contenido de sólidos solubles totales. Así mismo, se reportó en este mismo fruto que, al momento de la cosecha, los azúcares más abundantes eran fructosa y sacarosa (Bulk et al., 1997).

La falta de información sobre el crecimiento y desarrollo de los frutos de feijoa puede ser un inconveniente para productores y exportadores, ya que al cosechar frutos que aún no han alcanzado la madurez fisiológica o sobremaduros, se pueden presentar pérdidas por rechazos, debido a que no se cumple con las exigencias del mercado en cuanto a la vida útil del producto en la poscosecha. En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue realizar un seguimiento a los cambios de las variables fisicoquímicas durante el crecimiento y el desarrollo de los frutos de los clones 41 (Quimba) y 8-4, en el municipio de La Vega (Cundinamarca).

## Metodología

Se realizó el estudio del crecimiento y desarrollo de los frutos de feijoa en los clones 41 (Quimba) y 8-4 en el municipio de La Vega (Cundinamarca). Las características generales de la localidad son: localización, 04°54' de latitud norte y 74°18' de longitud oeste; altitud promedio, 1.900 msnm; precipitación promedio anual, 1.800 mm; temperatura promedio anual, 17 °C. El muestreo se hizo tomando 10 frutos de cada clon cada 7 d, a partir de la antesis. Las muestras se transportaron en una nevera de icopor con hielo recubierto con papel periódico. Los frutos se depositaron en bolsas plásticas selladas para evitar el contacto directo con el hielo. Los análisis de las características fisicoquímicas se llevaron a cabo en el laboratorio de Fisiología de Cultivos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Las determinaciones físicas, como los diámetros transversal ( $\Phi_T$ ) y diámetro longitudinal ( $\Phi_L$ ), se midieron con un calibrador Vernier (Maub, de 0,05 mm de precisión). Así mismo, se determinó el peso fresco ( $P_F$ ) y el peso seco ( $P_S$ ).

En cuanto a las determinaciones químicas: los sólidos solubles totales (grados Brix) se midieron con un refractómetro Carl Zeiss; el pH se determinó con un potenciómetro Orion, modelo 420; la acidez, mediante titulación con NaOH 0,1 N hasta pH 8,2; la acidez se expresó como porcentaje de ácido cítrico. Los contenidos de azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa) se determinaron por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC, siglas en inglés de high performance liquid chromatography).

Estas determinaciones se hicieron en el clon 41 (Quimba) durante las últimas 6 semanas de desarrollo y en el clon 8-4, durante las últimas 5 semanas de desarrollo, cuando hubo suficiente cantidad de jugo en los frutos para realizar los análisis.

El contenido de almidón de los frutos se determinó por el método enzimático: en el clon 41 (Quimba), se determinó durante las últimas 6 semanas de desarrollo de los frutos y en el clon 8-4 se hizo durante las últimas 5 semanas del desarrollo. Para esta determinación se tomaron 200 g de tejido fresco en cada muestreo, se liofilizaron y molieron y después se les midió el contenido de almidón por el método de amilasa/amilogucosidasa, con el kit de ensayo para almidón Sigma STA-20.

El peso de las semillas se determinó en 20 frutos de distintos tamaños en estado de madurez comercial. Las semillas se extrajeron del fruto con una cuchara. Para separar las semillas de los demás tejidos se usó una tela de muselina a manera de cedazo.

El análisis estadístico de la información se hizo para las variables físicas y químicas; para ello se utilizaron los programas Syntax y SPSS. En las variables físicas diámetro transversal, diámetro longitudinal, peso fresco y peso seco se aplicaron análisis uni- y multivariantes, como Anovas, correlaciones, regresiones, análisis canónico discriminante y análisis de componentes principales. Así mismo, para cada una de las variables físicas se postularon modelos polinomiales hasta el grado 3, como también el modelo logístico. La elección del modelo se hizo con base en el  $R^2$  (Hair et al., 1998), teniendo en cuenta una significancia ( $p \leq 0,05$ ) de los coeficientes en el modelo seleccionado. Ya que en ambos clones se presentaron curvas de crecimiento de tipo sigmoidal con el mismo tipo de modelo, en este artículo se presentan sólo las curvas del clon Quimba. Los resultados de las variables químicas y físicas se analizaron en conjunto durante las últimas semanas de desarrollo con un análisis canónico y un análisis de componentes principales.

## Resultados y discusión

Días desde la antesis hasta la madurez fisiológica

Los frutos de feijoa evidenciaron una maduración escalonada, es decir, que los frutos provenientes de flores polinizadas en el mismo día pueden alcanzar su madu-

rez fisiológica en distinta fecha. En general, se encontró que frutos mejor polinizados y con dominancia apical tuvieron un período más corto de desarrollo que los frutos cercanos al fruto dominante. Para los frutos intermedios, en los que el peso final fluctuó entre 65 y 80 g, el período de crecimiento fue de 154 d para el clon 41 (Quimba) y de 147 d para el clon 8-4. Por otra parte, se hizo un análisis de regresión para frutos de distintos tamaños y el peso de las semillas. La variable dependiente es el peso del fruto y la independiente es el peso de las semillas. En esta publicación sólo se presenta la curva de regresión para el clon 8-4, teniendo en cuenta que el clon Quimba presenta la misma tendencia, aunque con un  $R^2$  menor.

Clon 41 (Quimba):

$$PF = y = -14107x^3 + 5241,2x^2 + 181,03x + 0,169 \quad R^2 = 0,69$$

Clon 8-4:

$$PF = 5284,5x^3 - 4371,6x^2 + 1150,6x - 8,2744 \quad R^2 = 0,724$$

De acuerdo con en el análisis de regresión, el clon 41 (Quimba) presentó un  $R^2 = 0,69$  y el clon 8-4 un  $R^2 = 0,724$  (figura 1), evidenciándose la importancia del peso de las semillas en el desarrollo del fruto, ya que esta variable es capaz de explicar en más del 60% el peso final de los frutos. Al respecto, Patterson (1989) reporta que la polinización manual en feijoa mejoró la calidad de la fruta, aumentando el peso del fruto y el peso de la pulpa, además de acortarse el tiempo desde la polinización hasta la cosecha. Por otra parte, Henton et al. (1999) señalan que la actividad del vertedero, el tamaño y la acumulación de carbono dependiente de procesos tales como la fotosíntesis, la respiración del fruto y otros propios del fruto, como la división celular y el desarrollo de la semilla.

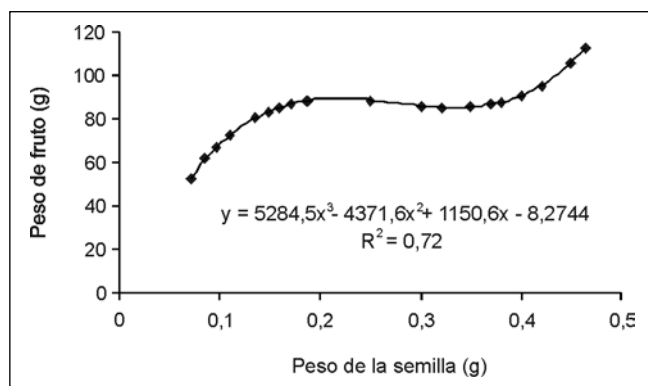


Figura 1. Curva de regresión que representa el peso del fruto de feijoa del clon 8-4 en función del peso de la semilla.

Diámetros longitudinal ( $\Phi_L$ ) y transversal ( $\Phi_T$ )

Los diámetros longitudinal y transversal siguieron una curva sigmoideal simple en los dos clones. Los modelos que mejor describieron el crecimiento del fruto para cada uno de los dos diámetros fueron modelos polinomiales de tercer grado, comparados con los modelos cuadrático y logístico (tabla 1).

Tabla 1. Modelos polinomiales para el crecimiento del fruto de feijoa con base en los diámetros longitudinal y transversal en los clones 41 (Quimba) y 8-4.

Modelo	$R^2$
<b>Clon 41 (Quimba)</b>	
Diámetro longitudinal ( $\Phi_L$ ) $\Phi_L = 1,67 \cdot 10^{-6} x^3 + 4,31 \cdot 10^{-6} x^2 - 0,0046 x + 1,25$	0,98
Diámetro transversal ( $\Phi_T$ ) $\Phi_T = 8,28 \cdot 10^{-7} x^3 + 6,2 \cdot 10^{-5} x^2 - 0,0053 x + 0,52$	0,99
<b>Clon 8-4</b>	
Diámetro longitudinal ( $\Phi_L$ ) $\Phi_L = 2,99 \cdot 10^{-7} x^3 + 0,000281 x^2 - 0,008 x + 1,31$	0,96
Diámetro transversal ( $\Phi_T$ ) $\Phi_T = 2,6 \cdot 10^{-7} x^3 + 0,00148 x^2 - 0,0015 x + 0,36$	0,98

x = días después de antesis

Los interceptos positivos se consideraron en el modelo debido a que el fruto proviene de un ovario ínfero, es decir, que el modelo registra el tamaño del ovario aun antes de la antesis. El aumento de los diámetros transversal y longitudinal para los frutos de los clones 41 (Quimba) y 8-4 presentó tres fases: en el clon 41 (Quimba), la primera fase es de crecimiento lento y va hasta los 70 d; la segunda etapa, un período de mayor crecimiento, va desde los 70 d hasta los 126 d y la tercera etapa tiene un crecimiento, rápido y va hasta la madurez fisiológica. En el clon 8-4, de acuerdo con Rodríguez (2005), la primera etapa de crecimiento lento va hasta los 56 d; la segunda etapa, desde los 56 d hasta los 126 d y la tercera etapa, desde los 126 d hasta la madurez fisiológica. En la primera etapa de crecimiento no se observaron incrementos significativos en los diámetros, lo que concuerda con varios autores en cuanto al crecimiento y el desarrollo del fruto (Salisbury y Ross, 1992; Barceló et al., 2001). Según la revisión de Seymour et al. (1993), la variedad de feijoa 'Triumph', que se cultiva en Nueva Zelanda, tiene un crecimiento sigmoideal doble; sin embargo, los clones 41 (Quimba) (figura 2) y 8-4 presentaron una tendencia de crecimiento sigmoideal simple, en concordancia con los estudios realizados en arazá (Hernández et al., 2002).

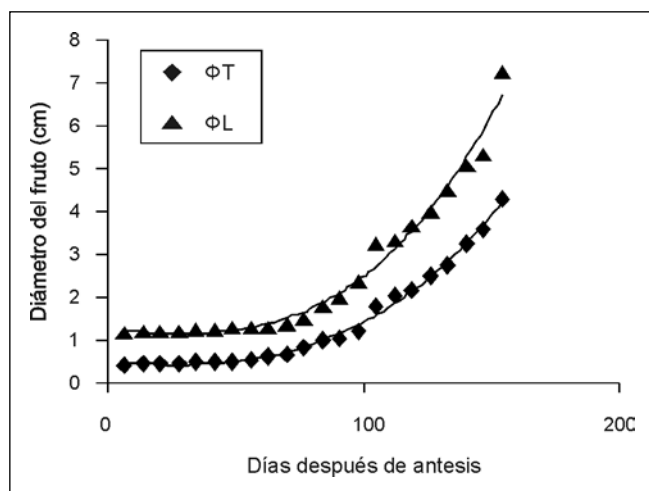


Figura 2. Curva de crecimiento del fruto de feijoa del clon Quimba, expresado como diámetro transversal ( $\Phi_T$ ) y diámetro longitudinal ( $\Phi_L$ ) en un modelo cúbico.

#### Peso fresco (PF) y seco (PS)

Los pesos fresco y seco presentaron una tendencia de crecimiento de tipo sigmoide simple. Así mismo, el aumento de los pesos se puede explicar por modelos polinomiales de tercer grado, que fueron los que mejor ajuste presentaron en los análisis (tabla 2). En el clon 41 (Quimba) se observaron tres etapas de crecimiento (figura 3): en la primera etapa, que va hasta el día 70, el incremento de peso fresco y de peso seco fue mínimo, ya que al final del período sólo alcanzó un peso fresco de 0,43 g y un peso seco de 0,14 g; en la segunda etapa, que va desde los 70 d hasta los 126 d, se alcanzó un peso fresco de 8,74 g y un peso seco de 1,79 g; en la tercera etapa, tanto el peso fresco

Tabla 2. Modelos polinomiales para el crecimiento del fruto de feijoa con base en los pesos fresco y seco en los clones 41 (Quimba) y 8-4.

Modelo	R <sup>2</sup>
<b>Clon 41 (Quimba)</b>	
Peso fresco (PF)	0,93
$PF = 7,39 \cdot 10^{-5}x^3 - 0,013x^2 + 0,65x - 7,10$	
Peso seco (PS)	0,94
$PS = 8,92 \cdot 10^{-6}x^3 - 0,0015x^2 + 0,07x - 0,73$	
<b>Clon 8-4</b>	
Peso fresco (PF)	0,94
$PF = 8,10 \cdot 10^{-5}x^3 - 0,013x^2 + 0,62x - 6,78$	
Peso seco (PS)	0,92
$PS = 3,23 \cdot 10^{-6}x^3 - 0,00017x^2 + 0,00312x + 0,038$	

x = días después de antesis

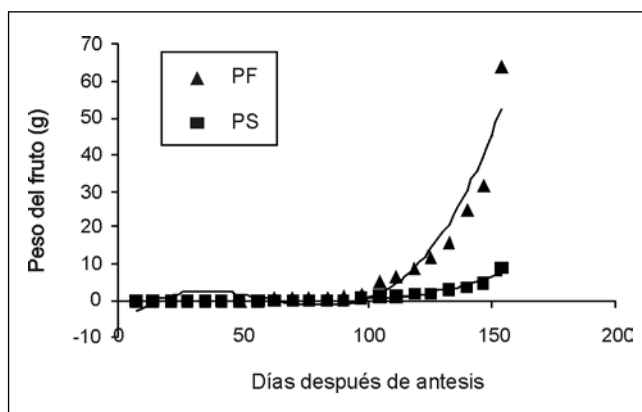


Figura 3. Curva de crecimiento del fruto de feijoa del clon Quimba, expresado como peso fresco (PF) y peso seco (PS) en un modelo cúbico.

como el peso seco se incrementaron significativamente, pasando de 8,75 a 64,31 g en peso fresco y de 1,79 g a 9,03 g en peso seco.

Este mismo comportamiento se evidenció en el clon 8-4, de acuerdo con Rodríguez (2005). En este clon, la primera etapa va hasta los primeros 56 d después de antesis y el incremento en peso también fue mínimo durante este lapso, alcanzando al final un peso fresco de 0,67 g y un peso seco de 0,19 g. En la segunda etapa, que va hasta los 126 d, el fruto logró un peso fresco de 15,54 g y un peso seco de 3,48 g. En la tercera etapa, es decir, durante los últimos 28 días de desarrollo, los pesos fresco y seco se incrementaron significativamente, alcanzando un peso fresco de 70,13 g y un peso seco de 8,70 g.

Estos resultados concuerdan con la teoría de crecimiento de frutos carnosos que tienen crecimiento de tipo sigmoide simple (Salisbury y Ross, 1992). Por otra parte, las máximas tasas de crecimiento ocurrieron en la etapa dos, tanto para los diámetros como para los pesos, lo que coincide con lo reportado en *Eugenia stipitata* (Hernández et al., 2002). Por otra parte, el aumento en los diámetros longitudinal y transversal y en los pesos fresco y seco se debe, entre otras razones, a la multiplicación y expansión celular durante el desarrollo, así como a la acumulación de fotoasimilados en la última etapa de crecimiento del fruto (Grange, 1996).

### Análisis estadístico

#### Análisis canónico

Los análisis univariantes para cada una de las variables evaluadas en el crecimiento y desarrollo del fruto de fei-

joa no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los dos clones. En el análisis multigrupo se obtuvo una variable canónica, pero los clones no mostraron diferencias estadísticas entre sí, según los parámetros  $\chi^2 = 3,05$  y  $\lambda$  de Wilks = 0,574, lo que indica que ambos clones son estadísticamente similares. Estos resultados concuerdan con un estudio a nivel molecular en el que se compararon 11 variedades comerciales y se encontró que no hay mayor diversidad, tal vez por compartir un ancestro común (Dettori y Palombi, 2000).

### Análisis de componentes principales

En el clon 41 (Quimba) se generaron 8 componentes, de los cuales los dos primeros ejes explican el 67,2%. Las variables de mayor impacto son: diámetro longitudinal, con 98,3%; diámetro transversal, con 95,7% y glucosa, con 85,5%. En el clon 8-4 se obtuvieron 6 componentes principales, de ellos los dos primeros ejes explican el 66,7% y las variables de mayor impacto son: glucosa con 88,3%, diámetro transversal con 83,2%, diámetro longitudinal con 79,2%, peso fresco con 74,8% y sacarosa con 73,3%.

### Análisis de correlaciones

En el clon 41 (Quimba), a mayor peso fresco hay aumento en las variables: diámetro transversal, diámetro longitudinal, peso seco, pH y acidez total titulable. En el clon 8-4, a mayor peso fresco hay aumento en las variables sacarosa, diámetro transversal, diámetro longitudinal y peso seco.

## Cambios bioquímicos en el fruto

### Contenido de almidón

El almidón se midió en los dos clones a partir del día 112 después de la antesis. El valor más bajo para el almidón se obtuvo en ambos clones el día 112: en el clon 41 (Quimba) fue 0,55% y en el clon 8-4, 0,38%; las determinaciones se hicieron en masa seca de frutos previamente deshidratados. El valor más alto se alcanzó para el clon 41 (Quimba) el día 147 y para el clon 8-4 el día 140. En ambos casos, el porcentaje más alto de almidón se detectó una semana antes de la madurez fisiológica, después de lo cual descendió: en el clon 41 (Quimba) hasta 0,99% y en el 8-4 hasta 0,66% (figura 4).

Estos resultados concuerdan con lo reportado en frutos de manzana, en los que el almidón tiene un valor máximo unos días antes de la cosecha, para luego dis-

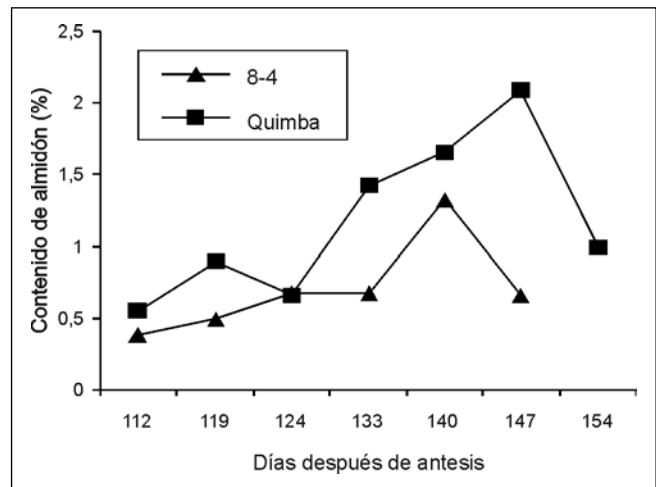


Figura 4. Variación del contenido de almidón en frutos de feijoa de los clones 41 (Quimba) y 8-4 durante la última etapa de crecimiento y desarrollo.

minuir (Salisbury y Ross, 2003). Por otra parte, es importante considerar que no todos los frutos almacenan almidón en su desarrollo, como es el caso de la pera, que se considera libre de almidón (Martin et al., 1994).

### Contenido de sólidos solubles totales

El contenido de sólidos solubles totales aumentó en ambos clones durante la última etapa de desarrollo. Para el clon 41 (Quimba), el día 112 se obtuvo un valor de 8,4 °Brix y se incrementó hasta 9,4 °Brix al momento de la madurez fisiológica. En el clon 8-4, el día 112 los sólidos solubles alcanzaron 7,2 °Brix y al momento de la madurez fisiológica, 9,7 °Brix (figura 5). Es importante

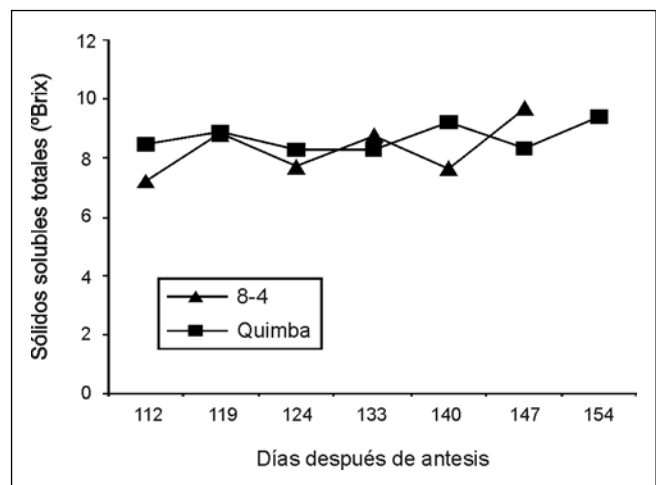


Figura 5. Variación de los sólidos solubles totales (grados Brix) durante la última etapa de crecimiento y desarrollo de los clones 41 (Quimba) y 8-4.

resaltar que en ambos clones los grados Brix disminuyeron una semana antes de alcanzar la madurez fisiológica, cuando el contenido de almidón fue máximo, lo que se explica si se tiene en cuenta que durante la última semana de observación los frutos experimentaron un aumento considerable en el peso fresco, lo cual implica un incremento en el metabolismo del fruto. Si bien en feijoa no se reportan otros estudios de crecimiento y desarrollo, se sabe que en guayaba los sólidos solubles se incrementan gradualmente con el desarrollo del fruto (Bulk et al., 1997; Mercado, 1998), lo mismo que se reporta para arazá (Hernández, 2001).

## pH

El pH en los dos clones disminuyó desde el día 112 hasta el momento de la madurez fisiológica: en el clon 41 (Quimba), el día 112 se registró un pH de 3,4 y al momento de la madurez fisiológica disminuyó hasta 2,1. En el clon 8-4, el pH descendió desde 2,6 el día 112 hasta 2,3 al momento de la cosecha (figura 6). El bajo pH puede estar asociado con dos aspectos: 1) altos contenidos de ácidos almacenados por la vacuola y 2) el crecimiento de las células, que necesita bajos niveles de pH (Salisbury y Ross, 2003). Como se evidencia, en este estudio hubo poca variación del pH, lo que concuerda con los resultados en guayaba (Paull y Goo, 1983).

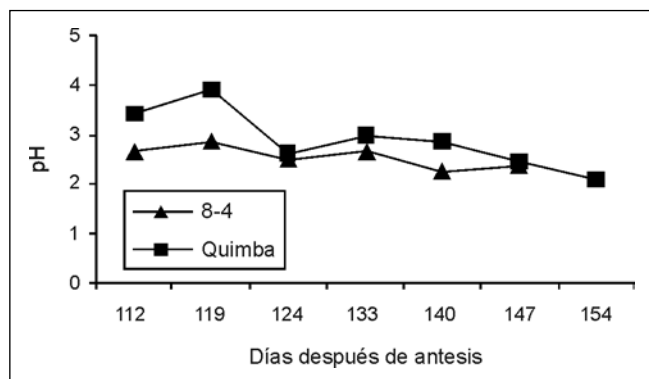


Figura 6. Variación del pH durante la última etapa de crecimiento y desarrollo de los frutos de feijoa de los clones 41(Quimba) y 8-4.

## Acidez total titulable (ATT)

Desde el día 112 hasta la madurez fisiológica los valores de la acidez titulable presentaron poca variación. Sin embargo, se observó una tendencia al aumento en el clon 41 (Quimba), con un porcentaje de acidez de 1,6% al final de la segunda y al inicio de la tercera eta-

pa de crecimiento del fruto y un incremento gradual hasta alcanzar 2,4% (figura 7). En el clon 8-4 la acidez titulable al final de la segunda etapa de crecimiento del fruto fue 2,2% y en la madurez fisiológica, luego de un pequeño incremento, fue 2,3%. Es importante destacar la poca diferencia que hay para esta variable entre los dos clones. Los valores indican que hay un aumento en el contenido de ácidos orgánicos, concordando con lo reportado en guayaba, en la que la acidez titulable aumenta progresivamente desde el final de la segunda etapa hasta el final de la tercera (Mercado et al., 1998).

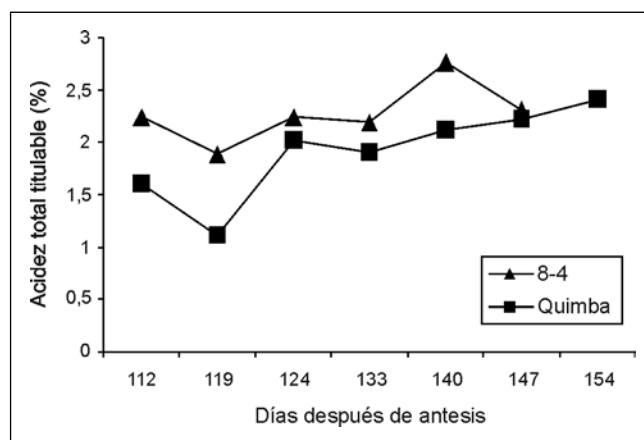


Figura 7. Variación de la acidez total titulable durante la última etapa de crecimiento y desarrollo en frutos de feijoa de los clones 41(Quimba) y 8-4.

## Contenido de azúcares

En general, el contenido de fructosa, glucosa y sacarosa presentó en ambos clones muy poca variación desde el día 112 hasta la madurez fisiológica. El azúcar más abundante en la etapa final del desarrollo del fruto de feijoa en los clones 41(Quimba) y 8-4 fue la fructosa, seguida por sacarosa y glucosa (figuras 8 y 9). La cantidad final de fructosa, sacarosa y glucosa en el clon 41 (Quimba) fue 4,1%, 3,3% y 1,7%, respectivamente y en el clon 8-4, 4,9%, 3,5% y 3,0%, respectivamente.

En guayaba se reporta que el azúcar más abundante es la fructosa, con una concentración del 4,0%, seguida por la glucosa con 2,8% y la sacarosa con 0,3% (Rezen-de et al., 1984; Paull y Goo, 1983).

Según el análisis de componentes principales, en el clon 41(Quimba) una de las variables de mayor impacto es la glucosa, mientras que en el 8-4 la glucosa y la sacarosa son variables que tienen un alto impacto en

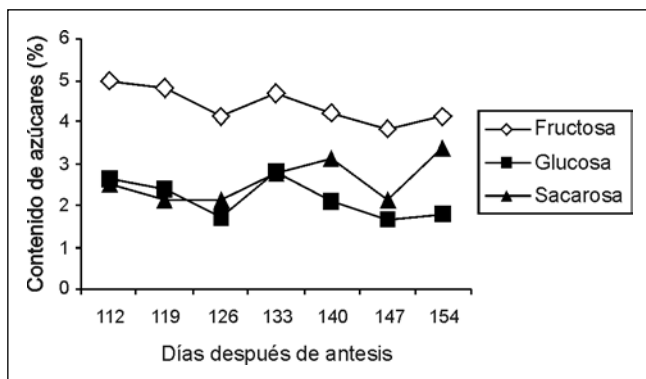


Figura 8. Variación de los azúcares (fructosa, glucosa y sacarosa) durante la última etapa del crecimiento y desarrollo de los frutos de feijoa del clon 41(Quimba).

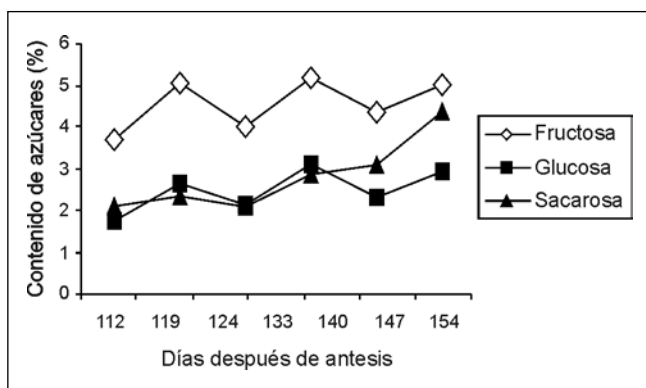


Figura 9. Variación de los azúcares (fructosa, glucosa y sacarosa) durante la última etapa del crecimiento y desarrollo de los frutos de feijoa del clon 8-4.

el crecimiento y desarrollo del fruto. Esto en razón a que la glucosa y la sacarosa son usadas como sustratos para suplir la demanda metabólica que implica el crecimiento celular en la última etapa de crecimiento del fruto. En el clon 8-4 la demanda metabólica es mayor, ya que el fruto tiene mayor peso y tamaño que el clon 41 (Quimba), lo que explica una alta demanda de glucosa y sacarosa.

## Conclusiones

El crecimiento del fruto de feijoa de los clones 41 (Quimba) y 8-4, en las condiciones agroecológicas del municipio de La Vega (Cundinamarca), fue de tipo sigmoide y se puede explicar por modelos polinomiales de tercer grado para las variables diámetro transversal, diámetro longitudinal, peso fresco y peso seco.

La curva de crecimiento y desarrollo de los frutos de feijoa de los clones 41 (Quimba) y 8-4 presentó tres fases

de crecimiento: la primera se caracterizó por tener un crecimiento lento y la segunda y tercera fases presentaron las mayores tasas relativas de crecimiento. En los clones evaluados, la tercera fase se caracterizó por un crecimiento rápido del peso fresco.

El peso fresco de los frutos estuvo directamente correlacionado con el peso de las semillas. A mayor peso de las semillas mayor peso del fruto, aunque esta relación no siempre se cumple.

Los clones 41 (Quimba) y 8-4 se comportaron de manera muy similar a nivel fisiológico, sin embargo, los frutos del clon 8-4 tuvieron mayor tamaño, mayor peso fresco y mayor peso seco. En el clon 41 (Quimba), el peso fresco de los frutos estuvo directamente correlacionado con el diámetro transversal, el diámetro longitudinal, el peso seco y la acidez total titulable, mientras que en el clon 8-4, el peso fresco de los frutos se correlacionó directamente con la sacarosa, el diámetro transversal, el diámetro longitudinal y el peso seco.

Los días transcurridos desde la antesis hasta la madurez fisiológica dependieron del cultivar y del peso de las semillas. A mayor peso de las semillas, los frutos fueron más grandes y menor el tiempo transcurrido desde la antesis hasta la madurez fisiológica.

Los frutos de feijoa tienen bajos contenidos de almidón, y los azúcares más abundantes son fructosa, sacarosa y glucosa.

## Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a Camilo Quintero, por su apoyo al desarrollo de esta investigación a través del CENAF (Centro Nacional de la Feijoa); a Rafael Cruz, técnico del laboratorio de Fisiología de cultivos de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá y al profesor Gerhard Fischer, por su asesoría. Este proyecto fue financiado parcialmente por la División de Investigación sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia (DIB).

## Literatura citada

- Arntzen, Ch.J. y E.M Ritter. 1994. Food biochemistry: Lipids, carbohydrates and nucleic acids. pp 221-242. En: Arntzen, Ch.J. y Ritter, E.M. (eds.). Encyclopedia of agricultural science. Vol. 2. Academic Press, California.
- Barceló, J., G.N. Rodrigo, B. Sabater y R. Sánchez. 2001. Fisiología vegetal. Ediciones Pirámide, Madrid. pp. 275-306.

- Bulk, R.E., El-F. Babiker y El-T. Abdullahi. 1997. Changes in chemical composition of guava fruits during development and ripening. *Food Chem.* 59(3), 395-399.
- Dettori, M.T. y M.A. Palombi. 2000. Identification of Feijoa sellowiana Berg. accessions by Rapd markers. *Scientia Hort.* 86, 279-290.
- Grange, R. 1996. Crecimiento del fruto. pp. 449-462. En: Azcón-Bieto, J. y M. Talón (eds.). *Fisiología y bioquímica vegetal. Interamericana - McGraw-Hill, Madrid.*
- Hair, J.F., R.E. Anderson, R.L. Tathem y W.C.Black. 1998. *Multivariate data analysis. Fifth edition. Prentice Hall, NJ.* 730 p.
- Henton, S.M., G.J. Piller y P.W. Gandar. 1999. A fruit growth model dependent of both carbon supply and inherent fruit characteristics. *Ann. Bot.* 83, 509-514.
- Hernández, M.S. 2001. Conservación del fruto de arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) durante la poscosecha mediante la aplicación de diferentes técnicas. Tesis doctoral. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 219 p.
- Hernández, M.S., H. Arjona, B. Coba, G. Fischer y O. Martínez. 2002. Crecimiento físico y anatómico del fruto de arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh). *Agronomía Colombiana* 19 (1-2), 13-21.
- Martin, M.A., K.W. Waldron, R.R. Selvendran, M.L. Parker y G. K. Moates. 1994. Ripening-related changes in the cell walls of Spanish pear (*Pyrus communis*). *Physiol. Plant.* 91, 671-679.
- Mercado, S., P.B. Bautista y M. García. 1998. Fruit development, harvest index and ripening changes of guavas produced in central Mexico. *Postharvest Biol. Technol.* 13, 143-150.
- Patterson, K.J. 1989. Effects of hand pollination on fruit set and fruit quality of the feijoa (*Acca sellowiana* Berg). *Acta Hort.* 240, 197-200.
- Paull, R.E. y T. Goo. 1983. Relationship of guava (*Psidium guajava* L.) fruit detachment force to the stage of fruit development and chemical composition. *HortScience* 18(1), 65-67.
- Rezende, R.V., L.O. Marteleto, A.C. Gomes, V.W. Dias y A.R. Conde. 1984. Productividade e qualidade dos frutos de dez variedades de goiaba, em visconde do Rio Branco, Minas Gerais, visando ao consumo ao natural e a industrialização. *Revista Ceres* 31(177), 360-387.
- Rodríguez, M. 2005. Estudio del crecimiento y desarrollo y de la maduración del fruto de feijoa (*Acca sellowiana* Berg) en los clones 41 (Quimba) y 8-4, en condiciones del municipio de La Vega (Cundinamarca). Tesis de grado. Programa de maestría, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 97 p.
- Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 1992. *Plant physiology. 4th edition. Wadsworth Publishing, Belmont.* 662 p.
- Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 2003. *Fisiología de las plantas: desarrollo de las plantas y fisiología ambiental. Vol 3. Thompson Editores Spain, Paraninfo, Madrid.* pp. 529-562.
- Seymour, G.B., J.E. Taylor y G.A. Tucker. 1993. *Biochemistry of fruit ripening. Chapman & Hall, London.* pp. 173-174.
- Taiz, L. y E. Zeiger. 1998. *Plant physiology. 2th edition. Sinauer Associates, Sunderland, MA.* 792 p.
- Thompson, A.K. 1996. *Postharvest technology of fruits and vegetables. Blackwell Science, Oxford.* pp. 26-55.