

Características físico–químicas de frutos de feijoa influenciadas por la posición en el canopi

Physico-chemical characteristics of pineapple guava fruits as influenced by canopi position



RONALD R. MARTÍNEZ–VEGA¹
GERHARD FISCHER^{1, 3}
ANÍBAL HERRERA¹
BERNARDO CHAVES¹
OMAR CAMILO QUINTERO²

Feijoas en fructificación.
Foto: O.C. Quintero

RESUMEN

Con el fin de evaluar el efecto de la posición del fruto en el árbol de la feijoa cv. Quimba, se cosecharon frutos fisiológicamente maduros en cinco cuadrantes diferentes de la copa: (1) base interna, (2) base externa, (3) medio interno, (4) medio externo y (5) superior. El estudio se llevó a cabo en un huerto en las inmediaciones del municipio de la Vega (Cundinamarca, Colombia) a 2.350 msnm. Se observó que bajo un día nublado las diferencias en la intensidad lumínica, que se filtra a lo largo del dosel, son menos marcadas que en un día soleado. Las características evaluadas en los frutos fueron peso fresco, porcentaje de masa seca, pH, acidez total titulable (ATT), sólidos solubles totales (SST), relación de madurez y color. Los análisis mostraron que el peso fresco del fruto fue mayor en el cuadrante medio externo al igual que lo fue la relación de madurez en el superior; mientras el color de las feijoas fue más verde intenso en la base y en la parte interna de la copa. El porcentaje de masa seca, el pH, la concentración de SST y la ATT no se vieron mayormente afectadas por la posición del fruto. Se observó que los frutos del cuadrante medio externo presentaron buenas características en general. Los frutos del cuadrante superior mostraron mayor madurez pero menor peso.

¹ Departamento de Agronomía, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia).

² Gerencia Disfruta las Feijoas, Bogotá (Colombia).

³ Autor para correspondencia. gfisher@unal.edu.co

Palabras clave adicionales: intensidad lumínica, peso fruto, pH, grados Brix, acidez titulable, color.

ABSTRACT

The influence of canopy position on fruit quality of pineapple guava 'Quimba' was evaluated in an orchard located near the municipality of La Vega (Cundinamarca, Colombia) at 2,350 m altitude above sea level. Physiologically mature fruits were harvested from five different canopy quadrants: 1) internal base, 2) external base, 3) mid-height internal, 4) mid-height external, and 5) top. Fruit characteristics evaluated were fresh weight (FW), dry matter (DM) content, pH, total titratable acidity (TTA), total soluble solids (TSS), maturity index and color. Greatest FW was observed from the external mid-height quadrant. The maturity index was enhanced in the superior quadrant, and color was intensified at the base and internal parts of the canopy. Percentage DM, pH, TSS and TTA were not highly affected by fruit position. It was observed that fruits on the external medium quadrant presented appropriate conditions in general but that differences in the sunlight intensity filtering through the canopy were less marked on cloudy days than on sunny days. Fruits on the upper quadrant exhibited greater maturity but lower weight.

Additional keywords: light intensity, fruit weight, fruit Brix, fruit acidity, fruit color.

Fecha de recepción: 18-12-2007

Aprobado para publicación: 03-06-2008

INTRODUCCIÓN

La feijoa (*Acca sellowiana* [O. Berg] Burret, familia Myrtaceae) es un arbusto subtropical considerado por mucho tiempo como una planta ornamental, es originaria del sur de América y se distribuye desde la zona meridional de Brasil y Paraguay hasta la zona de Chile, Argentina y Uruguay. Se caracteriza por su amplia capacidad de adaptación, encontrándose en Colombia en cultivos comerciales en zonas con altitudes sobre 1.800 y 2.650 msnm, temperaturas entre 13°C y 21°C (promedio 16°C), precipitación anual de 700 a 1.200 mm, una exposición a la radiación de 1.500 horas brillo solar/año y humedad relativa promedio del 70% (Fischer, 2003).

La variabilidad en la calidad de los frutos es principalmente el resultado de la competencia,

el tipo de rama que los sostiene, la posición del fruto en la rama (Farina *et al.*, 2006), la posición en el dosel del árbol y el ambiente (Ferguson *et al.*, 1999); adicionalmente, la calidad del fruto es fijada genéticamente (Mengel *et al.*, 2001). La composición de los frutos es afectada por la relación hojas-fruto (Montanaro *et al.*, 2006), la madurez y los niveles de luz bajo los que el fruto se desarrolla, los cuales afectan el tiempo de cosecha e influyen sobre la vida en almacenamiento (Tombesi *et al.*, 1993).

La luz desempeña un papel crítico en la interacción entre la posición del fruto en el árbol y su calidad (Senger, 2000) y es uno de los factores ambientales de mayor importancia, cuyo efecto sobre la calidad de los mismos no se ha evaluado. Según Rom

(1996), el proceso de la diferenciación floral no se presenta a niveles lumínicos por debajo del 30% dentro del árbol, en comparación con luz plena.

Larcher (2003) afirma que, para las plantas, la luz no es solamente una fuente de energía (efecto fotoenergético), sino también funciona como un estímulo para procesos de desarrollo (efectos fotocibernéticos) y ocasionalmente puede ser un factor de estrés (efecto fotoinhibidor o fotodestructivo). Su efecto sobre el crecimiento de las plantas cultivables (Zhang y Xu, 2002), la densidad floral y el rendimiento en especies frutales (Farina *et al.*, 2006) están relacionados casi directamente con la cantidad de radiación interceptada, la cual es significativamente mayor que la radiación absorbida (Wang, 2001).

El dosel de la planta se caracteriza por un gradiente vertical de luz, particularmente cuando la densidad es alta (Pons *et al.*, 2001), producto del sombrío dentro del árbol y entre los árboles (Zhang y Xu, 2002), mostrando una disminución en la distribución de la irradiancia a través de los estratos de la planta como consecuencia de su arquitectura (Galvis *et al.*, 1999). En la mayoría de los casos, dentro de un árbol hay más sombrío que entre diferentes árboles y, por tanto, las condiciones lumínicas que afectan una planta individual son en mayor grado determinadas por la estructura propia de la misma, la forma de la copa y la elevación solar, principalmente en árboles ralos y jóvenes (Zhang y Xu, 2002). Así, por ejemplo, en la parte basal central de un árbol de duraznero se encontraron condiciones de sombra y los valores más bajos de radiación fotosintéticamente activa (RFA) (9-26%), mientras que la porción media presentó 19-33% (Luchsinger *et al.*, 2002).

Gariglio *et al.* (2007) afirman que en el mismo ciclo de crecimiento es necesario un umbral mínimo de intensidad de luz en el interior del canopi para lograr el establecimiento de los frutos, el adecuado tamaño de los mismos al momento de la cosecha, una alta concentración de los sólidos solubles y una coloración para las exigencias comerciales.

Se han observado diferencias en varias especies frutales (tamaño, color, contenido de azúcares, acidez) entre frutos obtenidos de partes sombreadas y de partes expuestas de una misma planta (Crisosto *et al.*, 1997; Fischer, 2000; Senger, 2000; Snelgar *et al.*, 1998). Murray *et al.* (2005) encontraron en ciruelas expuestas completamente a la radiación solar un color rojo intenso, mayores periodos de maduración y almacenamiento, menor porcentaje de materia fresca, menor firmeza, mayor concentración de sólidos solubles y menor acidez titulable en comparación con frutos sombreados.

Para el caso de manzanas, los datos son contradictorios y dependientes de la variedad. Así, varios cultivares de manzana roja únicamente desarrollan el color rojo en el lado del fruto que está expuesto a la radiación solar (Nilsson y Gustavsson, 2007), siendo la luz indispensable para la formación de los pigmentos antocianinos (Westwood, 1993; Stoll, 1997). Durante la maduración de las manzanas 'Aroma' en la periferia del dosel, ellas desarrollaron su color rojo típico, mientras las ubicadas en el interior permanecieron verdes. Además, los frutos de la periferia de la copa tuvieron mayor contenido de materia seca, concentración de sólidos solubles y azúcares solubles, y un nivel de la acidez titulable ligeramente más bajo en comparación con las manzanas del interior (Nilsson y Gustavsson, 2007). De igual forma, Durán (1982) encontró que a mayor radiación solar en las seis a ocho semanas precedentes a la recolección de la manzana, mayor es la cantidad de azúcares, la dureza de la pulpa y menor incidencia del pardeamiento interno.

Teniendo en cuenta las diferencias entre los frutos por ubicación en la copa, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la posición del fruto en el árbol de feijoa sobre sus características físico-químicas. Estos conocimientos permitirán establecer patrones de manejo de la copa del árbol para dirigir la producción hacia estratos con mayor rendimiento y calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos de feijoa usados en este ensayo crecieron en la finca “El Cortijo”, localizada en inmediaciones del municipio de la Vega (Cundinamarca), ubicada a 4°39' N y 71°57' W, con una altitud de 2.350 msnm, precipitación promedio anual de 1.423 mm, temperatura promedio anual de 17°C, humedad relativa promedio de 85% y un brillo solar anual de 1.377 h.

Para el estudio se utilizaron 10 árboles del ‘Clon 41’ (‘Quimba’), de 6 años de edad, sembrados a una distancia de 4,0 x 2,5 m en un lote el cual presenta una pendiente de 25%. Las ramas de los tres pisos estuvieron agobiadas horizontalmente, obteniéndose una forma piramidal de la corona. Los frutos se cosecharon en la madurez fisiológica, la cual correspondió al punto de mayor desarrollo en tamaño (Rodríguez *et al.*, 2006) y de fácil separación (fuerza de retención en el árbol equivalente a 2.000 kg-f).

Las determinaciones físico-químicas se llevaron a cabo en el laboratorio de análisis físico-químicos del Instituto Colombiano de Tecnología de Alimentos (ICTA) y en el laboratorio de Fisiología de Cultivos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

El peso fresco y seco se midió con una balanza Ohaus, Adventurer™, con una precisión de 0,001 g; para la obtención del porcentaje de materia seca se secaron los frutos en una estufa de secado WTB, Binder a 70°C hasta alcanzar peso constante.

Para la determinación de los grados Brix se usó un refractómetro portátil Carl Zeiss; el pH con un potenciómetro Orion, modelo 420A; la acidez titulable se determinó mediante titulación con NaOH 0,1 N hasta pH 8,2 y se expresó como porcentaje de ácido cítrico. El color se midió con un colorímetro Minolta, modelo CR-300, utilizando los parámetros del sistema de medición de

color Hunter (L, a, b) (Purvis y Barmore, 1981; Alonso y Granell, 1995) donde:

L: Correspondiente a brillo: valores de claridad o luminosidad que van desde negro (L=0) hasta blanco (L=100).

a: Correspondiente a la escala de colores verde a rojo, en la cual los valores verdes son negativos (-) y los valores rojos son positivos (+).

b: Correspondiente a la escala de colores azul a amarillo, en la cual los valores azules son negativos (-) y los valores amarillos son positivos (+) y se expresó mediante el índice de color 1000a/Lb (Jiménez-Cuesta *et al.*, 1981).

La radiación incidente se midió con una barra cuántica Li-Cor, modelo Line Quantum, junto con un (Radiómetro/Quantum/Fotómetro) Li-Cor, modelo LI-189 en un día soleado y uno nublado en cinco árboles de la feijoa en los cuadrantes estudiados (tabla 1).

El diseño que se utilizó en este ensayo fue uno completamente al azar. Las variables de respuesta se analizaron mediante el programa SAS (Statistical Analysis System), realizando un análisis de varianza (Anova) y la prueba de comparación de medias de Tukey, además se diseñaron contrastes ortogonales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Radiación incidente en la copa

La radiación incidente en el árbol se ve disminuida a medida que se profundiza en el dosel del árbol, como consecuencia de la sombra que producen las hojas y las ramas. Los datos de radiación incidente medidos en la feijoa van de acuerdo a lo reportado por Galvis *et al.* (1999), quienes dividieron el árbol de feijoa en tres estratos y reportan menor irradiancia en el estrato bajo, seguida por el estrato medio y el alto, donde hubo

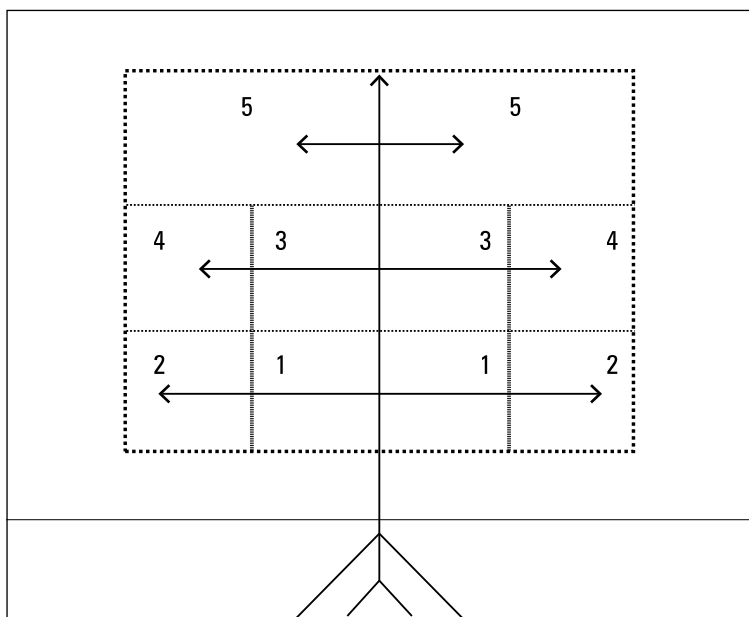


Figura 1. Distribución de los cuadrantes en el árbol: (1) base interna, (2) base externa, (3) medio interno, (4) medio externo y (5) superior.

la mayor incidencia lumínica. De igual forma, se observó que en un día nublado la diferencia de radiación incidente en cada uno de cuadrantes es menor que la encontrada para un día soleado, lo que concuerda con las mediciones de Awad *et al.* (2001). También Stoll (1997) afirma que la luz difusa tiene la capacidad de penetrar más al interior de la copa que la directa.

Según los porcentajes de la radiación incidente (tabla 1) se pueden clasificar las copas de las feijoas del estudio como “coronas de sol” porque las hojas de la base interna recibieron 35 a 45% de la luz externa en un día soleado y nublado, respectiva-

mente. Larcher (2003) caracteriza como “coronas de sol” a aquellos árboles en los cuales las hojas más internas de la copa reciben en promedio 10% a 20% de la luz externa. La mayor incidencia de la luz en este estudio se puede explicar debido a la formación piramidal de los árboles con tres pisos horizontales (agobio de las ramas laterales) y una constante eliminación de los chupones.

Peso fresco del fruto

Los frutos que presentaron el mayor peso fresco fueron los tomados del cuadrante medio externo, con 52,14 g (figura 2), que percibió la segunda mayor radiación incidente (tabla 1).

Tabla 1. Porcentaje de radiación incidente en cada uno de los cuadrantes dentro de la copa del árbol de feijoa, para un día soleado (en promedio $1.920 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) y nublado (en promedio $348 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

	Base interna (Cuadr. 1)	Base externa (Cuadr. 2)	Medio interno (Cuadr. 3)	Medio externo (Cuadr. 4)	Superior (Cuadr. 5)	Plena exposición (encima de la copa)
Día soleado	35	54	70	81	90	100
Día nublado	45	48	60	65	85	100

El follaje ubicado en la parte media de la copa provee mejores condiciones para alcanzar tasas máximas de fotosíntesis, favoreciendo el llenado de los frutos, comparado con la parte basal del árbol (Palmer, 1986). Por otro lado, el peso fresco del fruto fue la variable con más diferencias entre los cuadrantes de la copa, por lo cual se supone que el estado hídrico de la planta ha jugado un papel importante en este resultado. De acuerdo con Murray *et al.* (2005), el elevado peso fresco de estos frutos se podría explicar por la mayor tasa de transpiración relacionada con la irradiancia que se presentó en esta parte del árbol, lo que significaría una prolongada afluencia de agua y nutrientes al fruto. Esto sugiere que mayor disponibilidad lumínica incrementa y prolonga el transporte de la corriente xilemática a estos órganos.

En el campo, los efectos de la luz y temperatura no son fáciles de separar porque, comúnmente, la intensidad lumínica incrementa la temperatura (Westwood, 1993). Por tanto, se supone que el menor peso fresco de los frutos en la parte superior del árbol (figura 2) se debe también a efectos térmicos. Las temperaturas superiores a un umbral térmico suelen disminuir la transcripción, traducción y actividad de muchas enzimas relacionadas con la maduración del fruto (Gariglio *et al.*, 2007). El calentamiento de los frutos con la radiación se debe principalmente a su baja tasa transpiratoria, como midieron Galvis *et al.* (1999) en el estrato superior de árboles de feijoa y por la menor superficie específica del fruto respecto a las hojas para disipar calor (Gariglio *et al.*, 2007). También Lakso (1986) afirma que superficies poco transpirantes, como el fruto, aumentan la temperatura. Por otro lado, el supuesto menor contenido de clorofila en los frutos del estrato superior (figura 5) conllevó a una reducida fotosíntesis y crecimiento de estos órganos, como lo reporta Proeitti (1990) en otro fruto verde como es el olivo.

Los pesos de los frutos en los cuadrantes de la base externa y del medio interno no presentaron

diferencias significativas, sin embargo la desviación estándar fue alta en los frutos de todos los cuadrantes, principalmente del cuadrante 2 (base interna).

Los frutos de la base interna presentaron los valores más bajos de peso fresco (21,12 g), que puede explicarse por la baja incidencia de la luz en este estrato, siendo el factor lumínico fundamental para una adecuada fotosíntesis y producción de fotoasimilados para el llenado del fruto. Por otro lado, la menor carga de frutos en este estrato podría haber reducido la fotosíntesis foliar, debido a que las hojas adyacentes a los frutos exhiben una capacidad fotosintética más alta que las otras hojas del canopi (Urban *et al.*, 2003), y así la producción y traslocación de carbohidratos a estos vertederos (Lakso, 1986; Lakso y Flore, 2001).

Murray *et al.* (2005) encontraron que duraznos sombreados por 6 semanas hasta cosecha tuvieron mayor reducción en el tamaño del fruto en comparación con frutos sombreados por 3 semanas antes de cosecha, concluyendo que la luz es más importante durante la segunda mitad del estado III de desarrollo frutal.

Porcentaje de materia seca del fruto

El porcentaje de materia seca (MS) en los frutos osciló entre 12,69 y 13,23 y según el análisis de varianza no se presentaron diferencias significativas en esta variable entre los diferentes cuadrantes del dosel del árbol y del análisis de contrastes, como lo explican Montanaro *et al.* (2006), quienes encontraron en kiwi que el sombreado no afectó la acumulación total de MS, debido a que los asimilados pueden ser fácilmente trasladados por el floema y dirigirse hacia partes no sombreadas.

En otros casos, hubo una mayor acumulación de MS en frutos expuestos directamente a la luz, indicando la importancia del estado hídrico en estos órganos. Jifon y Syvertsen (2001), en naranja 'Hamlin' y Murray *et al.* (2005), en ciruelos

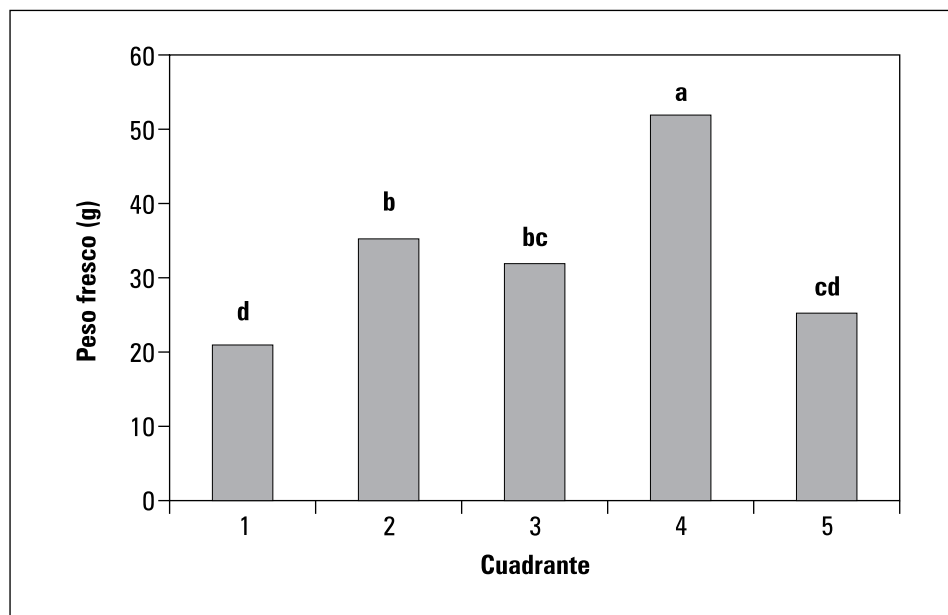


Figura 2. Peso fresco de los frutos de feijoa dentro de cada cuadrante de la copa, (1) base interna, (2) base externa, (3) medio interno, (4) medio externo y (5) superior). Promedios con letras distintas son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

japoneses, encontraron que frutos no sombreados presentaron mayor tamaño y relación MS/agua, por cuanto la acumulación de materia seca, según los autores, depende del aporte que realiza el flujo del floema, mientras la acumulación de la materia fresca depende tanto del flujo del floema como del xilema y las tasas de transpiración.

pH del fruto

El pH de los frutos mostró poca variación (2,88-2,97) y según el análisis de varianza no hubo diferencias significativas entre los valores obtenidos. Sin embargo, el análisis de contrastes mostró diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en el pH de los frutos tomados de la parte baja (2,96) con los crecidos en la parte media del dosel (2,90); también se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre los frutos de la parte media de la copa (2,90) con los de la parte alta (2,97). La radiación solar directa parece tener un efecto sobre el grado de desarrollo del pH. Hunter y Archer (2002) afirman que para la uva la exposición del follaje debe

ser alta, con el objeto de limitar la carga de potasio en la baya y, en consecuencia, la formación de sales del ácido tartárico y aumento del pH.

Sólidos solubles totales (SST) del fruto

Los valores de los SST medidos oscilaron entre 10,35 y 11,63 °Brix, dependiendo del cuadrante del dosel. Los frutos tomados de la parte media interna (10,35 °Brix, promedios de los cuadrantes 3 y 4) tuvieron un valor significativamente menor ($P \leq 0,01$) que los que crecieron en otras partes de la copa (figura 3). En cuanto al análisis de contrastes, se observó que hubo diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) entre los frutos de la parte interior (10,75 °Brix, cuadrantes 1 y 3) y los de los cuadrantes exteriores (2, 4 y 5) que mostraron en promedio de 11,45 °Brix. Por otro lado, también se observaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,05$) entre los frutos de la parte media del dosel (10,84 °Brix) y los de la parte superior (11,63 °Brix), presentando esta última el más alto valor de los SST en la copa.

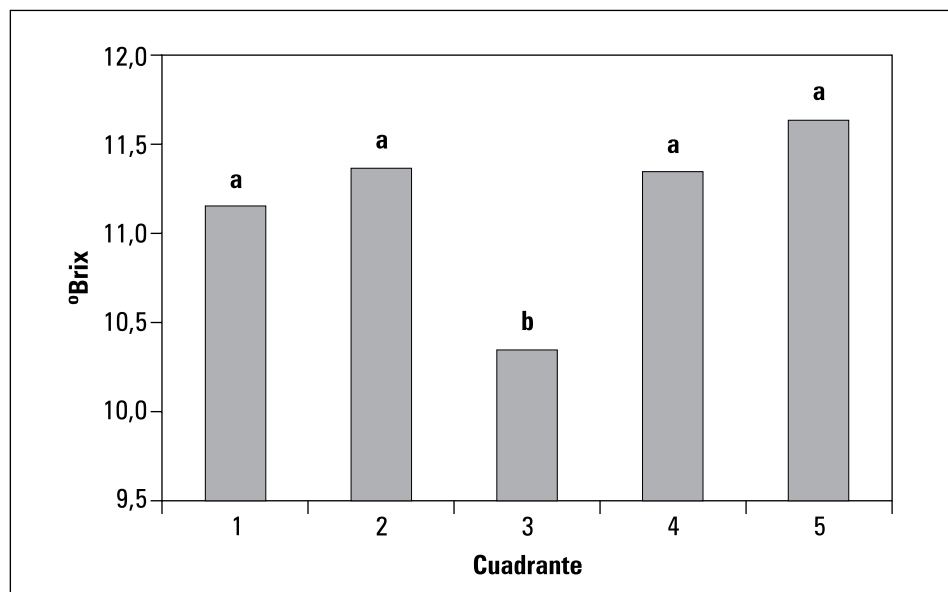


Figura 3. Concentración de sólidos solubles totales (grados Brix) de los frutos de feijoa dentro de cada cuadrante de la copa, (1) base interna, (2) base externa, (3) medio interno, (4) medio externo y (5) superior. Promedios con letras distintas son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

Una de las variables que se podría esperar tuviera las mayores variaciones es el porcentaje de sólidos solubles, debido principalmente a la influencia de la intensidad lumínica en la actividad fotosintética del fruto verde (como la feijoa), contribuyendo directamente en su composición química (Gross, 1987). También Murray *et al.* (2005) afirman que la mejora en la concentración de sólidos solubles se puede atribuir a una mayor fotosíntesis en hojas adyacentes y, por ende, una mayor disponibilidad de carbohidratos para los frutos en desarrollo, explicando las mayores concentraciones de los SST en las partes exteriores y superiores de la copa de feijoa; sin embargo, la concentración de los SST en chirimoya no fue influenciada por la posición del fruto en el árbol (González y Cuevas, 2008). Posiblemente, también, aparte del estado de desarrollo del fruto (Stoll, 1997), existe un efecto genético sobre la formación de los grados Brix.

Acidez total titulable (ATT) del fruto

El análisis de varianza de la ATT no mostró diferencias significativas entre los frutos de cada

cuadrante; sin embargo, el análisis de contrastes arrojó diferencias significativas entre los frutos de los dos cuadrantes bajos (2,28%) con los que crecieron en la parte alta del dosel (2,07%), además entre los frutos de la parte media (2,25%) y los frutos de la parte alta (2,07%). Posiblemente, en la parte sombreada del árbol los frutos demoran más tiempo en la degradación de los ácidos (Stoll, 1997), debido a que la sombra y la supuesta menor temperatura en estos estratos originan una madurez fisiológica retardada que en aquellos que crecen en las partes de la copa directamente expuestas a la luz

Por el contrario, González y Cuevas (2008) observaron frutos de chirimoya, formados en las partes exteriores del dosel y posicionados hacia los ápices de las ramas, con una mayor acidez que los situados en el interior de la copa, coincidiendo con lo reportado por Heinicke (1966) en manzano. Posiblemente, la formación de la ATT en el fruto no depende solamente de la posición en el árbol, sino también de factores como el estado de madurez, su color, la intensidad lumínica y otros factores genéticos y varietales.

Relación de madurez (RM) del fruto

Como muestra la figura 4, la RM (SST/ATT) en frutos de la posición media interna (4,73) de la copa fue la más baja y presentó un valor significativamente menor ($P \leq 0,01$) que la RM de la parte superior del dosel (5,73). Con respecto a la prueba de contrastes, se observó que hubo diferencias significativas ($P \leq 0,05$) de los frutos de la parte interior del árbol (4,86, promedio de los cuadrantes 1 y 3) con respecto a los de la parte exterior (5,28, cuadrantes 2, 4 y 5). De igual manera, se presentaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) entre los frutos de la parte baja (5,01) y los del dosel medio (4,91) y entre estos con los frutos del dosel superior (5,73).

La relación de madurez sirve para medir la calidad organoléptica de los frutos (Rodríguez *et al.*, 2006). Menores porcentajes de ácido cítrico (2,07%) y mayores en SST (11,83 °Brix) del cuadrante superior en relación con los frutos de los demás cuadrantes, explica porqué estos frutos tienden a presentar los valores más altos de rela-

ción de madurez como frutos más dulces de esta posición de la copa. Por otro lado, en el medio interno de la copa se encontraron las RM más bajas, que se dieron como consecuencia de los bajos niveles de sólidos solubles en este lugar. La poca diferencia en la ATT y la RM entre los diferentes cuadrantes de la copa comprueba que los factores que controlan la acidez en el fruto son en mayor grado fijados genéticamente (Mengel *et al.*, 2001).

Color del fruto

La prueba de Tukey mostró diferencias ($P \leq 0,05$) en el color de la cáscara de los frutos entre el cuadrante medio interno, y el superior (figura 5). Los frutos de la parte superior mostraron un índice de color menos negativo, lo que indica un verde más amarillento en comparación con los frutos del cuadrante medio interno que desarrollaron un verde más profundo. También en la prueba de contrastes se observaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en el color entre los frutos de la parte media y los frutos del cuadrante superior. Igualmente, entre

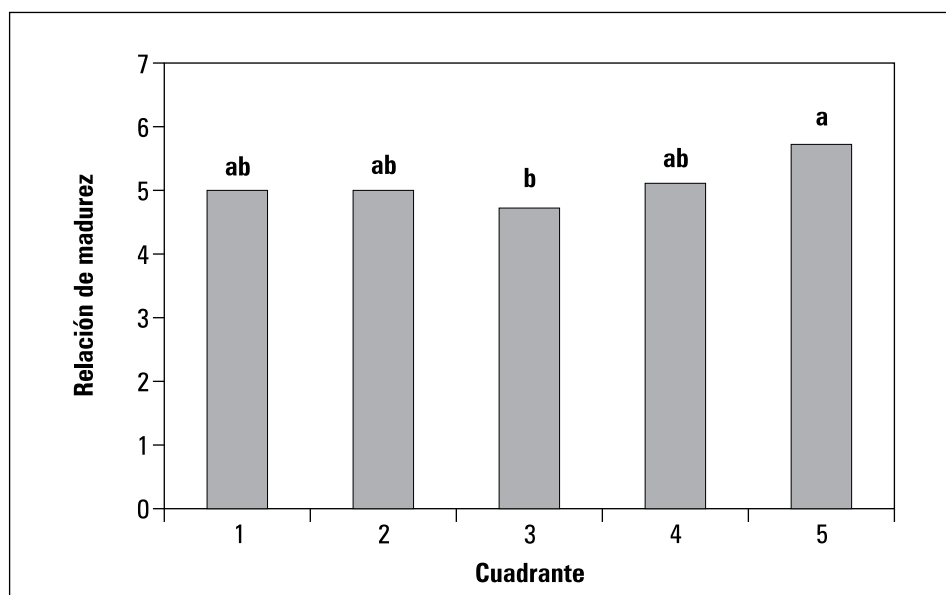


Figura 4. Relación de madurez (SST/ATT) de los frutos de feijoa dentro de cada cuadrante de la copa, (1) base interna, (2) base externa, (3) medio interno, (4) medio externo y (5) superior. Promedios con letras distintas son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

los frutos de la parte baja y los frutos del dosel alto hubo diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) en esta variable. Este resultado confirma que una radiación muy intensa durante el periodo de maduración incrementa la formación de pigmentos amarillos y, al mismo tiempo, acelera la degradación de la clorofila (Stoll, 1997), observada en la parte superior de la copa de feijoa.

El color verde más intenso de los frutos sombreados indica que sus cloroplastos tuvieron un mayor contenido de clorofila y una menor cantidad de compuestos asociados con la fotosíntesis comparado con los frutos más iluminados de la copa (Pons *et al.*, 2001). Estos autores afirman que la clorofila se incrementa en órganos fotosintéticos sombreados, lo que indica aclimatación de los cloroplastos a condiciones de baja luminosidad. La gran mayoría de trabajos de investigación muestra que los frutos de las partes internas del árbol permanecen con color más verde debido a la mayor síntesis de pigmentos diferentes a la

clorofila en presencia de alta luminosidad (Noè y Eccher, 1996; Awad *et al.*, 2001; Murray *et al.*, 2005).

Como complemento a estos estudios, Kasperbauer (1971), Noè y Eccher (1996) y Awad *et al.* (2001) encontraron que diferentes longitudes de onda se filtran a lo largo del dosel, siendo posiblemente este diferencial de calidad en la luz el responsable de las variaciones que se presentan en los frutos dentro del árbol.

Otras causas de las variaciones en los frutos dentro del árbol se deben a la señalización por medio de hormonas, que se relocalizan como consecuencia de las variaciones en el microambiente dentro del dosel, lo cual fue verificado por Pons *et al.* (2001), quienes lograron contrarrestar los reducidos niveles de nitrógeno foliar y la capacidad fotosintética de hojas sometidas a sombrero por medio de aplicaciones de bencilaminopurina.

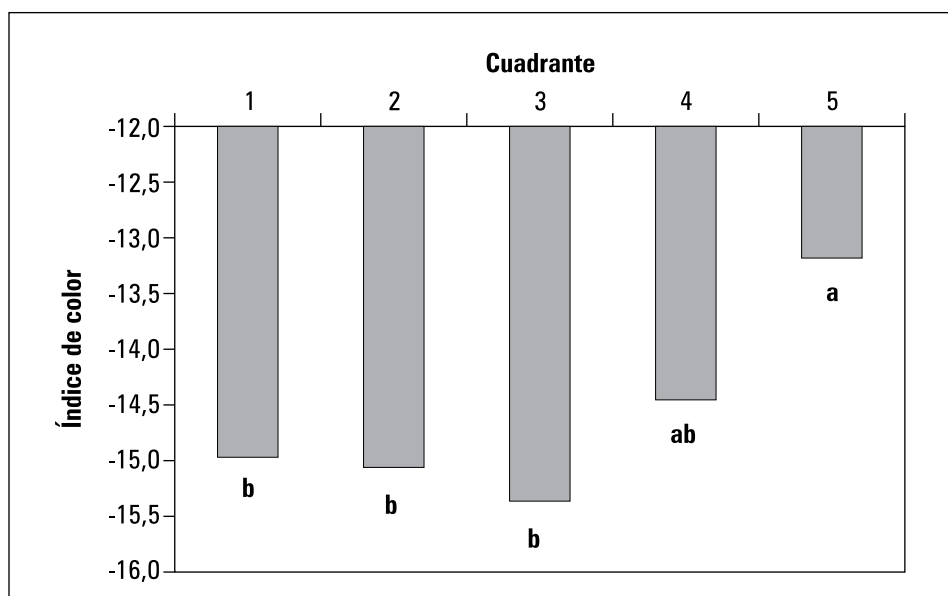
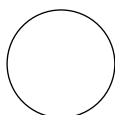


Figura 5. Índice de color de los frutos de feijoa dentro de cada cuadrante de la copa, (1) base interna, (2) base externa, (3) medio interno, (4) medio externo y (5) superior. Promedios con letras distintas son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

CONCLUSIONES

- Debido a que la radiación solar incidente ilumina menos la parte interior de la copa, algunas de las variables productivas y cualitativas del fruto de feijoa son afectadas, como se encontró para el peso fresco y los grados Brix, mientras la acidez total titulable se incrementó ligeramente en las partes menos iluminadas.
- Posiblemente, la exposición directa a la luz incidente en la parte superior del dosel contribuye a un mayor contenido de sólidos solubles en estos frutos, conllevando a una elevada relación de madurez, pero, a su vez, disminuyendo la intensidad del color verde y el peso fresco de estos órganos en dicha posición.
- En futuros estudios sobre el tema se recomienda complementarlos con mediciones de fotosíntesis y transpiración, además con evaluaciones en la fase posrecolección para encontrar posibles relaciones entre la posición del fruto y su calidad y longevidad en poscosecha.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, J.M. y A. Granell. 1995. A putative vacuolar processing protease is regulated by ethylene and also during fruit ripening in citrus fruit. *Plant Physiol.* 109, 541-547.
- Awad, M.A.; P.S. Wagenmakers y A. Jager. 2001. Effects of light on flavonoid and chlorogenic acid levels in the skin of 'Jonagold' apples. *Scientia Hort.* 88, 289-298.
- Crisosto, C.H.; J.R. Scott; T. DeJong y K.R. Day. 1997. Orchard factors affecting postharvest stone fruit quality. *HortScience* 32(5), 820-823.
- Duran, S. 1982. Frigoconservación de la fruta. Editorial Aedos, Barcelona, España.
- Farina, V.; R. Lo Bianco y P. Inglese. 2006. Shoot growth, crop load, and fruit quality within vase-shaped canopies of 'Fairtime' peach trees. *Europ. J. Hort. Sci.* 71(5), 227-230.
- Ferguson, I.; R. Volz y A. Woolf. 1999. Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit. *Postharv. Biol. Technol.* 15, 255-262.
- Fischer, G. 2003. Ecofisiología, crecimiento y desarrollo de la feijoa. pp. 9-26. En: Fischer, G., D. Miranda, G. Cayón y M. Mazorra (eds.). *Cultivo, poscosecha y exportación de la feijoa (Acca sellowiana Berg)*. Produmedios, Bogotá.
- Fischer, G. 2000. Efectos de las condiciones en precosecha sobre la calidad poscosecha de los frutos. *Rev. Comalfi* 27(1-2), 39-50.
- Galvis, A.; M.S. Hernández y G. Fischer. 1999. Transpiración de la feijoa (*Acca sellowiana* Burret) en la Sabana de Bogotá. *Rev. Comalfi* 26(1-2), 56-61.
- Gariglio, N.E.; R.A. Pilatti y M. Agustí. 2007. Requerimientos ecofisiológicos de los árboles frutales. pp. 41-103. En: Sozzi, G.O. (ed.). *Árboles frutales: ecofisiología, cultivo y aprovechamiento*. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- González, M. y J. Cuevas. 2008. Optimal crop load and positioning of fruit in cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) trees. *Scientia Hort.* 115(2), 129-134.
- Gross, J. 1987. *Pigments in fruits*. Academic Press, London.
- Heinicke, D.R. 1966. Characteristics of 'McIntosh' and 'Red Delicious' apples as influenced by exposure to sunlight during the growing season. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 89, 10-13.
- Hunter, J.J. y E. Archer. 2002. Papel actual y perspectivas futuras de la gestión del follaje. En: *ACE Revista de Enología*, http://www.acenologia.com/ciencia59_2.htm; consulta: 8 de abril de 2008.
- Jifon, J.L. y J.P. Syvertsen. 2001. Effects of moderate shade on citrus leaf gas exchange, fruit yields, and quality. *Proc. Fla. State Hort. Sci.* 114, 177-181.
- Jiménez-Cuesta, M.; J. Cuquerella and J.M. Martínez-Jávega. 1981. Determination of a color index for citrus degreening. *Proc. Intl. Soc. Citricult.* 2, 750-753.

- Kasperbauer, M.J. 1971. Spectral distribution of light in a tobacco canopy and effects of end-of-day light quality on growth and development. *Plant Physiol.* 47, 775-778.
- Lakso, A.N. 1986. Photosynthesis in fruit trees in relation to environmental factors. pp. 6-13. En: Lakso, A.N. y F. Lenz (eds.). *The regulation of photosynthesis in fruit trees*. N.Y. Agr. Exp. Sta. Spec. Publ., Cornell University, Geneva, NY.
- Lakso, A.N. y J.A. Flore. 2001. Carbohydrate partitioning and plant growth. pp. 21-30. En: Baugher, T.A. y S. Singha (eds.). *Concise encyclopedia of temperate tree fruit*. Food Products Press, New York, NY.
- Larcher, W. 2003. *Physiological plant ecology*. 4th ed. Springer, Berlín.
- Luchsinger, L.; P. Ortin; G. Reginato y R. Infante. 2002. Influence of canopy fruit on the maturity and quality of 'Angelus' peaches. *Acta Hort.* 592, 515-521.
- Mengel, K.; E.A. Kirkby; H. Kosegarten y T. Appel. 2001. *Principles of plant nutrition*. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, The Netherlands.
- Montanaro, G.; B. Dichio; C. Xiloyannis y G. Celano. 2006. Light influences transpiration and calcium accumulation in fruit of kiwifruit plants (*Actinidia deliciosa* var. *deliciosa*). *Plant Sci.* 170, 520-527.
- Murray, X.J.; D.M. Holcroft; N.C. Cook y S.J.E. Wand. 2005. Postharvest quality of 'Laetitia' and 'Songold' (*Prunus salicina* Lindell) plums as affected by preharvest shading treatments. *Postharv. Biol. Technol.* 37, 81-92.
- Nilsson, T. y K. Gustavsson. 2007. Postharvest physiology of 'Aroma' apples in relation to position on the tree. *Postharv. Biol. Technol.* 43, 36-46.
- Noè, N. y T. Eccher. 1996. 'Golden Delicious' apple fruit shape and russetting are affected by light conditions. *Scientia Hort.* 65, 209-213.
- Palmer, J.W. 1986. Seasonal variation of light saturated photosynthetic rate of Golden Delicious apple leaves as influenced by leaf type and crop load. pp. 30-33. En: Lakso, A.N. y F. Lenz (eds.). *The regulation of photosynthesis in fruit trees*. N.Y. Agr. Exp. Sta. Spec. Publ., Cornell University, Geneva, NY.
- Pons, T.L.; W. Jordiy y D. Kuiper. 2001. Acclimation of plants to light gradients in leaf canopies: evidence for a possible role for cytokinins transported in the transpiration stream. *J. Exp. Bot.* 52(360), 1563-1574.
- Proeitti, P. 1990. Photosynthesis and respiration in olive fruit. *Acta Hort.* 286, 211-214.
- Purvis, A.C. y C.R. Barmore. 1981. Involvement of ethylene in chlorophyll degradation in peel of citrus fruits. *Plant Physiol.* 68, 854-856.
- Rodríguez, M.; H.E. Arjona y J.A. Galvis. 2006. Maduración del fruto de feijoa (*Acca sellowiana* Berg) en los clones 41 (Quimba) y 8-4 a temperatura ambiente en condiciones de Bogotá. *Agron. Colomb.* 42(1), 68-76.
- Rom, C.R. 1996. Environmental factors regulating growth; light, temperature, water and nutrition. pp. 11-30. En: Maib, K.M., P.K. Andrews, G.A. Lang y K. Mullinix (eds.). *Tree fruit physiology; growth and development*. Washington State Fruit Commission (publ. by Good Fruit Grower), Washington.
- Senger, K.A. 2000. Effects of light availability and canopy position on peach fruit quality. Master Thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA.
- Snelgar, W.P.; G. Hopkirk; R.J. Seelye; P.J. Martin y P.J. Manson. 1998. Relationship between canopy density and fruit quality of kiwifruit. *New Zealand J. Crop Hort. Sci.* 26, 223-232.
- Stoll, K. 1997. *Der Apfel*. Enrico Negri, Zürich, Suiza.
- Tombesi, A.; E. Antognozzi y A. Pallioti. 1993. Influence of light exposure on characteristics and storage life of kiwifruit. *N.Z. J. Crop Hort. Sci.* 21, 87-92.
- Urban, L.; X. Le Roux; H. Sinoqt; S. Jaffuel y M. Jannoyer. 2003. A biochemical model of photosynthesis for mango leaves: evidence for the effect of fruit on photosynthetic capacity of nearby leaves. *Tree Physiol.* 23(5), 289-300.
- Wang, Y.P. 2001. Modelling radiation absorption by plant canopies. pp. 30-32. En: Kirschbaum, M.U.F. y R. Mueller (eds.). *Net ecosystem exchange*. Cooperative Research Centre for Greenhouse Accounting, Canberra.
- Westwood, M.N. 1993. *Temperate-zone pomology: Physiology and culture*. Timber Press, Portland, OR.
- Zhang, X-Q. y D. Xu. 2002. Modeling radiation transfer within the canopy of a Chinese fir plantation. *For. Ecol. Manage.* 170, 107-116.