

# Técnicas hortícolas para optimizar el tamaño y la calidad del fruto del naranjo (*Citrus sinensis* L.)

Horticultural techniques for improving orange fruit (*Citrus sinensis* L.) size and quality

Marco Cabezas-Gutiérrez<sup>1,2</sup> y Carlos Andrés Rodríguez E.<sup>1</sup>

## RESUMEN

Con el fin de mejorar la calidad del fruto de la variedad de naranja Sweety Orange injertada sobre el patrón enanizante 'Flying Dragon', se realizó un experimento en el que se probaron técnicas de anillado de ramas, defoliación parcial, raleo de frutos, fertilización foliar, aplicaciones de sacarosa al follaje y poda de ramas no productivas. El trabajo se realizó en un huerto comercial en el norte del departamento del Valle del Cauca (Colombia), en plantas de 9 años de edad. Al comparar los resultados con el experimento control se observa que: i) el anillado de ramas productivas influyó significativamente en la producción total de fruta por planta e incrementó el número de frutos retenidos en el árbol en un 38%; ii) la aplicación de sacarosa mejoró la calidad interna del fruto al incrementar el contenido de sólidos solubles totales en un 10% y disminuir la acidez en un 36%. Ni la selección de fruta ni la fertilización foliar mostraron diferencias significativas con el tratamiento control. Se concluye que la combinación de anillado y aplicaciones externas de sacarosa pueden ser técnicas útiles para mejorar la calidad del naranjo en la zona cafetera colombiana.

**Palabras clave:** cítricos, frutales, anillado de rama, sacarosa.

## ABSTRACT

Seeking to improve the fruit quality of Sweet Orange grafted on the dwarf rootstock 'Flying Dragon', the present research study tested a series of techniques, namely branch ringing, partial defoliation, fruit thinning, foliar fertilization, sucrose application to the foliage and pruning of non-productive branches. The work was carried out on 9 year old trees in a commercial orchard in the north of the department of Valle del Cauca (Colombia). In comparing the treatment results to the control, it was observed that: i) productive branch ringing significantly influenced total fruit production per plant and increased fruit retention on the tree by 38%; ii) sucrose application improved fruit internal quality through increasing total soluble solid content by 10% and reducing acidity by 36%. Neither fruit thinning nor foliar fertilization showed any significant differences with the control. It can be concluded that the combination of branch ringing and external application of sucrose can be useful for improving orange fruit quality in the Colombian coffee zone.

**Key words:** citrus, fruit crops, branch ringing, sucrose.

## Introducción

La producción de fruta en los naranjos está determinada por factores genéticos, climáticos y agronómicos, los cuales, en conjunto e interacción, dan como resultado cosechas con alta variabilidad en cantidad y calidad (Abdi y Modjeh, 1992; Iglesias *et al.*, 2007). La asignación y distribución de asimilados que desde las hojas y tallos hacia los órganos demanda, es tal vez el aspecto de mayor sensibilidad a la hora de definir la cantidad de frutos por árbol para lograr tamaños aceptables en el mercado (Goldschmidt, 1998). La variedad de naranja Sweety Orange, forma parte de un grupo de materiales sembrados en los departamentos de Quindío y Valle del Cauca, con aceptación como fruta para industria, pero con problemas de tamaño, lo cual es una seria limitante para el mercado de fruta fresca.

Para mejorar el tamaño y la calidad de la fruta, se realizan prácticas culturales que afectan las relaciones entre la fotosíntesis foliar, la distribución de azúcares entre la planta y la carga apropiada de fruta (Marcelis, 1996). Para lograr este objetivo, se necesita probar ciertas técnicas de manejo como raleo de fruta, anillado de ramas, aplicación exógena de sacarosa y buscar un índice de área foliar adecuado (Vu *et al.*, 2002). Dichos aspectos están contemplados en los conceptos de asignación y distribución de los fotoasimilados en las plantas.

Se entiende por asignación el conjunto de pasos llevados a cabo para regular el carbono fijado y así abastecer las diferentes vías metabólicas de la planta (Lenz, 2000; Cen-

Fecha de recepción: 4 de enero de 2010. Aceptado para publicación: 5 de marzo de 2010

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA), Bogotá (Colombia).

<sup>2</sup> Autor de correspondencia. mcabezas@udca.edu.co

tritto, 2005). La distribución hace referencia a la partición de los fotoasimilados de forma diferencial en los distintos órganos de las plantas (Flore y Layne, 1999; Takashima *et al.*, 2004). Para determinar los principales aspectos que definen la forma como se asigna y distribuye el carbono en plantas leñosas, se han realizado estudios, principalmente en frutales de hoja caduca y en menor escala en frutales de hoja perenne (DeJong y Grossman, 1994; Moriondo *et al.*, 2000). En algunos pocos casos, las especies forestales han sido objeto también de esta experimentación (Lacointe *et al.*, 2002; Takashima *et al.*, 2004). Bustan *et al.* (1996) realizaron un trabajo en *Citrus paradisi* y *C. reticulata* en los que demostraron las ventajas del anillado y la selección de frutos en el peso final de los frutos y la acumulación de carbohidratos en la planta. El experimento de Lenz (2000) en cítricos hace un aporte adicional puesto que, además de evaluar la movilidad de fotoasimilados, analizó la forma como los nutrimentos son distribuidos en diferentes balances fuente–demanda. En kiwi, Famiani *et al.* (1997) encontraron que el anillado incrementó el peso fresco y seco de los frutos, y que con una relación hoja fruto de 4 a 1 se logró aumentar el peso seco del fruto en 50%.

El balance de las demandas en cítricos (Lenz, 2000; Iglesias *et al.*, 2002) y en guanábana (Soriano, 1995) es medido por el contenido de carbohidratos en la hoja. El efecto de la demanda en la fotosíntesis puede operar como un mecanismo de retroalimentación–alimentación, controlado por medio de los niveles de carbohidratos en las hojas (Ruiz y Guardiola, 1994; Matsuura *et al.*, 2001). La acumulación de azúcares en la hoja puede inducir a estrés osmótico y al consecuente cierre estomático. También pueden existir genes que son represivos de azúcares (Zhenming *et al.*, 2008).

Iglesias *et al.* (2002) realizaron un ensayo en mandarininos mediante una aplicación suplementaria de sacarosa, anillado de ramas, selección de frutos y de hojas, para medir la fotosíntesis, la concentración de carbohidratos y pigmentos. Se encontró que los cítricos, al ser sistemas de plantas perennifolias, las cuales siempre mantienen una producción de hojas en diferentes estados fenológicos, tienen tasas fotosintéticas entre 4 y 8  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , siendo superior en hojas jóvenes, de mediana edad y maduras que en hojas senescentes. El anillado es una técnica de uso generalizado en frutales leñosos (Mesejo *et al.*, 2007). Al realizarlo sobre plantas de naranja, incrementó en 12% el contenido de almidón en la hoja, pero no así el contenido de azúcares solubles. El aclareo de frutos aumentó el contenido de almidón en 16%, el 22% de glucosa y el 57% de sacarosa en frutos. La defoliación del 66% de la planta hizo

descender entre 40 y 50% el contenido de carbohidratos en la misma, luego de la cosecha de frutos. El anillado y el raleo de frutos redujeron la tasa fotosintética entre 14 y 26%, mientras que la aplicación de sacarosa lo hizo en un 56% (Iglesias *et al.*, 2003).

Con base en la hipótesis de que existen factores que determinan las relaciones fuente–demanda de fotoasimilados y que afectan el tamaño y la calidad de la fruta de naranja variedad Sweet Orange, sobre patrón ‘Flying Dragon’, se planteó como objetivo comparar diferentes técnicas de compensación metabólica en pro de obtener fruta de mayor tamaño y mejor calidad interna.

## Materiales y métodos

El trabajo se llevó a cabo en la finca Elvira, perteneciente a la empresa Malta S.A., localizada en la vereda Montegrande del municipio de Caicedonia, Valle del Cauca, a una altitud promedio de 1.090 msnm. El tiempo de realización fue entre julio de 2008 y marzo de 2009. Condiciones ambientales del sitio experimental: humedad relativa del 85%; precipitación media de 2.200 mm año<sup>-1</sup>, en distribución bimodal; radiación solar media de 356 W m<sup>-2</sup>; temperatura mínima de 18°C y máxima de 27°C.

Se escogió un lote que mostraba una alta homogeneidad en el material sembrado, dosel uniforme y estado fitosanitario ideal. El material vegetal correspondió a plantas de naranja (*Citrus sinensis* L.) variedad Sweet Orange sobre patrón ‘Flying Dragon’. Las plantas estaban en el periodo de plena producción, con una edad de nueve años. Se realizó una fertilización edáfica a base de compost (3 kg/árbol), fertilizante compuesto 10-30-10 (1,5 kg/árbol) y sulfato de cinc (100 g/árbol), todo apoyado en el análisis de suelos.

El estudio se hizo bajo la estructura de un diseño de bloques completos al azar, con diez tratamientos y cuatro repeticiones, en donde la unidad experimental estuvo compuesta por tres árboles de la misma conformación de copa. El factor de bloque fue la pendiente. Cuatro repeticiones (bloques) se usaron, para obtener un total de 40 unidades experimentales y 120 árboles ubicados en 1.920 m<sup>2</sup> de área experimental. La distancia de plantación fue de 4 x 4 m en sistema cuadrado, con un total de 625 árboles por hectárea. Antes de aplicar los tratamientos, se procedió a eliminar todos los frutos mayores a un centímetro de diámetro ecuatorial, presentes en los árboles. El ensayo se inició tres semanas después de la antesis, a la espera de que ocurriese el periodo de desprendimiento o

derrame fisiológico normal, para permitir la estabilización del cuajado final de la fruta (Mesejo *et al.*, 2007).

### Tratamientos

Raleo del 75% de frutos (R75): para tal fin, se realizó raleo manual de los frutos cuando estos tenían 0,5 cm de diámetro, justo después del periodo de caída normal, dejando solo el 25% de los frutos cuajados originalmente.

Raleo del 50% de frutos (R50): se siguió la misma metodología del tratamiento 1, pero se dejó solamente el 50% de los frutos cuajados.

Raleo del 25% de frutos (R25): se siguió la misma metodología de los tratamientos 1 y 2, pero se dejó el 75% de los frutos cuajados.

Anillado de ramas (A): se seleccionaron las ramas principales del árbol y se les realizó un anillado a 10 cm de la inserción con el eje central, siguiendo la metodología propuesta por Verreyne *et al.* (2001). El anillo consiste en el desprendimiento cuidadoso de la corteza, evitando daños en las células xilemáticas. En forma circular se retiró la corteza con un ancho de 5 mm.

Anillado y aplicación de sacarosa (A10S): a un grupo de plantas, anilladas como las del tratamiento 4, se les asperjó foliarmente una solución de sacarosa, azúcar refinada del 99%, al 10% de concentración. Se aplicaron 800 mL de la mezcla por árbol, en frecuencia semanal, durante el desarrollo del experimento.

Aplicación de sacarosa sin anillado (S): la misma concentración y frecuencia en plantas sin anillar.

Defoliación parcial de plantas y aplicación de sacarosa (DF50S): se quitó manualmente el 50% de las hojas de ramas productivas que tuvieran frutos de 0,5 cm de diámetro. Posteriormente se aplicó sacarosa al follaje remanente, con la misma dosis y frecuencia de los anteriores tratamientos.

Poda (P): la poda se hizo a ramas improproductivas, con sequeta, teniendo en cuenta el sellamiento de los cortes para evitar cualquier problema fungoso.

### Fertilización foliar (FF)

El fertilizante foliar utilizado fue una mezcla de fosfato monopotásico y fosfato de amonio, cuya composición fue: nitrógeno total 9,4%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 61%, K<sub>2</sub>O 23%. Se efectuaron cinco aplicaciones durante el tiempo de realización del ensayo.

Control (C): control o tratamiento testigo: no se realizó ninguna modificación ni aplicación.

Se tomaron datos de producción de fruta, tamaño promedio de fruto, número de frutas por parcela y características de calidad. Tres pases de cosecha fueron tenidos en cuenta para estimar estos valores. El tamaño final del fruto, expresado en términos de diámetro ecuatorial del mismo, se obtuvo de promediar las mediciones en ocho frutos por cada parcela y por cada pase de cosecha. Se utilizó un calibrador industrial (Solingen, Berlín, Alemania). Los mismos frutos fueron pesados en una balanza (Ohaus, Pine Brook, NJ), una vez tomado el dato del calibre. El rendimiento estimado se obtuvo mediante el conteo de los frutos cosechados por parcela y multiplicando el dato por el valor promedio de los 24 frutos pesados, en los tres pases de cosecha. En la cosecha, a los frutos marcados se les tomaron medidas de grados Brix (SST), mediante un refractómetro; la acidez total titulable (ATT) se midió por el método de titulación. Igualmente, se procedió a obtener el porcentaje de jugo de los frutos mediante la separación de fibra, cáscara, flavedo, semillas, y también se valoró su pH. Se escogieron ocho frutos de cada árbol marcados al inicio de la asignación de los tratamientos. Este experimento tuvo una duración de ocho meses.

### Análisis estadístico

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza clásico mediante un programa SAS® Versión 9 en el Departamento de Asesoría Estadística de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA). Se usó una prueba de comparación de Duncan ( $P \leq 0,05$ ), cuando existía significancia en los promedios de los tratamientos evaluados.

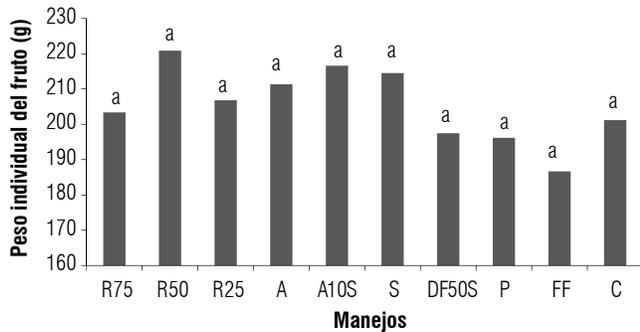
## Resultados y discusión

### Peso individual de fruto

No se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, pero si se observa la Fig. 1 se puede evidenciar el efecto que existe entre algunas de las estrategias probadas respecto al tratamiento control. El raleo de frutos en promedio incrementó un 10% el peso individual, las aplicaciones foliares de sacarosa se aumentaron en un 7%, y el anillado en un 6%, respecto al tratamiento control. Si se tiene en cuenta que el peso promedio de los frutos es uno de los componentes de rendimiento de los frutales, entonces se constituirá como elemento de alta sensibilidad a la hora de escoger uno de los tratamientos de manejo evaluados. Aun cuando el peso promedio de frutos está más influido genéticamente que el número de frutos por planta (Bouffin

et al., 2000), diversos tratamientos de aplicación externa de nutrientes, manejo de poda y aclareo de frutos han incrementado notoriamente el peso de los hespéridos en diversas especies de cítricos (Mehouachi et al., 1995; Agustí et al. 1998; Iglesias et al., 2002).

Cuando las plantas no alcanzan a retener la cantidad adecuada de frutos, ya sea por aspectos climáticos, nutricionales o bióticos, el efecto del rayado de ramas o el anillado puede convertirse en una alternativa positiva en cuanto al llenado, aspecto que se evidencia en los resultados encontrados en este experimento.



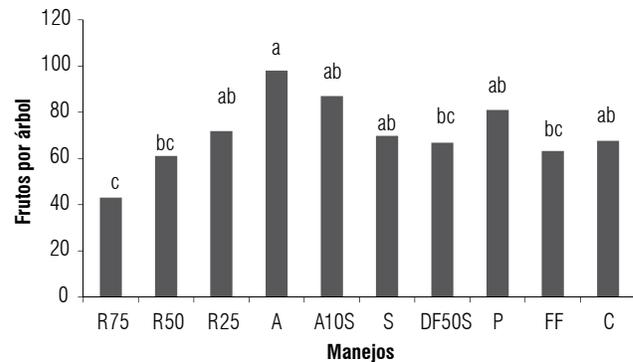
**FIGURA 1.** Peso individual de fruto de naranja ‘Sweety Orange’ sobre patrón enanizante por efecto de los tratamientos de regulación en la relación fuente–demanda de fotoasimilados. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ( $P \leq 0,05$ ). R75, raleo del 75% de frutos; R50, raleo del 50% de frutos; R25, raleo del 25% de frutos; A, anillado de ramas; A10S, anillado y aplicación de sacarosa; S, aplicación de sacarosa sin anillado; DF50S, defoliación parcial de plantas y aplicación de sacarosa; P, poda; FF, fertilización foliar; C, control.

Al efectuar un raleo manual de frutos se disminuye la competencia entre demandas, y los que quedan en el árbol tendrán más oportunidad de incrementar el tamaño; con esto se promueve una mayor concentración de asimilados disponibles para el llenado y, por consiguiente, se obtiene mayor peso por fruto, aspecto que concuerda con lo encontrado por Cabezas y Novoa (2000) en plantas de lulo. En los tratamientos de raleo, es preciso tener en cuenta que aunque se pierde rendimiento (kilogramos de fruta), la ganancia en el peso final del fruto es fundamental para compensar el tamaño adecuado para la comercialización.

### Número de frutos por planta

Esta variable mostró mayor sensibilidad que el peso individual de frutos, y se constituye en el factor de mayor influencia en el rendimiento final. Respecto al raleo de frutos, la tendencia muestra una lógica en cuanto al número de frutos cosechados (Fig. 2). La selección del 25%

de frutos justo después de la caída normal hace que se repartan mejor los fotoasimilados, que exista un balance adecuado de hormonas, especialmente giberelinas y que, por tanto, se disminuya una segunda caída de frutos en la planta (Zhenming et al., 2008).



**FIGURA 2.** Número de frutos de naranja ‘Sweety Orange’ sobre patrón enanizante por efecto de los tratamientos de regulación en la relación fuente–demanda de fotoasimilados. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ( $P \leq 0,05$ ). Ver abreviaturas de los tratamientos en la Fig. 1.

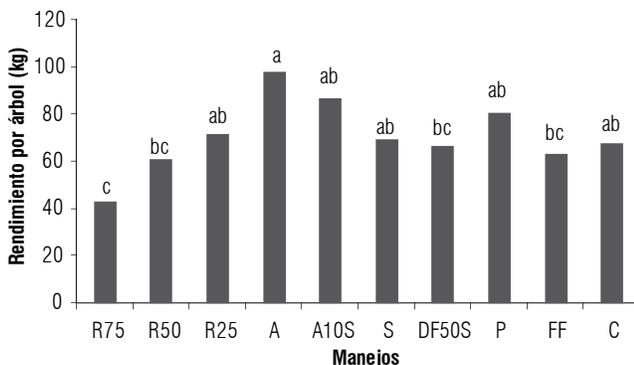
El anillado de las ramas productivas mostró diferencia significativa con la mayoría de tratamientos, menos con las plantas podadas y con la combinación de anillado y sacarosa. El anillado simple incrementó el número de frutos cosechados en 38%, mientras que la combinación de anillado y aplicación de sacarosa logró aumentar un 20% la retención de fruta. Esto indica que el anillado puede convertirse en una medida favorable para elevar el número de frutos retenidos por el árbol, aspecto demostrado por Agustí et al. (1998) y Verreyne et al. (2001). El anillado es una práctica hortícola que históricamente ha afectado tanto la calidad como el tamaño de los frutos en varias especies como el aguacate (Martínez et al., 2003), naranjas (Iglesias et al., 2003) y mandarinas (Verreyne et al., 2001). Estos autores afirman que la práctica es beneficiosa, siempre y cuando se ejecute después del cuajado del fruto, sin afectar el xilema de las ramas y directamente sobre la rama portadora de la cosecha, aspecto comprobado en la presente investigación.

En las plantas podadas se logró obtener un 23% más de frutos que en el control. Esto evidencia que la práctica mejora la arquitectura de la planta y se permite una buena disposición de las ramas, lo que conlleva a mejorar el uso eficiente de la radiación solar en todas las partes del dosel. Este concepto es compartido por Vanden Heuvel et al. (2004) y Veneklaas y Den Ouden (2005), con trabajos en *Vitis* sp. y *Arlet* sp., respectivamente.

### Rendimiento promedio por planta

Los resultados (Fig. 3) resaltan el efecto positivo del anillado, con un 45% más de producción que el control, anillado más aplicación de sacarosa con 29% y la poda de ramas sobre la producción con el 20% más de fruta (Fig. 3). La mejor disposición de ramas en los árboles probablemente proporciona una buena interceptación de radiación fotosintéticamente activa, aspecto que induce mayor eficiencia en la transformación de la energía por parte de las frondas fotosintéticas, y de hecho se tendrá una mayor oferta de carbohidratos para ser distribuidos en los órganos reproductivos. Como el anillado de ramas incrementó la retención de frutos, también afectó positivamente la cantidad total de fruta cosechada, aspecto que coincide con los trabajos de Agustí *et al.* (1998), Bouffin *et al.* (2000), Verreyne *et al.* (2001) y Martínez *et al.* (2003).

En las condiciones de este experimento, la variabilidad observada en el rendimiento de las plantas de naranja estuvo afectada por las distintas técnicas usadas. El  $R^2$  de 0,72 demuestra que la respuesta del rendimiento por planta se explica en alto grado por la aplicación de los tratamientos, con una variabilidad baja entre las unidades experimentales ( $cv = 4,67$ ). Al realizar la prueba de comparación de medias, se encontró que las plantas que incluían anillado de ramas, poda y raleo de frutos no presentaron diferencias significativas entre ellas, alcanzando los mayores valores numéricos en producción de fruta por parcela. Es importante resaltar que el anillado de ramas productivas se constituye en una buena alternativa de manejo, debido a que se retiene mayor cantidad de fruto en comparación con el testigo.

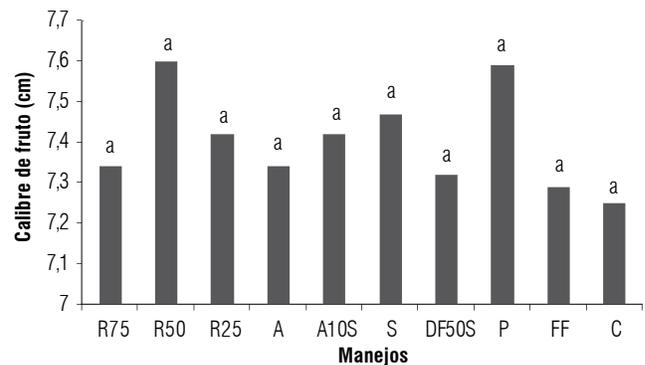


**FIGURA 3.** Rendimiento total de frutos por planta en naranja 'Sweety Orange' por efecto de técnicas de regulación en la relación fuente–demanda de fotoasimilados. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ( $P \leq 0,05$ ). Ver abreviaturas de los tratamientos en la Fig. 1.

### Calibre promedio del fruto

El calibre promedio, expresado como la medida del diámetro ecuatorial del fruto, confirma el estudio de relación

fuelle–demanda de asimilados (Fig. 4). El tamaño del fruto hace parte del tamaño final de las demandas, por lo cual será responsable de la actividad de la fuente y de la eficiencia del transporte (Parra, 2003). El  $R^2$  menor a 0,50, demuestra que las diferencias entre las medias no son congruentes con la respuesta a tratamientos; tampoco se evidenciaron diferencias significativas para esta variable. Es posible que el diámetro ecuatorial del fruto corresponda más a un rango eminentemente genético o carácter no plástico (Nogueira y Franco, 1992; Lenz, 2000), y que la aplicación de los tratamientos aquí evaluados no afecte la respuesta de la variable en estudio.



**FIGURA 4.** Calibre de frutos de naranja Sweet Orange sobre patrón enanizante por efecto de los tratamientos de regulación en la relación fuente–demanda de fotoasimilados. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ( $P \leq 0,05$ ). Ver abreviaturas de los tratamientos en la Fig. 1.

Al mantener mayor cantidad de frutos en el árbol de naranja, se disminuye el calibre del fruto, mientras que el raleo de la mitad de frutos y la poda de ramas, que contribuye con la regulación del número de frutos por árbol, incrementan el diámetro ecuatorial y, por tanto, el calibre de la fruta. Aparentemente la fertilización no tuvo un efecto positivo en el calibre de frutos, como tampoco lo hizo en las variables de rendimiento discutidas anteriormente.

### Rendimiento de jugo

En esta variable no se observan diferencias estadísticas, pero sí se puede destacar una ligera tendencia en los valores de los distintos tratamientos respecto al control (Tab. 1). La literatura reporta que las variaciones en el contenido de jugo de una misma variedad se pueden deber más a condiciones ambientales y, en menor grado, a tratamientos de relación fuente–demanda (Sans *et al.*, 1987; Ribeiro y Machado-Braz, 2007).

Se debe recordar que el contenido de jugo está en función de la disponibilidad de agua en el suelo para la planta, del material genético y de la fertilización con calcio y

**TABLA 1.** Efecto de diferentes tratamientos sobre las características de calidad interna de frutos de naranja variedad Sweety Orange. Promedio de 24 frutos.

Tratamiento	SST	Acidez	% Jugo	pH	Ratio
R75	11,38 ab	0,61 abc	43,50 a	4,16 a	18,6 ab
R50	11,45 a	0,70 ab	42,65 a	4,16 a	16,35 bc
R25	11,42 ab	0,65 abc	43,50 a	4,25 a	18,42 ab
A	11,20 ab	0,60 abc	42,78 a	4,26 a	18,67 ab
A10S	11,70 a	0,60 abc	42,20 a	4,23 a	19,50 ab
S	11,61 a	0,55 c	43,78 a	4,21 a	21,10 a
DF50S	10,89 b	0,62 abc	39,73 a	4,16 a	17,60 bc
P	11,35 ab	0,59 abc	42,35 a	4,10 a	19,23 abc
FF	11,07 ab	0,56 bc	43,47 a	4,09 a	19,80 ab
C	10,60 b	0,75 a	39,25 a	4,17 a	14,13 cc
$R^2$	0,73	0,42	0,37	0,32	0,62
cv	6,59	11,20	6,91	2,57	8,45

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ( $P \leq 0,05$ ). Ver abreviaturas de los tratamientos Fig. 1.

potasio (Zhenming *et al.*, 2008), condiciones que fueron homogéneas en este ensayo. Aunque no se presentaron diferencias estadísticamente significativas, el porcentaje de jugo en los tratamientos a los cuales se les realizó selección de fruto tiende a ser superior al testigo y a las plantas que se defoliaron parcialmente. La razón puede deberse a que al disminuir el número de demandas, existe una compensación dirigida hacia el mayor aporte de sustancias traslocadas en el floema, especialmente azúcares y potasio, lo cual aumenta la tasa de llenado de jugos en las células de los frutos (Abdi y Mojdeh, 1992; Morinaga *et al.*, 2002).

Al defoliar parcialmente la planta y aplicar sacarosa foliar, no se logró el efecto compensatorio mencionado por Iglesias *et al.* (2007); es decir, la defoliación reduce la tasa fotosintética total de la planta, y por tanto afecta la oferta de carbohidratos, especialmente sacarosa, la cual, al ser aplicada exógenamente, puede reconstituir las cantidades originales para el llenado de fruto. En tierras bajas tropicales la mayoría de los SST se acumulan rápidamente en la fruta y lentamente en las de condiciones frescas de la costa (Ribeiro y Machado-Braz, 2007). De acuerdo con lo expresado por Iglesias *et al.* (2007), los niveles máximos de SST se logran en los trópicos medios, ajustándose la premisa a la ubicación de este ensayo. Es posible que la velocidad de acumulación de los SST esté relacionada con la temperatura, siendo más rápida en condiciones tropicales, donde se presentan variaciones menores entre el mes más frío y el mes más cálido (Mehouachi *et al.*, 1995; Pozo, 2001).

### Grados Brix

No se presentaron diferencias significativas para esta variable. Se obtuvieron valores en un rango entre 10,6 y 11,7. La variedad Sweety Orange se caracteriza por presentar los valores más altos en cuanto a grados Brix, comparándola con las demás variedades. La industria acepta valores superiores a 9, y por tal razón los resultados arrojados en este ensayo muestran datos muy aceptables para las exigencias del mercado. Los valores de SST para la naranja 'Sweety Orange', en esta zona del país, Quindío y norte del Valle, oscilan entre 10 y 11°Brix.

En la Tab. 1, el valor mínimo de grados Brix corresponde a los frutos del tratamiento control; por tal razón, se puede establecer que esta variable es muy susceptible a cualquier cambio en las características normales del árbol. Los valores más altos se presentaron en los tratamientos con aplicaciones exógenas de sacarosa. La aplicación de sacarosa puede compensar la fotosíntesis en casos de estrés; este concepto, propuesto por Iglesias *et al.* (2002), explica cómo las aspersiones del disacárido disminuyen la tasa fotosintética foliar. Es posible que al colocar sacarosa directamente en los espacios libres de difusión de la hoja, sea rápidamente incorporada al simplasto, y por tal motivo sea fácilmente traslocable a los órganos demanda. Esto facilitará a la planta la conducción de los asimilados, disminuirá la carboxilación y hará que el vegetal se desgaste menos en respiración de mantenimiento y baje la apertura estomática. Al reducir la apertura estomática, también se disminuirá la tasa de transpiración y hará que la planta incremente el uso eficiente del agua (Bustan *et al.*, 1996; Zhenming *et al.*, 2008). Tanto las aplicaciones

exógenas de sacarosa, como el anillado de ramas productivas produjeron resultados más altos en grados Brix con respecto al testigo.

### Ácido total titulable

La acidez del jugo es el resultado del contenido de ácido cítrico anhidro y de las sales que se forman en el proceso de determinación. El ácido cítrico constituye entre el 70-90% del total de los presentes en el jugo de los frutos cítricos (Davies y Albrigo, 1994). Es más comúnmente utilizada como un componente para calcular el ratio o el índice de madurez, que como un parámetro independiente (Nogueira y Franco, 1992). No se observan diferencias significativas entre los tratamientos para esta variable, y se puede inferir que los cambios de esta están más bien dados por las condiciones climáticas de la zona y no por el aporte mecánico de los tratamientos sobre la relación fuente–demanda. Teniendo en cuenta que la industria requiere un porcentaje de ATT mayor de 0,5 y menor que 1,0, y que los datos obtenidos van en un rango de 0,55 hasta 0,7, se puede deducir que esta característica interna de la fruta cumple con los requerimientos industriales, muy relacionados con las características climáticas de la zona en que se realizó este experimento. El pH del jugo varió entre 4,1 y 4,3, y no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

### Conclusiones

Se establecieron técnicas promisorias de manejo para el estudio de la relación fuente–demanda de fotoasimilados, en procura de mejorar el tamaño y la calidad de la fruta de naranja 'Sweety Orange'. El anillado de ramas productivas aumenta el tamaño del fruto y, en forma directa, amplía el volumen de cosecha. La aplicación foliar de sacarosa incrementa el contenido de sólidos solubles totales y, por tanto, mejora la calidad. No se encontraron efectos positivos ni en la calidad del fruto ni en el rendimiento agronómico, con aspersiones foliares de fertilizantes químicos.

### Literatura citada

Abdi, N. y H. Mojdeh. 1992. Effect of different harvesting times on citrus quality of 'Satsuma' clementine mandarin and 'Thomson' navel sweet orange in Sari. pp. 454-455. En: Proc. 7<sup>th</sup> Intl. Citrus Congr., International Society of Citriculture. Acireale, Italia.

Agustí, M., V. Almela, S. Zaragoza, M. Juan, I. Trenor, E. Alonso y E. Primo-Millo. 1998. Técnicas para mejorar el tamaño del fruto de naranjas y mandarinas. Generalitat Valenciana; Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

Bouffin, J., M. Gandoín y V. Paolacci. 2000. Influence of physical environment and farming practices on quality variability of Corsican clementine. p. 125. En: Abstracts, 9<sup>th</sup> Intl. Citrus Congr., International Society of Citriculture. Orlando, FL.

Bustan, A., E.E. Goldschmidt e Y. Erner. 1996. Carbohydrate supply and demand during fruit development in relation to productivity for grapefruit and 'Murcott' mandarin. Acta Hort. 416, 81-88.

Cabezas, G.M. y D.L. Novoa. 2000. Efecto de la remoción de hojas y frutos en la relación fuente–demanda de asimilados en lulo (*Solanum quitoense* Lamb). pp. 72-78. En: Memorias III Seminario nacional de frutales de clima frío moderado, Manizales, Colombia.

Centritto, M. 2005. Photosynthetic limitations and carbon partitioning in cherry in response to water deficit and elevated CO<sub>2</sub>. Agric. Ecosyst. Environ. 106, 233-242.

Davies, F.S. y L.G. Albrigo. 1994. Cítricos. Editorial Alcribia, Zaragoza, España.

DeJong, T.M. e Y.L. Grossman. 1994. A supply and demand approach to modeling annual reproductive and vegetative growth of deciduous fruit trees. HortScience 29(12), 1435-1442.

Famiani, F., E. Antognozzi, M. Boco, A. Tombesi y A. Battistelli. 1997. Effects of altered source-sink relationships on fruit development and quality in *Actinidia deliciosa*. Acta Hort. 444, 98-107.

Flore, J.A. y D.R. Layne. 1999. Photoassimilate production and distribution in cherry. HortScience 34(6), 1015-1019.

Goldschmidt, E.E. 1998. Basic and practical aspects of citrus trees. Carbohydrate economy. pp. 62-72. En: Futch, S.H. y W.J. Render (eds.). Citrus flowering and fruiting short course. Citrus Research and Education Center, IFAS, University of Florida, Lake Alfred, FL.

Iglesias, D.J., I. Lliso, F. Tadeo y M. Talón. 2002. Regulation of photosynthesis through source-sink balance in citrus is mediated by carbohydrate content in leaves. Plant Physiol. 116, 563-562.

Iglesias, D.J., F.R. Tadeo, E. Primo-Millo y M. Talón. 2003. Fruit set dependence on carbohydrate availability in citrus trees. Tree Physiol. 23(3), 199-204.

Iglesias, D.J., M. Cercós, J.M. Colmenero-Flores, M.A. Naranjo, G. Ríos, E. Carrera, O. Ruiz-Rivero, I. Lliso, R. Morillon, F.R. Tadeo y M. Talón. 2007. Physiology of citrus fruiting. Braz. J. Plant Physiol. 19(4), 333-362.

Lacointe, A., J.G. Isebrands y E. Host. 2002. A new way to account for the effect of source-sink spatial relationships in whole plant carbon allocation models. Can. J. Forest Res. 32, 1838-1848.

Lenz, F. 2000. Effects of fruit load on the nutrient uptake and distribution in *Citrus* trees. Acta Hort. 531, 63-72.

Marcelis, L.F.M. 1996. Sink strength as a determinant of dry matter partitioning in the whole plant. J. Exp. Bot. 47, 1272-1280.

Martínez, R., R. Pellegrini, R. Martínez-Valero y H. Gimeno. 2003. Contribución al estudio de la fecha del anillado con relación al porcentaje de inflorescencias determinadas e indeterminadas en el aguacatero (*Persea americana* Mill.). pp. 185-190. En: Proc. V World Avocado Congr., Málaga, España.

Matsuura, K., K. Tanabe, K. Tamura y A. Itai. 2001. Storage and translocation of <sup>13</sup>C-Photosynthates from 'Massui Daufine' fig (*Ficus carica* L.) leaves administered CO<sub>2</sub> in autumn. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 70(1), 66-71.

Mehouachi, J., D. Sernaa, S. Zaragoza, M. Agustí, M. Talón y E. Primo-Millo. 1995. Defoliation increases fruit abscission and

- reduces carbohydrate levels in developing fruits and woody tissues of *Citrus unshiu*. *Plant Sci.* 107, 189-197.
- Mesejo, C., A. Martínez-Fuentes, C. Reig y M. Agustí. 2007. The effective pollination period in 'Clemenules' mandarin, 'Owari' Satsuma mandarin and Valencia sweet orange. *Plant Sci.* 173, 223-230.
- Morinaga, K., S. Imai, H. Yakushiji y Y. Koshita. 2002. Effects of fruit load on partitioning of  $^{15}\text{N}$  and  $^{13}\text{C}$ , respiration, and growth of grapevine roots at different fruit stages. *Scientia Hort.* 97, 239-253.
- Moriondo, M., B. Gozzini, L. Fibbi, S. Orlandini y M. Hindi. 2000. Partitioning of grapevine biomass in thinned shoots. *Acta Hort.* 526, 58-67.
- Nogueira, A.P. y J.C. Franco. 1992. Contribution to the study of phenology and biology of sweet orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) in Portugal. pp. 443-447. En: Proc. 7<sup>th</sup> Intl. Citrus Congr., International Society of Citriculture. Acireale, Italia.
- Parra, M.G.S. 2003. Estudio de la relación fuente vertedero en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*). Tesis de maestría. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Pozo, L.V. 2001. Endogenous hormonal status in citrus flowers and fruitlets: relationships with postbloom fruit drop. *Scientia Hort.* 91, 251-260.
- Ribeiro, R.V. y E.C. Machado-Braz. 2007. Some aspects of citrus eco-physiology in subtropical climates: re-visiting photosynthesis under natural conditions. *Braz. J. Plant Physiol.* 19(4), 393-411.
- Ruiz, R. y J.L. Guardiola. 1994. Carbohydrate and mineral nutrition of orange fruitlets in relation to growth and abscission. *Plant Physiol.* 90, 27-36.
- Sans, A., C. Monerri, J. González-Ferrer y L. Guardiola. 1987. Changes in carbohydrates and mineral elements in *Citrus* leaves during flowering and fruit sets. *Plant Physiol.* 69, 93-98.
- Soriano, A.J.E. 1995. Determinación de la unidad fuente-demanda en el llenado de fruto de guanábana (*Annona muricata* L.). Tesis de maestría. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Takashima, T., K. Hikosaka y T. Hirose. 2004. Photosynthesis or persistente: nitrogen allocation in leaves of evergreen and deciduos *Quercus* especies. *Plant Cell Environ.* 27, 1047-1054.
- Vanden Heuvel, J.E., J.A. Proctor, K.H. Fisher y J.A. Sullivan. 2004. Shading affects morphology, dry matter partitioning, and photosynthetic response of greenhouse grown 'Chardonnay' grapevines. *HortScience* 39(1), 65-70.
- Veneklaas, E.J. y F. Den Ouden. 2005. Dynamics of non-structural carbohydrates in two *Ficus* species after transfer to deep shade. *Environ. Exp. Bot.* 54(2), 148-154.
- Verreynne, J.S., E. Rabe y K.I. Theron. 2001. The effect of combined deficit irrigation and summer trunk girdling on the internal fruit quality of 'Marisol' Clementines. *Scientia Hort.* 91, 25-37.
- Vu, J.C.V., Y.C. Newman, L.H. Allen, M. Gallo-Meaghet y M. Zhang. 2002. Photosynthetic acclimation of young sweet orange trees to elevated growth  $\text{CO}_2$  and temperature. *J. Plant Physiol.* 159(2), 147-157.
- Zhenming, N., X. Xuefeung, L. Tianzong y K. Jin. 2008. Effects of leaf applied potassium and gibberellins and source sink ratio on potassium absorption and distribution in grape fruit. *Scientia Hort.* 115, 164-167.