

# Comportamiento de la mandarina Arrayana en seis patrones en suelos ácidos del piedemonte Llanero de Colombia

## Performance of Arrayana mandarin on six rootstocks in acid soils of the piedemonte Llanero of Colombia

Javier Orlando Orduz-Rodríguez<sup>1</sup>, Laura Arango-Wiesner<sup>2</sup>, Hernán Monroy<sup>3</sup> y Gerhard Fischer<sup>4</sup>

**Resumen:** Los cultivos de mandarina Arrayana en el piedemonte Llanero se encuentran injertados en mandarina Cleopatra y presentan una entrada tardía en producción, por lo que es necesario seleccionar patrones que mejoren la producción y calidad de la mandarina Arrayana en las primeras cosechas. En el experimento, establecido en julio de 1997 en suelos de la terraza alta del piedemonte del Meta (Typic Haplustox), se evaluaron seis patrones usados en la citricultura colombiana. Antes del trasplante se aplicaron correctivos para aumentar la saturación de bases por encima del 60%. La mayor producción de frutos acumulada de cinco cosechas se obtuvo con Swingle, superando a Volkameriana y detrás de éste, los patrones Sunki × English y Cleopatra, sin diferencias estadísticas entre ellos, seguidos por Sunki × Jacobson y por último, con la menor producción, por Carrizo. En la última lectura, la altura de la planta fue igual para todos los patrones, con excepción de Carrizo, que presentó el menor tamaño, así como también el menor volumen de copa. La mayor eficiencia productiva del volumen de copa promedio de cinco cosechas se obtuvo con Swingle, seguida, en su orden, con los patrones Volkameriana, Sunki × English y Sunki × Jacobson –sin diferencias estadísticas entre ellos–, Cleopatra y en el último lugar Carrizo. El mayor tamaño de fruta se produjo en Volkameriana y Swingle, seguidos, en su orden, por Sunki × English, Sunki × Jacobson, Carrizo y Cleopatra. Todos los patrones presentaron calidad de fruta similar, con excepción de Volkameriana, que demostró un menor contenido en sólidos solubles totales (SST) y en la relación SST/acidez total titulable.

**Palabras claves adicionales:** producción, tamaño del árbol, calidad del fruto, *Citrus reticulata*

**Abstract:** In the piedemonte Llanero, Arrayana mandarins grafted on Cleopatra mandarin are slow to come into bearing. For this purpose, it is necessary to select rootstocks, which improve the production and quality of Arrayana mandarins in the first harvests. In the experiment established in July 1997 in soils of the higher terrace of piedemonte of Meta (Typic Haplustox), six rootstocks were used in the Colombian citriculture. Before transplanting correctives were applied to increase the base saturation over 60%. Trees on citrumelo Swingle rootstock had higher cumulative yield for five harvests surpassing Volkameriana lemon, and later were Sunki × English, and Cleopatra mandarin rootstocks without statistical differences among them, followed by Sunki × Jacobson, and the lowest yield observed on Carrizo rootstock. In the last monitoring, the tree height was similar for all rootstocks except Carrizo, which presented the smallest height and canopy volume. The highest yield efficiency of canopy volume, on an average over five harvests, was registered on trees of Swingle, followed by Volkameriana, Sunki × English, and Sunki × Jacobsen, respectively (without statistical differences among them), followed by Cleopatra and, finally, Carrizo. The highest fruit size was developed on Volkameriana and Swingle rootstocks, followed by Sunki × English, Sunki × Jacobsen, Carrizo, and Cleopatra, respectively. All rootstocks presented similar fruit quality, except Volkameriana, which had lowest total soluble solids (TSS) content and TSS/total titratable acid ratio.

**Additional key words:** production, tree size, fruit quality, *Citrus reticulata*

Fecha de recepción: 06 de septiembre de 2006

Acceptado para publicación: 30 de noviembre de 2006

<sup>1</sup> Investigador, Centro de Investigación La Libertad, Corporación Colombiana Agropecuaria (Corpoica), Villavicencio (Meta). e-mail: ordujavier@hotmail.com

<sup>2</sup> Investigadora, Centro de Investigación La Libertad, Corporación Colombiana Agropecuaria (Corpoica), Villavicencio (Meta). e-mail: lawiesner4@hotmail.com

<sup>3</sup> Ingeniero agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: hjml182@hotmail.com

<sup>4</sup> Profesor asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: gerfischer@gmail.com

## Introducción

LA MANDARINA ARRAYANA es la variedad más cultivada en Colombia y en los Llanos Orientales, por la calidad del fruto (tamaño, fácil pelado y agradable sabor) y por su buena adaptación a las condiciones climáticas de la región. Se calcula que pueden existir en el piedemonte Llanero entre 800 y 1.200 ha plantadas en 2006. El patrón tradicionalmente utilizado en la región es la mandarina Cleopatra (*Citrus reticulata* Blanco), que es tolerante a *Phytophthora* y a las principales enfermedades virales de cítricos transmitidas por injerto (Castle, 1987); sin embargo, presenta una tardía entrada en producción, lo que ocasiona tasas de retorno lentas para los productores y, eventualmente, el abandono de los cultivos.

La investigación con patrones para una variedad determinada debe hacerse localmente ya que los resultados varían entre las diferentes regiones cítricas, por diferencias de clima, de suelos, de enfermedades y de prácticas de cultivo (Wutscher y Bistline, 1988). Por otra parte, la mandarina Arrayana es una variedad colombiana que no se cultiva en otros países y de la que no se tienen reportes sobre su comportamiento sobre patrones comerciales en la citricultura colombiana ni de los Llanos Orientales. El propósito de esta investigación fue conocer el comportamiento productivo, crecimiento vegetativo y calidad de la producción de la mandarina Arrayana sobre cinco patrones usados en la citricultura colombiana, comparados con el testigo regional, Cleopatra, durante los primeros ocho años después del trasplante, en condiciones de suelos ácidos del piedemonte Llanero de Colombia.

## Materiales y métodos

Los patrones evaluados fueron: limón Volkameriana (*Citrus volkameriana* Ten. y Pasq.); citrumelo Swingle (*Citrus paradisi* Macf. × *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.), también conocido como citrumelo CPB 4475; citrange Carrizo (*Citrus sinensis* Osb. × *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.); Sunki × English (*Citrus sunki* Hort. ex Tan. × *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.); Sunki × Jacobson (*Citrus sunki* Hort. ex Tan. × *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.) y mandarina Cleopatra (*Citrus reticulata* Blanco). Los patrones se seleccionaron por su importancia y buen comportamiento en condiciones tropicales. Los patrones fueron propagados de semillas provenientes de árboles madres del Centro de Investigación Palmira de la Corporación Colombiana Agropecuaria (Corpoica), en Valle del Cauca. Los patrones se injertaron, con el método de T invertida, con yemas de mandarina Arrayana

provenientes de plantas de la finca *Las Brisas*, de Cumaral (Meta) y éstas, a su vez, de plantas nucelares de Guamal (Meta), en el piedemonte Llanero. Los árboles fueron plantados en julio de 1997 en un lote del Centro de Investigación La Libertad de Corpoica, en Villavencio (Meta), ubicado a latitud 4° 03' norte y longitud 73° 29 oeste y a una altitud de 336 msnm. Los árboles se dispusieron con una distancia de plantación de 8 m × 5 m, con 250 plantas por hectárea.

El tipo de suelo del área experimental se clasifica como Typic Haplustox, de textura F.A.; estos suelos se conocen como suelos clase IV (terrazas altas) en la clasificación regional y son los suelos recomendados para cítricos en la región (Orduz y Baquero, 2003). Las características químicas del suelo antes del trasplante eran: pH 4,5 en los primeros 30 cm de la superficie del suelo, con una saturación de bases de 26%, 13 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 2,8% de materia orgánica, niveles bajos de Cu y B (0,22 y 0,9 ppm, respectivamente), medios de Zn (11 ppm) y altos de Fe y Mn (34 y 8 ppm, respectivamente). Dos meses antes del trasplante se aplicaron correctivos con el fin de elevar la saturación de bases hasta el 70%, utilizando la fórmula sugerida por Malavolta (1995). La fertilización, el manejo agronómico y sanitario se realizaron siguiendo las recomendaciones de Orduz y Baquero (2003) para el piedemonte Llanero.

La clasificación climática de la región corresponde a bosque húmedo tropical (IGAC, 2004), la temperatura media anual es 26 °C y la precipitación media anual, 2.918 mm, con exceso de humedad para el cultivo durante nueve meses –marzo a noviembre– y déficit de diciembre a febrero.

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar, con cuatro plantas por unidad experimental y tres repeticiones. El experimento estuvo bordeado por plantas de naranja Valencia en mandarina Cleopatra. El área entre las filas se sembró con maní forrajero como cobertura viva. Anualmente las plantas recibieron dos aplicaciones de glifosato en el área de ploteo y dos pases de guadaña de tractor entre las filas. La fertilización se aplicó tres veces al año. Los árboles no recibieron riego.

Los frutos cosechados se pesaron en cada cosecha anual, a partir de noviembre y hasta enero, dependiendo de la época de floración. Las medidas vegetativas de las plantas se tomaron anualmente en la época seca, entre diciembre y febrero, al finalizar la temporada de

crecimiento. El volumen de la copa se calculó usando la fórmula de Turrel (1946),  $v = 0,5236 \cdot H \cdot D^2$ , en la que H es la altura de la copa y D, su diámetro. La relación entre el volumen de la copa y la producción anual proporciona el índice de eficiencia, expresado en kilogramos de fruta producida por metro cúbico de copa del árbol. Después de la cosecha se tomó una muestra de diez frutos por cada parcela, a los que se les realizó análisis de calidad de fruta. Los frutos se pesaron y se les extrajo el jugo con un exprimidor eléctrico. El contenido de jugo se midió con probeta graduada; los sólidos solubles totales se determinaron usando un refractómetro manual y la acidez total titulable, como equivalente del ácido cítrico, por titulación con NaOH 0,1 N.

Las variables se analizaron usando el programa SAS para análisis de varianza, con el fin de determinar los efectos de los patrones sobre la mandarina Arrayana. Para la separación de medias se utilizó la prueba de rango múltiple de Tukey al 5%.

## Resultados y discusión

### Producción

En la tabla 1 se presenta la información de la producción de la mandarina Arrayana durante cinco cosechas. Los patrones sobre los que se obtuvieron las mejores producciones en las primeras dos cosechas fueron Volkameriana y Swingle; los de menores producciones, la mandarina Cleopatra y Carrizo y los demás con una producción intermedia. En las siguientes cosechas, Swingle superó a Volkameriana y a los demás patrones.

**Tabla 1.** Producción anual y acumulada por árbol de mandarina Arrayana en seis patrones durante 2000 y 2004. C.I. La Libertad, Villavicencio (Meta). Árboles plantados en 1997.

Patrón / año	Producción por árbol (kg)					Acumulado
	2000	2001	2002	2003	2004	
Carrizo	1,54c*	14,88c	16,03d	27,96e	73,68de	134,10e
Swingle	15,02b	41,00a	114,70a	221,30a	350,77a	742,79a
Cleopatra	1,68c	10,91c	64,43c	187,54b	113,75cd	378,31cd
Sunki × English	15,83b	16,46bc	80,98bc	170,04c	133,08c	416,39c
Sunki × Jacobson	6,98bc	26,16b	97,77ab	146,32d	62,92e	340,14d
Volkameriana	29,8a	42,17a	77,7 bc	191,33b	213,80b	554,52b
Significancia	**	**	**	**	**	**
Coefficiente de varianza	32,45	15,07	9,74	3,34	10,39	4,70

\* Valores con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes, según Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

En el acumulado de las cinco cosechas, el patrón de mejor comportamiento fue citrumelo Swingle, superando a Volkameriana en 188,3 kg por planta y al testigo regional Cleopatra en 364 kg por planta; los patrones Sunki × English y Sunki × Jacobson presentaron un comportamiento similar a Cleopatra (aunque estadísticamente diferente entre ellos). La menor producción acumulada se obtuvo sobre citrange Carrizo, con una amplia diferencia de producción con respecto a Swingle (618,7 kg por planta) y a Cleopatra (244,2 kg por planta).

El buen comportamiento productivo de Swingle se ha reportado con toronja en Texas (Wutscher y Shull, 1975; Wutscher y Dube, 1977; Roose y Maxwell, 1979); con tangelo Minneola en California (Roose *et al.*, 1989), con tangelo Orlando (Wutscher y Shull, 1976) y con la naranja Marss (Wutscher y Shull, 1976); sin embargo, no ha tenido buen comportamiento con naranjas (Navel y Valencia), ni con limón Eureka en California (Roose *et al.*, 1989), ni con naranja Shamouti en Chipre (Georgiou y Gregoriu, 1999); aunque presentó un buen comportamiento en producción en la zona Cafetera de Colombia (López y Cardona, 2005).

Volkameriana ha sido un patrón relacionado con altas producciones en diferentes localidades y con diferentes variedades (Wutscher, 1979; Castle, 1987; Pérez-Zamora *et al.*, 2002), lo que se confirma con los resultados de este experimento. En evaluaciones con mandarina Ponkan en el estado de Paraná, sur de Brasil (Stenzel *et al.*, 2003), Volkameriana obtuvo la segunda mejor producción dentro de siete patrones, aunque sin presentar diferencias con seis de ellos.

El mandarino Cleopatra –testigo regional– se menciona como de inicio de producción tardía, alcanzando su comportamiento mejor después del décimo año (Castle, 1987); los resultados obtenidos en el experimento comprueban la falta de precocidad de este patrón y señalan a esta característica como su debilidad principal para ser utilizado como patrón de la mandarina Arrayana en la región.

Sunki × English presenta un comportamiento intermedio en la producción entre los seis patrones evaluados, superando en la producción acumulada a Cleopatra, en 38 kg por planta (sin presentar diferencias estadísticas), y a Sunki × Jacobson, en 76 kg por planta, con diferencia estadística en el acumulado de las cinco cosechas. Ambos patrones presentan un comportamien-

to cercano al testigo regional y, por lo tanto, no aportan mejoras en el rendimiento con la variedad Arrayana en el piedemonte del Meta en las primeras cinco cosechas. Sunki × English y Sunki × Jacobson están reportados con buen comportamiento con naranja García Valencia, en la zona Cafetera de Colombia (1.350 msnm), pero no hay información para el Trópico bajo. Estos dos patrones deben seguirse evaluando en la región con la variedad Arrayana con el fin de establecer su comportamiento en un mayor número de cosechas.

La producción menor se obtuvo con citrange Carrizo, superado cinco veces por Swingle en la producción acumulada y con producción inferior a la mitad de la obtenida con mandarina Cleopatra, testigo regional. El comportamiento deficiente de este patrón podría estar influenciado por las condiciones climáticas, así como también por su escasa adaptación a los suelos ácidos.

### Crecimiento vegetativo

En la evaluación hecha en 2004, el patrón que indujo el mayor tamaño de planta (tabla 2) fue Cleopatra, aunque sólo presentó diferencias estadísticas con Carrizo, y los patrones restantes fueron estadísticamente iguales a Cleopatra. En las evaluaciones realizadas a partir de 2000, todos los patrones promovieron un crecimiento similar, con excepción de las realizadas en 2003, en las que no hubo diferencias estadísticas entre patrones. El patrón que de forma consistente presentó la mayor altura de planta durante en todas las evaluaciones fue Cleopatra, superior a Carrizo en seis de las siete evaluaciones.

**Tabla 2.** Altura de planta de la mandarina Arrayana en seis patrones, durante 1998-2004. C.I. La Libertad, Villavicencio (Meta). Árboles plantados en 1997.

Patrón/año	Altura de planta (m)						
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Carrizo	1,26b*	1,96b	2,20b	2,43b	2,66b	3,10a	3,65b
Swingle	1,28b	2,28ab	2,72ab	2,98ab	3,24ab	3,63a	4,17ab
Cleopatra	1,70a	2,72a	2,85ab	3,13a	3,40a	3,77a	4,26a
Sunki × English	1,27b	2,24ab	2,58ab	2,86ab	3,15ab	3,37a	3,98ab
Sunki × Jacobson	1,28ab	2,14b	2,58ab	2,82ab	3,06ab	3,33a	3,73ab
Volkameriana	1,60ab	2,73a	2,90a	3,15a	3,40a	3,47a	4,08ab
Significancia	*	**	*	*	*	ns	*
Coefficiente de varianza	10,67	7,51	9,17	7,71	6,79	6,98	4,8

\*Valores con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes, según Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

### Volumen de copa

El volumen de la copa es un indicador de la influencia de las condiciones climáticas sobre el crecimiento vegetativo de la planta. La información sobre el volumen de copa se presenta en la tabla 3. En el séptimo año después del trasplante (2004), el patrón que indujo el volumen de copa mayor fue la mandarina Cleopatra, aunque estadísticamente igual a Swingle, Sunki × English, Sunki × Jacobson y Volkameriana; a su vez, este grupo superó a Carrizo (en 2004, Cleopatra obtuvo más del doble del volumen de Carrizo); este comportamiento fue similar en los años 2001, 2002 y 2003. El volumen de copa obtenido con todos los patrones –con excepción de Carrizo– se considera grande para la edad de las plantas, comparado con información de otras regiones cítricas.

**Tabla 3.** Volumen de copa de la mandarina Arrayana en seis patrones, durante 1998-2004. C.I. La Libertad, Villavicencio (Meta). Árboles plantados en 1997.

Patrón/año	Volumen de copa (m <sup>3</sup> por planta)				
	2000	2001	2002	2003	2004
Carrizo	2,70a*	4,03b	5,79b	7,65b	18,40b
Swingle	5,22a	8,38ab	12,61ab	20,01a	31,52ab
Cleopatra	7,53a	12,03a	18,04a	23,26a	40,12a
Sunki × English	5,09a	7,64ab	10,95ab	14,69ab	29,89ab
Sunki × Jacobson	4,33a	6,93ab	10,40ab	4,81ab	24,28ab
Volkameriana	7,41a	10,20ab	13,62ab	18,93a	31,65ab
Significancia	ns	*	*	**	*
Coefficiente de varianza	36,79	31,06	27,00	21,91	22,83

\* Valores con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes, según Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

En naranja Valencia, López y Cardona (2005) reportan que los patrones Sunki × English, Sunki × Jacobson y citrumelo Swingle presentaron en la zona Cafetera de Colombia un volumen menor de copa que el mandarino Cleopatra y Volkameriana, lo que podría estar influenciado por la temperatura media menor (21,6 °C) a 1.350 msnm, comparada con los 26 °C a 340 msnm en el piedemonte del Meta. También se indican diferencias en el volumen de copa entre algunos de los patrones evaluados en condiciones de Paraná (sur de Brasil): con la mandarina Ponkan (*Citrus reticulata* Blanco) como copa, Cleopatra alcanzó 72,3 m<sup>3</sup>, superando a Volkameriana, que 11 años después del trasplante obtuvo 38,5 m<sup>3</sup>. Con tangelo Minneola en California (Roose *et al.*, 1989), Carrizo obtuvo el mayor tamaño, superando a Cleopatra y a Swingle en 23% y 28%, respectivamente; mientras que en Colima

(México), con naranja Valencia, Volkameriana obtuvo el mayor tamaño de copa con 32,2 m<sup>3</sup> y superó a Carrizo que obtuvo 23,7 m<sup>3</sup> y a Cleopatra con 18,4 m<sup>3</sup> (Pérez-Zamora *et al.*, 2002).

La información anterior señala la diferente respuesta en el desarrollo vegetativo, en el que influyen el patrón utilizado y su adaptación a las condiciones climáticas –radiación, temperaturas y precipitación–, a las características del suelo –físicas, químicas, profundidad efectiva, etc.– y a la interacción con la variedad injertada. Las altas temperaturas medias y constantes en el transcurso del año y la abundante precipitación en el piedemonte del Meta, eliminan la diferencia de los patrones en el crecimiento vegetativo reportada en otras regiones cítricas del subtrópico o de alturas medias en condiciones tropicales. El patrón que presentó tamaño menor fue Carrizo, lo que podría explicarse por una adaptación menor a las condiciones edafoclimáticas de la región.

### Eficiencia de producción de la copa

En la tabla 4 se presenta la información de cinco cosechas y el promedio obtenido por planta para cada patrón evaluado. La eficiencia media de producción varió desde 0,26 kg · m<sup>-3</sup> en el primer año en la mandarina Cleopatra, hasta 11,83 kg · m<sup>-3</sup> en la última cosecha evaluada (2004) en citrómelo Swingle.

Todos los patrones presentaron un aumento de la eficiencia productiva con el aumento de la edad, menos en el último año de evaluación (2004), cuando todos presentaron disminución del índice de eficiencia; las ex-

**Tabla 4.** Eficiencia de producción de la copa de la mandarina Arrayana en seis patrones, durante 1998-2004. C.I. La Libertad, Villavicencio (Meta). Árboles plantados en 1997.

Patrón/año	Eficiencia de producción de la copa (kg · m <sup>-3</sup> )					Promedio
	2000	2001	2002	2003	2004	
Carrizo	0,65bc*	3,76ab	2,83c	3,74b	4,09b	3,0c
Swingle	2,90abc	4,90a	9,12a	11,34a	11,83a	8,0a
Cleopatra	0,26c	1,03c	4,04c	8,67ab	2,95b	3,4bc
Sunki × English	3,15ab	2,16bc	7,43ab	11,59a	4,46b	5,8ab
Sunki × Jacobson	1,71abc	3,79ab	9,59a	10,21a	2,64b	5,6ab
Volkameriana	4,21a	4,20a	5,80bc	10,24a	6,85b	6,3a
Significancia	**	**	**	**	**	**
Coefficiente de varianza	45,41	18	17,5	20,36	29,43	6,96

\* Valores con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes, según Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

cepciones fueron Swingle y Carrizo, que lograron aumentar ligeramente la eficiencia productiva de la copa, comparada con el año anterior (2003).

El patrón que presentó la mayor eficiencia productiva promedia fue el citrómelo Swingle, con 8,02 kg · m<sup>-3</sup>, superando al testigo regional Cleopatra en 135%. Swingle, además de presentar la mayor eficiencia medida, también estuvo en el grupo estadístico de los que presentaron las producciones más altas en todas las cosechas y tuvieron rendimientos crecientes en cada una de ellas. La alta eficiencia productiva de Swingle se ha reportado antes con toronja en Texas (Wutscher y Shull, 1975; Rouse y Maxwell, 1979) y tangelo Minneola (Rose *et al.*, 1989), pero presenta un comportamiento moderado con otros cultivares (Castle, 1987). La eficiencia productiva de la planta y la producción total del patrón Swingle con la mandarina Arrayana señalan una buena adaptación a los suelos ácidos y a las condiciones climáticas del piedemonte del Meta.

El patrón que presentó el segundo lugar en eficiencia productiva fue Volkameriana, con 6,26 kg · m<sup>-3</sup>, superando a Cleopatra en 85%; pero no evidenció diferencias estadísticas con Sunki × English ni con Sunki × Jacobson, con 5,76 y 5,59 kg · m<sup>-3</sup>, respectivamente. Volkameriana es un patrón que se caracteriza por altas producciones y alta eficiencia productiva con diferentes copas (Castle, 1987; Pompeu-Junior, 1991).

Los patrones Sunki × English y Sunki × Jacobson presentaron un comportamiento intermedio en la eficiencia productiva de la copa, resultando iguales entre sí. Sunki × English y Sunki × Jacobson superaron al testigo regional Cleopatra en 71% y 65% en el promedio de cinco cosechas. Si bien los híbridos entre mandarina Sunki × trifoliado estuvieron dentro del grupo de patrones con mayor eficiencia en las cuatro primeras evaluaciones, el deficiente comportamiento en el último año disminuyó la eficiencia productiva de estos híbridos, en comparación con los otros patrones, en el promedio de las cinco cosechas.

Los patrones con menor eficiencia productiva fueron el mandarino Cleopatra y el citrange Carrizo. Cleopatra es el patrón de mayor altura y de mayor volumen de copa (tablas 2 y 3), lo que, sumado a la tardía entrada en producción (Wutscher, 1979; Castle, 1987), ocasiona una baja eficiencia productiva en los primeros años de cosecha, como se comprobó en este experimento. Cleopatra obtiene los máximos rendimientos de fruta entre los años

10 a 15 después del trasplante, además de que su comportamiento productivo está relacionado con su afinidad con la variedad con que es injertada (Castle, 1987); esto, sumado al hecho de que Cleopatra presenta la tolerancia y resistencia mayor a las virosis conocidas de cítricos y a su tolerancia a *Phytophthora* (Castle y Gmitter, 1999), explica el porqué es un patrón ampliamente usado en la citricultura colombiana y de los Llanos Orientales.

La eficiencia productiva menor se obtuvo con citrange Carrizo, sin presentar diferencia con Cleopatra. Carrizo obtuvo una eficiencia en producción 11% menor que la del testigo Cleopatra, afectada además por el tamaño menor de la planta. El citrange Carrizo es el patrón más usado en España (Forner-Valero *et al.*, 2003) y en Florida (Castle y Gmitter, 1999), a causa de su vigor y producción en todos los suelos, excepto los que presentan niveles altos de calcio disponible. El comportamiento deficiente de Carrizo en el experimento puede estar relacionado con una adaptación escasa a suelos ácidos, a la alta acumulación de unidades de calor que se presenta en el Trópico bajo o a una escasa afinidad con la variedad Arrayana.

### Calidad de la fruta y el jugo

La mandarina se consume como fruta fresca. La variedad Arrayana fue seleccionada por su capacidad para producir frutas grandes, que son las de mayor demanda en el mercado nacional. La información sobre la calidad de los frutos de la mandarina Arrayana sobre los patrones evaluados se presenta en la tabla 5.

**Tabla 5.** Calidad del fruto y del jugo (promedio de cinco cosechas, 2000-2004) de la mandarina Arrayana en seis patrones. C.I. La Libertad, Villavicencio (Meta). Árboles plantados en 1997.

Patrón	Contenido de jugo (%)	SST (%)	ATT (%)	Relación SST/ATT	Peso fresco de frutos (g)
Carrizo	39,10a*	7,74ab	0,60a	12,9ab	166,86c
Swingle	39,89a	8,19a	0,67a	12,2ab	184,08a
Cleopatra	38,48a	8,13a	0,60a	13,5a	159,25d
Sunki × English	39,46a	7,75ab	0,65a	11,9ab	173,54b
Sunki × Jacobson	39,53a	8,04a	0,72a	11,2ab	173,15b
Volkameriana	40,34a	7,25b	0,72a	10,1b	184,72a
Significancia	ns	*	ns	*	**
Coefficiente de varianza	5,53	2,44	9,21	8,58	0,79

\* Valores con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes, según Tukey ( $P \leq 0,05$ ).  
SST = Sólidos solubles totales, ATT = Acidez total titulable.

Los patrones se pueden clasificar por el tamaño de los frutos en 3 grupos: 1) el grupo de patrones de fruta grande, conformado por los frutos producidos por los patrones Volkameriana y Swingle; 2) el grupo de patrones que producen fruta mediana, conformado por los híbridos, Sunki × English y Sunki × Jacobson; 3) el de los patrones que producen fruta pequeña, en el que están Carrizo, separado estadísticamente de la mandarina Cleopatra, que produce los frutos más pequeños (los dos últimos patrones presentan diferencias estadísticas). Si bien, no se han realizado trabajos sobre cuáles son las características ideales del fruto de la mandarina Arrayana, se considera que el tamaño apropiado de la variedad estaría entre 150 y 180 g por fruto. Swingle se caracteriza por producir frutas de tamaño medio y Volkameriana, por producir frutas de tamaño grande (Castle y Gmitter, 1999). En experimentos con mandarina Ponkan, Volkameriana desarrolló el mayor tamaño de la fruta (Stenzel *et al.*, 2003); Sunki × English, Sunki × Jacobson presentan fruta del mismo tamaño, y no se tienen reportes del comportamiento de estos patrones en la literatura científica. El patrón Cleopatra está reportado como uno que disminuye el tamaño de la fruta, en tanto que Carrizo produce un tamaño de fruta intermedio a grande (Castle, 1987; Castle y Gmitter, 1999).

No existen diferencias estadísticas entre el contenido de jugo de la fruta, siendo el valor más alto el de Volkameriana y el más bajo el de la mandarina Cleopatra; los contenidos de jugo de los demás patrones están dentro de los de estos dos patrones. Los contenidos de jugo obtenidos se consideran altos para una mandarina, teniendo en cuenta que la mandarina Ponkan (una de las más cultivadas en el mundo) obtuvo en un experimento 27,4% de contenido de jugo en promedio para siete patrones (Stenzel *et al.*, 2003).

La concentración mayor de sólidos solubles totales la alcanzaron el citrumelo Swingle y la mandarina Cleopatra, seguidos por Sunki × Jacobson, sin diferencia estadística entre ellos, al igual que con Sunki × English y Carrizo. Los tres primeros patrones superaron estadísticamente a Volkameriana, que presentó la concentración menor de los patrones evaluados, pero sin diferencia estadística con Carrizo y Sunki × English.

Las concentraciones de la acidez total titulable no presentaron diferencias estadísticas para todos los patrones, siendo la mayor la de Sunki × Jacobson y Volkameriana y la menor la de la mandarina Cleopatra. El índice de madurez (relación SST/ATT) más

alto lo presentó la mandarina Cleopatra y el menor, Volkameriana, con diferencias estadísticas entre ellos; los demás patrones mostraron valores intermedios. Cleopatra es un patrón que se recomienda para su uso en Florida con la mandarina Temple e híbridos de mandarina –Orlando, Nova, Murcott, Robinson y Minneola–, por la buena calidad de fruta que producen sobre este patrón (Hearn y Hutchison, 1977). El segundo valor de índice de madurez es para el citrange Carrizo (12,9), que es usado en Florida para varios cultivares (Castle y Gmitter, 1999) y en España para mandarinas y naranjas, por las buenas características que transmiten a la fruta (Forner *et al.*, 2003); le siguen: Swingle con 12,2, los híbridos de Sunki × English con 11,9, Sunki × Jacobson con 11,2 y, en el último lugar, Volkameriana con 10,2. El índice de madurez menor de Volkameriana –híbrido natural del limonero– puede estar relacionado con el hecho de ser un patrón con alta conductividad hidráulica, lo que ocasiona una mayor dilución de los sólidos solubles totales y de la acidez y puede influir en una calidad menor de la fruta (Davies y Albrigo, 1994).

## Conclusiones

- Los resultados obtenidos por el citrumelo Swingle en las variables: producción por planta, eficiencia de producción, precocidad, peso y calidad del fruto; lo señalan como un patrón promisorio para la mandarina Arrayana en condiciones del piedemonte del Meta.
- Las plantas de Arrayana injertadas en mandarina Cleopatra –testigo regional– y en los patrones híbridos de mandarina Sunki con naranja trifoliada (Sunki × English y Sunki × Jacobson) presentan un comportamiento intermedio en rendimiento y en eficiencia productiva de la copa, así como buen tamaño y calidad de fruta. Es necesario continuar su evaluación en un número mayor de cosechas para determinar su evolución en producción y sanidad en la región.
- El patrón Volkameriana ocupa el segundo lugar en producción acumulada y en eficiencia de producción por volumen de copa. Este patrón produjo frutas grandes y de calidad aceptable, por lo que puede ser una alternativa adicional para su utilización por los citricultores llaneros.
- El patrón citrange Carrizo presentó los niveles más bajos de producción por planta y de eficiencia productiva de la copa entre los patrones evaluados, lo que

señala su escasa adaptación a las condiciones climáticas y edáficas de la región.

- Las condiciones climáticas del piedemonte del Meta, en especial la temperatura media alta, la acumulación de unidades de calor y la precipitación, así como las condiciones del suelo, disminuyen la influencia que ejerce el patrón sobre la altura de la planta, el volumen de copa (sólo Carrizo fue menor), el porcentaje de jugo y acidez de la fruta de la mandarina Arrayana. La obtención de plantas de tamaño menor para disminuir los costos de manejo del cultivo no fue posible con los patrones evaluados en el experimento.

## Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a Heberth Velásquez, Capitolino Ciprian, David López y Alfredo Pardo, encargados del manejo de los experimentos de cítricos en el Centro de Investigación La Libertad de Corpoica, en Villavicencio (Meta), y a los directivos y personal administrativo del Centro porque sin su apoyo no habría sido posible obtener la información utilizada en este trabajo.

Esta investigación fue cofinanciada con recursos del Plan Nacional de Transferencia de Tecnología (Pro-natta) en 1996-1998 y 2000-2003, del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en 2004-2005 y por la Corporación Colombiana Agropecuaria (Corpoica) desde el inicio de la investigación.

## Literatura citada

- Castle, W.S. 1987. Citrus rootstocks. En: Rom, R.C. y R.C. Carlson (eds.). Rootstocks for fruit crops. Jhon Wiley and Sons, New York. pp. 361-369.
- Castle, W.S. y F.G. Gmitter. 1999. Rootstock and scion selection. En: Timmer, L.W. y L.W. Duncan (eds.). Citrus health management. University of Florida, aps Press, St. Paul, MN. pp. 21-35.
- Davies, E.S. y L.G. Albrigo. 1994. Citrus. CAB International, Wallingford (UK). 254 p.
- Forner, J.B., M.A. Forner-Giner y A. Alcaide. 2003. Forner-Alcaide 5 and Forner-Alcaide 13: two new citrus rootstocks released in Spain. HortScience 38(4), 629-630.
- Georgiou, A. y C. Gregoriou. 1999. Growth, yield and fruit quality of Shamouti orange on fourteen rootstocks in Cyprus. Scientia Hort. 80, 113-121.
- Hearn, C.J. y D.J. Hutchison. 1977. The influence of Robinson and Page citrus hybrids on 10 rootstocks. Proc. Florida State Hort. Sci. 90, 44-47.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. 2004. Estudio general de suelos y zonificación de tierras. Departamento de Meta. Bogotá.

- López, A. y J.H. Cardona. 2005. Evaluación de portainjertos para cítricos en la Zona Cafetera. Memorias. v Congreso Nacional de Citricultores, Pereira.
- Malavolta, E. 1995. Nutrición y fertilización de los cítricos. En: Guerrero, R. (ed.). Fertilización de cultivos de clima medio. 2ª edición. Monómeros Colombo-Venezolanos, Bogotá. pp. 133-169.
- Orduz, J. y J. Baquero. 2003. Aspectos básicos para el cultivo de los cítricos en el Piedemonte Llanero. Revista Achagua 7(9) 7-19.
- Pérez-Zamora, O., V. Medina y S. Becerra. 2002. Crecimiento y rendimiento de naranja Valencia injertada en 16 portainjertos de cítricos establecidos en suelo calcimórfico, y calidad del jugo. Agrociencia 36, 137-148.
- Pompeu-Junior, J. 1991. Porta-enxertos. En: Rodriguez, O., J. Viégas, J. Pompeu-Junior y A. Amaro (eds.). Citricultura brasileira. Fundacao Cargill, Campinas. pp. 265-280.
- Roose, M.L. y N.P. Maxwell. 1979. Performance of mature nucellar Redblush grapefruit on 22 rootstocks in Texas. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104, 449-451.
- Roose, M.L., D.A. Cole, D. Atkin y R.S. Kupper. 1989. Yield and tree size of four citrus cultivars on 21 rootstocks in California. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114(4), 678-684.
- Stenzel, N., C. Neves, J. Gomes y C. Medina. 2003. Performance of Ponkan mandarin on seven rootstocks in Southern Brazil. HortScience 38 (2), 176-178.
- Turrel, F.M. 1946. Tables of surfaces and volumes of spheres and of prolates and oblates spheroides and spheroidal coefficients. University of California Press, Berkeley, CA.
- Wutscher, H.K. 1979. Citrus rootstocks. Hort. Rev. 1, 230-269.
- Wutscher, H.K. y F.W. Bistline. 1988. Performance of Hamlin orange on 30 citrus rootstocks in Southern Florida. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113, 493-497.
- Wutscher, H.K. y A.V. Schull. 1975. Yield, fruit quality, growth, and leaf nutrient levels of 14 year-old grapefruit *Citrus paradisi* Macf. trees on 21 rootstocks in South Texas. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100, 290-294.
- Wutscher, H.K. y A.V. Schull. 1976. Performance of Marrs early orange on eleven rootstocks in south Texas. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101, 158-161.