

Efecto de distancias de plantación sobre el rendimiento y crecimiento vegetativo de la naranja 'Valencia' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) en el trópico bajo húmedo de Colombia

The effect of planting distance on 'Valencia' orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) vegetative yield and growth in humid low tropical regions of Colombia

Efeito da distancia de plantio sobre o rendimento e crescimento vegetativo da laranja Valencia' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) no trópico baixo umido da Colombia

Diana Mateus-Cagua¹, Javier O. Orduz-Rodriguez²

¹ Ingeniera Agrónoma, Investigadora Corpoica, CI La Libertad.

² Ingeniero Agrónomo, PhD, Investigador Corpoica, CI La Libertad.

Email: jorduz@corpoica.org.co

Recibido: junio 11 de 2015

Aceptado: mayo 05 de 2016.

Resumen

En condiciones del trópico bajo húmedo las plantas de cítricos alcanzan las mayores tasas de crecimiento y tamaño de todas las regiones cítrícolas del mundo debido a la alta acumulación de unidades de calor durante el año y precipitaciones superiores a 2800 mm/año que favorecen las tasas fotosintéticas y el crecimiento continuo de las plantas lo que determina las distancias de plantación. Se evaluó la evolución de las variables vegetativas y reproductivas de un lote experimental de naranja 'Valencia' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) injertada sobre mandarina Cleopatra (*Citrus reshni* Hort ex Tan) en suelos Oxisoles de la terraza alta del piedemonte del Meta (trópico bajo) en 3 distancias entre filas (8, 7 y 6 m) y 2 distancias entre plantas (5 y 4 m). La distancia entre plantas resultó ser la variable con mayor influencia sobre en el comportamiento vegetativo y productivo. Las menores distancias entre plantas (4 m) presentaron los menores rendimientos, lo que incidió en la rentabilidad de los tratamientos. La mayor competencia se presentó con la distancia de 4 m y en menor proporción con 5 m entre plantas. La interacción 6 x 5 m indujo la mayor producción y las mayores tasas de rentabilidad. El aumento en las densidades de plantación en los cultivos de cítricos en condiciones del trópico bajo debe estar acompañado del uso de patrones que induzcan plantas de porte medio a bajo que permitan aumentar la densidad de siembra en cultivos de naranja 'Valencia'.

Palabras clave: Piedemonte Llanero, Oxisoles, Rentabilidad, TIR

Abstract

Citric plants reach greater growth rates and size in humid low tropical conditions than in all other citrus growing in regions worldwide due to the high heat unit accumulation during the year and rainfall than 2,800 mm/year, favouring photosynthe-

tic rates and the continuous growth of plants, thereby determining planting distances. Some characteristics on vegetative cycle and reproductive aspects an experimental lot planted with 'Valencia' orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) grafted onto Cleopatra tangerine (*Citrus reshni* Hort ex Tan) was evaluated on high terrace oxisol soils from the piedmont of the Meta department (low tropical region in Colombia), with 3 distances between rows (8, 7 and 6 m) and 2 distances between plants (5 and 4 m). Planting distance had the greatest influence on vegetative and productive behaviour; less distance between plants (4 m) led to lower yields, thereby affecting treatment profitability. Distance of 4 m between plants provided the greatest competition and a 5 m distance to a lesser extent. The 6 x 5 m interaction led to the greatest production and highest profitability rates. Increased planting density regarding citric crops in low tropical conditions must be accompanied by using patterns which induce medium- to low sized plants thereby increasing planting density for to 'Valencia' orange crops.

Key words: The piedmont of Colombia's eastern plains, oxisol soil, profitability, internal rate of return (IRR).

Resumo

Nas condições de trópico baixo úmido as plantas cítricas têm alcançado as mais altas taxas de crescimento e tamanho de todas as regiões citrícolas do mundo, devido à elevada acumulação de unidades de calor durante o ano, e pluviosidade maior a 2800 mm / ano favorecendo as taxas fotossintéticas e o crescimento contínuo das plantas que determina as distâncias de plantio. Foi avaliado o desenvolvimento vegetativo e as variáveis reprodutivas de um lote experimental de laranja Valência (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) enxertada sobre tangerina Cleópatra (*Citrus reshni* Hort ex Tan) em oxisolos no terraço alto do Piedemonte no Meta (trópico baixo) em três distâncias entre linhas (8, 7 e 6 m) e duas distâncias entre plantas (5 e 4 m). A distância entre as plantas foi a variável com maior influência sobre o comportamento vegetativo e produtivo. As distâncias mais curtas entre plantas (4 m) apresentaram os menores rendimentos, o que afetou a rentabilidade dos tratamentos. A maior concorrência foi apresentada com a distância de 4 m e, em menor medida, com 5 m entre plantas. Interação 6x5 m induz o aumento da produção e maiores taxas de retorno. O aumento nas densidades de plantio em pomares de citros em condições de trópico baixo deve ser acompanhado pelo uso de padrões que induzem plantas de porte médio a baixo, que permitam aumentar a densidade de plantio nas culturas de laranja 'Valência'.

Palavras chave: Piedemonte llanero, Oxisoles, rentabilidade TIR

Introducción

Los cítricos son los frutales más cultivados en Colombia después del banano, la Encuesta Nacional Agropecuaria del 2014 reporta 76.029 hectáreas cultivadas. Se estima que cerca del 50% del área establecida corresponde a naranja, siendo Valencia la variedad más plantada no solo a nivel nacional sino mundial; esto principalmente por su amplio rango de adaptación ecológica. En Colombia se cultivan en suelos con diferentes pendientes, desde los planos en los valles interandinos y la Orinoquia hasta los de fuerte pendiente en las tres cordilleras (MADR, 2005) lo cual ocasiona una diferencia en el manejo agronómico y de los costos de producción.

Diversos autores han mencionado los factores técnicos que tienen efecto significativo sobre la eficiencia de los sistemas productivos; entre estos se cuentan los arreglos y distancias de plantación, el genotipo (la relación entre la variedad y el patrón seleccionado, y su interacción con el ambiente), la nutrición mineral, y las prácticas hortícolas (Bitters, 1960; Morin y Franciosi, 1980; Gardiazabal y Rosenberg 1991; Davies y Albrigo, 1994 y Agustí, *et al.*, 2003). En el caso de los cultivos permanentes la buena selección del arreglo de plantación y distancias de siembra es fundamental

ya que no pueden ser modificadas en el corto plazo; y presentan una influencia directa sobre los rendimientos y el valor del kg de fruta producido.

Históricamente la selección del número de árboles y su distribución ha sido unas de las estrategias empleadas en fruticultura para incrementar la producción por unidad de superficie particularmente en cultivos perennes; siendo presionado por la restricción en la disponibilidad de tierras, el consumo de energía y los indicadores económicos (Reitz, 1978) y se ha extendido hasta el día de hoy a la mayoría de los cultivos en todo el mundo como estrategia agro-económica. Existe un amplio número de posibilidades para seleccionar las distancias y el diseño de las plantaciones. Las densidades de plantación en cítricos pueden variar desde 156 árboles/ha en el estado de La Florida (Estados Unidos) hasta 1.111 árboles/ha plantadas a 3 x 3 en Japón (Davies y Albrigo, 1994).

La determinación del número de árboles depende básicamente de las condiciones climáticas del lugar en que vaya a ser establecido el huerto (acumulación de unidades de calor, humedad y radiación solar) las cuales están asociadas al desarrollo vegetativo y al manejo fitosanitario. El estudio de las densidades de plantación

se encuentra estrechamente relacionado con los efectos que produce en la planta, la competencia intraespecífica por nutrientes, agua y espacio. Sumado a la eficiencia en la captación de la radiación solar que influye directamente en el comportamiento productivo (Fageria, 1992). Lo anterior es relevante en citricultura teniendo en cuenta las modificaciones anuales de tamaño de las plantas y la larga duración de los cultivos que puede ser superior a 20 años.

En las regiones cítricas de Colombia la mayoría de estas variables han sido ajustadas en el tiempo por los productores sin prever como estas decisiones podrían afectar el potencial productivo de las especies y la rentabilidad económica del cultivo, tal es el caso de las distancias de plantación. En el piedemonte del Meta (trópico bajo húmedo) para la naranja 'Valencia' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) injertada sobre mandarina Cleopatra (*Citrus reshni* Hort ex Tan), los diseños de plantación utilizados emplean por lo general distancias de plantación de 8x6 m con densidad de 208 plantas/hectárea.

Con el objetivo de obtener resultados para determinar las densidades de plantación óptimas para los cultivos de naranja 'Valencia' en la región como una de las estrategias para aumentar los rendimientos y la rentabilidad del cultivo, se evaluaron seis distancias de siembra en las condiciones de suelos Oxisoles de la terraza alta del Piedemonte Llanero de Colombia, efectuando mediciones durante 12 años en las variables crecimiento vegetativo, producción y rentabilidad económica.

Materiales y métodos

Las plantas se injertaron en el año de 1996 utilizando como copa un clon regional de naranja 'Valencia' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), y mandarina Cleopatra como patrón (*Citrus reshni* Hort ex Tan), usado en la zona por su tolerancia a las principales enfermedades de cítricos (López y Cardona, 2007). Fueron plantadas en julio de 1997 en un lote del Centro de Investigación La Libertad de Corpoica en Villavicencio (Colombia).

El piedemonte del Meta se clasifica como bosque húmedo tropical (IGAC, 2004), la temperatura media anual es de 26°C, precipitación media anual de 2.918 mm con régimen monomodal. Anualmente se presenta una época seca en los meses diciembre a febrero mientras que los meses restantes presenta una precipitación superior a la demanda del cultivo (Orduz y Fischer, 2007). El tipo de suelo del área experimental es clasificado como Typic Haplustox de textura F.A. Estos suelos son terrazas altas, clase IV, recomendados para el establecimiento de cítricos en el Piedemonte

del Meta (Orduz y Baquero, 2003). Antes del trasplante se aplicaron correctivos al suelo con el fin de elevar la saturación de bases hasta el 70% utilizando la fórmula sugerida por Malavolta (1995). Se realizó la fertilización anual de acuerdo a los resultados de análisis de suelo y foliar para el mantenimiento del cultivo. El huerto experimental recibió el mismo manejo hortícola en todos los tratamientos de acuerdo a las recomendaciones de Corpoica para cítricos establecidos en el piedemonte llanero (Orduz y Baquero, 2003)

Para evaluar el efecto de las distancias de plantación entre filas y plantas (tratamientos en tabla 1), su interacción y la influencia sobre las variables de crecimiento y producción se registró información de campo desde el año 1998.

Tabla 1. Distancias de plantación evaluadas y densidades de plantación resultantes.

Tratamiento	Distancia entre filas (m)	Distancia entre plantas (m)	Densidad de plantación (árboles/ha)
T1	6	4	416
T2	7	4	357
T3	8	4	312
T4	6	5	333
T5	7	5	285
T6	8	5	250

Al finalizar la época lluviosa del año 1998 se inició el registro de la variable altura, teniendo en cuenta que en la época seca cesa el crecimiento de las plantas; mientras que las medidas de volumen de copa se tomaron desde el año 2000. En el año 2002 se inició el registro productivo, con la cosecha principal entre finales de noviembre y enero.

El volumen de la copa fue calculado usando la fórmula de Turrel (1946)

$$V = 0,5236 \cdot H \cdot D^2$$

H= Altura de la copa (m)

D= Diámetro copa N-S y E-W (m)

El índice de eficiencia (IE) se obtuvo mediante la relación entre la producción anual y volumen de la copa.

La información capturada se analizó utilizando el procedimiento GLM (General Lineal Model) del paquete estadístico SAS® (versión 9.0), para un diseño de

parcelas divididas con arreglo factorial 2x3, bajo el siguiente modelo (Montgomery, 1991):

$$Y_{ijk} = \mu + \Gamma_i + \alpha_j + \alpha(\Gamma)_{ij} + \beta_k + \beta(\Gamma)_{ik} + \alpha\beta_{jk} + \alpha\beta(\Gamma)_{ijk} + \Gamma_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk}	comportamiento de las variables de crecimiento y producción durante el i -ésimo día en la j -ésima distancia entre plantas y en la k -ésima distancia entre filas
μ	es el promedio poblacional de las variables de crecimiento
Γ_i	es el efecto del día de evaluación con i de 1 a 4.355 días
α_j	es el efecto de la distancia entre plantas con j igual a 4 y 5 metros
$\alpha(\Gamma)_{ij}$	es el efecto de la distancia entre plantas en cada día de evaluación
β_k	es el efecto de la distancia entre filas con k igual a 6, 7 y 8 metros
$\beta(\Gamma)_{ik}$	es el efecto de la distancia entre filas en cada día de evaluación
$\alpha\beta_{jk}$	es el efecto de la interacción de los efectos principales distancia entre plantas y distancia entre filas
$\alpha\beta(\Gamma)_{ijk}$	es el efecto de la interacción de los efectos principales distancia entre plantas y distancia entre filas en cada día de evaluación
Γ_{ijk}	es el error asociado con el i -ésimo día de evaluación en la j -ésima distancia entre plantas y en la k -ésima distancia entre filas

Se comprobaron los supuestos del modelo i) material experimental homogéneo, ii) el error experimental es una $VAI \sim N(0; \sigma^2)$ (Levene, 1960; Shapiro y Wilk, 1965).

Para el análisis de la rentabilidad económica de los tratamientos evaluados se elaboró la estructura de costos siguiendo las metodologías estándar para cultivos. En los cálculos económicos se utilizó el valor comercial del arriendo por hectárea imperante en la región; los demás gastos se relacionaron con los egresos anuales ejecutados para el sostenimiento del ensayo proyectado al valor por hectárea. Para el cálculo de los ingresos se tuvo en cuenta el valor recibido por la venta de la fruta en campo; se tomó el promedio del precio más alto y más bajo durante el periodo del ejercicio (\$350/kg) mientras el costo de los insumos se calculó a precios corrientes 2015.

Para determinar el costo de producción de los seis sistemas de plantación evaluados en cada una de las fases del cultivo de naranja 'Valencia', se identificaron los gastos de las prácticas de establecimiento y mantenimiento de la plantación, los cuales se agruparon

en las siguientes categorías: preparación del terreno, material vegetal, correctivos, fertilizantes, agroquímicos, mano de obra, equipos herramientas y gastos de administración.

Se utilizaron tres indicadores de evaluación económica que permitieron establecer en qué medida la rentabilidad fue afectada por un parámetro técnico, particularmente la selección de un sistema de plantación (distancias y densidades de siembra), esto para brindar herramientas científicas que permitan aumentar la eficiencia de los sistemas productivos al aumentar la productividad. Los indicadores empleados fueron: valor presente neto (VPN), tasa interna de retorno (TIR) y relación beneficio-costos (B/C).

Resultados y discusión

Efecto de los arreglos de plantación sobre el crecimiento y la producción de naranja 'Valencia'

Los resultados estadísticos mostraron que el 94,36% de la variabilidad de altura es explicada por el modelo por lo cual es adecuado para describir la relación de las variables, además de encontrar una baja variabilidad en los datos (CV % =8,78).

Se encontró como resultado de 12 años de evaluación que el efecto de la interacción de las dos distancias eran estadísticamente significativas a un $\alpha=0,05$ para la variable altura planta y era la que mejor explicaba la respuesta, sin embargo también se encontró que el efecto de la distancia entre plantas tenía una fuerte influencia. De acuerdo con esto la distancia entre plantas de 4 metros fue la que en general indujo una mayor altura; a excepción de la interacción 6x5 (333 plantas/ha) que fue la que ocupó el primer lugar.

Si bien se encontró diferencia estadística en esta variable, solo en los dos últimos años ésta diferencia se hizo evidente. A pesar de esto el margen de diferencia entre la más alta y la más baja en el ciclo evaluado fue de 1 metro (figura 1).

Los resultados además permiten observar que durante el último año de evaluación, la variable altura de la planta presenta los menores valores en los tratamientos de menor densidad. Mientras que en densidades medias a altas, la altura tiende a ser mayor (aquellas con menor distancia entre plantas).

Esta tendencia al crecimiento vertical es la respuesta de las plantas al aumento de la densidad de plantación y señala la competencia entre plantas por la luz, ya que la disponibilidad de radiación dentro de la copa es

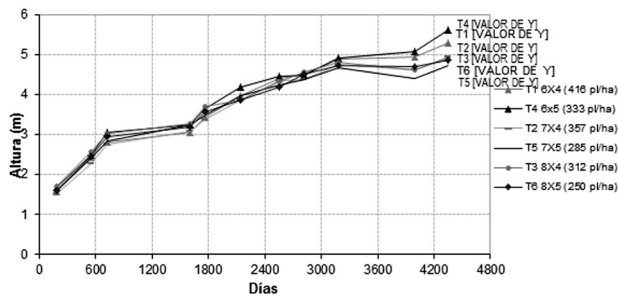


Figura 1. Altura de plantas de naranja ‘Valencia’ evaluadas en 6 distancias de plantación. Corpoica La Libertad 1998-2010.

menor debido a la superposición de las ramas creando auto sombreado que limita el desarrollo de yemas laterales. La radiación es interceptada por el estrato superior del dosel provocando la elongación de las plantas con la proliferación de yemas terminales para capturar mayor cantidad de luz (Castillo *et al.*, 1997, Westgate *et al.*, 1997 y Rodríguez, 1972); afectando por competencia las yemas reproductivas.

En la figura 2 se observa el comportamiento del volumen de copa desde los 500 días después de establecidas las plantas hasta los 4355 (de los años 2000 a 2010). De acuerdo a los resultados estadísticos sobre esta variable hay efecto de distancia entre filas, distancia entre plantas, e interacción de estas dos, sin embargo la interacción es la que mejor explica la respuesta del volumen de copa; adicional el modelo explica la respuesta en un 85% con un CV=27,5%. En general las interacciones con distancia entre plantas de 5 metros son las que más altos volúmenes de copa presentaron en la mayoría de las evaluaciones realizadas.

El volumen de la copa se ve restringido con la menor distancia evaluada entre plantas (figura 2) debido al encuentro entre copas que en condiciones tropicales se alcanza rápidamente por la alta acumulación de biomasa, a pesar de esto el tamaño alcanzado por las plantas es muy superior en comparación al presentado en otras latitudes. La distancia de 4 m alcanza los menores valores en las tres interacciones; mientras que en los tratamientos con distancias de 5 m la copa alcanza los valores más altos (figura 2). La competencia por la reducción del espacio provoca copas de menor tamaño, las plantas toman forma alargada y crecen verticalmente juntas formando filas, es decir, pierden individualidad (Villalobos, 2009; Boswell *et al.*, 1970). Boswell y Atkin (1978), y Phillips (1978) confirman que las altas densidades por efecto de la competencia, provocan plantas con copas de menor tamaño con tendencia a crecer en altura.

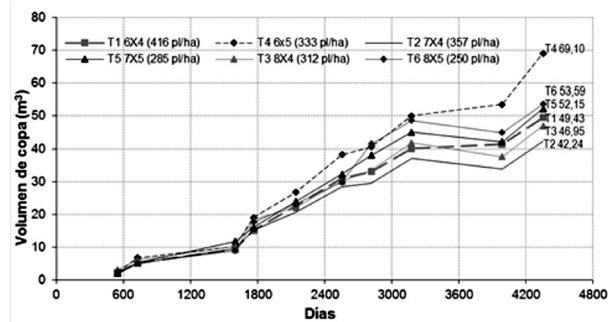


Figura 2. Volumen de copa de naranja ‘Valencia’ evaluada en 6 distancias de plantación. Corpoica La Libertad 2000-2010

En la variable producción se encontró que el modelo explica el 56,35% de la respuesta lo cual sugiere que si bien la producción por árbol está influenciada por estos factores (distancia entre plantas y entre filas) hay otros que también juegan un papel importante. La distancia entre filas, distancia entre plantas, y la interacción en el tiempo fueron estadísticamente significativas en la variable producción por planta en naranja ‘Valencia’ (tabla 2). La mayor producción por planta se presentó en las interacciones que tenían 5 m de distancia entre plantas como se puede observar en la producción acumulada de 8 años; además, de las seis interacciones la que indujo en promedio mayor producción por árbol fue 6x5 m.

Al calcular el rendimiento por hectárea (ha) se logra determinar que no se guarda una relación directa con la producción por planta, es decir, en bajas densidades con distancias entre plantas amplias la producción por individuo tiende a ser alta sin embargo al evaluar el rendimiento por hectárea este valor tiende a ser superado por los arreglos donde la densidad es mayor y la producción por planta menor (Arce, 2002; Villalobos, 2009). Esta diferencia puede explicarse con la influencia de las distancias de plantación sobre la capacidad del cultivo en la captación de la radiación incidente (Bullock *et al.*, 1988).

El tratamiento de mayor densidad (6x4 m, 416 plantas) tuvo una producción media de 60 kg/planta, fue el quinto arreglo en producción individual (entre seis), sin embargo presentó rendimientos importantes por hectárea ubicándose en el segundo lugar. En un huerto semicomercial de naranja ‘Valencia’ establecido a 8x6 m en la misma localidad Mateus *et al.*, (2010), encontraron un promedio de producción por planta de 120 kg; mayor al promedio obtenido en 6x5 m pero un menor rendimiento por hectárea con 24,9 toneladas debido a que la densidad de plantación era menor (208 plantas/ha). Lo anterior señala la importancia del

Tabla 2. Producción media anual (kg/árbol) y producción acumulada de naranja ‘Valencia’ en interacción de tres distancias entre filas y dos entre plantas evaluados en los años 2002-2009.

	2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009		Acumulado
6x5 (333)	89,9	a	102,7	b	78,4	a	111,3	b	40,8	ab	189,6	b	151,5	d	50,1	a	1054
8x5 (250)	75,3	a	32,5	ab	42,5	a	89,5	ab	95,1	b	153,6	pc	110,3	cd	46,4	a	845,2
7x5 (285)	83,4	a	87,7	ab	67,5	a	91,6	ab	42,1	ab	138,4	ab	27,5	a	53,1	a	782,8
8x4 (312)	59,5	a	41,5	a	56,0	a	67,2	ab	76,3	ab	95,1	a	93,2	bc	20,3	a	624,5
6x4 (416)	73,3	a	62,7	ab	54,6	a	69,3	ab	45,9	ab	112,2	ac	47,3	abc	19,9	a	617,3
7x4 (357)	77,1	a	52,1	ab	28,8	a	41,9	a	30,3	a	125	ac	36,5	ab	19,7	a	556,1

* Medias con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey 0,05).

arreglo espacial y el número de plantas establecidas sobre la producción de un huerto.

El incremento de la producción por unidad de área es uno de los objetivos primordiales de la modificación en la densidad de plantación en cultivos comerciales. Según Raffo e Iglesias (2004) las plantaciones con un alto número de plantas de tamaño reducido por hectárea pueden llegar a interceptar los niveles de radiación máximos con anticipación, lo cual está directamente relacionado con el proceso fotosintético, desarrollo y economía del cultivo.

En este ensayo 6x5 m fue la distancia de plantación que presentó la mayor eficiencia productiva con 2,65 kg/m³ seguida por 8x5 m con 2,41 kg/m³. En la tabla 3, los resultados muestran que la eficiencia está influenciada principalmente por la distancia entre plantas, siendo mayor en los arreglos de 5 m, lo anterior debido a que dispone de más espacio y mejora la distribución de la radiación en la copa aumentando el área efectiva para cuajado de frutos. En la distancia de 4 m se presentaron los menores rendimientos.

Los resultados en producción y eficiencia económica señalan el T4 (5 m entre filas y 4 m entre plantas) de densidad intermedia como el tratamiento de mejor respuesta. Esta densidad intermedia con distancia entre plantas de 5 m favoreció la menor competencia entre ellas y tuvo un efecto positivo posiblemente en la eficiencia de la interceptación de la radiación solar reflejada en la alta producción; mientras que la fila de 6 m permite aumentar la densidad de plantas y por tanto los rendimientos por hectárea.

Influencia de las distancias de plantación en la rentabilidad

Para evaluar el efecto de los tratamientos en la rentabilidad del cultivo se realizó un análisis financiero a los huertos teniendo en cuenta los costos de producción por hectárea (tabla 4).

Se encontró que en la etapa de establecimiento la menor inversión de acuerdo al flujo de fondos se realizó en T6, seguida de T5, T3, T4, T2 y por último T1, con una diferencia entre el primero y el último de

Tabla 3. Eficiencia productiva de naranja ‘Valencia’ (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) promedio acumulado en 6 densidades de plantación. Corpoica la Libertad 2002 - 2009.

Distancia (m) y densidad de plantación (plantas/ha)	Tratamiento	Producción (kg/árbol)	Volumen de copa* (m ³)	Eficiencia productiva (kg/m ³)
6x4 (416)	T1	60,6	30,22	2,00
7x4 (357)	T2	51,4	27,03	1,90
6x5 (333)	T4	101,8	38,40	2,65
8x4 (312)	T3	63,6	30,06	2,12
7x5 (285)	T5	73,9	32,65	2,26
8x5 (250)	T6	80,7	33,52	2,41

\$1.362.134, es decir que en general la inversión aumentó con la densidad de plantación (tabla 4).

El flujo de caja mostró que durante el ciclo del cultivo el primer año es el de mayor inversión. En el arreglo de mayor densidad por ejemplo, se pasó de un gasto de \$7.090.454 a \$2.374.066 en el segundo año. Este valor (de sostenimiento) aumentó paulatinamente con el desarrollo del cultivo, estabilizándose en el quinto-sexto año, alcanzando los egresos valores de sostenimiento entre \$4.275.960 y \$3.202.980 en el año 12 para huertos con mayor y menor densidad respectivamente.

Los huertos iniciaron su producción comercial al quinto año como ha sido reportado para el patrón Cleopatra en la región (Ordúz y Mateus, 2012); este aspecto técnico dentro del cultivo también debe ser considerado ya que se ha reportado el efecto de los patrones en la temprana o tardía entrada a producción (precocidad) lo cual tiene importantes implicaciones económicas (Hardy, 2008; Castle, *et al.*, 2010 y Arango, *et al.*, 2009). En este aspecto Chaparro *et al.*, (2015) presentan resultados de naranja ‘Valencia’ evaluada sobre 9 patrones.

En la tabla 4 se puede constatar que el T4 es el que presenta los mayores ingresos, casi duplicando al T2 que es el que menores ingresos anuales produjo. A pesar de que T4 ocupó el tercer lugar en egresos totales de 12 años, la alta productividad compensó los costos hasta convertirlo en el tratamiento más eficiente económicamente superando al arreglo de mayor densidad, que requiere una mayor inversión en mano de obra e insumos anual al tener un mayor número de plantas. Este comportamiento es más evidente al observar la utilidad neta; el T4 dobla al tratamiento que ocupa el segundo lugar (T1, de mayor densidad) y es

6 veces mayor al tratamiento con menor utilidad neta en los 12 años (T2).

De los seis tratamientos evaluados el que menor beneficio económico produjo fue el T2, el valor TIR (8,68%) fue menor a las dos tasas empleadas (9% y 12%) para determinar el VPN, lo cual significa que este tratamiento solo tiene una tasa de retorno del capital invertido de máximo ese valor (tabla 5). T6, T1 y T5 presentaron una rentabilidad media respecto a los seis tratamientos evaluados. Mientras que el tratamiento que mayor rentabilidad generó fue T4 con 30,13%. Mateus *et al.*, (2010), reportan un comportamiento similar en naranja ‘Valencia’ con una TIR de 34,31%.

Productividad – Rentabilidad

En condiciones de trópico bajo húmedo los cítricos tienen un importante desarrollo vegetativo, de tal forma que a medida que las distancias entre plantas disminuyen las copas se encuentran en un menor tiempo, entrando en competencia por la radiación fotosintéticamente activa, esto impediría el desarrollo adecuado de la planta al disminuir la cantidad de fotoasimilados y por tanto los rendimientos potenciales de las plantas (Morera, *et al.*, 2003). Por esta razón aunque el rendimiento medio por hectárea en la densidad de 416 plantas/ha fue la segunda más alta, la producción por planta se vio restringida y fue la segunda más baja entre los 6 tratamientos, los costos de las labores de fertilización y mantenimiento se incrementaron al necesitar mayor número de jornales para realizar las actividades de campo afectando la eficiencia económica reflejada en la tendencia de la TIR; comportamiento generalizado en distancias de 4 m entre plantas (figura 1).

Tabla 4. Ingresos, egresos y utilidad neta total del flujo de fondos de 12 años de evaluación de naranja ‘Valencia’ en seis densidades. C.I. La Libertad. 1997-2009.

Tratamiento	Ingresos	Egresos	Utilidad Neta
T4= Distancia 6x5 m Densidad 333pl/ha	\$ 94.913.700	-\$ 40.618.540	\$ 54.295.160
T1= Distancia 6x4 m Densidad 416pl/ha	\$ 70.769.300	-\$ 46.521.241	\$ 24.248.059
T5= Distancia 7x5 m Densidad 285 pl/ha	\$ 58.976.050	-\$ 38.021.798	\$ 20.954.252
T6= Distancia 8x5 m Densidad 250 pl/ha	\$ 56.463.050	-\$ 36.131.140	\$ 20.331.910
T3= Distancia 8x4 m Densidad 312 pl/ha	\$ 55.604.150	-\$ 39.775.355	\$ 15.828.795
T2= Distancia 7x4 m Densidad 357 pl/ha	\$ 51.375.800	-\$ 42.996.912	\$ 8.378.888

Tabla 5. Indicadores económicos de naranja ‘Valencia’ (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) en seis densidades de siembra. C.I la libertad. 12 años.*

Tratamiento	Sistema plantación	TIR	VPN		B/C	
			9%	12%	9%	12%
T4	6x5 (333 pl)	30,13%	\$ 23.280.123	\$ 17.273.596	2,89	2,44
T5	7x5 (285 pl)	18,90%	\$ 7.153.106	\$ 4.392.660	1,61	1,39
T1	6x4 (416 pl)	18,78%	\$ 8.263.518	\$ 5.052.024	1,61	1,38
T6	8x5 (250 pl)	15,19%	\$ 5.121.616	\$ 2.290.323	1,46	1,21
T3	8x4 (312 pl)	13,05%	\$ 3.132.939	\$ 708.787	1,26	1,06
T2	7x4 (357 pl)	8,68%	-\$ 203.029	-\$ 1.886.892	0,98	0,85

*Valores correspondientes a una hectárea (ha).

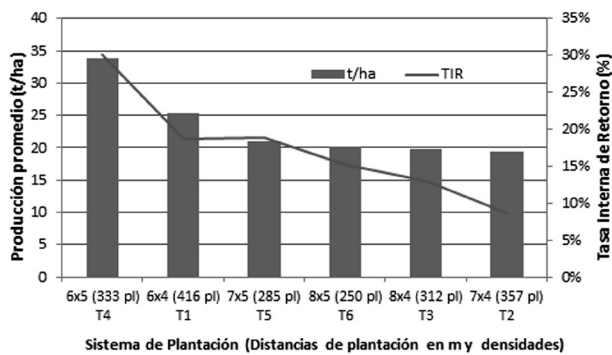


Figura 1. Producción promedio y TIR obtenida por cada tratamiento (sistema de plantación) evaluado en el C.I. La Libertad. 1998-2009.

Conclusiones

El arreglo y densidad de plantación en la naranja Valencia injertada en el patrón Cleopatra presentaron influencia en los rendimientos por plantas y en la rentabilidad de los cultivos siendo hasta 12 años después del trasplante la distancia de 6 m entre filas y 5 m entre plantas, la que presentó los mayores rendimientos por plante y la mayor rentabilidad.

El aumento en las densidades de plantación en los cultivos de cítricos en condiciones del trópico bajo debe estar acompañado de la evaluación de patrones que induzcan plantas de porte medio a bajo que permitan aumentar el número de plantas por hectárea y de esta forma aumentar el rendimiento potencial de los cultivos en estas condiciones.

Es necesario realizar investigación en las otras especies de cítricos de interés comercial con el fin de seleccionar los mejores arreglos y densidad de plantación

para las condiciones tropicales húmedas en donde las plantas obtienen el mayor tamaño.

Referencias

- Agustí M, Martínez A, Mesejo C, Juan M, Almela V. 2003. Crecimiento y desarrollo de los frutos cítricos. Generalitat Valenciana, p. 80.
- Arango L, Orduz J, León G. 2009. Patrones para cítricos en los llanos orientales de Colombia. Avances de Investigación. Corpoica. p. 12.
- Arce A. 2002. El cultivo de la patata. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Bitters WP. Citrus rootstocks for desert areas. California Citrogr. 1960;45(11):363-364.
- Boswell SB, Lewis C, McCarty C, Hench K. Tree spacing of Washington Navel oranges. J Amer Soc Horticult Sci. 1970;95:523-528.
- Boswell SB, Atkin D. Comparison of two Washington navel plantings at several densities: a vigorous scion-rootstock combination vs. a less vigorous combination. Proc Fla Sta Horticult. 1978;91:40-43.
- Bullock D, Nielsen R, Nyquist W. A growth analysis comparison of grown in conventional and equidistant plant spacing. Crop Sci. 1988;28:254-258.
- Castillo R, Arcila P.J, Jaramillo R, Sanabria J. Interceptación de la radiación fotosintéticamente activa y su relación con el área foliar de *Coffea arabica*. Cenicafé. 1997;48(3):182-194.
- Castle W, Baldwin J, Muraro R. Performance of ‘Valencia’ Sweet Orange Trees on 12 Rootstocks at Two Locations and an Economic Interpretation as a Basis for Rootstock Selection. Horticulture. 2010;45(4):523-533.
- Chaparro-Zambrano H, Velázquez H, y Orduz-Rodríguez O. Performance of ‘Valencia’ sweet orange grafted in different rootstocks, Colombia Tropical Lowland. 2001-2013. Agronomía Colombiana. 2015;33(1):43-48.
- Davies FS, Albrigo LG. 1994. Citrus. CAB International, Wallingford, U.K, p. 254.

- Fageria NK. 1992. Maximizing crops yield. New York, Marcel Dekker.
- Gardiazabal F, Rosenberg G. 1991. Cultivo de los cítricos. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía, Quillota, Chile. p. 400.
- Hardy S. Citrus High Density Management with Dwarfing rootstocks. Australian citrus grower conference 13-15 October Field tour report. Coastal fruitgrowers Newsletter. 2008;71:2-5.
- IGAC. 2004. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras. Departamento de Meta, Bogotá, Colombia.
- Levene H. 1960. Robust testes for equality of variances. En: Contributions to Probability and Statistics (I. Olkin, ed.) p. 278-292. Stanford Univ. Press, Palo Alto, CA.
- López J, Cardona J. 2007. Evaluación de portainjertos de cítricos en la zona central cafetera de Colombia, p. 23
- MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural). 2005. La cadena de cítricos de Colombia (1991-2005). Documento de trabajo N° 107, p. 65.
- Mateus D, Pulido X, Gutiérrez A, Orduz J. Evaluación económica de la producción de cítricos en el piedemonte del departamento del Meta durante 12 años. Orinoquia 2010;14(1):87-99.
- 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. p. 133-169.
- Morera S, Ramos JM, Sablón C. 2003. Conceptos y reflexiones que le ayudarán a elegir la distancia de plantación de sus cítricos. Instituto de investigaciones en fruticultura tropical. La Habana, Cuba.
- Montgomery DC. 1991. Introduction to Statistical Quality Control. New York, John Wiley & Sons.
- Morin C, Franciosi R. 1980. Propagación de los Cítricos: Generalidades. En: Cultivo de Cítricos. Editorial IICA. p. 119-121.
- Orduz J, Baquero J. Aspectos básicos para el cultivo de los cítricos en el piedemonte llanero. Revista Achagua. 2003;7(9):7-19.
- Orduz J, Fischer G. Balance hídrico y estudio de la influencia del estrés hídrico en la inducción y desarrollo de la floración de la mandarina "Arrayana" en el piedemonte llanero. Agron colomb. 2007;25(2):255-263.
- Orduz J, Mateus D. 2012. Generalidades de los cítricos y recomendaciones agronómicas para su cultivo en Colombia. En: Cítricos: Cultivo, Poscosecha E Industrialización.
- Phillips R. 1978. Citrus tree spacing and size control. Proc Int Soc Citriculture. p.319-324.
- Raffo MD, Iglesias N. Efecto de La intercepción y distribución de la radiación fotosintéticamente activa en manzanos cv. Fuji, bajo cuatro sistemas de conducción de alta densidad. RIA. 2004;33(2):29-42.
- Reitz HJ. Higher density plantings for Florida citrus: introduction to symposium. Proc Fla Sta Horticult Soc. 1978;91:26-330.
- Rodríguez O. 1972. Estudo de espaçamento, porta-enxerto e adubação para laranjeira-baianinha (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). 82p. Tese (Doutor em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba.
- Shapiro SS, Wilk MB. Analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika. 1965;52:591-611.
- Turrel FM. 1946. Tables of surfaces and volumes of spheres and of prolates and oblates spheroides and spheroidal coefficients. University of California Press, Berkeley, CA.
- Villalobos F. 2009. Fitotecnia: Bases y tecnologías de la producción agrícola. Mundi-Prensa Libros. p. 157-170.
- Westgate ME, Forecella F, Reicosky DC y Somsen J. 1997. Rapid canopy closure for maize production in the northern US Corn Belt: Radiation-use efficiency and grain yield. Field Crops Research 49:249.