

# CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL LIMÓN MEXICANO EN ALTAS DENSIDADES DE PLANTACIÓN EN EL TRÓPICO

V. M. Medina-Urrutia<sup>1</sup>\*, S. Becerra-Rodríguez<sup>2</sup>; E. Ordaz-Ordaz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIFAP-Colima, Campo Experimental Tecomán, Apartado Postal # 88, Tecomán, Colima. C. P. 28100. MÉXICO. Correo-e: ctecoman@volcan.ucol.mx; inifaptecoman@prodigy.net.mx (\*Autor responsable).

<sup>2</sup>Investigador de INIFAP-Tecomán, MÉXICO. Actualmente en el Senado de la República.

## RESUMEN

Se estableció un experimento de altas densidades de plantación de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle] en Tecomán, Colima, México, para observar su efecto en el crecimiento, producción y calidad de fruta. Las densidades estudiadas fueron 123, 156, 200 y 222 y 312 árboles por hectárea. El portainjerto utilizado fue Naranja Agrio. En los primeros 4 años de producción el rendimiento con 312 árboles (8 x 4 m) fue superior al testigo, con 123 árboles·ha<sup>-1</sup> (9 x 9 m) en 16.6 t·ha<sup>-1</sup>. En los últimos cuatro años esta diferencia se acortó a sólo 11 t·ha<sup>-1</sup> a favor de las altas densidades. El tamaño de los árboles en las diferentes densidades fue muy similar, aunque a 8 x 4 m la copa de los limones comenzó a formar un seto temprano entre los tres y cuatro años de edad. A partir del quinto año hubo similar altura entre los tratamientos, aunque el diámetro de copa fue mayor en las plantaciones a 9 x 9 m. A lo largo de los 13 años de evaluación los árboles plantados a 8 x 4 fueron más eficientes al producir mayor rendimiento por m<sup>2</sup> o m<sup>3</sup> de follaje. El tamaño del fruto no fue afectado por la densidad de plantación.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle, área productiva, peso de fruto, altura diámetro de copa.

## GROWTH, YIELD AND FRUIT QUALITY OF MEXICAN LIME TREES UNDER HIGH DENSITY IN THE TROPICS

### ABSTRACT

We established an experiment of high plant densities for Mexican Lime [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle] at Tecomán, Colima, México, for 13 years to determine the effect of this practice on growth, production, and fruit quality. The plant densities studied were 123, 156, 200, 222 and 312 trees per hectare. We used sour orange rootstock. For the first four production years, yield from 312 trees (8 x 4 m) was higher than that of the control, 123 trees per ha (9 x 9 m) by 16.6 t·ha<sup>-1</sup>. In the last four years of production the difference between these treatments decreased to only 11.1 t·ha<sup>-1</sup>, favoring high densities. Tree height on all plant density treatments was very similar, but canopy growth was higher on plantations with trees at 9 x 9 m. After 13 years of evaluation, trees planted at 8 x 4 m were more efficient in terms of fruit production by leaf area (m<sup>2</sup>) or canopy volume in m<sup>3</sup> than trees at 9 x 9 m. Fruit size was unaffected by plant density.

**ADDITIONAL KEY WORDS:** *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle, ground surface canopy; fruit weight; canopy diameter; tree height.

## INTRODUCCIÓN

La superficie plantada con limón en México es cercana a las 94,000 ha, las cuales producen cerca de 1'100,000 t de fruta (CONALIM, 2001). Esto indica que el rendimiento promedio es ligeramente superior a 10 t·ha<sup>-1</sup>. Tradicionalmente en la citricultura nacional, se han empleado distancias amplias entre árboles (10 x 10 y 9 x 9 m) para facilitar el paso de maquinaria y obtener árboles grandes, vigorosos y productivos (Becerra y Orozco, 1991). Sin embargo, la tendencia mundial en la citricultura, es hacia el incremento del número de árboles por hectárea para aumentar la producción.

En un trabajo sobre altas densidades de plantación en naranja dulce y dos cultivares de limón Feminello en Italia, Intrigliolo *et al.* (1992) reportaron en ambas especies de cítricos mayor producción en densidades altas (832 árboles·ha<sup>-1</sup>) en comparación con bajas densidades (416 árboles·ha<sup>-1</sup>) durante 6 años de producción. Sin embargo, los autores indicaron que al utilizarse portainjertos y densidades de vigor estándar, después de 8 a 10 años de cosecha se requiere aclareo hasta dejar 600 árboles·ha<sup>-1</sup> en forma definitiva para mantener la huerta productiva por 12 años.

En Brasil, Roberto *et al.* (1992) indicaron que la densidad de plantación baja tradicional del naranjo 'Pera' sobre mandarino 'Cleopatra' produjo 30 % menos que una densidad de 476 árboles·ha<sup>-1</sup> y 100 % menos que 714 árboles·ha<sup>-1</sup>. La producción inicial al cuarto año fue de 16 t·ha<sup>-1</sup> para el arreglo de 7 x 2 m y 7.5 t·ha<sup>-1</sup> para la densidad baja.

Guiffrida *et al.* (2000), recientemente demostraron que aún bajo situaciones de replante en huertos con árboles de naranja 'Valencia' en pie, las altas densidades (800 árboles·ha<sup>-1</sup>) fueron más productivos que las bajas densidades (415 árboles·ha<sup>-1</sup>).

En tanto que Wheaton *et al.* (1990) y en 1994, llegaron a la conclusión de que bajo las condiciones subtropicales de Florida, las altas densidades de plantación en cítricos no deben ser superiores a los 1000 árboles·ha<sup>-1</sup>, si se utilizan portainjertos y cultivares de crecimiento estándar.

Por lo general, las altas densidades de plantación permiten alcanzar altos rendimientos, pero hacen necesario un manejo más intensivo de los huertos y los costos se incrementan (Barnhart, 1977; Rabe, 1996; Rabe *et al.*, 1996).

En África Arobe *et al.* (1992) consignaron que la densidad de 2000 árboles·ha<sup>-1</sup> resulta mejor en producción que las densidades tradicionales de 300 a 450 árboles·ha<sup>-1</sup>, aunque se requiere de una estrategia para el control del tamaño del árbol. Al hacer un análisis de las alternativas para lograr este propósito concluyeron que la poda ayuda a controlar el tamaño del árbol y además tuvo efectos positivos sobre la calidad y cantidad de brotes florales.

Las plantaciones con más de 1,000 árboles·ha<sup>-1</sup>, requieren evaluar diferentes sistemas de manejo para optimizar su productividad (Rabe, 1996; Joubert y Stassen, 2000).

Sánchez-Suchi *et al.* (2000) utilizando patrones enanizantes de *Poncirus trifoliata* en Brasil, lograron obtener 21.6 t·ha<sup>-1</sup> con 2,500 árboles·ha<sup>-1</sup> y 13.1 t·ha<sup>-1</sup> con 1,000 árboles·ha<sup>-1</sup> promedio de seis años de cosecha.

En Florida, Whitney *et al.* (1990) demostraron que el consumo de agua de la planta es muy similar en plantaciones con 300 y 800 árboles por ha. Aunque en los primeros años el rendimiento fue mayor en altas densidades, al séptimo el rendimiento se igualó y a partir del noveno año, el rendimiento favoreció a las densidades bajas. Recientemente Roka *et al.* (1997), al hacer un análisis de la producción de ocho distintas combinaciones cultivares-portainjerto determinaron que tanto 'Hamlin' como 'Valencia' plantados en alta densidad alcanzan su máximo pico de producción a los ocho años, independientemente de los portainjertos.

Previamente Muraro *et al.* (1995) al hacer una comparación de rentabilidad de diversas combinaciones cultivar-portainjerto en baja y alta densidad encontraron una menor tasa de retorno económico (6.5 %) en los cítricos sobre el portainjerto 'Carrizo' con 400 árboles·ha<sup>-1</sup> que con 600 árboles·ha<sup>-1</sup> (13.7 %). En tanto que sobre 'Citrumelo Swingle' que es menos vigoroso se obtuvieron similares tasas de retorno (14 %) con un mayor número de árboles·ha<sup>-1</sup> (Muraro *et al.*, 1995).

De acuerdo con Rabe *et al.* (1996) el punto de equilibrio para las densidades más altas fue marcadamente menor que en las densidades bajas, reduciéndose los riesgos de inversión. Bajo las condiciones subtropicales de África el óptimo espaciamiento económicamente hablando es de 1,000 a 1,400 plantas·ha<sup>-1</sup>.

Los trabajos sobre densidades de plantación en el trópico son escasos. Al parecer el crecimiento de los árboles durante los primeros años de la plantación es tan rápido que pronto agotan el área asignada (Rabe *et al.*, 1990), por lo que una alta densidad en el trópico oscila entre 300 a 600 árboles·ha<sup>-1</sup>. Recientemente en Cuba tropical Rodríguez *et al.* (2000) encontraron que toronja 'Frost Marsh' y el limón 'Persa' producen menos cuando se utilizan más de 400 árboles·ha<sup>-1</sup>.

Según Ait-Haddou *et al.* (2001), al intensificar la densidad de plantación en Marruecos se reduce el tamaño de los frutos de 'Clementina'.

En el trópico de Colima se estableció un experimento con 'Limón Mexicano' con el objetivo de evaluar distancias cortas de plantación con relación a las tradicionales, y así incrementar la productividad del cultivo. En estudios previos con 312 árboles de limón por hectárea se obtuvo un rendimiento superior en 100 % al tratamiento testigo (123 árboles) en los primeros dos años de cosecha mientras que el peso del fruto no resultó afectado de manera notable por la distancia de plantación (Váldez, 1984). Por lo anterior, se planteó determinar el comportamiento de crecimiento, rendimiento, calidad de fruta y área de suelo cubierta con follaje de árboles de limón Mexicano injertados sobre naranjo agrio en diferentes distancias de plantación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en el municipio de Tecomán, Colima, México, sobre un suelo de textura migajón arcillosa. Se evaluaron las siguientes distancias de plantación: 9 x 9 m como tratamiento testigo, 8 x 8, 10 x 5, 9 x 5 y 8 x 4, que corresponden a densidades de 123, 156, 200, 222 y 312 árboles por hectárea, respectivamente. Los árboles se injertaron sobre el portainjerto naranjo agrio (*Citrus aurantifolia*).

Durante los primeros ocho años todos los árboles se podaron anualmente en forma tradicional para eliminar ramas salientes del resto de la copa, mal colocadas, improductivas, muertas o muy cercanas al suelo. Los árboles se fertilizaron con la cantidad anual de 1.2-0.6-0.6 kg·árbol<sup>-1</sup> de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente, repartidos en dos a tres aplicaciones. En la época seca, los riegos se aplicaron cada 25 a 28 días.

### Crecimiento y área de suelo con follaje

El crecimiento de los árboles fue evaluado cada año, midiéndose la altura y diámetro de la copa, así como la altura del suelo a las ramas más cercanas. Hasta 1984, el diámetro de la copa se obtuvo con el promedio de dos lecturas por árbol, tomadas en direcciones perpendiculares (N-S y E-O). Posteriormente, en los tratamientos 10 x 5, 9 x 5 y 8 x 4 m el diámetro de copa se tomó únicamente hacia el centro de las calles ya que dentro de las hileras los árboles formaron un seto. Con los datos de diámetro de copa se calculó el área de suelo cubierta con follaje por árbol y por hectárea.

### Rendimiento y tamaño de fruto

En cada año, se realizaron aproximadamente 10 cosechas, obteniéndose el rendimiento y el peso medio del fruto. Este último solamente fue evaluado en 2 o 3 cosechas al año, tomándose una muestra de 3 kg por parcela, se contaron los frutos y por cociente se obtuvo el peso por fruto.

### Estadísticos

El experimento se estableció en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, componiéndose la parcela total de 20 árboles (5 x 4 árboles) y la útil de los seis árboles centrales.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Crecimiento

La altura de los árboles, no fue afectada por la densidad de plantación. La altura máxima se alcanzó a los nueve años de edad del huerto (Figura 1A). Posteriormente, los árboles se mantuvieron ligeramente arriba de los cinco metros por medio de la poda manual de las ramas más sobresalientes.

En los dos primeros años de la plantación, los árboles mantuvieron su individualidad y no se encontraron diferencias de diámetro de copa entre tratamientos (Figura 1B). A los dos años de edad los árboles plantados a 8 x 4 m, ya habían unido sus copas dentro de las hileras, en tanto que a la distancia de 9 x 5 m, los árboles formaron un seto hasta el cuarto año de edad. Al formarse un seto dentro

de las hileras en las altas densidades, se incrementó la competencia entre árboles plantados a 9 x 9 m (Figura 1B). En los dos últimos años, el diámetro de copa fue similar en todos los tratamientos, aunque se mantuvo la tendencia de un mayor diámetro en las distancias más amplias.

Los árboles adultos tuvieron un diámetro promedio de copa de aproximadamente siete metros, por lo que en la distancia de 8 x 4 m las calles entre hileras casi se cierran, dificultándose el paso de maquinaria y la penetración de luz a la parte baja de la copa. Esto hace indispensable controlar el diámetro de la copa por medio de podas laterales para mantener las calles abiertas. En la densidad de 8 x 8 m, también se presenta el problema del cerramiento de deramas en las calles, pero en menor grado que a 8 x 4 m y solamente se requiere una poda ligera para mantenerlas abiertas.

El estrechamiento de las calles y la mala iluminación de la parte baja del follaje en las altas densidades de plantación, han provocado la pérdida de ramas y follaje cercanas al suelo elevándose la falda del árbol hasta 1.8 y 1.3 m en las distancias de 8 x 4 y 9 x 5 m, respectivamente, mientras que los árboles a 9 x 9 m tienen su falda a 1.1 m de altura del suelo. Esta altura excesiva de la falda en las altas densidades, que ha mermado notablemente el potencial productivo de los árboles, pudo haberse evitado si oportunamente se hubiera controlado el diámetro de los árboles por medio de la poda.

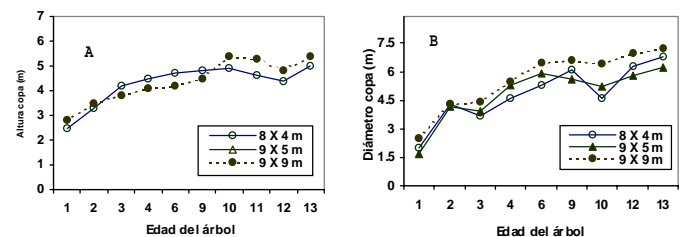


FIGURA 1. Crecimiento de copa de árboles de 'Limón Mexicano' en diferentes distancias de plantación. (A) altura árbol; (B) diámetro de copa

### Áreas de suelo cubierta por follaje

El mayor incremento en el área de suelo cubierta por el follaje de los árboles se registró el sexto año de la plantación y después se mantuvo con pocas variaciones (Figura 2). En la menor densidad de plantación (9 x 9 m) se presentó la mayor área de suelo cubierta por cada árbol, siendo más grande la diferencia a partir del tercer año de la plantación (Figura 2A). Por el contrario, si se considera el área ocupada por los árboles en una hectárea, la cifra es consistentemente mayor en las altas densidades y disminuye al reducirse el número de árboles por hectárea (Figura 2B y Figura 3). La importancia de la cobertura del suelo con follaje de cítricos para eficientar la producción

de cítricos mediante el uso de altas densidades fue previamente consignada por varios autores (Rabe, 1996; Rabe, *et al.* 1996).

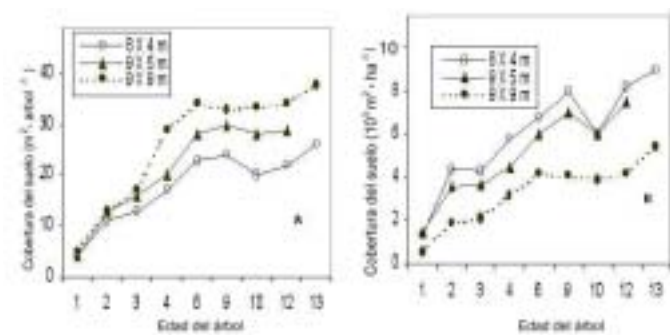


FIGURA 2. Área de suelo cubierta por el follaje de árboles de ‘Limón Mexicano’ en diferentes distancias de plantación: (A) por árbol; (B) por hectárea

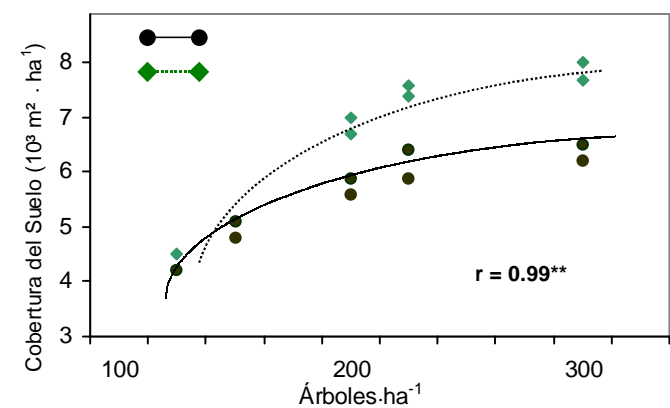


FIGURA 3. Relación entre densidad de árboles de ‘Limón Mexicano’ y área de suelo ocupada por el follaje en una hectárea al décimo y doceavo año de la plantación.

A los 12 y 13 años, el área cubierta con follaje en el tratamiento 8 x 4 m fue de 7,987 y 8,798 m<sup>2</sup> por hectárea, respectivamente, lo que significa un cubrimiento del 79.87 y 87.98 % de la superficie del suelo. En los mismo años,

los árboles del tratamiento 9 x 9 m cubrieron 4,404 y 4,946 m<sup>2</sup> por hectárea, respectivamente. El área ocupada por los árboles es muy alta para la densidad de 8 x 4 m y muy baja para 9 x 9 m, ya que en mandarina se considera que el área ideal oscila entre 7000 y 8000 m<sup>2</sup> por hectárea (Iwagaki, 1981). Estas cifras indican que en el tratamiento 8 x 4 m, debe hacerse una poda más estricta para reducir el diámetro de la copa y así facilitar el paso de la maquinaria y mejorar la penetración de luz a la parte baja del árbol. En árboles de naranja se ha determinado que si la poda en altas densidades no se realiza oportunamente, después se requerirá hacer una poda severa que reduce la floración durante uno o dos años (Moss, 1973; Phillips, 1978).

Rendimiento

Para cualquier edad de la plantación se encontró una relación inversa entre el rendimiento por árbol y el número de árboles por hectárea (Cuadro 1). Las diferencias de producción por árbol entre altas y bajas densidades fueron mayores en la etapa adulta de los árboles (9 a 13 años de edad), lo que se debió a que en esta edad hubo un notable aumento del rendimiento por árbol en las densidades de 123 a 156 árboles·hectárea<sup>-1</sup>, mientras que en altas densidades este aumento fue pequeño por la severa competición entre árboles. El efecto detrimental de la competición sobre el rendimiento de los árboles de naranja ha sido profusamente reportado (Passos *et al.*, 1977; Rodríguez *et al.*, 1981). En naranja al incrementar la densidad de 156 a 312 árboles por hectárea, la producción por árbol se redujo en 30 %, cifra casi idéntica (31 %) a la encontrada en ‘Limón Mexicano’.

Las altas densidades de plantación han tenido un mayor rendimiento anual por hectárea, siendo más notable la diferencia durante los primeros años la cosecha (Cuadro 1, Figura 4). Aunque al transcurrir el tiempo, las diferencias de rendimiento entre tratamientos se redujeron, la cosecha en los dos últimos años también fue mayor en las altas densidades de plantación (Cuadro 1, Figura. 4). Estos resultados son similares a los encontrados en estudios con limón (Barnhart, 1977); limón ‘Persa’ (Rodríguez *et al.*, 2000; Sánchez-Suchi *et al.*, 2000); Naranja (Boswell *et al.*,

CUADRO 1. Rendimiento de árboles jóvenes y adultos de limón mexicano, establecidos a diferentes densidades de plantación.

Densidad de plantación (árboles·ha <sup>-1</sup> )	Distancia de Plantación (m)	kg·árbol <sup>-1</sup> ·año <sup>-1</sup>		t·ha <sup>-1</sup> ·año <sup>-1</sup>	
		2 a 5 años	9 a 13 años	2 a 5 años	9 a 13 años
123 <sup>z</sup>	9 x 9	164 a <sup>v</sup>	253 a	20.2 d	31.1 a
156	8 x 8	152 ab	221 ab	23.7 cd	34.5 ab
200	10 x 5	127 c	181 bc	25.3 bc	34.8 ab
222	9 x 5	130 bc	171 bc	28.8 b	37.9 ab
312	8 x 4	117 c	153 c	36.6 a	42.1 a

<sup>z</sup>Testigo  
<sup>v</sup>Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una P≤0.05



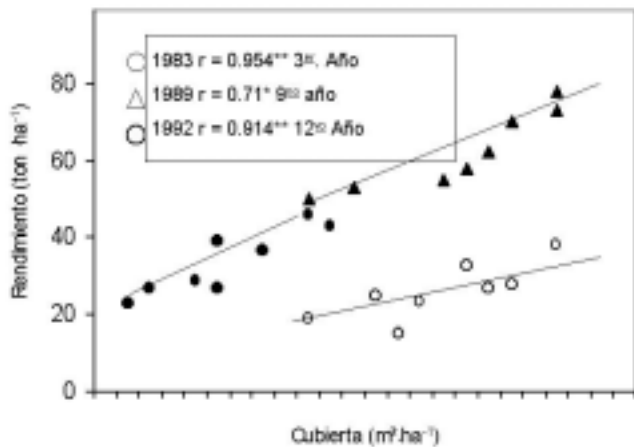


FIGURA 4. Relación entre área cubierta con follaje y rendimiento de 'Limón Mexicano'. Datos de 3 años.

1975; Rodríguez *et al.*, 1981, Roka *et al.*, 1997) y mandarina (Hirano *et al.*, 1981), de los que se derivaron recomendaciones para incrementar las densidades tradicionales.

Aunque el rendimiento de los árboles adultos en las más altas densidades (9 x 5 y 8 x 4 m) es elevado (Cuadro 1), la producción pudo ser mayor si los árboles se hubieran podado oportunamente, antes que se estableciera una competición excesiva entre ellos. En las altas densidades, la primera poda para controlar el diámetro de los árboles se realizó hasta el noveno, por lo que el sombreado excesivo provocó la pérdida del follaje cercano al suelo, elevándose la falda de los árboles y en consecuencia se redujo el potencial productivo en aproximadamente 11 %. Sin embargo, el buen rendimiento obtenido en los últimos cinco años demuestran que con alta densidad se pueden alcanzar cosechas elevadas durante la etapa adulta de los huertos como ha sido reportado para naranja (Hutton y Cullis, 1981, Roka *et al.*, 1997) y mandarina (Hirano *et al.*, 1981), en limón también se encontró una relación directa entre el área de suelo ocupada por los árboles y el rendimiento (Figura 4). Esta estrecha relación indica que los elevados rendimientos obtenidos en altas densidades se deben a su mayor cubrimiento del suelo con follaje, en comparación con las densidades de 9 x 9 y 8 x 8 m lo cual coincide con lo reportado previamente por varios autores (Rabe 1996; Rabe *et al.*, 1996).

Después de 12 años de cosecha, las distancias de plantación de 8 x 4 y 9 x 5 m ha sobresalido por su producción acumulada, que en este tiempo superaron en 128.5 y 93.7 t·ha<sup>-1</sup>, respectivamente, a la densidad testigo de 9 x 9 m (Figura 5). En cambio, la diferencia en el rendimiento acumulado entre los tratamientos 10 x 5 y 9 x 9 m se mantuvo más o menos constantes en los últimos años, indicando que las diferencias de rendimiento entre

ambos tratamientos se originaron en los primeros años de cosecha.

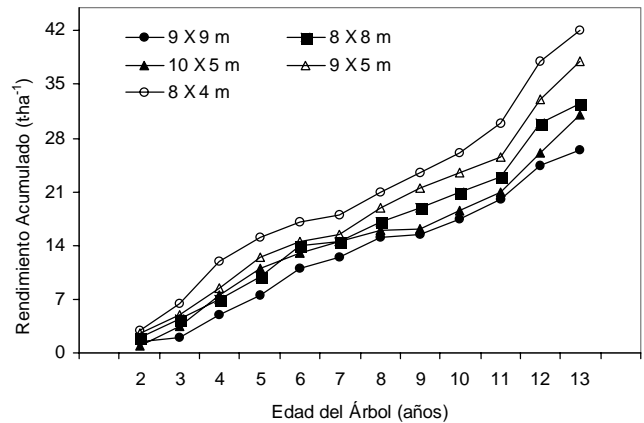


FIGURA 5. Rendimiento acumulado de 'Limón Mexicano' en diferentes distancias de plantación.

Por lo general independientemente de la combinación cultivar-patrón, la óptima densidad en el subtrópico 1,000-1,400 árboles·ha<sup>-1</sup> (Rabe *et al.*, 1996) es mayor que en el trópico 400 árboles·ha<sup>-1</sup> (Rodríguez *et al.*, 2000). Es probable que el uso de portainjertos enanizantes permita aún mayores densidades de plantación en el trópico tal como lo han descrito previamente Rabe *et al.* (1996) y Sánchez-Suchi *et al.* (2000).

Los resultados de doce años de cosecha indican que bajo las condiciones tropicales de Colima, México, las densidades de 8 x 4 y 9 x 5 m (312 y 222 árboles por hectárea) han sido las más sobresalientes. Aunque su diferencia de rendimiento con la densidad 9 x 9 m (123 árboles por hectárea) fue mayor en los primeros años de cosecha, también han sido más productivas en la etapa adulta del huerto. El requerimiento de poda de árboles adultos en alta densidad aún no está bien estudiado, pero las observaciones preliminares parecen señalar que en la densidad de 8 x 4 m es necesaria la poda mecanizada a partir del quinto año de iniciada la plantación, mientras que a 9 x 5 m solamente se requiere de poda manual para mantener abiertas las calles del huerto. A partir del onceavo año se inició un estudio en este mismo experimento para definir las necesidades de poda en alta densidad, en cuanto a frecuencia e intensidad de corte lateral y de copete, pero aún no se tienen resultados concluyentes.

### Tamaño de fruto

Se han hecho numerosas evaluaciones del tamaño del fruto, pero los resultados no son consistentes. La mayor parte de las veces no se encontró un efecto de la densidad de plantación sobre el tamaño del fruto, pero en algunas ocasiones se obtuvieron frutos un poco más pequeños en

CUADRO 2. Efecto de la distancia de plantación del limón mexicano sobre el peso del fruto, durante los tres años.

	Peso Medio de Fruto (g)						
Espaciamiento (m)	Julio	Enero	Marzo	Mayo	Agosto	Julio	Septiembre
9 x 9	30.7	32.4	29.7 A	32.7 A	25.0	34.6	29.0
8 x 8	32.2	32.1	29.2 A	24.7 B	26.8	33.5	27.1
10 x 5	31.7	31.5	26.2 B	26.0 B	24.1	34.1	27.3
9 x 5	28.7	33.5	30.0 A	29.5 AB	24.5	34.3	26.9
8 x 4	26.8	30.2	30.5 A	25.0 B	23.9	35.3	29.2
Significancia Estadística.	NS	NS	*	**	NS	NS	NS
C.V. (%)	12.3	20.9	8.0	9.2	10.3	6.5	5.8

NS, \*, \*\*, no significativo a una  $P \leq 0.05$  y  $0.01$ , respectivamente.  
C.V.: Coeficiente de variación.

las altas densidades. Los resultados en su conjunto indicaron que el tamaño del fruto de limón no es afectado o es ligeramente reducido en altas densidades, pero no se considera que sea determinante para evitar las altas densidades (Cuadro 2). Estos resultados son similares a los encontrados para limón (Barnhart, 1977) y naranja (Passos *et al.*, 1977; Rodríguez *et al.*, 1981; Passos y Boswell, 1979) en los que no hubo diferencias en el tamaño del fruto entre densidades de plantación o bien las diferencias fueron poco importantes desde el punto de vista comercial pero difieren de lo reportado por Ait-Haddou *et al.* (2000).

Ciertamente el manejo de los árboles en altas densidades en el trópico se debe perfeccionar. Para ello se deben estudiar sistemas de plantación y manejo (Rabe, 1996; Joubert y Stassen, 2000).

Aunque no se hizo un análisis económico, los resultados de este estudio originaron mayor producción y en consecuencia mayor utilidad en las densidades altas que en las bajas, lo que confirma lo reportado previamente por Muraro *et al.* (1995) y Rabe *et al.* (1996); Roka *et al.* (1997).

### CONCLUSIONES

Después de 12 años de cosecha el mayor rendimiento se obtuvo con la densidad de 312 árboles por hectárea. A los cuatro años el promedio de producción fue de  $36.6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  contra 20.2 del testigo y en los últimos años fue de 42.1 contra 31.1 del testigo.

Los árboles más eficientes para producir fueron los plantados a  $8 \times 4$  y  $9 \times 5$  ya que requirieron explorar menor área de suelo con follaje y menor volumen de follaje por cada tonelada de fruta producida.

Las plantaciones a  $8 \times 4$  y  $9 \times 5$  a los 3 ó 4 años comenzaron a formar un seto por lo que requieren un manejo de poda apropiado para mantener el follaje altamente productivo a través de muchos años.

### LITERATURA CITADA

- AIT-HADDOU, M. A.; NADORI, E. B.; BENAZZOUZ, A.; OUAMMOU, M. 2003. Effect of planting density on the productivity of three clementine clones on two rootstocks in the Garb region of Morocco. *Proceedings of the International Society for Citriculture* 1: 584.
- BARNHART, E. L. 1977. Citrus tree spacing. *Proceedings of the International Society for Citriculture* 1: 156-157.
- BECERRA-R., S.; OROZCO-R., J. 1991. Sistemas de producción del limón mexicano *Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle, en el estado de Colima. *Memorias sobre sistemas de producción en Cítricos*. Universidad Autónoma Chapingo, México. pp. 46-56.
- BOSWELL, S. B.; MCCARTY, C. D.; HENCH, K. W.; LEWIS, L. N. 1975. Effect of tree density on the first ten years or growth and production of Washington navel orange trees. *Journal of the American Society for Horticulture Science* 100: 370-373.
- CONALIM. 2001. Integración de la cadena agroalimentaria y agroindustrial del limón Mexicano. Consejo Nacional de Limón. Colima, México. 62 p.
- GIUFFRIDA, A.; INTRIGLIOLO, F.; REFORGIATO, G. 2003. The use of high density plantings in the replanting conditions. *Proceedings of the International Society for Citriculture* 1: 494-499.
- HIRANO, S.; MORIOKA, S.; TACHIBANA, S. 1981. Tree density and age as related to fruit yield per field area in the satsuma mandarin-estimation for an optimum leaf area index on yield basis. *Proceedings of the International Society for Citriculture* 1: 184-186.
- HUTTON, R. J.; CULLIS, B. R. 1981. Tree spacing effects on productivity of high density dwarf orange trees. *Proceedings of the International Society for Citriculture* 1: 186-190.
- INTRIGLIOLO, F.; REFORGIATO, G.; GIUFFRIDA, A. 1992. Effect of planting density and rootstock performance of 'Valencia' orange. *Proceedings of the International Society for Citriculture* 2: 709-710.
- IWAGAKI, I. 1981. Tree configuration and pruning of Satsuma mandarin in Japan. *Proceedings of the International Society for Citriculture* 1: 169-172.
- JOUBERT, F. J.; STASSEN, P. J. C. 2000. Planting systems and tree training of new density citrus orchards. *Abstracts of the International Society for Citriculture*, Orlando, Florida. p. 135.
- MOOS, G. I. 1973. Regrowth and flowering in sweet orange after pruning. *Australian Journal of Agriculture Research* 24: 101-109.

- MURARO, P. M.; CASTLE, W. S.; WHEATON, T. A.; WHITNEY, J. D.; TUCKER, D. P. H. 1995. An analysis of how planting density and rootstock vigor affect the economic performance of 'Valencia' trees. *Proceedings of the Florida State Horticulture Society* 108: 160-164.
- PASSOS, O. S.; BOSWELL, S. 1979. A review of citrus tree spacing. *Citrograph* 62(9): 211-218.
- PASSOS, O. S.; CUNHA S., A. P.; COELHO, S.; RODRÍGUEZ, E. M. 1977. Behavior of orange trees under three spacings in the state of Bahia. *Proceedings of the International Society for Citriculture* 1: 169-171.
- PHILLIPS, R. L. 1978. Hedging and topping citrus in high-density plantings. *Proceedings of the Florida State Horticulture Society* 91: 43-46.
- RABE, E. 1996. Challenges of modern citriculture: canopy management. *Proceedings of the International Society for Citriculture* 1: 70-77.
- RABE, E.; WARRINGTON, J.; TONA, J. 1997. Spacing densities: and economic perspective. *Proceedings of the International Society for Citriculture* 2: 825-831.
- ROBERTO, S. R.; DONADIO, L. C.; SEMPIONATO, O.; CABRITA, J. R. M.; DE NEGRI, J. D. 1982. Tree growth in high densities and costs for planting citrus in Brazil. *Proceedings of the International Society for Citriculture* 1: 721-722.
- RODRÍGUEZ, R.; ARIAS, N.; TORRES, R.; ARANGO, W. 1981. Tree spacing of Valencia Late orange in Jagne Grande. *Proceedings of the International Society for Citriculture* 1: 194-196.
- RODRÍGUEZ, R.; DEL VALLE, N.; RODRÍGUEZ, K.; RODRÍGUEZ, J.; BARROTO, A. 2000. *Poncirus trifoliata* (L) Raf. A rootstock for *Citrus paradisi* Macf. and *Citrus latifolia* Tan. cultivated in different densities. *Proceedings of the International Society for Citriculture*, Orlando, Florida. (In Press).
- ROKA, F. M.; ROUSE, R. E.; MURARO, R. P. 1997. Southwest Florida citrus yield by tree age in high density planting. *Proceedings of the Florida State horticulture* 110: 82-86.
- SÁNCHEZ-SUCHI, E.; DONADIO, L. C.; SEMPIONATO, O. R. 2000. Behavior of Thai lime on trifoliate orange Flying Dragon rootstock at four spacings in Bebedouro. *Proceedings of the International Society for Citriculture*, Orlando, Florida. (In Press).
- VALDÉZ, V., J. 1984. Altas densidades de plantación en cítricos y en potencial de rendimiento, pp. 231-234. *In: Memoria II Simposium sobre la Agroindustria del Limón Mexicano*. VALDÉZ, J.; MEDINA, V. M.; SAENZ, A. (eds.). Tecmán, Colima, México:
- WHEATON, T. A.; CASTLE, W. S.; WHITNEY, J. D.; TUCKER, D. P. H.; MURARO, R. 1990. A high density citrus planting. *Proceedings of the Florida State Horticulture Society* 103: 55-59
- WHITNEY J. D.; ELEZABY, A.; CASTLE, W. S.; WHEATON, T. A.; LITTELL, R. C. 1990. Soil water use, root density and fruit yield for two citrus tree spacing. *Proceedings of the Florida State Horticulture Society* 103: 50-54.