



CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE CHAYA (*Cnidoscolus chayamansa* MCVAUGH, EUPHORBIACEAE) CON DENSIDAD DE PLANTACIÓN VARIABLE

Growth and productivity of chaya (*Cnidoscolus chayamansa* McVaugh, Euphorbiaceae), with a variable planting density

Jesús Mao E. Aguilar Luna✉, Pedro A. Macario Mendoza, Esperanza Huerta Lwanga, Salvador Hernández Daumás, Ramiro de Alba Becerra y Eduardo García Villanueva

ABSTRACT. The interspecific competition effect on chaya growth and productivity was evaluated with variable planting density (PD), in a black rendzina soil in Noh-Bec, Quintana Roo, Mexico. Chaya was set at 1.50 x 3.00 m, using cuttings without leaves; it was associated with young trees (less than 2 years old) of *Cedrela odorata* and *Citrus latifolia* in a 'Nelder' circle planting design of 3154 m². Eight PD from 2602 to 3772 plants.ha⁻¹ were established with 10 repetitions. Response variables were: rooting capacity, growth rate, vigor index, index of leaf area and biomass production. The highest rooting of chaya cuttings occurred from 2889 to 3772 plants.ha⁻¹; however, the best growth and productivity was obtained from 2706 to 2889 plants.ha⁻¹.

RESUMEN. Se evaluó el efecto que tiene la competencia interespecífica en el crecimiento y la productividad de la chaya con densidad de plantación (DP) variable, en un suelo calcimórfico de tipo rendzina negra en Noh-Bec, Quintana Roo, México. La chaya se estableció a 1.50 x 3.00 m, utilizando estacas sin hojas; se asoció con árboles jóvenes (menores de dos años) de *Cedrela odorata* y *Citrus latifolia* en un diseño de plantación en círculo 'Nelder' de 3154 m². Se establecieron ocho DP de 2602 a 3772 plantas.ha⁻¹ con 10 repeticiones. Las variables de respuesta fueron: capacidad de enraizamiento, tasa de crecimiento, índice de vigor, índice de área foliar y producción de biomasa. El mayor enraizamiento de estacas de chaya se obtuvo de 2889 a 3772 plantas.ha⁻¹; sin embargo, el mejor crecimiento y productividad se obtuvo de 2706 a 2889 plantas.ha⁻¹.

Key words: vigor, index of leaf area, biomass, asexual reproduction, vegetative propagation, calcimorphic soil

Palabras clave: vigor, índice de superficie foliar, biomasa, propagación vegetativa, reproducción asexual, suelo calcimórfico

INTRODUCCIÓN

La chaya (euphorbiaceae) es un arbusto semiperenne y semileñoso, de hasta 5 m de altura, que se cultiva en climas cálidos subhúmedos, de 0 a 1000 m snm y requiere de suelos bien drenados; es tolerante a las lluvias fuertes y a la sequía intraestival. En México, su principal uso es como verdura, forraje y medicina; siendo sus hojas la parte más aprovechada (1); sin embargo, no se tienen datos precisos de producción, debido a que es una especie de traspatio (solar), que se encuentra asociada con otras en sistemas agroforestales.

Como que raras veces produce semillas, es mejor propagar la planta por estacas herbáceas y semileñosas de 10 a 40 cm de longitud, las cuales se cortan y entierran en la época seca del año, para evitar pudriciones por exceso de humedad. Al utilizar estacas, el crecimiento inicial de la parte aérea es rápido, pero el de las raíces es lento; por ello, las hojas se deben cosechar hasta el segundo año. Sus hojas se cosechan continuamente, siempre y cuando no se exceda el 50 % del follaje, para garantizar un crecimiento vegetal adecuado (2).

Cuando el cultivo se asocia con otros componentes vegetales, entonces se presenta en mayor o menor medida una competencia interespecífica por agua, luz, nutrientes y espacio físico, que influye en el crecimiento y la productividad. Existen diversos factores que ayudan a manipular la competencia entre especies; entre ellos, la densidad de plantación (DP) es determinante, por tener un efecto en todas las etapas del desarrollo de las plantas. La DP es un factor agronómico de manejo, que se refiere

Dr. Jesús Mao E. Aguilar Luna y Dr. Pedro A. Macario Mendoza, Colegio de la Frontera Sur-Unidad Chetumal, CP 77900, Quintana Roo; Dra. Esperanza Huerta Lwanga y Dr. Salvador Hernández Daumás, Colegio de la Frontera Sur-Unidad Villahermosa, CP 86280, Tabasco; Dr. Ramiro de Alba Becerra, Fumigaciones Integrales de Quintana Roo, CP 77000, Quintana Roo y Dr. Eduardo García Villanueva, Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, CP 56230, México.

✉ jaguilar@ecosur.mx, kuulche@hotmail.com

al número de plantas establecidas en un área determinada, puede modificar el ambiente y causar el aumento o la disminución del crecimiento y la productividad de ellas (3, 4).

Para evaluar un amplio rango de DP, en especies individuales o asociadas, se ha propuesto un diseño de plantación en círculo, medio círculo o cuadrante ('Nelder'), para espacios reducidos de área de 0.09 ha en adelante, donde el espacio de crecimiento se va haciendo más grande a medida que se aleja del centro o viceversa (5).

El crecimiento de las plantas es importante para conocer su evolución y la influencia de los diferentes factores ambientales y de cultivo sobre su desarrollo. La tasa de crecimiento está basada en las fuerzas: a) anabólicas (potencial biótico, actividad fotosintética, absorción nutricional y metabolismo constructivo) y b) catabólicas (competencia, recursos limitados, respiración, fatiga, mecanismos regulatorios y envejecimiento), que pueden explicarse por la sustracción o división de ambas (6).

El vigor es la capacidad que tienen las plantas para crecer y la fuerza para desarrollarse; el vigor se detecta, no se mide. El área foliar (ÁF) es fundamental en estudios de nutrición y crecimiento vegetal, ya que con esta se puede determinar la acumulación de materia seca, el metabolismo de carbohidratos, el rendimiento y la calidad de cosecha; es una medida necesaria para evaluar la intensidad de asimilación de las plantas, parámetro de gran relevancia cuando se efectúa el análisis de crecimiento de un cultivo (7, 8).

Para evaluar el crecimiento de un cultivo, es muy útil el índice de área foliar (ÍÁF), que es la proporción del área de la hoja (haz) de la planta en relación con el área superficial de suelo (8). La productividad (biomasa y AF principalmente) de una planta es el crecimiento que se puede lograr en un periodo determinado y la productividad del follaje es la acumulación de materia seca por unidad de área de suelo por unidad de tiempo (7), dependientes del ambiente (temperatura y radiación solar principalmente) en que se desarrolla, además de los factores de estrés y manejo: agua, nutrientes, plagas y enfermedades, competencia y otros (4).

Los trabajos sobre sistemas de plantación, prácticas culturales y de manejo son muy escasos para la chaya. Es por ello que el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto que tiene la competencia interespecífica en el crecimiento y la productividad de la chaya, con densidad de plantación variable.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó de noviembre, 2008 a noviembre, 2009, en Noh-Bec, Quintana Roo, México (19°06' N, 88°10' O y 11 m snm), con 25.7°C de temperatura media anual, 1562.4 mm de precipitación anual y 1404.3 mm de evaporación anual, en un suelo calcimórfico rendzina negro (negro, poco profundo, de buen drenaje y fértil) (9). Durante el experimento, se tomaron muestras de suelo a las profundidades de 0-30 y 30-60 cm.; los valores obtenidos fueron: 6.62 y 6.57 de pH, 3.57 y 1.48 % de

materia orgánica, 0.09 y 0.08 % de N total, 24 y 25 mg.kg⁻¹ de P, 0.30 y 0.33 Cmol(+).kg⁻¹, para ambas profundidades respectivamente.

Se ocuparon 600 estacas semileñosas de chaya sin hojas, de 40 cm de longitud y de 1 a 3 cm de diámetro, provenientes de las secciones apical y media de arbustos maduros y sanos de la zona, a las cuales se les adicionó en su base Radix 1500® (AIB 1500 ppm+ANA 200 ppm) para promover su enraizamiento. Las estacas se plantaron a una profundidad de 5 cm directamente en campo, con un distanciamiento de 1.50 m entre plantas y 3.00 m entre líneas. Se asociaron o hicieron competir interespecíficamente con árboles jóvenes (menores de dos años) de cedro (*Cedrela odorata* L.) y limón (*Citrus latifolia* Tan.), establecidos en un diseño 'Nelder' de 3154 m² con DP variable (Figura 1), los que para este trabajo no fueron considerados porque solo se abordó el crecimiento y la productividad de la chaya. El experimento se desarrolló en condiciones locales de campo; la maleza fue controlada con aplicaciones de herbicida (Paraquat, 2 L.ha⁻¹) además del chapeo mecánico cada dos meses.

Los tratamientos se definieron con base en la DP obtenida en el área de cada círculo del diseño 'Nelder' al asociar chayas con cedros y limones (Tabla I). Las variables de respuesta fueron: a) capacidad de enraizamiento (CE); b) tasa de crecimiento (TC), se calculó mediante la fórmula: $TC = aV^{2/3} - tV$, donde a : altura, V : volumen de copa, t : tiempo y $2/3$: constante alométrica (6); c) índice de vigor (ÍV), se calculó mediante la fórmula: $ÍV = \beta_0(1 - e^{-\beta_1 t})^{\beta_2}$, donde β_0 : altura de planta, β_1 : tasa de crecimiento, β_2 : volumen de copa y t : tiempo (10); d) índice de área foliar (ÍÁF), se realizó un muestreo destructivo al final del experimento, utilizando 20 hojas (sin pecíolo) por tratamiento, se midió el ÁF utilizando un integrador (Modelo Li-3000A, Li-Cor Lincoln Nebraska, USA) y el ÍÁF se estimó mediante la fórmula: $ÍÁF = AF(DP)/10000 \text{ cm}^2$, donde AF : área foliar por planta (cm²) y DP : densidad de plantación (plantas.m²) (11); e) producción de biomasa (PB) (kg.planta⁻¹), se obtuvo mediante el peso fresco de la planta completa (sistema radical y parte aérea).

Tabla I. Tratamientos en el diseño 'Nelder' para chaya

Número de círculo	Cedro Densidad de plantación en el círculo (planta.ha ⁻¹)	Limón Densidad de plantación en el círculo (planta.ha ⁻¹)	Chaya Densidad de plantación en el círculo (planta.ha ⁻¹)	Tratamiento (planta.ha ⁻¹)
1*	1134	1666	2222	-
2	691	859	2222	T ₈ = 3772
3	497	578	2222	T ₇ = 3297
4	388	436	2222	T ₆ = 3046
5	318	349	2222	T ₅ = 2889
6	270	292	2222	T ₄ = 2784
7	234	250	2222	T ₃ = 2706
8	206	219	2222	T ₂ = 2647
9	185	195	2222	T ₁ = 2602
10*	167	176	2222	-

*círculo usado como borde

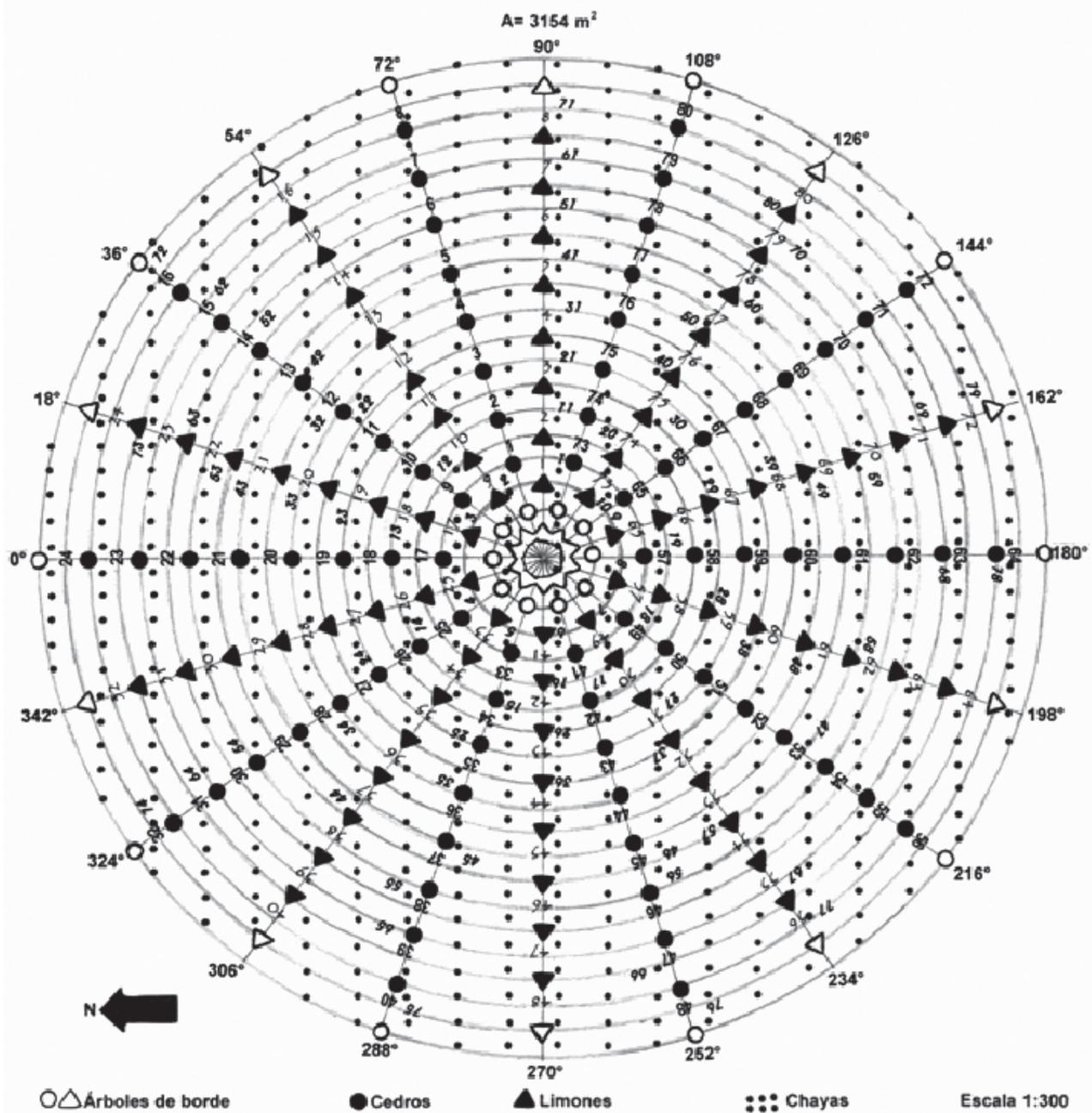


Figura 1. Diseño 'Nelder' con densidad de plantación variable para chaya

La unidad experimental y de observación fue un arbusto de chaya; se manejaron ocho tratamientos asignados sistemáticamente con 10 repeticiones. Los análisis estadísticos consistieron en análisis de varianza con error de restricción y pruebas de comparación medias de Tukey ($\alpha \leq 0.05$), mediante el paquete *Statistical Analysis System* (12).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Capacidad de enraizamiento. En la Tabla II se observa que para la supervivencia, hubo igualdad estadística en T_1 y T_2 , T_3 y T_4 , así como de T_5 a T_8 . Para las estacas con raíz, hubo igualdad de T_1 a T_4 , así como de T_5 a T_8 . Para

las estacas con callo, en T_1 y T_2 , T_3 y T_4 , y de T_5 a T_8 . Para la longitud de raíz, en T_1 y T_2 así como de T_3 a T_8 , mientras que para el número de raíces, no hubo diferencia estadística, seguramente porque las estacas fueron introducidas a la misma profundidad (5 cm) en las diferentes DP, manifestando todo su potencial genético para enraizar y porque en el análisis fisicoquímico del suelo, los valores mostraron homogeneidad hasta los 60 cm de profundidad.

Se obtuvo una mayor supervivencia de estacas de chaya de 2889 a 3772 plantas.ha⁻¹, lo cual es aceptable para una producción en campo. Algunos indicaron que las estacas de chaya enraízan fácilmente (1, 2); no obstante, ellas presentan un crecimiento lento, aunque estadísticamente hubo variación en la CE (Tabla II), de 2889 a 3772 plantas.ha⁻¹

el porcentaje de estacas con raíz fue superior al 95 %, pero con longitudes radicales (15.50 a 16.60 cm) ligeramente menores en comparación con DP de 2602 a 2647 plantas.ha⁻¹, lo cual se debe a una mayor cobertura vegetal que protege el suelo, evitando la pérdida de humedad y N, contribuyendo a la productividad del sistema radical (13).

Las estacas que formaron callo hacia el final del experimento (hasta un 17 % como máximo), permanecieron latentes, sin raíces ni hojas, lo cual no necesariamente indica que desarrollarán una planta completa, sino que muy probablemente comenzarán a necrosarse al agotar sus reservas contenidas en el tallo, con poca o nula oportunidad de desarrollarse, debido a la competencia interespecífica. Todas las raíces en las estacas de chaya se formaron en el nudo contiguo al corte, probablemente en la región del cambium vascular, lo que concuerda con lo obtenido en *Malpighia emarginata* (14) y *Feijoa sellowiana* (15).

A pesar de que se utilizaron estacas sin hojas, las auxinas contenidas en las yemas estimularon la formación de raíces (Tabla II); resultados similares fueron observados en *Malpighia emarginata*. Sin embargo, la aplicación exógena de AIB 1500 ppm+ANA 200 ppm a las estacas en todas las DP favoreció un adecuado porcentaje de ellas con un buen número de raíces (18 a 21), al igual que en otros cultivos como *Malpighia emarginata* (14) y *Feijoa sellowiana* (15). En todos los tratamientos, hasta los 360 días después de la plantación (DDP), el desarrollo del sistema radical fue alrededor de seis veces menor en comparación con el desarrollo de la parte aérea reflejado en la biomasa, lo que reafirma que el crecimiento radical de la chaya es lento (2) e implica, además, que una adecuada disponibilidad de nutrientes en el suelo favorece los sistemas radicales menos extensos (16).

Crecimiento vegetativo. A los 360 DDP, la TC final en plantas de chaya fue mayor de 2784 a 2889 plantas.ha⁻¹ con 0.55 cm.día⁻¹; de 0 a 120 días el crecimiento fue muy lento, de 120 a 140 días fue muy acelerado y de 240 a 360 días fue lento (Figura 2A). La TC fue sigmoideal,

coincidiendo con lo obtenido en otros cultivos como *Citrus sinensis* x *Citrus reticulata* (17) y *Lycopersicon esculentum* (18), comenzando en un origen o punto fijo; posteriormente aumentó en forma exponencial con el tiempo, lo que significa que la velocidad de crecimiento fue baja al principio, pero aumentó en forma continua, siendo proporcional al tamaño del organismo; cuanto mayor fue este, más rápido creció. En la chaya, las hojas y los tallos fueron los órganos aéreos que crecieron más rápidamente y acumularon hasta 30 kg.planta⁻¹ a los 360 DDP, de 2706 a 2889 plantas.ha⁻¹, mientras que el sistema radical acumuló hasta 5 kg.planta⁻¹ a los 360 DDP, sin diferencia estadística entre tratamientos a $\alpha \leq 0.05$, de manera que la relación parte aérea-raíz fue aproximadamente 6:1 (Figura 3C).

De la misma manera, al comparar el ÁF de plantas de chaya en las diferentes DP, se observó que de 2706 a 2889 plantas.ha⁻¹, estas presentaron ÁF de 2.90 m² a los 360 DDP (Figura 2B), lo que se debe a que en DP intermedias la competencia fue la más adecuada para esta variable, es decir, hubo un equilibrio por agua, energía solar, nutrientes y espacio físico, que permitió que las plantas expresaran su potencial genético. Ninguno de los trabajos de investigación revisados establece el uso de hojas de diferentes edades, tal y como se realizó en el presente estudio, diferenciando hojas viejas (proximales o que se forman primero) de las jóvenes (distales o que se forman después). Sin embargo, en la generación de modelos futuros para la chaya, será importante utilizar hojas de diferentes edades.

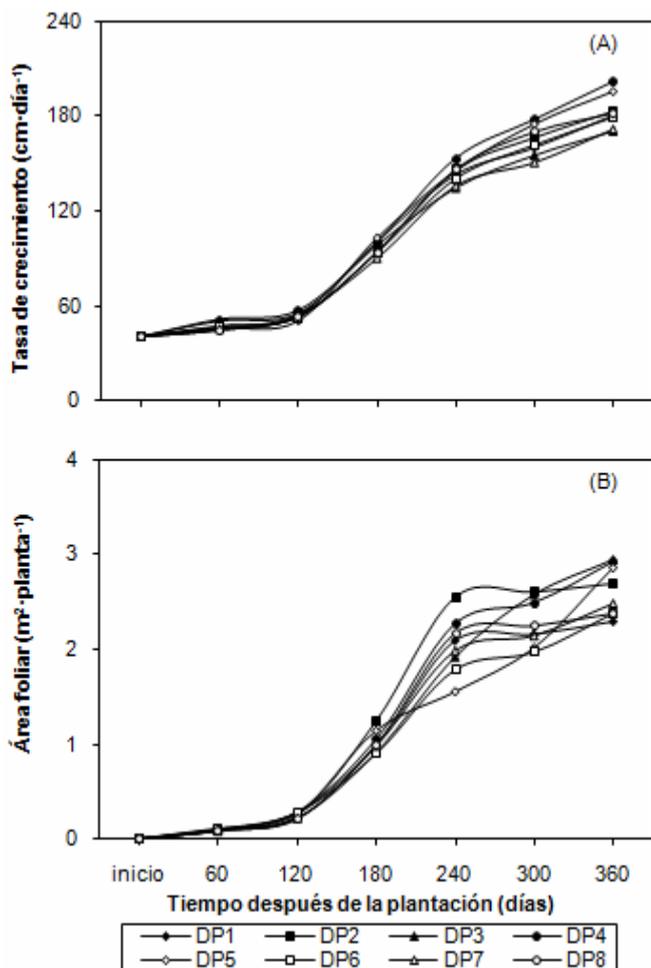
En la Figura 3A se observa que el ÍV fue superior a 2784 plantas.ha⁻¹, respuesta esperada en razón a lo observado para TC, AF, ÍAF y PB, donde las DP fueron las más adecuadas para el crecimiento y la productividad de la chaya. El ÍV corresponde a valores entre dos y cuatro para todos los tratamientos; sin embargo, mientras más alto sea, representa mayor crecimiento en altura y volumen de copa a un tiempo determinado, en este caso, 360 DDP (10).

Tabla II. Valores promedio de la capacidad de enraizamiento de estacas de chaya a los 360 días después de la plantación

Tratamientos (plantas.ha ⁻¹)	Supervivencia (%)	Estacas con raíz (%)	Estacas con callo (%)	Número de raíces	Longitud de raíz (cm)
T ₁ : 2602	72 c	83 b	17 a	18 a	19.10 a
T ₂ : 2647	76 c	84 b	16 a	20 a	18.50 a
T ₃ : 2706	84 b	89 b	11 b	19 a	16.60 b
T ₄ : 2784	84 b	89 b	11 b	19 a	16.20 b
T ₅ : 2889	92 a	95 a	5 c	18 a	15.30 b
T ₆ : 3046	92 a	98 a	2 c	21 a	15.60 b
T ₇ : 3297	95 a	97 a	3 c	20 a	15.80 b
T ₈ : 3772	97 a	98 a	2 c	18 a	15.50 b
CV	12.34	10.74	11.79	14.42 %	12.95 %
DMS	5	3	6	2	3.20

Medias con la misma letra en columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a $P \leq 0.05$;

CV: coeficiente de variación; DMS: diferencia mínima significativa

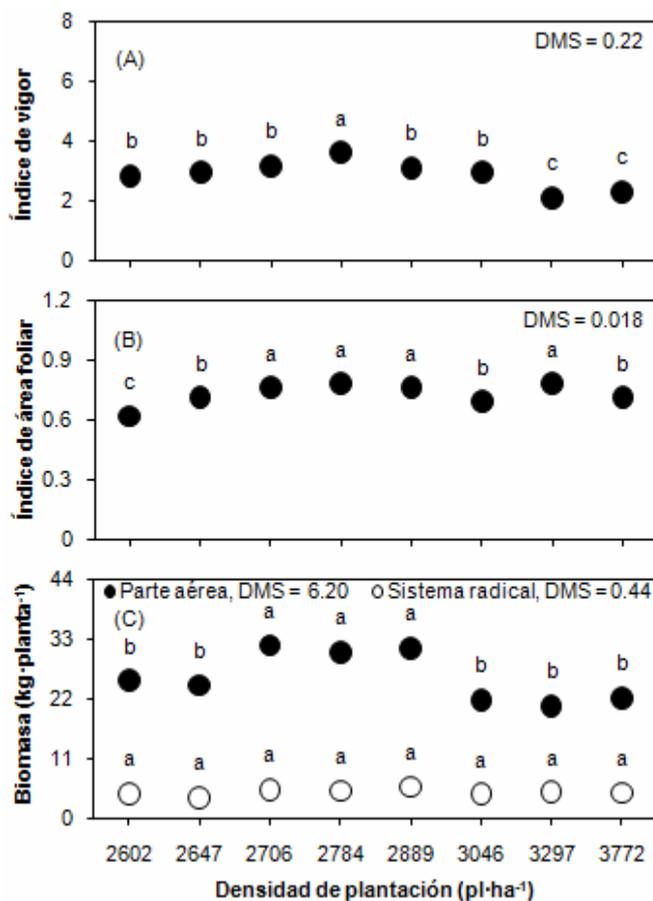


DP1: 2602 plantas.ha⁻¹; DP2: 2647 plantas.ha⁻¹;
 DP3: 2706 plantas.ha⁻¹; DP4: 2784 plantas.ha⁻¹;
 DP5: 2889 plantas.ha⁻¹; DP6: 3046 plantas.ha⁻¹;
 DP7: 3297 plantas.ha⁻¹; DP8: 3772 plantas.ha⁻¹

Figura 2. Tasa de crecimiento (A) y área foliar (B) de chayote a diferentes densidades de plantación

En todas las DP y a los 360 DDP, los valores que expresaron el ÍV en las chayotes: altura de la planta (de 1.70 a 2.00 m) y volumen de la copa (de 0.50 a 1.70 m³) presentaron buena condición sanitaria así como porte de planta, por lo que el crecimiento vegetativo fue confiable para medir la productividad de la chayote, lo que indica, además, una excelente adaptación de la chayote a las condiciones edáfico-ambientales de la zona.

Producción de biomasa. En la Figura 3C se observa una PB de la parte aérea superior a 30 kg.planta⁻¹ de 2706 a 2889 plantas.ha⁻¹, lo cual indica que el follaje de las plantas en estas DP fue más eficiente en la producción de fotoasimilados, mostrando una mayor capacidad fotosintética; dado que la PB es una función de la fotosíntesis, respiración y eficiencia de conversión de carbohidratos a materia seca (7, 8). Por tanto, una mayor DP no necesariamente tiende a disminuir la productividad de una planta (Figura 4A); lo que coincide con lo obtenido en maíz (3), así como en frijol asociado con girasol (11), dado que de 3046 a 3772 plantas.ha⁻¹, produciendo menos



Círculos con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí
 DMS: diferencia mínima significativa a P≤0.05

Figura 3. Índice de vigor (A), índice de área foliar (B) y producción de biomasa fresca (C) de chayote a los 360 días después de la plantación

biomasa y de 2602 a 2647 plantas.ha⁻¹ (DP bajas) presentan un punto de fotosaturación en el que no producen más biomasa, aunque exista mayor energía solar.

En la Figura 3B se observa un ÍÁF de entre 0.6 a 0.9 para todos los tratamientos; sin embargo, el ÍÁF más alto (0.78) igualmente se presentó en DP de 2706 a 2889 plantas.ha⁻¹; lo cual redundó en una mayor PB principalmente aérea; por tanto, a mayor ÍÁF mayor PB, como se observa en la Figura 3C (11), aunque el crecimiento y la productividad pueden aumentar en relación directa con la DP, sobre todo cuando las interacciones competitivas por agua, luz, nutrientes y espacio físico son minimizadas por facilitación y reducción (19, 13). En este sentido, algunos afirmaron (11, 19) que la productividad total por unidad de superficie se incrementa cuando se tienen especies asociadas en monocultivo, como en el diseño de plantación en círculo 'Nelder' (Figura 5).

El hecho de que la PB por unidad de superficie en la DP más alta no se haya incrementado en forma significativa, indicó que la competencia entre plantas fue mayor a la capacidad de suministro y eficiencia en el uso de recursos, principalmente del suelo (19).

En la Figura 2B se observa, de manera general, que en todos los tratamientos, a partir de los 240 DDP, la producción de fotoasimilados tiende a disminuir, como consecuencia de una reducción en el AF, debido a que la chaya es semiperenne, pues conserva en los meses menos cálidos parte de las hojas pero no todas (Figura 4B).

Lo anterior es un buen indicador de cuando comenzar a cosechar las hojas antes de que se caigan para poder aprovecharlas. Puede no coincidir con lo dicho en otros trabajos (2), en que se debe esperar hasta el segundo año después del trasplante para cosechar, pero de acuerdo con lo dicho por los mismos autores, que al cosechar no dejar que más del 50 % de la planta se quede sin follaje (Figura 4C). Sin embargo, hay que considerar que los tallos, las hojas y raíces muertas se pueden incorporar al suelo, manteniendo o incrementando su fertilidad (13).

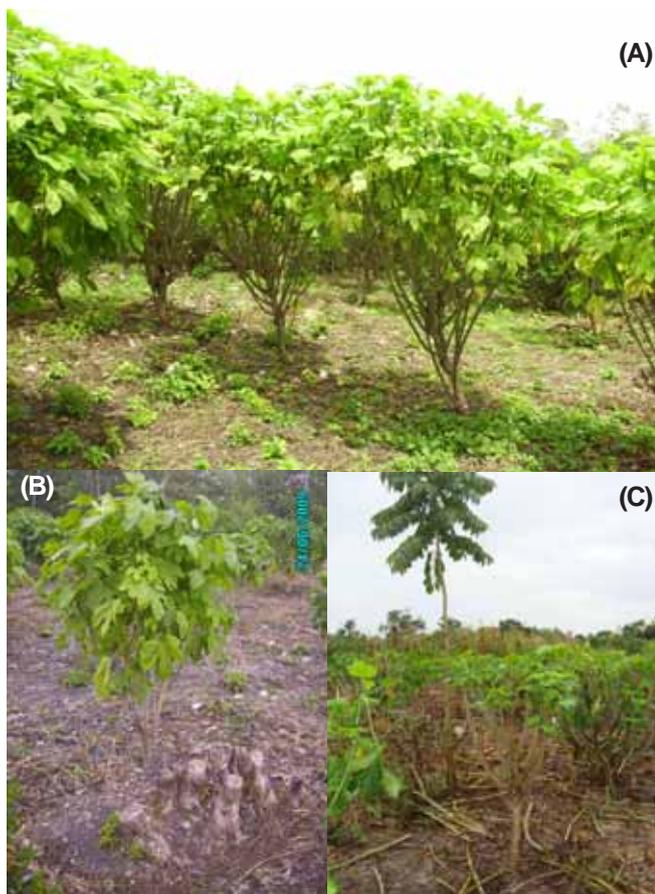


Figura 4. Chaya en altas densidades (A); cultivo semiperenne (B); cosecha con fines de enriquecimiento del suelo (C)

CONCLUSIONES

- La propagación vegetativa de la chaya es factible mediante el enraizamiento de estacas semileñosas de la sección apical y media de arbustos maduros, siendo el número de raíces y la longitud radical los componentes más importantes del enraizamiento.

- La biomasa aérea producida por la chaya es asignada principalmente a las hojas y los tallos. El área foliar presentó un valor máximo a los 240 días después de la plantación, seguido por una defoliación parcial; con lo cual es factible cosechar no más del 50 % de la biomasa aérea en esa fecha.
- La capacidad de enraizamiento en las estacas de chaya fue mayor de 2889 a 3772 plantas.ha⁻¹; sin embargo, el mejor crecimiento y productividad se obtuvo de 2706 a 2889 plantas.ha⁻¹. Existe un límite, en el cual las densidades <3000 o >3000 plantas.ha⁻¹ no necesariamente conducen a un mayor crecimiento y productividad, sino que existe cierto nivel de competencia, que favorece la absorción de agua, energía solar y nutrientes en un espacio físico determinado.



Figura 5. Diseño de plantación en círculo 'Nelder' asociando chayas con cedros y limones en un suelo vertisol pélico

REFERENCIAS

- Ross-Ibarra, J. y Molina-Cruz, A. The ethnobotany of chaya (*Cnidoscolus aconitifolius* ssp. *aconitifolius* Breckon): a nutritious maya vegetable. *Economic Botany*, 2002, vol. 56, no. 4, p. 350-365.
- Sarmiento-Franco, L.; Sandoval-Castro, C.; Mcnab, J.; Quijano-Cervera, R. y Reyes-Ramírez, R. Effect of age of regrowth on chemical composition of chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*) leaves. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2003, vol. 83, p. 609-612.
- Sarlangue, T.; Andrade, F.; Calviño, P. y Purcell, L. Why do maize hybrids respond differently to variations in plant density?. *Agronomy Journal*, 2007, vol. 99, p. 984-991.
- Paz-Pellat, F.; Odi-Lara, M.; Cano-González, A.; Bolaños-González, M. A. y Zarco-Hidalgo, A. Equivalencia ambiental en la productividad de la vegetación. *Agrociencia*, 2009, vol. 43, p. 635-648.

5. Nelder, J. A. New kinds of systematic designs for spacing experiments. *Biometrics*, 1962, vol. 18, no. 3, p. 283-307.
6. Zeide, B. Analysis of growth equations. *Forest Science*, 1993, vol. 39, no. 3, p. 594-616.
7. Peil, R. y Gálvez, J. R. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Revista Brasileira de Agrociencia*, 2005, vol. 11, no. 1, p. 5-11.
8. Koyama, K. y Kikuzawa, K. Is whole plant photosynthetic rate proportional to leaf area? A test of scalings and a logistic equation by leaf demography census. *The American Naturalist*, 2009, vol. 173, p. 640-649.
9. WRB-World Reference Base for Soil Resources. Classification key. FAO AGL. [Consultado: marzo 2010]. Disponible en: <<http://www.fao.org/ag/agl/agll/wrbnewkey>>.
10. Zhao-Gang, L. y Feng-Ri, L. The generalized Chapman-Richards function and applications to tree and stand growth. *Journal of Forestry Research*, 2003, vol. 14, no. 1, p. 19-26.
11. Garduño-González, J.; Morales-Rosales, E. J.; Guadarrama-Valentín, S. y Escalante-Estrada, J. A. Biomasa y rendimiento de frijol con potencial ejotero en unicultivo y asociado con girasol. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 2009, vol. 15, no. 1, p. 33-39.
12. SAS. SAS Online Doc 9.1.3 for the Web. 2007. [Consultado noviembre - 2009]. Disponible en: <<http://support.sas.com/onlinedoc/913/doc MainPage.jsp>>.
13. Petit, A. J.; Casanova, L. F. y Solorio, S. F. Asociación de especies arbóreas forrajeras para mejorar la productividad y el reciclaje de nutrientes. *Agricultura Técnica en México*, 2009, vol. 35, no. 1, p. 107-116.
14. Rivero, M. G.; Ramírez, M.; Caraballo, B. y Guerrero, R. Enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia emarginata* Sessé & Moc. ex DC). *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 2005, vol. 22, no. 2, p. 129-141.
15. Meng, Z.; Tang, H.; Wang, D.; Shao-Xiong, R. y Ren-Dao, L. A study of rooting characteristics and anatomical structure of *Feijoa* cuttings. *Agricultural Journal*, 2009, vol. 4, no. 2, p. 86-90.
16. De Dorlodot, S.; Forster, B.; Pagès, L.; Price, A.; Tuberosa, R. y Draye, X. Root system architecture: opportunities and constraints for genetic improvement of crops. *Trends in Plant Science*, 2007, vol. 12, no. 10, p. 474-481.
17. Da Cunha, B. M. y Gravina, A. Influencia del tipo de brote en el cuajado y crecimiento del fruto del tangor ortanique. *Agrociencia*, 2006, vol. 10, no. 1, p. 37-46.
18. Casierra-Posada, F.; Cardozo, M. C. y Cárdenas-Hernández, J. Análisis del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero. *Agronomía Colombiana*, 2007, vol. 25, no. 2, p. 299-305.
19. Forrester, D. I.; Bauhus, J. y Cowie, A. L. On the success and failure of mixed-species tree plantations: lessons learned from a model system of *Eucalyptus globules* and *Acacia mearnsii*. *Forest Ecology Management*, 2005, vol. 209, p. 147-155.

Recibido: 18 de enero de 2010

Aceptado: 29 de junio de 2010

¿Cómo citar?

Aguilar Luna, Jesus Mao E.; Macario Mendoza, Pedro A.; Huerta Lwanga, Esperanza; Hernández Daumás, Salvador; Alba Becerra, Ramiro de y García Villanueva, Eduardo. Crecimiento y productividad de chaya (*Cnidoscolus chayamansa* McVaugh, Euphorbiaceae) con densidad de plantación variable. *Cultivos Tropicales*, 2011, vol. 32, no. 1, p. 42-48. ISSN 0258-5936