

## NOTA TÉCNICA

# CRECIMIENTO INICIAL DEL DURAZNILLO (*Prunus annularis*) EN TRES SISTEMAS AGROFORESTALES<sup>1</sup>

Javier Monge Meza<sup>2</sup>, Renán Agüero Alvarado<sup>2</sup>

### RESUMEN

**Crecimiento inicial del duraznillo (*Prunus annularis*) en tres sistemas agroforestales.** Se estudió el desarrollo inicial (30 meses) del duraznillo (*Prunus annularis*) en tres sistemas agroforestales: duraznillo-maíz (*Zea mays*), duraznillo-menta (*Satureja viminea*) y duraznillo-naranjilla (*Solanum quitoense*), en un sitio en la zona de vida Bosque muy húmedo Montano Bajo, en Costa Rica. Se utilizaron cuatro parcelas de cada sistema agroforestal, con una densidad de 722 árboles/ha, y un sistema de siembra de árboles en forma de triángulo equilátero, entre los que se intercaló el componente agrícola respectivo de cada sistema agroforestal. La altura media alcanzada por los árboles de duraznillo fue de 226,2, 221,4 y 164,3 cm, para el sistema agroforestal duraznillo-maíz, duraznillo-menta y duraznillo-naranjilla, respectivamente. En cuanto a los volúmenes, éstos variaron entre 0,58 y 1,30 m<sup>3</sup>/ha. Hubo una diferencia significativa en altura media entre el sistema agroforestal duraznillo-maíz y duraznillo-menta con respecto al de duraznillo-naranjilla. No hubo diferencias con respecto al volumen entre los sistemas de producción.

**Palabras clave:** Desarrollo, *Zea mays*, *Satureja viminea*, *Solanum quitoense*, Costa Rica.

### ABSTRACT

**Initial growth of *Prunus annularis* (duraznillo) under three agroforestry systems.** Initial growth of *Prunus annularis* (duraznillo) under three agroforestry systems was studied in the Tropical Lower Montane Wet Forest life zone in Costa Rica. Agroforestry systems consisted of the spatial arrangements duraznillo-corn (*Zea mays*), duraznillo-mint (*Satureja viminea*), and duraznillo-naranjilla (*Solanum quitoense*). Four field plots for each system were established, with a density of 722 tree/ha. On spaces between the trees, the agricultural component of each agroforestry system was planted. Average height for duraznillo trees was 226,2, 221,4 and 164,3 cm for duraznillo-corn, duraznillo-mint and duraznillo-naranjilla, respectively; whereas tree volume ranged from 0,58 y 1,30 m<sup>3</sup>/ha. The results showed a significant difference in height in favor of the systems duraznillo-corn and duraznillo-mint in contrast with plots sowed with duraznillo-naranjilla. On the other hand, no statistical differences in tree volume were observed among the three agroforestry systems studied.

**Key words:** Growth, *Zea mays*, *Satureja viminea*, *Solanum quitoense*, Costa Rica.



### INTRODUCCIÓN

Las especies leñosas aportan diversos productos y cumplen diferentes funciones. Las plantas perennes

leñosas cultivadas con el fin de hacer más de una aportación significativa a las funciones de producción y/o servicio de un sistema de uso de la tierra son denominadas árboles de uso múltiple (Wood y Burley 1995).

<sup>1</sup> Recibido: 29 de julio, 2005. Aceptado: 2 de febrero, 2006. Este trabajo forma parte de la tesis doctoral del primer autor. Programa de Doctorado en Sistemas de Producción Agrícola Tropical Sostenible. Sistemas de Estudios de Posgrado, Universidad de Costa Rica.

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones en Protección de Cultivos (CIPROC), Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Correo electrónico: jimonge@cariari.ucr.ac.cr; raguero@cariari.ucr.ac.cr

El duraznillo (*Prunus annularis*) puede ser considerado como un árbol de uso múltiple, dados los usos de su madera (construcción en general, leña, carbón, artesanías y durmientes), como el árbol en sí (sombra, cortinas rompevientos, cercas vivas, arboricultura urbana y alimento para fauna silvestre) (Arnaez *et al.* 1992).

El conocimiento del desarrollo del duraznillo en su ambiente natural es escaso, basado en observaciones generales en bosques tropicales donde se le encuentra. Es una especie que se adapta moderadamente a los sistemas de producción manejados (plantación forestal); sin embargo, en comparación con otras especies utilizadas en proyectos de reforestación en condiciones similares, se considera una especie de lento crecimiento (Monge y Agüero 2004). Actualmente se dispone de información relacionada con su sobrevivencia (Monge y Agüero 2005) y su desarrollo en plantación forestal (Monge y Agüero 2004), pero se desconoce su desarrollo como componente de un sistema agroforestal. Por ello, el presente estudio tuvo como propósito determinar el desarrollo del duraznillo (*P. annularis*) en sistemas agroforestales, establecido en forma simultánea con maíz (*Zea mays*), menta (*Satureja viminea*) o naranjilla (*Solanum quitoense*). Las razones para seleccionar los componentes agrícolas y el forestal en estos sistemas agroforestales difieren entre sí. El duraznillo fue seleccionado como componente forestal por ser una especie nativa de Costa Rica, que se adapta a altitudes medias y altas (900-3.200 msnm), ámbito altitudinal del cual se carece de suficiente información acerca de especies con potencial para su manejo con fines productivos. El maíz, es un cultivo con un gran valor social, dada la tradición de su producción y consumo, por lo que validar el desarrollo de nuevos sistemas de producción en donde se le integre, propicia su continuidad como recurso básico de la dieta de la población. Por su parte, la menta y la naranjilla son productos novedosos como componentes de sistemas de producción. La menta, es un producto con diversos usos alimenticios y a su vez, es considerado como medicinal (Ocampo *et al.* 1994), sin embargo, su desarrollo como cultivo manejado es escaso, de ahí la importancia de considerar su potencial como componente agrícola de un sistema agroforestal. La naranjilla, es un cultivo básicamente aprovechado a partir de plantas silvestres, careciendo de desarrollo como cultivo, ya sea como monocultivo o como complemento de un sistema de producción mixto en Costa Rica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el cantón Vázquez de Coronado, Costa Rica. El sitio se encuentra a una altitud de 1.940 msnm y se caracteriza por una precipitación

de 2.545,2 mm y una temperatura promedio de 16,1°C (Instituto Meteorológico Nacional 1998). Este se ubica dentro de la zona de vida Bosque muy húmedo Montano Bajo (Bolaños y Watson 1993). El período de estudio comprendió los meses de julio de 1998 hasta enero del 2002.

Se establecieron cuatro parcelas con forma de paralelogramo (20 x 17,8 m), con un área de 356 m<sup>2</sup> por parcela, de cada uno de los sistemas agroforestales: duraznillo-maíz (T1), duraznillo-menta (T2) y duraznillo-naranjilla (T3), dos en cada uno de los dos lotes separados por 150 m entre sí, lo cual corresponde a un diseño de bloques completos al azar generalizado. Cada parcela estuvo constituida por cinco filas de cinco árboles cada una, en un sistema de siembra de triángulo equilátero (tresbolillo), con un distanciamiento entre árboles de 4 m entre sí, para una densidad inicial de 722 árboles/ha. La menta y el maíz se plantaron en cuatro franjas de tres hileras cada una entre las filas de los árboles. El distanciamiento entre hileras y plantas dentro de la franja fue de 0,65 m, para un total de 24 plantas o puntos de siembra por hilera, y de 288 plantas por parcela. La naranjilla se plantó entre las filas de los árboles, con un distanciamiento de 4 m entre plantas para un total de 16 plantas por parcela. Los árboles y las plantas de menta provinieron de viveros comerciales ubicados en Santa Bárbara de Heredia, las plantas de naranjilla se produjeron en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno de la Universidad de Costa Rica, ubicada en la Garita de Alajuela y la semilla de maíz se obtuvo en un comercio de Vázquez de Coronado. El manejo dado a estas parcelas consistió en la aplicación de abono (10-30-10) para el establecimiento del sistema forestal, a razón de 100 g al fondo del hoyo de cada uno de los árboles de duraznillo, 300 gramos al fondo de cada planta de naranjilla, y al voleo en las áreas de producción de menta y maíz. A su vez, se eliminó la vegetación asociada (malezas) alrededor de cada árbol, por medio de una chapea en un círculo de 75 cm de diámetro, aplicada cada dos meses durante el primer año, reduciendo a la mitad las intervenciones durante el segundo año. La eliminación de vegetación asociada con la naranjilla se hizo cada tres meses durante el primer año y cada seis meses durante el segundo año.

Para evaluar el desarrollo del duraznillo se realizaron 10 inventarios forestales a las edades de 1, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 y 30 meses de establecida la plantación, cuando se midió la altura total de cada árbol. Para estimar el volumen se estableció una relación entre el diámetro de la base y la altura del árbol, por medio de una regresión lineal simple a partir de una muestra de 56, 62 y 66 árboles, para los tratamientos T1, T2 y T3, respectivamente. Para ello se realizó un inventario en donde se midió la altura total y el diámetro basal, a los 42 meses de

establecida la plantación. Considerando estas mediciones, se estimó el volumen mediante la siguiente fórmula:  $\text{volumen} = d^2 \times \pi/4 \times h \times \text{f.m.}$ , donde:  $d$  es el diámetro (m),  $\pi$  es la constante  $\pi$  cuyo valor es 3,14159...,  $h$  es la altura del árbol (m) y  $\text{f.m.}$  es el factor mórfoico o de forma cuyo valor asumido fue de 0,5. El volumen por hectárea se obtuvo por extrapolación a partir del volumen por parcela cuya extensión fue de 346 m<sup>2</sup>.

Al inicio del estudio se tomaron muestras de suelo en cada una de las parcelas, mismas que se analizaron para determinar sus niveles de fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro, manganeso, zinc, así como materia orgánica, pH, acidez y capacidad de intercambio catiónico. Este análisis fue realizado en el Laboratorio de Suelos del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica.

Las diferencias en el desarrollo del duraznillo (tanto en altura media como en volumen), se analizó mediante un análisis de varianza y con una prueba de contrastes, con el fin de comparar los sistemas agroforestales. A su vez, para explicar posibles diferencias entre parcelas, se estimaron los coeficientes de correlación, entre la altura media y las propiedades químicas del suelo descritas.

## RESULTADOS

Después de 30 meses de establecido el componente forestal en los sistemas agroforestales, el duraznillo (*Prunus annularis*) alcanzó una altura de 226,2, 221,4 y 164,3 cm en los tratamientos T1 (duraznillo-maíz), T2 (duraznillo-menta) y T3 (duraznillo-naranjilla), respectivamente (Cuadro 1), presentándose diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $p \leq 0,0001$ ). Al comparar el crecimiento experimentado en

cada sistema agroforestal, se evidencia un mayor desarrollo en T1 con respecto a T3 ( $p=0,045$ ), así como en T2 y T3 ( $p=0,0618$ ), no así entre T1 y T2 ( $p=0,8669$ ). En la Figura 1, se aprecian las curvas de crecimiento del duraznillo en cada uno de los sistemas agroforestales. Es evidente la similitud que presentan los tratamientos T1 y T2, mientras que el T3 (duraznillo-naranjilla) mostró un desarrollo inferior a partir del noveno mes, llegando a alcanzar una altura media cercana al 75% con respecto a los otros tratamientos, al final del estudio. En cuanto a la dispersión de los datos dentro de cada tratamiento, evaluado a partir del coeficiente de variación, se obtuvo que las parcelas sujetas a los tratamientos T1 y T2 presentan valores promedio más homogéneos, con coeficiente de variación de 24,2 y 15,2, respectivamente. Sin embargo, en las parcelas con tratamiento T3, la variación interna fue relativamente alta con un coeficiente de variación de 45%.

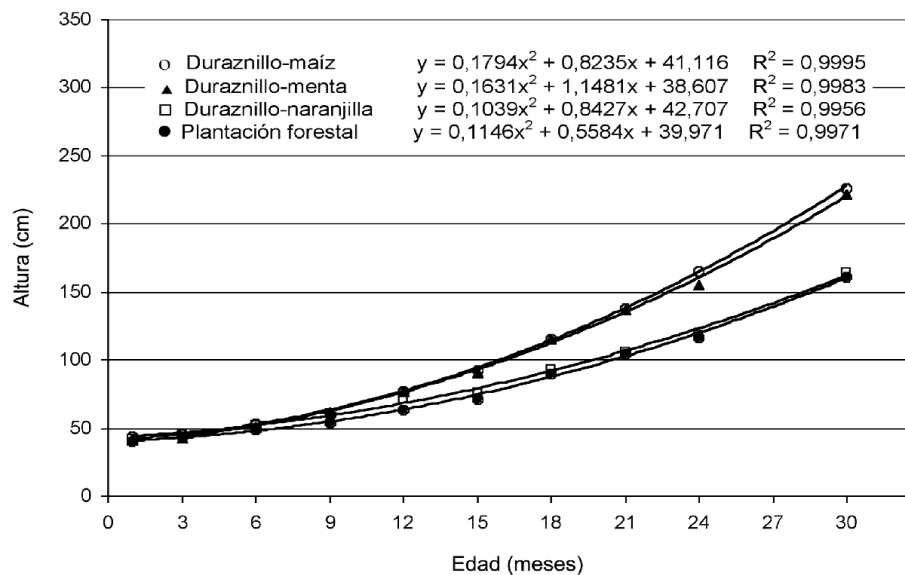
Con respecto a los incrementos medios anuales (IMA) para el período de estudio, se tiene que en T1 fue de 90,5 cm, para T2 de 88,6 cm y para T3 de 65,7 cm.

Las diferencias entre tratamientos y dentro de los tratamientos no pudieron ser explicadas por las variables edáficas consideradas en el análisis de suelos, ya que los índices de correlación entre la altura media de la parcela y las variables edáficas fueron muy bajos, siendo en su mayoría inferiores a 0,2.

En cuanto los volúmenes, éstos fueron de 1,299 m<sup>3</sup>/ha para el tratamiento T1, de 1,096 m<sup>3</sup>/ha para el T2 y de 0,578 para el T3, con IMA que oscilaron entre 0,23 – 0,52, no evidenciándose diferencias significativas entre tratamientos ( $p=0,447$ ). En este caso, la proporción de volumen alcanzado por el T3 es la mitad o menos del volumen obtenido por los otros dos tratamientos (Cuadro 1). Con respecto a la variación dentro de los tratamientos, ésta fue alta para los tratamientos T1 y T3, y en menor medida para el T2.

**Cuadro 1.** Altura media, volumen medio e incremento medio anual (IMA) en altura y volumen del duraznillo (*Prunus annularis*) a la edad de 30 meses de establecida la plantación en sistemas agroforestales, en Vásquez de Coronado, Costa Rica, entre julio de 1998 y enero del 2001.

Tratamiento	Altura media (cm)	IMA (Altura)	Volumen medio (m <sup>3</sup> /ha)	IMA (Volumen)
T1	226,2	90,5	1,299	0,52
(con maíz)	198,8 – 253,6)		(0,75 – 1,84)	
T2	221,4	88,6	1,096	0,44
(con menta)	(204,5 – 238,3)		(0,86 – 1,33)	
T3	164,3	65,7	0,578	0,23
(con naranjilla)	(127,3 – 201,3)		(0,23 – 0,92)	



**Figura 1.** Curvas de mejor ajuste del crecimiento en altura media del duraznillo (*Prunus annularis*) en sistemas agroforestales y plantación forestal (datos de Monge y Agüero, 2004) en Vázquez de Coronado, entre julio de 1998 y enero del 2001.

## DISCUSIÓN

El duraznillo mostró un desarrollo diferente en los sistemas agroforestales analizados, lo cual sugiere que algunas variables propias de cada sistema están influyendo al componente forestal. El manejo dado a los árboles de duraznillo fue el mismo en todas las parcelas y por ende a los tratamientos; a su vez, estuvieron expuestos a las mismas condiciones ambientales, a pesar de las diferencias que se pudieron presentar en algunas parcelas por su ubicación, lo cual no sería aplicable a todo el tratamiento. Es posible, por lo tanto, que pueda existir alguna influencia de parte del cultivo y su manejo, en el desarrollo de los árboles, relación que ha sido ampliamente estudiada en sentido contrario, al reconocerse el efecto de los árboles para el desarrollo del cultivo (Ong 1996), o como lo sugiere Budowski (1984) al referirlo al componente arbóreo y agrícola o pecuario de que puede haber influencia benéfica debido a mutualismos.

Todos los tratamientos presentaron diferencias en cuanto al componente agrícola y su manejo. Así, por ejemplo, la naranjilla y la menta estuvieron presentes durante todo el período de estudio, no así el maíz dado su corto período de producción. A su vez, dado que el maíz tuvo un pobre desarrollo (Monge 2003), es posible que la competencia con el componente forestal sea menor con respecto a la menta y la naranjilla. La densidad de plantas (sitios de siembra) de la menta y el

maíz fue la misma, no así la de la naranjilla cuya densidad fue menor por su tamaño. En cuanto a la intensidad y frecuencia en el manejo (eliminación de la vegetación asociada), la menta y el maíz son equiparables durante el período de presencia del maíz. Sin embargo, esta labor fue menos frecuente y se concentró en menores áreas, abarcando menos cantidad de plantas para el caso de la naranjilla. Estas diferencias, entre otras posibles, podrían ser las responsables del crecimiento diferencial del duraznillo entre tratamientos.

En términos generales, se considera que en aquellos sistemas agroforestales en que el componente agrícola requiere de labores más frecuentes, se observó un mayor desarrollo de los árboles de duraznillo (En este caso las labores incluyeron la eliminación de la vegetación asociada, la cual se dejaba en la parcela misma). De igual manera, la eliminación total de la vegetación de la franja situada entre las filas de los árboles para el establecimiento de los cultivos de menta y maíz, aportaría una mayor cantidad de materia orgánica en la base de los árboles, que en el caso de la naranjilla, dado el sistema de establecimiento de este cultivo. También podría plantearse, como otra posible influencia del componente agrícola hacia el forestal, la protección del viento que ofrecen las plantas de menta y de maíz (aunque durante un corto período) ya que se establecen densamente en franjas de tres filas, a diferencia de la naranjilla, cuya ubicación aislada ofrece un menor aporte.

Estudios detallados sobre la influencia de estas variables al desarrollo del duraznillo, considerando estas observaciones, serán valiosos para integrar óptimamente estas variables en el diseño de los sistemas de producción, de tal manera que se potencien aquellos elementos que conllevan a beneficios y se eviten los que limitan el logro de los objetivos de producción.

El resultado de comparar el crecimiento del duraznillo en plantación forestal (tratamiento usado como testigo, cuyos resultados fueron documentados por Monge y Agüero 2004) con respecto a sistemas agroforestales sujetos al mismo manejo (en cuanto a fertilización y frecuencia y modo de eliminación de malezas alrededor de los árboles), es variable. En el sistema agroforestal duraznillo-maíz, el duraznillo mostró un mayor crecimiento ( $p=0,0350$ ), situación que se observó también en el sistema duraznillo-menta ( $p=0,0483$ ), no así en el sistema duraznillo-naranjilla ( $p=0,8958$ ) cuyo crecimiento fue menor (Figura 1).

El incremento medio anual (IMA) alcanzado por el duraznillo en los sistemas agroforestales fue inferior al obtenido por el jaúl (*Alnus acuminata*) en plantación forestal (CATIE 1995) y dentro del ámbito mostrado por el ciprés (*Cupressus lusitanica*), (Chávez y Fonseca 1991) ambos en la misma zona de vida. No fue posible comparar el desarrollo del duraznillo con el de otras especies en sistemas agroforestales que se adapten a las condiciones de esta zona de vida, por marcadas diferencias entre los modelos agroforestales. Es común que en la altitud donde se desarrolló el estudio, los sistemas mixtos sean de tipo silvopastoril, en los que el componente arbóreo se encuentra muy disperso dentro de los potreros o formando cortinas rompevientos (Budowski 1984; Combe 1984; Combe *et al.* 1984). Además, estos sistemas a diferencia del modelo agroforestal usado, tienen influencia del componente animal que aportan características diferentes al sistema, ya sea relacionadas con la fertilización adicional o con la compactación del suelo (Combe 1984).

Con respecto a los volúmenes obtenidos, se presentó un volumen significativamente mayor en el sistema duraznillo-maíz con respecto al de la plantación forestal ( $p=0,0377$ ), aunque no así, con respecto a los otros dos sistemas agroforestales (T2 y T3).

Lo anterior indica que esta especie se adapta a las condiciones de un manejo agroforestal, lo que sería atractivo para el productor que desee incursionar en la producción agroforestal. La implementación de sistemas agroforestales con esta especie forestal no solo ofrece un mayor volumen de producto forestal, sino que también brinda un recurso adicional del componente agrícola. Dada la menor duración del ciclo de producción del

componente agrícola, podría sufragar algunos costos de la plantación forestal, al comercializar el producto agrícola, o satisfacer algunas necesidades al destinar el producto para el consumo familiar.

## AGRADECIMIENTO

Al Convenio Bilateral de Desarrollo Sostenible Costa Rica - Holanda, por el financiamiento parcial de la investigación, así como a los propietarios de la Hacienda San Fernando (Patio de Agua, Vásquez de Coronado, San José, Costa Rica) por las facilidades para el desarrollo de la etapa de campo.

## LITERATURA CITADA

- ARNAEZ, E.; MOREIRA, I.; ROJAS, F.; TORRES, G. 1992. Duraznillo. Especies forestales tropicales N°7. Ed. Tecnológica de Costa Rica. 7 p.
- BOLAÑOS, R.; WATSON, V. 1993. Mapa ecológico de Costa Rica. Hoja San José. Escala 1:200,000. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica.
- BUDOWSKI, G. 1984. Los sistemas agroforestales en Centro América. p. 15-24. *In:* Hueveldop, J.; Lagemann, J. eds. Agroforestería. Actas del Seminario 23 febrero al 3 de marzo, 1981. Centro Agronómico Tropical de Investigación (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 112 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 1995. Jaúl (*Alnus acuminata* spp. *arguta*). Especie de árbol de uso múltiple en América Central. Colección de guías silviculturales N° 18. Turrialba, Costa Rica. 39 p.
- CHAVES, E; FONSECA, W. 1991. Ciprés (*Cupressus lusitanica*). Especie de árbol de uso múltiple en América Central. Colección de guías silviculturales N° 7. Turrialba, Costa Rica. 65 p.
- COMBE, J. 1984. Jaúl con pastos: práctica silvopastoril en el nivel submontano de Costa Rica. p. 71-75. *In:* Hueveldop, J.; Lagemann, J. eds. Agroforestería. Actas del Seminario 23 febrero al 3 de marzo, 1981. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 112 p.
- COMBE, J.; ESPINOZA, L.; KASTL, R.; VETTER, R. 1984. El uso de prácticas silvopastoriles en las partes altas del Valle Central de Costa Rica, finca "Esmeraldas". p. 76-77. *In:* Hueveldop, J.; Lagemann, J. eds. Agroforestería.

- Actas del Seminario 23 febrero al 3 de marzo, 1981. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 112 p.
- INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL. 1998. Datos de la Estación Meteorológica Rancho Redondo. Período 1951-1998. San José Costa Rica.
- MONGE, J. 2003. Análisis de tres sistemas agroforestales y caracterización de un modelo agroforestal potencialmente sostenible para zonas montañosas de altura media (1500-2500 msnm) en Costa Rica. Tesis de doctorado. Sistema de Estudios de Posgrado, Universidad de Costa Rica. 228 p.
- MONGE, J.; AGÜERO, R. 2004. Desarrollo inicial del duraznillo (*Prunus annularis*) en plantación forestal. *Agronomía Costarricense* 28(2):113-118.
- MONGE, J.; AGÜERO, R. 2005. Supervivencia del duraznillo (*Prunus annularis*) en plantación forestal y en sistemas agroforestales. *Agronomía Costarricense* 29(1): 95-100.
- OCAMPO, R. A.; PALMA, T.; HILDALGO, N. 1994. Diagnóstico de Costa Rica. pp. 50-66. *In*: Ocampo, R. A. ed. Domesticación de plantas medicinales en Centroamérica. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 132 p.
- ONG, C. K. 1996. A framework for quantifying the various effects of tree-crop interactions. p. 1-23. *In*: Ong, C. K.; Huxley, P. eds. 1996. Tree-crop interactions: A physiological approach. CAB Internacional. United Kingdom. 377 p.
- WOOD, P. J.; BURLEY, J. 1995. Un árbol para todo propósito. Introducción y evaluación de árboles de uso múltiple para agroforestería. ICAF-IICA. San José, Costa Rica. 180 p.