

NOTA TECNICA

**BIOMASA AEREA, CONCENTRACION DE NUTRIMENTOS  
Y DAÑOS EN ARBOLES DE *Vochysia guatemalensis* EN UN MONOCULTIVO  
DE CUATRO AÑOS, TABARCIA, COSTA RICA<sup>1</sup>**

*José Francisco Di Stéfano<sup>2/1\*</sup>, Luis A. Fournier\**

**RESUMEN**

*V. guatemalensis* ha sido seleccionada como una especie forestal nativa con alto potencial para ser utilizada en programas de reforestación. Se estudió la biomasa aérea, concentración de nutrimentos, y algunos daños en al menos 56 árboles con aproximadamente 4 años de plantación, distribuidos en 19 parcelas de 80 m<sup>2</sup> y plantados a 2x2 m. Tenían un promedio en altura de 6.7 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) de 8.4 cm, y una biomasa aérea (peso seco) de 12.9 kg. La ecuación de mejor ajuste entre la biomasa total y la altura o el DAP, fue la exponencial. Las hojas tenían la mayor concentración de nutrimentos, excepto para K y Mn. Al menos el 50% de los nutrimentos se quedarían en el sitio si las hojas y ramas no se extrajeran, excepto para K que solo sería del 39%. Con respecto al daño del follaje por insectos cortadores y el hongo *Verticillium* sp. en el tronco (formación de pústulas y oscurecimiento de la madera), la mayoría de los árboles mostraban ataques menores al 20%, los cuales aún no han afectado el crecimiento de los árboles. Los valores de DAP tendieron a ser mayores con la presencia del hongo debido a que éste forma pústulas alrededor del tronco.

**ABSTRACT**

**Aboveground biomass, nutrient concentration and damage in a four year old monoculture of *Vochysia guatemalensis* trees, Tabarcia, Costa Rica.** *V. guatemalensis* has been selected as a potential native tree for reforestation programs. The aboveground biomass, nutrient concentrations, fungus and insect damage, were studied on at least 56 trees in a plantation approx. 4 years old. The trees were distributed on 19 plots (80 m<sup>2</sup> each) at a distance of 2x2 m. They had an average height of 6.7 m, DBH of 8.4 cm and aboveground dry weight of 12.9 kg. An exponential equation was the best fit function between total biomass and height or DBH. The leaves had the highest concentration of nutrients except for K and Mn. At least 50% of the nutrients would remain if leaves and branches are left on the field, except for K (only 39%). The majority of the trees had less than 20% damage from herbivore leafcutters and the stem fungus *Verticillium* sp (which produced a dark brown coloration in the wood and open blisters, externally). Apparently these have not had an important effect on the growth of the species, although values of DBH tended to increase with the presence of the fungus, due to the formation of pustule-like structures.

**INTRODUCCION**

En varias ocasiones se ha citado la necesidad de utilizar especies nativas, en vez de las exóticas, para plantaciones comerciales o para facilitar la recuperación de áreas degradadas. Sin

1/ Recibido para publicación el 24 de febrero de 1998.  
2/ Autor para correspondencia.  
\* Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

embargo, no es sino hasta hace unas pocas décadas que se empiezan a realizar estudios autoecológicos básicos, o a establecer parcelas experimentales para determinar el comportamiento de estas especies cuando se cultivan bajo diferentes climas y suelos (González et al. 1990). En Costa Rica, dichos estudios son fundamentales dada la alta diversidad de zonas de vida y tipos de suelo.

En 1992 se plantó *Vochysia guatemalensis* en monocultivo en la región de Tabarcia, cantón de Mora (Di Stefano y Fournier 1994). Como parte de las actividades de manejo, se efectuó un raleo a los 4 años de plantación. Para contribuir con el conocimiento silvocultural de la especie, los objetivos de este estudio fueron determinar: la biomasa acumulada en los árboles derribados, las diferencias en la producción entre varias estrategias de fertilización, la concentración y cantidades de nutrimentos en las hojas, ramas y tronco, y los daños en el follaje por herbivoría y hongos en el fuste.

## MATERIALES Y METODOS

Se plantó *V. guatemalensis* de un año en 24 parcelas de 80 m<sup>2</sup> en un terreno antes ocupado por café, con un distanciamiento entre árboles de 2x2 m. A cada una de las parcelas se le asignó, al azar, uno de los siguientes tratamientos (P como triple superfosfato una vez al hueco, y NPK como fórmula cafetalera 18-5-15-6-2 aplicado anualmente): 0:0, 0:50, 50:0, 50:50 g del fertilizante/árbol (Di Stefano y Fournier 1994). En el último año se cuadruplicó la dosis de NPK por planta.

Entre enero y febrero de 1996 (exactamente a los 3.7 años de haber sido plantados en monocultivo) se efectuó un raleo sistemático para dejar un distanciamiento entre árboles de 4x4 m. Se cortaron un total de 98 individuos, distribuidos en 19 parcelas. Las restantes parcelas no fueron utilizadas debido a la mortalidad natural.

A los árboles derribados se les midió la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP), basal, medio y superior (un metro antes de la yema apical). Ninguna de las plantas tenía flores y presentaban una importante brotación foliar.

Para la biomasa, se utilizaron 3 árboles/parcela escogidos alternadamente conforme se iban derribando el total de los árboles dentro de cada parcela. Se deshojaron y se partió el tronco en varias secciones. Cada componente fue pesado fresco en el campo, con una romana de 100 kg ( $\pm 0.25$  kg). Se tomaron muestras para ser secadas al horno (60°C) hasta peso constante, para estimar el peso seco total de cada componente.

Luego de pesadas, se mezclaron las ramas y las hojas de todos los árboles de cada parcela (máximo 6), y se tomó una muestra para el análisis de nutrimentos minerales. Para el caso de los troncos, a cada árbol se le cortó un pedazo de la base, la mitad de la longitud, y la punta del mismo. Luego se partieron en pequeños trozos y se mezclaron para hacer una muestra compuesta por parcela. Los análisis químicos se realizaron en el Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica.

La concentración de nutrimentos en el suelo, también realizados en el CIA, se determinó en las 19 parcelas con una muestra compuesta (para cada una de las repeticiones/tratamiento se mezclaron 5 muestras de 20 cm de profundidad x 5.5 cm de diámetro, 4 tomadas a 1 m de los extremos de la porción útil de la parcela, y otra en el centro). Las muestras compuestas de cada repetición se mezclaron nuevamente para dejar una por tratamiento.

Además, se realizó una estimación visual cualitativa, en una escala de 0 a 5, de daños causados por insectos cortadores en hojas adheridas a la rama, y por el hongo *Verticillium* sp. el cual ocurría en la mitad inferior del fuste.

El procedimiento estadístico fue el mismo utilizado en Di Stefano y Fournier (1994) basado en un diseño completamente al azar con 2 factores y 2 niveles/factor. Los datos se procesaron con el programa SYSTAT (Wilkinson 1990).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Crecimiento

Para diciembre de 1995, los árboles que se marcaron para ser derribados, habían alcanzado una altura promedio de 6.7 m (n=98, coeficiente

de variación, CV=21%) y un DAP de 8.4 cm (CV=34%). El promedio de toda la plantación para ese mismo mes fue de 6.6 m (CV=25%) y 8.9 cm (CV=35%), respectivamente.

Para enero-febrero 1996, cuando se efectuó el raleo, se determinó que los árboles cortados habían crecido en promedio, 0.5 m (CV=86%) y 1.3 cm (CV=134%) en altura y DAP, observándose una muy alta variabilidad.

Los incrementos medios anuales (IMA) para ese grupo de árboles luego de 3.7 años de plantados, fueron de 1.9 m para la altura, y 2.6 cm para el DAP. Estos valores representan entre el 66% y 71% (altura), y entre el 77% y 89% (DAP), de los IMA obtenidos de plantaciones de 3 y 4 años ubicados en la región de Sarapiquí (Espinoza y Butterfield 1989, Montagnini et al. 1995). Por su parte, en Las Mercedes de Guácimo (ubicada en la zona de vida bosque muy húmedo tropical transición a premontano), árboles plantados a 3x3 m alcanzaron una altura de 5.7 m durante los primeros 2 años (Russo y Sandí 1996). Estas diferencias podrían deberse a factores edáficos, climáticos, y genéticos, así como a prácticas de manejo.

Al igual que en Di Stéfano y Fournier (1994), se determinó que los árboles con P aplicado al hoyo al inicio de la plantación, sin NPK, tenían las menores alturas y DAPs (Figura 1, marginalmente diferentes a los otros tratamientos,  $P < 0.10$  Bonferroni). Al respecto, Herrera (1996) encontró que la altura dominante de plantaciones

de *V. ferruginea* disminuía con aumentos en la concentración de P en los primeros 12 cm del suelo.

El diámetro promedio a la base y a la mitad de la longitud del tronco (promedio de 3.6 m) fue de 11.0 cm (CV=31%) y 6.5 cm (CV=34%), disminuyendo a una razón de 1.26 cm/m. La reducción del diámetro medio al diámetro superior fue de 1.5 cm/m. El volumen total promedio (si se asume un cono) fue de 0.03 m<sup>3</sup>/árbol (CV=68%), ó 72.5 m<sup>3</sup>/ha, mientras que el área basal promedio fue de 18.5 m<sup>2</sup>/ha, con un IMA de 5.0 m<sup>2</sup>/ha. Montagnini y colaboradores (1995) obtuvieron una tasa de 7.1 m<sup>2</sup>/ha/año.

Se observó que aproximadamente el 50% de los árboles presentó una bifurcación a una altura promedio de 4 m (CV=21.5%).

### Biomasa aérea

A 56 de los 98 árboles derribados, se les calculó la biomasa. Estos pesaban, en promedio, 12.9 kg/árbol (peso seco, equivalente a 32.3 t/ha) distribuidos así (kg/árbol): 1.6 (CV=71%) de hojas, 0.9 (CV=92%) de ramas semi-secas aún adheridas a la planta, 2.4 (CV=82%) de ramas vivas, y 8.0 (CV=63%) de tronco. La variabilidad fue grande y no pudo ser explicada por los tratamientos ( $P > 0.15$ ).

Los IMA fueron de 8.7 t/ha para la biomasa total, y de 5.4 t/ha para los troncos. Estos valores representan solo el 63% y el 52%, respectivamente, de los hallados por Montagnini y Sancho (1994) para la plantación de Sarapiquí.

Si se asume un contenido de C del 50% en la biomasa, cada planta tenía, como promedio, 6.5 kg de C en la parte aérea, equivalente a cerca de 16 t/ha. Además, la especie produce una abundante hojarasca, lo que sugiere que *V. guatemalensis* no solo facilita un reciclaje de los nutrientes y mejora el contenido de materia orgánica en el suelo, sino que puede contribuir significativamente en programas de venta de fijación de carbono.

Se determinó un peso específico básico de 0.28 g (peso seco)/cm<sup>3</sup> fresco (CV=11%, n=4) para la madera de aproximadamente 4 años de plantada, todavía muy liviana pues la madera de árboles adultos alcanza valores promedio de 0.35 g/cm<sup>3</sup> (Carpio 1992).

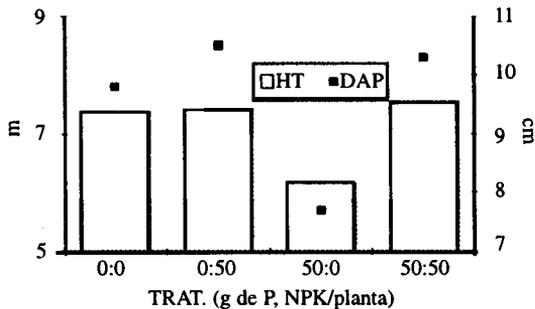


Fig. 1. Altura y diámetro a la altura del pecho (DAP, 1.3 m) de árboles de *Vochysia guatemalensis* derribados durante el raleo de una plantación de aprox. 4 años, Tabarcia, Costa Rica.

La relación entre la altura total ( $H_t$ ) y el DAP con la biomasa total ( $B_t$ ) se observa en las Figuras 2 y 3. Para ambos casos, la ecuación de mejor ajuste resultó la exponencial ( $B_t = ax^b$ ). Los valores de  $a$  y  $b$  con la altura fueron de 0.034 (límites de confianza al 95%,  $LC=0.007-0.075$ ), y 2.91 ( $LC=2.35-3.47$ ), con un "r" corregido de 0.85. Los valores de las constantes para el DAP fueron de 0.073 ( $LC=0.022-0.124$ ) y 2.19 ( $LC=1.91-2.46$ ) con un "r" corregido de 0.94. La ecuación de doble entrada, similar al modelo utilizado por Ortiz (1998) para especies esciófitas parciales, resultó ser  $B_t = 0.043 \text{ DAP}^{1.85} H_t^{0.64}$ , con un "r" corregido de 0.90. En todos los casos, los coeficientes de correlación son altos, lo que permite estimar, en futuros estudios, los parámetros medidos.

### Nutrientes en el suelo y el vástago

En el Cuadro 1 se observan los resultados del análisis de suelos. Como promedio, y de acuerdo a la interpretación de Bertsch (1986) para condiciones agronómicas generales, el pH es ácido, el Mg y Zn bajos, y altos el P y Fe. Por su parte, la acidez, el Ca, K, Cu, Mn y las razones Ca/Mg, Ca/K y Mg/K fueron medianas. Al respecto, es posible que el menor crecimiento de los árboles de Tabarcia en comparación con los de Sarapiquí y Guápiles, se deba, en parte, a las altas concentraciones de P en el suelo en vista que esta especie parece verse afectada por este elemento (Di Stéfano y Fournier 1994, Herrera 1996).

No se encontró una tendencia clara con respecto a los nutrientes agregados a través del fertilizante sobre las concentraciones de dichos elementos en el suelo (Cuadro 1). Esto posiblemente es debido a que el fertilizante fue colocado cerca a la base de los árboles, o a que las cantidades aplicadas no fueron suficientes para crear un efecto importante en los sitios, ya de por sí fuertemente fertilizados cuando estos habían sido cultivados con café. Sin embargo, las parcelas testigo (0.0) mostraron las menores concentraciones de varios nutrientes.

Se encontraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) en la concentración de varios nutrientes entre las hojas, las ramas y el tronco (Cuadro 2). En general, las hojas alcanza-

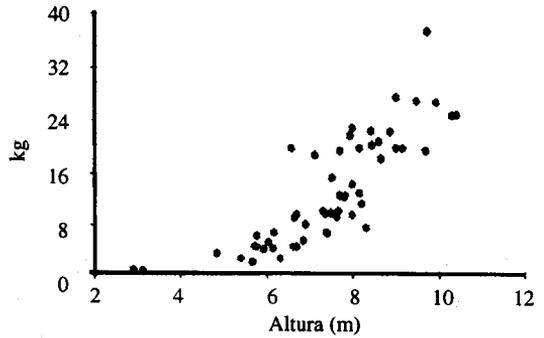


Fig. 2. Relación entre altura y biomasa total (peso seco) de árboles de *Vochysia guatemalensis* con aprox. 4 años de plantados, derribados en el raleo, Tabarcia, Costa Rica.

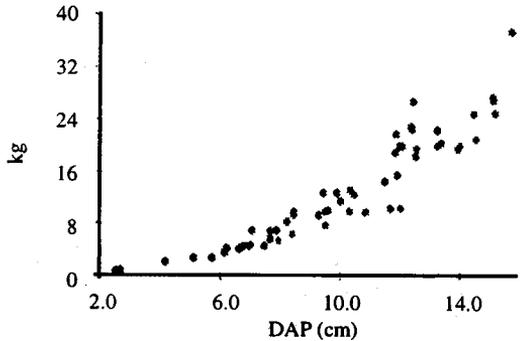


Fig. 3. Relación entre el diámetro a la altura del pecho (DAP) y biomasa total (peso seco) de los árboles de *Vochysia guatemalensis* con aprox. 4 años de plantados, derribados en el raleo, Tabarcia, Costa Rica.

ron las mayores concentraciones, excepto de K y Mn los cuales fueron significativamente menores que en las ramas (y en el tronco para el caso del Mn).

Comparando estos resultados con los obtenidos por Montagnini y Sancho (1994) en Sarapiquí, se encontró que las concentraciones de N, P y K para las hojas y ramas de las plantas de Tabarcia, fueron superiores al menos 1.4, 1.4 y 3.7 veces, respectivamente. Para el tronco fue superior el N y K (1.9 y 2.8 veces más). Para el Mg, las mayores concentraciones se determinaron en la plantación de Sarapiquí en las 3 partes vegetativas, y se encontró cerca de 4 veces menos Ca en los troncos de Tabarcia.

Cuadro 1. Concentración promedio de nutrimentos (muestra compuesta) en los suelos experimentales en Tabarcia.

Trat. P, NPK	pH	NTot %	Ca	Mg cmol(+)/L	K	Acidez	P	Fe	Cu mg/L	Zn	Mn
0:0	4.9	0.25	1.82	0.46	0.25	1.77	31.3	329	14.6	3.3	10.9
50:0	5.2	0.28	4.22	0.95	0.31	1.40	38.4	329	15.0	2.9	9.4
0:50	5.2	0.24	3.91	0.94	0.36	1.26	42.6	314	13.3	2.7	9.9
50:50	5.2	0.28	4.27	1.12	0.38	1.21	27.2	235	14.8	2.7	10.1
Prom.	5.1	0.26	3.55	0.88	0.33	1.41	34.9	302	14.4	2.9	10.1

Trat.= tratamientos. Se agregó 50 g de fertilizante por planta.

Cuadro 2. Concentración promedio de nutrimentos en *Vochysia guatemalensis* con aproximadamente 4 años de plantación, en Tabarcia.

Parte	N	P	Ca %	Mg	K	Fe	Cu mg/kg	Zn	Mn
Hoja	2.1a	0.17a	1.5a	0.31a	1.08b	101a	13.1a	14.2a	160c
CV	6.8	10.9	12.7	15.5	13.2	20.6	17.2	13.9	19.8
Rama	0.7b	0.17a	0.5b	0.14b	1.82a	67.8b	10.2b	16.8a	376a
CV	18.0	19.8	36.4	23.9	18.8	75.2	25.0	48.0	34.6
Tronco	0.5b	0.09b	0.4b	0.08c	1.17b	48.2b	4.7c	9.0b	244b
CV	23.2	18.2	26.0	24.2	20.4	42.9	25.7	33.7	48.7

Letras diferentes por nutrimento indican diferencias significativas al  $P < 0.02$  (Bonferroni) entre las partes del árbol. CV= coeficiente de variación.

Las mayores reservas de nutrimentos se acumularon en el tronco (Cuadro 3). Si todos los componentes del vástago se extrajeran, habría una salida de 103, 17.5, 235, 167.5 y 37.5 kg/ha de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente. Por el contrario, si se dejaran las hojas y las ramas en el sitio, se quedaría el 50% o más de los anteriores elementos, excepto para el K con solo el 39%. En este caso, el K sería uno de los elementos que más se perdería del ecosistema si se extrajera el tronco, y no el Ca como en el estudio de Montagnini y Sancho (1994).

El análisis estadístico de la concentración de nutrimentos del vástago, no indicó diferencias significativas entre los tratamientos ( $P > 0.20$ ), aunque aquellos fertilizados con NPK tendieron a poseer las mayores concentraciones de varios elementos, especialmente cuando se compararon con los que únicamente se les agregó P al hoyo.

## Daños

Se estimaron visualmente los daños que se observaban en las hojas aún pegadas en la rama, por insectos cortadores, y por hongos en el tronco, en los 98 árboles derribados entre enero y febrero (Cuadro 4).

Para la herbivoría, se observaron daños menores al 20%, en especial en las fertilizadas con solo P, o el testigo. No se detectaron diferencias significativas ( $P > 0.25$ ) entre tratamientos, ni correlaciones significativas con la fertilización, la altura, DAP o biomasa. También Montagnini y colaboradores (1995) encontraron bajos niveles de daños insectiles tanto en plantaciones puras como mixtas.

Varias orugas de lépidopteros que se encontraron en las hojas durante la investigación, así como posibles parasitoides e hiperparasitoides, fueron colectadas e identificados (Chaverri et al. 1997).

Cuadro 3. Cantidad promedio de nutrimentos por árbol de *Vochysia guatemalensis* con aproximadamente 4 años de plantado, Tabarcia.

Parte	N	P	g/árbol			mg/árbol			
			Ca	Mg	K	Fe	Cu	Zn	Mn
Hoja	33	3	23	5	17	162	21	23	256
Rama	16	4	11	3	44	163	24	40	903
Tronco	41	7	33	7	94	385	38	72	1952
Totales	90	14	67	15	155	710	83	135	3111

Cuadro 4. Porcentaje de árboles de *Vochysia guatemalensis* derribados a aproximadamente los 4 años, con daños por herbívoros cortadores en las hojas o por *Verticillium* sp. en la mitad inferior del tronco, Tabarcia, Costa Rica.

Trat.	Categoría de daño %					
	0	<20	<40	<60	<80	<100
P, NPK						
	Herbivoría					
0:0	0	81	9	0	0	0
50:0	0	90	5	5	0	0
0:50	0	73	27	0	0	0
50:50	0	63	30	7	0	0
Hongo <i>Verticillium</i> sp.						
0:0	48	26	9	13	4	0
50:0	64	27	4.5	0	4.5	0
0:50	46	31	15	4	0	4
50:50	19	52	11	7	11	0

Tratamientos: 50 g de fertilizante por planta.

Los daños por hongos del tronco se ubicaron principalmente a alturas menores de 2 m. Este se había identificado como del género *Verticillium* sp. (Di Stéfano y Fournier 1994, J. Carranza, comunicación personal). El daño se evidenciaba por la presencia de pústulas o llagas externas por donde exudaba muscílago, y porque internamente el tronco presentaba una coloración café oscuro (los troncos sanos no presentan las pústulas y la madera es de color café pálido).

Los daños fungosos también tendieron a ser menores al 20%, pero en este caso, sí se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $P=0.013$  calculado con los datos transformados al arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción de plantas sin daño). El mayor por-

centaje de plantas sin síntomas se presentó en aquéllas fertilizadas con 50 P al hoyo, y el menor con la fertilización 50 P-50 NPK. Las tendencias anteriores coinciden con lo observado durante los primeros 2 años de estudio (Di Stéfano y Fournier 1994), aunque parece haber aumentado el problema, en especial en las parcelas fertilizadas con 50 P, 50 NPK. Sin embargo, aún no se han detectado efectos sobre el crecimiento o supervivencia de las plantas.

Se encontró una correlación lineal significativa entre el nivel de daño por el hongo y el DAP pero con un  $r=0.31$  ( $P=0.02$  Bonferroni). Al respecto, se observó que en los árboles muy dañados, el tronco era más grueso por las pústulas que se forman alrededor del mismo.

## AGRADECIMIENTOS

Parcialmente financiado por la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica. A Guillermo Chaverri, Don Silvano y Adrián Bustamante por su valiosa colaboración en las labores de campo.

## LITERATURA CITADA

- BERTSCH, F. 1986. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. 76 p.
- CHAVERRI, G.; DI STEFANO, J. F.; FOURNIER, L. A. 1997. Insectos herbívoros cortadores en *Vochysia guatemalensis*: un estudio preliminar del daño provocado y de sus parasitoides, en Tabarcia de Mora, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 21 (2): 267-272.
- CARPIO, I. M. 1992. Maderas de Costa Rica. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. 338 p.
- DI STEFANO, J. F.; FOURNIER, L. A. 1994. Crecimiento inicial de *Vochysia guatemalensis* en Tabarcia de Mora, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 18 (1): 41-46.
- ESPINOZA, M.; BUTTERFIELD, R. 1990. Adaptabilidad de 13 especies nativas maderables bajo condiciones de plantación en tierras bajas húmedas del Atlántico, Costa Rica. In: Manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales con uso múltiple. Ed. por R. Salazar. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 159-172 p.
- GONZÁLEZ, E.; BUTTERFIELD, R.; SEGLEAU, J.; ESPINOZA, M. 1990. Primer encuentro sobre especies forestales nativas de la zona norte y atlántica. Cartago, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 46 p.
- HERRERA, B. 1996. Evaluación del efecto de sitio en la productividad de las poblaciones de las dos especies dominantes en un bosque tropical de la tercera fase de la sucesión secundaria en Costa Rica. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 152 p.
- MONTAGNINI, F.; SANCHO, F. 1994. Aboveground biomass and nutrients in young plantations of indigenous trees on infertile soils in Costa Rica: Implications for site nutrient conservation. *J. of Sustainable Forestry* 14: 115-139.
- MONTAGNINI, F.; GONZALEZ, E.; PORRAS, C.; RHEINGANS, R. 1995. Mixed and pure forest plantations in the humid neotropics: a comparison of early growth, pest damage and establishment costs. *Commonwealth Forestry Review* 74: 306-314.
- ORTIZ, E. 1998. Estimación de la biomasa arriba del suelo en árboles de un bosque húmedo tropical. In: Conservación del Bosque en Costa Rica. Simposio 30-31 octubre 1997. Academia Nacional de Ciencias, San José. p. 100-108.
- RUSSO, R.; SANDI, C. L. 1996. Crecimiento inicial de ocho especies forestales nativas en parcelas demostrativas en la región muy húmeda de Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana* 14: 29-30.