

CRECIMIENTO DE ESPECIES FORESTALES NATIVAS EN LA ZONA NORTE DE COSTA RICA¹

Adrián Delgado*, Marcelino Montero^{2/**}, Olman Murillo***, Marvin Castillo***

Palabras clave: Plantaciones, especies nativas, crecimiento, zona norte, suelos.

Keywords: Plantations, native species, growth, north zone, soils.

RESUMEN

Se evaluó el comportamiento de 5 especies utilizadas frecuentemente en reforestación en las llanuras del trópico húmedo de Costa Rica. El estudio se desarrolló en parcelas del proyecto de Especies Nativas de la zona norte de Costa Rica, del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Las parcelas están establecidas en las 4 zonas edafoclimáticas más importantes en que se ha estratificado la zona norte del país. En estas regiones, las plantaciones estudiadas tenían entre 8 y 11 años. El objetivo fue evaluar el comportamiento y crecimiento (dap y altura total) de almendro (*Dipteryx panamensis*), pilón (*Hyeronima alchorneoides*), fruta dorada (*Virola koschnyi*), botarrama (*Vochysia ferruginea*) y cebo (*Vochysia guatemalensis*). Se realizó análisis de crecimiento e incremento para las variables de medición. Las plantaciones de cebo superan a todas las demás especies nativas en área basal y crecimiento diámetro promedio. Alcanza un dap máximo de 24,6 cm (11 años) y un área basal de 29,2 m² ha⁻¹ a los 9 años. El pilón y el botarrama registraron los mejores crecimientos después del cebo. El almendro fue la especie que mostró los menores crecimientos en todas las variables evaluadas, con solo 10,3 m² ha⁻¹ de área basal y un dap máximo de 12,6 cm a los 11 años. Los valores más

ABSTRACT

Growth of native forest species in the north area de Costa Rica. The performance of 5 of the most frequently planted species in reforestation in the humid lowlands of Costa Rica was evaluated. The study was developed based on a series of permanent plots from the Native Tree Species for the North Zone Project, of the Technological Institute of Costa Rica. The permanent plots (8 to 11 years old) were established in the 90's in the 4 major climatic/soil strata in which the north zone of Costa Rica was subdivided. The behavior and growth (based on the dbh and total height) of plantations with the native tree species almendro (*Dipteryx panamensis*), pilón (*Hyeronima alchorneoides*), fruta dorada (*Virola koschnyi*), botarrama (*Vochysia ferruginea*), and cebo (*Vochysia guatemalensis*) were studied. Growth and increment analysis on the variables measured was made. Cebo plantations overgrew all other tree species, reaching a maximum dbh of 24.6 cm (11 years old) and a basal area of 29.2 m² ha⁻¹ (9 years old). Pilón and botarrama registered the best growth after cebo. Almendro was the tree species with the lowest growth in all variables, with 10.3 m² ha⁻¹ in basal area and a maximum dbh of 12.6 cm (11 years old). The highest growth values were registered

1/ Recibido para publicación el 6 de junio del 2002.

2/ Autor correspondencia. Correo electrónico: mmontero@catie.ac.cr

* Correo electrónico: adelgado@costarricense.cr

** Dinámica de Plantaciones, Universidad de Helsinki, Finlandia/CATIE, Centro Agronómico Tropical de

Investigación y Enseñanza. CATIE 7170, Turrialba, Costa Rica.

*** Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. Correo electrónico: omurillo@itcr.ac.cr

altos de crecimiento se registraron en los suelos del orden Ultisoles. Se encontró diferencias significativas entre los incrementos corriente anual (ICA) e incremento medio anual (IMA) en las variables diámetro y altura total entre las zonas edafoclimáticas. Se observó una relación inversamente proporcional entre el área basal de algunas especies y la humedad del suelo. Sin embargo, el cebo no mostró ninguna relación en cuanto a la zona edafoclimática, mientras que para la fruta dorada, fue en los Inceptisoles donde registró sus mayores crecimientos. La relación dap/altura total muestra al almendro y al pilón con una mayor tasa de crecimiento en la altura que del dap, lo que podría originar tensiones de crecimiento en la madera. Las especies nativas seleccionadas para reforestación en la zona norte de Costa Rica, mostraron una alta adaptación a suelos arcillosos, de muy ácidos a moderadamente ácidos (pH 4,5-6), poco fértiles pero bien drenados, de textura franca, franco-arcillosas y planicies muy húmedas aluviales.

INTRODUCCIÓN

En las zonas tropicales las plantaciones forestales proporcionan madera, protección al suelo, estimulan la regeneración natural y actualmente son consideradas como sumideros de carbono, además contribuyen en gran parte con la producción mundial de madera (Montagnini *et al.* 2002). Servicios como estos vienen a ser una fuente económica extra para pequeños finqueros, que dentro de sus actividades tienen plantaciones forestales.

Los estudios de especies nativas han sido de gran aporte, pero todavía son escasos y relativamente recientes, para permitir la toma de decisiones acertadas sobre la utilización de estas especies, a mayor escala en programas de reforestación. Sin embargo, las experiencias preliminares en Costa Rica, ponen de manifiesto el potencial que poseen muchas de estas especies nativas.

Los resultados de una serie de ensayos, que iniciaron a finales de los años 80's, han identificado de manera preliminar, las especies de ár-

in Ultisols. There were significant differences in current annual increment and mean annual increment of the basal area among the 4 climatic/soil strata. A negative relationship between basal area and humidity was found. However, the cebo did not show any relationship as for the climatic/soil strata, and exhibited good growth in all sites, and fruta dorada showed best growth in Inceptisols. The ratio dap/height showed almendro and pilón with a faster height growth than its diameter, which later could originate wood growth tensions. These tree species, selected for reforestation in the north zone of Costa Rica, all showed promising features and adaptability to site conditions like: clay soils, acid soils (pH from 4,5 to 6,0), low fertility and drainage problems.

boles nativos más prometedoras para la reforestación en pequeñas fincas y en pasturas degradadas, en las regiones del trópico húmedo de América Central (Butterfield 1990, Butterfield y Fisher 1994, Butterfield 1995a-1995b, Butterfield y Espinoza 1995, González y Fisher 1994, Nichols 1994, Nichols y González 1992, Arguedas y Chaverri 1997, Haggard *et al.* 1998).

En el ámbito nacional, son pocas las investigaciones formales sobre especies nativas; sin embargo, el estudio más reciente sobre estas especies es el de Piotto (2001). Este autor concluye que en Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, el cebo, el pilón, el almendro, el botarrama y el fruta dorada tienen potencial productivo en plantaciones comerciales en esa zona. En otras zonas más de un 25% del área plantada se ha perdido por razones como: el uso de material genético inapropiado, malas prácticas de establecimiento y manejo, la mala selección de la especie en función del sitio y un material de vivero poco seleccionado, entre otros (Barraza y Días, 1999).

En 1994 el área reforestada en la zona norte de Costa Rica con especies nativas como pilón, cebo, lagarto, botarrama, almendro, fruta dorada y amarillón, fue de aproximadamente 944 ha. Estas plantaciones se establecieron bajo incentivos otorgados por el estado (Quirós 1999). Sin embargo, el número reducido de especies utilizadas en la reforestación para el goce de los incentivos, limitó el uso de las especies nativas. A inicios de los 90's, se estimó que en la zona norte de Costa Rica existía más de 10000 ha de tierras que se inundan en forma temporal o permanente (Guevara y Zamora 1997). A partir de 1998, este programa de investigación se transformó en un Programa permanente de conservación y mejoramiento genético, en alianza con la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (Murillo *et al.* 2000, Badilla *et al.* 2000, Murillo *et al.* 2002).

Por lo anterior, en 1990, el proyecto COSEFORMA (GTZ) y el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), establecieron una serie de plantaciones de especies nativas en la zona norte, con el fin de investigar y analizar el crecimiento y adaptación a las condiciones de alta humedad de la zona (Müller 1993, Sage y Müller 1995).

Retomando la información recabada por estos proyectos y efectuando una nueva evaluación a estas plantaciones, el objetivo del presente estudio fue medir el crecimiento y la productividad de las plantaciones forestales de especies nativas y relacionarlos con las distintas condiciones de sitio de la zona norte de Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en 109 parcelas permanentes de las 172 establecidas originalmente en la zona norte de Costa Rica (Figura 1), con un ámbito de edades que varió de 8-11 años. Estas parcelas se encontraban en 25 sitios de la Región Huetar Norte (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número de parcelas por especie y por sitio en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

Sitio	Especie	Nº de parcelas
1	<i>H. alchorneoides</i>	2
	<i>V. guatemalensis</i>	2
2	<i>H. alchorneoides</i>	4
	<i>V. ferruginea</i>	4
	<i>V. guatemalensis</i>	4
4	<i>H. alchorneoides</i>	4
	<i>V. guatemalensis</i>	4
5	<i>D. panamensis</i>	4
	<i>V. guatemalensis</i>	3
6	<i>D. panamensis</i>	4
	<i>V. koschnyi</i>	4
7	<i>H. alchorneoides</i>	1
8	<i>H. alchorneoides</i>	4
9	<i>H. alchorneoides</i>	4
	<i>V. guatemalensis</i>	4
10	<i>H. alchorneoides</i>	1
11	<i>D. panamensis</i>	4
	<i>V. koschnyi</i>	4
12	<i>D. panamensis</i>	4
	<i>V. koschnyi</i>	4
13	<i>D. panamensis</i>	4
	<i>V. koschnyi</i>	4
14	<i>H. alchorneoides</i>	4
	<i>V. guatemalensis</i>	4
15	<i>V. ferruginea</i>	4
16	<i>V. ferruginea</i>	1
	<i>V. guatemalensis</i>	1
17	<i>H. alchorneoides</i>	1
	<i>V. guatemalensis</i>	1
19	<i>D. panamensis</i>	1
	<i>H. alchorneoides</i>	1
	<i>V. ferruginea</i>	1
	<i>V. guatemalensis</i>	1
20	<i>D. panamensis</i>	1
	<i>H. alchorneoides</i>	1
	<i>V. ferruginea</i>	1
	<i>V. guatemalensis</i>	1
21	<i>D. panamensis</i>	1
	<i>H. alchorneoides</i>	1
	<i>V. ferruginea</i>	1
	<i>V. guatemalensis</i>	1
23	<i>D. panamensis</i>	1
	<i>H. alchorneoides</i>	1
	<i>V. ferruginea</i>	1
25	<i>V. guatemalensis</i>	1

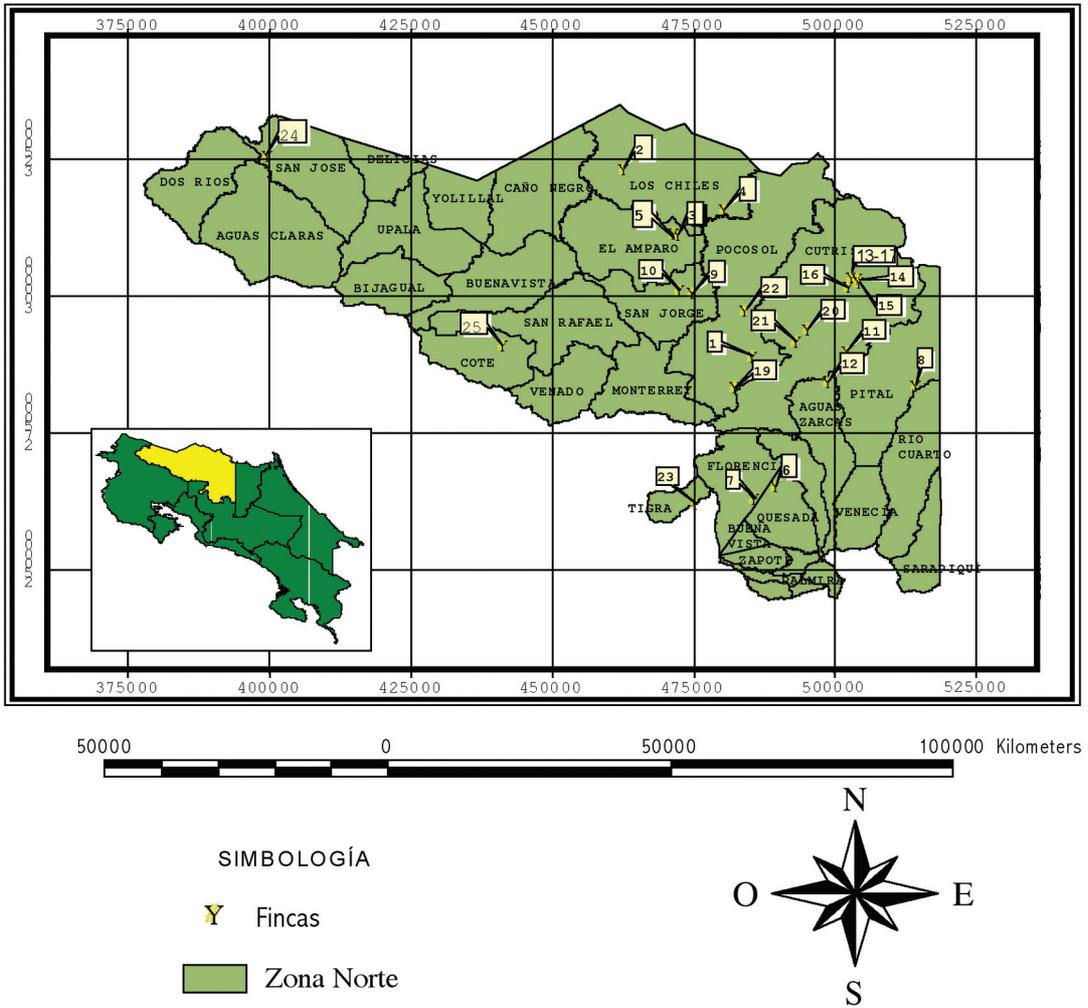


Fig. 1. Ubicación de los sitios de estudio en la zona norte de Costa Rica.

Recolección de datos

La recolección de la información se basó en la evaluación del crecimiento de las especies nativas cebo (*Vochysia guatemalensis*), botarrama (*Vochysia ferruginea*), almendro (*Dipteryx panamensis*), pilón (*Hieronyma alchorneoides*) y fruta dorada (*Virola koschnyi*), establecidas en las 4 zonas edafoclimáticas de mayor importancia de la zona norte de Costa Rica (Sage y Müller 1995): Ultisol húmedo, Ultisol muy húmedo, Inceptisol húmedo e Inceptisol muy húmedo.

En todas las parcelas se midió el diámetro (dap) en cm y la altura total (H) en m. Las 109 parcelas evaluadas fueron establecidas entre 1990 y 1995 por el Proyecto de Especies Forestales Nativas del Instituto Tecnológico de Costa Rica, bajo el marco del Proyecto de cooperación con la GTZ denominado COSEFORMA. Las parcelas fueron de 3 tamaños diferentes: 25, 49 y 81 árboles con 2 hileras de borde. Las parcelas evaluadas tienen un espaciamiento de 3x3 m en su mayoría. En éstas parcelas se efectuó actividades de manejo, específicamente, fertilización al

momento de la siembra, chapeas, podas y raleos fitosanitarios entre los 3 y 4 años, en su mayoría en las primeras etapas de crecimiento. El material plantado fue producido en bolsa. Durante los primeros años las mediciones se hicieron anualmente, luego se realizaron aproximadamente cada 2 años (Quirós 1999, Acuña 1999, Delgado 2002).

De acuerdo con la clasificación de Holdridge (1978), las parcelas se encuentran distribuidas en las zonas de vida bosque húmedo tropical y bosque muy húmedo transición a basal; con una precipitación anual que va desde los 2000 hasta los 4000 mm, y una temperatura promedio anual de 25°C. Los suelos de la zona norte de Costa Rica se caracterizan por ser arcillosos, de texturas pesadas, con pH normalmente ácido, fertilidad de media a baja y presenta, principalmente, suelos de los ordenes Ultisol e Inceptisol.

Procesamiento y análisis de la información

Con la información recolectada, se calculó el área basal (AB) y el volumen total (V) promedio por ha. También se calculó el Incremento Corriente Anual (ICA) e Incremento Medio Anual (IMA), para las variables dap, altura total y volumen.

Se realizó un análisis de variancia con SAS (1998), para identificar diferencias en crecimiento entre las zonas edafoclimáticas y entre especies. Para el análisis comparativo entre especies fueron utilizados los valores de las variables de crecimiento (altura y diámetro) en edades similares.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 2 se presenta los datos de crecimiento por hectárea y especie, en edades de

Cuadro 2. Estadísticas generales de las parcelas, por zona edafoclimática de la zona norte de Costa Rica.

Especie	Zona	Edad (años)	N	AB (m ²)	dap (cm)	H (m)	Relación dap/H	ICA		IMA	
								dap (cm)	H (m)	dap (cm)	H (m)
<i>D. panamensis</i>	Z1	11	878	8,8	11,3	13,7	0,82	0,7	1,0	1,0	1,2
	Z2	11	456	4,5	11,2	13,7	0,81	0,5	0,3	1,0	1,2
	Z3	11	822	10,3	12,6	12,3	1,02	0,8	0,6	1,1	1,1
<i>H. alchorneoides</i>	Z1	9	844	9,6	11,9	13,2	0,90	1,6	1,6	1,3	1,5
	Z2	8	521	6,8	12,9	10,9	1,18	0,8	0,3	1,6	1,4
	Z3	9	781	12,8	14,7	15,4	0,95	0,9	1,4	1,6	1,7
	Z4	9	508	8,2	14,4	15,7	0,92	0,9	1,0	1,6	1,7
<i>V. ferruginea</i>	Z1	8	767	13,9	15,2	10,3	1,47	1,8	1,8	1,9	1,3
	Z3	8	511	19,4	22,0	12,1	1,82	2,2	1,6	2,7	1,5
<i>V. guatemalensis</i>	Z1	11	519	24,9	24,6	14,6	1,68	1,3	0,8	2,2	1,3
	Z3	9	701	29,2	22,6	17,9	1,26	1,3	1,6	2,5	2,0
	Z4	9	446	18,8	23,0	17,7	1,30	1,2	1,0	2,6	2,0
<i>V. koschnyi</i>	Z1	11	700	12,9	15,4	13,8	1,11	1,3	1,4	1,4	1,3
	Z2	11	667	19,2	19,1	14,5	1,32	1,1	0,8	1,7	1,3
	Z3	11	922	17,9	15,7	11,8	1,33	1,0	1,0	1,4	1,1

N= número de árboles ha⁻¹; AB= área basal ha⁻¹; dap= diámetro a 1,3 m de altura; H= altura total; ICA= Incremento Corriente Anual; IMA= Incremento Medio Anual; Z1= Inceptisol húmedo, Z2= Inceptisol muy húmedo, Z3= Ultisol húmedo, Z4= Ultisol muy húmedo.

8 a 11 años, de acuerdo a la zona edafoclimática en que fueron establecidas las parcelas.

Crecimiento en área basal y diámetro

Como puede observarse en el cuadro 2, el cebo supera a todas las especies en área basal y diámetro promedio en todos los sitios en que fue evaluado. Esta especie registró el valor más alto en área basal ($29,2 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ en la zona 3), mientras que el almendro y el pilón registraron los valores más bajos de todas las especies en todos los sitios ($4,5$ y $6,8 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente obtenidos en la zona Inceptisol muy húmedo). A la edad de 9 años, el cebo supera en un 183% del área basal al almendro de 11 años en la zona Ultisol húmedo (Cuadro 2). Estas diferencias de productividad en área basal ubican a las especies en orden descendente: cebo, botarrama, fruta dorada, pilón y almendro.

Con respecto a la productividad registrada en las 4 zonas edafoclimáticas, éstas también se pueden ubicar en forma descendente: Ultisol húmedo (Z3), Inceptisol húmedo (Z1), Inceptisol muy húmedo (Z2) y Ultisol muy húmedo (Z4). Estos resultados sugieren una relación inversamente proporcional entre la humedad y el área basal. Cabe señalar que las especies almendro, pilón y botarrama, obtuvieron los mayores incrementos diamétricos en Ultisoles. Mientras que para el cebo el orden del suelo no fue determinante. Para el fruta dorada fue más bien en Inceptisoles donde obtuvo los mayores crecimientos.

Los resultados son claros al mostrar al cebo como la especie con el mayor incremento diamétrico (IMA) en todos los sitios (desde $2,2$ hasta $2,6 \text{ cm año}^{-1}$), superado solamente y de manera leve por el botarrama en la zona Ultisol húmedo. Esto puede ser debido al efecto de contar con un año menos para el cálculo del IMA. Debe mencionarse que el botarrama mostró un cierre de dosel y un traslape de copas visible, lo que sugiere que es una especie que durante su dinámica de crecimiento soporta una alta competencia. El almendro registró nuevamente la menor tasa de incremento diamétrico. Esta especie posee una madera dura y presenta crecimientos diamétricos relativamente lentos que le vaticinan un turno >25 años.

Los cuadros 3 y 4 muestran los resultados de los análisis de variancia realizados con los incrementos diamétricos y de altura total para cada especie, según la zona edafoclimática. Con cebo no se realizó el análisis de variancia por tener datos solamente de 1 zona edafoclimática.

Estos resultados no muestran diferencias significativas entre zonas edafoclimáticas, como se esperaba de acuerdo con los resultados mostrados en el cuadro 3. Para casi todas las especies investigadas, los crecimientos en Ultisoles húmedos fueron superiores a las demás zonas edafoclimáticas. Sin embargo, se puede observar que se determinó diferencias significativas en el ICA del dap solamente para 2 de las 4 especies evaluadas, lo mismo con respecto al IMA del dap. El botarrama repite

Cuadro 3. Análisis de variancia de los ICAs e IMAs, por especie, entre zonas edafoclimáticas de la zona norte de Costa Rica.

Especie	ICAdap (cm año^{-1})		IMAdap (cm año^{-1})		ICAH (m año^{-1})		IMAH (m año^{-1})	
	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F
<i>D. panamensis</i>	1,76	0,2021	3,52	0,0527	7,57	0,0045**	1,67	0,2170
<i>H. alchorneoides</i>	6,21	0,0140*	2,30	0,1431	0,77	0,4830	1,32	0,3026
<i>V. koschnyi</i>	1,11	0,3599	17,34	0,0002***	2,24	0,1455	6,11	0,0134*
<i>V. ferruginea</i>	7,21	0,0363*	22,95	0,0030**	0,25	0,6352	0,77	0,4205

* Diferencias significativas al 95%.

** Diferencias significativas al 99%.

*** Diferencias significativas al 99,9%.

Cuadro 4. Comparaciones múltiples con el estadístico de Tukey del ICA e IMA por especie, entre zonas edafoclimáticas de la zona norte de Costa Rica.

Especie	ICAdap (cm año ⁻¹)			IMAdap (cm año ⁻¹)			ICAH (m año ⁻¹)			IMAH (m año ⁻¹)			
	Signif.	VI	Zona	Signif.	VI	Zona	Signif.	VI	Zona	Signif.	VI	Zona	
<i>D. panamensis</i>							A	1,0	Z1				
		NDS			NDS		B	0,3	Z2			NDS	
							B	0,6	Z3				
<i>H. alchorneoides</i>	A	1,6	Z1										
	B	0,9	Z3		NDS			NDS				NDS	
	B	0,9	Z4										
<i>V. koschnyi</i>				A	1,7	Z2					A	1,3	Z2
		NDS		B	1,4	Z3		NDS			A	1,3	Z1
				B	1,4	Z1					B	1,1	Z3
<i>V. ferruginea</i>	A	1,8	Z1	A	1,9	Z1		NDS				NDS	
	B	2,2	Z3	B	2,7	Z3							

Significancia= letras diferentes implica diferencias significativas entre zonas edafoclimáticas.

NDS= No existen diferencias significativas para la variable; VI= Valor de incremento promedio.

en ambos casos con claras y marcadas diferencias entre zonas edafoclimáticas, registrando los valores más altos en los Ultisoles.

Crecimiento en altura total

Con respecto a la altura se obtuvo diferencias significativas pero leves entre zonas edafoclimáticas, únicamente en almendro y fruta dorada (Cuadros 3 y 4). Estos resultados sugieren que hay diferencias débiles en calidad de sitio para estas especies en la zona norte de Costa Rica. En las zonas edafoclimáticas 3 y 4 se registró las mayores alturas, donde el cebo, seguido por el pilón, superaron al resto de las especies, alcanzando 17 y 15 m en promedio (Cuadro 2) a pesar de tener 2-3 años menos de edad que el resto de especies. El cebo fue la especie con los mayores crecimientos e incrementos de todas las investigadas. El pilón se ubica como la segunda mejor especie y el almendro fue al igual que con el diámetro, la especie con los menores crecimientos.

La relación diámetro/altura (Cuadro 2) muestra al botarrama, seguido del cebo, con los valores más altos. Las especies almendro y pilón aparecen con los valores más bajos, precisamente las especies que poseen la madera de mayor

densidad de todas. Esta relación diámetro/altura, indica una tasa de crecimiento desproporcionada del diámetro con respecto a la altura para las especies almendro y pilón. Esto significa un crecimiento más acelerado en altura que del dap, lo que podría dar origen a la acumulación de tensiones de crecimiento de la madera.

DINÁMICA DE CADA ESPECIE

Almendro

Con esta especie se estableció parcelas de muestreo en 3 zonas edafoclimáticas: Ultisol húmedo (Z3), Ultisol muy húmedo (Z4) e Inceptisol muy húmedo (Z2). La mayoría de las parcelas fueron establecidas en 1990 a un espaciamiento de 3x3 m. Los resultados indican que a los 11 años en la zona Ultisol húmedo (Z3) y con un mayor número de árboles, esta especie tiene la mayor área basal (9,0 m² ha⁻¹) con el mayor dap promedio. La zona Inceptisol muy húmedo (Z2) fue la de menor productividad 4,1 m² ha⁻¹. Tan solo 0,01 m² ha⁻¹ más que a los 5 años con menos del 50% de los individuos establecidos originalmente (Cuadro 5). El área basal acumulada

Cuadro 5. Crecimiento del almendro (*Dipteryx panamensis*) en la zona norte de Costa Rica.

Zona	Edad (años)	N	AB (m ²)	dap (cm)	H (m)	V (m ³)	ICA			IMA		
							dap (cm)	H (m)	V (m ³)	dap (cm)	H (m)	V (m ³)
1	1	1106	0,0		0,9	0,0					0,9	0,0
	3	1094	1,6	4,3	4,2	3,4	1,6	1,8	3,3	1,4	1,4	1,1
	5	1083	4,1	6,9	7,6	15,6	1,1	1,6	12,8	1,4	1,5	3,1
	11	878	7,8	10,6	12,7	49,1	0,7	1,0	33,5	1,1	1,3	4,9
2	1	1000	0,0		0,9	0,0					0,9	0,0
	3	1044	1,0	3,4	3,9	1,9	1,6	1,9	1,9	1,1	1,3	0,6
	5	1033	4,1	7,1	8,8	17,8	1,9	2,9	15,9	1,4	1,8	3,6
	11	456	4,1	10,7	13,4	27,3	0,5	0,3	9,5	1,1	1,3	2,7
3	1	1090	0,4	2,2	1,4	0,3			0,3	2,2	1,4	0,3
	3	1035	1,4	4,2	3,4	2,5	1,8	1,2	2,2	1,4	1,1	0,8
	5	1002	4,2	7,3	6,7	13,8	2,1	2,1	11,3	1,5	1,3	2,8
	11	822	9,0	11,8	11,7	53,0	0,8	0,6	39,1	1,2	1,2	5,3

N= número de árboles ha⁻¹; AB= área basal ha⁻¹; dap= diámetro a 1,3 m de altura; H= altura total; V= volumen; Z1= Inceptisol húmedo; Z2= Inceptisol muy húmedo; Z3= Ultisol húmedo.

(entre 4,5 y 9,0 m² ha⁻¹) es sumamente baja para 11 años, por lo que habría que evaluar el efecto del raleo y determinar cual sería el porcentaje de árboles a ralear más adecuado y el momento oportuno (edad). Los valores del ICA e IMA, tanto para el dap como para la H, alcanzaron sus mayores valores a los 5 años (Figura 2), con excepción de la zona 1 para el dap. Esta especie es la que ha registrado la tasa de crecimiento menor de todas las investigadas. Los resultados sugieren que el manejo de la densidad y competencia de plantaciones con ésta especie, es un tema que merece mayor atención.

Pilón

El pilón fue plantado en las 4 zonas edafoclimáticas, cuyos registros de crecimiento se presentan en el cuadro 6.

La zona 3 (Ultisol húmedo) establece una clara diferencia con respecto a las demás zonas edafoclimáticas, en cuanto al crecimiento en área basal, dap y altura total, seguida por la zona 4 (Ultisol muy húmedo). Con excepción de la zona 1 (Inceptisol húmedo), en todos los demás sitios se observó incrementos decrecientes con la edad

en los valores del ICA e IMA para el dap y la altura total. Los valores más altos se alcanzan entre 3-5 años, edad que sería la más indicada para realizar el primer raleo. El área basal acumulada más alta fue de poco más de 13,3 m² ha⁻¹, que es sin duda un valor bajo para una plantación con 9 años de establecida. Es probable que esta especie tolere densidades iniciales más altas, ya que al parecer la especie tarda muchos años en llegar a una ocupación de sitio en el cual se pueda determinar el momento de un raleo. Estos datos sugieren a futuro una mayor atención al manejo de la densidad y competencia en plantaciones con esta especie.

El crecimiento de esta especie es lento en todas las zonas; sin embargo, ha sido mucho más alto en las zonas Ultisol húmedo (Z3) y Ultisol muy húmedo (Z4) (Cuadro 6). Las tendencias de crecimiento expresadas en términos de ICA e IMA para las variables dap y H se presentan en la figura 3.

En general, los incrementos medios anuales máximos en el dap fueron registrados a la edad de 3 años, mientras que en altura estos se obtuvieron a los 5 años, esto hace suponer que la especie tiene tendencia a aumentar más en altura

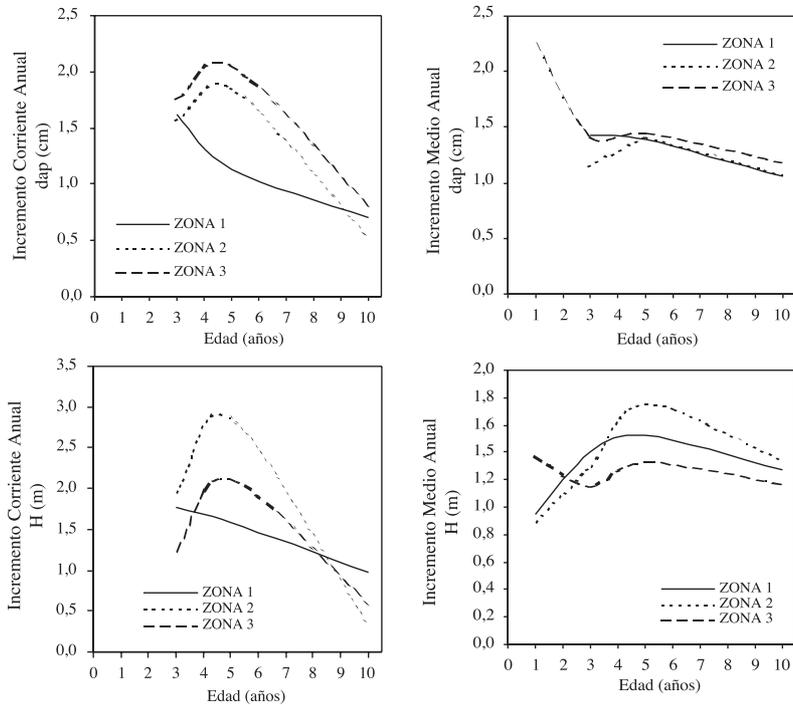


Fig. 2. Incremento Corriente y Medio Anual en diámetro y altura total de almendro (*Dipteryx panamensis*) en la zona norte de Costa Rica.

Cuadro 6. Crecimiento de pilón (*Hyeronima alchorneoides*) en la zona norte de Costa Rica.

Zona	Edad (años)	N	AB (m ²)	dap (cm)	H (m)	V (m ³)	ICA			IMA		
							dap (cm)	H (m)	V (m ³)	dap (cm)	H (m)	V (m ³)
1	1	1100	0,1	1,3	0,9	0,1			0,1	1,3	0,9	0,1
	3	1083	1,8	4,6	2,9	2,6	2,0	0,7	2,6	1,5	1,0	0,9
	5	1061	4,6	7,4	6,3	14,2	1,4	1,7	11,6	1,5	1,3	2,8
	9	844	9,4	11,9	13,2	62,3	1,6	1,6	48,0	1,3	1,5	6,9
2	1	823	0,3	2,0	1,2	0,2			0,2	2,0	1,2	0,2
	3	809	3,6	7,5	3,9	7,0	2,9	2,7	6,8	2,5	1,3	2,3
	5	768	6,8	10,6	9,9	33,9	1,3	2,9	26,9	2,1	2,0	6,8
	9	521	6,8	12,9	10,9	37,2	0,8	0,3	3,3	1,6	1,4	4,6
3	1	1055	0,5	2,5	1,7	0,5			0,5	2,5	1,7	0,5
	3	1022	4,1	7,1	5,6	11,4	2,7	2,0	10,9	2,4	1,9	3,9
	5	821	7,3	10,6	10,1	36,6	1,7	2,5	25,2	2,1	2,0	7,3
	9	781	13,3	14,7	15,4	102,3	0,9	1,4	65,7	1,6	1,7	11,4
4	1	1096	0,6	2,6	2,1	0,6			0,7	2,6	2,1	0,6
	3	1025	4,4	7,4	6,9	15,1	2,4	2,5	14,5	2,5	2,3	5,0
	5	939	8,1	10,5	11,7	48,0	1,1	2,0	32,9	2,1	2,3	9,6
	9	508	8,3	14,4	15,7	65,0	0,9	1,0	17,0	1,6	1,7	7,2

N= número de árboles ha⁻¹; AB= área basal ha⁻¹; dap= diámetro a 1,3 m de altura; H= altura total; V= volumen; Z1= Inceptisol húmedo; Z2= Inceptisol muy húmedo; Z3= Ultisol húmedo; Z4= Ultisol muy húmedo.

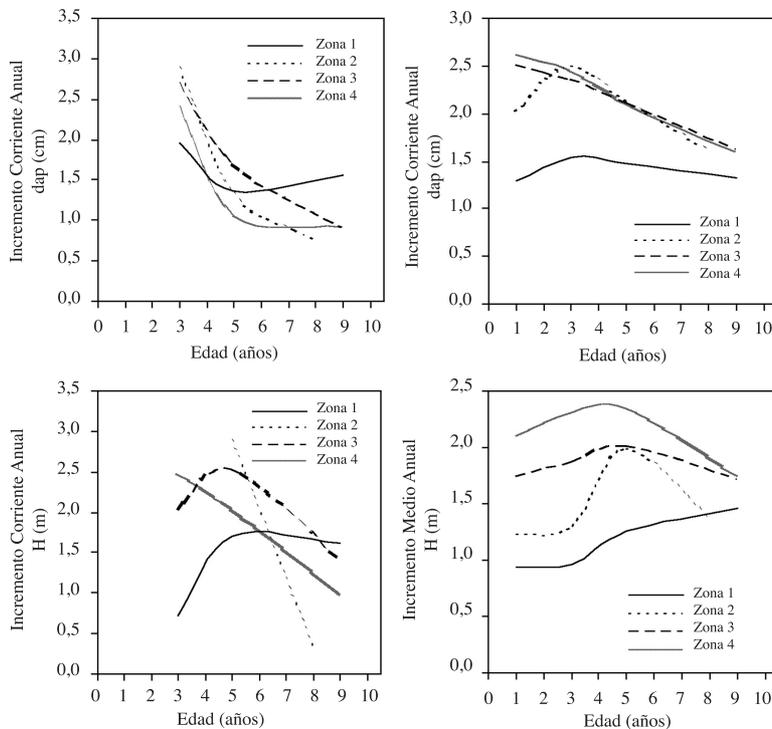


Fig. 3. Incremento Corriente y Medio Anual en diámetro y altura total de pilón (*Hyeronima alchorneoides*) en la zona norte de Costa Rica.

que en diámetro en los primeros años de su desarrollo. Superada esta edad, como se aprecia en la figura 3, los valores de ICA e IMA, tanto en dap como en altura total tienden a disminuir. Únicamente la zona Inceptisol húmedo (Z1) registró una tendencia constante al aumento en IMAdap; debido a que el dap en esta zona fue el más bajo de todos los sitios.

Los mejores crecimientos en dap, área basal y altura total al año 9 fueron obtenidos en las zonas Ultisol húmedo (Z3) y Ultisol muy húmedo (Z4). En el desarrollo de la especie en las diferentes zonas, se observa variaciones en el crecimiento; debido posiblemente a diferencias en el manejo inicial de la plantación. Estos resultados son de utilidad como punto de referencia del crecimiento de la especie en la zona norte del país.

Fruta dorada

Esta especie fue establecida en 3 zonas edafoclimáticas, Inceptisol húmedo (Z1), Ultisol húmedo (Z3) y Ultisol muy húmedo (Z4). Los resultados de crecimiento se resumen en el cuadro 7. De acuerdo con los resultados obtenidos en la zona Inceptisol muy húmedo (Z2), es la especie de mayor productividad en cuanto al área basal con $17,0 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ en 667 árboles a la edad de 10 años, seguida de las parcelas establecidas en la zona 3 (Ultisol húmedo).

A diferencia de las demás especies analizadas, el fruta dorada registra valores de IMA del dap y de la altura total que alcanzan sus máximos a los 10 años. Mientras que los valores del ICA muestran su punto alto a los 5 años. Los datos del

Cuadro 7. Crecimiento de fruta dorada (*Virola koschnyi*) en la zona norte de Costa Rica.

Zona	Edad (años)	N	AB (m ²)	dap (cm)	H (m)	V (m ³)	ICA			IMA		
							dap (cm)	H (m)	V (m ³)	dap (cm)	H (m)	V (m ³)
1	1	1004			0,5							0,51
	3	720	0,4	2,8	1,6	0,4		0,7	0,4	0,9	0,5	0,1
	5	700	2,3	6,5	4,0	4,6	2,2	1,7	4,3	1,3	0,8	0,9
	10	693	10,8	14,1	12,4	67,9	1,3	1,4	63,3	1,4	1,2	6,8
2	1	1011			0,5							0,5
	3	967	0,8	3,2	2,2	0,9	2,2	1,2	0,9	1,1	0,7	0,3
	5	933	6,3	9,3	6,1	19,2	3,7	2,4	18,3	1,9	1,2	3,8
	10	667	17,0	18,0	13,7	116,5	1,1	0,8	97,2	1,8	1,4	11,6
3	1	1078			0,9							0,9
	3	1006	0,8	3,2	1,7	0,7	1,6	0,5	0,7	1,1	0,6	0,2
	5	994	4,8	7,8	4,3	10,3	3,3	1,6	9,6	1,6	0,9	2,1
	10	922	15,7	14,7	10,8	84,5	1,0	1,0	74,2	1,5	1,1	8,4

N= número de árboles ha⁻¹; AB= área basal ha⁻¹; dap= diámetro a 1,3 m de altura; H= altura total; V= volumen; Z1= Inceptisol húmedo; Z2= Inceptisol muy húmedo; Z3= Ultisol húmedo.

IMA sugieren que esta especie tolera niveles de competencia relativamente altos, que para la densidad de plantación de 3x3 m, permiten una programación de raleos más distanciados y a partir del año 5. El área basal acumulada mayor es de 17 m² ha⁻¹, que se puede considerar como un valor intermedio en la capacidad de carga de un sitio de plantación. Podría también decirse, que ésta especie tolera densidades iniciales mayores a los 1111 árboles ha⁻¹. Es interesante notar que aún a los 10 años y con una densidad relativamente alta (>600 árboles ha⁻¹), el IMA del dap se mantiene casi igual al IMA_{dap} a la edad de 5 años.

En la figura 4 se muestra las tendencias en los incrementos diamétricos y de altura total para la especie, observados en las parcelas de muestreo establecidas.

Botarrama

Se analizó un total de 13 parcelas establecidas en 2 zonas edafoclimáticas (Inceptisol húmedo y Ultisol húmedo). En el cuadro 8 se presenta las estadísticas obtenidas en cada edad de medición, promediadas para cada zona edafoclimática.

En cuanto a la productividad (en área basal y volumen) se observó una clara superioridad de la zona Ultisol húmedo (Z3), que registró casi 7 veces más producción (7,9 vs. 0,9 m² ha⁻¹) que en el Inceptisol húmedo (Z1) a tan solo 3 años, con similar número de individuos presentes. Esta tendencia se mantiene conforme la plantación crece, para un área basal a los 8 años de 19,42 m² ha⁻¹ con 511 árboles ha⁻¹ en la zona Ultisol húmedo (Z3) y de 13,9 m² ha⁻¹ con 767 árboles ha⁻¹, en la zona Inceptisol húmedo (Z1) (Cuadro 8). El área basal máxima acumulada a los 8 años fue de 19,4 m² ha⁻¹, que puede considerarse como un valor relativamente alto. Sin embargo, la especie aún no ocupa plenamente el sitio y podría tolerar mayores densidades. En la figura 5 se observa las tendencias en los incrementos diamétricos y de altura total.

La tasa de incremento (ICA e IMA) muestra un patrón creciente hasta los 5 años. Mientras que con respecto a la altura total, si muestra un patrón de incremento en el ICA e IMA conforme aumenta la edad de la plantación. Estos datos sugieren un régimen de raleos que podría dar inicio hasta el año 5, si se inicia la plantación con 1111 árboles ha⁻¹.

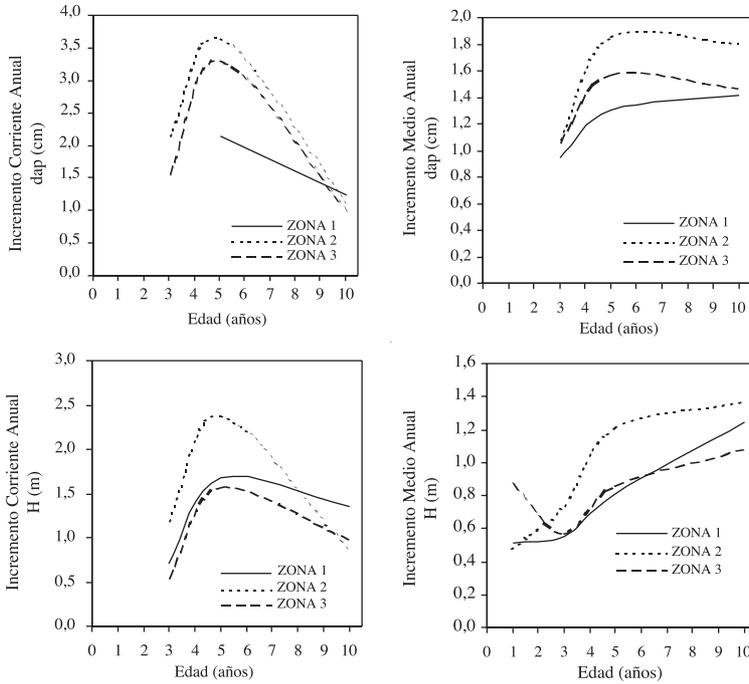


Fig. 4. Incremento Corriente y Medio Anual en diámetro y altura total de fruta dorada (*Virola koschnyi*) en la zona norte de Costa Rica.

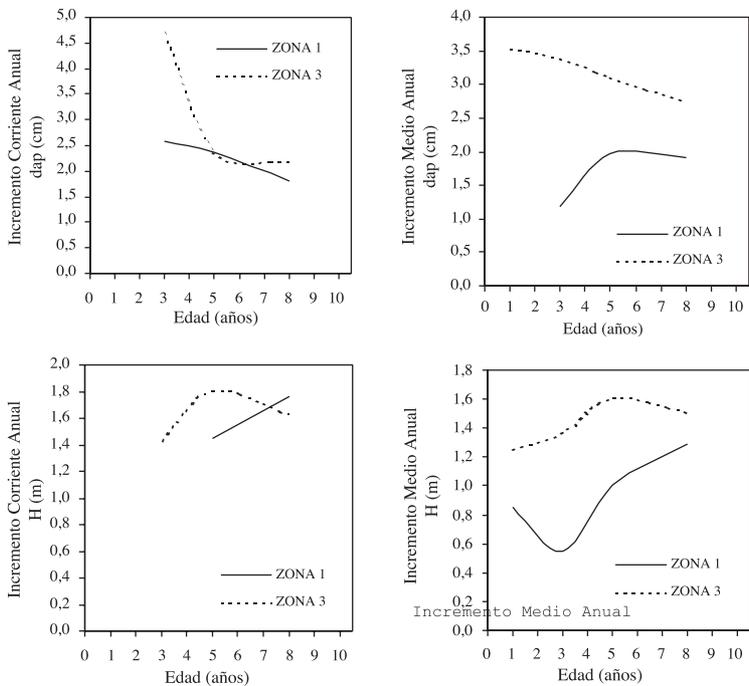


Fig. 5. Incremento Corriente y Medio Anual en dap y altura total de botarrama (*Vochysia ferruginea*) en la zona norte de Costa Rica.

Cuadro 8. Crecimiento de botarrama (*Vochysia ferruginea*) en la zona norte de Costa Rica.

Zona	Edad (años)	N	AB (m ²)	dap (cm)	H (m)	V (m ³)	ICA			IMA			
							dap (cm)	H (m)	V (m ³)	dap (cm)	H (m)	V (m ³)	
1	1	1022	0,0		0,9						0,9		
	3	911	0,9	3,5	1,6	0,7	2,6	0,7	0,7	1,2	0,5	0,2	
	5	878	6,6	9,8	5,0	16,7	2,4	1,5	15,9	2,0	1,0	3,3	
	8	767	13,9	15,2	10,3	72,1	1,8	1,8	55,5	1,9	1,3	9,0	
3	1	1073	1,0	3,5	1,3	0,7			0,7	3,5	1,3	0,7	
	3	969	7,9	10,2	4,1	16,0	4,7	1,4	15,4	3,4	1,4	5,3	
	5	683	12,9	15,5	8,1	52,1	2,4	1,8	36,0	3,1	1,6	10,4	
	8	511	19,4	22,0	12,1	116,9	2,2	1,6	64,9	2,7	1,5	14,6	

N= número de árboles ha⁻¹; AB= área basal ha⁻¹; dap= diámetro a 1,3 m de altura; H= altura total; V= volumen; Z1= Inceptisol húmedo; Z3= Ultisol húmedo.

Cuadro 9. Crecimiento de cebo (*Vochysia guatemalensis*) en la zona norte de Costa Rica.

Zona	Edad (años)	N	AB (m ²)	dap (cm)	H (m)	V (m ³)	ICA			IMA			
							dap (cm)	H (m)	V (m ³)	dap (cm)	H (m)	V (m ³)	
1	1	1103	0,0		0,9						0,9		
	3	1018	5,1	8,0	3,1	7,8	4,8	1,1	7,8	2,7	1,0	2,6	
	5	1006	15,3	13,9	7,5	56,9	2,3	2,1	49,1	2,8	1,5	11,4	
	9	519	21,9	23,2	13,8	151,3	1,3	0,8	94,4	2,3	1,4	15,1	
3	1	976	0,7	3,1	1,9	0,6			0,6	3,1	1,9	0,6	
	3	858	8,3	11,1	6,8	32,3	5,5	3,0	31,7	3,7	2,3	10,8	
	5	750	17,2	17,1	12,0	96,9	2,9	3,1	64,6	3,4	2,4	19,4	
	9	701	28,1	22,6	17,9	270,1	1,3	1,6	173,2	2,5	2,0	30,0	
4	1	1079	0,0		1,5						1,5		
	3	1056	9,7	10,8	6,5	31,5	5,4	3,1	31,4	3,6	2,2	10,5	
	5	754	19,4	18,1	12,6	122,7	2,2	2,0	91,3	3,6	2,5	24,5	
	9	446	18,5	23,0	17,7	164,8	1,2	1,0	42,2	2,6	2,0	18,3	

N= número de árboles ha⁻¹; AB= área basal ha⁻¹; dap= diámetro a 1,3 m de altura; H= altura total; V= volumen; Z1= Inceptisol húmedo; Z3= Ultisol húmedo, Z4= Ultisol muy húmedo.

Cebo

Los resultados de 23 parcelas de crecimiento del cebo, para las zonas Inceptisol húmedo (Z1), Ultisol húmedo (Z3) y Ultisol muy húmedo (Z4), se resumen en el cuadro 9.

Esta especie muestra en los Ultisoles los valores de productividad más altos (AB=28,1 m² ha⁻¹; V=270 m³ ha⁻¹). El ICA del dap disminuye

con la edad, pero el IMA alcanza su máxima tasa a los 5 años. Por otra parte, los incrementos en altura total (ICA e IMA) alcanzan su valor máximo entre los 3 y 5 años. Estos resultados hacen pensar que ésta especie requiere de una fuerte intervención (33-50%) una vez superados los 3 años, con el fin de concentrar el crecimiento en el menor número de individuos de la mayor calidad posible. Pero también puede notarse que ocurre

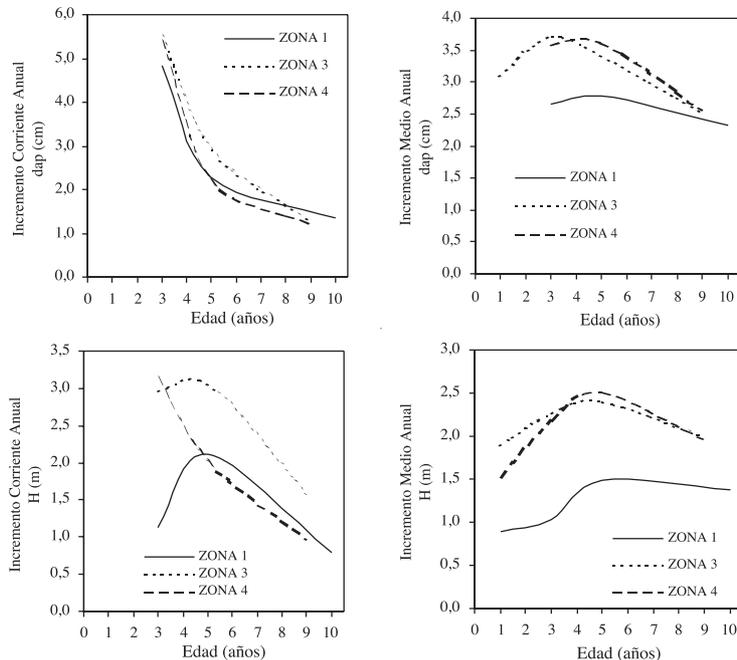


Fig. 6. Incremento Corriente y Medio Anual en diámetro y altura total de cebo (*Vochysia guatemalensis*) en la zona norte de Costa Rica.

una disminución brusca del ICA del dap entre los 3 y 5 años. Es importante señalar que el cebo es la especie que alcanza las mayores áreas basales (18,5-28,1 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) de todas las especies investigadas. Lo que sugiere que es un árbol que logra llegar a un nivel alto de ocupación de sitio a temprana edad.

En la figura 6 se observa las tendencias de los incrementos corrientes anuales e incrementos medios anuales del dap y de la altura para las zonas edafoclimáticas donde fue establecida la especie.

CONCLUSIONES

Las plantaciones de cebo superan a todas las demás especies nativas en área basal y crecimiento diamétrico promedio, con un dap máximo de 24,6 cm (11 años) y un área basal de 29,2 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ a los 9 años. El pilón y el botarrama registraron los mejores crecimientos después del cebo. El almendro fue la especie que mostró los menores crecimientos en todas las variables evaluadas, con tan solo 10,3 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ de área basal (a los 11

años) y un dap máximo de 12,6 cm. Los valores más altos de crecimiento se registraron en los Ultisoles. Se encontró una relación inversamente proporcional entre el área basal y la humedad del sitio. Sin embargo, el cebo obtuvo un buen crecimiento en todos los sitios en que fue investigado. Para el fruta dorada fueron los Inceptisoles donde registró sus mayores crecimientos.

La relación dap/altura total muestra al almendro y al pilón con valores inferiores a 1, que indican una mayor tasa de crecimiento de la altura que la del dap. Este comportamiento podría originar tensiones de crecimiento en la madera.

Las especies nativas seleccionadas para reforestación en la zona norte de Costa Rica, mostraron una alta adaptación a condiciones como: suelos arcillosos, de muy ácidos a moderadamente ácidos (pH 4,5-6), poco fértiles pero bien drenados, de textura franca, franco-arcillosas y planicies muy húmedas aluviales.

Por lo anterior, se concluye que las especies forestales nativas consideradas como promisorias para reforestación son las más aptas para las zonas edafoclimáticas del área de estudio.

Se encontró diferencias significativas entre los incrementos ICA e IMA en las variables diámetro y altura total entre las zonas edafoclimáticas de la zona norte. Sin embargo, análisis preliminares demuestran que estas diferencias no son permanentes año tras año, por lo que la zona edafoclimática no es un factor determinante en el crecimiento de estas plantaciones. Sin embargo, es importante recordar que los resultados de ésta investigación son de plantaciones jóvenes y se desconoce el turno de corta de las especies.

LITERATURA CITADA

- ACUÑA P. 1999. Evaluación de 2 ensayos de progenie en Santa Clara, San Carlos. Práctica de especialidad. B.Sc. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 58 p.
- ARGUEDAS M., CHAVERRI P. 1997. Nuevo reporte en 7 especies forestales nativas en Costa Rica. III Congreso Forestal Nacional. San José, Costa Rica. p. 152-154.
- BADILLA Y., RODRÍGUEZ L., MURILLO O., OBANDO, G. 2000. Avances en la clonación de cebo, botarrama, pilón y almendro. Programa de mejoramiento y conservación genética de especies forestales. ITCR/FUNDECOR. Reporte de Investigación N°1. Cartago, Costa Rica. 11 p.
- BARRAZA D., DÍAS J. 1999. Clasificación preliminar de sitios para plantaciones con *Hyeronima alchorneoides*, *Vochysia guatemalensis*, *Vochysia ferruginea*, *Virola koschnyi* y *Terminalia amazonia* en la zona Nor-Atlántica de Costa Rica. Tesis. Lic. Universidad Nacional, Heredia Costa Rica. 88 p.
- BUTTERFIELD R. 1990. Native species for reforestation and land restoration: a case study from Costa Rica. Proceedings of the 14th IUFRO World Congress. Vol. 2. Montreal, Canadá. p. 3-14.
- BUTTERFIELD R., FISHER, R. 1994. Untapped potential: native species for reforestation. Journal of Forestry 92(6): 37-40.
- BUTTERFIELD R. 1995a. Desarrollo de especies forestales en tierras bajas húmedas de Costa Rica. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 42 p.
- BUTTERFIELD R. 1995b. Promoting biodiversity: advances in evaluating native species for reforestation. Forest Ecology and Management (75): 111-121.
- BUTTERFIELD R., ESPINOZA M. 1995. Screening trial of 14 tropical hardwoods with an emphasis on species native to Costa Rica: fourth year results. New Forests (9): 135-145.
- DELGADO M.A. 2002. Informe de práctica de especialidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 103 p.
- GUEVARA C., ZAMORA N. 1997. Evaluación del crecimiento y productividad de 5 especies nativas plantadas en Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. Tesis. Lic. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- GONZÁLEZ E., FISHER R. 1994. Growth of native species planted on abandoned pasture land in Costa Rica. Forest Ecology and Management (70): 159-167.
- HAGGAR J.P., BRISCOE CB., BUTTERFIELD R.P. 1998. Native species: a resource for the diversification of forestry production in the lowland humid tropics. Forest Ecology and Management (106): 195-203.
- HOLDRIDGE L. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Trad. por H. Jiménez Saa. San José, Costa Rica. IICA. 220 p.
- MONTAGNINI F., PIOTTO D., UGALDE A.L. 2002. Plantaciones forestales con especies nativas: una alternativa para la producción de madera y la provisión de servicios ambientales. In: II Congreso Forestal Latinoamericano. Guatemala. 10 p.
- MÜLLER E. 1993. Estado actual del conocimiento sobre especies forestales para la reforestación en Costa Rica. Documento del proyecto COSEFORMA/ITCR. Costa Rica. 29 p.
- MURILLO O., RODRÍGUEZ L., BADILLA Y., OBANDO G. 2000. Aportes a la conservación de recursos genéticos forestales. Kurú (28): 4-5.
- MURILLO O., BADILLA Y., OBANDO G. 2002. Reforestación con especies nativas en la zona norte del país. In: Simposio-Taller de especies nativas. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 7 p.
- NICHOLS D., GONZÁLEZ E. 1992. Especies nativas y exóticas para la reforestación en la zona Sur de Costa Rica. San José, Costa Rica. 84 p.
- NICHOLS D. 1994. *Terminalia amazonia* (Gmel.) Excell.: development of native species for reforestation and agroforestry. Commonwealth Forestry Review 73(1): 9-13.
- PIOTTO D. 2001. Plantaciones forestales en Costa Rica y Nicaragua: Comportamiento de las especies y preferencias

- de los productores. Tesis de M.Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 130 p.
- QUIRÓS M. 1999. Evaluación de la calidad de las plantaciones forestales del proyecto de especies nativas de la región Huetar Norte, Costa Rica. Informe de práctica de especialidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 90 p.
- SAS. 1998. Statistical Analysis System. Software. Cary, North Carolina, EUA.
- SAGE L., MÜLLER E. 1995. Resultados preliminares de un ensayo con especies forestales nativas en sitios con problemas de inundación en la Región Huetar Norte. N° 42. COSEFORMA /ITCR. San José, Costa Rica. 15 p.