



CRECIMIENTO INICIAL DE CLONES PROMISORIOS DE *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg. EN SISTEMA AGROFORESTAL EN CAQUETÁ, COLOMBIA

Early growth of promising rubber tree clones of *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg. in an agroforestry system in Caquetá, Colombia

Armando Sterling¹, Juan Carlos Suárez², Diego Ferney Caicedo¹,
Carlos Hernando Rodríguez¹, Yasodhara Marieth Salas-Tobón² & Yeny Virgüez-Díaz²

Sterling, A., Suárez, J., Caicedo, D., Rodríguez, C., Salas-Tobón, Y. & Virgüez-Díaz, Y. (2015). Crecimiento inicial de clones promisorios de *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg. en sistema agroforestal en Caquetá, Colombia. *Colombia Forestal*, 18(2), 175-192

Recepción: 23 de septiembre de 2014

Aprobación: 16 de febrero de 2015

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el crecimiento inicial de tres clones de caucho (*Hevea brasiliensis*) (FX 4098, FDR 5788, y el testigo IAN 873) en cuatro sistemas de siembra con copoazú (*Theobroma grandiflorum*) y plátano Hartón (*Musa AAB*) en dos localidades de Caquetá (Amazonia colombiana). En cada zona se siguió un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y un arreglo en parcelas divididas, el cual se analizó mediante un modelo lineal general mixto. En los años 1 y 2 después del establecimiento del cultivo de caucho se evaluaron los índices de crecimiento: altura total (AT), circunferencia del tronco (CT), área de copa (AC) e índice de área foliar (IAF). CT fue la variable que más se correlacionó con los distintos índices de crecimiento ($r \geq 0.94$). La variación temporal y clonal, así como el sistema de siembra implementado fueron los factores que más influyeron en los cuatro índices de crecimiento ($p < 0.01$). Solo hubo diferencias significativas entre las dos localidades para AC ($p < 0.05$). La interacción clon x sistema fue significativa para IAF ($p <$

0.01). Luego de 2 años, los mayores índices de crecimiento se observaron en el clon FX 4098 (AT = 4.43 m; CT = 13.00 cm; AC = 4.62 m²; IAF = 1.37), y en dos de los tres sistemas agroforestales (AT \geq 4.08 m; CT \geq 11.43 cm; AC \geq 4.01 m²; IAF \geq 1.54) en comparación con el sistema testigo (monocultivo).

Palabras clave: Amazonia colombiana, Caucho, *Musa AAB*, *Theobroma grandiflorum*

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the early growth of three rubber tree clones (*Hevea brasiliensis*) (FX 4098, FDR 5788, and control IAN 873) in four planting systems with cupuasu (*Theobroma grandiflorum*) and banana trees (*Musa AAB*) at two localities in Caquetá (Colombian Amazonia). A completely randomized block design with three replications and split-plot arrangement, analyzed with a general linear mixed model, was used at each locality. Total height (AT), trunk circumference (CT), canopy area (AC) and leaf area index (IAF) were evaluated one and two years after establishment of rubber trees. Trunk circumference was

1 Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas–Sinchi, Sede Florencia, Caquetá (Colombia). correos electrónicos: asterling@sinchi.org.co; asterlingc@gmail.com. Autor de correspondencia.

2 Coinvestigadores del proyecto, contratistas del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas–Sinchi, Sede Florencia, Caquetá (Colombia).

the variable most correlated with different growth indices ($r \geq 0.94$). Four growth indices were strongly influenced by temporal and clonal variation and by planting system ($p < 0.01$). The only significant differences between the two localities were for AC ($p < 0.05$). System \times clone interaction was significant for IAF ($p < 0.01$). After two years, the highest growth

indices were observed in rubber tree clone FX 4098 (AT = 4.43 m; CT = 13.00 cm, AC = 4.62 m²; LAI = 1.37), and in two of the three agroforestry systems (AT \geq 4.08 m, CT \geq 11.43 cm, AC \geq 4.01 m²; IAF \geq 1.54) compared with the control system (monoculture).

Key words: Colombian Amazonia, Rubber tree, *Musa* AAB, *Theobroma grandiflorum*,

INTRODUCCIÓN

El caucho natural, *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll.Arg., es una especie de origen suramericano productora de látex destinado principalmente a la industria llantera (Compagnon, 1998). Su producción a nivel mundial es de la siguiente manera: el Sudeste Asiático produce el 93% del caucho natural, África, el 4% y América Central y del Sur, el 3% (IRSG, 2013).

En diciembre de 2013, Colombia reportó la existencia de 44 100 ha cultivadas de caucho, constituidas principalmente por clones introducidos de origen asiático, africano y americano (STN, 2013). Caquetá es el departamento con mayor tradición cauchera de Colombia y el tercero en área sembrada con 6017 ha de caucho, de las cuales 1581 ha son plantaciones en etapa productiva, con una producción de 1894.4 toneladas de caucho seco por año (Asoheca, 2014).

Dada la importancia del caucho natural y su creciente demanda en el mercado internacional, en Colombia se han adelantado planes masivos para la expansión del cultivo, la mayoría de ellos apoyados en el establecimiento de nuevas hectáreas en pequeños y medianos cultivadores, cuya estrategia busca, en general, compensar en primer lugar la demanda interna, ya que el país solo cubre el 8.5% de la demanda nacional (MADR-Agronet, 2013).

Sin embargo, la mayoría de los cultivares establecidos en el país han perdido productividad (Castellanos *et al.*, 2009) y en regiones como la Amazonia colombiana los clones tradicionales (IAN 873, FX 3864 y IAN 710) han reducido su potencial

productivo (Asoheca, 2014) e incrementado la susceptibilidad a los principales limitantes fitosanitarios del cultivo (Sterling *et al.*, 2009; 2010).

Gonçalves *et al.* (1997) afirman que con el mejoramiento genético es posible ampliar el germoplasma de caucho y sustentar el desarrollo de planes masivos de siembra con materiales promisorios de acuerdo con las características específicas de cada región.

De acuerdo con lo anterior, países como Malasia, Sri Lanka, India, Brasil, Guatemala y Colombia han realizado estudios orientados a la selección de clones vigorosos, con alta producción, buena capacidad adaptativa y tolerancia a las principales plagas y enfermedades del cultivo (Gonçalves *et al.*, 1997; Priyadarsham & Goncalves, 2003, Castellanos *et al.*, 2009; Sterling & Rodríguez, 2011, 2012; Vélez-Sánchez & Nieto-Rodríguez, 2013).

En Colombia, y en particular en zonas con amplia tradición cauchera como la región amazónica, diferentes investigaciones han contribuido con información preliminar sobre la ampliación de la base genética de caucho con nuevos materiales promisorios (Sterling & Rodríguez, 2011; 2012) y se ha adoptado la idea de reconvertir el modelo tradicional del monocultivo por arreglos agroforestales que incluyan especies nativas frutales o maderables promisorias como arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh), copoazú [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum] entre otras (Barrera *et al.*, 2009; Sterling *et al.*, 2013).

Según Barrera *et al.* (2009), el copoazú es un buen complemento para la diversificación del caucho, debido a que cumple con los requerimientos

fisiológicos para su cultivo, y además puede convertirse en una buena opción económica en el periodo improductivo del caucho. Dado que el copoazú al igual que el cacao (*Theobroma cacao* L.) son especies de sombra, el uso de sombríos transitorios como el cultivo del plátano (*Musa* spp.) debe ser considerado para favorecer el desarrollo de estas especies dentro de los sistemas agroforestales con caucho (Pereira *et al.*, 1997).

Por otro lado, debido a que el periodo improductivo del caucho oscila entre 6 y 7 años, una reducción en este ciclo de crecimiento implicará una reducción en la probabilidad de aprovechar eficientemente el potencial productivo (Bernardes *et al.*, 1988). Al respecto, Rodrigo *et al.* (2001), 2004) y Snoeck *et al.* (2013) afirman que los asociados del caucho con diversas especies vegetales pueden favorecer en un 50% el desarrollo y el crecimiento de los árboles de caucho en comparación con el monocultivo.

Aunque son muchos los beneficios reales y potenciales que se atribuyen al uso de los sistemas agroforestales con caucho (Alvin *et al.* 1989; Pereira *et al.*, 1997), han sido poco comprendidos los efectos producidos por la interacción entre factores como el genotipo vegetal, el sistema de siembra agroforestal o los factores ambientales inherentes sobre el crecimiento del cultivo del caucho en las etapas tempranas de su desarrollo.

Al respecto se presume que el uso de materiales genéticos promisorios de caucho en sistemas agroforestales con especies vegetales de alto valor económico y ambiental, en relación con los factores

ambientales característicos de cada región, pueden favorecer el crecimiento temprano del cultivo del caucho, y de esta manera contribuir no solo con su expansión, sino además aumentar las posibilidades de explotación temprana en regiones con alta presión ambiental como la Amazonia colombiana.

De acuerdo con lo anterior, este estudio tuvo como objetivo evaluar el crecimiento inicial de tres clones de caucho (dos clones promisorios y el testigo IAN 873) en diferentes sistemas de siembra con copoazú (*T. grandiflorum*) y plátano Hartón (*Musa* AAB) en dos localidades del departamento del Caquetá (Amazonia colombiana).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en dos localidades, presentes en dos zonas climáticas, del departamento del Caquetá (Amazonia colombiana; [Tabla 1](#)), durante 2 años consecutivos tomados a partir del establecimiento del cultivo del caucho en campo definitivo.

Los suelos del departamento del Caquetá, en términos generales, presentan textura principalmente fina, predominio de arcillas, con limitaciones y diferentes grados de drenaje interno. El pH, ácido, fluctúa entre 4.5 y 5.8 (IGAC, 1993). La capacidad de intercambio catiónica es baja a media. La saturación de bases es baja. Presentan alto contenido o saturación de aluminio (>50 %), elemento tóxico para muchos cultivos.

Tabla 1. Localización y aspectos climáticos generales del área geográfica donde se realizó la investigación en Caquetá (Colombia)

Localidad (Municipio)	Vereda	Latitud	Longitud	Altura (msnm)	Precipitación media anual (mm)	Humedad relativa media anual (%)	Temperatura media anual (°C)	Clasificación de Caldas Lang
Albania	Florida 1	01° 14' 41.9"	75° 53' 22.9"	277	4387	85.0	24.7	Cálido Húmedo
San Vicente del Caguán	Buenos Aires #2	02° 01' 33.6"	74°55' 07.4"	344	2503	82.3	25.4	Cálido semihúmedo a húmedo

Fuente: datos climáticos anuales (Ideam, 2014); coordenadas geográficas (Sinchi, 2014); clasificación Caldas Lang (IGAC, 2010)

Material vegetal

El material vegetal correspondió a tres clones de caucho (*H. brasiliensis*) los cuales se establecieron en sistema agroforestal con copoazú (*T. grandiflorum*) y plátano Hartón (*Musa* AAB). Se compararon dos clones de caucho promisorios para la región (FDR 5788 y FX 4098) con un testigo local, el cultivar IAN 873 (Tabla 2).

Respecto a los cultivos asociados, se utilizó un material promisorio de copoazú, denominado "Ecotipo Sobresaliente No. 4", de la colección de germoplasma del Instituto Sinchi en el Departamento del Guaviare (Melgarejo *et al.*, 2006) y como sombrío transitorio se emplearon rizomas de plátano Hartón adquiridos comercialmente en la región.

Diseño experimental

En cada localidad se planteó un experimento de 1.4 ha el cual siguió un diseño de bloques completos

al azar con tres repeticiones y un arreglo con parcelas divididas, donde las parcelas correspondieron a los sistemas de siembra (Tabla 3) dentro de los bloques y las subparcelas estuvieron asociadas a los clones de caucho dentro de los sistemas de siembra en cada bloque. Se emplearon 20 plantas de caucho por cada subparcela elemental.

Establecimiento y manejo de los ensayos de campo

Para el establecimiento de los ensayos de campo, se utilizaron plántulas de caucho injertadas en bolsa de 7 kg con dos pisos foliares y un rango de edad de 6 a 8 meses (Tabla 2). El establecimiento del sombrío transitorio (cormos de plátano Hartón) se realizó cuatro meses después de la siembra del caucho. El copoazú fue la última especie que se estableció. La siembra se realizó seis meses después del establecimiento del plátano. En este sentido, se emplearon patrones de copoazú de ocho meses de edad los cuales se injertaron *in situ* con

Tabla 2. Listado de clones de caucho (*Hevea brasiliensis*) evaluados en sistema agroforestal con copoazú (*Theobroma grandiflorum*) y plátano Hartón (*Musa* AAB) en los municipios de Albania y San Vicente del Caguán (Caquetá, Colombia)

Clon	Progenitores	Especie de Hevea	Origen	Altura inicial promedio (m)
IAN 873	FA 1717 x PB 86	<i>H. brasiliensis</i> x <i>H. brasiliensis</i>	Brasil	0.60 ± 0.01
FX 4098	PB 86 x B 110	<i>H. brasiliensis</i> x <i>H. brasiliensis</i>	Brasil	0.59 ± 0.01
FDR 5788	HARB 8 x MDF 180	<i>H. brasiliensis</i> x <i>H. brasiliensis</i>	Brasil	0.57 ± 0.01

Fuente: Rivano *et al.*(2010)

Tabla 3. Sistemas de siembra de caucho (*Hevea brasiliensis*) en socio con copoazú (*Theobroma grandiflorum*) y plátano Hartón (*Musa* AAB) implementados en los municipios de Albania y San Vicente del Caguán (Caquetá, Colombia)

Sistema	Clave	Tipo	Distancia de siembra caucho	Distancia de siembra copoazú	Distancia de siembra plátano
Sistema 1	S1	Agroforestal 1	2.5 m x 3.0 m x 14.0 m		
Sistema 2	S2	Agroforestal 2	2.5 m x 3.0 m x 13.0 m	4.0 m x 5.0 m	4.0 m x 5.0 m
Sistema 3	S3	Testigo agroforestal	2.8 m x 4.0 m x 10.0 m		
Sistema 4	S4	Testigo monocultivo	2.8 m x 7.0 m	No aplica	No aplica

yemas del ecotipo No. 4 (Tabla 2) mediante la técnica del injerto por parche.

Las principales prácticas de manejo incluyeron labores de resiembra, plateos, aplicación semestral de fertilizantes orgánicos al suelo y sintéticos foliares con elementos mayores y menores de acuerdo con los análisis químicos edáficos y foliares, limpiezas mecánicas de surcos y calles con una frecuencia trimestral, deschupone y podas a brotes no deseados, deshijos y aporcado en el caso del plátano. No se realizaron controles fitosanitarios con productos químicos en el cultivo del caucho ni tampoco podas de formación a las copas de los árboles. En el caso de los cultivos asociados, se realizaron controles químicos con insecticidas y fungicidas de acuerdo con la necesidad observada.

Evaluaciones de crecimiento

En los años 1 y 2 después del establecimiento del cultivo de caucho en los cuatro sistemas de siembra implementados en los municipios de Albania y San Vicente del Caguán, se evaluaron los siguientes índices de crecimiento:

Altura total (AT)

La altura total (m) de los árboles de caucho se determinó a partir de la distancia comprendida entre el suelo y el ápice de la copa (Pereira, 2007), mediante el uso de una vara centimétrica de 4 m de longitud.

Circunferencia del tronco (CT) – Vigor

El vigor de los árboles se expresó como la medida de la circunferencia (cm) del tronco a 1.2 m del suelo, mediante el uso de cinta métrica (Junior et al., 2007).

Área de copa (AC)

El área de copa se estimó a partir de la medición perpendicular de los diámetros mayor y menor del dosel, mediante la ecuación: $AC = \pi/4 * (\text{Diámetro})^2$ (Gardner et al., 1985).

Índice de área foliar (IAF)

El índice de área foliar (m^2) es el área proyectada de las superficies de las hojas por unidad de área de suelo (Marshall & Waring, 1986). Esta medida de crecimiento se relaciona con el área de la superficie fotosintética (necesaria para capturar la energía lumínica) (Wilhem et al., 2000) y con la transpiración dentro del dosel (Chen et al., 1997).

La medición indirecta del IAF se realizó a través de un Ceptómetro AccuPAR® Modelo LP-80, con la barra dispuesta de manera perpendicular al eje vertical de la planta, ajustando el número de sensores al diámetro del dosel de la misma. Los valores de IAF se calcularon a partir de las lecturas de la radiación fotosintéticamente activa (*Photosynthetically Active Radiation*, PAR) que llega al dosel (PAR_a), y la PAR que hay debajo de este (PAR_d) (Carver & Griffiths, 1981; Fournier & Andreu, 1999).

Análisis estadístico

Se ajustó un modelo lineal general mixto donde los factores fijos fueron la localidad, el sistema de siembra, el año de evaluación, el clon de caucho y sus interacciones. El efecto de bloques anidados en las localidades, parcelas asociadas a los sistemas de siembra dentro de bloques y subparcelas asociadas a los clones dentro de los sistemas en cada bloque se incluyeron como efectos aleatorios.

La varianza residual se modeló para contemplar varianzas diferentes según la heterocedasticidad observada en los efectos fijos del modelo, mientras que la correlación residual para las observaciones sucesivas realizadas sobre una misma planta se contempló mediante un modelo de simetría compuesta. Los criterios de Akaike (AIC), Bayesiano (BIC) y LogLik se utilizaron para la selección de la estructura de varianzas y correlaciones residuales (Di Rienzo et al., 2011). El ajuste se realizó mediante la función lme de la librería nlme (Pinheiro et al., 2013) de R (R Core Team, 2013), bajo la interfaz implementada en InfoStat (Di Rienzo et al., 2013).

El análisis de las interacciones, mediante la comparación de medias para las combinaciones de los niveles de todos los factores, se realizó con la prueba de comparaciones múltiples LSD de Fisher ($\alpha = 0.05$). Se realizó un análisis de correlación múltiple de Pearson entre las variables estudiadas con un nivel de significancia del 5 %. Todas las pruebas estadísticas se corrieron en el programa InfoStat, versión 2013 (Di Rienzo *et al.*, 2013).

RESULTADOS

Interdependencia de las variables estudiadas

CT fue la variable que más se correlacionó con los distintos índices de crecimiento de *H. brasiliensis* (AT, AC e IAF). En este sentido, altas correlaciones significativas se encontraron entre CT y AT ($r = 0.94$; $gl = 144$; $p < 0.01$) y entre CT y AC ($r = 0.94$; $gl = 144$; $p < 0.01$). Del mismo modo, hubo un alto grado de interdependencia entre AC y AT ($r = 0.91$; $gl = 144$; $p < 0.01$). Bajas correlaciones significativas se observaron entre las variables IAF y AT y entre IAF y AC ($r \leq 0.35$; $gl = 144$; $p < 0.01$).

Efectos de los factores estudiados

La variación temporal y clonal, así como el sistema de siembra implementado fueron los factores que más influyeron en los cuatro índices de crecimiento de *H. brasiliensis* ($p < 0.01$ para los tres factores referidos) (Tabla 4). En este sentido, solo se encontraron diferencias significativas entre las localidades de Albania y San Vicente del Caguán para AC ($p < 0.05$) (Tabla 4). En general, se observó una influencia significativa del tiempo en el comportamiento de las variables AT, CT y AC en cada una de las dos localidades, en cada sistema de siembra y en cada clon de *H. brasiliensis* (Tabla 4).

Por otro lado, el efecto debido al clon de caucho dentro de cada uno de los cuatro sistemas de siembra (interacción clon x sistema), solo se evidenció para IAF ($p < 0.01$). Esto significa que el efecto que tuvo el clon de caucho en las medias de AT, CT y AC fue independiente del sistema de siembra implementado.

La prueba de hipótesis para la interacción localidad x año x clon resultó significativa para las medias de AT y CT (vigor) (ambas, $p < 0.05$) (Figuras 1 y 2). Esto indica que, independiente del sistema

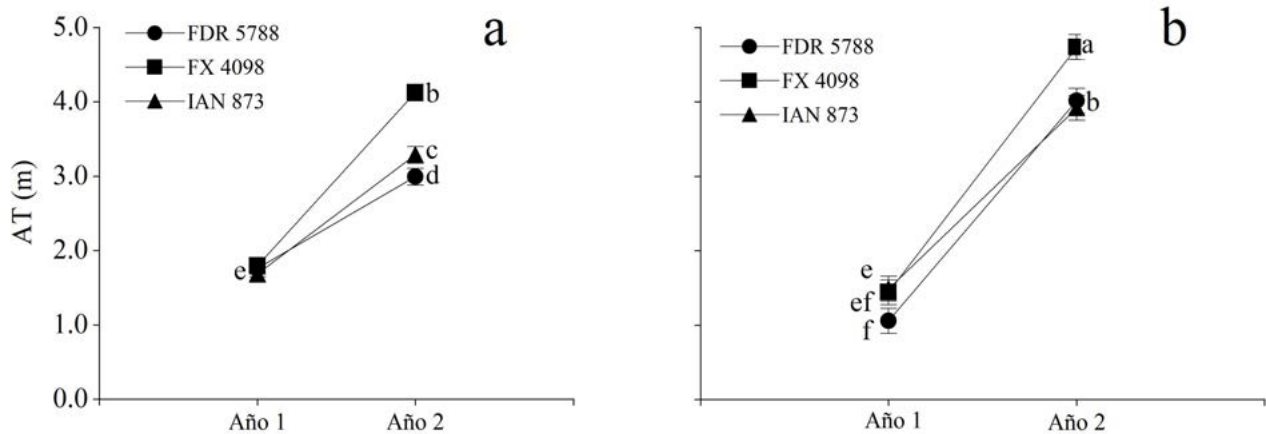


Figura 1. Media de altura total (AT) de árboles de caucho (*Hevea brasiliensis*) de acuerdo con el clon establecido en el sistema agroforestal con copoazú (*Theobroma grandiflorum*) y plátano Hartón (*Musa AAB*) para dos años de evaluación en dos localidades de Caquetá (Colombia). **a.** Municipio de Albania, **b.** Municipio de San Vicente del Caguán. Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente (Prueba LSD; $p \geq 0.05$). Las barras representan el error estándar de la media

Tabla 4. Medias de altura total (AT), circunferencia del tronco (CT), área de copa (AC) e índice de área foliar (IAF) de árboles de caucho (*Hevea brasiliensis*) según la localidad, el sistema de siembra y el tipo de clon, para dos años de evaluación en Caquetá (Colombia).

Factor	Nivel	Año ^e	AT (m)	CT (cm)	AC (m ²)	IAF
Localidad	San Vicente del Caguán	1	1.33 ± 0.12 ^{ad} ^b	3.77 ± 0.42 c	0.22 ± 0.22 c	1.26 ± 0.10 ab
		2	4.22 ± 0.12 a	11.39 ± 0.42 a	2.59 ± 0.22 a	1.36 ± 0.10 a
		Media ^c	2.78 a	7.58 a	21.89 a	1.31 a
	Albania	1	1.75 ± 0.09 c	4.13 ± 0.37 c	0.16 ± 0.12 c	1.01 ± 0.08 b
		2	3.47 ± 0.09 b	9.52 ± 0.37 b	2.59 ± 0.12 b	1.25 ± 0.08 ab
		Media	2.61 a	6.83 a	13.73 b	1.13 a
Sistema ^d	S1	1	1.74 ± 0.11 d	4.25 ± 0.37 d	0.21 ± 0.23 d	1.06 ± 0.09 b
		2	4.08 ± 0.11 a	11.56 ± 0.37 a	4.01 ± 0.23 a	1.54 ± 0.09 a
		Media	2.91 a	7.87 a	21.10 a	1.30 a
	S2	1	1.70 ± 0.11 de	4.30 ± 0.37 d	0.18 ± 0.23 d	1.23 ± 0.09 b
		2	4.19 ± 0.11 a	11.43 ± 0.37 a	4.18 ± 0.23 a	1.59 ± 0.09 a
		Media	2.95 a	7.90 a	21.85 a	1.41 a
	S3	1	1.45 ± 0.11 ef	3.63 ± 0.37 d	0.18 ± 0.23 d	1.17 ± 0.09 b
		2	3.79 ± 0.11 b	9.94 ± 0.37 b	3.00 ± 0.23 b	1.07 ± 0.09 b
		Media	2.62 b	6.78 b	15.91 b	1.12 b
	S4	1	1.26 ± 0.11 f	3.63 ± 0.37 d	0.19 ± 0.23 d	1.08 ± 0.09 b
		2	3.32 ± 0.11 c	8.90 ± 0.37 c	2.32 ± 0.23 c	1.02 ± 0.09 b
		Media	2.29 c	6.27 b	12.40 b	1.05 b
Clon	FX 4098	1	1.62 ± 0.10 c	4.13 ± 0.34 d	0.20 ± 0.20 d	1.24 ± 0.09 abc
		2	4.43 ± 0.10 a	13.00 ± 0.34 a	4.62 ± 0.20 a	1.37 ± 0.09 a
		Media	3.02 a	8.57 a	24.06 a	1.31 a
	IAN 873	1	1.59 ± 0.10 c	4.13 ± 0.34 d	0.20 ± 0.20 d	1.11 ± 0.09 bc
		2	3.60 ± 0.10 b	9.97 ± 0.34 b	3.14 ± 0.20 b	1.29 ± 0.09 ab
		Media	2.59 b	7.05 b	16.66 b	1.20 b
FDR 5788	1	1.41 ± 0.10 c	3.60 ± 0.34 d	0.18 ± 0.20 d	1.05 ± 0.09 c	
	2	3.50 ± 0.10 b	8.40 ± 0.34 c	2.37 ± 0.20 c	1.26 ± 0.09 abc	
	Media	2.46 b	6.00 c	12.72 c	1.16 b	

^a Error estándar^b Valores en cada columna seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente entre años para cada nivel del factor (Medias separadas por la prueba LSD, $p \geq 0.05$; $n = 1440$)^c Medias en cada columna seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre niveles del factor (Prueba LSD, $p \geq 0.05$)^d *H. brasiliensis*: [S1: 2.5 x 3.0 x 14.0 m; S2: 2.5 x 3.0 x 13.0 m; S3: 2.8 x 4.0 x 10.0 m; S4: 2.8 x 7.0 m (testigo monocultivo)]; *T. grandiflorum* y Musa AAB: 4.0 x 5.0 m para los sistemas S1, S2 y S3^e 1 (Junio de 2012 a junio de 2013); 2 (Junio de 2013 a junio de 2014)

de siembra implementado, en cada localidad y en un mismo año de evaluación, tanto la altura total como el vigor de los árboles de caucho variaron significativamente entre los tres clones evaluados. Del mismo modo, la interacción sistema x año fue significativa para la media de CT ($p < 0.01$) (Figura 2). Es decir, que las diferencias observadas en el

vigor de los árboles de caucho entre los cuatro sistemas de siembra en el año 1 no fueron las mismas que las registradas en el año 2 del seguimiento.

En relación con la media de AC, resultaron significativas las interacciones localidad x año ($p < 0.01$), sistema x año ($p < 0.01$) y clon x año ($p < 0.01$) (Figura 3). Esto significa que la variación

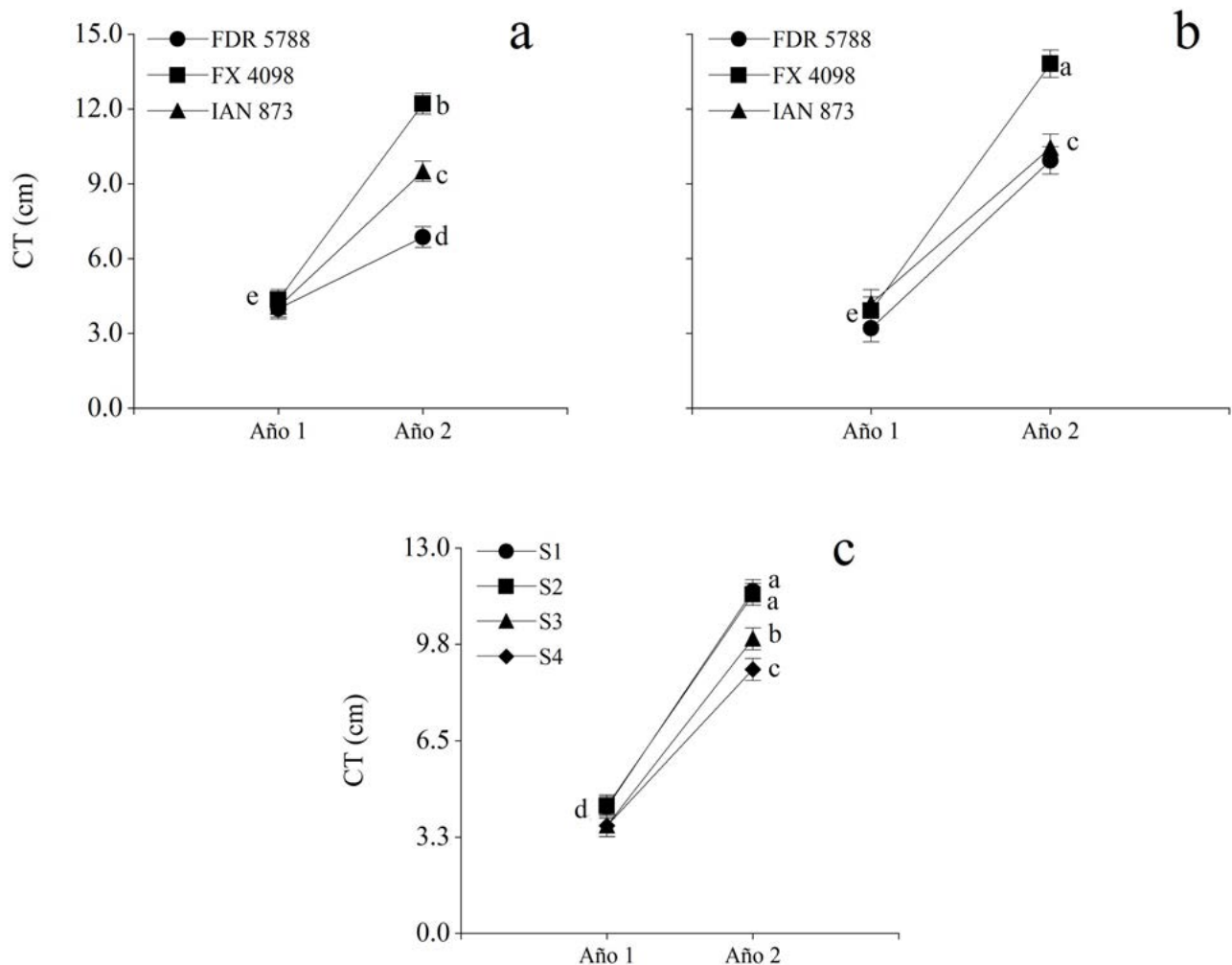


Figura 2. Media de la circunferencia del tronco (CT) de árboles de caucho (*Hevea brasiliensis*) según el clon (a-b) y el sistema de siembra (c) en los que se establecieron los materiales vegetales en asocio con copoazú (*Theobroma grandiflorum*) y plátano Hartón (*Musa AAB*) para dos años de evaluación en Caquetá (Colombia). Sistemas de siembra [*H. brasiliensis* (S1: 2.5 x 3.0 x 14.0 m; S2: 2.5 x 3.0 x 13.0 m; S3: 2.8 x 4.0 x 10.0 m; S4: 2.8 x 7.0 m); *T. grandiflorum* y *Musa AAB*: 4.0 x 5.0 m para los sistemas S1, S2 y S3)]. **a.** Municipio de Albania, **b.** Municipio de San Vicente del Caguán. Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente (Prueba LSD; $p \geq 0.05$). Las barras representan el error estándar de la media

temporal influyó significativamente en el área media de la copa de los árboles de caucho en cada una de las dos localidades, entre los cuatro sistemas de siembra y entre los tres clones evaluados.

Por su parte, la media de IAF fue influenciada por las interacciones localidad x sistema x clon ($p < 0.01$) (Figura 4) y sistema x año ($p < 0.01$) (Tabla 4).

Lo anterior indica que el índice de área foliar estuvo influenciado dentro de cada clon por el sistema de siembra y por la localidad en la que se establecieron los materiales de caucho. Asimismo, las diferencias observadas en el IAF de los árboles de caucho entre los cuatro sistemas de siembra fueron diferentes en los dos años de evaluación.

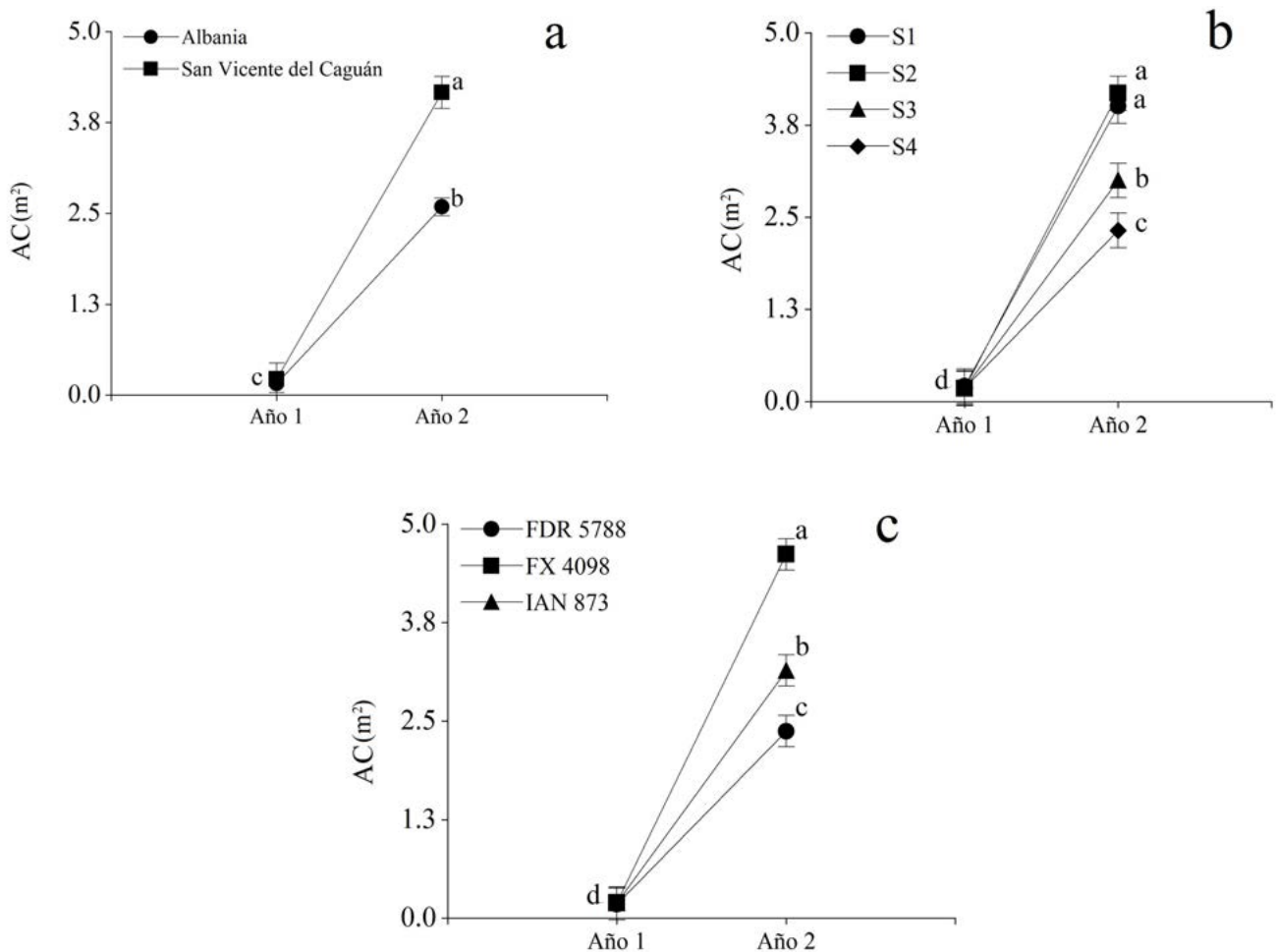


Figura 3. Media del área de copa (AC) de árboles de caucho (*Hevea brasiliensis*) según la localidad (a), el sistema de siembra implementado (b) y el clon (c) en las que se establecieron los materiales vegetales en asocio con copoazú (*Theobroma grandiflorum*) y plátano Hartón (*Musa AAB*) para dos años de evaluación en Caquetá (Colombia). Sistemas de siembra [*H. brasiliensis* (S1: 2.5 x 3.0 x 14.0 m; S2: 2.5 x 3.0 x 13.0 m; S3: 2.8 x 4.0 x 10.0 m; S4: 2.8 x 7.0 m); *T. grandiflorum* y *Musa AAB*: 4.0 x 5.0 m para los sistemas S1, S2 y S3]. Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente (Prueba LSD; $p \geq 0.05$). Las barras representan el error estándar de la media

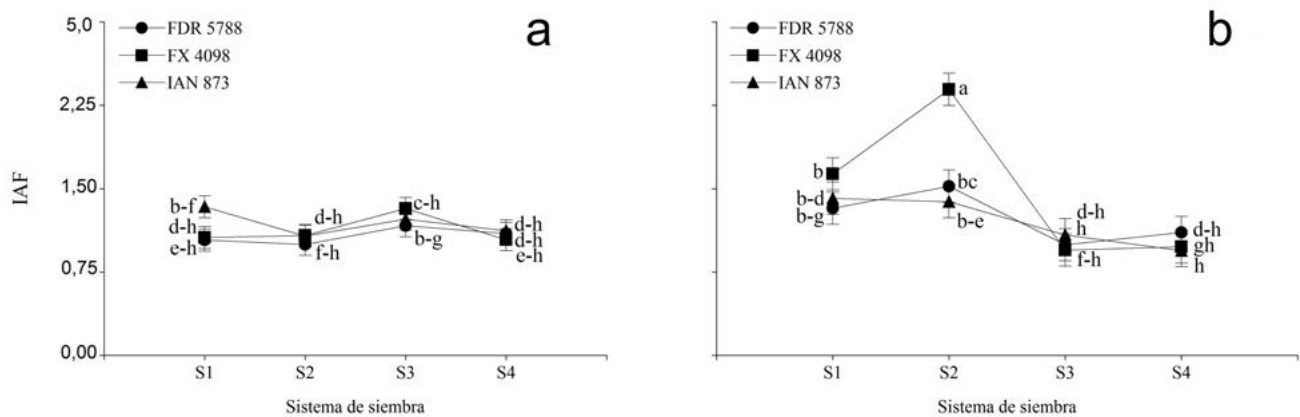


Figura 4. Media del índice de área foliar (IAF) de árboles de caucho (*Hevea brasiliensis*) para tres clones establecidos en cuatro sistemas de siembra con copoazú (*Theobroma grandiflorum*) y plátano Hartón (*Musa AAB*) en dos localidades de Caquetá (Colombia). Sistemas de siembra [*H. brasiliensis* (S1: 2.5 x 3.0 x 14.0 m; S2: 2.5 x 3.0 x 13.0 m; S3: 2.8 x 4.0 x 10.0 m; S4: 2.8 x 7.0 m); *T. grandiflorum* y *Musa AAB*: 4.0 x 5.0 m para los sistemas S1, S2 y S3]. **a.** Municipio de Albania, **b.** Municipio de San Vicente del Caguán. Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente (Prueba LSD; $p \geq 0.05$). Las barras representan el error estándar de la media.

Altura total

Luego del segundo año del establecimiento del cultivo del caucho, las mayores medias de AT se presentaron en el municipio de San Vicente del Caguán, en los sistemas de siembra S2 y S1 y en el clon FX 4098 (Tabla 4).

Del mismo modo, al cabo del año 2, en ambas localidades la mayor AT se registró en el clon FX 4098, con medias de 4.12 y 4.73 m para Albania y San Vicente del Caguán, respectivamente (Figuras 1a y b). Asimismo, el clon FX 4098 presentó el mayor incremento en la media de AT entre los años 1 y 2 posteriores al establecimiento, cuyo valor calculado fue de 2.33 m en el Albania y 3.29 m en San Vicente del Caguán. Se observó además en la localidad de Albania una media de AT significativamente superior en el clon testigo IAN 873 respecto al clon FDR 5788 (Figura 1a).

Circunferencia del tronco – Vigor

Del mismo modo que con la AT, luego del segundo año del establecimiento, las mayores medias

de CT se presentaron en San Vicente del Caguán, en los sistemas S2 y S1 y en el clon FX 4098 (Tabla 4).

Asimismo, en ambas localidades, el clon más vigoroso fue el FX 4098, con una CT media de 12.21 cm en Albania y 13.81 cm en San Vicente del Caguán, en el segundo año del establecimiento (Figura 2). Del mismo modo, el clon FX 4098 en San Vicente del Caguán aumentó 2.5 veces el crecimiento circunferencial del tronco entre los años 1 y 2 posteriores al establecimiento (Figura 2b). Adicionalmente, en la localidad de Albania el clon testigo IAN 873 presentó un vigor significativamente superior (9.49 cm de circunferencia) al observado en el clon FDR 5788, en el año 2 del establecimiento (Figura 1a).

En relación con los sistemas de siembra e independiente de la localidad en las que estos se implementaron, los sistemas agroforestales S1 y S2 fueron los más favorables para el cultivo del caucho (Tabla 4 y Figura 1c). En este sentido, luego del segundo año del establecimiento, las mayores medias de CT se presentaron en los sistemas S1 (11.56 cm) y S2 (11.43 cm).

Área de copa

Al cabo del segundo año del establecimiento del cultivo del caucho, los valores medios máximos de AC se presentaron en la localidad de San Vicente del Caguán (Figura 3a), en los sistemas agroforestales S2 y S1 (Figura 3b) y en el clon FX 4098 (Figura 3c). El clon FX 4098 presentó además el mayor cambio en el área de copa (4.42 m²) entre los dos años de evaluación (Tabla 4).

Del mismo modo, los tres sistemas agroforestales y los dos clones promisorios de caucho fueron significativamente superiores al testigo monocultivo (S4) y al clon comercial IAN 873, respectivamente (ambos, $p < 0.05$), en el año 2 posterior al establecimiento del cultivo del caucho (Figuras 3b y c).

Índice de área foliar

Luego del segundo año del establecimiento del cultivo del caucho, las mayores medias de IAF se comportaron igual que lo descrito en las variables AT, CT y AC (Tabla 4).

El análisis de la interacción localidad x clon no mostró diferencias significativas en la media de IAF en los tres clones de caucho para los cuatro sistemas de siembra evaluados en la localidad de Albania (Figura 4a), contrario a lo registrado en San Vicente del Caguán, en donde se observaron diferencias entre clones en al menos uno de los cuatro sistemas de siembra (Figura 4b). Se encontró además que todas las medias de IAF fueron superiores a la unidad, en donde los clones IAN 873 y FX 4098 presentaron para los sistemas de siembra S1 y S3, respectivamente, una media de IAF ≥ 1.3 .

El mayor valor medio de IAF (2.39) se presentó en el clon FX 4098 establecido en el sistema agroforestal S2 en la localidad de San Vicente del Caguán (Figura 4b). En contraste, en este mismo municipio se observó la menor media de IAF (0.94) en el clon testigo IAN 873 en el sistema de siembra en monocultivo (S4).

DISCUSIÓN

El uso de clones de *H. brasiliensis* con desempeño sobresaliente (Gonçalves et al., 1997) y la implementación de sistemas agroforestales (Pereira et al., 1997; Rodrigo et al., 2001, 2004) constituyen dos de las estrategias más prometedoras en el aprovechamiento temprano del potencial productivo del cultivo de caucho (Righi & Bernardes, 2008; Snoeck et al., 2013).

Los resultados de este estudio confirman lo enunciado anteriormente, dado que la variación temporal, el tipo de clon y el sistema de siembra fueron los factores que más influyeron en los cuatro índices de crecimiento. Al respecto, Rodrigo et al. (2001, 2004) y Snoeck et al. (2013) afirman que los asociados de materiales sobresalientes de caucho con diversas especies vegetales pueden favorecer en un 50% el desarrollo y el crecimiento de los árboles de caucho en comparación con el monocultivo.

De acuerdo con lo anterior, en la presente investigación se evidenciaron índices de crecimiento de *H. brasiliensis* superiores, especialmente en el clon promisorio FX 4098 respecto al testigo IAN 873, similar a lo informado por Vélez-Sánchez & Nieto-Rodríguez (2013), quienes reportaron en la Orinoquia colombiana la menor altura y vigor en el IAN 873. Asimismo, en el presente estudio, los sistemas agroforestales S2 y S1 (Tabla 3) resultaron más favorables para los diferentes parámetros de crecimiento en comparación con el sistema tradicional de siembra S4 (monocultivo).

Según Pereira (2007) la altura de los árboles y la circunferencia del tronco son dos índices de crecimiento muy importantes en la valoración del desempeño de *H. brasiliensis* en la etapa improductiva del cultivo.

Vasconcellos y Abreu (1983) afirman que aunque la altura es un parámetro secundario en la evaluación del crecimiento, se debería considerar la selección de plantas de menor porte, debido a que la reducción en la altura ejerce un efecto

apreciable sobre la producción en plantas jóvenes. Sin embargo, lo anterior resulta contradictorio en plantaciones en crecimiento, debido a que la altura está fuertemente correlacionada con la circunferencia del tronco (Gonçalves *et al.*, 1984), lo que también se evidenció en el presente estudio ($r = 0.94$).

En consecuencia, se puede afirmar que en el crecimiento temprano del cultivo, valores superiores en altura y circunferencia del tronco implicarán una reducción en el ciclo de desarrollo antes de iniciar la etapa productiva, en la que finalmente la estabilización de la altura y el incremento en el vigor aumentan la probabilidad de obtener mejores índices de producción de látex (Gonçalves *et al.*, 2001).

En el presente estudio, los valores medios de altura total (AT) (4.12 y 4.73 m) en el clon FX 4098 fueron superiores a los informados por Gonçalves & Rossetti (1982), quienes encontraron alturas que oscilaron entre 2.31 y 2.93 m en plantaciones con dos años de edad establecidas en Manaus (Brasil). En esta investigación, aunque los tres clones de caucho presentaron alturas iniciales muy similares (Tabla 2), el crecimiento observado en el clon FX 4098 en los dos años de seguimiento fue superior a sus homólogos, lo que indica que este material posee una mayor tasa de crecimiento altitudinal, similar a lo reportado en condiciones de jardín clonal por Sterling & Correa (2010) y en campo clonal a gran escala por Sterling *et al.* (2012).

Del mismo modo, los estudios de Macedo *et al.* (2006) y Sterling & Correa (2010) registraron rangos de altura de 1.35 a 2.15 m y 2.2 a 3.8 m, respectivamente, inferiores a lo informado en el presente estudio. Esto confirma la superioridad en altura de los materiales evaluados en esta investigación, dadas las condiciones específicas de siembra, en las que los arreglos agroforestales fueron más favorables que el testigo monocultivo.

Gonçalves *et al.* (1994) reportaron en diferentes zonas de Brasil crecimientos que oscilaron entre 0.96 y 1.98 m, en donde fue evidente el efecto de la localidad. No obstante, en el presente estudio

no hubo un efecto significativo de la localidad, por lo que la mayor influencia fue atribuida a otros factores como el clon de caucho o el sistema de siembra.

En relación con la circunferencia del tronco (CT), Narayanan *et al.* (1974) afirman que este parámetro indicador del vigor de los árboles es el más importante en el desempeño de *H. brasiliensis*, debido a que está directamente relacionado con el grado de madurez de la plantación, lo que determina el inicio de la sangría. Este proceso inicia comercialmente una vez los árboles alcanzan una circunferencia mínima de 45 cm a 1.20 m por encima del suelo (Bernardes *et al.*, 1988; Pereira *et al.*, 2001).

Según Gonçalves *et al.* (2001), los genotipos más vigorosos son más deseados, debido a que alcanzarán más rápidamente el período de sangría y permitirán la explotación y recuperación económica temprana.

Para este estudio, al cabo de 2 años del establecimiento, los valores medios de CT (≥ 8.40 cm) fueron similares a los reportados por Gonçalves *et al.* (2006) y Pereira (2007) en clones de origen sudamericano y asiático evaluados en zonas de baja presión por limitantes fitosanitarios. En contraste, Oliveira & Cruz (2007) encontraron en zonas de alta presión a limitantes fitosanitarios, los mayores crecimientos circunferenciales en los clones de la serie FDR, seguidos por la serie FX, resultados que difieren con lo encontrado en este estudio, en donde el clon FX 4098 fue el más vigoroso (13.01 cm) respecto a los clones IAN 873 y FDR 5788, quienes no presentaron diferencias significativas en las medias de CT.

Por otro lado, los valores medios de CT reportados en esta investigación, fueron similares a los registrados por Sterling *et al.* (2012), quienes encontraron mayores crecimientos de CT en el clon FX 4098, que fue el más vigoroso, seguido por el FDR 5788. No obstante, estos resultados difieren de Mattos *et al.* (2007) y Sterling & Correa (2010), quienes observaron el mayor vigor en los clones de la serie CDC y FDR.

Lo anterior evidencia cómo la variación clonal influye directamente en la expresión de los caracteres fenotípicos de *H. brasiliensis* (Gonçalves *et al.*, 2006; Sterling *et al.*, 2012; Vélez-Sánchez & Nieto-Rodríguez, 2013); según Vinod *et al.* (1996), tales caracteres no solo responden a la naturaleza genética de los árboles, sino también a las variaciones ambientales del sitio en donde se establecieron, afirmación que contrasta con el presente estudio, en donde no se encontraron diferencias significativas en la CT entre los municipios de Albania y San Vicente del Caguán.

Por otro lado, el análisis de los índices de crecimiento asociadas al dosel de los árboles de caucho (AC e IAF) permitió confirmar que los materiales que presentaron mayor altura (AT) y vigor (CT), en general, exhibieron copas más desarrolladas y con mayor área foliar. Lo anterior coincide con Carmo *et al.* (2002), Macedo *et al.* (2002) y Da Costa (2012), quienes afirman que clones de caucho con mayor altura debían tener una mayor área de copa y por ende una mayor eficiencia fotosintética.

En el presente estudio, el clon FX 4098 fue el de mayor altura y vigor, y, por tanto, el material que presentó los mayores índices de crecimiento asociados al dosel (AC = 4.61 m² y IAF = 2.39), principalmente en los sistemas de siembra agroforestales S2 y S1, que correspondieron a los sistemas con mayor distanciamiento (Tabla 3). Sin embargo, lo anterior difiere de Scolforo (1998), quien afirma que en muchas especies forestales los sistemas caracterizados por altas densidades de siembra conllevan a menores alturas, las cuales se relacionan con copas más desarrolladas, debido a la mayor competencia por la luz, lo que estimula en el árbol un mayor crecimiento de la superficie foliar para mejorar el proceso de captación lumínica.

Según Waring *et al.* (1996), el IAF es un indicador importante de la productividad y del crecimiento del tronco de los árboles. En este sentido, los valores medios de IAF reportados en la presente investigación para el clon FX 4098 resultaron superiores a los observados en el clon testigo IAN 873, lo que permite presumir un alto potencial

productivo en el clon FX 4098, y por tanto un desempeño superior en la etapa productiva del cultivo.

Gonçalves y Marques (2008) afirman que muchos de los caracteres anatómicos relacionados con el crecimiento de los clones de caucho están determinados por las condiciones ambientales del sitio en donde se establecieron. En el presente estudio, independiente del clon utilizado, la interacción localidad x sistema tuvo un efecto significativo sobre el IAF, lo cual confirma la influencia de las condiciones ambientales y del modelo de siembra en el desarrollo del dosel del cultivo del caucho, situación que fue favorecida especialmente en la localidad de San Vicente del Caguán, donde se observaron los mayores valores medios de IAF y AC.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio permiten concluir que el crecimiento inicial de los clones de caucho (*H. brasiliensis*) FX 4098, FDR 5788 y IAN 873 en asocio con copoazú (*T. grandiflorum*) y plátano Hartón (*Musa* AAB) no está influenciado por el sistema de siembra ni por el sitio de establecimiento, excepto para el índice de área foliar. Sin embargo, independiente del clon utilizado, el sistema de siembra con *T. grandiflorum* y *Musa* AAB, así como la variación espacial poseen un efecto muy significativo sobre los principales parámetros de crecimiento (circunferencia del tronco y área de copa) en los dos primeros años del establecimiento del cultivo de *H. brasiliensis*.

Luego del segundo año del establecimiento del cultivo de *H. brasiliensis*, el clon promisorio FX 4098 y dos de los tres sistemas agroforestales (S2 y S1) con *T. grandiflorum* y *Musa* AAB mostraron medias superiores en altura total, circunferencia del tronco, área de copa e índice de área foliar, en comparación con el clon testigo IAN 873 y con el sistema de siembra tradicional (testigo monocultivo) en condiciones de la Amazonia colombiana.

Este estudio es el primero en el que se analizan desde un enfoque agroforestal los cambios producidos en los principales parámetros de crecimiento de los clones promisorios de *H. brasiliensis* FX 4098 y FDR 5788 en asocio con *T. grandiflorum* y *Musa* AAB en condiciones del trópico amazónico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al proyecto “Evaluación de clones promisorios de caucho natural (*Hevea brasiliensis*) para la Amazonia colombiana bajo sistema agroforestal con copoazú (*Theobroma grandiflorum*) y plátano Hartón (*Musa* AAB) en el departamento de Caquetá”, Contrato RC No. 628–2011, Fiduciaria Bogotá – Colciencias – Sinchi, por el soporte económico a la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvin, R., Virgens Filho, A. de C & Araújo, A. C.** (1989). Agrossilvicultura como ciência de ganhar dinheiro com a terra: recuperação e remuneração antecipadas de capital no estavelecimento de culturas arbóreas. Ilhéus: CEPLAC. Boletim Técnico, 161, 136 p.
- Asociación de Reforestadores y Cultivadores de Caucho del Caquetá (Asoheca).** (2014). Información estadística de caucho en el Departamento del Caquetá (Colombia) a diciembre de 2013. Documento interno de Agronegocios. Ismael Dussán (editor). 2 p.
- Barrera, J., Orjuela, N., Melgarejo, L. M., Caicedo, D., Hernández, M. S., & Vargas, G.** (2009). Interacciones planta-ambiente en modelos de producción con arazá (*Eugenia stipitata*) y copoazú (*Theobroma grandiflorum*). En Hernández, M. y Barrera, A. (comps.) Frutas amazónicas: competitividad e innovación (pp. 35-62). Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas–Sinchi. 102 p.
- Bernardes, M. S., Castro, P. R., & Furtado, E. L.** (1988). Sistemas de sangría da seringueira. Piracicaba: Rhodia. 24 p.
- Carmo, C. A. F. S., Carvalho, F. A., Naime, U. J., Melo, A. da S., & Meneguelli, N. Do A.** (2002). Avaliação do clones de seringueira implantados em solos sob cerrado–Minas Gerais. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 7, 17 p.
- Carver, T. L. W., & Griffiths, E.** (1981). Relationship between powdery mildew infection, green leaf area and grain yield of barley. Annals of Applied Biology, 99, 255–266.
- Castellanos, D. O., Fonseca, R. S., & Barón, N. M.** (2009). Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de caucho natural y su industria en Colombia. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural/Universidad Nacional de Colombia. 209 p.
- Compagnon, P.** (1998). El caucho natural, biología–cultivo–producción. México D.F.: Consejo Mexicano del Hule–CIRAD. 701 p.
- Chen, J. M., Rich, P. M., Gower, S. T., Norman, J. M., & Plummer, S.** (1997). Leaf area index of boreal forests: theory, techniques and measurements. Journal of Geophysical Research, 102, 429-443.
- Da Costa, M. I.** (2012). Dinámica de crecimiento de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* (Willd. Ex. A. Jussieu. Muell. Arg.) na Região Noreste de Minas Gerais. Dissertação de mestrado. Universidad Federal de Lavras. 60 p.
- Di Rienzo, J. A., Macchiavelli, R. E., & Casanoves, F.** (2011). Modelos lineales mixtos: aplicaciones en InfoStat (1ª edición). Córdoba: Grupo Infostat. 248 p.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W.** InfoStat versión (2013). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Recuperado de <http://www.infostat.com.ar>.
- Fournier, C., & Andrieu, B.** (1999). ADEL-maize: an L-system based model for the integration of growth processes from the organ to the canopy: application to regulation of morphogenesis by light availability. Agronomie, 19(3/4), 313-327.
- Gardner, F. P., Pearce, R. B., & Mitchell, R. L.** (1985). Physiology of crop plants. Iowa: Blackwell Publishing Company. 658 p.

- Gonçalves, P de S., & Rossetti, A. G.** (1982). Resultados preliminares do comportamento de clones de seringueira em Manaus. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 17(1), 99-102.
- Gonçalves, P de S., Rossetti, A. G., Valois, A. C. C., & Viegas, I. J.** (1984). Estimativas de correlações genéticas e fenotípicas de alguns caracteres quantitativos em clones jovens de seringueira. *Revista Brasileira de Genética*, 7(1), 95-107.
- Gonçalves, P. de S., Cardoso, M. C. M., Furtado, E. L., & Tanzini, M. R.** (1994). Desempenho de Novos Clones de Seringueira da Série IAC: II. Seleções Promissoras Para a Região do Planalto do Estado de São Paulo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 29(8), 1215-1224.
- Gonçalves, P. S., Ortolani, A. A., & Cardoso, M.** (1997). Melhoramento Genético da seringueira: uma revisão. Campinas: Instituto Agronômico. 55 p.
- Gonçalves, P de S., Bataglia, O. C., Ortolani, A. A., & Fonseca, F da S.** (2001). Manual de Heveicultura para o Estado de São Paulo, Série Tecnologia APTA. Campinas: Instituto Agronômico (IAC). 78 p.
- Gonçalves, P. S., Silva, M. A., Gouvêa, L. R. L., & Scaloppi-Junior, E. J.** (2006). Genetic variability for girth growth and rubber yield characters in *Hevea brasiliensis*. *Scientia Agricola*, 63, 246-254.
- Gonçalves, P. S., & Marques, J. R. B.** (2008). Clones de seringueira: Influência dos fatores ambientais na produção e recomendação para o plantio. En Alvarenga, A. P.; Carmo, C. A. F. S. (Coord.). *Seringueira* (pp. 179-248). Viçosa: EPAMIG.
- Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas–Sinchi.** (2014). Estación meteorológica en el Departamento del Caquetá. EM 23206. Febrero de 2013 – mayo de 2014.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).** (1993). Aspectos ambientales para el ordenamiento territorial del occidente del Departamento del Caquetá. Bogotá. 673 p.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).** (2010). Caquetá, características geográficas. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia. 373 p.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).** (2014). Sistema de Información Nacional Ambiental. Estación No. 44045010 (enero de 2000–mayo de 2014). San José del Fragua, Caquetá, Colombia.
- International Rubber Study Group, Si (IRSG).** (2013). Rubber Statistical Bulletin. Recuperado de <http://www.rubberstudy.com/statistics.aspx>.
- Junior, E. J. S., Gonçalves, P. S., Aguiar, A. T. E., & Arantes, F. C.** (2007). Seleção de progênies de seringueira a partir de caracteres de produção e vigor. En: Memórias I Congresso Brasileiro de Heveicultura. Borracha Natural. Guaraparí: Incaper. 2 p.
- Macedo, R., Kamel, T., Venturin, N., & Gomes, J.** (2002). Introdução de clones de seringueira no noroeste do estado de minas gerais. *CERNE*, 8(1), 124-133.
- Macedo, R., Venturim, N., Pereira, A., Morais, V., Gomes, J., & Junior, M.** (2006). Dinâmica de crescimento de seringueira e produção de cafeeiros em sistemas agroflorestais Implantados em lavras – Minas Gerais. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*, 6 (7), 1-11.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural–(MADR)–Agronet (Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario, CO).** (2013). Presentación Subsector Heveícola Colombiano Diciembre 2013.
- Marshall, J. D., & Waring, R. H.** (1986). Comparison of methods of estimating leaf area index in old-growth douglas fir. *Ecology*, 67, 975-979.
- Mattos, C. R. R., García, D., Le Guen, V., & Guyot, J.** (2007). Seleção de clones de seringueira com alta produção e resistentes ao mal-das-folhas. Consultado 07 may. 2010. Recuperado de <http://www.ceplac.gov.br/radar/Artigos/artigo2.htm>.
- Melgarejo, L. M., Hernández, M. S., Barrera, J. A., & Carrillo, M.** (2006). Oferta y potencialidades de un banco de germoplasma del genero *Theobroma* en el enriquecimiento de los sistemas productivos de la región amazónica. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas–Sinchi. 224 p.
- Narayanan, R., Ho, C. Y., & Chen, K. T.** (1974). Clonal nursery studies in *Hevea*. III. Correlations between yield, structural characters, latex constituents and plugging index. *Rubber Research Institute of Malaysia Journal*, 24(1), 1-14.

- Oliveira, A. B., & Cruz, B. R.** (2007). Competição de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis*) em condições de restrições à ocorrência do mal-das-folhas (*Microcyclus ulei*) no estado do rio de janeiro En Memórias I Congresso Brasileiro de Heveicultura. Borracha Natural. Guaraparí: Incaper/Cedagro. 2 p.
- Pereira, A. V., Pereira, E. B. C., Fialho, J. F., Junqueira, N. T. V.** (1997). Seringueira em sistemas agroflorestais. Planaltina: Embrapa – CPAC. 45 p.
- Pereira, A. V., Pereira, A. B. C., & Benesi, J. F. C.** (2001). Desempenho de clones de seringueira sob diferentes sistemas de sangria. Boletim de Pesquisa e desenvolvimento 16, 1-19. Planaltina: Embrapa.
- Pereira, A. V.** (2007). Desenvolvimento de novos clones de seringueira. En Memórias I Congresso Brasileiro de Heveicultura. Borracha Natural. Guaraparí: Incaper. 32 p.
- Pinheiro, J., Bates, D., Saikat, D., Deepayan, S., & R Development Core Team.** (2013). nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3, 1-109.
- Priyadarsham, P., & Gonçalves, P. S.** (2003). *Hevea* gene pool. For breeding. Genetic resources and Crop Evolution, 50, 101-114.
- Righi, C. A., & Bernardes, M. S.** (2008). The potential for increasing rubber production by matching tapping intensity to leaf area index. Agroforestry Systems, 72(1), 1-13.
- Rivano, F., Martínez, M., Cevallos, V., & Cilas, C.** (2010). Assessing resistance of rubber tree clones to *Microcyclus ulei* in large-scale clone trials in Ecuador: a less time-consuming field method. European Journal of Plant Pathology, 126, 541-552.
- Rodrigo, V. H. L., Stirling, C. M., Teklehaimanot, Z., & Nugawela, A.** (2001). Intercropping with banana to improve fractional interception and radiation-use efficiency of immature rubber plantations. Field Crops Research, 69, 237-249.
- Rodrigo, V. H. L., Silva, T. U. K., Munasinghe, E. S.** (2004). Improving the spatial arrangement of planting rubber (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) for long-term intercropping. Field Crops Research, 89(3), 327-335.
- R Core Team.** (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Recuperado de <http://www.R-project.org/>
- Scolforo, J. R. S.** (1998). Manejo Florestal. Lavras: UFLA/FAEPE. 438 p.
- Snoeck, D., Lacote, R., Kéli, J., Doumbia, A., Chapuset, T., Jagoret, P., & Gohef, E.** (2013). Association of *Hevea* with other tree crops can be more profitable than *Hevea* monocrop during first 12 years. Industrial Crops and Products, 43, 578-586.
- Sterling, C. A., Rodríguez, A. O. L., & Correa, D. J.** (2009). Evaluación fitosanitaria y resistencia en campo a *Microcyclus ulei* de *Hevea brasiliensis* en la Amazonia colombiana. Revista Colombia Amazónica, 2, 79-90.
- Sterling, A., & Correa, J.** (2010). Desempeño de una colección clonal de caucho en periodo de inmadurez en la Amazonia colombiana. Ingenierías & Amazonía, 3(1), 16-27.
- Sterling, A., Galindo, L. C., & Correa, J.** (2010). Incidencia y severidad de *Microcyclus ulei* en una colección de caucho en la Amazonia colombiana. Ingenierías & Amazonía, 3(2), 93-104.
- Sterling, C. A., & Rodríguez, L. C. H.** (2011). Nuevos clones de caucho natural para la Amazonia Colombiana: Énfasis en la resistencia al mal suramericano de las hojas (*Microcyclus ulei*). Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – Sinchi. 195 p.
- Sterling, C. A., & Rodríguez, L. C. H.** (2012). Ampliación de la base genética de caucho de caucho natural con proyección para la amazonia colombiana: fase de evaluación en periodo improductivo a gran escala. Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas–Sinchi. 147 p.
- Sterling, C. A., Rodríguez, L. C. H., Dussán, H. I., Castillo, O. J. O., Ruiz, T. P. N., & Jara, J. L. Y.** (2012). Desempeño de diez clones de caucho natural en campo clonal a gran escala en condiciones de la amazonia colombiana. Revista Colombia Amazónica, 5, 161-175.
- Sterling, C. A., Caicedo, R. D. F., Rodríguez, L. C. H., Ruiz, T. P.N., Salas, T. Y. M., & Nieto, G. M. N.** (2013). Variabilidad morfoagronómica de 50

materiales promisorios de tres especies de *Theobroma* (Malvaceae) en condiciones de la amazonia colombiana. *Revista Colombia Amazónica*, 6, 123-145.

Secretaría Técnica Nacional del Caucho (STN). (2013). Ministerio de Agricultura – Presentación Subsector Heveícola Colombiano Diciembre 2013.

Vasconcellos, M. E. C., & Abreu, C. P. (1983). Emprego do coeficiente de caminhamento em clones de seringueira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 18(7), 779-787.

Vélez, S. D. F., & Nieto, R. V. M. (2013). Desempeño inicial de clones de caucho en el municipio de

Puerto Carreño, Vichada, Colombia. *Colombia Forestal*, 16(2), 186-199.

Vinod, K. K., Meenattoor, J. R., Pothen, J., Krishnakumar, A. K., & Sethurai, M. R. (1996). Performance analysis for wintering pattern in *Hevea brasiliensis* clones. *Indian Journal of Natural Rubber Research*, 1, 44-47.

Waring, R. H., Thies, W. G., & Muscato, D. (1996). Stem Growth per Unit of Leaf Area: A Measure of Tree Vigor. *Forest Sei*, 26(1), 112-117.

Wilhem, W. W., Ruwe, K., Schlemmer, M. (2000). Comparison of three leaf area index meters in a crop canopy. *Crop Science*, 40, 1179-1183.



