

# International Journal of Biological and Natural Sciences

ISSN 2764-1813

vol. 5, n. 5, 2025

## ... ARTICLE 2

Acceptance date: 15/12/2025

### **ESTABLECIMIENTO Y CRECIMIENTO INICIAL EN CAMPO DE PLANTAS DE *Hevea brasiliensis* Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg., PRODUCIDAS EN CONTENEDOR**

**Olga Santiago Trinidad**

Investigadores, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-CIRGOC-Campo Experimental El Palmar.

**Edgar Hernández Máximo**

Investigadores, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-CIRGOC-Campo Experimental El Palmar.



All content published in this journal is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

**Resumen:** La supervivencia y el establecimiento de las plantas en campo están condicionadas por las características fisiológicas y morfológicas de la especie en combinación con los factores ambientales. En este trabajo se evaluó la supervivencia y el crecimiento de las plantas de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. que fueron producidas en vivero bajo once tratamientos formados por cinco mezclas de sustratos, dos tamaños de contenedor y un testigo. El experimento se estableció en campo con un diseño experimental de bloques completos al azar con cinco repeticiones. Las variables evaluadas fueron supervivencia, crecimiento en altura y diámetro, así como la tasa relativa de crecimiento para esas dos variables después de 17 meses en campo. Los resultados del análisis de varianza en el tiempo mostraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en todos los tratamientos. Las plantas producidas en la mezcla formada por de fibra de coco, vermiculita y de agrolita en proporción 5:3:2 en contenedor de 1 L, presentaron el mayor porcentaje de supervivencia a los 17 meses después de establecidas en campo. Las plantas producidas en el contenedor de 2 L, en combinación con la mezcla formada por 25 % de cachaza y 75 % de cascarilla de café composteadas presentaron el mayor crecimiento en altura y diámetro. Con respecto a la tasa relativa de crecimiento en altura los tratamientos formados por compostas en diferentes porcentajes presentaron la mejor eficiencia en crecimiento, mientras que la mezcla formada con 50 % de turba y la formada con 75 % de cachaza presentaron los mayores valores para el diámetro.

**Palabras clave:** crecimiento, compostas, *Hevea brasiliensis*, supervivencia, fibra de coco.

## INTRODUCCIÓN

El árbol del hule, *Hevea brasiliensis* Müll.Arg. es la principal especie arbórea que se cultiva comercialmente para la industria del hule ya que suministra más del 99 % del consumo mundial de hule natural (De Burger *et al.*, 1995). Se utiliza para la producción de más de 40,000 productos, incluyendo 400 dispositivos médicos (Mooibroek y Cornish, 2000), pero la mayor demanda es de la industria llantera. La calidad de los materiales es la columna vertebral de cualquier cultivo de plantación. Esto es más pertinente en el hule teniendo en cuenta su largo período pre-productivo (5 a 9 años) y la vida económica productiva. Por eso en el cultivo del hule se establecen materiales de alto rendimiento injertadas de acuerdo a la zona de plantación, que ofrezcan los mejores rendimientos y que reduzcan el tiempo de preproducción (Priyadarshan *et al.*, 2009; Ribeiro y Cassia, 2002).

El hule en México es uno de los cultivos con gran potencial, ya que reúne todos los requisitos para desarrollarse sustentablemente en lo ambiental, social y económico. Permite la recuperación de suelos con diferentes niveles de degradación. El cultivo requiere de una gran cantidad de mano de obra y es accesible al pequeño productor, en sistemas de bajo costo en sistemas agroforestales. Sin embargo, aún es incipiente la información sobre el comportamiento de la especie bajo diferentes formas de producción, tamaños de contenedor, sustratos y en general estándares de calidad de planta. El conocimiento del desempeño de la especie tanto en vivero como en plantación, permitirá establecer plantaciones con mayor tasa de supervivencia, mejor desempeño y rendimiento, mejorando la rentabilidad del cultivo y fomentando el establecimiento de

las plantaciones. En ese sentido, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el crecimiento y supervivencia en plantación de las plantas injertadas de *H. brasiliensis* producidas en 11 tratamientos de sustratos en vivero. El trabajo es la continuación del experimento descrito en el Capítulo II de esta tesis.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en el Campo Experimental “El Palmar” del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en el municipio de Tezonapa, Ver., localizado en el kilómetro 16 de la carretera municipal Tezonapa-Palmar (18° 31' 13" N y 96° 47' 40" O, 180 m de altitud). La temperatura media anual de la región es de 24°C. En el periodo que va de 2009 a 2014 se registró una precipitación de 11,390 mm, equivalente a 1,898 mm anuales, en la estación invernal se observó una precipitación promedio de 43 mm durante un periodo de cinco años (2009-2013) (INIFAP, 2015).

La planta que se utilizó en el experimento se produjo en dos tamaños de contenedor y cinco mezclas de sustratos, con un testigo en bolsa de plástico y tierra como sustrato. El terreno se preparó retirando las malezas con el pasó de una rastra para remover el suelo, posteriormente se realizó el trazado y balizado. Las plantas se establecieron bajo un diseño de marco real con una distancia de 6 m entre filas y 3 m entre plantas. Después de haber colocado las estacas se realizaron los hoyos para establecer las plantas, estos fueron de diferentes tamaños de acuerdo a cada tamaño de contenedor y bolsa. Esta actividad se llevó a cabo cinco días antes de establecer la plantación para dar oportunidad a que se ventilara la tierra.

## Establecimiento y diseño experimental

Las plantas se establecieron y se distribuyeron bajo un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones por tratamiento. En cada bloque se establecieron 10 plantas por cada tratamiento. Para evitar el efecto de orilla en el perímetro de todo el experimento se colocó una hilera de plantas (bordo). En el Cuadro 1 se describen los tratamientos bajo los cuales las plantas se produjeron en vivero y que se establecieron en campo.

## Variables evaluadas

Los muestreos se realizaron a los 4 y 7 meses, después los datos se tomaron cada dos meses hasta los 17 meses, ocho muestreos en total. Las variables evaluadas fueron: supervivencia, se contaron plantas vivas y muertas en cada tratamiento, codificando 0=muertas 1=vivas.

En los primeros nueve meses la altura se midió desde la base del tallo hasta el ápice de la planta, pero en los siguientes muestreos se midió hasta donde terminó la copa. El diámetro se midió con un vernier en la base del tallo. Las tasas relativas de crecimiento en altura y diámetro se determinaron con la fórmula

$$TRC = \frac{\ln(\text{Variable } 2) - \ln(\text{Variable } 1)}{\text{Tiempo } 2 - \text{Tiempo } 1}$$

## Análisis estadístico

El análisis de supervivencia se realizó mediante un modelo de regresión logística binaria, (Hosmer y Lemeshow, 2000), que permite evaluar el efecto de un conjunto de variables independientes o explicativas en

Tratamientos	Tamaño de contenedor	Sustratos			
		Turba (%)	Fibra de coco (%)	Vermiculita y agrolita (%)	Compostas de cachaza y cascarilla de café (%)
T1	1.5 L	50		30 + 20	
T2	1.5 L		50	30 + 20	
T3	1.5 L				75 + 25
T4	1.5 L				50 + 50
T5	1.5 L				25 + 75
T6	2.0 L	50		30 + 20	
T7	2.0 L		50	30 + 20	
T8	2.0 L				75 + 25
T9	2.0 L				50 + 50
T10	2.0 L				25 + 75
T11 (Testigo)	Bolsa de polietileno negro (5 L)			100 % tierra	

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos establecidos en campo

Tratamientos	Estimado	P-valor
Intercepto	-4.2455	0.0004
T1	0.1768	0.3200
T2	-1.8261	0.0001
T3	0.0090	0.9652
T4	1.1234	0.0001
T5	-0.8809	0.0002
T6	0.1451	0.4380
T7	0.4170	0.0392
T8	1.4089	0.0001
T9	0.4317	0.0165
T10	0.5065	0.0044
T11	0.4607	0.0714

Cuadro 2. Significancia de la supervivencia en plantación ( $p > 0.05$ ) de plantas de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg.

una variable de respuesta con distribución binomial.

$$P = \frac{1}{1 + e^{(a-bx)}}$$

Donde:

P = probabilidad de mortalidad, e = base del logaritmo natural (2.7182), a, b = parámetros del modelo, x = variable dependiente.

El análisis de varianza para el crecimiento se realizó con el modelo estadístico de medidas repetidas, mediante el Proc Mixed del programa estadístico SAS (Littell *et al.*, 1996).

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + T_j + \beta T_{ij} + t_k + T t_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Donde  $\mu$  es la media general,  $\beta_i$  es el efecto del bloque,  $T_j$  es el efecto de los tratamientos,  $t_k$  es el efecto del tiempo y  $\epsilon_{ijk}$  es el error experimental y las interacciones de los factores  $\beta T_{ij}$  y  $T t_{jk}$ .

Así también, mediante un análisis de varianza, se realizó una comparación entre tratamientos del último muestreo para determinar el mejor al final del experimento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Supervivencia

En el análisis de supervivencia de *H. brasiliensis* los tratamientos  $T_1$ ,  $T_3$  y  $T_6$ , no tuvieron efecto supervivencia, mientras que los ocho restantes presentaron algún efecto. Los valores estimados de los parámetros indican el aumento o disminución de la tasa de supervivencia con respecto a modelo (Cuadro 2).

Los resultados de la supervivencia muestran que en los primeros siete meses se concentró el mayor porcentaje de mortandad de las plantas. De acuerdo con las condiciones agroclimáticas de la zona, en marzo, abril y mayo, las lluvias disminuyen considerablemente (Inifap, 2015), y en esa etapa las plantas estaban en el proceso de adaptación al sitio (3 meses de edad), por lo que, la disminución de precipitaciones en el periodo de establecimiento es un componente de alto riesgo para la supervivencia (Alloza y Vallejo, 1999). Con excepción de los tratamientos 4 y 8, en los demás tratamientos a los 11 meses los porcentajes de supervivencia se mantuvieron estables, lo cual indica que una vez que las plantas han sobrevivido al periodo de estiaje y pasado la temporada de lluvias, los porcentajes de mortandad disminuyen considerablemente. Navarro *et al.* (2006) comenta que el periodo de establecimiento es variable, aunque generalmente se acepta que tiene una duración básica de dos años, con mayor importancia del primero. El  $T_2$  formado principalmente por fibra de coco presentó el mayor porcentaje de supervivencia (98 %), fue 36 % mayor que el  $T_8$  que con el menor porcentaje de plantas vivas (62 %). El  $T_5$  con 96 % de plantas vivas solo fue 2 % abajo del  $T_2$ . Los tratamientos  $T_7$ ,  $T_{11}$ ,  $T_6$ ,  $T_3$ ,  $T_1$ ,  $T_9$  y  $T_{10}$  estuvieron dentro del 80 y 90 % de supervivencia y los  $T_4$  y  $T_8$  presentaron los menores porcentajes con 71 y 62 % respectivamente. El testigo ( $T_{11}$ ) obtuvo 90 % de plantas vivas, 5 % por arriba del promedio general (85 %). El tratamiento  $T_1$  considerado como punto de comparación entre los tratamientos en contenedor su porcentaje (85 %) estuvo dentro del promedio (Figura 1).

## Crecimiento

Los resultados del análisis de varianza de medidas repetidas realizado para las ocho fechas de muestreo muestran diferencias significativas ( $p \leq 0.005$ ) en los factores evaluados. Para las variables altura, TRCALT y diámetro la significancia entre tratamientos y factores es evidente, no así para la TRCDIA (Cuadro 3).

La comparación de medias en las diferentes edades de las plantas muestra que al inicio de la plantación la altura del  $T_{11}$  fue 54 % mayor que las plantas del  $T_3$  con menor tamaño (mes 1). La tendencia de mayor altura de las plantas del  $T_{11}$  (testigo) se mantuvo hasta los 7 meses después las diferencias con los demás tratamientos disminuyeron en los siguientes meses. A los 9 meses de crecimiento todos los tratamientos estuvieron por arriba de 1.30 m de altura y los tratamientos 9, 10 y 11 presentaron los mayores crecimientos (todos 1.60 m), 16 % más altos que los tratamientos 3 y 8 (1.33 y 1.38 m). A los 11 meses de edad con excepción del  $T_3$ , en todos los tratamientos las plantas rebasaron los 2 m de altura, y los tratamientos 4, 9 y 10 obtuvieron el mayor crecimiento con 2.19, 2.24 y 2.23 m, respectivamente y el  $T_3$  presentó el menor crecimiento con 1.85 m. A los 13 meses no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos, sin embargo los tratamientos 1, 8, 9, 10 y 11 rebasaron los 2.50 m de altura. A los 15 meses el  $T_9$  alcanzó la mayor altura (3.02 m), plantas 21 % más altas que las del  $T_3$  (2.38 m). A los 17 meses después del establecimiento, las plantas del  $T_9$  presentaron la mayor altura (3.21 m) con 20 % más que el  $T_3$  que presentó el menor crecimiento (2.56 m), entre los demás tratamientos las diferencias no fueron evidentes (Cuadro 4).

A los 17 meses después del establecimiento de la plantación, el mayor crecimiento en altura se presentó en el  $T_9$  compuesto por 25 % de cachaza y 75 % cascarilla de café composteados con 3.21 m, seguido del  $T_{11}$  (testigo) con 3.09 m, pero éste no fue diferente de los tratamientos 1 (50 % turba) y 4 (50 % de compostas), con 3.01 y 3.03 m respectivamente (Cuadro 4). Estos crecimientos están 35 % por debajo de los reportados en Colombia con el mismo clon IAN-710, donde a los 12 meses alcanzaron una altura de 4.97 m (Vélez y Nieto, 2013). Diferentes autores coinciden en que aparte del manejo que se le da a la plantación, el crecimiento y rendimiento de los árboles de hule dependen del genotipo, condiciones climáticas y del suelo, principalmente la humedad, determinante para la absorción de nutrientes que se da en la capa superficial en la época de lluvias y en las capas más profundas en la temporada de escases de agua (Goncalves, 2001; Sanjeeva *et al.*, 1998). En general en el crecimiento de las plantas bajo los 11 tratamientos no se observa una tendencia específica por grupo de tratamientos, por el tamaño de contenedor o por las mezclas de sustratos composteadas y no composteadas (turba y fibra de coco).

La gráfica del crecimiento en altura muestra que los primeros 11 meses las plantas crecieron más rápido (60 cm en promedio), que en los 6 meses restantes donde el crecimiento fue de 28 cm en promedio para todos los tratamientos. Así también, se observa que los tratamientos 3 y 5 tuvieron un crecimiento menor a partir de los 9 y 11 meses respecto a los demás tratamientos (Figura 2)

# Supervivencia de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. en plantación

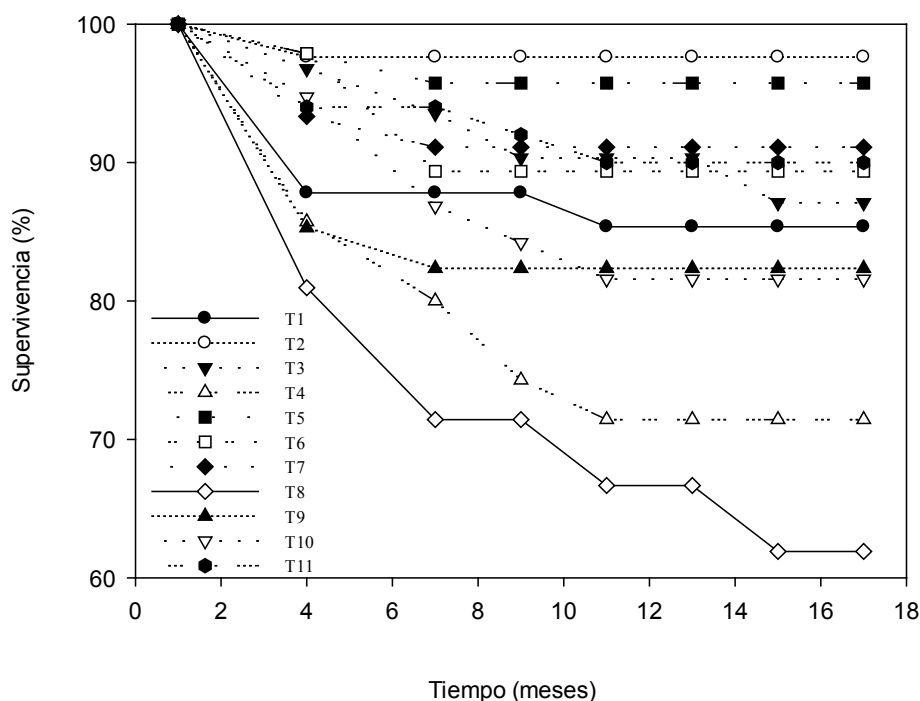


Figura 1. Porcentajes de supervivencia de plantas de *Hevea brasiliensis* en plantación

Factor	Altura		Diámetro	
	Altura	TR-CALT	Diámetro	TRCDIA
Tratamiento	0.0001	0.0001	0.0001	0.1696
Bloque	0.0001	0.0002	0.0001	0.1254
Tiempo	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Tratamiento*Bloque	0.0001	0.0001	0.0001	0.8592

TRCALT: tasa relativa de crecimiento en altura, TRCDIA: tasa relativa de crecimiento en diámetro.

Cuadro 3. Análisis de varianza de las variables de crecimiento de plantas de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg.

Trata- mientos	Mes 1		Mes 4		Mes 7		Mes 9		Mes 11		Mes 13		Mes 15		Mes 17	
T1	0.126	bcd	0.275	bc	0.910	abc	1.52	ab	2.16	ab	2.51	a	2.83	ab	3.01	ab
T2	0.128	bcd	0.314	bc	0.956	abc	1.48	ab	2.14	ab	2.46	a	2.77	ab	2.96	ab
T3	0.102	d	0.250	cd	0.769	d	1.33	b	1.85	b	2.08	a	2.38	ab	2.56	c
T4	0.116	cd	0.296	bc	0.932	abc	1.51	ab	2.19	a	2.50	a	2.79	ab	3.03	ab
T5	0.134	bcd	0.306	bc	0.906	abc	1.46	ab	2.02	ab	2.33	a	2.60	bc	2.79	bc
T6	0.136	bcd	0.272	bc	0.871	bcd	1.43	ab	2.05	ab	2.42	a	2.76	ab	2.94	ab
T7	0.136	bcd	0.330	ab	0.928	abc	1.47	ab	2.07	ab	2.49	a	2.79	ab	2.98	ab
T8	0.134	bcd	0.218	d	0.800	cd	1.35	b	2.06	ab	2.54	a	2.83	ab	2.96	ab
T9	0.152	b	0.340	ab	0.998	cd	1.61	a	2.24	a	2.68	a	3.02	a	3.21	a
T10	0.157	b	0.336	ab	0.983	ab	1.60	a	2.23	a	2.66	a	2.99	ab	3.17	ab
T11	0.224	a	0.394	ab	1.036	a	1.60	a	2.16	ab	2.57	a	2.92	ab	3.09	ab

Diferentes letras en la columna son estadísticamente diferentes ( $p\leq0.05$ ). La descripción de los tratamientos se presenta en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4. Resultados de la comparación de medias entre tratamientos

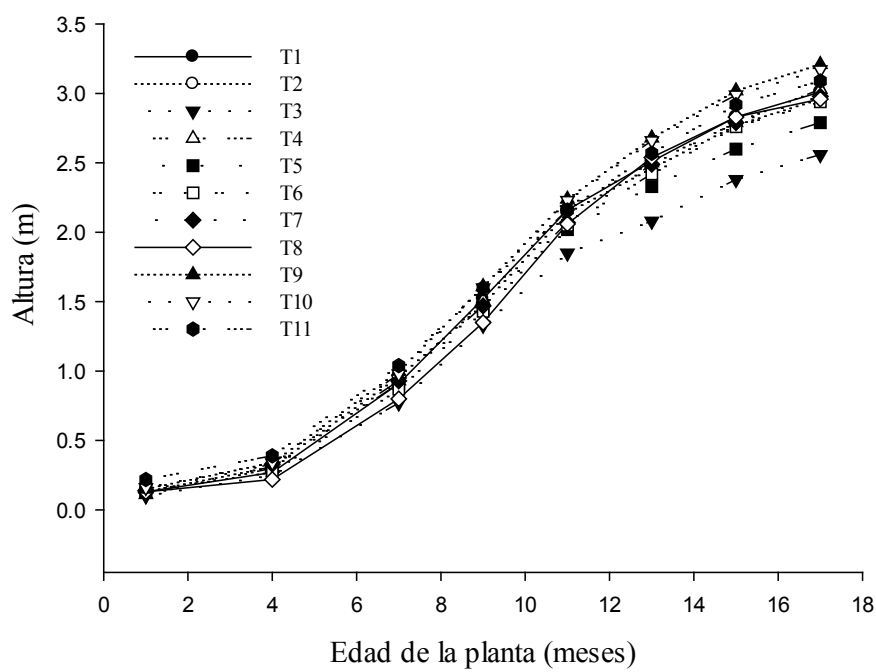


Figura 2. Crecimiento en altura de plantas de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. establecidas en campo.



## Diámetro

Los resultados del crecimiento en diámetro de las plantas de *H. brasiliensis*, indican que al inicio de la plantación el testigo presentó el mayor crecimiento en diámetro (0.57 cm), 20 % más que el T<sub>3</sub> con el menor valor (0.49 cm). El comportamiento de esta variable a los 4 meses indica que el T<sub>11</sub> continuó siendo el tratamiento con mayor crecimiento (0.86 cm), con 25 % y 24 % más diámetro que T<sub>8</sub> y T<sub>6</sub> (0.63 y 0.65 cm) que obtuvieron los crecimientos más bajos, en los demás tratamientos las diferencias no fueron evidentes. Los tratamientos 3 y 8 presentaron los menores crecimientos (1.14 y 1.15 cm), 7 meses después de establecidas las plantas en campo, en comparación con T<sub>9</sub>, T<sub>10</sub> y T<sub>11</sub> (1.33, 1.32 y 1.39 cm). Hacia los 9 meses de edad, las plantas de los tratamientos que mostraron mayor crecimiento fueron el T<sub>9</sub> (2.17 cm), T<sub>10</sub> (2.13 cm), T<sub>11</sub> (2.16 cm), y los tratamientos con menor diámetro fueron T<sub>3</sub> y T<sub>6</sub> con 1.78 y 1.94 cm, respectivamente. A los 11 meses de edad el T<sub>9</sub> continuó presentando el mayor crecimiento en diámetro (2.86 cm) con respecto a los demás tratamientos, fue 20 % mayor que el T<sub>3</sub> (2.27 cm) que continuó presentando los menores valores, entre los demás tratamientos todos estuvieron por arriba de 2.50 cm de diámetro. Trece meses después de establecida la plantación en casi todos los tratamientos las plantas rebasaron los 3.0 cm de diámetro con excepción de los tratamientos T<sub>3</sub> y T<sub>5</sub> (2.69 y 2.98 cm), los tratamientos 9, 10 y 11 presentaron los mayores valores. Esa misma tendencia se presentó a los 15 y 17 meses de edad de las plantas, los tratamientos 9, 10 y 11 continuaron presentando los mayores crecimientos, mientras que el T<sub>3</sub> presentó los menores valores.

Los tratamientos con menor porcentaje de cachaza y mayor porcentaje de cascarilla de café, en contenedores de 2 L (T<sub>9</sub> y T<sub>10</sub>), así como el testigo (bolsa de 5 L y tierra) fueron consistentes a lo largo del experimento con el mayor crecimiento en diámetro, mientras que el T<sub>3</sub> formado por el mayor porcentaje de cachaza y en contenedor de 1.5 L, presentó el menor crecimiento durante el tiempo de la evaluación del experimento (Cuadro 4.5). El crecimiento en diámetro a los 13 meses en todos los tratamientos fue menor al reportado por Vélez y Nieto (2013), para el clon IAN-710 evaluado en Colombia con 6.48 cm, así también Sterling y Correa (2010), reportaron para el mismo clon crecimientos que van de 8 a 12 cm en Caqueta, Colombia.

A partir de los 9 meses es evidente el crecimiento del T<sub>9</sub> sobresale hasta los 17 meses. Así también, el tratamiento 3 fue consistente desde los 7 meses presentando los menores valores de crecimiento en diámetro hasta el término de la evaluación del experimento (Figura 3). Los demás tratamientos en general siguen la misma tendencia de crecimiento.

## Tasa relativa de crecimiento

El análisis de varianza realizado a los 17 meses después del establecimiento de las plantas en campo indica diferencias significativas entre los factores evaluados para la tasa de crecimiento relativo en altura y diámetro pero no así en la interacción (Cuadro 4.6).

Trata- mientos	Mes 1		Mes 4		Mes 7		Mes 9		Mes 11		Mes 13		Mes 15		Mes 17	
T1	0.509	abc	0.735	bc	1.24	abcd	1.99	ab	2.52	bc	3.04	b	3.36	bc	3.78	ab
T2	0.514	abc	0.746	bc	1.29	abcd	2.00	ab	2.55	abc	3.08	b	3.38	bc	3.76	ab
T3	0.459	c	0.679	bc	1.14	d	1.78	b	2.27	bc	2.69	bc	3.01	bc	3.36	c
T4	0.489	bc	0.709	bc	1.26	abcd	2.03	ab	2.68	abc	3.26	ab	3.54	ab	3.86	ab
T5	0.509	abc	0.679	bc	1.23	abcd	1.96	ab	2.51	bc	2.98	bc	3.34	bc	3.62	bc
T6	0.505	abc	0.652	c	1.21	bcd	1.94	ab	2.55	bc	3.11	b	3.47	ab	3.80	ab
T7	0.542	ab	0.747	bc	1.31	abc	2.01	ab	2.60	ab	3.11	b	3.44	ab	3.80	ab
T8	0.477	bc	0.638	c	1.15	cd	1.95	ab	2.65	ab	3.29	ab	3.49	ab	3.76	ab
T9	0.525	abc	0.780	ab	1.33	ab	2.17	a	2.86	a	3.48	a	3.80	a	4.06	a
T10	0.511	abc	0.745	bc	1.32	ab	2.13	a	2.72	ab	3.30	ab	3.67	ab	3.95	ab
T11	0.573	a	0.860	a	1.39	a	2.16	a	2.69	ab	3.29	ab	3.59	ab	3.94	ab

Diferente letra en la columna son estadísticamente diferentes (p≤0.05).

Cuadro 5. Resultados de la comparación de medias

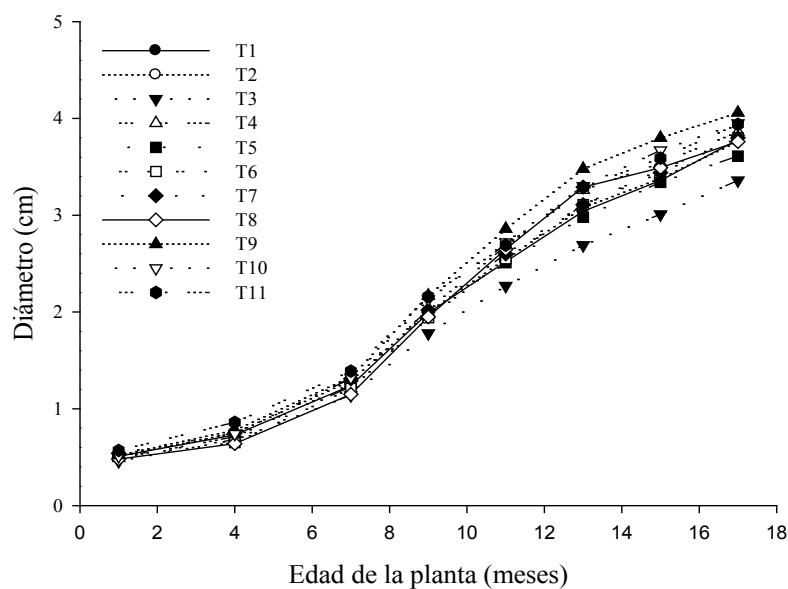


Figura 3. Crecimiento en diámetro de plantas de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg.

Factores	TRCALT	TRCDIA
Tratamiento	0.0514	0.0161
Bloque	0.0368	0.0060
Tratamiento*bloque	0.1159	0.2794

TRCALT: tasa relativa de crecimiento en altura, TRCDIA: tasa relativa de crecimiento en diámetro.

Cuadro 4.6. Análisis de varianza de las variables de crecimiento a los 17 meses después de la plantación.

En la tasa relativa de crecimiento en altura, a los 17 meses los tratamientos 4 y 3 presentaron los mayores valores, el  $T_{11}$  considerado como el testigo entre todos los tratamientos, no presentó mayores valores que el  $T_1$  considerado testigo dentro de los tratamientos en contenedor. Así también se puede observar que en la combinación de las mezclas a base de compostas en el contenedor de menor capacidad presentaron mayores valores que cuando se combinaron con el contenedor de 2 L ( $T_3$ ,  $T_4$  y  $T_5$ ). El  $T_8$  presentó el menor promedio de TRCALT, mientras que los tratamientos 3 y 4 fueron los de mayor crecimiento (Figura 4).

Con relación al diámetro la TRC para esta variable, los tratamientos 8, 9 y 10 presentaron la menor TCR, mientras que el tratamiento 1 mostró la mejor eficiencia para el crecimiento del diámetro, seguido del  $T_3$ ,  $T_7$  y  $T_{11}$  (testigo). La mayor eficiencia de las plantas se da en las primeras etapas de crecimiento y con el tiempo esta disminuye (Clavijo, 1989), por lo que en la TCRDIA en algunos tratamientos a los 17 meses esta empieza a disminuir (Figura 5).

Los contenedores, el sustrato y en general el sistema de producción repercuten considerablemente en la supervivencia y crecimiento de las plantaciones. Los tratamientos con mayor porcentaje de cachaza composteada (50 y 75 %) presentaron los menores porcentajes de supervivencia. Estas mezclas en los análisis físico-químicos realizados, presentaron altos niveles de conductividad eléctrica y densidad aparente y bajos porcentajes porosidad total, dichas características afectan el crecimiento del sistema radical y como consecuencia el anclaje de las plantas en campo (Landis *et al.*, 1990; Ansorena, 1994; Heiskanen, 1999). Sin embargo, las propiedades de las mezclas por si

solas no fueron las responsables de la baja supervivencia, toda vez que esas mismas mezclas pero en diferentes tamaños de contenedor presentaron porcentajes por arriba del 80 %. La combinación de las características de las mezclas con la disminución de lluvias y aumento de temperatura influyeron en el porcentaje de supervivencia.

Las plantas producidas en el tratamiento con 50 % de fibra de coco, 30 % de vermiculita y 20 % de agrolita en combinación con el contenedor de 2 L, presentaron los mayores crecimientos en altura y diámetro, este comportamiento está relacionado con las propiedades de la fibra de coco, ya que esa misma mezcla pero en el contenedor de menor tamaño presentó crecimientos muy cercanos en ambas variables. Las tasa relativa de crecimiento en altura y diámetro fueron discrepantes mientras la mayor tasa en altura se presentó en los tratamientos con mayor porcentaje de cachaza en combinación con el contenedor de 1.5 L, la mayor tasa en diámetro se presentó en la mezcla con 50 % de turba. Toda vez, que los resultados son incipientes para la especie en cuestión, es importante continuar con las evaluaciones con diferentes sustratos, tamaños de contenedor y su posterior evaluación en campo.

## CONCLUSIONES

Más que el contenedor el sustrato fue determinante en el crecimiento de las plantas de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. La cachaza composteada puede utilizarse para la producción de plantas pero el porcentaje en la mezcla debe ser 50 % o menor: La fibra de coco mostró mejor desempeño como sustrato que la turba para la supervivencia y crecimiento en campo de las plantas de hule.

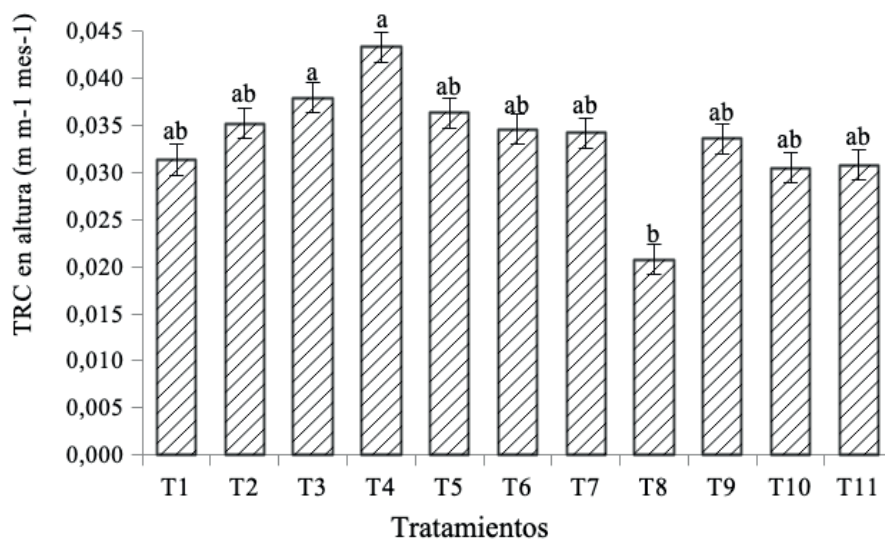


Figura 4. Comparación de medias de la tasa de crecimiento relativo (TCR) en altura.

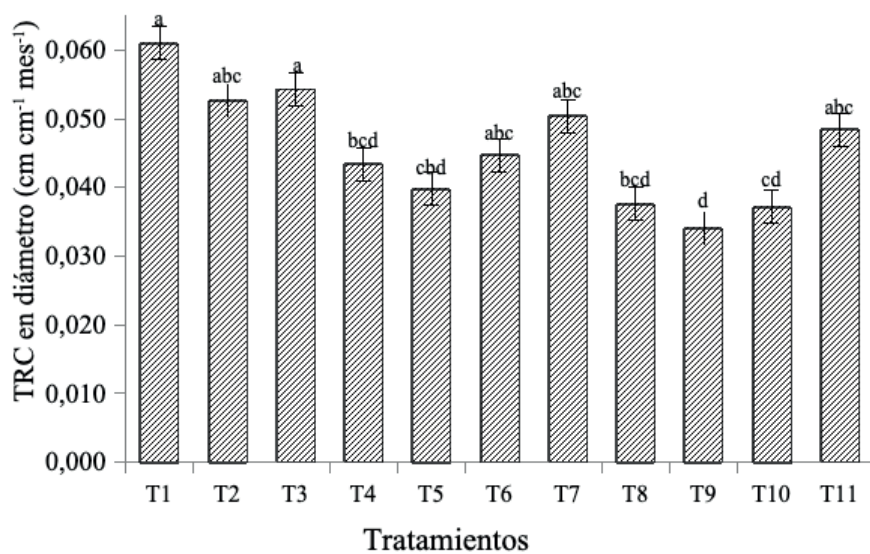


Figura 5. Comparación de medias de la tasa de crecimiento relativo (TRC) en diámetro.

Las plantas que presentaron las tallas más grandes no presentaron los mejores porcentajes de supervivencia ni de crecimiento.

En términos generales los crecimientos en los distintos tratamientos indican que con el tiempo los tamaños de las plantas se igualan y los efectos de los tratamientos tienden a desaparecer.

## Referencias

- Alloza, J.A. y R. Vallejo. 1999. Relación entre las características meteorológicas del año de plantación y los resultados de las repoblaciones. *Ecología* 13: 173-187.
- Ansorena, J. 1994. Sustratos. Propiedades y Caracterización. Mundi Prensa, Madrid, España. 172 p.
- Clavijo, J. 1989. Análisis de crecimiento en malezas. *Revista Comalfi* 15: 12-16.
- Compagnon, P. 1998. El caucho Natural, biología-cultivo-producción. Consejo Mexicano del Hule-CIRAD. México, D.F.
- De Burger, K., V. Haridasan, H.P. Smit, R.G. Unni, and W. Zant. 1995. The Indian Rubber Economy: History, Analysis and Policy Perspectives. New Delhi: Manohar Publishers. 233 p.
- Goncalves, P. S., N. Bartonelo, E. L. Furtado., R. Sambugaro, and O. C. Bataglia. 2001. Desempenho de clones de siringueira da serie IAC 300 seleccionados para a regioao noroeste do Estado de Sao Paulo. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36 (4): 589-599.
- Heiskanen, J. 1999. Hidrological properties of container media based on sphagnum peat and their potential implications for availability of water to seedlings after outplanting. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14:78-85.
- Hosmer, D. W. and S. Lemeshow. 2000. *Applied Logistic Regression*. Wiley. New York. 392 p.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2008. Potencial productivo del hule (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.). Agromapas <http://www.agromapas.inifap.gob.mx/>. (07 octubre de 2014).
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2015. Red nacional de estaciones meteorológicas. <http://clima.inifap.gob.mx/redclima/>. (7 enero de 2015).
- Landis, T. D., R. W. Tinus, S. E. McDonald, and J. P. Barnett. 1990. The Container Tree Nursery Manual. Vol. 2. Containers and Growing Media. Agric. Handbook 674. USDA Forest Service. Washington, DC. U.S.A. 88 p.
- Littell, R. C., G. A. Milliken, W. W. Stroup, and R. D. Wolfinger. 1996. SAS system for mixed models. SAS Institute, Cary. NC. 633 p.
- Mooibroek, H. and K. Cornish. 2000. Alternative sources of natural rubber. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 53: 355-365.
- Navarro, R. M., A. D. del Campo, and J. Cortina. 2006. Factores que afectan al éxito de una repoblación y su relación con la calidad de la planta. Cap. 2. *In: Calidad de Planta Forestal para la Restauración en Ambientes Mediterráneos*. Estado actual de conocimientos. Cortina, J., Peñuelas, J.L., Puértolas, J., Vilagrosa, A., and Savé, R. (Coord.). Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 191 p.
- Priyadarshan, P.M., P.S. Goncalves, and K.O. Omokhafa. 2009. Breeding *Hevea rubber*, Chapter 13. *In: Breeding Plantation Tree Crops*. Tropical Species. Jain S.M. and Priyadarshan P.M. (eds.). Rubber Research Institute of India. pp: 469-484.

Ribeiro, C. y C. E. Cassia. 2002. Desempenho de cinco clones jovens de siringueira na região do planalto ocidental paulista. *Bragantia* 61(3): 237-245.

Sanjeeva, R. P., C. K. Saraswathyamma, and M.R. Sethuraj. 1998. Studies on the relationships between yield and meteorological parameters of rubber tree (*Hevea brasiliensis*). *Agricultural and Forest Meteorology* 90: 235-245.

Sterling, C. A. y D. J. Correa. 2010. Desempeño de una colección clonal de caucho en periodo de inmadurez en la Amazonia Colombiana. *Revista Ingenierías y Amazonia* 3 (1): 16-27.

Vélez S., D. y V. Nieto R. 2013. Desempeño inicial de los clones de chaucha en el municipio de Puerto Carreño, Vichada, Colombia. *Colombia Forestal* 16(2): 186-199.