



EVALUACIÓN DEL PRENDIMIENTO Y DESARROLLO DE CLONES DE CAUCHO (*Hevea brasiliensis*) PROPAGADOS POR INJERTO EN LA SELVA PERUANA †

[EVALUATION OF THE ATTACHMENT AND DEVELOPMENT OF RUBBER CLONES (*Hevea brasiliensis*) PROPAGATED BY GRAFTING IN THE PERUVIAN JUNGLE]

Jorge M. Navarro¹, Alberto Alva Arévalo¹, Andi Lozano¹, Celso Misael Alva-Arevalo¹, Patricia García-Gonzales¹, Nery Gaona-Jimenez², Juan R. Baselly-Villanueva³, Jorge Saavedra-Ramírez⁴ and Geomar Vallejos-Torres^{1,2*}

¹Universidad Nacional de San Martín (UNSM), Jr. Maynas N° 177, Tarapoto, San Martín, Perú

²Instituto de Investigaciones en Salud Agroforestal (IISA), Jirón prolongación San Pablo de la Cruz N° 229, Tarapoto, Perú

³Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA, Calle San Roque 209, Maynas, Loreto 16430, Perú

⁴Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas, UNAAA, Calle Prolongación Libertad Nro. 1220 -128, Loreto - Alto Amazonas – Yurimaguas, Perú.

*Corresponding author

SUMMARY

Background. The latex yield in *Hevea brasiliensis* trees is highly variable; Therefore, it is important to propagate commercial clones of this species by grafting in order to standardize or improve latex yields and therefore improve the economic income of producers in this part of the Amazon region. **Objective.** To evaluate the attachment and development of rubber clones propagated by grafting in the Peruvian jungle. **Methodology.** Nine-month-old patterns installed in the field were used. These were grafted with budding rods from the commercial clones TR-1, FX-3864, RRIM-600, IAN-873 and MDF-180. A completely randomized block design was used with five treatments and three blocks with 15 experimental units; each containing 30 repetitions. The data obtained were subjected to analysis of variance and Tukey's multiple range test ($p < 0.05$) and the Kruskal Wallis test. **Results.** The best results in attachment and number of shoots were obtained in grafts with clone MDF-180 with values of 73.33 % and 7.83 shoots respectively; Regarding days to the appearance of the shoot and length, clone TR-1 presented it with 36.63 days and 27.47 cm; The largest leaf area was presented by the graft with clone IAN-873 with 55.46 cm², while the highest chlorophyll content was obtained in grafts with clone RRIM-600 with 47.18 SPAD. **Implications.** More studies are required to establish the quality and adaptability of rubber clones propagated by grafting in different site conditions and establish patterns of tree productivity in a short time; Likewise, it is desired to evaluate the quality and quantity of latex produced by these clones. **Conclusions.** These results indicate the feasibility of propagating *Hevea brasiliensis* through shoot grafting in the field, which opens great possibilities for propagating rubber trees with better commercial characteristics, particularly with greater latex production.

Key words: Rubber; commercial clones; chlorophyll; latex; variability.

RESUMEN

Antecedentes. El rendimiento de látex en árboles de *Hevea brasiliensis* es muy variables; por lo tanto, es importante propagar clones comerciales de esta especie por injertos con la finalidad de uniformizar o mejorar los rendimientos de látex y por ende mejorar los ingresos económicos de los productores en esta parte de la región amazónica. **Objetivo.** Evaluar el prendimiento y desarrollo de clones de caucho propagados por injerto en la selva peruana. **Metodología.** Se emplearon patrones de nueve meses de edad instalados en campo. Estos fueron injertados con varas yemas de los clones comerciales TR-1, FX-3864, RRIM-600, IAN-873 y MDF-180. Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar con cinco tratamientos y tres bloques con 15 unidades experimentales; conteniendo cada unidad

† Submitted December 18, 2023 – Accepted May 22, 2024. <http://doi.org/10.56369/tsaes.5356>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID = Geomar Vallejos-Torres: <https://orcid.org/0000-0001-7084-977X>

30 patrones. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza y prueba de rangos múltiples de Tukey ($p < 0.05$) y la prueba de Kruskal Wallis. **Resultados.** Los mejores resultados en prendimiento y número de brotes se obtuvieron en injertos con el clon MDF-180 con valores de 73.33 % y 7.83 brotes respectivamente; en cuanto a días a la aparición del brote y longitud lo presentó el clon TR-1 con 36.63 días y 27.47 cm; el mayor área foliar lo presentó el injerto con el clon IAN-873 con 55.46 cm², mientras que el mayor contenido de clorofila se obtuvo en injertos con el clon RRIM-600 con 47.18 SPAD. **Implicaciones.** Se requieren más estudios para establecer la calidad y adaptabilidad de los clones de caucho propagados por injerto en diferentes condiciones de sitio y establecer patrones de productividad de los árboles en un corto tiempo; asimismo, se desea evaluar la calidad y cantidad de látex producido por estos clones. **Conclusiones.** Estos resultados indican la viabilidad de propagar *Hevea brasiliensis* mediante injertos de brotes en campo, lo que abre grandes posibilidades de propagar árboles de caucho con mejores características comerciales, particularmente con mayor producción de látex.

Palabras clave: Caucho; clones comerciales; clorofila; látex; variabilidad.

INTRODUCCIÓN

Los árboles de caucho (*Hevea brasiliensis*) se cultivan principalmente para la producción de látex; sin embargo, también producen madera para la industria y se ha señalado que los residuos de la tala se utilizan para la producción de energía, junto con otras mercancías (Simon *et al.*, 2022). Tal es así que la producción de caucho natural ha aumentado drásticamente a nivel mundial, de 6.8 millones de toneladas métricas en 2000 a 13.6 millones de toneladas métricas en 2019. En 2018, Asia Pacífico representó el 91 % de la producción mundial de caucho natural (Tiseo 2021). Existen más de 2 500 plantas productoras de caucho de diversos taxones distribuidas por todo el reino vegetal. La mayoría de estas plantas tienen características desfavorables, como un rendimiento muy bajo de caucho o un bajo peso molecular del polímero (van Beilen y Poirier, 2007). En el mundo hay diferentes especies agroforestales que muestran impacto potencial en aspectos económicos y ambientales; siendo uno de ellos el cultivo de *H. brasiliensis*. Al poseer características únicas como resistencia, elasticidad y disipación de calor, se utiliza como materia prima para más de 40 000 productos (Pootakham *et al.*, 2017, Mantello *et al.*, 2019).

En el Perú este cultivo se desarrolla de forma sustentable en lo ambiental, social y económico, debido a los puestos de trabajo que genera al extraer el látex, en la parte ambiental permite recuperar suelos degradados por ser una especie forestal (Velarde *et al.*, 2010). El potencial de esta planta radica en la producción de látex como materia prima en telas impermeables para lluvia, planchas para sandalias, guantes, etc; por lo cual, es importante su propagación a gran escala por la alta demanda nacional e internacional. El Perú es un país potencial para la producción de caucho; por lo tanto, el látex extraído de árboles de caucho todavía se utiliza en el procesamiento moderno del caucho, representando una fuente sustancial de ingresos para los agricultores locales (Rainforest, 2020). Además, que el árbol de caucho tiene la particularidad de almacenar más CO₂

que el promedio de los árboles de la selva amazónica, una hectárea de caucho cultivado fija 1 000 toneladas de CO₂, mientras que una hectárea de eucalipto solo fija 317 toneladas (MINAM, 2012).

La multiplicación de *H. brasiliensis* se ha visto obstaculizada por sus largos ciclos de crecimiento, grave depresión endogámica en la autopolinización, polinización cruzada, semillas recalcitrantes y bajo porcentaje de germinación de las semillas (Clément-Demange *et al.*, 2007, Sobhana *et al.*, 2001). Las plantas de caucho, que son propagados por semillas tienen baja capacidad productiva menor a 1 300 kg/ha/año de látex seco (Velarde *et al.*, 2010); siendo ideal realizar clones mediante la técnica de injertación empleando material vegetativo seleccionado y productivos; de tal manera garantice la cantidad y calidad de látex. En el Perú, la especie mayormente se propaga por semillas botánicas, conllevando en un futuro cercano a conseguir una deficiente producción de látex, afectando considerablemente al productor cauchero (Vallejos-Torres *et al.*, 2021).

Como el árbol del caucho natural es la única especie vegetal a nivel mundial que se cultiva para la producción comercial de látex (de Souza *et al.*, 2015). En el Perú existen diferentes tipos de clones, pero son mínimos los reportes de su propagación asexual. (1) TR-1, de origen brasileño obtenido por la hacienda “Triangulo” con producción promedio a cinco años es de 819 kg/ha/año de jebe seco en Brasil, (2) FX-3864, desarrollado por la compañía Ford, tiene buena capacidad productiva de 1 400 kg/ha/año de jebe seco a cuatro años de haber instalado en campo; (3) RRIM-600 clon “Rubber Research Institute of Malaysia”, usado a nivel internacional por su óptima capacidad productiva, cuyos rendimientos varía por cada país entre ellos Malasia (1 540 kg/ha/año de jebe seco), Costa de Marfil (1 732 kg/ha/año de jebe seco), India (1 815 kg/ha/año de jebe seco); (4) IAN-873, desarrollado por el Instituto Agronómico del Norte cuyos rendimientos registrados a cinco años instalados en campo es que en Malasia fue de 1 505 kg/ha/año de jebe seco diferenciando a Brasil con 1 441 kg/ha/año de jebe seco y (5) MDF-180, seleccionado y extraído

de bosques intervenido en Madre de Dios, este material genético fue llevado a la compañía Firestone ubicado en Estados Unidos donde se desarrolló de forma completa para su propagación, con alta productividad de 33.6 g/corte/árbol a 13 años de establecimiento en campo. Bajo este contexto surge la importancia de evaluar el prendimiento y desarrollo de clones comerciales de caucho (*H. brasiliensis*) propagados por injerto en Lamas, región San Martín.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en la región de San Martín, provincia de Lamas, distrito de Caynarachi, caserío de Metilluyoc, en una plantación de caucho avanzado de edad con rasgos morfológicos adecuados para la injertación ubicado en las coordenadas $-6.300185^{\circ}\text{S}$ y $-76.194248^{\circ}\text{W}$ a 174 msnm. Dicho trabajo se realizó bajo condiciones de campo durante los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2021. Se presentaron condiciones climáticas variables siendo la temperatura media de 28.07°C con humedad relativa de 83.5 % y precipitación de 72.83 mm al mes (SENAMHI, 2021), así mismo se tuvo características físicas y químicas del suelo normales para el crecimiento de las plantas de caucho siendo la textura franco-arcillosa, pH de 4.4 y materia orgánica con 2.43 %.

Material vegetativo

Se emplearon cinco clones existentes en la región San Martín, evaluándose los clones: (1) TR-1, de origen brasileño obtenido por la hacienda “Triangulo” con producción promedio a cinco años es de 819 kg/ha/año de jebe seco en Brasil, (2) FX-3864, desarrollado por la compañía Ford, tiene buena capacidad productiva de 1 400 kg/ha/año de jebe seco a cuatro años de haber instalado en campo; (3) RRIM-600 clon “Rubber Research Institute of Malasya”, usado a nivel internacional por su óptima capacidad productiva, cuyos rendimientos varía por cada país entre ellos Malasia (1 540 kg/ha/año de jebe seco), Costa de Marfil (1 732 kg/ha/año de jebe seco), India (1 815 kg/ha/año de jebe seco); (4) IAN-873, desarrollado por el Instituto Agronómico del Norte cuyos rendimientos registrados a cinco años instalados en campo es que en Malasia fue de 1 505 kg/ha/año de jebe seco diferenciando a Brasil con 1 441 kg/ha/año de jebe seco y (5) MDF-180, seleccionado y extraído de bosques intervenido en Madre de Dios, este material genético fue llevado a la compañía Firestone ubicado en Estados Unidos donde se desarrolló de forma

completa para su propagación, con alta productividad de 33.6 g/corte/árbol a 13 años de establecimiento en campo. Se usaron 90 yemas clonales de cada clon con diámetro de 1.2 a 1.5 mm. Los patrones que se emplearon corresponden a *H. brasiliensis*, estas plantas tuvieron 9 meses de edad; y la plantación tuvo un área total de 4 704 m².

Proceso de injertado

Las plantas fueron etiquetadas según al tratamiento que correspondían (Clones). Una semana antes de la injertación se realizó el mantenimiento fitosanitario del jardín clonal, con un sulfato de cobre al 98 % con dosis de 50 ml en 20 l de agua. La extracción de las varas yemeras se realizó un día antes de la injertación a horas de 5:30 p.m. empleando una tijera de podar. El proceso consistió en cortar las varas yemeras de 6 cm de longitud, por cada metro se tuvieron 10 yemas viables para la injertación; trasladándose al vivero con ceras para disminuir la exudación y evitar el estrés hídrico.

La injertación se realizó a las 5:00 a.m. hasta las 8:00 a.m., también en la tarde desde las 5:30 p.m. hasta las 7:00 p.m. Cabe resaltar que esta labor se realizó en la segunda semana de agosto de 2021, cuya fase lunar estaba alcanzando luna creciente (Figura 1). Primero se preparó en un recipiente con agua el fungicida Para Chupadera (Flutolanil y Captan), con dosis de 4 g en un litro de agua, con el paño se humedeció con el fungicida para luego frotar el patrón la parte a injertarse, se hizo el corte de la ventana a los 5 cm del suelo con la cuchilla de injertar previamente desinfectado con el fungicida. Al momento de hacerse el corte la planta exuda látex, es por ello que se pasó otra vez con el paño húmedo para reducir la exudación, luego se limpió con paño húmedo la vara yemera para la extracción de la yema, la misma vara también exuda látex es por ello se pasó otra vez para la disminución de la exudación del látex, se extrajo haciendo un corte tipo lengua a la vara de longitud aprox. 3 cm, se abrió la ventana y se cortó la corteza externa del tallo para luego extraer la yema y pegarlo en el cámbium del tallo, para finalmente taparlo con cinta film. Luego de la injertación se hizo el descintado de los injertos a los 21 días, se utilizó un bisturí, luego se hizo la aplicación del fungicida Seal® 80 WP (Fosetil aluminio) con dosis de 2.5 g en un litro de agua contenido en un atomizador con el fin de prevenir los patógenos que atacan después de haber descintado. A los 8 días después de haber realizado el descintado se realizó el corte del patrón a los 5 cm superior del parche, en forma de bisel. Luego del prendimiento del injerto se aplicó un fungicida sistémico con dosis de 2.5 g en 1 l de agua por única vez.



Figure 1. Proceso de propagación por injertos de *Hevea brasiliensis* A) árboles seleccionados. B) Injertado con yemas cosechadas en el banco de germoplasma. C) Prendimiento del injerto. D) Brote injertado de 34 cm de longitud.

VARIABLES EVALUADAS

Se evaluó el porcentaje de prendimiento a los 35 días después de la injertación, utilizando la fórmula siguiente: $(\text{Número de injertos prendidos} / \text{Número de plantas injertadas}) \times 100$ (Khotcharat *et al.*, 2016). Los días a la aparición del primer brote fue registrado cuando el injerto empezó a emitir su primer brote (Huaranca, 2019). La longitud del brote (cm) se evaluó a 120 días después del injertado; considerándose desde la base del injerto hasta la yema apical con la ayuda de una regla milimetrada (Antwi-Wiredu *et al.*, 2018). El número de brotes y hojas se contabilizó a los 60 días después del injertado (Khotcharat *et al.*, 2016; Antwi-Wiredu *et al.*, 2018). El área foliar (cm^2) fue medido considerándose 10 hojas por planta injertada según la metodología de Avila (2017) y el contenido de clorofila (SPAD) se midió a los 120 días después de la injertación con el equipo Minolta Spad 502 plus; teniendo en cuenta 10 hojas de la parte media del injerto en las primeras horas de la mañana.

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

El experimento fue instalado bajo Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA) con cinco tratamientos (Clones) y 3 bloques, haciendo un total 15 unidades experimentales; cada unidad experimental estuvo conformado por 30 patrones de caucho. La muestra representativa se conformó por 10 plantas de caucho injertadas dentro de la unidad experimental que fue 144 m^2 por cada parcela. Los datos recolectados fueron digitalizados y sistematizados en una hoja de cálculo del programa informático Excel. El análisis estadístico fue realizado en el programa estadístico Rstudio (R

Core Team, 2023). Los supuestos de normalidad y homocedasticidad se determinaron con las funciones shapiro.test y bartlett.test, respectivamente (Bartlett, 1937, Royston, 1982). El efecto de los injertos (tratamientos) sobre las variables respuesta, se determinó mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) a un 95 % de probabilidad ($p < 0.05$) con la función Aov de R (Chambers *et al.*, 1992) y la comparación de medias se efectuó con la prueba de Tukey. Las variables porcentaje de prendimiento y número de brotes no cumplieron los supuestos, por lo cual la comparación entre tratamientos se realizó mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis (Myles y Douglas 1973). Finalmente se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) de las variables respuesta (Kassambara y Mundt 2020).

RESULTADOS

El prendimiento a los 120 días de clones de caucho injertados muestra que no existió diferencias entre los tratamientos con una media de 54.67%; de igual forma, para los días a la aparición del primer brote y número de brotes no se encontró diferencias significativas entre tratamientos teniendo, teniendo medias de una media de 40.57 días y 7.31 brotes, respectivamente (Tabla 1). La longitud del brote presentó diferencias significativas entre clones, teniendo una media de 25.74 cm con un CV de 4.11 %. En cuanto al área foliar evidenció que hubo diferencias significativas para los tratamientos presentando un CV de 15.14 % y una media de 47.81 cm^2 ; mientras que la cantidad de clorofila (SPAD) presenta diferencias muy altamente significativas para los tratamientos con un promedio de 39.98 y CV de 2.7 % y (Tabla 1).

Tabla 1. Efecto de los tipos de injertos sobre las variables respuesta.

Tratamientos	Variables					
	Prendimiento (%)	Días a la aparición del brote	Longitud de brotes (cm)	Número de brotes	Área foliar (cm ²)	Contenido de clorofila (SPAD unidades)
FX-3864	50.00±17.32	41.57±4.60	25.17±0.54	7.77±1.45	47.14±13.86	40.12±0.44
IAN – 873	43.33±37.86	41.13±3.65	23.43±1.06	6.30±0.17	55.46±3.78	28.00±1.33
MDF–180	73.33±37.86	43.37±0.93	27.18±1.76	8.73±0.67	34.87±4.80	47.15±1.50
RRIM-600	63.33±37.86	40.17±3.10	25.45±0.47	7.83±2.38	49.72±4.57	47.18±1.27
TR-1	43.33±30.55	36.63±0.59	27.47±0.93	5.93±0.76	51.89±4.70	37.47±0.15
Promedio	54.67	40.57	25.74	7.31	47.81	39.98
F o H	2.53	2.05	7.24	5.89	3.4	162.8
P	0.64 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.01*	0.21 ^{ns}	0.03*	<0.0001***
CV	-	7.42	4.11	-	15.44	2.7
Prueba	Kruskal Wallis	Tukey	Tukey	Kruskal Wallis	Tukey	Tukey

Abreviaturas: F calculado (F), H calculado (H), p-valor (P), Coeficiente de variación (CV), no significativo (ns), significativo (*), muy altamente significativo (***)

La prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el porcentaje de prendimiento muestra que el clon MDF-180 y RRIM-600 son los que alcanzaron los más altos porcentajes de prendimiento con 73.33 % y 63.33 % respectivamente; asimismo el menor valor lo presentaron IAN-873 y TR-1 con 43.33 % cada uno; en tanto, no se muestran diferencias significativas entre clones de *H. brasiliensis* estudiados (Figura 2A). En tanto, para días a la aparición del primer brote muestra que el clon TR-1 presentó el menor promedio de días en aparecer el brote, seguido por el clon RRIM-600 con promedios de 36.63 y 40.17 días respectivamente; no mostrando diferencias significativas en ninguno de los clones injertadas (Figura 2B). En cuanto a la longitud del brote injertado se muestra que el clon TR-1 mostró mayor longitud de brote seguido por el clon MDF-180 con promedios de 27.47 y 27.18 cm respectivamente y sin diferencias significativas entre clones, pero si con el clon IAN-873 (Figura 2C). El clon MDF-180 mostró mayor número de brotes con un promedio de 8.73 unidades seguido del clon RRIM-600 con 7.83 brotes en promedio; sin embargo, no mostraron diferencias significativas ninguno de los clones injertadas (Figura 2D). La mayor área foliar lo presentó el clon IAN-873 con 55.46 cm², seguido por el con TR-1 con 51.89 cm²; mientras que el menor valor lo presentó el clon MDF-180 con 34.87 cm² de área foliar; mostrando diferencias significativas entre el clon IAN-873 y el clon MDF-180 (Figura 2E). Con respecto al contenido de clorofila (SPAD) el mayor contenido lo presentó el clon MDF-180 y el clon RRIM-600, siendo significativamente superiores a los demás clones (Figura 2F).

La variabilidad fue explicada en un 92.8 %, correspondiendo el 68.8 y 24 % al primero y segundo componente, respectivamente; se evidencia que MDF-

180 presentó los mayores valores para casi todas las variables respuesta excepción de área foliar, seguido del clon RRIM-600 (Figura 3).

DISCUSIÓN

El clon MDF-180 presentó el mayor porcentaje de prendimiento en injertos de clones de *H. brasiliensis* (73.33%); en tanto fueron superiores a lo obtenido por Khotcharat et al. (2016) quienes mostraron un máximo de 63.89 % para clones de caucho; mientras que Cachique et al. (2018) en el cultivo de *Plukenetia volubilis* “sacha inchi” (familia euphorbiaceae), alcanzaron hasta un 57 % de prendimiento. Asimismo, los resultados fueron superiores a lo obtenido por Antwi-Wiredu et al. (2018) quienes lograron una sobrevivencia del prendimiento en clones de caucho del 33.33 % probablemente por la variabilidad de los clones y las condiciones de sitio donde se establecieron (Flores, 2015). Los altos valores de prendimiento logrado en la propagación vegetativa por injertos de caucho demuestran que sí es posible propagar de forma asexual la especie de *H. brasiliensis* (Vallejos-Torres et al., 2021). Tanto los días a la aparición de los brotes y número de brotes no mostraron diferencias significativas; esto debido a muchos factores que lo condicionan como son el estado fisiológico de la vara, variabilidad climática, porta-injerto, presencia de plagas y enfermedades (Sterling y Correa, 2010, Figueiredo y Cardoso, 2008, Gonçalves y Marques, 2008), inclusive al factor genético. Los resultados son similares a los obtenidos por Molina-Quesada et al. (2019), quienes encontraron que la variable longitud (cm) en clones de *Tectona grandis* no muestran variabilidad significativa. El mayor número de brotes lo presentó el clon MDF-180 y el menor el clon IAN-873, sin embargo no hubo diferencias significativas entre clones;

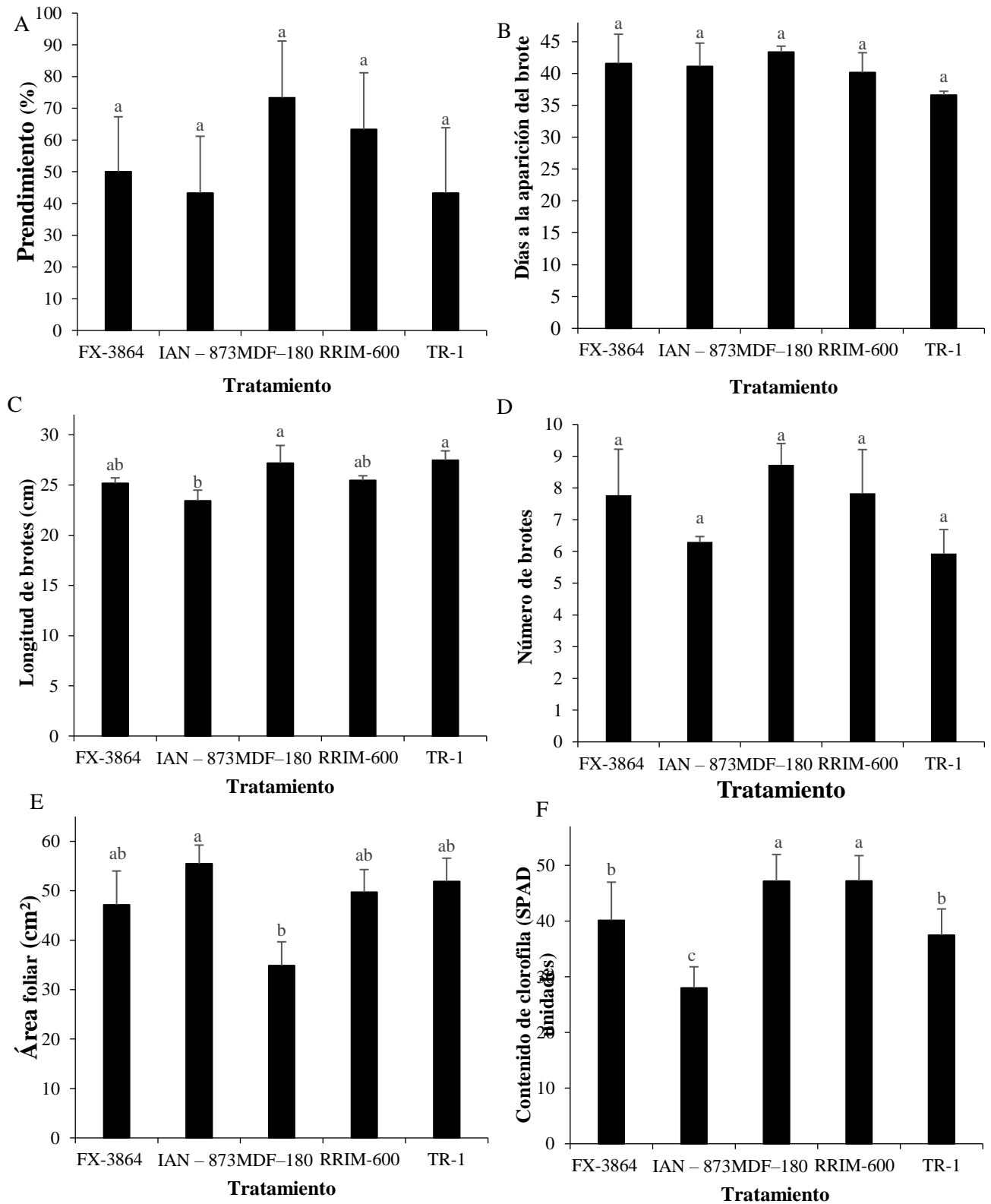


Figure 2. A) Prendimiento evaluado, B) Días a la aparición del brote, C) Longitud de brotes, D) Número de brotes, E) Área foliar y F) Contenido de clorofila evaluado; en injertos de clones de *Hevea brasiliensis*. Las letras encima de las barras indican diferencias significativas según la prueba de Tukey o Kruskal wallis ($P < 0.05$).

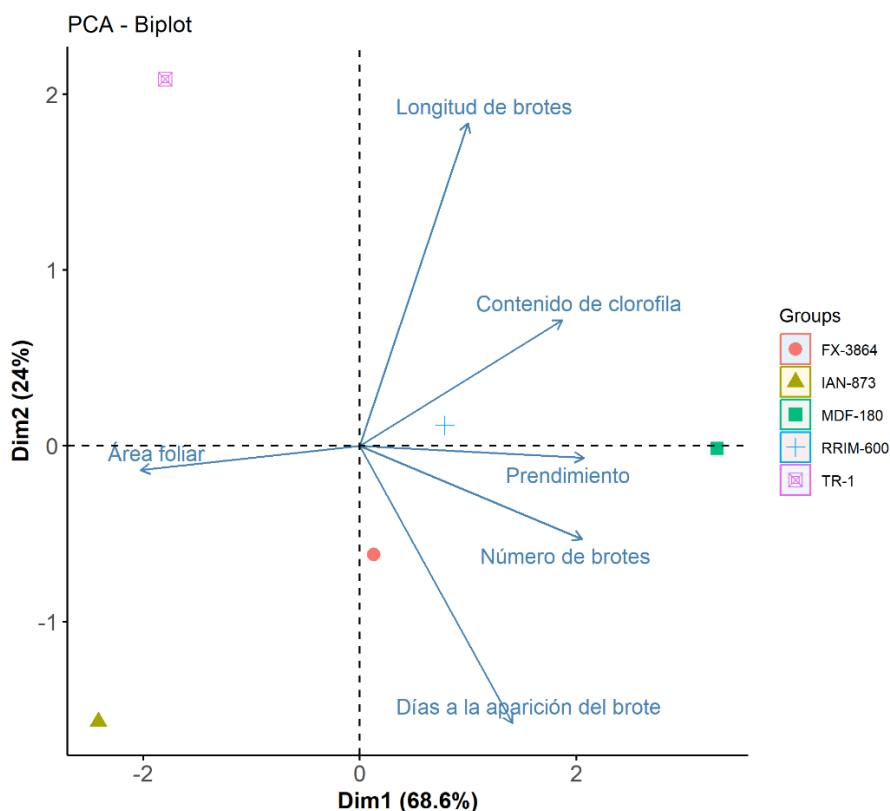


Figura 3. Análisis de Componentes Principales de variables respuesta.

estas respuestas son similares a lo mostrado por Antwi-Wiredu *et al.* (2018) quienes explican que encontraron en clones de caucho números de brotes que no presentan diferencias estadísticas, siendo la diferencia numérica de un brote entre clones. El área foliar mostró diferencias significativas entre clones de caucho, esto debido a que los clones o genotipos empleados en el estudio lograron manifestar sus características genotípicas a pesar de haber interactuado con las condiciones climáticas, lo anterior explicado es corroborado por Sterling y Correa (2010) en estudios realizados en caucho. Respecto al contenido de clorofila difieren estadísticamente entre tratamientos. La fotosíntesis es un proceso físico-químico que engloba muchas variables para su funcionamiento, pero dicho proceso es influenciado por muchos factores entre ellos la cantidad de agua, las horas luz, el estado fisiológico de la planta, dióxido de carbono, cantidad de clorofila, edad de la planta; no obstante, existe un factor muy poco conocido que no se considera mucho y es el factor genético, este factor interviene de forma directa en el funcionamiento de la fotosíntesis debido a que existen muchas especies de plantas que actúan o rinden de forma eficiente la fotosíntesis (Carril, 2011). Los clones MDF-180 y el clon RRIM-600 quien presentaron los mayores contenidos de clorofila muestra un buen funcionamiento de la fotosíntesis, tal

como lo indican Khotcharat *et al.* (2016), lo que conlleva a decir que estos clones o algunos de ellos desempeñan la fotosíntesis de manera diferente (Sterling *et al.*, 2015), y son los óptimos para ser usados en la producción de caucho en similares condiciones a las desarrolladas en la presente investigación.

CONCLUSIONES

Los mejores resultados en prendimiento y número de brotes se obtuvieron en injertos con el clon MDF-180; en cuanto a días a la aparición del brote y longitud de brotes lo presentó el clon TR-1 y MDF-180; respectivamente. Respecto, al área foliar lo presentó el injerto con el clon IAN-873, mientras que el mayor contenido de clorofila se obtuvo en injertos con los clones MDF-180 y RRIM-600. Los resultados indican la viabilidad de propagar *Hevea brasiliensis* mediante injertos de brotes en campo con los clones de MDF-180 y RRIM-600, lo que abre grandes posibilidades propagar árboles de caucho con mejores características comerciales, particularmente con una mayor producción de látex; asimismo, establecer programas de conservación de bancos de germoplasma de estos clones ya que esta metodología permite la propagación y preservación de clones de caucho con brotes de clones comerciales

sobresalientes con contenidos de látex, permitiendo además rescatar variedades que es probable que se pierdan con el tiempo. En particular, pensamos que nuestros resultados son aplicables a otros clones comerciales de árboles de caucho en condiciones ambientales similares.

Agradecimientos

Al Instituto de Investigación y Desarrollo de la UNSM-T, concurso de proyectos de tesis de pregrado, periodo 2020, con resolución N° 438-2020-UNSM/CU-R. A Edgar Reátegui Salas, Maritza Rojas Rodríguez, Celustiano Rojas Rodríguez y la Cooperativa Agroindustrial Cauchera L.T.D.A del Pongo de Caynarachi.

Funding. Research was funded by a research call for an undergraduate thesis Project, year 2020, from the Instituto de Investigación y Desarrollo - Universidad Nacional de San Martín -T, Resolution N° 438-2020-UNSM/CU-R.

Conflict of interest statement. The authors declare that there is no conflict of interest.

Compliance with ethical standards. Does not apply.

Data availability. Data is available upon reasonable request with the corresponding author (gvallejos@unsm.edu.pe).

Author contribution statement (CRediT). **J.M. Reátegui** - Conceptualization, Formal Analysis, Methodology, writing-original draft; **A. Alva** - Data curation, formal analysis; **A. Lozano** - Investigation, data curation; **C.M Alva-Arévalo** - Data curation, validation; **N. Gaona-Jimenez** - visualization; **J.R. Baselly-Villanueva** - writing - revision and editing; **J. Saavedra** - Methodology, resources, data validation; **A. Lozano** - writing - review and editing; **P. García-Gonzales** - Conceptualization, writing-review and editing; **G. Vallejos-Torres** - Supervision, Validation, writing - original draft.

REFERENCES

- Antwi-Wiredu, A., Amiteye, S., Diawuoh, R. and Klu, G., 2018. Ex Vitro Propagation of Rubber Tree (*Hevea Brasiliensis*) using Stem Cuttings. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 3(3), pp. 846-854. <http://dx.doi.org/10.22161/ijeab/3.3.20>
- Avila, H., 2017. Comparativo de tres abonos foliares convencionales en el crecimiento y desarrollo de plántones de café (*Coffea arabica*), usando la variedad catimor bajo condiciones de vivero en el distrito de Shunté, provincia de Tocache. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional De San Martín, Tarapoto, Perú.
- Bartlett, M.S., 1937. Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Society of London* 160(901), pp. 268-282. <https://doi.org/10.1098/rspa.1937.0109>
- Clément-Demange, A., Priyadarshan, P.M., Thuy, T.T. and Venkatachalam, P., 2007. *Hevea Rubber Breeding and Genetics*. In: J. Janick, Ed, *Plant Breeding Reviews*, 29, pp. 177-283. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc <http://doi.org/10.1002/9780470168035.ch4>
- Cachique, D., Ruiz, H., García, M., Arévalo, L. and Kodahl, N., 2018. Vegetative propagation of the underutilized oilseed crop sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 65(7), pp. 2027-2036. <https://doi.org/10.1007/s10722-018-0659-9>
- Carril, E., 2011. Fotosíntesis: aspectos básicos. *Reduca (Biología)*, 2(3), pp. 1-47.
- Chambers, J.M., Freeny, A. and Heiberger, R.M., 1992. Analysis of Variance; Designed Experiments. In: Chambers JM and Hastie TJ (ed) *Statistical Models in S*, 1st ed. Routledge, London, Chapter 5.
- de Souza, L.M., Le Guen, V., Cerqueira-Silva, C.B.M., Silva, C.C., Mantello, C.C., Conson, A.R.O., Vianna, J.P.G., Zucchi, M.I., Junior, E.J.S., Fialho, J., de Moraes, M.L., Gonçalves, P. and de Souza, A.P., 2015. Estrategia de diversidad genética para la gestión y el uso de recursos genéticos del caucho: más de 1000 muestras silvestres y cultivadas en una colección principal de 100 genotipos. *Plos One* 10(7), p. e0134607. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134607>
- Figueiredo, M. and Cardoso, M., 2008. Desempenho de clones de copa de seringueira resistentes ao mal-das-folhas. *Pesquisa Agropecuária*, 43(11), pp. 1495-1500. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008001100007>
- Flores, J. 2015. Manejo de cultivos que se desarrollan en agricultura protegida y de precisión. México: Universidad Autónoma Chapingo.

- Huaranca, J., 2019. Fases lunares y tipos de injertos en la propagación de cacao (*Theobroma cacao* L.), vivero Pichari Alta 620 msnm, Cusco, 2018. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroforestal). Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga, Ayacucho, Perú.
- Kassambara, A. and Mundt, F., 2020. Factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. R Package Version 1.0.7. <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>
- Khotcharat, N., Sdoodee, S. and Meesawat, U., 2016. Growth performance of clonal rubber rootstocks and combining ability test with the scion of clone RRIM 600. *Agriculture and Natural Resources*, 50(2), pp. 98-103. <https://doi.org/10.1016/j.anres.2015.07.003>
- Mantello, C. C., Boatwright, L., da Silva, C. C., Scaloppi, E. J., de Souza, P., Barbazuk, W. B. and de Souza, A.P., 2019. El análisis de expresión profunda revela distintas estrategias de respuesta al frío en el árbol del caucho (*Hevea brasiliensis*). *BMC Genomics* 20, p.455. <http://doi.org/10.1186/s12864-019-5852-5>
- Ministerio del Ambiente Perú., 2012. Aprovechamiento del caucho silvestre por la comunicades nativas en la selva amazónica del Perú. Ficha Técnica, FITE01–ELSira–GIZ. <https://siar.regionpiura.gob.pe/documentos/normativa/1249.pdf>
- Molina-Quesada, S., Alfaro, C., Murillo, O., Badilla, Y. and Luján, R., 2019. Evaluación del comportamiento de clones de *Tectona grandis* L. f. en suelos vertisoles de la Península de Nicoya, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 16(38), pp. 24-34. <http://dx.doi.org/10.18845/rfmk.v16i38.3993>
- Myles, H. y Douglas, A.W., 1973. Nonparametric Statistical Methods. John Wiley y Sons, New York
- Pootakham, W., Sonthirod, C., Naktang, C., Ruang-Areerate, P., Yoocha, T., Sangsakru, D., Theerawattanasuk, K., Rattanawong, R., Lekawipat, N. and Tangphatsornruang, S., 2017. El ensamblaje híbrido de novo del genoma del árbol del caucho revela evidencia de paleotetraploidía en especies de *Hevea*. *Cientific Reports*, 7, p.41457. <https://doi.org/10.1038/srep41457>
- R Core, Team., 2023. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Rainforest, A., 2020. Rubber tree, *Hevea brasiliensis*. <https://www.rainforest-alliance.org/species/rubber-tree>
- Royston, J.P., 1982. An extension of Shapiro and Wilk's W test for normality to large samples. *Applied Statistics* 31(2), pp. 115-124. <https://doi.org/doi:10.2307/2347973>
- Servicio Nacional De Meteorología E Hidrología [SENAMHI]. 2021. Datos / Datos Hidrometeorológicos. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Simon, J., Nyandansobi, N., Kuaanan, T., Kingsley, O., Sittiporn, C., Rungnapa, K. and Sujahangir, S., 2022. Para Rubber (*Hevea brasiliensis*) Materia prima para oportunidades de medios de vida en el sur de Tailandia: análisis del potencial de productividad socioeconómica y la seguridad" *Sostenibilidad*. 14(16), p. 10142. <https://doi.org/10.3390/su141610142>
- Sterling, A. and Correa, J., 2010. Desempeño en periodo de inmadurez de una colección clonal de caucho en la amazonia colombiana. *Ingenierías and Amazonia*, 3(1), pp. 16-27.
- Sterling, A., Suárez, J., Caicedo, D., Rodríguez, C., Salas-Tobón, Y. and 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), pp. 175-191. <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2015.2.a01>
- Tiseo, I., 2021. Productos químicos y Recursos Plástico y Caucho/Estatista. Producción mundial de caucho natural 2000-2020. *Productos químicos y Recursos*. Disponible en línea: <https://www.statista.com/statistics/275387/global-natural-rubber-production/>
- Vallejos-Torres, G., Ríos-Ramírez, O., Corazon-Guivin, M., Reátegui, E., Sequeira, F. and Marín, C., 2021. Effects of leaflets and índole-3-butyric acid in the vegetative propagation by mini-tunnels of rubber tree

- (*Hevea brasiliensis*). *Journal of Rubber Research*, 24(3), pp. 533-540.
<https://doi.org/10.1007/s42464-021-00097-5>
- Van Beilen, J.B. and Poirier, Y., 2007. Establecimiento de nuevos cultivos para la producción de caucho natural. *Trends in Biotechnology*, 25(11), pp. 522-529.
<http://doi.org/10.1016/j.tibtech.2007.08.009>
- Velarde, N., Vásquez, T., Del Castillo; D. and Mattos, L., 2010. El cultivo de la shiringa en Madre De Dios – Perú. Madre de Dios, Perú: IIAP.
https://repositorio.iiap.gob.pe/bitstream/20.500.12921/402/1/velarde_libro_2010.pdf