



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ**

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRONOMO

PRESENTA:
FRANCISCO JAVIER REYES SANCHEZ

ASESOR INTERNO:
BERNARDINO CANDELARIA MARTÍNEZ

TÍTULO:
"Propagación asexual por acodo aéreo de *Brosimum alicastrum* Swartz en Campeche, México."

JUNIO/2025





Educación
Secretaría de Educación Pública



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ**

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRONOMO

PRESENTA:
FRANCISCO JAVIER REYES SANCHEZ

ASESOR INTERNO:
BERNARDINO CANDELARIA MARTÍNEZ

TÍTULO:
"Propagación asexual por acodo aéreo de *Brosimum alicastrum* Swartz en Campeche, México."

JUNIO/2025





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Chiná
Dirección

Chiná, Campeche; 02/junio/2025
Oficio No. DIR/532/2025

**C. REYES SANCHEZ FRANCISCO JAVIER
PRESENTE**

El que suscribe, manifiesta que el Dictamen emitido por el Comité de Revisión que integra el sínodo de la Titulación Integral por Tesis denominada "Propagación asexual por acodo aéreo de *Brosimum alicastrum* Swartz en Campeche, México"; es **APROBADO** como requisito parcial para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica
Aprender Produciendo

**MARCO GABRIEL ROSADO ÁVILA
DIRECTOR**

Minutario
MGRA/scbn



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Calle 11 S/N entre 22 y 26, Chiná,
Campeche, C.P. 24520, Tel. 9818272052 y
9818272082, e-mail: dir_china@tecnm.mx
www.itchina.edu.mx



COMITÉ REVISOR

Este trabajo fue revisado y aprobado por este comité y presentado por el C. **REYES SANCHEZ FRANCISCO JAVIER** como requisito parcial para obtener el título de: **INGENIERO AGRÓNOMO** el día 17 del mes de junio del año 2025 en Chiná, Campeche.

BERNARDINO CANDELARIA MARTINEZ
Presidente



ALBERTO SANTILLÁN FERNÁNDEZ
Secretario



ENRIQUE ARCOCHA GOMEZ
Vocal



NOEL ANTONIO GONZALEZ VALDIVIA
Vocal Suplente



AGREDECIMIENTOS

Agradezco al Instituto Tecnológico de Chiná; a docentes y personal general por sus enseñanzas durante mi estancia, los momentos divertidos que me brindaron en todo momento. A mi asesor Dr. Bernardino Calendaría Martínez.

Al Colegio de Postgraduados campus Campeche por permitirme el uso de sus instalaciones para el desarrollo de este proyecto a su personal y profesionales. Al Dr. Alberto Santillán Fernández y al Dr. Alfredo Esteban Tadeo Nobles de COLPOS, gracias por el tiempo y momentos divertidos durante este proyecto. A mis compañeros Giovanni y Ronaldo por ayudarme durante el proyecto. Me llevó todo el conocimiento y experiencia posible.

A mi padre, Alfonso Reyes Montero y a mi hermana, Beatriz Fortunata Reyes Sánchez por brindarme su apoyo durante este transcurso y su amor incondicional, le dedico mi esfuerzo diario.

Agradezco a mi familia por ser parte de la vida que me motiva a seguir esforzándome día a día a sus consejos que me han brindado y el apoyo que me brindaron en este transcurso.

A mis amigos Camilo, Erik y Carlos que me han ayudado durante la carrera y la residencia, gracias por su tiempo, aprecio, compañía y respaldo.

DEDICATORIA

Agradezco infinitamente a mi padre y a mi hermana por brindarme su apoyo en todo momento, como su fe en mí y apoyándome en mis dificultades durante este transcurso, a mi familia por su amor y ayuda en su momento.

Me gustaría agradecer a la universidad local y al colegio de posgraduados de campeche por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de avanzar en mi carrera profesional.

Agradezco a mis asesores Dr. Alberto Santillán Fernández y Dr. Bernardino Candelaria Martínez por su en mis habilidades y su disposición para ayudarme han sido fundamentales para la finalización de esta tesis.

RESUMEN

Brosimum alicastrum Swartz es una especie arbórea con potencial para la alimentación animal y humana, que se distribuye de manera natural con incipiente manejo silvícola. El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad de clones propagados por acodo aéreo, mediante el análisis de patrones morfométricos, para determinar las mejores características dasométricas que garanticen mayor sobrevivencia de los clones en una plantación. En octubre de 2024 se desarrolló un experimento donde se evaluó la posición del acodo en la rama y en la copa del árbol. Para el factor rama se analizaron dos niveles: 60 cm y 90 cm de distancia de la punta de la rama al tronco del árbol. Mientras que el factor copa estuvo compuesto de tres niveles: baja, media y alta. A los 100 días se evaluó el porcentaje de sobrevivencia y se midieron variables de la parte aérea y radical de los clones. A pesar de que no se diferenció un grupo cuyos clones incluyeran las mejores características tanto aéreas como radicales; si se pudo documentar que la posición en la rama y copa del árbol, mejoran el crecimiento de los ejemplares. En la rama a 90 cm de la punta hacia el tronco del árbol, se desarrollaron los clones con las mejores características, mayor crecimiento en variables aéreas (copa media-alta) y mayor desarrollo del sistema radical (copa baja). Sin embargo, se debe considerar que estos resultados han sido obtenidos en vivero, por lo que se recomienda la adaptación de los clones a una plantación.

Palabras clave: árbol Ramón; capomo; maíz maya; nuez maya; ojite.

CONTENIDO

HOJA DE APROBACIÓN.....	i
HOJA DE FIRMA DE COMITÉ REVISOR.....	ii
AGREDECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
RESUMEN.....	v
INDICE DE TABLA.....	viii
CONTENIDO DE FIGURAS	ix
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3. HIPOTESIS	4
3.1 Hipótesis general	4
3.2 Hipótesis específicas	4
4. JUSTIFICACIÓN	5
5. MARCO TEORICO	6
5.1 Origen del <i>Brosimum alicastrum</i> Swartz.....	6
5.2 Clasificación botánica del <i>Brosimum alicastrum</i> Swartz.....	6
5.3 Fenología del <i>Brosimum alicastrum</i> Swartz.....	6
5.4 Usos tradicionales	7
5.5 Propagación sexual y asexual de <i>Brosimum alicastrum</i> Swartz en Campeche, México.....	8
5.5.1 Propagación sexual.....	8
5.5.2 Propagación asexual.....	8
5.5.2.1 Acodos	9
5.5.2.1.1 Acodo simple	9
5.5.2.1.2 Acodo terminal.....	9
5.5.2.1.3 Acodo compuesto	9
5.5.2.1.4 Acodo aéreo	9
6. MATERIALES Y METODOS.....	9
6.1 Área de estudio	9

6.2 Diseño experimental de acodo aéreo.....	10
6.3 Variables	12
6.4 Análisis estadístico	13
7. RESULTADOS Y DISCUSIONES	13
7.1 Evaluación de acodos <i>in situ</i>	13
7.2 Evaluación de la parte aérea y radical de los clones	15
7.3 Calidad del clon propagado mediante acodo aéreo	18
8. CONCLUSIÓN.....	24
9. BIBLIOGRAFÍA.....	25
ANEXOS	30

INDICE DE TABLA

Tabla 1. Tratamientos que consideraron a los factores rama y copa en la evaluación del crecimiento de clones de <i>Brosimum alicastrum</i> Swartz reproducidos mediante acodo aéreo.	11
Tabla 2. Variables del sistema aéreo y radical evaluadas para determinar el efecto de la rama y copa en el crecimiento de clones de <i>Brosimum alicastrum</i> Swartz reproducidos mediante acodo aéreo.	12
Tabla 3. Análisis de varianza para determinar el efecto de la rama y copa en el crecimiento de clones de <i>Brosimum alicastrum</i> Swartz reproducidos mediante acodo aéreo.	13
Tabla 4. Análisis de varianza para determinar el efecto de los factores (rama y copa) y su interacción en el crecimiento de variables aéreas y radicales de clones de <i>Brosimum alicastrum</i> Swartz reproducidos mediante acodo aéreo.	16
Tabla 5. Análisis de varianza para determinar el efecto de los grupos formados por el ACP en las variables aéreas y radicales de los clones de <i>Brosimum alicastrum</i> Swartz propagados mediante acodo aéreo.	22

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación espacial del área de estudio donde se evaluó el crecimiento de clones de <i>Brosimum alicastrum</i> Swartz propagados mediante acodo aéreo.....	10
Figura 2. Diámetro final de la rama e incremento del crecimiento de acodos aéreos de <i>Brosimum alicastrum</i> Swartz. (Donde: T1= AB60, T2 = AB90, T3 = M60, T4 =M90, T5 =A60, T6 = A90) (Tukey $\alpha = 0.05$).....	15
Figura 3. Número y diámetro de raíces de acodos de <i>Brosimum alicastrum</i> Swartz. (Donde: T1= AB60, T2 = AB90, T3 = M60, T4 =M90, T5 =A60, T6 = A90) Tukey ($\alpha = 0.05$)	17
Figura 4. Matriz de correlación de Pearson que asocia las variables del sistema aéreo de los clones de <i>Brosimum alicastrum</i> Swartz con las variables de su raíz, propagados mediante acodo aéreo.	19
Figura 5. Agrupación de tratamientos por la técnica multivariada de Clúster en función del efecto que tuvieron en el desarrollo de clones de <i>Brosimum alicastrum</i> Swartz propagados mediante acodo aéreo. (Donde: T1= AB60, T2 = AB90, T3 = M60, T4 =M90, T5 =A60, T6 = A90).....	20
Figura 6. Agrupación de tratamientos por la técnica multivariada de análisis de componentes principales en función del efecto que tuvieron en el desarrollo de clones de <i>Brosimum alicastrum</i> Swartz propagados mediante acodo aéreo. (Donde: T1= AB60, T2 = AB90, T3 = M60, T4 =M90, T5 =A60, T6 = A90)	21
Figura 7. Incremento, diámetro final, diámetro de raíz y número de raíces de acodos de <i>Brosimum alicastrum</i> Swartz. (Donde: T1= AB60, T2 = AB90, T3 = M60, T4 =M90, T5 =A60, T6 = A90) Tukey ($\alpha = 0.05$).....	23

1. INTRODUCCIÓN

Brosimum alicastrum Swartz es una especie arbórea originaria de Mesoamérica y el Caribe, que se distribuye de manera natural en el sureste de México, en selvas perennifolias y subcaducifolias (Vega-López et al., 2003). Al norte de México se le conoce como capomo, en el centro del país como ojite, ojoche u ojuche, y en el sureste como árbol Ramón, oxx, nuez o maíz Maya (Ramírez-Sánchez et al., 2017).

Brosimum alicastrum Swartz es una especie monoica de flores en forma de cabezuela que producen frutos globulares de color amarillo, naranja y rojo al madurar; el árbol alcanza alturas de 15 a 35 m, con tallos rectos, corteza áspera, ramas ascendentes, hojas simples y copa piramidal (López-Barrera et al., 2021). Por sus propiedades nutritivas, calidad forrajera, y disponibilidad durante épocas de sequía, sus usos potenciales para la alimentación animal y humana se han incrementado (Ramírez-Sánchez et al., 2017).

Sin embargo, a pesar de su reciente valor comercial, el árbol Ramón se distribuye de manera natural con prácticamente nulo manejo silvícola, lo que representa un área de oportunidad para generar investigación sobre los métodos de propagación de la especie (Espinosa-Grande et al., 2023a). La propagación para la obtención de los germoplasmas puede ser de manera sexual (semilla) o asexual (estaca, injerto y acodo aéreo) y más recientemente propagación in vitro (Asadi y Shekafandeh, 2021).

Para el caso del árbol Ramón se han generado estudios sobre el efecto de los sustratos (Pérez-de la Cruz et al., 2012) y micorrizas (Espinosa-Grande et al., 2023b) en el desarrollo de plántulas; y sobre la viabilidad de sus clones propagados por estacas, injertos y acodos aéreos (Santillán-Fernández et al., 2021). No obstante, la investigación sobre técnicas de propagación asexual en la especie *Brosimum alicastrum* Swartz es casi nula (Espinosa-Grande et al., 2023a).

Dentro de las técnicas de reproducción vegetativa en árboles forestales, los acodos aéreos han demostrado buena eficiencia (Ahsan et al., 2019), debido a que permiten obtener individuos con características fenotípicas y genotípicas sobresalientes,

multiplicar especies difíciles de propagar por semillas, y obtener germoplasma con rasgos de importancia económica en períodos más cortos, lo que facilita su manejo silvícola (Yang et al., 2019).

El acodo aéreo ha sido eficaz en especies forestales como *Hevea brasiliensis* (hule) (Rueda-Sánchez et al., 2023), *Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz (algarrobo) (Tarnowski, 2021), *Psidium guajava* L. (guayaba) (Aguilera-Arango et al., 2020), *Litchi chinensis* L. (lichi) (Torres-Becerril et al., 2019), *Laguncularia racemosa* L. (mangle) (Castillo-Elías et al., 2021), *Rubus adenotrichos* Schltdl (mora tropical) (Schmidt-Durán et al., 2024), y *Theobroma cacao* L. (Cacao Porcelana) (Moreno-Ávila et al., 2020).

Bajo este contexto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad de clones de *Brosimum alicastrum* Swartz propagados por acodo aéreo, mediante el análisis de patrones morfométricos, para determinar las mejores características dasométricas que garanticen mayor sobrevivencia de los clones en una plantación.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar la calidad de plántula de *Brosimum alicastrum* Swartz usando la técnica acodo aéreo, mediante el análisis de patrones morfométricos, para determinar las mejores características dasométricas que garanticen mayor sobrevivencia de la planta en una plantación.

2.2 Objetivos específicos

Determinar el índice de prendimiento de acodos aéreos de *Brosimum alicastrum* Swartz realizados a tres alturas de la planta y dos distancias con respecto al tallo.

Analizar los patrones morfométricos plántulas de *Brosimum alicastrum* Swartz multiplicadas por acodo aéreo a tres alturas de la planta y dos distancias del tallo.

Analizar las características dasométricas de plántulas de *Brosimum alicastrum* Swartz multiplicadas por acodo aéreo a tres alturas de la planta y dos distancias del tallo.

3. HIPOTESIS

3.1 Hipótesis general

La técnica de acodo aéreo provee características deseables a los clones de *Brosimum alicastrum* Swartz que les garantizan mayor sobrevivencia en campo.

3.2 Hipótesis específicas

A mayor altura de la planta y distancia de las ramas se presentará un mayor índice de prendimiento de acodos aéreos de *Brosimum alicastrum* Swartz

A mayor altura y distancia los acodos aéreos de *Brosimum alicastrum* Swartz tiene una mayor cantidad de hojas y diámetro de tallo.

A mayor altura y distancia los acodos aéreos de *Brosimum alicastrum* Swartz presentaran mayor cantidad de follaje y raíces.

4. JUSTIFICACIÓN

La justificación de esta investigación radica en la importancia de comprender nuevas formas de propagar la especie dada su importancia como recurso local para la alimentación animal y humana. Los resultados de este estudio no solo contribuirán al conocimiento científico sobre la propagación de *Brosimum alicastrum* Swartz, sino que también tendrán implicaciones prácticas en términos de manejo forestal y conservación.

Esta investigación permitirá avanzar en la comprensión de la propagación asexual de la especie para reducir los tiempos de producción de fruto y hoja, mejorando la eficiencia económica de su manejo forestal. Además, proporcionará información valiosa para la conservación y el manejo adecuado de este recurso forestal en el estado de Campeche, México.

5. MARCO TEORICO

5.1 Origen del *Brosimum alicastrum* Swartz.

Según Berg (1972), el árbol de Ramón es originario de América tropical. Su extensión va desde el sur de México a través de Centroamérica hasta Colombia, Perú y Venezuela y en las Islas del Caribe: Cuba, Jamaica y Trinidad. Su hábitat donde prospera es en sitios abarrancados, de naturaleza caliza, con tiempos cortos de insolación, en llanos o terrenos con declives escarpados, sobre laderas calizas muy inclinadas, aunque desarrolla mejor en los llanos fértiles. Se encuentra en áreas con temperatura media anual de 18 a 27 °C, con precipitación anual de 600 mm (Tamaulipas), hasta 4,000 mm (Chiapas y Tabasco). Crece sobre suelos someros, pedregosos con mucha roca aflorante o profundos, con drenaje rápido o muy rápido. Suelos: de color rojizo a gris oscuro y negro con un pH de 6.8-8.2 clasificados como litosoles, suelos de tipo rendzinas, vertisoles, oxisoles y calizos.

5.2 Clasificación botánica del *Brosimum alicastrum* Swartz.

Según el Instituto Nacional de Biodiversidad (1997) la clasificación botánica del Ramón es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Urticales

Familia: Moraceae

Género: *Brosimum*

Especie: *Brosimum alicastrum* Swartz

5.3 Fenología del *Brosimum alicastrum* Swartz.

Según el CONAFOR (2007-2009) la fenología del Ramón es la siguiente:

Follaje: el ramón en la región es perennifolio por lo que conserva su follaje durante todo el año.

Floración: en el estado se ha observado que esta especie florece de noviembre a febrero. Siendo la región sur donde empiezan a florecer algunos individuos desde el mes de noviembre y en la región centro y norte se inicia la floración en los meses de enero y febrero.

Sin embargo, es importante señalar que algunos ejemplares de esta especie pueden florecer fuera de esta época señalada.

Fructificación: como resultado de la floración se pueden encontrar frutos en casi todo el año, sin embargo, el periodo de mayor abundancia es en los meses de enero a febrero en el sur y de abril a junio en el centro y norte.

Frutos maduros: en la zona norte, específicamente en la ciudad de Mérida se ha observado frutos maduros desde abril hasta junio. Y en el sur se han encontrado ejemplares con frutos maduros en los meses de septiembre y en los meses de enero y febrero.

5.4 Usos tradicionales

De acuerdo con el CICY la cultura maya optaba por este árbol debido a lo siguiente:

1. Sus hojas y corteza se usan como tónicas y tratamientos para combatir enfermedades como asma, diabetes, tuberculosis y bronquitis, por mencionar algunas.
2. Hojas, tallos, frutos y semillas nutren al ganado bovino, caprino, equino y porcino. Este forraje es aprovechable principalmente en época de sequía.

3. Su madera es muy manejable en la fabricación de artículos y de ella también se extrae base para chicle.
4. Su semilla para la producción de harina sin gluten y un alto valor proteico.
5. Su semilla como sustituto del café.

5.5 Propagación sexual y asexual de *Brosimum alicastrum* Swartz en Campeche, México.

De acuerdo con un estudio realizado se determinó que, en el método de propagación por semilla, el porcentaje de germinación en vivero estuvo asociado con sustratos de pH neutro y baja porosidad, y la calidad de plántulas a contenedores con diámetros grandes (36 cm). La propagación asexual por estacas no fue factible; los mejores resultados se obtuvieron con el método acodos aéreos con un 90% de sobrevivencia, e injerto con la técnica enchape lateral con un 75 % de prendimiento. Lo que se recomienda que si se quiere acortar el periodo las opciones más factibles son el injerto y el acodo aéreo. (Santillán, 2021).

5.5.1 Propagación sexual.

Propagación donde se une gametos masculinos y femeninos para crear un nuevo ser por medio de una flor para después convertirse en una semilla.

5.5.2 Propagación asexual.

La propagación vegetativa se efectúa cuando a partir de una célula de una planta (tallos, raíces o hojas) y este se regeneren en una planta nueva o varias plantas por medio de la mitosis.

5.5.2.1 Acodos

Es desarrollar raíces en un tallo que está unido aun en la planta madre, el tallo, una vez que este enraizado, se separa para convertirse en una nueva planta que crece sobre sus propios medios (Raíces).

5.5.2.1.1 Acodo simple

Se efectúa doblando una rama de la copa inferior suficientemente larga hasta el suelo y cubriendo parcialmente con tierra dejando expuesto su extremo terminal (“Acodos”, 2025).

5.5.2.1.2 Acodo terminal

Se forma a partir de la punta de la rama principal que se dobla y se cubre parcialmente de tierra para que este desarrolle raíces.

5.5.2.1.3 Acodo compuesto

Se propaga por medio de una rama larga y flexible siguiendo los pasos para los acodos simple con la diferencia de que la rama queda alternativamente cubierta a lo largo de su extensión.

5.5.2.1.4 Acodo aéreo

En este tipo de acodo las raíces se forman en la parte suspendida del árbol (aérea), después que el tallo se ha hecho incisiones rectas y circulares, cual el punto lesionado se convierte en un medio para raíces, este se cubre con medios de sustratos y se envuelven para su formación.

6. MATERIALES Y METODOS

6.1 Área de estudio

El estudio in vivo de acodos aéreos se desarrolló en una plantación de *Brosimum alicastrum* Swartz situada en la localidad de Sihochac (Champotón, Campeche). Mientras que el análisis de variables de laboratorio se efectuó en las instalaciones del Colegio de Postgraduados campus Campeche (ColPos Campeche) (Figura 1). La región se caracteriza por una cobertura de selva mediana subperennifolia, con

suelos arcillosos y precipitaciones de 800 a 1200 mm, con épocas de estiaje de tres a siete meses, temperatura media anual de 30 °C, altitudes de 30 a 80 msnm, y clima cálido húmedo (CONABIO, 2024).

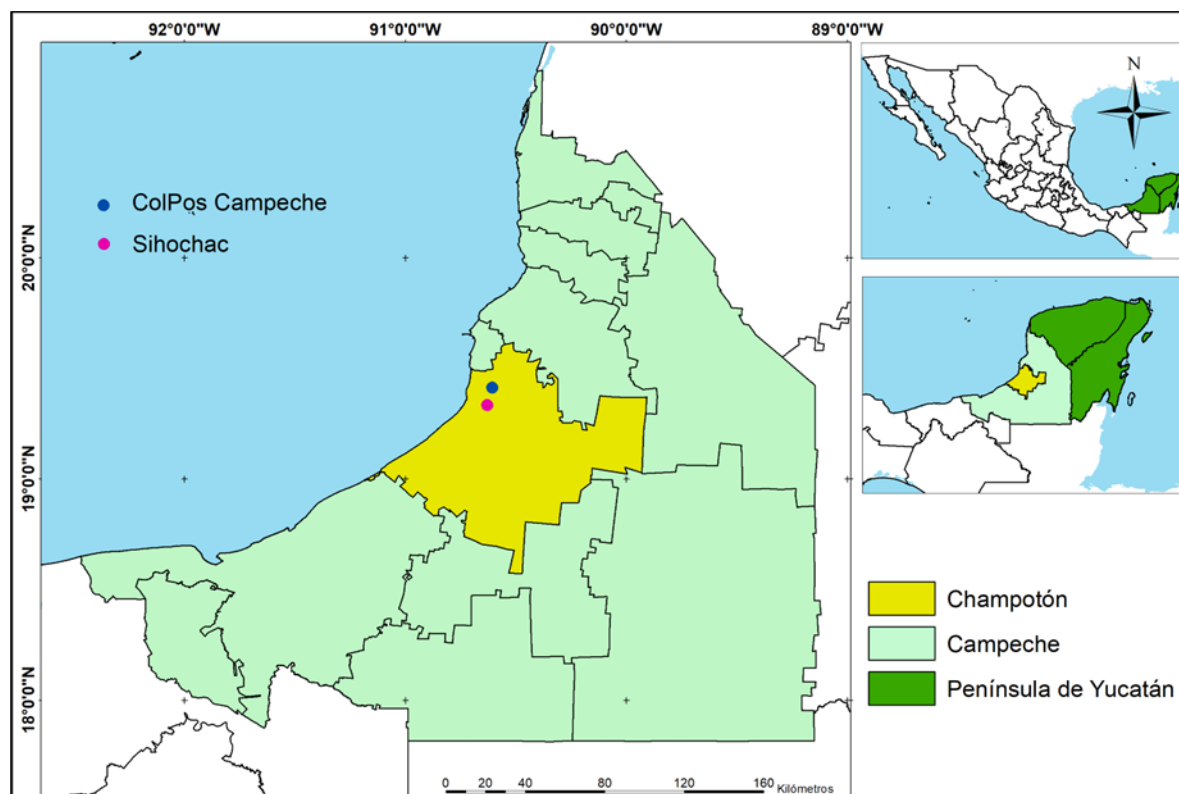


Figura 1. Ubicación espacial del área de estudio donde se evaluó el crecimiento de clones de *Brosimum alicastrum* Swartz propagados mediante acodo aéreo.

6.2 Diseño experimental de acodo aéreo

El 30 de octubre de 2024 se desarrolló un experimento de propagación in vivo por acodo aéreo a árboles jóvenes de *Brosimum alicastrum* Swartz (menos de 5 años) de una plantación situada en la localidad de Sihochac (Champotón, Campeche). Mediante un recorrido en campo, se seleccionaron arboles sanos, vigorosos, libres de plagas y rectos sin bifurcación (Ver anexo 1).

Se consideró un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial, donde se evaluó la posición del acodo en la rama y en la copa del árbol. Para el factor rama se analizaron dos niveles: 60 cm y 90 cm de distancia de la punta de la

rama al tronco del árbol. Mientras que el factor copa estuvo compuesto de tres niveles: baja, media y alta. La combinación de los factores dio un total de seis tratamientos con 6 repeticiones por tratamiento (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos que consideraron a los factores rama y copa en la evaluación del crecimiento de clones de *Brosimum alicastrum* Swartz reproducidos mediante acodo aéreo.

Tratamiento	Factores		Repeticiones
	Rama	Copa	
T1	60	Bajo	6
T2	90	Bajo	6
T3	60	Medio	6
T4	90	Medio	6
T5	60	Alto	6
T6	90	Alto	6
Total			36

Para el desarrollo de los acodos, se buscaron ramas vigorosas con diámetros de 15 mm para los acodos de 90 cm, y 9 mm para los acodos de 60 cm. Con una navaja se hizo un anillado donde se eliminó la corteza en un área de 2 cm y con el fin de evitar la cicatrización se raspó la zona eliminando el cámbium y floema. (Ver anexo 4).

En una bolsa de plástico transparente se introdujeron 250 g de un sustrato previamente humedecido compuesto por una mezcla de tierra de monte sin desinfectar y cernida (50%) con peat moss® (50%). Para evitar la pérdida de luz y humedad, las bolsas transparentes fueron sujetadas en sus extremos con bolsas negras, y se regó el sustrato cada 20 días con 60 mL de agua con ayuda de una jeringa, conforme la metodología descrita por Durán-Casas et al. (2013) (Ver anexo 2, 3 y 5).

6.3 Variables

A los 100 días de establecido el experimento se evaluó el porcentaje de sobrevivencia (%) por tratamiento. Mediante un muestreo destructivo se seleccionaron al azar tres ejemplares por tratamiento y se midieron variables de la parte aérea y radical después de remover los residuos de sustrato (Tabla 2). Para el caso de los pesos secos, se midieron después de extraer el material vegetativo de una estufa con circulación de aire forzado a 70 °C durante 24 h. (Ver anexo 6).

Incremento de crecimiento de acodos: el aumento del acodo aéreo que incrementó en el transcurso de los 100 días de las dos medidas (60, 90) después de haberse establecido, se cortó el incremento para recolectar las variables.

Tabla 2. Variables del sistema aéreo y radical evaluadas para determinar el efecto de la rama y copa en el crecimiento de clones de *Brosimum alicastrum* Swartz reproducidos mediante acodo aéreo.

Sistema	Variable		
	Clave	Descripción	Unidad
 Aéreo	PFIInA	Peso Fresco del Incremento	g
	PSInA	Peso Seco del Incremento	g
	NHojas	Número de Hojas	Número
	PFHojas	Peso Fresco de Hojas	g
	PSHojas	Peso Seco de Hojas	g
	LRama	Longitud de la Rama*	cm
	DRama	Diámetro de la Rama**	mm
	DIClon	Diámetro Inicial del Clon**	mm
	DFClon	Diámetro Final del Clon	mm
	InClon	Incremento del Clon	mm
 Radical	NRaiz	Número de Raíces	Número
	DRaiz	Diámetro de la Raíz principal	cm
	PFRaiz	Peso Fresco de las Raíces	g
	PSRaiz	Peso Seco de las Raíces	g

6.4 Análisis estadístico

Para determinar el efecto en el crecimiento de los clones según su posición en la rama, copa e interacción rama x copa, los datos se analizaron por medio de un análisis de varianza (ANOVA) y separación de medias por Tukey ($\alpha = 0.05$). Mediante la correlación de Pearson ($\alpha = 0.05$) se estableció la asociación que guardan entre sí las variables de la parte aérea de los acodos con las variables de la raíz. Además, se agruparon aquellos tratamientos que tuvieron efectos similares en el desarrollo de los acodos mediante un análisis de clúster y componentes principales (ACP) por el método basado en correlaciones. En el caso de los grupos diferenciados por ACP, mediante un ANOVA y pruebas de medias por Tukey ($\alpha = 0.05$), se determinó su influencia en el desarrollo de variables aéreas y radicales de los clones. Los análisis estadísticos se desarrollaron en el software estadístico R de libre acceso (Venables & Smith, 2023).

7. RESULTADOS Y DISCUSIONES

7.1 Evaluación de acodos *in situ*

El porcentaje de sobrevivencia de los clones, a los 100 días de establecido el experimento fue del 100 %. Las variables asociadas a diámetro (DFClon) e incremento (InClon) del clon fueron influenciadas significativamente ($Pr < 0.05$) por el factor rama y la interacción rama x copa, mientras que el factor copa solo fue significativo para la variable DFClon (**Tabla 3**). El efecto de la posición en la rama y en la copa del árbol sobre el crecimiento de los clones propagados por acodos, ha sido analizado por Liao Torres *et al.* (2012) en frutales tropicales de camu camu (*Myrciaria dubia*). Sin embargo, para el caso de *Brosimum alicastrum* Swartz estos efectos no han sido documentados (Espinosa-Grande *et al.*, 2023).

Tabla 3. Análisis de varianza para determinar el efecto de la rama y copa en el crecimiento de clones de *Brosimum alicastrum* Swartz reproducidos mediante acodo aéreo.

Variable	Factores		
	Rama	Copa	Interacción

	F-Value	P-Value	F-Value	P-Value	F-Value	P-Value
LRama	0.01	0.9201	3.03	0.0631	0.87	0.4307
DRama	0.01	0.9302	0.75	0.4800	0.27	0.7700
DIClon	2.22	0.1471	1.95	0.1604	1.55	0.2294
DFClon	4.20	0.0493*	3.42	0.0458*	5.32	0.0106*
InClon	4.93	0.0342*	2.25	0.1226	3.07	0.0474*

*Significativo al 5% ($\alpha = 0.05$)

Los clones con mayor crecimiento fueron aquellos cuyos tratamientos se ubicaron en la copa media y alta del árbol, y a 90 cm de distancia de la punta de la rama al tronco del árbol (**Figura 2**). Liao Torres *et al.* (2012) encontraron que el desarrollo de los clones propagados mediante acodo aéreo en arboles tropicales suele ser mayor en la copa media de los árboles y su diámetro es directamente proporcional al tamaño de los diámetros iniciales, lo que explica porque a 90 cm se encontraron mejores características que a 60 cm, pues los diámetros de 90 cm (15 mm) fueron mayores que los de 60 cm (9 mm).

Sin embargo, el incremento del clon fue mayor en la copa alta del árbol y a 60 cm, debido a que, en especies forestales, el crecimiento suele ser más rápido en la punta de las ramas que se ubican en las partes más altas de los árboles (Qi *et al.*, 2021). No obstante, Rueda-Sánchez *et al.* (2023) encontraron que la sobrevivencia en plantaciones forestales de clones propagados mediante acodo aéreo de *Hevea brasiliensis* (hule), fue mejor para los ejemplares con los mayores diámetros, debido a que tienden a desarrollar un mayor número de raíces.

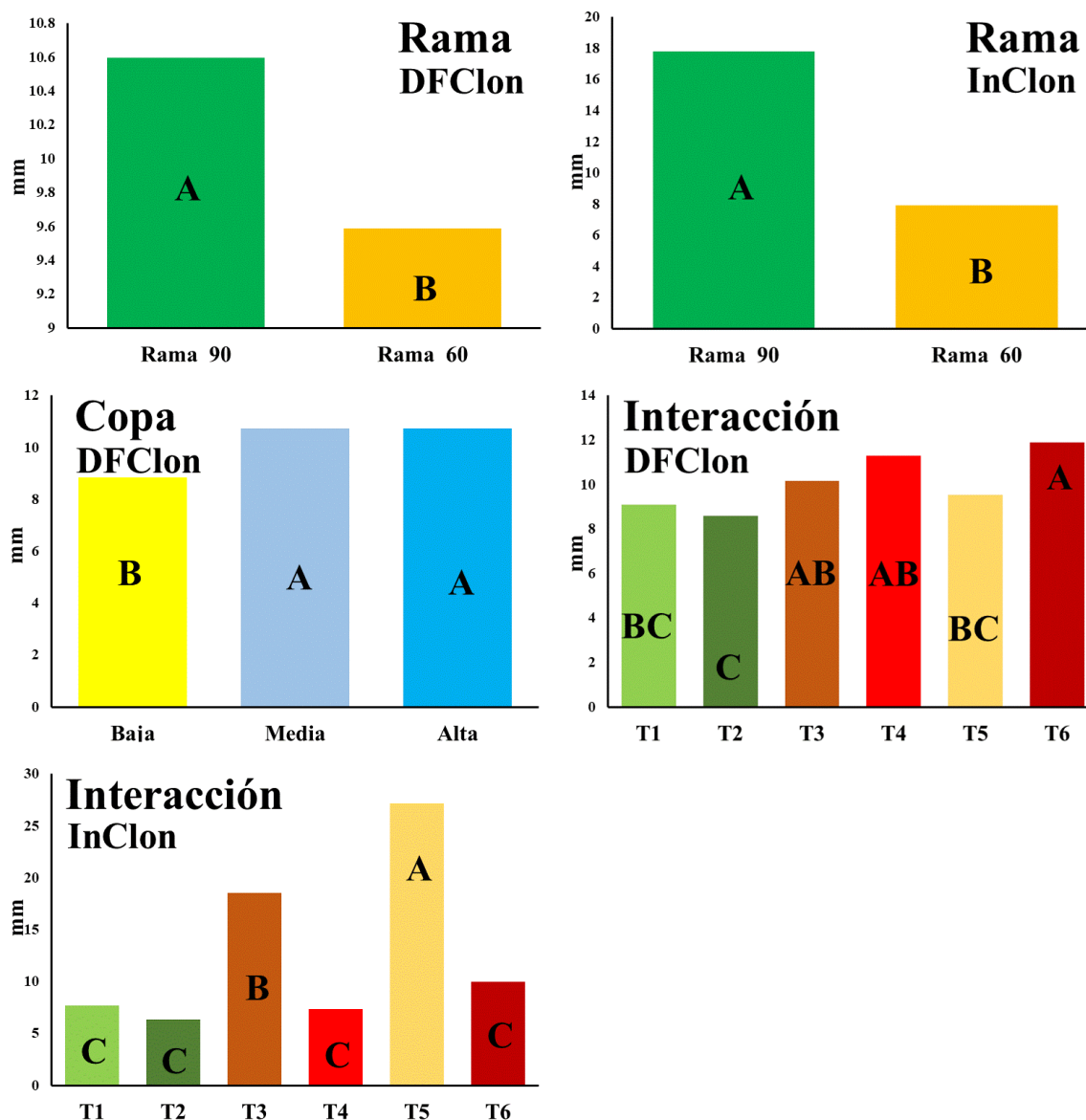


Figura 2. Diámetro final de la rama e incremento del crecimiento de acodos aéreos de *Brosimum alicastrum* Swartz. (Donde: T1= AB60, T2 = AB90, T3 = M60, T4 =M90, T5 =A60, T6 = A90) (Tukey $\alpha = 0.05$)

7.2 Evaluación de la parte aérea y radical de los clones

Las variables aéreas no fueron influenciadas significativamente ($Pr > 0.05$) por los factores rama, copa, ni la interacción rama x copa. Sin embargo, las variables radicales número de raíces (NRaíz) y diámetro de la raíz (DRaíz) si mostraron significancia estadística para estos factores y su interacción, a excepción de DRaíz donde el factor rama no fue significativo (**Tabla 4**). Los clones propagados mediante acodo desarrollan mejor el sistema radical que el aéreo, debido a que la planta

madre proporciona agua y nutrientes mientras se forman las raíces, lo que favorece el crecimiento radical más robusto y rápido (Zhang *et al.*, 2022).

Tabla 4. Análisis de varianza para determinar el efecto de los factores (rama y copa) y su interacción en el crecimiento de variables aéreas y radicales de clones de *Brosimum alicastrum* Swartz reproducidos mediante acodo aéreo.

Sistema	Variable	Factores					
		Rama		Copa		Interacción	
		F- Value	P- Value	F- Value	P- Value	F- Value	P- Value
Aéreo	PFI _n A	1.39	0.2619	1.04	0.3833	1.29	0.3120
	PSI _n A	2.83	0.1181	0.87	0.4457	1.80	0.2073
	NHojas	1.34	0.2696	0.27	0.7700	0.05	0.9530
	PFHojas	1.30	0.2759	0.28	0.7575	0.07	0.9333
	PSHojas	0.74	0.4075	0.18	0.8365	0.00	0.9997
Radical	NRaíz	3.33	0.0472*	3.72	0.0405*	3.96	0.0410*
	DRaíz	0.41	0.5361	3.51	0.0466*	3.79	0.0476*
	PFRaíz	3.04	0.1066	0.96	0.4108	0.01	0.9866
	PSRaíz	2.94	0.1123	0.91	0.4286	0.17	0.8460

*Significativo al 5% ($\alpha = 0.05$)

Los clones que desarrollaron un mayor número de raíces se ubicaron en la copa baja de los árboles, y a una distancia de la punta de la rama al tronco del árbol de 90 cm (**Figura 3**). No obstante, los clones que presentaron los mayores diámetros de sus raíces, también estuvieron a 90 cm en la rama, pero en la copa media y alta del árbol. En la fisiología de las plantas, la raíz es de vital importancia, ya que les permite adaptarse al suelo y absorber nutrientes y agua (Rodríguez-Pérez, 2006). Por lo que, en la adaptación de los clones a una plantación, suele ser más importante el número de raíces que el grosor (diámetro) de estas (Rueda-Sánchez *et al.*, 2023).

Al respecto Santillán-Fernández *et al.* (2021) encontraron números similares, a este estudio, de raíces en clones de *Brosimum alicastrum* Swartz propagados por acodo

aéreo en Campeche (11 a 15). Sin embargo, el análisis de Santillán-Fernández *et al.* (2021) evaluó diferentes sustratos, y en nuestro caso se analizó el efecto de la rama y la copa del árbol, donde existe poca investigación al respecto, lo que deja un área de oportunidad para el desarrollo de más conocimiento sobre el efecto de estos factores en el crecimiento de clones propagados por acodo aéreo para *Brosimum alicastrum* Swartz (Espinosa-Grande *et al.*, 2023).

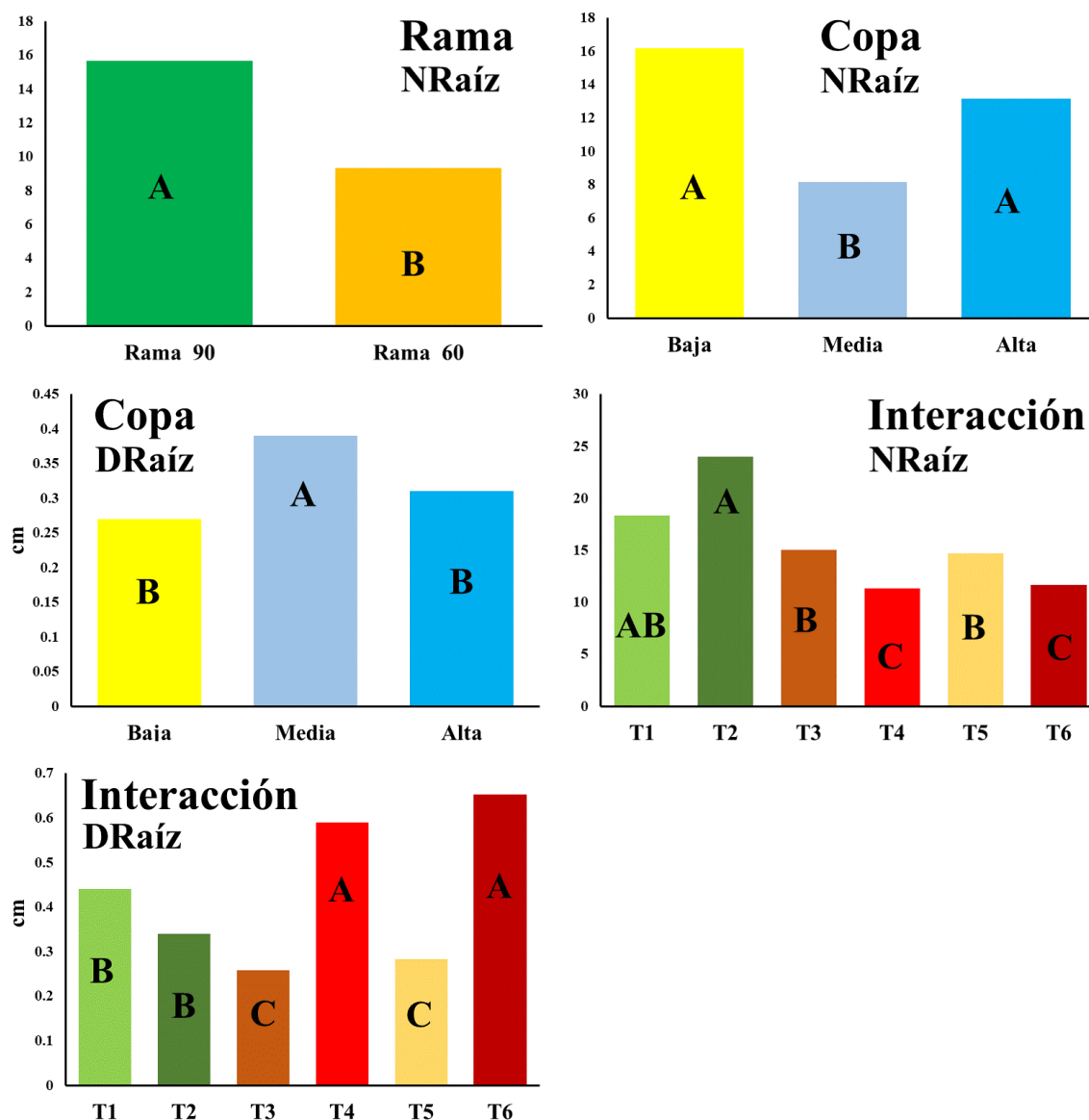


Figura 3. Número y diámetro de raíces de acodos de *Brosimum alicastrum* Swartz. (Donde: T1= AB60, T2 = AB90, T3 = M60, T4 =M90, T5 =A60, T6 = A90) Tukey ($\alpha = 0.05$)

7.3 Calidad del clon propagado mediante acodo aéreo

Al asociar mediante la correlación de Pearson las variables del sistema aéreo de los acodos con las variables del sistema radical, se encontró como se esperaba una relación alta y directamente proporcional ($\rho > 0.93$) entre los pesos frescos y secos de las variables de raíz, incremento del clon, y hoja (**Figura 4**). Sin embargo, las variables NRaíz y DRaíz se asociaron inversamente proporcional ($\rho = -0.73$), mientras que el DFClon se asoció de manera directamente proporcional con DIClon ($\rho = 0.77$) y DRama ($\rho = 0.80$); así como el InClon estuvo en proporción con la LRama ($\rho = 0.73$).

Estos resultados sugieren que los clones con el mayor número de raíces desarrollaron raíces delgadas; y que los diámetros finales e incrementos de los clones de la parte aérea estuvieron en función de la posición en la rama, lográndose las mejores características en los ejemplares propagados a 90 cm donde el diámetro inicial y longitud de la rama fue mayor. Sin embargo, se encontró poca literatura científica que reporte la técnica de propagación por acodos para *Brosimum alicastrum* Swartz (Santillán-Fernández *et al.*, 2021). Por lo que la investigación sobre este tópico es fundamental para una especie que se distribuye mayormente de manera natural con reciente valor comercial (Espinosa-Grande *et al.*, 2023).

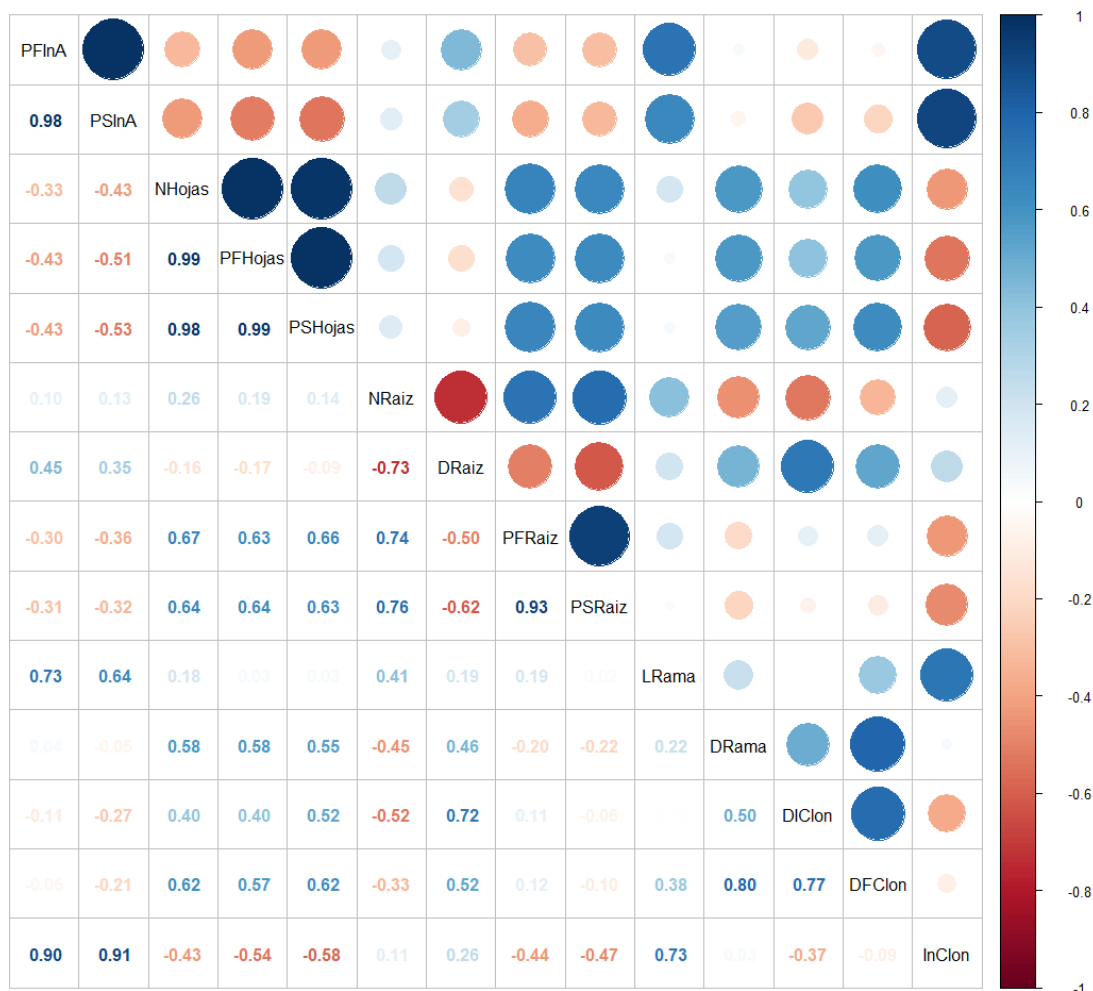


Figura 4. Matriz de correlación de Pearson que asocia las variables del sistema aéreo de los clones de *Brosimum alicastrum* Swartz con las variables de su raíz, propagados mediante acodo aéreo.

El análisis multivariado: Clúster (Dendrograma, **Figura 5**) y Componentes Principales (**Figura 6**) diferenciaron tres grupos. En el ACP se encontró que en el primer componente (Prin1) se agruparon las variables asociadas con la parte aérea de los acodos, siendo las variables InClon (-0.37) y DFClon (+0.40) las de mayor significancia; mientras que el segundo componente (Prin2) integró a las variables asociadas con la raíz, con NRaíz (-0.37) y DRaíz (+0.44) las de mayor significancia. Entre ambos componentes Prin1 (41.88%) y Prin2 (27.90%) explicaron el 69.78% de la varianza total de los datos. El signo negativo en los valores indica una asociación inversamente proporcional y el signo positivo una asociación directamente proporcional (Abdi y Williams, 2010).

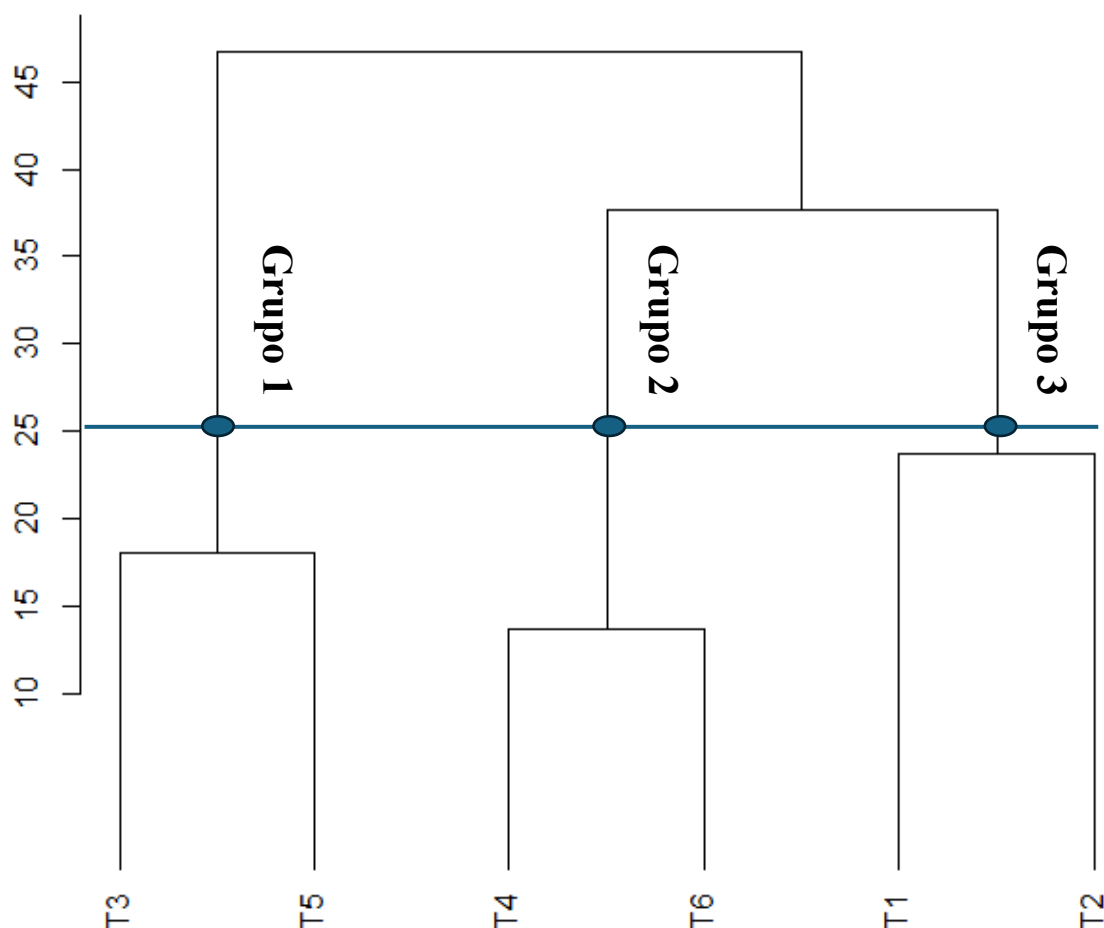


Figura 5. Agrupación de tratamientos por la técnica multivariada de Clúster en función del efecto que tuvieron en el desarrollo de clones de *Brosimum alicastrum* Swartz propagados mediante acodo aéreo. (Donde: T1= AB60, T2 = AB90, T3 = M60, T4 =M90, T5 =A60, T6 = A90)

La dispersión de los eigenvalores para los seis tratamientos permitió caracterizar a los tres grupos (Figura 6). De esta manera se encontró que:

- Grupo 1: Incluyó a los tratamientos cuyos ejemplares fueron propagados en la rama a 60 cm, en copa media y alta del árbol. Sus clones presentaron en la parte aérea los mayores incrementos con los diámetros más pequeños; con las raíces más gruesas, y un número intermedio de ellas entre los tres grupos diferenciados.
- Grupo 2: Tratamientos cuyos ejemplares fueron propagados en la rama a 90 cm, en copa media y alta del árbol. Sus clones presentaron en la parte aérea los menores incrementos, pero con los mayores diámetros. Mientras que, en

la parte radical, sus ejemplares tuvieron las raíces más gruesas, pero con el menor número de ellas.

- c) Grupo 3: Este grupo incluyo a los tratamientos que se ubicaron en la copa baja del árbol tanto a 60 cm como a 90 cm de la rama. Sus clones presentaron en la parte aérea valores intermedios de incremento y diámetro respecto a los otros dos grupos. Sin embargo, sus ejemplares fueron los de mayor número de raíces, aunque con las raíces más delgadas de los tres grupos.

A pesar de que no se diferenció un grupo cuyos clones incluyeran las mejores características tanto aéreas como radicales; los acodos del Grupo 3 tuvieron el mayor número de raíces, lo que puede contribuir a que la adaptación a suelo firme tenga mayor probabilidad de éxito (Rueda-Sánchez *et al.*, 2023).

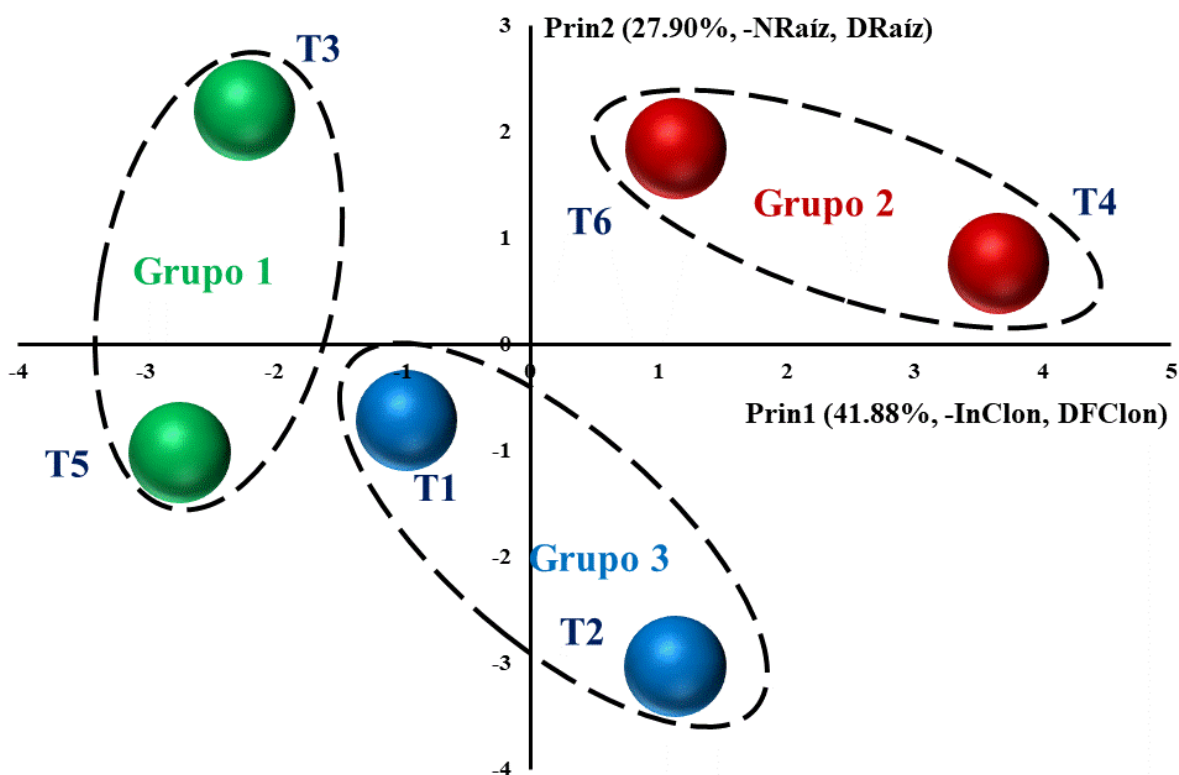


Figura 6. Agrupación de tratamientos por la técnica multivariada de análisis de componentes principales en función del efecto que tuvieron en el desarrollo de clones de *Brosimum alicastrum* Swartz propagados mediante acodo aéreo. (Donde: T1= AB60, T2 = AB90, T3 = M60, T4 =M90, T5 =A60, T6 = A90)

Finalmente, en el análisis de varianza para las variables aéreas y radicales por grupo formado, se encontraron diferencias estadísticas significativas ($Pr < 0.05$) en cuatro variables: DFClon, InClon, NRaíz, DRaíz (**Tabla 5**). Los clones de los Grupos Uno y Dos mostraron los mayores crecimientos en variables aéreas. Sin embargo, los ejemplares del Grupo Uno tuvieron el mayor desarrollo de raíces (**Figura 7**). Aunque en la adaptación de clones a una plantación influyen varios factores, uno de los principales es el desarrollo radicular de los ejemplares, ya que un mayor número de raíces garantiza una mayor sobrevivencia (Fernández *et al.*, 2013).

Por tanto, la elección de los clones queda sujeta a su finalidad. Sin embargo, para *Brosimum alicastrum* Swartz se requiere ampliar la frontera de conocimiento sobre sus formas de propagación, en virtud de su poco manejo silvícola y su reciente valor comercial como proveedor de materia prima para la elaboración de alimentos funcionales (Espinosa-Grande *et al.*, 2023). En nuestro caso se documentó que, al parecer en la rama a 90 cm de la punta hacia el tronco del árbol, se desarrollaron los clones con las mejores características, mayor crecimiento en variables aéreas (copa media-alta) y mayor desarrollo del sistema radical (copa baja).

Tabla 5. Análisis de varianza para determinar el efecto de los grupos formados por el ACP en las variables aéreas y radicales de los clones de *Brosimum alicastrum* Swartz propagados mediante acodo aéreo.

Sistema	Variable	F-Value	P-Value
Aéreo	PFI _n A	0.02	0.9779
	PSI _n A	0.79	0.5291
	NHojas	3.18	0.1813
	PFHojas	2.88	0.2006
	PSHojas	3.91	0.1460
	LRama	3.27	0.1761
	DRama	2.83	0.2036
	DIClon	1.17	0.4221
	DFClon	22.79	0.0153*
	InClon	10.81	0.0425*
Radical	NRaiz	18.75	0.0202*

DRaíz	33.84	0.0087*
PFRaíz	0.70	0.5627
PSRaíz	0.45	0.6754

*Significativo al 5% ($\alpha = 0.05$)

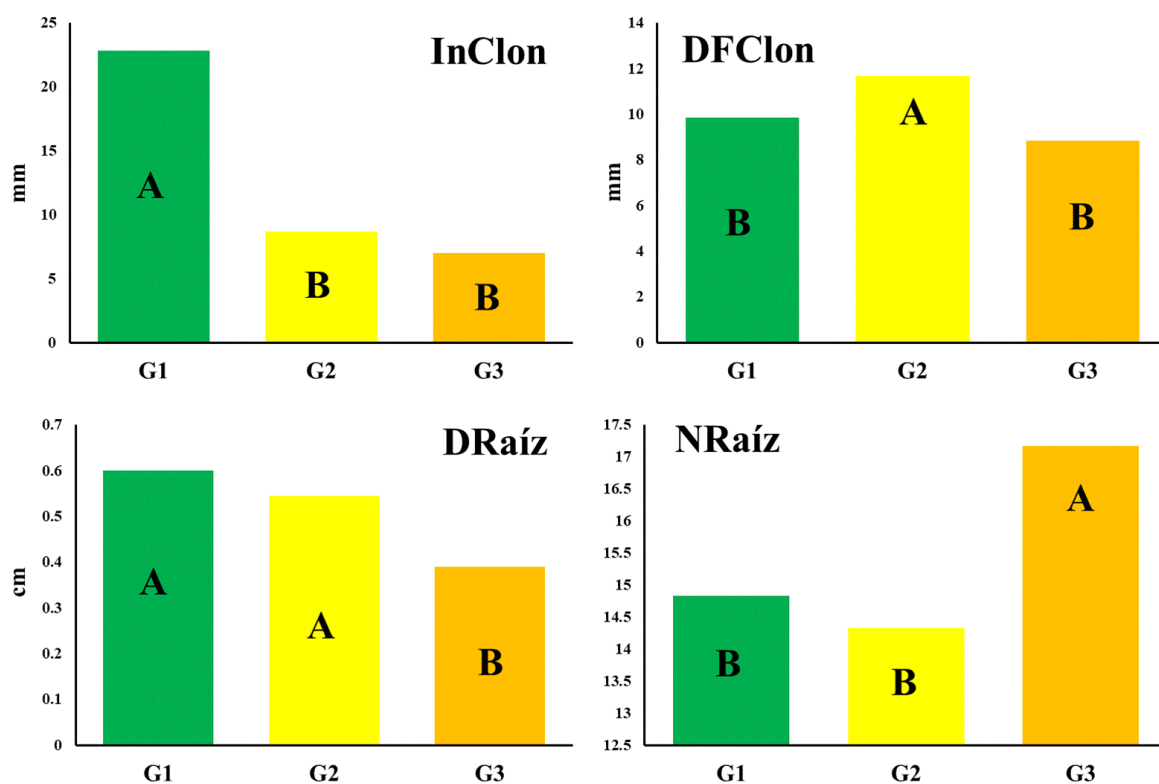


Figura 7. Incremento, diámetro final, diámetro de raíz y número de raíces de acodos de *Brosimum alicastrum* Swartz. (Donde: T1= AB60, T2 = AB90, T3 = M60, T4 =M90, T5 =A60, T6 = A90) Tukey ($\alpha = 0.05$)

8. CONCLUSIÓN

En la propagación por acodo aéreo de *Brosimum alicastrum* Swartz, la posición en la rama y copa del árbol, mejoraron el crecimiento de los ejemplares. En la rama a 90 cm de la punta hacia el tronco del árbol, se desarrollaron los acodos aéreos con las mejores características, mayor crecimiento en variables aéreas (incremento y diámetro: copa media-alta) y mayor desarrollo del sistema radical (número de raíces: copa baja). Sin embargo, se debe considerar que estos resultados han sido obtenidos en la parcela, por lo que se recomienda la adaptación de los acodos aéreos a una plantación. De igual manera se documentó poca investigación sobre las técnicas de propagación de la especie, lo que se presenta como un área de oportunidad para el desarrollo de investigación sobre una especie con incipiente manejo silvícola y reciente valor comercial.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Abdi, H., & Williams, L. J. (2010). Principal component analysis. *Wiley interdisciplinary reviews: computational statistics*, 2(4), 433-459. <https://doi.org/10.1002/wics.101>
- Aguilera-Arango, G. A., Rodríguez-Henao, E., Chaparro-Zambrano, H. N., & Orduz-Rodríguez, J. O. (2020). Estado actual de la investigación para el cultivo de guayaba en Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 31(3): 830-845. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v31i3.40207>
- Ahsan, M. U., Hayward, A., Alam, M., Bandaralage, J. H., Topp, B., Beveridge, C. A., & Mitter, N. (2019). Scion control of miRNA abundance and tree maturity in grafted avocado. *BMC Plant Biology*, 19(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-1994-5>
- Asadi, Z. A. M., & Shekafandeh, A. (2021). In vitro grafting of 'Sahand' cultivar on two wild almond rootstocks and evaluation of its some physiological and biochemical traits vis-a-vis different rootstocks. *Plant Cell Tiss Organ Cult*, 145, 507-516. <https://doi.org/10.1007/s11240-021-02021-6>
- Berg, C. (1972). Olmedieae Brosimeae (Moraceae). *Flora Neotropica*, 7, 1-228.
- %%*Brosimum alicastrum*%% Sw. (s. f.).
- Calder, I., Hofer, T., Vermont, S., & Warren, P. (2007). Hacia una nueva comprensión de los bosques y el agua. *Unasylva: Revista Internacional de Silvicultura E Industrias Forestales*, 58(229), 3-10. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2553174>
- Castillo-Elías, B., Gervacio-Jiménez, H., & Vences-Martínez, J. Á. (2021). Propagación vegetativa del mangle (*Laguncularia racemosa* (L.) CF Gaertn.) bajo condiciones de vivero. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 12(67), 168-184. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i67.1082>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2024). Portal de Geoinformación. Climatología. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

- David Alvarado Güinac. (2006). Búsqueda, colecta, caracterización y preservación de materiales de Ramón (*Brosimum alicastrum*) en la región Sur-Occidental de Guatemala. [Tesis universitaria]. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.
- Durán-Casas, S., Veloza Suan, C., Magnitskiy, S., & Lancheros, H. O. (2013). Evaluation of uva camarona (*Macleania rupestris* Kunth AC Smith) propagation with air layering. *Agronomía Colombiana*, 31(1), 18–26. <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v31n1/v31n1a03.pdf>
- Espinosa-Grande, E., Santillán-Fernández, A., Chávez-Vergara, B., Vargas-Díaz, A. A., Tadeo-Noble, A. E., & Bautista-Ortega, J. (2023a). Space-time analysis of scientific research on *Brosimum alicastrum* Swartz. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 76(1), 10247-10261. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v76n1.101008>
- Espinosa-Grande., E, Chávez-Vergara, B. M., Vargas-Díaz, A. A., Tadeo-Noble., A. E., Bautista-Ortega, J., Cetina-Alcalá., V. M., Uicab Brito., L. A., & Santillán-Fernández., A. (2023). El efecto de los consorcios micorrícicos y el tipo de fertilización en la calidad de plántulas en un vivero del árbol Ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) en Campeche, México. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(3), e3082. https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num3_art:3082
- Fernández, A., Gálvez, J., Imán, S., Pinedo, S., & Pérez, M. (2013). Permanencia en vivero del acodo aéreo de *Myrciaria dubia* “camu camu” y su efecto en la supervivencia en campo definitivo. *Ciencia Amazónica* (Iquitos), 3(1), 16-18. <https://doi.org/10.22386/ca.v3i1.47>
- Grande, E. E., Chávez-Vergara, B. M., Vargas-Díaz, A. A., Tadeo-Noble, A. E., Bautista-Ortega, J., Alcalá, V. M. C., Brito, L. A. U., & Fernández, A. S. (2023). El efecto de los consorcios micorrícicos y el tipo de fertilización en la calidad de plántulas en un vivero del árbol Ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) en Campeche, México. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(3). https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num3_art:3082

- Hernández-González, O., Vergara-Yoisura, S., & Larqué-Saavedra, A. (2015).
Primeras etapas
de crecimiento de *Brosimum alicastrum* Sw. en Yucatán. *Revista Mexicana de
Ciencias Forestales*, 6(27), 38-49.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v6n27/v6n27a4.pdf>
- Jacob, M. G. (2015, 1 junio). Propagación vegetativa de guanábano.
<https://repositorio.chapingo.edu.mx/handle/123456789/1528>
- Jose, A. R., MA. (2015, 9 septiembre). IMPORTANCIA DE LA PROPAGACIÓN
ASEXUAL EN EL DESARROLLO DE UN VIVERO.
<https://hdl.handle.net/20.500.12104/22526>
- Liao Torres, J. O., Imán Correa, S. A., & Soplin Ríos, J. A. (2012). Efecto de la
ubicación y diámetro de la rama en tres genotipos promisorios de *Myrciaria
dubia* (H.B.K.) “camu camu” para propagación vegetativa por acodo
aéreo. *Scientia Agropecuaria*, 3(3), 225-233.
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2012.03.04>
- López-Barrera, G., M. Ochoa-Zavala, M. Quesada, N. Harvey, J. Núñez-Farfán, A.
González-Rodríguez, V. Rocha-Ramírez and K. Oyama. 2021. Genetic
imprints of *Brosimum alicastrum* Sw. in Mexico. *American Journal of Botany*
108(9):1793-1807. Doi: 10.1002/ajb2.1725.
- Miguel-Chávez, R. S., Soto-Hernández, R. M., Vergara-Yoisura, S., Del Rocío
Martínez-Ruiz, N., Tucuch-Haas, C., & Larqué-Saavedra, A. (2023).
Brosimum alicastrum: sexado, producción de flores, semillas y reguladores
de crecimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(4), 591-602.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v14i4.3060>
- Moreno-Ávila, G., Sánchez-Vera, Z., Portillo-Páez, E., Ramírez-Villalobos, M., &
Gómez, Á. (2020). Propagación asexual del Cacao Porcelana (*Theobroma
cacao* L.) mediante la técnica de acodo aéreo / Asexual propagation of
Porcelana cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante la técnica de acodo
aéreo. *Revista De La Facultad De Agronomía De La Universidad Del
Zulia*, 37, 31-37.
<https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/32987>

- Pérez-de la Cruz, S., Orantes-García, C., Garrido-Ramírez, E. R., & Cruz-López, J. A. (2012). Diferencias en crecimiento y desarrollo de plántulas de mojú (*Brosimum alicastrum* Swartz) en condiciones de vivero. *Lacandonia*, 6(2), 51-57.
- Qi, J. H., Fan, Z. X., Fu, P. L., Zhang, Y. J., & Sterck, F. (2021). Differential determinants of growth rates in subtropical evergreen and deciduous juvenile trees: carbon gain, hydraulics and nutrient-use efficiencies. *Tree Physiology*, 41(1), 12-23. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpaa131>
- Ramírez-Sánchez, S., D. Ibáñez-Vázquez, M. Gutiérrez-Peña, M. S. Ortega-Fuentes, L. L. García-Ponce y A. Larqué-Saavedra. 2017. El ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) una alternativa para la seguridad alimentaria en México. *Agroproductividad* 10:80-83. <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/943>
- Rodríguez-Pérez, L. (2006). Implicaciones fisiológicas de la osmorregulación en plantas. *Agronomía Colombiana*, 24(1), 28-37. <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v24n1/v24n1a04.pdf>
- Rueda-Sánchez, A., Zacamo-Velázquez, N. Y., Sáenz-Reyes, J. T., Ireta-Moreno, J., Pérez-Domínguez, J. F., de Dios Benavides-Solorio, J., & García-García, D. A. (2023). Crecimiento y producción de clones de *Hevea brasiliensis* (hule) en plantaciones experimentales en el estado de Jalisco, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 19(2), 25-35. <https://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/335>
- Santillán-Fernández, A., Santiago-Santes, O. V., Espinosa-Grande, E., Huicab-Pech, Z. G., Larqué-Saavedra, F. A., & Bautista-Ortega, J. (2021). Propagación sexual y asexual de *Brosimum alicastrum* Swartz en Campeche, México. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 34(2), 105-116. <https://doi.org/10.17163/lgr.n34.2021.07>
- Schmidt-Durán, A., Rodríguez-Monroy, M., & Acosta-Montoya, O. (2024). La mora tropical de altura (*Rubus adenotrichos* Schltdl.) como potencial alimento funcional: una mirada a las investigaciones realizadas. *Revista Tecnología en Marcha*, 37(1), 128-148. <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v37i1.6654>

- Tarnowski, C. G. (2021). Evaluación de dos técnicas de acodamiento para la propagación vegetativa del algarrobo *Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz. *Fave. Sección ciencias agrarias*, 20(1), 305-315.
- Torres-Becerril, M., Morales-Trejo, F., Arvizu-Barrón, E., Ojeda-Enciso, L. A., Zaldívar-Cruz, J. M., & Armida-Alcudia, L. (2019). Situación actual del cultivo de litchi en municipios productores de Veracruz y Oaxaca, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(3), 563-574. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.1457>
- User, S. (s. f.). Arbol de ramon. <https://www.cicy.mx/sitios/arbol-de-ramon#:~:text=Sus%20hojas%20y%20corteza%20se,y%20bronquitis%2C%20por%20mencionar%20algunas>.
- Van Ittersum M. K., P. A. Leffelaar, H. van Keulen, M. J. Kropff, L. Bastiaans and J. Goudriaan (2003) On approaches and applications of the Wageningen crop models. *European Journal of Agronomy* 18:201-234, [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00106-5](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00106-5)
- Vega-López, A., J. I. Valdez-Hernández y V. M. Cetina-Alcalá. 2003. Zonas ecológicas de *Brosimum alicastrum* Sw. en la costa del Pacífico mexicano. *Madera y Bosques* 9(1):27-53. Doi: 10.21829/myb.2003.911287.
- Venables, W. N., & Smith, D. M. (2023). An Introduction to R. Notes on R: A Programming Environment for Data Analysis and Graphics. Version 4.3.0. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, W, Austria. 105 p. <https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/R-intro.pdf>
- Yang, L., Perrera, V., Saplaoura, E., Apelt, F., Bahin, M., Kramdi, A., Olas, J., Mueller-Roeber, B., Sokolowska, E., Zhang, W., Li, R., Pitzalis, N., Heinlein, M., Zhang, S., Genovesio, A., Colot, V., & Kragler, F. (2019). m5C methylation guides systemic transport of messenger RNA over graft junctions in plants. *Current Biology*, 29(15), 2465-2476. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.06.042>
- Zhang, Y., Yu, S. Y., & Hu, Y. H. (2022). Air Layering Improves Rooting in Tree Peony Cultivars from the Jiangnan Group. *Horticulturae*, 8(10), 941. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8100941>

ANEXOS

1.- Identificación y selección del *Brosimum alicastrum* Swartz.



2.- Refinamiento de tierra de monte y mezcla de sustrato (Peat moss)





3.- Embolsamiento del sustrato 50 – 50



4.- Elaboración de acodos aéreos.





5. Riego



6.- Recolección de datos en el laboratorio.

