

Influencia del tamaño de la semilla en las primeras etapas de desarrollo de *Brosimum alicastrum*

Influence of seed size on early developmental stages of *Brosimum alicastrum*

Cesar Tucuch-Haas¹✉, Georgina Chi-González¹✉, Ángel V. Domínguez-May¹✉ and Ismael Tucuch-Haas²✉

¹ Tecnológico Nacional de México/ITS del Sur del Estado de Yucatán, Carretera Muna-Felipe Carrillo Puerto Tramo Oxtutzcab-Akil, Km 41+400, C.P. 97880. Oxtutzcab, Yucatán, México.

² Instituto Nacional de Investigación Forestal Agrícola y Pecuaria. Campo Experimental Mococho, Km 25 Carretera Mérida-Motul, C.P. 97454. Mococho, Yucatán, México.

ABSTRACT

To evaluate the effect of seed size on the germination and development of the first stages of *Brosimum alicastrum*, seeds of this species were collected and classified into small, medium and large, which were germinated in humid chambers. At 21 d after sowing, the seedlings obtained were transplanted into black polyethylene bags and placed in the greenhouse, where they were allowed to grow for one year, with irrigation and nitrogen fertilization. Root protrusion and plumule emergence were evaluated during germination, as well as root length, stem height and diameter, number of leaves and leaf area, before and after transplanting. Large seeds increased the speed of germination up to 4 d in advance, and also significantly improved the development of plants in the first year of age, with 11 % and 44 % above medium and small seeds, respectively. The results found in this research suggest the use of larger seeds with 3.6 to 4.5 g in weight and a diameter of 18.1 to 20 mm, to guarantee more vigorous seedlings that favor their development and adaptation to transplanting, for commercial exploitation.

Keywords: Ramon tree, seedling, leaf area, biomass.

RESUMEN

Para evaluar el efecto del tamaño de las semillas en la germinación y desarrollo de las primeras etapas de *Brosimum alicastrum*, semillas de esta especie se colectaron y clasificaron en chicas, medianas y grandes, mismas que se germinaron en cámaras húmedas. A los 21 d después de la siembra, las plántulas obtenidas se trasplantaron en bolsas negras de polietileno y colocaron en el invernadero, donde se dejaron crecer durante un año, con suministro de riego y fertilización nitrogenada. Se evaluaron la protrusión radicular y emergencia de la plúmula, durante la germinación; y longitud de la raíz, la altura y diámetro del tallo, número de hojas y área foliar, previo al trasplante y posterior al trasplante. Las semillas grandes aumentaron la velocidad de germinación hasta con 4 d de anticipación, también mejoró significativamente el desarrollo de las plantas en el primer año de edad, con 11 % y 44 % por encima de las semillas medianas y chicas, respectivamente. Los resultados encontrados en esta investigación, sugiere el uso de semillas de mayor tamaño con 3.6 a 4.5 g de

peso y diámetro de 18.1 a 20 mm, para garantizar plántulas más vigorosas que favorezcan su desarrollo y adaptación al trasplante, para su explotación comercial.

Palabras clave: Árbol de ramón, plántula, área foliar, biomasa

INTRODUCCIÓN

El ramón u Oox (lengua maya) es como comúnmente se le conoce a la especie de *Brosimum alicastrum* en el sureste de México, que actualmente ha cobrado gran importancia como un aliado ante la cruzada nacional contra el hambre (Ramírez-Sánchez *et al.*, 2017), dado sus propiedades (Ozer, 2017) y su alto contenido de proteínas, la cual supera al del grano de maíz y trigo (Brecht-Franco *et al.*, 2021; Trujillo-Nava *et al.*, 2023), además de minerales como el calcio, hierro, zinc y sodio; y vitaminas como el ácido fólico, B1 y B2 que se han reportado en las semillas (Larque-Saavedra, 2014; Martínez-Ruiz *et al.*, 2019).

Brosimum alicastrum es un árbol perennifolio o subperennifolio, de 20 a 30 m (hasta 45 m) de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 50 a 90 cm y hasta 1.5 m (Orellana *et al.*, 2007). Su fruto es una drupa de 2 a 3 cm de diámetro, globosa con pericarpio carnoso, verde amarillento a anaranjado o rojo en completa madurez, de sabor y olor dulces (Villanueva, 2018). Presenta semillas de 9 a 13 mm de largo por 16 a 20 mm de ancho, esféricas y aplanadas en ambos extremos, cubiertas de una testa papirácea de color moreno claro, con los cotiledones montados uno sobre el otro, verdes, gruesos y feculentos (Berg, 1972; Sarmiento-Franco *et al.*, 2022).

De acuerdo con el Atlas Agroalimentario publicado por la SIAP (2022), México presenta un déficit del 37 % de producción de maíz, principal fuente de energía de su población, de ahí la necesidad de volver la mirada a especies subutilizadas que proporcionen productos con alto valor proteico y nutritivo como el ramón, para compensar dicha deficiencia.

Esta especie forestal con gran potencial alimenticio, se sabe que se desarrolla de manera silvestre en las selvas tropicales, con mayor presencia en zonas arqueológicas, con nulo manejo silvícola (Santillán *et al.*, 2020; Espinoza-Grande *et al.*, 2023), por lo que su explotación comercial, como materia prima para la elaboración de alimentos, así como de otros

*Autor para correspondencia: Ismael Tucuch-Haas

Correo-e: leamsi82@hotmail.com

Recibido: 15 de agosto de 2025

Aceptado: 23 de diciembre de 2025

Publicado: 19 de febrero de 2026

productos como biocombustible, materiales biodegradables y termoplásticos, además de su ya conocido uso para forraje (Rojas-Schoroeder *et al.*, 2017), trae consigo grandes retos, como la producción a gran escala. Esto conlleva al estudio del comportamiento agronómico de la especie, partiendo con las características de las semillas y su relación con la germinación, seguido del desarrollo vegetativo y la producción de semillas, para potencializar su máximo rendimiento. En particular para las semillas Romero-Saritama y Pérez (2016) señalan que los rasgos morfológicos de este órgano están involucrados en procesos durante el ciclo de vida de las plantas, razón por la cual se le debe prestar especial atención.

Las semillas son el punto de partida para la producción, de cualquier especie vegetal, por lo que es indispensable que tengan una buena respuesta a las condiciones de siembra y producción de plántulas vigorosas, para alcanzar el máximo rendimiento (Doria, 2010). Uno de los rasgos morfológicos con mayor influencia en la germinación y desarrollo de las plantas y al que se le debería prestar atención, en la propagación de pinatas, es el tamaño de la semilla (Ayala-Cordero *et al.*, 2004). Al respecto Hernández-Castro *et al.* (2021) señalaron en un estudio con *Agave angustifolia* Haw que el tamaño de la semilla está relacionado directamente con la capacidad de reserva de energía por parte de la semilla, por lo que sugieren que puede ser un indicador de la calidad de la semilla; bajo el mismo contexto Mendoza-Pedroza *et al.* (2023) reportaron plantas más vigorosas al emplear semillas de mayor tamaño en *Cajanus cajan* L. Partiendo del presente preámbulo y dado que existe deficiencia en el conocimiento del comportamiento fisiológico de las semillas de *B. alicastrum* para su explotación comercial, se planteó la presente investigación, con el objetivo de estudiar el efecto del tamaño de las semillas en la germinación y desarrollo de las primeras etapas de vida de plantas de *B. alicastrum*.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en un invernadero tipo túnel de 500 m², con techo cubierto por una película plástica de polietileno de dos capas de 200 micras de espesor y los laterales con maya antiafido cristal de 40x25 hp², cuyo valor de temperatura promedio anual mínima fue de 16 °C, media de 32° y máxima de 42 °C y humedad relativa mínima de 40 %, media de 60 % y máxima de 92 %. Esta instalada en las áreas prácticas, del Instituto Tecnológico superior del Sur del Estado de Yucatán, ubicada en el municipio de Oxtutzcab, Yucatán México.

Recolección de frutos y obtención de semillas

Para las pruebas se colectaron frutos con madurez fisiológica (Verde amarillento o anaranjado) de una planta adulta, con una altura aproximadamente de 10 m y más de 20 años de edad, en el municipio de Halachó Yucatán México. Las semillas fueron separadas del fruto por maceración de la pulpa (de forma manual) mismas que se clasificaron en chicas (CH) con pesos de 1.5 a 2.5 g y diámetros de 14 a 16 mm; media-

nas (MD), con pesos 2.6 a 3.5 g y diámetros de 16.1 a 18 cm; y grandes (GD) con pesos de 3.6 a 4.5 g y diámetros de 18.1 a 20 mm; dichos parámetros se cuantificaron con un vernier y balanza digital.

Germinación y obtención de plántulas

Para la germinación y obtención de plántulas, se seleccionaron 56 semillas por categoría: chicas, medianas y grades, mismas que se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 2 % durante 3 min y se colocaron sobre papel absorbente (Servitoalla) húmedo (10 mL de agua purificada) contenidas en cajas de plástico transparente de 24 cm de longitud, 16 cm de ancho y 8 cm de profundidad, a manera de cámara húmeda. Posterior a la siembra, las cajas se depositaron en un cuarto a temperatura ambiente (30 a 36 °C), se cubrieron con bolsas color negro hasta la aparición de la radícula; adicionándole agua purificada cada cinco días a razón de 10 mL, con una jeringa estéril. Apartir de los seis y hasta los 20 d depues de la siembra, se contabilizó diariamente, el número de semillas germinadas, por tratamiento, considerando como parámetro la aparición de la radícula con al menos 1 cm de longitud, tambien se registró, la emergencia de la plúmula, considerado como la germinación en campo.

Evaluación del desarrollo en etapa de plántula

A los 21 d después de la siembra, etapa considerada aun de plántula, se seleccionaron 10 individuos al azar de cada categoría y se les determinó la altura, desde la base del tallo hasta el ápice terminal, con una regla milimétrica; el diámetro del tallo, recabado a un centímetro de la base del tallo, con un vernier digital; el número de hojas, contabilizado cuando estas estaban completamente expandidas y bien desarrolladas; y la longitud de la raíz, obtenida de la base del tallo hasta el ápice de la raíz principal con una regla milimétrica.

Establecimiento de las plantas en el invernadero

Posterior a los 21 d después de la germinación, cuando mas del 50 % de las plántulas alcanzaron la altura de la caja, se transfirieron al invernadero tipo túnel de 10 m de largo por 5 m de ancho, donde se realizó el trasplante, primero en bolsas negras de polietileno con capacidad de 500 mL y después, a los 65 d cuando las raíces se salieron del contenedor, en bolsas con capacidad de 2 L. En ambos casos previo al trasplante se llenaron las bolsas con una mezcla de suelo y cáscara de cacahuete en una proporción 1:1 (v/v). Posteriormente al trasplante, las bolsas se acomodaron de acuerdo al diseño experimental completamente al azar para su posterior monitoreo, riego y fertilización. Los riegos se realizaron de forma manual y uniformemente todos los días a partir del trasplante y hasta el final del experimento con aportes de 100 a 500 mL de acuerdo con la etapa de desarrollo, con un recipiente graduado. La fertilización se inició a los 30 d después del trasplante y culminó a los 12 meses de edad de la planta, en intervalos de 48 h, en la que se empleó 100 g de Urea disuelto en 20 L de agua, mediante el riego.

Evaluación del desarrollo en los primeros 12 meses de etapa vegetativa

Se recabaron cada mes, a 10 plantas seleccionadas al azar, la altura del tallo en cm, al ras del suelo y hasta el ápice de la planta, con un flexómetro; el diámetro del tallo en mm determinado a 2 cm del sustrato, con un vernier digital; el número de hojas completamente desarrolladas; el largo y ancho de las hojas, la primera desde la base del pedúnculo hasta el ápice terminal y la segunda en la parte media de la hoja, ambas con una regla milimétrica, para estimar el área foliar de las plantas a través de la fórmula $\ln(AF) = -1.80 + 0.967 \ln(L \cdot A)$ ($R^2 = 99.5\%$, $p < 0.001$) recomendada por Alvares *et al.* (2012) para cualquier especie de bosque tropical seco.

Análisis de datos

Los resultados de las variables estudiadas, se sometieron a un análisis de varianza (ANDEVA) y cuando se detectaron diferencias estadísticas se realizó la comparación de medias por el método Tukey ($P \leq 0.05$) con el paquete estadístico SAS (2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respuesta en la germinación de las semillas

La protusión radicular considerada como la germinación (Figura 1A), inició, en general para las tres categorías, a los seis días después de la siembra (dds), sin embargo, para los siete días (dds) las semillas de mayor tamaño, ya presentaban más del 50 % (considerado como los días a germinación); no así las semillas medianas y chicas, los cuales ocurrieron a los 11 y 12 dds, respectivamente, lo cual evidencia el potencial fisiológico de las semillas de mayor tamaño a la germinación. Este potencial acelerado en la velocidad germinativa de las semillas grandes se mantuvo hasta los 11 d cuando alcanzó 70%, momento en la que fue alcanzado por las semillas medianas, pero no por las semillas chicas que se mantuvieron por debajo. A los 13 dds de nuevo se presentó un disparo en la germinación por parte de las semillas grandes, hasta alcanzar 89 % de germinación a los 20 dds, manteniéndose

por encima del porcentaje de germinación registrado para las semillas medianas y chicas que alcanzaron 88 % y 80 % respectivamente. Por otro lado, para la emergencia de la plúmula (Figura 1B), los tres tratamientos iniciaron a los 11 dds, con valores de 21 %, 9 % y 3 % para semillas grandes, medianas y chicas respectivamente; la superioridad de las semillas grandes, para esta variable, se mantuvo hasta los 15 dds, para finalmente a los 20 dds observar una ligera dominancia de las medianas con un 69 %, comparado con los 65% de las grandes, sin ser estadísticamente diferentes, no así para las semillas chicas que estuvieron por debajo de estas cuyo valor fue del 32 % y mostró diferencia estadística respecto a las otras dos categorías. La respuesta a la germinación coincide con lo reportado para *Castanea sativa*, en la que se encontró que los parámetros de germinación estuvieron significativamente relacionados con el peso de la semilla, en la cual, las semillas grandes germinaron más rápido y mostraron una mejor germinación que las semillas pequeñas en condiciones de laboratorio (Cicek y Tiliki, 2007).

De manera general, el tiempo de inicio de la germinación y finalización de la emergencia, obtenido en este estudio, coincide con lo reportado por Pérez-Sánchez y Labrín-Sotomayor (2022) quienes sugieren de 8 a 20 dds respectivamente para *B. alicastrum*. Por el contrario, los resultados del porcentaje de germinación obtenidos, estuvieron por encima del 48 % que se reporta, para condiciones naturales en la península de Yucatán (Lezema y morfin, 1992); y del 59.6 % para vivero forestal, para un rango de 30 d de evaluación, en el estado de Campeche (Santillán-Fernández *et al.*, 2021). La variación respecto a los valores en el porcentaje de germinación, entre lo que se reporta en la literatura y los encontrados en el presente trabajo, puede ser atribuido a las condiciones en las que se desarrolló cada experimento, haciendo mayor énfasis al efecto de la temperatura, como ha sido señalado por Gillispe *et al.* (2004) quienes indicaron que el tiempo de germinación y su porcentaje están en función de la temperatura, sugiriendo una temperatura de 27 °C a 38 °C para una máxima germinación de *B. alicastrum*.

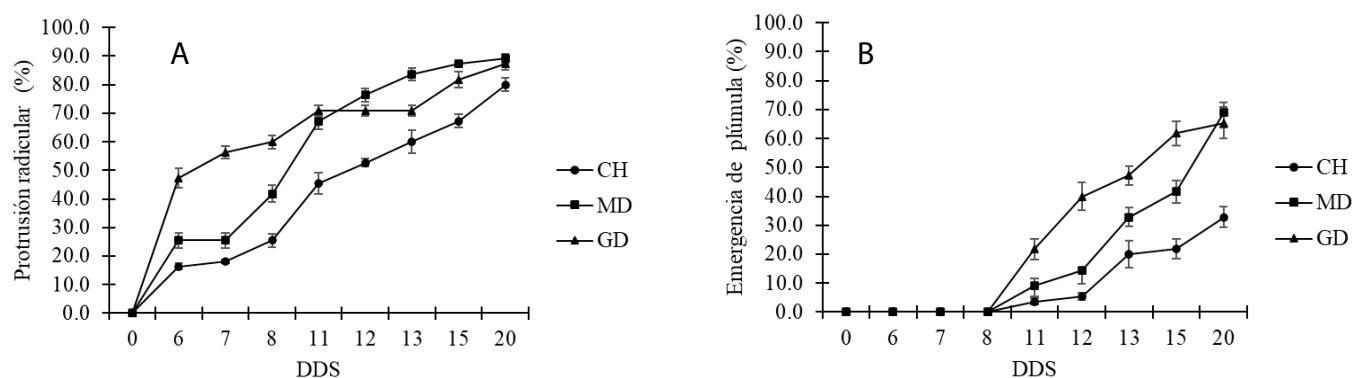


Figura 1. Patrón de respuesta en la dinámica de protrusión radicular (A) y emergencia de la plúmula (B), de acuerdo al tamaño de la semilla de *B. alicastrum*, evaluadas en cámaras húmedas para un periodo de 20 d después de la siembra. CH: Semillas chicas; MD: Semillas medianas; GD: Semillas grandes. Cada punto es la media de tres réplicas $\pm$ error estándar.

Figure 1. Response pattern in root protrusion dynamics (A) and plumule emergence (B), according to seed size of *B. alicastrum*, evaluated in moist chambers over a period of 20 days after sowing. CH: small seeds; MD: medium seeds; GD: large seeds. Each point is the mean of three replicates $\pm$ standard error.

Respuesta en el desarrollo en etapa de plántula

Respecto a los parámetros de longitud de raíz, diámetro de tallo, longitud del tallo y número de hojas, que están directamente relacionados con el vigor de las plantas, se tuvo que los valores de las semillas pequeñas son estadísticamente diferentes, por debajo de las semillas grandes y medianas, no así entre las grandes y medianas en la que solo la longitud de raíz fue estadísticamente diferente (Tabla 1). La diferencia reportada entre el valor de las semillas grandes y chicas fue de 4.1 cm, equivalente al 59.8 % para la longitud de la raíz, 0.1 mm equivalente al 7.7 % en el diámetro del tallo, 0.7 hojas equivalente al 63.7 % en número de hojas y 4.8 cm equivalente al 30.3 % para la longitud del tallo.

La respuesta por efecto de las semillas en cámaras húmedas con condiciones controladas, fueron similares a lo reportado para *Adansonia digitata* L. (Amonum *et al.*, 2020), *Cecropia obtusifolia* (Tenerio-Galindo *et al.*, 2008), y *Castanea sativa* (Cicek y Tilki, 2007), donde las semillas grandes mostraron una mayor germinación en períodos más cortos que las semillas de tamaño pequeño y concuerda con los resultados de Mtambalika *et al.* (2014), Tamadaddi y Prabhuling (2020) y Tumpa *et al.* (2021) quienes señalan mayor desarrollo en la altura y diámetro de plántulas de *Castanea sativa*, *Elaeocarpus munronii* y *Canarium striatum* y *Azalia quanzensis* respectivamente, originadas de semillas grandes. Dicho comportamiento se atribuye al alto contenido de nutrientes en las reservas seminales de las semillas grandes comparados con las de menor dimensión (Sánchez *et al.*, 2012), hecho que está relacionado con la capacidad de sobrevivencia de la especie (Badano y Sánchez-Monte de Oca *et al.*, 2022) y que concuerda con Soriano *et al.* (2013) quienes mencionan que el crecimiento acelerado de las plántulas es consecuencia de la disponibilidad de nutrientes en los cotiledones y el endospermo; y apoya la idea de Velázquez-Rosas *et al.* (2017) quienes sugieren que las semillas más grandes, producen plántulas más grandes, con mayor biomasa seca.

De igual manera, es preciso resaltar una mayor abundancia de raíces secundarias en plántulas derivadas de las semillas grandes, seguida de las plántulas de semillas me-

dianas y por último las plántulas de semillas chicas (Figura 2), comportamiento que de acuerdo a Alngiemshy *et al.* (2020), puede ser atribuido a la mayor cantidad de reservas nutritivas acumuladas en el endospermo de las semillas de gran tamaño, lo que les confiere una mayor energía para desarrollar más raíces secundarias.

Los comportamientos observados en las variables respuesta ponen de manifiesto que el tamaño de la semilla es un factor determinante en la velocidad de germinación y desarrollo de plántulas, como lo sugiere Singh *et al.* (2021) para otras especies de árboles, quienes proponen emplear semillas clasificados como grande y mediano para la producción de plántulas de buena calidad para el trasplante en campo. Esto también reafirma lo planteado por Cordazzo (2002) al señalar que el peso de la semilla es un factor biológico importante que afecta la germinación. Bajo este contexto la respuesta observada, puede estar relacionado con una mayor actividad de la α -amilasa, debido a la gran cantidad de proteínas y carbohidratos almacenados (Brecht-Franco *et al.*, 2021), en las semillas de mayor tamaño, por lo que hay

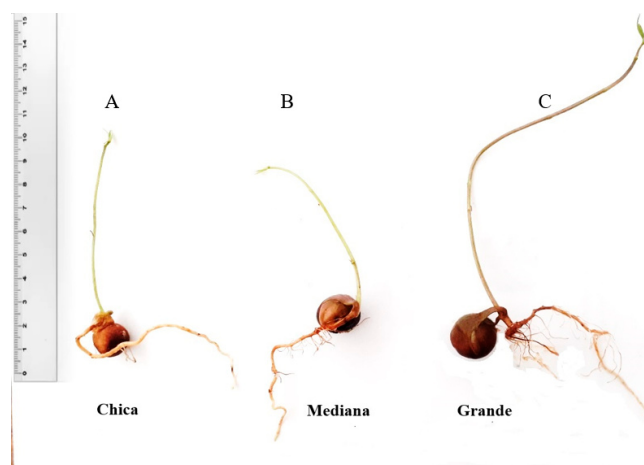


Figura 2. Desarrollo radicular por efecto del tamaño de la semilla de *B. alicastrum* a los 20 d después de la siembra. A) semillas chicas, B) semillas medianas y C) semillas grandes.

Figure 2. Root development due to the effect of *B. alicastrum* seed size 21 days after sowing. A) small seeds, B) medium seeds, and C) large seeds.

Tabla 1. Longitud de la raíz, diámetro del tallo, número de hojas y longitud del tallo de plántulas de *B. alicastrum* de 21 d de edad, establecidas en cámaras húmedas.

Table 1. Root length, stem diameter, number of leaves and stem length, of 21-day-old *B. alicastrum* seedlings established in humid chambers.

Tratamiento	Peso (g)	Longitud de la raíz (cm)	Dámetro del tallo (mm)	Número de hojas (No.)	Longitud del tallo (cm)
CH	1.5 a 2.5	6.1±0.506 c [*]	1.2±0.037 b	0.4±0.127 b	10.9±0.809 b
MD	2.6 a 3.5	8.2±0.240 b	1.4±0.027 a	1.3±0.156 a	14.9±0.852 a
GD	3.6 a 4.5	10.2±0.419 a	1.3±0.075 a	1.1±0.212 a	15.7±0.959 a

CH: Semillas chicas, MD: Semillas medianas, GD: Semillas grandes; *Valores con la misma literal dentro de columnas son iguales estadísticamente ($P \leq 0.05$). Los valores son medias de 20 réplicas $\pm$ error estándar.

CH: small seeds; MD: medium seeds; GD: large seeds; *values with the same letters within columns are statistically equal ($P \leq 0.05$). Values are means of 20 replicates $\pm$ standard error.

una mayor producción de azúcar que estimula la respiración en el embrión, facilitando la germinación de la planta y consecuentemente un mayor desarrollo como se señaló para *Hyptis suaveolens* (L.) (Mandal *et al.*, 2008).

Por otro lado, una de las características determinantes en la germinación y desarrollo de plantas de semillas recalcitrantes, como se le ha clasificado a la semilla de *B. alicastrum* (Santillán-Fernández *et al.*, 2023), es su gran tamaño, con lo que reduce su periodo de exposición a los depredadores y una baja inversión en medios físicos de defensa, permitiendo mayor velocidad de germinación y desarrollo y ser un recurso más eficiente en la propagación de plantas (Daws *et al.*, 2005).

Respuesta en el desarrollo en la etapa Vegetativa

La respuesta en la dinámica de desarrollo de la altura, el diámetro del tallo y número de hojas, posterior a la germinación y al trasplante en el invernadero, por efecto del tamaño de la semilla, se presentan en la Figura 3. Para la altura de planta, independientemente del tamaño de la semilla, se observó, crecimiento lento en los primeros seis meses, en cambio a partir del séptimo mes, el crecimiento fue rápido, comportamiento similar con lo reportado por Hernández-González *et al.* (2015). Respecto a los tratamientos, las semillas de mayor tamaño, presentaron diferencias significativas con valores superiores, en altura, al de los obtenidos de plantas provenientes de semillas pequeñas con 44 % en promedio general mensual, sin embargo en los primeros seis meses la diferencia promedio fue de 8.9 cm y 19.7 cm para el resto; mientras que entre las semillas medianas y las grandes, la diferencia promedio general mensual en la altura fue de 11.5%, donde en los primeros seis meses fue de 1.5 cm en promedio y en los últimos de 9.5 cm (Figura 3A).

Respecto al diámetro, se observó la misma tendencia que en la altura (Figura 3B), se encontraron diferencias significativas con un promedio de 17 % por encima de las plantas provenientes de semillas pequeñas, con respecto de las grandes; no así entre las grandes y medianas, que no fueron significativamente diferentes a excepción de los dos últimos meses. En relación con el número de hojas (Figura 3C), fue evidente la diferencia entre las plantas provenientes de semillas grandes y las pequeñas, con mayor énfasis a los seis meses posteriores a la siembra, donde la primera superó hasta en 50 % a la segunda; similar comportamiento hubo entre plantas provenientes de semillas grandes y medianas; no así entre las de semillas medianas y chicas, al no haber diferencias en los primeros meses, sin embargo, de los siete hasta los diez meses hubo una mínima superioridad de plántulas provenientes de semillas medianas; mientras que para el resto de los meses de evaluación este comportamiento fue inverso.

El valor promedio general de la altura y diámetro del tallo de la planta para este estudio fue superior a lo reportado por Hernández-González *et al.* (2015) para su primer año de evaluación, en el desarrollo de plantas de ramón, en condiciones de vivero con malla sombra, adición de composta y

riegos semanales al documentar 0.65 m para la altura y 0.25 cm para el diámetro, lo que sugiere mejor desarrollo de las plantas en condiciones de invernadero, con fertilización y riego a diario, respuesta que puede estar relacionada con una mayor eficiencia fotosintética debido a la temperatura (Hernández-González *et al.*, 2019), que por lo general es superior en los invernaderos comparado con los viveros; así mismo, la disponibilidad de luz y suministro diario de riego favorece una humedad constante. Al respecto Gillespie *et al.* (2004) reportan mayor tasa de crecimiento en plantas de esta misma especie con riego constante y López-Toledo *et al.* (2008) sugieren una mayor altura con una mayor disponibilidad de luz. También se resalta la importancia de la selección de semillas de mayor tamaño, puesto que los valores de las plantas provenientes de semillas grandes, acusan una diferencia muy marcada en el desarrollo de estas dos variables.

Respuesta en el desarrollo del área foliar

Respecto al área foliar las plantas descendientes de semillas grandes y medianas fueron superiores y estadísticamente diferentes a las derivadas de semillas chicas (Figura 4), con un promedio general de 74 % y 52 % respectivamente; de igual manera, entre las plantas originadas de semillas grandes y medianas, el área foliar de las plantas provenientes de semillas medianas presentaron valores por debajo de lo observado en las semillas grandes de hasta 15%, sin embargo, no se presentaron diferencias significativas, entre estos dos tratamientos (medianas y grandes), para todos los meses. Este comportamiento en el área foliar, aunque no se registraron, siguió la misma tendencia hasta el final de la evaluación (Figura 5).

La ventaja en el mayor desarrollo vegetativo (altura, diámetro del tallo y área foliar) de plantas provenientes de semillas grandes puede atribuirse a un conjunto de factores, relacionadas con su capacidad de adaptación y sobrevivencia, que parten desde una mayor reserva de nutrientes en las semillas, lo cual permite una pronta germinación y un mayor desarrollo de biomasa aérea y radicular, que le confiere una mayor capacidad de absorción de nutrientes por parte de la raíz y una mayor capacidad fotosintética, por parte de las hojas. Al respecto Vázquez-Yanes y Toledo (1989) indican, que las semillas recalcitrantes tienden a ser grandes, por lo que producen plántulas grandes, dado que sus cotiledones suelen ser carnosos, con o sin potencialidad fotosintética, que permanecen en contacto con las semillas hasta agotarse las reservas que contienen, por lo que las plántulas desarrollan una superficie fotosintética relativamente amplia a partir de la reserva de la semilla, lo que les confiere ventajas en ambientes sombreados de bosques y selvas; asimismo raíces más extensas y profundas que pueden representar una ventaja en suelos con intensa competencia por nutrientes; en este mismo sentido López-Toledo *et al.* (2008) encontraron que la interacción suelo-luz tiene un fuerte efecto positivo sobre la tasa de ramificación y la producción de área foliar, lo cual puede estar relacionado con la respuesta encontrado.

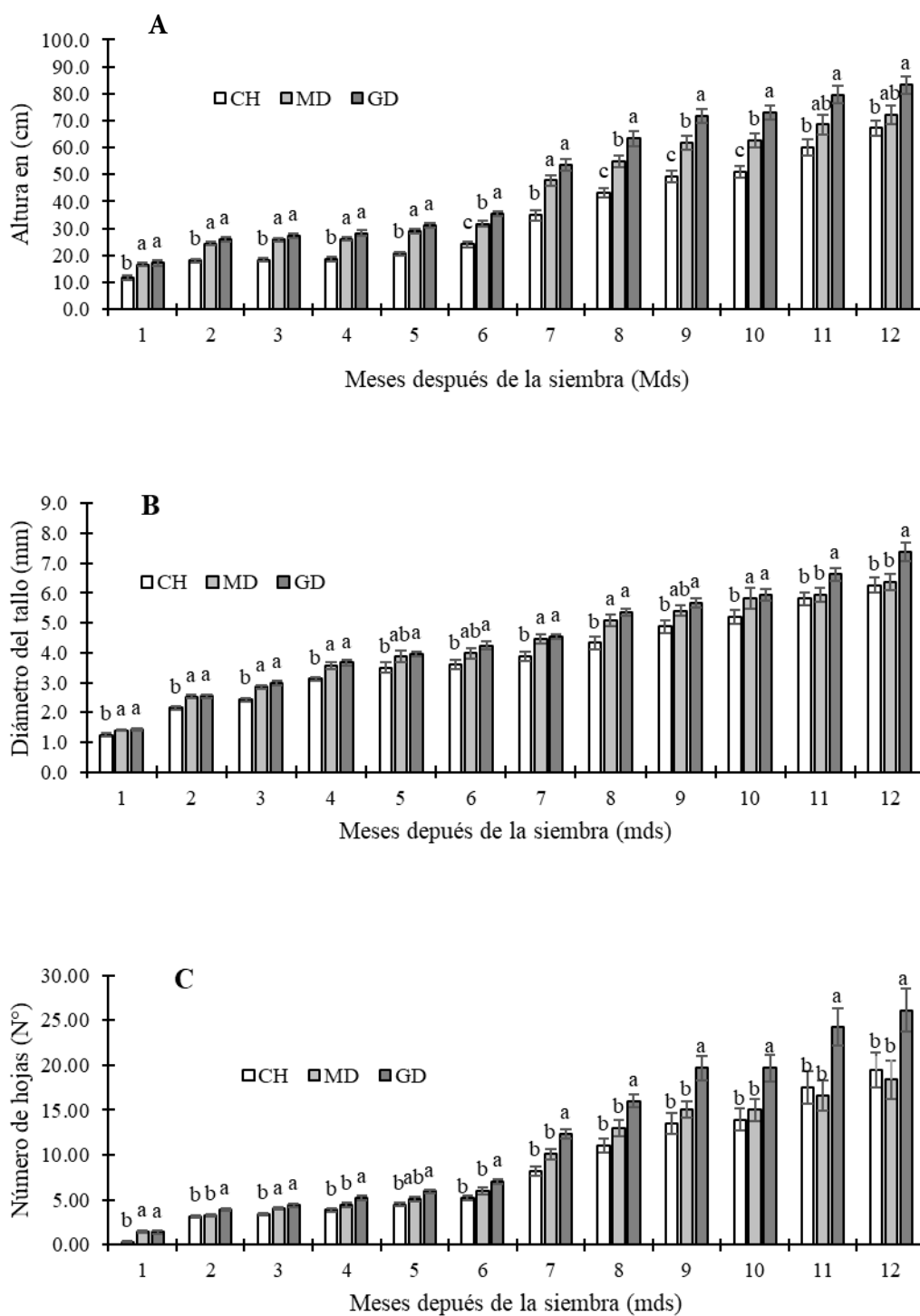


Figura 3. Dinámica de crecimiento de la altura (A), diámetro de tallo (B) y número de hojas (C) de plantas de *Brosimum alicastrum* influenciadas por el tamaño de la semilla en condiciones de invernadero. CH: Semillas chicas, MD: Semillas medianas, GD: Semillas grandes. Barras con las mismas letras son estadísticamente iguales ($P \leq 0.05$). Los valores son medias de 20 réplicas $\pm$ error estándar.

Figure 3. Growth dynamics of height (A), stem diameter (B), and leaf number (C) of *Brosimum alicastrum* plants influenced by seed size under greenhouse conditions. CH: Small seeds; MD: Medium seeds; GD: Large seeds. Bars with the same letters are statistically equal ($P \leq 0.05$). Values are means of 20 replicates $\pm$ standard error.

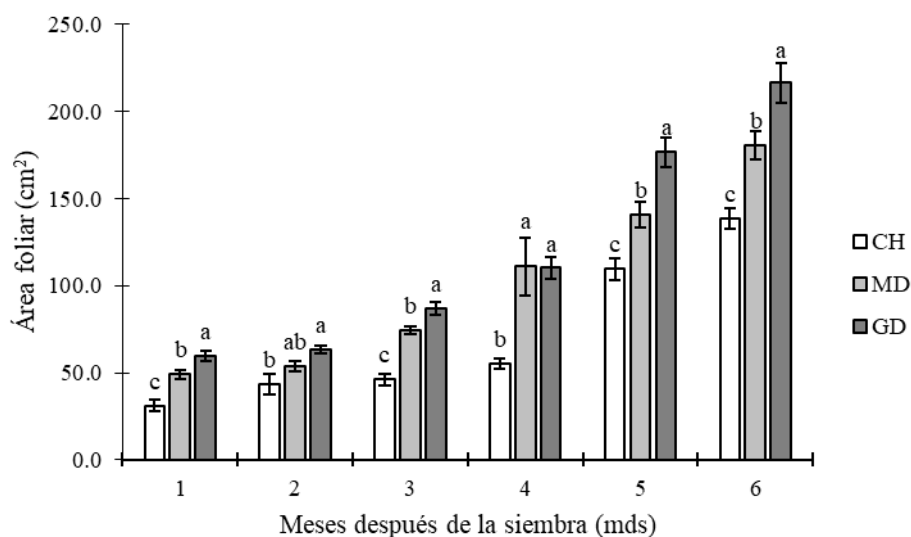


Figura 4. Área foliar de plantas de *Brosimum alicastrum* obtenidas de semillas chicas, medianas y grandes: en condiciones de invernadero con aplicación de fertilizante nitrogenado. CH: Semillas chicas, MD: Semillas medianas, GD: Semillas grandes. Valores con la misma literal sobre las columnas son iguales estadísticamente ($P \leq 0.05$). Los valores son medias de 20 réplicas $\pm$ error estándar.

Figure 4. Leaf area of *Brosimum alicastrum* plants obtained from small, medium, and large seeds under greenhouse conditions with nitrogen fertilizer application. CH: Small seeds; MD: Medium seeds; GD: Large seeds. Values with the same literal in the columns are statistically equal ($P \leq 0.05$). Values are means of 20 replicates $\pm$ standard error.



Figura 5. Desarrollo vegetativo a los 12 meses de edad por efecto del tamaño de las semillas. A) planta de semilla grande, B) planta de semillas mediana y C) planta de semilla chicas.

Figure 5. Vegetative development at 12 months of age due to the effect of seed size. A) large, B) medium, and C) small.

El comportamiento en el desarrollo de las plantas en relación con las semillas es similar a lo reportado para otras especies de árboles como *Anacardium occidentale*, en la cual, las semillas de tamaño grande produjeron significativamente mayor altura de plántula, número de hojas, área foliar y diámetro del tallo (Yisau *et al.*, 2023). La respuesta en el desarrollo de las plantas posterior a la germinación, como se observó en los resultados presentados, manifiestan que la ventaja obtenida en la germinación y desarrollo de las plántulas, en las semillas grandes y medianas favorecen el crecimiento de las plantas posterior al trasplante, lo que apoya la idea de Singh *et al.* (2021), que a través de un estudio con varias especies de árboles, sugirieron el uso de semillas de mayor tamaño, para la obtención de plántulas de mayor calidad con un alto porcentaje de adaptación al trasplante.

CONCLUSIONES

Las semillas de *B. alicastrum* con pesos de 3.6 a 4.5 g y diámetros de 18.1 a 2 mm, clasificadas como grandes, dado su mayor reserva de nutriente, reflejaron un efecto positivo en la velocidad de germinación alcanzando más del 50 % cuatro días previos a los de semillas de menor tamaño que esta. De igual manera mostró un mayor beneficio en el desarrollo de la altura al aumentar de entre el 11 % y hasta el 44 % mensuales por encima de las semillas de menor peso y diámetro, en la etapa de plántula y hasta los primeros 12 meses de edad, además de un mayor diámetro de tallo, número de hojas y área foliar. Por lo que se sugiere el uso de semillas de mayor dimensión para la propagación y obtención de plantas de mayor calidad, de esta especie, para su explotación comercial.

CONFLICTOS DE INTERES

Los autores declaran que no existen conflicto de intereses

REFERENCIAS

- Alngiemshy, N., Alkharafi, J., Alharbi, N. y Al-Sowayan, N. 2020. Effect of seeds size on germination of faba bean plant. *Agricultural Sciences*. 11: 465–471.
- Álvarez, Y., Álvarez, E., Cano, J. y Suescún, D. 2012. Modelo matemático para estimar área foliar en árboles del bosque tropical seco en el Caribe colombiano. *Intrópica*. 7: 69–79.
- Amonum, J.I., Sumaduniya, F. y Amusa, T.O. 2020. Effects of seed size on the germination and early growth of african baobab (*Adansonia digitata* L.). *Asian Journal of Research in Agriculture and Forestry*. 6(2): 1–7.
- Áyala-Cordero, G., Terrazas, T., López-Mata, L. y Trejo C. 2004. Variación en el tamaño y peso de la semilla y su relación con la germinación en una población de *Stenocereus beneckeii*. *Interciencia*. 29: 692–697.
- Badano, E.I. y Sánchez-Montes de Oca, E.J. 2022. Seed fate, seedling establishment and the role of propagule size in forest regeneration under climate change conditions. *Forest Ecology and Management*. 503: 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119776>
- Berg, C.C. 1972. *Brosimum alicastrum* Sw. subsp. *Alicastrum*. *Flora Neotropica*. Monograph, 7: 170–171.

- Brechú-Franco, A.E., Larqué-Saavedra, A.F., Laguna-Hernández, G., Pasillas-Rodríguez, K. y Espinosa-Matías, S. 2021. Morphology, structure, and histochemistry of the inflorescences, fruit, and seed of the Ramón nut, *Brosimum alicastrum* Sw. subsp. *alicastrum* CC Berg (Moraceae). *Brazilian Journal of Botany*. 44: 457–466.
- Cicek, E. y Tilki, F. 2007. Seed size effects on germination, survival and seedling growth of *Castanea sativa* Mill. *Journal of biological Science*. 7: 438–441.
- Cordazzo, C.V. 2002. Effect of seed mass on germination and growth in three dominant species in southern Brazilian coastal dunes. *Brazilian Journal of Botany*. 62: 427–435.
- Daws, M., Garwood, N. y Pritchard, H. 2005. Traits of recalcitrant seeds in a semi-deciduous tropical forest in Panamá. *Functional Ecology*. 19: 874–885.
- Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*. 31: 74–85.
- Espinosa-Grande, E., Santillán-Fernández, A., Chávez-Vergara, B.M., Vargas-Díaz, A.A., Tadeo-Noble, A.E. y Bautista-Ortega, J. 2023. Space-time analysis of scientific research on *Brosimum alicastrum* Swartz. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 76: 10247–10261.
- Gillespie, A.R., Bocanegra-Ferguson, D.M. y Jiménez-Osornio, J. 2004. The propagation of Ramon (*Brosimum alicastrum* Sw.; Moraceae) in Mayan homegardens of the Yucatan peninsula of Mexico. *New Forests*. 27: 25–38.
- Hernández-Castro, E., López-Sandoval, Y.Y., Escobar-Álvarez, J.L., Ramírez-Reynoso, O., Maldonado-Peralta, M.A. y Valenzuela-Lagarda, J.L. 2021. Análisis morfológico de semilla y desarrollo de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw.). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 8: e2964.
- Hernández-González, O., Vergara-Yoisura, S. y Larqué-Saavedra A. 2015. Primeras etapas de crecimiento de *Brosimum Alicastrum* Sw. en Yucatán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 6: 38–48.
- Hernández-González, O., Vergara-Yoisura, S., Sulub-Tun, R., Castillo-Chuc, J. y Larqué-Saavedra, A. 2019. Gas exchange and fluorescence of *Brosimum alicastrum*. *Terra Latinoamericana*. 37: 459–467.
- Larqué-Saavedra, A. 2014. El sector forestal en apoyo a la cruzada contra el hambre. *Gaceta Sietey*. 49: 35.
- Lezama, C.P. y Morfin, F.C. 1992. Velocidad de germinación de veintidós especies forestales tropicales. *Revista Ciencia Forestal en México*. 17: 3–26.
- López-Toledo, L., Martínez, M., Van Breugel, M. y Sterck, F.J. 2008. Soil and light effects on the sapling performance of the shade-tolerant species *Brosimum alicastrum* (Moraceae) in a Mexican tropical rain forest. *Journal of Tropical Ecology*. 24: 629–637.
- Mandal, S.M., Chakraborty, D. y Gupta, K. 2008. Seed size variation: Influence on germination and subsequent seedling performance in *Hyptis suaveolens* (Lamiaceae). *Research Journal of Seed Science*. 1: 26–33.
- Martínez-Ruiz, N.R., Torres, L.E.J., Del Hierro-Ochoa, J.C. y Larqué-Saavedra, A. 2019. Bebida adicionada con *Brosimum alicastrum* Sw.: una alternativa para requerimientos dietarios especiales. *Revista Salud Pública y Nutrición*. 18: 1–10.
- Mendoza-Pedroza, S.I., Méndez-Gaona, E., Pérez-Cruz, K.U., Hernández-Livera, A., Escalante-Estrada, J.A. y Domínguez-

- Martínez, P.A. 2023. Tamaño de semilla y su efecto sobre el crecimiento de plántulas de *Cajanus cajan*. Revista Fitotecnia Mexicana. 6: 497–504.
- Mtambalika, K., Munthali, C., Gondwe, D. y Missanjo, E. 2014. Effect of seed size of *Azela quanzensis* on germination and seedling growth. International Journal of Forestry Research. 2014: 1–5.
- Orellana, R., Carrillo, L. y Franco V., 2007. Árboles recomendables para las calles de las ciudades de la península de Yucatán. Centro de investigación científica de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Ozer, H.K. 2017. Phenolic compositions and antioxidant activities of Maya nut (*Brosimum alicastrum*): Comparison with commercial nuts. International Journal of Food Properties. 20: 2772–2781.
- Pérez-Sánchez, E. y Labrín-Sotomayor, N. 2022. *Brosimum alicastrum* Sw.: Ramón. En: Especies forrajeras para una ganadería sustentable en el Estado de Campeche, México. A. Maya-Martínez, N. Labrín-Sotomayor, G. Hernández-García, E. Hernández-Hernández, B. Dzib-Castillo y E. Pérez-Sánchez (eds.), 75p. Serie técnica. Manual técnico / CATIE, no. 156. Turrialba, Costa Rica.
- Ramírez-Sánchez, S., Ibáñez-Vázquez, D., Gutiérrez-Peña, M., Ortega-Fuentes, M.S., García-Ponce, L.L. y Larqué-Saavedra, A. 2017. El ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) una alternativa para la seguridad alimentaria en México. Agroproductividad, 10: 80–83.
- Rojas-Schroeder, J.A., Sarmiento-Franco, L., Sandoval-Castro, C.A. y Santos-Ricalde, R.H. 2017. Utilización del follaje del ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) en la alimentación animal. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 20: 363–371.
- Romero-Saritamá, J.M. y Pérez, R.C. 2016. Rasgos morfológicos de semillas y su implicación en la conservación *ex situ* de especies leñosas en los bosques secos tumbesinos. Ecosistemas. 25: 59–65.
- Sánchez, A.J., Muñoz, C.B., Montejo, L., Lescaille, M. y Herrera, A.R. 2012. Tamaño y nutrientes de semillas en 32 especies arbóreas de un bosque tropical siempre verde de Cuba y su relación con el establecimiento de las plántulas. Revista del Jardín Botánico Nacional. 33: 181–204.
- Santillán-Fernández, A., González-Pérez, C., Bautista-Ortega J., Huicab-Pech, Z.G., Escobar-Castillo, J. y Larqué-Saavedra, A. 2020. *Brosimum alicastrum* Swartz como alternativa para la reconversión productiva de áreas agrosilvopastoriles en Campeche. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 11: 51–69.
- Santillán-Fernández, A., Castañeda-Alonso, S.S., Carrillo Ávila, E., Tadeo-Noble, A.E., Bautista-Ortega, J., Vera-López, J.E. y Alatorre-Cobos, F. 2023. Morfometría y viabilidad de semillas de *Brosimum alicastrum* Sw. en Campeche. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 14: 31–55.
- Santillán-Fernández, A., Santiago-Santes, O.V., Espinosa-Grande, E., Huicab-Pech, Z.G., Larqué-Saavedra, A. y Bautista-Ortega, J. 2021. Propagación sexual y asexual de *Brosimum alicastrum* Swartz en Campeche, México. La granja Revista de la ciencia de la vida. 34: 105–116. <http://doi.org/10.17163/lgr.n34.2021.07>
- Sarmiento-Franco, L., Montfort-Grajales, S. y Sandoval-Castro, C. 2022. La semilla del árbol Ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz): alternativa alimentaria energética para animales de producción y seres humanos. Bioagrocencias. 15: 19–27.
- SAS, 2004. Statistical Analysis System Institute. SAS Proceeding Guide, Version 8.1. SAS Institute. Cary, NC. USA
- SIAP. 2022. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Panorama agroalimentario Maíz grano. En: <https://online.pubhtml5.com/vqdk/rvdl/>. Fecha de consulta (20/01/2025)
- Singh, M.K., Singh F., Meharchand y Kumar N. 2021. Effect of seed size on germination and seedlings growth of some forest tree species. International Journal of Current. Microbiology and Applied Science. 10: 2184–2189.
- Soriano, D., Huante, P., Gamboa-de Buen, A. and Orozco S.A. 2013. Seed reserve translocation and early seedling growth of eight tree species in a tropical deciduous forest in Mexico. Plant Ecology. 214: 1361–1375.
- Tamadaddi, B.L. y Prabhuling, G. 2020. Studies on effects of seed size on germination and seedling growth of *Elaeocarpus* and *Canarium* tree species. International Journal of Agricultural Sciences. 16: 270–276.
- Tenorio-Galindo, G., Rodríguez-Trejo, D.A. y López-Ríos, G. 2008. Efecto del tamaño y color de la semilla en la germinación de *Cecropia obtusifolia* Bertol (Cecropiaceae). Agrociencia. 42: 585–593.
- Trujillo-Nava I.J., Negrete-Hernández, J., García-Arrazola, R. and Gimeno, M. 2023. Characterization of the Ramon tree seed (*Brosimum alicastrum* Swartz.) as a potential food source. Agrociencia. 1: 1–16.
- Tumpa, K., Vidaković, A., Drvodelić, D., Šango, M., Idžojić, M., Perković, I. y Poljak, I. 2021. The effect of seed size on germination and seedling growth in sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.). Forests. 12: 858.
- Vázquez-Yanes, C. y Toledo, J.R. 1989. El almacenamiento de semillas en la conservación de especies vegetales. Problemas y aplicaciones. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 49: 61–69.
- Velázquez-Rosas, N., Ruiz-Guerra, B., Sánchez-Coronado, M.E., Gamboa-de Buen, A. y Orozco-Segovia, A., 2017. Morphological variation in fruits and seeds of *Ceiba aesculifolia* and its relationship with germination and seedling biomass. Botanical Science. 95: 81–91.
- Villanueva, A.J.G. 2018. *Brosimum alicastrum* Sw. En: Recursos arbóreos y arbustivos tropicales para una ganadería sustentables. Palma y González-Rebeles (Ed),. Universidad de Colima. Colima México.
- Yisau, J.A., Emilimor, P.N., Odeyale, O.C. y Majolagbe, M. 2023. Effect of seed source and seed size on the early growth of *anacardium occidentale* seedlings. FUDMA Journal of Sciences. 7: 125–130.