



Consideraciones para la selección de semilla de *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm.: una revisión

Considerations for the selection of *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm. seeds: a review

Andrés Flores^{1*}, Jorge Méndez González², Tomás Pineda Ojeda³, Eulogio Flores Ayala³, Enrique Buendía Rodríguez³

Fecha de recepción/Reception date: 18 de diciembre de 2025.

Fecha de aceptación/Acceptance date: 1 de abril de 2026.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. México.

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento Forestal. México.

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle de México. México.

*Autor para correspondencia; correo-e: flores.andres@inifap.gob.mx

*Corresponding author; e-mail: flores.andres@inifap.gob.mx

Resumen

Gmelina arborea es una especie tropical de alto valor comercial para plantaciones forestales por su rápido crecimiento y por los diversos usos que tiene; normalmente, su producción de madera es de 15 a 21 m³ ha⁻¹ año⁻¹ y de 40 a 50 m³ ha⁻¹ año⁻¹ en sitios óptimos. Sin embargo, la disponibilidad de semilla, los problemas de dormancia y de baja viabilidad son factores que limitan la producción de plántulas a gran escala. Este trabajo compila aspectos básicos para considerar en la selección y manejo de semilla, desde la cosecha hasta el establecimiento de plántulas. Se destaca la importancia de recolectar frutos marrón-amarillentos (máxima madurez embrionaria), remover la pulpa y secar las semillas al sol por 7 días, para evitar daños por plagas y enfermedades durante el transporte y almacenamiento. La dormancia se puede romper mediante tratamientos pregerminativos con ácido giberélico (GA₃; 200 ppm, 24 h), ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄; 10 min), agua fría (24 h), para obtener germinaciones de hasta 98.88, 93.33 y 80 %, respectivamente. El tamaño es una característica de importancia para la germinación: semillas grandes (0.94 g) alcanzan 80.25 % y mayor velocidad de germinación. Para conservar la viabilidad, se recomienda de 5 a 8 % de humedad y de 7 a 8 °C junto con tratamientos de hidratación-deshidratación o uso de microburbujas de oxígeno para ampliar la vida útil del germoplasma. Finalmente, debido a la alta diversidad genética (polimorfismo de 95.4 %) que tiene la especie, se sugiere recolectar semilla de diferentes procedencias para garantizar su adaptación y resiliencia al cambio climático.

Palabras clave: Almacenamiento de semilla, cosecha, dormancia, germinación, longevidad, plántula.

Abstract

Gmelina arborea is a tropical species of high commercial value for forest plantations due to its rapid growth and its various uses. Typically, its timber yield ranges from 15 to 21 m³ ha⁻¹ year⁻¹ and from 40 to 50 m³ ha⁻¹ year⁻¹ in optimal sites. However, seed availability, dormancy, and low viability limit large-scale seedling production. This paper compiles key considerations for seed selection and management, from harvest through seedling establishment. It is important to harvest yellowish-brown fruits (at peak embryonic maturity), remove the pulp, and dry the seeds in the sun for 7 days to prevent damage from pests and diseases during transport and storage. Dormancy can be broken by pre-germination treatments with gibberellic acid (GA₃; 200 ppm, 24 h), concentrated sulfuric acid (H₂SO₄; 10 min), or cold water (24 h), resulting in germination rates of up to 98.88, 93.33, and 80 %, respectively. Size is an important factor in germination: large seeds (0.94 g) achieve an 80.25 % germination rate and a faster germination rate. To maintain viability, a humidity level of 5-8 % and a temperature of 7-8 °C are recommended, along with hydration-dehydration treatments or the use of oxygen microbubbles to extend the shelf life of the germplasm. Finally, given the species' high genetic diversity (95.4 % polymorphism), it is recommended to collect seeds from different sources to ensure their adaptation and resilience to climate change.

Keywords: Seed storage, harvest, dormancy, germination, longevity, seedling.

Introducción

Gmelina arborea Roxb. ex Sm. es originaria de India, Bangladesh, Sri Lanka, Myanmar, Tailandia, el sur de China, Laos, Camboya, Pakistán, Vietnam, Nepal y Sumatra en Indonesia (Wee et al., 2012). Su madera es una de las mejores de los trópicos con múltiples usos: tableros de partículas, contrachapados, madera aserrada para construcción, muebles, carpintería en general, embalajes, instrumentos musicales, pulpa para papel, leña y carbón vegetal (Patil et al., 2018). Además de sus usos maderables, algunas personas han utilizado sus frutos como alimento para el ganado; mientras que diversos grupos valoran sus raíces, frutos, hojas, flores y corteza por sus propiedades medicinales (Onwe et al., 2023).

Los silvicultores han usado la especie en plantaciones forestales por su rápido crecimiento y por desarrollar un tronco recto, lo cual les permite producir volúmenes de madera de 15 a 21 m³ ha⁻¹ año⁻¹ en sitios donde se adapta correctamente y de 40 a 50 m³ ha⁻¹ año⁻¹ en lugares que presentan los suelos y precipitaciones que la especie requiere (Dvorak, 2004). Esta cualidad ha hecho que varios países tropicales (p. ej.,

Colombia, Costa Rica, Venezuela, Brasil, Honduras, Costa de Marfil, Panamá, entre otros) la integren en sus programas de plantaciones (Ramírez-Jaramillo *et al.*, 2019). Asimismo, Dvorak (2004) estimó que en 2020 se establecieron alrededor de 800 000 ha en las regiones tropicales y subtropicales del mundo por ser una especie con alto potencial y utilidad. México contribuyó en 2014 con 24 061 ha de plantaciones (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat], 2014).

Gmelina arborea se puede propagar fácilmente, pero la disponibilidad de semillas para producir cantidades adecuadas de plántulas para actividades de plantación a gran escala es una limitación importante (Siregar *et al.*, 2020). Al respecto, los productores e investigadores deben conocer los principales aspectos que intervienen para seleccionar la semilla y conocer los problemas de dormancia y baja viabilidad que presenta la especie (Rotowa & Adeagbo, 2019). Omitir lo anterior conlleva a un posible fracaso para alcanzar el potencial de aprovechamiento maderable que tiene *G. arborea* en plantaciones forestales con fines comerciales, por la falta de cantidad y calidad en el germoplasma. En este contexto, el objetivo de la presente revisión fue determinar los aspectos básicos que deben considerarse durante la selección de la semilla de *G. arborea*, previo y durante su germinación.

Para ello, se realizó un análisis sistemático de artículos de investigación de 1980 a 2025 sobre el tema de interés disponibles en bases de datos bibliográficas (*Scopus*, *Web of Science*) y metabuscadorees (*Google académico*); las palabras clave utilizadas fueron *Gmelina arborea*, *seed*, *semilla* y *semiente*. Se revisó cada resumen para asegurar que el artículo fuera relevante para el tema, previo a su selección; se eligieron los documentos por su contenido, con base en la lectura completa; se sintetizaron los artículos en una matriz que contenía títulos, objetivos del estudio, materiales y métodos, resultados, conclusiones, brechas y limitaciones; se agruparon y discutieron los documentos, a partir de los subtemas identificados (Handayani *et al.*, 2025).

Desarrollo y Discusiones

Características de la semilla

Los aspectos básicos de la semilla de *G. arborea* a considerarse previo y durante su germinación se conjuntan en ocho temas generales: (1) Producción-cosecha de semilla, (2) Extracción-poscosecha, (3) Morfología-calidad física, (4) Germinación-dormancia, (5) Longevidad-almacenamiento, (6) Calidad fisiológica-vigor, (7) Influencia genética-procedencia, (8) Crecimiento inicial de plántulas.

Producción y cosecha de semilla

Los frutos de *G. arborea* son las estructuras donde se producen las semillas. La cantidad que se cosecha de ellos es distinta en cada año, ya que está en función de la calidad de la floración (buena o mala) que tengan los árboles (Khanduri et al., 2019). Por ello, es necesario considerar que la cantidad de semilla por obtener es fluctuante en el tiempo (año, temporada). La polinización abierta en poblaciones naturales de la especie es insuficiente, por lo que se recomienda apoyar la polinización de las flores de forma manual de febrero a abril (Hasnat et al., 2016), sobre todo en huertos semilleros, con el fin de aumentar su fructificación hasta en 23 % (Khanduri et al., 2019). Para lo anterior, es necesario tener un calendario fenológico de la especie, lo cual ayuda a identificar el momento óptimo de la fructificación y a programar las actividades de recolección de semilla.

Los periodos de fructificación y recolección de semilla ocurren de abril a mayo y de mayo a julio, respectivamente (Hasnat *et al.*, 2016), estos deben considerarse para la planeación de las actividades de cosecha y beneficio. No obstante, la fase de maduración puede variar de un año a otro por efecto de los cambios climáticos (Saralch & Singh, 2013). Se requiere ponderar la madurez del fruto para garantizar el mayor rendimiento. Al respecto, es preferible la cosecha de frutos en las copas de los árboles que la recolección en el suelo. En el primer caso, el color marrón-amarillento es un indicador de que las semillas presentan la máxima maduración del embrión (completamente desarrollado y diferenciado) (Patil *et al.*, 2018), tienen suficiente energía (reservas) para germinar de forma vigorosa y contienen bajos niveles de inhibidores de la germinación (Anandalakshmi *et al.*, 2016).

Extracción y poscosecha

La extracción consiste en obtener las semillas a partir de los frutos. A pesar de que existen algunas variaciones en la forma de realizarla, se sugiere obtener el germoplasma de frutos secos o después de fermentarlos por dos semanas; en ambos casos se garantizan mayores porcentajes de germinación (Ogunnika & Kadeba, 1993). Para facilitar la extracción de las semillas de forma manual, los frutos se machacan en morteros, o se golpetean con palos en sacos/lonas, o se frotran en el suelo o contra una malla metálica de media pulgada. O bien, se puede llevar a cabo de forma mecanizada con el uso de trituradoras de semillas, máquinas despulpadoras o molinos de martillos (Adeleye *et al.*, 2021; Florido & Cornejo, 2002). Los métodos de extracción mecanizados de semillas conllevan la compra de maquinaria, lo cual no siempre es posible; sin embargo, se puede optar por la fabricación local de maquinaria adaptada al sitio para evitar depender de la importación.

Debido a que la pulpa de los frutos se descompone rápidamente, es importante removerla por completo de las semillas después de la cosecha; de lo contrario, los residuos favorecen el ataque de insectos y hongos que infestarían las semillas durante el transporte o almacenamiento. Por ello, es importante evitar la fermentación, ya que puede dañar las semillas (Adeleye et al., 2021). Estas se lavan y secan directamente al sol, durante 7 días (Florido & Cornejo, 2002).

Morfología y calidad física

Las dimensiones de la semilla de *G. arborea* son diámetro mayor, 18.16 mm; intermedio, 10.52 mm; menor, 9.40 mm; y esfericidad de 66.91 % (Onwe et al., 2023). Su densidad aparente es de 0.64 kg m⁻³ y la densidad real de 0.96 kg m⁻³ (Onwe et al., 2023). El peso de 1 000 semillas es 621.33 g y su contenido de humedad varía de 30 a 51 % (Onwe et al., 2023). El coeficiente de fricción, evaluado sobre diferentes materiales (madera, aluminio, acero y vidrio) que se emplean para el diseño del equipo usado en el transporte, manejo y procesamiento de semilla, es mayor en la madera (0.40) y menor en el aluminio (0.34), pero intermedio en acero galvanizado y vidrio (0.37 y 0.36, respectivamente); y el ángulo de reposo es de 24.09° (Onwe et al., 2023). La fuerza de fractura de la semilla en el eje horizontal es de 0.808 kN (Onwe et al., 2023). Las propiedades de la semilla de *G. arborea* son esenciales para el diseño y desarrollo de equipos utilizados para su transporte, manipulación y procesamiento, tales como clasificadoras, calibradoras y máquinas de fractura (Onwe et al., 2023).

Germinación y dormancia

En esta especie, cuando las semillas proceden de frutos secos o son fermentadas durante dos semanas, se obtienen 90 y 86 % de germinación, respectivamente (Ogunnika & Kadeba, 1993). Después de que las semillas son remojadas en agua durante 48 h, y si provienen de frutos cuya coloración es marrón-amarillento, se logra 77 % de germinación acumulada en 30 días (Adebisi *et al.*, 2011) y hasta 84.66 %, al sembrarlas en condiciones de aire libre con protección de malla sombra (Patil *et al.*, 2018). Sin embargo, al sumergir las semillas en ácido giberélico (GA₃), a una concentración de 200 ppm durante 24 h, es posible alcanzar valores de germinación de 98.88 %; con ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄) por 10 minutos, se obtiene 93.33 %; y 80 % con agua fría por 24 h (Berry *et al.*, 2021). Se logra una germinación superior al usar una mezcla de sustrato basado en tierra+arena+vermicomposta (2:1:1), en comparación con sustrato de coco o arena blanca (Maharana *et al.*, 2018).

Estos tratamientos mejoran las tasas de germinación y reducen el tiempo requerido para la misma, ello demuestra que es posible romper la dormancia de la semilla. La aplicación de tratamientos pregerminativos conlleva el aumento del porcentaje de germinación, por lo que se sugiere su uso. Por ejemplo, la inmersión de la semilla en agua y en agitación por 24 h ayuda a la lixiviación de inhibidores (Rotowa & Adeagbo, 2019).

La dormancia de la especie es variable y puede estar más acentuada en algunos genotipos que en otros desde el momento de su madurez fisiológica (Alizaga & Herrera, 2001); un ejemplo es su duración media (número de días desde la siembra hasta que germina la mitad del número total de semillas) que en *G. arborea* es de 25 días (Blakesley *et al.*, 2002), lo que la caracteriza como de rápida germinación.

El tamaño (peso, g) de la semilla influye en el porcentaje de germinación de la especie. Semillas grandes (0.94 g) alcanzan 80.25 %, medianas (0.57 g) 56.50 % y pequeñas (0.38 g) logran 35.50 % (Owoh *et al.*, 2011); asimismo, las semillas grandes también

presentan mayor velocidad de germinación (0.986 semillas germinadas día⁻¹) (Galán-Larrea et al., 2000). En este caso, el tamaño es un parámetro clave para predecir la germinación de *G. arbórea*; por lo tanto, debido a su rápida germinación, se recomienda el uso de semillas grandes (Fornah et al., 2017).

No obstante, cuando el tamaño está basado en las dimensiones de las semillas (largo y ancho), la diferencia entre grandes y pequeñas en el porcentaje de germinación no es significativa, pero sí en la velocidad para hacerlo: las semillas pequeñas germinan más rápido que las grandes (Agboola, 1996). Esto puede ser un mecanismo adaptativo para maximizar la probabilidad de establecimiento ante condiciones extremas (Tomar et al., 2024), ya que le permite a la especie alcanzar un alto porcentaje de germinación independientemente del tamaño.

Por otra parte, la efectividad de germinación de la especie mediante la siembra directa de semillas recubiertas registra la máxima germinación (17.7 %) en 26 días, cuando se recubre el germoplasma (bombas de semillas) con arcilla+aserrín+harina de hueso+vermicompost (3:3:1:1) (Zubaidah et al., 2022), lo cual es un porcentaje bajo. Se asume que esto se debe a la falta de selección de semillas basada en un análisis de viabilidad previo al recubrimiento.

Otra técnica que se ha probado para la siembra directa en la especie es el uso de briquetas (mezcla de materiales como semillas, tierra, compost, cal y otros materiales orgánicos) para la germinación en campo. En vivero, se han obtenido resultados hasta de 78.5 % en 60 días de germinación con briquetas compuestas por 10 % de tierra+45 % de compost+35 % de carbón vegetal de cáscara de arroz+5 % de cal+5 % de tapioca (Sudrajat & Rustam, 2020). Al realizar la siembra, en campo se logró 56.8 % de supervivencia, 120.32 cm y 15.92 mm de crecimiento en altura y diámetro, respectivamente en plántulas de 12 meses (Sudrajat & Rustam, 2020). Esto último puede aplicarse en tierras y bosques degradados para lograr reforestaciones a gran escala más exitosas, rentables y con menor necesidad de mano de obra.

De acuerdo con pruebas hechas para evaluar el efecto del sustrato y la intensidad de luz utilizados para la germinación de *G. arborea*, es factible obtener hasta 80%,

cuando las semillas se siembran en una mezcla compuesta por suelo+arena+estiércol (1:1:2), con una intensidad lumínica de aproximadamente 50 % (Kumari et al., 2025). Bajo esas condiciones puede mejorar el vigor de las plántulas, y con ello se favorece el éxito de reforestaciones, sistemas agroforestales y plantaciones comerciales.

Longevidad y almacenamiento

En general, el almacenamiento de semillas se realiza posterior a la determinación inicial de su calidad, ya que esto permite conocer las características del lote. El almacenamiento solo debe llevarse a cabo en lotes con semillas cuya germinación inicial haya sido superior a 50 %, puesto que un valor inferior indica que las semillas están dañadas (Yulianti et al., 2020). Debido a que las semillas de *G. arborea* son subortodoxas, solo pueden almacenarse por un año, sin reducir fuertemente su viabilidad (Yulianti et al., 2020). Para ello, se recomienda que estas tengan entre 5 y 8 % de contenido de humedad y se mantengan entre 7 y 8 °C de temperatura (Florida & Cornejo, 2002); aunque también se sugiere mantenerlas entre 18 y 20 °C y a una humedad relativa de 50 a 60 % (Yuniarti et al., 2018).

Sin embargo, la semilla de algunas procedencias se cataloga como ortodoxa, ya que tolera la desecación hasta niveles de humedad de 3 %, sin afectar negativamente su viabilidad y parámetros germinativos (Correa et al., 2013; Waiboonya et al., 2019). Por ejemplo: semillas deshidratadas a 3.9 % de contenido de humedad y almacenadas de -20 a 0 °C por 270 días registraron de 77 a 95 % de germinación (Naithani et al., 2004). Cuando ocurre lo contrario, se debe a que, posiblemente, se remueve el agua que ayuda a mantener las estructuras celulares (Dasgupta et al., 1982).

Para el almacenamiento, se pueden utilizar sacos de yute, algodón o bolsas de plástico delgadas (0.1 a 0.25 mm de espesor) que permiten el intercambio de oxígeno (Yulianti et al., 2020). Es primordial el control de enfermedades, insectos y hongos, ya que para estos últimos las semillas se almacenan a temperaturas y niveles de humedad que favorecen su crecimiento y desarrollo. La presencia de enfermedades se previene mediante fumigación con CO₂ o inmersiones breves de la semilla en agua fría o caliente, en soluciones fungicidas, o con un tratamiento en seco (Yulianti et al., 2020).

La vida útil de las semillas de *G. arborea* durante su almacenamiento se extiende con tratamientos de hidratación y deshidratación, ya que estos activan el mecanismo de autorreparación durante la fase de hidratación (Cremaldi & Bhushan, 2018). Asimismo, la aplicación de microburbujas de oxígeno es una tecnología que ayuda a revitalizar y mejorar la germinación de las semillas almacenadas por un año hasta en 80 % (Siregar et al., 2020). Los tratamientos descritos tienen aplicaciones prácticas para mejorar la producción de plántulas destinadas al establecimiento de plantaciones forestales, a la silvicultura comunitaria y a los programas de restauración de ecosistemas.

Calidad fisiológica y vigor

Gmelina arborea se caracteriza por tener germinación intermedia; es decir, tolerancia limitada al secado, al frío y a periodos de almacenamiento menores a un año; además de ser sincrónica: las semillas viables germinan en un periodo relativamente corto y cercano entre sí (Blakesley et al., 2002). Las semillas que proceden de frutos marrón-amarillento y marrón, tratadas con polvos orgánicos de albahaca africana, chile rojo o pimienta negra (tratamientos de vigorización

probados que mantienen la calidad de la semilla durante el almacenamiento, 10 g producto 100 g semilla), almacenadas durante 60 y 120 días (29 °C de temperatura promedio y 75 % humedad relativa) presentan mayor potencial de crecimiento y desarrollo rápido de las plántulas (Adebisi & Bello, 2015). Estas cualidades son ideales para una producción eficiente en vivero, dado que se minimiza el uso de áreas para la germinación, donde las semillas son vulnerables a plagas y enfermedades.

Influencia genética y procedencia

La variación genética de la morfología de semillas no es significativa entre poblaciones, ni dentro de ellas (Naik *et al.*, 2009). Sin embargo, el análisis de diversidad genética mediante marcadores moleculares demuestra un alto grado de polimorfismo (95.4 %) (Naik *et al.*, 2009; Wee *et al.*, 2012). Esta condición es de suma importancia en *G. arbórea*, ya que favorece una mayor resistencia/tolerancia a las plagas, enfermedades y a los cambios climáticos. Asimismo, permite establecer plantaciones en diferentes condiciones de sitio, optimizar la producción de materiales mediante selección clonal y desarrollar programas de mejoramiento y conservación genética (Naik *et al.*, 2009).

La procedencia del germoplasma influye significativamente en las variables de biomasa cuando proviene de diversas regiones. En particular, se registran diferencias en el peso seco de la parte aérea (7.80 g) y la biomasa total (12.89 g) en plántulas de 10 semanas de edad (Fornah *et al.*, 2017).

Por otra parte, Hernández-Castro *et al.* (2021) estimaron que es posible obtener ganancias genéticas importantes de 6.11 % en diámetro y 9.36 % en volumen comercial en plantaciones a los 34 meses de edad; Chacón y Murillo (2005) propusieron seleccionar

materiales jóvenes en función de su vigor y dominancia apical para usarlos como material de establecimiento en plantaciones forestales comerciales.

Con el fin preservar la máxima diversidad genética, el germoplasma empleado en plantaciones debe provenir de múltiples poblaciones naturales y de localidades distintas. Ello coadyuva al éxito en el establecimiento de plantaciones, ya que se favorece un mejor crecimiento inicial y se puede lograr una producción más rápida de pulpa, madera y leña.

Crecimiento inicial de plántulas

En general, las semillas grandes (0.94 g) de *G. arborea* producen plántulas a los 3 meses de edad más altas (11.42 cm), en comparación con las semillas medianas (0.57 g) y pequeñas (0.38 g), cuyas dimensiones son de 8.84 y 8.76 cm, respectivamente (Owoh et al., 2011). En promedio promueven mayor número de hojas (10.36), el diámetro del cuello (0.18 cm) y el área foliar (15.40 cm²) son más grandes, mayor peso seco del tallo (4.36 g) y de raíz (1.15 g) que las semillas medianas y pequeñas (Agboola, 1996; Owoh et al., 2011). Las plántulas también exhibieron tasas de crecimiento relativo (0.69 g m⁻¹) y de crecimiento promedio (2.66 g m⁻¹) superiores. La procedencia de la semilla, igualmente, tiene un efecto en la talla de las plántulas; por ejemplo, a los 4 meses de edad se han registrado promedios de alturas de 33.22 a 34.75 cm, diámetros de cuello de 2.01 a 2.39 cm y cantidad de hojas de 16.53 a 19.56 (Rotowa & Adeagbo, 2019).

El sitio de establecimiento incide en el crecimiento de las plántulas. Al respecto, el desempeño de la especie establecida en una localidad deforestada (con un nivel ligero de degradación) y una localidad sin perturbación es diferente. Los resultados de una comparación entre ambas, a los 15 meses de edad, demostraron menores

crecimientos promedio en altura y diámetro (80.90 y 0.85 cm, respectivamente) en la localidad deforestada, en comparación con el sitio sin perturbación (89.90 y 1.04 cm, respectivamente) (Hossain, 2012).

Los sustratos y condiciones en donde se desarrollan las plantas también tienen un efecto. Kumari *et al.* (2025) observaron que plántulas de 8 meses de edad de *G. arborea* alcanzaron mayor altura, diámetro del cuello y número de hojas (95.31 cm, 12.88 cm, 7.96, respectivamente), cuando crecieron en una mezcla de suelo+arena+estiércol (2:1:2) y bajo una intensidad lumínica cercana a 50 %. Sitios con presencia de sequías moderadas a severas no son recomendables para el establecimiento de la especie, ya que no es tolerante a estas condiciones (Sachan *et al.*, 2020).

Por lo anterior, se recomienda a los silvicultores y plantadores el uso de semillas grandes, de procedencias con mayor potencial, en el mejor sustrato y luminosidad para aprovechar la superioridad del crecimiento temprano de las plántulas. Asimismo, debido al desempeño que *G. arborea* presenta en crecimiento es posible la recuperación de áreas con ligera degradación.

Conclusiones

Los recolectores deben cosechar frutos de color marrón-amarillento para garantizar la mayor madurez del embrión y obtener semilla con suficiente potencial para germinar. Asimismo, se requiere remover completamente la pulpa del fruto y secar las semillas al sol durante los 7 días posteriores a la recolecta.

La selección de la semilla se tiene que hacer por tamaño, porque la grande logra el mayor porcentaje y velocidad de germinación, produce plántulas más altas y con vigor superior. La dormancia puede ser inhibida mediante la inmersión en ácidos giberélico o sulfúrico, principalmente. Durante su conservación es necesario mantener

entre 5 y 8 % el contenido de humedad de la semilla y almacenarla a temperaturas de 7 a 8 °C. Es recomendable aplicar tratamientos de hidratación-deshidratación, o microburbujas de oxígeno. Los responsables del manejo deben utilizar germoplasma de diferentes poblaciones y localidades para incluir la máxima diversidad genética y garantizar la resistencia/tolerancia a plagas, enfermedades y a los efectos adversos del cambio climático.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los revisores del manuscrito por los comentarios hechos para su mejora. Al INIFAP por financiar este trabajo a través del proyecto fiscal con registro SIGI 1845736553 "Producción maderable, rendimiento y calidad de madera en plantaciones tropicales forestales en los estados de Jalisco, Nayarit, Colima y Quintana Roo".

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses, y manifiestan que no existe vínculo con instituciones patrocinadoras de la investigación, ni tienen ventajas de tipo profesional, laboral o económica.

Contribución por autor

Andrés Flores: concepción de idea, formulación de metodología, análisis de la información y redacción de primer manuscrito; Jorge Méndez González: revisión crítica y aportación de comentarios sustanciales al manuscrito; Tomás Pineda Ojeda: revisión y redacción sustantiva del manuscrito final; Eulogio Flores Ayala: redacción

y discusión del documento; Enrique Buendía Rodríguez: supervisión del trabajo y generación de base de datos. Todos los autores han leído y están de acuerdo en publicar el documento.

Referencias

- Adebisi, M. A., & Bello, F. Y. (2015). Seed germination and seedling vigour attributes of *Gmelina* (*Gmelina arborea*) seeds affected by fruit maturity levels and pre-storage invigoration treatments under ambient tropical conditions. *Nigeria Agricultural Journal*, 46(1), 155-170. <https://www.ajol.info/index.php/naj/article/view/125565>
- Adebisi, M. A., Adekunle, M. F., & Odebiyi, O. A. (2011). Effects of fruit maturity and pre-sowing water treatment on germinative performance of *Gmelina arborea* seeds. *Journal of Tropical Forest Science*, 23(4), 371-378. https://www.researchgate.net/publication/265118043_Effects_of_fruit_maturity_and_pre-sowing_water_treatment_on_germinative_performance_of_Gmelina_arborea_seeds
- Adeleye, A. S., Adebajo, A. E., Omoghie, E. S., Ogundare, T., & Alli, S. A. (2021). Constraints and prospects of mechanized processing of forest tree seeds. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 25(4), 637-642. <https://www.ajol.info/index.php/jasem/article/download/215821/203537>
- Agboola, D. A. (1996). The effect of seed size on germination and seedling growth of three tropical tree species. *Journal of Tropical Forest Science*, 9(1), 44-51. <https://www.jstor.org/stable/43582136>
- Alizaga, R., & Herrera, J. (2001). Tratamientos pregerminativos en semillas de melina (*Gmelina arborea*). *Tecnología en Marcha*, 14(2), 52-58. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835414>
- Anandalakshmi, R., Geetha, S., Singh, B. G., Sivakumar, V., & Warriar, R. R. (2016). Effect of fruit maturity stages on the germination and storage behavior of *Gmelina arborea*. *MyForest*, 52(1-4), 69-76. https://www.researchgate.net/publication/322075656_Effect_of_fruit_maturity_stages_on_the_germination_and_storage_behavior_of_Gmelina_arborea

- Berry, N., Shukla, A., & Barkade, E. (2021). Pre-sowing treatment of seeds and its impact on germination of *Gmelina arborea* Roxb. *The Pharma Innovation Journal*, 10(10), 239-243. <https://doi.org/10.22271/tpi.2021.v10.i10d.8004>
- Blakesley, D., Elliott, S., Kuarak, C., Navakitbumrung, P., Zangkum, S., & Anusarnsunthorn, V. (2002). Propagating framework tree species to restore seasonally dry tropical forest: implications of seasonal seed dispersal and dormancy. *Forest Ecology and Management*, 164(1-3), 31-38. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00609-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00609-0)
- Chacón, P., & Murillo, O. (2005). Variación genética en la dominancia apical como respuesta a la decapitación en clones juveniles de *Gmelina arborea* Roxb. *Kurú: Revista Forestal*, 2(6), 1-13. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/535/461>
- Correa, E. M., Alvarez, S. C., Espitia, M. M., & Cardona, C. E. (2013). Modelos de secado y tolerancia a la desecación de semillas de *Tectona grandis* L. f. y *Gmelina arborea* Roxb. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 30(2), 20-33. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5104079>
- Cremaldi, J. C., & Bhushan, B. (2018). Bioinspired self-healing materials: lessons from nature. *Beilstein Journal of Nanotechnology*, 9, 907-935. <https://doi.org/10.3762/bjnano.9.85>
- Dasgupta, J., Bewley, J. D., & Yeung, E. C. (1982). Desiccation-tolerant and desiccation-intolerant stages during the development and germination of *Phaseolus vulgaris* seeds. *Journal of Experimental Botany*, 33(5), 1045-1057. <https://doi.org/10.1093/jxb/33.5.1045>
- Dvorak, W. S. (2004). World view of *Gmelina arborea*: Opportunities and challenges. *New Forests*, 28, 111-126. <https://doi.org/10.1023/B:NEFO.0000040940.32574.22>
- Florido, L. V., & Cornejo, A. T. (2002). Yemane *Gmelina arborea* (Roxb.). *Research Information Series on Ecosystems*, 14(3), 3-8. <https://www.researchgate.net/profile/Arvind-Singh-21/post/Need-articles-related-to-on-seed-vegetative-propagation-of-Gmelina-arborea-Gamar-sivan/attachment/59d649cc79197b80779a436a/AS%3A472521951715328%401489669420685/download/1.pdf>

- Fornah, Y., Mattia, S. B., Otesile, A. A., & Kamara, E. G. (2017). Effects of provenance and seed size on germination, seedling growth and physiological traits of *Gmelina arborea*, Roxb. *International Journal of Agriculture and Forestry*, 7(1), 28-34. <https://scispace.com/pdf/effects-of-provenance-and-seed-size-on-germination-seedling-24ur1sx1vc.pdf>
- Galán-Larrea, R., Vargas-Hernández, J., & Rodríguez-Laguna, R. (2000). Tratamientos para estimular y homogeneizar la germinación en semillas de *Gmelina arborea* Roxb. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 6(1), 21-28. <https://share.google/IzpFWO5uImSwpbysi>
- Handayani, D. P., Mahfud, M., Kurniawansyah, F., & Kusuma, H. S. (2025). A thematic review of corrosion inhibitor publications in the Moroccan Journal of Chemistry: trends, mechanisms, and research gaps. *Moroccan Journal of Chemistry*, 13(4), 1881-1911. <https://doi.org/10.48317/IMIST.PRSM/morjchem-v13i4.58884>
- Hasnat, G. N. T., Hossain, M. K., & Hossain, M. A. (2016). Flowering, fruiting and seed maturity of common plantation tree species in Bangladesh. *Journal of Bioscience and Agriculture Research*, 7(1), 583-589. https://www.journalbinet.com/uploads/2/1/0/0/21005390/flowering_fruiting_and_seed_maturity_of_common_plantation_tree_species_in_bangladesh_v.1.1.pdf
- Hernández-Castro, W., Badilla-Valverde, Y., & Murillo-Gamboa, O. (2021). Estimación de parámetros genéticos de *Gmelina arborea* Roxb. (melina) en el Caribe de Costa Rica. *Uniciencia*, 35(1), 352-366. <https://doi.org/10.15359/RU.35-1.22>
- Hossain, M. M. (2012). Germination and initial growth of tree seedlings on deforested and natural forest soil at Dulhazara, Bangladesh. *Revista de Biología Tropical*, 60(4), 1479-1489. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442012000400006
- Khanduri, V. P., Kumar, K. S., Sharma, C. M., Riyal, M. K., & Kar, K. (2019). Pollen limitation and seed set associated with year-to-year variation in flowering of *Gmelina arborea* in a natural tropical forest. *Grana*, 58(2), 133-143. <https://doi.org/10.1080/00173134.2018.1536164>
- Kumari, S., Pandey, S. B. S., Prahlad, V. C., Upadhyay, K., & Chopra, R. (2025). Influence of light intensity and growing media on germination and growth of *Gmelina*

arborea Roxb. seedlings in the South-eastern region of Rajasthan. *Journal of Scientific Research and Reports*, 31(3), 146-160.

<https://doi.org/10.9734/jsrr/2025/v31i32887>

Maharana, R., Dobriyal, M. J., Behera, L. K., Gunaga, R. P., & Thakur, N. S. (2018). Effect of pre seed treatment and growing media on germination parameters of *Gmelina arborea* Roxb. *Indian Journal of Ecology*, 45(3), 623-626. https://indianecologicalsociety.com/wp-content/themes/ecology/volume_pdfs/abstract_35.pdf

Naik, D., Singh, D., Vartak, V., Paranjpe, S., & Bhargava, S. (2009). Assessment of morphological and genetic diversity in *Gmelina arborea* Roxb. *New Forests*, 38, 99-115. <https://doi.org/10.1007/s11056-009-9134-y>

Naithani, S. C., Naithani, R., Varghese, B., Godheja, J. K., & Sahu, K. K. (2004). Conservation of four tropical forest tree seeds from India. In M. Sacandé, D. Jøker, M. E. Dulloo & K. A. Thomsen (Eds.), *Comparative storage biology of tropical tree seeds* (pp. 174-191). International Plant Genetic Resources Institute. https://www.researchgate.net/publication/322096695_Conservation_of_four_tropical_forest_tree_seeds_from_India

Ogunnika, C. B., & Kadeba, O. (1993). Effects of various methods of extraction on germination of *Gmelina arborea* seeds/fruits. *Journal of Tropical Forest Science*, 5(4), 473-478. <https://jtfs.frim.gov.my/jtfs/article/view/1963>

Onwe, D. N., Okoko, P., & Akpan, M. G. (2023). Determination of some physical and mechanical properties of *Gmelina arborea* seed. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*, 21(3), 23-29. <https://doi.org/10.9734/ajaar/2023/v21i3419>

Owoh, P. W., Offiong, M. O., Udofia, S. I., & Ekanem, V. U. (2011). Effects of seed size on germination and early morphological and physiological characteristics of *Gmelina arborea*, Roxb. *African Research Review*, 5(6), 422-433. <https://doi.org/10.4314/afrrrev.v5i6.33>

Patil, Y. B., Saralch, H. S., Mahale, S. R., Chauhan, S. K., & Sharma, R. (2018). Effect of growing environment, fruit maturity and sowing time on germination and seedling growth of *Gmelina arborea* Roxb. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(12), 2543-2552. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.712.289>

- Ramírez-Jaramillo, G., Lozano-Contreras, M. G., & Ramírez-Silva, J. H. (2019). Potential areas for growing *Gmelina arborea* Roxb., under rainfed conditions in Tabasco, Mexico. *Agricultural Sciences*, *10*(9), 1206-1216. <https://doi.org/10.4236/as.2019.109090>
- Rotowa, O. J., & Adeagbo, A. A. (2019). Provenances trial of *Gmelina arborea* (Roxb.) in middle-belt zone of Nigeria. *Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences*, *7*(3), 27-31. https://www.isca.me/AGRI_FORESTRY/Archive/v7/i3/4.ISCA-RJAFS-2019-009.php
- Sachan, S., Verma, S., Kumar, S., & Kumar, A. (2020). Morphological, physiological and biochemical performance of *Tectona grandis* and *Gmelina arborea* under drought stress conditions. *International Journal of Chemical Studies*, *8*(1), 1305-1314. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i1r.8437>
- Saralch, H. S., & Singh, S. P. (2013). Determining maturity indices for time of seed collection in *Gmelina arborea* under Punjab conditions. *International Journal of Farm Sciences*, *3*(2), 90-94. <https://sadhnahp.com/storage/articles/December2025/EzLuXrqWYAfdkZd.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2014). *Anuario estadístico de la producción forestal 2014* [Libro blanco]. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282926/2014.pdf>
- Siregar, I. Z., Muharam, K. F., Purwanto, Y. A., & Sudrajat, D. J. (2020). Seed germination characteristics in different storage time of *Gmelina arborea* treated with ultrafine bubbles priming. *Biodiversitas*, *21*(10), 4558-4564. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d211013>
- Sudrajat, D. J., & Rustam, E. (2020). Reforestation by direct seeding of *Gmelina arborea* using seed briquettes: Composition, size and site preparation, and sowing date. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *533*, Article 012014. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/533/1/012014>
- Tomar, A., Beauty, K., Singh, B. K., & Kumar, D. (2024). Morphological variations and germination behaviour of seeds of four fodder tree species. *Journal of Global Agriculture and Ecology*, *16*(3), 12-20. <https://doi.org/10.56557/jogae/2024/v16i38741>

Waiboonya, P., Elliott, S., & Tiansawat, P. (2019). Seed storage behaviour of native forest tree species of Northern Thailand. *EnvironmentAsia*, 12(3), 104-111. <https://doi.org/10.14456/ea.2019.50>

Wee, A. K. S., Li, C. H., Dvorak, W. S., & Hong, Y. (2012). Genetic diversity in natural populations of *Gmelina arborea*: Implications for breeding and conservation. *New Forests*, 43, 411-428. <https://doi.org/10.1007/s11056-011-9288-2>

Yulianti, Putri, K. P., Yuniarti, N., Aminah, A., Suita, E., Danu, Sudrajat, D. J., Nurhasybi, & Syamsuwida, D. (2020). Seed handling of specific forest tree species: Recalcitrant and intermediate seed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 522, Article 012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/522/1/012015>

Yuniarti, N., Bramasto, Y., & Syamsuwida, D. (2018). Storage techniques of the twenty seed species of urban forests. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 203, Article 012012. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/203/1/012012>

Zubaidah, S., Mansur, I., Budi, S. W., & Yusmur, A. (2022). Seedball coating material formulation to enhance germination and growth of fruit and forest seeds. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 959, Article 012039. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/959/1/012039>



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.