

POTENCIAL DE ALMACENAMIENTO DE SEMILLAS DE LAS ESPECIES FORESTALES CAOBA (*Swietenia macrophylla* King) Y ABARCO (*Cariniana pyriformis* Miers)

SEED STORAGE POTENTIAL OF THE FOREST SPECIES MAHOGANY (*Swietenia macrophylla* King) AND ABARCO (*Cariniana pyriformis* Miers)

Marly Grajales-Amorocho¹; Rocío Stella Suárez-Román¹ *; Marily Rafaela Mendoza-Rojas¹.

1. Grupo GIBUQ Universidad del Quindío, Armenia, Quindío, Colombia

*Autor de correspondencia: Rocío Stella Suárez Román, email: rociosuarez@uniquindio.edu.co

Información del artículo:

Artículo original

DOI: <https://doi.org/10.33975/riuq.vol35n1.528>

Recibido: 25 marzo 2023; Aceptado: 22 junio 2023

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el potencial de almacenamiento de semillas de las especies forestales amenazadas Abarco (*Cariniana pyriformis* Miers) y Caoba (*Swietenia macrophylla* King), como insumo para el establecimiento de protocolos de propagación y conservación.

Material y método: Este estudio prospectivo, se realizó en el laboratorio de Biotecnología del Centro de Estudios e Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología de la Universidad del Quindío (CIBUQ); efectuando ensayos preliminares de calidad, que comprendieron prueba biológica de germinación en cajas Petri a temperatura ambiente (23°C), contenido de humedad con cámara halógena y, pruebas de viabilidad con tetrazolio al 0,5% y 1% a 40°C por una hora y a temperatura ambiente por 24 horas. Posteriormente, se realizaron ensayos de almacenamiento en tres temperaturas (-20°C, 5°C y temperatura ambiente 23°C), empleando recipientes herméticos de vidrio. El monitoreo de la calidad, se realizó a los tres y seis meses de almacenamiento. Los ensayos se desarrollaron sobre muestras de 100 semillas por procedimiento.

Resultados: Según la prueba biológica de germinación, las semillas de Caoba y Abarco, presentaron valores de 90% y 60% respectivamente; con contenidos de humedad de 4,4 y 8% previo al almacenamiento. La prueba de viabilidad se estandarizó a temperatura ambiente por 24 horas, en concentraciones de tetrazolio al 0,5 y 1% para Caoba y a 0,5% para Abarco con la exposición de las semillas por 1 hora a 40°C. La evaluación de la calidad, luego del almacenamiento indicó que, en las dos especies se mantuvo la viabilidad de las semillas almacenadas a 5°C y a temperatura ambiente, Caoba con 90% y 55% y Abarco con 87% y 49% respectivamente. El contenido de humedad fue más estable en Caoba con variaciones de 0,6 a 0,92% en las tres temperaturas, mientras que en Abarco oscilaron entre 1,0 y 1,6% con respecto al valor inicial. Ambas especies presentaron disminución de la viabilidad o capacidad germinativa a -20°C transcurridos tres y seis meses después de almacenadas, registrando valores de 20 y 18 % para Caoba y 15 y 12% para Abarco.

Discusión: Los diferentes patrones topográficos de tinción obtenidos, coinciden con los reportados por la literatura; aunque difieren en la estandarización de la prueba de viabilidad. No obstante, los valores promedio

Cómo citar: Grajales-Amorocho, Marly., Suárez-Román, Rocío Stella., & Mendoza-Rojas, Marily Rafaela. (2022). Potencial de almacenamiento de semillas de las especies forestales Caoba (*Swietenia macrophylla* King) y Abarco (*Cariniana pyriformis* Miers). *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*, 35(1), 440-451. <https://doi.org/10.33975/riuq.vol35n1.528>

ISSN: 1794-631X e-ISSN: 2500-5782

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional.



de viabilidad, 85% para Caoba y 73% para Abarco, se acercan a algunos registros. De otra parte, y con relación a los parámetros de calidad de semilla en condiciones de almacenamiento, los resultados ratifican las características ortodoxas de las especies. Algunos autores consideran que la heterogeneidad de las semillas forestales, no permite homologar una misma técnica de almacenamiento, ya que muchas demuestran una respuesta favorable al almacenamiento, mientras que otras por el contrario se deterioran rápidamente bajo las mismas condiciones. La literatura reporta algunos autores que validaron el almacenamiento de estas especies forestales, en condiciones artesanales, con 3-7% de humedad a bajas temperaturas, manteniendo porcentajes de germinación de 80-95%, con pérdida progresiva a lo largo del tiempo, dado que la reducción de la humedad disminuye la posibilidad de germinación al causar alteraciones en la estructura subcelular. Dadas las características ortodoxas de las semillas de estas especies, es factible explorar el almacenamiento con ultrasecado a menos de 3% de contenido de humedad, por varios meses independientemente de la temperatura de almacenamiento.

Conclusiones: Para promover la conservación de estas especies forestales y el compromiso con el uso sostenible, se debe contar, entre otras estrategias, con la provisión constante de semillas. En tal sentido, es posible monitorear la viabilidad con concentraciones de tetrazolio al 0,5 y 1% por 1 y 24 horas a 40°C y temperatura ambiente y, mantener la capacidad germinativa por seis meses, con el almacenamiento de semillas a 5°C y bajo contenido de humedad (4 a 8%).

Palabras clave: semillas; viabilidad; almacenamiento; conservación.

ABSTRACT

Objective: As an input for the establishment of propagation and conservation protocols, the seed storage potential of Abarco (*Cariniana pyriformis* Miers) and Mahogany (*Swietenia macrophylla* King), forest species in a threatened category, was evaluated.

Method: This prospective study was carried out in the Biotechnology laboratory of the Center for Studies and Research in Biodiversity and Biotechnology of the University of Quindío (CIBUQ), performing preliminary quality tests, which included biological germination tests in Petri dishes at room temperature (23°C), moisture content with a halogen chamber and viability tests with tetrazolium [1] (ISTA, 2017) at 0.5% and 1% at 40°C for one hour and at room temperature for 24 hours. Subsequently, storage tests were performed at three temperatures (-20°C, 5°C and room temperature 23°C), using airtight glass containers. Quality monitoring was carried out after three and six months of storage. The tests were carried out on samples of 100 seeds per procedure.

Results: According to the biological germination test, mahogany and Abarco seeds showed values of 90% and 60%, respectively, with moisture contents of 4.4 and 8% prior to storage. The viability test was standardized at room temperature for 24 hours, in concentrations of tetrazolium at 0.5 and 1% for Mahogany and 0.5% for Abarco with the exposure of the seeds for 1 hour at 40°C. The evaluation of quality after storage indicated that the viability of seeds stored at 5°C and at room temperature was maintained in both species, mahogany with 90% and 55% and Abarco with 87% and 49%, respectively. Moisture content was more stable in mahogany with variations from 0.6 to 0.92% at the three temperatures, while in Abarco it ranged from 1.0 to 1.6% with respect to the initial value. Both species showed a decrease in viability or germination capacity at -20°C three and six months after storage, with values of 20 and 18% for mahogany and 15 and 12% for Abarco.

Discussion: The different topographic staining patterns obtained coincide with those reported in the literature, although they differ in the standardization of the viability test. However, the average viability values, 85% for Caoba and 73% for Abarco, are close to some records. On the other hand, and in relation to seed quality parameters under storage conditions, the results ratify the orthodox characteristics of the species. Some authors consider that the heterogeneity of forest seeds does not allow the homologation of the same storage technique, since many show a favorable response to storage, while others, on the contrary, deteriorate rapidly under the same conditions. The literature reports some authors who validated the storage of these forest species with 3-7% humidity at low temperatures, maintaining germination percentages of 80-95%, with progressive loss over time, since the reduction of humidity reduces the possibility of germination by causing alterations in the subcellular structure. Given the orthodox characteristics of the seeds of these

species, it is feasible to explore ultra-dry storage at less than 3% moisture content, for several months regardless of storage temperature.

Conclusions: To promote the conservation of these forest species and the commitment to sustainable use, it is necessary to count, among other strategies, with the constant provision of seeds. In this sense, it is possible to monitor viability with 0.5 and 1% tetrazolium concentrations for 1 and 24 hours at 40°C and room temperature, and to maintain germination capacity for six months with seed storage at 5°C and low moisture content (4 to 8%).

Keywords: seeds; viability; storage; conservation.

INTRODUCCIÓN

A través de los servicios ecosistémicos, las especies forestales contribuyen a evitar la desertificación, proteger las cuencas hidrográficas, regular el clima, conservar la diversidad biológica y, como potenciales sumideros de carbono, reducen la creciente emisión de gases de efecto invernadero mitigando las acciones adversas del cambio climático (Anderegg et al., 2020).

Entre muchas otras especies forestales nativas de los bosques tropicales húmedos y muy húmedos de centro y Suramérica, Caoba (*Swietenia macrophylla* King) y Abarco (*Cariniana pyriformis* Miers), se destacan por la calidad de su madera, empleadas en la elaboración de diferentes productos de ebanistería (Cárdenas et al., 2015), por lo cual presentan altos índices de extracción (Carranza et al., 2013; Toro y Roldán, 2018), que amenazan sus poblaciones, ubicándolas en Peligro Crítico (CR A2cd), según el libro Rojo de Plantas de Colombia (Cárdenas y Salinas eds., 2007; MinAmbiente, 2014).

Por tanto, los planes de manejo para estas especies (Cárdenas et al., 2015), contemplan el desarrollo de investigaciones que suplan la deficiencia de información sobre la calidad, características de germinación (Sánchez et al., 2016) y capacidad de almacenamiento de sus semillas, que constituyen el objeto de este estudio y son aspectos determinantes para el establecimiento de programas de restauración, silvicultura (Espitia et al., 2017) y conservación (Cárdenas et al., 2015).

METODOLOGÍA

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Biotecnología Vegetal del Centro de Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología de la Universidad del Quindío CIBUQ.

Material vegetal

Las semillas de *S. macrophylla* King (Caoba) y *C. pyriformis* Miers (Abarco) para experimentación, se obtuvieron directamente de un vivero certificado, y durante la realización del ensayo se mantuvieron en un ambiente controlado con la finalidad de evitar su deterioro.

Pruebas iniciales de Calidad

Para determinar la calidad de las semillas, se realizaron pruebas de humedad, viabilidad y germinación, sobre muestras de 100 unidades experimentales. Así, el contenido de humedad se determinó empleando un analizador de humedad halógeno el cual arroja el peso inicial de las semillas (sin pérdida de humedad) y el peso final (con pérdida de humedad). En tanto que, para estimar la viabilidad, se

acudió a la prueba de tinción con 2,3,5-trifeniltetrazolio (ISTA, 2017), la cual genera patrones topológicos de tinción que permiten establecer semillas viables, dudosas y no viables en función de la actividad respiratoria (França-Neto & Krzyzanowski, 2019). Para ello, la solución de tetrazolio se neutralizó previamente con una disolución de Potasio dihidrógeno fosfato y se mantuvo en la oscuridad a baja temperatura (9°C). Previo a la tinción, las semillas se dispusieron en condiciones de humedad, colocándolas en toallas de papel impregnadas con agua destilada, luego se envolvieron y guardaron en una bolsa plástica hermética para evitar pérdida de humedad, por un periodo de 24 horas. Posteriormente, se sumergieron en agua destilada durante 60 minutos para completar el proceso de imbibición (Rao et al.; 2007). A continuación, en las semillas de Caoba, se realizó un corte longitudinal, empleando una de las mitades de cada semilla para exponerla en la solución de tinción; mientras que en el caso de Abarco, se retiró la testa exponiendo el embrión a la tinción (Espitia-Camacho et al., 2017). Paso seguido, 100 semillas por tratamiento se distribuyeron en cajas Petri con diez semillas a la vez, se colocaron en la solución de tetrazolio, de tal forma que quedaran suficientemente impregnadas y, así, se mantuvieron en oscuridad por el tiempo establecido.

Una vez cumplido el tiempo de exposición, las semillas se lavaron con agua destilada estéril retirando el exceso de colorante, seguidamente se sumergieron en agua para evitar su deshidratación, mientras se realizaba el examen visual en estereoscopio. Luego de varios experimentos con diferentes concentraciones de tetrazolio (datos no presentados), se estandarizó la prueba (obtención de las tinciones según la literatura) con la inmersión de las semillas en la solución de 2,3,5-trifeniltetrazolio en dos concentraciones 0.5 y 1%, tanto a temperatura Ambiente (22°C) como a 40°C, en dos tiempos de exposición, 24 horas y una hora respectivamente (Tabla 1).

La clasificación de las semillas según su viabilidad, se basó en los patrones de tinción; según los cuales, el embrión completamente teñido indica viabilidad, mientras que los embriones teñidos parcialmente podrán dar origen a plántulas normales o anormales (dependiendo de la intensidad y patrón de tinción) clasificándolas como dudosas, y por último, la ausencia total de coloración o un color rojo ennegrecido asociada a embriones inviables o muertos (Rao et al., 2007; Barone et al., 2016; Espitia-Camacho et al., 2017).

Complementariamente, se realizó la prueba biológica de germinación en cajas Petri sobre papel tipo Whatman No. 81 humedecido con agua destilada, previa desinfección con Hipoclorito de sodio al 5% seguido de enjuague abundante con agua destilada, bajo condiciones de temperatura ambiente (22°C), una humedad relativa del 50% y un fotoperiodo de 12 horas luz. Como criterio de germinación, se consideró la aparición de la radícula (Hartmann & Kester, 1987).

Pruebas de almacenamiento

Luego de realizar las pruebas iniciales de calidad, se almacenaron 100 semillas por recipiente en frascos de vidrio de cierre hermético con capacidad de 100 ml para Abarco y de 500 ml para Caoba, en tres temperaturas, 5°C (Nevera comercial), -20°C (Congelador industrial) y Temperatura ambiente 22 °C (control). Transcurridos tres y seis meses de almacenamiento, se monitoreó la calidad de las semillas en cuanto a porcentaje de germinación, contenido de humedad y viabilidad.

Análisis estadístico

Para la prueba de viabilidad, se realizó un análisis de varianza bajo un arreglo factorial con dos factores controlados: Concentración de Tetrazolio con dos niveles (0.5% y 1.0%) y el factor Tiempo-Temperatura con dos niveles (40 °C - 1 Hora y Ambiente - 24 Horas); con cuatro (4) repeticiones o bloques correspondientes a grupos de 25 semillas. La variable respuesta fue número de semillas por categoría de viabilidad, transformada para datos de conteo. Ante la presencia de diferencias estadísticas significativas, se realizó la prueba de Scheffe de comparación de medias.

De igual forma, para la prueba de almacenamiento, el análisis de varianza correspondió a un arreglo factorial con dos factores controlados: Tiempo de almacenamiento con dos niveles (3 meses y 6 meses) y Temperatura con tres niveles (5 o C, -20 o C y temperatura Ambiente); con cuatro (4) repeticiones o bloques correspondientes a grupos de 25 semillas por cada tratamiento. La variable respuesta fue número de semillas con transformación para datos de conteo. De igual forma, se aplicó la prueba de Scheffe de comparación de medias.

RESULTADOS

Pruebas iniciales de calidad

Los registros iniciales en cuanto al porcentaje de germinación fueron 90% de las semillas de Caoba y 64% en Abarco, con contenidos de humedad 4,4% y 8% respectivamente. La prueba de viabilidad se estandarizó con la exposición de semillas y embriones de Abarco (tabla 1), embebidos en una solución de Cloruro de Tetrazolio al 0,5% ($P = 0.0064$), tanto a 24 horas a temperatura ambiente como 1 hora a 40°C; mientras que en Caoba (tabla 2), estadísticamente la sensibilidad de la prueba, representada en el número de semillas viables, se da a 0.5% y a 1%, con diferencias estadísticas significativas para la interacción temperatura-tiempo de exposición al Tetrazolio, encontrando mayor promedio de semillas viables en la exposición a temperatura ambiente por 24 horas ($P = 0.0069$).

Pruebas de calidad durante el almacenamiento

Como se indica en la tabla 3, para la variable viabilidad en el ensayo de almacenamiento en Abarco, se identificaron diferencias altamente significativas entre los niveles de Temperatura ($P = 0.0000$); no existen diferencias estadísticamente significativas entre los niveles del factor Tiempo de almacenamiento ni interacción entre los factores Temperatura y Tiempo de almacenamiento. La prueba de comparación de medias de Scheffe indica que el nivel temperatura -20 °C tiene el menor promedio de viabilidad (30.5%) y difiere significativamente de las temperaturas 5°C (81%) y Ambiente (22°C) (77.5%). Por su parte, para Caoba (tabla 4), se observan diferencias altamente significativas entre los niveles de Tiempo de almacenamiento ($P = 0.0018$) y entre los niveles de Temperatura ($P = 0.0002$); pero, no existen diferencias estadísticamente significativas en la interacción entre los factores Temperatura y Tiempo de almacenamiento. La prueba de comparación de medias de Scheffe, indica que el tiempo de almacenamiento de tres (3) meses presenta mayor promedio de viabilidad (86.64%) que el de seis (6) meses (63.66%) y, al igual que en Abarco, a -20 °C (52.5%) se presenta el promedio de viabilidad más bajo, que difiere significativamente de los tratamientos 5°C (88%) y Ambiente (84%).

Con relación al porcentaje (%) de germinación (tabla 5), fue más estable, tanto a los tres como a los seis meses de evaluación, en la especie Caoba, almacenada a 5°C (90%) y 22°C (Ambiente) (87%), ya que los valores se mantuvieron entre 85 y 90%. Además, a 5°C también se conservaron los valores de germinación (65%) en Abarco. En cuanto a la temperatura de almacenamiento a -20°C, implicó una disminución del 80% para la germinación en ambas especies. Por tanto, dado que los valores de la prueba de viabilidad son cercanos a los porcentajes de germinación, se denota la coherencia entre las pruebas, dando respaldo al ensayo.

DISCUSIÓN

Pruebas iniciales de calidad

Pinilla et al, (2016), obtuvieron porcentajes de 60% y 40% para la prueba biológica de germinación de semillas silvestres de Abarco, en condiciones de plena exposición y polisombra respectivamente; mientras que en Caoba se reportan valores de 90 a 100% (Sánchez et al., 2016). Con base en la ecología de semillas Tsou & Mori (2002), consideran el Abarco como una especie heliófita durable, adaptada a un establecimiento rápido en claros de bosques maduros, debido, en parte a que posee semillas pequeñas y aladas, con cotiledones foliáceos y verdes, características que favorecen los procesos de dispersión y germinación respectivamente. Dadas estas y otras características fisiológicas, las semillas de esta especie no requieren tratamientos pregerminativos (Diez & Moreno 1998, Gómez & Toro 2007). Esta respuesta ecofisiológica también es característica en Caoba (Snook et al. 2005, Van Rheenen et al. 2004). Con respecto a la humedad, ambas especies presentan contenidos característicos de especies ortodoxas (INAB, 2017; Tejero-Joaquín et al., 2006).

En el caso de la prueba de viabilidad para Abarco, Espitia-Camacho et al., (2017), logró la estandarización con la exposición de embriones durante 2 horas y, para Caoba, no reportan diferencias entre las concentraciones 0,5%, 1% y 1,5% durante 2 y 3 horas. Los valores promedio de viabilidad con esta técnica, obtenidos en el presente ensayo, corresponden al 85% para Caoba y 73% para Abarco; datos cercanos a los registrados por Espitia-Camacho et al., (2017), que estuvieron entre 89,7% y 94,7% para Caoba.

Frente a los diferentes patrones de coloración, sobre la base de tejido teñido, que permiten clasificar las semillas como viables, dudosas y no viables, encontrados en este trabajo, coinciden con los reportados por Espitia-Camacho et al., (2017). La variación en la tinción se debe a la reacción del tetrazolio con relación a la actividad respiratoria, produciendo en los tejidos vivos trifetil formazán, que identifica la actividad respiratoria de las mitocondrias. y, como resultado, muestra que existe viabilidad celular (Espitia-Camacho et al., 2020). En los tejidos muertos, donde no hay actividad respiratoria, las enzimas deshidrogenasas están inactivas; por lo tanto, no ocurre la reacción con la solución de Tetrazolio y las semillas permanecen descoloridas. Para semillas en proceso de deterioro, el desarrollo de la coloración es más rápido, generando un tono rojo más intenso y profundo, mientras que las semillas vigorosas presentan aspecto brillante con coloración rosada a roja.

Según Barone et al., (2016), aunque la lectura de los resultados de la viabilidad del embrión con tetrazolio es rápida, la mayor dificultad radica en encontrar un protocolo adaptado, de forma que las tinciones sean lo suficientemente homogéneas para asegurar una buena interpretación de los

resultados; aspecto muy particular en especies forestales, de las cuales, en muchos casos, no hay valores estándar. Entre los aspectos que influyen en la calidad de la prueba, pueden citarse el tiempo de imbibición de las semillas (Benito-Matías *et al.*, 2004), cantidad de lípidos, la sensibilidad al reactivo, el tiempo de tinción, la temperatura de la reacción, o incluso la experiencia del investigador en dicha especie y en el método (Barone *et al.*, 2016). De igual forma, la eliminación de la testa puede producir daño y afectar los resultados (Benito-Matías *et al.*, 2004), como pudo suceder en el caso de Abarco para este trabajo. Logra denotarse entonces que, aunque la prueba ha sido empleada en varias especies forestales (Barone *et al.*, 2016), aún se debe trabajar en ella para afinar su estandarización.

Al respecto, Espitia *et al.*, (2017) indican que, con concentraciones más bajas de la sal de tetrazolio, los resultados de la evaluación de la viabilidad parecen tener mayores correlaciones con la prueba de germinación convencional; no obstante, para este trabajo, los análisis preliminares realizados con valores inferiores al 0.5% y superiores al 1% (datos de ensayos preliminares no presentados), no permitieron la tinción adecuada de las semillas.

Pruebas de calidad durante el almacenamiento

Los parámetros de calidad de semilla obtenidos en este ensayo ratifican las características ortodoxas de las especies (Ellis *et al.*, 2007). Particularmente, Ceballos-Freire y López-Ríos (2007), consideran que la heterogeneidad de las semillas forestales no permite homologar una misma técnica de almacenamiento, ya que muchas demuestran una respuesta favorable al almacenamiento, mientras que otras por el contrario se deterioran rápidamente bajo las mismas condiciones.

Según datos del INAB (2017) cuando la especie es ortodoxa, como en el caso de Caoba, puede almacenarse a 3-7% de humedad y 3°C por hasta ocho (8) años en condiciones poco tecnificadas, manteniendo porcentajes de germinación de 80-95%. En este aspecto, Rodríguez (2005) también comprobó que la viabilidad y germinación de las semillas de Abarco se mantiene con el almacenamiento a diferentes temperaturas, señalando valores del 35% de germinación durante 2.5 meses a 18°C y disminución al 7% a 30°C; sugiriendo el almacenamiento por largos periodos con bajos contenidos de humedad a bajas temperaturas. Trabajos como los de Gómez y Toro (2007), también recomiendan la conservación de las semillas secas en un envase hermético hasta por 10 meses, empleando cámaras de refrigeración. Sin embargo, Alarcón-Segura *et al.*, (2003) y Gómez-Tejero *et al.*, (2006) consideran que la reducción de este factor (humedad), disminuye la posibilidad de germinación por causar alteraciones en la estructura subcelular.

De otra parte, Mosquera *et al.*, (2012) reportan valores entre 16 y 32 días para la germinación de Abarco y refieren trabajos, en los cuales, este proceso se dio entre los 9 y 32 días, con porcentajes del 77%. Ahora, en condiciones de almacenamiento, Urtasum *et al.*, (2015) lograron mantener porcentajes de germinación del 74% en tres especies forestales de Argentina, sometiendo las semillas a ultrasecado a menos de 3% de contenido de humedad, por 28 meses independientemente de la temperatura de almacenamiento; aspecto que, a futuro puede evaluarse en estas especies, dada sus características ortodoxas.

Conflicto de interés: Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses.

Contribución por autor: Los autores son responsables de todos los componentes del presente trabajo.

Financiación o fondos: Las autoras expresan sus sinceros agradecimientos a la Vicerrectoría de Investigaciones por la financiación y respaldo en las actividades derivadas del proyecto.

REFERENCIAS

- Anderegg, W. R., Trugman, A. T., Badgley, G., Anderson, C. M., Bartuska, A., Ciais, P & Randerson, J. T. (2020). Climate-driven risks to the climate mitigation potential of forests. *Science*, 368(6497).
- Alarcón-Segura, J., Martínez-Serna, L., & Castro-Zavala, S. (2003). Notas técnicas de tratamiento pregerminativo para la siembra de semilla de *Abies religiosa* (HBK) Schl. Et Cham y *Dodonaea viscosa*.
- Barone, J., Duarte, E., & Luna, C. (2016). Determinación de la eficacia de métodos de evaluación de calidad de semillas de especies forestales nativas de la Selva Atlántica. *Quebracho - Revista de Ciencias Forestales*, vol. 24, núm. 2, pp. 70-80
- Cárdenas, D., & Salinas, N. (2007). Libro rojo de plantas de Colombia. Especies maderables amenazadas I parte. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, SINCHI. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá.
- Cárdenas, D., Castaño, A., Sua, S., & Quintero, L. (2015). Planes de manejo para la conservación de Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes. Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - SINCHI.
- Carranza, P., Reyes, H., & Mora, W. (2013). Propagación clonal in vitro de *Swietenia macrophylla* King (Caoba). *Ciencia y Tecnología* 6(2): 1-8.
- Ceballos-Freire., & López-Ríos. (2007). Conservación de la calidad de semillas forestales nativas en almacenamiento. *Cenicafé*, 58(4):265-292.
- Diez, M., & Moreno, F. (1998). Morfología de semillas y plántulas de árboles de los bosques húmedos tropicales del suroriente de Antioquia, Colombia (I parte). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 51(2): 9-50.
- Ellis, R. H., Mai-Hong, T., Hong, T. D., Tan, T. T., Xuan-Chuong, N. D., Hung, L. Q.,... & Le-Tam, V. T. (2007). Comparative analysis by protocol and key of seed storage behaviour of sixty Vietnamese tree species. *Seed Science and Technology*, 35(2), 460-476.
- Espitia-Camacho, M.; Cardona-Ayala, C.E. y Aramendiz, H. (2017) Evaluación de las características morfológicas y viabilidad de las semilla de Caoba (*Swietenia macrophylla* King) en Montería, Colombia.
- Espitia-Camacho, M., Araméndiz-Tatis, H., & Cardona-Ayala, C. (2020). Características morfológicas y viabilidad de semillas de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 23(1). <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n1.2020.1530>
- França-Neto, J. D. B., & Krzyzanowski, F. C. (2019). Tetrazolium: an important test for physiological seed quality evaluation. *Journal of Seed Science*, 41(3), 359-366.
- Gómez, M.L., & J.L. Toro. (2007). Manejo de las Semillas y la Propagación de Diez Especies Forestales del Bosque Húmedo Tropical. *Boletín técnico Biodiversidad No. 2. CORANTIOQUIA. Medellín, Colombia*. 71p.
- Gómez Tejero, J., Hernández, J. J. V., Mata, J. J., & Hernández, M. S. (2006). Deterioro de semilla de dos procedencias de *Swietenia macrophylla* King, bajo distintos métodos de almacenamiento. *Ra Ximhai: Revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 2(1), 223-239.
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., & Ambrosio, A. M. (1987). Propagación de plantas: principios y prácticas (No. 968-26-0789-2. 02-A3 LU. FT-PRP. 2.). México: CECSA.
- INAB (Instituto Nacional de Bosques). Santa, R. (2017). Caoba *Swietenia macrophylla* paquete tecnológico forestal [en línea]. Guatemala: Instituto Nacional de Bosques.
- ISTA. (2014). International Rules for Seed Pruebaing. The International Seed Pruebaing Association, Bassersdorf, Suiza, 272p.
- MINAMBIENTE. (2014). Política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. Bogota D.C. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Mosquera, D., Medina H. H. & Martínez, M. (2012). Germinación y crecimiento inicial del Abarco *Cariniana pyriformis*: Una alternativa para la conservación. *Biodiversidad Neotropical*, 2 (1), 3-12.

Pinilla, H., Hernán, M., Torres, JJ., Córdoba, E., Córdoba, JC., Mosquera, A., & Martínez, M. (2016). Propagación y crecimiento inicial del Abarco (*Cariniana pyriformis* Miers), utilizando semillas silvestres. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*.7:2

Rao, N.K., J.Hanson, M.E. Dulloo, K. Ghosh, D. Novell y M. Larinde. (2007). Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma. *Manuales para Bancos de Germoplasma*. No. 8. Bioversity International, Roma, Italia. ISBN 978-92-9043-757-4.

Rodríguez, R.; Álvarez, C.; Centeno, M.; Berros, B.; & Rodríguez, A. (2005). Embriogénesis somática y estrategias para superar las limitaciones en plantas leñosas. En: Sánchez M. & Ríos D. (Eds.) *Biocología vegetal en especies leñosas de interés forestal*. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción. Chile. Pp. 63-67.

Sánchez, Á., Megía Vera, H. J., Pérez Flores, J., & López Upton, J. 2016. Relación dimensión-germinación de semilla de Caoba (*Swietenia macrophylla* King) en la UMAF 2702ST Sierra de Tenosique. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(SPE14), 2783-2791.

Snook L.K., L. Cámara-Cabrales, M.J. Kelty. 2005. Six years of fruit production by mahogany trees (*Swietenia macrophylla* King): patterns of variation and implications for sustainability. *Forest Ecology and Management* 206: 221–235

Toro Vanegas, E., & Roldán Rojas, I. C. (2018). Estado del arte, propagación y conservación de Juglans neotropical Diels., en zonas andinas. *Madera y bosques*, 24(1).

Tsou C. & S.A Mori. 2002. Seed coat anatomy and its relationship to seed dispersal in subfamily Lecythidoideae of the Lecythidaceae (The Brazil Nut Family). *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 43: 37-56.

Urtasun, M. M., Giamminola, E. M., & De Viana, M. L. (2015). Tolerancia al ultrasecado y a la temperatura de almacenamiento en semillas de tres especies nativas del Noroeste Argentino. *Lhawet*, 4(1), 27-31.

Van Rheenen, H.M.P.J.B., Boot, R.G.A., Werger, M.J.A., & Ulloa, M.U. (2004). Regeneration of timber trees in a logged tropical forest in north Bolivia. *Forest Ecology & Management*, 200, 39-48.

ANEXOS

Tabla 1. Resultados del análisis estadístico de los datos sobre viabilidad en la prueba de tetrazolio para semillas de Abarco. Análisis de varianza bajo un arreglo factorial con dos factores controlados: Tetrazolio con dos niveles (al 0,5 y al 1,0 de concentración) y el factor Tiempo-Temperatura con dos niveles (40 oC - 1 Hora y Ambiente - 24 Horas); con 4 repeticiones o bloques. La variable de respuesta es el número de semillas viables (con transformación) de Abarco.

Fuente	DF	SS	MS	F	P
Tiempo	1	0.2472	0.24724	0.64	0.4368
Temperatura	2	16.5318	8.26591	21.34	0.0000
Repeticiones	3	1.0014	0.33381		
Tiempo*Temperatura	2	0.7127	0.35635	0.92	0.4199
Error	15	5.8106	0.38737		
Total	23	24.3038			

Grand Mean 3.9035 CV 15.94

Prueba de comparación de medias de Scheffe para la variable Temperatura en semillas de Abarco en condiciones de almacenamiento

Temperatura	Media	Gruposhomogéneos
Ambiente	20.250	A
5°C	19.375	A
-20°C	7.625	B

Tabla 2. Resultados del análisis estadístico de los datos sobre viabilidad en la prueba de tetrazolio para semillas de Caoba. Análisis de varianza bajo un arreglo factorial con dos factores controlados: Tetrazolio con dos niveles (al 0,5 y al 1,0 de concentración) y el factor Tiempo-Temperatura con dos niveles (40 °C - 1 Hora y Ambiente - 24 Horas); con 4 repeticiones o bloques. La variable de respuesta es el Número de Semillas Viables (con transformación) de Caoba.

Fuente	DF	SS	MS	F	P
Tetrazolio	1	0.18685	0.18685	2.61	0.1406
TemTiempo	1	0.86825	0.86825	12.13	0.0069
Repeticiones	3	0.61824	0.20608		
Tetrazolio*TemTiempo	1	0.14497	0.14497	2.03	0.1884
Error	9	0.64406	0.07156		
Total	15	2.46238			
		Grand Mean 4.5452 CV 5.89			

Prueba de comparación de medias de Scheffe para la interacción Temperatura/Tiempo en semillas de Caoba

TemTiempo	Media	Gruposhomogéneos
Ambiente-24Horas	21.250	A
40oC-1Hora	19.375	B

Tabla 3. Resultados del análisis estadístico de los datos sobre viabilidad en la prueba de tetrazolio para semillas de Abarco, durante el almacenamiento por 3 y 6 meses. Análisis de varianza bajo un arreglo factorial con dos factores controlados: Tiempo de almacenamiento con dos niveles (3 meses y 6 meses) y Temperatura con tres niveles (5 °C, -20 °C y temperatura Ambiente); con 4 repeticiones o bloques. La variable de respuesta es el Número de Semillas Viables (con transformación) de Abarco.

Fuente	DF	SS	MS	F	P
Tiempo	1	0.2472	0.24724	0.64	0.4368
Temperatura	2	16.5318	8.26591	21.34	0.0000

Repeticiones	3	1.0014	0.33381		
Tiempo*Temperatura	2	0.7127	0.35635	0.92	0.4199
Error	15	5.8106	0.38737		
Total	23	24.3038			
Grand Mean 3.9035 CV 15.94					

Prueba de comparación de medias de Scheffe para la variable Temperatura en semillas de Abarco en condiciones de almacenamiento

Temperatura	Media	Gruposhomogéneos
Ambiente	20.250	A
5°C	19.375	A
-20°C	7.625	B

Tabla 4. Análisis estadístico de los datos sobre viabilidad en la prueba de tetrazolio para semillas de Caoba, durante el almacenamiento por 3 y 6 meses. Análisis de varianza bajo un arreglo factorial con dos factores controlados: Tiempo de almacenamiento con dos niveles (3 meses y 6 meses) y Temperatura con tres niveles (5 °C, -20 °C y temperatura Ambiente); con 4 repeticiones o bloques. La variable de respuesta es el Número de Semillas Viables (con transformación) de Caoba.

Fuente	DF	SS	MS	F	P
Tiempo	1	2.8204	2.82039	14.24	0.0018
Temperatura	2	6.5940	3.29699	16.65	0.0002
Repeticiones	3	1.9559	0.65195	3.29	
Tiempo*Temperatura	2	0.5914	0.29568	1.49	0.2563
Error	15	2.9708	0.19806		
Total	23	14.9324			
Grand Mean 4.3208 CV 10.30					

Prueba de comparación de medias de Scheffe para la variable Tiempo en semillas de Caoba en almacenamiento.

Temperatura	Media	Gruposhomogéneos
3Meses	21.667	A
6Meses	15.917	B

Prueba de comparación de medias de Scheffe para la variable Temperatura en semillas de Caoba en almacenamiento.

Temperatura	Media	Grupos homogéneos
5°C	22.000	A
Ambiente	21.250	A
-20°C	13.125	B

Tabla 5. Porcentaje de Germinación de semillas de Abarco y Caoba, almacenadas durante 3 y 6 meses a diferentes temperaturas.

Temperatura de almacenamiento	% de Germinación			
	Abarco (60% inicial)		Caoba (90% inicial)	
	Periodo de almacenamiento			
	3 meses	6 meses	3 meses	6 meses
-20°C	15	12	20	18
5°C	65	65	90	90
22°C	52	50	87	85