

**Parámetros germinativos de semillas forestales nativas del cinturón amazónico en el
municipio de Vista Hermosa, Meta, Colombia**

Alexandra Pulido Martínez

Director

I. A, MSc. Oscar Mauricio Moya Murillo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Ingeniería Agroforestal

2025

Agradecimientos

Es necesario resaltar que la investigación es un trabajo en equipo, es por ello que quisiera expresar mi agradecimiento/reconocimiento a Dios por darme salud, sabiduría y resiliencia en todo el proceso, al ingeniero Oscar Mauricio Moya por gestionar y promover el proyecto, además del tiempo y colaboración brindada en la investigación como asesor, también un sincero agradecimiento a la Universidad Abierta y a Distancia UNAD, por brindarme la oportunidad de culminar mi educación superior, quiero ampliar mis agradecimientos a mi señora madre por educarme con principios y valores para afrontar en mundo, trabajar, estudiar y no abandonar mis sueños, a mi hijo por ser un pilar fundamental en mi formación y la persona que me impulsa a lograr mis metas, a mi pareja por brindarme apoyo y mucha fortaleza en los momentos difíciles, y a todas las personas que de alguna manera apoyaron este bonito sueño tan importante en mi vida mil gracias.

Resumen

Este proyecto aplicado evaluó los parámetros de germinación de las semillas de cuatro especies forestales del cinturón amazónico presentes en el municipio de Vista Hermosa - Meta: *Cassia fistula*, *Tabebuia rosea*, *Tabebuia chrysantha* y *Cariniana pyriformis*. Este estudio se realizó entre julio del 2024 y febrero del 2025, en la finca Villa Kaley, vereda Jericó en Vista Hermosa Meta, las semillas se colectaron de forma convencional tomadas de árboles adultos en la temporada de semillación particular de cada especie. Para este proyecto se utilizó un diseño en bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones de 50 semillas cada una. Las semillas fueron sumergidas en agua a temperatura ambiente por 12 horas, antes de la siembra. Se midieron los siguientes parámetros: Porcentaje de Germinación Acumulado (PG), Índice de Velocidad de la Germinación (IVG), Germinación Diaria Media (GDM), Valor Pico de la Germinación (VP) y Valor de Germinación (VG). Los resultados muestran diferencias estadísticas entre especies, donde: *C. fistula* (PG: 83%; IVG: 31,2), *T. rosea* (PG: 49%; IVG: 11,5), *T. chrysantha* (PG: 47%; IVG: 10,8) y *C. pyriformis* (PG: 45%; IVG: 11,9) y según el (GDM) *C. fistula* destacó por su rápida germinación, concentrando la mayoría de la germinación en los primeros tres días y las especies de *Tabebuia* y *Cariniana pyriformis* mostraron una germinación más lenta y distribuida durante el tiempo de evaluación, por otra parte la *C. fistula* y *C. pyriformis* alcanzaron su VP el primer día, mientras que las especies de *Tabebuia* lo hicieron el tercer día, también el VG más alto fue: *C. fistula* (25,7) reflejando su rápida y eficiente germinación. *T. rosea* (5,6), *T. chrysantha* (5,1) y *C. pyriformis* (5,3) mostraron valores de VG similares, indicando una germinación más lenta y menos uniforme.

Palabras clave: reforestación, endémicas, ambiental, agroforestal

Abstract

This applied project evaluated the germination parameters of seeds from four forest species of the Amazonian belt present in the municipality of Vista Hermosa, Meta: *Cassia fistula*, *Tabebuia rosea*, *Tabebuia chrysantha*, and *Cariniana pyriformis*. The study was conducted between July 2024 and February 2025 at the Villa Kaley farm, located in the Jericó village of Vista Hermosa, Meta. Seeds were conventionally collected from mature trees during the specific seeding season for each species. The project employed a randomized complete block design with four treatments and four replications of 50 seeds each. Prior to sowing, the seeds were soaked in water at room temperature for 12 hours. The following parameters were measured: Cumulative Germination Percentage (CG), Germination Speed Index (GSI), Mean Daily Germination (MDG), Peak Germination Value (PGV), and Germination Value (GV). The results revealed statistical differences among the species, with: *C. fistula* (CG: 83%; GSI: 31.2), *T. rosea* (CG: 49%; GSI: 11.5), *T. chrysantha* (CG: 47%; GSI: 10.8), and *C. pyriformis* (CG: 45%; GSI: 11.9). According to the MDG, *C. fistula* stood out for its rapid germination, with the majority of germination occurring within the first three days. In contrast, the *Tabebuia* species and *Cariniana pyriformis* exhibited slower and more distributed germination over the evaluation period. Additionally, *C. fistula* and *C. pyriformis* reached their PGV on the first day, while the *Tabebuia* species achieved it on the third day. The highest GV was observed in *C. fistula* (25.7), reflecting its rapid and efficient germination. *T. rosea* (5.6), *T. chrysantha* (5.1), and *C. pyriformis* (5.3) showed similar GV values, indicating slower and less uniform germination.

Keywords: reforestation, endemic, environmental, agroforestry.

Contenido

Introducción	7
Objetivos	10
Objetivo General	10
Objetivos Específicos	10
Marco Conceptual y Teórico	11
Descripción del Problema	14
Metodología	16
Diseño Experimental	16
Proceso Experimental	16
Parámetros de Germinación Evaluados	18
Análisis Estadístico	19
Resultados y Discusión	20
Conclusiones	30
Recomendaciones	31
Referencias Bibliográficas	32

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Diseño Experimental en Bloques Completos al Azar....</i>	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2 <i>Proceso de Escarificación de Semillas de Cassia Fistula.....</i>	17
Figura 3 <i>Semillero en Bandejas Germinadoras de Semillas: Cassia Fistula, Tabebuia Rosea, Tabebuia Chrysantha y Cariniana Pyriformis.....</i>	17
Figura 4 <i>Porcentaje de Germinación Acumulado (PG) de las Especies Forestales Cassia Fistula, Tabebuia Rosea, Tabebuia Chrysantha y Cariniana Pyriformis.....</i>	20
Figura 5 <i>Índice de Velocidad de la Germinación (IVG) de las Especies Forestales Cassia Fistula, Tabebuia Rosea, Tabebuia Chrysantha y Cariniana Pyriformis.....</i>	22
Figura 6 <i>Germinación Diaria Media (GDM) de las Especies Forestales Cassia Fistula, Tabebuia Rosea, Tabebuia Chrysantha y Cariniana Pyriformis.....</i>	24
Figura 7 <i>Valor Pico de la Germinación (VP) de las Especies Forestales Cassia Fistula, Tabebuia Rosea, Tabebuia Chrysantha y Cariniana Pyriformis.....</i>	26
Figura 8 <i>Valor de Germinación (VG) de las Especies Forestales Cassia Fistula, Tabebuia Rosea, Tabebuia Chrysantha y Cariniana Pyriformis.....</i>	27

Introducción

Este trabajo se llevó a cabo en el municipio de Vista Hermosa – Meta, donde se evaluaron diferentes parámetros respecto a la germinación de semillas forestales nativas de la región (*Cassia fistula*, *Tabebuia rosea*, *Tabebuia chrysantha* y *Cariniana pyriformis*), especies de gran importancia, ya que hacen parte de la gran diversidad de especies presentes en el municipio el cual hace parte de la amazonia Colombiana y alberga gran parte del parque nacional natural Serranía de la Macarena, el cual se ha visto afectado por la deforestación intensiva en los últimos años, y esto es muy preocupante, ya que se ve afectada la biodiversidad de fauna y flora; es por ello que conocer el comportamiento germinativo de semillas locales, es una herramienta importante respecto a la propagación de especies forestales que pueden contribuir a la reforestación, restauración y conservación de los ecosistemas naturales, obteniendo información importante para la propagación de dichas especies.

La propagación de semillas de especies forestales en su mayoría se hace mediante semilla sexual, y para garantizar el éxito en las plantaciones se deben tener en cuenta la calidad de fisiológica, física, genética y sanitaria de las semillas; esto es importante ya que las empresas como los viveros, las reforestadoras requieren datos seguros, confiables sobre almacenamiento y propagación de semillas forestales para lograr llevar a cabo sus labores en campo, (Niembro & Ramírez-García, 2006; Nascimento, 2013).

Es por ello por lo que se debe tener un amplio conocimiento en los diferentes parámetros de germinación e interpretación de la viabilidad y las plántulas en invernadero, laboratorio son necesarias para comprender la autoecología, colecta, almacenamiento, manejo y poder llevar a cabo prácticas silviculturales adecuadas y con ello lograr el éxito de los procesos.

Los lotes de semillas que obtienen los mejores parámetros respecto a la germinación, en condiciones experimentales de germinación evidencian mejor calidad fisiológica teniendo en cuenta que se logra obtener mayor cantidad de plántulas, más sanas y en poco tiempo, debido a su mayor energía vigor germinativo; esta información es muy valiosa a que según la teoría las semillas que germinan más rápido y vigorosas en condiciones adecuadas de casa-malla, laboratorio o vivero son las plántulas con supervivencia en campo; es por ello que el objetivo de este estudio es comparar estos cinco parámetros fisiológicos de la germinación de semillas en condiciones semi controladas de luz y agua en casa-malla, para cuatro especies forestales nativas del municipio de Vista Hermosa – Meta.

Justificación

Las semillas nativas son la base de la biodiversidad local y son esenciales para la restauración y conservación de los ecosistemas naturales, comprender los procesos de germinación de estas semillas es necesario para asegurar la diversidad genética y la supervivencia de especies autóctonas en sus hábitats naturales; por otra parte, en un contexto de cambio climático global, es necesario entender cómo las semillas nativas responden a variaciones de las condiciones ambientales, como temperaturas extremas, cambios en los patrones de precipitación y eventos climáticos severos, esta comprensión ayudará a prever cómo pueden adaptarse las especies nativas y cómo pueden ser conservadas en ambientes cambiantes. Los resultados de este proyecto aplicado pueden argumentar el desarrollo de políticas de conservación y prácticas de manejo forestal que promuevan el uso sostenible de recursos naturales y la protección de la biodiversidad, esto incluye la implementación de medidas efectivas para la gestión de semillas nativas en programas de reforestación y conservación de hábitats. la investigación sobre la germinación de semillas nativas es importante no solo para la conservación de la biodiversidad y la restauración ecológica, sino también para la adaptación al cambio climático y el desarrollo sostenible de recursos naturales, ya que los bosques con especies nativas son de gran importancia para la amazonia colombiana teniendo en cuenta los servicios ambientales que prestan y hacen posible la vida es decir, que contribuyen directamente a la mejora de la calidad del aire al absorber dióxido de carbono (CO₂) y liberar oxígeno, ayudando así a combatir el cambio climático y reducir la contaminación, también ayudan a la polinización, control de inundaciones, previenen la erosión del suelo y proveen alimentos. Además, promueven la biodiversidad al proporcionar hábitats esenciales para diversas especies de fauna, contribuyendo a la salud de los ecosistemas locales.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar los parámetros de germinación de especies forestales del cinturón amazónico presentes en el municipio de Vista Hermosa, Meta: *Cassia fistula*, *Tabebuia rosea*, *Tabebuia chrysantha* y *Cariniana pyriformis*.

Objetivos Específicos

Establecer el Porcentaje de germinación acumulado (PG) y el Índice de velocidad de la germinación (IVG) de las especies *Cassia fistula*, *Tabebuia rosea*, *Tabebuia chrysantha* y *Cariniana pyriformis*.

Determinar la Germinación diaria media (GDM), el Valor pico de la germinación (VP) y el Valor de germinación (VG) de las especies *Cassia fistula*, *Tabebuia rosea*, *Tabebuia chrysantha* y *Cariniana pyriformis*.

Desarrollar análisis de comparación de las variables de germinación de las forestales *Cassia fistula*, *Tabebuia rosea*, *Tabebuia chrysantha* y *Cariniana pyriformis*.

Marco Conceptual y Teórico

La Amazonia colombiana es una región de vital importancia ecológica, cultural y económica. Su conservación y manejo sostenible son esenciales para la biodiversidad global y el bienestar de las comunidades locales. En este contexto, la reforestación se presenta como una estrategia clave para la restauración de ecosistemas degradados. Un aspecto fundamental en los proyectos de reforestación es la germinación de semillas, un proceso crítico para el establecimiento exitoso de nuevas plantas. A continuación, se explora la importancia de la germinación de semillas forestales en la Amazonia colombiana, centrándose en las especies, *Cassia fistula*, *Tabebuia rosea*, *Tabebuia chrysantha* y *Cariniana pyriformis*, y analiza parámetros cruciales como el Porcentaje de Germinación Acumulado (PG), el Índice de Velocidad de la Germinación (IVG), la Germinación Diaria Media (GDM), el Valor Pico de la Germinación (VP) y el Valor de Germinación (VG). *Cassia fistula*, conocida como Caño fistol, es una especie de árbol que destaca por su capacidad de adaptarse a diferentes condiciones ambientales (Jordano, 2000). Su germinación eficiente es crucial para su uso en proyectos de reforestación, donde contribuye a la recuperación de suelos y la estabilización de áreas erosionadas (Smith & Jones, 2015). *Tabebuia rosea* y *Tabebuia chrysantha*, comúnmente conocidas como Ocobo y Flor amarillo, respectivamente, son especies emblemáticas por sus flores vistosas y su madera de alta calidad (Rodríguez et al., 2018). La germinación exitosa de estas especies no solo asegura su supervivencia, sino que también aporta beneficios estéticos y económicos a los ecosistemas reforestados (García & Hernández, 2017). Por último, *Cariniana pyriformis* o abarco, es una especie valiosa tanto ecológica como económicamente. La capacidad de germinar eficientemente esta especie es fundamental para su conservación y utilización sostenible en la Amazonia colombiana, donde su madera es apreciada (Pérez, 2019). Parámetros

de Germinación: El Porcentaje de Germinación Acumulado (PG) mide la proporción de semillas que han germinado en un periodo determinado. Este parámetro es fundamental para evaluar la viabilidad de las semillas y la eficacia de los métodos de germinación aplicados (ISTA, 2017). El Índice de Velocidad de la Germinación (IVG) es un indicador de la rapidez con la que las semillas germinan. Este parámetro es crucial para determinar el tiempo necesario para la emergencia de las plántulas, lo cual influye en la planificación y gestión de los viveros forestales (Giménez et al., 2020). La Germinación Diaria Media (GDM) refleja la tasa promedio de germinación diaria de las semillas. Este parámetro permite identificar los días más críticos del proceso de germinación y ajustar las prácticas de manejo para maximizar la emergencia de las plántulas (Moreno & Martínez, 2021). El Valor Pico de la Germinación (VP) indica el momento en que se produce el mayor número de germinaciones. Este parámetro es útil para sincronizar las actividades de siembra y asegurar una germinación uniforme (López & Rivera, 2016). El Valor de Germinación (VG) combina el porcentaje y la velocidad de germinación en un solo índice, proporcionando una medida integral de la calidad de las semillas y la eficacia del proceso de germinación (FAO, 2019).

Las aplicaciones en Planes de Propagación para Proyectos de Reforestación. La comprensión y monitoreo de estos parámetros de germinación son esenciales para el éxito de los proyectos de reforestación en la Amazonia colombiana. Al conocer el comportamiento germinativo de especies como *Cassia fistula*, *Tabebuia rosea*, *Tabebuia chrysantha* y *Cariniana pyriformis*, se pueden diseñar planes de propagación más eficientes y efectivos. Estos planes deben incluir estrategias para mejorar la viabilidad de las semillas, optimizar las condiciones de germinación y reducir los tiempos de emergencia de las plántulas (Torres & Gómez, 2022). Además, la información sobre los parámetros de germinación permite ajustar las prácticas de

manejo en viveros, como la selección de sustratos adecuados, el control de la humedad y la temperatura, y la implementación de tratamientos pregerminativos. Esto no solo aumenta las tasas de germinación, sino que también asegura la producción de plántulas de alta calidad, listas para ser trasplantadas a los sitios de reforestación (Martínez & Ramírez, 2020).

Descripción del Problema

La germinación de semillas nativas es un factor crucial para la restauración y conservación de ecosistemas naturales. Sin embargo, existe una falta significativa de información específica y detallada sobre los procesos de germinación de estas semillas, esta carencia dificulta la implementación efectiva de estrategias de manejo forestal y de conservación que dependen de la regeneración natural de especies autóctonas. Ante esta situación se ve limitada la capacidad de los gestores de recursos naturales y los ecologistas para tomar decisiones informadas sobre la restauración y conservación de ecosistemas. Las semillas nativas son fundamentales para la biodiversidad local y juegan un papel importante en la restauración de hábitats degradados y la creación de corredores biológicos. Sin embargo, su germinación puede verse afectada por una variedad de factores ambientales y bióticos, cuyos efectos específicos aún no están completamente comprendidos, esto incluye la influencia de la temperatura, la disponibilidad de agua, la competencia con especies invasoras y los patrones de disturbios naturales. Esta situación resalta la necesidad de investigaciones que aborden cómo y bajo qué condiciones las semillas nativas germinan y establecen poblaciones viables en diferentes tipos de hábitats.

En consecuencia, comprender los procesos de germinación de semillas nativas no solo es crucial para la conservación de la biodiversidad, sino también para el desarrollo de estrategias efectivas de manejo y restauración que promuevan la resiliencia y la sostenibilidad de los ecosistemas naturales frente a los desafíos ambientales actuales y futuros, es por ello que la problemática planteada es la siguiente ¿cómo demostrar que la preparación y germinación de las semillas es un proceso importante, viable y económicamente sostenible? Para abordar esta problemática se propone desarrollar pruebas de germinación de las especies Caño fistol, Roble Ocobo, Abarco y Flor amarillo, con el fin de demostrar la importancia de realizar este proceso

cuando se piensa en la propagación de especies como cultivo, alimentación de bosque primarios o secundarios que han sido intervenidos y/o cuenten con bajos porcentajes de especies nativas. Esta investigación no solo busca encontrar una alternativa para combatir la deforestación sino también incentivar a las personas campesinas con actividades agrícolas y pecuarias a realizar actividades que contribuyan al cuidado, protección y aprovechamiento sostenible del medio ambiente.

Metodología

Diseño Experimental

En el desarrollo del proyecto aplicado se manejó un diseño en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos correspondientes a las cuatro especies forestales: *Cassia fistula*, *Tabebuia rosea*, *Tabebuia chrysantha* y *Cariniana pyriformis*. Cada repetición se montó con 50 semillas por tratamiento (Fig. 2).

Figura 1

Diseño Experimental en Bloques Completos al Azar

Bloque 1		Bloque 2	
<i>Cassia fistula</i>	<i>Tabebuia rosea</i>	<i>Tabebuia chrysantha</i>	<i>Cariniana pyriformis</i>
<i>Tabebuia chrysantha</i>	<i>Cariniana pyriformis</i>	<i>Tabebuia rosea</i>	<i>Cassia fistula</i>
Bloque 3		Bloque 4	
<i>Tabebuia rosea</i>	<i>Cassia fistula</i>	<i>Tabebuia chrysantha</i>	<i>Cariniana pyriformis</i>
<i>Tabebuia chrysantha</i>	<i>Cariniana pyriformis</i>	<i>Cassia fistula</i>	<i>Tabebuia rosea</i>

Proceso Experimental

1. Preparación de las Semillas: Las semillas se escarificaron mecánicamente para facilitar la absorción de agua, se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 1% durante 10 minutos y luego se jugaron con abundante agua destilada y se remojaron en agua a temperatura ambiente durante 24 horas para activar el proceso de germinación.

Figura 2

Proceso de Escarificación de Semillas de Cassia Fistula



Nota: Tomada de Sueño verde (2024)

Figura 3

Semillero en Bandejas Germinadoras de Semillas: Cassia Fistula, Tabebuia Rosea, Tabebuia Chrysantha y Cariniana Pyriformis.



2. Siembra: Las semillas se sembraron en bandejas de germinación, sobre un sustrato estéril compuesto de una mezcla de tierra de bosque, arena y vermiculita en proporciones iguales. Las bandejas se mantuvieron en una casa de malla bajo las condiciones ambientales de la finca.

3. Mantenimiento: Las bandejas se regaron manualmente todos los días para mantener la humedad del sustrato. Se monitoreó la aparición de plagas y enfermedades y aunque se tenía un plan de manejo fitosanitarios no se implementó ya que no se presentaron problemas de este tipo.

Parámetros de Germinación Evaluados

1. Porcentaje de Germinación Acumulado (PG): Se registró el número de semillas germinadas diariamente hasta que no se observó nueva germinación por un período de siete días consecutivos. El PG se calculó con el número total de semillas germinadas dividido por el número total de semillas sembradas, multiplicado por 100.

2. Índice de Velocidad de la Germinación (IVG): El IVG se calculó utilizando la fórmula de Maguire (1962):
$$IVG = \frac{G_1}{D_1} + \frac{G_2}{D_2} + \dots + \frac{G_n}{D_n}$$
, donde (G) es el número de semillas germinadas en el día (D) .

3. Germinación Diaria Media (GDM): La GDM se determinó como el promedio del número de semillas germinadas por día durante el período de observación.

4. Valor Pico de la Germinación (VP): El VP es el día en el que se registró el mayor número de semillas germinadas.

5. Valor de Germinación (VG): El VG se calculó combinando el porcentaje y la velocidad de germinación en un solo índice, siguiendo el método de Czabator (1962): $[VG = PG \times IVG]$.

Análisis Estadístico

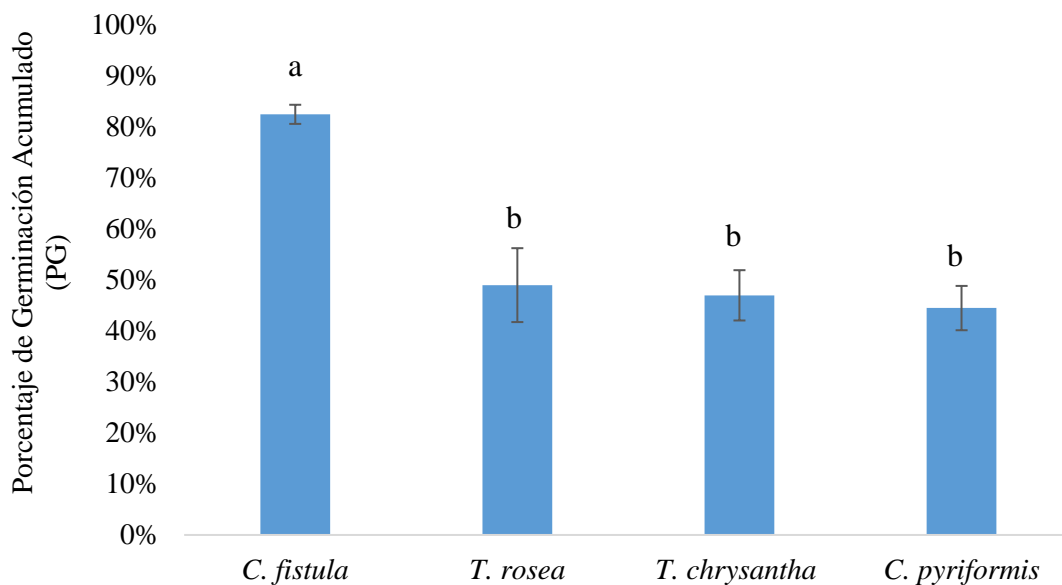
Homogeneidad de Varianzas: Se realizó una prueba de Levene para verificar la homogeneidad de las varianzas entre los tratamientos. Análisis de Varianza (ANOVA): Una vez establecida la homogeneidad de varianzas, se realizó un ANOVA para determinar si existen diferencias significativas en los parámetros de germinación entre las especies. Pruebas de Comparación de Medias: se realizaron las pruebas de comparación de medias, como la prueba de Tukey, para identificar las diferencias específicas entre las especies.

Resultados y Discusión

El Porcentaje de Germinación Acumulado (PG) es un indicador clave para evaluar la calidad y el potencial de establecimiento de las semillas de especies forestales. En este estudio, se observaron diferencias significativas en el PG entre las especies evaluadas: *Cassia fistula* (83%), *Tabebuia rosea* (49%), *Tabebuia chrysantha* (47%) y *Cariniana pyriformis* (45%) ($F = 12,34$; $gl = 3$; $P < 0,05$). Estos resultados sugieren variabilidad en la capacidad germinativa, lo cual puede estar influenciado por factores intrínsecos (como la dormancia) y extrínsecos (como las condiciones ambientales).

Figura 4

Porcentaje de Germinación Acumulado (PG) de las Especies Forestales *Cassia Fistula*, *Tabebuia Rosea*, *Tabebuia Chrysantha* y *Cariniana Pyriformis*.



Cassia fistula presentó el mayor PG (83%) (Tukey $< 0,05$), lo que indica una alta viabilidad y capacidad germinativa. Este resultado coincide con estudios previos que destacan la rápida germinación y alta tasa de establecimiento de esta especie en condiciones óptimas (Baskin

& Baskin, 2014). La ausencia de dormancia profunda y la adaptabilidad a diferentes sustratos podrían explicar su elevado PG (Silva et al., 2020). Además, *C. fistula* es una especie pionera, lo que le confiere ventajas competitivas en la colonización de áreas abiertas.

Las especies del género *Tabebuia* mostraron un PG moderado (*T. rosea*: 49%; *T. chrysantha*: 47%). Estos valores pueden estar asociados a la presencia de dormancia física o química en las semillas, común en especies de este género (Lorenzi, 2002). Estudios previos han demostrado que tratamientos pregerminativos, como la escarificación mecánica o la inmersión en agua caliente, pueden incrementar significativamente el PG en *Tabebuia* spp. (Camargo et al., 2018). La variabilidad en el PG también podría reflejar diferencias en la calidad de las semillas o en las condiciones de almacenamiento.

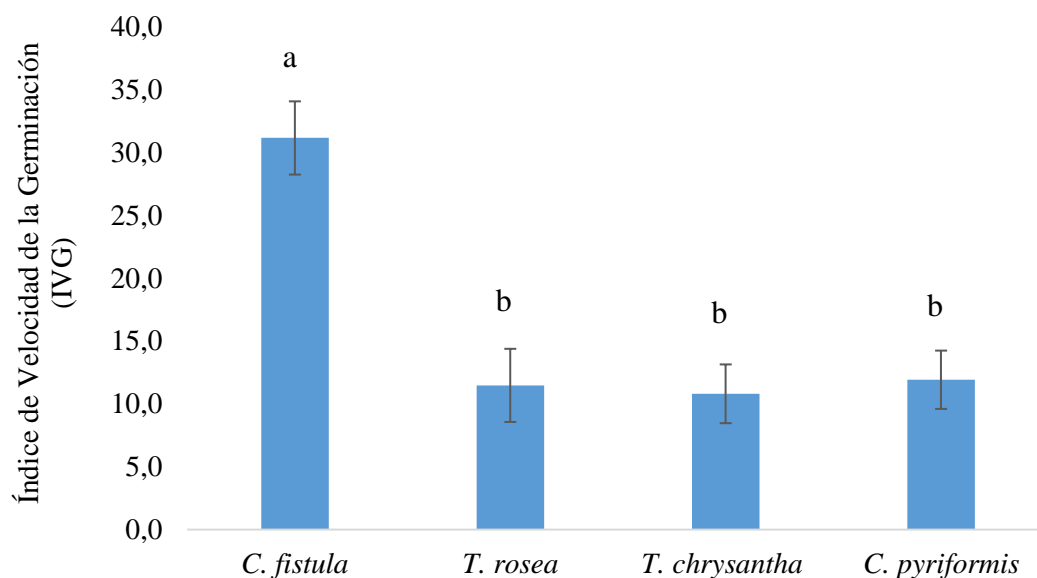
Cariniana pyriformis presentó el PG más bajo (45%), lo que sugiere la presencia de barreras germinativas, como dormancia física o la necesidad de condiciones específicas para la germinación. Esta especie, perteneciente a la familia Lecythidaceae, es conocida por su lenta germinación y establecimiento, características típicas de especies no pioneras (Kageyama et al., 2003). Además, la baja germinación podría estar relacionada con la degradación de las semillas durante el almacenamiento, ya que especies de este género suelen perder viabilidad rápidamente si no se almacenan en condiciones adecuadas (Carvalho et al., 2010).

El Porcentaje de Germinación Acumulado (PG) y el Índice de Velocidad de Germinación (IVG) son indicadores complementarios que permiten evaluar no solo la capacidad germinativa de las semillas, sino también la rapidez y uniformidad del proceso. En este estudio, se observaron diferencias significativas en ambos parámetros entre las especies evaluadas: *Cassia fistula* (PG: 83%; IVG: 31,2), *Tabebuia rosea* (PG: 49%; IVG: 11,5), *Tabebuia chrysantha* (PG: 47%; IVG: 10,8) y *Cariniana pyriformis* (PG: 45%; IVG: 11,9). ($F = 12,34$; $gl = 3$; $P < 0,05$). ($F = 10,25$; gl

= 3; $P < 0,05$). Estos resultados reflejan variabilidad en la respuesta germinativa, lo cual puede estar relacionado con características fisiológicas, ecológicas y adaptativas de cada especie.

Figura 5

Índice de Velocidad de la Germinación (IVG) de las Especies Forestales Cassia Fistula, Tabebuia Rosea, Tabebuia Chrysantha y Cariniana Pyriformis.



Cassia fistula destacó no solo por su alto PG (83%), sino también por su elevado IVG (31,2), lo que indica una germinación rápida y uniforme. Este comportamiento es típico de especies pioneras, que han evolucionado para colonizar rápidamente áreas abiertas y perturbadas (Baskin & Baskin, 2014). La ausencia de dormancia profunda y la adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales podrían explicar su alto IVG (Silva et al., 2020). Además, la rápida germinación de *C. fistula* le confiere una ventaja competitiva en la ocupación de espacios y la captura de recursos, lo que es crucial en etapas tempranas de sucesión ecológica (Lorenzi, 2002).

La relación entre el PG y el IVG es fundamental para comprender la dinámica germinativa de las especies. En este estudio, *Cassia fistula* mostró una correlación positiva entre

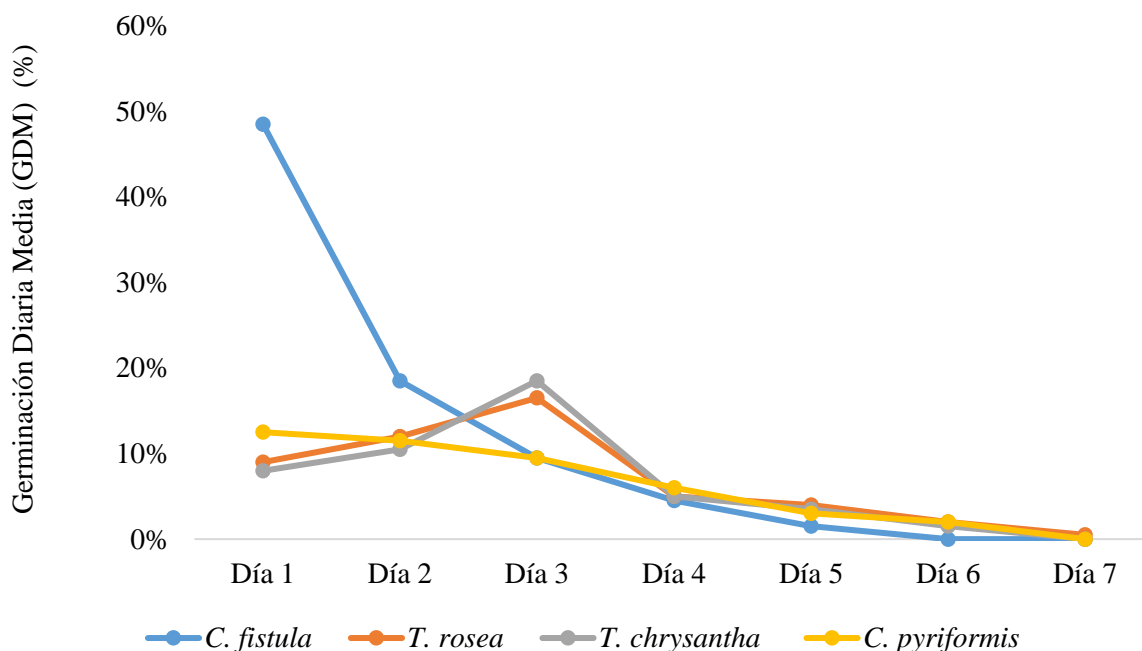
ambos parámetros, lo que sugiere que las semillas no solo germinan en mayor proporción, sino también de manera más rápida. Por otro lado, *Tabebuia* spp. y *Cariniana pyriformis* presentaron un PG más bajo y un IVG intermedio, lo que indica que, aunque la germinación es más lenta, una proporción significativa de semillas aún puede germinar bajo condiciones adecuadas. Estos resultados resaltan la importancia de considerar ambos indicadores para evaluar la calidad de las semillas y su potencial de establecimiento en campo.

La Germinación Diaria Media (GDM) es un indicador que permite evaluar la dinámica de la germinación a lo largo del tiempo, proporcionando información sobre la rapidez y uniformidad del proceso. A continuación, se analiza la GDM de las especies forestales *Cassia-fistula*, *Tabebuia rosea*, *Tabebuia chrysantha* y *Cariniana pyriformis* durante los siete días de observación.

Cassia fistula mostró una germinación extremadamente rápida y concentrada en los primeros tres días, con un 49% de germinación el primer día, seguido de un 19% el segundo día y un 10% el tercer día. A partir del cuarto día, la germinación disminuyó significativamente, alcanzando solo un 2% el quinto día y estabilizándose en 0% los días seis y siete. Este comportamiento es típico de especies pioneras, que han evolucionado para colonizar rápidamente áreas abiertas y perturbadas (Baskin & Baskin, 2014). La ausencia de dormancia profunda y la adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales podrían explicar su alta velocidad y eficiencia germinativa (Silva et al., 2020). La rápida germinación de *C. fistula* le confiere una ventaja competitiva en la ocupación de espacios y la captura de recursos, lo que es crucial en etapas tempranas de sucesión ecológica (Lorenzi, 2002).

Figura 6

Germinación Diaria Media (GDM) de las Especies Forestales Cassia Fistula, Tabebuia Rosea, Tabebuia Chrysantha y Cariniana Pyriformis.



Tabebuia rosea presentó una germinación más gradual y distribuida a lo largo de los siete días. La germinación comenzó con un 9% el primer día, aumentó a un 12% el segundo día y alcanzó su punto máximo el tercer día con un 17%. A partir del cuarto día, la germinación disminuyó gradualmente, con un 5% el cuarto día, un 4% el quinto día, un 2% el sexto día y un 1% el séptimo día. Este patrón sugiere la presencia de mecanismos de dormancia física o química, comunes en especies de este género (Camargo et al., 2018). La velocidad de germinación más lenta en comparación con *C. fistula* podría estar relacionada con la necesidad de condiciones específicas para la activación metabólica de las semillas, como fluctuaciones de temperatura o humedad (Bewley et al., 2013). A pesar de su menor velocidad, estas especies son importantes en la restauración ecológica debido a su longevidad y valor ecológico (Lorenzi,

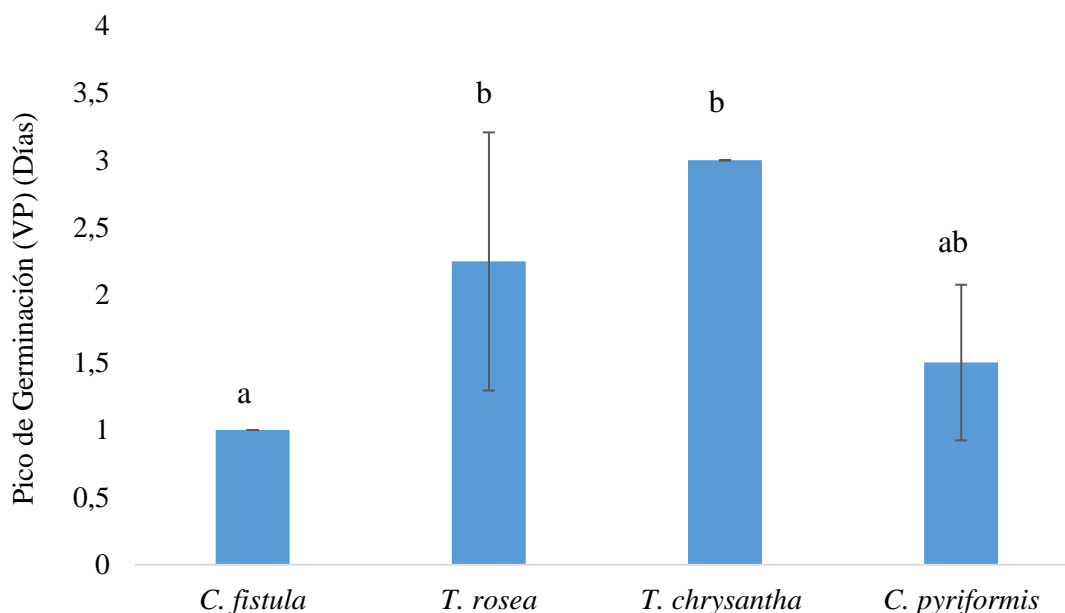
2002). *Tabebuia chrysantha* mostró un patrón de germinación similar al de *T. rosea*, con valores ligeramente inferiores, pero con una tendencia comparable. La germinación comenzó con un 8% el primer día, aumentó a un 11% el segundo día y alcanzó su punto máximo el tercer día con un 19%. A partir del cuarto día, la germinación disminuyó gradualmente, con un 5% el cuarto día, un 4% el quinto día, un 2% el sexto día y un 0% el séptimo día. Este comportamiento refuerza la idea de que las especies del género *Tabebuia* comparten estrategias germinativas similares, posiblemente debido a la presencia de dormancia y la necesidad de condiciones específicas para la germinación (Camargo et al., 2018).

Cassia fistula destacó por su rápida germinación, concentrando la mayoría de la germinación en los primeros tres días. En contraste, las especies de *Tabebuia* y *Cariniana pyriformis* mostraron una germinación más lenta y distribuida a lo largo de los siete días. *C. fistula* se estabilizó rápidamente, mientras que las otras especies continuaron aumentando su PG hasta el tercer o cuarto día antes de disminuir. *C. fistula* mostró la mayor eficiencia, seguida por *T. rosea*, *T. chrysantha* y *C. pyriformis*.

El Valor Pico de la Germinación (VP) es un indicador que permite identificar el día en el que se alcanza la máxima tasa de germinación diaria. Este valor es útil para comprender la dinámica de la germinación y comparar el comportamiento de diferentes especies. A continuación, se analiza el VP de las especies forestales *Cassia fistula*, *Tabebuia rosea*, *Tabebuia chrysantha* y *Cariniana pyriformis*.

Figura 7

Valor Pico de la Germinación (VP) de las Especies Forestales *Cassia Fistula*, *Tabebuia Rosea*, *Tabebuia Chrysantha* y *Cariniana Pyriformis*.



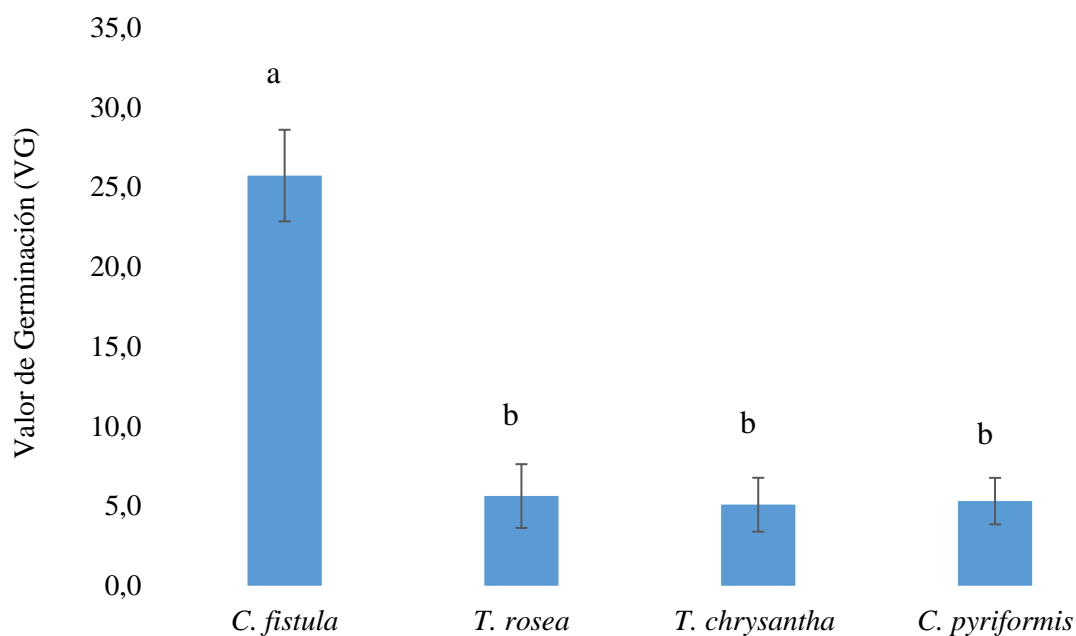
Cassia fistula alcanzó su pico de germinación el primer día, con un 49%, significativamente diferente, respecto de las especies del género *Tabebuia* ($F = 7,33$; $gl = 3$; $P < 0,05$) (Tukey $< 0,05$). Este comportamiento es típico de especies pioneras, que han evolucionado para colonizar rápidamente áreas abiertas y perturbadas (Baskin & Baskin, 2014). La ausencia de dormancia profunda y la adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales podrían explicar su alta velocidad y eficiencia germinativa (Silva et al., 2020). La rápida germinación de *C. fistula* le confiere una ventaja competitiva en la ocupación de espacios y la captura de recursos, lo que es crucial en etapas tempranas de sucesión ecológica (Lorenzi, 2002).

Cassia fistula y *Cariniana pyriformis* alcanzaron su VP el primer día, mientras que las especies de *Tabebuia* lo hicieron el tercer día. *C. fistula* tuvo el VP más alto en términos

absolutos (49%), seguido por *T. chrysantha* (19%), *T. rosea* (17%) y *C. pyriformis* (13%). *C. fistula* muestra una estrategia de germinación rápida y concentrada, típica de especies pioneras. En contraste, las especies de *Tabebuia* y *C. pyriformis* presentan una germinación más lenta y distribuida, lo que refleja adaptaciones a entornos con menor competencia inicial.

Figura 8

Valor de Germinación (VG) de las Especies Forestales *Cassia Fistula*, *Tabebuia Rosea*, *Tabebuia Chrysantha* y *Cariniana Pyriformis*.



El Valor de Germinación (VG) es un indicador que combina el Porcentaje de Germinación (PG) y el Índice de Velocidad de Germinación (IVG), proporcionando una medida integral de la calidad y el potencial de establecimiento de las semillas. A continuación, se analiza el VG de las especies forestales *Cassia fistula*, *Tabebuia rosea*, *Tabebuia chrysantha* y *Cariniana pyriformis*.

Cassia fistula presentó el VG más alto entre las especies evaluadas ($F = 118,25$; $gl = 3$; $P < 0,05$) (Tukey $< 0,05$), lo que indica una alta capacidad germinativa y una rápida velocidad de germinación. Este resultado es consistente con su comportamiento como especie pionera, que ha evolucionado para colonizar rápidamente áreas abiertas y perturbadas (Baskin & Baskin, 2014). La ausencia de dormancia profunda y la adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales podrían explicar su alto VG (Silva et al., 2020). La rápida germinación de *C. fistula* le confiere una ventaja competitiva en la ocupación de espacios y la captura de recursos, lo que es crucial en etapas tempranas de sucesión ecológica (Lorenzi, 2002). VG más alto: *Cassia fistula* (25,7) destacó por su alto VG, reflejando su rápida y eficiente germinación. *Tabebuia rosea* (5,6), *Tabebuia chrysantha* (5,1) y *Cariniana pyriformis* (5,3) mostraron valores de VG similares, indicando una germinación más lenta y menos uniforme. *C. fistula* muestra una estrategia de germinación rápida y concentrada, típica de especies pioneras. En contraste, las especies de *Tabebuia* y *C. pyriformis* presentan una germinación más lenta y distribuida, lo que refleja adaptaciones a entornos con menor competencia inicial.

El análisis de las variables de germinación, incluyendo el Porcentaje de Germinación Acumulado (PG), el Índice de Velocidad de Germinación (IVG), la Germinación Diaria Media (GDM), el Valor Pico de la Germinación (VP) y el Valor de Germinación (VG), reveló diferencias significativas en el comportamiento germinativo de las especies forestales evaluadas: *Cassia fistula*, *Tabebuia rosea*, *Tabebuia chrysantha* y *Cariniana pyriformis*.

Cassia fistula destacó por su alta eficiencia y rapidez germinativa, con un PG del 83%, un IVG de 31,2, un VP en el primer día y un VG de 25,7. Este comportamiento es típico de especies pioneras, adaptadas para colonizar rápidamente áreas abiertas y perturbadas.

Las especies de *Tabebuia* (*T. rosea* y *T. chrysantha*) mostraron una germinación más lenta y gradual, con PG moderados (49% y 47%, respectivamente), IVG intermedios (11,5 y 10,8), VP en el tercer día y VG moderados (5,6 y 5,1). Este patrón sugiere la presencia de dormancia y la necesidad de condiciones específicas para la germinación.

Cariniana pyriformis presentó un PG bajo (45%), un IVG de 11,9, un VP en el primer día y un VG de 5,3, indicando una germinación lenta y menos uniforme, característica de especies no pioneras con dormancia física.

Estos resultados resaltan la importancia de considerar las características germinativas de cada especie al diseñar estrategias de restauración ecológica. Mientras que *C. fistula* es ideal para la cobertura rápida de áreas degradadas, las especies de *Tabebuia* y *C. pyriformis* son valiosas para la restauración a largo plazo, aunque podrían beneficiarse de tratamientos pregerminativos para mejorar su establecimiento. La combinación de estas especies en programas de reforestación podría optimizar la recuperación de ecosistemas, aprovechando las ventajas competitivas de cada una.

Conclusiones

El estudio reveló que el mayor porcentaje de germinación acumulado (PG) y el Índice de velocidad de la germinación (IVG) lo tiene la especie *Cassia fistula*, con un (PG: 83%; IVG: 31,2), este resultado indica que estas semillas tienen alta viabilidad y capacidad germinativa en condiciones óptimas, también es importante resaltar que la *C. fistula* es una especie pionera, es decir que tiene ventajas competitivas de supervivencia y colonización en áreas abiertas.

Se identificó que en la germinación diaria media (GDM), se destacó la especie *Cassia fistula*, por su rápida germinación en los primeros días, por el contrario, las especies de *Tabebuia* y *Cariniana pyriformis*, lo hicieron de una manera lenta y durante los siete días evaluados, es decir que la *C. fistula*, sigue liderando los resultados más altos de acuerdo con los parámetros evaluados.

En los resultados obtenidos del valor pico de la germinación (VP), las especies *Cassia fistula* y *Cariniana pyriformis*, lograron alcanzarlo en el primer día, es decir que el mayor número de semillas germinadas nacieron el primer día, y las especies *Tabebuia* lo hicieron el día tres; también tenemos los resultados del valor de germinación (VG), donde lidera la especie *Cassia fistula* (25,7), demostrando una germinación rápida y las demás especies *Tabebuia rosea* (5,6), *Tabebuia chrysantha* (5,1) y *Cariniana pyriformis* (5,3) mostraron valores de VG similares, indicando una germinación más lenta y menos uniforme.

En conclusión, general la especie más destacada en la evaluación de germinación fue la (*Cassia fistula*) obteniendo los mayores resultados en cuanto al porcentaje de Germinación Acumulado (PG), Índice de Velocidad de la Germinación (IVG), Germinación Diaria Media (GDM), Valor Pico de la Germinación (VP) y Valor de Germinación (VG).

Recomendaciones

Es fundamental que la recolección de semillas se realice en el momento óptimo de maduración, ya que esto garantiza una mayor viabilidad y calidad de las semillas. Para las especies evaluadas en este estudio (*Cassia fistula*, *Tabebuia rosea*, *Tabebuia chrysantha* y *Cariniana pyriformis*), se recomienda recolectar las semillas al final de la estación seca o al inicio de la estación lluviosa, cuando los frutos están completamente maduros, pero no han comenzado a abrirse naturalmente. Este período suele coincidir con los meses de enero a marzo en la región de Vista Hermosa, Meta. Además, es importante verificar que las semillas estén libres de daños físicos o signos de infestación por plagas, ya que esto puede afectar negativamente su capacidad de germinación.

Basado en los resultados de esta investigación, se recomienda implementar tratamientos pregerminativos, especialmente para especies como *Tabebuia rosea*, *Tabebuia chrysantha* y *Cariniana pyriformis*, que mostraron una germinación más lenta y menos uniforme. La escarificación mecánica o química, así como la inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 horas, son técnicas efectivas para romper la dormancia de las semillas y mejorar su tasa de germinación. En el caso de *Cassia fistula*, aunque no se requiere un tratamiento pregerminativos debido a su alta tasa de germinación, se sugiere mantener un control estricto de las condiciones ambientales (luz, temperatura y humedad) durante el proceso de germinación para maximizar su eficiencia. Estas prácticas no solo optimizan el proceso de germinación, sino que también contribuyen a la producción de plántulas más vigorosas y saludables, lo que es crucial para el éxito de proyectos de reforestación y restauración ecológica.

Referencias Bibliográficas

- Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press.
- Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W. M., & Nonogaki, H. (2013). *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*. Springer.
- Camargo, J. L., Ferraz, I. D. K., & Imakawa, A. M. (2018). Germination and seedling establishment of *Tabebuia* species in the Amazon rainforest. *Forest Ecology and Management*, 410, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.12.012>
- Carvalho, L. R., Silva, E. A. A., & Davide, A. C. (2010). Seed storage and germination of *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze (Lecythidaceae). *Revista Árvore*, 34(5), 811-818. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000500005>
- FAO. (2019). *Manual de técnicas de germinación*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- García, A., & Hernández, L. (2017). *Ecología y manejo de Tabebuia rosea y Tabebuia chrysantha*. Editorial Ecoforestal.
- Giménez, E., Pérez, L., & Sánchez, M. (2020). Parámetros de germinación y su aplicación en viveros forestales. *Revista Forestal*, 45(2), 123-135.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2023). *Datos climáticos y estadísticas del municipio de Vista Hermosa, Meta*. Recuperado de <https://www.ideam.gov.co> .
- ISTA. (2017). *Reglas internacionales para el análisis de semillas*. Asociación Internacional de Ensayos de Semillas.
- Jordano, P. (2000). *Biología de la germinación de semillas forestales*. Editorial Silva.

- Kageyama, P. Y., Sebbenn, A. M., & Gandara, F. B. (2003). Conservation and management of tropical forest genetic resources: Strategies for in situ and ex situ conservation. En *Tropical Forest Genetics* (pp. 245-268). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-05212-9_10
- Lorenzi, H. (2002). *Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil*. Instituto Plantarum.
- Neira, Niño, M. J. (2019). *La lucha tiene rostro de mujer*. <https://repository.urosario.edu.co/sitios/lucha-mujeres/>
- Silva, A. C., Santos, F. M., & Oliveira, R. S. (2020). Germination and establishment of pioneer species in tropical forests. *Journal of Tropical Ecology*, 36(3), 123-135. <https://doi.org/10.1017/S0266467420000123>