

Análisis de bancos de semillas en un relicto de bosque seco tropical en Enciso,
Santander

Darly Paola León Murillo

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniera Forestal

Directora

Doris Duarte Hernández

Ing. Forestal MSc. Manejo, Uso y Conservación del Bosque

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED

Programa de Ingeniería Forestal

Bucaramanga

2024

Dedicatoria

Dedico principalmente este proyecto a mi hijo Dánniel Alexander Ortiz León, quien se ha convertido en mi pilar para cumplir mis metas, a mi esposo Ever Alveiro Ortiz Sierra quien me ha brindado su apoyo y paciencia para que culminara mi carrera, y a mis padres Moisés León Sierra y Mercedes Murillo Usa quienes me inculcaron grandes valores como la responsabilidad y por ser ese ejemplo de perseverancia y disciplina.

También a todas las personas partícipes de este proyecto, amigos, hermanos, compañeros y docentes, quienes influyeron para el éxito de este proyecto.

Agradecimientos

A la Universidad Industrial de Santander por permitirme formar como una profesional integra y con conocimientos excelentes para ejercer mi carrera profesional en la vida laboral. A mi directora MSc. Doris Duarte Hernández por su apoyo y orientación en cada etapa para la realización de este proyecto investigativo.

A don Delfo Uribe Zabala dueño del predio del área de estudio, quien deposito su confianza, colaboración y tiempo en este proyecto.

A mi familia, amigos y demás personas quienes participaron directa o indirecta, y por motivarme a tener un buen resultado investigativo en este proyecto.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	12
1. Objetivos	14
1.1 Objetivo General	14
1.2 Objetivos Específicos.....	14
2. Antecedentes	15
3. Marco Teórico.....	16
3.1 Generalidades del ecosistema	16
3.1.1 Bosque Seco Tropical (-bs-T).....	16
3.2 Fragmentación del bosque	17
3.3 Banco de semillas	18
3.4 Formación de Banco de semillas en el suelo	18
3.5 Factores que determinan la existencia de bancos de semillas en bosques tropicales.	19
3.5.1 Factores intrínsecos y dispersión de semillas	19
3.5.1.1 Fisiología de las semillas	19
3.5.1.2 Tamaño y forma de las semillas.....	20
3.5.1.3 Dispersión de semillas..	20
3.5.2 Condiciones ambientales y del entorno	21
3.5.2.1 Luz.	21
3.5.2.2 Temperatura	21
3.5.2.3 Micro relieve y distribución espacial	21
3.5.2.4 Estacionalidad	22

BANCOS DE SEMILLAS EN UN RELICTO DE BOSQUE SECO

	5
3.5.2.5 Perturbación del suelo.....	22
3.5.2.6 Longevidad de semillas.....	23
3.6 Importancia del banco de semillas en el proceso de recuperación de la vegetación natural. .	23
4. Metodología	24
4.1 Área de estudio	24
4.2 Trabajo de campo.....	25
4.2.1 Establecimiento de bancos.....	25
4.2.2 Caracterización de Flora	26
4.2.3 Etiquetado	26
4.2.4 Recolección de semillas.....	26
4.2.4.1 Almacenamiento de semillas	26
4.3 Pruebas de viabilidad	26
4.4 Vivero	27
4.4.1 Siembra de semillas	27
4.4.2 Germinación de semillas.....	28
4.4.3 Trasplante de plántulas	28
4.5 Procesamiento de datos.....	28
4.6 Análisis de los resultados.....	28
4.6.1 Abundancia y Riqueza de las semillas.....	28
4.6.1.1 Abundancia	29
4.6.1.2 Riqueza	29
4.6.2 Viabilidad de las semillas	30
4.6.3 Especies representativas en los bancos de semillas	30

BANCOS DE SEMILLAS EN UN RELICTO DE BOSQUE SECO

6

4.6.3.1 Abundancia de semillas	30
4.6.3.2 Importancia ecológica.....	30
4.6.3.3 Capacidad de regeneración	30
4.6.3.4 Estado de conservación.....	30
5. Resultados	31
5.1 Abundancia y riqueza de los bancos de semillas	31
5.1.1 Comparación abundancia y riqueza bancos del borde.....	31
5.1.2 Comparación abundancia y riqueza bancos del interior	33
5.1.3 Comparación abundancia y riqueza en los sitios de muestreo borde e interior.	34
5.2 Viabilidad de las semillas recolectadas.....	37
5.2.1 Comparación de semillas recolectadas, semillas viables y semillas germinadas al borde ..	37
5.2.2 Comparación de semillas recolectadas, semillas viables y semillas germinadas al Interior	37
5.3 Especies más representativas en los bancos de semillas y medidas de manejo.....	38
5.3.1 Especies representativas en los bancos de semillas	38
5.3.2 Medidas de manejo y protección de las especies forestales	42
5.3.2.1 Medidas de manejo y protección de la especie <i>Cedrela odorata</i>	42
5.3.2.2 Medidas de manejo y protección de la especie <i>Albizia niopoides</i>	42
5.3.2.3 Medidas de manejo y protección de la especie <i>Vachellia farnesiana</i>	42
6. Discusiones	43
7. Conclusiones	45
8. Recomendaciones	46
Referencias Bibliográficas	47
Apéndices.....	56

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Ubicación de los bancos de semillas.....	25
Tabla 2 Análisis de varianza (ANOVA).....	35
Tabla 3 Escala de puntuación	39
Tabla 4 Criterios de evaluación	40
Tabla 5 Matriz multicriterio	41

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 Mapa de ubicación.....	24
Figura 2 Abundancia de semillas banco 1 y banco 2.....	32
Figura 3 Riqueza de especies banco 1 y banco 2.....	32
Figura 4 Abundancia de semillas banco 3 y banco 4.....	34
Figura 5 Riqueza de especies banco 3 y banco 4.....	34
Figura 6 Abundancia de semillas al borde e interior	36
Figura 7 Riqueza de especies al borde e interior	36
Figura 8 Semillas recolectadas,viabes y germinadas al borde.....	37
Figura 9 Semillas recolectadas,viabes y germinadas al interior	38

Lista de Apéndices

	pág.
Apéndice A. Bosque seco tropical (bs-h)	56
Apéndice B. Preparación inicial	56
Apéndice C. Montaje de los banco de semillas	57
Apéndice D. Recolección de semillas.....	57
Apéndice E. Almacenamiento de semillas.....	58
Apéndice F. Pruebas pre-germinativas	58
Apéndice G. Vivero	59
Apéndice H. Siembra de semillas	60
Apéndice I. Germinación de semillas	60
Apéndice J. Trasplante de plantúlas.....	61

Resumen

Título: Análisis de bancos de semillas en un relicto de bosque seco tropical en Enciso, Santander*

Autora: Darly Paola León Murillo **

Palabras Clave: Bosque seco tropical, restauración, regeneración, germinación, viabilidad y bancos de semillas.

Descripción: El bosque seco tropical representa uno de los ecosistemas más amenazados del mundo, y en Colombia es catalogado como uno de los más fragmentados por presiones antropogénicas que han llevado a la pérdida de hábitats y a la disminución de la biodiversidad. Para contrarrestar estos efectos, se están realizando esfuerzos dirigidos a preservar los ecosistemas degradados mediante el uso de los bancos de semillas. El proyecto de grado se realizó en el predio Sendero de Peña Rica localizado en el municipio de Enciso Santander, con el objetivo de analizar los bancos de semillas al borde e interior del bosque para evaluar el potencial genético. Se establecieron cuatro puntos de muestreo; dos al borde y dos al interior para la recolección de las semillas y luego fueron llevadas al vivero para su germinación. Los resultados indicaron que la abundancia de semillas y la riqueza de especies entre bancos fue notablemente diferente, hay áreas del bosque que se encuentran más conservadas que otras. Según la ANOVA mostró que la ubicación tiene un efecto significativo en la abundancia de semillas con un valor de p igual a 0,02054 ya que en el sitio de muestreo al interior del bosque la abundancia de semillas es proporcionalmente mayor con 194 semillas que en el borde con 137 semillas, pero la riqueza de las especies es similar con 5 especies tanto para el interior como para el borde atribuible quizás a las condiciones que presenta cada sitio. Finalmente, se identificó que las especies *Cedrela odorata*, *Albizia niopoides* y *Vachellia farnesiana* son las más representativas en los bancos y además presentaron las tasas más altas de germinación con excepción de *Albizia niopoides*.

* Trabajo de Grado

** Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED. Programa Ingeniería Forestal. Directora: Doris Duarte Hernández. Ing. Forestal MSc. Manejo, Uso y Conservación del Bosque.

Abstract

Title: Analysis of seed banks in a relict of tropical dry forest in Enciso, Santander *

Author(s): Darly Paola León Murillo**

Key Words: Tropical dry forest, restoration, regeneration, germination, viability, seed banks.

Description: The tropical dry forest represents one of the most threatened ecosystems in the world, and in Colombia, it is classified as one of the most fragmented due to anthropogenic pressures that have led to habitat loss and a decline in biodiversity. To counteract these effects, efforts are being made to preserve degraded ecosystems through the use of seed banks. The degree project was conducted on the Sendero de Peña Rica property located in the municipality of Enciso, Santander, with the aim of analyzing the seed banks at the edge and interior of the forest to evaluate the genetic potential. Four sampling points were established: two at the edge and two in the interior for seed collection, which were then taken to the nursery for germination. The results indicated that the abundance of seeds and species richness between the seed banks was notably different; some areas of the forest are more conserved than others. According to the ANOVA, the location has a significant effect on seed abundance with a p-value of 0.02054, as the seed abundance in the interior sampling site was proportionally higher with 194 seeds compared to 137 seeds at the edge, but species richness was similar with 5 species for both the interior and the edge, possibly due to the specific conditions of each site. Finally, it was identified that the species *Cedrela odorata*, *Albizia niopoides*, and *Vachellia farnesiana* are the most representative in the seed banks and also exhibited the highest germination rates, with the exception of *Albizia niopoides*.

* Degree Work

**Institute of Regional Projection and Distance Education IPRED. Forest Engineering Program. Directora: Doris Duarte Hernández. Forestry Engineer MSc. Forest Management, Use and Conservation.

Introducción

El bosque seco tropical representa aproximadamente el 45% de los ecosistemas tropicales del mundo; se ubica en tierras bajas de zonas tropicales y experimenta una época de lluvia con muchos meses de sequía, lo que da como característica principal el déficit de agua (Ruiz-V y Heidy-Paola Saab-R, 2020). En Colombia queda el 8%, cerca de 705000 ha de bosque debido a su alto deterioro por presiones como el cambio climático, la fragmentación, la expansión por la agricultura y ganadería, y los incendios forestales (Cárdenas-Salgado, J.C. y Pizano, C. 2019), con las que se altera drásticamente su composición original y conlleva a la degradación y desertificación de sus suelos y a su vez al desplazamiento o desaparición de las especies nativas que albergan este ecosistema considerado uno de los más amenazados y menos protegidos (Casas-Pinilla et al., 2017). Pese a lo anterior y en vista que los bosques secos presentan afectaciones antrópicas que alteran su capacidad de proveer funciones y servicios ambientales como la polinización, dispersión de semillas, control de plagas y mantenimiento de la biodiversidad se ha optado por realizar estrategias de conservación y restauración basados en bancos de semillas (Romero,2018).

A nivel mundial, los bancos de semillas respaldan de manera directa e indirecta la reintroducción de especies amenazadas, lo que contribuye a la supervivencia de las especies nativas, y el material que suministra estos bancos es de alta calidad, con información de origen y aspectos fisiológicos, lo que aseguran procesos exitosos impulsados por los esfuerzos de recuperación de las especies que se están extinguiendo (Romero, 2018). Los bancos de semillas pueden considerarse un reservorio de semillas maduras viables en el suelo o aquel flujo continuo de aporte y pérdida de semillas que determina la densidad, la composición y la reserva genética

del bosque (Eva et al., 2016). Por consiguiente, tienen una gran importancia ecológica y evolutiva en la dinámica de las poblaciones vegetales y desempeñan un papel fundamental ya que ayudan sustancialmente a amortiguar las perturbaciones y contribuyen al reclutamiento de plantas y a la recuperación de la vegetación después de una perturbación (Valeria et al., 2024).

Con el paso de los años los bancos de semillas han sido tema de interés en el manejo agrícola y en menor medida en el manejo de los ecosistemas boscosos; sin embargo, en términos de investigación, se ha realizado una mayor cantidad de estudios en áreas naturales que en cultivos agrícolas y estos bancos han generado impacto en la permanencia de algunas especies arbóreas nativas en los diferentes tipos de bosques, considerándolos escenarios de investigación a corto plazo (Pickett, 2015). Pese a que se han desarrollado diversas investigaciones sobre bancos de semillas a nivel mundial, y a nivel nacional, existen pocos estudios para ecosistemas ubicados en la provincia de García Rovira, Santander.

Para abordar esta problemática, se realizó una investigación en la que se evaluó la riqueza, diversidad, viabilidad y potencial para la regeneración de especies de los bancos de semillas en el bosque seco tropical, un ecosistema representativo en la provincia. De esta manera se plantea la siguiente pregunta de investigación ¿Son importantes los bancos de semillas para contribuir en la conservación y regeneración de los relictos de bosque seco tropical en García Rovira, Santander, Colombia?

Comprender cómo los bancos de semillas contribuyen en la regeneración de los ecosistemas, no solo es relevante desde una perspectiva científica, sino que también es esencial para el desarrollo de estrategias de conservación y manejo efectivas en relictos boscosos de García Rovira.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Analizar los bancos de semillas en el borde e interior de un relicto de bosque seco tropical del municipio de Enciso, Santander para evaluar el potencial genético en la regeneración de especies.

1.2 Objetivos Específicos

- Evaluar los bancos de semillas a través de un muestreo en borde e interior del relicto de bosque para registrar la riqueza y abundancia.
- Determinar la viabilidad de las semillas recolectadas a través de pruebas de germinación, con el fin de conocer el potencial de regeneración del ecosistema.
- Identificar las especies más representativas en los bancos de semillas del bosque y analizar su estado de conservación, para proponer medidas de manejo.

2. Antecedentes

Ordoñez et al., (2016) confirman que los bosques secos tropicales son los ecosistemas más amenazados a nivel mundial debido a que ha estado sujeto a la transformación antrópica generada por actividades agropecuarias y asentamientos de las poblaciones humanas, por ello resulta emprender esfuerzos de restauración donde se evidencia pocos estudios en este bosque seco a comparación de otros. Esta diferencia se debe a que se desconoce uno de los mecanismos de regeneración menos explorados que son los bancos de semillas, los cuales tiene gran importancia para la comprensión de la dinámica de regeneración, la selección de estrategias de restauración y el restablecimiento de la vegetación nativa, y además este conocimiento provee una base teórica sólida para la toma de decisiones en el diseño de proyectos de restauración.

Según un estudio realizado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible junto con el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI), los autores Rodríguez & Sterling (2020), afirman que el estudio de la regeneración natural a partir de los bancos de semillas puede generar aproximaciones importantes para conocer la resiliencia de la comunidad ante un disturbio, las posibles direcciones de la sucesión y las herramientas para su restauración ecológica.

Por último, Viana et al., 2021 en su estudio proporciona una valiosa comprensión de cómo las practicas mineras impactan en la viabilidad y composición del banco de semillas, un aspecto crucial para la restauración en áreas afectadas por la minería, demostrando que estos bancos pueden ser el indicador de recuperación de la vegetación en entornos mineros, lo que lo convierte en un componente esencial para la evaluación y monitoreo de proyectos de restauración ecológica.

3. Marco Teórico

3.1 Generalidades del ecosistema

3.1.1 *Bosque Seco Tropical (-bs-T)*

El bosque seco tropical (bs-T) es considerado el ecosistema más estratégico pero el más amenazado del país, las principales causas de su deterioro son las presiones antrópicas como la deforestación, la minería, el cambio climático, el crecimiento demográfico y la conversión de tierras para la agricultura y la ganadería (Cuellar et al., 2022). Este bosque se ve sometido a la reducción de fragmentos aislados con áreas menores a 100 ha y a encontrarse inmersos en matrices con altos niveles de transformación que amenaza la conservación de sus áreas naturales y la biodiversidad que alberga (Cárdenas, 2021).

Colombia es un país privilegiado para estudiar el bs-T, dado que se encuentra presente en seis áreas geográficas diferentes: el valle del río Patía, el valle del río Cauca, el alto y medio valle del río Magdalena, Santander y Norte de Santander, la costa Caribe, y la Orinoquía (Pizano y García, 2014). En cuanto a Santander y Norte de Santander se han reportado fragmentos de bs-T en áreas del Cañón de río Suratá, el Cañón del río Lebrija, río Cáchira, Piedecuesta, Cepitá, Cúcuta y, en general, la cuenca media del Cañón del río Chicamocha; allí se encuentra ubicada la provincia de García Rovira representada por pequeñas áreas de relictos de bosques secos ubicados en los diferentes municipios que la conforman como San José de Miranda, Enciso, San Miguel, Capitanejo, Macaravita, Molagavita y San Andrés (Fajardo et al., 2018).

Según la clasificación de zonas de vida (Holdridge, 1987), los bosques secos tropicales se definen como aquella formación vegetal que presenta una cobertura continua, se encuentran en áreas donde la temperatura es superior a 24°C (piso térmico cálido), su distribución es entre los 0-1000 m de altitud con una evapotranspiración que supera a la precipitación, varía entre 250 y 2000

mm por año, por lo que cuentan con una fuerte estación seca de al menos tres a cuatro meses (Pizano y García, 2014). Debido a su amplio rango de condiciones climáticas, estacionalidad y pluviosidad han hecho de este un ecosistema que incluye en un extremo bosque seco verde con condiciones húmedas; y en el otro, vegetación xerofítica con matorrales espinosos y cardonales (Fajardo et al., 2018).

Durante la época seca la mayoría de árboles pierden sus follajes y reducen las tasas de actividades fotosintéticas aspectos que dan respuesta a la adaptación fisiológica de esta vegetación; además tienen grandes características como su alta diversidad biológica con innumerables endemismos y servicios ecosistémicos tales como estabilización de suelos, ciclaje de nutrientes, regulación hídrica, regulación climática, provisión de alimento y madera (Norden, 2014).

3.2 Fragmentación del bosque

La fragmentación es un proceso dinámico que reemplaza el bosque en parches o islas de menor tamaño conectadas entre sí segregados en una matriz de hábitats diferentes al original lo que conlleva a la pérdida del paisaje, mayor aislamiento y reducción del tamaño de los fragmentos remanentes (Galván, 2015). Esta fragmentación origina efectos de borde que perturban los procesos ecológicos; los cuales generan condiciones bióticas y abióticas determinadas por la transición entre el interior del parche y la matriz del paisaje, estos efectos pueden ser positivos o negativos para la biota remanente, dependiendo de si favorecen o no el establecimiento de los organismos cerca a los bordes (Poveda, 2023).

El efecto de borde en los bancos de semillas de los bosques secos tropicales afecta significativamente su composición y dinámica (Petro, 2023). Este fenómeno favorece la propagación de especies generalistas y exóticas, mientras que disminuye las especies especializadas. Los bordes presentan cambios en la luz, temperatura y humedad del suelo,

alterando las condiciones para la germinación y el crecimiento de las semillas. Además, aumentan las tasas de depredación y competencia, y se modifican los patrones de dispersión de semillas debido a la exposición al viento; la influencia humana, como la agricultura y la construcción, también perturba los bordes, afectando negativamente la viabilidad y estructura de los bancos de semillas (Chichizola et al., 2023).

3.3 Banco de semillas

El banco de semillas desempeña un papel esencial en el funcionamiento de las comunidades vegetales ya que implica un constante intercambio de contribuciones y pérdidas de semillas que influyen en la abundancia, composición y diversidad genética del bosque (Eva et al., 2016). Estos bancos se entienden como el depósito de semillas viables que potencialmente son capaces de germinar y establecerse, además representan el potencial regenerativo en los ecosistemas y cumplen un papel preponderante en la recuperación de áreas que han sido afectadas por un disturbio (Sione et al., 2016).

Según Way (2023), los bancos de semillas se consideran una de las formas más antiguas de bancos de genes por su material genético esencial para la silvicultura o conservación de bosques, puesto que conservan y se ponen a disposición de las comunidades, así mismo, tienen como objetivo obtener y mantener semillas de alta calidad que brindan recursos genéticos viables y rasgos útiles en campo.

3.4 Formación de Banco de semillas en el suelo - BSS

La formación del BSS se inicia con la dispersión y finaliza con la germinación o muerte de las semillas (Ernesto et al., 2020). Estos bancos son muy dinámicos y presentan alta heterogeneidad en composición y abundancia, tanto espacial como temporal (Sione et al., 2016). Los bancos de semillas se conforman a partir de diversos elementos como la abundancia de las

especies, los métodos de dispersión que emplean, la presencia de agentes dispersores, los factores necesarios para que sus semillas germinen, la depredación, y la frecuencia e intensidad de los disturbios (Martínez et al., 2013).

De acuerdo al tiempo de permanencia de las semillas en el suelo, los bancos se clasifican en: transitorios, son aquellos en que las semillas germinan el mismo año en que son producidas; y persistentes, son aquellos en que una cantidad de semillas germinan durante el año de producción, quedando un remanente de semillas viables que germinan al menos un año después (Muñoz et al., 2021).

3.5 Factores que determinan la existencia de bancos de semillas en bosques tropicales.

Bedoya et al. (2010), afirman que el banco de semillas se forma partir de un proceso dinámico en el que se entrelazan factores relacionados tanto con las semillas en sí, como con factores externos a estas. A continuación, se presenta una descripción de ellos.

3.5.1 Factores intrínsecos y dispersión de semillas

3.5.1.1 Fisiología de las semillas. Determina la persistencia de las semillas en el suelo y su densidad por efecto de dormancia, latencia condicional, la combinación de ambas o ninguna de ellas (Ceccato et al., 2014). La dormancia es el estado de reposo de las semillas que retarda su germinación hasta que las condiciones sean óptimas para aumentar las posibilidades de supervivencia. Según Shiferaw et al. (2018), este estado es inherente a la semilla al final de su desarrollo en la planta madre y se presenta como dormancia exógena (dureza de la semilla), dormancia endógena (desarrollo del embrión) o una combinación entre estas.

Por otra parte, la latencia condicional puede generarse por cambios ambientales que condicionan su germinación y se presenta con mayor frecuencia en especies pioneras y plantas de amplia distribución o cosmopolitas (Bedoya et al. 2010).

3.5.1.2 Tamaño y forma de las semillas. Estas características tienen efecto sobre su permanencia en los bancos de semillas; los recursos de una planta para producir semillas son limitados, así que cierta cantidad de energía disponible para producirlas puede traducirse en un gran número de semillas pequeñas o en un número menor de semillas grandes (Romero & Pérez, 2016). Las plantas que producen muchas semillas pequeñas se dispersan ampliamente y tienen más oportunidades de encontrar un lugar favorable para germinar y crecer. Sin embargo, su tamaño pequeño aporta poco al crecimiento de la nueva planta y ésta depende rápidamente de los recursos disponibles en su entorno, lo que aumenta su riesgo de morir. Por el contrario, las semillas grandes se producen en menor número y frecuentemente su dispersión es a distancias más cortas, con mayor cantidad de recursos para iniciar su crecimiento y el establecimiento en lugares perturbados (Bedoya et al. 2010).

En los bosques secos, las semillas suelen tener diversas formas como aerodinámicas para la dispersión por viento, redondeadas lo que les permite rodar y ser transportadas por el agua o la gravedad, y cubiertas duras para protegerse de la desecación y depredadores (Romero, 2018).

3.5.1.3 Dispersión de semillas. La dispersión de semillas es un proceso ecológico que influye significativamente en la dinámica y estructura de las comunidades vegetales (Acevedo et al., 2023). La dispersión implica el movimiento de semillas lejos de la planta madre, que permite a las plantas colonizar nuevos sitios, reducir la presión por competencia y depredación, y alcanzar sitios que favorezcan la germinación y su establecimiento (Bedoya et al. 2010).

Las semillas se dispersan mediante varios mecanismos adaptativos: (i) Anemocoria permite que las semillas aladas o plumosas sean transportadas por el viento se presenta en semillas ortodoxas (García & Rico, 2020). (ii) Hidrocoria: dispersión por medio de corrientes de agua, (iii) Borocoria hace que las semillas caigan al suelo y se desplacen por la pendiente, (iv) Autocoria o

dispersión por proyección de las diásporas con mecanismos expulsadores, (v) Zoocoria o dispersión por animales, usualmente se presenta en semillas con una porción carnosa, recalcitrantes que germinan rápidamente, y a su vez se clasifican ya sea ingiriendo las semillas (endozoocoria) o llevándolas en su pelaje (epizoocoria) (Velázquez, 2016).

3.5.2 Condiciones ambientales y del entorno

3.5.2.1 Luz. Estimula la germinación de una gran cantidad de semillas presentes en el suelo del bosque, al tiempo que inhibe el proceso en unas pocas de ellas (Bedoya et al. 2010). El cambio de luminosidad del medio puede influir de manera positiva o negativa en el proceso de germinación, lo que en últimas funciona como un factor determinante en la capacidad de las plántulas para establecerse y sobrevivir (Aráoz et al., 2023). Esta influencia está condicionada en gran medida por la genética de las plantas y las condiciones medioambientales durante la maduración de las semillas (Vargas et al., 2015).

3.5.2.2 Temperatura. Es un factor determinante en la dinámica de los bancos de semillas en los secos tropicales, incluye directamente en la viabilidad y germinación de las semillas; las variaciones térmicas pueden afectar significativamente la persistencia de las semillas en el suelo, donde las temperaturas elevadas tienden a acelerar su deterioro y reducir su viabilidad (González et al., 2018). Además, estudios han demostrado que la temperatura interactúa con otros factores ambientales como la humedad y la estacionalidad de las lluvias afectando el éxito de la germinación (Douterlungne et al., 2021).

3.5.2.3 Micro relieve y distribución espacial. Las variaciones en el micro relieve como las depresiones y elevaciones del terreno afectan la acumulación y viabilidad de las semillas debido a retención de humedad y exposición de luz solar, lo que crea micro hábitats que favorecen las

germinación y establecimiento de diferentes especies (Martínez et al., 2019). La distribución espacial de las semillas es influenciada por factores como la dispersión del viento y animales, que interactúan con el micro relieve para determinar patrones de regeneración y composición de la vegetación (Hernández et al., 2021).

3.5.2.4 Estacionalidad. La estación del año puede tener efectos sobre el banco de semillas, relacionados en estrategias de adaptación de las especies para la producción y liberación de semillas durante la temporada seca o de lluvias (Bedoya et al. 2010). Es decir, la fenología reproductiva de las especies (Floración y Fructificación) y la vegetativa (perdida foliar y rebrote de las hojas), los cuales están determinados por un conjunto de factores climáticos, edáficos y bióticos (Restrepo et al., 2022).

Durante la temporada seca, muchas de las especies de los bosque secos pierden su follaje como estrategia para reducir la pérdida de agua, mientras en temporada de lluvias estas mismas florecen, fructifican y presentan rebrotes de hojas que sincronizan con la disponibilidad de agua para maximizar la supervivencia y el establecimiento de plántulas (Pennington et al., 2018). Por ejemplo el *Cedrela odorata* conocido como cedro rojo o negro comienza a florecer en temporada de lluvias entre los meses de mayo a agosto (octubre) y sus frutos maduran en temporada secas entre los meses de marzo a abril (mayo) , aunque puede variar según la ubicación geográfica (Silva et al., 2020), y la especie *Bursera simaruba* (indio desnudo) son de follaje caducifolio en época de seca, que florecen de marzo a junio y fructifican a lo largo del año principalmente en mayo y junio (Hernández et al., 2021).

3.5.2.5 Perturbación del suelo. Las perturbaciones naturales o antrópicas causan cambios en la intensidad de luz, contenido de nutrientes, y en la biomasa del suelo, por tanto, el tipo, y el grado de perturbación determinan las características de los bancos de semillas germinable

(Delgado & Ferro, 2024). Además, Las perturbaciones afectan la estructura y composición florística de los bosques, lo que modifican en mayor o menor grado la dinámica de semillas con afectaciones en los procesos de regeneración de los bosques (Bedoya et al. 2010).

3.5.2.6 Longevidad de semillas. El mantenimiento de la longevidad de las semillas en bancos in situ o ex situ depende de las condiciones ambientales y de la fisiología de estas en el almacenamiento. La mayoría de las semillas tienen un comportamiento ortodoxo, lo que significa que pueden secarse a contenidos bajos de humedad, sin dañarse y mantener una longevidad alta en condiciones variadas, sin embargo, el comportamiento recalcitrante es menos frecuente y corresponde a semillas que no sobreviven a la deshidratación, y germinan tan pronto llegan al suelo luego de ser dispersadas (Vargas et al., 2015).

3.6 Importancia del banco de semillas en el proceso de recuperación de la vegetación natural.

Los bancos de semillas son importantes debido a que protegen la diversidad genética que se encuentra amenazada a nivel poblacional y de especie dado al ritmo de degradación y pérdida de hábitats, así como el creciente impacto del cambio climático y las condiciones ambientales, se estima que más 20% de las plantas silvestres están en riesgo de desaparecer y las semillas se consideran el medio preferido para conservar la diversidad genética (Way, 2023). Por último, los bancos representan recursos confiables y accesibles de material genético para quienes lo utilizan (FAO, 2014), ya que ofrecen muestras de semillas identificadas cuyo origen y viabilidad son conocidos, y su utilización suele ser de bajo costo o incluso gratuita para los investigadores.

4. Metodología

4.1 Área de estudio

El área de estudio se localiza en un relicto de bosque seco tropical ubicado en la vereda Juncalito en el municipio de Enciso-Santander, en la reserva denominada Senderos de Peña Rica (Figura 1). La vereda Juncalito se encuentra a $06^{\circ}36'35''N$ y $72^{\circ}42'28''O$, con una altitud de 1215 m. s.n.m., 1300 mm promedio anual de precipitación y una temperatura media de $24^{\circ}C$ (Santander-Enciso, 2023). El área está integrada en su mayoría por vegetación subxerofítica como matorrales espinosos, y el bosque seco se encuentra rodeado por pastizales para ganadería bovina y caprina, además con zonas de cultivos transitorios (Fajardo et al., 2018).

Figura 1

Mapa de ubicación

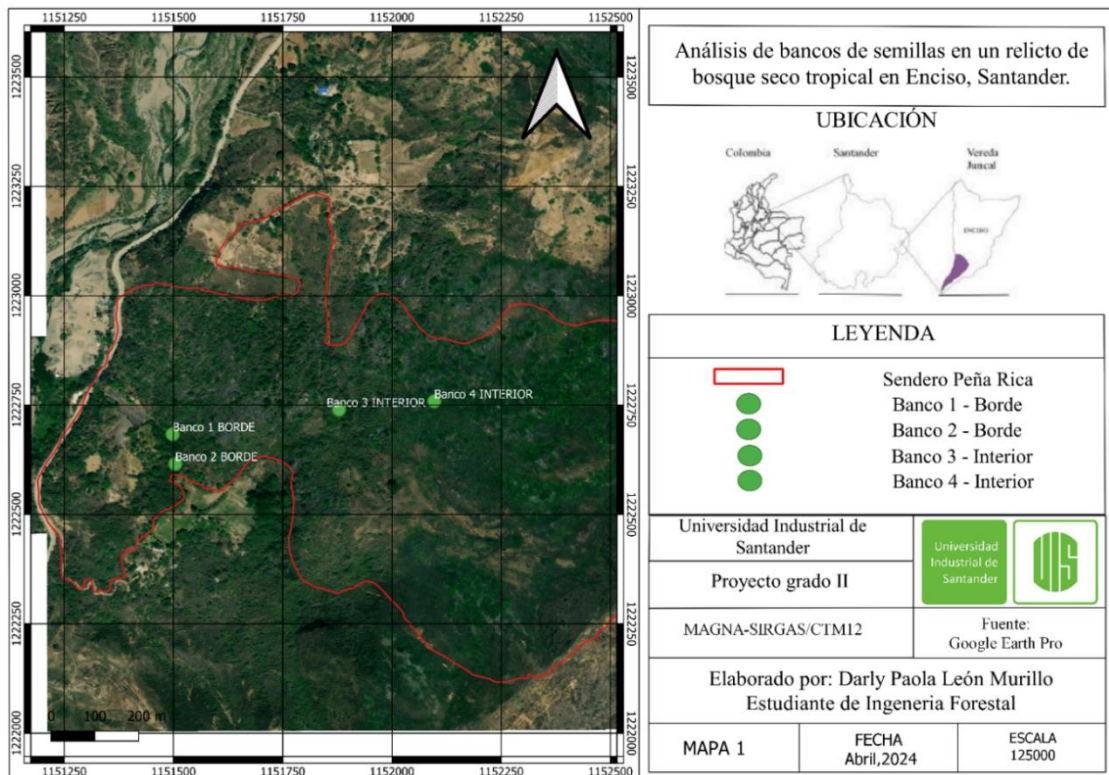


Tabla 1*Ubicación de los bancos de semillas*

Bancos	Latitud	Longitud	Altitud (m s.n.m.)
Banco 1-Borde	6° 36'28.5"	72° 42'27.6"	1237
Banco 2-Borde	6° 36'26.6"	72° 42'27.4"	1242
Banco 3-Interior	6° 36'31.2"	72° 42'08.1"	1344
Banco 4-Interior	6° 36'30.6"	72° 42'15.2"	1314

4.2 Trabajo de campo-preparación Inicial

Para obtener riqueza y abundancia de semillas, se establecieron cuatro puntos de muestro, dos en el borde y dos en el interior del bosque para un total de cuatro. Estos sitios se adecuaron para la recolección de las semillas (FAO, 2014), mediante bancos con malla de microfibra, de un tamaño de 1m x 1m que se colocaron en el suelo y se realizaron parcelas transitorias de 10m x10m para caracterizar la flora existente en áreas aledañas a cada banco establecido.

Se hizo una revisión previa de diferentes fuentes bibliográficas para identificar los cambios visibles de los procesos vitales básicos de foliación, floración y fructificación (fenología) de las especies identificadas en el área de estudio. Posteriormente, en visitas de campo, con la utilización de binoculares se revisaron las especies arbóreas presentes en el sitio de la recolección con el objeto de identificar si estaban en algún proceso fenológico.

4.2.1 Establecimiento de bancos

Estos bancos se ubicaron en sitios estratégicos con riqueza de especies de flora y con espacios planos sin roca, los bancos al borde se establecieron al lado de los caminos rurales y cerca al nacimiento de la fuente hídrica del bosque; y los del interior en lo profundo del bosque. A cada banco se le tomo sus respectivas coordenadas con el GPS.

4.2.2 Caracterización de Flora

Para cada banco, en las parcelas transitorias establecidas se identificaron las especies forestales con su nombre común, nombre científico, además se midió el CAP, altura total y observaciones fitosanitarias.

4.2.3 Etiquetado

Se hizo una etiqueta para cada banco con un número y la fecha de inicio de la recolección.

4.2.4 Recolección de semillas

En el sitio, se llevó a cabo la recolección de semillas en los bancos presentes, para esto se revisaron los bancos de microfibra y se hizo una verificación a un metro de distancia del borde del perímetro de cada banco, para recolectar semillas que pudieran caer fuera de los bancos. Los bancos se instalaron los días 27, 28 de diciembre 2023 y se hizo una revisión cada 15 días. La primera recolección se hizo el 15 de enero 2024, la segunda recolección se hizo el 31 de enero 2024, la tercera recolección se hizo el 16 de febrero 2024 y la cuarta recolección se hizo 02 de marzo 2024, para un total de 48 días de recolección.

4.2.4.1 Almacenamiento de semillas: Las semillas fueron almacenadas en bolsas de papel Kraft durante 13 días debido a que algunas no se encontraban totalmente secas, éstas se clasificaron por especie forestal y se etiquetaron con la información del sitio, fecha de recolección, nombre común y científico de la especie. Además, se registró la cantidad de semillas recolectadas por cada banco, en total y por especie.

4.3 Pruebas de viabilidad

Para evaluar la viabilidad de las semillas recolectadas en los bancos, se hizo una prueba de flotación; está consistió en sumergir las semillas dentro de unas botellas de 25 ml con agua pura a temperatura ambiente, durante 24 horas en reposo. Durante ese tiempo se observó que las semillas

que flotaban no eran viables lo que se desecharon y las que se hundían eran viables para su germinación (Silva et al. 2020).

Estas pruebas se realizaron el 15 de marzo 2024 un día anterior de la siembra de las semillas.

4.4 Vivero

Para la instalación del vivero se realizaron varias actividades que se ejecutaron por un tiempo de 5 días. La primera actividad que se realizó fue identificar el área que fue de 2.50 m ancho x 3.80 m de largo, adecuada para el vivero, la segunda fue preparar el terreno (remover malezas), la tercera fue la construcción de dos eras en tierra (1m de ancho x 3.40 m de largo), la cuarta fue la preparación del sustrato: primera era (50% tierra y 50% estiércol de cabra) y segunda era (50% tierra y 50 % arena lavado de río), la quinta actividad fue desinfectar la era de arena con formol de 25 ml; a este se le adicionaron 50 ml de formol por dos litros de agua y se dejó en reposo por 2 días, posteriormente se sembraron las semillas, las eras fueron cubiertas séptima con una poli sombra negra de 3m de ancho x 6m de largo y se realizaron actividades de riego en horas de la mañana y tarde por un tiempo aproximado de un mes.

4.4.1 Siembra de semillas

La siembra se realizó el 16 de marzo 2024, las semillas de interior se sembraron en la era de estiércol de cabra; este se repartió por cinco eras pequeñas con un área de 1m de ancho x 0.68m de largo, luego se hicieron surcos no tan profundos para sembrar cada semilla a una distancia de 2 cm cada una. Las especies forestales que se sembraron allí fueron: *Cedrela odorata*, *Albizia niopoides*, *Bursera simaruba*, *Amyris sylvatica* y *Vachellia farnesiana*

Las semillas del borde se sembraron en la era de arena; este también se repartió por cinco eras pequeñas con la misma área de 1m de ancho x 0.68m de largo, se hicieron surcos no tan

profundos sembrando las semillas a una distancia de 2cm cada una. Las especies forestales que se sembraron allí fueron *Albizia niopoides*, *Ruprechtia ramiflora*, *Amyris sylvatica*, *Gyrocarpus americanus* y *Vachellia farnesiana*.

4.4.2 Germinación de semillas

Las semillas iniciaron su germinación a los 12 días después de su siembra, se hizo un monitoreo entre el día 28 de marzo hasta el día 27 de abril de 2024, para un total de 31 días de germinación.

4.4.3 Trasplante de plántulas

Para el trasplante se realizaron seguimientos regulares de crecimiento; el primer seguimiento se hizo el 28 de marzo 2024, el segundo seguimiento se hizo el 16 de abril de 2024 y tercer seguimiento se hizo 27 de abril de 2024. Para el trasplante se observó que las plántulas tuvieran los tres pares de hojas verdaderas y un crecimiento de 5 cm, llevándolas a bolsas de vivero.

4.5 Procesamiento de datos

Se tabularon los datos registrados en campo en el programa Microsoft Excel versión 2016: de especies forestales por cada banco, registro de semillas recolectadas, semillas viables, semillas sembradas.

4.6 Análisis de los resultados

4.6.1 Abundancia y Riqueza de las semillas

Para evaluar la abundancia y riqueza de los bancos de semillas se realizó una comparación entre bancos del mismo sitio de muestreo: banco1-borde con banco2-borde y banco3-interior con banco4-Interior y una comparación entre los sitios de muestreo borde e interior del bosque con el programa Microsoft Excel versión 2016.

También se utilizó un modelo de análisis de varianza (ANOVA) de dos factores, para comparar la abundancia de semillas entre los bancos de semillas en el borde e interior del ecosistema. Se definió una variable dependiente, que sería la abundancia de semillas, así mismo, dos factores independientes: la ubicación (borde e interior) y las especies representativas en cada sitio, también se hizo una interacción entre estas dos; para determinar si tienen un efecto significativo en la variable dependiente, y así evaluar la significancia de las diferencias entre los factores (Thompson, 1987). Para este método estadístico se plantearon dos hipótesis: Hipótesis nula (H_0): No hay diferencias significativas en las abundancias de semillas entre la ubicación (Borde-Interior) o especies, e hipótesis alternativa (H_1): existen diferencias significativas en las abundancias de semillas entre la ubicación (Borde-Interior) o especies.

Para rechazar las hipótesis se tuvo en cuenta el valor p en el ANOVA donde si $p < 0,05$ se rechaza la hipótesis nula (H_0) tomando la hipótesis alternativa (H_1) y si $p \geq 0,05$ no se rechaza la hipótesis nula (H_0).

El objetivo principal de esta ANOVA fue evaluar el efecto de la ubicación (borde e interior) y evaluar el efecto de las especies, es decir si las diferentes especies de semillas representativas en los bancos tienen efecto en las abundancias de las semillas.

Este análisis de varianza se desarrolló en el software RStudio versión 4.4.0. Para estos análisis se tuvo en cuenta:

4.6.1.1 Abundancia: Número total de semillas por cada especie recolectadas en el sitio de muestreo.

4.6.1.2 Riqueza: Número total de diferentes especies de semillas recolectadas en el sitio de muestreo.

4.6.2 Viabilidad de las semillas

Para determinar la viabilidad de las semillas se hizo una comparación entre las semillas recolectadas, semillas viables y semillas germinadas en cada uno de los sitios de muestreo, borde e interior del bosque, utilizando el programa Microsoft Excel versión 2016.

4.6.3 Especies representativas en los bancos de semillas

Se realizó una matriz multicriterio para conocer esas especies más representativas en los bancos, en la cual se incluyó aspectos como abundancia de semillas, importancia ecológica, capacidad de regeneración y estado de conservación o amenaza para las siete especies presentes en los diferentes bancos. Para evaluar estos aspectos, se asignaron cinco criterios de evaluación en una escala de uno al cinco donde uno representa un valor muy bajo y cinco representa un valor superior.

4.6.3.1 Abundancia de semillas: Esta información se obtuvo de los datos recopilados en campo.

4.6.3.2 Importancia ecológica: Se realizaron una revisión bibliográfica para asignar una puntuación basada en la contribución ecológica de cada especie.

4.6.3.3 Capacidad de regeneración: Se observaron las tasas de germinación basados en los datos recogidos en campo.

4.6.3.4 Estado de conservación: Se utilizaron los libros rojos de plantas de Colombia y revisión bibliográfica para conocer el estado de conservación de cada especie.

5. Resultados

5.1 Abundancia y riqueza de los bancos de semillas

5.1.1 Comparación abundancia y riqueza bancos del borde

Se registró un total de 137 semillas y 7 especies de semillas en los bancos del borde. En el banco 1 se observa que las especies *Albizia niopoides* y *Vachellia farnesiana* de la familia Fabaceae, aportaron 28 y 10 semillas para un total de 38 semillas. Para el banco 2 se observa que las especies *Ruprechtia ramiflora*, *Albizia niopoides*, *Amyris sylvatica*, *Vachellia farnesiana* y *Gyrocarpus americanus* de las familias Polygonaceae, Fabaceae, Rutaceae y Hernandiaceae, aportaron 42, 29, 16, 3 y 9 semillas, respectivamente para un total 99 semillas (Figura 2) y (Figura 3).

De acuerdo con la comparación de estos bancos, se observa que el banco 2 presentó mayor riqueza de especies y mayor abundancia de semillas; esto se debe a la significativa contribución de las especies *Albizia niopoides*, *Ruprechtia ramiflora* y *Amyris sylvatica*, las cuales registraron las mayores cantidades de semillas en este banco, lo que se puede considerar como un sitio con condiciones favorables para el establecimiento y supervivencia de dichas especies. Por el contrario, el banco 1 mostró una baja riqueza de especies y poca abundancia de semillas, atribuible a la predominancia de la especie invasora *Vachellia farnesiana* y a que solo una especie representativa del bosque, *Albizia niopoides* aportó una cantidad considerable de semillas, por ende, se puede deducir que este sitio de muestro está altamente invadido por la planta de espino cabro.

También, esta diferencia de riqueza y abundancia de semillas entre los bancos 1 y 2 puede estar atribuida a condiciones ambientales, la disponibilidad de los recursos y las posibles interacciones ecológicas entre las especies presentes dentro de cada banco.

Figura 2

Abundancia de semillas en el banco 1 y banco 2

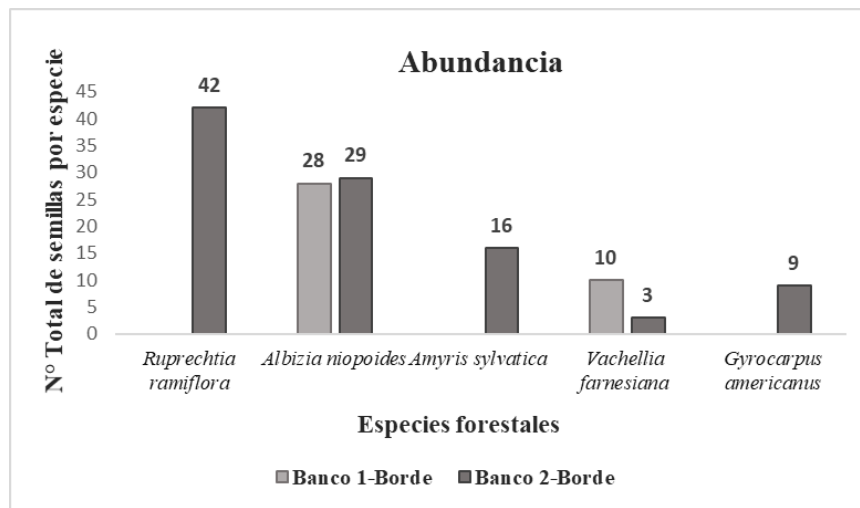
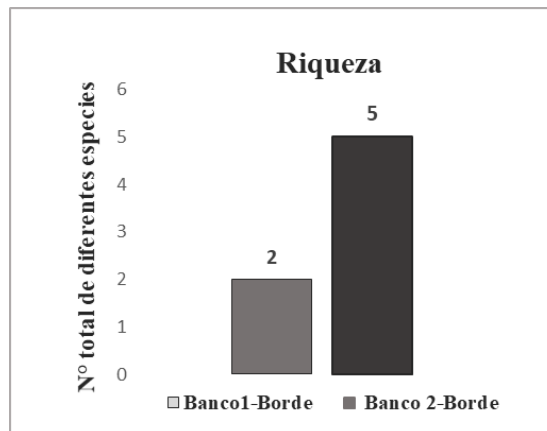


Figura 3

Riqueza de especies banco 1 y banco 2



5.1.2 Comparación abundancia y riqueza bancos del interior

Se registró un total de 194 semillas y 9 especies de semillas en los bancos del interior. En el banco 3 se observa que las especies *Albizia niopoides*, *Cedrela odorata*, *Amyris sylvatica*, *Vachellia farnesiana* y *Bursera simaruba* de las familias Fabaceae, Meliaceae, Rutaceae y Burseraceae, aportaron 48, 36, 21, 4 y 5, respectivamente semillas para un total de 114 semillas. Para el banco 4 se observa que las especies *Albizia niopoides*, *Cedrela odorata*, *Ruprechtia ramiflora*, *Vachellia farnesiana* y *Bursera simaruba* de las familias Fabaceae, Meliaceae, Polygonaceae y Burseraceae aportaron 21, 40, 16 y 3 semillas, respectivamente para un total 80 semillas (Figura 4) y (Figura 5).

De acuerdo con la comparación de estos bancos, se observa que el banco 3 presentó mayor riqueza de especies y mayor abundancia de semillas debido a la contribución de las especies representativas del bosque como *Albizia niopoides*, *Cedrela odorata*, y *Amyris sylvatica* que registraron las mayores cantidades de semillas dentro este banco, lo que se podría indicar que el banco 3 se encuentra en un área con condiciones idóneas para la supervivencia de las especies y además es uno de los sitios del interior del bosque que está mejor conservado. Por otra parte, se observó que las especies *Cedrela odorata*, *Albizia niopoides* y *Vachellia farnesiana* registraron las mayores cantidades de semillas en el banco 4. Es importante mencionar que la *Cedrela odorata* es una especie catalogada en peligro (EN) en los ecosistemas, sin embargo, la alta presencia de *Vachellia farnesiana*, una especie invasora, está generando impactos negativos para la supervivencia de especies nativas en esta área del interior del bosque.

Figura 4

Abundancia de semillas en el banco 3 y banco 4

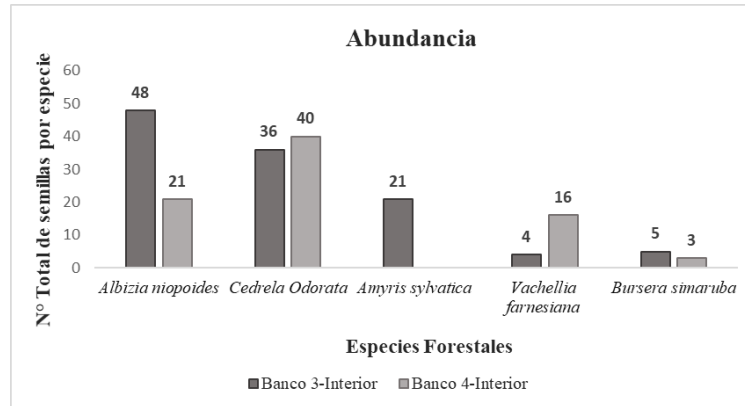
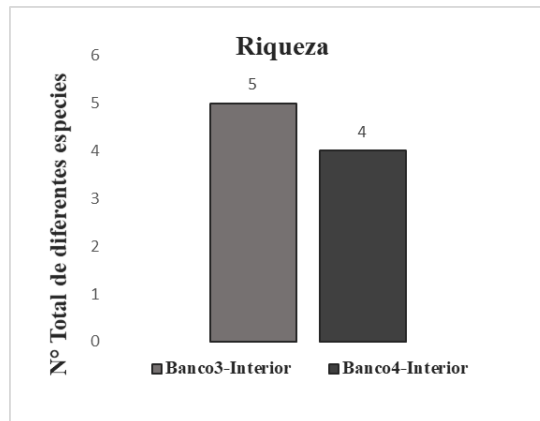


Figura 5

Riqueza de especies banco 3 y banco 4



5.1.3 Comparación abundancia y riqueza en los sitios de muestreo borde e interior.

Según la ANOVA (tabla 2) se puede observar que la ubicación (borde-interior) tiene un efecto en la abundancia de semillas con un valor de p igual a 0,02054 indicando que es menor a 0,05 lo cual se rechaza la hipótesis nula (H0) lo que significa que si existen diferencias significativas en la abundancia de semillas al borde y al interior del bosque. Por otro lado, las especies que se encuentran en cada sitio no tiene efecto en la abundancia de semillas debido a que el valor p es $\geq 0,05$ con un valor de 0,11105 donde no se rechaza la hipótesis nula (H0) lo que

significa que no hay diferencias significativas en la abundancia de las semillas. Por lo tanto, se puede decir que se debe a una similitud ecológica de especies, es decir que si se encuentran al borde o al interior bosque podrían tener estrategias ecológicas y biológicas similares en la producción de semillas, y por último la interacción entre la ubicación y especie en la abundancia de semillas no es significativa con un valor de p igual a 0,77461 siendo este mayor a 0,05 lo que el efecto de la ubicación no depende de la especie y por tanto la ubicación no afecta a las diferentes especies encontradas en cada uno de los sitios de muestreo y por ende no afecta la abundancia de semillas.

Tabla 2

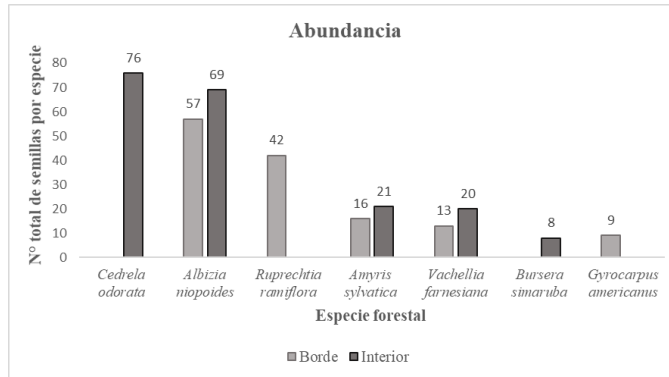
Análisis de varianza (ANOVA)

	Grados de libertad (Df)	Suma de cuadrados (sum Sq)	Valor F (F value)	Valor P (Pr (> F))
Ubicación	1	2788	8,2316	0,02054
Especie	4	4010,5	2,9598	0,11105
Ubicación: especie	4	604,5	0,4462	0,77461
Residuo	9	1352	0	0

De acuerdo con los resultados del ANOVA se puede corroborar con la figura 6 que el sitio del interior registró mayor abundancia de semillas con un total de 194 semillas en comparación con el sitio del borde que registró 137 semillas indicando que si hay diferencias entre los sitios, esto se puede atribuir a diferentes condiciones climáticas, disponibilidad de recursos y competencia en los sitios.

Figura 6

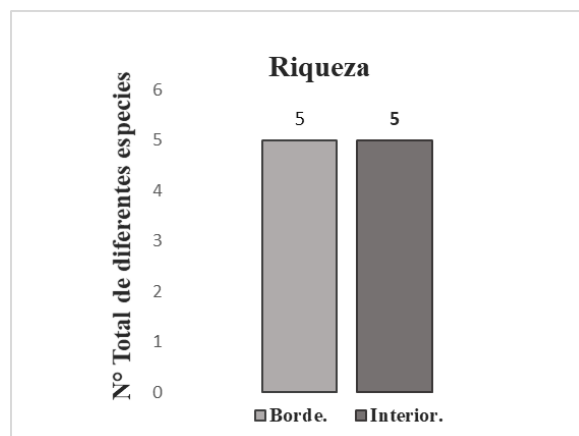
Abundancia de semillas al borde e interior



La figura 7, muestra una similitud en la riqueza de especies entre el borde e interior del bosque, esto indica que las condiciones ambientales son uniformes a lo largo de todo el ecosistema; donde los factores como la disponibilidad de recursos temperatura, humedad y luz no varía significativamente. Además, los efectos del borde no son tan fuertes para alterar la composición de las especies en comparación con el interior, indicando una baja influencia de estas condiciones extremas. Este equilibrio refleja una estabilidad del ecosistema, donde las especies presentes se encuentran adaptadas y las interacciones ecológicas, como la competencia y polinización son consistentes en todo el bosque.

Figura 7

Riqueza de especies al borde e interior del bosque



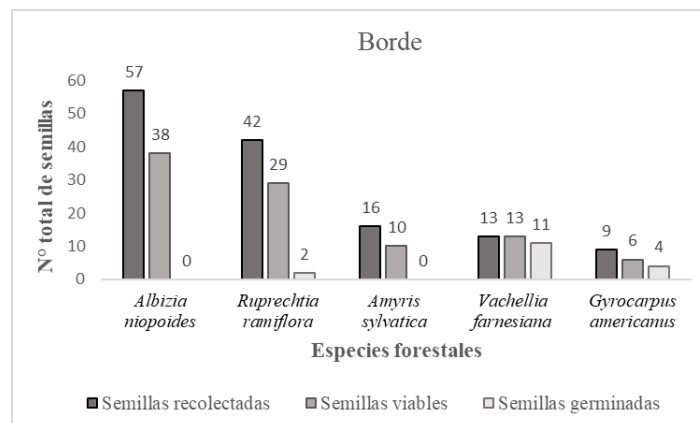
5.2 Viabilidad de las semillas recolectadas

5.2.1 Comparación de semillas recolectadas, semillas viables y semillas germinadas al borde

Se registraron 137 semillas recolectadas, 96 semillas viables y 17 semillas germinadas en los sitios del borde. Se observó que las especies *Albizia niopoides*, *Ruprechtia ramiflora* y *Amyris sylvatica* aportaron la mayor cantidad de semillas recolectadas y viables, pero fueron las que mostraron cero semillas germinadas con excepción de *Ruprechtia ramiflora* que mostró dos semillas germinadas lo que podría indicar problemas en las condiciones de germinación inadecuadas como la humedad, el tipo de sustrato, la luz, deterioros de semillas internamente, estrategias reproductivas como r y K y requerimientos simbióticos. Por otra parte, las especies *Vachellia farnesiana* y *Gyrocarpus americanus* aportaron una baja cantidad de semillas recolectadas con semillas viables consideradas, y además una tasa de germinación muy alta, lo que se puede deducir que la especie *Gyrocarpus americanus* por el tipo de dispersión anemocoria podría ser una ventaja para éxito de supervivencia en sitios abiertos, también es importante mencionar que la especie con potencial invasor *Vachellia farnesiana* podría afectar negativamente al bosque debido a que presentó la mayor tasa de germinación en el sitio del borde (Figura 8).

Figura 8

Semillas recolectadas, viables y germinadas al borde

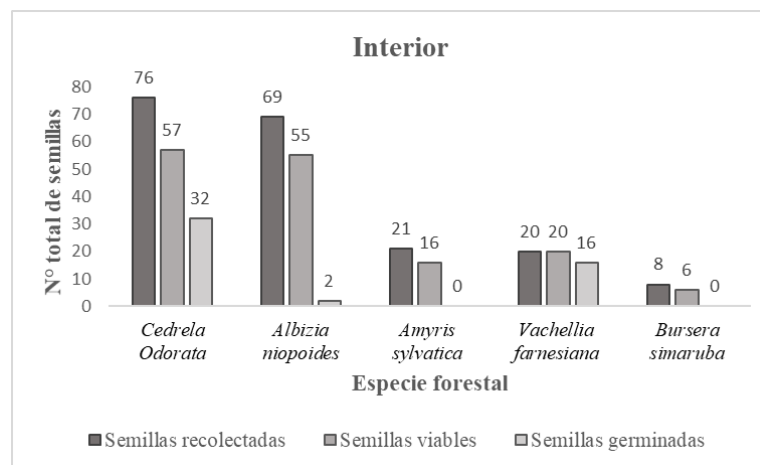


5.2.2 Comparación de semillas recolectadas, semillas viables y semillas germinadas al Interior

Se registró un total de 194 semillas recolectadas, 154 semillas viables y 50 semillas germinadas en sitio del interior. Se observó que las especies *Cedrela odorata*, *Albizia niopoides* y *Vachellia farnesiana* obtuvieron la mayor cantidad de semillas recolectadas, viables y las tasas más altas de germinación con excepción de *Albizia niopoides* que tuvo dos semillas germinadas. Por otro lado, las especies *Amyris sylvatica* y *Bursera simaruba* presentaron una menor cantidad de semillas recolectadas, pero obtuvieron cero de semillas germinadas debido a que estas especies se encontraron en condiciones casi no favorables como semillas un poco verdes y en hormigueros (Figura 9).

Figura 9

Semillas recolectadas, viables y germinadas al interior



5.3 Especies más representativas en los bancos de semillas y medidas de manejo

5.3.1 Especies representativas en los bancos de semillas

La matriz multicriterio se utilizó para identificar las especies forestales más representativas y formular medidas de manejo adecuadas. Se evaluaron siete especies presentes en los bancos de

semillas con cuatro criterios claves y cada criterio se le dio una puntuación (Tabla 3), para sumar y así obtener una puntuación total para identificar dichas especies. Los criterios evaluados incluyen la abundancia de semillas, la importancia ecológica, la capacidad de regeneración y el estado de conservación o amenaza (Tabla 4).

Tabla 3*Escala de puntuación*

Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Superior
1	2	3	4	5

Tabla 4

Criterios de evaluación

Abundancia de semillas				
1.La especie forestal tiene una baja abundancia de semillas en los diferentes sitios de muestreo, tanto en el borde como en el interior del bosque.	2. La especie forestal tiene una abundancia de semillas ligeramente mayor que las especies con baja abundancia, pero aún limitada en ambos sitios.	3. La especie forestal tiene una abundancia de semillas moderada en los sitios de muestreo, con una presencia notable en algunos sitios.	4.La especie forestal tiene una alta abundancia de semillas en la mayoría de los sitios de muestreo, tanto en el borde como en el interior del bosque.	5.La especie forestal tiene una abundancia muy alta de semillas en todos los sitios de muestreo, indicando una presencia dominante tanto en el borde como en el interior del bosque.
Importancia ecológica				
1.La especie forestal no tiene ningún impacto en la estructura, función o biodiversidad del ecosistema. No contribuye bienes y servicios ecosistémicos importantes al bosque.	2.La especie forestal tiene un impacto limitado en algunos aspectos del ecosistema, contribuyendo muy poco a la provisión de bienes y servicios ecosistémicos del bosque.	3.La especie forestal tiene un impacto medio en ciertos procesos y funciones ecológicas del ecosistema, contribuyendo moderadamente bienes y servicios ecosistémicos esenciales al bosque.	4.La especie forestal tiene un impacto alto en los procesos y funciones ecológicas del ecosistema, contribuyendo de manera alta la provisión de bienes y servicios ecosistémicos al bosque.	5.La especie forestal tiene un impacto muy alto en procesos y funciones ecológicas del ecosistema, contribuyendo en su totalidad a la provisión de bienes y servicios ecosistémicos del bosque.
Capacidad de regeneración				
1.La especie forestal no presenta tasa de germinación lo que su capacidad de regeneración es prácticamente nula con una deficiencias en el potencial para establecerse y prosperar en su hábitat.	2.La especie forestal presenta bajas tasas de germinación lo que limita su capacidad de regeneración con un bajo potencial para establecerse y prosperar en su hábitat.	3.La especie forestal presenta una moderada tasa de germinación lo que su capacidad de regeneración es poca , pero la especie aún enfrenta algunos desafíos para establecerse y prosperar en su hábitat.	4.La especie forestal presenta una optima tasa de germinación lo que su capacidad de regeneración es buena para establecerse y prosperar en su hábitat.	5.La especie forestal presenta una alta tasa de germinación lo que su capacidad de regeneración es excelente con un alto potencial para establecerse y prosperar en su hábitat.
Estado de conservación				
1.La especie forestal se encuentra en estado de conservación no evaluada(NE) según la clasificación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).	2.La especie forestal se encuentra en estado de conservación preocupación menor (LC) según la clasificación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).	3.La especie forestal se encuentra en estado de conservación casi amenazado(NT) según la clasificación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).	4.La especie forestal se encuentra en estado de conservación Vulnerable (VU) según la clasificación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.	5.La especie forestal se encuentra en estado de conservación en peligro (EN) según la clasificación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

La matriz de multicriterio determinó que hay tres especies forestales representativas en los bancos de semillas del bosque seco tropical. la primera especie fue *Cedrela odorata* con la puntuación más alta con un valor de 19, demostrando su alta capacidad de regeneración, abundancia de semillas y su notable importancia ecológica. Sin embargo, su estado de conservación se encuentra catalogada en peligro (EN) lo que se sugiere implementar medidas de

manejo o protección para evitar su extinción. La segunda especie fue *Albizia niopoides* con un valor de 14 puntos, presentó una notable abundancia de semillas, alta importancia ecológica y estado de conservación catalogada en preocupación menor(LC), pero con una capacidad de regeneración muy baja lo cual necesita intervenciones para mejorar su regeneración y supervivencia en el bosque, y la última especie fue *Vachellia farnesiana* con un valor de 12 puntos con una alta capacidad de regeneración y un baja importancia ecológica la cual es considerada una planta con potencial invasor con adaptabilidad a condiciones adversas y demostrando una alta competencia por los recursos que se disponen en el hábitat (Tabla 5).

Tabla 5*Matriz multicriterio*

Especie forestal	Abundancia de semillas	Importancia ecológica	Capacidad de regeneración	Estado de conservación	Puntuación total
<i>Albizia niopoides</i>	5	5	2	2	14
<i>Cedrela Odorata</i>	4	5	5	5	19
<i>Bursera simaruba</i>	1	4	1	2	8
<i>Gyrocarpus americanus</i>	1	3	3	2	9
<i>Ruprechtia ramiflora</i>	3	3	2	1	9
<i>Amyris sylvatica</i>	3	3	2	1	9
<i>Vachellia farnesiana</i>	3	2	5	2	12

5.3.2 Medidas de manejo y protección de las especies forestales

A continuación, se presentan las medidas de manejo y protección de las tres especies forestales más representativas de los bancos de semillas del bosque seco tropical.

5.3.2.1 Medidas de manejo y protección de la especie *Cedrela odorata*: Conocida como cedro negro, es una especie en peligro, lo que es fundamental establecerse o ampliar su supervivencia en áreas protegidas, garantizando de que su hábitat esté bajo monitoreo constante para prevenir la tala ilegal. Debido a su alta capacidad de regeneración se debería construir viveros locales o comunitarios por medio de bancos de semillas dedicados a la producción de plántulas para reforzar áreas degradadas o perturbadas en los bosques secos tropicales, también desarrollar programas como charlas para las comunidades locales sobre su importancia, involucrando actividades de conservación para asegurar su permanencia a largo plazo en los ecosistemas.

5.3.2.2 Medidas de manejo y protección de la especie *Albizia niopoides*: Conocida como palo blanco, es una especie que aporta muchas semillas, pero su tasa de germinación es muy baja lo cual se debe realizar estudios de mejoramiento de técnicas de germinación como pruebas de diferentes tratamientos pre germinativos, control y monitoreo de plagas y enfermedades, y promover la siembra directa de las semillas en áreas adecuadas y proteger las zonas donde la regeneración natural es viable reduciendo las perturbaciones.

5.3.2.3 Medidas de manejo y protección de la especie *Vachellia farnesiana*: Debido a que es una planta con potencial invasor, es crucial implementar programas de monitoreo para detectar y controlar nuevas áreas colonizadas, se pueden implementar acciones como la extracción arranque manual, implementación de programas de reforestación con especies que son usualmente utilizadas en zonas degradadas o muy secos. Es importante evitar la dispersión de semillas a otras áreas, controlar el pastoreo de las cabras de manera sostenible para minimizar este efecto y por

último informar y concientizar a las comunidades sobre el riesgo que está generando esta planta a los bosques.

6. Discusión

Al comparar la abundancia de las semillas al borde y al interior del bosque realizada en el presente estudio se tiene que al interior del bosque hay una mayor abundancia de semillas que al borde. Esto concuerda con el estudio reciente de Powers et al. (2019), quien observó que la abundancia de semillas en el interior de los bosques secos tropicales es generalmente mayor debido a condiciones más estables y menos perturbadas en comparación con los bordes. El estudio encontró que áreas del interior del bosque proporcionan condiciones más favorables para la deposición y germinación de semillas, con menores fluctuaciones micro climáticas y una competencia menos intensa entre especies pioneras y establecidas.

En cuanto a la similitud de la riqueza de las especies al borde y al interior del bosque debido que puede tener iguales condiciones ambientales a lo largo del ecosistema, esto coincide con Esquivel et al. (2021), quienes afirman la uniformidad en las condiciones ambientales como temperatura, humedad y disponibilidad de luz que pueden ser un factor clave para la similitud en la riqueza de especies. Además, menciona que algunos bosques secos tropicales, las variaciones ambientales entre el borde y el interior no son suficientes para causar diferencias en la composición de especies, esto indica que las especies presentes en el bosque están bien adaptadas a las condiciones del entorno y puede mantener su riqueza en diferentes partes del ecosistema.

Según la baja germinación de las especies *Albizia niopoides*, *Ruprechtia ramiflora* y *Amyris sylvatica* del borde posible que se deba a problemas en las condiciones ambientales, esto

concuera con Pérez et al. (2019) quienes mencionan que factores como la cantidad de luz y bajos nutrientes en el suelo en los bordes podría estar influenciando en la viabilidad de las semillas lo que genera daños internos a las semillas. Por otra parte, se menciona en este estudio que la especies *Vachellia farnesiana* y *Gyrocarpus americanus* fueron las especies con más alta germinación en el borde donde un estudio realizado por Sánchez et al. (2019) afirma que las especies con mecanismos de dispersión con el viento podría colonizar rápidamente áreas abiertas y perturbadas, también Esquivel et al. (2021), menciona *Vachellia farnesiana* es una de las especies que presenta altas tasas de germinación en los bordes debido a su alta adaptabilidad a cambios extremos en el ambiente afectando las interacciones ecológicas.

La especie *Cedrela odorata* mostró que sus semillas tienen la más alta viabilidad y germinación al interior del bosque, lo que se confirmó con Alexander et al. (2015), que esta especie tiene una alta tasa de germinación en condiciones de humedad lo que explica su éxito en el interior del bosque, también Peña et al. (2020), destaca que las semillas del cedro tienen alta tasa de viabilidad y germinación debido a su capacidad para mantener humedad interna y la presencia de inhibidores de germinación que se disuelven rápidamente en condiciones húmedas.

Con respecto a las especies más representativas en este estudio del bosque seco tropical, se confirma con Cordero y Boshier (2003), que la especie *Cedrela odorata* es dominante en muchos bosques secos tropicales y juega un papel vital en la regeneración y mantenimiento de estos ecosistemas, también debido a su madera fina ha llevado a una sobreexplotación, colocando la especie en peligro de extinción.

Gillespie et al. (2006) afirman que *Albizia niopoides* es común en los bosques secos de América central y del sur, contribuyendo significativamente a la biodiversidad y estructura del bosque. Por último, se coincide con las afirmaciones de Medina et al. (2007), quienes afirman que

la especie *Vachellia farnesiana* es una especie adaptada a suelos pobres y condiciones de sequía, lo que la convierte en una especie común en los bosques secos tropicales. Su capacidad para fijar nitrógeno y adaptarse a diferentes condiciones ambientales le permite competir con otras especies y establecerse rápidamente.

7. Conclusiones

A través del muestreo realizado en el borde e interior del relicto del bosque, se logró registrar una diversidad en términos de riqueza y abundancia de semillas. Los datos obtenidos mostraron que existen variaciones notables entre el borde e interior, lo que subraya la importancia de considerar la ubicación al estudiar la composición de los bancos de semillas. Esta evaluación permitió establecer una base sólida de información sobre la estructura y dinámica de los bancos de semillas en este ecosistema.

La alta tasa de germinación de algunas especies de semillas de los bancos indica un buen potencial de regeneración del ecosistema. Este resultado es crucial, lo que demuestra, que, pese a las posibles perturbaciones, el relicto del bosque seco posee una capacidad intrínseca para regenerarse adecuadamente si se gestionan adecuadamente las condiciones ambientales y se implementa medidas de conservación efectivas. También la alta viabilidad de semillas sugiere que hay un potencial latente que puede ser aprovechado para la restauración ecológica.

El análisis de los bancos de semillas del bosque seco tropical identificó tres especies clave *Cedrela odorata*, *Albizia niopoides* y *Vachellia farnesiana*, cada una con características y necesidades de manejo específicas diferentes. *Cedrela odorata*, catalogada en peligro demanda medidas urgentes de conservación y protección de hábitats, y además por su alta capacidad de

regeneración se sugiere implementar acciones efectivas para su preservación. Mientras la especie *Albizia niopoides* requiere tratamientos pre germinativos más adecuados para mejorar su regeneración debido a su baja capacidad de establecimiento y por último *Vachellia farnesiana*, especie con potencial invasor necesita un manejo riguroso para prevenir su expansión y mitigar sus impactos negativos que contrae al bosque para recuperarse y resistir ante los desafíos ambientales y climáticos que se presentan actualmente.

8. Recomendaciones

Para realizar este tipo de estudios es recomendable incrementar el número de sitios de muestreo con el objeto de tener una representación más amplia y diversa del ecosistema del bosque seco tropical. Esto permitirá obtener datos más completos y precisos sobre la distribución y abundancia de los bancos de semillas de las especies forestales.

También es importante ampliar el periodo de recolección de semillas a lo largo de varias temporadas del año, lo que proporcionará una visión más robusta de la variabilidad estacional y anual en la producción de semillas. Esta extensión temporal contribuirá generar resultados más exactos y confiables, para conocer mejor las dinámicas de los bancos de semillas dentro del bosque.

Fomentar la participación de las comunidades en la protección y restauración de los bosques secos tropicales mediante programas de ecoturismo responsable y prácticas de manejo sostenible. Y, por último, ampliar investigaciones en estos bosques y darlos a conocer a las comunidades para fomentar su manejo, uso y conservación.

Referencias Bibliográficas

- Aráoz, S., Olga Del Longo, Karlin, O. (2023). Germinación de semillas de zizyphus mistol grisebach ii. Respuestas a diferentes temperaturas y luz. *Multequina*, 13, 45–50.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42801305>
- Acevedo, J. F., Zamora, J.G., Chica. P., Mancera, N. J. (2023). Rasgos funcionales de frutos con importancia particular para los dispersores de semillas en el bosque seco tropical. *Revista de Biología Tropical*, 71(1), e52288–e52288.
<https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v71i1.52288>
- Alexander, Lucía, O., & Marina, A. (2015). Seed germination of Four tree species from the tropical dry forest of Valle del Cauca, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 249–261. <https://www.scielo.sa.cr/scielo>
- Bedoya, J., Estévez, J. y Castaño, G. (2010). Banco de semillas del suelo y su papel en la recuperación de los bosques tropicales. *Boletín Científico Centro de Museos, Museo de Historia Natural*, 14(2). 77-9. <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v14n2/v14n2a04.pdf>
- Cárdenas-Camacho, L. M., Díaz, S., Gómez-Anaya, W., Rojas-Rojas J. E. y López-Camacho, R. (2021). Análisis participativo de servicios ecosistémicos en un área protegida del bosque seco tropical (bs-T), Colombia. *Colombia Forestal*, 24(1), 123-156.
- Cárdenas-Salgado, J.C. y Pizano, C. (2019). Efecto de temperaturas que simulan incendios sobre la germinación de semillas de un bosque seco tropical. *Colombia Forestal*, 22(2), 55-66.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=423965102005>
- Casas-Pinilla, L. C., O. Mahecha-J, Dumar-R, J. C., & Ríos-Málaver, I. C. (2017). Diversidad de mariposas en un paisaje de bosque seco tropical, en la Mesa de los Santos, Santander,

- Colombia. (Lepidoptera: Papilionoidea). *SHILAP Revista de Lepidopterología*, 45(177), 83–108. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45550375010>
- Ceccato, D., Delatorre-Herrera, J., Burrieza, H., Bertero, H. D., Martínez, E. A., Delfino, I., Moncada, S., Bazile, D. Castellión, M. (2014). Fisiología de las semillas y respuesta a las condiciones de germinación - Agritrop. Cirad.fr. <http://agritrop.cirad.fr/574153/>
- Cuellar-Cardozo, J. A., Nossa-Silva, D., & Vallejo, M. I. (2022). Diversidad y estructura florística en zonas riparias de un remanente de bosque seco tropical. *Colombia Forestal*, 25(2), 70–84. <https://doi.org/10.14483/2256201x.19029>
- Chichizola, G. A., González, S. L., & Rovere, A. E. (2023). Efectos de los bordes de caminos y las plantas invasoras sobre la vegetación en pie y el banco de semillas en matorrales no patagónicos. *Ecología Austral/Ecología Austral*, 33(3), 923–937. <https://doi.org/10.25260/ea.23.33.3.0.2174>
- Delgado, F., & Ferro, J. (2024). Caracterización de la regeneración natural del bosque seco tropical pos perturbaciones antrópicas en la Península de Guanahacabibes, Cuba. *Revista ECOVIDA*, 14(1), 24–39. <https://revistaecovida.upr.edu.cu/index.php/ecovida/article/view/299>
- Douterlungne, D., Thomas, E., & Levy-Tacher, S. (2021). Seed germination of tropical dry forest species in response to temperature and water stress: A climate change perspective. *Journal of Arid Environments*, 189, 104509. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104509>
- Eva, V., Madanes, N., cristiano, P. M., & Goldstein, G. (2016). Composición del banco de semillas e invasión de *Ligustrum lucidum* en bosques costeros de la provincia de Buenos Aires,

Argentina. *Bosque*, 37(3),581–590.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=173149194015>

Ernesto, C., Alfredo Tolón Becerra, Martínez, F. B., Febles, M., Héctor Vásquez Solís, & Carlos, J. (2020). Caracterización del banco de semillas de cuatro agroecosistemas de la Frailesca, Chiapas, México. *Siembra*, 7(2), 93–107.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=653869547008>

Esquivel-Muelbert, A., Baker, T. R., Dexter, K. G., Lewis, S. L., & Brienen, R. J. (2021). Compositional shifts in functional traits of tree communities due to climate change. *Nature Communications*, 12(1), 1515

Fajardo, F., Montealegre, C., & Pardo, M. (2018). Dinámica de la vegetación del Cañón del Chicamocha, análisis de la información nueva y preexistente sobre sus comunidades vegetales. *Fundación natura Colombia*, 978-958-8753-37-9.

<https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Fajardo>

Flores, S., & Dezzeo, N. (2023). Variaciones temporales en cantidad de semillas en el suelo y en lluvia de semillas en un gradiente bosque-sabana en la gran sabana, Venezuela. *Interciencia*, 30(1), 39–43. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33910008>

Galván-Guevara, S., Ballut-Dajud, G., De, J., & Ossa-V, L. (2015). Determination of the dry forest fragmentation of the Pechelín stream, Montes de María, Caribbean, Colombia Biota Colombiana,16(2)

2015.<https://repository.humboldt.org.co/server/api/core/bitstreams/f827041d-bd06-4eeb-ab4e-f55e31722484/content>

García, J. & Rico, E. (2020). Mecanismos de dispersión de semillas: Anemocoria y otros métodos adaptativos. *Ecología y Medio Ambiente*, 35(2), 120-130.

- Gillespie, T. W., Sánchez-Azofeifa, G. A., & Tanner, E. V. J. (2006). Biodiversity and conservation of dry forests in Central América. In *Tropical Forests and Global Atmospheric Change* (pp. 123-145). Springer.
- González, C., Flores, J., & Jurado, E. (2018). Effect of temperature and water availability on seed germination of three dominant tree species from a tropical dry forest in México. *Plant Species Biology*, 33(3), 209-218. <https://doi.org/10.1111/1442-1984.12211>
- Gobernación de Santander. (2022). Provincia García Rovira. Sede Electrónica Gobernación de Santander. https://santander.gov.co/competitividad_intl/publicaciones/8957/provincia-garcia-rovira/
- Hernández, A., Zavala, M. A., & Flores, J. (2021). Seed dispersal and microhabitat heterogeneity: Implications for seedling establishment in tropical dry forests. *Forest Ecology and Management*, 490, 119089. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119089>
- Hernández, Z.G., Rodríguez, Castro, M., González, A., & Cruz, I. (2021). Fenología de *Bursera simaruba* y *Bursera tomentosa* en un bosque tropical seco de Chiapas, México. *Madera Y Bosques*, 27(3), 1–15. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61770807016>
- Holdridge, L. R. (1987). *Ecología basada en zonas de vida*. Editorial IICA. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7936/BVE19040225e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martínez, M., Alvarez-Buylla, E. R., & Delfín-González, H. (2019). Microrelief and seed fate: Effects on the dynamics of seed banks in a tropical dry forest. *Journal of Tropical Ecology*, 35(4), 173-185. <https://doi.org/10.1017/S026646741900002X>

- Muñoz, J., Mocha, J., Quichimbo, L., Muñoz, L., & Aguirre, Z. (2021). Composición florística del banco de semillas del suelo en el Bosque Montano del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” de la ciudad de Loja. *Bosques Latitud Cero*, *11*(1), 113–127.
<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/880>
- Norden, N. (2014). Del porqué la regeneración natural es tan importante para la coexistencia de especies en los bosques. Research Gate; Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
https://www.researchgate.net/publication/272407851_Del_porque_la_regeneracion_natural_es_tan_importante_para_la_coexistencia_de_especies_en_los_bosques_tropicales
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). Módulo: Los bancos de semillas comunitarias - Escuelas prácticas de agricultura y vida para jóvenes (JFFLS) - Guía del facilitador. Roma. <https://www.fao.org/3/i3987f/i3987f.pdf>
- Ordóñez-Parra, C. A., Basto, S., & Roa-Fuentes, L. L. (2016). Tendencias sucesionales en los bancos de semillas de los bosques secos tropicales: Implicaciones para la restauración. ResearchGate; unknown.
https://www.researchgate.net/publication/309385278_Tendencias_sucesionales_en_los_bancos_de_semillas_de_los_bosques_secos_tropicales_Implicaciones_para_la_restauracion
- Pennington, R. T., Lavin, M., Oliveira-Filho, A., & Hughes, C. E. (2018). Plant phenology in seasonally dry tropical forests. *New Phytologist*, *219*(3), 901-910.
<https://doi.org/10.1111/nph.14871>
- Peña-Claros, M., Maza-Villalobos, S., & Guzmán, R. (2020). Seed germination and early seedling establishment of tropical dry forest trees: Effects of drought and soil type. *Forest Ecology and Management*, *461*, 117956

- Petro, D. (2023). Fragmentación Forestal: Un Grave Problema Medioambiental. EOS Data Analytics; EOS Data Analytics. <https://eos.com/es/blog/fragmentacion-de-bosques/>
- Pérez-Harguindeguy, N., Díaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., & Cornelissen, J. H. C. (2019). Plant trait responses to the environment across a tropical dry forest edge. *Functional Ecology*, 33(4), 798-811.
- Pickett, S. (2015, December 21). urban ecosystem. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/urban-ecosystem>
- Pizano, C., & García, H. (2014). El Bosque Seco Tropical en Colombia (pp. 9-87). Bogotá. D.C, Colombia: Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt. <https://doi.org/978-958-8343-97-6>
- Poveda, Y., Becerra, L., Acevedo, J., & Suescún, D. (2023). Diversidad de aves dentro y fuera de un robledal y un bosque seco, Santander Colombia. *Conservación Colombiana* 28 (1). Agosto 2023 ISSN 1900–1592. https://proaves.org/wp-content/uploads/2023/08/Conservacion-Colombiana-28_1-Final-1.pdf
- Powers, J. S., Becknell, J. M., Irving, J., & Pérez-Aviles, D. (2019). Diversity and structure of regenerating tropical dry forests in Costa Rica: Geographic patterns and environmental drivers. *Forest Ecology and Management*, 258(6), 959–970. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.10.036>
- Restrepo, C., Delgado, D., Debrot, A. O., Albert, Houtepen, E., & John. (2022). Phenological trajectories of Caribbean very dry tropical forests diverge under different geologic formations. *Biotropica*, 54(4), 933–946. <https://doi.org/10.1111/btp.13117>
- Rodríguez, C. H., & Sterling, A. (2020). Sucesión ecológica y restauración en paisajes fragmentados de la Amazonia Colombiana. Instituto Amazónico de Investigaciones

Científicas (SINCHI), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. ISBN Tomo 1: 978-958-5427-27-3.

<https://sinchi.org.co/files/publicaciones/novedades%20editoriales/pdf/sucesion%20ecologica%20tomo%201.pdf>

Romero, J. M., & Pérez, C. (2016). Seed morphological traits and their implication in the ex situ conservation of woody species in Tumbesian dry forests. *Ecosistemas*, 25(2), 59–65. <https://doi.org/10.7818/ecos.2016.25-2.07>

Romero, J. (2018). Conservación de semillas: Una alternativa inmediata para almacenar germoplasma forestal y recuperar los bosques secos amenazados del Ecuador. *Neotropical Biology and Conservation*, 13(1). <https://doi.org/10.4013/nbc.2018.131.09>

Romero, M. (2018). Conservación de semillas: Una alternativa inmediata para almacenar germoplasma forestal y recuperar los bosques secos amenazados del Ecuador. *Neotropical Biology and Conservation*, 13(1), 74–85. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dcart?info=link&codigo=6389778&orden=0>

Ruiz-V, R., y Heidy-Paola Saab-R. (2020). Diversidad florística del bosque seco tropical en las subregiones bajo y medio Sinú, Córdoba, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 68(1), 167–179. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44965893013>

Sione, S. M., Ledesma, S. G., Rosenberger, L. J., Wilson, M. G., & Sabattini, R. A. (2016). Banco de semillas del suelo en un área de bosques nativos sujeta a cambio en el uso de la tierra (entre ríos, argentina). *Fave Sección Ciencias Agrarias*, 15(1), 87–104. <https://doi.org/10.14409/fa.v15i1.5875>

Silva, J., Santos, M., & Oliveira, R. (2020). Evaluación de la dispersión de semillas en bosques tropicales utilizando la prueba de flotación. *Revista de Ecología Forestal*, 25(3), 112-125.

- Shiferaw, W., Demissew, S. y Bekele, T. (2018). Ecology of soil seed banks: Implications for conservation and restoration of natural vegetation”: A review. *International Journal of Biodiversity and Conservation*. 10(10):380-392. DOI:10.5897/IJBC2018.1226
- Sánchez-Azofeifa, G. A., Castro, K. L., Rivard, B., Kalacska, M., & Quesada, M. (2019). Monitoring biodiversity loss in tropical dry forests: Assessing tree species' resilience. *Biological Conservation*, 238, 108222.
- Thompson, K. 1987. Seeds and seed banks. *The New Phytologist* 106: 23-34. <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1469-8137.1987.tb04680.x>
- Vargas, A., Lucía, O., & Marina, A. (2015). Germinación de semillas de cuatro especies arbóreas del bosque seco tropical del Valle del Cauca, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 249–261. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44933764020>
- Valeria, A., Borghetti, F., Galetto, L., Cellini, J. M., & Bravo, S. J. (2024). The influence of seed functional traits and anthropogenic disturbances on persistence and size of the soil seed bank from dry subtropical forest species. *Forest Ecology and Management*, 551, 121524–121524. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121524>
- Velázquez, T. (2016). Síndromes de dispersión de semillas en tres comunidades de bosque mesófilo de montaña, en la zona centro de Veracruz. *Botanical Sciences*. <https://doi.org/10.17129/botsci.2095>
- Viana, P. L., Mota, N. M., Carvalho, F. A., & Fernández, G. W. (2021). Impact of mining practices on the seed bank viability and composition: Implications for ecological restoration in mined areas. *Ecological Indicators*, 125, 107528. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107528>

Way, M. (2023). Seed Banks. Springer EBooks, 1617–1621. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22767-8_345

Apéndices

Apéndice A.

Bosque seco tropical (bs-T)



Apéndice B.

Preparación Inicial



Apéndice C.

Montaje de los bancos de semillas



Apéndice D.

Recolección de semillas



Apéndice E.

Almacenamiento de las semillas



Apéndice F.

Pruebas pre-germinativas



Apéndice G.

Vivero



Apéndice H.

Siembra de semillas



Apéndice I.

Germinación



Apéndice J.

Trasplante de plántulas

