Análisis del estado de bancos de semillas en borde e interior de un bosque andino, en Santander, Colombia

Andrea Melissa Yilenne Ramírez Barrera

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniera Forestal

Directora

Doris Duarte Hernández

MSc. Manejo, Uso y Conservación del Bosque

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia

Programa de Ingeniería Forestal

Málaga

2024

Agradecimientos

Quiero dar primeramente gracias a Dios, por guiar cada uno de mis pasos en este camino, por cada bendición recibida de su mano y cada oportunidad. Quiero dar gracias a mis papás, por acompañarme durante este trayecto, a mi mamá, por ir conmigo e interesarse por el tema como una verdadera investigadora, fuiste de gran ayuda para sacar más provecho de mis conocimientos y aplicarlos aquí. A mi nonita Amira por siempre estar para mí, en cada momento. A mi hermanito Sebas, que cada vez que íbamos al sitio de estudio me acompañaba y se esmeraba por dar lo mejor de sí mismo para ayudarme y verme alcanzar este logro. A mi pareja, Alejandro, quien fue aquella persona que me dio la fuerza para no desfallecer en ningún momento, acompañarme durante toda esta etapa y estar para mí siempre.

A la Universidad Industrial de Santander, por educarme a través de maravillosos profesores, amigos y compañeros, porque cada una de las personas que estuvo en mi trayecto me enseñó algo diferente y siempre estaré agradecida.

Agradezco a mi directora Doris Duarte por ser una excelente persona y una gran guía en este camino de aventura e incertidumbres, porque siempre estuvo apoyándome y ayudándome en lo que necesité; enseñándome con cariño, paciencia y respeto las cosas en las que fallaba; exigiéndome lo necesario para progresar y convirtiéndose en una gran colega para el fututo.

Tabla de Contenido

Pág.

Introducción 8

1. Objetivos 10

1.1 Objetivo General 10

1.2 Objetivos Específicos 10

2. Marco Teórico 11

2.1 Generalidades del ecosistema 11

2.1.1 Bosque andino 11

2.2 Descripción de la especie *Quercus humboldtii* 12

2.2.1 Morfología 12

2.2.2 Fisiología: 12

2.3 Fragmentación y efecto de borde 13

2.4 Bancos de semillas 14

2.5 Formación de Banco de Semillas del Suelo 14

2.6 Factores que determinan la existencia de BDS en bosques tropicales. 15

2.6.1 Factores intrínsecos y dispersión de semillas 15

2.6.2 Condiciones ambientales y del entorno 16

2.7 Importancia del BDS en el proceso de recuperación de la vegetación natural. 17

3. Metodología 18

3.1 Ubicación del área de estudio 18

3.2 Diseño experimental 19

3.3 Identificación y ubicación de bancos 20

3.4 Recolección de semillas 23
3.5 Evaluación 23
4. Resultados 25
4.1 Presencia y abundancia de semillas entre borde e interior. 25
4.1.1 Primera recolección 25
4.1.2 Segunda recolección 26
4.1.3 Tercera recolección 26
4.2 Viabilidad de las semillas recolectadas y su potencial de regeneración. 27
4.2.1 Primera recolección 27
4.2.2 Segunda recolección 28
4.2.3 Tercera recolección 28
4.3 Especies representativas en los bancos de semillas y medidas de manejo y conservación. 29
5. Discusión 31
5.1 Presencia y abundancia de semillas entre borde e interior. 31
5.2 Viabilidad de las semillas recolectadas y su potencial de regeneración. 32
5.3 Especies representativas en los bancos de semillas y medidas de manejo y conservación. 32
6. Conclusiones 34
7. Recomendaciones 35
7.1 Conservación de los bancos de semillas: 35
7.2 Investigación adicional: 35
7.3 Trabajo con Instituciones locales 35
7.4 Expansión de la investigación: 35
Referencias Bibliográficas 36

Lista de Figuras

Pág.

Figura 1. *Mapa de área de estudio* 18

Figura 2. *Diseño base de recolección de semillas* 19

Figura 3. *Diseño de recolección de semillas adaptado a los nuevos avances.* 20

Figura 4. *Fotografías de los bancos de semillas instalados.* 21

Figura 5. *Mapa de ubicación de puntos de recolección.* 22

Figura 6. *Tamizaje y recolección de semillas.* 23

Figura 7. *Observaciones de los frutos.* 25

Figura 8. *Información sobre las recolecciones* 26

Figura 9. *Pudrición de semillas.* 27

Figura 10. *Comparación entre semillas encontradas, viables y germinadas* 28

Figura 11. *Evidencia de intervención antrópica y otras enfermedades.* 30

Resumen

Título: Análisis del estado de bancos de semillas en borde e interior de un bosque andino, en Santander, Colombia[*]

Autor: Andrea Melissa Yilenne Ramírez Barrera[**]

Palabras Clave: semillas, frutos, robledal, *Quercus humboldtii*, conservación

Descripción: Los bancos de semillas son sitios que guardan semillas de diversas plantas con el fin de conservarlas para su uso posterior, estos bancos preservan la diversidad genética y protegen especies vegetales de la extinción. El objetivo del presente estudio fue analizar cómo se encuentran los bancos de semillas de un bosque andino ubicado en la provincia de García Rovira, en el sector El Alto del municipio de San José de Miranda. Se hizo una caracterización florística en el área de estudio y la especie predominante fue *Quercus humboldtii*, por lo que se definió como un relicto de bosque de roble. De acuerdo con el impacto que ha tenido la fragmentación y el efecto de borde en los ecosistemas, se realizó muestreo seleccionando 10 puntos estratégicos de la zona, donde se ubicaron los bancos recolectores, la mitad de ellos en el interior y la otra mitad en el borde del bosque. La recolección se llevó a cabo durante 21 días en tres fechas diferentes. Pasado el tiempo, se verificaron las semillas presentes en el suelo y en los bancos instalados, se almacenaron y se llevaron a una fase de germinación, en la cual se evaluó la calidad, viabilidad y el tiempo de brote de cada semilla. Con base en la información reunida, se hizo un análisis de qué futuro para el ecosistema pueden ofrecer estos bancos, cuál era la especie con mayor presencia y abundancia, además de la más representativa, y así pensar en estrategias de manejo que tengan en cuenta el estado de conservación y el potencial de regeneración. Los resultados obtenidos son alarmantes, ya que las semillas de *Q. humboldtii* mostraron germinación nula, baja viabilidad, frutos con una gran proporción de inmadurez o afectación por depredadores e insectos, lo que indica un problema significativo en la capacidad de regeneración proveniente de los bancos de semillas para contribuir a la renovación de individuos del ecosistema. Estos hallazgos plantean desafíos importantes para la conservación y el manejo de este bosque andino ubicado en la provincia de García Rovira, especialmente considerando el impacto de la fragmentación y el efecto de borde en los ecosistemas.

---

[*] Trabajo de Grado

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

Abstract

Title: Analysis of the state of seed banks at the edge and inside of an Andean Forest in Santander, Colombia.[*]

Author(s): Andrea Melissa Yilenne Ramírez Barrera[**]

Key Words: seeds, fruits, oak grove, *Quercus humboldtii*, conservation

Description: Seed banks are sites that store seeds from various plants to conserve them for future use, preserving genetic diversity and protecting plant species from extinction. The aim of this study was to analyze the status of seed banks in an Andean Forest located in the Garcia Rovira province, in the El Alto sector of the municipality of San José de Miranda. Floristic characterization was conducted in the study area, with *Quercus humboldtii* being the predominant species, defining it as a relic oak forest. Considering the impact of fragmentation and edge effects on ecosystems, sampling was carried out by selecting 10 strategic points in the area, where seed collectors were placed, half of them inside and the other half on the edge of the forest. Collection took place over 21 days on three different dates. Afterward, the seeds present in the soil and in the installed banks were verified, stored, and taken to a germination phase, where the quality, viability, and germination time of each seed were evaluated. Based on the gathered information, an analysis was made of the future that these banks can offer for the ecosystem, the species with the highest presence and abundance, as well as the most representative one, were identified, considering management strategies that consider the conservation status and regeneration potential. The results obtained are alarming, as *Q. humboldtii* seeds showed null germination, low viability, fruits with a high proportion of immaturity or damage from predators and insects, indicating a significant problem in the regeneration capacity provided by seed banks to contribute to the renewal of ecosystem individuals. These findings pose significant challenges for the conservation and management of this Andean Forest located in the Garcia Rovira province, especially considering the impact of fragmentation and edge effects on ecosystems.

---

[*] Degree Work

[**]Institute of Regional Projection and Distance Education IPRED. Forest Engineering Program. Director: Doris Duarte Hernandez. Forest Management, Use and Conservation.

Introducción

Los bancos de semillas son lugares donde se almacenan semillas de diferentes plantas para su conservación y uso futuro (Liu, 2022). Estos bancos son importantes porque ayudan a preservar la diversidad genética de las plantas y a protegerlas de la extinción (Ferrandis, 2019). Se evidenció que con el pasar de los años los bancos de semillas han sido tema de interés en el manejo agrícola (Shi et al., 2020) 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, fue apropiado llevar a cabo una investigación que evaluara la composición, diversidad, viabilidad y potencial para la regeneración de especies de los bancos de semillas en bosque andino, ya que este tipo de bosque es representativo para la provincia. De esta manera, se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Es importante hacer estudios contrastantes sobre los bancos de semillas presentes en el borde e interior de bosques andinos de la Provincia de García Rovira, en Santander, Colombia?

Comprender cómo los bancos de semillas funcionan en este contexto y cuál es su estado en borde e interior de bosques, es relevante para el desarrollo de estrategias de conservación y manejo en relictos boscosos andinos de García Rovira. Con el desarrollo de este proyecto de investigación se proporciona una base sólida para la toma de decisiones sobre la conservación de

la biodiversidad (Bedoya-Patiño et al., 2010) y el manejo sostenible de los bosques andinos en Santander, Colombia. Estudiar los bancos de semillas aporta un gran aprendizaje sobre el manejo sostenible, en este caso, de los bosques andinos (Greenwood, 2022). Este estudio ofrece oportunidades para profundizar en diferentes estrategias de dispersión como respuesta a cambios ambientales y a su vez, estos conocimientos se pueden utilizar para la conservación, el manejo y el desarrollo sostenible de las especies allí encontradas (Berne, 2019).

En resumen, esta investigación sobre los bancos de semillas en los bosques andinos quiso ir más allá del conocimiento sobre conservación; se enfocó en una oportunidad para la información científica y un pilar fundamental para el futuro del manejo, uso y conservación de los bosques andinos de la región.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Analizar el estado de bancos de semillas en borde e interior de un bosque andino, en Santander, Colombia.

1.2 Objetivos Específicos

Evaluar los bancos de semillas a través de un muestreo en borde e interior de bosque para registrar la presencia y abundancia de especies.

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, para el análisis de su estado de conservación y la implementación de medidas de manejo.

2. Marco Teórico

2.1 Generalidades del ecosistema

2.1.1 Bosque andino

La región andina en Colombia ha desempeñado un papel fundamental en el crecimiento económico y la riqueza cultural del país, lo que ha dado lugar a un significativo aumento en su población, pero lamentablemente ha venido acompañado de la falta evidente de planificación y la degradación de sus ecosistemas naturales (Franco et al., 2023). Los bosques andinos son ecosistemas de montaña, con un amplio rango de elevación; se encuentran entre los 2400 m s. n. m. y 3500 msnm incluyen los bosques de robledal, bosques altos y matorrales altoandinos (Cortés-Ballén et al., 2020). Se ubican a lo largo de las tres cordilleras de los Andes y en algunos macizos aislados del Caribe colombiano.

Por lo general los robledales andinos, están dominados por alguna de las dos especies: el roble andino o roble blanco y el roble negro (Avella & Rangel, 2016). A nivel nacional, se han realizado varias contribuciones sobre la composición florística y distribución de los robledales, así como caracterizaciones ecológicas en la cordillera oriental, la cordillera central, la cordillera occidental.

Los bosques de roble son valiosos desde una perspectiva socioeconómica (Eleonora De Falcis et al., 2022), debido a su potencial para la producción de madera y los servicios ecosistémicos que proporcionan, como la regulación del agua, la protección del suelo y el refugio de especies en peligro de extinción (Rodríguez, 2018).

2.2 Descripción de la especie *Quercus humboldtii*

2.2.1 Morfología

Quercus humboldtii es un árbol de tamaño mediano a grande que puede alcanzar alturas de hasta 25 metros. Su tronco es recto y grueso, con una corteza oscura y profundamente fisurada. Las hojas son alternas, simples y de forma lanceolada a elíptica. Tienen márgenes dentados y pueden medir entre 10 y 20 centímetros de longitud. El haz de las hojas es verde oscuro y el envés es más claro y cubierto de pelos (Humboldt & Bonpland, 1817). Con flores monoicas, lo que significa que tienen flores masculinas y femeninas en el mismo árbol. Las flores son pequeñas, verdosas y se agrupan en inflorescencias llamadas amentos. Los frutos son bellotas de color marrón oscuro, cada bellota está encerrada en una cupulita con escamas. *Quercus humboldtii* tiene un sistema radicular profundo y extenso que le permite anclar firmemente en el suelo (Alcaldía de Medellín, 2012).

2.2.2 Fisiología:

Esta especie está adaptada a altitudes desde 1501 m s. n. m. y hasta más de 3001 m s. n. m., lo que significa que puede tolerar condiciones más frías y variaciones en la humedad y la precipitación. La reproducción de *Quercus humboldtii* se realiza principalmente por semillas, las cuales son dispersadas por animales (Humboldt & Bonpland, 1817).

Según Pérez et al. (2013) los frutos jóvenes se encuentran desde el mes de abril hasta el mes de septiembre, los frutos maduros desde mayo a diciembre y se recomienda hacer una recolección entre los meses de mayo y junio. Además, en los bmh–M la floración se da de diciembre a enero; y en bh–MB desde marzo hasta julio se da la fructificación (Lozano & Bonilla, 2015).

2.3 Fragmentación y efecto de borde

La fragmentación se describe como el proceso de transformación de un hábitat natural en un número de parches boscosos de menor área, aislados entre sí y en su mayoría inmersos en matrices productivas en menor cobertura como la agricultura, ganadería y urbanización (Henao et al., 2018). Es un fenómeno a nivel mundial que ha generado una de las principales amenazas para los ecosistemas terrestres, por tener efectos directos en la riqueza y abundancia biológica a través del tiempo. Uno de los efectos que está asociado a la fragmentación es el denominado efecto de borde que consiste en afectaciones positivas o negativas del componente biológico del parche a medida que se acerca la matriz del disturbio antrópico (Pulido & Ramos, 2016).

Armenteras y Rodríguez (2007), señalan que los biomas con prioridad de conservación en los Andes colombianos, como el orobioma andino y altoandino de la Cordillera Oriental, han sufrido los cambios más significativos en los procesos de transformación y degradación de la cobertura vegetal, según el análisis de patrones de fragmentación. La deforestación ha afectado y transformado al menos el 60% del área original de los ecosistemas en la región Andina, y los bosques de roble no han sido ajenos a esta transformación (Avella & Rangel, 2016).

A pesar de que existe veda nacional proferida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial a través de la Resolución 096 de 2006, en razón a la explotación maderable intensiva, la degradación y la deforestación de los bosques de roble, esto persiste en la actualidad (Avella & Rangel, 2016). Los efectos de borde son los principales impulsores del cambio en muchos paisajes fragmentados, pero a menudo son muy variables en el espacio y el tiempo. La fuerza de los efectos de borde disminuye a medida que se ingresa a los bosques, pero, además, muchos fenómenos de borde varían marcadamente incluso dentro del mismo fragmento de hábitat o paisaje (Laurance et al., 2007). Los factores que podrían promover la variabilidad del efecto de

borde incluyen la edad de los bordes del hábitat, el aspecto del borde, los efectos combinados de múltiples bordes cercanos, el tamaño de los fragmentos y los incendios.

2.4 Bancos 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 (Berne, 2019). Además, con la formación de plantas se beneficia a las comunidades humanas y animales como fuentes de alimento o uso medicinal (Bacci & Macdonald, 2023).

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. Asimismo, tienen como objetivo obtener y mantener semillas de alta calidad que brindan recursos genéticos viables y rasgos útiles en campo.

2.5 Formación de Banco de Semillas del Suelo

La formación del banco de semillas del suelo 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 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).

2.6 Factores que determinan la existencia de BDS en bosques tropicales.

El banco de semillas surge a partir de un proceso en constante cambio en el que se entrelazan factores relacionados tanto con las semillas en sí, como con factores externos a estas (Shi et al., 2020). A continuación, se presenta una descripción de ellos.

2.6.1 Factores intrínsecos y dispersión de semillas

2.5.1.1 Fisiología de las semillas: En los bosques tropicales, las semillas pueden exhibir diversos patrones, que incluyen germinación tardía o dormancia, latencia condicional, una combinación de ambas o incluso la ausencia de ambas (Ceccato et al.,2014). La dormancia representa un estado de pausa para las semillas, asegura que la germinación tenga lugar principalmente cuando las condiciones para la supervivencia de las plántulas son óptimas, y este fenómeno es común en la mayoría de las especies (Ceccato et al., 2014).

La latencia condicional o dormancia facultativa, en cambio, se vincula con las modificaciones en el entorno, como las alteraciones en la luz y las fluctuaciones de temperatura causadas por la exposición al sol o incendios (Shi et al., 2020). Este fenómeno se manifiesta con mayor regularidad en las semillas de especies pioneras y plantas que tienen una amplia distribución geográfica o que son cosmopolitas (Ceccato et al., 2014).

2.5.1.2 Tamaño de las semillas: Las semillas se caracterizan por poseer una mayor cantidad de tejido de reserva, lo que les confiere la capacidad de tolerar condiciones de oscuridad y el daño físico (Liu, 2022). Por otra parte, las semillas de menor tamaño son típicas de especies pioneras que prosperan en áreas abiertas, como claros, zonas de derrumbes y campos agrícolas abandonados (Bedoya-Patiño et al., 2010).

2.5.1.3 Dispersión de semillas: La dispersión posibilita la entrada de frutos y semillas en el suelo, lo que enriquece el reservorio de semillas (Way, 2023). Con el tiempo, las especies han desarrollado cambios en el tamaño, en la forma y en la composición química de sus frutos y semillas para facilitar su transporte o desplazamiento a través de diversos mecanismos, con el objetivo de encontrar ubicaciones adecuadas para la germinación y establecimiento de las plántulas (García & Rico, 2020).

2.6.2 Condiciones ambientales y del entorno

2.5.2.1 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. Aquellas semillas que requieren luz para iniciar su germinación se conocen como semillas fotoblásticas positivas. La falta de luz disponible para que las semillas germinen y las plántulas se establezcan, es un factor fundamental que debe ser considerado en los procesos de restauración ecológica (Aráoz et al., 2023).

2.5.2.2 Temperatura: La temperatura ideal para que se desencadene la germinación es diferente según la especie. En el caso de muchas especies tropicales, especialmente las pioneras, necesitan experimentar fluctuaciones de temperaturas entre 20 – 30° C a lo largo del día para superar su estado de dormancia. En algunas circunstancias, ciertas semillas requieren de breves periodos de enfriamiento seguidos de un aumento en las temperaturas para acelerar el proceso de germinación (Bedoya-Patiño et al., 2010).

2.5.2.3 Micro-relieve: Además de la dispersión de semillas, la configuración micro topográfica del terreno es otro de los factores fundamentales que contribuyen a la diversidad espacial del banco de semillas. El micro relieve propicia la disposición espacial que suele caracterizar a las semillas de la mayoría de las especies, la cual se presenta en forma de agregados

y/o patrones irregulares. Esta distribución se ve influenciada en gran medida por la morfología de las propias semillas (Bedoya-Patiño et al., 2010).

***2.5.2.4 Estacionalidad de la precipitación*:** La influencia de la estación del año en el banco de semillas puede manifestarse de diversas maneras, ya sea durante estaciones secas o lluviosas. No obstante, parece que la producción y dispersión estacional de semillas es una estrategia adoptada por las especies como una forma de adaptación a su entorno (Bedoya-Patiño et al., 2010).

***2.5.2.5 Niveles de perturbación del suelo*:** Las perturbaciones, ya sean de origen natural o causado por la actividad humana, provocan modificaciones en la intensidad de la luz, los niveles de nutrientes y la cantidad de biomasa presente en la superficie del suelo. Por lo tanto, el tipo y grado de perturbación influyen en el tipo de semillas que se encuentran en el suelo (Bedoya-Patiño et al., 2010).

2.7 Importancia del BDS en el proceso de recuperación de la vegetación natural.

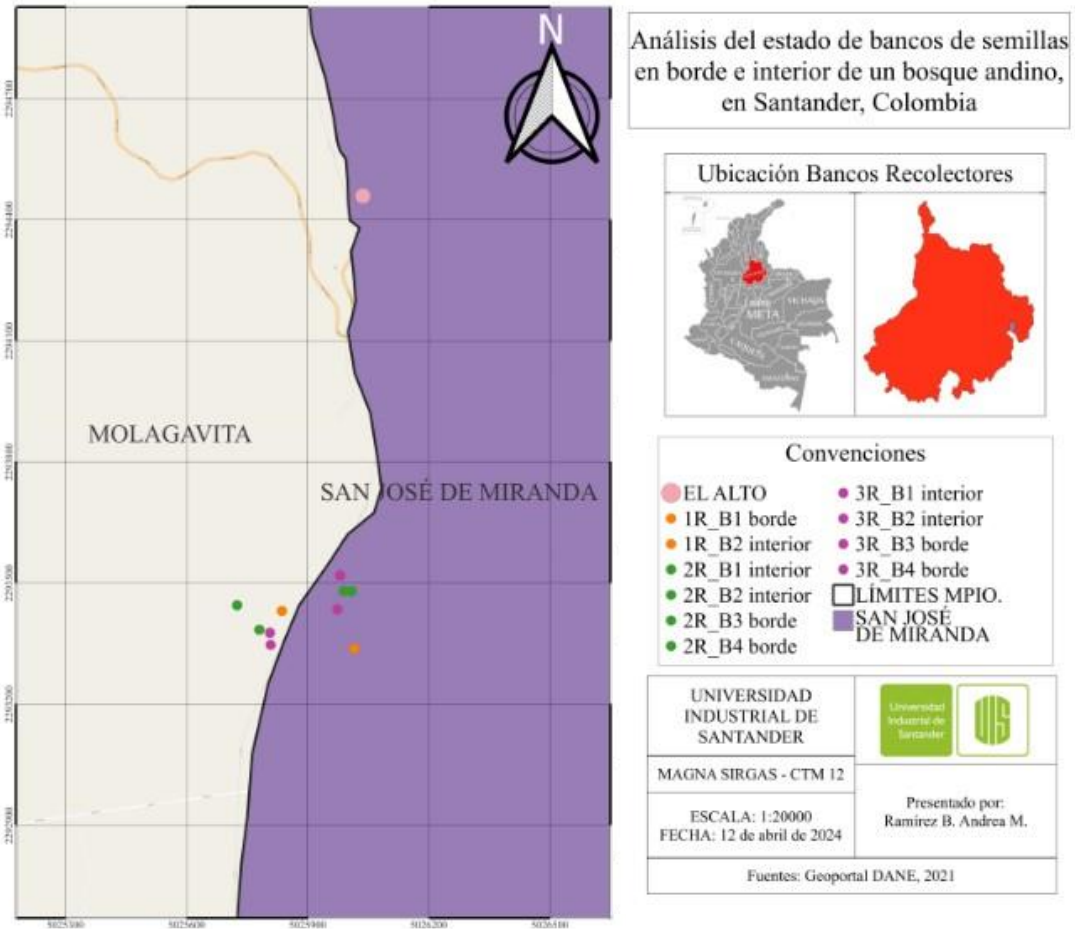
Los bancos de semillas son importantes por dos razones; en primer lugar, salvaguardan la diversidad genética que se encuentra amenazada a nivel poblacional y de especies, dado el ritmo de degradación y perdida de hábitats (Anju et al., 2022); así como el creciente impacto del cambio climático y las condiciones ambientales, se estima que más del 20% de las plantas silvestres están en riesgo de desaparecer (Dávila, 2019) 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 (Organización des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, 2014), ya que ofrecen muestras de semillas identificadas cuyo origen y viabilidad son conocidos.

3. Metodología

3.1 Ubicación del área de estudio

El área de estudio se localiza en el departamento de Santander, en la provincia de García Rovira, que está conformada por doce municipios: Guaca, Cerrito, San Andrés, Concepción, Málaga, Molagavita, San José de Miranda, Enciso, Carcasí, San Miguel, Capitanejo y Macaravita (Gobernación de Santander, 2022). Las actividades se realizaron en el bosque andino, ubicado en el Alto de San José de Miranda en coordenadas 6°39'53,41"N, 2°45'51,63"O representado en las convenciones del mapa como EL ALTO (Figura 1).

Figura 1. *Mapa de área de estudio*

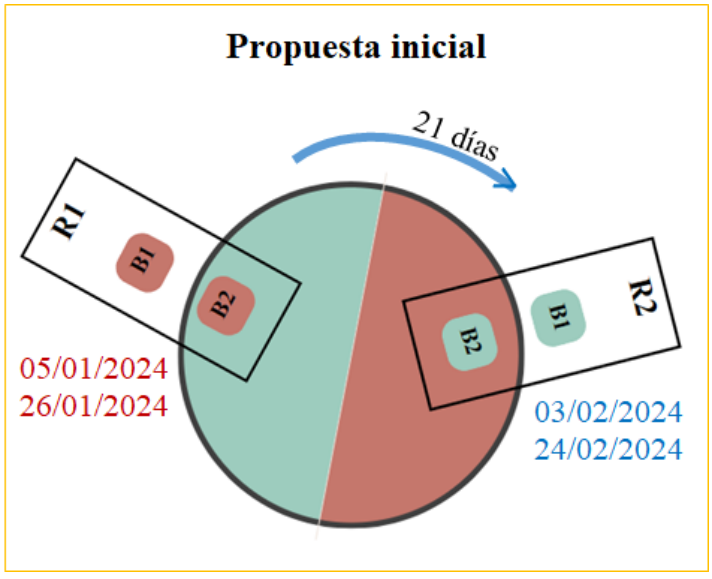


El municipio de San José de Miranda se encuentra ubicado en la provincia de García Rovira. Se localiza a 6° 39' de latitud norte y 72° 49' de longitud oeste, a una altitud de 2150 m s. n. m. (IGAC, 2022). La temperatura media anual es de 18 °C y las precipitaciones medias anuales en San José de Miranda son de 1800 mm (IDEAM, 2023). Las condiciones dentro del área de estudio fueron de Temperatura: 13°C. Humedad relativa: 73%. Altitud: 3165 m s. n. m. (AccuWeather, 2024).

3.2 Diseño experimental

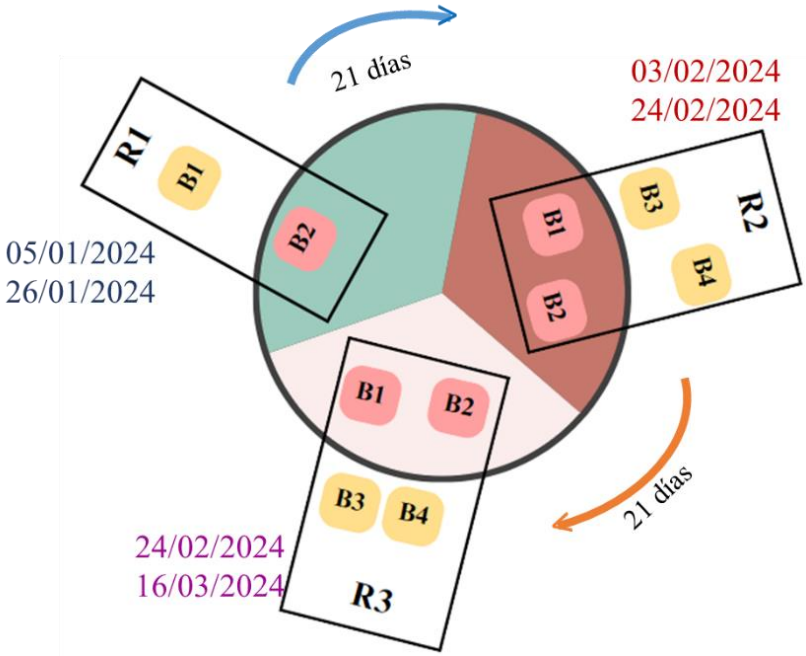
Para definir el modelo utilizado para el diseño experimental se necesitó hacer un par de visitas a la zona, la primera visita realizada el día 16 de diciembre de 2023, con el fin de realizar la caracterización del área de estudio, la observación de las especies presentes en la zona y su situación fenológica. Se observó que los árboles presentes estaban en etapa de floración, por lo que días después, se decidió hacer una segunda visita, el 30 de diciembre del 2023, con el fin de visualizar si los individuos arbóreos habían ingresado a la etapa de fructificación, al corroborar esta información, se plantea el siguiente diseño (Figura 2).

Figura 2. *Diseño base de recolección de semillas*



Sin embargo, debido a la información encontrada de la primera recolección, se creó un nuevo diseño, en el que se agregó una recolección adicional, para un total de tres; dos bancos adicionales para las recolecciones restantes, de esta forma quedando en total 10 bancos recolectores, en el modelo se planteó de color rosado los bancos ubicados en el interior y de color amarillo pálido, los bancos del borde, en este modelo se ubican el número de semillas encontradas y la fecha en la que se realizó la recolección (Figura 3).

Figura 3. *Diseño de recolección de semillas adaptado a los nuevos avances.*



3.3 Identificación y ubicación de bancos

La ubicación de los bancos se seleccionó aleatoriamente, teniendo en cuenta el borde y el interior del bosque, el borde definido como el lugar donde se termina el dosel denso y se nota el cambio de cobertura. Por otra parte, el interior es dentro de la masa forestal principal, donde la cobertura del dosel arbóreo es densa y predominante (Forero & Finegan, 2002).

En la primera recolección se ubicó una en cada sitio (Borde e Interior). En la segunda y tercera recolección, se instalaron cuatro bancos, dos en interior y dos en borde. Estas zonas se adecuaron para la recolección de semillas mediante bancos con malla y costales de microfibra, de un tamaño de 2m x 2m, que se colocaron en el suelo con ayuda de ramas y estacas para sostenerlas en un solo sitio (FAO, 2014) (Figura 4). Los bancos se ubicaron en fechas distintas, los bancos de la primera recolección el día 5 de enero de 2024 y se recolectó el día 26 de enero de 2024, en la segunda recolección, habiendo tomado la decisión de ubicar dos bancos adicionales, se ubicaron el día 3 de febrero de 2024 para recolectar el 24 de febrero de 2024 y para la tercera, se utilizaron los bancos de la recolección anterior, ubicándolos en sitios nuevos, y se recogió el material el día 16 de marzo de 2024.

Figura 4. *Fotografías de los bancos de semillas instalados.*

a.

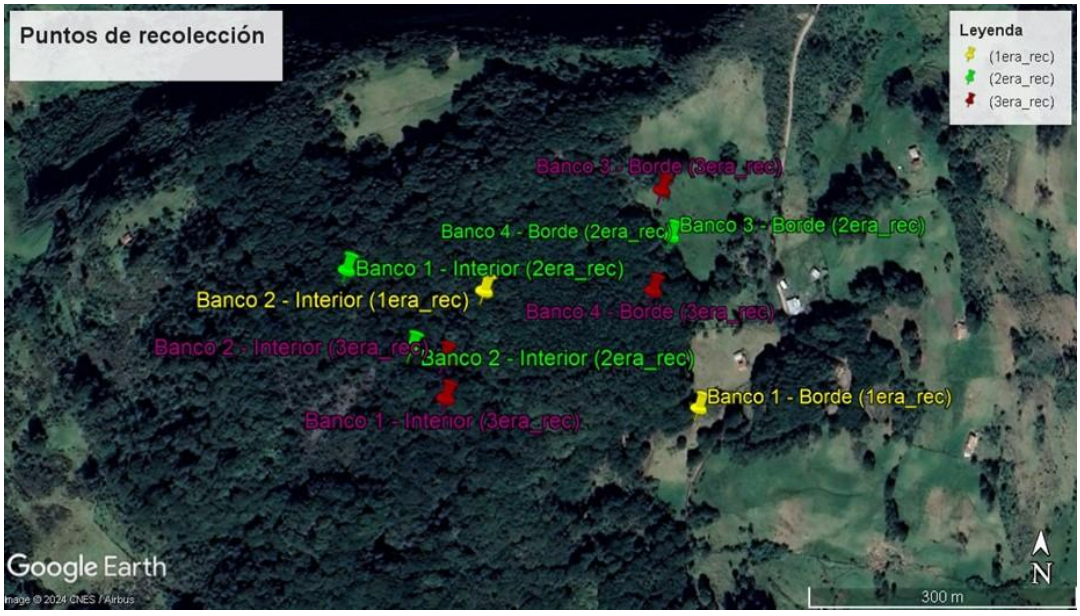
b.

c.

Nota: Ubicación de los bancos de semillas de las tres recolecciones, bancos en interior y borde del bosque; **a.** Primera recolección, **b.** Segunda recolección, **c.** Tercera recolección

Por medio de revisión de literatura previa y las visitas a campo realizadas los días 16 y 30 de diciembre de 2023, se verificó si las especies arbóreas presentes en los sitios de la recolección estaban en etapa de fructificación *(Quercus humboldtii)*. Se tomaron las coordenadas de cada uno de los puntos de recolección para realizar el mapa de ubicación mostrado en la Figura 5.

Figura 5. *Mapa de ubicación de puntos de recolección.*



3.4 Recolección de semillas

En cada una de las recolecciones, se procedió a recoger las semillas presentes en los bancos instalados y en los bancos naturales ubicados en el suelo. Para esto, se hizo una remoción tenue en la primera capa del suelo a una profundidad no mayor a 20 cm, levantando la hojarasca, para no alterar el material presente y se tamizó para verificar las semillas. Luego, se supervisaron los bancos instalados para asegurarse de que las semillas cayeran y quedaran atrapadas (Figura 4). Durante 21 días a partir de la instalación de los bancos se recolectaron las semillas, pasado ese tiempo, se recogieron y en bolsas de papel etiquetadas con coordenadas, fecha de recolección, presencia en el suelo o en el banco, ubicación (borde o interior); fueron llevadas las de la primera y segunda recolección para Málaga y las de la tercera recolección se dejaron en el ecosistema para la germinación (Shi et al., 2020).

Figura 6. *Tamizaje y recolección de semillas.*

3.5 Evaluación

Para el término de las actividades se evaluó la calidad, viabilidad y tiempo de germinación de las semillas recolectadas mediante pruebas en un vivero (Gobierno de México, 2018). Se comenzó haciendo pruebas de viabilidad por inmersión a los frutos recolectados. La prueba

consistió en agregar agua a un recipiente transparente, se introdujo fruto por fruto, los frutos viables se hundieron y los frutos con baja o nula viabilidad flotaron (La Llavor, 2021).

De cada fecha de recolección, se hizo una siembra, la primera se llevó a cabo el 28 de enero de 2024, con las condiciones de Málaga - Santander, a una temperatura de 23,8°C en promedio, una altitud de 2260 m s. n. m. (AccuWeather, 2024). Los frutos se sembraron en un recipiente de 8 litros de capacidad a una proporción de 1200g/1200g, es decir de 50/50, de sustrato/mantillo. Para la segunda siembra, realizada el 25 de febrero de 2024, se tuvieron condiciones de 12°C, los frutos ubicados en la nevera, con el fin de simular las condiciones del sitio base, la proporción del sustrato fue de un 100/0, con 2000g de sustrato y 0g de mantillo y se utilizaron servilletas húmedas, y la altitud fue de 2260 m s. n. m. En la tercera, los frutos se sembraron en El Alto, las condiciones fueron de 13°C, con una proporción de 50/50 sustrato/mantillo, 1200g/1200g, a una altitud de 3165 m s. n. m. Con los resultados obtenidos de las germinaciones, se realizó un análisis de qué futuro está representando el bosque a través de las recolecciones y la germinación de estas semillas.

4. Resultados

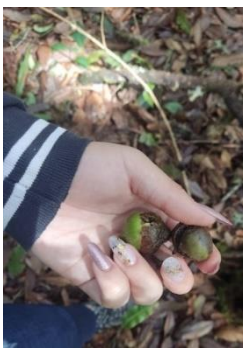
4.1 Presencia y abundancia de semillas entre borde e interior.

Un robledal, en el que como lo señalan Avella & Rangel, (2016) la especie predominante es *Quercus humboldtii*, conocida comúnmente como roble o roble blanco, esta especie fue la que presentó la mayor importancia. El recorrido inicial mostró que, aunque los árboles del rodal seleccionado para la investigación se encontraban en proceso de fructificación, la cantidad de frutos y por consiguiente de semillas era baja. Una vez instalados los bancos de semillas, se procedió con la recolección, así:

4.1.1 Primera recolección

En la primera recolección, realizada el día 26 de enero de 2024, pasados los 21 días desde la instalación (5 de enero de 2024), se evidenció la mayor cantidad de frutos presentes en el marco de la investigación, sin embargo, en los bancos instalados se encontraron frutos inmaduros, frutos maduros de un tamaño en promedio de 3 cm, de color verde y marrón y algunos con señales de mordeduras de ardillas, perforaciones ocasionadas por insectos o pudrición temprana (Figura 7). En total se obtuvo una cantidad de 13 frutos con características aparentemente adecuadas para la germinación, como el tamaño y su estado sanitario (Figura 8).

Figura 7. *Observaciones de los frutos.*

a. b. c. 

Nota: **a.** Frutos con mordedura de ardillas, **b.** Frutos partidos o mordisqueados, **c.** Frutos agujereados o rotos.

4.1.2 Segunda recolección

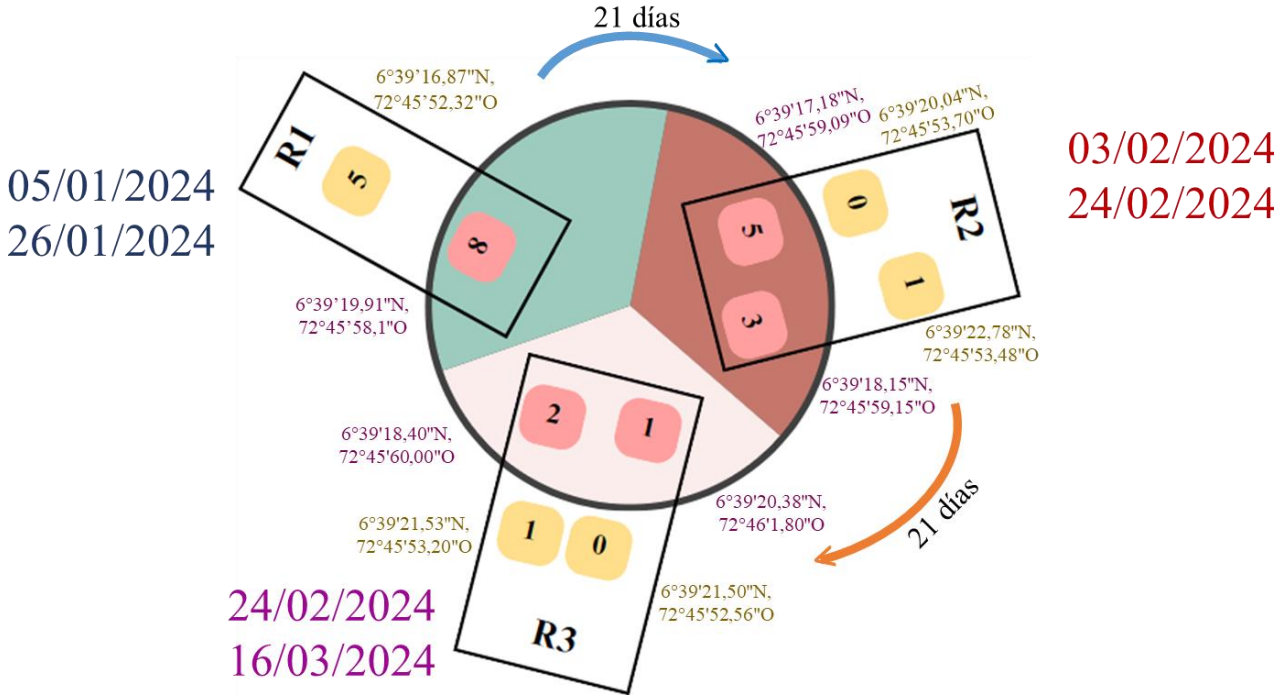
Se instalaron los bancos el día 03 de febrero de 2024, el día 24 de febrero de 2024 se hizo la recolección, la cual mostró que la etapa de fructificación del bosque aún estaba vigente, pero al igual que en la primera, los frutos no presentaron características físicas deseables para la germinación, el tamaño fue muy reducido con diámetro en promedio de 1,5 cm y su aspecto no reflejó condiciones de adecuado desarrollo.

4.1.3 Tercera recolección

Para la última recolección, se instalaron los bancos el día de la segunda (24 de febrero) y se realizó el día 16 de marzo de 2024, en los bancos instalados no había frutos, por lo que se hizo una búsqueda de manera general en el suelo y se encontraron frutos inmaduros, de tamaños muy pequeños (aproximadamente 1 cm de diámetro) y en poca cantidad, lo que permitió inferir que la etapa de fructificación llegó a su fin. Se recogieron cuatro semillas para llevarlas a la fase de germinación.

En las tres fechas en que se hizo recolección de frutos se conservó el mismo patrón. Los frutos no muestran el tamaño adecuado, su aspecto físico no es deseable y no alcanzan la madurez para asegurar la germinación. Se evidencia un número considerable de frutos mordidos por ardillas o perforados por insectos, condiciones que disminuyen las posibilidades de germinación de las semillas. Además, de que el número de semillas recolectadas es muy mínimo, dando una preocupación mayor relacionada también con los efectos anteriormente mencionados (Tabla 3).

Figura 8. *Información sobre las recolecciones*



4.2 Viabilidad de las semillas recolectadas y su potencial de regeneración.

4.2.1 Primera recolección

De la primera recolección, se obtuvieron 13 semillas con las condiciones adecuadas para germinar. Se hizo prueba de viabilidad. Hubo tres frutos en especial que se hundieron, los 13 frutos se pusieron en un recipiente con sustrato con cascarilla de arroz mezclado con de mantillo traído del mismo, en una proporción del 50 a 50, temperatura de 23,8°C (AccuWeather, 2024) y a una altitud de 2260 m s. n. m. Al cabo de quince días, se observó que se comenzaron a pudrir por dentro la mayoría de los frutos (Figura 9), dando a entender que la semilla no completaría su proceso de germinación; quedaron tres en total y con estos se siguió el proceso de germinación. Pasados otros quince días se volvieron a revisar los tres frutos y ninguno de ellos tuvo avance.

Figura 9. *Pudrición de semillas.*

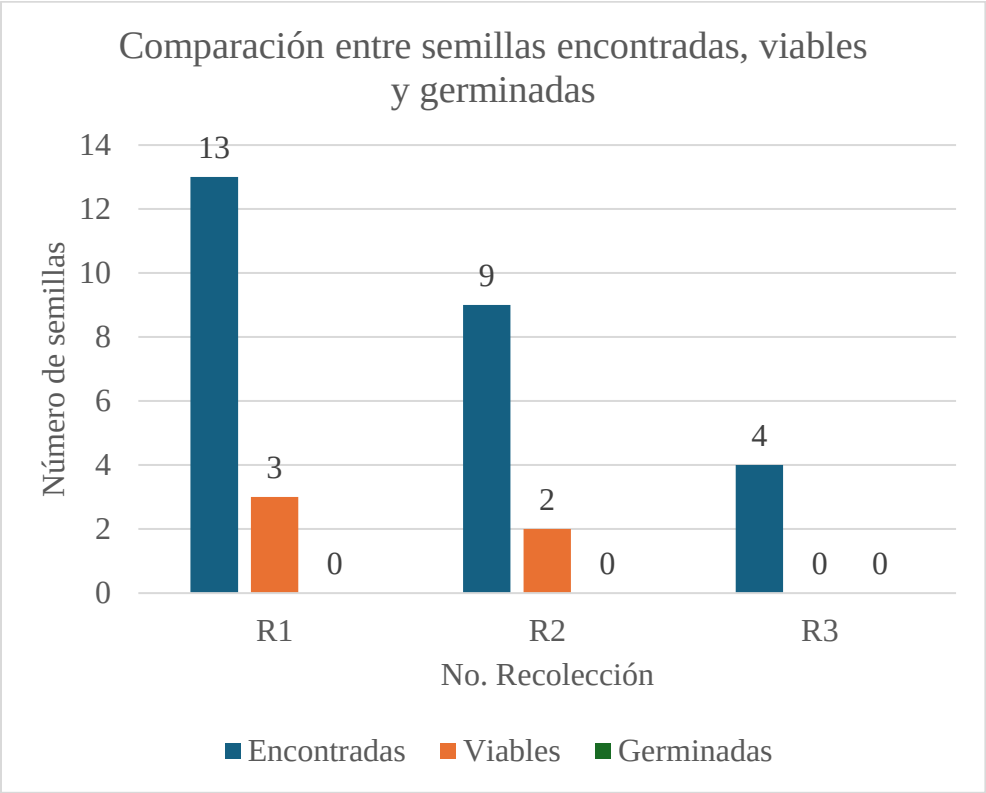
4.2.2 Segunda recolección

Los frutos de esta recolección fueron llevadas al municipio de Málaga y como se mencionó anteriormente, eran mínimos los que cumplían con los requisitos de madurez, como el tamaño y el desarrollo. Se hizo la prueba de viabilidad y dos frutos dieron un resultado positivo, estos se sembraron junto con los demás recolectados. Un recipiente se llenó con el mismo sustrato con cascarilla de arroz y se colocaron servilletas de cocina humedecidas sobre él, los frutos reposados sobre la servilleta y cubiertos con la misma, además el recipiente se introdujo en la nevera a una temperatura de 12°C, con el paso de los días se observó que ninguna semilla había germinado.

4.2.3 Tercera recolección

En cuanto a la viabilidad de las semillas de la tercera recolección, con los frutos recogidos, el día 16 de marzo de 2024 se realizó nuevamente la prueba de viabilidad aplicada anteriormente y ninguna de los frutos mostró los signos apropiados, además de que presentaron tamaños diminutos y características de inmadurez, por lo que se siguió el protocolo de sembrarlos, pero esta vez, en el sitio de recolección, ya que así no se alterarían las condiciones climáticas, como la humedad relativa, temperatura y precipitación. Pasados los días planteados se visualizó que no había señales de la germinación, por lo que se entiende que hay una alerta para este robledal.

Figura 10. *Comparación entre semillas encontradas, viables y germinadas*



4.3 Especies representativas en los bancos de semillas y medidas de manejo y conservación.

En las tres fechas en que se hizo seguimiento y recolección en los bancos instalados, se evidenció que la especie más abundante fue el *Q. humboldtii* con 26 frutos recolectados, solo en la recolección No. 02 se encontraron cinco semillas del género *Clusia*. Pese a que la especie *Q. humboldtii* fue la que mayor número de frutos aportó a los bancos de semillas instalados, hay una señal de alerta porque tienen evidencias de mordeduras de ardillas, perforaciones de insectos, su tamaño no es adecuado y las condiciones físicas no son deseables. Hay presencia de individuos vegetales en la categoría latizal y fustal, pero los brinzales son muy escasos. En cuanto al estado de conservación del bosque, no solo preocupa el hecho de que las semillas no son viables, también se pudo observar que hay intervención antrópica, ya que se evidenció que se están talando tanto árboles jóvenes como los maduros, además se observaron algunas enfermedades en los tallos de los individuos (Figura 11).

Figura 11. *Evidencia de intervención antrópica y otras enfermedades.*

a.

b.

Nota: **a.** Signos de intervención antrópica en diferentes puntos del área de estudio, **b.** Enfermedades observadas en árboles y plantas del ecosistema dentro del área de estudio.

5. Discusión

5.1 Presencia y abundancia de semillas entre borde e interior.

La presencia y abundancia de especies encontrada en los bancos de semillas, se redondeó a *Q. humboldtii*, especie mayormente encontrada en el área de estudio, sector conocido como El Alto de San José de Miranda y que autores como León & Giraldo (2000) confirman que las áreas dominadas por esta especie en los ecosistemas andinos, se denominan bosques de roble. En concordancia con lo reportado por Segura et al. (2020), en un estudio realizado en Santa Isabel, Tolima, Colombia, con condiciones de temperatura de 16°C y a una altitud de 2400 m s. n. m., en términos de abundancia y dominancia *Q. humboldtii* tuvo la mayor importancia ecológica. No cabe duda de que el roble es una especie de gran valor para estos ecosistemas y es una especie que se puede considerar casi exclusiva nacionalmente, como apuntan Avella y Rangel (2016). Por otra parte, hay otros estudios como el de Doornbos (2015) que revelan que las influencias humanas directas en los bosques andinos, como deforestación son bien conocidas. La presente investigación es un ejemplo de ello, debido a que se encontró que en el área de estudio se ha extraído madera (Figura 11) y según lo indagado con habitantes de la zona es utilizada con fines domésticos. Guerrero-Rodríguez et al. (2009) encontraron que la abundancia y la distribución espacial de plántulas de *Q. humboldtii* presentó diferencias entre los sitios de estudio, ubicados en dos bosques andinos de los municipios de Charalá y Encino, Santander. Hubo mayor densidad y número de plántulas en el bosque con mayor grado de intervención antrópica; en contraste con este estudio, menor número de plántulas en todas las zonas y debido a la intervención antrópica y a la baja viabilidad de semillas, podría tender a disminuir.

5.2 Viabilidad de las semillas recolectadas y su potencial de regeneración.

El potencial de regeneración de este ecosistema puede verse truncado a futuro debido a que, en la primera observación al bosque, se notó que los árboles presentes en su mayoría son fustales, algunos individuos de *Clusia* sp. y unos cuántos latizales de otras especies como *Miconia* sp. y *Myrsine* sp, con presencia mínima de regeneración natural. Según Pérez et al. (2013), se manifiesta que pocos frutos llegan a un estado adulto, debido al fenómeno de aborto de frutos jóvenes. Muchos de estos frutos caen sin alcanzar un desarrollo maduro, y se ha determinado como una característica propia de la especie (Garavito & Bossa, 2016).

La fragmentación del bosque, intervención antrópica, plagas, enfermedades y consumo de frutos tiernos y maduros afectan la viabilidad y germinación de las semillas (Colorado et al., 2017). El consumo de hojas, flores, frutos, semillas por animales y afectación por enfermedades influyen en la regeneración de la especie (Guerrero-Rodríguez et al. 2009) y según los resultados obtenidos, las semillas no son viables y por consiguiente no hay germinación, así que, bajo este panorama, a mediano plazo no será posible hablar del estrato inferior consolidado. De acuerdo con esto, la intervención antrópica, de mano con la depredación de semillas es un factor que no solo ha afectado el bosque del Alto de San José de Miranda, afectando altamente la regeneración natural. Por esta razón, es fundamental continuar con la línea de investigación sobre bancos de semilla de roble, ya que es una especie característica de los bosques andinos y de continuar la problemática, sería el comienzo de la pérdida de un ecosistema emblemático.

5.3 Especies representativas en los bancos de semillas y medidas de manejo y conservación.

El estado de conservación de *Q. humboldtii* no es el más favorable para el ecosistema debido a la baja viabilidad de semillas, la alta predación por roedores e insectos, la intervención antrópica, además, hay factores como el cambio climático. En un contexto más amplio, en bosques

de roble dentro del país se ha encontrado mayor diversidad de especies, como es el caso de lo estudiado por Avella & Rangel (2013), que realizaron una caracterización de las especies existentes en ese robledal ubicado en el corredor Guantiva-La Rusia (Santander-Boyacá) y *Q. humboldtii* fue la especie con mayor IVI (Índice de Valor de Importancia) y se encontró una mayor diversidad de especies, incluidas *Billia rosea*, *Compsoneura rigidifolia, Clethra fagifolia*, *Virola macrocarpa*, *Aniba perutilis,* entre otras. En contraste, en esta investigación en la zona de estudio predomina *Q. humboldtii* y solo algunos individuos de *Clusia* sp. y latizales de *Miconia* sp. y *Myrsine* sp.

Se indica que el estado de conservación, analizado por áreas, es alto en aquellas donde la intervención humana es baja a moderada. Por otro lado, los fragmentos de bosque de roble que presentan una alta intervención humana y afectaciones sanitarias producen poca cantidad de semillas en los bancos y así mismo baja regeneración natural (Avella & Rangel, 2013). Además, se tiene que el consumo de semillas por sobrepoblación de fauna, afectan la regeneración de los bosques de roble (Garavito & Bosa, 2016; Sánchez, 2000). De acuerdo con este estudio, las zonas que presentan una alta intervención concuerdan con las zonas de baja regeneración natural y las zonas de depredación de semillas.

6. Conclusiones

Los objetivos planteados en este estudio han sido alcanzados y revelan un panorama complejo sobre el estado actual del ecosistema. Las semillas existentes en los bancos de la zona de estudio no son viables para dar origen a nuevos individuos y en total se hallaron 26 con las condiciones más favorables. Las recolecciones indican una baja cantidad de frutos, algunos inmaduros, con fenómeno de aborto o afectados por fauna e insectos.

Las semillas no completaron su proceso de germinación, incluso en las condiciones propias del ecosistema en estudio, lo que sugiere una señal de alarma para la regeneración de los bosques de roble en García Rovira. A diferencia de otros bosques de roble en Santander, que presentan alta diversidad, en la zona de estudio la especie predominante fue *Q. humboldtii* y solo algunos individuos de *Clusia* sp., *Miconia* sp. y *Myrsine* sp., situación que propone un desafío para el manejo, conservación y regeneración del bosque.

De acuerdo con los resultados obtenidos se deben aunar esfuerzos entre la academia, la autoridad ambiental (CAS), sanitaria (ICA), municipios y comunidades asociadas a los bosques de roble para plantear estrategias de manejo. Estos hallazgos subrayan la urgente necesidad de abordar la situación actual de los bosques de manera integral.

7. Recomendaciones

7.1 Conservación de los bancos de semillas:

Es crucial implementar medidas para proteger los bancos de semillas, del consumo animal y la infestación por insectos, con la implementación de técnicas de control de plagas. Se recomienda monitorear regularmente la salud de los individuos arbóreos y la viabilidad de las semillas, en el área de estudio y en diferentes bosques de la región.

7.2 Investigación adicional:

Se sugiere llevar a cabo investigaciones adicionales para comprender mejor los factores que afectan la viabilidad de las semillas y la regeneración del bosque, incluidos estudios sobre la ecología de las especies clave, la interacción entre la fauna y la flora, y los efectos del cambio climático en el ecosistema.

7.3 Trabajo con Instituciones locales

Se recomienda colaborar con instituciones locales para desarrollar estrategias efectivas de manejo y conservación del bosque, que aborden tanto las amenazas identificadas como los desafíos emergentes con el paso del tiempo.

7.4 Expansión de la investigación:

Se debe continuar con las investigaciones sobre bancos de semillas en diferentes robledales en la provincia de García Rovira y en diferentes épocas del año para determinar si se presenta el mismo fenómeno de semillas con viabilidad reducida o nula, y evaluar la extensión de su ocurrencia. Comprender los patrones más amplios de viabilidad de semillas en varios bosques de roble proporcionará información sobre los posibles factores que contribuyen a este problema.

Referencias Bibliográficas

AccuWeather. (2024). *Tiempo mensual en Málaga, Santander, Colombia*. Accuweather.com; AccuWeather. https://www.accuweather.com/es/co/malaga/111288/february-weather/111288?year=2024

Agudelo, W., & Armenteras, D. (2018, Septiembre). *Cambio climático en Ecosistemas Andinos de Colombia: una revisión de sus efectos sobre la Biodiversidad*. ResearchGate; ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/328492678_Cambio_climatico_en_Ecosistemas_Andinos_de_Colombia_una_revision_de_sus_efectos_sobre_la_Biodiversidad

Anju, M. V., Warrier, R. R., & C. Kunhikannan. (2022). Significance of Soil Seed Bank in Forest Vegetation—A Review. Seeds, 1(3), 181–197. https://doi.org/10.3390/seeds1030016

Avella, A., & Rangel, O. (2016). Los robledales | Biodiversidad 2016. Humboldt.org.co. http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2016/cap1/105/#seccion4

Avella Muñoz, A., & Rangel Churio, J. (2013). Oak Forests Types Of Quercus Humboldtii In The Guantiva-La Rusia-Iguaque Corridor (Santander-Boyacá, Colombia): Their Conservation And Sustainable Use. https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/colfor/article/download/4888/8767/32975https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/colfor/article/download/4888/8767/32975

Bacci, S., & Macdonald, F. (2023). *The Millennium Seed Bank as the Noah's Ark of global wild useful plants. | Kew*. Kew.org; Kew. https://www.kew.org/read-and-watch/noahs-ark-of-global-wild-useful-plants

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

Berne. (2019). Workshop Conservation ex situ des plantes menacées. https://www.boga.unibe.ch/unibe/portal/microsites/micro_boga/content/e534323/e772061/e772182/e868009/Expos_CatherineLambelet_BanquesdeSemences_05042019.pdf

Ceccato, D., Delatorre-Herrera, J., Burrieza, H., Bertero, H. D., Martinez, 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/

Cortés-Ballén, L., Camacho-Ballesteros, S., Matoma-Cardona, M., Cortés-Ballén, L., Camacho-Ballesteros, S., & Matoma-Cardona, M. (2020). Estudio de la composición y estructura del bosque andino localizado en Potrero Grande, Chipaque (Colombia). Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 23(1). https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n1.2020.1483

Colorado Z, G. J., Vasquéz M, J. L., & Mazo Z, I. N. (2017). *Modelo de conectividad ecológica de fragmentos de bosque andino en Santa Elena (Medellín, Colombia)*. Acta Biológica Colombiana. https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/63013/pdf_10_22%283%29

Cultivo paso a paso. (2018). Germinar Bellotas Rápido || Cómo Plantar un Roble || Plantar o sembrar bellotas || Germinar Bellota [YouTube Video]. In YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=KN7AmLrPOkQ

Dávila, P. (2019, September 9). The seed bank preserving Mexico's endemic plants. El Universal. https://www.eluniversal.com.mx/english/seed-bank-preserving-mexicos-endemic-plants/

Díaz Silva, M. R. de las M. (2010). Uso de especies forestales asociadas a bosques de roble (Quercus Humboldtii Bonpl.), con fines energéticos, entres veredas del municipio de Encino - Santander. *Colombia Forestal*, *13*(2), 237–244. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-07392010000200005

Doornbos, B. (2015). *El valor de los bosques andinos en asegurar agua y suelo en un contexto de creciente riesgo climático: ¿(re)conocemos lo imperdible?* https://www.bosquesandinos.org/wp-content/uploads/2015/12/061115_articulo_n3.pdf

Eleonora De Falcis, Devendra Gauchan, Nankya, R., Sergio Martinez Cotto, Jarvis, D. I., Lewis, L. H., & Paola De Santis. (2022). Strengthening the economic sustainability of community seed banks. A sustainable approach to enhance agrobiodiversity in the production systems in low-income countries. Frontiers in Sustainable Food Systems, 6. https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.803195

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

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

Ferrandis, P. (2019). La importancia de los bancos de semillas del suelo en los estudios ecológicos. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, *7*(3), 276–282. https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/486

Franco, M., Betancur, J., & Franco, P. (2023). Diversidad florística y estructura de remanentes de bosque andino en la zona de amortiguación del parque nacional natural los nevados, cordillera central colombiana. Caldasia, 32(1). https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/36193

García-Franco, J. G., Rico-Gray, V. (2020). Dispersión, viabilidad, germinación y banco de semillas de Bdallophyton bambusarum (Ratllesiaceae) en la costa de Veracruz, México. Revista de Biología Tropical, 44(3A), 87–9487–94. https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/21985

Gobernación de Santander. (2022, octubre 21). Provincia García Rovira. Sede Electrónica Gobernación de Santander. https://santander.gov.co/competitividad_intl/publicaciones/8957/provincia-garcia-rovira/

Gobierno de México. (2018). ¿Cómo saber que tan viable es una semilla? Gob.mx. https://www.gob.mx/snics/articulos/como-saber-que-tan-viable-es-una-semilla?idiom=es

Greenwood, V. (2022, April). Why seed banks are not just for doomsday. Bbc.com; BBC. https://www.bbc.com/future/article/20220331-why-seed-banks-arent-just-for-doomsday

Guerrero-Rodríguez, S., Paz-Camacho, E., & Parra Rosselli, Á. (2009). Efecto de la Intervención Antrópica en la Distribución de las Semillas y Plántulas del Roble (Quercus Humboldtii Bonpl., Fagaceae) en la Cordillera Oriental Colombiana. *Revista Colombia Forestal*, *9*(1), 163–180. http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v13n1/v13n1a08.pdf

Henao, N., Torres, A. M., Tafur, J. C., & Guevara, L. (2018). ¿Existe un efecto de borde sobre la estructura vegetal y el potencial de regeneración en fragmentos de bosque seco tropical? Biota Colombiana, 19(1), 3–20. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49159476001

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

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2023). *Promedios climáticos de San José de Miranda, Santander*. Bogotá, D.C.: IDEAM.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2022). *División político-administrativa de Colombia*. Bogotá, D.C.: Imprenta Nacional de Colombia.

La Llavor. (2021). ¿Cómo saber si una semilla es viable? [YouTube Video]. In *YouTube*. https://www.youtube.com/watch?v=3c_I6k4NihU&ab_channel=LaLlavor

Laurance, W. F., Mendonça, E., Laurance, S. G., Andrade, A., Ewers, R. M., Harms, K. E., Regina, & Ribeiro, S. (2007). Habitat Fragmentation, Variable Edge Effects, and the Landscape-Divergence Hypothesis. PLOS ONE, 2(10), e1017–e1017. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001017

León, J. D., & Giraldo, E. (2000). Crecimiento diamétrico en robledales del norte y centro de Antioquia, Colombia. Crónica Forestal y del Medio Ambiente, 15(1), 119-138.

Liu, R. (2022, April 15). Seed banks: the last line of defense against a threatening global food crisis. The Guardian; The Guardian. https://www.theguardian.com/environment/2022/apr/15/seed-banks-the-last-line-of-defense-against-a-threatening-global-food-crisis

Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. (2014). Module: Les Banques de Semences Communautaires - Écoles pratiques d'agriculture et de vie pour jeunes (JFFLS) - Guide de l'animateur. Rome. https://www.fao.org/3/i3987f/i3987f.pdf

Ospina, R., & Paz, J. (2012). Características Florísticas de un Bosque de Roble (Quercus Humboldtii) en la Meseta de Popayán (Cauca). *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, *10*(2), 243–248. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612012000200028

Petatan, D., Salvado, C., Triana, I., & Ojeda, M. (2020, Septiembre). *Proyecciones de cambio climático en el Golfo de California y sus posibles implicaciones ambientales, sociales y económicas*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/344572462_Proyecciones_de_cambio_climatico_en_el_Golfo_de_California_y_sus_posibles_implicaciones_ambientales_sociales_y_economicas/citations

Pickett, S. (2015, December 21). urban ecosystem. Encyclopedia Britannica. https://www.britannica.com/science/urban-ecosystem

Pulido, K., & Ramos, C. (2016). Efecto de borde en la distribución de líquenes y el contenido de clorofilas en fragmentos de *Polylepis quadrijuga* (Rosaceae) en el páramo de La Rusia

(Boyacá-Colombia). Revista de Biología Tropical, 64(4), 1683–1697. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44947539025

Rodríguez-Alarcón, S. (2018). Efectos de la fragmentación sobre la diversidad funcional asociada a biomasa aérea en un bosque alto andino de Cundinamarca. Udistrital.edu.co. http://hdl.handle.net/11349/7706

Shi, Z., Zhang, J., & Wei, H. (2020). Research Progress on Soil Seed Bank: A Bibliometrics Analysis. Sustainability, 12(12), 4888–4888. https://doi.org/10.3390/su12124888

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

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