

Semillas dispersadas por aves a través de trampas de semillas bajo perchas artificiales como una alternativa de fuentes semilleras para la restauración ecológica del bosque alto andino.

Presentado por: Andrea del Pilar García Rivera

Director: José Ignacio Barrera Cataño

Asesor: Néstor Peralta Zapata

Trabajo de grado para optar al título de Magister en Restauración Ecológica

Pontificia Universidad Javeriana- Bogotá, Colombia

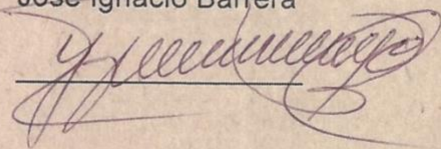
Enero 31- 2022

Mayo 23- 2023

Cordial Saludo,

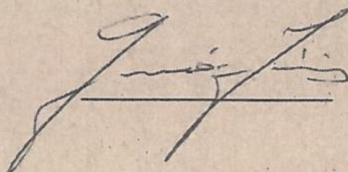
Firmas de director

José Ignacio Barrera

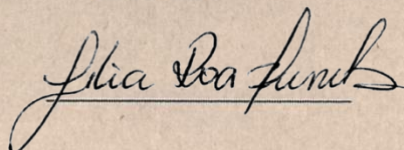


Firma Jurados

Germán Jiménez



Lilia Roa



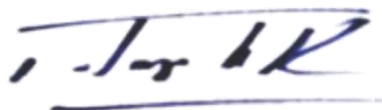
Francisco Torres



“SEMILLAS DISPERSADAS POR AVES A TRAVÉS DE TRAMPAS DE SEMILLAS BAJOPERCHAS
ARTIFICIALES COMO UNA ALTERNATIVA DE FUENTES SEMILLERAS PARA LA RESTAURACIÓN
ECOLÓGICA DEL BOSQUE ALTO ANDINO”

ANDREA DEL PILAR GARCÍA RIVERA

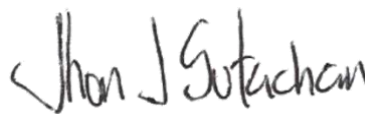
APROBADO POR



Alba Alicia Trespalacios Rangel, Ph.D.

Decana

Facultad de Ciencias



Jhon Jairo Sutachan Rubio, Ph.D.

Director de Posgrados

Facultad de Ciencias

Pontificia Universidad Javeriana Maestría en

Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias

Bogotá D.C. Mayo, 2024

Tabla de contenido

ÍNDICE DE TABLAS.....	3
ÍNDICE DE FIGURAS.....	4
RESUMEN.....	5
ABSTRACT	5
NOTA DE ADVERTENCIA	6
1. INTRODUCCIÓN	7
2. OBJETIVO GENERAL.....	8
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
3. JUSTIFICACIÓN.....	8
5. MÉTODOS.....	11
5.1 ZONA DE ESTUDIO	11
5.2 INSTALACIÓN DE PERCHAS ARTIFICIALES Y TRAMPAS DE SEMILLAS.....	12
5.3 TOMA DE DATOS EN LAS PERCHAS ARTIFICIALES	15
5.4 COLECTA DEL MATERIAL	16
5.5 SEPARACIÓN DEL MATERIAL	17
5.6 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE MORFOTIPOS	18
5.7 ANÁLISIS DE SIMILARIDAD DE LA DISPERSIÓN ENTRE LOCALIDADES	19
5.7 PRUEBAS DE VIABILIDAD	19
5.8 SIEMBRA DE SEMILLAS EN EL VIVERO.....	19
5.9 CLASIFICACIÓN DEL USO POTENCIAL DE LAS ESPECIES	20
5.9.1 MUESTREO DE AVES	20
6. RESULTADOS	21
6.1 DIVERSIDAD DE SEMILLAS DISPERSADAS POR AVES EN LA RESERVA BIOLÓGICA EL ENCENILLO	21
6.2 ABUNDANCIAS DE LAS SEMILLAS PARA CADA LOCALIDAD	25
6.3 VIABILIDAD DE LAS SEMILLAS	29
6.4 ANÁLISIS DE SIMILARIDAD DE LA DISPERSIÓN ENTRE LOCALIDADES	30
6.5 RESULTADOS DE TRATAMIENTOS PRE GERMINATIVOS Y SIEMBRA DE SEMILLAS	31
6.6 USO POTENCIAL DE LAS ESPECIES CAPTURADAS PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA	31
6.7 RESULTADOS EN LA DIVERSIDAD DE AVES	32
6.8 RESULTADOS DE LAS OBSERVACIONES DE AVES EN LAS PERCHAS ARTIFICIALES	37
7. DISCUSIÓN	38
7.1 ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE SEMILLAS DISPERSADAS POR AVES EN LA RESERVA BIOLÓGICA EL ENCENILLO	38
7.2 VIABILIDAD DE LAS SEMILLAS	40
7.3 SIEMBRA DE SEMILLAS CAPTURADAS POR LAS TRAMPAS.....	40
7.4 USO POTENCIAL DE LAS ESPECIES CAPTURADAS.....	41
7.5 AVES OBSERVADAS EN LAS LOCALIDADES.....	41
7.6 AVES OBSERVADAS EN LAS PERCHAS ARTIFICIALES.....	42
7.7 ALTERNATIVA COMO FUENTE SEMILLERA PARA PROCESOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA.....	42
8. IMPREVISTOS DEL PROYECTO	44
9. CONCLUSIONES	45
10. RECOMENDACIONES.....	46
LITERATURA CITADA	47

Índice de Tablas

– Tabla 1. Localidades y ubicación de las perchas artificiales para la recolección de semillas de especies nativas dispersadas por aves _____	13
– Tabla 2. Morfotipos de todas las semillas encontradas organizadas según su aparición en el tiempo_____	21
– Tabla 3. Semillas de especies encontradas en las trampas de la localidad Casa de Abejas. _____	26
– Tabla 4. Semillas de especies encontradas en las trampas de la localidad Bosque Toyota. _____	27
– Tabla 5. Semillas de especies encontradas en las trampas de la localidad Alisos. _____	28
– Tabla 6. Especies utilizadas para las pruebas de Viabilidad. _____	29
– Tabla 7. Resultados de la siembra de semillas colectadas de las trampas. _____	31
– Tabla 8. Listado de especies de aves observadas _____	34
– Tabla 9. Aspectos generales de la recolección de semillas, una comparación de tipo tradicional y con estructuras complementarias _____	43

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de localización de La Reserva Biológica el Encenillo _____	12
Figura 2. Perchas artificiales instaladas en la localidad de Bosque Toyota _____	13
Figura 3. Perchas artificiales instaladas en la localidad de Bosque Casa de Abejas _____	14
Figura 4. Perchas de semillas con trampas artificiales instaladas en la localidad de Bosque Alisos _____	14
Figura 5. Altura de Perchas con trampas artificiales instaladas en el sector de bosque Toyota _____	15
Figura 6. Proceso de colecta de las semillas en las perchas artificiales _____	15
Figura 7. Fecas de aves sobre las trampas de semillas con semillas de Guaba (<i>Phytolacca bogotensis</i>). _____	15
Figura 8. Vista de la trampa de semillas colocadas debajo de la percha _____	16
Figura 9. a) Semillas colectadas en un vaso plástico b) semillas guardadas en frascos de vidrio por trampa debidamente rotulados _____	17
Figura 10. Estimación del número de semillas menores a 1mm de diámetro _____	18
Figura 11. Observación de semillas con diámetro menor a 1mm, (aumento de 10X) _____	18
Figura 12. Siembra de las semillas en el banco o cama de semillas _____	20
Figura 13. Germinación de algunos morfotipos _____	20
Figura 14. Muestreos de aves en la localidad de Alisos _____	21
Figura 15. Sumatoria y promedio de semillas en cada localidad _____	26
Figura 16. Abundancia de semillas obtenidas para la localidad de Casa de Abejas _____	27
Figura 17. Abundancia de semillas obtenidas para la localidad de Bosque Toyota _____	28
Figura 18. Abundancia de semillas obtenidas para la localidad de Alisos _____	29
Figura 19. Gráfico de conglomerados evidenciando la similaridad de especies entre localidades. _____	30
Figura 23. Gráfico de las especies abundantes para las tres localidades _____	35
Figura 24. Especies observadas en la Reserva Biológica El Encenillo _____	36
Figura 25. Gráfico de individuos por gremio alimenticio _____	36
Figura 27. <i>Turdus fuscater</i> observada en la percha artificial _____	38
Figura 28. <i>Cacicus chrysonotus</i> Observada en la percha artificial _____	38
Figura 29. Fotografías tomadas el día del imprevisto en el momento de ingreso de los caballos al predio donde las trampas fueron destruidas _____	44

Resumen

Un proceso muy importante para la restauración ecológica es buscar metodologías de fuentes semilleras que garanticen la generación de material vegetal que permita la recuperación de áreas degradadas manteniendo la diversidad genética existente para la propagación de semillas en viveros. Los bosques altoandinos son ecosistemas de gran importancia para la regulación hídrica y cuentan con una alta diversidad de especies vegetales que proveen alimento a las aves. Para ello, se planteó la evaluación de la diversidad, abundancia, viabilidad y germinación de semillas dispersadas por aves, mediante el uso de quince perchas artificiales con trampas de semillas, para establecer el potencial de esta metodología como una fuente semillera complementaria a los realizados en el vivero de la Reserva Biológica el Encenillo. Se obtuvo un total de 10.250 semillas de 12 familias botánicas, principalmente de arbustos y hierbas con importancia en procesos de restauración ecológica como *Hesperomeles goudotiana*, *Cavendishia bracteata* y con alta viabilidad como *Morella pubescens* y *Miconia ligustrina*. Las semillas fueron dispersadas por aves oportunistas de zonas abiertas y bordes de bosque como *Turdus fuscater* y *Cacicus chrysonotus*. Los resultados obtenidos pueden indicar que esta metodología tiene potencial como una estrategia complementaria de fuentes semilleras para la propagación de un gran número de semillas en un periodo de tres meses, con ayuda de viveros para la propagación de especies nativas para procesos de restauración ecológica.

Abstract

An important process for ecological restoration is to search seed source methodologies that guarantee the generation of plant material that allows the recovery of degraded areas while maintaining the existing genetic diversity for the propagation of seeds in nurseries. The high Andean forests are important ecosystems for water regulation and have a high diversity of plant species that provide food for birds. Here we proposed the evaluation of the diversity, abundance, viability and germination of seeds dispersed by birds, through fifteen artificial perches with seed traps, to establish the potential of this methodology as a complementary seed source in the nursery in the Biological Reserve "El Encenillo". A total of 10,250 seeds from 12 families were obtained, mainly shrubs and herbs with importance in ecological restoration processes such as *Hesperomeles goudotiana*, *Cavendishia bracteata* y con alta viabilidad como *Morella pubescens* y *Miconia ligustrina*. The seeds were dispersed by opportunistic birds from open areas and forest edges such as *Turdus fuscater* and *Cacicus chrysonotus*. The results obtained here, can indicate the potential of this methodology as a complementary strategy of seed sources for the propagation of a large number of seeds in a period of three months, with the help of nurseries for the propagation of native species for ecological restoration processes.

Nota de advertencia

“La universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Sólo velará porque no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y porque las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vean en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia.”

Artículo 23, Resolución No 13 del 6 de Julio de 1946, por la cual se reglamenta lo concerniente a tesis y exámenes de grado en la Pontificia Universidad Javeriana.

1. Introducción

La restauración ecológica es el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido (SER, 2004; McDonald et al 2016; y McDonald et al 2019). En este proceso es muy importante contar con metodologías para la obtención de material vegetal que apoyen la recuperación de áreas degradadas, manteniendo la diversidad genética de los ecosistemas existentes (Vander Mijnsbrugge et al 2010). Algunas de las estrategias más utilizadas para lograr este objetivo es la propagación de especies nativas en viveros a partir de fuentes semilleras por medio de personas que monitorean el desarrollo de árboles seleccionados para posteriormente coleccionar las semillas y trasladarlas al vivero (Vander Mijnsbrugge et al, 2010; McDonald et al, 2016; Vitis et al, 2020). Sin embargo, existen desafíos con la recolección y el suministro de semillas de especies de plantas nativas (Vargas et al, 2021) toda vez que, la selección de fuentes semilleras se puede limitar y depender más de factores logísticos, como la accesibilidad a los lugares o la altura de los árboles, y no de factores que tengan en cuenta la diversidad poblacional (Broadhurst et al. 2008; Mijnsbrugge et al, 2010; Erickson et al. al.2020). Esto puede influenciar notablemente la diversidad genética de plantas intra e interespecífica de las áreas en procesos de restauración.

En los bosques tropicales cerca del 80% de las especies vegetales dependen de las aves para su dispersión (Tello 2003; Hardesty, 2005; Wenny, 2016; Sebastián-González, 2017), este proceso puede ayudar al reclutamiento de especies vegetales, ya que las aves al consumir los frutos con semillas las defecan y pueden llegar a sitios ideales para lograr su establecimiento, produciendo parte de la heterogeneidad presente en los ecosistemas (Howe & Smallwood 1982; Bascompte et al. 2006; Ángulo-Rubiano, 2011). Esto indica, que las aves pueden jugar un papel importante en el mantenimiento de la diversidad de plantas (Galindo 1998; Howe & Miriti 2004; Traveset & Nogales, 2014). Las plantas dispersadas pueden ser árboles, arbustos, hierbas o lianas (Mostacedo & Fredericksen, 2000), característica que se da gracias a la capacidad de locomoción de las aves y la diversidad de especies de frugívoras en este grupo que les permite llegar a diferentes espacios del paisaje para alimentarse (Sekercioglu, 2006; St-Amand et al, 2018), consumir frutos de varias especies y a su vez de varios individuos de una misma especie, lo que puede aumentar la variabilidad genética y la cantidad de semillas que están siendo dispersadas en el ecosistema.

Por este motivo se quiso caracterizar, mediante el uso de perchas artificiales para aves y trampas de semillas, cuales son aquellas características cualitativas y cuantitativas de las semillas dispersadas por aves, evaluando su viabilidad y discutiendo esta técnica como posible alternativa de fuentes semilleras para la restauración ecológica de los bosques altoandinos.

2. Objetivo general:

Conocer el potencial de las semillas dispersadas por aves en trampas de semillas bajo perchas artificiales como alternativa de fuentes semilleras para la restauración ecológica de los bosques altoandinos.

2.1 Objetivos específicos:

- Identificar y cuantificar las abundancias de las semillas dispersadas por aves en trampas de semillas bajo perchas artificiales adyacentes a coberturas vegetales de un bosque alto andino.
- Evaluar la viabilidad de las semillas dispersadas por aves en un bosque alto andino.
- Describir el uso potencial de las semillas, que están siendo dispersadas por aves en un bosque alto andino, en procesos de restauración ecológica.
- Conocer las especies de aves que utilizan las perchas artificiales como posibles dispersoras.

3. Justificación

Los viveros hacen parte esencial de los procesos de restauración, no solamente para la vinculación de las comunidades locales en los procesos de restauración ecológica, si no también, por la necesidad de un constante abastecimiento de material vegetal para las zonas en proceso de restauración para con esto lograr, que los procesos de restauración ecológica perduren en el tiempo.

Este estudio contempla el proceso de dispersión de semillas como un servicio ecosistémico que prestan las aves a las plantas, y que tiene como objetivo alejar las semillas del árbol parental para así aumentar las probabilidades de germinación y establecimiento de las semillas en sitios lejanos a su procedencia. Cabe mencionar que el uso de la dispersión de semillas por las aves, que además de ser un servicio ecosistémico constante e indispensable para el mantenimiento de la heterogeneidad de los bosques, también puede crear un vínculo entre las comunidades y las aves, que pueden generar a largo plazo la conservación de la diversidad presente en un territorio.

En términos de la restauración ecológica y su estrecha relación con la producción de plantas en vivero, existen algunas limitaciones para conseguir semillas de plantas nativas para procesos de restauración mediados por viveros. Por este motivo se puede considerar este estudio como un ejemplo de una estrategia complementaria gracias al uso de perchas artificiales con trampas de semillas para la captura de material vegetal para ser propagado en viveros y que provenga del proceso de dispersión de semillas.

4. Marco teórico

Los bosques altoandinos contienen una gran diversidad de especies de flora y fauna (Rangel 2002; Bruijnzeel, et al 2010), dichos ecosistemas son esenciales para la regulación del ciclo hídrico en zonas altas de las montañas (Avellana et al, 2014), algunas de sus características principales es la presencia de una alta humedad en la atmósfera y niebla, generada por la condensación de aire caliente, que a su vez crea una especie de nubosidad en el ambiente (Velasco-Linares & Vargas, 2008). Esta característica permite que el ecosistema capte la humedad en el ambiente, considerada una adaptación crucial para el mantenimiento de los ciclos hídricos (Cavelier et al, 1997). A pesar de su importancia, estos ecosistemas en la actualidad se encuentran amenazados por varios factores como la deforestación, la ganadería y la agricultura, reconocidas como actividades producidas por el hombre (Rangel-Ch ,2004; Armenteras & Retana, 2013). Adicionalmente, existen otras a mayor escala, como la fragmentación de hábitats, el cambio climático y la llegada de especies invasoras (Velasco-Linares & Vargas, 2008; Mora et al 2015; Quintero et al. 2017), que aumentan su potencial de reducción en el tiempo.

En Colombia este ecosistema, se encuentra en alto grado de amenaza y como consecuencia de los factores mencionados anteriormente, en la actualidad para el país solo resta una décima parte de este ecosistema (Quintero et al, 2017), es decir que se ha transformado aproximadamente un 93% del ecosistema original (Cavelier et al, 1997; Velasco-Linares & Vargas, 2008). Por este motivo, se debe convertir en una tarea esencial, el generar procesos de restauración ecológica en los bosques alto andinos, no solo para preservar en el tiempo los servicios que estos prestan a la biodiversidad y las comunidades que subsisten de él, que en la actualidad son aproximadamente seis millones de personas entre zonas urbanas y rurales (Quintero et el, 2017) pero también garantizar en el tiempo su representatividad en el país.

La restauración ecológica como disciplina, se encuentra en una constante búsqueda de estrategias que puedan incrementar la efectividad de las acciones de restauración, es por eso que una de las estrategias frecuentemente utilizadas para incrementar la lluvia de semillas en áreas en proceso de restauración ecológica es el uso perchas artificiales, las cuales pueden aumentar la heterogeneidad estructural de las zonas potrerizadas, mediante la atracción de aves dispersoras de semillas, brindándoles nuevos espacios de descanso (McDonnell & Stiles,1983; Shieds & Walker, 2003; Guidetti et al, 2016).

Una metodología complementaria a las perchas, son las trampas de semillas que sirven para atrapar semillas dispersadas por aves. Estas son colocadas bajo las estructuras artificiales (Velasco-Linares et al, 2008). De esta forma, variables como la cercanía a la fuente de propágulos y la forma de la percha artificial pueden mejorar la eficacia (Mc Donell & Stiles, 1983; Holl, 1998; Zanini & Ganade, 2005; Holl et al, 2000; Velasco-Linares et al, 2008; Graham & Page, 2012). Por lo tanto, algunos autores recomiendan construir perchas lo más

similares posibles a un árbol natural (Holl, 1998), y ubicarlas a distancias menores de nueve metros del bosque nativo para obtener mayor cantidad de semillas capturadas (Wunderle 1997; Holl et al 2000; Velasco-Linares, 2008; Peralta-Zapata, 2016).

Cabe mencionar que, las semillas dispersadas por aves que caen bajo perchas en áreas degradadas, llegan al suelo y quedan a la espera de las condiciones óptimas para germinar (Varela & Arana 2011) haciendo que en algunos casos las semillas no puedan superar su latencia (Kildisheva, 2020), pierdan su viabilidad y/o se vean sometidas a barreras, como la baja tasa de germinación o la competencia con otras especies (Holl, 1998, Velasco-Linares 2008). Barreras que terminan reduciendo su establecimiento y, por lo tanto, el servicio ecosistémico que las aves prestan a los procesos de recuperación vegetal. Sin embargo, el paso de las semillas por el tracto digestivo de las aves, es un proceso que ayuda a las semillas a realizar la escarificación de la cubierta externa de la semilla que incrementa la permeabilidad del embrión para la obtención de agua y nutrientes para su posterior crecimiento (Traveset 1998; Pedrini et al, 2020). Por otro lado, hay otros autores que proponen que este paso por el tracto puede ser contraproducente con las semillas, debido a que podrían triturarlas o dañarlas (Samuels & Levey, 2005; Domínguez-Domínguez, et al 2006). A pesar de lo anterior, no hay muchos estudios que prueben el resultado de ubicar en viveros las semillas después de haber pasado por el tracto de aves, para ser utilizadas en procesos de restauración ecológica, para conocer cuál sería entonces el aporte de estos organismos en los procesos de restauración asistida (Reid & Holl, 2012).

En la restauración ecológica los viveros son considerados elementos claves para la producción de material vegetal, debido a que se garantizan las condiciones óptimas para que las semillas germinen, se establezcan y las plántulas alcancen un tamaño adecuado para prosperar en las condiciones adversas de los ecosistemas degradados (IAVH et al. 2008). Se conoce que el éxito de los procesos de restauración ecológica que tienen como fuente principal las semillas de plantas nativas, dependen del entendimiento de su procedencia y el fin que tendrán como plántulas (Isuasty-Torres et al, 2014), para ello es indispensable realizar investigación para aumentar el conocimiento de las semillas en términos de sus aspectos morfológicos, su dispersión, germinación y establecimiento (Isuasty-Torres et al, 2014).

Adicionalmente, se conoce que la obtención de semillas es considerada una opción rentable en los procesos de restauración, comparado con la siembra de plántulas (Pedrini et al, 2020). Sin embargo, en los proyectos de restauración ecológica, no es frecuente realizar investigaciones que lleven incrementar la propagación de semillas nativas debido a que los costos de investigación que se incurren para hacerlo pueden ser elevados (Kildisheva et al, 2020). Para ello, una de las formas para asegurar que las semillas que se colectan son viables, es por medio de pruebas de viabilidad y germinación (González-Zertuche & Orozco-Segovia, 1996, Pedrini et al 2020, Kildisheva et al 2020). Para hallar la viabilidad de una semilla, es necesario saber si la semilla cuenta con un embrión desarrollado y conocer cuál es el tipo de

latencia de dicha semilla (Kildisheva et al, 2020). Esto podría indicar los tratamientos pregerminativos que necesitaría dicha especie, hasta que la semilla logre germinar y establecerse, que en este caso mostrarían una diferencia dependiendo del vector de dispersión y su proveniencia.

Por este motivo, este estudio se ha enfocado en conocer la utilidad para los procesos de restauración ecológica, las semillas de especies de plantas nativas dispersadas por aves que se propagan en vivero en un bosque alto andino, mediante la utilización de perchas artificiales y trampas de semillas.

La propuesta comprende la identificación de las semillas y las pruebas de viabilidad además de realizar tratamientos de hidratación con variaciones de temporalidad para hacer una comparación sobre la efectividad en la germinación, sobrevivencia de semillas provenientes del proceso de dispersión por aves, con el fin de que dichas variables estimadas se puedan contemplar dentro de los procesos de restauración ecológica como una fuente de una diversidad de semillas para la propagación.

5. Métodos

5.1 Zona de estudio

Este estudio se llevó a cabo en La Reserva Biológica El Encenillo entre los meses de agosto y noviembre del año 2021, que corresponde a un área protegida privada de la sociedad civil propiedad de la Fundación Natura. La reserva se encuentra localizada en la vereda La Trinidad del municipio de Guasca departamento de Cundinamarca entre los 2.800 y 3.200 msnm, y cuenta con 206 hectáreas las cuales tienen el propósito de conservar los bosques de Encenillo y la diversidad de especies de flora y de fauna (**Figura 1**).

El área de estudio cuenta con una temperatura que oscila entre 4°C y 21°C, y la precipitación promedio es de 933 mm/año (IGAC, 2000). El sitio corresponde a la franja de vegetación de bosque alto andino con zonas de transición, bosques conservados y coberturas de arbustales en recuperación, asociados a fuentes de agua con presencia de pastos exóticos en algunos sitios de potreros.

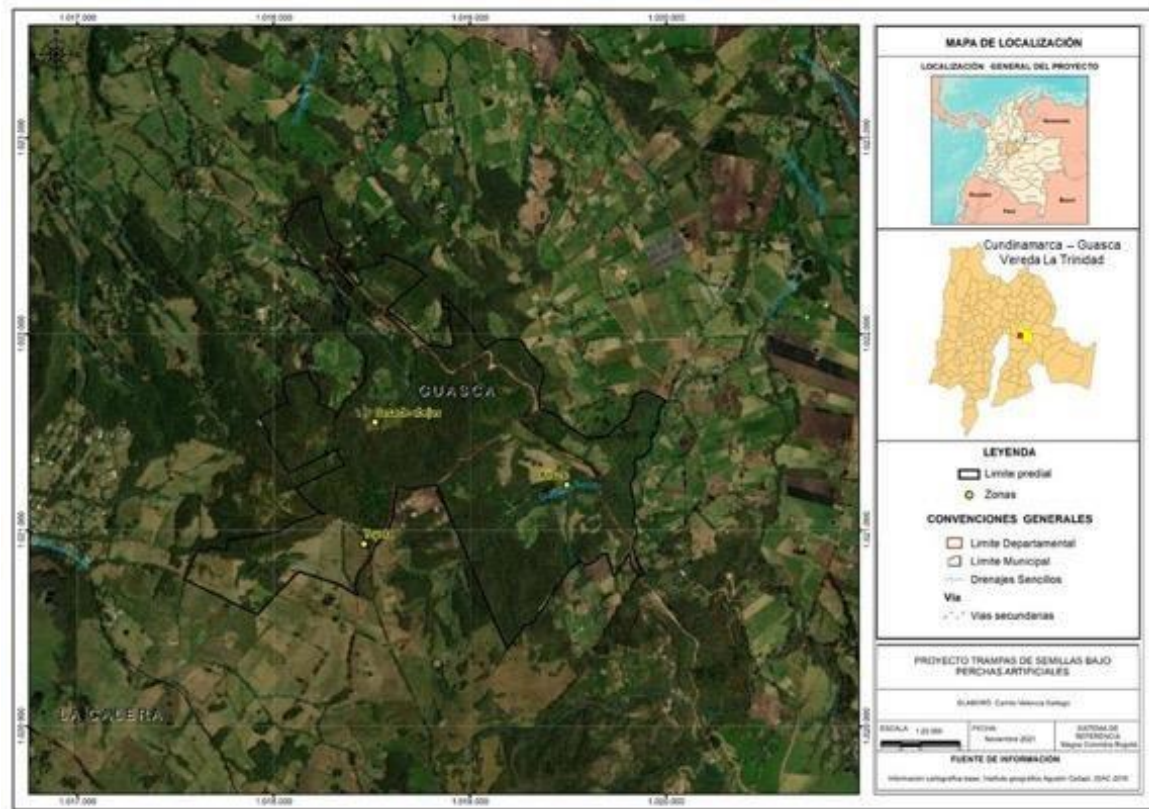


Figura 1. Mapa de localización de La Reserva Biológica el Encenillo

5.2 Instalación de perchas artificiales y trampas de semillas

Para realizar la evaluación de las semillas de plantas nativas que son dispersadas por las aves para procesos de restauración ecológica, se llevaron a cabo dos estrategias, la primera consistió en la instalación de 15 perchas artificiales de 9.0 metros de altura, utilizando varas secas de la especie Eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.) debido a una disponibilidad de este material en la Reserva Biológica el Encenillo. Las perchas fueron instaladas en tres zonas adyacentes a coberturas arbustivas, dichas localidades seleccionadas dentro de la reserva fueron Bosque Toyota, Casa abejas y Alisos (Ver **Figura 2**, **Figura 3** y **Figura 4**).

La ubicación de las perchas fue realizada en las tres zonas debido a la cercanía de zonas abiertas con bosques secundarios permitiendo la observación de individuos de aves acercarse a las estructuras. Para cada localidad se instalaron cinco perchas a 8 metros de manera perpendicular al borde de bosque (Holl et al 2000), además, los sitios se escogieron teniendo en cuenta las zonas de mayor tránsito y forrajeo de las aves gracias a observaciones que realizadas de manera previa (**Tabla 1**). Las tres localidades corresponden a un bosque secundario que ha crecido por procesos de regeneración natural y de restauración ecológica mediante plantación de especies nativas mediante el uso de núcleos de vegetación principalmente en zonas de potreros.

Tabla 1. Localidades y ubicación de las perchas artificiales para la recolección de semillas de especies nativas dispersadas por aves.

N° PERCHA	LOCALIDAD	Coordenadas Magna Colombia Bogotá MCB		Coordenadas geográficas WGS84	
		X	Y	Longitud	Latitud
1	Alisos	1019465.848	1021189.973	-73.902035	4.787801
2	Alisos	1019480.167	1021193.792	-73.901906	4.787835
3	Alisos	1019485.97	1021208.397	-73.901854	4.787967
4	Alisos	1019501.467	1021252.475	-73.901714	4.788366
5	Alisos	1019502.123	1021267.474	-73.901708	4.788501
1	Casa de abejas	1018485.742	1021541.995	-73.91087	4.790986
2	Casa de abejas	1018484.583	1021533.049	-73.91088	4.790905
3	Casa de abejas	1018484.479	1021525.892	-73.910881	4.790841
4	Casa de abejas	1018483.637	1021515.367	-73.910889	4.790745
5	Casa de abejas	1018481.844	1021505.367	-73.910905	4.790655
1	Toyota	1018438.163	1020967.496	-73.9113	4.785791
2	Toyota	1018447.299	1020955.382	-73.911217	4.785682
3	Toyota	1018454.587	1020943.069	-73.911152	4.78557
4	Toyota	1018458.116	1020925.098	-73.91112	4.785408
5	Toyota	1018466.592	1020911.957	-73.911044	4.785289



Figura 2. Perchas artificiales instaladas en la localidad de Bosque Toyota



Figura 3. Perchas artificiales instaladas en la localidad de Bosque Casa de Abejas.

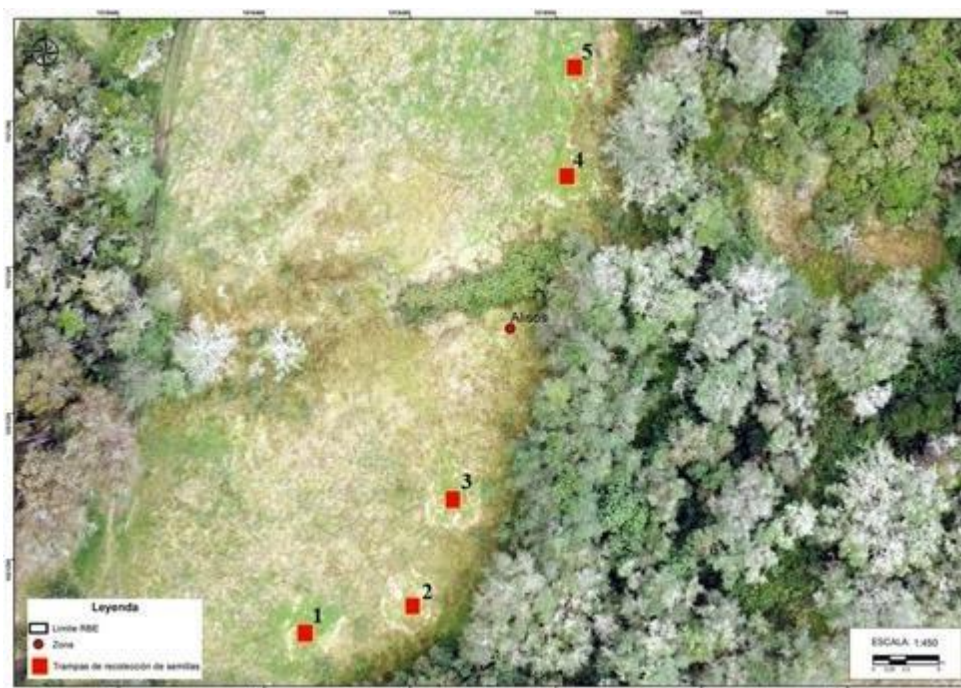


Figura 4. Perchas de semillas con trampas artificiales instaladas en la localidad de Bosque Alisos

5.3 Toma de datos en las perchas artificiales

Cada percha tuvo una altura aproximada de 9 metros, debido a que es el tamaño promedio de la cobertura arbustiva presente en el área de estudio (Figura 5), lo que se ha reportado como efectivo para aumentar el establecimiento de plantas dispersadas por aves bajo perchas artificiales (Holl et al, 2000; Velasco-Linares et al, 2008; Peralta-Zapata, 2016). Para la distancia entre perchas, se tomó nueve metros entre cada una de ellas, con el fin de dar independencia a cada una de las estructuras (Holl,1998).



Figura 5. Altura de Perchas con trampas artificiales instaladas en el sector de bosque Toyota

Para realizar la captura de las semillas se utilizó la estrategia de trampas de semillas debajo de las perchas artificiales, con el fin de recolectar las semillas que están siendo defecadas por las aves que se posan en las perchas (**Figura 6** y **Figura 7**).



Figura 6. Proceso de colecta de las semillas en las perchas artificiales



Figura 7. Fecas de aves sobre las trampas de semillas con semillas de Guaba (*Phytolacca bogotensis*).

Las trampas de semillas tuvieron un área de recolección de $2,25 \text{ m}^2$ con una bolsa de malla de poliéster, con orificios de menos de 1 mm (Stevenson & Vargas, 2008) (**Figura 8**). Para sostener las trampas, se utilizaron varas de madera como estacas ancladas al suelo, y la distancia al suelo fue de aproximadamente 10 cm.

Las trampas de semillas se revisaron cada quince días como lo recomienda Reid y colaboradores en 2012, para coleccionar el material proveniente de las aves mediante el uso de vasos plásticos y frascos de vidrio. Después de la colecta se realizó una clasificación y separación de los diferentes morfotipos encontrados en un recinto cerrado dentro de la Reserva Biológica El Encenillo.

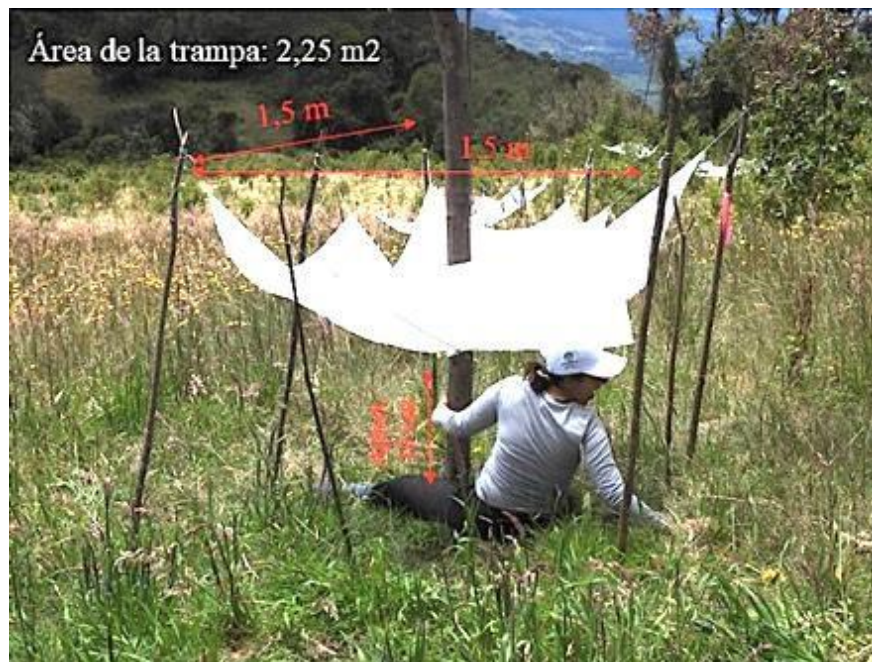


Figura 8. Vista de la trampa de semillas colocadas debajo de la percha.

5.4 Colecta del material

El material fue coleccionado mediante el uso de vasos plásticos, de vidrio y tarjetas de plástico que facilitaron la recolección de las semillas en las trampas (**Figura 9**). Posteriormente se dispuso el material en frascos de vidrio rotulados por trampa y localidad, para, luego llevar las muestras a un proceso de secado, separado, conteo e identificación de los morfotipos obtenidos en cada trampa, por medio de estereoscopio, lupa o en el caso de semillas grandes visualmente.



Figura 9. a) Semillas colectadas en un vaso plástico b) semillas guardadas en frascos de vidrio por trampa debidamente rotulados

5.5 Separación del material

La separación del material se realizó utilizando pinzas de punta fina y una lupa de mano de 10X de aumento para separar las semillas más grandes y para las semillas más pequeñas de menos de 0.1mm se utilizó un estereoscopio de marca Motic de Referencia Eco T-30 con un lente WF10X. Posterior a la separación se realizó el conteo de cada uno de los morfotipos encontrados en cada trampa, con el fin de conocer cuántas semillas había por morfotipo.

Para el caso de las semillas más pequeñas se realizó una estimación en un plato petri, para esto se esparció la muestra que contenía semillas de manera homogénea en todo el plato. Previamente fue seleccionada un área de 1cm² y se contaron en esta área preseleccionada todas las semillas estereoscópicas identificadas, paso seguido y teniendo en cuenta el radio del plato petri (58 cm), se calculó el área del plato; calculada esta información (área de plato), se multiplico el número de semillas por especies encontradas en el área de 1 cm² y se multiplicaron por 58, estimando así el número de semillas que probablemente se podían encontrar en el total del plato, es importante mencionar, que para reducir el error, y mejorar la confiabilidad de la estimación, este proceso se realizó 3 veces por tipo de semilla encontrada (**Figura 10** y **Figura 11**).

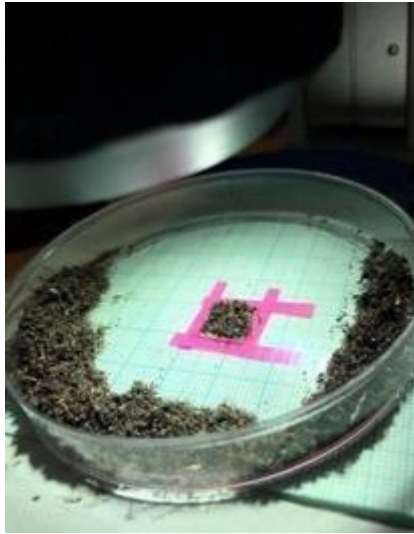


Figura 10. Estimación del número de semillas menores a 1mm de diámetro.



Figura 11. Observación de semillas con diámetro menor a 1mm, (aumento de 10X).

5.6 Identificación y clasificación de morfotipos

El proceso de aprendizaje en la identificación de morfotipos contemplo, dentro de las visitas en campo, la realización de recorridos libres de observación con el fin de observar la disponibilidad de frutos o estados fenológicos de las especies vegetales, con lo cual se pudo conocer, las formas y tipos de frutos, así como la morfología de las semillas, proceso que serviría más adelante como el principal insumo de identificación de las semillas capturadas en las trampas. Es importante mencionar, que los resultados de estos recorridos libres de observación, se consolidaron en el catálogo de colección de referencia y que lleva por nombre “Semillas dispersadas por aves en la reserva biológica El Encenillo” el cual hace parte de los anexos del presente estudio.

Para la identificación de las plantas observadas en los recorridos de observación, se realizó una búsqueda de literatura de las semillas de plantas de bosque alto andino, con influencia en cercanías a la reserva del presente estudio, posteriormente se compararon los morfotipos hallados en campo, con colecciones botánicas como la del herbario de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, la cual utiliza el sistema de clasificación APG (2009). Adicionalmente, se consultaron las bases de datos del Missouri Botanical Garden (Tropicos.org), New York Botanical Garden entre otros. Conjuntamente con la identificación de plantas con frutos disponibles, se procedió a realizar una colecta de material vegetal, con el fin de extraer las semillas y llevarlas al estereoscopio para conocer su tamaño, describir así caracteres sobre su forma, su cubierta, su color y demás características, que permitieran tener certeza a la hora de la identificación de las semillas capturadas en las trampas. Este proceso permitió generar un conocimiento de las semillas de esta zona, además de conocer otros aspectos como los hábitos de las plantas evaluadas, los colores de sus flores, su posición dentro de la estructura vertical del bosque entre otros aspectos.

5.7 Análisis de similitud de la dispersión entre localidades

Según los resultados obtenidos posteriores al conteo de morfotipos por especie de semillas capturadas en las trampas, se propuso un análisis comparativo, para conocer la similitud que pueda existir entre las localidades muestreadas en términos de las especies de semillas encontradas. El análisis se realizó mediante el uso del programa PAST (Harper, 2001).

5.7 Pruebas de Viabilidad

Para medir la respuesta germinativa de las semillas se realizaron pruebas de viabilidad, con el fin de estimar el porcentaje de semillas viables encontradas en las trampas de semillas (González-Zertuche, 1996; Pedrini et al 2020, Kildisheva et al 2020).

Las pruebas de viabilidad se realizaron mediante el método de flotación el cual consistió en utilizar 20 o más semillas de los morfotipos que se colectaron en las trampas, con el fin de contar el número de las semillas vacías (no viables) las cuales flotan luego de sumergirlas en agua. Posteriormente, se estimó el porcentaje de viabilidad de cada morfotipo, teniendo en cuenta el número de semillas totales y el número de semillas no viables.

$$\% \text{ de Viabilidad por especie} = \frac{\text{Número de semillas totales en el plato} - \text{Número de semillas no viables}}{\text{Número de semillas totales en el plato}} * 100$$

Para realizar las pruebas se colocaron 20 o más semillas en un plato de Petri con suficiente agua hasta cubrir la totalidad de estas. Después de tener las semillas hidratadas, luego se dejaron aproximadamente 50 minutos para diferenciar las viables de las no viables, es decir aquellas que no flotaban y las que si lo hacían. Se descartaron las semillas que fueron inviables para los tratamientos de hidratación posteriores.

5.8 Siembra de semillas en el vivero

Las semillas que se colectaron en las trampas se separaron en los diferentes morfotipos según sus características morfológicas. Para los morfotipos con números de semillas mayores a 20 se realizaron tratamientos pre germinativos de hidratación, para ello se realizaron tres tratamientos uno de 8 horas otro de 12 y el último de 24 horas para reconocer un posible efecto en el incremento de la velocidad y número de semillas germinadas de cada morfotipo. Posteriormente se sembraron las semillas en camas de germinación donde para el sustrato se colocó 3 partes de capote por una de bosque, 3 partes de tierra negra, 6 partes de turba de coco y 1 parte de arena de río. Para la siembra del material colectado en las trampas de semillas, se utilizó una cama de germinación de 15 cm de profundidad por 5 metros de

longitud (**Figura 12** y **Figura 13**). El riego se realizó los días lunes, miércoles y sábados en horas de la tarde 2:00 a 4:00 pm durante aproximadamente una hora.



Figura 12. Siembra de las semillas en el banco o cama de semillas.



Figura 13. Germinación de algunos morfotipos

5.9 Clasificación del uso potencial de las especies

Por medio de literatura se obtuvo información sobre las especies de semillas capturadas en las trampas, con el fin de realizar una clasificación del hábito de dichas especies con el fin de identificar el uso potencial de dichas especies para procesos de restauración ecológica que se puedan llevar a cabo en la reserva biológica el Encenillo.

La clasificación se realizó teniendo en cuenta la descripción del tipo de crecimiento de las especies y la altura de los individuos a lo largo de su ciclo de vida.

5.9.1 Muestreo de aves

Para la toma de datos de aves se realizaron 4 muestreos para cada localidad en tres franjas horarias 1) Inicio de la mañana (6:00- 8:00), 2) media mañana (8:00- 10:00) y 3) tarde (2:00- 5:00 (Bonilla & Espinoza, 2005). Las observaciones se realizaron mediante el uso de binoculares Nikon Monarch (8X42) con el fin de identificar las especies que hicieron uso de la estructura de percha. El muestreo para cada localidad se realizó mediante jornadas de observación durante 15 minutos en un punto fijo para cada una de las perchas artificiales iniciando siempre desde la trampa uno hasta la trampa cinco, para un total de una hora y veinticinco minutos en cada localidad. Se tuvo en cuenta la especie, el número de individuos presentes en el muestreo y el comportamiento que tuvieran frente a la percha. Adicional a esto se tomaron fotografías de las especies de aves que se percharon por más de 3 segundos en la estructura como confirmación de su uso (Peralta-Zapata, 2016), mediante el uso de una cámara Nikon P900 (**Figura 14**).



Figura 14. Muestreos de aves en la localidad de Alisos.

6. Resultados

6.1 Diversidad de semillas dispersadas por aves en la Reserva Biológica El Encenillo.

Como resultado del proceso de evaluación y recolección de semillas en las trampas instaladas se tuvo un número total de 10.250 semillas, evidenciando que estas corresponden a 12 familias botánicas identificadas, 16 géneros y 17 especies (**ANEXO 1**), así como 3 tipos de semillas de las cuales no se logró encontrar información debido a que no se pudo establecer la fuente de procedencia por medio de los recorridos libres de observación de vegetación, pero que por su morfología quedaron catalogadas como morfotipos indeterminados, sin embargo se listan en el catálogo de colección de referencia el cual lleva por nombre “Semillas dispersadas por aves en la reserva biológica El Encenillo (**ANEXO 2**)” (**Tabla 2**).

Tabla 2. Morfotipos de todas las semillas encontradas organizadas según su aparición en el tiempo.

MORFOTIPO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	HÁBITO	TIPO DE DISPERSIÓN
Morfotipo 1	Rosaceae	<i>Rubus bogotensis</i> Kunth	Mora	Arbusto	Zoocoria
Morfotipo 2	Rosaceae	<i>Hesperomeles goudotiana</i> (Decne.) Killip	Mortiño	Arbusto	Zoocoria
Morfotipo 3	Solanaceae	<i>Salpichroa tristis</i> Miers	Tomatillo negro	Arbusto	Zoocoria
Morfotipo 4	Phytolaccaceae	<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth	Guaba	Hierba	Zoocoria
Morfotipo 5	Polygonaceae	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> (Kunth) Meisn.	Bejuco chivo	Hierba	Zoocoria
Morfotipo 6	Solanaceae	<i>Solanum nigrum</i> L.	Yerbamora	Hierba	Zoocoria

MORFOTIPO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	HÁBITO	TIPO DE DISPERSIÓN
Morfotipo 7	Adoxaceae	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Garrocho	Arbusto	Zoocoria
Morfotipo 8	Primulaceae	<i>Myrsine dependens</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	Cucharito	Arbusto	Zoocoria
Morfotipo 9	Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. Ex Roem. & Schult.	Maíz tostado – Cucharo blanco	Árbol	Zoocoria
Morfotipo 10	Myricaceae	<i>Morella pubescens</i> (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Wilbur	Laurel de cera	Arbusto	Zoocoria
Morfotipo 11	Melastomataceae	<i>Miconia ligustrina</i> (Sm.) Triana	Esmeraldo	Arbusto	Zoocoria
Morfotipo 12	Ericaceae	<i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav. Ex J. St. - Hil.) Hoerold	Uva de anís	Arbusto	Zoocoria
Morfotipo 13	Solanaceae	<i>Cestrum buxifolium</i> Kunth	Uvilla – Tinto	Arbusto	Zoocoria
Morfotipo 14	Rubiaceae	<i>Galium hypocarpium</i> (L.) Endl. Ex Griseb.	Coralito – Bruja	Hierba	Zoocoria
Morfotipo 15	Fabaceae	<i>Ulex europaeus</i> L.	Retamo espinoso	Arbusto	Autocoria
Morfotipo 16	Cunoniaceae	<i>Weinmannia tomentosa</i> L. f.	Encenillo	Árbol	Anemocoria
Morfotipo 17	Ericaceae	<i>Gaultheria</i> cf sp.	Cafecitas tostadas	Arbusto	Zoocoria
Morfotipo 18		Indeterminado morfo 1	Semilla enana		
Morfotipo 19		Indeterminado morfo 2	Semilla florecita		
Morfotipo 20		Indeterminado morfo 3	Bananito verde		

Tabla No 3. Caracterización de semillas dispersadas por aves encontradas en las trampas.


Morfotipo	Especie	Nombre común	Fotografía
Morfotipo 1	<i>Rubus bogotensis</i> Kunth	Mora	
Morfotipo 2	<i>Hesperomeles goudotiana</i> (Decne.) Killip	Mortiño	
Morfotipo 3	<i>Salpichroa tristis</i> Miers	Tomatillo negro	
Morfotipo 4	<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth	Guaba	
Morfotipo 5	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> (Kunth) Meisn.	Bejuco chivo	

Tabla No 3. Caracterización de semillas dispersadas por aves encontradas en las trampas.

Morfotipo	Especie	Nombre común	Fotografía
Morfotipo 6	<i>Solanum nigrum L.</i>	Yerbamora	
Morfotipo 7	<i>Viburnum triphyllum Benth.</i>	Garrocho	
Morfotipo 8	<i>Myrsine dependens (Ruiz & Pav.) Spreng.</i>	Cucharito	
Morfotipo 9	<i>Myrsine coriacea (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.</i>	Maíz tostado	
Morfotipo 10	<i>Morella pubescens (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Wilbur</i>	Laurel de cera	

Tabla No 3. Caracterización de semillas dispersadas por aves encontradas en las trampas.

Morfotipo	Especie	Nombre común	Fotografía
Morfotipo 11	<i>Miconia ligustrina</i> (Sm.) Triana	Esmeraldo	
Morfotipo 12	<i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav. ex J. St.-Hil.) Hoerold	Uva de anís	
Morfotipo 13	<i>Cestrum buxifolium</i> Kunth	Uvilla	
Morfotipo 14	<i>Galium hypocarpium</i> (L.) Endl. ex Griseb	Coralito - Bruja	

6.2 Abundancias de las semillas para cada localidad

Para cada localidad se tuvieron diferentes cantidades de semillas. La localidad con mayor número de semillas fue el Bosque Toyota con 10.155 semillas seguido de Alisos con 87 y por último casa de abejas con 8 semillas (**Figura 15**).

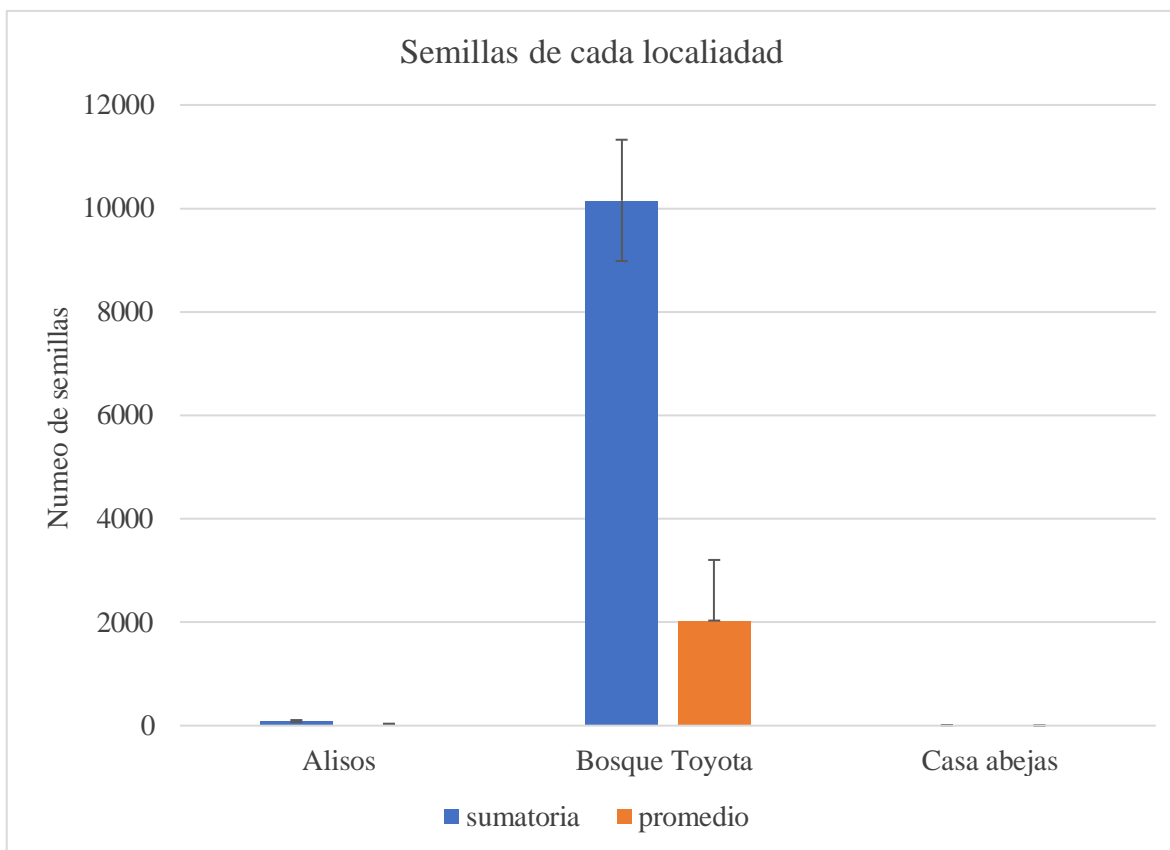


Figura 15. Sumatoria y promedio de semillas en cada localidad.

La realización de un análisis individual por cada localidad logró establecer que; las trampas instaladas para el sector de casa de abejas, se tuvo la menor cantidad de semillas en comparación a las demás localidades. En dicho sector se obtuvieron 3 familias botánicas, 3 géneros y 3 especies, tal como se muestra en la siguiente (**Tabla 3**).

Tabla 3. Semillas de especies encontradas en las trampas de la localidad Casa de Abejas.

FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Phytolaccaceae	Phytolacca	<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth	Guaba
Adoxaceae	Viburnum	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Garrocho
Primulaceae	Myrsine	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Maíz tostado - Cucharero blanco

La especie más abundante en semillas para la localidad de Casa de abejas fue la especie *Phytolacca bogotensis* y por nombre común Guaba, seguido de la especie *Viburnum triphyllum* de nombre común el Garrocho y por último la especie *Myrsine coriacea* de nombre común Maíz tostado (**Figura 16**).

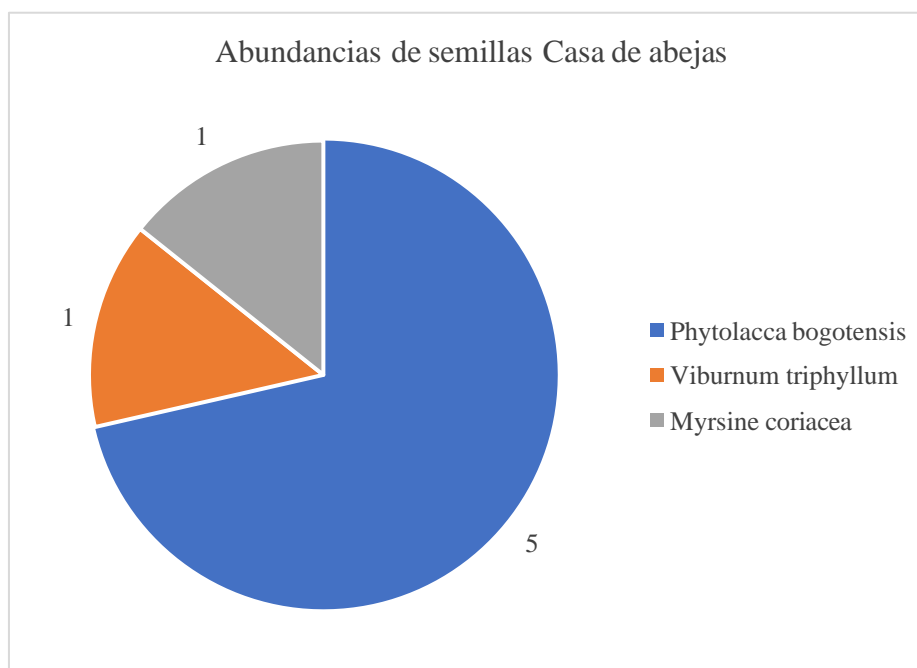


Figura 16. Abundancia de semillas obtenidas para la localidad de Casa de Abejas.

En el sector denominado como Bosque Toyota, se obtuvo la mayor representatividad de las muestras, con 10 familias botánicas, 11 géneros y 11 especies (**Tabla 4**).

Tabla 4. Semillas de especies encontradas en las trampas de la localidad Bosque Toyota.

FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Rosaceae	Rubus	<i>Rubus bogotensis</i> Kunth	Mora
Rosaceae	Hesperomeles	<i>Hesperomeles goudotiana</i> (Decne.) Killip	Mortiño
Solanaceae	Salpichroa	<i>Salpichroa tristis</i> Miers	Tomatillo negro
Phytolaccaceae	Phytolacca	<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth	Guaba
Polygonaceae	Muehlenbeckia	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> (Kunth) Meisn.	Bejuco chivo
Adoxaceae	Viburnum	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Garrocho
Primulaceae	Myrsine	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Maíz tostado - Cucharó blanco
Myricaceae	Morella	<i>Morella pubescens</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Wilbur	Laurel de cera
Melastomataceae	Miconia	<i>Miconia ligustrina</i> (Sm.) Triana	Esmeraldo
Ericaceae	Cavendishia	<i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav. ex J. St.-Hil.) Hoerold	Uva de anís
Ericaceae	Gaultheria	<i>Gaultheria</i> cf sp.	Cafecitas tostaditas

En este sector se obtuvo el mayor número de semillas con relación a los otros dos sectores muestreados. La especie más abundante en semillas fue *Hesperomeles goudotiana* (2440) especie que tiene como nombre común Mortiño, seguida de la especie *Cavendishia bracteata* (2052) conocida como Uva de anís, por último, la tercera especie más abundante fue *Rubus bogotensis* especie conocida como la Mora (**Figura 17**).

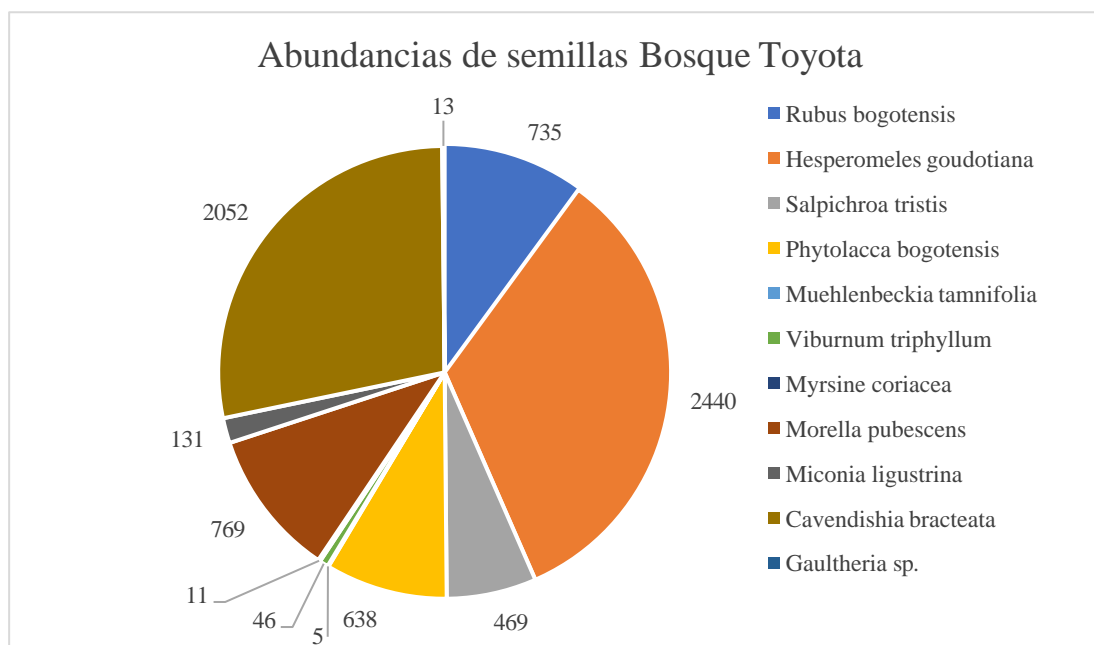


Figura 17. Abundancia de semillas obtenidas para la localidad de Bosque Toyota.

Por último, en la localidad Alisos, se encontró que las semillas recolectadas en las trampas corresponden a 6 familias botánicas, 6 género y 6 especies. (**Tabla 5**).

Tabla 5. Semillas de especies encontradas en las trampas de la localidad Alisos.

FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Rosaceae	Rubus	<i>Rubus bogotensis</i> Kunth	Mora
Solanaceae	Salpichroa	<i>Salpichroa tristis</i> Miers	Tomatillo negro
Adoxaceae	Viburnum	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Garrocho
Myricaceae	Morella	<i>Morella pubescens</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Wilbur	Laurel de cera
Ericaceae	Cavendishia	<i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav. ex J. St.-Hil.) Hoerold	Uva de anís
Rubiaceae	Galium	<i>Galium hypocarpium</i> (L.) Endl. ex Griseb.	Coralito - Bruja

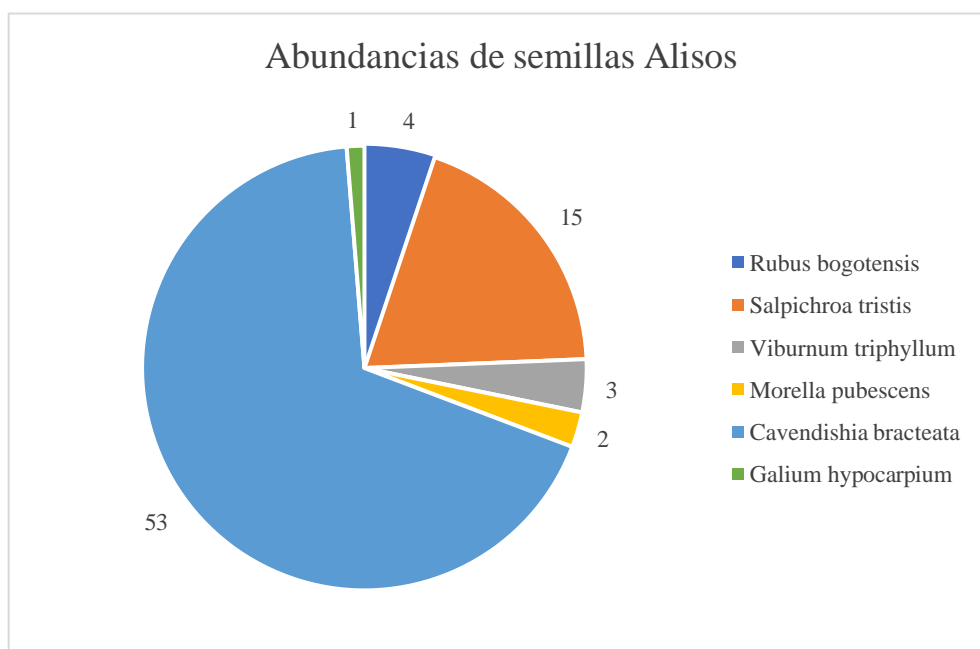


Figura 18. Abundancia de semillas obtenidas para la localidad de Alisos.

Para esta En este sector cabe mencionar que se presentó un imprevisto durante el estudio que debe ser contemplado, debido a que se afectó el proceso recolección de las semillas durante el estudio. Dicha situación es mencionada en la sección de imprevistos en las “anotaciones del proyecto” (**Figura 29**). Sin embargo, se lograron capturar algunos morfotipos, en este caso el más abundante fue la especie *Cavendishia bracteata* conocida como Uva de anís, seguido la especie *Morella pubescens* conocida como Laurel de Cera y por último se encontró *Rubus bogotensis* de nombre común Mora. (**Figura 18**).

6.3 Viabilidad de las semillas

Para hallar los porcentajes de viabilidad se realizaron pruebas en 8 morfotipos diferentes los cuales presentaban un número de semillas mayor a 20 durante las colectas en las trampas (**Tabla 6**).

Los porcentajes de viabilidad más altos fueron para las especies *Morella pubescens* con un 98% de semillas viables, seguido de la especie *Rubus bogotensis* con 95% de viabilidad, y por último la especie *Miconia ligustrina* con un 94% de viabilidad.

Tabla 6. Especies utilizadas para las pruebas de Viabilidad.

Especie	Nombre común	Viabilidad
<i>Morella pubescens</i>	Laurel de cera	98%
<i>Rubus bogotensis</i>	Mora	95%
<i>Miconia ligustrina</i>	Esmeraldo	94%

Especie	Nombre común	Viabilidad
<i>Hesperomeles goudotiana</i>	Mortiño	88%
<i>Salpichroa tristis Miers</i>	Tomatillo negro	73%
<i>Phytolacca bogotensis</i>	Guaba	68%
<i>Solanum nigrum</i>	Yerbamora	62%
<i>Myrsine coriacea</i>	Maíz tostado	60%

6.4 Análisis de similaridad de la dispersión entre localidades

Según los resultados obtenidos en términos de las abundancias de las especies para cada localidad, se realizó un análisis de conglomerados que indica la similaridad que existe entre ellas en términos de las especies de semillas encontradas.

El análisis realizado en el programa PAST (Harper, 2001), arrojó como resultado un índice de correlación del 0.965 (Morisita) indicando que cada localidad tiene unas dinámicas de dispersión de semillas particulares, alcanzado solo un 60% entre las localidades de Bosque Toyota y Alisos, y menos del 15 % de similaridad de este grupo con la localidad Casa de abejas (**Figura 19**).

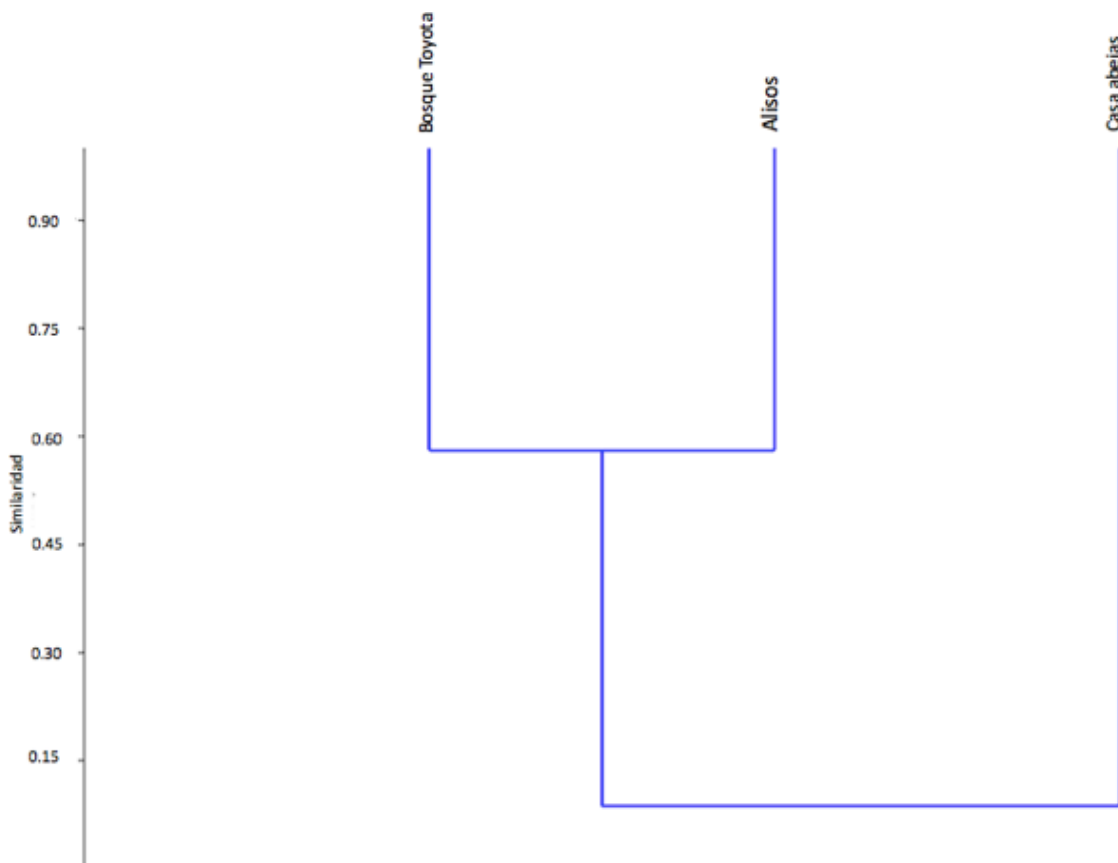


Figura 19. Gráfico de conglomerados evidenciando la similaridad de especies entre localidades.

6.5 Resultados de tratamientos pre germinativos y siembra de semillas

Previo a la siembra de semillas en el vivero se realizaron tres tratamientos pre germinativos de hidratación de 8, 12 y 24 horas con el fin de evidenciar diferencias en las tasas de germinación de las especies. Los tratamientos solo se realizaron en morfotipos con un 4número de semillas mayor a 20, debido a la representatividad en los resultados. Sin embargo, por efectos de tiempo no se pudo conocer la totalidad de semillas germinadas, que llevaban dos meses en la cama de germinación. Los datos obtenidos de las especies que germinaron durante el tiempo de estudio se pueden observar a continuación (**Tabla 7**).

Tabla 7. Resultados de las semillas germinadas después de los tratamientos pre germinativos.

Especie	Tratamiento	Semillas sembradas	Semillas germinadas	Fecha siembra	Fecha final	% Germinación
<i>Hesperomeles goudotiana</i>	Hidratación 24 horas	10	2	29/08/21	29/10/21	20
<i>Hesperomeles goudotiana</i>	Sin Hidratación	10	2	29/08/21	29/10/21	20
<i>Salpichroa tristis</i>	Hidratación 24 horas	10	3	29/08/21	29/10/21	30
<i>Salpichroa tristis</i>	Sin Hidratación	10	0	29/08/21	29/10/21	0
<i>Phytolacca bogotensis</i>	Hidratación 24 horas	20	10	29/08/21	29/10/21	50
<i>Phytolacca bogotensis</i>	Sin Hidratación	20	10	29/08/21	29/10/21	50
<i>Salpichroa tristis</i>	Hidratación 12 horas	40	36	3/09/21	16/11/21	90
<i>Salpichroa tristis</i>	Sin Hidratación	40	30	3/09/21	16/11/21	75
<i>Phytolacca bogotensis</i>	Hidratación 12horas	27	7	3/09/21	16/11/21	26
<i>Phytolacca bogotensis</i>	Sin Hidratación	27	9	3/09/21	16/11/21	33
<i>Salpichroa tristis</i>	Hidratación 8 horas	30	2	23/10/21	3/12/21	7
<i>Salpichroa tristis</i>	Sin Hidratación	30	1	23/10/21	3/12/21	3
<i>Phytolacca bogotensis</i>	Hidratación 8 horas	30	8	23/10/21	3/12/21	27
<i>Phytolacca bogotensis</i>	Sin Hidratación	30	7	23/10/21	3/12/21	23

6.6 Uso potencial de las especies capturadas para la restauración ecológica

Las especies capturadas fueron principalmente Arbustos (11) y hierbas (5) (**Tabla 2**) siendo las más abundantes para las tres localidades *C. bracteata* y *R. bogotensis* como arbustos y *P. bogotensis* como hierba.

El uso de especies con estos hábitos, se relacionan principalmente con la formación de los primeros estadios del bosque, debido a que son especies pioneras de rápido crecimiento, pero con ciclos de vida corto.

Por otro lado, se obtuvieron 2 especies de árboles *M. coriácea* conocida como Maíz tostado, especie considerada clave para procesos ecológicos asociados a la sucesión de los bosques (Cantillo-Higuera et al, 2009), y por lo tanto es vista como apropiada para el establecimiento de estrategias de restauración ecológica. Por otro lado, *W. tomentosa* que corresponde a la especie del Encenillo, que fue capturada por efecto del viento en las trampas de semillas, sin embargo, es un material que puede ser utilizado para propagar en vivero.

6.7 Resultados en la diversidad de aves

El estudio se realizó entre los meses de agosto y noviembre, y contó con 36 muestreos de una hora y veinticinco minutos. Para un total de 50.9 horas de esfuerzo de muestreo, realizadas dentro de las franjas de tiempo, es decir 4 mañanas, 4 medias mañanas y 4 tardes para cada localidad. Se obtuvo un total de 34 especies observadas en las tres localidades, las especies más comunes para las tres localidades fueron *Turdus fuscater* (51 observaciones), *Anisognathus igniventris* (37 observaciones) y *Mecocerculus leucophrys* (20 observaciones). Sin embargo, las curvas de acumulación de especies indican que es necesario aumentar el esfuerzo de muestreo para las tres localidades debido a que para los tres sitios el número de especies que podrían esperarse es mayor que el número observado (**Figura 20**, **Figura 21** y **Figura 22**).

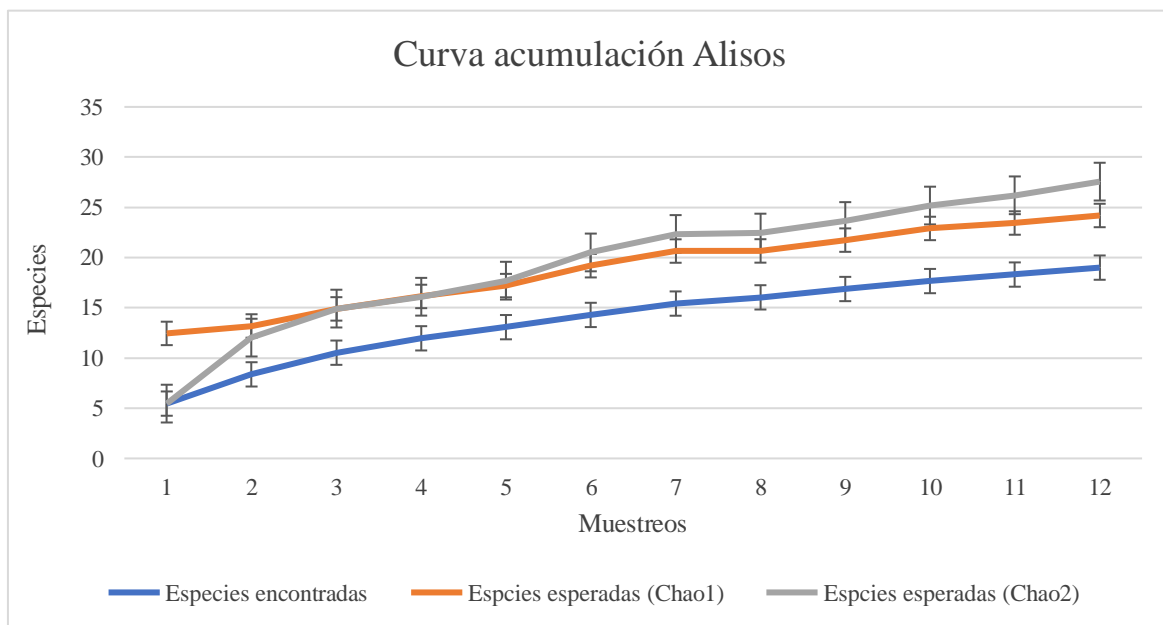


Figura 20. Curva de acumulación de la Localidad de Alisos

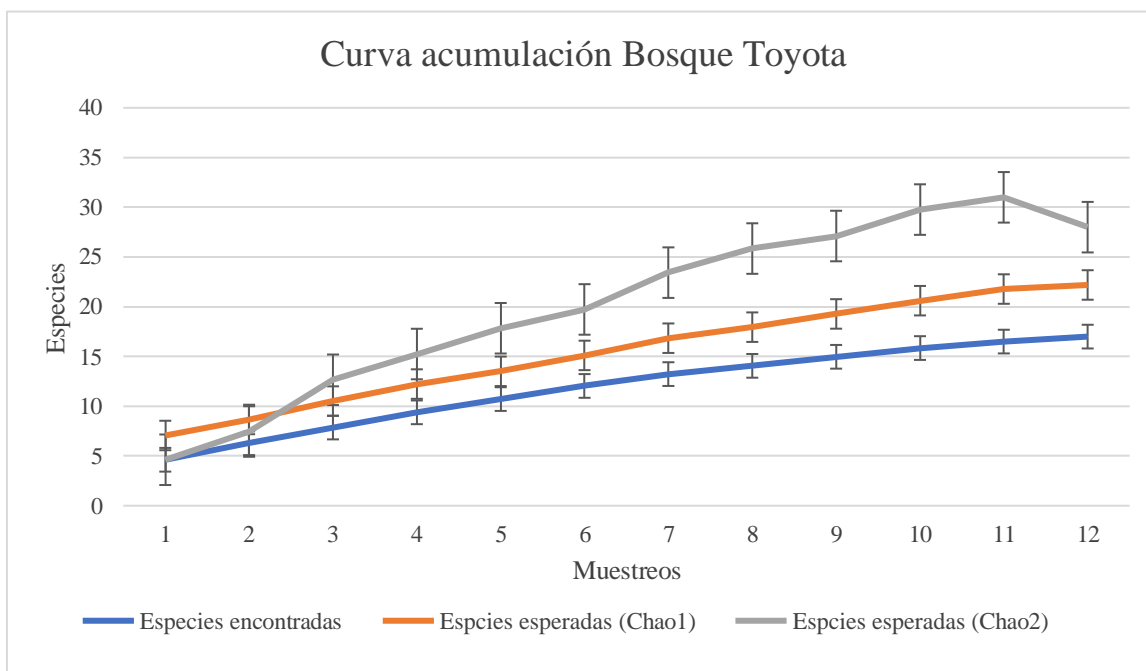


Figura 21. Curva de acumulación de la localidad Bosque Toyota

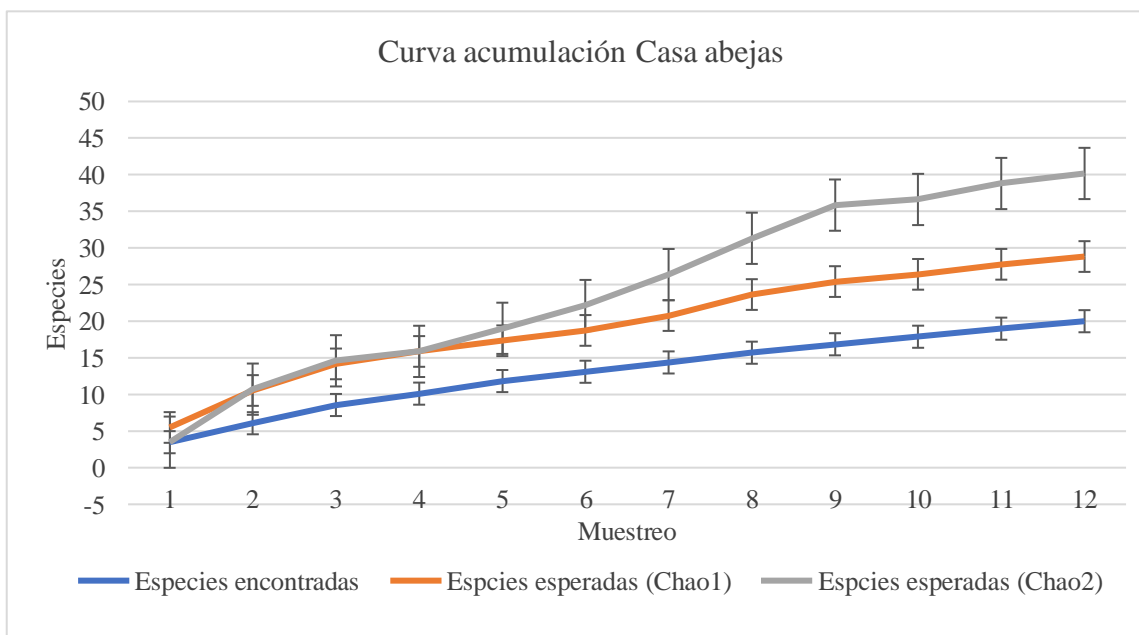


Figura 22. Curva de acumulación de la Localidad de Casa de abejas.

Las especies observadas se clasificaron por su gremio alimenticio según los autores Stiles & Rosselli en 1998 (**Tabla 9**), clasificación que depende de su alimentación y su actividad de forrajeo en el estrato vertical del bosque (**Figura 25**).

Tabla 8. Listado de especies de aves observadas.

Familia	Especie	No individuos	Gremio alimenticio
Accipitridae	<i>Accipiter striatus</i>	1	CAV
Accipitridae	<i>Buteo platypterus</i>	2	CAV
Accipitridae	<i>Elanus leucurus</i>	2	CAV
Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	2	CAV
Accipitridae	<i>Parabuteo leucorrhous</i>	1	CAV
Columbidae	<i>Patagioenas fasciata</i>	1	FGDB
Cotingidae	<i>Ampelion rubrocristatus</i>	12	FGDB
Cracidae	<i>Penelope montagnii</i>	4	FGDB
Emberizidae	<i>Atlapetes pallidinucha</i>	1	FPDB
Emberizidae	<i>Atlapetes schistaceus</i>	1	ISFS
Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	16	SCFS
Fringillidae	<i>Spinus spinescens</i>	10	SPCG
Furnariidae	<i>Synallaxis subpudica</i>	1	ISFS
Grallariidae	<i>Grallaria ruficapilla</i>	1	ISFS
Icteridae	<i>Cacicus chrysonotus</i>	1	IFDB
Icteridae	<i>Icterus chrysater</i>	3	IFDB
Parulidae	<i>Myioborus ornatus</i>	3	IFSM
Parulidae	<i>Myiothlypis nigrocristata</i>	2	IFSM
Parulidae	<i>Setophaga fusca</i>	3	IFSM
Picidae	<i>Colaptes rivolii</i>	2	ITR
Thraupidae	<i>Anisognathus igniventris</i>	37	IFDB
Thraupidae	<i>Buthraupis montana</i>	1	IFDB
Thraupidae	<i>Conirostrum rufum</i>	1	IFSM
Thraupidae	<i>Diglossa cyanea</i>	1	FPDB
Thraupidae	<i>Diglossa humeralis</i>	10	NEC
Thraupidae	<i>Dubusia taeniata</i>	2	FPDB
Thraupidae	<i>Pseudospingus verticalis</i>	1	IFSM
Thraupidae	<i>Thlypopsis superciliaris</i>	4	IFSM
Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	6	ISFM
Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	51	FPDB
Tyrannidae	<i>Elaenia frantzii</i>	9	FPDB
Tyrannidae	<i>Mecocerculus leucophrys</i>	20	IHDB
Tyrannidae	<i>Myiotheretes striaticollis</i>	4	IHDB
Vireonidae	<i>Vireo olivaceus</i>	1	ISFM

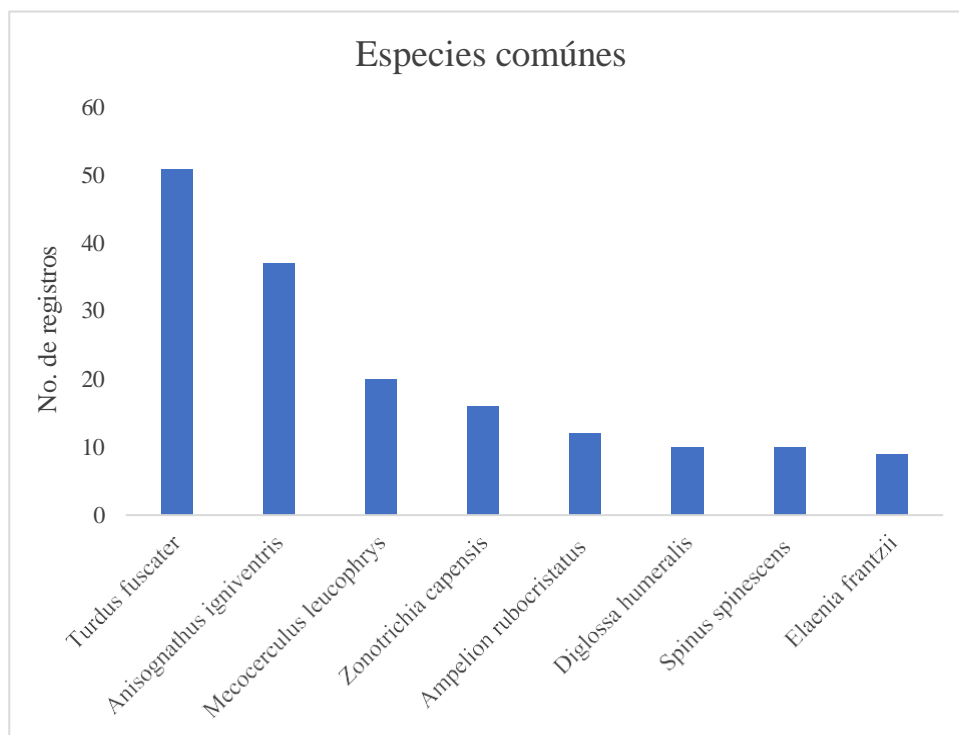


Figura 23. Gráfico de las especies abundantes para las tres localidades.

A continuación, se encuentran algunas fotografías de las especies de aves observadas durante los muestreos (**Figura 24**).



Turdus Fuscater



Diglossa cyanea



Elaenia frantzii



Ampelion Rubrocristatus



Anisognathus ignivegrtris



Mecocerculus leycophrys

Foto: Néstor Peralta

Figura 24. Especies observadas en la Reserva Biológica El Encenillo

Tabla 9. Clasificación de gremios alimenticios.

Gremio	Descripción
CAV	Cazadores de vertebrados mas grandes
FGDB	Consumidores de frutos mas grandes del dosel y bordes
FPDB	Consumidores de frutos pequeños del dosel y bordes.
ISFS	Insectivoros del suelo y el follaje del sotobosque bajo
IFSM	Insectivoros del follaje y ramas delgadas de los niveles medios del bosque.
IFDB	Insectivoros del follaje del dosel y bordes
IHDB	Insectivoros halconeadores de debajo del dosel
SPCG	Semilas pequeñas y compuestas de gramíneas
ITR	Insectos o vertebrado muy pequeños sobre o dentro de troncos
NEC	Consumidor del néctar de las flores

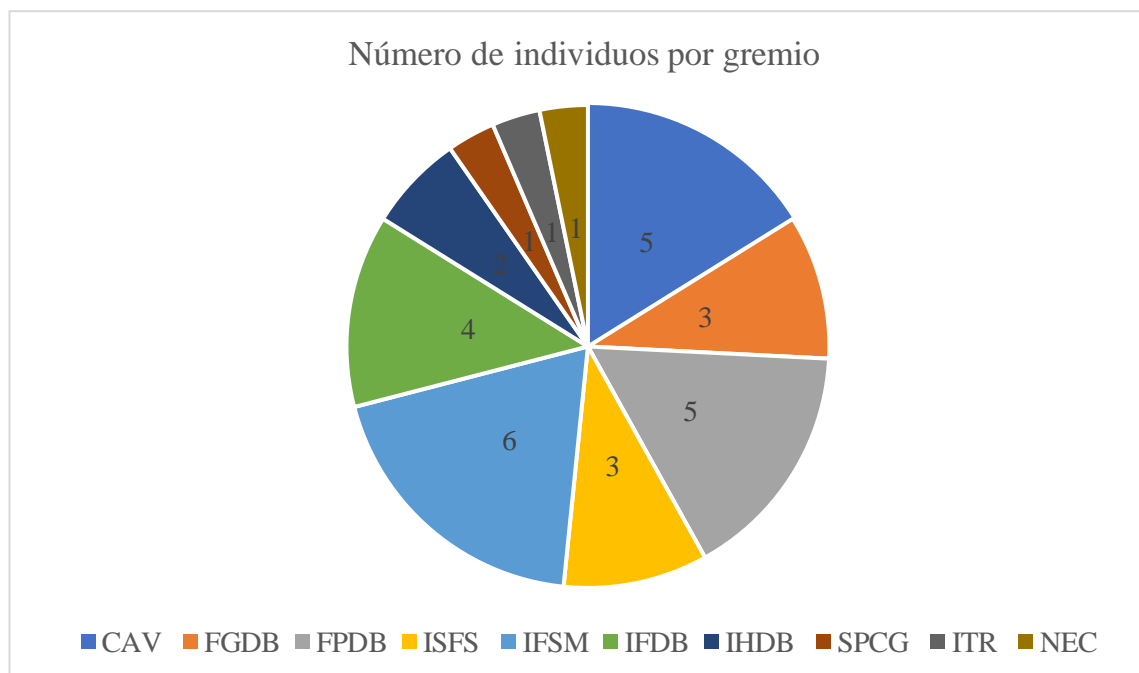


Figura 25. Gráfico de individuos por gremio alimenticio.

6.8 Resultados de las observaciones de aves en las perchas artificiales

La mayoría de las especies observadas durante los muestreos en las tres localidades, corresponden a la familia Thraupidae. Esta familia se caracteriza por tener especies principalmente frugívoras que forrajean en zonas abiertas, claros y bordes de bosque (Winkler et al,2020).

La especie de esta familia observada con mayor frecuencia fue *Anisognathus igniventris* o llamada comúnmente la Tangara de vientre escarlata, especie característica de los bosques alto andinos, reconocida por su comportamiento de alimentación en bandadas de la misma especie (Arbeláez-Cortés et al, 2012). La especie se ha observado forrajeando en zonas disturbadas cercanas a sitios urbanos, sugiriendo que pueden variar su tipo de hábitat, pero prefieren los sitios de bosque maduro o parches conectados entre sí (BirdLife International, 2012).

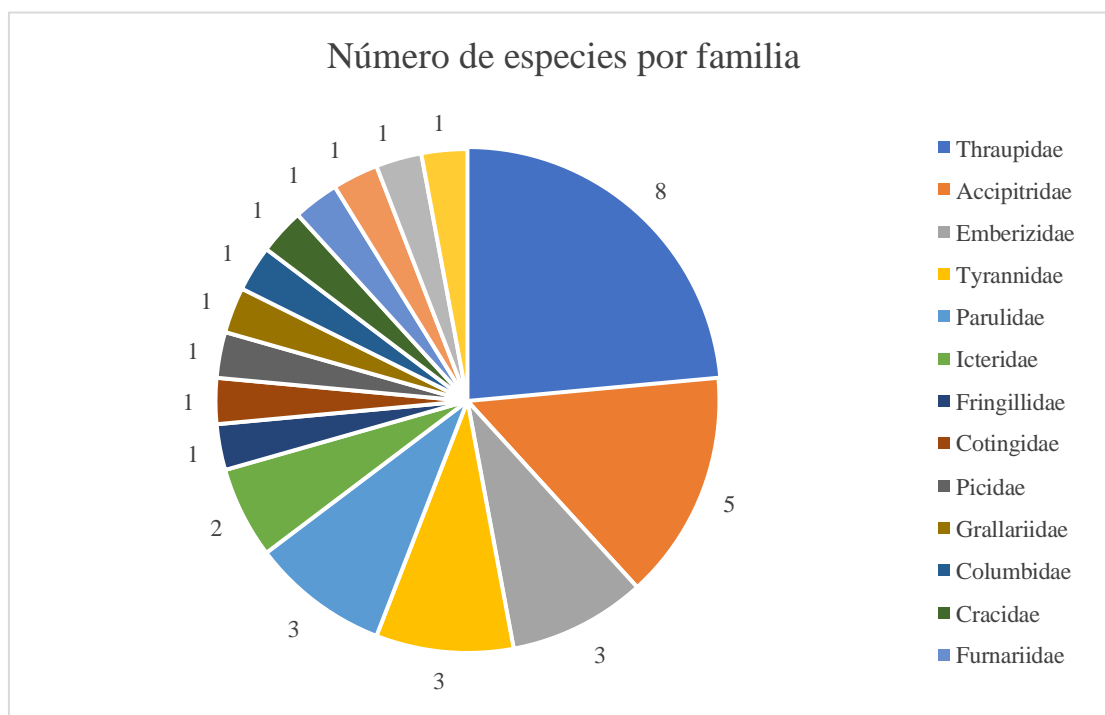


Figura 26. Número de especies observadas por familia en las tres localidades.

Durante las observaciones de campo, se pudo tomar registro de las especies que se percharon en las estructuras, indicando que pueden ser posibles dispersoras de las semillas capturadas en las trampas. Las especies que se percharon fueron *Turdus fuscater* con cinco observaciones en diferentes perchas en Bosque Toyota y la especie *Cacicus chrysonotus* con 2 individuos observados en la localidad de Alisos (**Figura 27** y **Figura 28**).



Figura 27. *Turdus fuscater* observada en la percha artificial.



Figura 28. *Cacicus chrysonotus* Observada en la percha artificial.

7. Discusión

7.1 Abundancia y diversidad de semillas dispersadas por aves en la Reserva Biológica El Encenillo

En términos de las abundancias de las semillas, se propone esta metodología como una alternativa de fuentes semilleras para procesos de restauración ecológica, debido a la cantidad de semillas capturadas (10.250 semillas) de 14 morfo especies en un tiempo relativamente corto (3 meses) en este caso para la localidad de Boque Toyota que tuvo un 99% de las semillas capturadas para el estudio, donde las especies más abundantes fueron *H. goudotiana* (2.244 semillas), *C.bracteata* (2.105 semillas) y *R. bogotensis* (739 semillas). Otros estudios que han propuesto este tipo de metodologías como Rodrigo y colaboradores en 1999 en México propusieron diez trampas de semillas durante doce meses y se obtuvo un total de 2.155 semillas capturadas. Por su parte, Bonilla y Espinosa en 2005, propusieron en una localidad con un ecosistema similar en Colombia (Bojacá), con un total de quince perchas con trampas de semillas, se obtuvieron un total de 1.136 semillas durante cinco meses, valores inferiores que el de este estudio.

Por su parte Velasco-Linares y colaboradores en 2008 tuvieron un valor de semillas muy alto en un ecosistema de bosque alto andino, con un total de 54.522 semillas de 35 morfo especies, durante 12 meses, mediante el uso de perchas artificiales en un sitio de potreros. El estudio anterior, podría indicar que esta metodología podría tener un potencial como una alternativa de fuentes semilleras, es decir que podría ir de la mano con los viveros locales, para la obtención de semillas de diferentes especies provenientes del proceso de dispersión de semillas, que a su vez podrían aportar en la diversidad de especies contempladas en las estrategias de restauración ecológica.

Por otro lado, en términos de la diversidad de especies encontradas podemos mencionar que la mayoría de especies encontradas en los muestreos se encuentran asociadas a estratos arbustivos y se relacionan entre sí por la capacidad que tienen para colonizar sitios con disponibilidad de recursos, es decir que se reconocen como especies pioneras, algunas de estas son *H. goudotiana*, *C. buxifolium*, *M. ligustrina*, *P. bogotensis*, *V. triphyllum* y *M. pubescens*. Los resultados evidencian lo que otros estudios han concluido, sobre el proceso de dispersión que realizan las aves, encontrando como patrón general especies pioneras de arbustos (Martínez-Arbelaez et al, 2020) resaltando la importancia del rol ejercido por las aves en el proceso de dispersión de semillas de los primeros estadios de sucesión de los ecosistemas de bosque alto andino. Algunos autores mencionan que estas especies tienen un rol importante dentro de los ecosistemas debido a que pueden aportar diversidad funcional a los procesos de restauración ecológica gracias a sus rasgos ecológicos como, por ejemplo, ser especies que surgen en los primeros estadios de la regeneración natural (Cantillo-Higuera et al, 2008; Cantillo-Higuera et al, 2009 Hernández-Pineda et al, 2014; Castillo et al, 2018). Lo anterior se menciona con el fin de resaltar, la importancia de hacer investigación sobre los diferentes roles ecológicos que cumplen las especies vegetales dentro de los ecosistemas ya que se necesita de investigación para apoyar los procesos de restauración ecológica en términos de la selección de especies que aporten diversidad a los ecosistemas en recuperación para permitir la llegada de nuevas especies e individuos de tipos sucesionales más avanzados (Cogollo et al, 2020).

Dentro de los resultados, se debe resaltar la presencia que la especie *R. bogotensis* en dos de las tres localidades, tuvo una mayor representatividad en las semillas que otras especies con un total de 739. Esta especie para algunos autores como Díaz y colaboradores en 2012, es considerada como una especie con un potencial de colonización de zonas degradadas, por lo que se puede convertir en una especie invasora si ésta obtiene las condiciones para crecer. Lo anterior sugiere que esta especie puede ser considerada como negativa en los procesos de restauración ecológica y por lo tanto habría que realizar una selección previa para descartar estas semillas que caen en las fuentes semilleras. Sin embargo, cabe mencionar que esta especie no fue observada como colonizadora en los sitios donde se realizó la instalación de la metodología, característica que puede ser atribuida a la diversidad que se encuentra en la zona de estudio, ya que se observan bosques secundarios en buen estado de recuperación. Otra especie considerada una potencial colonizadora es *P. bogotensis*, aunque ésta, por su parte es descrita como una especie oportunista, ya que se ve favorecida por condiciones de humedad en el suelo y luminosidad (Agudelo-Valencia, 2010), al igual que *R. bogotensis* son especies que pueden ser reemplazadas por otras pioneras cuando las condiciones dejen de favorecerlas (Connell & Slatyer, 1977).

7.2 Viabilidad de las semillas

La viabilidad de las semillas es un proceso que se encuentra ligado al éxito de las poblaciones de plantas (Borza et al, 2007), prueba que para este estudio tuvo porcentajes altos para algunas especies de importancia en los procesos de restauración ecológica de los bosques altos andinos como es la especie *Morella pubescens* con un 98% de semillas viables. El laurel de cera, como se conoce comúnmente, es una especie nativa que se describe como planta “promisoria” para los procesos de restauración, ya que se considera como amortiguadora de impactos negativos asociados al suelo (Lara, 2021), donde a pesar de sus características morfológicas que la hacen exitosa, esta especie cuenta con muy pocos estudios en términos de tratamientos pre germinativos (Lara, 2021).

La segunda especie con un porcentaje de viabilidad alto fue *Rubus bogotensis* con 95% considerada especie colonizadora que cuenta con características morfológicas que la hacen exitosas en trepar árboles y arbustos (Díaz et al, 2012). En términos de la restauración ecológica es vista como una especie que no debe ser considerada a la hora de hacer propagación en vivero. Por su parte también presentó un alto porcentaje de viabilidad *Miconia ligustrina* con un 94%, de la familia de las Melastomataceae, especies nativas que presentan una alta producción de semillas representativas de los ecosistemas de bosque alto andino (Fernández-Sánchez et al, 2020).

Por último, la viabilidad de *Hesperomeles goudotiana* conocida como el Mortiño con un 88% esta especie es reconocida por incluirse en los procesos de restauración ecológica, debido a que es una especie característica de los ecosistemas de bosque alto andino. A pesar de presentar un proceso de germinación y crecimiento lentos, son consideradas de gran importancia dentro de los arreglos florísticos para procesos de restauración ecológica (Castillo et al, 2018).

7.3 Siembra de semillas capturadas por las trampas

Los resultados mostraron que las tres especies que germinaron en el vivero, tuvieron un porcentaje de germinación superior al 20% para el tratamiento de hidratación de 24 horas en *H goudotiana* sin embargo, fue similar al porcentaje de germinación de las que no pasaron por el tratamiento. Esta especie por su parte es reconocida por participar como especie pionera en los procesos de regeneración, por este motivo es indispensable hacer más investigación sobre cómo aumentar el porcentaje de germinación mediante ensayos con diferentes tratamientos pre germinativos.

Para los tratamientos de 24, 12 y 8 horas para la especie de *P. bogotensis* especie que llegó al 90% de germinaron tanto las semillas que tuvieron hidratación como aquellas que no.

Con esto podemos mencionar que no se encontraron diferencias en la germinación de las semillas que fueron hidratadas como las que no fueron hidratadas. Por su parte esta especie herbácea demostró un alto porcentaje de germinación, resultado que corroboran otros estudios como el de Basto y colaboradores en 2018, indicando que esta es una de las primeras especies en lograr la germinación y por lo tanto puede ser considerada como especie pionera y clave en los procesos de restauración para lograr conectividad (Velasco & Vargas, 2014).

Cabe mencionar que autores como Schupp y colaboradores en 2010, mencionan que la dispersión de semillas es un proceso que aún no es claro en términos de la efectividad (Rother & Jordano, 2016). Por lo tanto, no se conoce para cada planta de toda una comunidad vegetal su efectividad en el porcentaje de germinación aportado (Naniwadekar et al 2019). Por otro parte, hay autores que cuestionan los ensayos de perchas y trampas, en cuanto al reclutamiento de semillas pasadas por el tracto de las aves (Graham & Page, 2012), en torno a resultados obtenidos in situ (De Almeida et al, 2016). Sin embargo, este al igual que otros estudios como Peralta-Zapata en 2016 con 442 plántulas establecidas bajo perchas artificiales, demuestran que las aves no solo tienen un potencial de germinación de especies después de p

asar por el tracto digestivo, ya que ayudan a remover la pulpa de las semillas, conocida por ser inhibidora de la germinación (Samuels & Levey, 2005). Si no que las semillas dispersadas por aves que son capturadas en dichas estructuras o en trampas de semillas requieren un cuidado posterior al de la dispersión, por lo tanto, llevarlas a un vivero podría considerarse como una alternativa para la obtención de fuentes semilleras en este caso que provengan de la dispersión de semillas por aves.

7.4 Uso potencial de las especies capturadas

Las especies de semillas capturadas durante este estudio arrojó que un 61.1% de especies fueron arbustivas, 27.8% fueron especies herbáceas y 11% fueron árboles. Estos porcentajes estarían reflejando la composición de las especies vegetales adyacentes a los remanentes de bosque alto andino donde se realizó el estudio.

Por otro lado, estaría indicando la preferencia alimenticia para los frugívoros en esta localidad, y la disponibilidad de frutos presente para las especies de aves.

7.5 Aves observadas en las localidades

Para este componente se obtuvo una muestra de aves representativas del bosque alto andino con un total de 34 especies de las cuales 7 son principalmente frugívoras, 3 son principalmente frugívoras, pero consumen insectos y 5 son insectívoras pero consumen en su dieta algún tipo de fruto, lo que nos puede indicar que el 44% de las especies podrían estar participando del proceso de dispersión de semillas del bosque alto andino, sin embargo, las

curvas de acumulación indican que el esfuerzo de muestreo es incompleto, es decir que aún no se encontraron la totalidad de especies que se esperarían en los sitios en términos de la diversidad.

Estudios que han utilizado esta metodología en ecosistemas similares como el de Bonilla y Espinoza en 2005 llevado a cabo en Iguaque, Cundinamarca, se reportaron 70 especies de aves de las cuales 22 especies eran frugívoras, lo nos daría a entender que aún se podrían observar más especies de aves frugívoras en las perchas artificiales que podrían estar dispersando otras especies de semillas que las encontradas hasta el momento.

7.6 Aves observadas en las perchas artificiales.

A pesar de no contar con muchos datos de aves en las perchas, se pudo observar que la especie con más observaciones fue *Turdus fuscater*. Por el número de veces vista perchada principalmente en el Bosque Toyota, puede ser considerada como una de las especies principales que estarían cumpliendo el rol de dispersión las semillas en las trampas.

Esta especie de Turdido, es considerada como oportunista y generalista en sus hábitos alimenticios (Escobar-Riomalo, 2020). Además, demuestra ser una especie capaz de atravesar zonas abiertas y aprovechar los recursos en las zonas de bordes de bosque como se observó en este estudio. Al igual que en otros estudios como Basto y Colaboradores en 2018, donde se menciona a esta especie como importante durante las primeras fases de la restauración, y dispersora de la especie *P. Bogotensis*. Por esto se resalta la importancia de esta especie y el rol que cumple en los ecosistemas, ya que estarían aportando en el mantenimiento de la diversidad y heterogeneidad de especies vegetales de un sitio

7.7 Alternativa como fuente semillera para procesos de restauración ecológica

Las fuentes semilleras definidas como el grupo de individuos o especies que tienen la capacidad de proveer material reproductivo que sirva para propagar dicho material en viveros (Cañón et al, 2021). Estas fuentes dependen del sitio donde se haría la colecta, debido a que entre mayor sea el área, se puede contar con un número mayor de árboles productores. Sin embargo, la metodología propuesta en este estudio basada en las perchas y trampas de semillas serviría como una estrategia complementaria a las fuentes semilleras que se han contemplado hasta el momento en los procesos de restauración ecológica.

Para ello se construyó una tabla que incluyera las actividades y costos aproximados entre ambas actividades con el fin de hacer una comparación y conocer las ventajas que podrían existir entre ambos tipos de recolección en las fuentes semilleras. Los datos recolectados de esta parte fueron proveídos por el personal del vivero de la Reserva Biológica el Encenillo y por el equipo de la Fundación Natura (**Tabla 10**).

Tabla 10. Aspectos generales de la recolección de semillas, una comparación de tipo tradicional y con estructuras complementarias.

Actividad	Requerimiento bajo recolección manual	Costo	Requerimiento bajo perchas artificiales	Costo
Identificación de fuentes semilleras	1 mes profesional Botánico + 1 mes Asistente para identificar 54 especies	Profesional: \$4'500.000 Asistente: \$1'000.000	17 especies en 3 meses (podría aumentar el número de especies con mayor esfuerzo de muestro)	Jornal por 3 semanas por 3 meses = \$1'400.000
Seguimiento fuentes semilleras que incluye colecta de frutos con semillas	La actividad requiere 3 jornales en campo una vez al mes	Costo total por 3 meses= \$450.000.	Instalación de 15 perchas artificiales con trampas de semillas y abiertas todo el día, colecta aproximada de 6 especies de plantas con un número variable de semillas.	Costo de construcción e instalación= \$540.000
Limpieza y separación de semillas (Beneficio)	La actividad requiere 6 jornales en campo una vez al mes para 10 especies	Costo total por 6 meses= \$1'350.000.	Necesidad de selección y separación de material que sea beneficioso para los procesos de restauración, para su posterior propagación en vivero.	Jornal por 15 días = \$900.000

La tabla demuestra que para ambos tipos existe incertidumbre tanto en el número de semillas y frutos, como de las especies que caerían, donde en el caso de las fuentes semilleras tradicionales estarían sesgadas al esfuerzo humano, las perchas y trampas de semillas estarían sesgadas por la actividad de las aves. Ambas estrategias dependerían de los frutos disponibles durante dicha temporada, sin embargo, se puede mencionar que las aves podrían llegar a sitios más lejanos por su capacidad de locomoción y podrían aportar una mayor variabilidad genética de la zona.

8. Imprevistos del proyecto

El estudio realizado en la Reserva Biológica el Encenillo tuvo un imprevisto en la localidad de Alisos, debido a la fuga de unos caballos en un predio cercano. Estos ingresaron al sitio donde estaba instaladas las trampas y las destruyeron. El imprevisto ocurrió el día 28 de septiembre, de las cinco trampas instaladas 4 de ellas fueron destruidas completamente y una fue desmontada pero dejada con algunos orificios que permitían la fuga de las semillas (**Figura 29**) Esto tuvo como consecuencia una pérdida de datos para esta localidad, debido a que se tuvo que comprar los materiales y construir nuevamente las cinco trampas, proceso que tardó ocho días.



Figura 29. Fotografías tomadas el día del imprevisto en el momento de ingreso de los caballos al predio donde las trampas fueron destruidas.

9. Conclusiones

- La metodología utilizada en el estudio que corresponde a perchas artificiales con trampas de semillas, puede ser contemplada como una estrategia complementaria de recolección en fuentes semilleras, que a su vez podrían hacer parte de las actividades de los viveros para los procesos de restauración ecológica.
- El trabajo permitió identificar 17 especies durante 3 meses correspondientes a 12 familias botánicas y 18 géneros de los cuales, 3 morfotipos faltaron por identificar.
- Se obtuvo una abundancia de 10.250 semillas que corresponden principalmente a especies pioneras de hábitos herbáceos y arbustivos.
- El porcentaje de viabilidad de las semillas dispersadas fue variable para las especies utilizadas, siendo mayor la especie *M. pubescens* con un 98%, seguido de *R. bogotensis* con un 95% y *M. ligustrina* con un 94% comparado con las especies *S. nigrum* con un 62% y *M. coriácea* con un 60% como los porcentajes más bajos.
- El uso potencial de las especies capturadas estaría relacionado con la formación de los primeros estadios del bosque alto andino, y se podrían incluir dichas especies de arbustos y hierbas dentro de arreglos florísticos en la Reserva biológica el Encenillo, ya que, en su mayoría, mostraron ser especies de gran importancia para los procesos de restauración ecológica.
- Para las especies de aves se obtuvo un total de 34 especies de aves en 36 muestreos que correspondieron a 50.9 horas como potenciales visitantes de las perchas artificiales. Sin embargo, la especie más abundante y con más presencia en las estructuras fue *T. fuscater* indicando su importante rol en la dispersión de semillas del bosque alto andino.

10. Recomendaciones

Estudios como este puede servir de línea base para la identificación de semillas y plantas que generen diversidad y se puedan incluir dentro de arreglos florísticos para procesos de restauración ecológica por medio de nucleación, debido al reconocimiento de la importancia de especies que complementen los ecosistemas y sirvan como fuente de alimento para los organismos presentes.

Se considera pertinente realizar más estudios relacionados con la instalación de perchas artificiales debido a que se asumió que hay información suficiente para cumplir con criterios de captura de material vegetal, pero se evidenció la poca captura de semillas en algunos sitios donde se establecieron las perchas.

Contemplar dentro de futuros estudios si la especie de árbol utilizado para hacer las perchas podría tener alguna repercusión en el comportamiento de las aves, ya que para este estudio se utilizó una especie de árbol exótica y dicha selección, podría influir en la escogencia de la percha para algunas especies de aves.

Cabe mencionar que a pesar de lograr 10.250 semillas es necesario hacer la separación del material colectado con el fin de utilizar solo el material vegetal que se quiera propagar en el vivero y así evitar especies indeseadas en los procesos de restauración ecológica, haciendo que la metodología utilizada pueda verse como poco eficiente y habría la necesidad de evaluar otros métodos de captura de semillas.

Para llevar a cabo estudios que contemplen la germinación de semillas en vivero, es indispensable contar con un tiempo mínimo de 6 meses, debido a que algunas especies cuentan con procesos muy lentos de germinación, haciendo que sea necesario contar con mucho tiempo para conocer las diferencias que existen entre los diferentes tratamientos pre germinativos para la especie y a su vez tener comparaciones con semillas control que no hayan pasado por el tracto digestivo de las aves.

Es importante mencionar que hubo una diferencia muy notoria en la cantidad de semillas que se colectaron en la localidad del Bosque Toyota en comparación con las localidades de Alisos y Casa de abejas, sugiriendo que a pesar de tener en cuenta la literatura en términos de la ubicación e instalación de perchas artificiales, es necesario hacer más estudios para comprender las condiciones indicadas para la efectividad de las perchas en términos de la captura de semillas dispersadas en este caso por aves frugívoras. Además de contar con la opinión de los viveristas o locales, ya que al conocer mejor el terreno se puede percibir donde hay más abundancia y diversidad de aves en las localidades donde se realizarían futuros estudios.

Literatura citada

- Agudelo-Valencia, M. (2010). Evaluación del estado actual de la vegetación en parcelas enmendadas con biosólidos en la antigua arenera Juan Rey, Bogotá DC.
- Alvarado Fajardo, V. M., Arias Sanabria, S. Y., Díaz Pérez, C. N., Gil Leguizamón, P. A., Hernández Gordillo, A. L., Morales Puentes, M. E., & Torres Salinas, L. M. (2011). Guía ilustrada de propagación de especies silvestres del parque natural municipal Ranchería y su área de influencia Paipa, Boyacá (Colombia). Editorial UPTC.
- Arbeláez-Cortés, E., and O. H. Marín-Gómez (2012). The composition of mixed-species bird flocks in Alto Quindío, Colombia. *Wilson Journal of Ornithology* 124(3): 572–580.
- Armenteras, D., E. Cabrera, N. Rodríguez & J Retana. 2013. National and regional determinants of tropical deforestation in Colombia. *Regional Environmental Change* 13(6): 1181-1193.
- Angulo Rubiano, A. A. (2011). Dispersión de semillas por aves frugívoras: una revisión de estudios de la región neotropical.
- Avella, A., Torres, S., Gómez, W., & Pardo, M. (2014). Los páramos y bosques altoandinos del pantano de Monquentiva o pantano de Martos (Guatavita, Cundinamarca, Colombia): caracterización ecológica y estado de conservación. *Biota Colombiana*, 15(1), 3-39.
- Bascompte, J., Jordano, P., & Olesen, J. M. (2006). Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. *Science*, 312(5772), 431-433.
- Basto, S., A. C. Moreno-Cárdenas y J. I. Barrera-Cataño (eds.). 2018. Restauración ecológica en áreas post-tala de especies exóticas en el Parque Forestal Embalse del Neusa. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana / Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- Basto, S., Roa-Fuentes, L., Moreno, A. C., & Barrera-Cataño, J. I. (2020). Seed bank responses after clearcutting *Pinus patula* plantations in Andean high montane areas. *Universitas Scientiarum*, 25(3), 517-543.

- Bernal González, Rodrigo Germán, 1959- Catálogo de plantas y líquenes de Colombia / Rodrigo Bernal, S. Robbert Gradstein, Marcela Celis, editores. -- Primera edición. -- Bogotá: Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá). Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias Naturales, 2016. 2 volúmenes (3060 páginas): ilustraciones a blanco y negro, fotografías, mapas.
- BirdLife International. 2012. *Anisognathus igniventris*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species.
- Broadhurst, L. M., Lowe, A., Coates, D. J., Cunningham, S. A., McDonald, M., Vesk, P. A., & Yates, C. (2008). Seed supply for broadscale restoration: maximizing evolutionary potential. *Evolutionary Applications*, 1(4), 587-597
- Bruijnzeel, I. A., Kappelle, M., Mulligan, M., Scatena, F. N. 2010. 72. Tropical montane cloud forests: state of knowledge and sustainability perspectives in a changing world. pp. 691-740. En: Bruijnzeel, L. A., Scatena, F. N., Hamilton, L. S. (eds.) 2010. Tropical montane cloud forests. Science for Conservation and Management.
- Borza, J. K., Westerman, P. R., & Liebman, M. (2007). Comparing estimates of seed viability in three foxtail (*Setaria*) species using the imbibed seed crush test with and without additional tetrazolium testing. *Weed Technology*, 21(2), 518-522.
- Cantillo-Higuera, E. E., Castiblanco-Gutiérrez, V., Pinilla-Mondragón, D. F., & Alvarado, C. L. (2008). Caracterización y valoración del potencial de regeneración del banco de semillas germinable de la reserva forestal Cárpatos (Guasca, Cundinamarca). *Colombia Forestal*, 11, 45-70.
- Cantillo-Higuera, E. E., Lozada Silva, A., & Pinzón González, J. (2009). Caracterización sucesional para la restauración de la reserva forestal Cárpatos, Guasca, Cundinamarca. *Colombia forestal*, 12(1), 103-118.
- Cañón, J., Ávila-R., L., Herrera, E. & Serrano, O. (2021). De semillas a bosques: Experiencias de viverismo con especies andinas. *Compensaciones ambientales del Proyecto de Transmisión de Energía Eléctrica Nueva Esperanza*. EPM-Fundación Natura.
- Castillo, L. F. P., Leguizamón, P. A. G., González, A. S., Puentes, M. E. M., Tamayo, T. A. C., Fajardo, M. Y. C., ... & Espitia, W. M. (2018). Restauración de ecosistemas de montaña: cultura y ecología desde el páramo y el piedemonte llanero.

- Castro, M. G., & Ayala Garzón, N. R. (2012). Optimización de técnicas para la pregerminación del laurel de cera (*Morella pubescens* Hy B ex Willdenow). Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/818>.
- Cavelier, J., Jaramillo, M., Solis, D., & de León, D. (1997). Water balance and nutrient inputs in bulk precipitation in tropical montane cloud forest in Panama. *Journal of Hydrology*, 193(1-4), 83-96.
- Cruceira Cuenca, D. C. (2020). Evaluación biológica del extracto de *Muehlenbeckia tamnifolia* (Kunth) Meisn fundamentado en el uso etnobotánico (Bachelor's thesis).
- Cogollo C, A. M., Velasco Linares, P., & Manosalva, L. (2020). Caracterización funcional de plantas y su utilidad en la selección de especies para la restauración ecológica de ecosistemas altoandinos. *Biota colombiana*, 21(1), 1-15.
- Colwell, R. K., A. Chao, N. J. Gotelli, S.-Y. Lin, C. X. Mao, R. L. Chazdon, and J. T. Longino. (2012). Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation, and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology* 5:3-21
- Connell, J. H., & Slatyer, R. O. (1977). Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *The american naturalist*, 111(982), 1119-1144.
- Díaz-Espinosa A.M., Díaz-Triana J.E y O. Vargas. (eds). 2012. Catálogo de plantas invasoras de los humedales de Bogotá. Grupo de Restauración Ecológica de la Universidad Nacional de Colombia y Secretaría Distrital de Ambiente. Bogotá, D.C., Colombia. 248 p.
- Domínguez-Domínguez, L. E., Morales-Mávil, J. E., & Alba-Landa, J. (2006). Germinación de semillas de *Ficus insipida* (Moraceae) defecadas por tucanes (*Ramphastos sulfuratus*) y monos araña (*Ateles geoffroyi*). *Revista de Biología Tropical*, 54(2), 387-394.
- De Almeida, A., Marques, M. C., de Fátima Ceccon-Valente, M., Vicente-Silva, J., & Mikich, S. B. (2016). Limited effectiveness of artificial bird perches for the establishment of seedlings and the restoration of Brazil's Atlantic Forest. *Journal for Nature Conservation*, 34, 24-32.

- De Vitis, M., Hay, F. R., Dickie, J. B., Trivedi, C., Choi, J., & Fiegner, R. (2020). Seed storage: maintaining seed viability and vigor for restoration use. *Restoration Ecology*.
- Erickson, V. J., & Halford, A. (2020). Seed Planning, Sourcing, and Procurement. *Restoration Ecology*.
- Escobar Riomalo, M. P., E. Gongora, and S. Arsitizabal Leost (2020). Great Thrush (*Turdus fuscater*), version 1.0. In *Birds of the World* (T. S. Schulenberg, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA.
- Fernández-Sánchez L, Mancipe-Murillo C, Calderón-Henández M. (2020). Evaluación de dos métodos de propagación para la conservación ex situ de tres melastomatáceas altoandinas. *Caldasia* 42(1).
- Fiallos Montalvo, H. E. (2011). Inhibición de *Botrytis cinerea* en rosas a base de extractos alcohólicos y acuoso de hierba mora (*Solanum Nigrum*).
- Fundación Agro-Diversidad Andina (Fundación AGRODIVA). (2018). Ficha Técnica: Hesperomeles – Manzano de Páramo, Mote, Mortiño. 9-03-22, de Agrovida.
- Graham, L. L., & Page, S. E. (2012). Artificial bird perches for the regeneration of degraded tropical peat swamp forest: a restoration tool with limited potential. *Restoration Ecology*, 20(5), 631-637.
- Galindo, J. (1998). Dispersión de semillas por murciélagos: su importancia en la conservación y regeneración del bosque tropical. *Acta Zoológica Mexicana*, 73, 57-74.
- Graham, L. L., & Page, S. E. (2012). Artificial bird perches for the regeneration of degraded tropical peat swamp forest: a restoration tool with limited potential. *Restoration Ecology*, 20(5), 631-637.
- González-Zertuche, L., & Orozco-Segovia, A. (1996). Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Botanical Sciences*, (58), 15-30.
- Guidetti, B. Y., Amico, G. C., Dardanelli, S., & Rodriguez-Cabal, M. A. (2016). Artificial perches promote vegetation restoration. *Plant Ecology*, 217(7), 935-942.

- Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- Hardesty, b. d. (2005). Seed dispersal of woody plants in tropical forests: concepts, examples and future directions. *Biotic interactions in the tropics: Their role in the maintenance of species diversity*, 267.
- Heshusius Vargas, M. (2003). Biología reproductiva de *Cavendishia bracteata* en un bosque Altoandino.
- Hernández-Pineda, L. L., Roa-Casas, O. M., & Cortés-Pérez, F. (2015). Crecimiento de *Baccharis macrantha* y *Viburnum triphyllum* dos especies nativas útiles en restauración ecológica, plantadas en un pastizal andino (Boyacá, Colombia). *Biota Colombiana*, 15.
- Huerta, L. C., Carbonell, Y. R., & León, J. Á. M. (2013). Composición fitoquímica de los tallos y hojas de la especie *Solanum nigrum* L. que crece en Cuba. *Revista Cubana de plantas medicinales*, 18(1), 10-16.
- Holl K. D. 1998. ¿Do bird perching structures elevate seed rain and seedling establishment in abandoned tropical pasture? *Restoration Ecology*. 6: 253–261.
- Holl, K. D., Loik, M. E., Lin, E. H., & Samuels, I. A. (2000). Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration ecology*, 8(4), 339-349.
- Howe, H. F., & Miriti, M. N. (2004). When seed dispersal matters. *AIBS Bulletin*, 54(7), 651-660.
- Howe, H. F., & Smallwood, J. (1982). Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13, 201-228.
- Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt-IAVH (2008). Los viveros de plantas nativas Cultivando nuestras semillas, conservando la biodiversidad. Colombia: Taller Manejo de viveros de especies nativas, restauración ecológica y planificación del paisaje rural.

- Isuasty-Torres, L., Pérez-Martínez, L. V., & Vargas, O. (2014). Semillas y restauración ecológica. Semillas de plantas de páramo: ecología y métodos de germinación aplicados a la restauración ecológica, 43-61.
- Jaimes-Sánchez, V., & Rivera-Ospina, D. (1991). Banco de semillas y tendencias en la regeneración natural de un bosque altoandino en la región de Monserrate (Cundinamarca, Colombia). *Pérez-Arbelaezia*, 2(9), 3-35.
- Kildisheva, O. A., Dixon, K. W., Silveira, F. A., Chapman, T., Di Sacco, A., Mondoni, A., & Cross, A. T. (2020). Dormancy and germination: making every seed count in restoration. *Restoration Ecology*, 28, S256-S265.
- Lara Lara, J. E. (2021). Determinación de tratamientos pregerminativos en semillas de *morella pubescens* (humb. & bonpl. ex willd.) *wilbur* y *myrcianthes hallii* (o. berg) *mcvaugh*, Ibarra, Ecuador (Bachelor's thesis).
- Leiva-González, S., Gonzáles, P., Barboza, G. E., & Jara Gavilán, J. (2016). *Salpichroa salpoensis* (Solanaceae): una nueva especie del Norte de Perú.
- López Camacho R., Montero G. Martín I. (2005). Manual de identificación de especies forestales en Bosques Naturales con manejo certificable por comunidades Bogotá, D.C., Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, SINCHI.
- Martínez-Arbeláez, A. S. (2020). El papel de las aves en los procesos iniciales de sucesión vegetal de áreas degradadas del Neotrópico: Una mirada a los gremios de aves y de plantas participantes.
- McDonald, T., Gann, G., Jonson, J., & Dixon, K. (2016). International standards for the practice of ecological restoration—including principles and key concepts. (Society for Ecological Restoration: Washington, DC, USA.). Soil-Tec, Inc © Marcel Huijser, Bethanie Walder.
- McDonald, T., Gann, G., Jonson, J., & Dixon, K. (2019). International standards for the practice of ecological restoration—including principles and key concepts. (Society for Ecological Restoration. *Restoration Ecology*, 27, S1-S46.
- McDonnell, M. J., & Stiles, E. W. (1983). The structural complexity of old field vegetation and the recruitment of bird-dispersed plant species. *Oecologia*, 56(1), 109-116.

- Mora Goyes, M. F., Rubio, J. A., Ocampo Gutiérrez, R., & Barrera Cataño, J. I. (2018). Catálogo de especies invasoras del territorio CAR.
- Mora Ramos, J. A. (2016). Eficacia in vitro del extracto de *Phytolacca bogotensis* k. y *Alnus acuminata* k. en el control in vitro de la garrapata adulta *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*.
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal.
- Naturalista, 2021. Consultado el 21 de julio de 2021. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://www.naturalista.mx>.
- Ochoa Hermida, M. E. (2019). Experimentos de germinación con semillas de Rañas, *Viburnum triphyllum* (Benth) y sus implicaciones para la propagación y restauración (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).
- Pedrini, S., Balestrazzi, A., Madsen, M. D., Bhalsing, K., Hardegree, S. P., Dixon, K. W., & Kildisheva, O. A. (2020). Seed enhancement: getting seeds restoration-ready. *Restoration Ecology*, 28, S266-S275.
- Peralta-Zapata, N. A. (2016). Estrategias para incrementar la funcionalidad de las aves en la restauración ecológica de bosques subandinos. Tesis de Maestría. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia.
- Quintero Vallejo, E., Benavides, A.M., Moreno, N., Gonzalez Caro, S. (ed.). (2017). Bosques Andinos, estado actual y retos para su conservación en Antioquia. Medellín, Colombia: Fundación Jardín Botánico de Medellín Joaquín Antonio Uribe Programa Bosques Andinos (COSUDE). 1 Ed – Medellín, 2018. 542 páginas.
- Rangel, J. O. 2002. Biodiversidad en la región del páramo: con especial referencia a Colombia. Pp. 168-200. En: Jaramillo, C., C. Uribe, F. Hincapié, J. Rodríguez y C. Durán (Eds.). *Memorias Congreso Mundial de Páramos*.
- Rangel-Ch, J. O. (2004). Amenazas a la biota ya los ecosistemas del Chocó biogeográfico. Colombia diversidad biótica IV: El Chocó biogeográfico/Costa Pacífica.
- Reid, J. L., Katsuki, K. N., & Holl, K. D. (2012). ¿Do birds bias measurements of seed rain? *Journal of tropical ecology*, 28(4), 421-422.

- Restrepo Abadia, J. F. (2016). Caracterización vegetal del bosque alto andino en diferentes estados sucesionales de la reserva biológica Encenillo, Guasca-Cundinamarca.
- Reyes A., H. S. (2018). Sinopsis taxonómica de la familia Solanaceae. Facultad de ciencias Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Distrito Capital.
- Rother, D. C., Pizo, M. A., & Jordano, P. (2016). Variation in seed dispersal effectiveness: the redundancy of consequences in diversified tropical frugivore assemblages. *Oikos*, 125(3), 336-342.
- Samuels, I. A., & Levey, D. J. (2005). ¿Effects of gut passage on seed germination: do experiments answer the questions they ask? *Functional Ecology*, 19(2), 365-368.
- Sebastián-González, E. (2017). Drivers of species role in avian seed-dispersal mutualistic networks. *Journal of Animal Ecology*, 86(4), 878-887.
- Sekercioglu, C. H. (2006). Increasing awareness of avian ecological function. *Trends in ecology & evolution*, 21(8), 464-471.
- Society for Ecological Restoration International Science and Policy Working Group (2004) *The SER International primer on ecological restoration*. Society for Ecological Restoration International, Tuscon, Arizona www.ser.org
- St-Amand, J., Tremblay, J. A., & Martin, K. (2018). Foraging ecology of the Williamson's Sapsucker: Implications for forest management. *The Condor: Ornithological Applications*, 120(3), 680-702.
- Stevenson, P. R., & Vargas, I. N. (2008). Sample size and appropriate design of fruit and seed traps in tropical forests. *Journal of Tropical Ecology*, 24(1), 95-105.
- Schupp, E. W., Jordano, P., & Gómez, J. M. (2010). Seed dispersal effectiveness revisited: a conceptual review. *New Phytologist*, 188(2), 333-353.
- Tello, J. G. (2003). Frugivores at a fruiting *Ficus* in South-Eastern Peru. *Journal of Tropical Ecology*, 19, 717-721.
- Traveset, A. (1998). Effect of seed passage through vertebrate frugivores: guts on germination: a review. *Perspectives in Plant ecology, evolution and systematics*, 1(2), 151-190.

- Traveset, A., Heleno, R., & Nogales, M. (2014). The ecology of seed dispersal.
- Urgiles-Gomez, N. S. A., Quichimbo, L., schuessler, A., & Krueger, C. (2010). Evaluación del efecto de la inoculación con hongos micorrizicos en la propagación de *Alnus acuminata* y *Morella pubescens*.
- Vargas, O. Ángulo, A. Nieves, L. Suárez, S. Corredor, A. y Rodriguez, L. (2021). ¿Cómo se reproducen las plantas? En Propagación y manejo de plantas nativas para la Restauración Ecológica del Páramo y Bosque Alto Andino. (37). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia- Sede Bogotá, Terra integrity S. A.S.
- Vander Mijnsbrugge, K., Bischoff, A., & Smith, B. (2010). A question of origin: where and how to collect seed for ecological restoration. *Basic and Applied Ecology*, 11(4), 300-311.
- Varela, S. A., & Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. *Sistemas Forestales Integrados*, 3, 1-10.
- Velasco, P., & Vargas, O. (2004). Dinámica de la dispersión de plantas ornitócoras. Reclutamiento y conectividad en fragmentos de bosque alto andino secundario (Reserva Natural Protectora, Cogua, Cundinamarca). *Acta Biológica Colombiana*, 9(2), 122-136.
- Velasco-Linares, P., & Vargas, O. (2008). Problemática de los bosques altoandinos. Estrategias para la restauración ecológica del bosque alto andino (El caso de la Reserva Forestal Municipal de Cogua, Cundinamarca), 41-56.
- Velasco-Linares, P. y O., Vargas. 2008. La dispersión por aves y la restauración de los ecosistemas altoandinos. En O. Vargas (Ed.), *Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino: el caso de la Reserva Forestal de Cogua*. Universidad Nacional de Colombia, Colciencias. Cundinamarca, Colombia.
- Wenny, D. G., Şekercioğlu, Ç. H., Cordeiro, N. J., Rogers, H. S., & Kelly, D. (2016). Seed dispersal by fruit-eating birds. In *Why birds matter* (pp. 107-146). University of Chicago Press
- Winkler, D. W., S. M. Billerman, and I.J. Lovette (2020). Tanagers and Allies (Thraupidae), version 1.0. In *Birds of the World* (S. M. Billerman, B. K. Keeney, P.

G. Rodewald, and T. S. Schulenberg, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA.

- Wunderle Jr, J. M. (1997). The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest ecology and management*, 99(1-2), 223-235.
- Zanini, L., & Ganade, G. (2005). Restoration of Araucaria forest: the role of perches, pioneer vegetation, and soil fertility. *Restoration Ecology*, 13(3), 507-514.
- Zuluaga, M. C. Efecto de la regeneración de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham sobre la Restauración Ecológica del Bosque Altoandino del Embalse del Neusa (Tausa-Cundinamarca).