

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS		Código	FO-GS-15
			VERSIÓN	02
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN		FECHA	03/04/2017
			PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ		
Jefe División de Biblioteca	Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad		

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): JOSÉ RICARDO APELLIDOS: MARTÍNEZ POVEDA

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

FACULTAD: CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA BIOTECNOLÓGICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): CARLOS IVÁN APELLIDOS: SUÁREZ BALLESTEROS

CO-DIRECTOR:

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD DE SEMILLAS DE ESPECIES CONSERVADAS EN LA COLECCIÓN VIVA DEL JARDÍN BOTÁNICO DE BOGOTÁ

RESUMEN

Este proyecto se basó en la evaluación de la viabilidad de semillas de especies conservadas en la colección viva del Jardín Botánico de Bogotá. Con base a ello, se implementó una investigación descriptiva, donde la información fue suministrada por dicha entidad. La población y muestra correspondió a las semillas conservadas en la colección viva del Jardín Botánico. Se logró evaluar la viabilidad de semillas conservadas en la colección viva a partir de pruebas de tetrazolio, de corte y con ensayos de germinación en invernadero y laboratorio. Se demostró que las semillas producidas presentan una viabilidad promedio, lo cual hace favorable su capacidad de ingreso al banco de semillas como complemento a su conservación.

PALABRAS CLAVE: Semillas prueba de tetrazolio, especies conservadas, Jardín Botánico.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 53 PLANOS: ILUSTRACIONES: CD ROOM: 1

Copia No Controlada

EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD DE SEMILLAS DE ESPECIES CONSERVADAS EN
LA COLECCIÓN VIVA DEL JARDÍN BOTÁNICO DE BOGOTÁ

JOSÉ RICARDO MARTÍNEZ POVEDA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA BIOTECNOLÓGICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD DE SEMILLAS DE ESPECIES CONSERVADAS EN
LA COLECCIÓN VIVA DEL JARDÍN BOTÁNICO DE BOGOTÁ

JOSÉ RICARDO MARTÍNEZ POVEDA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Biotecnológico

Director:

CARLOS IVÁN SUÁREZ BALLESTEROS

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA BIOTECNOLÓGICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

ACTA DE SUSTENTACION DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: 28 octubre de 2022

HORA: 10:00 A.M.

LUGAR: CUCUTA, NORTE DE SANTANDER

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA BIOTECNOLÓGICA

TITULO: "EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD DE SEMILLAS DE ESPECIES
CONSERVADAS EN LA COLECCIÓN VIVA DEL JARDÍN BOTÁNICO DE
BOGOTÁ". **MODALIDAD:** PASANTIA JURADOS:

EDWIN JAVIER DUARTE GÓMEZ ADRIANA ZULAY ARGUELLO NAVARROYANETH
AMPARO MUÑOZ PEÑALOZA

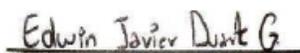
ENTIDAD: JARDÍN BOTÁNICO DE BOGOTÁ "JOSÉ CELESTINO MUTIS"

DIRECTOR: CARLOS IVAN SUAREZ BALLESTEROS

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTE	CODIGO	CALIFICACION
José Ricardo Martínez Poveda	1611169	4.4

OBSERVACIONES: APROBADO.

FIRMA DE LOS JURADOS



Edwin Javier Duarte Gómez



Adriana Zulay Arguello Navarro



Yaneth Amparo Muñoz Peñaloza

Vo. Bo Coordinador Comité Curricular



Agradecimientos

A la universidad Francisco de Paula Santander y aquellos docentes que durante estos años han formado profesionales de alta calidad. A los investigadores de la subdirección científica del Jardín Botánico de Bogotá, por ser un excelente grupo de trabajo que aportó grandes conocimientos a lo largo de mi práctica y pasantía. Especialmente a mi tutor, el Biólogo de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, estudiante de maestría en ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Colombia. Actualmente curador del banco de semillas del Jardín Botánico de Bogotá y Andrea Fernanda Morales Pisco ingeniera forestal de la Universidad Distrital, estudiante de maestría en Manejo, Uso y Conservación del Bosque que han sido un gran apoyo en todo este proceso. Gracias de corazón por su paciencia, dedicación y por todas sus enseñanzas. A mi familia, por ser un pilar incondicional en cada etapa de mi proceso estudiantil, a mis amigos por el apoyo inmensurable que me ofrecieron en cada momento y a lo largo de mi carrera.

Contenido

	pág.
Introducción	11
1. Problema	13
1.1 Título	13
1.2 Planteamiento del Problema	13
1.2.1 Descripción del problema	13
1.3 Formulación del Problema	16
1.4 Objetivos	17
1.4.1 Objetivo general	17
1.4.2 Objetivos específicos	17
1.5 Delimitación Espacial y Temporal	17
1.5.1 Delimitación espacial	17
1.5.2 Delimitación temporal	19
2. Marco Referencial	20
2.1 Marco Conceptual	20
2.2 Marco Contextual	21
2.3 Tipos de Conservación	22
2.3.1 Conservación in situ	22
2.3.2 Conservación ex situ	22
2.3.3 Colecciones vivas	23
2.3.4 Banco de semillas	23
2.3.5 Ensayos de germinación	25
2.3.6 Tetrazolio	25

2.4 Marco Legal	26
3. Diseño Metodológico	27
3.1 Recolecta de Material Vegetal	27
3.2 Tipo de Investigación	31
3.3 Universo de la Investigación	32
3.4 Fases de la Investigación	32
3.4.1 Recolección del material vegetal	32
3.4.2 Preparación de la muestra	32
3.4.3 Prueba de Tetrazolio	32
4. Resultados	33
4.1 Recolecta de Material: Pesaje de cada Muestra objeto de Estudio	33
4.2 Prueba de Corte: Proporción Semillas Llenas y Sobre Siembra	34
4.3 Prueba Tetrazolio	35
4.4 Prueba de Germinación	37
4.5 Prueba de Tukey Nivel de Confianza del 95%	41
5. Discusiones	44
5.1 Recolecta de Material: Pesaje de cada Muestra Objeto de Estudio	44
5.2 Prueba de Corte: Proporción Semillas Llenas y Sobre Siembra	44
5.3 Prueba Tetrazolio	45
5.4 Prueba de Germinación	46
5.5 Prueba de Tukey Nivel de Confianza del 95%	47
6. Conclusiones	48
7. Recomendaciones	50
Referencias Bibliográficas	51

Lista de Figuras

	pág.
Figura 1. Colecta de material objeto de investigación proporción semillas llenas y sobre siembra	27
Figura 2. Semillas sometidas a prueba de corte para evaluar la sobre siembra de cada especie	28
Figura 3. Coloración del embrión por medio de Prueba de Tetrazolio	29
Figura 4. Siembra en Agar de las muestras objeto de estudio ensayos de germinación en invernadero	30
Figura 5. Siembra invernadero banco plántular de la subdirección científica del jardín botánico de Bogotá	30
Figura 6. Tabla de peso	33
Figura 7. Porcentaje de semillas viables y sobre siembra mediante la prueba de corte	34
Figura 8. Promedio de viabilidad Tetrazolio en semillas de las especies de estudio	36
Figura 9. Porcentaje de viabilidad Tetrazolio en semillas de las especies de estudio	37
Figura 10. Porcentaje total de germinación en invernadero	38
Figura 11. Porcentaje total de germinación laboratorio con CHI	39
Figura 12. Porcentaje total de germinación laboratorio con CHO	40
Figura 13. Grafica de normalidad resultado de la Anova de las muestras	42
Figura 14. Media de los resultados con la variable pruebas	43

Lista de Tablas

	pág.
Tabla 1. Peso de cada muestra de las especies de estudio	33
Tabla 2. Resultados viabilidad directa de las especies objeto de estudio	34
Tabla 3. Promedio de resultados de viabilidad Tetrazolio en las muestras con contenido de humedad inicial seguido de contenido de humedad objeto	35
Tabla 4. Porcentaje de resultados de viabilidad Tetrazolio en las muestras con contenido de humedad inicial seguido de contenido de humedad objeto	36
Tabla 5. Porcentaje total de germinación invernadero	38
Tabla 6. Porcentaje total de germinación laboratorio con CHI	39
Tabla 7. Porcentaje total de Germinación Laboratorio con CHO	40
Tabla 8. Resultados Anova, Grados de libertad, F de Fisher y F Crítica	41
Tabla 9. Resultados Anova de un solo factor Hipótesis nivel de confianza del 95%	42
Tabla 10. Agrupación de información utilizando el método de Tukey confianza de 95%	43

Resumen

El Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis (JBB), es el centro de investigación distrital con énfasis en ecosistemas altoandinos y de páramo. Dentro de su misionalidad se encuentra la gestión integral de las coberturas verdes en la ciudad, el desarrollo de programas de educación ambiental, la conservación y mantenimiento de las colecciones vivas de flora como aporte a la sostenibilidad. Es así, como en la actualidad el Jardín Botánico de Bogotá cuenta con una colección viva de plantas y una de semillas, consideradas patrimonio distrital, regional y nacional. La presente pasantía tuvo como objetivo llevar a cabo procesos de investigación relacionados con la colección viva de plantas y el banco de semillas del Jardín Botánico de Bogotá. Para esto, el estudiante evaluó la viabilidad de semillas de algunas especies conservadas en la colección de paramo y bosque altoandino, aportando así al enriquecimiento de la colección del banco de semillas y generando información de los procesos actuales en la colección viva de plantas.

Introducción

En Colombia la conservación de especies al paso de los años ha sido fundamental ya que Colombia cuenta con el 10% de la biodiversidad mundial y ocupa el primer lugar en aves y anfibios, el segundo en plantas, el tercero en reptiles, y el quinto en mamíferos. Es un país con mares, islas, corales, manglares, desiertos, bosques andinos, selvas húmedas tropicales, cumbres nevadas y volcanes. Ante esta riqueza Colombia ha dado cumplimiento a los compromisos del Convenio de Diversidad Biológica, cuenta con un Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SINAP, conformado por 1062 áreas protegidas que cubren 30.921.869 hectáreas, equivalentes al 15% del territorio nacional. Entre estas se encuentran 120 áreas protegidas de gestión nacional, 265 áreas protegidas regionales y 677 reservas naturales de la sociedad civil a nivel local, Protegiendo así el patrimonio natural y cultural, garantizando la oferta de bienes y servicios ambientales esenciales para el desarrollo del país (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

Por su parte la conservación de plantas en Colombia es de gran importancia para asegurar el bienestar humano, debido a los numerosos productos para consumo y uso que ofrecen y su contribución en la provisión de servicios ecosistémicos, en Colombia se encuentran aproximadamente 30.000 especies de plantas, las cuales son identificadas y conservadas por diferentes entidades encargadas de realizar estudios con el fin de conservar la especie durante mucho más tiempo (Castellanos, 2017). Así mismo una de las principales entidades encargadas de la conservación de especies nativas es el Jardín Botánico de Bogotá mediante sus colecciones vivas en donde cuenta con un área aproximada de 20 hectáreas divididas en 34 colecciones vivas, las cuales, actúan como recursos genéticos que agrupan plantas con determinadas características bajo condiciones de crecimiento controladas y que, se especializan en entregar al público valiosa

información referente a la conservación de la flora, a la sostenibilidad ambiental de su territorio y al aprovechamiento de su patrimonio genético, bajo su función como banco de germoplasma de conservación ex situ de la flora Colombiana con especialidad en el material vegetal del bosque alto andino y páramo; es así como desde la línea de Colecciones Vivas se desarrollan actividades de mantenimiento de las 34 colecciones vivas mediante actividades de poda, deshierbe, limpieza y lavado, riego, remoción de suelo, Poda de césped, Rebordeo, plantación, nivelación de terreno, adición de sustratos, intervención fitosanitaria, disposición de residuos entre otras actividades (Jardín Botánico de Bogotá, 2021).

Para finalizar y teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado el objetivo de este proyecto fue evaluar la calidad fisiológica de especies conservadas en la colección viva del Jardín Botánico de Bogotá, mediante diferentes pruebas y ensayos, determinado la viabilidad de las especies trabajadas en este proyecto.

1. Problema

1.1 Título

EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD DE SEMILLAS DE ESPECIES CONSERVADAS EN LA COLECCIÓN VIVA DEL JARDÍN BOTÁNICO DE BOGOTÁ.

1.2 Planteamiento del Problema

1.2.1 Descripción del problema. A nivel global existe una crisis ambiental sin precedentes; la mayoría de la superficie de los biomas del planeta está degradada o amenazada por acción directa e indirecta de la actividad humana. Las actividades agrícolas, forestales y mineras, así como las ciudades, complejos turísticos e industriales, están expandiendo aceleradamente sus fronteras, generando degradación de ecosistemas naturales, pérdida de hábitats y llevando a la extinción local de algunas especies (Navarrete, Gallopín, Blanco, Díaz, Ferraro, Herzer, et al., 2005). Esto ha puesto en peligro de extinción a más del 20 % de las 250.000 a 300.000 especies vegetales existentes en el mundo (Di Sacco, Way, León, Suárez & Díaz, 2020).

Lo mismo sucede en Colombia, un país mego diverso que cuenta con más de 58 mil especies y alberga el 10 % de la diversidad biológica planetaria, que se encuentra en peligro por actividades humanas como la ampliación de la frontera agrícola, cambio de usos de la tierra y el cambio climático. Tanto así que, de los 96 tipos de ecosistemas con los que cuenta Colombia reportados por el IDEAM, casi la mitad se encuentra en un alto porcentaje de pérdida hasta llegar a su desaparición (Instituto Humboldt, 2020) y más de 1179 especies se encuentran en estado de amenaza, por lo cual los retos de conservación son cada vez mayores y han tomado una gran importancia en el país.

Ante esto uno de los ecosistemas más afectados son los páramos los cuales son elementos biogeográficos tropicales situados entre los 3.000 msnm, Colombia concentra aproximadamente el 50% de los páramos en el mundo, según el Minambiente (2021) Colombia cuenta con 37 complejos biogeográficos de páramo. Se distribuyen en la cordillera occidental, central, oriental, la Sierra Nevada de Santa Marta y el Nudo de los Pastosos; los seis glaciares o nevados del país se encuentran bajo la figura de protección de Parques Nacionales Naturales, los cuales son categorizados muy especiales en la conservación del planeta. Por otra parte, en Colombia, la necesidad de incrementar la producción regional ha catalizado la transformación del páramo, convirtiendo algunos de estos ecosistemas en continuos cultivos, potreros y asentamientos en donde la presión ejercida supera la capacidad de respuesta del sistema (Ortiz, 2019). Por añadidura la intervención humana sobre los páramos es producto de un devenir histórico que inicia desde la época precolombina, sin embargo, es notoria la intensificación en la implementación de sistemas de producción en el último medio siglo situación que aceleró la degradación de estos ecosistemas (Morales & Estévez, 2006).

Ante cada una de estas situaciones y en búsqueda de contrarrestar las graves consecuencias de la degradación y pérdida de los ecosistemas, diferentes instituciones del país han implementado diversas estrategias de conservación. Algunas de estas son desarrollo de actividades de conservación in situ, conservación ex situ, educación ambiental, fortalecimiento institucional para las áreas protegidas y la planificación participativa, estrategias con el fin de contribuir a la amenaza de la desaparición de especies (Corpoboyacá, 2017).

Esta realidad se ha potenciado, la implementación de muchas estrategias agrarias principalmente en el ecosistema páramo, esto ha provenido desde la institucionalidad, limitando la interacción con las comunidades y el reconocimiento de los modos de relacionamiento agrícola

que poseen con sus entornos, haciendo escasa la interacción entre el saber tradicional y el conocimiento científico para generar alternativas de manejo sostenible en estos biomas (Rey, Franco & Castaño, 2002), situación que ha desencadenado acciones ambientales desarticuladas (Dale, Archer, Chang & Ojima, 2005) entrando en conflicto con contextos socio ambiental heterogéneos como son los páramos del suroccidente del país.

Es por esto que se hace necesaria la reflexión sobre la agricultura sostenible en el Páramo, como referente para mejorar el abordaje de problemáticas como el uso inadecuado de los suelos y la intensificación de actividades agropecuarias que alteran la función socioambiental del ecosistema incidiendo en la calidad de vida de las comunidades y el desarrollo territorial, así mismo se habla de la importancia de los ecosistemas de alta montaña los cuales en Colombia se varía en función de la diversidad de condiciones topo climáticas y geológicas. En Colombia al paso de los años los páramos han presentado una pérdida total de bosques fue de 9.287 hectáreas y de páramo de más de 6.000 hectáreas; en varios estudios de la Universidad Nacional se han determinado que la búsqueda de mayores niveles de producción de papa condujo a que amplias zonas del lugar fueran fragmentadas o loteadas para destinarlas al arrendamiento. Según Garavito (2015), los ecosistemas de páramos, localizados en zonas de alta montaña, durante los últimos años han presentado una intensa degradación como resultado de la pérdida parcial o total de la cobertura vegetal, generando alteración en la regulación hídrica; Todo esto consecuencia de procesos como cambio climático, agricultura, ganadería y minería; para esto Colombia ha implementado diferentes estrategias ante el alto impacto y perdida que esta presentado el país ante esta problemática los cuales consisten en la educación ambiental, la movilización ciudadana, la investigación, la creación de fundaciones y en general desarrollar espacios para entender el páramo, son algunas de las soluciones para proteger estos páramos en el país.

Para cooperar ante esta problemática 18 jardines botánicos de Colombia han llevado a cabo diferentes investigaciones ante las problemáticas ambientales con mayor impacto por lo cual han implementado como estrategia de conservación integral, el Jardín Botánico implementa áreas de conservación in situ cuya función es constituir bancos de germoplasma y escenarios donde cooperen a investigaciones para la generación de modelos ecológicos de conservación que aseguren la sostenibilidad ambiental.

El Jardín Botánico José Celestino Mutis, representa un patrimonio de gran valor para la comunidad del Distrito Capital y del país, y constituye una estrategia efectiva de conservación ex situ, la cual contribuye al logro de los propósitos de preservación, investigación y educación, dentro de las metas trazadas por el Convenio sobre Diversidad Biológica, la Estrategia Global y Nacional para la Conservación de Plantas y la Política Nacional de Biodiversidad; es así como desde la línea de Colecciones Vivas se desarrollan las siguientes actividades: Mantenimiento de las 34 colecciones vivas mediante actividades de poda, deshierbe, limpieza y lavado, riego, remoción de suelo, Poda de césped, Rebordeo, plantación, nivelación de terreno, adición de sustratos, intervención fitosanitaria, disposición de residuos entre otras actividades (Jardín Botánico de Bogotá, 2022)

1.3 Formulación del Problema

¿Cuál es la calidad fisiológica de las semillas de las colecciones vivas que se conservan en la colección viva del Jardín Botánico de Bogotá?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general. Evaluar la calidad fisiológica de especies conservadas en la colección viva del Jardín Botánico de Bogotá.

1.4.2 Objetivos específicos. A continuación, se presentan los objetivos específicos:

Evaluar la viabilidad de semillas conservadas en la colección viva del Jardín Botánico de Bogotá a partir de pruebas de tetrazolio.

Evaluar la viabilidad de semillas conservadas en la colección viva del Jardín Botánico de Bogotá a partir de pruebas de corte.

Evaluar la viabilidad de semillas conservadas en la colección viva del Jardín Botánico de Bogotá a partir ensayos de germinación en invernadero y laboratorio.

1.5 Delimitación Espacial y Temporal

1.5.1 Delimitación espacial. La investigación se llevó a cabo en el Jardín Botánico de Bogotá, Situado en la ciudad de Bogotá con dirección Avenida calle 63 # 68-95. El material Vegetal con el cual se trabajó fue extraído de la producción de las colecciones vivas del Jardín Botánico de Bogotá.

El Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis (JBB) es un centro de investigación que alberga diferentes colecciones botánicas como la etnobiológica, el herbario, la carpoteca, y la de tejidos, entre otras. Si bien dichas colecciones tienen énfasis en plantas de ecosistemas alto andinos y de páramo, poseen también material vegetal procedente de otras zonas del país (Diazgranados, 2015). Además, se encuentra la Colección Viva que busca la conservación ex situ

de la flora y está distribuida en 34 zonas temáticas que se han convertido en eje de investigación, educación y divulgación al público (Cadena, 2021).

El Jardín Botánico de Bogotá fue fundado en 1955 e inició el proceso de creación de su colección viva con el enriquecimiento de plantas procedentes de salidas de campo promovidas por Enrique Pérez Arbeláez y las donaciones de diferentes botánicos del país (Diazgranados, 2015). Desde finales de la década de los noventa hasta el año 2015, las accesiones de la Colección Viva (como se llama a los registros de la base de datos) se almacenan en tablas de Excel y en el software BG-Bases, que hasta ese momento no estaban vinculados a un sistema de información geográfico (SIG). La falta de un sistema de información adecuado generaba problemas al actualizar zonas del Jardín, porque los trabajos se realizaban en papel, por lo que se perdía confiabilidad en la ubicación de las accesiones, inconsistencias en sus traslados, y dificultades al reportar los individuos muertos.

Desde 2017 se inició el inventario digital de la Colección Viva que comprendió el desarrollo de nuevas bases de datos que incluyen un SIG local, el uso de herramientas y plataformas de almacenamiento virtual (ArcGis Online), la captura de datos y su georreferenciación por medio de dispositivos móviles (Collector for ArcGis), el etiquetado y la determinación del material vegetal, y la descarga y análisis de la información de forma remota. Este inventario finalizó en 2019, aunque las actividades de actualización son permanentes.

La base de datos de la colección abarca 19 546 accesiones georreferenciadas, que corresponden a 184 familias, 723 géneros y 1185 especies de plantas, entre las que están 89 en categorías de amenaza a nivel nacional. Se sugiere continuar con la documentación de nuevos individuos, y aumentar el nivel de determinación taxonómica. Además, seguir con el

mantenimiento y mejora de las bases de datos de la Colección Viva y avanzar en su interoperabilidad con otras bases, como las colecciones de referencia, y evaluar estrategias de publicación.

1.5.2 Delimitación temporal. Para este proyecto se estima una durabilidad de 6 meses.

2. Marco Referencial

2.1 Marco Conceptual

Banco de Semillas: Los jardines botánicos se pueden definir como “instituciones organizadas para mantener colecciones de plantas, usualmente representando un gran número de géneros y especies, para servir a propósitos educacionales, estéticos, científicos y económicos, además de ofrecer una fuente de recreación” (Castellano, 2003, p.1). Las funciones de los jardines botánicos se pueden denominar como de servicio público, educación, conservación e investigación (Castellano, 2003).

Semillas: La semilla, simiente, pepa, pipa o papá es cada uno de los cuerpos que forman parte del fruto que da origen a una nueva planta; es la estructura mediante la cual realizan la propagación de las plantas que por ello se llaman espermatofitas.

Conservación Ex situ: se entiende como la conservación de los componentes de la diversidad biológica fuera de su hábitat natural.

Jardines Botánicos: Un jardín botánico es un tipo de jardín destinado a la conservación y divulgación de la diversidad de las especies vegetales. Los jardines botánicos son por lo general instituciones habilitadas por un organismo que puede ser público, privado o asociativo, aunque en ciertos casos la gestión puede ser mixta

Tetrazolio: Es un indicador redox usado comúnmente en experimentos bioquímicos para indicar especialmente la respiración celular. Es un polvo blanco cristalino, soluble en agua, etanol y acetona, pero insoluble en éter.

Estereoscopio: Es un aparato que presenta una doble imagen para ser unidas a nivel perceptual en nuestro cerebro y así se ve una sola imagen estereoscópica, que permite percibir las tres dimensiones; o sea facilita la visión tridimensional.

2.2 Marco Contextual

Según el Ministerio de Ambiente en Colombia son 96 ecosistemas acuáticos, costeros, marinos, terrestres e insulares, que albergan una riqueza en fauna y flora incomparable; la diversidad colombiana es apasionante: va desde bosques tropicales, sabanas, desiertos hasta páramos, manglares, arrecifes coralinos y pastos marinos. Estos ecosistemas garantizan la oferta de bienes y servicios ambientales esenciales y permiten la conservación de la biodiversidad y la regulación de climas y del agua. Uno de los principales ítems es la conservación de especies la cual se refiere al uso y regulación sustentable de las especies existentes, permitiendo su continuidad indefinida en el espacio que habitan. Este es un concepto que debe ser transmitido de generación en generación y que tiene un sustento tanto ético como natural (Icarito, 2009).

Por otra parte, y según la WWF (2018) el territorio colombiano se tiene una grave pérdida de la biodiversidad la cual está transformando los ecosistemas nacionales y según el reporte, casi la mitad de los 85 ecosistemas clasificados en Colombia se encuentran amenazados al estar en un estado crítico o en peligro debido a su nivel de deterioro; por otra parte y según el informe de Colombia Viva se señala que entre las mayores amenazas para los ecosistemas terrestres del país se encuentran: la ganadería extensiva, la especulación de tierras, la deforestación y el uso para cultivos ilícitos; mientras que, en ecosistemas de agua dulce como los humedales, una de las principales causas de pérdida se debe a la intervención humana; grandes problemáticas las cuales ponen a Colombia dentro de los 10 países con mayores tasas de deforestación en todo el mundo.

2.3 Tipos de Conservación

2.3.1 Conservación in situ. Consiste en preservar los ecosistemas y los paisajes en su estado natural para permitir la presencia de especies sombrillas y el desarrollo de las características distintivas de cada elemento dentro del ecosistema.

2.3.2 Conservación ex situ. Se trata de una forma de incorporar a especies que han sido previamente extraídas de sus hábitats naturales. Ocurre particularmente con fauna, con animales que son entregados de manera voluntaria o que hayan sido decomisadas de las redes de tráfico ilegal.

- **Educación ambiental.**

Han sido probados incontables veces los beneficios de contar con comunidades informadas que comprendan la importancia y las bondades de la conservación de la vida silvestre y de sus hábitats. Esto genera actitudes y aptitudes positivas en la vida cotidiana que redundan en beneficios para las especies.

- **Fortalecimiento institucional para las áreas protegidas.**

Es importante que a nivel nacional, regional y local se cuente con personal formado en la conservación de especies y que, asimismo, este esté amparado por instituciones públicas y privadas que prioricen los objetivos de conservación de los sistemas de áreas protegidas. Actualmente, Colombia cuenta con una la Alianza para la Conservación de la Biodiversidad, el Territorio y la Cultura, una iniciativa interinstitucional que ha probado ser un buen modelo de trabajo para la creación y ampliación de estos territorios protegidos.

- **Planificación participativa.**

Cuando se diseñan estrategias de manejo de manera participativa con las comunidades que viven en hábitats potenciales –lugares donde posiblemente habitan más especies, se pueden desarrollar sistemas productivos sostenibles que les beneficien económicamente a la vez que son amigables con el entorno.

2.4.3 Colecciones vivas. Las colecciones vivas es una las principales estrategias para la conservación de especies de gran valor para la humanidad y fundamental para la preservación, conservación, restauración y el desarrollo sustentable de la diversidad biológica; este material vegetal puede llegar en diferentes formas, pero con condiciones específicas como:

- No presentar problemas fitosanitarios.
- Ser material extraído legalmente cumpliendo con las normas establecidas para la colecta de este tipo de material.
- El material puede entrar en semilla, esqueje, bulbo, rizomas, plántulas, etc.
- Es indispensable que tenga datos de colecta, identificando el sitio, las coordenadas, fecha, colector, tipo material vegetal colectado, descripción del hábitat, entre otras.
- La entrada del material vegetal debe llevar el visto bueno del curador de las colecciones vivas.

2.3.4 Banco de semillas. Los bancos de semillas son instrumentos utilizados durante años como una forma de solucionar los problemas de acceso y disponibilidad de semillas de calidad en comunidades rurales pobres.

Funcionan cuando se habilita un almacén de semillas con un equipo que lo gestione, adquiriendo semillas que se ponen a disposición de los agricultores que viven en condiciones de mayor vulnerabilidad (Ayuda en Acción, 2020).

Tipos.

Transitorios: Compuestos por semillas de corta viabilidad y no dormantes.

Persistentes: Los que presentan semillas con dormancia facultativa.

Semillas y su conservación

Las semillas son el cofre que permite que la “memoria” contenida en una planta pueda perpetuarse en las generaciones y también recorrer grandes distancias (Horturba, 2009).

El mantenimiento de la viabilidad de la semilla depende mucho de las condiciones de almacenaje; las semillas deben conservarse secas, en un lugar fresco y protegido de la luz, donde se deben seguir los siguientes consejos:

- La semilla se debe conservar con el mínimo de humedad posible, si se nos ha humedecido
- Se debe secar en una bandeja, después se guarda en un recipiente hermético para evitar que se vuelva a humedecer; para disminuir la humedad se puede añadir gel de sílice dentro del recipiente de conservación.
- El lugar de conservación debe ser fresco, la nevera es un espacio óptimo para la mayoría de las semillas siempre que el recipiente o la bolsa esté herméticamente cerrada, en caso contrario se puede malograr.

- En el recipiente o bolsa anotar la fecha, la especie y el origen de la semilla.
- Cuando se quiera utilizar la semilla después de un periodo largo de conservación se puede hacer una prueba de germinación para asegurar su viabilidad (Horturba, 2009).

Por otra parte, para lograr un índice alto de propagación de las especies en conservación se proponen diferentes técnicas de viabilidad;

La viabilidad denota el potencial que tiene una semilla, estaca, segmento, yema, entre otros para germinar, la cual está ligada al éxito o fracaso reproductivo de las poblaciones y de esta manera es una de las primeras variables a evaluar. (Mancipe, Calderón & Pérez, 2018, p.12)

Según Pérez & Pita (2001) para la evaluar y cuantificar la viabilidad se pueden realizar diferentes pruebas como:

2.3.5 Ensayos de germinación. Si una semilla es viable, y no presenta dormición, germinará cuando se la ponga en las condiciones adecuadas de humedad, luz y temperatura. Por ello se acepta que la capacidad germinativa de un lote de semillas es un reflejo directo de su viabilidad. Para la realización de este tipo de ensayos, las semillas se disponen sobre agar, en placas Petri o en bandejas; incubando, a continuación, en cámaras de germinación con control de temperatura e iluminación (Pérez, 2016).

2.3.6 Tetrazolio. Las soluciones de estas sales de cloruro o bromuro de 2,3,5-trifeniltetrazolio son incoloras, pero cuando se reducen se transforma en trifenilformazán, una sustancia estable, no difusible y de un color rojo intenso, por tanto, se espera que al colocar una semilla viable en contacto con una solución de tetrazolio, los electrones sean liberados en los tejidos del embrión y reducirán a las sales de tetrazolio, adquiriendo un color rojo intenso;

contrariamente si la semilla no es viable, el embrión no cambiara de color (Pérez, 2016).

2.4 Marco Legal

Este trabajo está enmarcado en las investigaciones desarrolladas por la colección del Banco de Semillas adscrita a la línea de Colecciones Vivas de la Subdirección Científica del Jardín Botánico de Bogotá. La colectas se realizan bajo la ley 299 de 1996 la cual reglamenta que los jardines botánicos y la resolución N° 01063 del 16 de junio de 2021 “Por la cual se modifica el Permiso Marco de Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Investigación Científica No Comercial otorgado al Jardín Botánico José Celestino Mutis mediante la Resolución 0791 del 18 de julio de 2014, modificada por las Resoluciones 1511 del 25 de noviembre de 2015, 01253 del 05 de octubre de 2017, 01019 del 06 de julio de 2018 y 02120 del 24 de octubre de 2019, y se toman otras determinaciones”.

3. Diseño Metodológico

3.1 Recolecta de Material Vegetal

Se realizaron colectas de semillas de frutos maduros en la colección viva del jardín Botánico de Bogotá, el material cosechado no superó más del 20% de las semillas sanas disponibles (Di Sacco et al., 2020). Cada colecta está soportada con colecciones de herbario que serán depositadas en el Herbario del Jardín Botánico de Bogotá.



Figura 1. Colecta de material objeto de investigación proporción semillas llenas y sobre siembra

Para cada especie se evaluó la calidad de las semillas mediante pruebas de corte de cuatro réplicas de 20 semillas. Una vez realizada la prueba de corte se registrará el número de semillas llenas, vacías e infestadas, y se calculará la proporción de semillas llenas mediante la fórmula (Di Sacco et al. 2020):

$$\text{Proporción de semillas llenas} = \text{N}^{\circ} \text{ de semillas llenas} / \text{N}^{\circ} \text{ de semillas cortadas.}$$

Las especies suelen tener altos porcentajes de semillas vacías, por lo cual se realizará una sobre siembra, con la cual se busca que los ensayos tengan aproximadamente el mismo número

de semillas que potencialmente germinaron (Di Sacco et al. 2020). El cálculo de la sobre siembra se realizará mediante la fórmula (Di Sacco et al. 2020):

Sobre-siembra = semillas necesarias por el ensayo / proporción de semillas llenas.



Figura 2. Semillas sometidas a prueba de corte para evaluar la sobre siembra de cada especie

- **Pruebas de viabilidad con tetrazolio.**

Para cada especie se evaluó la viabilidad de las semillas mediante la prueba de 2,3,5-trifeniltetrazolio (prueba de tetrazolio). En cada prueba se realizaron tres réplicas, para cada réplica se utilizaron los resultados de la fórmula de sobre-siembra, tomando 25 semillas como semillas necesarias para el ensayo (formula sobre-siembra).

Las semillas fueron hidratadas con agua por 24 horas; posteriormente se les agregó una solución de tetrazolio al 1% y se reservaron en condiciones de oscuridad en horno a una temperatura de 40 °C por 24 horas (Mancipe, 2020; Mancipe et al., 2018). Una vez cumplido el tiempo, se evaluaron las semillas y se registró el número de semillas viables, inviables y vacías, las semillas se consideraron viables cuando la zona radicular y los cotiledones presentaron color rosado (Di

Sacco et al., 2020; Mancipe, 2020).



Figura 3. Coloración del embrión por medio de Prueba de Tetrazolio

- **Ensayos de germinación en laboratorio.**

Se realizaron ensayos de germinación de semillas con contenido de humedad inicial (CHI) y contenido de humedad objeto (CHO) para cada especie. Para todas las especies, se realizaron cuatro réplicas y el número de semillas por especie dependió de la siembra. Previo a la siembra, se realizó una limpieza y desinfección de las semillas empleando hipoclorito de sodio al 1 % (Muñoz & Ackerman 2011). Las semillas se sembraron en cajas de Petri utilizando como medio agar-agar o algodón, este procedimiento se llevó a cabo en una cámara de flujo laminar.

Posteriormente los ensayos fueron dispuestos bajo condiciones controladas en una cámara de germinación Thermoline (New South Wales, Australia) con fotoperíodo de 12 horas, temperatura de $20/10 \pm 2,5$ °C y humedad de $75 \pm 5\%$ (Pérez et al., 2014). El monitoreo de la germinación se realizó tres veces a la semana, las semillas que se registraron como germinadas fueron aquellas en donde la emergencia de la radícula a través de los tejidos circundantes fue de mínimo 2 mm (Bewley et al., 2013; Di Sacco et al., 2020).

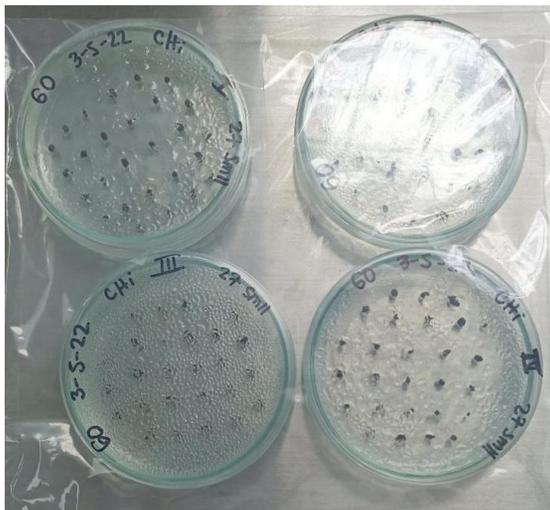


Figura 4. Siembra en Agar de las muestras objeto de estudio ensayos de germinación en invernadero

Para cada especie, se realizaron ensayos de germinación en el invernadero de banco plantular de la Subdirección Científica. Para cada especie se montaron cuatro réplicas y el número de semillas dependió del tamaño de las colectas y la sobre siembra. En la siembra se emplearon bandejas base de germinación de 55cm x 29cm y como sustrato se utilizó una mezcla de dos partes de turba, una parte de tierra negra y una parte de humus sólido. El riego se realizó tres veces a la semana, mediante aspersión.



Figura 5. Siembra invernadero banco plántular de la subdirección científica del jardín botánico de Bogotá

- **Análisis de los datos.**

Para cada población se calculó el porcentaje de germinación (PG) y el tiempo medio de germinación (TMG), mediante las fórmulas (Di Sacco et al., 2020; Ranal & Santana, 2006):

$$PG=(N/Ns) \times 100$$

$$MGT=\sum^K ni ti / \sum^K_{i=1}ni$$

Donde N es el número de semillas germinadas, Ns es el número de semillas totales. ni es el número de semillas germinadas en la décima toma de datos, ti es el tiempo (días) de la décima toma de datos y k es el tiempo en días de duración de la prueba de germinación.

Se probó la normalidad de los datos mediante el test de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianza con el test de Levene, con un nivel de confianza del 95 %. Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba a posteriori de Tukey con un nivel de confianza del 95% para evaluar si existían diferencias en: la germinación de los ensayos montados en las cajas de Petri y la viabilidad por tetrazolio y la germinación de la población que presentó la mayor proporción de semillas llenas en los diferentes sustratos.

3.2 Tipo de Investigación

El enfoque de esta investigación se considera una investigación básica y aplicada. Ambas prácticas no se pueden separar. La Investigación básica busca el descubrimiento de leyes o principios básicos que constituyen el punto de apoyo en la solución de alternativas sociales. La aplicada busca la obtención de un nuevo conocimiento técnico con aplicación inmediata a un problema determinado. Este tipo de investigación se fundamenta en los resultados de la investigación básica, la cual a su vez está supeditada a una necesidad social por resolver (Laura et al., 2007).

Según Hernández Sampieri & Mendoza (2010), el enfoque de esta investigación se considera un Diseño Experimental porque se realizará un experimento que consiste en actuar sobre un elemento y observar su resultado final.

3.3 Universo de la Investigación

La población analizada abarca las colecciones vivas enfocadas a especies del páramo y bosque alto andino que se encuentran en el Jardín Botánico de Bogotá.

3.4 Fases de la Investigación

3.4.1 Recolección del material vegetal. El material vegetal a analizar se toma de la colección viva del Jardín Botánico de Bogotá.

3.4.2 Preparación de la muestra. Las muestras recolectadas serán procesadas en el laboratorio del Banco de Semillas del Jardín Botánico de Bogotá.

3.4.3 Prueba de Tetrazolio. La Prueba con Tetrazolio es una Prueba de Viabilidad con una solución del 1% de compuesto químico 2,3,5-trifenil cloruro de tetrazolio, este tiene la capacidad de reaccionar con los iones de hidrógeno que resultan del proceso de respiración de la semilla; La ventaja de esta Prueba es que además de generar una mayor certeza hacia la viabilidad de la semilla, tiñendo de rojo los tejidos que están metabólicamente activos, Además de las semillas viables, completamente coloreadas, y de aquellas no coloreadas (muertas), pueden aparecer semillas parcialmente coloreadas. Se establecen diferentes grados de tinción en regiones esenciales (radícula, plúmula, eje embrional y cotiledones entre otros) y se relacionan con presencia o ausencia de germinación. La viabilidad expresa el potencial de una semilla para germinar (Poulsen, 2001).

4. Resultados

4.1 Recolecta de Material: Pesaje de cada Muestra objeto de Estudio

Al realizar la curva de peso (Tabla 1) se observa que 100 semillas pueden pesar entre 0.000520156 y 1.14 gramos y que 1 gramo puede contener alrededor de 94 a 265 semillas dependiendo esto de la especie que se quiera analizar.

Tabla 1. Peso de cada muestra de las especies de estudio

Genero	Epiteto	No. Semillas	Peso promedio 25 semillas	Peso total accesión (g)	Número estimado de semillas Total
Schultesianthus	Coriaceus	25	0.285	16.87	1478.527
Morella	Pubescens	25	0.295	21.437	1815.156
Puya	Santosii	25	0.015	7.653	12147.619
Puya	Bicolor	25	0.019	1.147	1489.610
Cavendishia	Bracteata	25	0.001	0.445	5933.333
Monochaetum	Myrtoideum	192.25	0.001	4.58	882
Cavendishia	Pubescens	25	0.0021	0.454	5404.765
Solanum	Oblongifolium	25	0.114375	5.167	1129.398



Figura 6. Tabla de peso

4.2 Prueba de Corte: Proporción Semillas Llenas y Sobre Siembra

Viabilidad directa: De un 0% a un 32% de las semillas no tenían embrión dependiendo la especie, 0 % de todas tenían un embrión afectado y del 68% al 100% restante contaba con un embrión entero y sano (Tabla 2), Por medio de estos resultados se obtuvieron detalles concretos de la sobre siembra por especie para así asegurar un mejor y más concreto porcentaje de germinación.

Tabla 2. Resultados viabilidad directa de las especies objeto de estudio

Familia	Genero	Epiteto	Total, llenas	Total, vacías	Total, infestadas	Sobre siembra por replica
Solanaceae	Schultesianthus	Coriaceus	100	0	0	25
Myricaceae	Morella	Pubescens	94	6	0	27
Bromeliaceae	Puya	Santosii	75	25	0	33
Bromeliaceae	Puya	Bicolor	100	0	0	25
Ericaceae	Cavendishia	Bracteata	100	0	0	25
Melastomataceae	Monochaetum	Myrtoideum	68	32	0	37
Ericaceae	Cavendishia	Pubescens	93	7	0	27
Solanaceae	Solanum	Oblongifolium	77	23	0	32

Resultados viabilidad directa de las especies objeto de estudio.

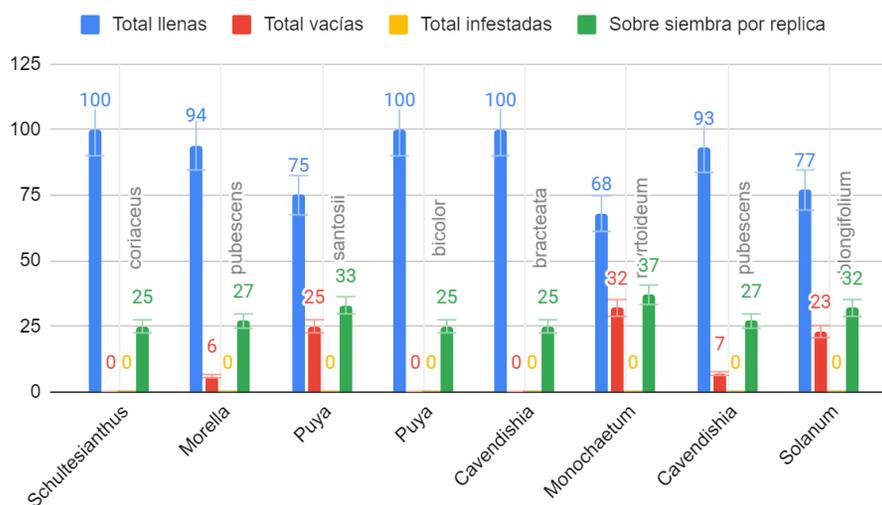


Figura 7. Porcentaje de semillas viables y sobre siembra mediante la prueba de corte

4.3 Prueba Tetrazolio

En esta prueba se observó la calidad del embrión, encontrando que desde el 1% hasta un 100% de las semillas tienen embrión no viable (sin tinción) dependiendo la especie y que del 0% al 98% restante cuenta con un embrión viable (tinción rojiza) (Tabla 3), haciendo énfasis en algunas especies que no tuvieron tinción por condiciones adversas como lo son su gruesa testa, impidiendo así el efecto del agente detonante en este caso el Tetrazolio.

Tabla 3. Promedio de resultados de viabilidad Tetrazolio en las muestras con contenido de humedad inicial seguido de contenido de humedad objeto

Familia	Epiteto	Contenido de humedad	Promedio tinción	Promedio sin tinción	Promedio vacías	Suma promedios
Solanaceae	Coriaceus	Chi	24.5	0.25	0.25	25
Solanaceae	Coriaceus	Cho	18	1	6	25
Myricaceae	Pubescens	Chi	0	22.25	2.75	25
Myricaceae	Pubescens	Cho	0	21	4	25
Bromeliaceae	Santosii	Chi	0	25	0	25
Bromeliaceae	Santosii	Cho	0	25	0	25
Bromeliaceae	Bicolor	Chi	0	25	0	25
Bromeliaceae	Bicolor	Cho	0	25	0	25
Ericaceae	Bracteata	Chi	9	13.75	2.25	25
Ericaceae	Bracteata	Cho	1	15.75	8.25	25
Melastomata ceae	Myrtoideum	Chi	7	14.75	3.25	25
Stomataceae	Myrtoideum	Cho	4.25	10	10.75	25
Ericaceae	Pubescens	Chi	17.75	3.5	3.75	25
Ericaceae	Pubescens	Cho	21.25	3	0.75	25
Solanaceae	Oblongifolium	Chi	0	25	0	25
Solanaceae	Oblongifolium	Cho	0.5	24.5	0	25

Promedio tinción, Promedio sin tinción y Promedio vacías

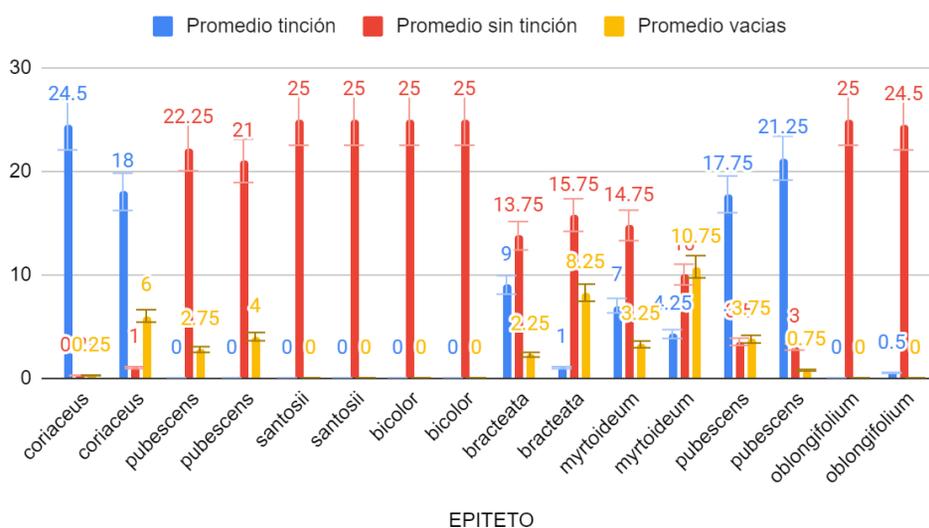


Figura 8. Promedio de viabilidad Tetrazolio en semillas de las especies de estudio

Tabla 4. Porcentaje de resultados de viabilidad Tetrazolio en las muestras con contenido de humedad inicial seguido de contenido de humedad objeto

Familia	Epíteto	Contenido de humedad	% Tinción	% Sin tinción	% Vanas
Solanaceae	Coriaceus	Chi	98	1	1
Solanaceae	Coriaceus	Cho	72	4	24
Myricaceae	Pubescens	Chi	0	89	11
Myricaceae	Pubescens	Cho	0	84	16
Bromeliaceae	Santosii	Chi	0	100	0
Bromeliaceae	Santosii	Cho	0	100	0
Bromeliaceae	Bicolor	Chi	0	100	0
Bromeliaceae	Bicolor	Cho	0	100	0
Ericaceae	Bracteata	Chi	36	55	9
Ericaceae	Bracteata	Cho	4	63	33
Melastomataceae	Myrtoideum	Chi	28	59	13
Melastomataceae	Myrtoideum	Cho	17	40	43
Ericaceae	Pubescens	Chi	71	14	15
Ericaceae	Pubescens	Cho	85	12	3
Solanaceae	Oblongifolium	Chi	0	100	0
Solanaceae	Oblongifolium	Cho	2	98	0

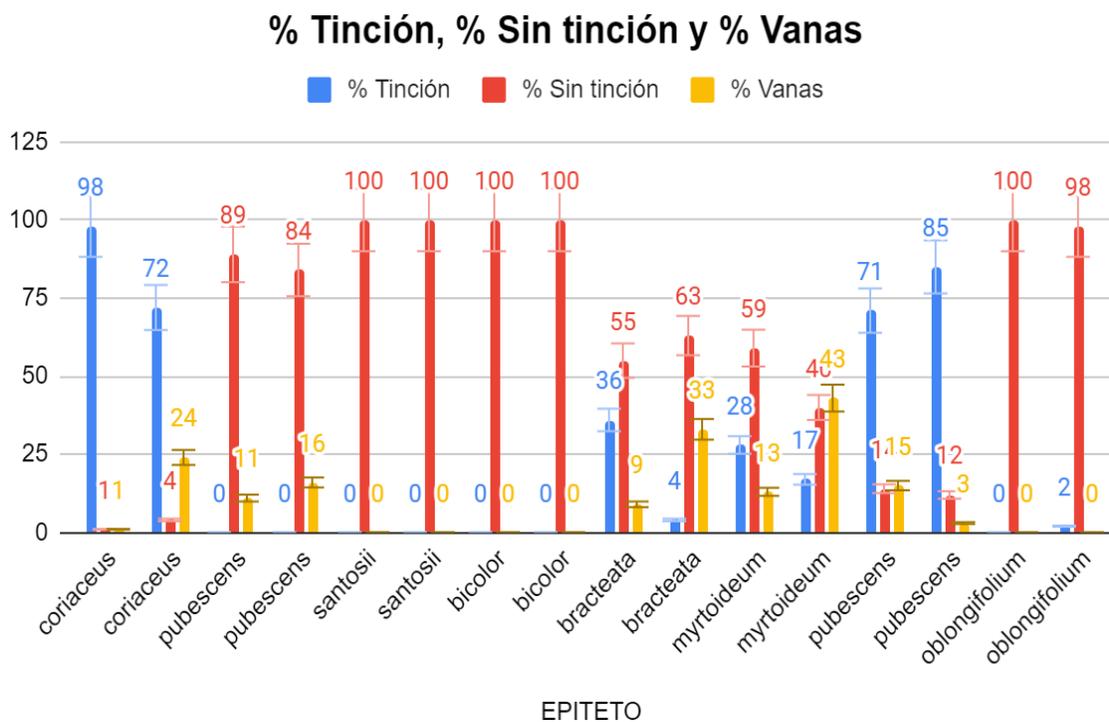


Figura 9. Porcentaje de viabilidad Tetrazolio en semillas de las especies de estudio

4.4 Prueba de Germinación

Al analizar los datos se pudo observar mediante el % de germinación que los mejores resultados fueron en los ensayos de laboratorio, ya que tanto en las muestras con CHI y CHO el porcentaje de germinación se mantuvo en un rango entre el 27% y 91% observados en las tablas 6 y 7; así mismo observamos que el % de germinación en los ensayos de invernadero rondaron entre el 2.83% y en la especie con mayor % tenemos la cavendishia pubescens con el 50.92% observado en la tabla 5, dejando así una clara diferencia entre estos dos tipos de germinación evidenciada en las gráficas que se podrán observar más adelante.

Tabla 5. Porcentaje total de germinación invernadero

Familia	Genero	Epiteto	# Semillas Germinadas	% Germinación
Solanaceae	Schultesianthus	Coriaceus	0	0
Myricaceae	Morella	Pubescens	3	2.830188679
Bromeliaceae	Puya	Santosii	8	6.015037594
Bromeliaceae	Puya	Bicolor	45	45
Ericaceae	Cavendishia	Bracteata	29	29
Melastomataceae	Monochaetum	Myrtoideum	65	44.21768707
Ericaceae	Cavendishia	Pubescens	55	50.92592593

Semillas Germinadas y % germinacion

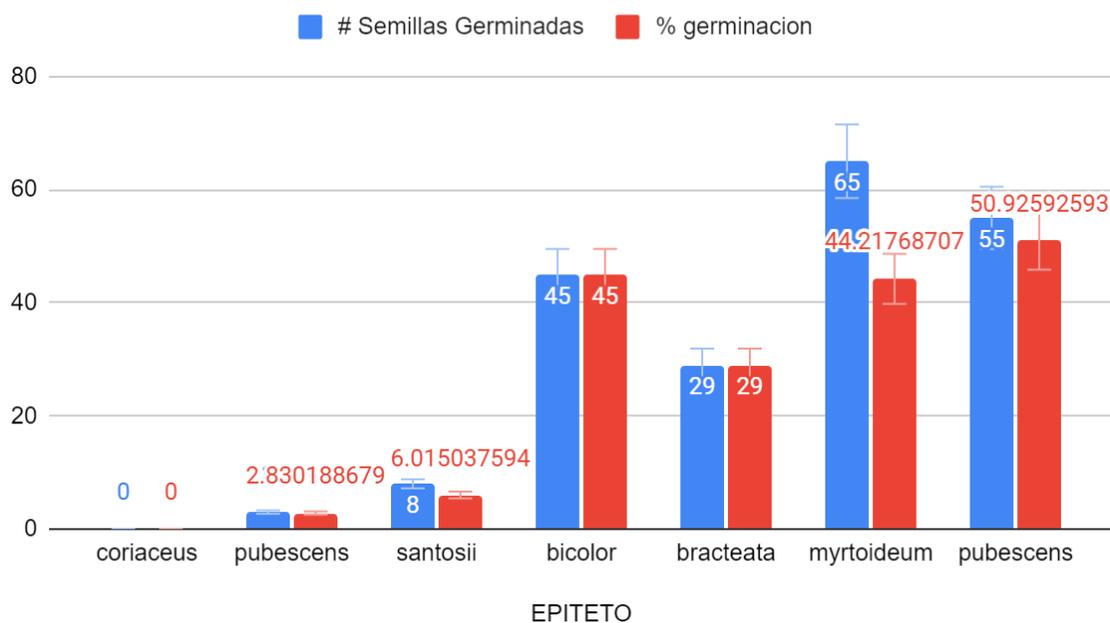


Figura 10. Porcentaje total de germinación en invernadero

Tabla 6. Porcentaje total de germinación laboratorio con CHI

Familia	Genero	Epiteto	# Semillas Germinadas	% Germinación
Solanaceae	Schultesianthus	Coriaceus	0	0
Myricaceae	Morella	Pubescens	52	49.05660377
Bromeliaceae	Puya	Santosii	117	87.96992481
Bromeliaceae	Puya	Bicolor	95	95
Ericaceae	Cavendishia	Bracteata	27	27
Melastomataceae	Monochaetum	Myrtoideum	113	76.8707483
Ericaceae	Cavendishia	Pubescens	68	62.96296296

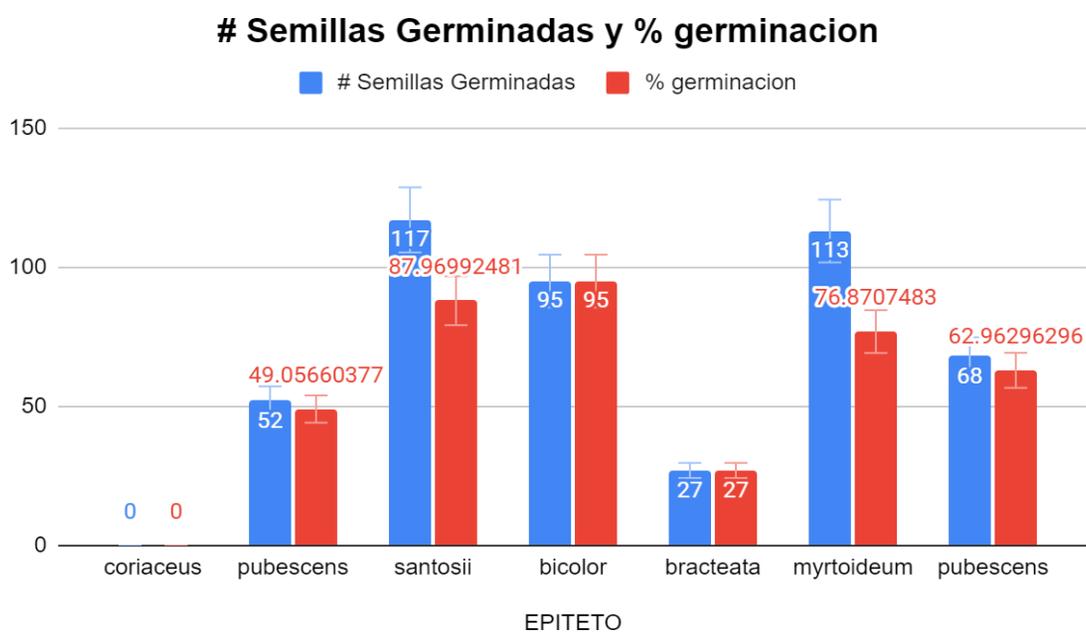


Figura 11. Porcentaje total de germinación laboratorio con CHI

Tabla 7. Porcentaje total de Germinación Laboratorio con CHO

Familia	Genero	Epiteto	# Semillas Germinadas	% Germinación
Solanaceae	Schultesianthus	Coriaceus	0	0
Myricaceae	Morella	Pubescens	60	56.60377358
Bromeliaceae	Puya	Santosii	88	66.16541353
Bromeliaceae	Puya	Bicolor	63	63
Ericaceae	Cavendishia	Bracteata	44	44
Melastomataceae	Monochaetum	Myrtoideum	48	32.65306122
Ericaceae	Cavendishia	Pubescens	63	58.33333333
Solanaceae	Solanum	Oblongifolium	119	91.53846154

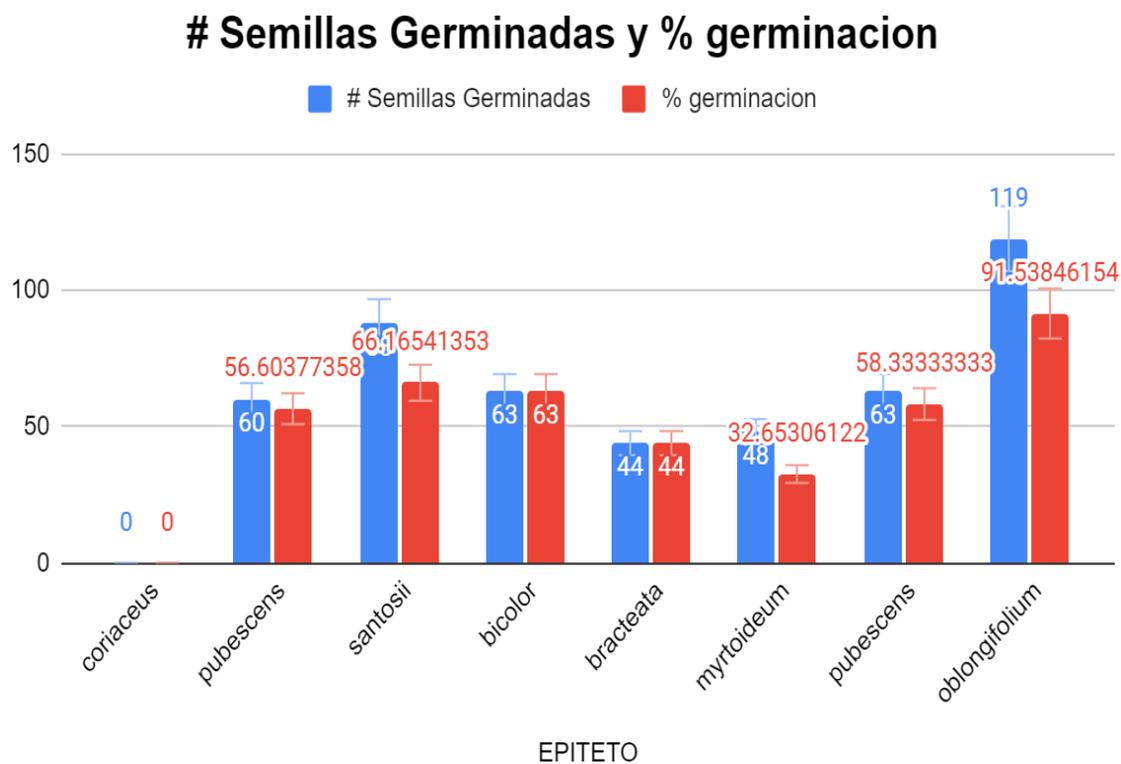


Figura 12. Porcentaje total de germinación laboratorio con CHO

4.5 Prueba de Tukey Nivel de Confianza del 95%

Esta prueba se realizó para evaluar si existían diferencias en: la germinación de los ensayos montados en las cajas de Petri, la viabilidad por tetrazolio y la germinación de la población que presentó la mayor proporción de semillas llenas, involucrando así las 6 especies a analizar y sus respectivas pruebas, para esto se realizó un apoyo con el programa minitab, en donde se generó, primero un análisis de Anova, a continuación evidenciando los resultados la Anova calcula la F de Fisher (Tabla 8), esta prueba compara la diferencia de las medias generando una gráfica de normalidad (para que esta se cumpla los puntos deben estar cerca la línea de tendencia generada, Figura 8), se calcula en Excel la F crítica por medio de la fórmula =DISTR.F.INV(5%;Grados de libertad(GL);Grados de libertad d(Error)).

Tabla 8. Resultados Anova, Grados de libertad, F de Fisher y F Crítica

Análisis de varianza de resultados						
Fuente	GL	SC	MC	F	P	F Crítica
Pruebas	2	11414	5707.0	3.91	0.049	3,9852
Especies	6	2732	455.3	0.31	0.919	2,9961
Error	12	17507	1458.9			
Total	20	31653				

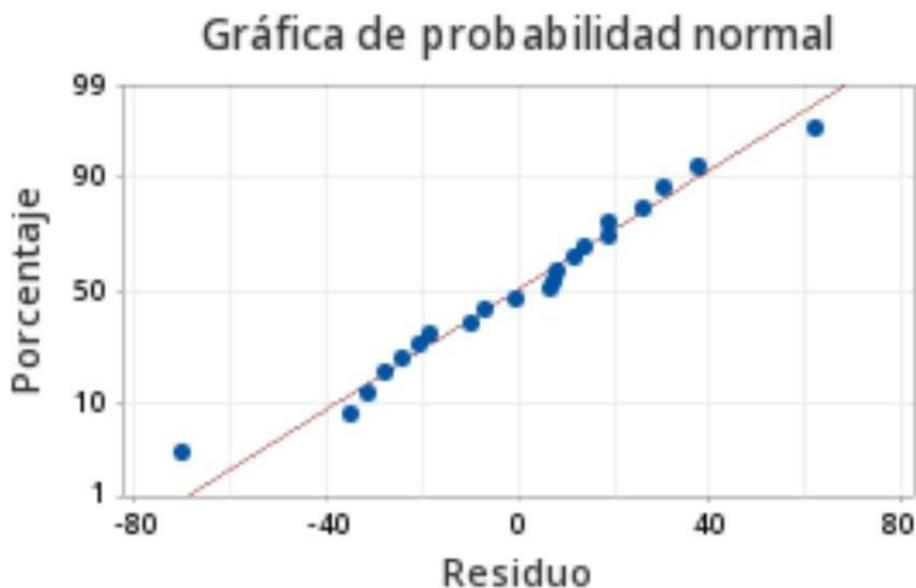


Figura 13. Grafica de normalidad resultado de la Anova de las muestras

Se realizó la comparación entre hipótesis nula (H_0 , dice que la media de todos los tratamientos son iguales) y hipótesis alternativa (H_a , al menos una de las medias de los tratamientos es diferente) Tabla 9, la regla de decisión rechaza la H_0 y H_a si la F de Fisher (F calculada con la Anova Tabla 8) es mayor o igual que la F Crítica, Rechazando así la variable pruebas (Tabla 8), aprobando la H_a trabajado con la variable especies para analizar mediante la prueba de Tukey (Tukey, 1949), para analizar donde se da la diferencia de las medias.

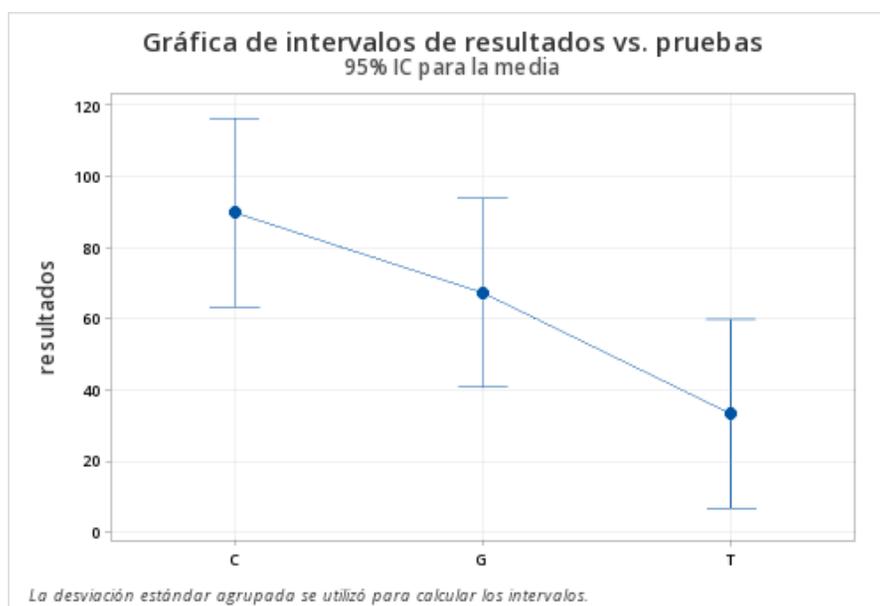
Tabla 9. Resultados Anova de un solo factor Hipótesis nivel de confianza del 95%

Método	
Pótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Tabla 10. Agrupación de información utilizando el método de Tukey confianza de 95%

Pruebas	N	Media	Agrupación
C	7	90.00	A
G	7	67.4	A B
T	7	33.3	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**Figura 14. Media de los resultados con la variable pruebas**

5. Discusiones

5.1 Recolecta de Material: Pesaje de cada Muestra Objeto de Estudio

La recolecta de material fue fundamental para poder realizar el debido pesaje de cada una de las muestras en estudio, ante esto las especies trabajadas presentaron en 100 semillas un rango de peso entre los 0.000520156 y 1.14 gramos, así mismo un gramo de semillas puede contener aproximadamente entre 94 a 265 semillas dependiendo de la especie a trabajar. Así mismo Bonilla (2014) en su estudio especifica y aclara que es peso específico y mejor pesaje para una muestra es el peso de 1000 semillas, ya que a mayor peso específico mayor poder de germinación, vigor y longevidad en el lote de semillas. Esto se relaciona con el peso de mil semillas como una referencia o el número de semillas por gramo, es tomado como un indicador de referencia a la calidad de los lotes de semillas. Ante este estudio y realizando la comparación se identifican diferencias entre la cantidad de semillas tomadas para realizar un correcto pesaje de cada una de las especies trabajadas, por otra parte, se encuentra una similitud en cuanto a la referencia de número de semillas por gramo, así mismo la importancia de la limpieza y manipulación en el momento de su pesaje.

5.2 Prueba de Corte: Proporción Semillas Llenas y Sobre Siembra

La prueba de corte es uno de los procesos más factibles para definir la viabilidad de las semillas, en donde se dividieron en dos semillas con un embrión presente y uno ausente, los cuales obtuvieron resultados en un rango de un 0% a un 32% de las semillas sin embrión dependiendo la especie, así mismo entre el 68% al 100% restante contaba con un embrión entero y sano. Según Mancipe (2018), la viabilidad denota el potencial que tiene una semilla para germinar, la cual está ligada al éxito o fracaso reproductivo de las poblaciones y de esta manera

es una de las primeras variables a evaluar cuando se trabaja con semillas, mediante una revisión de los métodos utilizados para evaluar la viabilidad, Mancipe en su estudio relacionados con bancos de semillas en campo, reclutamiento, bancos de semillas ex situ y ecología de la germinación, encontró que de una muestra de 26 publicaciones científicas, se utilizan los siguientes métodos para su evaluación: germinación, 23,1 %; inspección directa del embrión clasificando como viable un embrión rígido y blanco. Al realizar la revisión de este estudio se encuentra una gran diferencia entre los porcentajes de la prueba de viabilidad directa expuesta en los dos estudios en donde las características evaluadas son similares, aunque con una diferencia notable en sus porcentajes de viabilidad, prueba la cual asegura un alza taza en la germinación de cada especie.

5.3 Prueba Tetrazolio

La prueba de tetrazolio define la calidad en la que se encuentra el embrión de la semilla de cada una de las especies trabajadas, en donde se obtuvieron resultados desde el 1% hasta un 100% de semillas con embrión no viable dependiendo la especie y que del 0% al 98% restante cuenta con un embrión totalmente viable. Por su parte y realizando su debida comparación entre los resultados obtenidos en la investigación de Sánchez (2016), la cual la realizó con solución de tetrazolio al 0.5%, a diferentes tiempos y temperaturas de exposición, se puede ver que representaron el 17 %, valor por encima del 5%, que obliga a verificar que las semillas tienen o no el potencial para producir plántulas normales a través de la prueba de viabilidad con tetrazolio (SENASA, 2007). Estas semillas que no germinaron probablemente se encuentren en estado de latencia, posiblemente debido a la presencia de sustancias químicas inhibidoras, fotosensibilidad (Salisbury & Ross, 1994) o factores no adecuados que bloquearon el proceso de germinación, tales como la presencia de una testa lignificada. Al realizar la comparación en los dos estudios se

obtienen resultados bastante parecidos en su prueba de tetrazolio lo cual conlleva a un respectivo análisis el cual nos indica el buen % de viabilidad.

5.4 Prueba de Germinación

Las pruebas de germinación evidencian resultados bastante fluctuantes ante los porcentajes de germinación, se pudo observar mediante el % de germinación que los mejores resultados fueron en los ensayos de laboratorio, ya que tanto en las muestras con CHI y CHO el porcentaje de germinación se mantuvo en un rango entre el 27% y 91% ; así mismo se observa que el % de germinación en los ensayos de invernadero rondaron entre el 2.83% y en la especie con mayor % tenemos la *cavendishia pubescens* con el 50.92% . Según Sierra (2020), en su estudio de especies pioneras, persistentes y ensayos de germinación en bosques montanos de la cordillera central, Colombia se obtuvieron resultados en las tres áreas muestreadas, de los cuales a 100 frutos fue posible extraerles las sus semillas para pruebas de germinación. Cuarenta especies presentaron germinación con valores que oscilan entre el 10 y el 100%, mientras que en las semillas de 60 especies la germinación fue nula. La baja germinación o la ausencia de esta se debió en su mayoría a la contaminación de las semillas en el proceso de almacenamiento y en las cajas de Petri, ya que a pesar de que se realizó esterilización de los medios y de las semillas se observó en repetidas ocasiones la presencia de hongos. Al realizar una comparación de datos se observa que en los dos estudios el porcentaje de germinación supera el 90 % lo cual es un excelente porcentaje ante la germinación, resultados en donde se asume la viabilidad de las semillas usadas es aceptable ante la germinación.

5.5 Prueba de Tukey Nivel de Confianza del 95%

Al realizar la debida prueba de Tukey la cual consiste en especificar que todo el conjunto de comparaciones debe tener una tasa de error de 0.05 (equivalente a un nivel de confianza simultáneo de 95%); se encontrón resultados entre una hipótesis nula (H_0 , dice que la mediate todos los tratamientos son iguales) y una hipótesis alternativa (H_a , al menos una de las medias de los tratamientos es diferente), en las cuales la regla de decisión rechaza la H_0 si la F de Fisher la cual fue de 3,91 es mayor o igual que la F Critica, en donde se obtuvo una F critica de 3,98 rechazando así la H_0 . Por su parte Falla (2012), en su estudio presentan los resultados de la prueba Tukey y sus múltiples comparaciones declaran como significativas ($p < 0,01$) todas las comparaciones con la excepción del testigo, y antes sus resultados recomiendan el tratamiento numero 4 obteniendo resultados efectivos, ante este resultado se define como el mejor debido al bajo porcentaje de varianza presentado (7,6 %) ante esto Falla(2012) llega a la conclusión que solo el contraste testigo Vs fertilizante químico alcanzó un valor de p inferior a 0,05. Ante este estudio y realizando la comparación se identifican diferencias entre los resultados de la varianza presentada las cuales en el estudio realizada fueron más bajas que en el estudio realizado por el autor, lo cual hace referencia a una varianza significativa en cuanto a su cálculo de diferencia crítica para realizar todas las comparaciones entre las medias.

6. Conclusiones

Al evaluar la viabilidad de las semillas conservadas en la colección viva del Jardín Botánico de Bogotá enfocando especies ubicadas en el páramo y bosque alto andino por medio de viabilidad directa por la prueba de corte generando una media de 88.3 equivalente a 88 semillas tomando todas las especies superando así más del 50% de viabilidad siendo este resultado muy positivo en cuanto a su conservación para una futura propagación.

La prueba de viabilidad por tetrazolio se dividió en dos, una con su contenido de humedad inicial y otra con el contenido de humedad objeto, esto se realizó para evaluar la conservación de estas especies por medio de banco de semillas a más largo plazo para posteriormente hacer uso de estas semillas sin afectar su germinación final, como conclusión a este proceso se evidencio que en el 90% de las especies su factibilidad a conservación en banco de semillas afecta la tinción del embrión bajando el índice de germinación de las plántulas, exonerando la especie *Cavendishia pubescens* que aumento su tinción dejando así claro que esta especie podría ser conservada en banco de semillas para un futuro estudio.

Los ensayos de germinación tuvieron una fluctuación muy alta esto generando unas variaciones entre una especie y otra demasiado amplias, demostrando de primera mano que si son viables las colecciones del jardín, pero resaltando algunos problemas como puede ser la contaminación por factores externos de algunas de estas especies como fue el caso de la *Schultesianthus coriaceus* lastimosamente dando resultados de 0 en ambos ensayos por su contaminación generando la inviabilidad de las semillas.

Se demostró que las semillas producidas por las colecciones vivas del jardín botánico de Bogotá presentan una viabilidad promedio esto hace favorable su capacidad de ingreso al banco de semillas como complemento a su conservación.

7. Recomendaciones

Realizar pruebas de identificación de hongos y bacterias a los ensayos que se vieron afectados durante el proceso de germinación.

Incluir una mejor desinfección al área de incubación y siembra del material a analizar.

Para la Universidad Francisco de Paula Santander seguir brindando profesionales y apoyo a los estudiantes con calidad y responsabilidad para que así ayuden a diversas instituciones como en este caso al Jardín Botánico de Bogotá, a través de conocimientos tecnológicos y científicos en todos sus proyectos y futuras investigaciones.

Para el Jardín Botánico de Bogotá seguir brindando la oportunidad a estudiantes de diversas instituciones del país, de poder ofrecer su mano de obra por medio del proceso de prácticas y pasantías, con el propósito de enriquecimiento y crecimiento profesional en pro del futuro egresado.

Referencias Bibliográficas

- Cadena, C. (2021). Colección Viva del Jardín Botánico de Bogotá, Colombia. *Revista Biota Colombiana*, 22(2), 163-172. Recuperado de:
<https://www.redalyc.org/journal/491/49168196011/html/>
- Calderón, M. (2019). *Potencial de conservación ex situ de semillas de especies de páramo*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Cardona, A. & Vargas, O. (2004). El banco de semillas germinable de especies leñosas en dos bosques subandinos y su importancia para la restauración ecológica (reserva biológica Cachalú - Santander. Colombia). *Colombia Forestal*, 8(17), 1-60.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2004.1.a04>
- Castellano, E. (2003). Herbarios y jardines botánicos. *Biodiversidad En Venezuela*, 2(1), 944–957.
- Dale, V., Archer, S., Chang, M., & Ojima, D. (2005). Ecological impacts and mitigation strategies for rural land management. *Ecological Applications: A Publication of the Ecological Society of America*, 15(6), 1879–1892. <https://doi.org/10.1890/03-5330>.
- Di Sacco, A., Way, M., León, P., Suárez, C. & Díaz, J. (2020). *Manual de recolección, procesamiento y conservación de semillas de plantas silvestres*. Bogotá: Royal Bota.
- Estrategia Nacional para la Conservación de Plantas. (2020). *Estrategia Nacional para la Conservación de Plantas*. Recuperado de: <http://www.humboldt.org.co/es/i2d/item/305-estrategia-nacional-para-la-conservacion-de-plantas>

Forero, E. (2019). *Los jardines botánicos y la conservación de la Naturaleza*. Recuperado de:

<https://www.scielo.br/j/abb/a/wxY5tyy4ZGR3sDKHrgRCCqJ/?format=pdf&lang=pt>

González, L., Gutiérrez, D. & Pirela, C. (2007). La investigación educativa en el hacer docente.

Revista Laurus, 13(23), 279–309.

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. (2014). *Guía Técnica Buenas prácticas de acondicionamiento de semillas de granos básicos; Infraestructura y equipamiento*.

Recuperado de: https://images.engormix.com/externalFiles/6_BominllaBird-GuiaTecnica-semillas.pdf

Jardín Botánico de Bogotá. (2021). *La conservación de plantas en Colombia*. Recuperado de:

https://jbb.gov.co/documentos/planeacion/2021/junio/manual_Gestion_JBB_2021.pdf

Mancipe, C. (2020). Propagación de *Espeletiopsis corymbosa*, *Espeletia barclayana*,

Espeletiasummapacis y *Espeletia killipii* en condiciones de invernadero. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(172), 780–793.

Mancipe, C., Calderón, M. & Pérez, L. (2018). Evaluación de viabilidad de semillas de 17

especies tropicales altoandinas por la prueba de germinación y la prueba de tetrazolio.

Caldasia, 40(2), 366–382. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v40n2.68251>.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *La conservación de especies en*

Colombia. Recuperado de: <https://www.minambiente.gov.co/direccion-de-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemicos/planes-y-programas-de-conservacion-2/>

Morales, J. & Estévez, J. (2006). *El páramo: ¿Ecosistema en vía de extinción?* Manizales: Luna azul.

- Navarrete, D., Gallopín, G., Blanco, M., Díaz, M., Ferraro, D., Herzer, H., et al. (2005). Análisis sistémico de la agriculturización en la pampahúmeda argentina y sus consecuencias en regiones extrapampeanas: Sostenibilidad, brechas de conocimiento e integración de políticas. *In Serie Medio Ambiente y Desarrollo*, 4(2), 11-18.
- Pacheco, M. (2018). Colombia, paraíso de biodiversidad que urge conservar. Parques Nacionales Naturales de Colombia. Recuperado de:
<https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/colombia-paraíso-de-biodiversidad-que-urge-conservar/>
- Poulsen, K. (2001). *Poulsen Analysis Semillas*. Recuperado de: <http://www.biologica.info/biblioteca/PoulsenAnalysisSemillas.pdf>.
- Ranal, M. & Santana, D. (2006). How and why to measure the germination process? *Revista Brasileira de Botânica*, 29(1), 1–11. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000100002>
- Rey, C., Franco, L. & Castaño, C. (2002). *Estado y Gestión de los Páramos de Colombia - Informe Nacional*. Paipa: Memorias Congreso Mundial de Páramos..
- Sierra, J. A., Henao, D., Suaza, S., Garcés, V. & Abril, A. (2020). Especies pioneras, persistentes y ensayos de germinación en bosques montanos de la cordillera central, Colombia. *Ciencia en Desarrollo*, 11(2), 7–24. <https://doi.org/10.19053/01217488.v11.n2.2020.10645>.
- Tukey, J. (1949). Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics*, 5(2), 99-114.
- Victoria, J., Bonilla, C. & Sánchez, M. (2006). Viabilidad en tetrazolio de semillas de caléndula y eneldo. *Acta Agronómica*, 55(1), 31–41.