

**Evaluación de tres factores para la propagación sexual de la especie *Anthurium
caramanthes* engl (anturio negro) en el Parque Arví corregimiento de Santa Elena
(Medellín) – Antioquia**

Deisy Liliana Vásquez Gallego

Asesora

Luisa Fernanda Casas Herrera

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Medio Ambiente ECAPMA

Ingeniería Agroforestal

2023

Dedicatoria

Con mucho amor dedicado a Juan José Montoya por el acompañamiento durante el proceso para mi culminación profesional.

Agradecimientos

“Cada vez que perdemos una especie rompemos una cadena de vida que ha evolucionado durante 3.500 millones de años”, Jeffrey McNeely (IUCN).

Agradezco a mi familia, en especial a mi hermana Jennifer Alejandra Vásquez por su motivación y aportes económicos, a mi madre Dora Cecilia Gallego por inculcar en mí el esfuerzo y la superación, y a mi padre Jorge Iván Vásquez por enseñarme a amar la naturaleza, a amar lo que se hace y a crear un legado que he inculcado en mi hijo Samuel Montoya (viajar y remar en este paseo de vida con cañaña, perrenque y berraquera).

Además, agradezco a aquellas personas que me brindaron asesoría y motivación para avanzar con cada una de las etapas del proyecto.

Resumen

Esta investigación estudia factores que influyen en la propagación de la especie *Anthurium caramanthae* Engl en el Parque Arví (Colombia). Se evaluaron tres factores: sistemas pregerminativos, condiciones microclimáticas y sustratos eficientes con el propósito de determinar el tratamiento más efectivo para mejorar la germinación de semillas y el crecimiento de las plántulas de esta especie endémica de Colombia para contribuir a su conservación y la del hábitat en el parque.

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con siete tratamientos y tres repeticiones. Se midió el porcentaje y tiempo de germinación para cada tratamiento. Tras las pruebas, se evidenció variabilidad significativa en el porcentaje de germinación entre los diferentes tratamientos aplicados, lo que indica que podrían tener un impacto en el proceso de germinación. El sustrato de arena y las condiciones microclimáticas controladas en vivero mostraron los resultados más prometedores y favorables.

Palabras claves: *Anthurium caramanthae* Engl, Parque Arví, Colombia, conservación, propagación.

Abstract

This study focuses on evaluating the factors that influence the propagation of the *Anthurium caramanthae Engl* species in Arví Park, Colombia. Three factors were evaluated: pre-germinative systems, microclimatic conditions and efficient substrates to be able to determine the most effective treatment for improving seed germination and seedling growth of this endemic species in Colombia, thus contributing to its conservation and the conservation of its habitat in the park.

A completely randomized experimental design was used with seven treatments and three repetitions. The percentage and time of germination were measured for each treatment. After the tests, significant variability was evident in the germination percentage between the different treatments applied, indicating that they could have an impact on the germination process. The sand substrate and controlled microclimatic conditions in the nursery showed the most promising and favorable results.

Keywords: *Anthurium caramanthae Engl*, Arví Park, Colombia, conservation, propagation.

Tabla de Contenido

Introducción	13
Justificación	14
Definición del Problema	17
Pregunta de Investigación	18
Objetivos	19
Objetivo General	19
Objetivos Específicos	19
Línea de Investigación	20
Marco teórico y conceptual.....	21
Aráceae.....	21
Anthurium	21
Anthurium Caramanthae Engl.....	21
Fenología.....	22
Espádice	23
Espata	23
Propagación.....	23
Propagación Sexual	23
Propagación Vegetativa o Asexual	23
Reintroducir.....	23

Cultivo de Anthurium para Flor Cortada	24
Métodos Pregerminativos.....	24
Sustrato.....	26
Arena	26
Turba	27
Germinación	27
Vivero.....	27
Microclima	27
Bosque Andino.....	27
Variable	27
Tratamiento	28
Diseño Experimental Factorial.....	28
Diseño Experimental Completamente al Azar	28
Correlación de Pearson.....	28
Análisis de Varianza.....	29
Análisis de Varianza (ANOVA)	29
La Prueba de Tukey.....	29
Educación Ambiental	29
Metodología	31
Zona de Estudio.....	31

Diseño Experimental	33
Aleatoriedad	33
Modelo Distributivo del Diseño Experimental	33
Variable Evaluadas.....	38
Trabajo en Campo	38
Identificación y Etiquetado.....	38
Recolección de Frutos (Espádices).....	40
Preparación de Material e Insumos para Propagación Sexual.....	40
Materiales	46
Método de Aplicación	46
Evaluación.....	47
Vigilancia	47
Análisis de los Resultados.....	48
Herramienta para Análisis Estadístico	48
Resultados	57
Coeficiente de Pearson	58
ANOVA	58
Análisis de Varianza.....	58
Variable de Tiempo	58
Variable de Germinación.....	59

Comparación de Medias Tukey	60
Discusión.....	69
Recomendaciones	71
Referencias.....	72

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Colección JAUM</i>	22
Tabla 2 <i>Información Parque Arví</i>	31
Tabla 3 <i>Diseño Experimental</i>	35
Tabla 4 <i>Factores y Combinaciones a Evaluar</i>	37
Tabla 5 <i>Media de la Variable Tiempo</i>	59
Tabla 6 <i>Análisis ANOVA de la Variable Tiempo</i>	59
Tabla 7 <i>Media de la Variable del Porcentaje de Germinación</i>	60
Tabla 8 <i>Análisis ANOVA de la Variable del Porcentaje de Germinación</i>	60
Tabla 9 <i>Prueba de Tukey</i>	61
Tabla 10 <i>Resultados de la Prueba de Tukey</i>	61

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Vías de Acceso al Parque Arví</i>	32
Figura 2 <i>Pico de Floración del Anthurium caramantae Engl</i>	39
Figura 3 <i>Anthurium caramantae Engl In Situ</i>	42
Figura 4 <i>Observación In Situ</i>	43
Figura 5 <i>Materiales de Etiquetado</i>	44
Figura 6 <i>Espádices de Anthurium caramanthae Engl en Diferentes Etapas hasta Fructificación</i>	45
Figura 7 <i>Materiales para los Tratamientos</i>	50
Figura 8 <i>Hidratación de los Diferentes Tratamientos</i>	51
Figura 9 <i>Retiro de Mucílago</i>	52
Figura 10 <i>Bandeja Germinadoras Con Cubierta</i>	53
Figura 11 <i>Bandeja Germinadoras de Testigo sin Cubierta con Sustrato de Bosque</i>	54
Figura 12 <i>Formato de Seguimiento de Germinación</i>	55
Figura 13 <i>Pantallazo de Base de Datos Estadísticos</i>	56
Figura 14 <i>Análisis de Propagación</i>	63
Figura 15 <i>Promedio de Porcentaje y Tiempo de Germinación</i>	64
Figura 16 <i>Relación entre Tiempo y Porcentaje de Germinación</i>	65
Figura 17 <i>Correlación entre Variables Evaluadas</i>	66
Figura 18 <i>Variable del porcentaje de Germinación por Tratamiento</i>	67
Figura 19 <i>Variable del Tiempo de Germinación en Días</i>	68

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Pantallazo de R Variable Tiempo (Días)</i>	77
Apéndice B <i>Pantallazo de R Variable Tiempo de Germinación</i>	78
Apéndice C <i>Pantallazo de R Prueba de Tukey</i>	79

Introducción

El Parque Arví, ubicado en el corregimiento de Santa Elena del municipio de Medellín (Antioquia), es el hábitat de especies de flora y fauna endémicas de Colombia. Se trata de un área de gran valor ecológico y cultural pero que, según Benavides (2015), enfrenta una gran perturbación en sus ecosistemas por causas asociadas al turismo. El parque hace parte de la Reserva Forestal Protectora Nare, la cual es una estrategia de conservación y desarrollo, y también una unidad de actuación ambiental, social, patrimonial y económica. En este lugar se encuentra la especie *Anthurium caramanthae Engl*, comúnmente conocida como anturio negro.

Este proyecto de conservación se desarrolló con el propósito de proteger y conservar el *Anthurium caramanthae Engl* en el Parque Arví evaluando algunos de los factores que influyen en su propagación y promoviendo la conciencia ambiental en los visitantes del parque. Se evaluaron tres factores determinantes en la propagación sexual de la especie: sustrato, luz y temperatura. A partir de los resultados fue posible determinar las condiciones ideales para su propagación.

Justificación

Colombia es un país abundante en recursos naturales, particularmente en especies de flora y fauna. Según las últimas cifras del SIB del 2022, Colombia ocupa el tercer lugar en biodiversidad después de Brasil y Filipinas (Ideam, 2022). Estas características se traducen en un gran potencial para el desarrollo ecológico y económico del país.

En los últimos años, se ha hecho más evidente la reducción drástica de la biodiversidad a causa de la deforestación y la explotación comercial. La pérdida de hábitats naturales y los cambios acelerados en el uso del suelo y el paisaje han disminuido la densidad y diversidad de las poblaciones de plantas y animales. Dentro de las especies de flora endémica más afectadas está el género *Anthurium*, que cuenta con un aproximado de 358 especies actualmente, según García y Callejas (2015).

De un total de 63.777.519 hectáreas que componen la superficie total de Colombia, el 55.9% está cubierto por bosques. Organizaciones como la Corporación Parque Arví protegen la cuenca del Valle de Aburrá en el departamento de Antioquia, aunque esta solo representa el 0.18% del territorio nacional. Según cifras del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM– (2018), la cuenca tiene una extensión de 2.555 hectáreas (equivalentes al 1.5% del territorio antioqueño) y allí se desarrollan planes efectivos de conservación y protección.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt son algunas de las entidades encargadas de velar por la protección y la conservación del medio ambiente en Colombia. En Antioquia, la Corporación Parque Arví

trabaja en colaboración con ellas para garantizar el uso sostenible y equilibrado de los recursos naturales del departamento.

La conservación de la biodiversidad contribuye directamente al bienestar humano y a la renovación de los recursos naturales. Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2017), la biodiversidad y su conservación están estrechamente relacionados con la estructura, composición y función de los sistemas sociales a través de procesos ecológicos que generan beneficios y permiten el desarrollo de los sistemas culturales humanos en sus dimensiones sociales, económicas, políticas, tecnológicas, simbólicas y religiosas, definidos como servicios ecosistémicos (Chait, 2015).

El decreto 1504 de 1998 establece que las áreas de especial interés ambiental, científico y paisajístico (como los parques naturales a nivel nacional, regional, departamental y municipal) son elementos constitutivos naturales del espacio público. El Estado, como agente de lo público, debe garantizar la satisfacción de los intereses colectivos mediante la protección y conservación de la naturaleza y el medio ambiente (Colombia. 1998).

El Parque Arví es una zona importante tanto para los ecosistemas que alberga como para el valor cultural y de recreación local y regional. Con 2.554 hectáreas, incluyendo 1.761 hectáreas de bosques en buen estado de conservación y 54 kilómetros de senderos para los turistas, el parque forma parte de la cuenca abastecedora de agua de la ciudad de Medellín. Además, la conservación de ecosistemas estratégicos en la cuenca de la quebrada Piedras Blancas y áreas aledañas es uno de los objetivos del Plan de Desarrollo de Antioquia 2020-2023 (Corantioquia, 2003).

Esta investigación pretende contribuir al fortalecimiento de los programas de conservación al estudiar la propagación de una de las especies más representativas de Colombia en su hábitat natural.

Definición del Problema

Los informes del 2022 que realizó el IDEAM reportan que Colombia ha experimentado un alto nivel de deforestación debido al uso indiscriminado de los recursos naturales por parte del hombre. En el 2017, El Espectador denunció que, en comparación con el 2015, el país perdió un 44% más de bosque, y Antioquia es uno de los departamentos más afectados. Las principales actividades económicas del país: minería, turismo y agricultura también han tenido un impacto negativo en el medio ambiente debido a diferentes acciones antropogénicas que ocasionan cambios en las coberturas vegetales.

Según el Comité Interinstitucional de Flora y Fauna de Antioquia –CIFFA–, la extracción ilegal de fauna y flora es una de las principales problemáticas que aborda el departamento. Aunque las autoridades ambientales están abordando este problema, es necesario tomar medidas para proteger la diversidad biológica de la región.

El Parque Arví, ubicado en la Reserva Forestal Protectora del Río Nare, tiene la responsabilidad de mejorar las condiciones del entorno donde tiene jurisdicción a través de actividades de conservación. Aunque algunas poblaciones de plantas o animales podrían conservarse fuera de sus hábitats, el manejo de áreas naturales destinadas a la conservación es el medio ideal para garantizar una amplia oferta de especies vegetales y fomentar la diversidad.

En el 2014, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible estipuló que es necesario abordar las problemáticas ambientales como la deforestación y la presión ambiental ejercida por las actividades antropogénicas con fines de lucro económico que afectan incluso a especies catalogadas en la categoría de riesgo vulnerable y en peligro de extinción en estado silvestre, como es el caso del anturio negro en el corregimiento de Santa Elena del municipio de Medellín.

Este proyecto de investigación se acoge a estas políticas de conservación y profundiza en las maneras de proteger una especie vulnerable mediante una pregunta que tiene presente diferentes focos de influencia.

Pregunta de Investigación

¿Cuál es el tratamiento pregerminativo, sustrato y condiciones de microclima más eficientes para la propagación sexual de la especie *Anthurium caramantae Engl* en el Parque Arví, Santa Elena (Medellín), Antioquia?

Objetivos

Objetivo General

Evaluar tres factores para la propagación sexual de la especie *Anthurium caramantae Engl* en el Parque Arvi, Santa Elena (Medellín), Antioquia.

Objetivos Específicos

Identificar los tratamientos pregerminativos que resultan más efectivos para la propagación sexual de la especie *Anthurium caramantae Engl*.

Evaluar el efecto de diferentes tipos de sustratos en el proceso y tiempo de germinación de semillas de la especie *Anthurium caramantae Engl*.

Analizar la influencia de las condiciones microclimáticas en el proceso y tiempo de germinación de semillas de la especie *Anthurium caramantae Engl*.

Línea de Investigación

Biodiversidad y recursos genéticos de la escuela Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (UNAD)

Marco Teórico y Conceptual

Aráceae

Las Aráceas son una familia compuesta por más de 3,000 especies, clasificadas en 107 géneros distintos que a su vez se engloban en 8 subfamilias. Esta familia es de gran importancia dentro del panorama de las plantas ornamentales y de flores cortadas, tales como *Anthurium*, *Aglaonema*, *Alocasia*, *Dieffenbachia*, *Monstera*, *Philodendron*, *Spathiphyllum*, *Syngonium*, *Zantedeschia*, entre otras. Las hojas son alternas, con un pecíolo basalmente envainado y una lámina expandida, simple y entera, de borde liso. Lo que se conoce comercialmente como flor es en realidad una hoja modificada llamada espata. (Atehortúa y Pizano, 2003).

Anthurium

Es un género exclusivo del neotrópico y pertenece a la familia Araceae. Se dice que la primera especie conocida de este género debe su nombre científico al médico y botánico austriaco Karl von Scherzer, quien en 1850 descubrió *Anthurium scherzerianum* en Costa Rica y lo introdujo en Europa en 1857. El *Anthurium* es el género más grande de la familia, con 1690 especies. En Colombia, se pueden encontrar alrededor de 358 especies, y es originario de los bosques lluviosos de Colombia, Ecuador y América Central. Son plantas herbáceas y perennes, y su hábito de crecimiento varía según la especie (Atehortúa y Pizano, 2003)

Anthurium Caramanthae Engl

Es endémica de Colombia y tiene un rango altitudinal que va desde los 1800 hasta los 3000 msnm. En el herbario del Jardín Botánico de Medellín –JAUM– se pueden encontrar las siguientes colecciones de esta especie. (Gómez y González 2018).

Tabla 1*Colección JAUM*

Identificado por	Año de Identificación	Nombre científico	Hábitat	País	Departamento	Municipio	Elevación mínima en metros
Thomas B. Croat	2013	<i>Anthurium caramantae Engl</i>	bmh-MB	Colombia	Antioquia	Sonsón Vereda Norí	2540
Felipe Cardona	2011	<i>Anthurium caramantae Engl</i>	bmh-MB	Colombia	Antioquia	Medellín, Corregimiento Santa Elena. Vereda Piedras blancas, sendero La Cuesta	2450
Y. Alvarez, Alvaro Cogollo	2001	<i>Anthurium caramantae Engl</i>	bmh-MB	Colombia	Antioquia	Jardín, Alto de la Churría reserva de la microcuenca La Linda. Alto La Raya finca Acueducto Multiveredal Jardín.	2480

Nota. Herbario del Jardín Botánico de Medellín sobre especie *Anthurium caramantae Engl*.

Fenología

Según Benavides, la fenología de *Anthurium caramanthae Engl* presenta un crecimiento constante en todos los meses. La floración se asocia con las estaciones lluviosas, mientras que la fructificación se asocia con las estaciones secas. Los picos de fertilidad difieren entre los tipos de población. La baja producción de frutos y la baja reproducción podrían deberse a la alta densidad de individuos, así como a la interacción entre los hospedantes florales y los parásitos (Morales y Benavides, 2015).

Espádice

Inflorescencia formada por un eje carnoso en forma de maza, total o parcialmente cubierto por flores y envuelto en una espata. (Beltrán, 2021).

Espata

Es una hoja grande y vistosa que rodea o envuelve ciertas inflorescencias de algunas plantas, como las de las aráceas. A menudo se confunde con la flor de la planta, ya que su forma y color pueden asemejarse a una flor. En realidad, la espata es una estructura que protege a la inflorescencia y que puede cumplir diferentes funciones en la polinización y en la reproducción de la planta. (Beltrán, 2021).

Propagación

Se refiere al proceso de reproducir plantas, ya sea a través de semillas, esquejes, estacas, acodos, división de rizomas, entre otros métodos (Larraga et. Al, 2011).

Propagación Sexual

Es la reproducción por la semilla, órgano de propagación a través del cual se dispersa la nueva planta. (Vasquez, 2021).

Propagación Vegetativa o Asexual

Con este método de propagación se conserva la capacidad de multiplicación y diferenciación celular de las partes vegetativas de la planta, lo que permite generar nuevos individuos con características idénticas a la planta madre (González, et. al, 2018).

Reintroducir

Es una estrategia es la restauración ecológica, un proceso de propagar y enriquecer las especies (Benavides y Morales, 2015).

En *Anthurium*, la reintroducción se lleva a cabo siguiendo los siguientes pasos:

Se debe seleccionar el lugar más adecuado, que debe ser sombreado, con buena cobertura vegetal y humedad.

Los Anthurium a ser propagados deben tener al menos 2 años o una altura mínima de 45 cm antes de ser incorporados al bosque.

La siembra se realiza excavando un hoyo en el suelo con una herramienta manual, como una pala, y plantando el Anthurium en él.

Es importante georreferenciar y previamente identificar las especies para la construcción de una base de datos que servirá como insumo principal para el monitoreo de la reintroducción.

Se debe realizar un seguimiento de las especies reintroducidas para evaluar las tasas de mortalidad (Benavides y Morales, 2015).

Cultivo de Anthurium para Flor Cortada

Se puede identificar que esta especie tiene un valor ornamental, debido a que sus flores presentan gran belleza y variedad de colores, las cuales son apropiadas para diversas ocasiones, como arreglos florales. Esto ha generado una gran demanda a nivel nacional e internacional. A pesar de que Colombia es originaria de las Anthurium, no se encuentra entre los principales países con zonas productoras de Anthurium para flor cortada en el mundo. Esto representa una buena oportunidad de negocio para las comunidades aledañas al Parque Arvi y también un método de conservación de las especies, evitando que sean extraídas de su hábitat natural y puedan ser adquiridas de manera fácil y conservando el medio ambiente (Atehortúa y Pizano, 2003).

Métodos Pregerminativos

Es un conjunto de técnicas o métodos que se aplican a las semillas antes de sembrarlas con el fin de acelerar el proceso de germinación. Estos métodos buscan romper la dormancia de

las semillas, es decir, aquellos mecanismos que impiden o retrasan la germinación natural de la semilla (Chambi et. al, 2019).

Escarificación: este tratamiento se realiza con la ayuda de una lija u otro material de raspado. Se coloca la semilla entre dos hojas de lija y se frota para que pierda su brillo natural y su aspecto sea poroso. Cuando la semilla es bastante grande, se puede raspar manualmente una por una con lijas, piedras o superficies ásperas (Tarima, 1995).

Estratificación: generalmente se utiliza para especies de semillas con cáscara dura. Se utiliza aserrín fino al 30%, aserrín grueso al 50% y estiércol de vaca. La mezcla de aserrín y semilla se debe colocar en una bolsa u otro material (Rodrigo, 1986).

Inmersión en agua caliente: consiste en poner la semilla en un corte de tela fina, atarla a un palo y sumergirla en agua hirviendo a 80 grados durante uno a dos minutos, dependiendo de las características de cada especie. Luego se procede al secado (Rodrigo, 1986).

Inmersión en agua fría: consiste en poner la semilla en un balde con agua y sumergirla en agua fría, hidratando durante dos días, dependiendo de las características de cada especie. Luego se procede al secado (Vasquez, 2020).

Inmersión en giberelina: la inmersión en giberelina es un método pregerminativo que consiste en sumergir las semillas en una solución de giberelina, una hormona vegetal que estimula el crecimiento de las plantas. Esta técnica se utiliza para acelerar la germinación de las semillas y mejorar su tasa de germinación. La giberelina puede aplicarse directamente en la semilla o en el sustrato donde se sembrará la semilla. Este método es especialmente útil para semillas de plantas que tienen una baja tasa de germinación o que tienen una larga dormancia natural. La inmersión en giberelina también puede ayudar a superar la latencia de las semillas,

que es un período de inactividad durante el cual la semilla no germina, incluso en condiciones favorables (Tarima, 1995).

Inmersión en agua oxigenada: la inmersión en agua oxigenada es un tratamiento pregerminativo que consiste en sumergir las semillas en una solución diluida de agua oxigenada (peróxido de hidrógeno) durante un período de tiempo determinado. Este tratamiento tiene como objetivo estimular la germinación de las semillas, ya que el agua oxigenada ayuda a romper la capa dura de la semilla y a aumentar la disponibilidad de oxígeno en su interior. Además, también puede ayudar a prevenir infecciones por hongos y bacterias que podrían afectar la germinación de las semillas. Es importante tener en cuenta que la concentración y el tiempo de inmersión en agua oxigenada pueden variar dependiendo de la especie de semilla que se esté tratando, y que este tratamiento no es adecuado para todas las semillas (Tarima, 1995).

Sustrato

Medio en el que se desarrollan una planta para la propagación de plantas se utilizan diferentes tipos de sustratos, los cuales dependen de los hábitos de crecimiento de las especies. En el caso de las plantas ornamentales de hábito terrestre, se emplea tierra preparada con cisco de arroz, arena y materia orgánica. Para especies de hábito epífita, como las bromelias y los anturios, se utilizan cisco de arroz y chips de coco, respectivamente (Vasquez, 2022).

Arena

Es uno de los sustratos más utilizados debido a su facilidad de uso, granularidad y buen drenaje general, ya que se mezcla bien con otros componentes del sustrato (Pire y Pereira, 2003).

Turba

Es un material orgánico formado por la descomposición de vegetales (Delgado et, al. 2016).

Germinación

Comienza con la entrada de agua en la semilla (imbibición) y termina con el comienzo de la radícula y la posterior apertura de la cubierta de la semilla (Villamil y García, 1998).

Vivero

Conjunto de instalaciones agronómicas en las cuales se cultivan, germinan, maduran y endurecen todo tipo de plantas (Seoane, 2014).

Microclima

Conjunto de condiciones climáticas específicas de un lugar en particular, influenciado por diversos factores ecológicos y ambientales (Casas y Ninot, 1999).

Bosque Andino

Los bosques pueden contribuir a reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas e incrementar su resiliencia, por tanto, contribuyen con la adaptación al cambio climático. De otro lado, los bosques contribuyen a mitigar el cambio climático si se reconoce su rol como reservorios de carbono y su potencial de captura de gases de efecto invernadero (Beltrán, 2021).

Variable

Es una característica o atributo que puede ser medido y que varía entre los individuos o entre las unidades de estudio (Herrera et, al. 2016)

Tratamiento

En estadística, tratamiento se refiere a un conjunto específico de condiciones experimentales que se aplican a la unidad experimental y que son parte del modelo impuesto (Moreno, 2020).

Diseño Experimental Factorial

Se utilizan ampliamente en experimentos multifactoriales para examinar sus efectos combinados sobre la variable de interés. Hay varios casos especiales del diseño factorial general que son importantes porque se utilizan ampliamente en la investigación y como base para otros diseños de gran valor práctico (Medina y López, 2011).

Diseño Experimental Completamente al Azar

Es un tipo de diseño experimental en el cual se consideran solo dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el error aleatorio (Camani, 2017).

Correlación de Pearson

Es una medida estadística utilizada para evaluar la relación lineal entre dos variables cuantitativas. Se calcula el coeficiente de correlación de Pearson, denotado como "r", que oscila entre -1 y 1 (Fernández, et. al, 2013).

Un valor de "r" cercano a 1 indica una correlación positiva fuerte, lo que implica que a medida que una variable aumenta, la otra también tiende a aumentar de manera proporcional. Por otro lado, un valor de "r" cercano a -1 indica una correlación negativa fuerte, lo que significa que a medida que una variable aumenta, la otra tiende a disminuir de manera proporcional (Fernández, et. al, 2013).

Análisis de Varianza

Es una técnica estadística que permite analizar la diferencia o igualdad significativa entre las medias de tres o más grupos. Consiste en particionar la varianza total en ciertos componentes debido a diferentes variables explicativas (Dagnino, 2014).

Análisis de Varianza (ANOVA)

Es una prueba de hipótesis utilizada para comparar las medias de tres o más grupos. Es aplicable para muestras que cumplen con los requisitos de normalidad y homogeneidad de varianzas (Amat, 2016).

La Prueba de Tukey

También conocida como el test de Tukey o el rango múltiple de Tukey, es una técnica estadística utilizada para comparar todas las combinaciones posibles de medias de varios grupos. Es una prueba post hoc que se utiliza después de realizar un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si hay diferencias significativas entre los grupos.

La prueba de Tukey es útil para identificar qué grupos son significativamente diferentes entre sí cuando se han encontrado diferencias significativas en el ANOVA. En lugar de comparar todos los grupos entre sí, como se haría con pruebas como la prueba de Bonferroni, la prueba de Tukey compara cada grupo con todos los demás grupos, lo que reduce el riesgo de cometer un error de tipo I (rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera) debido a las comparaciones múltiples (Tukey, 1949).

Educación Ambiental

Teniendo en cuenta que la educación ambiental o la concienciación es fundamental para que los seres humanos cuiden su entorno, especialmente el medio ambiente, es necesario implementar espacios educativos ambientales en el parque Arví que apunten a la conservación

y cuidado de la especie mencionada en este documento. Esta especie está amenazada por la extracción indiscriminada de su hábitat natural debido a su alto valor ornamental como flor de corte, lo que la somete a grandes presiones y genera un deterioro de su hábitat. Por lo anterior, es indispensable crear conciencia en los habitantes de la zona y en los visitantes del parque, desarrollando actividades lúdicas que muestren la importancia del Anturio negro (*Anthurium caramanthae Engl*) en esta zona, e incorporando en estas actividades la misma propagación de la especie (Morales y Benavides, 2015).

Metodología

Zona de Estudio

El Parque Arví se encuentra dentro de la Zona Forestal Protectora Nare, ubicada en la Cordillera Central entre el sistema urbano metropolitano de Medellín y el sistema de poblamiento del Oriente cercano de Antioquia, Colombia (6°16'57.3"N - 75° 30' 12.6"W). El territorio cubre un área de 2592 hectáreas y está protegido y regulado por las Corporaciones Autónomas Regionales Corantioquia y Cornare. El parque se encuentra en la zona de vida Bosque muy húmedo PreMontano (bmh-PM), ubicada en su totalidad en el corregimiento de Santa Elena. Limita al norte con los municipios de Guarne y Copacabana, al oriente con los municipios de Rionegro y El Retiro, al occidente con el área urbana de Medellín y al sur con el municipio de Envigado (Clavijo et. al, 2015).

Tabla 1

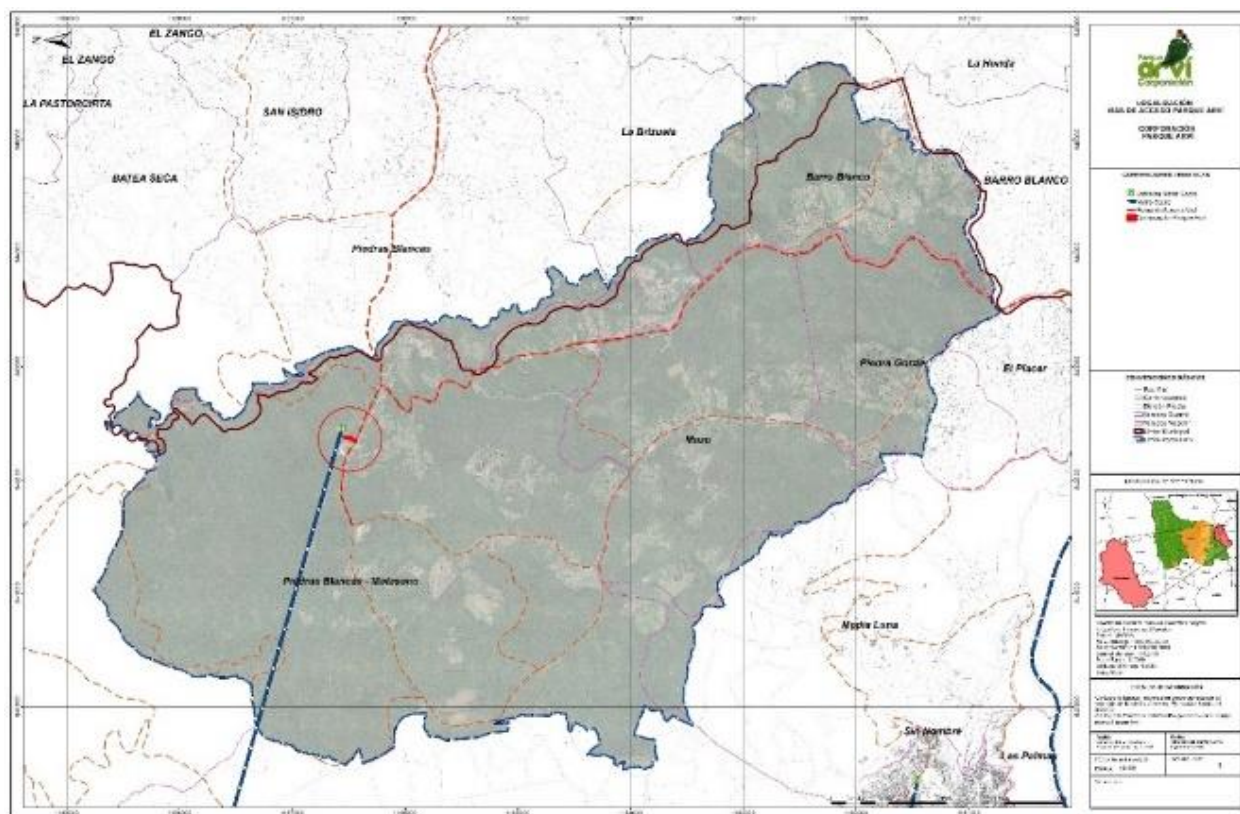
Información Parque Arví.

Parque Arví	
Zona Forestal Protectora Nare	Cordillera Central entre el (6°16'57.3"N - 75° 30' 12.6"W).
Zona de vida	Bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB).
Altura:	Entre 2.340 y 2.680 msnm.
Temperatura:	De 14°C a 20°C.
Extensión:	Al rededor de 255 hectáreas.

Nota. Información general del Parque Arví.

Figura 1

Vías de acceso al Parque Arví



Nota. Tomado de “Mapa de vías de acceso al Parque Arví” (Flores, 2015).

Diseño Experimental

Se evaluaron tres factores en la propagación sexual de la especie *Anthurium Caramantae Engl* en el Parque Arví, Santa Elena (Medellín), Antioquia. El diseño experimental fue completamente al azar, con tres repeticiones por tratamiento, con muestras de 30 semillas cada una. En total se evaluaron 21 unidades experimentales incluyendo tres repeticiones de testigo. Las variables respuesta fueron el porcentaje y tiempo de germinación.

En cuanto a los sistemas pregerminativos, se analizó la influencia de la estratificación en frío y la presencia de sustancias químicas (como el ácido giberélico) en el proceso de germinación de las semillas de *Anthurium caramanthae Engl*.

Para las condiciones climáticas, se midieron los niveles de humedad y temperatura para establecer recomendaciones sobre el momento más adecuado para realizar la siembra.

Por último, se evaluó el sustrato más eficiente para la germinación y crecimiento de las plántulas de *Anthurium caramanthae Engl*. Se probaron diferentes mezclas de sustratos para la germinación y crecimiento de las plántulas de la especie.

Aleatoriedad

El diseño experimental siguió un comportamiento enteramente aleatorio, ya que los tratamientos se asignaron al azar a las unidades experimentales. Además, al realizar tres repeticiones por tratamiento, se reduce la influencia de los factores aleatorios y se aumenta la precisión de los resultados. Cada repetición se considera una unidad experimental independiente. Se evaluó el porcentaje de germinación y tiempo de germinación de cada repetición.

Modelo Distributivo del Diseño Experimental

El modelo distributivo para el diseño experimental se muestra en la Tabla 3. Los factores para evaluar aparecen junto a las variables de influencia.

Factor 1: Sistema pregerminativos. Nivel 1: Sistema 1 (agua a temperatura ambiente).
Nivel 2: Sistema 2 (Giberelina 100ppm). Nivel 3: Sistema 3 (agua oxigenada 20 cm).

Factor 2: Tipos de sustratos. Nivel 1: Sustrato 1 (Turba). Nivel 2: Sustrato 2 (Arena).

Factor 3: Condiciones climáticas. Nivel 1: Condiciones A (control a través de cámara de humedad y vivero). Nivel 2: Condiciones B (intemperie en bosque montano bajo [solo para el testigo]).

Tabla 2*Diseño Experimental*

Factores por Evaluar			
Factor 1: Tratamiento germinativos	(Agua a temperatura ambiente)	(Giberelina 100ppm)	(Agua oxigenada 20 cm)
Factor 2: Tipos de sustratos	Sustrato 1 (Turba)	Sustrato 2 (Arena)	
Factor 3: Condiciones Microclimáticas	Condiciones A (vivero con bandejas cubiertas)	Condiciones B (intemperie en bosque montano bajo) solo para el testigo.	

Nota. Modelo distributivo del diseño experimental.

En la Tabla 4 se visualizan los factores junto con las combinaciones de la siguiente manera:

La columna “Tratamiento” muestra los códigos asignados a cada tratamiento utilizado en el estudio. Estos códigos se utilizan para identificar y distinguir los diferentes tratamientos aplicados a las plantas en el experimento.

La columna “ID” representa la identificación única asignada a cada tratamiento.

La columna “Descripción” proporciona una breve descripción de cada tratamiento, detallando los pasos o elementos utilizados en el proceso. En esta columna se explican procesos como el retiro de mucílago, la aplicación de sustancias como giberelina o agua oxigenada, y el tipo de medio de cultivo utilizado, como turba o arena.

La columna “Microclima” describe el tipo de microclima en el que se llevaron a cabo los tratamientos. En este caso, se mencionan dos condiciones: Condición A (bajo vivero con bandejas cubiertas) y Condición B (a la intemperie en el bosque).

Finalmente, la columna “Réplicas” indica la cantidad de réplicas o repeticiones realizadas para cada tratamiento.

Tabla 3*Factores y Combinaciones a Evaluar*

Tratamiento	ID	Descripción	Microclima	Replicas
T1	RMA-T	Retiro de mucilago, hidratación en agua a temperatura ambiente y turba.	Condición A, vivero con bandejas cubiertas	3 replicas
T2	RMA-A	Retiro de mucilago, hidratación en agua a temperatura ambiente y arena.	Condición A, vivero con bandejas cubiertas.	3 replicas
T3	RMG-T	Retiro de mucilago, giberelina 100ppm y turba	Condición A, vivero con bandejas cubiertas.	3 replicas
T4	RMG-A	Retiro de mucilago, giberelina 100ppm y arena.	Condición A, vivero con bandejas cubiertas.	3 replicas
T5	RMO-T	Retiro de mucilago, agua oxigenada y turba.	Condición A, vivero con bandejas cubiertas.	3 replicas
T6	RMO-A	Retiro de mucilago, agua oxigenada y arena.	Condición A, vivero con bandejas cubiertas.	3 replicas
T7	TESTIGO	Ningún tratamiento, suelo de bosque y clima de bosque	Condición B, intemperie bosque	3 replicas

Nota. Factores a evaluar junto con las combinaciones de tratamientos.

En síntesis, el diseño experimental se construyó en consideración con tres factores determinantes: el tipo de sustrato (turba o arena), el uso de giberelina (100ppm) y la aplicación de agua oxigenada. El experimento también incluyó un grupo de control que no recibe ningún tratamiento donde se utiliza suelo y microclima del bosque.

En total, se reúnen siete tratamientos con tres replicas diferentes que combinan los factores mencionados anteriormente. Los tratamientos consisten en la eliminación del mucílago (sustancia gelatinosa que cubre la semilla) seguido de hidratación y aplicación de sustrato, giberelina o agua oxigenada según el tratamiento. Los tratamientos son identificados por una combinación de letras y números (por ejemplo, T1R1) y cada tratamiento se repite tres veces (R1, R2, R3) para obtener resultados más precisos y confiables.

Variable Evaluadas

Porcentaje de germinación: se registra en cada una de las unidades experimentales.

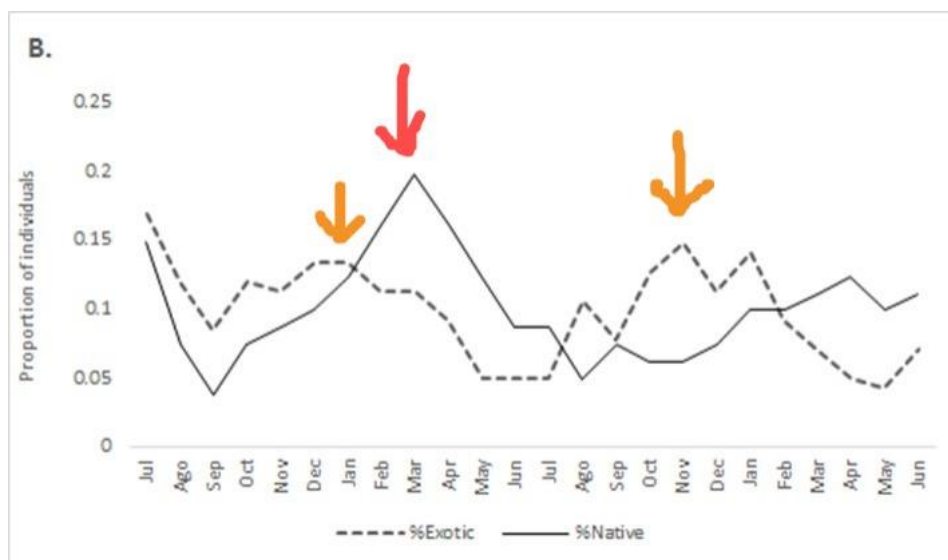
Tiempo de germinación: se registra el primer día de rebrote de la plántula (Duran y Retaman, 1996).

Trabajo en Campo

Para el desarrollo y cumplimiento de los objetivos específicos, se ejecutaron las siguientes actividades operativas:

Identificación y Etiquetado

Se obtuvo una copia del estudio fenológico realizado por Morales y Benavides en 2015 (ver Figura 2), lo que proporcionó información detallada sobre la apariencia de los anturios negros y sus frutos (espádices) durante diferentes etapas de su ciclo de vida.

Figura 2*Pico de Floración del Anthurium caramantae Engl*

Nota. Tomado del estudio realizado por Benavides y Morales en 2015.

Siguiendo las coordenadas proporcionadas, se logró ubicar el área en el bosque donde se debía tomar la semilla de anturio negro. Tras una búsqueda cuidadosa en el área para identificar plantas de anturio negro que se parecieran a las descritas en el estudio fenológico, se tomaron notas de las características físicas que los hacían identificables, como la forma de la hoja, el tamaño y la forma del espádice y el color de la flor. En la Figura 3 se observan algunos de los ejemplares identificados.

Los ejemplares de anturio negro que se seleccionaron como plantas reproductoras fueron etiquetados. Como método de etiquetado se decidió utilizar etiquetas de plástico para que fueran visibles y resistentes a la intemperie. La Figura 4 representa el proceso de etiquetado manual y la Figura 5, los materiales utilizados para el etiquetado.

Por último, se registró la ubicación de la parcela etiquetada para realizar seguimiento de las plantas a lo largo del tiempo, observando su crecimiento y desarrollo hasta su fructificación.

Recolección de Frutos (Espádices)

En primer lugar, es importante mencionar que la recolección de semillas de plantas es una práctica fundamental en la conservación y mejora genética de las especies vegetales. La selección de plantas reproductoras de alta calidad es clave para garantizar la calidad de las semillas recolectadas y la supervivencia de las plantas en el futuro.

En el caso de los anturios negros, se seleccionaron las plantas con mejores características de crecimiento y productividad, y se recolectaron los espádices que contenían los frutos. Para realizar la recolección, se utilizaron herramientas y equipo especializado para evitar dañar las plantas y facilitar la recolección de los frutos. La Figura 6 evidencia las diferentes etapas de fructificación y los cambios en la apariencia que estos implican.

La recolección de especímenes requiere de un permiso especial, ya que se trata de una actividad regulada por la legislación ambiental y de conservación de la biodiversidad. En este caso, se obtuvo un permiso de recolección de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD– que autorizaba la recolección de manera legal y responsable, respetando las normas y regulaciones aplicables.

Preparación de Material e Insumos para Propagación Sexual

Se realizaron varios tratamientos en los cuales se retiró el mucílago de las semillas y se hidrataron con diferentes medios como agua a temperatura ambiente, turba y arena. También se aplicó giberelina 100ppm y agua oxigenada en algunos casos para estimular el crecimiento de las plantas.

Para evitar la contaminación de las semillas y herramientas, se realizó una desinfección previa. Además, se establecieron diferentes condiciones de microclima en los que se colocaron las semillas para su germinación (bajo cubierta y en condiciones de vivero). Se incluyó también un grupo de control o testigo, que no recibió ningún tratamiento y se dejó en suelo de bosque bajo condiciones de intemperie. Todo el material utilizado fue obtenido con permiso de recolección de especímenes de la biodiversidad de la UNAD.

Figura 3

Anthurium caramantae Engl in situ



Nota. Registro fotográfico de Vásquez, 2022.

Figura 4*Observación In Situ*

Nota. Registro fotográfico de Vásquez, 2022.

Figura 5

Materiales de etiquetado



Nota. Registro fotográfico de Vásquez, 2022.

Figura 6

Espádices de Anthurium caramanthae Engl en Diferentes Etapas Hasta Fructificación



Nota. Registro fotográfico de Vásquez, 2022.

Materiales

Turba.

Arena.

Agua a temperatura ambiente.

Agua oxigenada.

Giberelina 100ppm.

Suelo de bosque.

Bombas de vidrio.

Método de Aplicación

A continuación, se mencionan los pasos para la aplicación de los tratamientos evaluados.

Medir 500 ml de agua en una bomba de cristal. El montaje del experimento se realizó el 15 de diciembre del 2022 con la hidratación por 24 horas y el 16 de diciembre del 2022 con la siembra.

Preparar los tratamientos siguiendo las indicaciones del experimento como se muestra en la Tabla 4.

Para el caso del agua a temperatura ambiente, las semillas se dejaron hidratando por 24 horas.

Para el caso del agua oxigenada, se midieron 20 cm con una jeringa y las semillas se dejaron hidratando por 24 horas.

Para el caso de la giberelina, se pesó con una gramera 0,05 gramos que corresponden a 100ppm de una papeleta de 10 gramos, utilizando una operación de regla de tres para determinar dichos gramos. Las semillas se dejaron hidratando por 24 horas.

Aplicar cada tratamiento a su respectivo recipiente de forma cuidadosa.

Realizar las mediciones y observaciones necesarias en cada tratamiento durante el tiempo estipulado en el experimento.

La Figura 7, Figura 8, Figura 9, Figura 10 y Figura 11 ilustran los pasos descritos con el propósito de ejemplificar las etapas del experimento.

Evaluación

El procedimiento consistió en evaluar el sustrato y los sistemas pregerminativos por propagación sexual de cada uno de los tratamientos mencionados en la Tabla 2. Se evaluaron factores y combinaciones como el retiro de mucílago, hidratación en agua a temperatura ambiente y turba o arena, además de la aplicación de giberelina 100ppm y agua oxigenada. Los tratamientos fueron evaluados en dos condiciones diferentes: la Condición A consistía en un ambiente bajo cubierta y en vivero, y la Condición B consistía en la intemperie del bosque. Se evaluaron tres repeticiones para cada tratamiento y se registró el microclima correspondiente para cada uno de ellos. También se incluyó un grupo de control que no recibió ningún tratamiento y se mantuvo en suelo de bosque con clima de bosque.

Vigilancia

Durante el proceso de germinación de las especies en cada bandeja y sustrato, se realizó una vigilancia diaria. Para llevar a cabo esta tarea se inspeccionaron minuciosamente las bandejas en las que se sembraron las plantas y se evaluaron el porcentaje de germinación y los días que tardó en observarse el proceso de germinación. Para llevar un registro detallado y ordenado de esta información se utilizó un formato de seguimiento de germinación (ver Figura 12), allí se registraron todas las observaciones realizadas durante el proceso. De esta manera, se aseguró un monitoreo constante y detallado de las plantas en cada una de las etapas del proceso de germinación.

Análisis de los Resultados

El análisis de los resultados se hizo mediante un diseño factorial para los tres factores evaluados: sistemas pregerminativos, sustratos con bandeja cubierta y sustratos combinados según efectos de interacción como lo enseña la Tabla 2.

A través de una ANOVA se calculó la media de cada grupo y luego se compararon las varianzas de estos valores con la varianza media dentro de los grupos.

Una vez obtenidos los datos, se recopilaron y organizaron en una tabla para su posterior análisis estadístico. En este análisis, se calcularon las medidas de tendencia central para cada uno de los factores evaluados. La Figura 13 representa las etapas de este proceso.

Además, se realizó el análisis de correlación de Pearson como técnica estadística para evaluar la relación entre dos variables. Este análisis permitió determinar si existe una correlación lineal entre las variables y cuantificar la fuerza y dirección de esta relación.

Herramienta para Análisis Estadístico

Para realizar el análisis estadístico del diseño descrito en el trabajo, se utilizó el software estadístico R (en el caso del análisis de varianza [ANOVA]) y la prueba de comparación múltiple de Tukey.

La tabla ANOVA fue utilizada para analizar la varianza de un conjunto de datos y determinar si hay diferencias significativas entre los tratamientos. Cada código en la tabla representa una medida diferente del análisis de varianza que se explica a continuación.

Ft: es la estadística de prueba F que se utiliza para comparar las medias entre los grupos. Es una medida de la varianza entre grupos dividida por la varianza dentro de los grupos. Si el valor de Ft es grande, indica que hay diferencias significativas entre los tratamientos.

FV: es la fuente de variación en el análisis de varianza. Puede ser la variación entre grupos o la variación dentro de los grupos.

Gl: significa "grados de libertad" y se refiere a la cantidad de datos que son libres de variar. En el análisis de varianza, hay grados de libertad para la variación entre grupos y grados de libertad para la variación dentro de los grupos.

SC: es la suma de cuadrados y se refiere a la suma de las desviaciones al cuadrado de cada punto de datos de la media.

CM: significa "cuadrado medio" y es igual a la suma de cuadrados dividida por los grados de libertad.

Fc: es el valor crítico de la estadística de prueba F para un nivel de significancia dado y los grados de libertad de la variación entre y dentro de los grupos. Si el valor de F_t es mayor que F_c , entonces se rechaza la hipótesis nula de que no hay diferencias significativas entre los grupos.

Finalmente, la prueba de comparación múltiple de Tukey permitió evaluar cuáles tratamientos tienen realmente diferencias estadísticamente significativas.

Figura 7*Materiales para los Tratamientos*

Nota. Registro fotográfico de Vásquez, 2022.

Figura 8*Hidratación de los Diferentes Tratamientos*

Nota. Registro fotográfico de Vásquez, 2022.

Figura 9*Retiro de Mucílago*

Nota. Registro fotográfico de Vásquez, 2022.

Figura 10*Bandeja Germinadoras Con Cubierta*

Nota. Registro fotográfico de Vásquez, 2022.

Figura 11

Bandeja Germinadoras de Testigo sin Cubierta con Sustrato de Bosque



Nota. Registro fotográfico de Vásquez, 2022.

Figura 12*Formato de Seguimiento de Germinación*

UNAD Universidad Nacional Abierta y a Distancia		SEGUIMIENTO DE GERMINACIÓN																	Código: 2 Versión: 01		
Proyecto de grado		Evaluación de tres factores para la propagación sexual de la especie <i>Anthurium Caramantae</i> (Anturio negro) en el Parque Arvi corregimiento de Santa Elena (Medellín)- Antioquia																			
Especie	Germinación en días																		Observaciones		
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18			

Nota. Formatos de campo 2022.

Resultados

Para determinar el porcentaje de germinación se realizaron siete tratamientos con tres replicas. La Figura 14 enseña los resultados brutos de cada variable: la Variable 1 representa el porcentaje de germinación y la Variable 2, el tiempo de germinación en días.

Con base en los resultados obtenidos se puede concluir que el porcentaje de germinación varía significativamente entre los diferentes tratamientos. El tratamiento T2R2 *Anthurium caramantae Engl* reportó el porcentaje de germinación más alto (70%) y el tratamiento T7R3 *Anthurium caramantae Engl* tuvo el porcentaje de germinación más bajo (3%). El rango de germinación osciló entre 36 y 55 días.

Tras el análisis de los datos proporcionados fue posible determinar las medias de las variables. La media de la variable “porcentaje de germinación” es de 33,10%, lo que indica un nivel promedio de germinación en los diferentes tratamientos y repeticiones. Por otro lado, la media de la variable “tiempo de germinación” es de 41.76 días, lo que sugiere que, en promedio, las plántulas tardan aproximadamente 42 días en germinar.

Para obtener datos más certeros se promedió el porcentaje de germinación y tiempo de germinación de las réplicas para cada tratamiento.

La Figura 15 revela que el tratamiento T4 es más efectivo en la germinación de las semillas de *Anthurium caramantae Engl*. Esto se evidencia en su mayor promedio de porcentaje de germinación (56.67%). Por otro lado, el tratamiento T7 ha presentado un rendimiento inferior, con el menor promedio de porcentaje de germinación (14.33%).

En cuanto al tiempo de germinación, se observa que los tratamientos T1, T3 y T5 han mostrado una germinación más rápida (36 días). Sin embargo, el tratamiento T7 ha mostrado el mayor promedio en tiempo de germinación (54.33 días). Esto indica que las semillas sometidas a

este tratamiento han requerido un período más prolongado para completar su germinación en comparación con los demás tratamientos. La Figura 16 representa la comparación entre las variables de tiempo y germinación.

Coefficiente de Pearson

Entre el promedio de porcentaje de germinación y el promedio de tiempo de germinación se halló un coeficiente de correlación de 0.0587. Es decir, que no existe una correlación significativa entre estas dos variables. Los cambios en el porcentaje de germinación no están relacionados de manera consistente con los cambios en el tiempo de germinación. La Figura 17 enseña la correlación de las dos variables.

ANOVA

Se procedió con la prueba de ANOVA utilizando un software estadístico (R). El análisis de la prueba de ANOVA proporcionó información sobre si hay diferencias significativas entre los tratamientos en términos de las variables porcentaje de germinación y tiempo.

Análisis de Varianza

Variable de Tiempo

La Tabla 5 y Tabla 6 enseñan las medias y la ANOVA para la variable tiempo. En esta, se puede evidenciar que hay una diferencia temporal significativa entre las diferentes categorías evaluadas, según los resultados del ANOVA. Los valores F y p indican que el factor "Tiempo" tiene un efecto significativo en la variable medida. Es decir, el valor F calculado para el factor "Tiempo" es de 229.78, lo cual indica una diferencia significativa entre las categorías de tiempo en relación con la variable medida. El valor p asociado a este valor F es extremadamente pequeño ($3.67e-13$), lo que sugiere una fuerte evidencia a favor de la hipótesis alterna de que hay diferencias significativas con respecto a la variable tiempo.

Tabla 5*Media de la Variable Tiempo*

Tiempo	R	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Repetición	1	36	42	36	40	36	45	54
Repetición	2	36	44	36	42	38	45	55
Repetición	3	36	43	36	42	36	45	54
Total		108	129	108	124	110	135	163
Media		36	43	36	41.33	36.67	45	54.33

Nota. Diferencia temporal entre las categorías evaluadas.

Tabla 6*Análisis ANOVA de la Variable Tiempo*

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F-Valué	Pr(>F)
Tiempo	6	787.81	131.30	229.78	3.67e-13
Error	14	8.00	0.57		

Nota. El factor tiempo tiene un efecto significativo en la variable medida.

Variable de Germinación

La Tabla 7 y Tabla 8 enseñan las medias y la ANOVA para la variable porcentaje de germinación. Según los resultados del ANOVA, no se encontró una diferencia estadísticamente significativa en la germinación entre los diferentes grupos evaluados. Es decir, el valor F calculado para la fuente de variación "Germinación" es de 1.55. El valor F compara la variabilidad entre los grupos de germinación con la variabilidad dentro de los grupos. El valor p asociado al valor F para la fuente de variación "Germinación" es de 0.235. El valor p representa la probabilidad de obtener un valor F igual o más extremo que el observado si la hipótesis nula (no hay diferencia significativa) fuera cierta. En este caso, el valor p de 0.235 indica que no hay

suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, lo que sugiere que no hay una diferencia significativa en la germinación entre los grupos evaluados.

Tabla 7

Media de la Variable del Porcentaje de Germinación

Tratamiento	r	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Repetición	1	10	10	10	60	43	57	10
Repetición	2	33	70	60	43	13	33	30
Repetición	3	3	10	33	67	57	40	3
Total		46	90	103	170	113	130	43
Media		15.33	30	34.33	56.67	37.67	43.33	14.33

Nota. No hay una diferencia significativa entre los grupos evaluados.

Tabla 8

Análisis ANOVA de la Variable del Porcentaje de Germinación

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F-Valué	Pr(>F)
Germinación	6	4079.81	679.97	1.55	0.235
Error	14	6158.00	439.86		

Nota. No hubo grandes diferencias en el porcentaje de germinación.

Comparación de Medias Tukey

La Tabla 9 a continuación muestra el resultado de la prueba de Tukey. Permite identificar qué tratamientos tienen diferencias significativas entre sus medias al tiempo que proporciona información sobre la magnitud de estas diferencias a través de los intervalos de confianza.

Tabla 9*Prueba de Tukey*

T	Porcentaje de germinación	Grupos
T4	5.666.667	A
T6	4.333.333	A
T5	3.766.667	A
T3	3.433.333	A
T2	3.000.000	A
T1	1.533.333	A
T7	1.433.333	A

Nota. Todos los tratamientos pertenecen a un mismo grupo.

Según Tukey, el resultado MSD (diferencia mínima significativa) es la menor diferencia significativa que se requiere entre los valores de los grupos para considerarlos estadísticamente diferentes. En este caso, la Tabla 10 muestra que la diferencia mínima significativa es de 6.337.096.

Tabla 10*Resultados de la Prueba de Tukey*

MSerror	Df	Mean	CV	MSD
4.398.571	14	3.309.524	6.337.096	5.847.205

Nota. Muestra la diferencia mínima significativa.

La Figura 18 y la Figura 19 enseñan los resultados de la variable porcentaje de germinación por tratamiento y la variable tiempo en días.

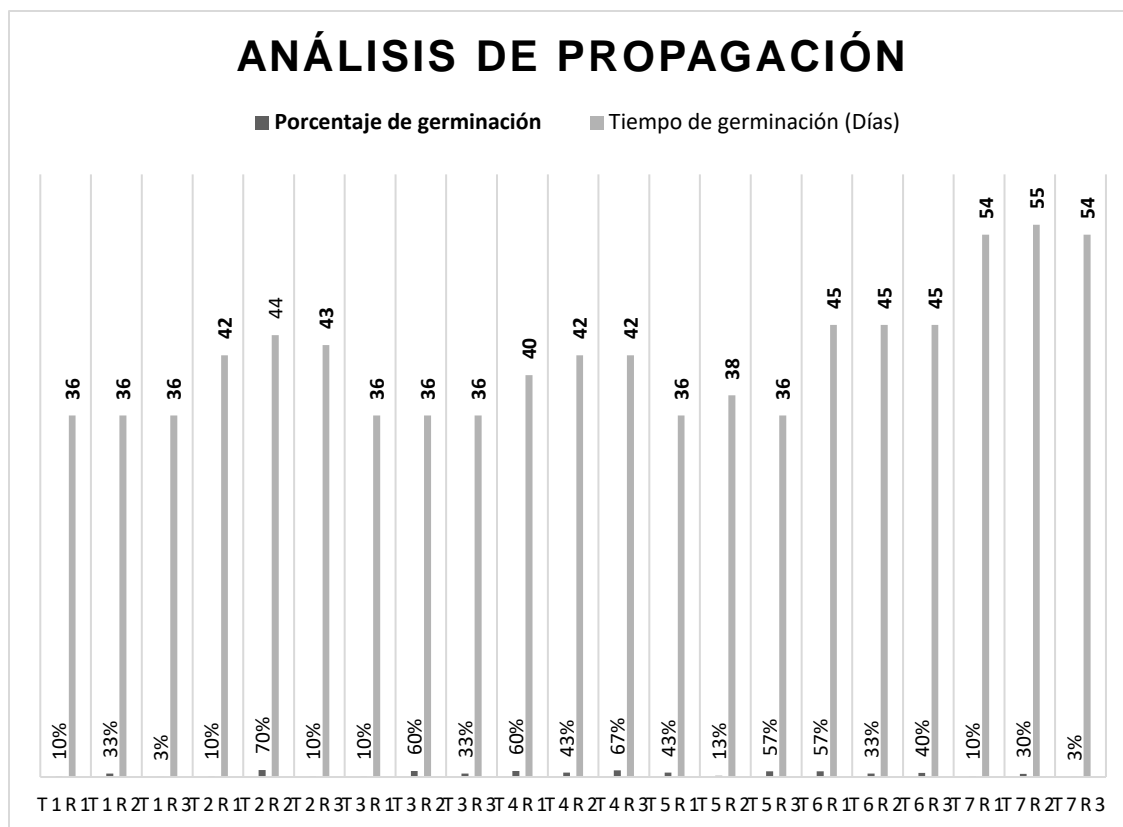
Según los resultados obtenidos, el tratamiento más efectivo en términos de porcentaje de germinación fue T4 (retiro de mucilago, giberelina 100ppm y arena), con un porcentaje de germinación del 56.67%. Por lo tanto, se puede concluir que este tratamiento es el más efectivo para la propagación sexual del *Anthurium caramantae Engl* en el contexto del estudio realizado.

Además, el análisis de los datos muestra que el sustrato de arena utilizado en los tratamientos T2, T4 y T6 resultó en una mayor germinación en comparación con otros sustratos. Estos resultados sugieren que el uso de arena como sustrato puede tener un efecto positivo en el proceso de germinación de las semillas de *Anthurium caramantae Engl*.

Por último, se logra observar que la influencia de las condiciones microclimáticas en la Condición A (vivero con bandejas cubiertas) fueron más favorables para la germinación de las semillas de *Anthurium caramantae Engl* en comparación con las de la Condición B (intemperie bosque).

Figura 14

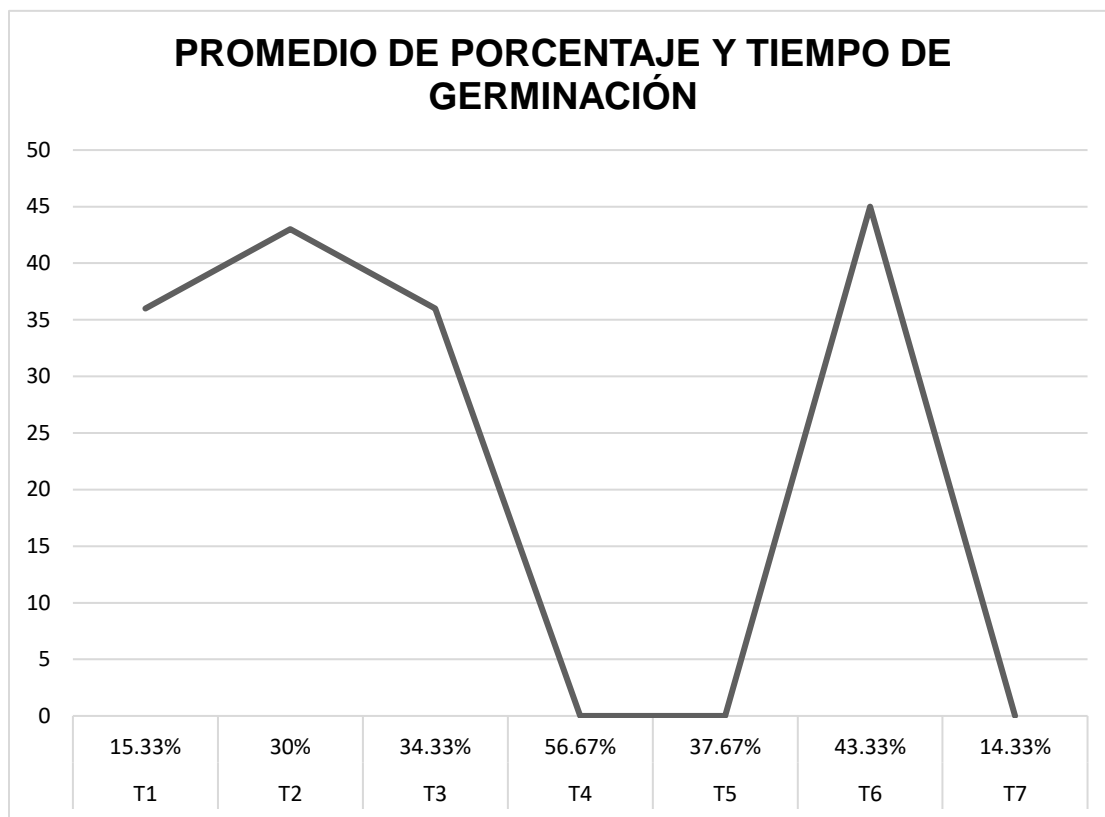
Análisis de Propagación



Nota. Resultados obtenidos de propagación del *Anthurium Caramanthae Engl.*

Figura 15

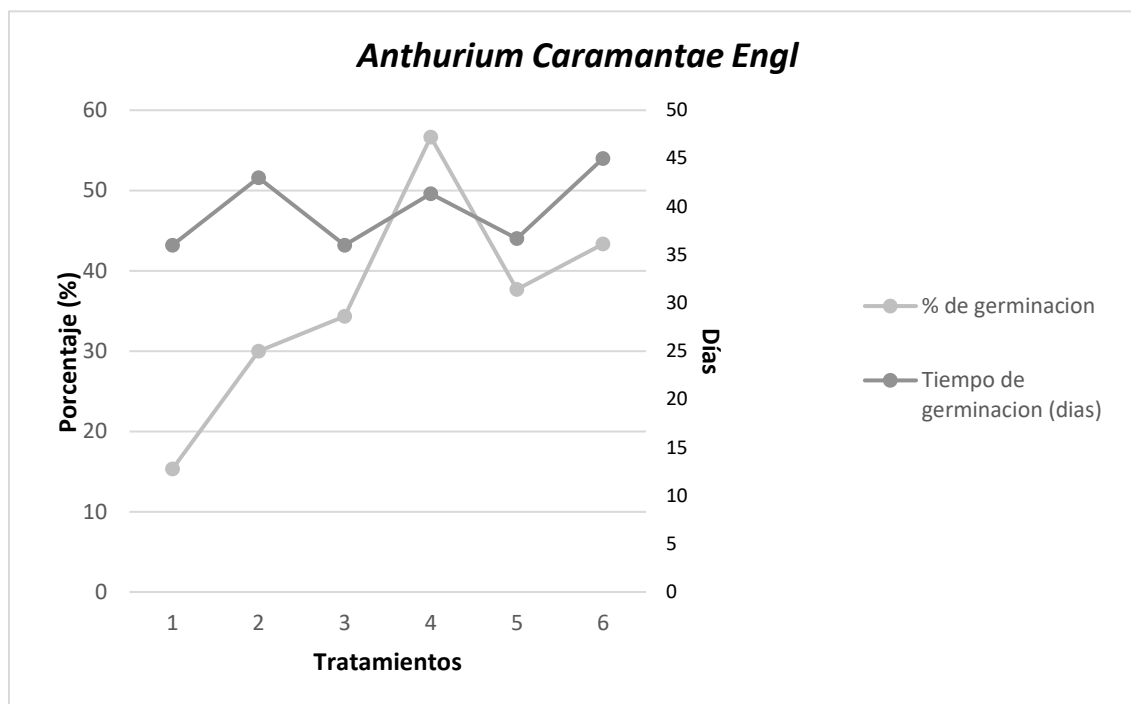
Promedio de Porcentaje y Tiempo de Germinación



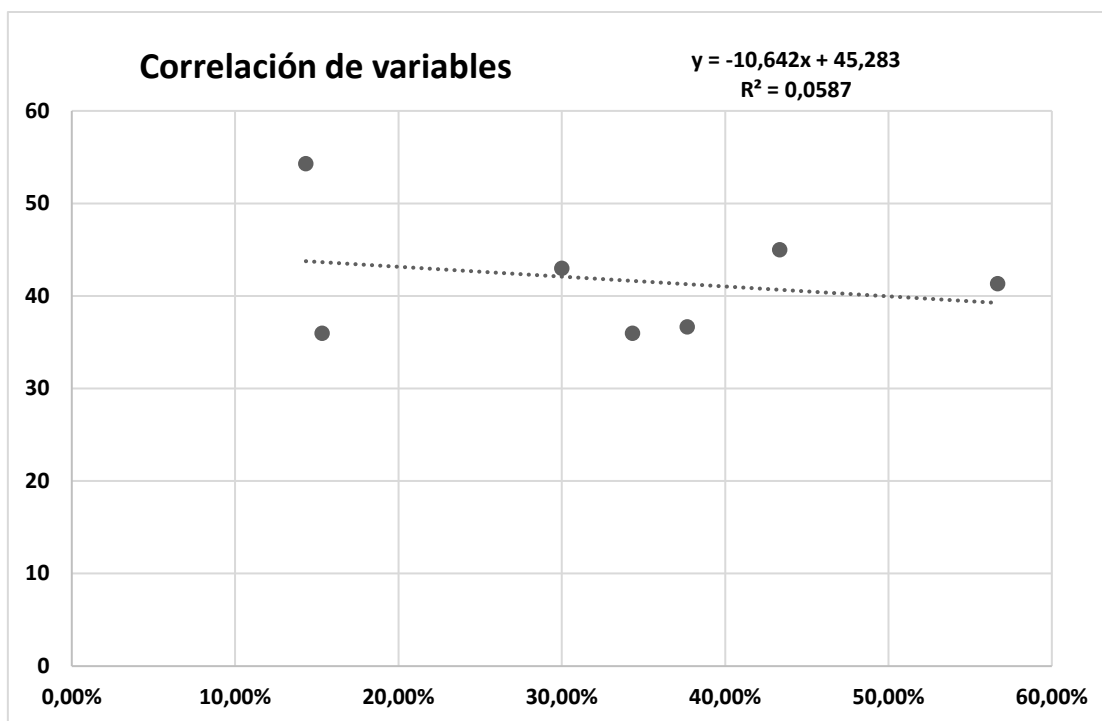
Nota. Resultados obtenidos de propagación del *Anthurium caramanthae Engl.*

Figura 16

Relación entre Tiempo y Porcentaje de Germinación



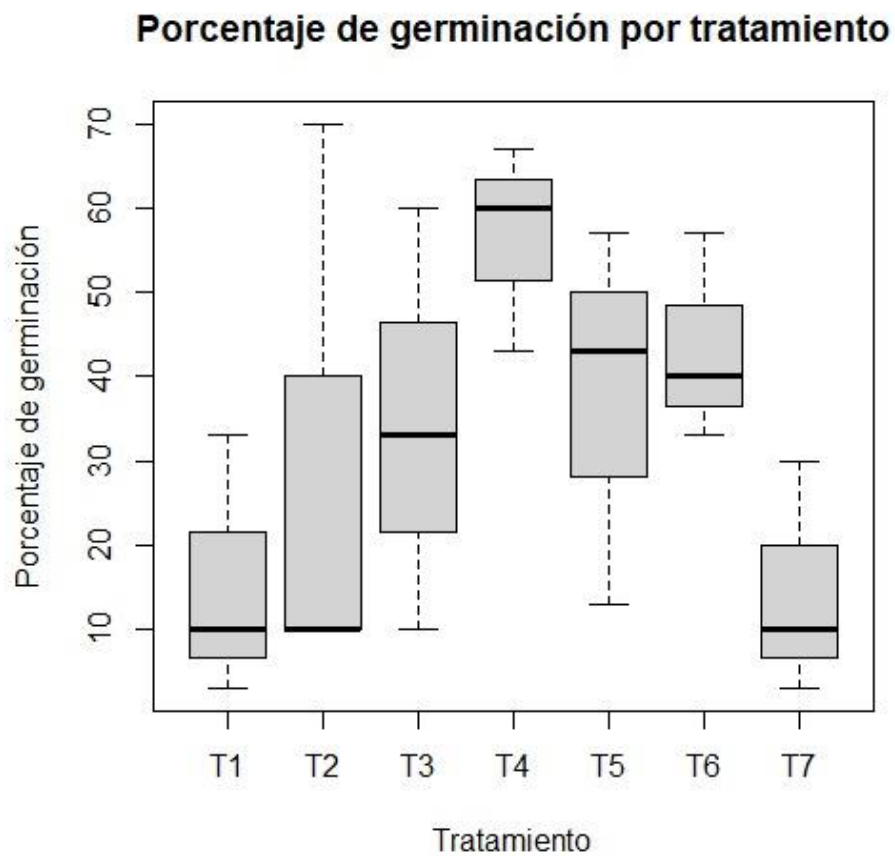
Nota. Resultados obtenidos de propagación del *Anthurium caramanthae Engl.*

Figura 17*Correlación entre Variables Evaluadas*

Nota. Resultados obtenidos de propagación del *Anthurium caramanthae* Engl.

Figura 18

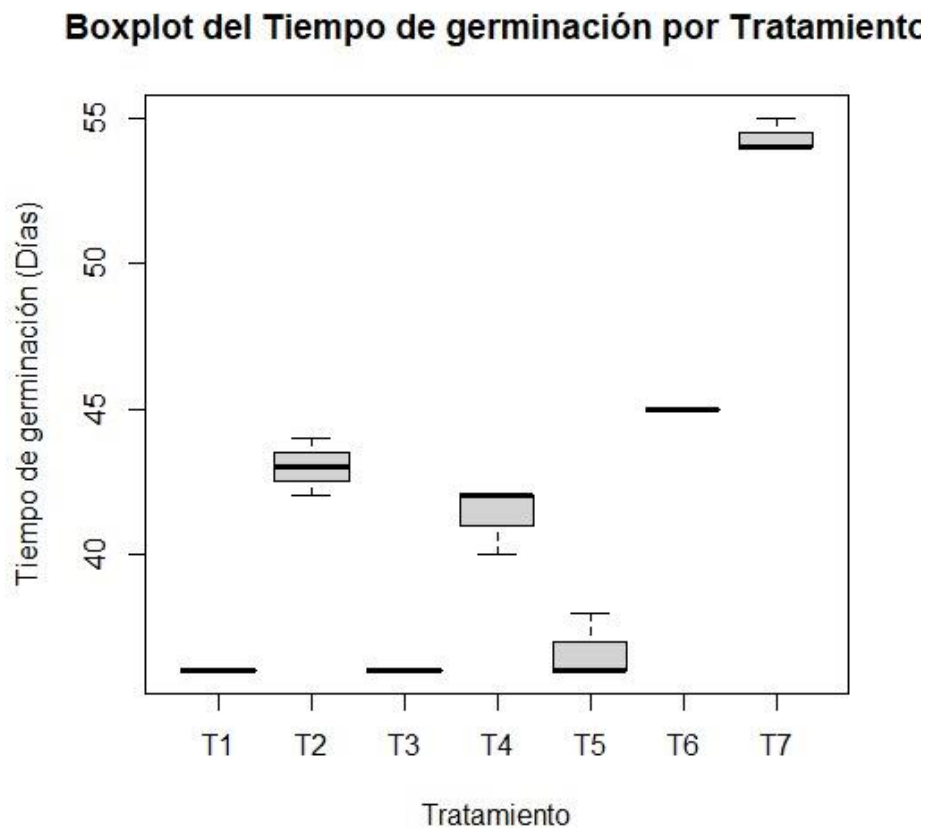
Variable del Porcentaje de Germinación por Tratamiento



Nota. El T4 es el más efectivo.

Figura 19

Variable del Tiempo de Germinación en Días



Nota. Los tratamientos T1, T3 y T5 muestran una germinación más rápida.

Discusión

El análisis presentado muestra el resultado de un experimento diseñado para evaluar el efecto de diferentes tratamientos en la germinación de semillas de *Anthurium caramantae* Engl. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con siete tratamientos y tres repeticiones. Se midió el porcentaje y tiempo de germinación para cada tratamiento.

El tratamiento 4 (Retiro de mucilago, giberelina 100 ppm y arena.) demostró ser el más efectivo en términos de porcentaje de germinación, obteniendo un 56,67% de germinación. Este tratamiento puede ser recomendado para la propagación sexual de *Anthurium caramantae* Engl en estudios similares.

Se evidenció variabilidad significativa en el porcentaje de germinación entre los diferentes tratamientos aplicados, lo que indica que pueden tener un impacto en el proceso de germinación.

El sustrato de arena utilizado en varios tratamientos mostró resultados prometedores en términos de germinación. Se sugiere considerar el uso de arena como sustrato en futuros estudios y prácticas de propagación.

Se observó que las condiciones microclimáticas bajo cubierta y en un vivero fueron más favorables para la germinación en comparación con las condiciones de intemperie en el bosque.

Estos hallazgos son importantes para mejorar las técnicas de propagación de *Anthurium caramantae* Engl y contribuyen al conocimiento científico sobre la germinación de esta especie en particular. Sin embargo, es importante tener en cuenta que cada especie de *Anthurium* puede tener requisitos de propagación específicos, por lo que se recomienda realizar estudios adicionales para obtener una comprensión más completa de la propagación en el género *Anthurium*.

Al ser un lugar de suma relevancia ambiental, en este parque se han llevado a cabo varios estudios de diversas áreas. Para propósitos de esta investigación, la información sobre la historia natural y comportamiento ecológico del *Anthurium caramanthae Engl* se tomó del artículo “Fenología reproductiva del Anthurio negro en el Parque Arví” elaborado por Morales y Benavides (2015) donde se describen las 6 poblaciones naturales con sus patrones fenológicos y éxito reproductivo. Asimismo, el trabajo de investigación titulado *Dinámica temporal de la comunidad de Anthurium y sus visitantes florales en el Parque Arví, Santa Elena (Antioquia)* reportado por Beltrán (2021), proporcionó datos relevantes sobre la fenología y morfología floral del *Anthurium caramanthae Engl*; en especial los patrones de asignación a la reproducción a nivel individual y poblacional, y una red de interacción de la especie.

Sin embargo, estos estudios son apenas incipientes para el entendimiento profundo de las especies endémicas del parque. Hacen falta proyectos con un enfoque más activo y amplio que se puedan incorporar a las políticas de protección.

El estudio sobre el *Anthurium caramanthae Engl* en el Parque Arví es fundamental para la comprensión de su biología, ecología y conservación. Además, también ayudará a evaluar el impacto del turismo en la población y a desarrollar estrategias de conservación adecuadas. La investigación en esta área es esencial para garantizar la sostenibilidad de la biodiversidad en la región y el país en su conjunto.

Recomendaciones

Para mejorar la germinación del *Anthurium caramantae Engl*, se recomienda investigar y optimizar los tratamientos que demostraron efectividad en este estudio, como el tratamiento 2. Esto podría incluir ajustes en la preparación del sustrato, la eliminación del mucílago y las condiciones de hidratación.

Dado que se encontró variabilidad en los resultados de germinación entre los diferentes tratamientos, se sugiere explorar otros tratamientos y técnicas de propagación, como la aplicación de reguladores de crecimiento o el uso de diferentes sustratos y condiciones ambientales.

Es importante considerar las condiciones microclimáticas al realizar la propagación de *Anthurium caramantae Engl*. Las condiciones bajo cubierta y en un vivero mostraron ser más favorables para la germinación en comparación con las condiciones de intemperie en el bosque. Se recomienda controlar y ajustar las condiciones ambientales para mejorar la germinación en futuros intentos de propagación.

Se sugiere realizar estudios adicionales para comprender mejor los requisitos de propagación específicos de *Anthurium caramantae Engl* y del género *Anthurium* en general. Esto incluye investigar factores como la temperatura, la humedad, la luz y la calidad del sustrato, así como la interacción entre estos factores.

Referencias

Atehortúa, L y Pizano, M (2003): *Anthurios*; Ed. HortiTecnia.

<https://infoagro.com/flores/flores/Anthurium.htm>

Beltrán, M .F. (2021) Dinámica temporal de la comunidad de *Anthurium* y sus visitantes florales en el parque Arví, Santa Elena (Antioquia).

Benavides y Morales (2015). Tercer monitoreo de la comunidad de especies indicadoras y la medición de variables físicas del suelo en los senderos del parque arví. Alcaldía de Medellín, Secretaría de Medio Ambiente. 2015. 97 p

Camani, C. (2017). Diseño completamente al azar.

<http://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/305>

Casas, C., & Ninot, J. M. (1999). Relación entre microclima y vegetación pratense en " la Plana de Vic"(Cataluña). *Ecologia mediterranea*, 25(1), 41-56.

CIFFA (2019) El bloque de búsqueda contra el tráfico de fauna y flora en Antioquia.

<https://www.metropol.gov.co/Paginas/Noticias/elmetropolitano-ambiental/el-bloque-de-busqueda-contra-el-trafico-de-fauna-y-flora-en-antioquia.aspx>

Chait, G. (2015). Café en Colombia: servicios ecosistémicos, conservación de la biodiversidad. Sistemas agroforestales, funciones productivas, socioeconómicas y ambientales.

Turrialba: CATIE, 349-364.

Chambi, R., Quispe, Y., & Paredes, J. (2019). Métodos pregerminativos para la germinación de semillas forestales. *Ecología Aplicada*, 18(2), 101-110.

<https://www.scielo.sa.cr/pdf/ecoa/v18n2/1659-1897-ecoa-18-02-101.pdf>

- Clavijo, D., Correa, M., & García, J. (2015). Parque Arví: Un proyecto de ecoturismo y educación ambiental en el área metropolitana del Valle de Aburrá, Colombia. *Revista de Investigación Académica*, 29, 1-12. <https://www.redalyc.org/pdf/3036/303640015002.pdf>
- Colombia. (1998). Decreto 1504 de 1998, por el cual se reglamenta la Ley 99 de 1993 en lo relacionado con las áreas de especial importancia ecológica y se dictan otras disposiciones.
- <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=8182>
- Corantioquia (2003) (Ministerio del Medio Ambiente), Convenio BID-CORANTIOQUIA. Plan De Ordenamiento y Manejo del Parque Regional ARVÍ. Medellín, 1999. 250p.
- Dagnino, J. (2014). Análisis de varianza. *Revista chilena de anestesia*, 306-310.
- <https://revistachilenadeanestesia.cl/PII/revchilanestv43n04.07.pdf>
- Delgado, M. D. M., Miralles, R., Masaguer, A., & Martín, J. V. (2016). Estudio de turbas y residuos avícolas procedentes de pollo de engorde como componente de sustratos de cultivo. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 32(4), 455-462.
- Durán, J.M.; Retamal, N. (1996). ¿Qué entendemos por calidad de un lote de semillas? *Agricultura*, 763:129-133.
- Fernández, C., Pérez, J. A., & Rodríguez, F. (2013). *Estadística Aplicada a la Investigación Social: Técnicas de Análisis y Modelización de Datos*. Alianza Editorial. ISBN: 978-84-206-7677-6.
- García, J. E., Callejas, R., & Mayo, S. J. (2015). Araceae. En: Bernal, R., Gradstein, S. R. & Celis, M. (eds.), *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C.
- Gómez, A., & González, J. (2018). *Catálogo de plantas vasculares del departamento de*

- Antioquia: una síntesis de sus registros florísticos. Instituto de Biología, Universidad de Antioquia. Páginas 163-164.
- González, J. A., Sandoval, M. T., & Gómez, R. C. (2018). Propagación vegetativa de *Anthurium caramanthae* Engl. por medio de hijuelos. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1), 156-165.
- Herrera, H., Cuesta, A., & Escalante, J. E. (2016). El concepto de variable: un análisis con estudiantes de bachillerato. *Educación matemática*, 28(3), 217-240
- Ideam (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). 2018. Estado de los recursos naturales y del ambiente 2018.
<https://www.ideam.gov.co/documents/10192/4852109/Estado+de+los+Recursos+Naturales+y+del+Ambiente+2018/a3ed2a0d-b231-4d74-9df6-1a047fa096b4>
- IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). 2022. Informe Nacional de Biodiversidad 2022. Bogotá D.C., Colombia: IDEAM.
- El Espectador. (2017). Tasa de deforestación en Colombia. <https://www.elespectador.com/noticias/medioambiente/se-disparola-tasa-de-deforestacion-en-colombiaarticulo-701754>
- Lárraga, N., Gutiérrez, N., López, H., Pedraza, M. E., Vargas, J., Santos, G., & Santos, U. I. (2011). Propagación vegetativa de tres especies de bambú. *Ra Ximhai*, 7(2), 205-218.
- Medina, P. . D., & López, A. M. (2011). Análisis crítico del diseño factorial 2k sobre casos aplicados. *Scientia Et Technica*, 1(47), 101–106. <https://doi.org/10.22517/23447214.523>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021). Quiénes somos.
<https://www.minambiente.gov.co/index.php/ministerio/quienes-somos>

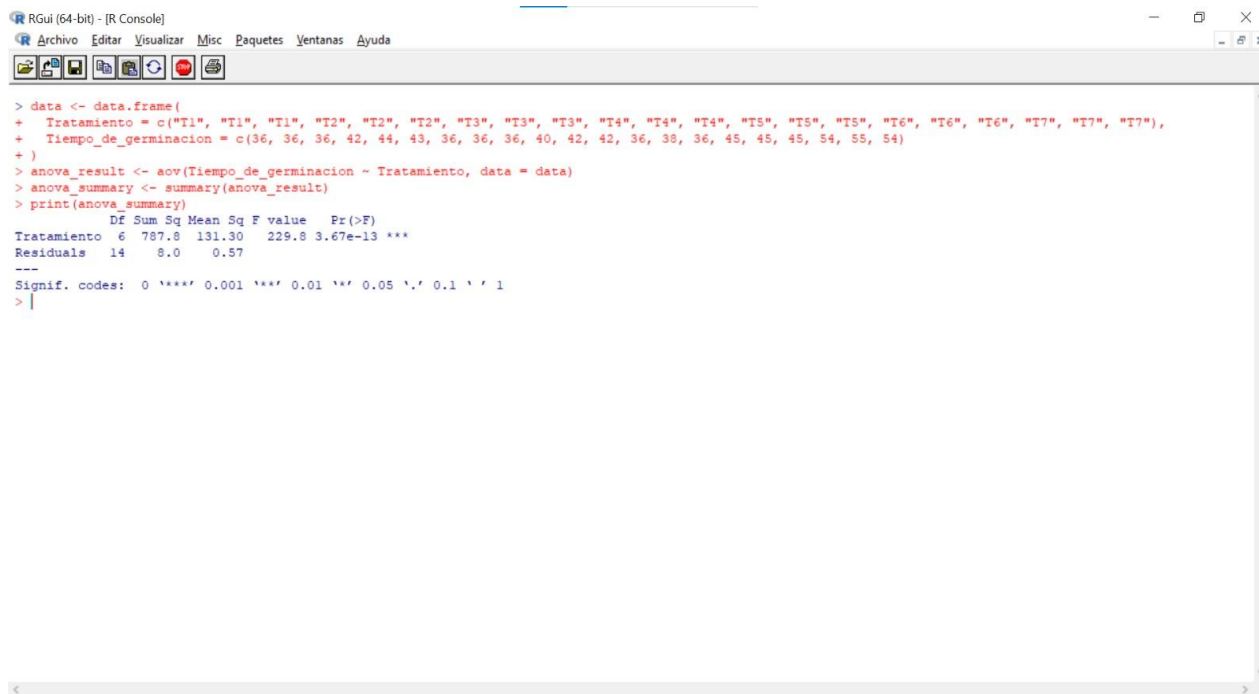
- Moreno A, S. (2020) Evaluación de sustratos, para la germinación y desarrollo vegetativo de las especies (*Theobroma cacao* L),(*Cedrela odorata* L) y (*Clathrotropis brunnea* A), en el municipio de Girón Santander. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/35151>
- Morales y Benavides (2015) fenología reproductiva del anturio negro *Anthurium Caramantae* Engl en el Parque Arvi, andes colombianos.
file:///D:/ARCHIVOS/ESCRITORIO/memorias_viiiccb2015.138.pdf
- Pire, R., & Pereira, A. (2003). Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. Propuesta metodológica. *Bioagro*, 15(1), 55-64.
- Rodrigo (1986) Métodos pregerminativos en semillas de hortalizas y ornamentales. Boletín Técnico, (3), 1-10.
- Seoane, F. J. F. (2014). *Los viveros de empresas en Galicia: Una estrategia generadora de riqueza* (Doctoral dissertation, Universidade da Coruña).
- Tarima, J. M. (1995). *Manual de viveros, comunales y familiares* (2ª ed.). Santa cruz, Bolivia: Santa cruz.
- Tukey, J. W. (1949). Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics*, 5(2), 99-114.
- Vasquez, D. L. (2021) Proyecto de material vegetal, Corporación Parque Arvi Santa Elena (Antioquia).
- Villamil, J. M. P., & García, F. P. (1998). *Germinación de semillas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1998_2090.pdf
- Vol 7. Num 2. (2016). <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/issue/archive>,

Vol 3. Num 2. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/agricolae/issue/archive>

Apéndices

Apéndice A

Pantallazo de R Variable Tiempo (Días)

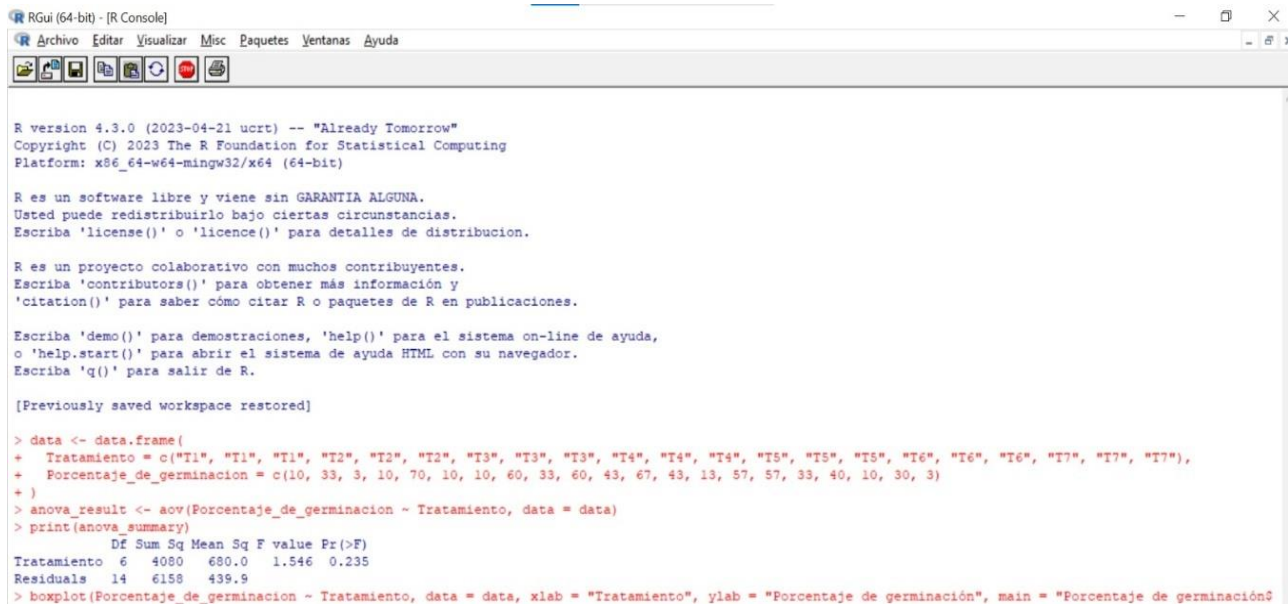


```
RGui (64-bit) - [R Console]
Archivo Editar Visualizar Misc Paquetes Ventanas Ayuda

> data <- data.frame(
+   Tratamiento = c("T1", "T1", "T1", "T2", "T2", "T2", "T3", "T3", "T3", "T4", "T4", "T4", "T5", "T5", "T5", "T6", "T6", "T6", "T7", "T7", "T7"),
+   Tiempo_de_germinacion = c(36, 36, 36, 42, 44, 43, 36, 36, 36, 40, 42, 42, 36, 38, 36, 45, 45, 45, 54, 55, 54)
+ )
> anova_result <- aov(Tiempo_de_germinacion ~ Tratamiento, data = data)
> anova_summary <- summary(anova_result)
> print(anova_summary)
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Tratamiento  6  787.8   131.30   229.8 3.67e-13 ***
Residuals   14    8.0     0.57
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> |
```

Apéndice B

Pantallazo de R Variable Tiempo de Germinación



```
RGui (64-bit) - [R Console]
Archivo Editar Visualizar Misc Paquetes Ventanas Ayuda

R version 4.3.0 (2023-04-21 ucrt) -- "Already Tomorrow"
Copyright (C) 2023 The R Foundation for Statistical Computing
Platform: x86_64-w64-mingw32/x64 (64-bit)

R es un software libre y viene sin GARANTIA ALGUNA.
Usted puede redistribuirlo bajo ciertas circunstancias.
Escriba 'license()' o 'licence()' para detalles de distribucion.

R es un proyecto colaborativo con muchos contribuyentes.
Escriba 'contributors()' para obtener más información y
'citation()' para saber cómo citar R o paquetes de R en publicaciones.

Escriba 'demo()' para demostraciones, 'help()' para el sistema on-line de ayuda,
o 'help.start()' para abrir el sistema de ayuda HTML con su navegador.
Escriba 'q()' para salir de R.

[Previously saved workspace restored]

> data <- data.frame(
+   Tratamiento = c("T1", "T1", "T1", "T2", "T2", "T2", "T3", "T3", "T3", "T4", "T4", "T4", "T5", "T5", "T5", "T6", "T6", "T6", "T7", "T7", "T7"),
+   Porcentaje_de_germinacion = c(10, 33, 3, 10, 70, 10, 10, 60, 33, 60, 43, 67, 43, 13, 57, 57, 33, 40, 10, 30, 3)
+ )
> anova_result <- aov(Porcentaje_de_germinacion ~ Tratamiento, data = data)
> print(anova_summary)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamiento  6  4080   680.0   1.546  0.235
Residuals  14  6158   439.9

> boxplot(Porcentaje_de_germinacion ~ Tratamiento, data = data, xlab = "Tratamiento", ylab = "Porcentaje de germinación", main = "Porcentaje de germinación")
```

Apéndice C

Pantallazo de R Prueba de Tukey

```

RGui (64-bit) - [R Console]
Archivo Editar Visualizar Misc Paquetes Ventanas Ayuda

+ Porcentaje_de_germinacion = c(10, 33, 3, 10, 70, 10, 10, 60, 33, 60, 43, 67, 43, 13, 57, 57, 33, 40, 10, 30, 3),
+ Tiempo_de_germinacion = c(36, 36, 36, 42, 44, 43, 36, 36, 36, 40, 42, 42, 36, 38, 36, 45, 45, 45, 54, 55, 54)
+ )
> tukey_result <- HSD.test(aov(Porcentaje_de_germinacion ~ Tratamiento, data = data), "Tratamiento")
> print(tukey_result)
$statistics
  MSerror Df      Mean      CV      MSD
439.8571 14 33.09524 63.37096 58.47205

$parameters
  test      name.t ntr StudentizedRange alpha
Tukey Tratamiento 7      4.828954 0.05

$means
  Porcentaje_de_germinacion      std r Min Max  Q25 Q50  Q75
T1      15.33333 15.69501 3 3 33 6.5 10 21.5
T2      30.00000 34.64102 3 10 70 10.0 10 40.0
T3      34.33333 25.02665 3 10 60 21.5 33 46.5
T4      56.66667 12.34234 3 43 67 51.5 60 63.5
T5      37.66667 22.47962 3 13 57 28.0 43 50.0
T6      43.33333 12.34234 3 33 57 36.5 40 48.5
T7      14.33333 14.01190 3 3 30 6.5 10 20.0

$comparison
NULL

$groups
  Porcentaje_de_germinacion groups
T4      56.66667 a
T6      43.33333 a
T5      37.66667 a
T3      34.33333 a
T2      30.00000 a
T1      15.33333 a
T7      14.33333 a

```