



Evaluación de diferentes medios para germinación y de sustratos en la sobrevivencia del arupo (*Chionanthus pubescens Kunth*) en fase de semillero y pre vivero

Rivera Cajas, Erick Danilo

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Pérez Guerrero, Patricio Alejandro Ph. D.

25 de enero del 2023



Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Certificación

Certifico que el trabajo: **“Evaluación de diferentes medios para germinación y de sustratos en la sobrevivencia del arupo (*Chionanthus pubescens Kunth*) en fase de semillero y pre vivero”** fue realizado por el señor **Rivera Cajas Erick Danilo**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 25 de enero del 2023



Firmado electrónicamente por:
**PATRICIO ALEJANDRO
PEREZ GUERRERO**

.....
Ing. Pérez Guerrero, Patricio Alejandro Ph.D.
C. C: 1802941011



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Rivera Cajas, Erick Danilo**, con cédula de ciudadanía N° 1724455843, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Evaluación de diferentes medios para germinación y de sustratos en la sobrevivencia del arupo (*Chionanthus pubescens Kunth*) en fase de semillero y pre vivero** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 25 de enero del 2023

.....
Rivera Cajas, Erick Danilo

C.C.: 1724455843



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación

Yo, **Rivera Cajas, Erick Danilo**, con cédula de ciudadanía N° 1724455843, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación **Evaluación de diferentes medios para germinación y de sustratos en la sobrevivencia del arupo (*Chionanthus pubescens Kunth*) en fase de semillero y pre vivero** en el Repositorio Institucional, contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad

Sangolquí, 25 de enero del 2023

.....
Rivera Cajas, Erick Danilo

C.C.: 1724455843

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos

5/1/23, 15:29

ERICK DANILO RIVERA CAJAS - Tesis Erick Rivera

Informe de originalidad

NOMBRE DEL CURSO

Revisión de tesis

NOMBRE DEL ALUMNO

ERICK DANILO RIVERA CAJAS

NOMBRE DEL ARCHIVO

ERICK DANILO RIVERA CAJAS - Tesis Erick Rivera

SE HA CREADO EL INFORME

25 ene 2023

Resumen

Fragmentos marcados	4	2 %
Fragmentos citados o entrecomillados	4	2 %

Coincidencias de la Web

iniap.gob.ec	3	1 %
inta.gob.ar	2	0,7 %
umsa.bo	1	0,5 %
issuu.com	1	0,5 %
amadeoehijos.com	1	0,3 %



Firmado electrónicamente por:
PATRICIO ALEJANDRO
PEREZ GUERRERO

.....
Ing. Pérez Guerrero, Patricio Alejandro Ph.D.
C. C: 1802941011

Dedicatoria

A mis padres Wilson y Beatriz por ser mi soporte y compañía durante todo mi proceso de formación hasta este punto, ya que sin ellos no lo habría logrado nada. Por su amor incondicional y guiarme por el buen camino.

A mis hermanas Diana y Melissa por darme apoyo, consejos y ayudarme a levantarme en momentos en el que sentía que ya no lo iba a lograr durante toda la carrera de estudios. De igual manera por todo su amor.

Agradecimientos

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I por todos los conocimientos aportados para mi formación profesional, a los docentes que han demostrado su profesionalismo y calidad humana, que me han impartido sus conocimientos a lo largo de estos años de carrera universitaria.

A mi Tutor Dr. Patricio Pérez quien propuso el tema de investigación, gracias por sus consejos, apoyo y paciencia que me ha tenido a lo largo del desarrollo de este trabajo.

A todos mis amigos que he conocido a lo largo de la carrera, en especial a Andrea Sarango, Diego Loor, Génesis Páez y Diego Muñoz por su apoyo brindando durante este trayecto.

Índice de contenidos

Carátula.....	1
Certificación	2
Responsabilidad de Autoría	3
Autorización de Publicación	4
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....	5
Dedicatoria	6
Agradecimientos	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de tablas.....	11
Índice de figuras.....	12
Resumen.....	13
Abstract.....	14
CAPÍTULO I	15
INTRODUCCIÓN	15
Antecedentes	15
Justificación.....	16
Objetivos.....	17
Objetivo general	17
Objetivos específicos	17
Hipótesis.....	17
CAPÍTULO II	18
REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	18
Árbol de arupo (<i>Chionanthus pubescens Kunth</i>)	18

Fruto de arupo (<i>Chionanthus pubescens Kunth</i>)	18
Germinación de semillas de arupo	19
Escarificación	19
Ácido giberélico	20
Sustratos para semillas	21
Pomina	21
Turba	22
Determinación de viabilidad de semillas	23
Tinción de semillas en solución de Tetrazolio	23
CAPÍTULO III	24
METODOLOGÍA	24
Ubicación del área de investigación	24
Materiales	24
Insumos	24
Biológicos	25
Universo y muestra	25
Preparación de la semilla	25
Preparación del sustrato	25
Diseño experimental	26
Croquis experimental para las fases de semillero y pre vivero.....	27
Análisis estadístico.....	27
Variables a medir	29

Porcentaje de germinación	29
Largo de plúmula y radícula	29
Análisis de viabilidad de semillas mediante tetrazolio	29
Supervivencia en la fase de pre vivero	30
CAPÍTULO IV	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
Porcentaje de germinación	31
Porcentaje de germinación real comparado con el predicho en la prueba de tinción de tetrazolio.	31
Porcentaje de germinación real	33
Largo de radícula	35
Largo de plúmula.....	37
Supervivencia en fase de pre vivero.....	38
CAPITULO V.....	40
DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
Discusión.....	40
Conclusiones.....	42
Recomendaciones	43
Bibliografía	44

Índice de tablas

Tabla 1 Descripción de los tratamientos en la fase de semillero	28
Tabla 2 Descripción de los contrastes	28
Tabla 3 Descripción de los tratamientos en la fase de pre vivero.....	29
Tabla 4 Análisis de varianza de porcentaje de germinación predictor (tinción) y real.....	31
Tabla 5 Análisis de varianza comparación de medias contrastes ortogonales.	33
Tabla 6 Análisis de varianza de porcentaje de germinación real.....	34
Tabla 7 Análisis de varianza de largo radícula con una prueba de Tukey al 5%.	36
Tabla 8 Análisis de varianza de largo plúmula	37
Tabla 9 Detalla de la supervivencia de las plántulas evaluados cada 10 días.....	38
Tabla 10 Índice estadístico Chi cuadrado de con la interacción de sustrato y supervivencia....	39

Índice de figuras

Figura 1 Invernadero de silvicultura de la carrera Agropecuaria - IASA I	24
Figura 2 Croquis experimental del ensayo en campo.....	27
Figura 3 Porcentaje de germinación evaluados cada 10 días	32
Figura 4 Porcentaje de germinación real evaluados cada 10 días.....	35
Figura 5 Distancia de radicular evaluados cada 10 días	36
Figura 6 Longitud de la plúmula se evaluó cada 10 días.....	38
Figura 7 Porcentaje de supervivencia de las plántulas de arupo en los diferentes sustratos ...	39

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar cuatro tratamientos pre germinativos (T1: Escarificación, T2: Ácido giberélico, T3: Escarificación + ácido giberélico, T4: Testigo) sobre el porcentaje de germinación real y predatorio (Tinción en tetrazolio) en la fase de semillero y tres sustratos (A1: Turba, A2: Pomina, A3: 50% Turba y 50% Pomina) sobre la supervivencia de las plántulas en la fase de pre vivero, la duración del experimento tuvo una duración de 76 días y fue realizado en el periodo octubre 2022 a enero 2023 en la Hacienda el Prado, ubicada en la provincia de Pichincha – Ecuador. El estudio se dividió en dos fases que se desarrollaron simultáneamente, el primero fue la fase de semillero y el segundo fase de pre vivero. Se utilizó un diseño completamente al azar D.C.A. con arreglo bifactorial en parcela dividida, para medir las variables de porcentaje de germinación en la fase de semillero, largo de radícula y plúmula en la fase de pre vivero. Los datos se sometieron a pruebas estadísticas de coeficientes ortogonales y análisis de varianza al existir diferencias significativas las medias se discriminaron mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$). En la mayoría de las variables estudiadas se tuvo que los tratamientos que incluyen escarificación mostraron diferencias significativas comparado con el tratamiento control. En conclusión, el tratamiento escarificado y ácido giberelico presento los mejores porcentajes de germinación con un factor de 44,16% a los 70 días después de la siembra, para la variable de supervivencia en la fase de pre vivero no existieron diferencias significativas entre los sustratos evaluados.

Palabras clave: Escarificación, ácido giberelico, supervivencia arupo, pre germinativo.

Abstract

The objective of this study was to evaluate four pre-germination treatments (T1: Scarification, T2: Gibberellic acid, T3: Scarification + gibberellic acid, T4: Control) on the percentage of real and predatory germination (Tetrazolio staining) in the seedbed phase. and three substrates (A1: Peat, A2: Pomina, A3: 50% Peat and 50% Pomina) on the survival of the seedlings in the pre-nursery phase, the duration of the experiment lasted 76 days and was carried out in the period October 2022 to January 2023 at Hacienda el Prado, located in the province of Pichincha - Ecuador. The study was divided into two phases that were developed simultaneously, the first was the nursery phase and the second was the pre-nursery phase. A completely randomized design was used D.C.A. with a bifactorial arrangement in a divided plot, to measure the variables of germination percentage in the seedbed phase, radicle and plumule length in the pre-nursery phase. The data was subjected to statistical tests of orthogonal coefficients and analysis of variance, when there were significant differences, the means were discriminated using the Tukey test ($p < 0.05$). In most of the variables studied, it was found that the scarified treatments showed significant differences compared to the control treatment. In conclusion, the scarified treatment and gibberellic acid presented the best germination percentages with a factor of 44.16% at 70 days after sowing, for the survival variable in the pre-nursery phase there were no significant differences between the substrates evaluated.

Keywords: Scarification, gibberellic acid, arupo, survival, pre-germination.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El árbol de arupo (*Chionanthus pubescens Kunth*) es una especie forestal nativa del sur del Ecuador y norte de Perú, según Bojnanský & Fargašová (2007), esta especie tiene poca distribución en el territorio debido a su bajo porcentaje de germinación ya que sus flores no son melíferas por lo que su forma de fecundación es a través de la autopolinización, esta especie forestal tiene un uso directamente ornamental ya que no cuenta con características maderables, como menciona Peralta (2017).

La reproducción sexual a través de semillas es un mecanismo poco viable, ya que requiere un periodo de latencia, escarificación y tipo de sustrato específico para iniciar su proceso germinativo además que las condiciones edáficas requeridas para su germinación no son favorables para su desarrollo por lo que una fase de acondicionamiento es necesario, como indica Cornejo & Bonifaz (2006). Dentro de los programas de reforestación en el Ecuador no se considera al arupo como una especie de interés por lo que las principales especies utilizadas para la reforestación son acacias, pinos, fresno, arrayan, eucaliptos y ciprés siendo de origen extranjero, como revela la investigación de Caranqui Aldaz (2007).

En la actualidad se requiere métodos que incrementen el porcentaje germinativo de las especies arbóreas acorde con las necesidades ambientales y nuevas tácticas de manejo, como indica Ediagbonya *et al.* (2021). El uso de fitoreguladores se convirtió en un mecanismo óptimo para incrementar el porcentaje de germinación en especies forestales como es el caso del ácido giberélico que por su método de acción promueve el desarrollo embrionario de la semilla y aumenta el porcentaje de germinación, según Guerra *et al.* (2003).

El método de escarificación física mejora el ingreso de agua y el proceso de oxigenación de las semillas promoviendo un mejor desarrollo de germinativo, como menciona Schelin *et al.* (2004).

El estudio de los diferentes sustratos para el desarrollo de las especies forestales es un punto crucial para el proceso de adaptabilidad además de mejorar su supervivencia de los mismos al simular las condiciones edáficas de las localidades donde evolucionaron estas especies y su multiplicación en viveros, como revela la investigación de Luitel *et al.* (2012).

Justificación

En la actualidad, la deforestación es una de las principales causas de la pérdida de especies vegetales y animales, además de promover el cambio climático ya que este fenómeno altera el macro y micro clima del mundo llevando a originar inundaciones y sequías que comprometen el equilibrio del medio ambiente, según Pujiono *et al.* (2019) El cultivo de especies forestales nativas tiene a ser de interés social en los últimos años como una forma de combatir el cambio climático y mejorar las características medio ambientales con programas de reforestación, como menciona Caranqui Aldaz (2007).

El estudio de sustratos en la fase de pre vivero mejora la supervivencia de las especies forestales esto nos brinda plantas con mejores características adaptativas y que logran adaptarse a su sitio de siembra permanente siendo una fase crítica para su supervivencia.

El uso de estimulantes es una alternativa económicamente viable y al alcance de los productores, como indica Ediagbonya *et al.* (2021) Uno de los más utilizados es el ácido giberélico que mejora la germinación de fresno blanco (*Agilus planipennis*) llevando de un 15 % a un 40% su capacidad germinativa con dosis de 150 mg/L sumergidas por 48 horas. En este estudio se evaluará la influencia de ácido giberélico y la escarificación física sobre la germinación de semillas de arupo (*Chionanthus pubescens Kunth*) en fase de semillero, además de evaluar la supervivencia de las plántulas en pómima y turba 30, 40, 50, días después de su emergencia. Para esto se utilizará el método de tinción de semillas en medio de tetrazolio de forma que se logre comparar los resultados predictores en laboratorio y los resultados obtenidos en el semillero, además del estudio de, largo de plúmula y radícula como variables para la supervivencia en la fase de pre vivero.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar los diferentes medios para la germinación y de sustratos en la supervivencia del arupo (*Chionanthus pubescens Kunth*) en fase de semillero y pre vivero.

Objetivos específicos

- Comparar el porcentaje de germinación del semillero vs los resultados predictores de la prueba de tinción con Tetrazolio.
- Determinar el sustrato más adecuado para la supervivencia de plántulas de arupo (*Chionanthus pubescens Kunth*) en fase de pre vivero.
- Evaluar la supervivencia, largo de plúmula y largo de radícula en plántulas de arupo 30, 40, 50, 60 y 70 días después la siembra.

Hipótesis

H0: Los medios para germinación y los tipos de sustratos no tienen efecto en la supervivencia de plántulas de arupo fase de semillero y pre vivero.

H1: Los medios para germinación y los tipos de sustratos tienen efecto en la supervivencia de plántulas de arupo fase de semillero y pre vivero.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Árbol de arupo (*Chionanthus pubescens* Kunth)

Chionanthus pubescens Kunth es una especie de árbol perteneciente a la familia Oleaceae, también conocida como la familia de las oleáceas. Esta especie es nativa de América del Sur conocida comúnmente como arupo, según Bojnanský & Fargašová, (2007).

Uno de los principales atractivos de *Chionanthus pubescens* es su hermoso aspecto ornamental. El árbol tiene hojas verdes brillantes y lanceoladas, además, produce flores de color rosa en racimos largos y densos. Otra característica distintiva de *Chionanthus pubescens* es su capacidad para adaptarse a diferentes tipos de suelo y condiciones climáticas. El árbol es resistente a la sequía, lo que lo hace ideal para jardines. Además, es capaz de tolerar la contaminación y la sombra parcial, lo que lo hace adecuado para su uso en áreas urbanas.

Chionanthus pubescens es una especie ornamental valiosa debido a su belleza y adaptabilidad, como menciona Akaffou *et al.* (2021).

Fruto de arupo (*Chionanthus pubescens* Kunth)

El árbol de arupo florece después de la época de lluvia formando frutos alrededor de 30-40 días después de su floración. El fruto del arupo es una drupa con mesocarpo carnoso con el endocarpo lignificado, indehisciente, con una sola semilla ya que es un fruto solitario comestible, ingerido principalmente por aves de la familia *Turdus*, este fruto no es ingerido por humanos principalmente por su pulpa es seca y de sabor amargo siendo poco atractivo para su explotación en la agricultura, teniendo un enfoque únicamente Ornamental, según Bojnansky & Fargasova (2007). En la variedad de flor rosada, los frutos son de color verde claro, combinadas con manchas moradas mientras que un fruto madura se torna de color negro con ápice puntiagudo. El fruto maduro puede medir 2.0 cm de largo y 1,2 cm de ancho promedio, La temperatura óptima para el desarrollo del árbol de arupo (*Chionanthus pubescens* Kunth), es de 18 a 20 grados Celsius durante el día y de 12 a 15 grados Celsius durante la noche. Sin

embargo, es importante tener en cuenta que árbol es una especie de clima cálido, por lo que necesita una temperatura más alta para crecer y florecer adecuadamente, como menciona Akaffou *et al.* (2021).

Germinación de semillas de arupo

La semilla del arupo presenta latencia, es decir, tiene un periodo de reposo previo a la germinación este varia ya que se a demostrado que en zonas cálidas el periodo de latencia llega a estar entre los 10 a 20 días mientras que en zonas frías esta latencia se alarga hasta los 60 días. Esta latencia es debida a un factor extrínseco, la cubierta, hueso o corozo que la cubre; misma que dificulta la absorción temprana de agua y oxígeno para la germinación, según Vincy *et al.* (2015).

Se ha observado que los frutos (semillas) que consumen aves frugívoras como los mirlos, germinan más rápidamente que las semillas que caen o se recogen de los árboles. Esto porque al pasar por el tracto digestivo del ave, la cubierta de la semilla es reblandecida o cepillada en su buche y molleja, como menciona Peralta (2017).

Las semillas puestas en fundas de germinación con tierra negra llegaron a un porcentaje de 8% mientras que las semillas expuestas en semillero con una combinación de 50% arena y 50 % tierra negra aumento el porcentaje de germinación en un 38%, como indica Baghaie *et al.* (2019).

Escarificación

La escarificación es cualquier proceso que rompa, raye, altere mecánicamente o ablande las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases, la escarificación de semillas de árbol de arupo es un proceso que se realiza para remover la cáscara dura que recubre las semillas, con el fin de aumentar las tasas de germinación, según Pandey & Tamta (2020). Esto puede hacerse de varias maneras, como frotando las semillas con un cepillo de dientes o raspando con un cuchillo. También se pueden golpear las semillas contra una superficie dura o sumergirlas en agua caliente antes de sembrarlas, como revela la

investigación de Schelin *et al.* (2004). Un gran número de especies forestales no germinan debido a que la testa o cubierta seminal, es dura e impide la entrada de agua (latencia física), y la semilla no germina al menos que esta sea escarificada.

La escarificación es especialmente importante para las semillas de árboles tropicales como el arupo, ya que su cáscara es extremadamente dura y puede ser difícil de romper. Sin embargo, el proceso debe ser cuidadoso para no dañar las semillas. Una vez escarificadas, las semillas pueden ser sembradas inmediatamente o almacenadas hasta que se planten. Es importante también considerar que algunas especies de árboles requieren de un tratamiento previo de estratificación o remojo antes de ser sembradas, para aumentar la tasa de germinación. En general, la escarificación es un paso importante en la propagación de árboles tropicales, ya que puede ayudar a asegurar que las semillas germinen y crezcan exitosamente, como revela una investigación de Dashti *et al.* (2012).

En especies del género *Nothofagus* se han obtenido buenos resultados con este tipo de tratamiento. Para Roble y Raulí, escarificaciones en arena húmeda con temperaturas de 3 a 5 °C, durante períodos que fluctúan entre 30, 60 y 90 días, generan tasas de germinación de 48, 64 y 96% respectivamente, como revela la investigación de Soto *et al.* (2014).

Ácido giberélico

El ácido giberélico es un fitoregulador que se encuentra de forma natural en plantas, dentro de las más utilizadas son A3, AG y AG3. Después de su purificación se lo encuentra como un polvo cristalino blanco siendo soluble en etanol y agua, según Miri *et al.* (2021).

Este ácido estimula a las células embrionarias de las semillas germinantes a producir moléculas de ARN mensajero (ARNm) que codifican las enzimas con afinidad hídrica. Es una hormona presente de forma natural en plantas utilizada para controlar su desarrollo. Al ser una fitohormona reguladora esta se la aplica en dosis muy bajas dando efectos importantes en el desarrollo, en dosis muy altas llegan a dar efectos adversos a los esperados.

Las concentraciones recomendadas van de 0,01 a 10 mg/L, como menciona Shayengan *et al.* (2019).

Las giberelinas tienen los siguientes efectos sobre el desarrollo vegetal: estimulan el crecimiento de tallos, inducen divisiones mitóticas en las hojas de algunas especies e incrementan la tasa de germinación de semillas como indica, Rizk *et al.* (2022). Este ácido se usa en laboratorio y en ocasiones en invernadero para acelerar la germinación que de otro modo permanecerían en dormancia, como revela la investigación de Miri *et al.* (2021).

Sustratos para semillas

Los sustratos es un material o combinación de diferentes componentes inertes no tóxicos que dan sostén además de retener la humedad y dar porosidad que garantice una correcta aireación, que cumpla con las necesidades adaptativas de la especie para el correcto desarrollo de semillas, según Luitel *et al.* (2012).

La preparación de los sustratos está ligado a disponibilidad, costo y su facilidad de mezcla con otros elementos, además de la experiencia del investigador. Cuando se prepara un sustrato se debe considerar las condiciones donde se desarrolla la especie en estudio ya que sus capacidades adaptativas es una limitante para su desarrollo como menciona Oleskog (2000).

Pomina

La pomina es un material mineral de origen volcánico, formado a partir de roca fundida expuesta a temperaturas mayores de los 1000°C, esto modifica su estructura química basal formando bióxido de magnesio y sodio como óxidos. Este componente como sustrato tiene una buena capacidad de aireación y drenaje según Guerra *et al.* (2003).

La pomina es una roca de origen volcánico compuesta principalmente por plagioclasas y feldespato potásico, puede tener una textura vítrea o micro cristalina y es comúnmente de color gris oscuro o negro como demuestra Talebi *et al.* (2010).

La pomina no es un sustrato comúnmente utilizado para el cultivo de plantas debido a su origen volcánico y su composición mineralógica. Por lo general, no tiene la capacidad de retener agua ni nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas como indica Jafari *et al.* (2020).

Turba

La turba es un material formado a partir de restos orgánicos con poca descomposición anaeróbica en medios saturados de agua dulce. Como sustrato para semillero se recomienda turbas finas y poco descompuestas para que la aireación sea compatible con la humedad y para que no aparezcan problemas nutritivos durante la evolución de la materia orgánica como menciona de Moura Baptista *et al.* (2019)

La turba es un tipo de sustrato orgánico que se obtiene de la acumulación de materia vegetal en un ambiente húmedo y pantanoso, donde la falta de oxígeno impide su descomposición completa. Es rica en materia orgánica y nutrientes, y su textura suelta y porosa permite un buen drenaje y aeración del suelo, lo cual es ideal para el crecimiento de las plantas según Blanchette *et al.* (2022).

La turba se puede utilizar como sustrato para el cultivo de plantas en viveros, semilleros y jardines. Es especialmente adecuada para plantas acuáticas y de ambientes húmedos, como los helechos y musgos, pero también se utiliza para otras plantas ornamentales y vegetales como menciona Morfin-Maciel (2012).

La turba se puede utilizar sola o mezclada con otros sustratos, como arena o arcilla, para mejorar sus características. Sin embargo, es importante tener en cuenta que algunas turbas pueden contener altos niveles de acidez o sales, por lo que es necesario seleccionar una turba adecuada y ajustar las dosis de riego y fertilización para evitar dañar las plantas como revela una investigación de Nielsen *et al.* (2019). Es un sustrato orgánico rico en nutrientes y con buenas características de drenaje y aeración, lo cual lo hace ideal para el cultivo de plantas en viveros, semilleros y jardines como menciona, Li *et al.* (2020).

Determinación de viabilidad de semillas

La Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA, por sus siglas en inglés) tiene 3 protocolos de análisis rápidos aprobados para la determinación de viabilidad de semillas: la escisión del embrión, el ensayo topofotográfico de tetrazolio y el método de rayos X como menciona el manual ISTA (1993). La prueba de tetrazolio es la más rápida ya que se obtienen resultados 24 horas después de aplicado el método, y su confiabilidad se ha comprobado en la evaluación de la calidad de semillas de especies forestales como *Pinus pinea* L. realizado por Afroze *et al.* (2021), *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltr. y *Tabebuia roseo-alba* Ridl. realizado por Mazarotto *et al.* (2020).

La prueba de germinación consiste en sembrar las semillas en un sustrato adecuado y contar el número de semillas que germinan en un período específico de tiempo como menciona, Lautenschläger *et al.* (2020).

La prueba de flotación Consiste en sumergir las semillas en un líquido (como agua o una solución salina) y contar el número de semillas que flotan, ya que estas son probablemente no viables. Este método es rápido y fácil de realizar, pero no es tan preciso como la prueba de germinación o pruebas de reacción bioquímica como indica Najberek *et al.* (2020).

Tinción de semillas en solución de Tetrazolio

La prueba bioquímica de semillas en solución de tetrazolio, se basa en la diferenciación entre tejido vivo y muerto en el embrión de la semilla evaluada por la actividad de enzimas deshidrogenasas como menciona Philus & Mahanty (2021).

Una vez hidratada la semilla su actividad deshidrogenasa se incrementa resultando en la liberación de iones de hidrógeno lo que produce una actividad de reducción sobre la solución de tetrazolio –2,3,5- cloruro de trifeniltetrazolio, este compuesto tiene la característica de ser incoloro y tiñe el tejido vivo de un color rojizo, mientras que el tejido muerto permanece sin colorear según Stojnova & Lekova (2019).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

Ubicación del área de investigación

La presente investigación se realizó en las instalaciones de la Hacienda el Prado, ubicada en Ecuador, Provincia de Pichincha, Cantón Rumiñahui, Parroquia Sangolquí, Barrio San Fernando la ubicación geográfica del lugar de investigación es:

UTM: -0.384123, - 78,414833

Figura 1

Invernadero de silvicultura de la carrera Agropecuaria - IASA I



Nota. Fotografía satelital obtenida de google earth 2022.

Materiales

Insumos

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron los siguientes insumos: lija número 180, pomina, turba, semilleros, funda de plántulas, regadera, malla de sombra, flexómetro.

Biológicos

Para el estudio se utilizaron 480 semillas de arupo (*Chionanthus pubescens Kunth*) dentro de la fase semillero, y las plántulas para la fase de pre vivero

Universo y muestra

La unidad experimental del proyecto será 40 semillas de arupo (*Chionanthus pubescens Kunth*) desinfectadas. La muestra estará conformada por un total de 480 semillas distribuidas en 3 repeticiones de control, 3 repeticiones expuestas a solución con ácido giberélico, 3 repeticiones con escarificación física y agua destilada y 3 repeticiones expuestas a una solución de ácido giberélico y escarificadas.

Para la fase de pre vivero las plántulas de arupo (*Chionanthus pubescens Kunth*) fueron trasplantadas en sustrato de turba, pomina y en sustrato la combinación homogénea de turba y pomina en fundas previamente desinfectadas y llenadas. El número de plántulas serán distribuidas de manera homogénea para todos los tratamientos.

Preparación de la semilla

Las semillas fueron recolectadas y desinfectadas 60 días antes de la siembra. Las semillas deben presentar pérdida del epicarpio y mesocarpio dejando expuesto el endocarpio. Para los tratamientos que requirieron escarificación física se utilizó una lija número 180, con el fin de desgastar la cubierta evitando dejar expuesto el embrión.

Las semillas serán sumergidas en los tratamientos por 24 horas seguidas previo a la siembra.

Preparación del sustrato

Para preparar un sustrato para trasplantar plántulas en la fase de pre-vivero se mezcló en un recipiente grande una parte de turba por una parte de pomina fina se añade un poco de fertilizante orgánico y se mezcló bien, se desinfecto las fundas y se llenó con el sustrato preparado, se siembra y se cubrió con una capa fina de sustrato, se rego las plántulas con

cuidado asegurándose de no removerlas de su lugar, se cubrió las fundas con plástico negro para mantener el ambiente húmedo y cálido.

Para la fase de semillero se utilizó como sustrato base pomina, es un sustrato con buen drenaje que logra simular las condiciones edáficas donde la especie forestal germina. Para la fase de pre vivero se utilizó los siguientes tratamientos B1:100% pomina; B2:100% turba y B3:50% de pomina y 50% turba.

Diseño experimental

El ensayo se estableció con un diseño completamente al azar D.C.A. con arreglo bifactorial en parcela dividida, con ácido giberélico, escarificación y combinación de ambos incluido con un testigo absoluto en la fase de semillero. Para la fase de pre vivero se utilizó un diseño completamente al azar D.C.A (Diseño completamente al azar) para evaluar el efecto de sustrato sobre la supervivencia de las plántulas de arupo, el experimento contó con tres repeticiones

Para la determinación de supervivencia se utilizó una prueba de chi cuadrado ($\alpha \leq 0,05$).

Adicionalmente se describió el efecto de los tratamientos en la supervivencia de las semillas en el crecimiento de radícula y plúmula en la fase de semillero, evaluadas en la fase de pre vivero.

$$Y_{ijk} = u + A_i + \delta_{k(i)} + B_j + (AB)_{ij} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} = Supervivencia de plantulas de arupo

u = Media general

A_i = Efecto de la germinación de semillero

$\delta_{k(i)}$ = Error de la germinación

B_j = Efecto del sustrato

$(AB)_{ij}$ = Efecto de la interacción del ácido giberelico, escarificación y sustrato

e_{ijk} = Error del sustrato

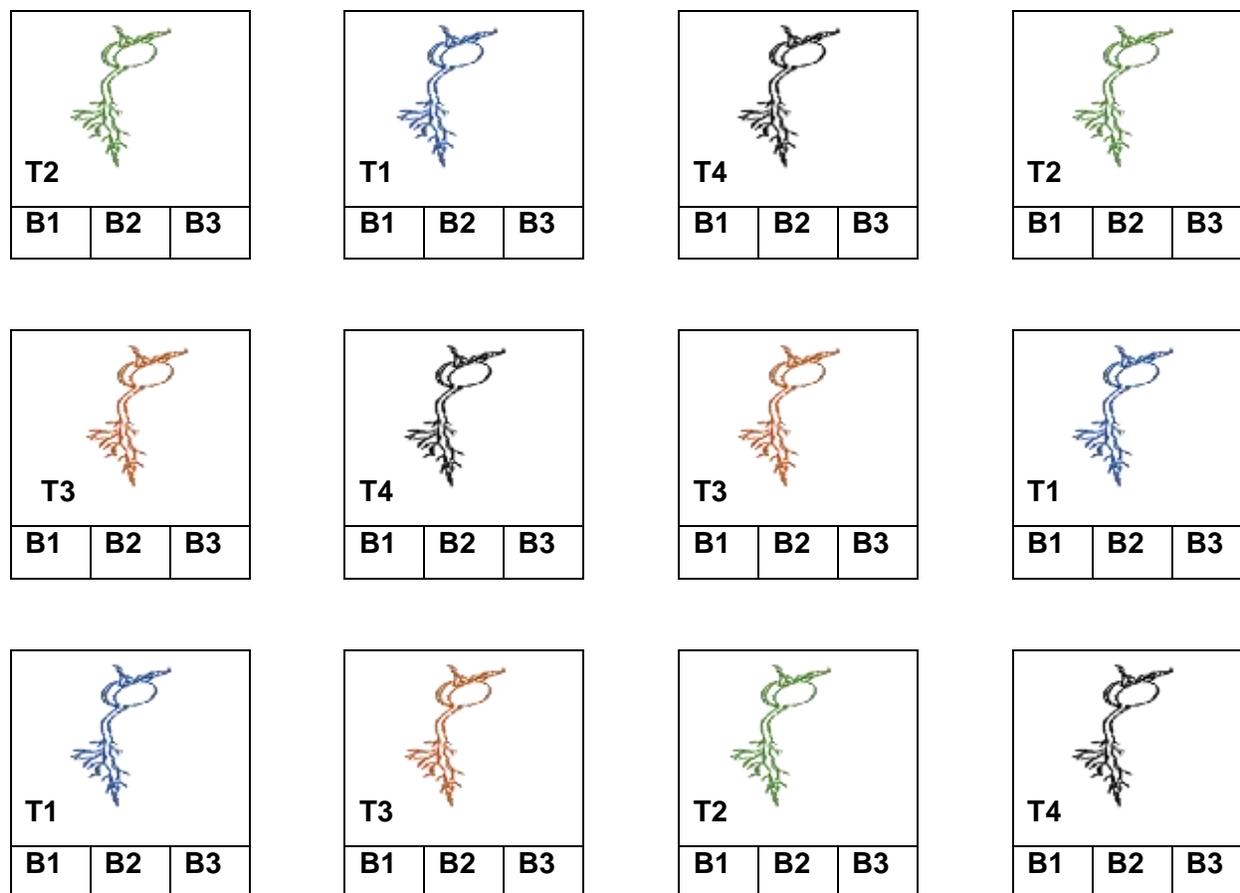
Croquis experimental para las fases de semillero y pre vivero

Las unidades experimentales fueron distribuidas en semilleros de 40 pocillos.

1 tratamientos por semillero.

Figura 2

Croquis experimental del ensayo en campo.



Nota. Disposición del experimento. Dónde: T1: Semillas escarificadas y 250 ml de agua destilada; T2: Semillas sumergidas en 250 ppm de ácido giberélico; T3: Semillas escarificadas y 250 ppm de ácido giberélico; T4: Semillas sin escarificar y 250 ml de agua destilada. B1: Sustrato de 100% turba, B2: 100% pomina y B3: Sustrato 50% turba y 50% pomina. Autoría propia

Análisis estadístico

Los factores evaluados son; Factor 1: Tratamientos para la germinación (ácido giberélico 250ppm, escarificación con lija 180). Factor 2: Sustrato (Turba y pomina)

Tabla 1*Descripción de los tratamientos en la fase de semillero*

Tratamiento	Características
T1	40 semillas de arupo escarificadas sumergidas en 250ml de agua destilada por 24h
T2	40 semillas de arupo sin escarificar sumergidas en 250ml de agua destilada y ácido giberélico con 250ppm de concentración por 24h
T3	40 semillas de arupo escarificadas sumergidas en 250ml de agua destilada y ácido giberélico con 250 ppm de concentración por 24h
T4 (control)	40 semillas de arupo sin escarificar sumergidas en 250ml de agua destilada por 24H

*Nota. Autoría propia***Tabla 2***Descripción de los contrastes*

Contraste	Descripción
	$\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 - 3 \mu_4$
C1	T1, T2, T3, vs Testigo $\mu_1 + \mu_3 - \mu_2 - \mu_4 = 0$
C2	T1, T3 vs T2, T4
C3	$\mu_1 - \mu_3 = 0$ T1 vs T3
C4	$\mu_2 - \mu_3 = 0$ T2 vs T3

Nota. Autoría propia

Tabla 3

Descripción de los tratamientos en la fase de pre vivero

Tratamiento	Descripción
<i>B1</i>	<i>Sustrato elaborado por turba completamente</i>
<i>B2</i>	<i>Sustrato elaborado por turba y pomina en partes iguales</i>
<i>B3</i>	<i>Sustrato elaborado por pomina completamente</i>

Nota. Autoría propia

Variables a medir

Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación de las semillas de arupo se determinó mediante la obtención de plántulas normales que resulten de las semillas colocadas en los semilleros, mediante análisis cualitativo

$$\% \text{ de germinación} = \frac{\# \text{ de plántulas normales germinadas}}{\# \text{ total de semillas sembradas}} \times 100$$

Largo de plúmula y radícula

El largo de plúmula fue medido desde el embrión hasta la cofia mientras que el largo radícula fue medido desde el embrión hasta el nudo para esto se extrajo la plántula del sustrato para posteriormente ser lavado de forma que se pueda apreciar de mejor manera su longitud.

El largo de la raíz será evaluado a los 30, 40, 50, 60 Y 70 días después de la siembra, para lo cual se utilizará un flexómetro como herramienta de medición.

Análisis de viabilidad de semillas mediante tetrazolio

Una muestra representativa del lote de semillas se envió a los laboratorios de Agrocalidad para su evaluación por la prueba de tinción en tetrazolio.

Supervivencia en la fase de pre vivero

Para el análisis de supervivencia en la fase de pre vivero, se consideró la semilla germinada y la calidad de la plántula además de su adaptabilidad al sustrato trasplantado, al conservar sus características fisiológicas tanto como la generación de radícula y plúmula. Las evaluaciones se realizan cada 10 días a partir del trasplante.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La fase experimental tuvo una duración de 71 días, siendo las primeras 24 horas donde se aplicaron los tratamientos a las semillas previo a la siembra, Las evaluaciones se realizaron cada 10 días a partir del día 30 después de la siembra (DDS).

Porcentaje de germinación

Porcentaje de germinación real comparado con el predicho en la prueba de tinción de tetrazolio.

En la prueba de tinción de tetrazolio se obtuvo una respuesta de 56%, que presento diferencia significativa con los tratamientos a los 30, 40, 50 y 60 días después de la siembra ($F=17,68$; $P=<0,0001$). Sin embargo, después de la última evaluación (70 días) se determinó que el tratamiento 3 (escarificación + ácido giberélico) no presenta diferencia estadísticamente significativa con la prueba de tinción además de presentar diferencia significativa con el testigo (Tabla 4).

Tabla 4

Análisis de varianza de porcentaje de germinación predictor (tinción) y real.

<i>Primera evaluación</i> 30 (DDS) Tukey 5% DMS=9,95				<i>Segunda evaluación</i> 40 (DDS) Tukey 5% DMS=6,62359			
Tratamiento	Medias	% germinación		Tratamiento	Medias	% germinación	
Tinción	11,67	56	A	Tinción	11,67	56	A
T3	2,58	10	AB	T3	3,74	15,83	B
T1	1,40	4,16	B	T1	2,20	8,33	B
T2	0,00	0	B	T2	1,71	5,83	B
T4	0,00	0	B	T4	1,40	4,16	B

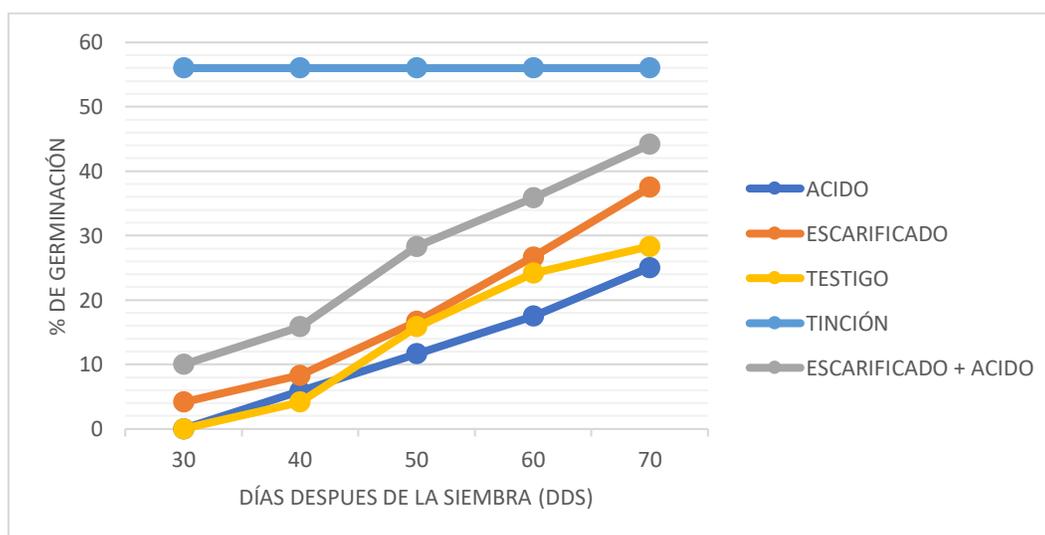
<i>Tercera evaluación</i> 50 (DDS) Tukey 5% DMS=3,82368				<i>Cuarta evaluación</i> 60 (DDS) Tukey 5% DMS=3,19023			
Tratamiento	Medias	% germinación		Tratamiento	Medias	% germinación	
Tinción	11,67	56	A	Tinción	11,67	56	A
T3	6,21	28,33	B	T3	7,77	35,83	B
T1	3,90	16,66	B	T1	5,88	26,66	BC
T2	3,68	11,66	B	T2	5,34	24,5	BC
T4	2,93	4,16	B	T4	4	17,5	C

<i>Quinta evaluación</i> 70 (DDS) Tukey 5% DMS=3,13536			
Tratamiento	Medias	% germinación	
Tinción	11,67	56	A
T3	9,72	44,16	AB
T1	8,07	37,5	BC
T2	6,65	25	BC
T4	5,63	28,33	C

Nota. Medias con una letra común son significativamente iguales, Tukey ($p > 0,05$). Autoría propia.

Figura 3

Porcentaje de germinación evaluados cada 10 días



Nota. Autoría propia

Porcentaje de germinación real

Se tomó los datos del porcentaje de germinación 30, 40, 50, 60 y 70 días después de la siembra, para determinar si existen diferencias significativas se utilizaron pruebas exactas (contrastes ortogonales) y pruebas inexactas (índice de comparación de medias Tukey $\alpha=0,05$) para determinar las diferencias significativas entre tratamientos siendo los contrastes 1 (tratamientos vs testigo) y contraste 2 (Escarificados vs sin escarificación) los que presentaron diferencias significativas (Tabla 5). La prueba de Tukey $\alpha=0,05$ demostró que los tratamientos T3 (escarificación con gibelinas) y T1(escarificación) presentaron los mayores porcentajes de germinación (Tabla 6).

Tabla 5

Análisis de varianza comparación de medias contrastes ortogonales.

<i>Primera evaluación 30 (DDS)</i>				<i>Segunda evaluación 40 (DDS)</i>			
Tratamiento	F	P-valor		Tratamiento	F	P-valor	
Contraste 1	4,14	0,0560	S	Contraste 1	2,51	0,1219	S
Contraste 2	1,39	0,2526	S	Contraste 2	3,05	0,0891	NS
Contraste 3	15,13	0,0010	NS	Contraste 3	9,23	0,0044	NS
Contraste 4	4,67	0,0009	NS	Contraste 4	6,82	0,0028	NS

<i>Tercera evaluación 50 (DDS)</i>				<i>Cuarta evaluación 60 (DDS)</i>			
Tratamiento	F	P-valor		Tratamiento	F	P-valor	
Contraste 1	0,94	0,3338	S	Contraste 1	0,53	0,4659	S
Contraste 2	1,77	0,1864	S	Contraste 2	0,19	0,6659	S
Contraste 3	16,00	0,0001	NS	Contraste 3	17,09	0,0001	NS
Contraste 4	10,06	0,0021	NS	Contraste 4	5,61	0,0004	NS

<i>Quinta evaluación</i>			
70 (DDS)			
Tratamiento	F	P-valor	
Contraste 1	1,65	0,2014	S
Contraste 2	0,18	0,6717	S
Contraste 3	14,76	0,0002	NS
Contraste 4	3,06	0,0821	NS

Nota. Medias con una letra S son contrastes significativos y contrastes con la letra NS no significativos. Nota. Autoría propia.

Tabla 6

Análisis de varianza de porcentaje de germinación real

<i>Primera evaluación</i>				<i>Segunda evaluación</i>			
30 (DDS)				40 (DDS)			
Tukey 5% DMS=1,994				Tukey 5% DMS=2,016			
Tratamiento	Medias	% germinación		Tratamiento	Medias	% germinación	
T3	2,58	10	A	T3	3,74	15,83	A
T1	1,40	4,16	AB	T1	2,20	8,33	AB
T2	0,00	0	B	T2	1,71	5,83	B
T4	0,00	0	B	T4	1,40	4,16	B

<i>Tercera evaluación</i>				<i>Cuarta evaluación</i>			
50 (DDS)				60 (DDS)			
Tukey 5% DMS=2,1576				Tukey 5% DMS=2,3021			
Tratamiento	Medias	% germinación		Tratamiento	Medias	% germinación	
T3	6,21	28,33	A	T3	7,77	35,83	A
T1	3,90	16,66	B	T1	5,88	26,66	AB
T4	3,68	11,66	B	T4	5,34	24,5	B
T2	2,93	4,16	B	T2	4	17,5	B

Quinta evaluación

70 (DDS)

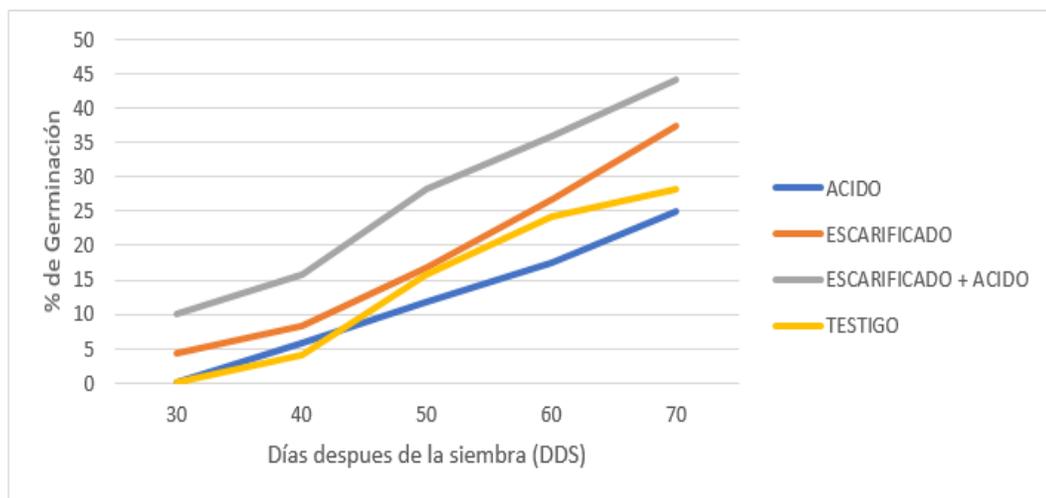
Tukey 5% DMS=1,994

Tratamiento	Medias	% germinación	
T3	9,72	44,16	A
T1	8,07	37,5	AB
T2	6,65	25	B
T4	5,63	28,33	B

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes, Tukey ($p > 0,05$). Nota. Autoría propia.

Figura 4

Porcentaje de germinación real evaluados cada 10 días



Nota. Autoría propia

Largo de radícula

Para medir el largo de la radícula se utilizó una regla, desde el embrión hasta la cofia, se anotaron los datos obtenidos en una tabla cada 10 días a partir de los 30 días después de la siembra hasta la culminación de la fase experimental, siendo los tratamientos con escarificación los que presentaron mayor longitud con respecto al resto de tratamientos (Tabla 7).

Tabla 7

Análisis de varianza de largo radícula con una prueba de Tukey al 5%.

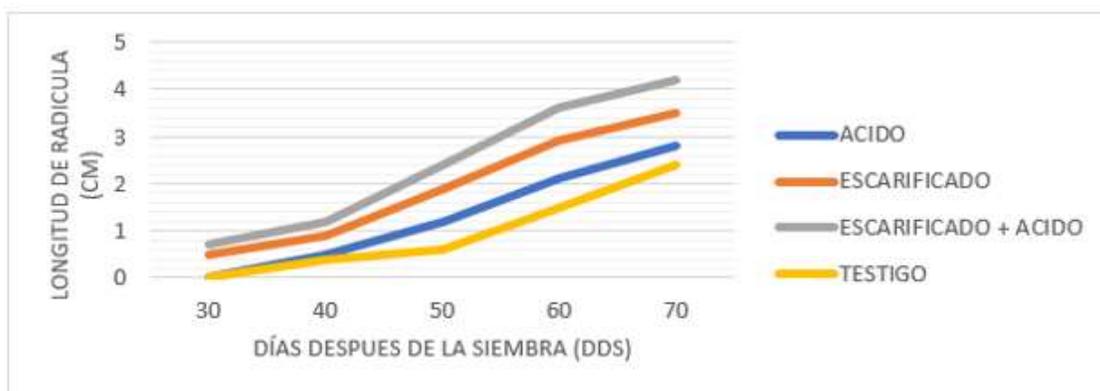
<i>Primera evaluación</i> 30 (DDS)			<i>Segunda evaluación</i> 40 (DDS)			<i>Tercera evaluación</i> 50 (DDS)		
Tukey 5% DMS=0,2584			Tukey 5% DMS=0,2772			Tukey 5% DMS=0,6451		
Tratamiento	Medias		Tratamiento	Medias		Tratamiento	Medias	
T3	0,7	A	T3	1,2	A	T1	2,4	A
T1	0,5	A	T1	0,9	A	T3	1,9	AB
T2	0,0	B	T2	0,5	B	T4	1,2	B
T4	0,0	B	T4	0,4	B	T2	0,6	C

<i>Cuarta evaluación</i> 60 (DDS)				<i>Quinta evaluación</i> 70 (DDS)			
Tukey 5% DMS=0,7106				Tukey 5% DMS=0,6467			
Tratamiento	Medias			Tratamiento	Medias		
T3	3,6	A		T3	4,2	A	
T1	2,9	A		T1	3,5	A	
T2	2,1	B		T2	2,8	B	
T4	1,5	B		T4	2,4	B	

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes, Tukey ($p > 0,05$). *Nota.* Autoría propia.

Figura 5

Distancia de radicular evaluados cada 10 días



Nota. Autoría propia

Largo de plúmula

Para medir el largo de plúmula se utilizó una regla desde el embrión hasta el nudo, se anotaron los datos obtenidos en una tabla cada 10 días a partir de los 30 días después de la siembra hasta la culminación de la fase experimental, la emergencia empezó a partir de 50 días después de la siembra, los tratamientos escarificados presentaron mayor distancia de plúmula con respecto al resto de tratamientos (Tabla 8).

Tabla 8

Análisis de varianza de largo plúmula

<i>Tercera evaluación 50 (DDS) Tukey 5% DMS=0,2872</i>			<i>Cuarta evaluación 60 (DDS) Tukey 5% DMS=0,3857</i>		
Tratamiento	Medias (cm)		Tratamiento	Medias	
T3	0,8	A	T3	2,7	A
T1	0,6	A	T1	2,5	A
T2	0,0	B	T2	1,6	B
T4	0,0	B	T4	1,3	B

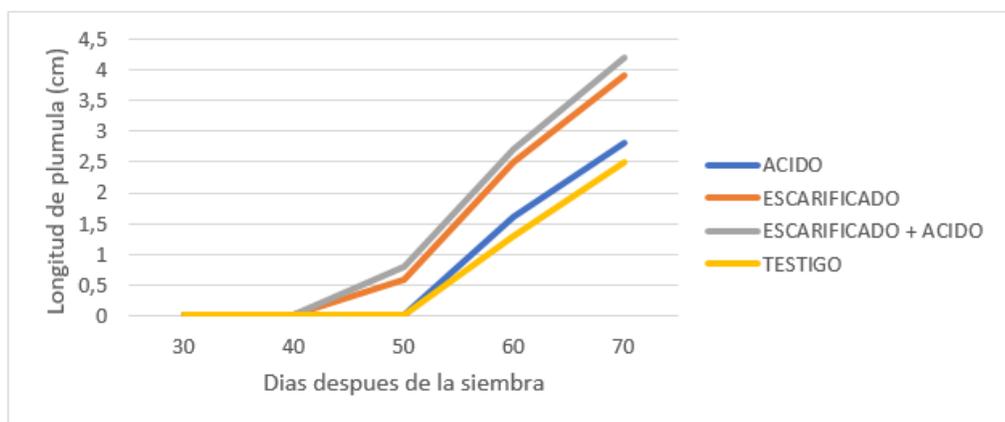
<i>Quinta evaluación 70 (DDS) Tukey 5% DMS=0,4451</i>		
Tratamiento	Medias	
T1	4,2	A
T3	3,9	AB
T2	2,8	B
T4	2,5	C

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes, Tukey ($p > 0,05$).

Nota. Autoría propia

Figura 6

Longitud de la plúmula se evaluó cada 10 días



Nota. Autoría propia

Supervivencia en fase de pre vivero

Para evaluar la supervivencia se evaluó la plántula viva y la plántula muerta anotando a lo largo de la evaluación obteniendo una supervivencia del 100% en la mayoría de sustratos evaluados siendo el tratamiento con pomina el que presentó una supervivencia de 98,76% al final del experimento (Tabla 9). se aplicó una prueba de chi cuadrado comparando la supervivencia con el tipo de sustrato dando como resultado que el sustrato no está directamente relacionado con la supervivencia de las plántulas (Tabla 10).

Tabla 9

Detalla de la supervivencia de las plántulas evaluados cada 10 días

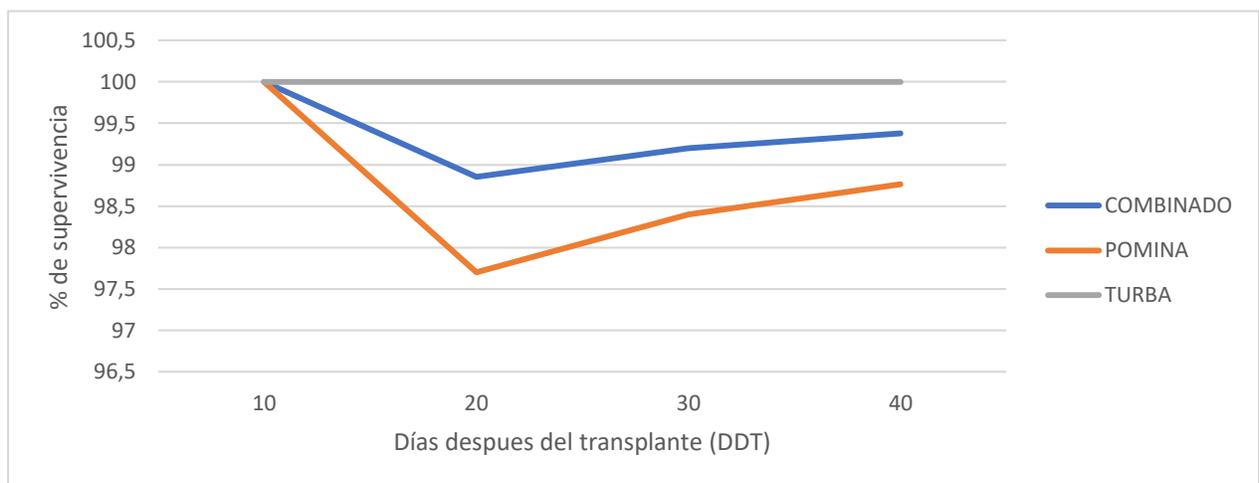
Primera evaluación 10 (DDT)			Segunda evaluación 20 (DDT)			Tercera evaluación 30 (DDT)		
Sustrato	% Supervivencia	A	Sustrato	% Supervivencia	A	Sustrato	% Supervivencia	A
Turba	100,00	A	Turba	100	A	Turba	100	A
Pomina	100,00	A	Pomina	97,70	A	Pomina	98,4	A
Combinado	100,00	A	Combinado	98,85	A	Combinado	99,2	A

Primera evaluación 40 (DDT)		
Sustrato	% Supervivencia	
Turba	100,00	A
Pomina	98,76	A
Combinado	99,38	A

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes, Tukey ($p > 0,05$). *Nota.* Autoría propia

Figura 7

Porcentaje de supervivencia de las plántulas de arupo en los diferentes sustratos



Nota. Autoría propia

Tabla 10

Índice estadístico Chi cuadrado de con la interacción de sustrato y supervivencia.

Estadístico	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	2	0,6437
Chi Cuadrado MV-G2	2	0,6437
Coef. Conting. Cramer		
Coef. Conting. Pearson		

Nota. Autoría propia

CAPITULO V

DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Discusión

Los datos de la variable de germinación coinciden con un estudio realizado por Quishpe (2009), la cual manifiesta que en tratamientos pre germinativos donde se utiliza mecanismo físico de escarificación la germinación alcanza su máximo a partir de los 70 días después de la siembra además de existir diferencias significativas con respecto al testigo a lo largo del experimento, asimismo el periodo de emergencia fue menor en los tratamientos mientras que en semillas que no fueron escarificadas su emergencia se extendió hasta los 150 días, pero también hubo una diferencia de resultados en las variables de largo de radícula y plúmula, al tener una germinación precoz con respecto al resto de tratamientos el largo de radícula y plúmula fueron más extensos dentro del periodo de evaluación.

Un estudio realizado por Córdova (2018) concluyo que los tratamientos de escarificación física ayudan al ablandamiento del endocarpio permitiendo una mejor hidratación del embrión además de una mejor oxigenación que mejora los procesos metabólicos de la respiración celular incrementando el porcentaje de germinación reduciendo el tiempo con una diferencia significativa a partir de los 30 días después de la siembra donde los tratamientos escarificados presentaron diferencias significativas con respecto al testigo alcanzando su máximo porcentaje de germinación a los 100 días después de la siembra.

Según Zhang, L. (2012) menciona que el desarrollo de la familia *Chionanthus* está adaptada a climas templados y templados fríos en todo el mundo. Estas especies se desarrollan mejor en climas con veranos cálidos húmedos e inviernos fríos y húmedos, con una temperatura media anual entre 10-15 grados Celsius. Sin embargo, algunas especies pueden tolerar un rango más amplio de temperaturas, desde climas templados hasta climas templados fríos. Es importante mencionar que estas especies no son especialmente resistentes a temperaturas extremadamente bajas, por lo que no crecen en zonas de clima alpino o árticas.

En climas con temperaturas menores a 10 grados Celsius los procesos metabólicos se reducen produciendo fallos en la fotosíntesis y la respiración. Durante la germinación, la semilla utiliza los nutrientes almacenados en su endospermo para iniciar el crecimiento de la raíz y la parte aérea de la planta lo cual tiene una incidencia directa con la cantidad de radiación recibida durante su periodo de germinación. El frío puede afectar la tasa metabólica de la semilla, lo que significa que las reacciones químicas necesarias para el crecimiento y la germinación pueden ser más lentas o no ocurrir en absoluto.

Conclusiones

- De acuerdo con el índice de supervivencia estimado mediante prueba de viabilidad tinción en tetrazolio se puede confirmar que a partir de los 70 días después de la siembra se logra alcanzar el porcentaje de germinación más alto siendo este de 44,16% con semillas escarificadas y sumergidas en ácido giberelico por 24 horas previa a la siembra, al no existir diferencia significativa con lo estimando de 56% obtenido en la prueba de laboratorio, sin embargo los demás tratamientos presentan diferencias significativas con respecto a la prueba de tinción. Los tratamientos con escarificación presentaron mayores porcentajes de germinación con respecto a los tratamientos no escarificados durante el tiempo evaluado.
- La prueba Chi cuadrado demostró que la supervivencia no tiene relación con los sustratos evaluados de las plántulas de arupo en la fase de pre vivero, ya que el índice de supervivencia durante el tiempo evaluado alcanzo el 100%, tan solo el sustrato completamente de pomina presento una supervivencia de 98,76% al final del experimento.
- Las semillas expuestas a una escarificación presentaron un mayor largo de radícula y plúmula obteniendo los mejores resultados en la mayoría de variables evaluadas como se describe en la parte de resultados.

Recomendaciones

- Para mejorar el porcentaje de germinación y reducir tiempo se recomienda escarificar las semillas además de sumergirlas en ácido giberelico por 24 horas en una concentración de 250 ppm.
- Realizar una escarificación profunda que sobresalga el embrión de tal forma que mejore la hidratación además de la oxigenación del embrión.
- Utilizar zeolita como sustrato los semilleros, ya que por sus características de porosidad presenta mayor intercambio gaseoso que mejora la germinación semillas.

Bibliografía

- Afroze, F., Douglas, G. C., & Grogan, H. (2021). A comparative study on seed physiology and germination requirements for 15 species of Eucalyptus. *Theoretical and Experimental Plant*, 33(4), 411-425. doi:<https://doi.org/10.1007/s40626-021-00222-0>
- Akaffou, S. D., Kouame, A. K., Gore, N. B., Abessika, G. Y., Kouassi, H. K., Hamon, P., Duminil, J. (2021). Effect of the seeds provenance and treatment on the germination rate and plants growth of four forest trees species of cote d ivoire. *Journal of Forestry Research*, 32(1), 161-169. doi:<https://doi.org/10.1007/s11676-019-01064-y>
- Baghaie, A. H., Aghili, F., & Jafarinia, R. (2019). Soil-indigenous arbuscular mycorrhizal fungi and zeolite addition to soil synergistically increase grain yield and reduce cadmium uptake of bread wheat (through improved nitrogen and phosphorus nutrition and immobilization of Cd in roots). *Environmental Science and Pollution Research*, 26(30), 30794-30807. doi:<https://doi.org/10.1007/s00338-022-02282-3>
- Blanchette, A., Spies, B., Eminhizer, S., Franco, N., & Gu, K. (2022). Effects of onshore development and damselfish (*Stegastes nigricans*) on coral richness in Opunohu Bay and Cook's Bay in Moorea, French Polynesia. *Coral Reefs*, 41(4), 987-999. doi:<https://doi.org/10.1007/s00338-022-02282-3>
- Bojnansky, V. &. (2007). Taxonomy and Morphology of Seeds. *Atlas of Seeds and Fruits of Central and East-European Flora*, 22(4), 1-954. doi:https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5362-7_1
- Caranqui Aldaz, J. (2007). Árboles y arbustos nativos potenciales para reforestación en la Sierra Central de Ecuador. *Enfoque UTE*, 8(5), 103-109. doi:<https://doi.org/10.29019/enfoqueyte.v8n5.184>

- Cordova, S. (2018). Evaluación del efecto de la aplicación de fertilizantes en plantas de *Chionantus pubescens* K. (arupo), [Tesis de pregrado]. *Escuela superior de Chimborazo*, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8732/1/33T0183.pdf>
- Cornejo, X., & Bonifaz, C. (2006). Forestiera ecuatoriana: Una especie endémica de Oleaceae y un nuevo registro genérico para Ecuador. *Brittonia*, 58(1), 78-82. doi:[https://doi.org/10.1663/0007-196X\(2006\)58\(78:FEUNEE\)2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0007-196X(2006)58(78:FEUNEE)2.0.CO;2)
- Dashti, F., Ghahremani-Majid, H., & Esna-Ashari, M. (2012). Overcoming seed dormancy of mooseer (*Allium hirtifolium*) through cold stratification, gibberellic acid, and acid scarification. *Journal of Forestry Research*, 23(4), 707-710. doi:<https://doi.org/10.1007/s13157-019-01135-0>
- de Moura Baptista, L. R., Gasper, A. L., Lorscheitter, M. L., & Scherer, C. (2019). Physiognomic and Multivariate Phytosociological Analyses of a Subtropical Peat Bog Located on the Eastern Plateau in Southern Brazil. *Wetlands*, 39(5), 1069-1077. doi:<https://doi.org/10.1007/s1357-019-01135-0>
- Ediagbonya, T. F., Ogunjobi, J. A., & Osomo, T. S. (2021). Effect of Highway Aerosol on *Gmelina arborea* and Soil Around Oluwa Forest Reserve O2. *Aerosol Science and Engineering*, 5(2), 136-146. doi:<https://doi.org/10.1007/s41810-021-00090-w>
- Guerra, G., Casado, G., Arguelles, J., Acebal, C., Castellón, M. P., Ramos-Leal, M., . . . Diez, C. (2003). Zeolite as source of saline nutrients in solid state fermentation of sugarcane straw by *Trichoderma citrinoviride*. *Sugar Tech*, 5(4), 243-248. doi:<https://doi.org/10.1007/BF02942480>

- ISTA. (1993). International rules for seed testing. *Zurich, Switzerland*, 12, 345. Obtenido de <https://www.seedhealth.org/files/2020/02/ISTA-SH-methods-2020-7-032-opt.pdf>
- Jaconis, S. Y., & Thompson, A. J. (2021). A standardised approach for determining heat tolerance in cotton using triphenyl tetrazolium chloride. *Scientific Reports*, 11(1), 5419. doi:<https://doi.org/10.1038/s41598-021-84798-2>
- Jafari, M., Zendehtdel, R., Rafieepour, A., Nakhaei Pour, M., Irvani, H., & Khodakarim, S. (2020). Comparison of Y and ZSM-5 zeolite modified with magnetite nanoparticles in removal of hydrogen sulfide from air. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(1), 187-194. doi:<https://doi.org/10.1007/s13762-019-02348-w>
- Lautenschlager, T., Teutloff, N., Gunther, M., & Neinhuis, C. (2020). Adansonia digitata germination tests. Elephants or heat: what causes scarification of seed to facilitate germination. *Botanical Studies*, 61(1), 61-65. doi:<https://doi.org/10.1186/s40529-020-00296-0>
- Li, A., Tsai, F. T., Yuill, B. T., & Wu, C. (2020). A three-dimensional stratigraphic model of the Mississippi River Delta, USA: implications for river deltaic hydrogeology. *Hydrogeology Journal*, 28(7), 2341-2358. doi:<https://doi.org/10.1007/s10040-020-02198-8>
- Luitel, B. P., Adhikari, P. B., Yoon, C. S., & Kang, W. H. (2012). Yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars established at different planting bed size and growing substrates. *horticulture Environment and Biotechnology*, 53(4), 102-107. doi:<https://doi.org/10.1007/s135880-012-0103-6>
- Mazarotto, E. J., Poitevin, C. G., do Carmo, A. L., dos Santos, A. F., Tralamazza, S. M., & Pimentel, I. (2020). Pathogenic *Fusarium* species complexes associated to seeds of

- indigenous Brazilian forest tree *Aspidosperma polyneuron*. *European Journal of Plant Pathology*, 158(4), 849-857. doi:<https://doi.org/10.1007/s10658-020-02120-8>
- Miri, M. R., Ghooshchi, F., Tohidi-Moghadam, H. R., Larijani, H. R., & Kasraie, P. (2021). Ameliorative effects of foliar spray of glycine betaine and gibberellic acid on cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) yield affected by drought stress. *Arabian Journal of Geosciences*, 10-14. doi:<https://doi.org/10.1007/s1217-021-07228-7>
- Morfin-Maciel, B. M., & Sotelo-Ortiz, J. M. (2012). Use of Transfer Factor in Patients with Persistent Genital Human Papillomavirus Infection. *World Allergy Organization Journal*, 83(1), 83-95. doi:<https://doi.org/10.1097/01.wox.0000412010.68985.28>
- Najberek, K., Olejniczak, P., Berent, K. G.-S., & Solarz, W. (2020). The ability of seeds to float with water currents contributes to the invasion success of *Impatiens balfourii* and *I. glandulifera*. *Journal of Plant Research*, 133(5), 649-664. doi:<https://doi.org/10.1007/s10265-020-01212-0>
- Nielsen, G., Courdert, L., Janin, A., Blais, J. F., & Mercier, G. (2019). Influence of Organic Carbon Sources on Metal Removal from Mine Impacted Water Using Sulfate-Reducing Bacteria Bioreactors in Cold Climates. *Mine Water and the Environment*, 38(1), 104-108. doi:<https://doi.org/10.1007/s1023-018-00580-3>
- Oleskog, G., & Sahlén, K. (2000). Effects of Seedbed Substrate on Moisture Conditions and Germination of *Pinus sylvestris* Seeds in a Clearcut. *Journal of Forest Research*, 15(2), 225-236. doi:<https://doi.org/10.1080/0282275800750015046>

- Pandey, A., & Tamta, S. (2020). Synergistic Influence of Seed Scarification and Plant Growth Regulators on Prompt Multiplication of *Quercus serrata* Thunb. *Proceedings of the National Academy of Sciences India Sector B*, 90(2), 447-453. doi:<https://doi.org/10.1007/s40011-019-01116-7>
- Peralta, E. (2017). Un arbol ornamental Arupo. *Repositorio INIAP*, 1(45), <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4298/1/iniapscCD114.pdf>.
- Philus, C. D., & Mahanty, B. (2021). Dynamic modelling of tetrazolium-based microbial toxicity assay—a parametric proxy of traditional dose-response relationship. *Environmental Science and Pollution*, 28(33), 45390-45401. doi:<https://doi.org/10.1007/s11356-021-13870-1>
- Pujiono, E., Sadono, R., & Hartono y Imron, M. A. (2019). Assessment of causes and future deforestation in the mountainous tropical forest of Timor Island, Indonesia. *Journal of Mountain Science*, 16(10), 2215-2231. doi:<https://doi.org/10.1007/s11629-019-5480-1>
- Quishpe, J. (2009). Evaluación de *chionanthus pubescens* Kunth de seis tratamientos pre germinativos y cuatro tipos de sustratos para la propagación de arupo (*Chionanthus pubescens* Kunt.). [Tesis de pregrado]. *Escuela superior de Chimborazo*, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/708/1/33T0062.pdf>
- Rizk, T. Y., Othman, A., Saady, H. S., Sultan, S. S., & Abd-Alwahed, S. H. (2022). Breaking Dormancy and Enhancing Germination of *Avena sterilis* L. and *Amaranthus retroflexus* L. Weeds by Gibberellic Acid and Potassium Nitrate to Keep Soil and Crops Healthy. *Gsunde Pflanzen*, 4(1), 123-165. doi:<https://doi.org/10.1007/s10343-022-00780-6>

- Schelin, M., & Tigabu, M. (2004). Predispersal seed predation in *Acacia macrostachya*, its impact on seed viability, and germination responses to scarification and dry heat treatment. *New Forests*, 27(3), 251-267. doi:<https://doi/10.1023/B:NEFO.0000022225.75095.41>
- Shayegan, D., Sendi, J. J., Sahragard, A., & Zibae, A. (2019). Study on the Equilibria of Chelate Formation and the Ion-association of Anionic Chelate of Germanium(IV) with 4-Nitrocatechol and 2-(4-Iodophenyl)-3-(4-nitrophenyl)-5-phenyl-2H-tetrazolium Cation. *Journal of Tropical Insect Science*, 39(3), 195-202. doi:<https://doi.org/10.1007/s42690-019-00004-x>
- Soto, D. P., Donoso, P. J., & Puettmann, K. J. (2014). Mortality in relation to growth rate and soil resistance varies by species for underplanted *Nothofagus* seedlings in scarified shelterwoods. *New Forests*, 45(5), 655-669. doi:<https://doi.org/10.1007/s11056-014-9428-6>
- Stojnova, K. T., & Lekova, V. D. (2019). Study on the Equilibria of Chelate Formation and the Ion-association of Anionic Chelate of Germanium(IV) with 4-Nitrocatechol and 2-(4-Iodophenyl)-3-(4-nitrophenyl)-5-phenyl-2H-tetrazolium Cation. *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, 64(10), 1235-1241. doi:<https://doi.org/10.1134/S0036023619100152>
- Talebi, J., Halladj, R., & Askari, S. (2010). Sonochemical synthesis of silver nanoparticles in Y-zeolite substrate. *Journal of Materials Science*, 45(12), 3318-3324. doi:<https://doi.org/10.1007/s10853-010-4349-z>
- Vincy, M. V., Brilliant, R., Paul, J., & Pradeepkumar, A. P. (2015). Comparison of riparian species diversity between the main river channel and subwatersheds of Meenachil river basin,

Kerala Southern India. *Revista Brasileira de Botanica*, 38(1), 81-98.
doi:<https://doi.org/10.1007/s40415-014-0068-z>

Zhang, L., Su, B., Xu, H., & Li, Y. G. (2012). Growth and photosynthetic responses of four landscape shrub species to elevated ozone. *Photosynthetica*, 50(1), 67-76.
doi:<https://doi.org/10.1007/s11099-012-0004-z>