



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



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.

26 de enero de 2023



INTRODUCCIÓN



El árbol de arupo (*Chionanthus pubescens Kunth*) es una especie forestal nativa del sur del Ecuador y norte de Perú



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



Dentro de los programas de reforestación no considera al arupo como una especie de interés. Las principales especies utilizadas para la reforestación son acacias, pinos, fresno, arrayan, entre otras



En la actualidad se requiere métodos que incrementen el porcentaje germinativo de la especie arbóreas acorde con las necesidades ambientales y nuevas tácticas de manejo



El uso de tratamientos pre germinativos además del estudio de sustratos en la fase de pre vivero incrementan la supervivencia de las plántulas de arboles forestales y mejora las variables agronómicas.

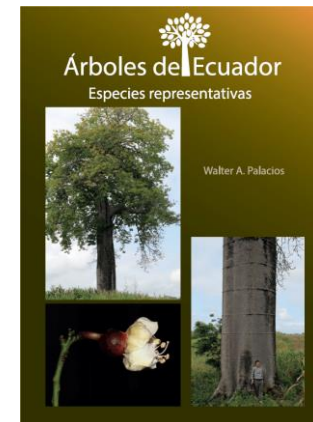


JUSTIFICACIÓN

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.

El cultivo de especies forestales nativas tiene a ser de interés social en los últimos años

En este estudio se evaluó la influencia de ácido giberelico y escarificación física como tratamientos pre germinativos y 2 sustratos en la fase de pre vivero sobre la supervivencia de semillas de arupo.



Uno de los más utilizados es el ácido giberelico mejora la germinación de fresno blanco (*Agrilus planipennis*) llevando de un 15 % a un 40% su capacidad germinativa

El uso de estimulantes es una alternativa económicamente viable y al alcance de los productores

PROBLEMA

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

El cultivo de especies forestales nativas tiene a ser de interés social

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



JUSTIFICACIÓN

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



El uso de fitoreguladores se convirtió en un mecanismo óptimo para incrementar el porcentaje de germinación en especies forestales

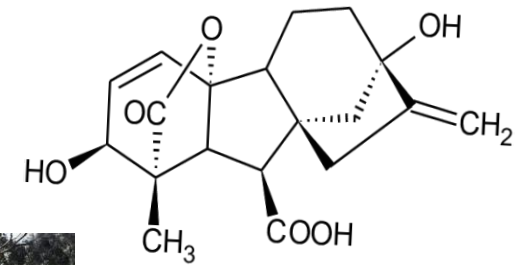


El método de escarificación física mejora el ingreso de agua y el proceso de oxigenación de las semillas promoviendo un mejor desarrollo de germinativo

Todos estos mecanismos ayudan a la germinación y supervivencia de especies forestales



El estudio de los diferentes sustratos para el desarrollo de las especies forestales es un punto crucial para el proceso de adaptabilidad



Objetivo General

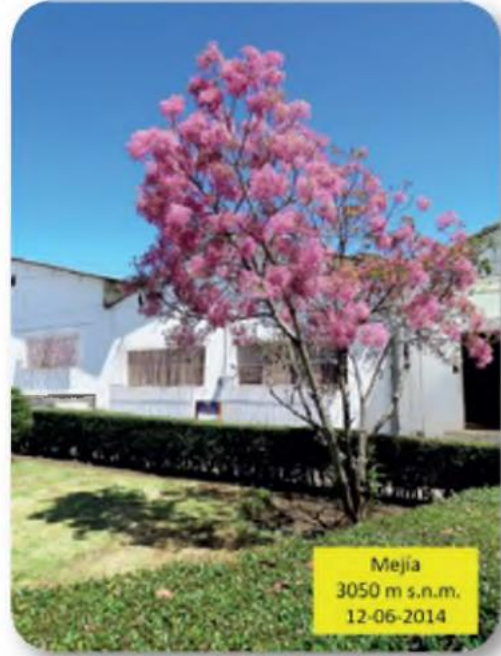
Evaluar los diferentes medios para la germinación y de sustratos en la sobrevivencia del arupo (*Chionanthus pubescens Kunth*) en fase de semillero y pre vivero.

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.

Árbol de arupo (*Chionanthus pubescens* Kunth)

Uno de los principales atractivos de *Chionanthus pubescens* es su hermoso aspecto ornamental ya que produce flores de color rosa en racimos largos y densos.



MARCO REFERENCIAL

Otra característica distintiva de *Chionanthus pubescens* es su capacidad para adaptarse a diferentes tipos de suelo y condiciones climáticas

Además, es capaz de tolerar la contaminación y la sombra parcial, lo que lo hace adecuado para su uso en áreas urbanas

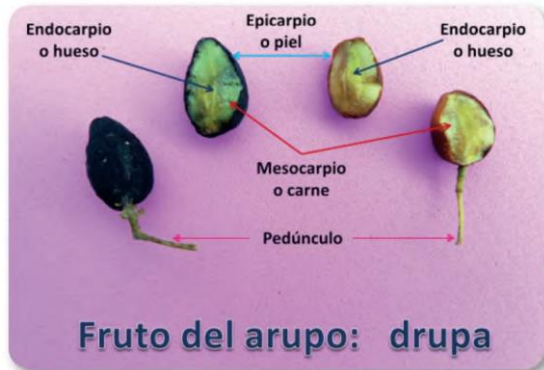


Fruto de arupo (*Chionanthus pubescens* Kunth)

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 endocarpio lignificado, indehisciente, con una sola semilla



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



MARCO REFERENCIAL

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



MARCO REFERENCIAL

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 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

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

Pomina

Es un material mineral de origen volcánico, formando bióxido de magnesio y sodio como óxido lo que proporciona buena porosidad

Turba

Es un material formado a partir de restos orgánicos con poca descomposición anaeróbica en medios saturados de agua dulce

Ácido giberélico

El ácido giberélico es un fitoregulador que se encuentra de forma natural en plantas

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

Las concentraciones recomendadas van de 0,01 a 10 mg/L



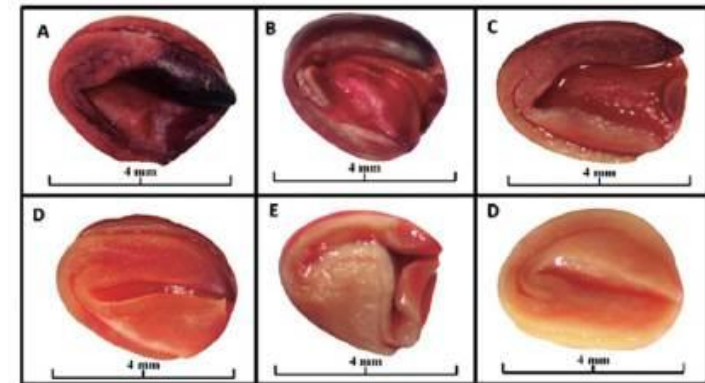
La Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA, por sus siglas en inglés) tiene 3 protocolos de análisis rápidos aprobados para la determinación de viabilidad de semillas: la escisión del embrión, el ensayo topofotográfico de tetrazolio y el método de rayos X



Tinción de semillas en solución de Tetrazolio

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

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



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 ($\alpha \leq 0,05$).

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

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

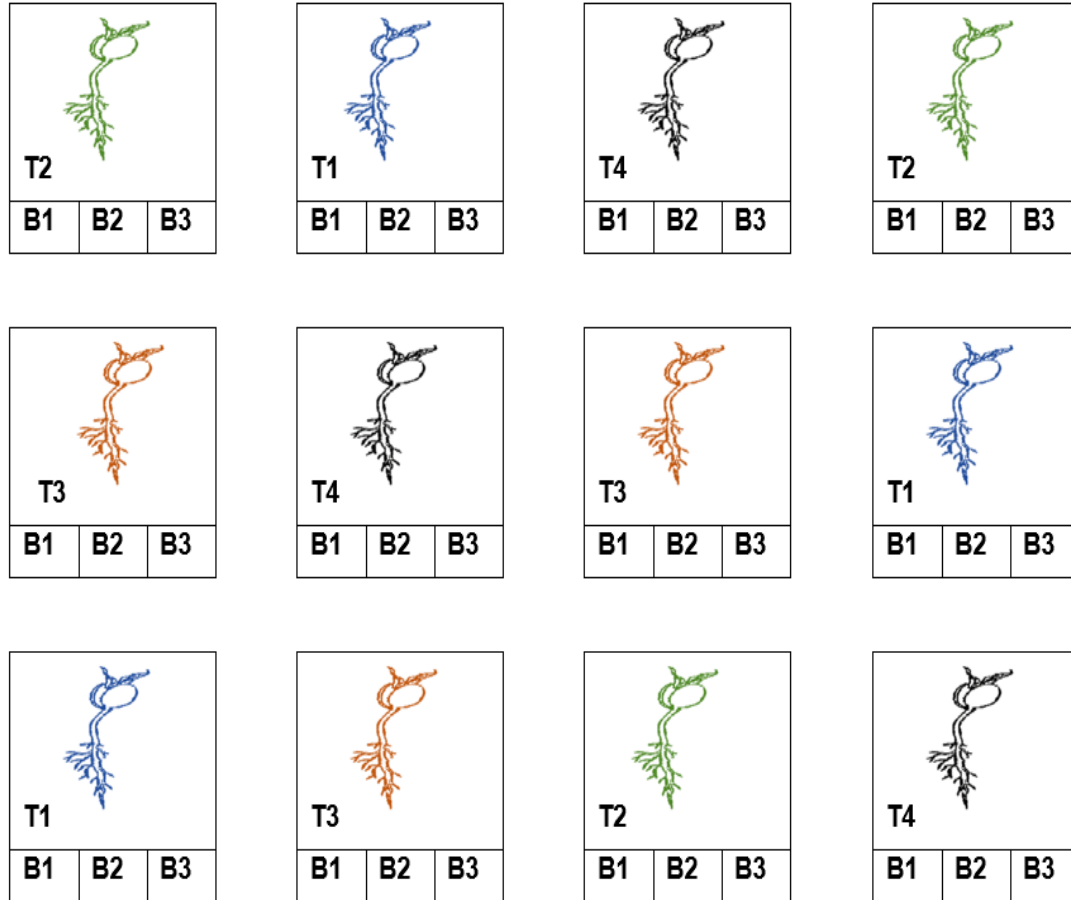
B_j = Efecto del sustrato

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

e_{ijk} = Error del sustrato

Croquis experimental

Las unidades experimentales fueron distribuidas en semilleros de 40 pocillos. 1 tratamiento por semillero.



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.



Ubicación

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



Invernadero de silvicultura de la carrera Agropecuaria - IASA I

Universo y muestra

La unidad experimental del proyecto ser40 semillas á 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.



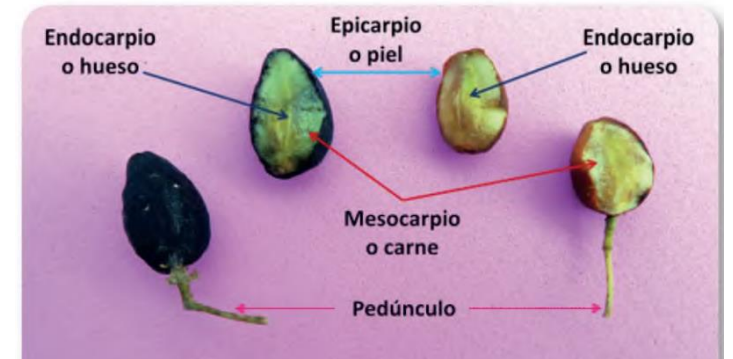
Tratamiento de la semilla

Las semillas fueron recolectadas y desinfectadas con vitavax 60 días antes de la siembra



Las semillas presentaban pérdida del epicarpio y mesocarpio dejando expuesto el endocarpio

Para los tratamientos que requirieron escarificación física se utilizó una lija número 180



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



Preparación del sustrato.

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.



Preparación de los tratamientos.

T1: Semillas escarificadas y 250 ml de agua destilada

T2: Semillas sumergidas en 250 ppm de ácido giberélico

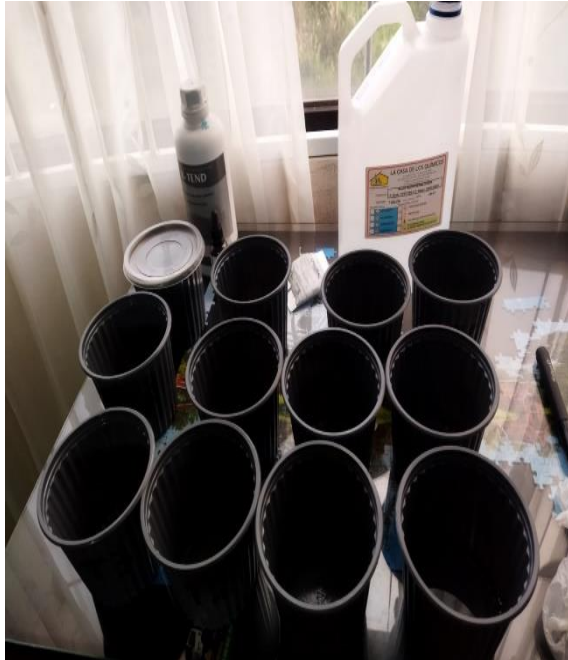
T3: Semillas escarificadas y 250 ppm de ácido giberélico

T4: Semillas sin escarificar y 250 ml de agua destilada.

B1: Sustrato de 100% turba,

B2: 100% pomina

B3: Sustrato 50% turba y 50% pomina.



Medición de la plántula y radícula

Se contabilizo el número de semillas germinadas, para posteriormente ser lavadas y medidas



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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

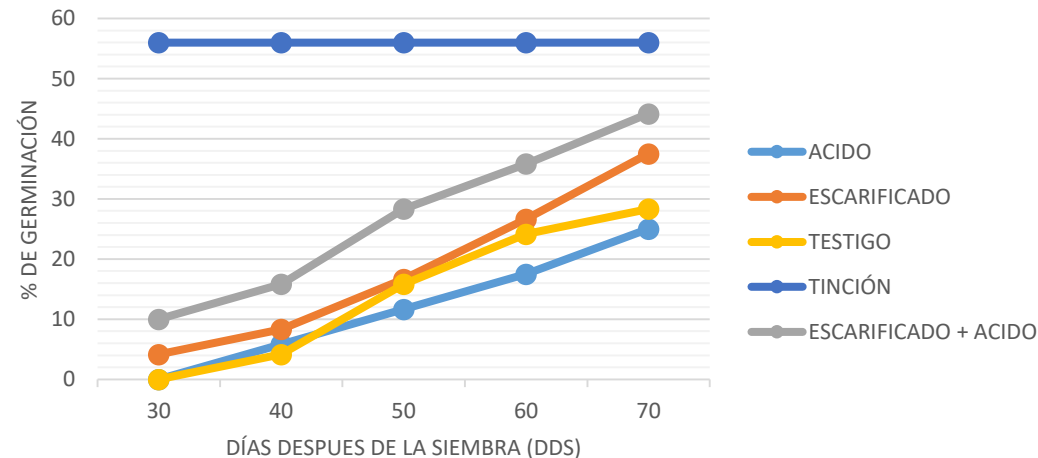
En la prueba de tinción de tetrazolio se obtuvo una respuesta de 56%, que presenta diferencia significativa con los tratamientos a los 30, 40, 50 y 60 días después de la siembra ($F=17,68$; $P<0,0001$). Sin embargo, después de la última evaluación (70 días) se determinó que el tratamiento 3 (escarificación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

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

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

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

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



Porcentaje de germinación real

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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).

Primera evaluación 30 (DDS)				Segunda evaluación 40 (DDS)			
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

Tercera evaluación 50 (DDS)				Cuarta evaluación 60 (DDS)			
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

Quinta evaluación 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.

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).

Primera evaluación

30 (DDS)

Tukey 5% DMS=1,994

Tratamiento	Medias	% germinación	
T3	2,58	10	A
T1	1,40	4,16	AB
T2	0,00	0	B
T4	0,00	0	B

Segunda evaluación

40 (DDS)

Tukey 5% DMS=2,016

Tratamiento	Medias	% germinación	
T3	3,74	15,83	A
T1	2,20	8,33	AB
T2	1,40	5,83	B
T4	1,40	4,16	B

Tercera evaluación

50 (DDS)

Tukey 5% DMS=2,1576

Tratamiento	Medias	% germinación	
T3	6,21	28,33	A
T1	3,90	16,66	B
T4	3,68	11,66	B
T2	2,93	4,16	B

Cuarta evaluación

60 (DDS)

Tukey 5% DMS=2,3021

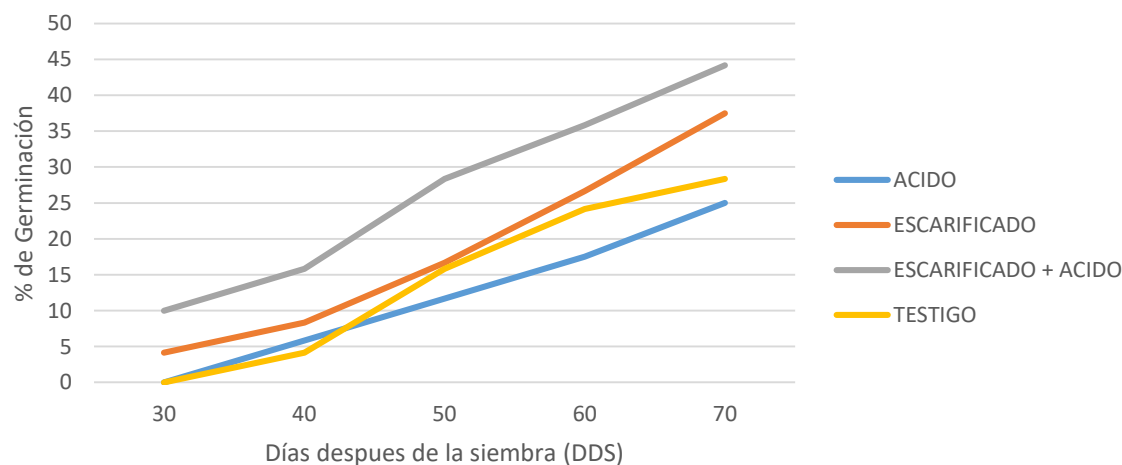
Tratamiento	Medias	% germinación	
T3	7,77	35,83	A
T1	5,88	26,66	AB
T2	4	17,5	B

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 ($p > 0,05$).

Largo de radícula

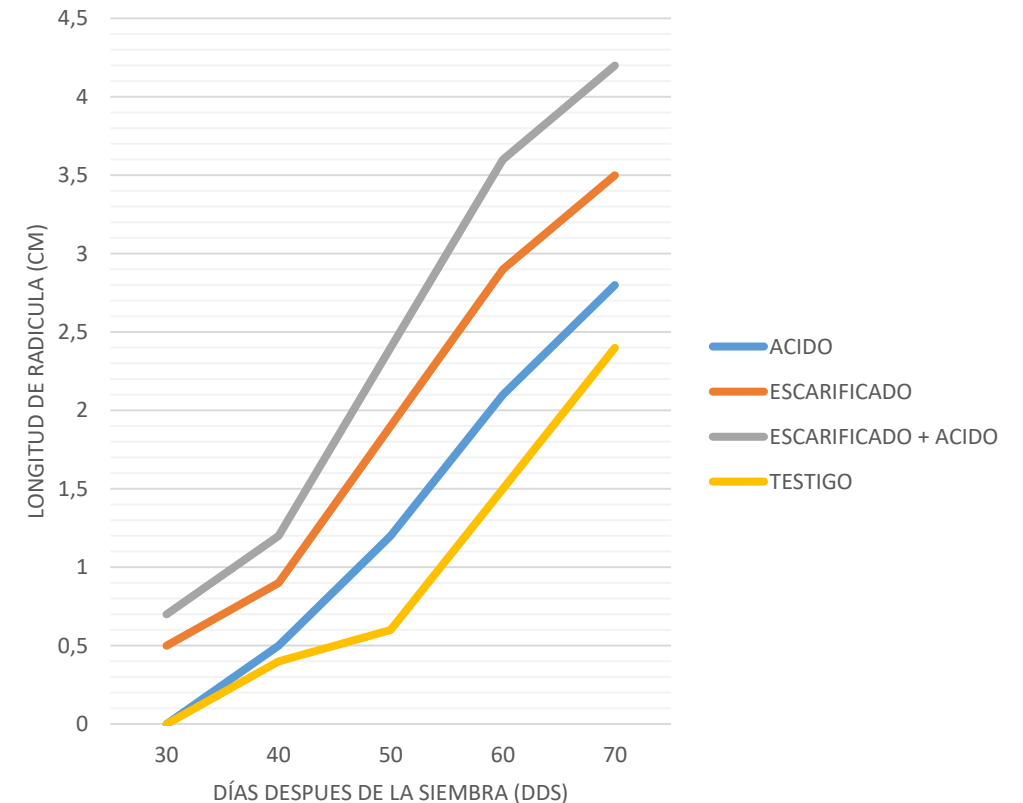
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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).

Primera evaluación 30 (DDS) Tukey 5% DMS=0,2584			Segunda evaluación 40 (DDS) Tukey 5% DMS=0,2772			Tercera evaluación 50 (DDS) 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

Cuarta evaluación 60 (DDS) Tukey 5% DMS=0,7106			Quinta evaluación 70 (DDS) 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 ($p > 0,05$).



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Largo de plúmula

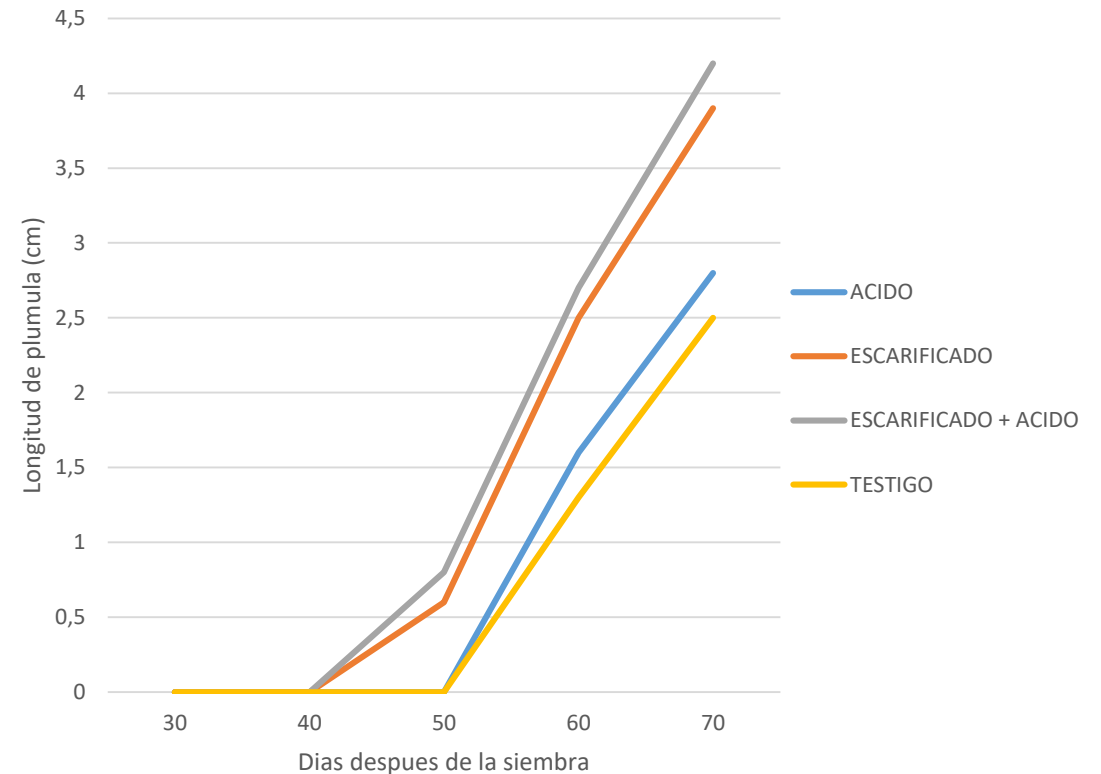
Para medir el largo de plúmula se utilizó una regla desde el embrión hasta el nudo, se anotaron los datos obtenidos en una tabla cada 10 días a partir de los 30 días después de la siembra hasta la culminación de la fase experimental, la emergencia empezó a partir de 50 días después de la siembra, los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

Tercera evaluación 50 (DDS) Tukey 5% DMS=0,2872		
Tratamiento	Medias (cm)	
T3	0,8	A
T1	0,6	A
T2	0,0	B
T4	0,0	B

Cuarta evaluación 60 (DDS) Tukey 5% DMS=0,3857		
Tratamiento	Medias	
T3	2,7	A
T1	2,5	A
T2	1,6	B
T4	1,3	B

Quinta evaluación 70 (DDS) Tukey 5% DMS=0,4451		
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 ($p > 0,05$).



Supervivencia en fase de pre vivero

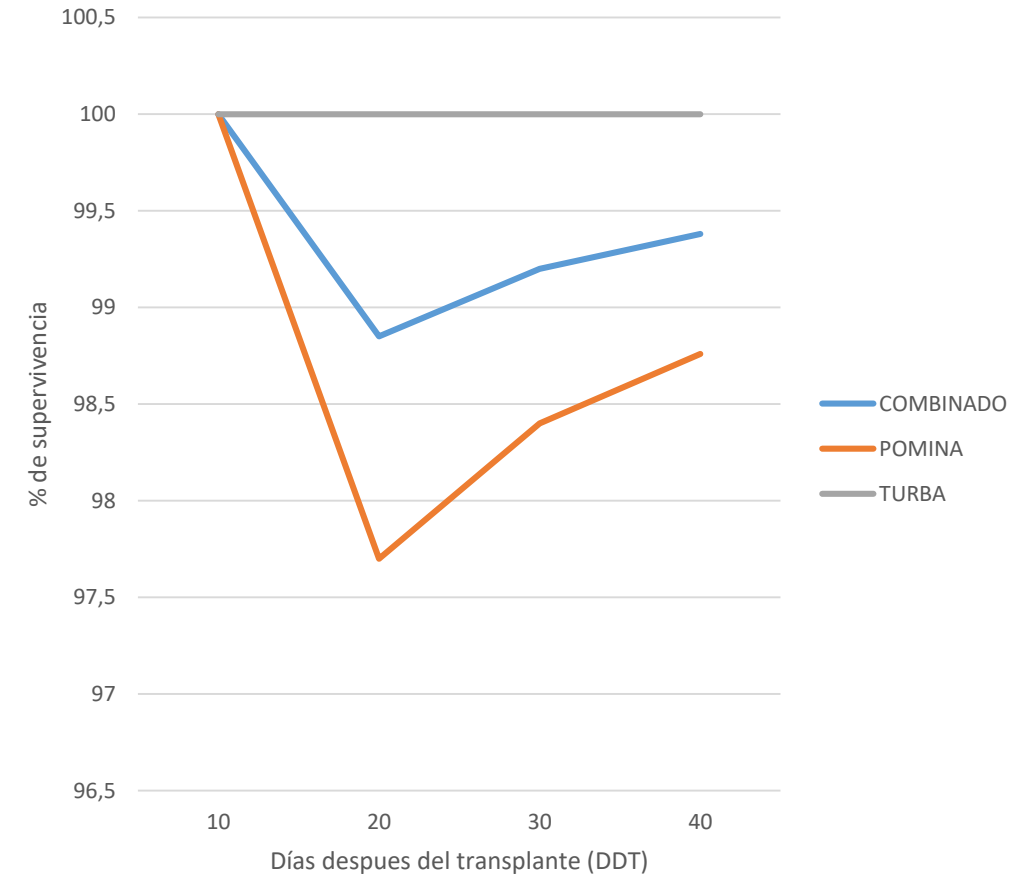
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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 presento una supervivencia de 98,76% al final del experimento.

Primera evaluación 10 (DDT)			Segunda evaluación 20 (DDT)			Tercera evaluación 30 (DDT)		
Sustrato	% Supervivencia		Sustrato	% Supervivencia		Sustrato	% Supervivencia	
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 ($p > 0,05$).



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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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.

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

- 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.

- 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.

- 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 Sandra (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 et al. (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



Gracias

A 3D-rendered red pencil is positioned on the right side of the image, pointing towards the word 'Gracias'. The pencil is oriented diagonally, with its tip pointing towards the bottom left. The word 'Gracias' is written in a dark grey, cursive script, appearing as if it were drawn with the pencil. The pencil has a silver band near the eraser and a red eraser at the top.