



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Forestal

Efecto del estrés hídrico en semillas de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.)

S.O. Grose procedentes de la región sur del Ecuador

Trabajo de Titulación, previo a la
obtención del título de Ingeniero Forestal

AUTOR:

Joel Alexander Vivanco Jiménez

DIRECTOR:

Ing. Darlin Ulises Gonzalez Zaruma, PhD.

Loja – Ecuador

2025

Certificación

Loja, 04 de septiembre de 2023

Ing. Darlin Gonzalez Zaruma, PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Efecto del estrés hídrico en semillas de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose procedentes de la región sur del Ecuador**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Forestal**, de autoría del estudiante **Joel Alexander Vivanco Jiménez**, con cédula de identidad Nro. **1105430951**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:
**DARLIN ULISES
GONZALEZ ZARUMA**

Ing. Darlin Ulises Gonzalez Zaruma, PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Joel Alexander Vivanco Jiménez**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1105430951

Fecha: 17 de enero de 2025

Correo electrónico: joel.vivanco@unl.edu.ec

Teléfono: 0980906493

Carta de autorización por parte del autor para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación

Yo, **Joel Alexander Vivanco Jiménez**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Efecto del estrés hídrico en semillas de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose procedentes de la región sur del Ecuador**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Forestal**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los diecisiete días del mes de enero del año dos mil veinticinco.

Firma:



Autor: Joel Alexander Vivanco Jiménez

Cédula: 1105430951

Dirección: Avenida Pío Jaramillo y Kennedy

Correo electrónico: joel.vivanco@unl.edu.ec

Teléfono: 0980906493

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director del Trabajo de Titulación:

Ing. Darlin Ulises Gonzalez Zaruma, PhD.

Dedicatoria

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios por cuidarme y bendecirme en este largo camino con altos y bajos; a mis padres Jorge y Mary por siempre estar a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos, por el gran sacrificio y esfuerzo que han hecho día a día para culminar con mis estudios y formarme mejor como persona; a mis hermanos que han sido motor y motivo para poder seguir adelante; finalmente dedico este trabajo a mis amigos, compañeros y a todas las personas que creyeron en mí, me acompañaron y brindaron todo su apoyo durante este largo camino.

Joel Alexander Vivanco Jiménez

Agradecimiento

Agradezco a la vida por haberme permitido estudiar en la Universidad Nacional de Loja, a la carrera de Ingeniería Forestal y a todos los docentes que formaron parte en mi proceso de aprendizaje por brindarme sus conocimientos y experiencias para el futuro. Agradezco de manera especial a la Ing. Lucia Quichimbo, MSc., Ing. Alex Sánchez y a mi director de titulación el Ing. Darlin Gonzalez, PhD. por guiarme y apoyarme durante la realización de tesis. Para finalizar quiero agradecer a cada uno de mis compañeros y amigos por brindarme su ayuda cuando más lo necesitaba. No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a cada uno de ustedes lo complicado se ha notado menos.

Joel Alexander Vivanco Jiménez

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas:.....	x
Índice de figuras:.....	xi
Índice de anexos:.....	xii
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract.....	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	6
4.1. Semillas forestales.....	6
4.1.1. Estructura de la semilla.....	6
4.1.2. Tipos de semillas forestales.....	6
4.2. Tipos de dispersión de semillas forestales.....	7
4.3. Germinación.....	7
4.3.1. Tipos de germinación.....	8
4.5. Factores que influyen en la germinación.....	9
4.6. El estrés hídrico y su influencia en semillas.....	9
4.6.1. Técnicas de evaluación de estrés hídrico.....	10
4.7. Trabajos realizados con estrés hídrico en semillas.....	10
4.8. Descripción de <i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O. Grose.....	11
4.8.1. Descripción botánica.....	11
4.8.2. Distribución geográfica del guayacán en el Ecuador.....	11
5. Metodología	12
5.1. Área de estudio.....	12
5.2. Material vegetal.....	12
5.3. Ensayo de germinación.....	13
5.4. Metodología para determinar el efecto del acondicionamiento osmótico en la germinación de semillas de <i>Handroanthus chrysanthus</i>	13
5.4.1. Inoculación de semillas.....	13

5.4.2. Incubación de las semillas de <i>Handroanthus chrysanthus</i>	13
5.4.3. Diseño experimental	14
5.4.4. Especificaciones del diseño experimental.....	14
5.4.5. Variables evaluadas.....	14
5.4.6. Análisis de datos	14
5.5. Metodología para evaluar la germinación de semillas de <i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O. bajo efecto de diferentes niveles de potencial hídrico inducidos por soluciones salinas.....	15
5.5.1. Inoculación de semillas.....	15
5.5.2. Incubación de las semillas de <i>Handroanthus chrysanthus</i>	16
5.5.3. Diseño experimental	16
5.5.4. Especificaciones del diseño experimental.....	16
5.5.5. Variables evaluadas.....	16
5.5.6. Análisis estadístico.....	17
6. Resultados	18
6.1. Contaminación de semillas de <i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.....	18
6.2. Efecto del acondicionamiento osmótico en la germinación de semillas de <i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.....	18
6.2.1. Germinación de semillas.....	18
6.2.2. Parámetros relacionados con la germinación de semillas.....	19
6.2.3. Porcentaje de germinación.....	19
6.2.4. Uniformidad de germinación	19
6.3. Efecto de diferentes niveles de potencial hídrico inducidos por soluciones salinas en la germinación de semillas de <i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.....	20
6.3.1. Germinación de semillas.....	20
6.3.2. Parámetros relacionados con la germinación de semillas.....	21
6.3.3. Porcentaje de germinación.....	21
6.3.4. Uniformidad de germinación	22
7. Discusión	23
7.1. Contaminación de semillas	23
7.2. Efecto del acondicionamiento osmótico en la germinación de semillas de <i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.....	23
7.2.1. Efectos del osmoacondicionamiento en semillas.....	23
7.2.2. Índices relacionados con la germinación de semillas	23
7.2.3. Porcentaje de germinación.....	24
7.2.4. Uniformidad de germinación	25

7.3. Evaluar la germinación de semillas de <i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O. bajo efecto de diferentes niveles de potencial hídrico inducidos por soluciones salinas.....	25
7.3.1. Germinación.....	25
7.3.2. Parámetros relacionados con la germinación de semillas.....	26
7.3.3. Porcentaje de germinación.....	26
7.3.4. Uniformidad de germinación.....	27
8. Conclusiones	29
9. Recomendaciones	30
10. Bibliografía	31
11. Anexos	35

Índice de tablas:

Tabla 1. Investigaciones realizadas con estrés hídrico en semillas de especies forestales.....	10
Tabla 2. Tratamientos para determinar el efecto del acondicionamiento osmótico en la germinación de semillas de <i>Handroanthus chrysanthus</i>	13
Tabla 3. Tratamientos para determinar el efecto de diferentes niveles de potencial hídrico inducidos por soluciones salinas en la germinación de semillas de <i>Handroanthus chrysanthus</i>	16
Tabla 4. Germinación de semillas de <i>Handroanthus chrysanthus</i> en diferentes tiempos de inmersión en agua (T0= testigo; T1= 24 h; T2= 48 h; T3= 72 h; T4= 96 h) a los 30 días de evaluación en condiciones de laboratorio (n= 225).	18
Tabla 5. Parámetros de germinación de <i>Handroanthus chrysanthus</i> en diferentes tiempos de inmersión en agua (T0= testigo; T1= 24 h; T2= 48 h; T3= 72 h; T4= 96 h). CV= coeficiente de velocidad de germinación; T= tiempo promedio de germinación; IG= índice de germinación; M= velocidad de germinación a los 30 días de evaluación en condiciones de laboratorio.....	19
Tabla 6. Germinación de semillas de <i>Handroanthus chrysanthus</i> en diferentes cantidades de soluciones salinas (T0= testigo; T1= 1g; T2= 5g; T3= 10g; T4= 0,946 g; T5= 1,892) a los 30 días de evaluación en condiciones de laboratorio.	20
Tabla 7. Calculo de los parámetros de germinación de semillas de <i>Handroanthus chrysanthus</i> en diferentes cantidades de soluciones salinas (T0= testigo; T1= 1g; T2= 5g; T3= 10g; T4= 0,946 g; T5= 1,892g) a los 30 días de evaluación en condiciones de laboratorio. CV= coeficiente de velocidad de germinación; T= tiempo promedio de germinación; IG= índice de germinación; M= velocidad de germinación.....	21

Índice de figuras:

Figura 1. Árbol de <i>Handroanthus chrysanthus</i>	11
Figura 2. Ubicación del laboratorio de Fisiología vegetal de la Universidad Nacional de Loja	12
Figura 3. Contaminación de semillas de <i>Handroanthus chrysanthus</i> en condiciones de laboratorio: a) <i>Pythium</i> spp. y b) <i>Rhizopus stolonifer</i>	18
Figura 4. Porcentaje de germinación de semillas de <i>Handroanthus chrysanthus</i> bajo osmoacondicionamiento (T0= testigo; T1= 24 h; T2= 48 h; T3= 72 h; T4= 96 h), a los 30 días de evaluación en condiciones de laboratorio (n= 225/tratamiento, SE= error estándar).	19
Figura 5. Número de días a la germinación de semillas de <i>Handroanthus chrysanthus</i> bajo osmoacondicionamiento a los 30 días de evaluación (n=225/tratamiento).....	20
Figura 6. Porcentaje de germinación en semillas de <i>Handroanthus chrysanthus</i> bajo diferentes niveles de potencial hídrico inducidos por soluciones salinas (T0= testigo; T1= 1g; T2= 5g; T3= 10g; T4= 0,946 g; T5= 1,892) a los 30 días de evaluación (n= 180/tratamiento).	21
Figura 7. Número de días que tardan en germinar las semillas de <i>Handroanthus chrysanthus</i> bajo potencial hídrico inducidos por soluciones salinas a los 30 días de evaluación (n=108/tratamiento) de <i>Handroanthus chrysanthus</i>	22

Índice de anexos:

Anexo 1. Preparación de equipos y materiales en el laboratorio.	35
Anexo 2. Desinfección de semillas <i>Handroanthus chrysanthus</i>	36
Anexo 3. Aplicación de tratamientos y siembra de semillas de <i>Handroanthus chrysanthus</i> . .	37
Anexo 4. Preparación de material para el segundo objetivo.	39
Anexo 5. Análisis de varianza por el test de tukey para el objetivo 1.	41
Anexo 6. Análisis de varianza por el test de tukey para el objetivo 2.	42
Anexo 7. Certificado de traducción del Resumen/abstract.	43

1. Título

Efecto del estrés hídrico en semillas de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose
procedentes de la región sur del Ecuador

2. Resumen

La germinación de las semillas es una fase crucial y delicada en el ciclo de vida de las plantas, ya que influye en su establecimiento y desarrollo. Este proceso está condicionado por factores abióticos como la temperatura, el oxígeno y la disponibilidad de agua. Por lo tanto, el agua está vinculada a la movilización de reservas y la liberación de energía mediante la respiración, facilitando además la actividad de enzimas y reguladores del crecimiento. La adaptación de las especies forestales a condiciones de falta o exceso de agua se da por medio de mecanismos de evitación y de tolerancia. En el anterior contexto es imprescindible la generación de información científica relacionada con la tolerancia de las semillas de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose al estrés hídrico con la finalidad de simular la germinación en condiciones climáticas adversas. Para ello, en semillas colectadas de *H. chrysanthus* se determinó el efecto del acondicionamiento osmótico a partir de 5 tratamientos de inmersión en agua (T0: 0 h; T1: 24 h; T2: 48 h; T3: 72 h y, T4: 96 h) y para determinar el potencial hídrico inducidos por soluciones salinas se utilizó cloruro de calcio y cloruro de sodio en seis tratamientos (T0: 0 g; T1: 1 g; T2: 5 g; T3: 10 g; T4: 0,946 g; T5: 1,892 g); posterior a la aplicación de los tratamientos las semillas fueron colocadas en condiciones controladas de temperatura (20 ± 1 °C), humedad relativa (70 %), fotoperiodo (12 horas oscuridad / 12 horas luz), ventilación (100 %). En cada uno de los tratamientos se utilizó 15 semillas con tres repeticiones (75 semillas total) y los datos se registraron entre los 6 y 8 días de instalado el ensayo. Las variables evaluadas fueron: contaminación: número de semillas contaminadas, días de germinación y número de semillas germinadas respectivamente. El mayor porcentaje de germinación de semillas bajo el tratamiento osmótico se registró en el T0 (testigo) con el 92,44 %; entre tanto, el T4 (96 h) registro el menor porcentaje de germinación con el 12,89 %. Entre tanto, el efecto del acondicionamiento osmótico registro el mayor porcentaje de germinación de semillas en el T4 (100 %), T5 (100 %), T0 (97,78 %), entre tanto, el T3 (1,11 %) registro el menor porcentaje de germinación. En conclusión, la germinación de semillas de *H. chrysanthus* está influenciada por el efecto del acondicionamiento osmótico y niveles de potencial hídrico, reduciendo de esta manera la viabilidad.

Palabras clave: guayacán, sequia, cambio climático, viabilidad.

2.1. Abstract

The germination of seeds is a crucial and delicate phase in the life cycle of the plants since it influences its establishment and development. This process is conditioned by abiotic factors such as temperature, oxygen and water availability. In this way, water is linked to the mobilization of reserves and the release of energy through the breathing, easing the enzyme activity and growth regulators. Adaptation of forest species to conditions of lack or excess of water is the result of mechanisms of avoidance and tolerance. In the previous context, it is important the generation of scientific information related to the tolerance of seed of *Handroanthus chrysanthus*. (Jacq.) S.O. Grose to the water stress with the purpose of stimulating germination in adverse weather conditions. For this, in collected seeds of *H. chrysanthus* it was determined the effect of osmotic conditioning from 5 treatments of water immersion (T0: 0 h; T1: 24 h; T2: 48 h; T3: 72 h, T4: 96 h) and to determine the water potential induced by saline solution, calcium chloride and sodium chloride were used in six treatments (T0: 0 g; T1: 1 g; T2: 5 g; T3: 10 g; T4: 0,946 g; T5: 1,892 g); after the application of treatments, seeds were placed in controlled conditions of temperature (20 ± 1 °C), relative humidity (70%), photoperiod (12 hours darkness/12 hours light), ventilation (100%). In each one of the treatments, 15 seeds were used with 3 repetitions (75 seeds in total) and the data was registered between the 6 and 8 days after installing the practice. The evaluated variables were: germination: number of germinated seeds, days of germination and number of germinated seeds respectively. The highest percentage of seeds germination under the osmotic treatment registered in T0 (witness) with the 92,44%; on the other hand, the effect of the osmotic conditioning registered the highest percentage of seeds germination in T4 (100 %), T5 (100 %), T0 (97,78 %), while T3 (1,11 %) registered the lowest percentage of germination. In conclusion, the seeds germination of *H. chrysanthus* is influenced by the effect of the osmotic conditioning and levels of water potential, reducing the viability as a result.

Keywords: guayacan, drought, climate change, viability.

3. Introducción

Los bosques albergan alta diversidad biológica a nivel mundial (Llambí et al., 2012), por tanto, fomentar la conservación y gestión de los recursos genéticos aporta al equilibrio para recuperarse de perturbaciones actuales y futuras; así como regularizar, los bienes y servicios ecosistémicos que proveen (Torres y Aguirre, 2014). Las especies arbóreas han alcanzado un mayor grado de control sobre el ambiente y tienen un papel predominante en la parte terrestre de la biosfera, siendo la base sobre la que se sustentan el resto de componentes de los ecosistemas (López y Gil, 2006), sin embargo, el uso no sostenible de recursos forestales maderables y no maderables, el cambio climático y principalmente la deforestación (López, 2017) han producido la degradación de los bosques de Sudamérica y especialmente en Ecuador.

En el Ecuador continental, entre el 2008 y el 2014, del total de las áreas (496 504 ha) que pasaron de bosque a no-bosque, el 65 % (322 727,6 ha) de bosque pasó a pastizal, el 12 % a mosaicos agropecuarios, el 4 % para cacao, 3 % para maíz duro, el 3 % a palma africana, el 2 % para café, más de 10 % en otros tipos de cobertura; y, el 1 % de la superficie deforestada pasó a infraestructura de asentamientos humanos (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2016). Esta realidad nacional no es ajena a los bosques de la región Sur del Ecuador, es así que las tasas de deforestación anuales registradas del 0,75 % (1976 - 1989) y del 2,86 % (1989 - 2008) muestran la disminución del tamaño medio de los parches y el creciente aislamiento de los fragmentos de bosque con importantes implicaciones para el funcionamiento de los ecosistemas y la conservación de la biodiversidad (Tapia et al., 2015); sumado a la explotación selectiva de especies madereras valiosas, generando bosques secundarios (Aguirre et al., 2015).

En la recuperación de los bosques intervienen mecanismos bióticos (dispersión de semillas, sucesión vegetal, riqueza de especies) y abióticos (temperatura, precipitación, humedad). De entre los factores abióticos, la precipitación constituye un factor primordial en la sobrevivencia de los seres vivos, en especial de las especies vegetales, ya que condiciones de estrés y/o déficit hídrico. El escenario modelado por efecto de cambio climático determina aumento de épocas de sequía, distribución irregular de las lluvias, así como las bajas temperaturas, que influyen en la absorción de agua por parte de las raíces (Burdett, 1990).

La germinación de las semillas es una etapa importante y vulnerable en el ciclo de la planta; ya que determina el establecimiento y el crecimiento de las plantas, y está influenciada por factores abióticos como la temperatura, el oxígeno y la disponibilidad de agua (Carvalho y Nakagawa, 2012). Investigaciones han demostrado que los bajos niveles de disponibilidad de agua, resultantes de condiciones de estrés hídrico, retrasan los procesos de germinación y emergencia, además de perjudicar el desarrollo de las plántulas. Esto se traduce en un

establecimiento menos eficiente en el campo y una disminución en la producción (Ojeda et al., 2013). El acondicionamiento osmótico u osmoacondicionamiento, es un tratamiento efectivo para retardar el deterioro fisiológico de las semillas, propiciado por la producción de radicales libres (Black y Bewley, 2000).

La adaptación de las especies forestales a condiciones de falta o exceso de agua se da por medio de mecanismos de evitación y de tolerancia. Los mecanismos de evitación sostienen potenciales hídricos de alto nivel en las plantas y conservan el consumo de agua en niveles normales; entre tanto, los mecanismos de tolerancia permiten a las plantas realizar cambios bioquímicos para su sobrevivencia a condiciones con potenciales hídricos bajos (López et al., 2005). Por tanto, entender la ecología de la especie desde la germinación de las semillas influirá en el comportamiento y crecimiento inicial de los árboles.

En este contexto, la presente investigación aporta a la ecología y estrategias de conservación de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose, una especie forestal emblemática en los ecosistemas tropicales y subtropicales. Esta especie desempeña un papel importante en la estructura y función del bosque seco y otros hábitats, actualmente amenazados en Ecuador. Además, este estudio busca impulsar el conocimiento científico sobre los niveles de respuesta ante condiciones de estrés hídrico, y las bases fisiológica y genéticas que fortalezcan la gestión forestal sobre el entorno. En este contexto los objetivos que orientaron la presente investigación fueron:

Objetivo general

Contribuir a la generación de información científica relacionada con la tolerancia de las semillas de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose al estrés con la finalidad de simular la germinación en condiciones climáticas adversas.

Objetivos específicos

- Determinar el efecto del acondicionamiento osmótico en la germinación de semillas de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose.
- Evaluar la germinación de semillas de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose bajo efecto de diferentes niveles de potencial hídrico inducidos por soluciones salinas.

4. Marco teórico

4.1. Semillas forestales

La semilla constituye el órgano reproductivo primordial en la mayoría de las plantas terrestres y acuáticas de mayor desarrollo. Su papel es esencial en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones vegetales, así como en la regeneración de los bosques y la sucesión ecológica. En el ambiente, la semilla representa una fuente fundamental de alimento para gran variedad de animales (Doria, 2010).

La formación de la semilla involucra un proceso conocido como embriogénesis cigótica, que abarca transformaciones morfológicas, estructurales y de expresión génica desde la creación del cigoto hasta concluir con el desarrollo y maduración del embrión. La germinación de la semilla ocurre cuando se cumplen las condiciones adecuadas tanto a nivel endógeno como ambiental (Matilla, 2016).

4.1.1. Estructura de la semilla

Las semillas se componen de tres estructuras esenciales: un embrión, una cubierta seminal derivada de los tegumentos del óvulo y una reserva alimenticia. Esto da lugar a una composición genética compleja que abarca el embrión, el endospermo y los tejidos maternos. El equilibrio genotípico entre estos tejidos distintos es crucial para el desarrollo normal de la semilla (Courtis, 2013).

La semilla se encuentra envuelta por tejidos, que pueden o no ser carnosos, los cuales constituyen colectivamente como fruto. Cuando la semilla germina y el embrión se desarrolla, surge una nueva planta. Casi todos los órganos están compuestos por tres sistemas de tejidos:

- El sistema de protección, se encuentra compuesto por epidermis y peridermis, se localiza en la capa superficial de los órganos.
- El sistema fundamental, está compuesto por el parénquima y tejidos de soporte, se encuentra ubicado debajo del sistema de protección y se extiende hasta la medula en tallos y raíces.
- El sistema vascular, está compuesto por los tejidos conductores xilema y floema, se distribuye en diversas partes y presenta distintas organizaciones según el órgano y el tipo de planta (Megías et al., 2018).

4.1.2. Tipos de semillas forestales

Las semillas se categorizan según su tipo de latencia, que se refiere a su capacidad interna de regular el inicio de la germinación, en dos grupos: ortodoxas y recalcitrantes. Las semillas ortodoxas, por lo general pequeñas, exhiben latencia y tienen niveles bajos de humedad

y tasas metabólicas. En contraste, las semillas recalcitrantes, que son más grandes, carecen de latencia y presentan niveles elevados de humedad y tasas metabólicas (Rodríguez et al., 2009).

- **Semillas ortodoxas:** desarrollan la capacidad de resistir la deshidratación a lo largo de su crecimiento y pueden conservarse en un estado seco durante periodos predecibles y en condiciones específicas. A menos que se vean afectadas por hongos, cuya tolerancia en almacenamiento debe ser nula, estas semillas deben mantener un vigor y viabilidad elevados al menos desde la cosecha hasta la siguiente temporada de cultivo, o incluso durante varias décadas a una temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Berjak y Pammenter, 2010).
- **Semillas recalcitrantes:** se refieren a semillas que experimentan un breve período de secado durante su maduración o ninguno en absoluto, manteniéndose sensibles a la deshidratación tanto durante su crecimiento como después de desprenderse. No obstante, esta condición se complica significativamente debido a la considerable variabilidad entre las semillas recalcitrantes de diversas especies y, de hecho, incluso dentro de especies individuales en distintas condiciones (Magnitskiy y Plaza, 2007).

4.2. Tipos de dispersión de semillas forestales

La interacción entre las características morfológicas y químicas de los frutos y semillas, junto con las características fenológicas de las plantas, está vinculada a diversos mecanismos de dispersión, ya sea por agentes bióticos o abióticos como el viento, el agua y los animales. Uno de los aspectos más relevantes y estudiados en relación con la dispersión de semillas es aquella llevada a cabo por frugívoros arbóreos o voladores directamente en la copa de los árboles en fruto, conocida también como dispersión primaria (Parrado, 2007).

Los efectos de los eventos bióticos y abióticos que suceden después de que las semillas han sido retiradas de la copa de los árboles parentales pueden variar entre especies y tipos de bosques. De esta manera, la dispersión secundaria de semillas (realizada por dispersores terrestres después de la intervención de dispersores arbóreos y el reajuste de la distribución inicial de las semillas), los procesos de depredación después de la dispersión, la mortalidad y los patrones de depósito y distribución de las semillas (sombreado de semillas) pueden llegar a ser más significativos que los eventos de dispersión primaria (Noir et al., 2002).

4.3. Germinación

La germinación inicia con la absorción de agua por parte de la semilla inactiva y culminando con el alargamiento del hipocótilo. Un signo visible de la finalización de la germinación es la aparición de una radícula a través de la cubierta de la semilla (Varela y Arana, 2011). Un aspecto fundamental para la germinación de cualquier especie es la elección del

sustrato por utilizar, básicamente porque se desea obtener plantas vigorosas (Herrera et al., 2006).

La germinación se describe como el momento en que la semilla desarrolla la radícula o emerge del suelo, indicando que la plántula ya no está dependiente de los tejidos nutritivos de la semilla y tiene la capacidad de generar sus propios alimentos (Camacho, 1984). Cada especie dentro de la comunidad vegetal presenta mecanismos representativos de germinación, los cuales se han desarrollado en respuesta a la selección natural influenciada por condiciones ambientales dominantes que afectan la naturaleza y fisiología de la semilla (Vázquez et al., 1997).

El proceso de germinación de las semillas se divide en tres fases consecutivas: 1) la absorción de agua mediante imbibición, llevando a la expansión y eventual ruptura de la cubierta protectora, 2) el inicio de la actividad enzimática y del metabolismo respiratorio, con la translocación y asimilación de las reservas alimenticias en las áreas en desarrollo del embrión; y, 3) el crecimiento y la división celular que resultan en la aparición de la radícula y, posteriormente, de la plántula (Vázquez et al., 1997).

4.3.1. Tipos de germinación

Según lo expuesto por Rosabal et al. (2014), mencionan que existen dos tipos de germinación: epigea e hipogea. Durante la germinación epigea, el hipocótilo se extiende, alejando los cotiledones del suelo; por otro lado, en la germinación hipogea, el hipocótilo no experimenta un desarrollo significativo y los cotiledones permanecen bajo tierra o ligeramente por encima de la superficie. Posteriormente el epicótilo se alarga y aparecen las primeras hojas verdaderas. En esta situación, las primeras hojas desempeñan el papel de reserva de nutrientes, a diferencia de la germinación epigea, donde estas hojas a menudo tienen color verde y llevan a cabo funciones fotosintéticas durante el desarrollo inicial de la plántula (Doria, 2010).

4.4. Métodos analíticos para evaluar la germinación

4.4.1. Índices de germinación

4.4.1.1. Coeficiente de velocidad

Se basa en el número de semillas germinadas inversamente relacionado con el tiempo y el número de semillas germinadas por día (Heydecker, 1973):

$$CV = \frac{\sum n_i}{\sum (n_i t_i)} \times 100$$

donde: CV = coeficiente de velocidad, n_i = número de semillas germinadas el día i , t_i = número de días desde la siembra. Se refiere a la manera en que la germinación se distribuye a lo largo del tiempo en relación con la cantidad de semillas que han germinado.

4.4.1.2. Tiempo promedio de germinación:

Medida del tiempo promedio de germinación que necesitan las semillas para germinar (Gordon, 1971):

$$T = \frac{1}{CV}$$

donde: T= tiempo promedio de germinación, 1= constante, CV= coeficiente de velocidad de germinación.

4.4.1.3. Índice de germinación

Se utiliza la misma fórmula que en el caso anterior, pero se relaciona con el número de semillas sembradas (Scott et al., 1984):

$$IG = \frac{\sum n_i}{N}$$

donde: IG= índice de germinación, ni= número de semillas germinadas el día i, t= número de días después de la siembra. N= total de semillas sembradas.

4.4.1.4. Velocidad de germinación

Es la relación del número de semillas germinadas con el tiempo de germinación (Maguire, 1962):

$$M = \sum \left(\frac{n_i}{t} \right)$$

donde: M= velocidad de germinación, ni= número de semillas germinadas el día i, t= tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla.

4.5. Factores que influyen en la germinación

En el proceso de germinación de las especies, existen factores que pueden influir en su desarrollo, ya sean de origen interno o externo, dificultando la ruptura de la cubierta de la semilla. Los factores internos incluyen la madurez y viabilidad de las semillas, mientras que los factores externos abarcan la humedad, temperatura, gases y luz (Gastón, 2017).

Diversos factores afectan el proceso de germinación de una semilla, así como la rapidez con que se lleva a cabo, tales como la humedad del sustrato, temperatura, luz, oxígeno, y dióxido de carbono, entre otros (Probert, 2000). Entre los factores previamente mencionados, la humedad y la temperatura son los más cruciales durante el proceso de germinación. Cuando la humedad no constituye un factor limitante, la tasa y el porcentaje de germinación están influenciados principalmente por la temperatura (Hadas, 2004).

4.6. El estrés hídrico y su influencia en semillas

El estrés hídrico representa una respuesta fisiológica de las plantas a las condiciones de disponibilidad de agua (exceso y escasez) (Valverde y Arias, 2020). El estrés hídrico limita la

regeneración natural y el establecimiento inicial de las plántulas, provocando la declinación de los bosques. En otro contexto, según Ortiz (2006), el estrés hídrico se refiere a una situación que se presenta cuando la pérdida excesiva de agua o la absorción insuficiente generan un desequilibrio hídrico lo bastante negativo como para disminuir la turgencia, afectar la expansión celular y perjudicar los procesos fisiológicos esenciales en las plantas. También varían según la especie y la tolerancia; además, dependen del grado y la velocidad de la escasez de agua.

4.6.1. Técnicas de evaluación de estrés hídrico

El fitomonitorio es una técnica fundamentada en la microelectrónica y la informática, que posibilita la evaluación en tiempo real del estado hídrico de las plantas de manera no invasiva. Esto se logra mediante el registro de respuestas anatómicas y fisiológicas de diversos órganos vegetales ante las condiciones ambientales y las prácticas de manejo agronómico (Gratacós y Gurovich, 2003).

4.7. Trabajos realizados con estrés hídrico en semillas

A continuación, a partir de la literatura revisada se han realizado algunas investigaciones de estado de estrés hídrico en semillas.

Tabla 1. Investigaciones realizadas con estrés hídrico en semillas de especies forestales.

Especie	Material vegetal	Tratamientos	Conclusiones	Autor
<i>Pinus engelmannii</i> <i>Carr</i>	Plantas	Riego (con y sin estrés hídrico)	Se observaron diferencias significativas entre tratamientos en el potencial hídrico a partir del tercer día después del riego. Las plantas con estrés hídrico alcanzaron valores de $-1,96$ a $-2,29$ MPa al final de cada ciclo de estrés hídrico, mientras que los valores para las plantas sin estrés oscilaron entre $-0,13$ y $-0,20$ MPa.	Prieto, et al. (2008)
<i>Pinus sylvestris</i>	Plantas	Turba (55%), vermiculita (24%), agrolita (21%)	El potencial hídrico mostró diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos. Varió de $-0,17$ a $-0,29$ MPa para la condición de riego de 48 horas y de $-0,17$ a $-0,59$ MPa para la condición de riego de 144 horas. Fue de $-0,26$ a $-3,24$ MPa durante las 288 horas. Sólo se encontraron diferencias estadísticas en las variables indicadoras de tamaño y robustez ($p < 0,05$).	Prieto, et al. (2012)

4.8. Descripción de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose

Handroanthus chrysanthus se clasifica taxonómicamente:

Orden: Lamiales

Familia: Bignoniaceae

Género: *Handroanthus*

Especie: *chrysanthus*

4.8.1. Descripción botánica

Árbol que alcanza una altura de 12 a 20 metros, con un tronco robusto y cilíndrico de alrededor de 20 a 40 centímetros de diámetro, caracterizado por una corteza rugosa con grietas verticales. Las hojas son alternas compuestas, envés áspero mediamente pubescente (Augusto, 2003). La floración ocurre entre los meses de enero y abril; flores de color amarillo (Figura 1) (Navarrete y Orellana, 2007).



Figura 1. Árbol de *Handroanthus chrysanthus*.

4.8.2. Distribución geográfica del guayacán en el Ecuador

En Ecuador, se encuentra en elevaciones que van desde 0 – 2 000 m s.n.m., distribuido en diversas provincias como: Bolívar, Chimborazo, El Oro, Esmeraldas, Guayas, Loja, Los Ríos y Manabí (Jorgensen y León, 1999).

5. Metodología

5.1. Área de estudio

La presente investigación se desarrolló en el laboratorio de Fisiología vegetal perteneciente a la Facultad Agropecuaria y Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja (Figura 2).

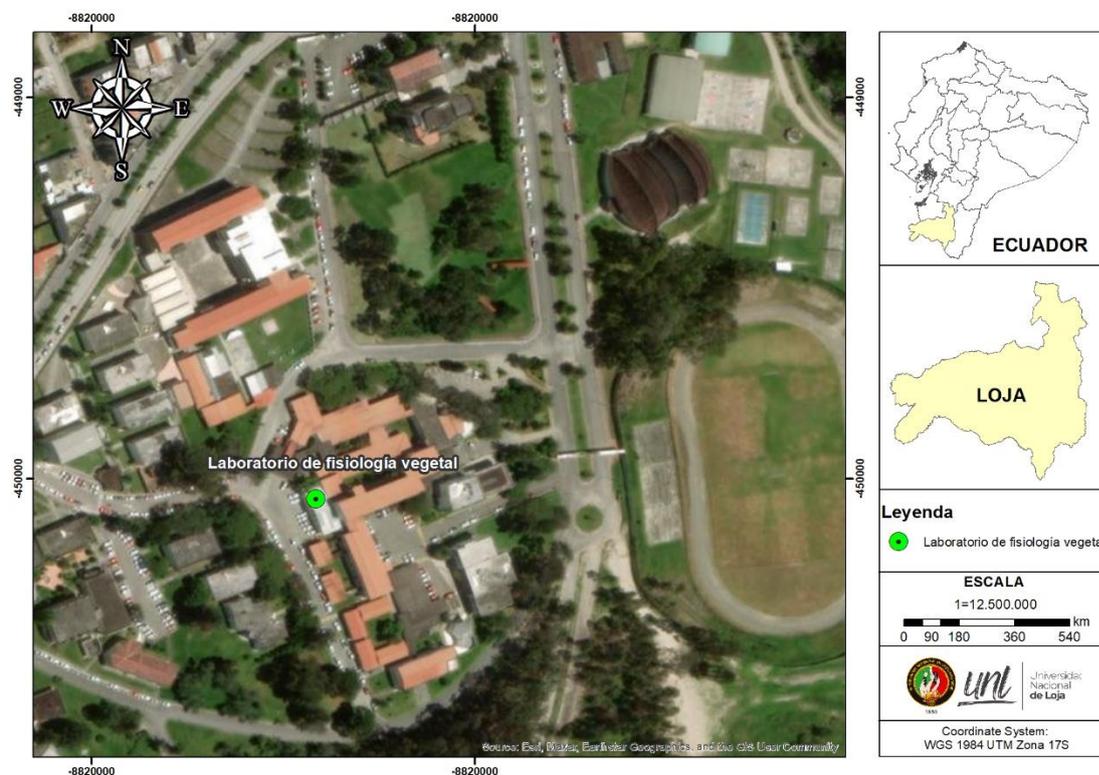


Figura 2. Ubicación del laboratorio de Fisiología vegetal de la Universidad Nacional de Loja.

5.2. Material vegetal

Los frutos de *H. chrysanthus* fueron colectados en arboles localizados en poblaciones naturales localizados de la región sur del Ecuador y posteriormente trasladados al Laboratorio de Fisiología Vegetal para la obtención de semillas y análisis posteriores.

Las semillas obtenidas fueron sometidas a un proceso previo de desinfección en cloro al 5 % por un lapso de 3 - 4 minutos; posteriormente, se procedió a enjuagar 3 veces con agua destilada desmineralizada y finalmente en los ensayos respectivos.

En el caso que se observó la contaminación, se omitió la desinfección con cloro y se utilizó 200 g/l del fungicida agrícola comercial (Rebolt), para lo cual, se sumergió las semillas en un vaso de precipitación por un lapso de 5 minutos, seguidamente se procedió a la inoculación de las semillas en cajas petri según el tratamiento.

5.3. Ensayo de germinación

Para determinar la viabilidad de las semillas se realizó previamente un ensayo de germinación, para ello, se determinó el porcentaje de germinación a partir de cuatro muestras de 25 semillas puras, las cuales fueron distribuidas en cajas petri previamente esterilizadas, acondicionadas con papel toalla saturado en agua destilada desmineralizada y colocadas en una estufa a temperatura de 25 ± 1 °C y evaluadas por un lapso de 30 días.

5.4. Metodología para determinar el efecto del acondicionamiento osmótico en la germinación de semillas de *Handroanthus chrysanthus*

5.4.1. Inoculación de semillas

Las semillas previamente desinfectadas de *H. chrysanthus* fueron sometidas al proceso de osmoacondicionamiento (imbibición) en agua destilada; para lo cual, en vasos de precipitación se colocaron a razón de 225 semillas y cubiertas con agua según los tratamientos: T0 (0 h); T1 (24 h); T2 (48 h); T3 (72 h) y T4 (96 h), así al primer día se colocaron en osmoacondicionamiento el tratamiento T4, en el segundo día el tratamiento T3, en el tercer día el tratamiento T2 y el cuarto día el tratamiento T1, de esta manera el quinto día se extrajeron las semillas de los cuatro tratamientos, posteriormente se purificaron con agua corriente y se colocaron en cajas petri con papel toalla humedecidos con agua destilada y debidamente identificadas según cada tratamiento (Tabla 2).

Tabla 2. Tratamientos para determinar el efecto del acondicionamiento osmótico en la germinación de semillas de *Handroanthus chrysanthus*.

N.º	Tratamientos	Osmoacondicionamiento	Codificación
		Agua (tiempo/horas)	
1.	T0	0	T0A0
2.	T1	24	T1A24
3.	T2	48	T2A48
4.	T3	72	T3A72
5.	T4	96	T4A96

5.4.2. Incubación de las semillas de *Handroanthus chrysanthus*

Las cajas petri con cada uno de los tratamientos establecidos fueron selladas y ubicadas en la cámara germinadora (POL-EKO-APARATURA SP.J. A. Polok-Kowalska, S. Kowalski) bajo condiciones controladas de temperatura (20 ± 1 °C), humedad relativa (70 %), fotoperiodo (12 horas oscuridad / 12 horas luz), ventilación (100 %).

5.4.3. Diseño experimental

Para evaluar el efecto del acondicionamiento osmótico en la germinación de semillas de *H. chrysanthus* se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar (BCA), con 5 tratamientos (osmoacondicionamiento) y 3 repeticiones.

5.4.4. Especificaciones del diseño experimental

Unidad experimental	Una semilla
Número de tratamientos	5
Número de repeticiones	3
Numero de semillas por repetición	75
Numero de semillas por tratamiento	225
Número total de semillas de ensayo	1225
Número de semillas por caja	15
Número de cajas por repetición	5
Número de cajas por tratamiento	15
Número de cajas de ensayo	75

5.4.5. Variables evaluadas

Para evaluar el efecto del osmoacondicionamiento en semillas de *H. chrysanthus*, fueron realizadas observaciones directas a las semillas a partir del tercer día posterior a la siembra, en intervalos diarios por un periodo de 30 días, según la metodología establecida por López y Gil (2017). Las variables evaluadas fueron:

- Contaminación: número de semillas contaminadas
- Días de germinación
- Numero de semillas germinadas

5.4.6. Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron sometidos a pruebas de normalidad, homocedasticidad e independencia de error, para determinar el análisis correspondiente (paramétrico o no paramétrico) con el objetivo de identificar diferencias significativas en media y varianza.

5.4.7. Índices de germinación

Para determinar algunos índices relacionados con la germinación de semillas se empleó las siguientes formulas (González y Orozco, 1996).

- **Coefficiente de velocidad de germinación**

$$CV = \frac{\sum n_i}{\sum (n_i t_i)} \times 100$$

dónde: CV = coeficiente de velocidad, n_i = número de semillas germinadas el día, t_i = número de días después la siembra.

- **Tiempo promedio de germinación**

$$T = \frac{1}{CV}$$

dónde: T = tiempo promedio de germinación, 1 = constante, CV = coeficiente de velocidad de germinación.

- **Índice de germinación**

$$IG = \frac{\sum n_i}{N}$$

dónde: IG = índice de germinación, n_i = número de semillas germinadas el día i , t = número de días después de la siembra. N = total de semillas sembradas.

- **Velocidad de germinación**

$$M = \sum \left(\frac{n_i}{t} \right)$$

dónde: M = velocidad de germinación, n_i = número de semillas germinadas el día i , t = tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla.

5.5. Metodología para evaluar la germinación de semillas de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. bajo efecto de diferentes niveles de potencial hídrico inducidos por soluciones salinas.

5.5.1. Inoculación de semillas

Las semillas de *H. chrysanthus* fueron desinfectadas previamente con REBOLT (fungicida) con la finalidad de evitar contaminación de las mismas en condiciones de humedad y temperatura. Posteriormente, las semillas en la cámara de inoculación bajo condiciones de asepsia fueron colocadas en cajas petri con papel toalla humedecido según los tratamientos ensayados con soluciones de cloruro de sodio (NaCl) y cloruro de calcio (CaCl_2), para simular estrés hídrico e identificados respectivamente según cada tratamiento.

Para la obtención de las soluciones salinas, se consideró la metodología propuesta por Richards (1980). Dónde: las cantidades fueron diluidas, separadamente, en 200 ml de agua destilada, siendo 0,946 g, 1,892 g de NaCl y 1 g, 5 g, 10 g de CaCl_2 , con potencial osmótico de -0,2; -0,4 y -0,8 MPa (Tabla 3).

Tabla 3. Tratamientos para determinar el efecto de diferentes niveles de potencial hídrico inducidos por soluciones salinas en la germinación de semillas de *Handroanthus chrysanthus*.

No.	Tratamientos	Agentes osmóticos	Potenciales osmóticos MPa	Codificación
1	T0	Testigo	0	T0T0
2.	T1	Cloruro de calcio	-0,2	T1CaCl1
3.	T2	Cloruro de calcio	-0,4	T2CaCl2
4.	T3	Cloruro de calcio	-0,2	T3CaCl3
5	T4	Cloruro de sodio	-0,4	T4NaCl4
6.	T5	Cloruro de sodio	-0,8	T5NaCl5

5.5.2. Incubación de las semillas de *Handroanthus chrysanthus*

Las cajas petri con cada uno de los tratamientos fueron selladas y ubicadas en estufa (HERAEUS D-6450 Hanau) bajo condiciones controladas de temperatura (20 ± 1 °C) y fotoperiodo (12 horas oscuridad/ 12 horas luz).

5.5.3. Diseño experimental

Para evaluar la germinación de semillas de *H. chrysanthus* bajo efecto de diferentes niveles de potencial hídrico inducidos por soluciones salinas se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA), con 6 tratamientos y 3 repeticiones.

5.5.4. Especificaciones del diseño experimental

Unidad experimental	Una semilla
Número de tratamientos	6
Número de repeticiones	3
Numero de semillas por repetición	60
Número de semillas por tratamiento	180
Número total de semillas de ensayo	1080
Número de semillas por caja	15
Número de cajas por repetición	4
Número de cajas por tratamiento	12
Número de cajas de ensayo	72

5.5.5. Variables evaluadas

El registro de germinación de las semillas bajo los tratamientos ensayados se realizó diariamente por un lapso de 30 días, siendo consideradas germinadas las plántulas normales y

con extensión radicular igual o superior a 2 mm y plántulas con largo mínimo de 0,3 mm. Las variables evaluadas fueron las siguientes:

- Contaminación: número de semillas contaminadas
- Días de germinación
- Numero de semillas germinadas

5.5.6. Análisis estadístico

Los valores encontrados fueron sometidos a análisis de variancia por el test F y análisis de regresión. Las medias de porcentaje de germinación también fueron comparadas por el test de Tukey a nivel de 5 % de probabilidad.

5.5.7. Determinación de índices relacionados con la germinación

Para determinar algunos índices relacionados con la germinación de semillas se empleó las siguientes formulas (González y Orozco, 1996).

- **Coefficiente de velocidad de germinación**

$$CV = \frac{\sum n_i}{\sum (n_i t_i)} \times 100$$

donde: CV = coeficiente de velocidad de germinación, n_i = número de semillas germinadas el día, t_i = número de días después la siembra.

- **Tiempo promedio de germinación**

$$T = \frac{1}{CV}$$

donde: T = tiempo promedio de germinación, 1 = constante, CV = coeficiente de velocidad de germinación.

- **Índice de germinación**

$$IG = \frac{\sum n_i}{N}$$

donde: IG = índice de germinación, n_i = número de semillas germinadas el día i , t = número de días después de la siembra. N = total de semillas sembradas.

- **Velocidad de germinación**

$$M = \sum \left(\frac{n_i}{t} \right)$$

donde: M = velocidad de germinación, n_i = número de semillas germinadas el día i , t = tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla.

6. Resultados

6.1. Contaminación de semillas de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.

En las semillas de *H. chrysanthus* se registró la presencia de hongos (*Pythium spp.* y *Rhizopus stolonifer*) que afectaron al 90 % del ensayo a partir del décimo día (Figura 3).

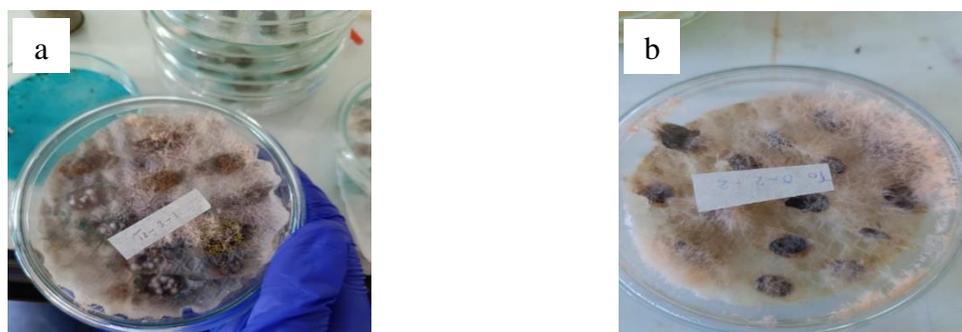


Figura 3. Contaminación de semillas de *Handroanthus chrysanthus* en condiciones de laboratorio: a) *Pythium spp.* y b) *Rhizopus stolonifer*.

6.2. Efecto del acondicionamiento osmótico en la germinación de semillas de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.

6.2.1. Germinación de semillas

El mayor porcentaje de germinación se registró entre los 18 a 22 días, en la mayoría de tratamientos; sin embargo, se evidencia que el mayor número de semillas germinadas fue en el T0 y T1, mientras que el menor número de semillas germinadas se determinó en T4 (Tabla 4).

Tabla 4. Germinación de semillas de *Handroanthus chrysanthus* en diferentes tiempos de inmersión en agua (T0= testigo; T1= 24 h; T2= 48 h; T3= 72 h; T4= 96 h) a los 30 días de evaluación en condiciones de laboratorio (n= 225).

Días	Número de semillas germinadas				
	T0	T1	T2	T3	T4
8	13	12	12	9	3
10	0	0	0	2	0
12	12	18	2	7	5
14	20	11	10	10	4
16	29	12	7	9	5
18	34	24	9	15	7
20	26	18	4	7	0
22	40	23	7	12	3
24	12	11	4	5	2
26	5	1	1	0	0
28	9	2	0	1	0
30	8	2	5	2	0
Total	208	134	61	79	29
Porcentaje (%)	92,44	59,56	27,11	35,11	12,89
Promedio	17,33	11,17	5,08	6,58	2,42
Varianza	154,06	72,33	15,90	22,08	6,08
Desviación estándar	12,41	8,50	3,99	4,70	2,47
Coefficiente de variación (%)	71,61	76,16	78,45	71,38	102,06
Error estándar	3,58	2,46	1,15	1,36	0,71

6.2.2. Parámetros relacionados con la germinación de semillas

El acondicionamiento osmótico de las semillas de *H. chrysanthus* registran diferencias entre el índice de germinación y la velocidad de germinación. Entre tanto, los coeficientes de velocidad y el tiempo de germinación no mostraron variaciones importantes, lo que se puede observar a través del coeficiente de variación de cada parámetro, donde la variabilidad de los valores fue menor a 7 % para el CV y T (Tabla 5).

Tabla 5. Parámetros de germinación de *Handroanthus chrysanthus* en diferentes tiempos de inmersión en agua (T0= testigo; T1= 24 h; T2= 48 h; T3= 72 h; T4= 96 h). CV= coeficiente de velocidad de germinación; T= tiempo promedio de germinación; IG= índice de germinación; M= velocidad de germinación a los 30 días de evaluación en condiciones de laboratorio.

Tratamientos	CV	T	IG	M
T0	5,31	0,19	17,40	6,93
T1	5,67	0,18	10,50	4,47
T2	5,87	0,17	4,62	2,03
T3	5,89	0,17	5,96	2,63
T4	6,30	0,16	2,04	1,21
Promedio	5,81	0,17	8,10	3,45
Desviación estándar	0,36	0,01	6,03	2,28
Coefficiente de variación (%)	6,21	6,55	74,46	66,11

6.2.3. Porcentaje de germinación

El mayor porcentaje de germinación de semillas de *H. chrysanthus* se registró en el T0 (testigo) con el 92,44 %; entre tanto, el T4 (96 h) registro el menor porcentaje de germinación con el 12,89 % (Figura 4).

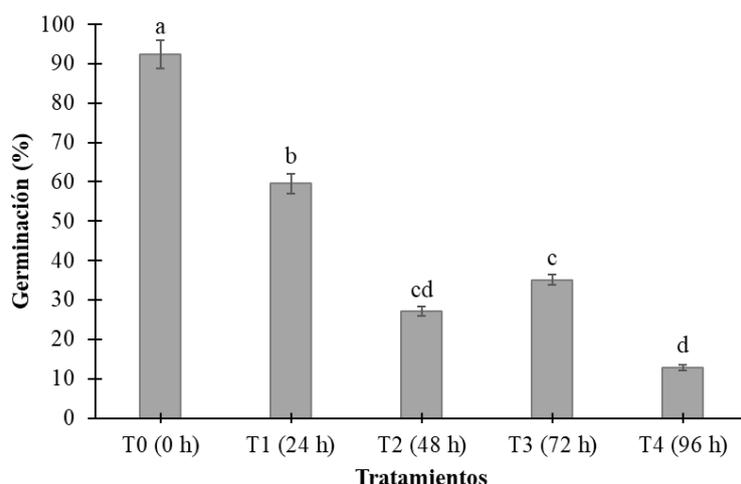


Figura 4. Porcentaje de germinación de semillas de *Handroanthus chrysanthus* bajo osmoacondicionamiento (T0= testigo; T1= 24 h; T2= 48 h; T3= 72 h; T4= 96 h), a los 30 días de evaluación en condiciones de laboratorio (n= 225/tratamiento, SE= error estándar).

6.2.4. Uniformidad de germinación

Las semillas de *H. chrysanthus* registraron entre el 5 y 95 % de germinación entre el día ocho y el 23 respectivamente, destacándose el tratamiento testigo (T0) (Figura 5).

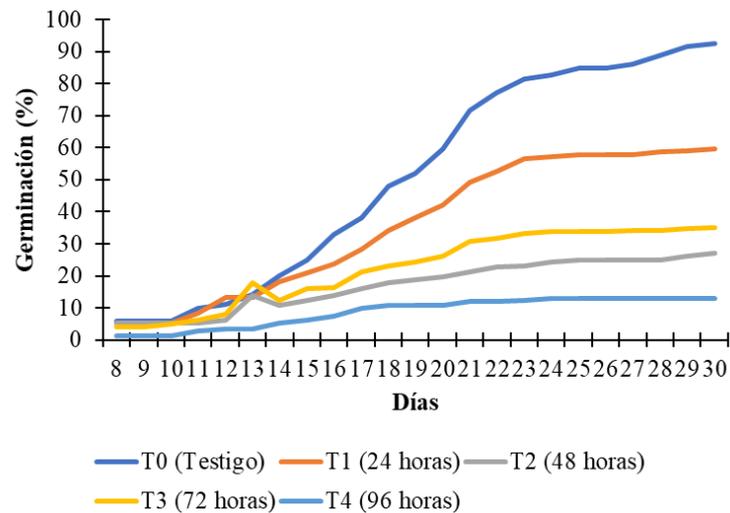


Figura 5. Número de días a la germinación de semillas de *Handroanthus chrysanthus* bajo osmoacondicionamiento a los 30 días de evaluación (n=225/tratamiento).

6.3. Efecto de diferentes niveles de potencial hídrico inducidos por soluciones salinas en la germinación de semillas de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.

6.3.1. Germinación de semillas

El mayor porcentaje de germinación se registró en el día seis, en la mayoría de tratamientos; sin embargo, se evidencia que el mayor número de semillas germinadas fue en el T4 y T5, seguido por T0, T1 y T2 mientras que el menor número de semillas germinadas se dio en T3 (Tabla 6).

Tabla 6. Germinación de semillas de *Handroanthus chrysanthus* en diferentes cantidades de soluciones salinas (T0= testigo; T1= 1g; T2= 5g; T3= 10g; T4= 0,946 g; T5= 1,892) a los 30 días de evaluación en condiciones de laboratorio.

Días	Número de semillas germinadas					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
6	172	104	89	49	164	151
8	0	2	0	0	0	0
10	0	0	0	4	0	0
12	0	26	16	5	0	0
14	4	9	2	0	16	13
16	0	0	0	10	0	0
18	0	9	0	0	0	8
20	0	9	1	0	0	8
22	0	3	0	0	0	0
Total	176	162	108	68	180	180
Porcentaje (%)	97,78	90,00	60,00	37,78	100	100
Promedio	19,56	18,00	12,00	7,56	20,00	20,00
Varianza	3269,78	1104,00	860,75	253,53	2944,00	2437,25
Desviación estándar	57,18	33,23	29,34	15,92	54,26	49,37
Coefficiente de variación (%)	292,41	184,59	244,49	210,74	271,29	246,84
Error estándar	19,06	11,08	9,78	5,31	18,09	16,46

6.3.2. Parámetros relacionados con la germinación de semillas

El potencial hídrico inducido por soluciones salinas de las semillas de *H. chrysanthus* registran diferencias entre el índice de germinación y la velocidad de germinación. Entre tanto, los coeficientes de velocidad y el tiempo de germinación mostraron variaciones, lo que se puede observar a través del coeficiente de variación de cada parámetro, donde la variabilidad de los valores fue menor a 15 % para el CV y T (Tabla 7).

Tabla 7. Cálculo de los parámetros de germinación de semillas de *Handroanthus chrysanthus* en diferentes cantidades de soluciones salinas (T0= testigo; T1= 1g; T2= 5g; T3= 10g; T4= 0,946 g; T5= 1,892g) a los 30 días de evaluación en condiciones de laboratorio. CV= coeficiente de velocidad de germinación; T= tiempo promedio de germinación; IG= índice de germinación; M= velocidad de germinación.

Tratamientos	CV	T	IG	M
T0	16,18	0,06	6,04	12,57
T1	10,90	0,09	8,26	7,36
T2	13,95	0,07	4,30	5,40
T3	12,27	0,08	3,08	4,25
T4	14,90	0,07	6,71	12,86
T5	12,93	0,08	7,73	9,00
Promedio	13,52	0,08	6,02	8,57
Desviación estándar	1,89	0,01	2,00	3,60
Coefficiente de variación (%)	14,01	13,98	33,24	41,98

6.3.3. Porcentaje de germinación

El mayor porcentaje de germinación de semillas de *H. chrysanthus* se registró en el T4 (100 %), T5 (100 %), T0 (97,78 %), entre tanto, el T3 (1,11 %) registro el menor porcentaje de germinación.

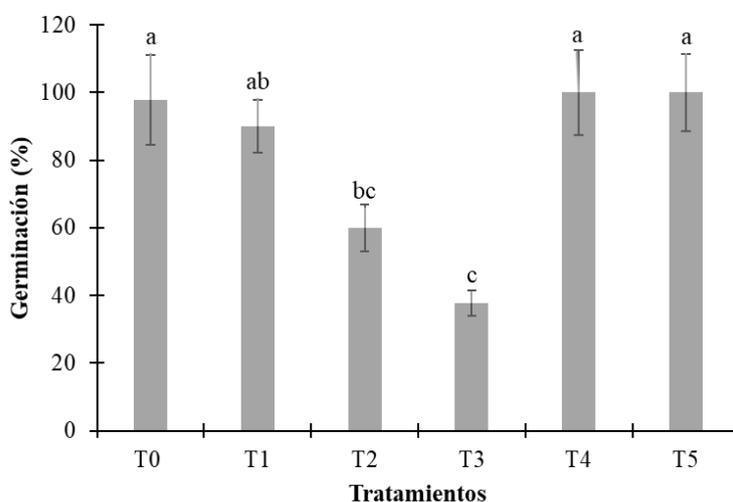


Figura 6. Porcentaje de germinación en semillas de *Handroanthus chrysanthus* bajo diferentes niveles de potencial hídrico inducidos por soluciones salinas (T0= testigo; T1= 1g; T2= 5g; T3= 10g; T4= 0,946 g; T5= 1,892) a los 30 días de evaluación (n= 180/tratamiento).

6.3.4. Uniformidad de germinación

Las semillas de *H. chrysanthus* registraron entre el 5 y 95 % de germinación entre el día 6 y el 15 respectivamente, destacándose el tratamiento testigo (T0) (Figura 7).

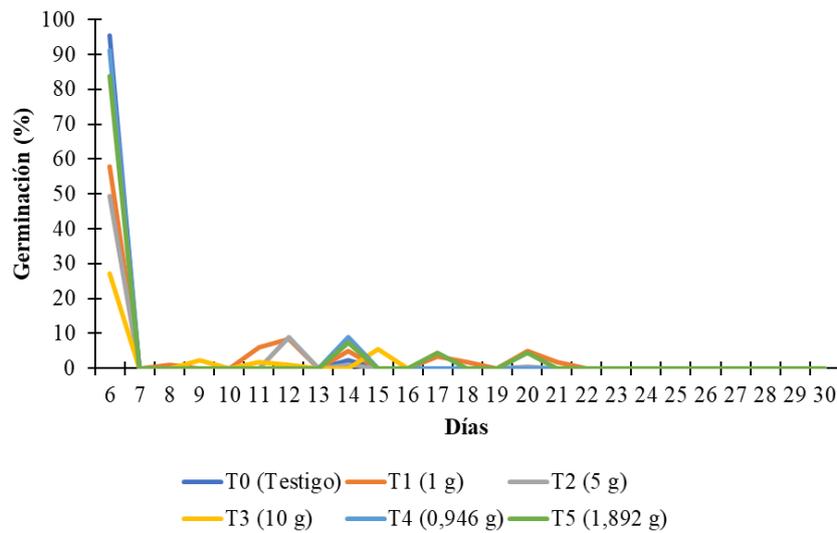


Figura 7. Número de días que tardan en germinar las semillas de *Handroanthus chrysanthus* bajo potencial hídrico inducidos por soluciones salinas a los 30 días de evaluación (n=108/tratamiento) de *Handroanthus chrysanthus*.

7. Discusión

7.1. Contaminación de semillas

La germinación en condiciones de laboratorio es fundamental para determinar las condiciones fisiológicas y viabilidad de las semillas para producir plántulas forestales (Rodríguez et al., 2009). Sin embargo, uno de los problemas en los estudios de germinación en laboratorio es la contaminación de la semilla por hongos, dada la elevada humedad y temperatura durante el proceso (Amza, 2018; Apóstolo et al., 2016). Por ello, se han propuesto procesos de desinfección para las semillas de *Handroanthus impetiginosus*, *H. ochraceus*, *H. lapacho* y *H. chrysanthus* con hipoclorito de sodio (NaClO) y enjuagados con agua destilada esterilizada (Apóstolo et al., 2016; Palomeque et al., 2017) en el presente estudio la efectividad del hipoclorito en controlar la contaminación no fue suficiente, por tanto, se puede inferir contaminación endógena de la semilla. Para el control por la presencia de hongos en este estudio se utilizó un fungicida agropecuario llamado REBOLT el cual actuó de manera favorable permitiendo a las semillas germinar en óptimas condiciones.

7.2. Efecto del acondicionamiento osmótico en la germinación de semillas de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.

7.2.1. Efectos del osmoacondicionamiento en semillas

El mayor porcentaje de germinación de las semillas de *Handroanthus chrysanthus* se registró entre los días 18 y 22 en la mayoría de los tratamientos. Esta diferencia en los tiempos de germinación podría atribuirse a las variaciones de tratamientos. Cada especie de planta tiene su propio conjunto de requisitos de germinación, que pueden estar influenciados por factores genéticos, fisiológicos y ambientales.

El estudio realizado por Barrutia et al. (2020), sugieren que la mayoría de las semillas germinan en un lapso de 13 días en todos los tratamientos empleados. Sin embargo, al comparar estos resultados con los obtenidos en nuestra investigación sobre la especie *Handroanthus chrysanthus*, encontramos una marcada discrepancia.

7.2.2. Índices relacionados con la germinación de semillas

Tabebuia chrysantha registra coeficientes de velocidad de germinación entre 1,50 y 1,85 (Palomeque et al., 2017), categorizadas como germinación tardía, baja sincronización y un bajo porcentaje de germinación para esta especie. En nuestra investigación, observamos que, en tres de los tratamientos empleados, el coeficiente de velocidad de germinación fue bajo, lo que resultó en un bajo porcentaje de germinación y un tiempo de germinación significativamente más tardío. Estas observaciones sugieren que la velocidad de germinación puede tener un impacto importante en el porcentaje y el tiempo de germinación de estas

especies. Sin embargo, es fundamental considerar otros factores que podrían influir en estos resultados, como las condiciones ambientales y la calidad de las semillas. Se necesitan más investigaciones para comprender completamente los mecanismos que subyacen a la germinación en estas especies y para mejorar nuestras estrategias de propagación y conservación.

Los parámetros de germinación que se aplicaron al estudio muestran que, en los 5 tratamientos el coeficiente de velocidad de germinación y el tiempo de terminación de semillas fueron similares, presentando un coeficiente de variación de más del 5 %, de igual manera el índice y velocidad de germinación arrojaron coeficientes de variación demasiado elevados lo cual indica que todos los parámetros se vieron influenciados por cada uno de los tratamientos. Los mayores índices y velocidades de germinación fueron en el T0 (testigo) y T1 (24h) lo cual comprueba que las semillas de *Handroanthus chrysanthus* pueden llevar su proceso de germinación con mayor proporción y con mayor velocidad sin necesidad de mucha agua.

De acuerdo con Barrutia et al. (2020), los resultados del estudio de germinación indican que, en los tres tipos de suelo analizados, tanto el coeficiente de velocidad de germinación como el tiempo requerido para la germinación de las semillas fueron estadísticamente similares, mostrando un coeficiente de variación inferior al 5 %. Sin embargo, los parámetros de índice y velocidad de germinación exhibieron coeficientes de variación superiores al 5 %, lo que sugiere que estos aspectos fueron influenciados por el tipo de suelo en el que se sembraron las semillas. Se observó que las semillas sembradas en el suelo STY mostraron los mayores índices y velocidades de germinación, lo que confirma observaciones previas y evidencia una tendencia hacia una germinación más abundante y rápida en el suelo franco-arenoso del área de Tayabamba.

7.2.3. Porcentaje de germinación

Durante la inmersión en agua del tratamiento T4, se observó el porcentaje de germinación más bajo en comparación con los demás tratamientos. Este resultado puede ser respaldado por Valdovinos y Rinaldo (2017), quienes señalan en su estudio que la prueba de inmersión conlleva a una reducción significativa en la germinación, mostrándose más rigurosa en términos del nivel de estrés experimentado por las semillas en comparación con el envejecimiento acelerado. En pocas palabras, la prolongada inmersión de las semillas en agua disminuye su capacidad de germinación.

El estudio realizado revela que el porcentaje más alto de germinación de las semillas de *Handroanthus chrysanthus* se observó únicamente en el tratamiento T0, con un porcentaje del 92,44 %, en contraste con los otros tratamientos que mostraron niveles más bajos de

germinación. Esta disparidad entre los tratamientos indica una diferencia estadísticamente significativa. En un estudio relacionado, Barrutia et al. (2020), encontraron que la germinación de las semillas de *Cinchona officinalis* L. variaba según el tipo de suelo en el que se sembraban, llegando a obtener un máximo de 50 %. Por lo tanto, nuestros resultados muestran una respuesta positiva en comparación con los hallazgos de este autor.

El estudio de Duarte et al. (2014), determinaron que las semillas de *Handroanthus heptaphyllus* conservadas a 4 °C alcanzaron un 100 % de germinación a los 30 días de la cosecha. Sin embargo, con el paso del tiempo de almacenamiento, esta capacidad germinativa disminuyó gradualmente, llegando a ser nula después de 24 meses de almacenamiento. Esto sugiere que la temperatura de almacenamiento puede desempeñar un papel crucial en la viabilidad de las semillas a largo plazo. En nuestro estudio, las semillas se almacenaron a temperatura ambiente, lo que podría haber contribuido a la baja germinación observada. Esto indica la importancia de considerar las condiciones de almacenamiento adecuadas para preservar la viabilidad de las semillas y garantizar un alto porcentaje de germinación.

Otros estudios como el presentado por López y Gil (2017), mencionan que en la especie *Caesalpinia spinosa* en el T2 (24h) obtuvo un mayor porcentaje de germinación por encima del 90 %, presentando mayor energía y vigor germinativo lo cual tiene algo de similitud con nuestra investigación ya que los tratamientos que mayor porcentaje de germinación fueron el T0 (testigo) y T1 (24 h) respectivamente. Investigaciones como las de Moreno y Jiménez (2013), corroboran los resultados obtenidos ya que afirman que las semillas al ser sometidas a osmoacondicionamiento obtienen mayor porcentaje y velocidad de germinación.

7.2.4. Uniformidad de germinación

Como lo plantean López y Gil (2017), el osmoacondicionamiento afecta directamente en la germinación, emergencia y uniformidad de germinación. de este modo se verifica que la uniformidad de la investigación también se vio afectada a medida que aumentaba el tiempo de imbibición de agua.

7.3. Evaluar la germinación de semillas de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. bajo efecto de diferentes niveles de potencial hídrico inducidos por soluciones salinas

7.3.1. Germinación

El estudio realizado por Apóstolo et al. (2016), muestra que las semillas de *Handroanthus*, especialmente *Handroanthus. impetiginosus*, conservadas a 5 °C durante un año, exhibieron porcentajes de germinación de hasta el 82 - 100 % en ambas temporadas de recolección. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de nuestra investigación, Donde: las semillas utilizadas fueron conservadas en un cuarto frío durante 6 meses y

empezaron a germinar a los 8 días. En nuestro estudio, observamos que la conservación en frío no afectó negativamente el proceso de germinación, siendo este muy favorable en la mayoría de los tratamientos. Esta coincidencia entre los resultados de ambos estudios sugiere que el almacenamiento a baja temperatura es efectivo para preservar la viabilidad y la capacidad de germinación de las semillas de *Handroanthus* a largo plazo.

Este estudio revela que las semillas de guayacán sometidas a estrés por soluciones salinas no se ven impedidas en su proceso de germinación lo cual no concuerda con la investigación realizada por Topacoglu et al. (2016), que utilizó las semillas de la especie forestal *Pinus nigra* de 15 regiones que fueron germinados bajo estrés hídrico con PEG. Disminuyendo el agua el estrés en el sustrato disminuyó la germinación, lo cual indicó que el estrés hídrico inhibe la germinación de modo que se vio afectada cuando aumentó el estrés.

7.3.2. Parámetros relacionados con la germinación de semillas

Este estudio reveló un coeficiente de velocidad de germinación favorable, con un rango entre el 10 y el 16 %, indicando un tiempo de germinación reducido y un alto porcentaje de germinación. Estos hallazgos están respaldados por los resultados de Palomeque et al. (2017), donde se observó que *Inga acreana* presentaba coeficientes de velocidad de germinación entre 2,04 y 2,10. Esta especie exhibió el coeficiente de velocidad de germinación más alto, lo que sugiere un tiempo de germinación reducido, una alta sincronización y un alto porcentaje de germinación en los individuos estudiados. Estos resultados son consistentes con nuestros hallazgos y respaldan la eficacia de la germinación en las condiciones experimentales establecidas.

Los parámetros de germinación de las semillas de *Handroanthus chrysanthus* muestran diferencias significativas en el coeficiente de velocidad de germinación y el tiempo, con valores que exceden el 5 %. Por otro lado, el índice de germinación y el tiempo con mayor proporción y velocidad se observaron en la mayoría de los tratamientos. Estos hallazgos coinciden con lo mencionado por Choque et al. (2020), quienes sugieren que la capacidad germinativa de las semillas disminuye gradualmente con el aumento de las concentraciones de sales, pudiendo inhibir completamente el proceso de germinación en niveles altos. Esto respalda la idea de que el uso de soluciones salinas en cantidades bajas no afecta negativamente el proceso de germinación, como se observa en nuestros resultados.

7.3.3. Porcentaje de germinación

Las semillas utilizadas en este estudio fueron recolectadas hace 6 meses, lo que sugiere que, a pesar del tiempo transcurrido, aún conservan su viabilidad. Esto se evidenció al someterlas a estrés, donde se observó un porcentaje de germinación positivo en algunos de los

tratamientos. Estos resultados contradicen las afirmaciones de Medina et al. (2020), quienes sugirieron que el porcentaje de germinación tiende a ser mayor en semillas más frescas. Por otro lado, de acuerdo con Cordero et al. (2003), el proceso de germinación suele comenzar entre 5 y 15 días después de la siembra. Nuestros resultados son consistentes con esta estimación, ya que observamos que las semillas comenzaron a germinar a los 6 días desde su siembra. Esto respalda la idea de que el tiempo de germinación de las semillas estudiadas se encuentra dentro del rango.

El porcentaje de germinación fue favorable en todos los tratamientos ya que casi se alcanzó el 100 % a excepción de uno; esto puede ser debido a que anteriormente las semillas fueron almacenadas en cuarto frío y mantuvieron su latencia. Por lo tanto, antecedentes como el de Duarte et al. (2014), reportaron que el porcentaje de semillas almacenadas en frío favoreció al porcentaje de germinación.

El porcentaje de germinación fue alto en todos los tratamientos, alcanzando casi el 100 % en la mayoría de ellos, con la excepción de uno. Este resultado podría atribuirse al hecho de que las semillas fueron previamente almacenadas en un cuarto frío, lo que pudo haber mantenido su germinabilidad. Esto es consistente con estudios previos, como los reportados por Duarte et al. (2014), quienes encontraron que el almacenamiento en frío favoreció el porcentaje de germinación de las semillas.

7.3.4. Uniformidad de germinación

En el estudio realizado por Silva et al. (2019), encontraron que no hubo un efecto significativo en la uniformidad de la germinación para los tratamientos que variaban entre el 25 y 75 %. No obstante, los tratamientos que emplearon PEG mostraron los mejores resultados, con una germinación óptima ocurriendo entre los días 5 y 6. En comparación con nuestros hallazgos, las semillas de *H. chrysanthus* registraron una germinación del 5 y 95 % entre los días 6 - 15, respectivamente.

Las semillas sometidas a osmocondicionamiento con soluciones salinas muestra una mayor velocidad y uniformidad de germinación determinándose una tasa superior de este proceso (Aljaro y Wineken, 1985).

Según Shimizu (2007), plantea que la preservación de la diversidad genética y la mejora genética son pilares esenciales para mantener la salud y la variedad de las poblaciones de especies forestales. Es fundamental conservar la variabilidad genética de las especies para garantizar su capacidad de adaptación a los cambios ambientales y su evolución a lo largo del tiempo. Por lo tanto, este estudio no solo persigue la conservación de la especie *Handroanthus*

chrysanthus, sino que también busca promover el conocimiento científico de los niveles de variabilidad en especies forestales para lograr una conservación y mejora genética efectiva.

8. Conclusiones

Los resultados sugieren que *Handroanthus chrysanthus* muestra sensibilidad al estrés hídrico y un rango limitado de tolerancia a potenciales osmóticos negativos.

A medida que aumentó el tiempo de imbibición y se incrementaron las concentraciones de las soluciones salinas, se observó una disminución marcada en el porcentaje de germinación. Este comportamiento resalta la sensibilidad de esta especie a condiciones de estrés hídrico extremo.

Estos resultados indican que la disponibilidad de agua es crucial para el éxito germinativo y que los niveles osmóticos elevados inhiben el metabolismo inicial de las semillas.

9. Recomendaciones

Identificar las procedencias y matrices donde se colectan los frutos con la finalidad de determinar las diferencias en la respuesta y la variabilidad genética dentro de la especie.

Las soluciones salinas en grandes cantidades como el cloruro de calcio actúan de forma negativa retrasando el proceso de germinación en semillas de *H. chrysanthus*.

Utilizar fungicidas post-germinación en la semilla ya que inhiben el crecimiento de hongos y sus esporas evitando una contaminación masiva.

10. Bibliografía

- Abraham De Noir, F., Bravo, S., y Abdala, R. (2002). *Mecanismos de dispersión de algunas especies de leñosas nativas del Chaco Occidental y Serrano*. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48100913>
- Torres, J. y Aguirre Mendoza, N. (2014). *Guía para la Restauración Ecológica en los Páramos del Antisana*. Quito, Ecuador: Fondo de Protección del Agua - FONAG.
- Aguirre, Z., Loja, Á., Solano, C., y Aguirre, N. (2015). Especies forestales más aprovechadas en la región sur del Ecuador. Universidad Nacional de Loja.
- Aljaro, A., y Wineken, L. (1985). Acondicionamiento osmótico de semillas de “pimiento” (*Capsicum annuum* L.) y su efecto es en la germinación y emergencia. *Agricultura Técnica*, 45(4), 293–302.
- Amza, J. (2018). *Seed Borne Fungi; Food Spoilage, Negative Impact and Their Management: A Review*. 81, 70–79. www.iiste.org
- Apóstolo, N. M., Larraburu, E. E., Gil, M. N., Zapater, M. A., y Llorente, B. E. (2016). *In vitro* and *ex vitro* germination of three *Handroanthus* species (Bignoniaceae). *Bonplandia*, 25, 5–15.
- Augusto, F. (2003). *Ecophysiology of woody plants*. New York. Columbia University Press.
- Barrutia, R., Barrutia, I., y Marín, T. (2020). *Germinación de semillas de Cinchona officinalis L. en tres tipos de suelos de Cajamarca, Perú*. Enero-abril, 8(1), 75–87. <http://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/488>
- Berjak, P., y Pammenter, N. (2010). *Semillas Ortodoxas y Recalcitrantes*. In J. Vozzo (Ed.), *Manual de semillas de árboles tropicales* (pp. 143–155).
- Black, M., & Bewley, J. (2000). *Tecnología de semillas y su base biológica* (p. 419). Sheffield Academic Press.
- Burdett, A. N. (1990). *Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock*. *Canadian Journal of Forest Research*, 20(4), 415–427. <https://doi.org/10.1139/x90-059>
- Camacho, F. (1984). *Dormición de semillas, causas y tratamientos*. México, DF: Editorial Trillas
- Carvalho, N., & Nakagawa, J. (2012). *Ciência, Tecnologia e Produção*. 5. FUNEP
- Choque, W., Pérez, V., y Murga, L. (2020). Respuesta de la germinación de semillas forrajeras a soluciones salinas en condiciones controladas. *Journal Selva Andina Biosphere.*, 8.
- Cordero, J., Mesén, F., Montero M, Stewart, J., Boshier, D., Chamberlain, J., Penníngton, T., Hands, M., Hughes, C., y Detlefsen, G. (2003). *Descripciones de especies de árboles nativos de América Central* (J. Cordero y D. Boshier, Eds.). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Courtis, A. (2013). *Germinación de semillas*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste.

- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y alimento. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 37(1), 123-135. Recuperado de https://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362010000100011&script=sci_arttext
- Duarte, E., Avico, E., Sansberro, P., y Luna, C. (2014). Efecto de la testa sobre la germinación de semillas de *Handroanthus heptaphyllus* tras distintos tiempos de almacenamiento. *Ciencias Agronómicas*.
- Gastón, C. (2017). Estudio de la germinación de dos especies de *Teucrium* protegidas en la Región de Murcia. Universidad Politécnica de Cartagena.
- González-Zertuche, L., y Orozco-Segovia, A. (1996). Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Botanical Sciences*, 58, 15–30. <https://doi.org/10.17129/botsci.1484>
- Gordon, A. (1971). La prueba de resistencia a la germinación: una nueva prueba para medir la calidad de la germinación de los cereales. *Revista Canadiense de Ciencias Vegetales*.
- Gratacós, E., y Gurovich, L. (2003). Uso de la técnica del fitomonitor como indicador del estado hídrico del kiwi y su uso en riego programado. *Ciencia e Investigación Agraria*, 30(2), 113–137.
- Hadas, A. (2004). The soil physical environment of germinating seeds (R. Benech y R. Sánchez, Eds.). *Handbook of Seed Physiology: Applications to Agriculture*. Food Product Press.
- Herrera, J., Lines, K., y Vásquez, W. (2006). Estudio de la germinación y la conservación de semillas de cedro maría (*Calophyllum brasiliense*). In *Tecnología en Marcha* (Vol. 19, Issue 1).
- Heydecker, W. (1973). *Seed ecology: Proceedings of the Nineteenth Easter School in Agricultural Science, University of Nottingham, 1972* (1973 University Park the Pennsylvania State University, Ed.).
- Jorgensen, P., y León, S. (1999). *Catalogue of the Vascular Plants of northwest South America*. The University Press of Chicago.
- Llambí, L. D., Soto, A., Célleri, R., De Bievre, B., Ochoa, B., y Borja, P. (2012). Ecología hidrológica y suelos de páramos. Páramos Andinos. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56475.pdf>
- López, D., Melchiorre, M., y Verga, A. (2005). Respuestas de los algarrobos al estrés hídrico. *Idia XXI*, 5 (8), 216
- López, y Gil. (2017). Efecto del acondicionamiento osmótico en la germinación de semillas de *Caesalpinia spinosa* (Feuillée ex Molina) Kuntze (Fabaceae) “taya.” *Arnaldoa*, 24(1). <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.241.24115>
- López, M. (2017, 11 Septiembre). Restauración en bosques andinos: evolución y retos en cuatro países de América del Sur. *Mongabay Latinoamérica*
- López, U., y Gil, L. (2006). La diversidad en las especies forestales: un cambio de escala. El ejemplo del alcornoque. *Ecosistemas*, 15(2). Recuperado de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/182> Madrid.

- Magnitskiy, S. V, y Plaza, G. A. (2007). Fisiología de semillas recalcitrantes de árboles tropicales. In *Agronomía Colombiana* (Vol. 25, Issue 1).
- Maguire, J. (1962). Velocidad de selección y evaluación de ayudas a la germinación para la emergencia y el vigor de las plántulas. *Crop Science*, 176–177.
- Marcos-Filho, J. (2015). Seed Physiology of Cultivated Plants. *ABRATES*, 2.
- Matilla, A. J. (2016). *Desarrollo y germinación de las semillas*. <https://www.researchgate.net/publication/271512205>
- Medina, H., Torres, J., Palacios, C., Ruiz, B., Martínez, M., y Rengifo, L. (2020). *Germinación y crecimiento del árbol Handroanthus chrysanthus (Bignoniaceae) en condiciones de vivero*. 12. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-42662020000200409yscript=sci_arttext
- Megías, M., Molist, P., y Pombal, M. A. (2018). *Atlas de Histología Vegetal y Animal Órganos vegetales semilla*. <http://mmegias.webs2.uvigo.es/inicio.html>.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2016). *Bosques para el Buen Vivir-Plan de Acción REDD+ Ecuador (2016-2025)*. Recuperado de <https://www.ambiente.gob.ec/plan-de-accion-redd-ecu-2016-2025/>
- Moreno, B., y Jiménez, S. (2013). Efecto del acondicionamiento osmótico en semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad santa clara. *Conexión Agropecuaria*, 3(2), 11–17.
- Navarrete, N., y Orellana, M. (2007). *Tabebuia donnell-smithii* Rose: Caracterización y potencialidades de uso. *Revista de Ciencias Forestales*.
- Ojeda, C., Murillo, B., Reynaldo, I., Troya, E., Ruiz, F., y Nieto, A. (2013). Estrés hídrico en la germinación y crecimiento de plántulas de genotipos de albahaca *Ocimum basilicum* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(2), 229-241.
- Ortiz, M. (2006). Respuestas fisiológicas y bioquímicas de dos especies de pinos en condiciones limitantes de humedad. Tesis de licenciatura. Universidad autónoma del Estado de Hidalgo.
- Palomeque, X., Maza, A., Iñamagua, J. P., Günter, S., Hildebrandt, P., Weber, M., y Stimm, B. (2017). Variabilidad intraespecífica en la calidad de semillas de especies forestales nativas en bosques montanos en el sur del Ecuador: Implicaciones para la restauración de bosques. *Revista de Ciencias Ambientales*, 51(2), 52. <https://doi.org/10.15359/rca.51-2.3>
- Parrado, Á. (2007). La dispersión de semillas: una herramienta para comprender la composición y estructura de los Bosques Amazónicos. *Diversidad biológica y cultural del sur de la Amazonia Colombiana–Diagnóstico*. *CorpoAmazonia, Instituto Alexander von Humboldt, Instituto SINCHI, UAESPNN*. Bogotá, 109-116.
- Prieto, J., Almaraz, R., Corral, J., y Vázquez, A. (2012). Efecto del estrés hídrico en *Pinus cooperi* blanco durante su preacondicionamiento en vivero. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 3(12), 19-28.
- Prieto, J., Cornejo, E., Domínguez, P., Nívar, J., Marmolejo, J., y Jiménez, J. (2008). Estrés hídrico en *Pinus engelmannii* Carr., producido en vivero. *Forest Systems*. 13.

- Probert, R. (2000). El papel de la temperatura en la regulación de la latencia y la germinación de las semillas. En: M Fenner, ed. *Semillas: la ecología de la regeneración en las comunidades vegetales*. Wallingford, Reino Unido: CAB International, 261 – 292.
- Richards, L. (1980). *Suelos Salinos y Sódicos*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- Rodríguez, S., Vergara, M., Ramos, J. M., y Sainz, C. (2009). Germinación y manejo de especies forestales tropicales. 10.25009/uv.1995.121.
- Rosabal, L., Martínez, L., Reyes, Y., Amico, R., y Núñez, M. (2014). Aspectos fisiológicos, bioquímicos y expresión de genes en condiciones de déficit hídrico. Influencia en el proceso de germinación. *Cultivos Tropicales*, 35(3), 24–35. <http://ediciones.inca.edu.cu>
- Scott, S., Jones, R., y Williams, W. (1984). Revisión de métodos de análisis de datos para la germinación de semillas. *Crop Science*.
- Shimizu, J. Y. (2007). Estrategia complementar para conservação de espécies florestais nativas: resgate e conservação de ecótipos ameaçados. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 7–35.
- Silva, G. H., José, A. C., Teixeira, F. P., Gonzaga, L. M., Molina, R. R., Medeiros, J. X., Okada, M. H., y Chamma, L. (2019). Effect of Priming on Physiological Quality of *Handroanthus serratifolius* (Vahl.) Seeds. *Journal of Experimental Agriculture International*, 1–8. <https://doi.org/10.9734/jeai/2019/v31i330071>
- Tapia-Armijos, M. F., Homeier, J., Espinosa, C. I., Leuschner, C., y De La Cruz, M. (2015). Deforestation and forest fragmentation in south Ecuador since the 1970s - Losing a hotspot of biodiversity. *PLoS ONE*, 10(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133701>
- Topacoglu, O., Sevik, H., y Akkuzu, E. (2016). Effects of water stress on germination of *Pinus nigra* arnold. Seeds. In *Pakistan Journal Botany* (Vol. 48, Issue 2).
- Valdovinos, T. M., y de Paula, R. C. (2017). Diversidad genética de *Handroanthus heptaphyllus* a partir de calidad fisiológica de semillas. *Bosque*, 38(2), 327–336. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000200010>
- Valverde, J. C., y Arias, D. (2020). Efectos del estrés hídrico en crecimiento y desarrollo fisiológico de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. *Colombia Forestal*, 23(1), 20–34. <https://doi.org/10.14483/2256201X.14786>
- Varela, S. A., y Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Recuperado de <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/11393>
- Vazquez, C., Cervantes, V., Orozco, A., y Sanchez, M. (1997). La reproducción de las plantas: semillas y meristemas. Fondo de Cultura Económica.

11. Anexos

Anexo 1. Preparación de equipos y materiales en el laboratorio.



Cámara germinadora



Desinfección de cámara germinadora



Preparación de cajas petri con papel toalla



Selección y conteo de semillas

Anexo 2. Desinfección de semillas *Handroanthus chrysanthus*.



Semillas sumergidas en NaCl



Semillas sumergidas en NaCl por un lapso de 5 minutos

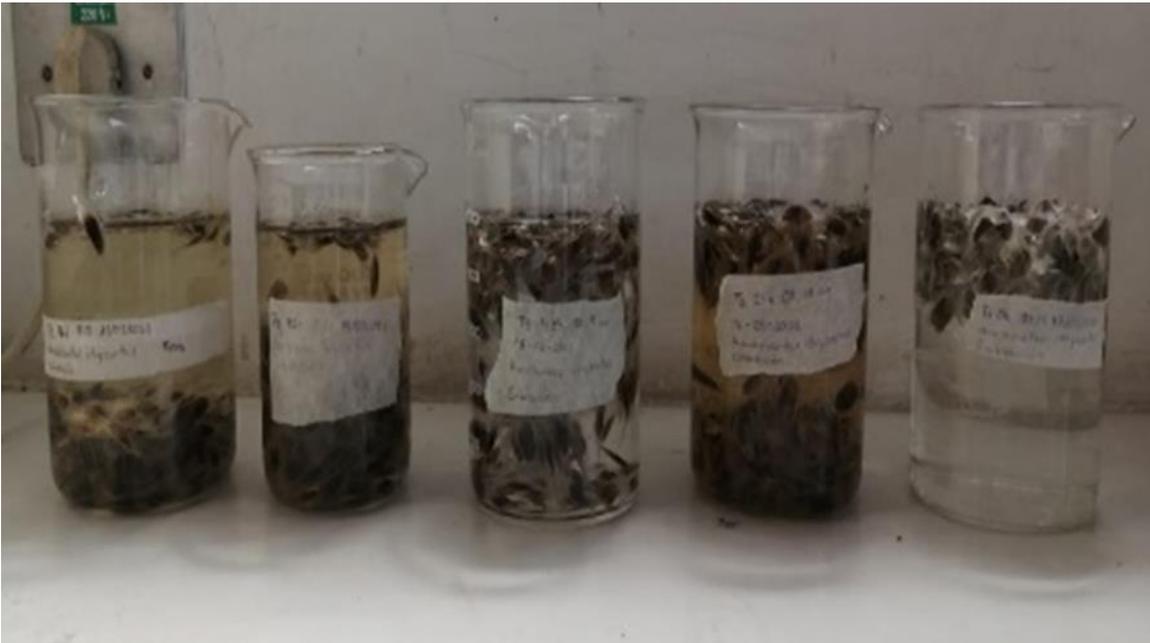


Colar semillas



Enjuague de semillas con agua corriente (3 veces)

Anexo 3. Aplicación de tratamientos y siembra de semillas de *Handroanthus chrysanthus*.



Tratamientos (T0= testigo; T1= 24 h; T2= 48 h; T3= 72 h; T4= 96 h)



Siembra de semillas en cajas petri



Colocación de cajas petri en germinadora



Germinación de semillas a los 8 días después de la siembra



Trasplante de semillas germinadas en fundas con sustrato.



Plántulas de guayacán

Anexo 4. Preparación de material para el segundo objetivo.



Selección y conteo de semillas



Desinfección de semillas con fungicida agrícola (REBOLT)



Preparación de soluciones salinas



Siembra de semillas en cajas petri



Colocación de cajas petri en estufa



Germinación de semillas a los 6 días después de la siembra



Germinación de semillas por tratamientos



Repique de semillas germinadas en fundas con sustrato

Anexo 5. Análisis de varianza por el test de tukey para el objetivo 1.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Número semillas	15	0,96	0,94	16,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6599,60	4	1649,90	53,34	<0,0001
Tratamiento	6599,60	4	1649,90	53,34	<0,0001
Error	309,33	10	30,93		
Total	6908,93	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=14,94536

Error: 30,9333 gl: 10

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
0	69,33	3	3,21	A	
1	44,67	3	3,21		B
3	26,33	3	3,21		C
2	20,33	3	3,21		C D
4	9,67	3	3,21		D

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

Anexo 6. Análisis de varianza por el test de tukey para el objetivo 2.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Número de semillas	18	0,85	0,79	15,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3665,11	5	733,02	13,72	0,0001
Tratamiento	3665,11	5	733,02	13,72	0,0001
Error	641,33	12	53,44		
Total	4306,44	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=20,04959

Error: 53,4444 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
5	60,00	3	4,22	A
4	60,00	3	4,22	A
0	58,67	3	4,22	A
1	54,00	3	4,22	A B
2	36,00	3	4,22	B C
3	22,67	3	4,22	C

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

Loja, 16 de enero del 2025

José David Chamba Sánchez

**LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN MENCIÓN: INGLÉS, Y
PROFESOR CERTIFICADO**

CERTIFICO:

Que se ha realizado la traducción de español a inglés del resumen derivado del trabajo de titulación “Efecto del estrés hídrico en semillas de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose procedentes de la región sur del Ecuador” de autoría del estudiante Joel Alexander Vivanco Jiménez portador de la cédula de identidad número 1105430951, estudiante de la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja, bajo la dirección del Ing. Darlin Ulises Gonzalez Zaruma, Phd.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando a la interesada hacer uso del presente como considere.



Lic. José David Chamba Sánchez
Registro SENESCYT: 1031-2020-2226203
Registro Certificado Cambridge: B7646031