UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

Respuesta germinativa de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose al tratamiento ultrasónico bajo diferentes condiciones.

AUTOR(ES):

Rafael Andrés Alvarado Parra

Gladys Aracelli Medina Gahona

DOCENTE - TUTOR:

Dr. Yasiel Arteaga Crespo PhD

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

Respuesta germinativa de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose al tratamiento ultrasónico bajo diferentes condiciones.

AUTOR(ES):

Rafael Andrés Alvarado Parra

Gladys Aracelli Medina Gahona

DOCENTE - TUTOR:

Dr. Yasiel Arteaga Crespo PhD

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Si cumple con los parámetros establecidos
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	4/5	El resumen debe cumplir una estructura basada en Objetivos, metodología, resultados y conclusiones. Cumple un 90%
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	18/20	Si Cumple con el 90% de lo establecido
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	13/15	Este apartado cumple el 90%, sin embargo, las imágenes no presentan uniformidad en sus medidas, existen algunas referencias bibliográficas que no cumplen lo establecido en las normas APA.
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	14/15	Falta complementar con los paquetes estadísticas utilizados y un mapa del área de estudio.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	24/25	Si cumple, sin embargo, es necesario mejorar la discusión con los datos obtenidos
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	9/10	Si cumple, se podía mejorar estas en función de los resultados (Una por cada resultado dado).
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	3/5	Cumple parcialmente con lo establecido por las normas APA existe varias citas con anomalías que se visualizan de manera general.
VALORACIÓN TOTAL	90/100	El trabajo cumple un 90% los cambios sugeridos

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	90/100

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
PAUL ALONSO SALINAS JUMBO

Paúl Alonso Salinas Jumbo

Dado en la ciudad de Pangui, a los 08 días del mes de marzo de 2023

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO : Respuesta germinativa de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose al tratamiento ultrasónico bajo diferentes condiciones.		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Cumple
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	Cumple
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	Cumple
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	13/15	Cumple
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	Cumple

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	25/25	Cumple
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	8/10	Cumple
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	Cumple
VALORACIÓN TOTAL	96/100	Es una buena investigación experimental.

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	96

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
DAVID JOSE TROYA LEON

David José Troya León

Dado en la ciudad de Puyo, a los 08 días del mes de marzo de 2023

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

Puyo, 02 de marzo de 2023

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Gladys Aracelli Medina Gahona, con C.I. 1400990741, con el Tema:" Respuesta germinativa de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose al tratamiento ultrasónico bajo diferentes condiciones", de la carrera de Ingeniería Forestal.

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular, Yasiel Arteaga Crespo, ha sido revisado mediante la herramienta antiplagio OURIGINAL, reportando una similitud del 0%.

Informe generado con fecha 02 de marzo de 2023, por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
YASIEL ARTEAGA CRESPO

Yasiel Arteaga Crespo

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	Segunda ronda (1).docx (D159935658)
Submitted	2023-03-02 21:36:00
Submitted by	ARTEAGA CRESPO YASIEL
Submitter email	yarteaga@uea.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	yarteaga.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

Entire Document

Respuesta germinativa de Handroanthus chrysanthus (Jacq.) S.O. Grose al tratamiento ultrasónico bajo diferentes condiciones.
Resumen La capacidad germinativa de Handroanthus chrysanthus (Jacq.) S.O.Grose es baja, por ello en el presente estudio se evaluó la germinación de semillas de esta especie con previo tratamiento pregerminativo. A partir del software Design Expert versión 12.0, se realizaron 52 corridas experimentales, más un testigo,
con las variables independientes, tiempo de sonificación (1-10 min), temperatura del agua del ultrasonido (30-60 ºC), tiempo de inmersión de agua a temperatura ambiente (4 – 24 h)
como factores numéricos y potencia (alta-baja) como factor categórico. Las semillas una vez expuestas a las condiciones pregerminativas fueron sembradas en cajas petri sobre papel filtro estéril humedecido con agua destilada y colocadas a temperatura ambiente para evaluar su germinación a los 15 días. Se encontró un porcentaje de germinación
del 76.67%, a diferencia
del testigo que obtuvo un porcentaje del 33.33%. Palabras Claves: Tratamientos pregerminativos, latencia, guayacán, ultrasonido. Abstract The germination capacity of Handroanthus chrysanthus (Jacq.) S.O.Grose is low, therefore, in the present study the germination of seeds
of this species with previous pre-germinative treatment was evaluated. Using Design Expert software version 12.0, 52
experimental runs were carried out, plus a control, with the independent variables, sonification time (1-10 min), ultrasound water temperature (30-60 ºC),
water immersion time at room
temperature (4-24 h) as numerical factors and power (high/low) as a categorical factor. The seeds, once exposed to the pre-germinative conditions, were sown in petri dishes on sterile filter paper moistened with distilled water and placed at room temperature to evaluate their germination after 15 days. A germination percentage of 76.67% was found,
in contrast to the control, which obtained a percentage of 33.33%. Keywords: Pregerminative treatments, dormancy, guayacan, ultrasound.
INTRODUCCI” N La tala indiscriminada de los bosques en todo el mundo ha permitido la preocupación de la sociedad por la recuperación del ecosistema con diferentes especies, en el caso del guayacán es una especie que se adapta muy bien a diferentes condiciones, pero el proceso de germinación se ha venido estudiando con el tiempo, efectuando diferentes métodos o aplicaciones pregerminativas que permitan el manejo adecuado de las semillas (Medina et al., 2020). En Ecuador, el manejo de especies forestales nativas es limitado debido a la poca investigación sobre la conservación de la viabilidad de semillas, calendarios fenológicos y su época de recolección (limpieza, secado, contenido de humedad y tratamientos de almacenamiento) de semillas; por lo que en muchos de los casos después de la recolección de las semillas se pierde las características fenotípicas, genotípicas y físicas de las semillas (Izquierdo Fernandez et al., 2013).
Handroanthus chrysanthus (Jacq.) Nicholson
es una especie de lento crecimiento, procedente de zona intertropical de América Latina. Se distribuye desde México, Guatemala, Panamá, Colombia, Venezuela y Ecuador, debido a esto ha adquirido diversos nombres comunes resaltando
guayacán, guayacán negro, verdecillo y roble. El guayacán en Ecuador es una especie común y característica en los bosques tropicales y áridos que van desde el sur de Esmeraldas, Manabí, Guayas hasta El Oro (Jaramillo et al., 2018). Considerada una de las maderas más duras y pesadas, actualmente posee una mayor demanda, agregando valor comercial, a lo largo de la costa, sierra y amazonia en vista de que se utiliza para la construcción de muebles, carrocerías, pisos industriales, durmientes, artesanías finas y ensambles (CONAFOR, 2003); la especie es valorada no solo por su alto valor económico; sino por su importancia, social, financiera y ambiental, puesto que genera actividades turísticas en las regiones, ya que se convierten en atractivos paisajísticos que se difunden a nivel nacional e internacional (Agila et al., 2018).
En Pastaza es una especie que se la puede encontrar naturalmente en las chacras, pero no en grandes proporciones por eso es trabajada en espacios tecnificados, ya sea desde invernaderos, viveros forestales, como también en fincas de pequeñas extensiones, para que la especie se adapte es sencillo, pero el problema que en la mayor parte de sitios es la germinación, porque al ser una especie de tamaño pequeño se la puede recolectar directamente del suelo, incluso aún obtenidas del árbol, no garantiza la viabilidad de su taza germinativa, es por eso que trabajan con distintos tratamientos que permitan favorecer la germinación y tener buenos resultados(Cárdenas
et al., 2016). La latencia, se define como la incapacidad de semillas intactas y viables para germinar bajo condiciones de temperatura, humedad y concentración de gases aptos (Varela & Arana, 2011). La tasa de germinación de H. chrysanthus es irregular, oscila entre 15 días
y 6
meses (Céspedes, 2018), con un porcentaje de 50 % de germinación inmediatamente después de la recolección y 30 % en condiciones de almacenamiento, no obstante, presenta anomalías como la presencia de hongos en las semillas, esto incide en la pérdida de viabilidad que se traduce en una producción insuficiente de plantas forestales de alta calidad, factor de equilibrio parte aérea parte radical (L. M. Cárdenas, 2016). Existe poca documentación de plantaciones forestales con especies nativas de H. chrysanthus, conjuntamente se debe tener en consideración que se han talado durante décadas sin tener en cuenta la edad y la calidad, como parte de los planes de aprovechamiento del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), tampoco existe un programa de conservación y mejoramiento genético, por lo que se ven afectados los criterios de selección de árboles semilleros, la perpetuidad de la especie, la calidad fisiológica de las semillas y la tasa de germinación, encontrando diversos problemas que afectan su supervivencia (Alvarado, 2019).
No obstante, se han estudiado sus características y capacidad germinativa, destacando siempre el efecto sobre el vigor de la semilla (Quintana, 2019). Los tratamientos previos a la germinación mejoran la germinación y optimizan la calidad y cantidad de plantas (Sarmiento & Lucena, 2019). Por esta razón, encontrar un tratamiento previo a la germinación adecuado para H. chrysanthus conducirá a un mayor rendimiento de plántulas y una calidad significativamente mejorada (Quintana, 2019).
Los tratamientos pregerminativos permiten romper el periodo de latencia de las semillas, mejorando el porcentaje de germinación, aumenta la producción en vivero, reduce el tiempo y los costos de producción, así como obtener plántulas más adecuadas para trasplantar en el campo (Castillo et al., 2020). Es importante establecer tratamientos económicos, rápidos y eficientes, se puede emplear para esta especie el tratamiento de inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 a 48 horas, alcanzando un 29% de potencial germinativo (Céspedes, 2018).
Así mismo se han implementado pocas alternativas locales para promover la sostenibilidad de esta especie en los ecosistemas forestales nacionales; además, existe poca investigación regional sobre su germinación, crecimiento y adaptación inicial a diferentes condiciones y tratamientos pregerminativos, en este aspecto la información es limitada, lo que dificulta el tratamiento (H. Medina et al., 2020).
El uso de ondas de sonido está cada vez más extendido en la actividad agrícola para estimular la germinación con fines de producción, debido a su facilidad de uso, bajo costo y rapidez (García Rodríguez, 2021).
El ultrasonido es una tecnología novedosa en el ámbito de las semillas debido a sus efectos promisorios en la interrupción de la latencia física (Yaldagard et al., 2008) es importante para la proliferación y la producción temprana de plántulas de diferentes especies vegetales
y por ser un tratamiento limpio que no genera desechos tóxicos en el medio ambiente (
Chávez, 2016). Los parámetros de ultrasonido efectivos a saber son: frecuencia, potencia ultrasónica, temperatura del baño, duración de irradiación ultrasónica (Machikowa et al., 2013).
En el tratamiento de lixiviación se procede a un remojo de las semillas en agua a temperatura ambiente con el fin de limpiar cualquier inhibidor químico que esté presente en la testa con el único objetivo de que se pueda ablandar y seguir con el proceso de germinación (Varela & Arana, 2011). Este tratamiento frecuentemente ha sido objeto de múltiples estudios, aun así,
no se ha hallado el tiempo óptimo para acelerar la germinación de H. chrysanthus. El presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de tratamientos pregerminativos: ultrasonido
e inmersión en agua a temperatura ambiente,
sobre la germinación de semillas de H. chrysanthus, en la Región Amazónica Puyo, Pastaza- Ecuador. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA La investigación realizada fue de tipo Experimental ya que sus variables independientes
fueron manipuladas en el laboratorio (ultrasonidos e inmersión en agua a temperatura ambiente). El método utilizado es: Observación: Dependiendo del tratamiento previo a la germinación, se puede observar la reacción de las semillas. Experimental: debido a tratamientos previos a la germinación aplicados en diferentes condiciones: ultrasonidos (potencia, tiempo y temperatura) y agua a temperatura ambiente en diferentes tiempos. Sitio experimental El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de química del campus central de Puyo, Ecuador (1° 27' 59,8" S; 77° 59' 51,6" O) en 2023.
Material biológico y condiciones experimentales Se emplearon semillas de H. chrysanthus colectadas de árboles semilleros del cantón Quevedo, Los Ríos, en la región costa de Ecuador.
Mediante
el software Design Expert versión 12.0 (serial number 9847-9696-7992-6750; Stat-Ease Inc.; 1300 Godward Strret North, Suite 6400 Minneanopolis, USA), se
realizó un diseño de experimento mediante la metodología de superficie respuesta,
resultando un total de 52 tratamientos, más un testigo. Las variables independientes fueron: tiempo de sonificación (1 - 10 min), temperatura
del agua en el baño (30 - 60 °C), tiempo de inmersión en agua a temperatura ambiente (4 – 24 h)
como factor numérico y potencia (alta -baja) como factor categórico (Tabla 1). Tabla 11 Variables
independientes
Variables independientes Mínimo Máximo Tiempo de sonicación (min) 1 10 Temperatura (° C) 30 60 Tiempo de inmersión (h) 4 24 Potencia Baja Alta
Nota.
Nivel de variables seleccionadas en el diseño experimental para el tratamiento pregerminativo con la aplicación de ondas ultrasónicas.
Aplicación del tratamiento ultrasónico Se utilizaron 5,7 litros de agua destilada para llenar el tanque.
Las semillas fueron expuestas al tratamiento de ultrasonido (Branson 3800, serie CPXH). Para la exposición al ultrasonido,
se colocaron 30 semillas por tratamiento, colocadas sobre una rejilla metálica en contacto directo con el baño ultrasónico. La sonicación para

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

Puyo, 02 de marzo de 2023

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Rafael Andrés Alvarado Parra, con C.I. 0706667409, con el Tema:" Respuesta germinativa de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose al tratamiento ultrasónico bajo diferentes condiciones", de la carrera de Ingeniería Forestal.

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular, Yasiel Arteaga Crespo, ha sido revisado mediante la herramienta antiplagio OURIGINAL, reportando una similitud del 0%.

Informe generado con fecha 02 de marzo de 2023, por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
YASIEL ARTEAGA CRESPO

Yasiel Arteaga Crespo

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	Segunda ronda (1).docx (D159935658)
Submitted	2023-03-02 21:36:00
Submitted by	ARTEAGA CRESPO YASIEL
Submitter email	yarteaga@uea.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	yarteaga.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

Entire Document

Respuesta germinativa de Handroanthus chrysanthus (Jacq.) S.O. Grose al tratamiento ultrasónico bajo diferentes condiciones.
Resumen La capacidad germinativa de Handroanthus chrysanthus (Jacq.) S.O.Grose es baja, por ello en el presente estudio se evaluó la germinación de semillas de esta especie con previo tratamiento pregerminativo. A partir del software Design Expert versión 12.0, se realizaron 52 corridas experimentales, más un testigo,
con las variables independientes, tiempo de sonificación (1-10 min), temperatura del agua del ultrasonido (30-60 ºC), tiempo de inmersión de agua a temperatura ambiente (4 – 24 h)
como factores numéricos y potencia (alta-baja) como factor categórico. Las semillas una vez expuestas a las condiciones pregerminativas fueron sembradas en cajas petri sobre papel filtro estéril humedecido con agua destilada y colocadas a temperatura ambiente para evaluar su germinación a los 15 días. Se encontró un porcentaje de germinación
del 76.67%, a diferencia
del testigo que obtuvo un porcentaje del 33.33%. Palabras Claves: Tratamientos pregerminativos, latencia, guayacán, ultrasonido. Abstract The germination capacity of Handroanthus chrysanthus (Jacq.) S.O.Grose is low, therefore, in the present study the germination of seeds
of this species with previous pre-germinative treatment was evaluated. Using Design Expert software version 12.0, 52
experimental runs were carried out, plus a control, with the independent variables, sonification time (1-10 min), ultrasound water temperature (30-60 ºC),
water immersion time at room
temperature (4-24 h) as numerical factors and power (high/low) as a categorical factor. The seeds, once exposed to the pre-germinative conditions, were sown in petri dishes on sterile filter paper moistened with distilled water and placed at room temperature to evaluate their germination after 15 days. A germination percentage of 76.67% was found,
in contrast to the control, which obtained a percentage of 33.33%. Keywords: Pregerminative treatments, dormancy, guayacan, ultrasound.
INTRODUCCI” N La tala indiscriminada de los bosques en todo el mundo ha permitido la preocupación de la sociedad por la recuperación del ecosistema con diferentes especies, en el caso del guayacán es una especie que se adapta muy bien a diferentes condiciones, pero el proceso de germinación se ha venido estudiando con el tiempo, efectuando diferentes métodos o aplicaciones pregerminativas que permitan el manejo adecuado de las semillas (Medina et al., 2020). En Ecuador, el manejo de especies forestales nativas es limitado debido a la poca investigación sobre la conservación de la viabilidad de semillas, calendarios fenológicos y su época de recolección (limpieza, secado, contenido de humedad y tratamientos de almacenamiento) de semillas; por lo que en muchos de los casos después de la recolección de las semillas se pierde las características fenotípicas, genotípicas y físicas de las semillas (Izquierdo Fernandez et al., 2013).
Handroanthus chrysanthus (Jacq.) Nicholson
es una especie de lento crecimiento, procedente de zona intertropical de América Latina. Se distribuye desde México, Guatemala, Panamá, Colombia, Venezuela y Ecuador, debido a esto ha adquirido diversos nombres comunes resaltando
guayacán, guayacán negro, verdecillo y roble. El guayacán en Ecuador es una especie común y característica en los bosques tropicales y áridos que van desde el sur de Esmeraldas, Manabí, Guayas hasta El Oro (Jaramillo et al., 2018). Considerada una de las maderas más duras y pesadas, actualmente posee una mayor demanda, agregando valor comercial, a lo largo de la costa, sierra y amazonia en vista de que se utiliza para la construcción de muebles, carrocerías, pisos industriales, durmientes, artesanías finas y ensambles (CONAFOR, 2003); la especie es valorada no solo por su alto valor económico; sino por su importancia, social, financiera y ambiental, puesto que genera actividades turísticas en las regiones, ya que se convierten en atractivos paisajísticos que se difunden a nivel nacional e internacional (Agila et al., 2018).
En Pastaza es una especie que se la puede encontrar naturalmente en las chacras, pero no en grandes proporciones por eso es trabajada en espacios tecnificados, ya sea desde invernaderos, viveros forestales, como también en fincas de pequeñas extensiones, para que la especie se adapte es sencillo, pero el problema que en la mayor parte de sitios es la germinación, porque al ser una especie de tamaño pequeño se la puede recolectar directamente del suelo, incluso aún obtenidas del árbol, no garantiza la viabilidad de su taza germinativa, es por eso que trabajan con distintos tratamientos que permitan favorecer la germinación y tener buenos resultados(Cárdenas
et al., 2016). La latencia, se define como la incapacidad de semillas intactas y viables para germinar bajo condiciones de temperatura, humedad y concentración de gases aptos (Varela & Arana, 2011). La tasa de germinación de H. chrysanthus es irregular, oscila entre 15 días
y 6
meses (Céspedes, 2018), con un porcentaje de 50 % de germinación inmediatamente después de la recolección y 30 % en condiciones de almacenamiento, no obstante, presenta anomalías como la presencia de hongos en las semillas, esto incide en la pérdida de viabilidad que se traduce en una producción insuficiente de plantas forestales de alta calidad, factor de equilibrio parte aérea parte radical (L. M. Cárdenas, 2016). Existe poca documentación de plantaciones forestales con especies nativas de H. chrysanthus, conjuntamente se debe tener en consideración que se han talado durante décadas sin tener en cuenta la edad y la calidad, como parte de los planes de aprovechamiento del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), tampoco existe un programa de conservación y mejoramiento genético, por lo que se ven afectados los criterios de selección de árboles semilleros, la perpetuidad de la especie, la calidad fisiológica de las semillas y la tasa de germinación, encontrando diversos problemas que afectan su supervivencia (Alvarado, 2019).
No obstante, se han estudiado sus características y capacidad germinativa, destacando siempre el efecto sobre el vigor de la semilla (Quintana, 2019). Los tratamientos previos a la germinación mejoran la germinación y optimizan la calidad y cantidad de plantas (Sarmiento & Lucena, 2019). Por esta razón, encontrar un tratamiento previo a la germinación adecuado para H. chrysanthus conducirá a un mayor rendimiento de plántulas y una calidad significativamente mejorada (Quintana, 2019).
Los tratamientos pregerminativos permiten romper el periodo de latencia de las semillas, mejorando el porcentaje de germinación, aumenta la producción en vivero, reduce el tiempo y los costos de producción, así como obtener plántulas más adecuadas para trasplantar en el campo (Castillo et al., 2020). Es importante establecer tratamientos económicos, rápidos y eficientes, se puede emplear para esta especie el tratamiento de inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 a 48 horas, alcanzando un 29% de potencial germinativo (Céspedes, 2018).
Así mismo se han implementado pocas alternativas locales para promover la sostenibilidad de esta especie en los ecosistemas forestales nacionales; además, existe poca investigación regional sobre su germinación, crecimiento y adaptación inicial a diferentes condiciones y tratamientos pregerminativos, en este aspecto la información es limitada, lo que dificulta el tratamiento (H. Medina et al., 2020).
El uso de ondas de sonido está cada vez más extendido en la actividad agrícola para estimular la germinación con fines de producción, debido a su facilidad de uso, bajo costo y rapidez (García Rodríguez, 2021).
El ultrasonido es una tecnología novedosa en el ámbito de las semillas debido a sus efectos promisorios en la interrupción de la latencia física (Yaldagard et al., 2008) es importante para la proliferación y la producción temprana de plántulas de diferentes especies vegetales
y por ser un tratamiento limpio que no genera desechos tóxicos en el medio ambiente (
Chávez, 2016). Los parámetros de ultrasonido efectivos a saber son: frecuencia, potencia ultrasónica, temperatura del baño, duración de irradiación ultrasónica (Machikowa et al., 2013).
En el tratamiento de lixiviación se procede a un remojo de las semillas en agua a temperatura ambiente con el fin de limpiar cualquier inhibidor químico que esté presente en la testa con el único objetivo de que se pueda ablandar y seguir con el proceso de germinación (Varela & Arana, 2011). Este tratamiento frecuentemente ha sido objeto de múltiples estudios, aun así,
no se ha hallado el tiempo óptimo para acelerar la germinación de H. chrysanthus. El presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de tratamientos pregerminativos: ultrasonido
e inmersión en agua a temperatura ambiente,
sobre la germinación de semillas de H. chrysanthus, en la Región Amazónica Puyo, Pastaza- Ecuador. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA La investigación realizada fue de tipo Experimental ya que sus variables independientes
fueron manipuladas en el laboratorio (ultrasonidos e inmersión en agua a temperatura ambiente). El método utilizado es: Observación: Dependiendo del tratamiento previo a la germinación, se puede observar la reacción de las semillas. Experimental: debido a tratamientos previos a la germinación aplicados en diferentes condiciones: ultrasonidos (potencia, tiempo y temperatura) y agua a temperatura ambiente en diferentes tiempos. Sitio experimental El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de química del campus central de Puyo, Ecuador (1° 27' 59,8" S; 77° 59' 51,6" O) en 2023.
Material biológico y condiciones experimentales Se emplearon semillas de H. chrysanthus colectadas de árboles semilleros del cantón Quevedo, Los Ríos, en la región costa de Ecuador.
Mediante
el software Design Expert versión 12.0 (serial number 9847-9696-7992-6750; Stat-Ease Inc.; 1300 Godward Strret North, Suite 6400 Minneanopolis, USA), se
realizó un diseño de experimento mediante la metodología de superficie respuesta,
resultando un total de 52 tratamientos, más un testigo. Las variables independientes fueron: tiempo de sonificación (1 - 10 min), temperatura
del agua en el baño (30 - 60 °C), tiempo de inmersión en agua a temperatura ambiente (4 – 24 h)
como factor numérico y potencia (alta -baja) como factor categórico (Tabla 1). Tabla 11 Variables
independientes
Variables independientes Mínimo Máximo Tiempo de sonicación (min) 1 10 Temperatura (° C) 30 60 Tiempo de inmersión (h) 4 24 Potencia Baja Alta
Nota.
Nivel de variables seleccionadas en el diseño experimental para el tratamiento pregerminativo con la aplicación de ondas ultrasónicas.
Aplicación del tratamiento ultrasónico Se utilizaron 5,7 litros de agua destilada para llenar el tanque.
Las semillas fueron expuestas al tratamiento de ultrasonido (Branson 3800, serie CPXH). Para la exposición al ultrasonido,
se colocaron 30 semillas por tratamiento, colocadas sobre una rejilla metálica en contacto directo con el baño ultrasónico. La sonicación para

Respuesta germinativa de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose al tratamiento ultrasónico bajo diferentes condiciones.

Rafael Andrés Alvarado Parra [1]
ra.alvaradop@uea.edu.ec
Gladys Aracelli Medina Gahona [1]
ga.medinag@uea.edu.ec
Dr. Yasiel Arteaga Crespo PhD [2]
yarteaga@uea.edu.ec
[1] Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carrera de Ingeniería Forestal

Resumen

La capacidad germinativa de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose es baja, por ello en el presente estudio se evaluó la germinación de semillas de esta especie con previo tratamiento pregerminativo. A partir del software Design Expert versión 12.0, se realizaron 52 corridas experimentales, más un testigo, con las variables independientes, tiempo de sonificación (1-10 min), temperatura del agua del ultrasonido (30-60 ºC), tiempo de inmersión de agua a temperatura ambiente (4 – 24 h) como factores numéricos y potencia (alta-baja) como factor categórico. Las semillas una vez expuestas a las condiciones pregerminativas fueron sembradas en cajas petri sobre papel filtro estéril humedecido con agua destilada y colocadas a temperatura ambiente para evaluar su germinación a los 15 días. Se encontró un porcentaje de germinación del 76.67%, a diferencia del testigo que obtuvo un porcentaje del 33.33%.

Palabras Claves: Tratamientos pregerminativos, latencia, guayacán, ultrasonido.

Abstract

The germination capacity of *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose is low, therefore, in the present study the germination of seeds of this species with previous pre-germinative treatment was evaluated. Using Design Expert software version 12.0, 52 experimental runs were carried out, plus a control, with the independent variables, sonification time (1-10 min), ultrasound water temperature (30-60 ºC), water immersion time at room temperature (4-24 h) as numerical factors and power (high/low) as a categorical factor. The seeds, once exposed to the pre-germinative conditions, were

sown in petri dishes on sterile filter paper moistened with distilled water and placed at room temperature to evaluate their germination after 15 days. A germination percentage of 76.67% was found, in contrast to the control, which obtained a percentage of 33.33%.

Keywords: Pregerminative treatments, dormancy, guayacan, ultrasound.

INTRODUCCIÓN

La tala indiscriminada de los bosques en todo el mundo ha permitido la preocupación de la sociedad por la recuperación del ecosistema con diferentes especies, en el caso del guayacán es una especie que se adapta muy bien a diferentes condiciones, pero el proceso de germinación se ha venido estudiando con el tiempo, efectuando diferentes métodos o aplicaciones pregerminativas que permitan el manejo adecuado de las semillas (Medina et al., 2020). En Ecuador, el manejo de especies forestales nativas es limitado debido a la poca investigación sobre la conservación de la viabilidad de semillas, calendarios fenológicos y su época de recolección (limpieza, secado, contenido de humedad y tratamientos de almacenamiento) de semillas; por lo que en muchos de los casos después de la recolección de las semillas se pierde las características fenotípicas, genotípicas y físicas de las semillas (Izquierdo Fernandez et al., 2013).

Handroanthus chrysanthus (Jacq.) Nicholson es una especie de lento crecimiento, procedente de zona intertropical de América Latina. Se distribuye desde México, Guatemala, Panamá, Colombia, Venezuela y Ecuador, debido a esto ha adquirido diversos nombres comunes resaltando guayacán, guayacán negro, verdecillo y roble. El guayacán en Ecuador es una especie común y característica en los bosques tropicales y áridos que van desde el sur de Esmeraldas, Manabí, Guayas hasta El Oro (Jaramillo et al., 2018). Considerada una de las maderas más duras y pesadas, actualmente posee una mayor demanda, agregando valor comercial, a lo largo de la costa, sierra y amazonia en vista de que se utiliza para la construcción de muebles, carrocerías, pisos industriales, durmientes, artesanías finas y ensambles (CONAFOR, 2003); la especie es valorada no solo por su alto valor económico; sino por su importancia, social, financiera y ambiental, puesto que genera actividades turísticas en las regiones, ya que se convierten en atractivos paisajísticos que se difunden a nivel nacional e internacional (Agila et al., 2018). En Pastaza es una especie que se la puede encontrar naturalmente en las chacras, pero no en grandes proporciones por eso es

trabajada en espacios tecnificados, ya sea desde invernaderos, viveros forestales, como también en fincas de pequeñas extensiones, para que la especie se adapte es sencillo, pero el problema que en la mayor parte de sitios es la germinación, porque al ser una especie de tamaño pequeño se la puede recolectar directamente del suelo, incluso aún obtenidas del árbol, no garantiza la viabilidad de su taza germinativa, es por eso que trabajan con distintos tratamientos que permitan favorecer la germinación y tener buenos resultados(Cárdenas et al., 2016).

La latencia, se define como la incapacidad de semillas intactas y viables para germinar bajo condiciones de temperatura, humedad y concentración de gases aptos (Varela & Arana, 2011). La tasa de germinación de *H. chrysanthus* es irregular, oscila entre 15 días y 6 meses (Céspedes, 2018), con un porcentaje de 50 % de germinación inmediatamente después de la recolección y 30 % en condiciones de almacenamiento, no obstante, presenta anomalías como la presencia de hongos en las semillas, esto incide en la pérdida de viabilidad que se traduce en una producción insuficiente de plantas forestales de alta calidad, factor de equilibrio parte aérea parte radical (L. M. Cárdenas, 2016). Existe poca documentación de plantaciones forestales con especies nativas de *H. chrysanthus*, conjuntamente se debe tener en consideración que se han talado durante décadas sin tener en cuenta la edad y la calidad, como parte de los planes de aprovechamiento del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), tampoco existe un programa de conservación y mejoramiento genético, por lo que se ven afectados los criterios de selección de árboles semilleros, la perpetuidad de la especie, la calidad fisiológica de las semillas y la tasa de germinación, encontrando diversos problemas que afectan su supervivencia (Alvarado, 2019). No obstante, se han estudiado sus características y capacidad germinativa, destacando siempre el efecto sobre el vigor de la semilla (Quintana, 2019). Los tratamientos previos a la germinación mejoran la germinación y optimizan la calidad y cantidad de plantas (Sarmiento & Lucena, 2019). Por esta razón, encontrar un tratamiento previo a la germinación adecuado para H. chrysanthus conducirá a un mayor rendimiento de plántulas y una calidad significativamente mejorada (Quintana, 2019).

Los tratamientos pregerminativos permiten romper el periodo de latencia de las semillas, mejorando el porcentaje de germinación, aumenta la producción en vivero, reduce el tiempo y los costos de producción, así como obtener plántulas más adecuadas para trasplantar en el campo (Castillo et al., 2020). Es importante establecer tratamientos económicos, rápidos y eficientes, se puede emplear para esta especie el

tratamiento de inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 a 48 horas, alcanzando un 29% de potencial germinativo (Céspedes, 2018). Así mismo se han implementado pocas alternativas locales para promover la sostenibilidad de esta especie en los ecosistemas forestales nacionales; además, existe poca investigación regional sobre su germinación, crecimiento y adaptación inicial a diferentes condiciones y tratamientos pregerminativos, en este aspecto la información es limitada, lo que dificulta el tratamiento (H. Medina et al., 2020).

El uso de ondas de sonido está cada vez más extendido en la actividad agrícola para estimular la germinación con fines de producción, debido a su facilidad de uso, bajo costo y rapidez (García Rodríguez, 2021). El ultrasonido es una tecnología novedosa en el ámbito de las semillas debido a sus efectos promisorios en la interrupción de la latencia física (Yaldagard et al., 2008) es importante para la proliferación y la producción temprana de plántulas de diferentes especies vegetales y por ser un tratamiento limpio que no genera desechos tóxicos en el medio ambiente (Chávez, 2016). Los parámetros de ultrasonido efectivos a saber son: frecuencia, potencia ultrasónica, temperatura del baño, duración de irradiación ultrasónica (Machikowa et al., 2013). En el tratamiento de lixiviación se procede a un remojo de las semillas en agua a temperatura ambiente con el fin de limpiar cualquier inhibidor químico que esté presente en la testa con el único objetivo de que se pueda ablandar y seguir con el proceso de germinación (Varela & Arana, 2011). Este tratamiento frecuentemente ha sido objeto de múltiples estudios, aun así, no se ha hallado el tiempo óptimo para acelerar la germinación de *H. chrysanthus*.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de tratamientos pregerminativos: ultrasonido e inmersión en agua a temperatura ambiente, sobre la germinación de semillas de *H. chrysanthus*, en la Región Amazónica Puyo, Pastaza-Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

La investigación realizada fue de tipo Experimental ya que sus variables independientes fueron manipuladas en el laboratorio (ultrasonidos e inmersión en agua a temperatura ambiente). El método utilizado es:

- Observación: Dependiendo del tratamiento previo a la germinación, se puede observar la reacción de las semillas.
- Experimental: debido a tratamientos previos a la germinación aplicados en

diferentes condiciones: ultrasonidos (potencia, tiempo y temperatura) y agua a temperatura ambiente en diferentes tiempos.

Sitio experimental

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de química del campus central de Puyo, Ecuador (1° 27' 59,8" S; 77° 59' 51,6" O) en 2023.

Figura 1

Área de estudio laboratorio de química de la Universidad Estatal Amazónica



Material biológico y condiciones experimentales

Se emplearon semillas de *H. chrysanthus* colectadas de árboles semilleros del cantón Quevedo, Los Ríos, en la región costa de Ecuador.

Mediante el software Design Expert versión 12.0 (serial number 9847-9696-7992-6750; Stat-Ease Inc.; 1300 Godward Strret North, Suite 6400 Minneanopolis, USA), se realizó un diseño de experimento mediante la metodología de superficie respuesta, resultando un total de 52 tratamientos, más un testigo. Las variables independientes fueron: tiempo de sonificación (1 - 10 min), temperatura del agua en el baño (30 - 60 °C), tiempo de inmersión en agua a temperatura ambiente (4 – 24 h) como factor numérico y potencia (alta -baja) como factor categórico (Tabla 1).

Tabla 1

Variables independientes

Variables independientes	Mínimo	Máximo
Tiempo de sonicación (min)	1	10
Temperatura (° C)	30	60
Tiempo de inmersión (h)	4	24
Potencia	Baja	Alta

Nota. Nivel de variables seleccionadas en el diseño experimental para el tratamiento

pregerminativo con la aplicación de ondas ultrasónicas.

Aplicación del tratamiento ultrasónico

Se utilizaron 5,7 litros de agua destilada para llenar el tanque. Las semillas fueron expuestas al tratamiento de ultrasonido (Branson 3800, serie CPXH). Para la exposición al ultrasonido, se colocaron 30 semillas por tratamiento, colocadas sobre una rejilla metálica en contacto directo con el baño ultrasónico.

La sonicación para cada tratamiento varió según las condiciones especificadas en el diseño (Tabla 2):

Tabla 2

Descripción de los tratamientos pregerminativos con ultrasonido de la especie H. chrysanthus

Corrida	Temperatura (ºC)	Tiempo ultrasonido (min)	Tiempo de inmersión en agua (h)	Poder ultrasónico
1	45	5.5	14	Alto
2	45	5.5	24	Bajo
3	45	5.5	14	Bajo
4	45	1	14	Alto
5	45	5.5	14	Alto
6	60	10	4	Alto
7	45	5.5	14	Alto
8	30	1	4	Alto
9	45	5.5	14	Alto
10	60	1	24	Bajo
11	45	5.5	14	Bajo
12	30	1	24	Alto
13	60	1	24	Alto
14	45	5.5	14	Alto
15	60	10	24	Bajo
16	45	5.5	4	Alto
17	60	5.5	14	Alto
18	30	1	24	Bajo
19	45	5.5	14	Alto
20	45	1	14	Bajo
21	45	5.5	14	Bajo
22	30	5.5	14	Alto

23	45	5.5	14	Bajo
24	60	1	4	Bajo
25	60	10	4	Bajo
26	45	5.5	4	Bajo
27	30	10	4	Bajo
28	45	5.5	14	Alto
29	45	5.5	14	Bajo
30	45	5.5	24	Alto
31	60	1	4	Alto
32	45	5.5	14	Alto
33	45	5.5	14	Bajo
34	45	5.5	14	Bajo
35	45	5.5	14	Alto
36	30	10	24	Alto
37	60	5.5	14	Bajo
38	45	5.5	14	Bajo
39	45	5.5	14	Alto
40	30	5.5	14	Bajo
41	30	10	4	Alto
42	45	10	14	Alto
43	45	5.5	14	Bajo
44	45	5.5	14	Bajo
45	45	5.5	14	Bajo
46	45	10	14	Bajo
47	60	10	24	Alto
48	45	5.5	14	Alto
49	45	5.5	14	Bajo
50	45	5.5	14	Alto
51	30	1	4	Bajo
52	30	10	24	Bajo

A continuación, las semillas que habían pasado por los tratamientos pregerminativos (sonicación e inmersión) se sembraron en cajas de Petri sobre papel filtro estéril humedecido con agua destilada. Utilizando protocolos de manipulación de la semilla como pinzas para transportarlas y cuchara metálica para escurrir el agua del ultrasonido, todo esto previamente esterilizado. La tasa de germinación se midió el

decimoquinto día.

Se analizaron variables significativas para elegir niveles óptimos de variables independientes. Se ajustaron los datos experimentales usando la siguiente ecuación polinomial de segundo orden (Ecuación 1).

Ecuación 1:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{n} \beta_i X_i + \sum_{i=1}^{n} \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} \beta_{ij} X_i X_j$$

Donde y representa la respuesta predicha y β_0, β_{ii} y β_{ij}son los coeficientes de regresión para términos medios, lineales, de interacción y cuadráticos, calculado en función de los resultados experimentales por mínimos cuadrados y X_i y X_j (Arteaga-Crespo et al., 2020). Así mismo, se aplicó el análisis ANOVA mediante el software Design Expert para evaluar la importancia de la influencia de las variables independientes ($p < 0.05$) del diseño.

Modelo de validación

Para la comprobación de la validez del modelo predicho se realizaron experimentos adicionales bajo las condiciones sugeridas por el software.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tratamiento pregerminativo ultrasónico

Como se observa en la tabla 3 los resultados experimentales y los predichos para la construcción del modelo. La germinación de semillas de *H. chrysanthus* con el tratamiento pregerminativo aplicado osciló entre el 33.33% y valores superiores al 76.67%, mientras que sin tratamiento resultó solo del 33.33%.

Tabla 3

Porcentaje de germinación de H. chrysanthus

Corrida	Número de días															Total	Valor actual	Valor predicho
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		%	%
1	0	0	1	2	2	1	4	1	1	2	1	2	1	1	0	19	63.33	71,06
2	0	0	0	2	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	0	15	50.00	48,99
3	0	0	2	2	2	1	4	1	1	2	1	2	1	1	0	20	66.67	64,95
4	0	0	1	2	2	1	4	1	1	2	2	2	3	2	0	23	76.67	74,80
5	0	0	1	2	2	1	4	1	1	2	2	2	3	2	0	23	76.67	71,06
6	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0	0	0	10	33.33	35,38
7	0	0	2	2	2	1	4	1	1	2	1	2	1	1	0	20	66.67	71,06
8	0	0	0	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	1	0	14	46.67	46,38

9	0	0	1	2	2	1	4	1	1	2	2	2	1	1	0	20	66.67	71,06
10	0	0	0	1	1	1	3	1	1	2	1	2	1	1	0	15	50.00	48,42
11	0	0	1	2	2	1	4	1	1	2	2	2	2	2	0	22	73.33	64,95
12	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	0	13	43.33	42,02
13	0	0	0	2	2	1	2	1	1	2	1	2	1	1	0	16	53.33	53,71
14	0	0	0	2	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	0	15	50.00	71,06
15	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	0	13	43.33	46,09
16	0	0	1	1	1	1	3	1	1	2	1	2	1	1	0	16	53.33	51,48
17	0	0	1	2	2	2	4	1	1	2	1	2	1	1	0	20	66.67	63,48
18	0	0	0	1	1	1	4	1	1	2	1	2	1	1	0	16	53.33	51,09
19	0	0	2	2	2	2	4	1	1	2	1	2	1	1	0	21	70.00	71,06
20	0	0	0	2	2	2	4	2	1	2	1	2	1	1	0	20	66.67	69,66
21	0	0	0	2	2	2	4	1	1	2	1	2	1	1	0	19	63.33	64,95
22	0	0	0	2	2	1	4	1	1	2	1	2	1	1	0	18	60.00	60,14
23	0	0	1	1	2	1	4	1	1	2	1	2	1	1	0	18	60.00	64,95
24	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	0	13	43.33	44,08
25	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	11	36.67	35,08
26	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	0	12	40.00	42,99
27	0	0	0	2	2	1	4	1	1	2	1	2	1	1	0	18	60.00	44,42
28	0	0	0	2	2	2	4	2	2	2	1	2	1	1	0	21	70.00	71,06
29	0	0	0	2	2	2	4	2	1	2	1	2	1	1	0	20	66.67	64,95
30	0	0	0	2	2	1	4	1	1	2	1	2	1	1	0	18	60.00	55,47
31	0	0	0	1	1	1	3	1	1	2	1	2	1	1	0	15	50.00	49,72
32	0	0	0	2	2	2	4	2	2	2	2	2	1	1	0	22	73.33	71,06
33	0	0	0	2	2	1	4	1	1	2	1	2	1	1	0	18	60.00	64,95
34	0	0	0	2	2	2	4	2	2	2	1	2	1	1	0	21	70.00	64,95
35	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	0	13	43.33	71,06
36	0	0	1	2	2	1	4	1	1	2	1	2	1	1	0	19	63.33	44,37
37	0	0	1	1	2	1	4	1	1	2	1	2	1	1	0	18	60.00	59,66
38	0	0	0	2	2	2	4	1	1	2	1	2	1	1	0	19	63.33	64,95
39	0	0	0	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	1	0	23	76.67	71,06
40	0	0	0	2	2	1	3	1	1	2	1	2	1	1	0	17	56.67	65,66
41	0	0	0	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	12	40.00	40,38
42	0	0	0	2	2	2	4	2	2	2	2	2	1	1	0	22	73.33	68,81
43	0	0	0	2	2	2	4	2	2	2	2	2	1	1	0	22	73.33	64,95

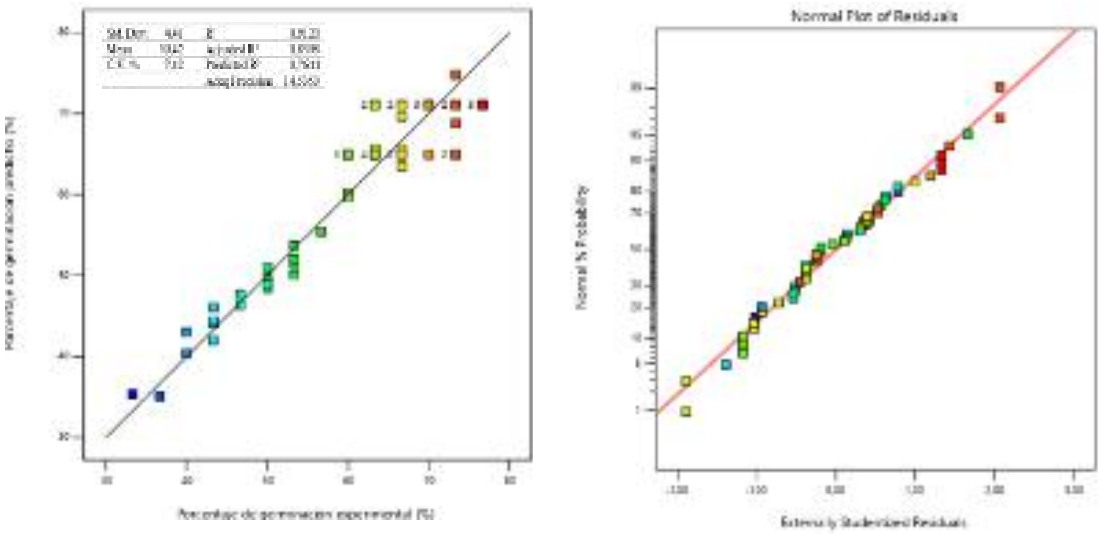
44	0	0	0	2	2	1	4	1	1	2	1	2	1	1	0	18	60.00	64,95
45	0	0	0	2	2	2	4	1	1	2	1	2	1	1	0	19	63.33	64,95
46	0	0	1	2	2	2	4	1	1	2	1	2	1	1	0	20	66.67	65,66
47	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	0	14	46.67	47,72
48	0	0	2	2	2	2	4	2	2	2	1	2	1	1	0	23	76.67	71,06
49	0	0	0	2	2	2	4	1	1	2	1	2	1	1	0	19	63.33	64,95
50	0	0	2	2	2	2	4	1	1	2	1	2	1	1	0	21	70.00	71,06
51	0	0	0	1	1	1	4	1	1	2	1	2	1	1	0	16	53.33	50,08
52	0	0	0	1	1	1	4	1	1	2	1	2	1	1	0	16	53.33	52,08

En la figura 2 (A) se pueden observar los valores predichos y experimentales para la germinación en cajas a los 15 días de *H. chrysanthus*. La distribución de puntos corroboró la capacidad del modelo para cubrir todo el intervalo experimental. Los valores de R^2 =0,7644 y Adj. R^2=0,8598, de las líneas de regresión se aproximan a uno lo que indicó una muy buena correspondencia entre los valores experimentales y predichos del modelo en los datos experimentales. En la figura 2 (B) se constató que los datos experimentales cumplieron el supuesto de distribución normal.

Figura 2

Valores experimentales y predichos de la germinación de H. chrysanthus (A). Distribución normal de los datos experimentales (B).

(A) (B)



Los resultados de la tabla 4 muestran que el tiempo de ultrasonido, el tiempo de inmersión en agua a temperatura ambiente y el poder de ultrasonido fueron significativos en el porcentaje de germinación de semillas de *H. chrysanthus* ($p< 0.0001$), mientras que la temperatura del baño no resulto significativa ($p> 0.05$).

Tabla 4

Análisis de varianza (ANOVA)

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	6440,52	19	338,97	17,46	< 0.0001	significant
A-Temperatura del agua en el baño	8,84	1	8,84	0,4551	0,5048	
B-Tiempo de ultrasonido	124,87	1	124,87	6,43	0,0163	
C-Tiempo de inmersión en agua a temperatura ambiente	124,83	1	124,83	6,43	0,0163	
D-Poder ultrasónico	270,61	1	270,61	13,94	0,0007	
AB	34,09	1	34,09	1,76	0,1946	
AC	34,14	1	34,14	1,76	0,1942	
AD	109,04	1	109,04	5,62	0,0240	
BC	56,38	1	56,38	2,90	0,0981	
BD	4,97	1	4,97	0,2562	0,6162	
CD	5,05	1	5,05	0,2599	0,6137	
AÂ²	186,98	1	186,98	9,63	0,0040	
BÂ²	16,75	1	16,75	0,8630	0,3599	
CÂ²	1873,66	1	1873,66	96,51	< 0.0001	
ABD	6,29	1	6,29	0,3241	0,5731	
ACD	6,30	1	6,30	0,3245	0,5729	
BCD	0,7084	1	0,7084	0,0365	0,8497	
AÂ²D	68,10	1	68,10	3,51	0,0702	
BÂ²D	5,45	1	5,45	0,2805	0,6000	
CÂ²D	2,61	1	2,61	0,1342	0,7165	
Residual	621,28	32	19,41			
Lack of Fit	103,69	10	10,37	0,4407	0,9098	not significant
Pure Error	517,59	22	23,53			
Cor Total	7061,80	51				

Nota. Software Design Expert

El software generó ecuaciones polinómicas de segundo orden para el porcentaje de germinación. Estos modelos permitieron encontrar la relación entre la temperatura,

tiempo de ultrasonido, tiempo de inmersión, potencia y la respuesta a la germinación, potencia baja (Ecuación 2) y potencia alta (Ecuación 3).

Ecuación 2

Germinación= - 45,05477 + 3,78872 - 0,327847 + 4,24334 - 0,030914 * AB + 0,013922 * AC + 0,046389 * BC - 0,041136 * A^2 + 0,036676 * B^2 - 0,175906 * C^2

Ecuación 3

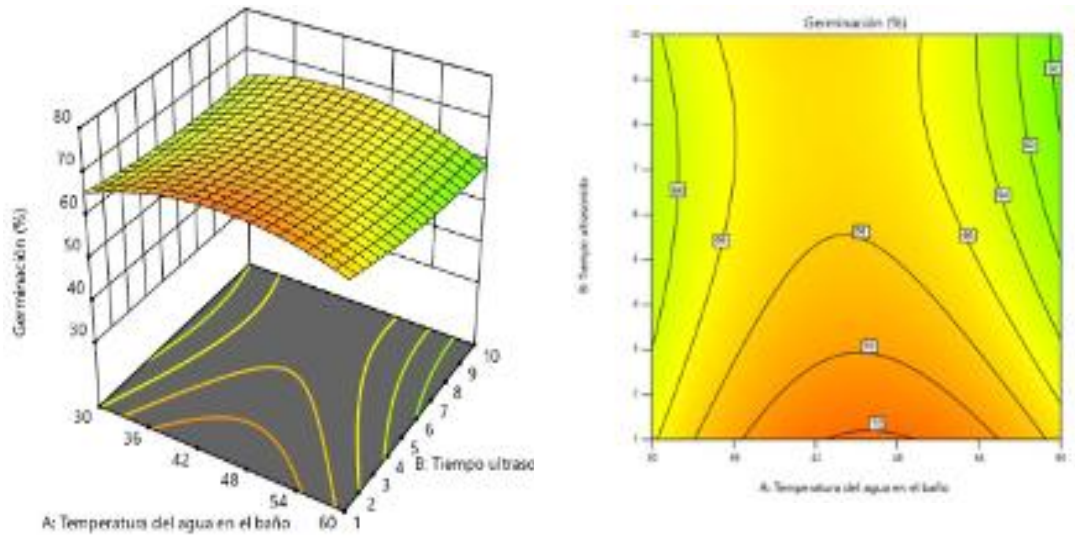
Germinación= 21,79479 + 0,705525 - 1,88172 + 5,15338 - 0,012333 * AB + 0,005556 * AC + 0,037037 * BC - 0,010172 * A^2 + 0,133978 * B^2 - 0,189536 * C^2

Según los modelos, las condiciones óptimas para lograr un porcentaje de germinación superior al 76.67% fueron: temperaturas (32-48 °C), tiempo de baño (1 min) y tiempo de inmersión (14 y 15). Estas condiciones se validaron experimentalmente a 30 °C, 1 min, 14 h y poder alto obteniéndose el 76.67% de germinación.

Figura 3

Superficie respuesta del efecto del tiempo ultrasónico y temperatura del agua en el baño sobre el porcentaje de germinación de semillas de H. chrysanthus (A) y gráfico de contorno (B).

(A) (B)



De acuerdo con Medina et al., (2020) la evaluación de crecimiento de plántulas y germinación de semillas en *Handroanthus chrysanthus* mediante cuatro tratamientos pre germinativos, inmersión en agua a temperatura ambiente a 395 y 290 semillas germinadas en abono orgánico bajo sombra y otras a exposición solar, sumergidos en agua y arena por 24 horas, correspondió a un 51% de tasa germinativa en dos tratamientos que fueron aquellas que estuvieron en sombra, y un 38% de porcentaje de

germinación a las que estuvieron expuestas al sol. A diferencia del presente estudio realizado, el tratamiento de ultrasonido obtuvo el 76.66% de germinación bajo las condiciones: temperatura (30 °C), tiempo de baño ultrasónico (1 min), tiempo de inmersión en agua (14) y potencia (alta), para *H. chrysanthus*, siendo este el resultado más alto dentro de la literatura para especies forestales con el uso de ondas ultrasónicas.

Estudios con la aplicación de ondas ultrasónicas en semillas forestales no se encuentran reportados en la literatura, sin embargo, Velásquez et al., (2021) enfoca la importancia que tiene la utilidad del ultrasonido como herramienta positiva y una técnica más práctica que facilita la ruptura de la latencia de *Hymenaea courbaril* L. siendo algo que no genera restos químicos a diferencia de otras técnicas químicas y físicas que se utilizan para romper el letargo de las semillas, eliminando contaminantes y algún tipo de manipulación que pudo tener en la recolección. Además, resalta que el tiempo expuesto debe considerarse como un factor que debe ser exacto para la viabilidad del tratamiento en la germinación.

Por otro lado, estudios realizados a semillas de cebada (*Hordeum Vulgare* L. Var. Karon Dar Kavir), demostraron que la germinación mejoro con la ultrasonicación bajo condiciones como: la potencia ultrasónica (20, 60 y 100 % de 460 W), el tiempo de irradiación ultrasónica (5,10 y 15 min), la temperatura (30 °C) y la frecuencia (20 KHz), obteniendo un porcentaje de (99,4 %) a 100% de ajuste de potencia para las ondas ultrasónicas y 15 min para el tiempo de tratamiento a temperatura y frecuencia constantes (Yaldagard et al., 2008). Así también (MEMİŞ et al., 2021) afirmaron que la ultrasonicación tiene el potencial de aumentar los porcentajes de emergencia de plántulas y la calidad de las semillas de hortalizas.

El manejo del tratamiento ultrasónico exponiendo los granos de arroz integral a 40kHz de frecuencia / 30 minutos, después trasladado a una incubadora por 36 horas a 37 grados, obtuvo un efecto positivo, aumentando la tasa germinativa de 22% inicial sin aplicar ningún método al 92% efectivo a la germinación del arroz, además resolvieron los mecanismos activos en los metabolitos. Así mismo, para el análisis del resultado el conteo es porcentual, que tanto de granos germinaron por cada 6 horas, contabilizando también aquellas que ya podían ser visibles fuera del embrión, el resultado permitió demostrarse con una regla de tres que aplica el número de semillas germinadas entre el total de semillas multiplicado por 100 (Zhang et al., 2022).

El ultrasonido puede utilizarse como regulador de crecimiento de las especies *Lycopersicon esculentum* y *Anethum graveolens* como lo demuestra (Ramteke et al.,

2015) quienes emplearon una frecuencia (40 kHz) y una potencia (100 W) mismo que aumento los parámetros de porcentaje de germinación, la supervivencia, la altura de las plántulas y la longitud de los brotes (Ramteke et al., 2015).

La importancia de conocer los diferentes usos de las plantas permite que aumente el manejo de las mismas, por ende las especies como *Fatriplex lentiformis, Comino cyminum,* y *Zygophyllum euripterum* se utilizan para conservación de suelo, medicina, alimentos, replante de pasto entre otras cosas, las mismas que son aquellas que germinan con dificultad, con el tratamiento ultrasónico expuesto de 5 a 7 minutos obtuvieron resultados positivos en la germinación, algo que promueve la satisfacción de necesidades (Sharififar et al., 2015).

Otro estudio favorable realizado en semillas de girasol sintéticas demostró que el uso de ultrasonido a una frecuencia de 40 kHz con una intensidad del 40% y 60% de la potencia total del generador ultrasónico (250 W) y una duración de 5 min y 20 min fue el más efectivo con tasas de germinación del 95 % y 99 %, estos tratamientos lograron la máxima longitud de raíces y brotes, mejoraron significativamente las tasas de germinación y el crecimiento de plántulas en semillas de girasol sintéticas (Machikowa et al., 2013).

Venâncio, (2020), consideró importante establecer tratamientos ultrasónicos para romper la latencia, ya que aumentan la tasa de germinación y IVG de las semillas de *Senna multijuga* (Rich.) y mantener el vigor de las semillas; además contribuye al desarrollo y producción de plantas viables en poco tiempo para la replantación de áreas degradadas, ya que cuanto más rápido ocurra más rápido se recuperará el ecosistema. Vale la pena señalar que (Venâncio, 2020) lo comparó con el tratamiento pregerminativo de ácido sulfúrico concentrado con una tasa de germinación del 92%, mientras que el ultrasonido alcanza el 94%, pero destaca los posibles efectos secundarios y daños a la salud de los investigadores y al medio ambiente causados por el ácido. En este sentido resalto los beneficios de tratamiento de ultrasonido porque no produce residuos en el medio ambiente, es fácil de manejar, representa poco riesgo para la salud y es muy prometedor para la producción de plántulas para la plantación en áreas degradadas.

Según Liu et al., (2016) el efecto de la ultrasonicación para la germinación y crecimiento de plántulas de gramíneas envejecidas de festuca alta y centeno silvestre ruso, empleando semillas recolectadas en el 2003, 2006, 2009, 2010 y 2014, con sonicación de 15 minutos, temperatura a 45 grados con potencia a 350w y remojo

efectivo de una hora en agua destilada, se obtuvo un 89.3% de plantas germinadas lo cual se vuelve positivo con esas variables a dichas semillas en condiciones de periodos largos de almacenamientos.

Jurado, (2022), resalta que existen pocos estudios del uso del ultrasonido con especies arbóreas, por ende, se trataron con un muestreo de semillas certificadas de caoba *Swietenia macrophylla* y acacia roja, *Delonix regia*, realizando 5 tratamientos con doce repeticiones dando un total de sesenta semillas en tratamiento, es importante efectuar los resultados en el tiempo de germinación de 40 días para examinar que sea favorable. De esta manera se presenta resultados un rango en la tasa de germinación del 80% y el 100% de semillas germinadas en cada una de las repeticiones, la especie acacia roja, promediando una germinación global de 92%, a diferencia de la caoba que el éxito de germinación fue nulo o del 0%, ya que no se logró identificar ningún individuo en lo que va del tratamiento, esto se puede deber a alguna condición externa que tuvieron las semillas porque se las compro en un vivero comercial y se las seleccionó al azar.

Nazari, (2017) resalta que no se debe delimitar el efecto del ultrasonido en el momento del baño de las semillas, sino que también se puede ir más allá porque ayuda a reducir el tiempo, aumentar el porcentaje de germinación, efectuar cantidad de semillas germinadas por muestra, todo lo que viene después como mantener el germoplasma o al ya estar establecidas reforestar y mejorar la diversidad de especies, incluso para procesos de transferencia de alimento, como secado, deshidratación osmótica. Sin embargo, (Najafi et al., 2022) la respuesta fisiológica y biosíntesis en fenogreco *Trigonella foenum* que es un valioso metabolito antidiabético, necesita de diferentes variables en el ultrasonido porque el control es variado en 10 días debe ser complementada con otros componentes como una solución de Hoagland y ácido nicotínico, para mejorar los rasgos en la germinación, pero aquello disminuye algunos procesos de la plántula para aumentar compuestos antioxidantes y algunos niveles bioquímicos.

El mayor problema que se tiene al momento de la siembra de especies es la falta de sincronización de la germinación con el laboratorio, es decir, no se realiza un estudio previo al letargo de las semillas o estado de reposo, estudiar a cuartos de cordero común una planta indeseable altamente competitiva para otros cultivos, rompiendo el letargo con un baño ultrasónico a 35 kHz, durante 5, 10, 15 y 20 minutos, dando como resultado un porcentaje alto para el peso seco, germinación y vigor de las plántulas a 98

% lo cual le favorece en la ruptura y aparecimiento del nuevo individuo (Babaei-Ghaghelestany et al., 2020).

En la industria alimentaria su puede aplicar la estimulación por ultrasonido, aumentando la actividad antioxidante y ácido y-aminobutírico en trigo *Triticum aestivum*, dándole paso al incremento del valor nutricional, con una baja frecuencia 20 kHz a diferentes intensidades puede reducir el tiempo de germinación que normalmente tiene la semilla, el producto derivado que se tiene por el trigo aplicando técnicas con ultrasonido efectuaron empaquetados densos de masa proteica alta (Naumenko et al., 2022). No obstante, (Alfalahi et al., 2022) en la soja *Glycine max* la tecnología del ultrasonido aumenta la germinación, pero afecta la expresión del gen antioxidante catalasa y superóxido dismutasa que fueron examinados en los tejidos de las plántulas, dieron diferentes expresiones en el mismo.

De acuerdo con Ponce-Quispe & Siche, (2022) efectuar hidratación de granos con ultrasonido y el efecto que tiene en el almidón, aporta en los enfoques que aporten a disminuir tiempo en la cinética, obteniendo mejora en las propiedades, con reducción de tiempo al incorporar los nutrientes. Para ello, interviene el ultrasonido acelerando el proceso de hidratación y germinación de los granos sin perturbar alguna propiedad del almidón, ni extracción de los alcaloides, permite la reducción del tiempo aplicando el sulfato ferroso en la cocción, incluso si se aplica bicarbonato de sodio se puede acelerar el ablandado de la testa, esto puede llegar a determinar un buen uso en la comercialización.

En presencia de una especie como la mucuna *Stizolobium pruriens*¸ planta que es fijadora de nitrógeno, por eso es útil en la agricultura, pero tiene una germinación lenta, desigual y a veces nula. Se mostró dos réplicas una en el uso ultrasónico a baja frecuencia y otra solo sumergiendo las semillas en agua, en tratamientos de 3x6 con 6 niveles a 0, 1, 2, 3, 5, y 8 minutos durante 8 días controlados a la germinación, a 4.5 minutos presento mejores rendimientos en la germinación de la especie convirtiéndose en una adecuada alternativa para el resto de los tratamientos (Menezes et al., 2021). Además, (Zhang et al., 2023) resalta que el control debe ser continuo hasta tener un resultado positivo, incluso más para semillas que son consideradas envejecidas, en el caso de *Pinus tabuliforme* demostraron germinación desde el día uno, es decir existió una aceleración continua en el proceso de aparición de la plántula.

CONCLUSIONES

El efecto del tratamiento con ultrasonido e inmersión en agua permitió un incremento superior al 40% de la germinación de 33.33% en relación al testigo, lo que demuestra las perspectivas de aplicación como tratamiento pregerminativo para lograr mayores porcentajes de semillas germinadas. El diseño estadístico permitió encontrar ecuaciones teóricas predictivas para alcanzar el 76,67% de germinación experimentalmente, donde las condiciones óptimas fueron temperatura (30 ºC), tiempo del baño (1 min), tiempo de inmersión en agua a temperatura ambiente (14 h) y potencia (alta).

REFERENCIAS

Agila, S., Burneo, A., Narváez, L., & Pucha, D. (2018). Propiedades físicas y características anatómicas de la madera de tres especies de Guayacán al sur del Ecuador. *Universidad Nacional de Loja*, *8*(2), 1–15. https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/490

Alfalahi, A. O., Alobaidy, B. S., Almarie, A. A., Dhanoon, O. M., Qasem, J. R., Almehemdi, A. F., & Najda, A. (2022). Ultrasonic Treatment Enhances Germination and Affects Antioxidant Gene Expression in Soybean (Glycine max L. Merr). *Agronomy 2022, Vol. 12, Page 2446*, *12*(10), 2446. https://doi.org/10.3390/AGRONOMY12102446

Alvarado, J. A. (2019). *Variabilidad genética de progenies de Handroanthus chrysanthus (Jacq.) S.O. Grose para fines de conservación* [Universidad Nacional de Loja]. https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21709/1/Jordy%20Andres%20Alvarado%20Chamba.pdf

Babaei-Ghaghelestany, A., Alebrahim, M. T., MacGregor, D. R., Khatami, S. A., & Hasani Nasab Farzaneh, R. (2020). Evaluation of ultrasound technology to break seed dormancy of common lambsquarters (Chenopodium album). *Food Science and Nutrition*, *8*(6), 2662–2669. https://doi.org/10.1002/FSN3.1547

Cárdenas, L., Escobar, M., León, R., & Solano, C. (2016, September 21). *Aspectos ecológicos y silviculturales para el manejo de especies forestales nativas*. https://www.natura.org.co/wp-content/uploads/2016/09/Cartilla_Pqts_Tecnologicos_Nativas-Baja.pdf

Cárdenas, L. M. (2016). *Aspectos ecológicos y silviculturales para el manejo de especies forestales nativas*. https://www.natura.org.co/wp-content/uploads/2016/09/Cartilla_Pqts_Tecnologicos_Nativas-Baja.pdf

Castillo, D., Bautista, A., Castillo, F., Sáenz, J., & Sáenz, T. (2020). Tratamientos pregerminativos para semillas de Prunus cercocarpifolia Villarreal (Rosales, Rosaceae), especie endémica de la Sierra Zapalinamé, Coahuila, México. *Acta*

Agrícola y Pecuaria, *7 Núm. 1*(2021), 1–8. https://doi.org/10.30973/aap/2021.7.0071003

Céspedes, K. A. (2018). *Determinación de los patrones de tinción y efecto de la giberelina sobre la germinación de las semillas de Caoba (Swietenia macrophylla) y Guayacán amarillo (Handroanthus chrysanthus)* [Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/7725/CespedesTorresKaterineAndrea2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chávez, R. G. (2016). *Efecto del ultrasonido en la germinación y las actividades de alfa amilasa y peptidasas en dos variedades de trigo* [Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C]. https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/739/1/Ch%C3%A1vez-Pulido%20R%20G_MC_2016.pdf

CONAFOR. (2003). Tabebuia chrysantha (Jacq.) Nicholson. *Comisión Nacional Forestal*, 1–5. http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/1006Tabebuia%20chrysantha.pdf

Izquierdo Fernandez, J., Diamante, A., & McCarthy, M. S. (2013). Conservación de germoplasma ex situ: Protocolos y estrategias para la mantención de un banco in vitro. Ciencia e investigación Forestal 21(1): 69-82. *Crioconservación de Plantas En América Latina y El Caribe*, *21*(July 2000), 69–82. https://www.researchgate.net/publication/282670821_Conservacion_de_germoplasma_ex_situ_Protocolos_y_estrategias_para_la_mantencion_de_un_banco_in_vitro_Ciencia_e_investigacion_Forestal_211_69-82

Jaramillo, J. J., Quimis, A. J., Merino, A., & Alcivar, J. L. (2018). Disponibilidad de hábitat del Tabebuia Chrysantha mediante variables climáticas para fines de conservación. *Ciencia Digital*, *2*, 361–382. https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i2.101

Jurado, N. (2022). Evaluación en la germinación de semillas de 2 especies arbóreas tropicales, por estimulación ultrasónica y electromagnética, con fines de conservación de las especies [Universidad Católica de Manizales]. In *Universidad Católica de Manizales*. https://repositorio.ucm.edu.co/jspui/handle/10839/3551

Liu, J., Wang, Q., Dura, K., Liu, X., Cui, J., Gui, J., Gu, M., & Gao, W. (2016). Effects of ultrasonication on increased germination and improved seedling growth of aged grass seeds of tall fescue and Russian wildrye. *Scientific Reports 2016 6:1*, *6*(1), 1–12. https://doi.org/10.1038/srep22403

Machikowa, T., Kulrattanarak, T., & Wonprasaid, S. (2013). Effects of Ultrasonic Treatment on Germination of Synthetic Sunflower Seeds. *Zenodo*, *6*, 1–3. https://doi.org/10.5281/ZENODO.1328510

Medina, H. H., Torres, J. J., Palacios, C. A., Ruiz, B. A., Martínez, M., & Rengifo, L.

(2020). Germination and growth of the tree Handroanthus chrysanthus (Bignoniaceae) under nursery conditions. *Cuadernos de Investigación UNED*, *12*(2), 409–418. https://doi.org/10.22458/URJ.V12VI2.3175

Medina, H., Torres, J., Palacios, C., Ruiz, B., Martínez, M., & Rengifo, L. (2020). Germination and growth of the tree Handroanthus chrysanthus (Bignoniaceae) under nursery conditions. *Cuadernos de Investigación UNED*, *12*(2), 409–418. https://doi.org/10.22458/URJ.V12VI2.3175

MEMİŞ, N., NJİE, E. S., MUHİE, S., ŞAHİN, G., & DEMİR, İ. (2021). Effect of ultrasonic treatment on seed germination and seedling emergence in seven vegetable species. *ANADOLU JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES*. https://doi.org/10.7161/OMUANAJAS.890033

Menezes, L., Garcia, B., Amorim, G., Rodrigues, A., Lozano, G., & Luciene, K. (2021). Ultrasonido de baja frecuencia como potenciador para el proceso de germinación de Stizolobium pruriens. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, ISSN 2007-0934, Vol. 12, Nº. 5, 2021, Págs. 765-776*, *12*(5), 765–776. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8052381&info=resumen&idioma=MUL

Najafi, R., Rezaei, A., & Talei, D. (2022). Potential of ultrasound and nicotinic acid to improve physiological responses and trigonelline biosynthesis in fenugreek (Trigonella foenum-graecum L.). *Industrial Crops and Products*, *182*, 114815. https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2022.114815

Naumenko, N., Potoroko, I., & Kalinina, I. (2022). Stimulation of antioxidant activity and γ-aminobutyric acid synthesis in germinated wheat grain Triticum aestivum L. by ultrasound: Increasing the nutritional value of the product. *Ultrasonics Sonochemistry*, *86*, 1–11. https://doi.org/10.1016/J.ULTSONCH.2022.106000

Nazari, M. (2017). Impacts of ultrasonic waves on seeds: A mini-review. *Agricultural Research & Technology: Open Access Journal*, *6*(3). https://doi.org/10.19080/ARTOAJ.2017.06.555688

Ponce-Quispe, G., & Siche, R. (2022). Ultrasound-assisted grain hydration and its effect on starches: A review. *Agroindustrial Science*, *12*(3), 365–374. https://doi.org/10.17268/AGROIND.SCI.2022.03.16

Quintana, J. (2019). *Germinabilidad de semillas de siete especies forestales de bosque seco tropical de la provincia de Manabí, año 2019* [Universidad técnica estatal de Quevedo]. https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3759/1/T-UTEQ-0086.pdf

Ramteke, A. A., Meshram, U. P., & Yaul, A. R. (2015). Effect of ultrasonic waves on seed germination of Lycopersicon esculentum and Anethum graveolens. *International Journal of Chemical and Physical Sciences*, *4*, 2319–6602. www.ijcps.org

Sarmiento, S., & Lucena, Y. (2019). *Análisis de factibilidad para el establecimiento de*

un vivero forestal bajo el esquema de producción verde, en la vereda Ubatoque, en el municipio de Cáqueza, Cundinamarca [Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/23115/ANALISIS%20DE%20FACTIBILIDAD%20PARA%20EL%20ESTABLECIMIENTO%20DE%20UN%20VIVERO%20FORESTAL%20BAJO%20EL%20ESQUEMA%20DE%20PRODUCCI%c3%93N%20VERDE%2c%20EN%20LA%20VEREDA%20UBATOQUE%2c%20EN%20EL%20MUNICIPIO%20DE%20C%c3%81QUEZA%2c%20CUNDINAMARCA.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Sharififar, A., Nazari, M., & Asghari, H. R. (2015). Effect of ultrasonic waves on seed germination of Atriplex lentiformis, Cuminum cyminum, and Zygophyllum eurypterum. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, *2*(3), 102–104. https://doi.org/10.1016/J.JARMAP.2015.05.003

Varela, S., & Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria* , 3–5. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_latencia.pdf

Velásquez, L., Maggi, L., Coelho de Albuquerque, W., Ruiz, A., Nogueira, Í., Oliveira, I., Vela, Z., Ferreira, W., Lacerda, R., & Castanheira da Silva, M. (2021). Analysis of the effect of ultrasound on Hymenaea courbaril L. seeds / Análise do efeito do ultrassom em sementes de Hymenaea courbaril L. *Brazilian Journals Publicações de Periódicos e Editora Ltda.*, *7*, 1–12. https://doi.org/10.34117/bjdv7n11-295

Venâncio, R. S. D. S. (2020). *Estudo da influência do ultrassom de baixa frequência sobre a germinação de Senna multijuga (rich.) H. S. Irwin & Barneby* [Universidad Estatal Paulista]. https://doi.org/10.17616/R31NJN39

Yaldagard, M., Mortazavi, S. A., & Tabatabaie, F. (2008). Application of ultrasonic waves as a priming technique for accelerating and enhancing the germination of barley Seed: Optimization of method by the Taguchi approach. *Journal of the Institute of Brewing*, *114*(1), 14–21. https://doi.org/10.1002/J.2050-0416.2008.TB00300.X

Zhang, G., Xu, J., Wang, Y., Sun, X., Huang, S., Huang, L., Liu, Y., Liu, H., & Sun, J. (2022). Combined transcriptome and metabolome analyses reveal the mechanisms of ultrasonication improvement of brown rice germination. *Ultrasonics Sonochemistry*, *91*, 106239. https://doi.org/10.1016/J.ULTSONCH.2022.106239

Zhang, H., Mo, W., Liao, S., Jia, Z., Zhang, W., Zhang, S., & Liu, Z. (2023). Ultrasound promotes germination of aging Pinus tabuliformis seeds is associated with altered lipid metabolism. *Ultrasonics Sonochemistry*, *93*, 106310. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106310

ANEXOS

Imágenes


















Ultrasonido

El ultrasonido es una tecnología novedosa en el ámbito de las semillas debido a sus efectos promisorios en la interrupción de la latencia física (Yaldagard et al., 2008) es importante para la proliferación y la producción temprana de plántulas de diferentes especies vegetales y por ser un tratamiento limpio que no genera desechos tóxicos en el medio ambiente (Chávez, 2016). Los parámetros de ultrasonido efectivos a saber son: frecuencia, potencia ultrasónica, temperatura del baño, duración de irradiación ultrasónica (Machikowa et al., 2013); comúnmente se utiliza los baños ultrasónicos, donde el transductor (el componente electromecánico responsable de generar los ultrasonidos) se fija en el fondo del baño lleno de agua, los efectos mecánicos provocados por pequeñas oscilaciones de las partículas del medio debido a la propagación de ondas de ultrasonido a través de los tejidos conducen a una probable ruptura de la pared celular de las plantas, aumentando la absorción de agua y nutrientes (Velásquez et al., 2022).

Figura 4

Baño digital (Branson 3800, serie CPXH).



Nota: El ultrasonido es una onda de sonido que se irradia hacia el líquido en el

tanque, creando un efecto llamado cavitación, la rápida formación e implosión de pequeñas burbujas

El sistema de vibración ultrasónica se basa en ondas ultrasónicas de alta intensidad (Naumenko et al., 2022), que imponen una presión mecánica sobre la pared celular de la semilla, aumentando su porosidad y permitiendo permeabilidad al ingreso de oxígeno y agua. Este hecho estimula a las células a aumentar sus actividades enzimáticas y cambian su estructura para suavizar la cubierta de la semilla y absorber nutrientes (Velásquez et al., 2021). Los cambios en la semilla facilitan el proceso de germinación y el crecimiento inicial de las plántulas(Velásquez et al., 2022). Por lo tanto, la aplicación de vibraciones ultrasónicas se puede utilizar para aumentar la absorción de agua de semillas durante la hidratación sin afectar negativamente la capacidad de germinación (Miano et al., 2015). La sonicación es un proceso que realiza el ultrasonido, permitiendo la estimulación en la actividad enzimática que tienen las raíces en un 15% a 30% que permiten acelerar el proceso de germinación por la ruptura de paredes en la capa (Makeeva et al., 2021). Estimular a las semillas con aplicación de tratamientos pre germinativo en utilidad de ultrasonido es el causante de la mayor parte en el aumento del porcentaje de germinación, debido a las diferentes variables de inmersión con sonicación dando paso a un efecto significativo en las semillas (López-Ribera & Vicient, 2017).

La ultrasonicación ha sido útil para la transformación de las especies desde la germinación para emplearle eficiencia desde el día que germina hasta la última etapa de su ciclo, la sonicación permite la ruptura de la testa para semillas grandes y brote de la plúmula para semillas pequeñas en tiempo más corto del que realiza en condiciones normales (Zhang et al., 2023). Es una tecnología útil en la mejora y el aumento porcentual de las semillas incluso con efectos negativos en el crecimiento de las plántulas, con la producción de ondas generadas con calor ejercen efectos tecnificados al manejo (preparación) de semillas recolectadas, los deterioros que pueden llegar a tener las semillas van a depender de los daños al momento de la meteorización del suelo en la recolección directa o indirecta, incluso llega a ser tardío por el tiempo que se deja en almacenamiento si las condiciones no son las apropiadas, estimular antes con el ultrasónico aumenta la cavitación del material que cubre la semilla elevando el proceso de permeabilidad, provocando el brote de la especie (Alfalahi et al., 2022).

Datos técnicos

H. chrysanthus es una especie de lento crecimiento, procedente de zona

intertropical de América Latina. Se distribuye desde México, Guatemala, Panamá, Colombia, Venezuela y Ecuador, debido a esto ha adquirido diversos nombres comunes resaltando guayacán, guayacán negro, verdecillo y roble. El guayacán es una especie común y característica en los bosques tropicales y áridos que van desde el sur de Esmeraldas, Manabí, Guayas hasta El Oro (Jaramillo et al., 2018).

Figura 5

Distribución de la especie H. chrysanthus en Ecuador



Nota: Extraído de Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad (GBIF)

Debido a su ciclo de crecimiento vegetativo largo, según (CONAFOR, 2003) su madera es talada indiscriminadamente en bosques naturales para aprovecharla ya que es muy duradera, resistente a las termitas y al agua por ende es requerida en el mercado para su comercialización. Como tal, su madera tiene múltiples usos, tales como: fabricación de muebles, bellas artes, etc. Se aprovecha aproximadamente a los 13 de altura con un diámetro de 20 a 40 cm (madurez que llega entre los 5 a 8 años). La densidad en equilibrio de *H. chrysanthus* oscila entre 1.20 a 1.85 g / cm3, aunque puede variar de la densidad anhidra fluctúa entre 0.84 a 1.11 g/cm3, mientras que la densidad básica varía entre 0.81 a 0.79 g/cm3. Presenta unas características anatómicas y microscópicas de la madera con presencia de anillos de crecimiento visibles con poros difusos, disposición de los vasos o poros en bandas tangenciales y en patrones radiales o diagonales con una agrupación en grupos radiales de 4 o más, placas de perforación simples, forma de punteaduras poligonales alternas, albura (96 a 123), duramen (80 a 104) y fibras de delgada a gruesa (Agila et al., 2018). Además, se utiliza en sistemas agroforestales o agrosilvopastoriles ya que produce una gran cantidad de forraje utilizado como alimento para caprino y bovino y otros servicios ecosistémicos, agrupados en cuatro

categorías: culturales, fundacionales, reguladores y de aprovisionamiento (Magaña, 1972)

La mayoría de las especies forestales utilizan las semillas como método de reproducción es decir de manera sexual. No obstante, existen diferentes tipos de semillas las cuales pueden ser ortodoxas o recalcitrantes, en este sentido las semillas al llegar a una etapa de maduración y dispersión puede llegar a tener una serie de complicaciones por lo que no se garantiza su germinación, ya sea porque tienen diferentes periodos de dormancia, poseen una testa demasiado suave, diferente morfología y a su dehiscencia o por condiciones ambientales desfavorables (Varela & Arana, 2011). En este sentido las semillas comienzan a deteriorarse lo que se ve reflejado en la perdida de la viabilidad, lo cual conlleva a la perdida de la producción de plántulas sanas. Este proceso también puede deberse al tipo de especie es decir el tiempo que tarda una semilla en perder su viabilidad, factores internos de las semillas como puede ser su requerimiento de humedad, horas luz, etc. Además de los factores externos como la temperatura, ambientes mal ventilados, ya que generarán condiciones propicias para el ataque de hongos, poniendo en riesgo las semillas (Aguirre, 2015).

La tasa de germinación de *H. chrysanthus* es irregular, oscila entre 15 días inclusive 6 meses (Céspedes, 2018), con un porcentaje de 50 % de germinación inmediatamente después de la recolección y 30 % en condiciones de almacenamiento, no obstante, presenta anomalías como la presencia de hongos en las semillas, esto incide en la pérdida de viabilidad que se traduce en una producción insuficiente de plantas forestales de alta calidad, factor de equilibrio parte aérea parte radical (Cárdenas, 2016).

Descripción Botánica

Según Céspedes Torres & López Botía, (2018) se presenta la siguiente clasificación taxonómica: Reino: Plantae, división: Magnoliophyta, clase: Magnoliopsida, orden: Sapindales, familia: Bignoniaceae, género: *Handroanthus*, especie: H. chrysanthus. Nombre científico: *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S. O. Grose. Sinónimos: *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G.Nicholson, *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) Nicholson, *Bignonia chrysantha* Jacq., *Tecoma chrysantha* (Jacq.) DC.

Aguirre (2015), describe las características principales de la especie H. chrysanthus:

- Árbol caducifolio que alcanza una altura entre 12 a 20 m y un diámetro de fuste de 20 a 40 cm a la altura del pecho

- Presenta un fuste recto, cilíndrico, escasamente ramificado; copa amplia, extendida e irregular; corteza fisurada pardo-oscura.
- Hojas palmadas compuestas, opuestas, ápice agudo y bordes aserrados, de 5 foliolos, de 6 a 12 cm de largo, envés áspero y ligeramente pubescente.
- Flor tubular, de 5 cm de largo, con pedúnculo, cáliz de 5 sépalos cafés; corola de 5 pétalos amarillos, en inflorescencia racimosa.
- Fruto una cápsula cilíndrica pubescente (parecida a una vaina) de 15 a 30 cm de largo, de color verde cuando está tierna y café cuando madura, contiene abundantes semillas aladas.
- Florece dos veces en el año en junio-julio y noviembre-diciembre.
- Se propaga por semilla y es de lento crecimiento.

Tipos tratamientos Pre-Germinativos

El proceso de germinación de *H. chrysanthus* se ha venido afectando por diferentes condiciones ya que no se le da un manejo acorde en la recolecta o en el almacenaje en su factor tiempo, no se la mantuvo en condiciones tolerantes por las especies, guayacán es una especie de alto valor económico pero para reforestar se da por su adaptabilidad a diferentes factores abióticos, para potenciar un poco aquello existen diferentes tipos de tratamientos pre-germinativos que potencian la tasa de germinación aumentando su porcentaje de germinación y garantizar varios individuos vivos para su próximo uso, estos tratamientos se dividen en aquellos que se pueden hacer “caseros” y algunos “técnicos” con uso de químicos e instrumentos de laboratorio; de acuerdo a ello se denominan procesos de escarificación manual de semillas, uso técnico de ultrasonicación, baño de agua caliente o fría, en ácido sulfúrico concentrado a un porciento alto o bajo, entre otros tratamiento que resaltan para la germinación favorable de las semillas (Viveros et al., 2015).

1. **Métodos físicos**
    - **Ultrasónico:** La utilidad del ultrasonido en baja o alta frecuencia va a ser impulsado a la testa de la semilla al igual que la temperatura a baño en agua, tiene un potencial bastante alto porque garantiza la estimulación de la semilla en la germinación rompiendo el letargo e inhibiendo el agua concentrada, basado en utilizar agua y las sondas del ultrasonido, a determinado tiempo y temperatura de remojo (Menezes et al., 2021).

- **Escarificación de semilla:** Se lo conoce como escarificación mecánica o raspadura, en su gran mayoría se lo hace para semillas de testa dura lo que conlleva utilizar pinzas y empezar a mover, rayar hasta que se ablande y proceda el paso de ruptura manualmente en la cubierta del embrión y así permita la inmersión de agua que le ayude al brote de la plúmula (Varela & Arana, 2011).

2. **Métodos químicos**
   - **Tratamiento de NaClO al (0,5%) (1,0%) (2,0%) y al (3.0%):** El uso de este tratamiento pre germinativo se vuelve positivo porque garantiza el brote de la plántula, pero se debe tomar en cuenta que tanto porciento de cloruro de sodio se está utilizando para el remojo dependiendo de la cobertura que tenga la semilla si es dura o suave, porque de ello depende procurar que tantos residuos químicos van a quedar y se de una u otra forma me va afectar en la planta más adelante en su crecimiento vegetativo, pero se denomina un porcentaje base ocupar al 0,5% a menos tiempo para remover su corteza (Castillo et al., 2018).
3. **Métodos biológicos**
   - **Tratamiento de agua de coco:** Un baño en el agua de coco a las semillas para remover el letargo, tiene efectos notables en la germinación, ya que el endospermo líquido del coco produce una tasa alta germinativa, aumentando el poder a un 50% de 20 que se pueda estar por almacenamiento, permitiendo que brotes en las semillas empiecen a notarse rápidamente, comparando con la escarificación el agua de coco termina siendo un buen estimulante biológico para el proceso de germinación en semillas de cualquier especie (Patiño et al., 2011).
   - **Tratamiento remojo de semilla:** El tratamiento en agua es sencillo es solamente sumergir en un recipiente con agua a temperatura ambiente las semillas para que el cotiledón absorba y la cubierta se empiece a hinchar provocando un efecto de ruptura en la testa dando paso a la germinación aceptable de la plántula, esto tiene un factor tiempo considerado según la capsula de la semillas si son duras,

semiduras o blandas, incluso esto puede observar cuales son las semillas que están vacía, siendo aquellas que no se sumergen hasta el fondo si no que se quedan flotando aquellas son las que no van a germinar (Salvador-Figueroa et al., 2005).

- **Tratamiento inmersión en agua hervida:** Procurar sumergir las semillas en agua caliente ha venido siendo un tratamiento clave para suavizar las testas duras a lo largo del tiempo, este método es utilizado comúnmente ya que garantiza la germinación y promueve que su tiempo sea más rápido, así mismo combinarlo con la escarificación aumenta el proceso de ruptura y ahorra el uso de cualquier insumo previo (Martínez et al., 1999).

4. **Fitohormonas**

- Algunas fitohormonas que presentan las especies forestales son reguladoras hormonales, es decir, en *H. Chrysanthus* estas tienen interacciones entre sí para producir un compuesto que permita el crecimiento vegetativo desde el momento inicial del ciclo, donde se rompe la cubierta de la semilla y da sus primeros brotes de la plántula, de forma tal que el efecto principal sea a nivel celular ejerciendo un control a bajas concentraciones del ciclo vegetativo con las actividades bioquímicas de la planta, es por eso que en el guayacán en los últimos años se ha venido utilizando para potenciar rápidamente el crecimiento y poder hacer el uso comercializado de esta especie, así como también se recalca que se debe conocer las características morfológicas y fisiológicas para evitar conflictos en la dosificación hormonal en cantidad y tiempo oportuno de la aplicación (Alcantara et al., 2019).

REFERENCIAS

Agila, S., Burneo, A., Narváez, L., & Pucha, D. (2018). Propiedades físicas y características anatómicas de la madera de tres especies de Guayacán al sur de Ecuador. *ResearchGate*, *8*, 1–15. https://www.researchgate.net/publication/329943412_Propiedades_fisicas_y_caracteristicas_anatomicas_de_la_madera_de_tres_especies_de_Guayacan_al_sur_de_Ecuador

Aguirre, Z. (2015). Pasado, presente y futuro de los “guayacanes” Handroanthus chrysanthus (Jacq.) S. O. Grose y Handroanthus billbergii (Bureau & K. Schum.) S. O. Grose, de los bosques secos de Loja, Ecuador. *ResearchGate*, 85–104. https://www.researchgate.net/publication/285574500_Pasado_presente_y_futuro_d

e_los_guayacanes_Handroanthus_chrysanthus_Jacq_S_O_Grose_y_Handroanthus_billbergii_Bureau_K_Schum_S_O_Grose_de_los_bosques_secos_de_Loja_Ecuador

Alcantara, J. S., Acero, J., & Alcántara, J. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Scielo*, *27*. http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf/amp/

Alfalahi, A. O., Alobaidy, B. S., Almarie, A. A., Dhanoon, O. M., Qasem, J. R., Almehemdi, A. F., & Najda, A. (2022). Ultrasonic Treatment Enhances Germination and Affects Antioxidant Gene Expression in Soybean (Glycine max L. Merr). *Agronomy 2022, Vol. 12, Page 2446*, *12*(10), 2446. https://doi.org/10.3390/AGRONOMY12102446

Cárdenas, L. M. (2016). *Aspectos ecológicos y silviculturales para el manejo de especies forestales nativas*. https://www.natura.org.co/wp-content/uploads/2016/09/Cartilla_Pqts_Tecnologicos_Nativas-Baja.pdf

Castillo, D., Bautista, A., Ávila, D., & Sáenz, J. (2018). Tratamientos químicos y biológicos para estimular la germinación en semillas de Nolina cespitiferaTrel. *Polibotánica* , 147–156. https://doi.org/10.18387/polibotanica.45.11

Céspedes, K. A. (2018). *Determinación de los patrones de tinción y efecto de la giberelina sobre la germinación de las semillas de Caoba (Swietenia macrophylla) y Guayacán amarillo (Handroanthus chrysanthus)* [Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/7725/CespedesTorresKaterineAndrea2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Céspedes Torres, K. A., & López Botía, F. (2018). *Determinación de los patrones de tinción y efecto de la giberelina sobre la germinación de las semillas de Caoba (Swietenia macrophylla) y Guayacán amarillo (Handroanthus chrysanthus)* [Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7725

Chávez, R. G. (2016). *Efecto del ultrasonido en la germinación y las actividades de alfa amilasa y peptidasas en dos variedades de trigo* [Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C]. https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/739/1/Ch%C3%A1vez-Pulido%20R%20G_MC_2016.pdf

CONAFOR. (2003). Tabebuia chrysantha (Jacq.) Nicholson. *Comisión Nacional Forestal*, 1–5. http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/1006Tabebuia%20chrysantha.pdf

López-Ribera, I., & Vicient, C. M. (2017). Use of ultrasonication to increase germination rates of Arabidopsis seeds. *Plant Methods*, *13*(1), 1–6. https://doi.org/10.1186/S13007-017-0182-6/FIGURES/5

Machikowa, T., Kulrattanarak, T., & Wonprasaid, S. (2013). Effects of Ultrasonic Treatment on Germination of Synthetic Sunflower Seeds. *Zenodo*, *6*, 1–3. https://doi.org/10.5281/ZENODO.1328510

Magaña, P. (1972, April). *Guayacán amarillo (Handroanthus chrysanthus y los servicios ecosistémicos que nos ofrece*. Biotropica; JSTOR. https://doi.org/10.2307/2989642

Makeeva, I. Yu., Puzina, T. I., & Bolgova, A. O. (2021). The different intensity ultrasound effect on the antioxidant status of lentil seedlings in a condition of hypothermia. *University Proceedings. Volga Region. Natural Sciences*, *4*. https://doi.org/10.21685/2307-9150-2021-4-2

Martínez, S., Manuel, J., & Blanco, G. (1999). Efecto de cuatro tratamientos tratamientos tratamientos pregerminativos pregerminativos pregerminativos en semillas semillas semillas semillas de Acacia bilimekii bilimekii (Tehuixtle) (Tehuixtle). *Repositorio Institucional UTM*, 55–61. http://repositorio.utm.mx/bitstream/123456789/179/1/1999-TCyT-SMR.pdf

Menezes, L., Garcia, B., Amorim, G., Rodrigues, A., Lozano, G., & Luciene, K. (2021). Ultrasonido de baja frecuencia como potenciador para el proceso de germinación de Stizolobium pruriens. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, ISSN 2007-0934, Vol. 12, Nº. 5, 2021, Págs. 765-776*, *12*(5), 765–776. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8052381&info=resumen&idioma=MUL

Miano, A. C., Forti, V. A., Abud, H. F., Gomes-Junior, F. G., Cicero, S. M., & Augusto, P. E. D. (2015). Effect of ultrasound technology on barley seed germination and vigour. *Seed Science and Technology*, *43*(2), 1–7. https://doi.org/10.15258/SST.2015.43.2.10

Naumenko, N., Potoroko, I., & Kalinina, I. (2022). Stimulation of antioxidant activity and γ-aminobutyric acid synthesis in germinated wheat grain Triticum aestivum L. by ultrasound: Increasing the nutritional value of the product. *Ultrasonics Sonochemistry*, *86*, 1–11. https://doi.org/10.1016/J.ULTSONCH.2022.106000

Patiño, C., Mosquera, F., & Tulio, R. (2011). Efecto inductor del agua de coco sobre la germinación de semillas y brotamiento de los cormos de la hierba de la equis Dracontium grayumianum. *Acta Biológica Colombiana*, *16*(1), 133–142. https://www.redalyc.org/pdf/3190/319027887010.pdf

Salvador-Figueroa, M., Adriano-Anaya, M. de L., & Becerra-Ortiz, C. (2005). Efecto del remojo en agua sobre la germinación de semillas de Papaya Var. Maradol. *HORTICULTURA*, *11*(1), 27–30. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60912502004

Varela, S., & Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria* , 3–5. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_latencia.pdf

Velásquez, L., Maggi, L., Coelho de Albuquerque, W., Ruiz, A., Nogueira, Í., Oliveira, I., Vela, Z., Ferreira, W., Lacerda, R., & Castanheira da Silva, M. (2021). Analysis of the effect of ultrasound on Hymenaea courbaril L. seeds / Análise do efeito do ultrassom em sementes de Hymenaea courbaril L. *Brazilian Journals Publicações de Periódicos e Editora Ltda.*, *7*, 1–12. https://doi.org/10.34117/bjdv7n11-295

Velásquez, L., Vela, Z., Oliveira, I., Nascimento, R., Nogueira, Í., Alves, W., Maggi, L., Ruiz, A., Alburquerque, W., & Castanheira da Silva, M. (2022). Efeito da aplicação de ultrassom em sementes no desempenho de mudas Hymenaea Courbaril L. *Multidisciplinary Sciences Reports*, *2*(1), 1–11. https://doi.org/10.54038/ms.v2i1.18

Viveros, H., Hernández, J. D., Velasco Mario Valerio, Robles, R., & Aparicio, A. (2015). Análisis de semilla, tratamientos pregerminativos de Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb. y su crecimiento inicial. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *6*, 52–65. https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v6n30/v6n30a5.pdf

Yaldagard, M., Mortazavi, S. A., & Tabatabaie, F. (2008). Application of ultrasonic waves as a priming technique for accelerating and enhancing the germination of barley Seed: Optimization of method by the Taguchi approach. *Journal of the Institute of Brewing*, *114*(1), 14–21. https://doi.org/10.1002/J.2050-0416.2008.TB00300.X

Zhang, H., Mo, W., Liao, S., Jia, Z., Zhang, W., Zhang, S., & Liu, Z. (2023). Ultrasound promotes germination of aging Pinus tabuliformis seeds is associated with altered lipid metabolism. *Ultrasonics Sonochemistry*, *93*, 106310. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106310