



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN CIENCIAS FORESTALES

PROPAGACIÓN SEXUAL Y ASEXUAL DE *Abies religiosa* (Kunth Schltl. et Cham.)

LEONCIO HERNÁNDEZ VALERA

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO

2022



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

La presente tesis titulada: **PROPAGACIÓN SEXUAL Y ASEXUAL DE *Abies religiosa (Kunth Schltl. et Cham.)***, realizada por el alumno: **Leoncio Hernández Valera** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
FORESTALES

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO

Dr. Víctor Manuel Cetina Alcalá

ASESOR

Dr. Carlos Ramírez Herrera

ASESOR

Dr. Jesús Jasso Mata

ASESOR

M. en C. Iván Fermín Quiroz Ibáñez

Montecillo, Texcoco, Estado de México, México, julio de 2022.

PROPAGACIÓN SEXUAL Y ASEXUAL DE *Abies religiosa* (Kunth Schltl. et Cham.)

Leoncio Hernández Valera, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2022

RESUMEN

Abies religiosa Kundt Schltl. et Cham., es una especie de gran importancia por su valor económico, ambiental, estético y recreativo. Teniendo como objetivos incrementar el porcentaje de germinación de *Abies religiosa* mediante la inmersión de las semillas en agua a diferentes temperaturas y tiempos. La semilla empleada para esta investigación fue recolectada en el año 2015 y posteriormente almacenada, siendo obtenida gracias a la donación por parte de la (CORENA). El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo con coordenadas (19°27'38.64"N y 98°54'24.76"O) con el propósito de incrementar el porcentaje de germinación en semillas de esta especie. Se emplearon cinco temperaturas (10, 20, 30, 40 y 50 °C) y 13 tiempos transformados en segundos (10, 20, 40, 60, 600, 1200, 1800, 2400, 3000, 3600, 7200, 14400 y 21600) teniendo un total de 65 tratamientos con 30 repeticiones, considerando a la temperatura ambiente como tratamiento testigo. Teniendo un Valor Pico (PV) de 8.56 y un Número de Días para alcanzar el Valor Pico (NDPV) de 11. 74. Obteniendo un 73% como el porcentaje mayor de germinación al someter la semilla a una temperatura 40°C y un tiempo de 7200s y un 14 % de germinación como el porcentaje menor de todos los tratamientos en las siguientes combinaciones (10 °C x 20s y 10 °C x 40s), se obtuvieron porcentajes mayores al 50 % en diferentes tratamientos. Se determinó que las semillas de *Abies religiosa* es capaz de tolerar temperaturas más altas por periodos de tiempo cortos.

Palabras clave: *Abies religiosa*, semillas, temperatura, tiempos, germinación.

SEXUAL AND ASEXUAL PROPAGATION OF *Abies religiosa* (Kunth Schltld. et Cham.)

Leoncio Hernández Valera, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2022

ABSTRACT

Abies religiosa Kundt Schltld. et Cham. is a species of great importance for its economic, environmental, aesthetic and recreational value. The objectives were to increase the germination percentage of *Abies religiosa* by immersing the seeds in water at different temperatures and times. The seed used for this research was collected in 2015 and subsequently stored, being obtained thanks to a donation from CORENA. The experiment was carried out in the facilities of the Colegio de Postgraduados Campus Montecillo with coordinates (19°27'38.64 "N and 98°54'24.76 "W) with the purpose of increasing the germination percentage in seeds of this species. Five temperatures (10, 20, 30, 40 and 50 °C) and 13 times transformed in seconds (10, Ta, 40, 60, 600, 1200, 1800, 2400, 3000, 3600, 7200, 14400 and 21600) were used for a total of 65 treatments with 30 replications, considering room temperature as the control treatment. Having a Peak Value (PV) of 8.56 and a Number of Days to Reach Peak Value (NDPV) of 11.74. Obtaining 73% as the highest germination percentage when the seed was subjected to a temperature of 40°C and a time of 7200s and 14% germination as the lowest percentage of all treatments in the following combinations (10°C x 20s and 10°C x 40s), percentages higher than 50% were obtained in different treatments. It was determined that *Abies religiosa* seeds are able to tolerate higher temperatures for short periods of time.

Key words: *Abies religiosa*, seed, temperature, time, germination, seeds.

DEDICATORIA

A mis Padres Oliva Valera Hernández y Leoncio Hernández García;

Por su amor y apoyo incondicional.

A mis Hermanos Yare, Rafa, Roge, Javi, Martí, Lety, Neto y Miguel;

Quienes fueron una motivación para seguir esforzándome.

A mi hijo Leo Hernández que es mi alegría y mi mayor motivación.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico brindado durante la realización de los estudios de maestría.

Al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo y al Postgrado en ciencias Forestales, por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios de postgrado.

Al Dr. Víctor Manuel Cetina Alcalá, por la oportunidad de trabajar en equipo y su dirección en la investigación en mis estudios.

Al Dr. Carlos Ramírez Herrera, por su asesoría para la realización de esta investigación, por sus consejos, revisiones y aportaciones.

Al Dr. Jesús Jasso Mata, por su aportación en la revisión al trabajo de tesis y apoyo.

Al M. en C. Iván Fermín Quiroz Ibáñez, por su asesoría en la revisión de tesis y aportaciones.

Al Dr. Héctor González Rosas†, por sus consejos para mejorar mi trabajo las lecciones de vida que compartía y sobre todo por su amistad, y aunque ya no está con nosotros siempre lo recordare.

A todos mis profesores, que nos motivaban a continuar y no rendirnos.

A mis amigos y compañeros del Colegio de Postgraduados con quienes coincidimos en el proceso de aprendizaje y compartimos momentos de preocupación y felicidad.

CONTENIDO

RESUMEN.....	iii
ABSTRACT	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS	vi
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
CAPÍTULO I. TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS PARA SEMILLAS DE <i>Abies religiosa</i> Kundt Schltl. et Cham.	3
1.1. RESUMEN.....	3
1.2. ABSTRACT	4
1.3. INTRODUCCIÓN.....	5
1.4. MATERIALES Y MÉTODOS	9
1.4.1. Localización del área de estudio.....	9
1.4.2. Obtención de semilla de <i>Abies religiosa</i>	9
1.4.3. Germoplasma.	9
1.4.4. Diseño experimental.	9
1.4.5. Variables evaluadas.....	11
1.4.6. Materiales.	11
1.4.7. Análisis de datos.....	14
1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
1.5.1 Análisis de varianza.....	15
1.5.2 Efecto de las temperaturas.	15
1.5.3 Efectos de los tiempos aplicados.....	16
1.5.4 Efecto de la interacción Temperaturas X Segundos.....	17
1.5.5 Valor pico y Número de días para alcanzar el valor pico.....	18
1.6. DISCUSIÓN.....	21
1.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	24
CAPÍTULO II. PROPAGACIÓN ASEXUAL ESTACAS DE <i>Abies religiosa</i>	25
2.1 RESUMEN.....	25

2.2 ABSTRACT	26
2.3 INTRODUCCIÓN	27
2.4 REVISIÓN DE LITERATURA	29
2.4.1 Declinación forestal	29
2.4.2 Enraizamiento de estacas.....	33
2.5 MATERIALES Y MÉTODOS	35
2.5.1 Localización del área de estudio.....	35
2.5.2 Obtención de las estacas de <i>Abies religiosa</i>	35
2.5.3 Ubicación	35
2.5.4 Clima	35
2.5.5 Suelos	36
2.5.6 Vegetación	36
2.5.7 Fauna	36
2.6 Enraizamiento de estacas de <i>Abies religiosa</i> en una estructura de madera rustica primer ensayo	36
2.7 Enraizamiento de estacas de <i>Abies religiosa</i> en domos o charolas de plástico segundo ensayo	43
2.8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
2.9 CONCLUSIONES	48
CONCLUSIONES GENERALES	49
LITERATURA CITADA	50

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Factores de temperatura y tiempo utilizados en la germinación de <i>Abies religiosa</i>.....	10
Cuadro 2. Análisis de varianza para determinar diferencias significativas entre tratamientos e interacciones en <i>Abies religiosa</i>.....	15
Cuadro 3. Porcentajes de Germinación de las diferentes combinaciones de temperatura x tiempos en <i>Abies religiosa</i>.....	18
Cuadro 4. Valor Pico de germinación en <i>Abies religiosa</i>.....	19
Cuadro 5. Número de días para alcanzar el valor pico de germinación.	20
Cuadro 6. Factores utilizados en el enraizamiento de estacas.	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Charolas utilizadas para realizar el experimento pregerminativo en remojo a diferentes temperaturas y tiempos de <i>Abies religiosa</i>	12
Figura 2. Semillas de <i>Abies religiosa</i> que germinaron durante el experimento.	13
Figura 3. Aplicación de diferentes temperaturas para la reactivación del estado de letargo en semillas de <i>Abies religiosa</i>	16
Figura 4. Tiempos en los que las semillas de <i>Abies religiosa</i> estuvo expuesta en agua.	17
Figura 5. Obtención de las estacas de <i>Abies religiosa</i> en el ejido de San Dieguito Texcoco Estado de México.....	37
Figura 6. Estacas introducidas en bolsas con sanitas humedecidas para mantenerlas frescas.....	38
Figura 7. Introducción de todas las estacas en un termo para su traslado.....	39
Figura 8. Cama de enraizamiento de estacas fabricación rustica de madera.	40
Figura 9. Cama de enraizamiento recubierta con plástico por dentro y por fuera para aumentar la temperatura.	40
Figura 10. Estacas de <i>Abies religiosa</i> en ambos sustratos A) S ₁ y B) S ₂ en el primer mes de ser sembradas.....	41
Figura 11. Estacas de <i>Abies religiosa</i> muriendo por altas temperaturas y presencia de musgo en ambos sustratos A) S ₁ y B) S ₂	43
Figura 12. Estacas de <i>Abies religiosa</i> en Charolas de plástico en el momento del establecimiento y durante el primer mes.	44
Figura 13. Contaminación por hongos debido a un exceso de humedad en el sustrato y poca luz.....	45

INTRODUCCIÓN GENERAL

Las semillas forestales es la fuente más importante de germoplasma, constituyendo el material principalmente utilizado para la producción masiva de plantas, seleccionando semillas con características de calidad fisiológica, genética, morfológica y sanitarias deseadas, para un mayor éxito de las repoblaciones y la homogenización de nuevos individuos (Bautista, 2012).

La calidad de las semillas forestales en algunos países es poco analizada a pesar de que es el núcleo de actividades de forestación y reforestación; sin embargo, algunos proyectos promueven la regularización en el mercado de semillas forestales cubriendo demandas del sector público y privado (Prado *et al.*, 2010).

Según (Caraguay-Yaguana *et al.*, 2016). Las semillas es uno de los principales recursos para el manejo agrícola y silvícola de poblaciones de plantas, utilizadas en las reforestaciones, y en la conservación de germoplasma vegetal para la recuperación de especies de interés sobreexplotadas.

Principalmente la capacidad de germinación y el vigor son dos de las variables principales que determinan la calidad de las semillas para la producción de plantas (Bonner *et al.*, 1994; Trujillo, 1996). La germinación de semillas comprende tres etapas de acuerdo con (Kolotelo *et al.*, 2001; Suárez y Melgarejo, 2010). 1) Absorción de agua por imbibición, ocasionando el hinchamiento y ruptura de testa, 2) Inicio de la actividad enzimática y del metabolismo respiratorio, translocación y asimilación de reservas alimentarias en regiones en crecimiento del embrión, 3) El crecimiento y la división celular de las semillas, la emergencia de la radícula y posteriormente la plántula.

El vigor en las semillas no es una sola propiedad medible, sino que describe diversas características que determinan su nivel de actividad y el comportamiento en distintos rangos de ambientes, que se encuentran asociados a los lotes de semillas: 1) Velocidad y uniformidad de germinación y crecimiento de plántulas, 2) Capacidad de emergencia bajo condiciones ambientales desfavorables, y 3) Comportamiento después del almacenamiento, manteniendo la capacidad de germinación (Manfrini, 2004).

De acuerdo con (Kolotelo *et al.*, 2001) la germinación y el vigor se determina en primer lugar el porcentaje de semillas que llegan a germinar en un periodo de tiempo y define la cantidad de semillas que se requieren para producir plántulas, la segunda es la velocidad de germinación, y se considera el número de días para alcanzar un 50 % de la capacidad germinativa o al determinar el valor máximo (VP) de germinación acumulada dividido entre el número de días para alcanzar el valor máximo (Kolotelo *et al.*, 2001).

Los bosques de oyamel están siendo afectados debido a la declinación forestal, siendo esta una de las especies que mejor toleran esta tensión al igual que *Garrya laurifolia* Haetw, teniendo un buen aprovechamiento del espacio de crecimiento. Por lo cual esta especie es de interés para su propagación, siendo de relevancia ya que es una especie que puede ser empleada en futuros programas de reforestación (Cordero y Rodríguez, 1996).

De acuerdo con (Nieto de Pascual, 1995; Madrigal, 1967; Benavides-Meza *et al.*, 2011). Los bosques de oyamel proporcionan beneficios de los cuales resaltan beneficios económicos, control de erosión, recreación, absorción y retención de agua de lluvia y la conservación ecológica.

La propagación sexual es una de las alternativas para la recuperación y conservación de áreas afectadas por la declinación forestal. Con la finalidad de mejorar el porcentaje de germinación para esta especie de interés, se realizó un experimento pregerminativo mediante la inmersión en agua a diferentes tiempos y temperaturas.

CAPÍTULO I. TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS PARA SEMILLAS DE *Abies religiosa* Kundt Schitdl. et Cham.

1.1. RESUMEN

Abies religiosa Kundt Schitdl. et Cham. es una especie de gran importancia por su valor económico, ambiental, estético y recreativo. obteniendo en las semillas bajos porcentajes de viabilidad, y un alto porcentaje de semillas vanas. Los objetivos fueron incrementar el porcentaje de germinación de *Abies religiosa* mediante la inmersión de las semillas en agua a diferentes temperaturas y tiempos. La semilla se obtuvo mediante la donación por parte de la (CORENA) la cual se recolectó la semilla en el Ejido de San Andrés Hueyacatlán Puebla en el 2015. Una de las maneras de incrementar el porcentaje de germinación es mediante los tratamientos pre-germinativos para lo cual se realizó la presente investigación en el laboratorio de Ciencias Forestales del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, para determinar las mejores temperaturas y tiempos que incrementan el porcentaje de germinación, para lo cual se tuvo un experimento factorial completamente al azar con cinco tipos de temperaturas (10, 20, 30, 40 y 50 °C) y con 13 tiempos expresados en segundos (10, 20, 40, 60, 600, 1200, 1800, 2400, 3000, 3600, 7200, 14400 y 21600) teniendo un total de 65 tratamientos, con 30 repeticiones de cada tratamiento. Se registró el valor pico que fue de 8.56 y días para alcanzar el valor pico de 11.74 obteniendo un 73% en el tratamiento de (40 °C x 7200s) como el porcentaje más alto de germinación y un 14 % como el porcentaje menor de germinación el cual se registró en dos tratamientos al aplicar (10 °C x 20s y 10 °C x 40s). Se obtuvieron 26 tratamientos con porcentajes mayores a 50% de germinación que podrían ser utilizadas en futuros trabajos de investigación, *Abies* es capaz de tolerar temperaturas más altas por periodos de tiempos más cortos generando porcentajes altos al aplicar una temperatura de 50 °C.

Palabras clave: *Abies religiosa*, Germinación, Temperatura, Tiempo, Porcentaje.

1.2. ABSTRACT

Abies religiosa Kundt Schitdl. et Cham. is a species of great importance due to its economic, environmental, aesthetic and recreational value. The objectives were to increase the germination percentage of *Abies religiosa* by immersing the seeds in water at different temperatures and times. The seed was obtained through a donation from CORENA, which collected the seed in the Ejido of San Andres Hueyacatitlan Puebla in 2015. One of the ways to increase the germination percentage is through pre-germination treatments for which the present research was carried out in the laboratory of Forest Sciences of the Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, to determine the best temperatures and times that increase the germination percentage, For this purpose, a completely randomized factorial experiment was carried out with five types of temperatures (10, Ta ,30 ,40 and 50 °C) and 13 times transformed into seconds (10, 20, 40, 60, 600, 1200, 1800, 2400, 3000, 3600, 7200, 14400 and 21600) with a total of 65 treatments, with 30 replicates of each treatment. The peak value was recorded as 8.56 and days to reach the peak value of 11.74 obtaining 73% in the treatment of (40 °C x 7200s) as the highest germination percentage and 14% as the lowest germination percentage which was recorded in two treatments when applying (10 °C x 20s and 10 °C x 40s). Twenty-six treatments were obtained with germination percentages higher than 50%, which could be used in future research work. *Abies* is capable of tolerating higher temperatures for shorter periods of time, generating high percentages when a temperature of 50 °C is applied.

Key words: *Abies religiosa*, Germination, Temperature, Time, Percentage.

1.3. INTRODUCCIÓN

El oyamel (*Abies religiosa*) es una conífera monoica, teniendo sus órganos sexuales juntos a las yemas vegetativas durante el mes de diciembre, alcanzando su madurez en los meses de marzo y abril, meses en los que se lleva a cabo la polinización; por su parte las yemas vegetativas continúan su desarrollo hasta agosto y septiembre. Esta especie llega a su madurez sexual entre los 21-25 años, alcanzando alturas de 13 a 25 m y diámetros de 30 cm, teniendo una producción de semillas cada dos años (Madrigal, 1967).

En México abarca los estados de Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, México, Hidalgo, Distrito Federal, Morelos, Tlaxcala, Puebla, Veracruz, y pequeñas fracciones de Colima, Aguascalientes, Guerrero, Oaxaca y Zacatecas (Pérez-Miranda, 2017). De acuerdo a la (CONAFOR, 2003) Su rango altitudinal va desde los 2100 a los 3600 msnm, desarrollándose en ambientes con temperaturas anuales entre los 7 y 15 °C y con precipitación media anual de 1000 mm, con suelos volcánicos de tipo andesitas, basaltos y riolitas.

De acuerdo con Nieto de Pascual (1995) y Madrigal (1967). Los bosques de *Abies religiosa* constituyen comunidades que dominan las partes altas del valle de México, cuyas características de cobertura vegetal y propiedades físicas del suelo permiten una eficiente absorción y retención del agua de lluvia; además de interés estético como recreativo y de importancia en la protección de fauna silvestre en los parques nacionales (Cumbres de Ajusco, Desierto de los Leones, Insurgentes, Miguel Hidalgo y Costilla y El Chico) y que suman 6556 ha.

El oyamel *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl.et Cham. es la especie de mayor importancia económica, dentro del género *Abies*, ya que es la más aprovechada en los bosques de coníferas, de la que se obtiene un 2.8% de la producción de madera anual (SEMARNAT, 2016).

La madera de *Abies* es utilizada para la obtención de pulpa para papel, debido al tamaño de su fibra y carencia de resina, también es utilizada en la fabricación de cajas, canastas,

postes, vigas, morillos etc; de igual manera es utilizado como árbol de navidad y se elaboran adornos con sus ramas (Madrigal, 1967; Manzanilla, 1974).

La regeneración en coníferas es un proceso lento y difícil que involucra a la reproducción sexual como vía de propagación en condiciones naturales, el oyamel (*Abies spp.*) pertenece a un género que se reproduce con cierta facilidad en los bosques, aun cuando tienden a registrar bajos porcentajes de viabilidad y un alto porcentaje de semillas vanas (Franklin, 1974).

De acuerdo con Briscoe (1990) y Trujillo-Navarrete (1992) La reproducción sexual de los árboles mediante la germinación de semillas es el medio principal para la obtención de plantas más vigorosas, adaptables y sanas. Es un método de acuerdo a estos autores que presenta una serie de eventos de tipo biológico, permitiendo establecer los procedimientos a seguir en el campo de la silvicultura, sobre todo en el manejo de semillas.

Al alcanzar el punto máximo de madurez en la semilla, se inicia un periodo de letargo producido por factores internos y externos, siendo interrumpido cuando se presentan las condiciones adecuadas para germinar, ocasionando que las semillas no lleguen a germinar o lo hacen paulatinamente, debido a que presentan algún grado de letargo o reposo estado en el cual una semilla viable es incapaz de germinar a pesar de tener las condiciones adecuadas para tal efecto (Rodríguez-Sánchez, 1995).

Según Vindas (2013), existen varias causas que determinan el letargo prolongado, entre estas: embriones rudimentarios o fisiológicamente inmaduros, la resistencia mecánica o cubiertas de semillas impermeables, los inhibidores de la germinación y el almacenamiento insuficiente; siendo algunos tipos de letargo el resultado de interacciones multifactoriales.

De acuerdo con Varela y Arana (2011), la latencia es considerada como una adaptación que constituye a la supervivencia ya que restringe la germinación, cuando los factores ambientales son desfavorables siendo influenciada la latencia por factores ambientales como la temperatura, humedad y el ambiente gaseoso, y a medida que la latencia disminuye se amplía el rango de condiciones ambientales que permiten la germinación.

Donoso (1993) y Franz-Eugen (1996), mencionan que los tratamientos Pre-germinativos son todos aquellos procedimientos necesarios para romper la latencia en las semillas, ya que no son capaces de germinar sino hasta que las condiciones del medio sean las adecuadas siendo los métodos más comunes estratificación, escarificación y lixiviación.

Es utilizado para romper la latencia fisiológica, y consiste en colocar las semillas entre estratos que conservan la humedad, utilizando arena, turba o vermiculita, en frío o calor (Patiño *et al.*, 1983; Hartmann y Kester, 1988; Donoso, 1993). Una variante es la estratificación fría, que consiste en mantener las semillas a temperaturas bajas (4 a 10 °C) asemejando las condiciones de invierno por un periodo de tiempo que oscila entre 20 y 60 días, llegando incluso a los 120 días (Ordoñez-Henríquez, 1987; García-Salmerón, 2002). Obteniendo buenos resultados en especies del género *Nothofagus* con este tratamiento. Para *Roble y Rauli*, la estratificación en arena húmeda y a temperaturas que van de 3 a 5 °C durante periodos de tiempo entre 30, 60 y 90 días generan porcentajes de germinación de 48, 64 y 96% respectivamente (Donoso, 1979; Garrido-González, 1981). Para *Coihue*, se emplea el mismo medio y temperaturas, pero en periodos de tiempo de 45 a 90 días obteniendo un 24% de germinación (Garrido-González, 1981).

De acuerdo con Patiño *et al.* (1983), Hartmann y Kester (1988) y Figueroa y Jaksic (2004) la estratificación cálida se basa en la necesidad de las semillas de estar sometidas a altas temperaturas para poder germinar, con temperaturas de 22 y 30 °C con un periodo de estratificación entre 30 y 60 días.

De acuerdo con Poulsen y Stubsgaard (2000), un gran número de semillas forestales no germina ya que la testa es muy dura lo que impide la entrada de agua conocido como latencia física.

Teniendo tratamientos previos para romper la latencia física de la cubierta, teniendo como la finalidad de ablandar, perforar, rasgar o abrir la cubierta para hacerla permeable, sin dañar el embrión y el endospermo que está en el interior.

Subdividiéndose en dos tipos de mecánica de acuerdo con (Arriaga *et al.*, 1994; Alvarez-Aquino *et al.*, 2014; Bushman *et al.*, 2015).

La escarificación mecánica consiste en romper o desgastar la testa por diversos métodos, realizando fricción en las semillas con lijas, agitando las semillas en un recipiente con arena, o realizar un corte de la testa con la ayuda de una navaja, mientras se manejen lotes de semillas pequeños.

Por otra parte, la escarificación química consiste en la inmersión de las semillas en sustancias corrosivas durante un periodo de tiempo determinado, utilizando el ácido sulfúrico, ácido clorhídrico concentrado, alcohol o acetona para provocar una alteración de la testa (Arriaga *et al.*, 1994; Godínez-Álvarez y Flores-Martínez, 2000; Baskin y Baskin, 2004).

Otro tratamiento es la lixiviación de semillas, que implica remojarlas en agua corriente con la finalidad de remover los inhibidores químicos presentes en la cubierta, teniendo como finalidad ablandar la testa, el tiempo de remojo puede ser de 12,24,48 y hasta 72 h (Patiño *et al.*, 1983; Hartmann y Kester, 1988).

1.4. MATERIALES Y MÉTODOS

1.4.1. Localización del área de estudio.

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de Ciencias Forestales, del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, localizado a 19° 27' 38.95'' Latitud Norte y 98° 54' 24.96'' Longitud Oeste, a 2,246 m.

1.4.2. Obtención de semilla de *Abies religiosa*.

Las semillas utilizadas para el presente trabajo de investigación fueron donadas por el administrador del vivero San Luis Tlaxialtemalco ubicado en la alcaldía Xochimilco, Ciudad de México.

Proporcionándonos además los resultados obtenidos de las pruebas realizadas en laboratorio que fueron % de germinación 51.25%, % de viabilidad 53%, % de incidencia de hongos 10.75%, % de pureza 98.06%, % de humedad 10.07% y semillas por kilogramo reportando 25,324 semillas.

1.4.3. Germoplasma.

Para la realización de esta investigación se utilizó semilla colectada del ejido de San Andrés Hueyacatitlán, Puebla, de árboles de *Abies religiosa* en el año 2015 localizados entre las coordenadas 19° 15' 20'' Latitud Norte y 99° 37' 30" Longitud Este.

1.4.4. Diseño experimental.

Se estableció un experimento factorial con arreglo en un diseño experimental completamente al azar 5 x 13 (i.e. 65 combinaciones), teniendo como factores la temperatura siendo T_a la temperatura ambiente (10, T_a , 30, 40 y 50 °C) y tiempo expresados en segundos (i.e. 10, 20, 40, 60, 600, 1200, 1800, 2400, 3000, 3600, 7200, 14400 y 21600) utilizando una semilla como unidad experimental (U.E.) con 30 repeticiones teniendo un total de 1,950 U.E. (Cuadro 1).

Cuadro 1. Factores de temperatura y tiempo utilizados en la germinación de *Abies religiosa*.

Tratamientos pre-germinativos empleados				
10s*10°c	20s*10°c	40s*10°c	60s*10°c	600s*10°c
10s*Ta	20s* Ta	40s* Ta	60s* Ta	600s* Ta
10s*30°c	20s*30°c	40s*30°c	60s*30°c	600s*30°c
10s*40°c	20s*40°c	40s*40°c	60s*40°c	600s*40°c
10s*50°c	20s*50°c	40s*50°c	60s*50°c	600s*50°c
1200s*10°c	1800s*10°c	2400s*10°c	3000s*10°c	3600s*10°c
1200s* Ta	1800s* Ta	2400s* Ta	3000s* Ta	3600s* Ta
1200s*30°c	1800s*30°c	2400s*30°c	3000s*30°c	3600s*30°c
1200s*40°c	1800s*40°c	2400s*40°c	3000s*40°c	3600s*40°c
1200s*50°c	1800s*50°c	2400s*50°c	3000s*50°c	3600s*50°c
7200s*10°c	14400s*10°c	21600s*10°c		
7200s* Ta	14400s* Ta	21600s* Ta		
7200s*30°c	14400s*30°c	21600s*30°c		
7200s*40°c	14400s*40°c	21600s*40°c		
7200s*50°c	14400s*50°c	21600s*50°c		

Ta: Temperatura ambiente

1.4.5. Variables evaluadas.

Germinación de semillas de *Abies religiosa*: se consideró semilla germinada a todas aquellas semillas con la aparición de radícula.

Valor Pico (VP) y el número de días en que se alcanzó el valor pico (NDPV). VP es el valor máximo que se obtiene al dividir el porcentaje de germinación acumulado en cada fecha de medición entre el número de días transcurridos hasta esa fecha; (NDPV) es el número de días necesarios para alcanzar cierto nivel de germinación, cuando la germinación acumulada dividida entre el número de días de la prueba alcanza el valor máximo (Kolotelo *et al.*, 2001; Czabator, 1962).

El experimento tuvo una duración de 30 días, evaluando diariamente a las semillas que germinaban durante este periodo de tiempo.

1.4.6. Materiales.

Previo a la realización del experimento se procedió a lavar las charolas de plástico y desinfectarlas con clorox® (Figura 1), de igual manera se procedió a cortar la tela multiusos de acuerdo con las medidas de las charolas para después ser introducidas.

Se realizó la aleatorización de todos los tratamientos de cada bloque, teniendo un total de 65 tratamientos, comenzando del 1 al 65. Esta numeración fué marcada para las 30 telas respectivamente.



Figura 1. Charolas utilizadas para realizar el experimento pregerminativo en remojo a diferentes temperaturas y tiempos de *Abies religiosa*.

La semilla fue limpiada un día antes de realizar el experimento ya que presentaba restos de impurezas eliminándolas de manera manual desechando pequeños restos de madera y semillas con incidencia de depredación.

Una vez teniendo listas las 30 charolas se agregó 200 mL de agua para humedecer la tela multiusos para cada charola, una vez teniendo todo listo se procedió a realizar los diferentes tratamientos con sus combinaciones correspondientes entre temperatura y tiempo, empezando por los tiempos de mayor duración.

Las semillas de *Abies religiosa* fueron colocadas en un vaso precipitado el cual se le agregó agua potable dependiendo de la temperatura que se requería se agregaba agua fría y/o caliente, se colocó el termómetro para lo cual se construyó una estructura de madera rústica la cual sostenía el termómetro digital y lo mantenía estable.

Para mantener las temperaturas constantes se utilizó un refrigerador y un microondas para enfriar o calentar el agua, la cual se agregaba en el vaso precipitado dependiendo

si se quería disminuir o aumentar la temperatura requerida, teniendo como desventaja que en varias ocasiones se agregaba más agua de la que se requería por lo que se tenía que estar agregando agua (caliente y/o fría) hasta lograr mantener la temperatura requerida.

Las semillas fueron germinadas sobre la tela (pañó multiusos) en las cajas® de plástico de 20 x 27 cm, colocando las semillas en las diferentes charolas (Figura 2), en relación al número de tratamiento que le correspondía, la tela las cuales fueron humedecidas con agua cada día se registraron las semillas que germinaron durante un periodo de 30 días.



Figura 2. Semillas de *Abies religiosa* que germinaron durante el experimento.

1.4.7. Análisis de datos.

Con los resultados obtenidos de germinación durante los 30 días, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), y la prueba de diferencia significativa honesta de Tukey- Kramer para determinar que tratamiento generó los mayores porcentajes de germinación en relación a la temperatura y el tiempo que fueron expuestas las semillas, para dicho análisis se utilizó el programa de InfoStat (InfoStat, 2011).

Diseño experimental utilizado, el modelo de análisis de varianza utilizado fue el siguiente

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + TS_{ij} + B_k + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = observación de la variable de respuesta (VR) obtenida de la i- ésima temperatura en °C, con el j-ésimo tiempo, en el k-ésimo bloque.

μ = Media general;

T_i = efecto de la i-ésima temperatura en °C;

S_j = efecto del j-ésimo tiempo;

B_k = efecto del k-ésimo bloque;

TS_{ij} = efecto de la interacción de la i-ésima temperatura con el j-ésimo tiempo;

ε_{ijk} = Error experimental.

En las variables que mostraron diferencias significativas, en los dos factores de estudio, se realizó la comparación de medias utilizando la prueba de Tukey-Kamer con un valor de significancia de ($p \leq 0.05$) para determinar las diferencias entre los niveles de dichos factores.

1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.5.1 Análisis de varianza.

Derivado del ANDEVA se encontró que hay efecto significativo en la temperatura, así como en la interacción de los factores temperatura y tiempo aplicado (Cuadro 2). De tal manera se logró determinar cuál de las combinaciones que genera el mayor porcentaje de semillas germinadas. Sin embargo, no hubo diferencia significativa en el VP y NDVP.

Cuadro 2. Análisis de varianza para determinar diferencias significativas entre tratamientos e interacciones en *Abies religiosa*.

Variable	P-valor		
	Temperatura	Tiempo	Temperatura x Tiempo
Capacidad Germinativa	0.0001	0.3471	0.0111
VP	0.9698	1.0000	1.0000
NDVP	0.9604	1.0000	1.0000

Alpha = 0.05.

1.5.2 Efecto de las temperaturas.

En relación a las temperaturas aplicadas en el experimento, se obtuvo diferencia significativa de acuerdo con la prueba de Tukey-Kramer ($v-p = 0.0001$) donde letras diferentes indican diferencias entre temperaturas (Figura 3). Teniendo que tres de las cinco temperaturas obtuvieron medias similares siendo estas las temperaturas de 30°C, 40°C, y 50°C siendo diferentes a las temperaturas más bajas teniendo medias más bajas siendo las temperaturas de 10°C y Ta.

Siendo la temperatura de 30°C la que generó los mejores porcentajes de germinación, seguida por la temperatura de 40°C la cual generó el tratamiento que tuvo el mayor porcentaje de germinación del 73%, y la aplicación de la temperatura de 50°C la cual

se suponía que generaría bajos porcentajes de germinación obteniendo al aplicar esta temperatura un 23% en el porcentaje más bajo y un 66% siendo este el porcentaje de germinación más alto, además de otros tratamientos mayores al 50 % de germinación.

Los menores porcentajes de germinación obtenidos fueron en la aplicación del agua a temperatura ambiente o testigo y a una temperatura de 10°C, de los cuales se pueden encontrar porcentajes de germinación del 40% al 53% (Cuadro 3) como los mejores tratamientos para ambos casos.

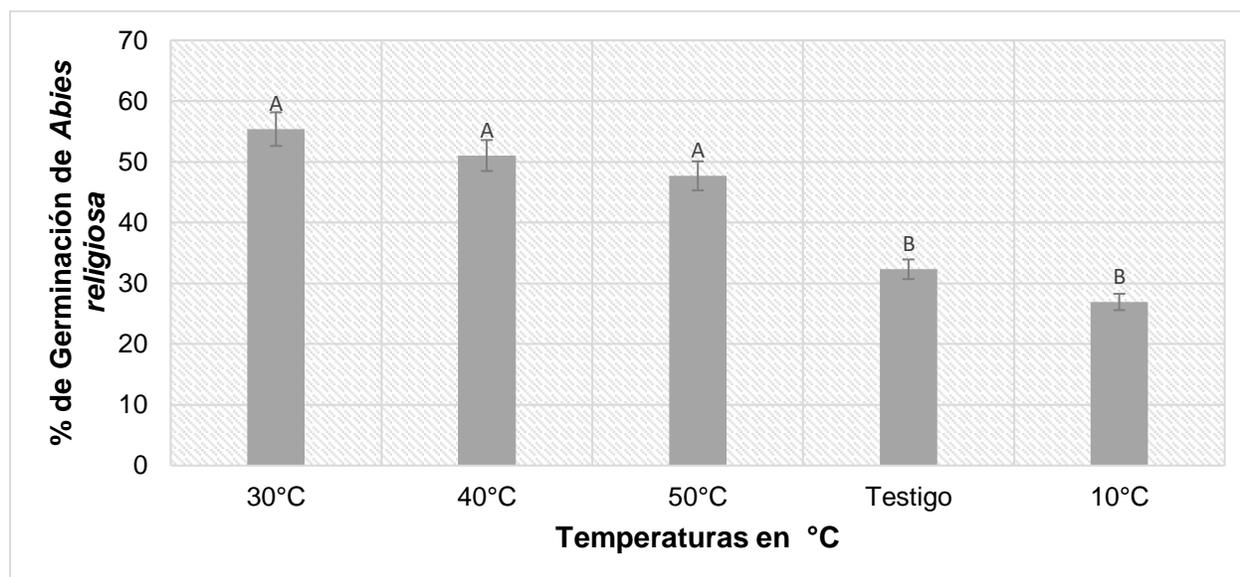


Figura 3. Aplicación de diferentes temperaturas para la reactivación del estado de letargo en semillas de *Abies religiosa*.

1.5.3 Efectos de los tiempos aplicados.

En relación a los tiempos empleados para promover la germinación de *Abies religiosa* se observa: de acuerdo al análisis estadístico y la prueba de Tukey- Kramer señala que no hubo diferencia significativa con relación a los tiempos empleados (Figura 4), teniendo medias iguales letras iguales indican que no existe diferencia significativa entre los tiempos empleados en esta investigación.

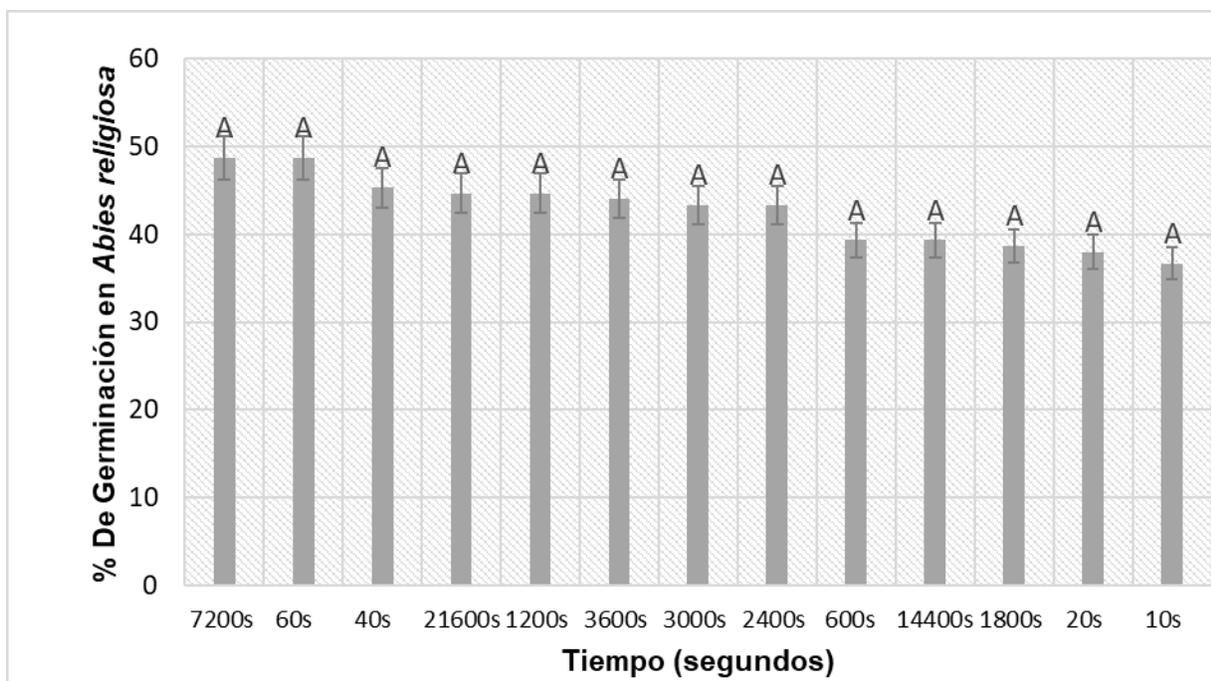


Figura 4. Tiempos en los que las semillas de *Abies religiosa* estuvo expuesta en agua.

1.5.4 Efecto de la interacción Temperaturas X Segundos.

De acuerdo a la prueba estadística Tukey-Kramer se determinó la existencia de interacción de las diferentes temperaturas y tiempos que la semilla estuvo expuesta en agua, (Cuadro 3). Obteniendo un 73% de germinación en el tratamiento con mayor germinación el cual consistió en aplicar una temperatura de 40 °C y un tiempo de 7200s y un 14 % en dos tratamientos con los menores porcentajes de germinación los cuales fueron a aplicar una temperatura de 10°C y un tiempo de 20 y 40 segundos, teniendo tratamientos mayores a 50% de germinación en las combinaciones de temperaturas y tiempos aplicados.

Interacciones: de acuerdo al análisis estadístico empleado se observa en el (Cuadro 2) que existe una interacción con los factores temperatura y tiempo, para poder determinar que tratamiento es el mejor se debe tomar una decisión en base a la combinación de ambos factores.

Cuadro 3. Porcentajes de Germinación de las diferentes combinaciones de temperatura x tiempos en *Abies religiosa*.

Tiempo (Segundos)	Testigo	10 °C	30 °C	40 °C	50 °C
10	17 ab	23 ab	60 ab	48 ab	37 ab
20	19 ab	14 b	57 ab	48 ab	50 ab
40	40 ab	14 b	69 ab	48 ab	52 ab
60	33 ab	40 ab	57 ab	50 ab	66 ab
600	17 ab	17 ab	60 ab	53 ab	48 ab
1200	28 ab	23 ab	57 ab	57 ab	60 ab
1800	37 ab	20 ab	47 ab	43 ab	47 ab
2400	50 ab	23 ab	67 ab	40 ab	37 ab
3000	28 ab	27 ab	52 ab	52 ab	61 ab
3600	37 ab	41 ab	45 ab	60 ab	37 ab
7200	20 ab	37 ab	63 ab	73 a	50 ab
14400	42 ab	31 ab	30 ab	40 ab	53 ab
21600	53 ab	40 ab	57 ab	50 ab	23 ab

1.5.5 Valor pico y Número de días para alcanzar el valor pico.

El trabajo de investigación tuvo una duración de 30 días de los cuales se determinó el VP (Cuadro 4) el cual fue de 8.5 representado la velocidad de la germinación, mientras NDPV fue de 11.7 (Cuadro 5) lo que se observó en las dos primeras semanas en las cuales las semillas se observó la aparición de radícula entre los días 9, 10, 11 y 12

después del día 12 no se registró germinación alguna, indicando que la mayor germinación se registró el día 11.

Cuadro 4. Valor Pico de germinación en *Abies religiosa*.

Tiempo (Segundos)	Testigo	10 °C	30 °C	40 °C	50 °C	Promedio
10	8.81 a	8.44 a	8.59 a	8.66 a	8.43 a	8.58 a
20	8.71 a	8.52 a	8.56 a	8.49 a	8.35 a	8.50 a
40	8.70 a	8.81 a	8.59 a	8.39 a	8.48 a	8.56 a
60	8.76 a	8.53 a	8.51 a	8.50 a	8.43 a	8.53 a
600	8.78 a	9.04 a	8.51 a	8.58 a	8.42 a	8.57 a
1200	8.52 a	8.96 a	8.47 a	8.42 a	8.35 a	8.48 a
1800	8.47 a	8.86 a	8.33 a	8.47 a	8.35 a	8.45 a
2400	8.59 a	8.80 a	8.49 a	8.72 a	8.23 a	8.54 a
3000	8.68 a	8.33 a	8.59 a	8.57 a	8.86 a	8.65 a
3600	8.48 a	8.59 a	8.39 a	8.47 a	9.23 a	8.60 a
7200	8.79 a	8.53 a	8.45 a	8.41 a	8.54 a	8.50 a
14400	8.72 a	8.70 a	8.41 a	8.39 a	8.47 a	8.53 a
21600	8.62 a	8.80 a	8.38 a	8.42 a	8.67 a	8.55 a
Promedio	8.64 a	8.67 a	8.49 a	8.49 a	8.51 a	8.56

Cuadro 5. Número de días para alcanzar el valor pico de germinación.

Tiempo (Segundos)	Testigo	10 °C	30 °C	40 °C	50 °C	Promedio
10	11.40 a	11.85 a	11.66 a	11.57 a	11.90 a	11.69 a
20	11.50 a	11.75 a	11.70 a	11.80 a	12.00 a	11.78 a
40	11.53 a	11.40 a	11.66 a	11.92 a	11.80 a	11.70 a
60	11.50 a	11.75 a	11.76 a	11.80 a	11.89 a	11.76 a
600	11.40 a	11.20 a	11.77 a	11.68 a	11.93 a	11.71 a
1200	11.75 a	11.28 a	11.82 a	11.88 a	12.00 a	11.82 a
1800	11.81 a	11.33 a	12.00 a	11.84 a	12.00 a	11.86 a
2400	11.66 a	11.42 a	11.80 a	11.50 a	12.18 a	11.73 a
3000	11.62 a	12.00 a	11.66 a	11.68 a	11.47 a	11.64 a
3600	11.81 a	11.66 a	11.92 a	11.83 a	11.09 a	11.69 a
7200	11.50 a	11.72 a	11.84 a	11.90 a	11.80 a	11.80 a
14400	11.53 a	11.55 a	11.88 a	11.91 a	11.81 a	11.74 a
21600	11.62 a	11.41 a	11.94 a	11.93 a	11.57 a	11.73 a
Promedio	11.61 a	11.58 a	11.79 a	11.79 a	11.81 a	11.74

1.6. DISCUSIÓN

Los resultados proporcionaron diferentes porcentajes de germinación obteniendo un 73% como el porcentaje más alto de germinación en *Abies religiosa*, siendo superiores a los reportado por (Manzanilla, 1974), obteniendo de un 45% a 49 % sin ningún tratamiento en semillas recién colectadas.

Siendo incrementados los porcentajes de germinación mediante tratamientos pregerminativo obteniendo hasta un 96.8% al remojar las semillas por siete días en agua de coco las cuales germinaron en doce días (Mayen, 1987). Siendo este tratamiento pregerminativo el que genero el mayor porcentaje de germinación para *Abies religiosa*.

Seguido de la estratificación a temperaturas de 1 a 5 °C por un periodo de tiempo de 14 a 28 días obteniendo un 70% de germinación (Patiño *et al.*, 1983; Willian, 1985). Sin embargo, los tratamientos pregerminativos más recientes no lograron superar el 70% de germinación mediante la estratificación propuesto por (Patiño *et al.*, 1983; Willian, 1985), obteniendo porcentajes bajos de germinación.

Con la utilización de radiaciones ionizantes o radiación gama en *Abies religiosa* con diversas dosis de radiaciones se obtienen porcentajes de germinación de 0 a 39% y un control de 62% con dosis de 5 Gy siendo la mejor irradiación al generar el porcentaje más alto (Iglesias-Andreu *et al.*, 2010). La hidro y bio-acondicionamiento son otros de los tratamientos pregerminativos que buscan la reactivación del embrión mediante el hidro-acondicionamiento de las semillas en agua y la oxidación a través del flujo de burbujas, y mediante su imbibición en suspensión bacteriana obteniendo el 49% y 70% de germinación en hidro-acondicionamiento por doce horas (Zulueta-Rodríguez *et al.*, 2015).

En comparación con *Abies guatemalensis* la tasa de germinación es pobre germinando el 15% de las semillas frescas, disminuyendo con el almacenamiento a un año con temperaturas de (3 a 5°C) reduciendo en un 2% de su germinación (Agriculture., 1974; Donahue *et al.*, 1985; Dvorak y Donahue, 1992).

de Pascual-Pola *et al.* (2003), menciona que conos grandes, pesados y con abundante semilla son de baja viabilidad siendo equivalentes a conos de poco peso, tamaño menor y número de semillas reducidas pero de mayor germinabilidad y cuyo porcentaje de viabilidad es similar.

Mientras que Arista *et al.* (1992), menciona que las semillas de mayor tamaño de *Abies pinsapo Boiss*, tienen una germinación del 33% a comparación de las de menor tamaño, llegando a germinar solo el 8% y un 26% en conjunto de todas las semillas, además de considerar el lugar donde se colocó la muestra obteniendo así un 61.6% y 39% de germinación en un periodo de 42 días después de la siembra (Arista, 1993).

Ortiz-Bibian *et al.* (2019), indica que la variación entre poblaciones influye en la germinación de *Abies religiosa*, las semillas de poblaciones entre 3000 y 3500 msnm poseen los valores más altos de viabilidad 48.7% y una germinación del 19.6% entre los días 12 y 14 a diferencia de altitudes superiores e inferiores, la viabilidad y germinación varía según el área de colecta de conos teniendo una viabilidad del 37.33% y un tiempo de germinación de 11.6 días para semillas *Abies religiosa* procedentes de Río Frio, Ixtapaluca, México (de Pascual-Pola *et al.*, 2003).

Reportado así semillas no germinadas de un 44.69 a 61.78% de semillas no viables (de Pascual-Pola *et al.*, 2003), siendo similar a lo reportado por (Franklin, 1974) para *Abies amabilis* (Dougl.) Forb., *A. concolor* (Gord.) Engelm. y *A. magnifica*. A. Murr. (35 a 93% de semillas vanas). Siendo una característica propia del género *Abies*; al ser mayor la presencia de semillas no viables las cuales son asociadas con diversas causas que incluyen procedimientos incorrectos de recolección y manejo de conos y semillas, irregularidades genéticas, adversidades ambientales, infertilidad de polen, daño entomológico (Franklin, 1974; Schopmeyer, 1974; Bramlett *et al.*, 1977), así como la endogamia y eventos precigóticos. Destacando el aborto de óvulos, partenocarpia o ausencia de polinización o de fertilización en consecuencia la producción de semillas arrugadas vacías, sin embrión o con embrión delgado o encogido (Hartmann y Kester, 1988). Siendo ocasionado a la incompatibilidad involucrada en el paso del polen, a la débil germinación de polen, al raquíctico crecimiento del tubo polínico, o a irregularidades en la fertilización. Este problema se explicaría por la ocurrencia de eventos postcigóticos

como el aborto de óvulos durante la postfertilización, o la formación parcial de embriones o de su aborto temprano, que están relacionados con problemas de desarrollo.

Teniendo diversos factores que pueden afectar la calidad fisiológica de la semilla como la edad fisiológica de la planta, factores genéticos como endogamia y factores ambientales como la posición del fruto, humedad del suelo, tiempo de recolecta y la presencia de patógenos (Baskin y Baskin, 2014). Además, el del almacenamiento que genera efectos negativos en su germinación debido al envejecimiento y deterioro de las semillas provocando la perdida de viabilidad incluso en condiciones ideales de almacenamiento (Shaban, 2013).

La aplicación de temperatura es uno de los factores importantes en los tratamientos pregerminativos para mejorar la germinación de semillas, sin embargo, se debe tener cuidado ya que temperaturas más altas pueden llegar a matar el embrión y bajas temperaturas puede ocasionar que no haya ningún efecto significativo en el proceso de germinación.

1.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las semillas de *Abies religiosa* son capaces de tolerar temperaturas mayores a 50°C, con periodos de tiempos largos.

Las mejores combinaciones que generaron los mejores tratamientos Pregerminativos fueron aquellas con las temperaturas de 30, 40 y 50 °C.

La aplicación de agua caliente como tratamiento pregerminativo generó mejores porcentajes de germinación ya que se obtuvieron porcentajes de 50% a 73% siendo superiores a los reportados por la los cuales menciona la obtención de porcentajes de 49% a 50% en el primer año de colecta.

Se recomienda usar los tratamientos con tiempos menores como es el caso de someter la semilla a 50 °C * 60 S obteniendo un 66% de germinación o 30 °C * 40 S obteniendo un 69 %, de tal manera que se genera un porcentaje de germinación aceptable en poco tiempo.

Se recomienda probar temperaturas mayores a los 50°C con las mismas unidades de tiempo, ya que las semillas de esta especie al parecer toleran altas temperaturas pudiendo generar un mayor porcentaje de germinación o en su caso hasta que temperatura llega a matar al embrión y no sea recomendada.

El factor tiempo no muestra efectos significativos, y el factor temperatura presenta diferencia significativa, siendo las temperaturas de 30°C, 40°C y 50°C aquellas que generan los mejores porcentajes de germinación.

Existe interacción entre temperatura vs tiempo por lo que para determinar que tratamiento es mejor se debe considerar la combinación de estos dos factores para la toma de decisión.

Existen pocos trabajos con relación a los tratamientos pregerminativos para *Abies religiosa*, de los que se mencionan aquellos que se obtuvo un porcentaje mayor al 70% de germinación que consisten en sumergir las semillas en agua de coco y estratificación, por lo que este tipo de trabajos aportan nuevos conocimientos.

CAPÍTULO II. PROPAGACIÓN ASEXUAL ESTACAS DE *Abies religiosa*

2.1 RESUMEN

La propagación asexual consiste en separar una parte de la planta (hoja, tallo o raíz) y colocarla en condiciones favorables, para inducir la aparición de raíces y tallo, obteniendo una planta genéticamente igual a la planta madre. Para lo cual se realizó un experimento para enraizar estacas de *Abies religiosa* utilizando tres factores el tipo de sustrato que fueron S1 (100% perlita) S2 (mezcla de perlita, vermiculita y turba 5:3:2) segundo factor la posición de donde se obtuvieron las estacas (alta, media y baja), y tercer factor dosis de enraizador de AIB (0, 3000 y 10000 ppm). La unidad experimental fue de 4 estacas con 5 repeticiones, dando un total de 360 estacas. El experimento se realizó en dos ocasiones el primero se estableció en el vivero del Colegio de Posgraduados Campus Montecillo con coordenadas (19°27'38.64"N y 98°54'24.76"O), en una cama de enraizamiento rustica de madera al no se controlaron las temperaturas tanto de día como de noche el experimento no resulto al no tener enraizamiento de las estacas y la mortandad de las mismas por tal motivo se realizó el segundo intento de enraizamiento se estableció en Montecillo Texcoco con coordenadas (19°27'31.46"N y 98°54'26.85"O), en este experimentos se usaron los mismos factores de estudio lo que cambio fue que ya no se usó la estructura de madera sino que fue sustituida con domos de plásticos con medidas de 30 cm de largo por 27 cm ancho este mismo experimento de igual manera no resulto debido a que fue atacado por un hongo patógeno el cual empezó a podrir la punta del ápice, además de contaminar a las demás estacas, el cual se originó por el exceso de humedad, el cual se aplicó captan para su control, concluyendo que la propagación asexual por estacas es difícil si no se controlan diversos factores como son la temperatura, humedad y edad de la planta madre, tal como es mencionado por diversos autores.

Palabras claves: enraizado, estacas, cama de enraizado rustica, domos, fracaso.

2.2 ABSTRACT

Asexual propagation consists of separating a part of the plant (leaf, stem or root) and placing it in favorable conditions to induce the appearance of roots and stem, obtaining a plant genetically equal to the donor plant. For this purpose, rooting of *Abies religiosa* cuttings was attempted using three factors: S1 (100% perlite), S2 (mixture of perlite, vermiculite and peat 5:3:2), position from which the cuttings were obtained (high, medium and low), and doses of AIB (0, 3000 and 10000 ppm). The experimental unit was 4 stakes with 5 replications, giving a total of 360 stakes. The experiment was carried out on two occasions, the first was established in the nursery of the Colegio de Posgraduados Campus Montecillo with coordinates (19°27'38.64 "N and 98°54'24.76 "W), in a rustic wooden rooting bed, but due to the fact that the day and night temperatures were not controlled the experiment failed, the second rooting attempt was established in Montecillo Texcoco with coordinates (19°27'31.46 "N and 98°54'26. 85 "W), in this experiment the same study factors were used, what changed was that the wooden structure was no longer used but was replaced with plastic domes measuring 30 cm long by 27 cm wide. This same experiment also failed because it was attacked by a fungus which began to rot the tip of the apex, In addition to contaminating the other cuttings, which originated from excess moisture, which was applied captan for control, concluding that the Asexual propagation by cuttings is difficult if various factors such as temperature, humidity and age of the mother plant are not controlled, as mentioned by several authors.

Key words: rooting, cuttings, rustic rooting bed, domes, failure.

2.3 INTRODUCCIÓN

La propagación asexual en especies forestales es difícil debido a la madurez ontogénica en especies leñosas, donde la capacidad de enraizamiento disminuye con la edad de la planta (Hackett, 1985; Poupard *et al.*, 1994; Amri *et al.*, 2010). Para especies como *Pinus patula* y *Pinus radiata* el periodo juvenil para lograr un enraizado favorable va de 2 a 3 años en coníferas, superando este periodo la opción es el rejuvenecimiento de la planta donante (Mitchell y Jones, 2006a; Zabala *et al.*, 2008).

De acuerdo con (Castillo-Flores *et al.*, 2013) *Abies religiosa* es una especie de difícil enraizamiento, teniendo que tomar en cuenta factores como (época de recolecta, edad de las estacas, tipos de enraizadores) para asegurar un mayor porcentaje de estacas enraizadas.

Teniendo como finalidad maximizar el rendimiento, calidad y uniformidad de las plantaciones forestales comerciales mediante la propagación clonal (Trueman y Peters, 2006; Burdon *et al.*, 2008; Bettinger *et al.*, 2009), obteniendo nuevas plantas resistentes o tolerantes a plagas y enfermedades con mejores características morfológicas y fisiológicas (Poupard *et al.*, 1994).

En coníferas se recomienda que las plantas madres sean pequeñas con podas constantes para la obtención de un mayor número de estacas (Nelson, 2003).

Según (Hamann, 1998; Anderson *et al.*, 1999; Mitchell *et al.*, 2004b) para la estimular la producción de más rebrotes con características juveniles se deben realizar podas a unos 20 cm de altura.

(Majada *et al.*, 2011) Menciona que además de la edad de la planta madre, es importante el brote que se intentará enraizar, para *Pinus pinaster Aiton*, se determinó a medida que la edad del brote después de la poda aumenta, la capacidad del enraizado disminuye. (Zabala *et al.*, 2008) se obtuvo un mayor enraizado en pinos de material proveniente de la parte apical que de los segmentos inferiores.

Teniendo como objetivo en enraizamiento de estacas *Abies religiosa* y compara la dosis de enraizamiento (10000ppm y 3000ppm) que generen un mayor porcentaje de

germinación, además de la posición de donde se extraerán las estacas (alta media y baja) de árboles seleccionados.

Teniendo como hipótesis que, con la aplicación de auxinas, tipo de sustrato y posición del árbol (alta, media y baja) son uno de los principales factores que aseguran un mayor porcentaje de estacas enraizadas además de que al seleccionando arboles con fenotipo juvenil se incrementa la posibilidad de que enraícen las estacas

2.4 REVISIÓN DE LITERATURA

2.4.1 Declinación forestal

Los primeros reportes de declinación forestal fueron reportados por científicos Europeos a principios de la década de 1970, sin causar ninguna alarma seria, afectando a (Abeto plateado y *Abies alba*) que represento sólo el 2% de la superficie total (Blank, 1985).

A este síndrome se le denomino waldsterben (muerte del bosque), sugiriendo a un sinfín de causas múltiples afectando a una gran cantidad de área boscosa, en la actualidad se le conoce como declinación forestal (Hinrichsen, 1987).

La declinación forestal es la acumulación de varias enfermedades tanto de factores bióticos como abióticos que ocasionan el deterioro gradual del individuo, presentando la perdida de vigor del arbolado expresado en un amplio rango de síntomas que consisten en la decoloración del follaje, reducción del crecimiento, disminución del follaje, rompimiento de las ramas, incremento en la incidencia de patógenos y enfermedades sucesivas, hasta llegar a la muerte de los árboles en un periodo más corto de lo habitual (Carrier, 1986; Ciesla, 1989).

El síndrome de declinación en Europa aumento considerablemente reportando en Alemania un 8% de sus bosques en 1982 y un 52% en 1985, y aunque Algunos árboles intentaban luchar contra este síndrome desprendiéndose de acículas aun verdes o produciendo masas de conos y semillas en un esfuerzo inútil de reproducirse, siendo afectadas mayormente once especies; cuatro de las coníferas más importantes (*Picea abies*, *Abies alba*, *Pinus sylvestris* y *Larix europea*) y siete árboles de hoja ancha, considerado como el envenenamiento del ecosistema (Hinrichsen, 1987).

En diversas partes del mundo se ha estudiado la declinación forestal por diversos especialistas en el tema, sin poder dar respuesta al por qué de las causas que ocasiona la muerte de los árboles y mucho menos dar una solución. Proponiéndose varias hipótesis del por qué ocurre este fenómeno, dentro de la que está la lluvia acida (Granados y L. Ríos, 2001; Poschenrieder y Barceló, 1985) sugiere que en los suelos forestales se originan cambios químicos como consecuencia de la acidez excesiva de la

atmosfera, provocando que la solubilidad de ciertos iones como el aluminio aumente y con ello se produzca su movilidad. El aumento en el suelo de las concentraciones de este elemento debilita y mata a los arboles debido a los efectos tóxicos que tiene para el sistema radicular de las plantas.

La acidez además de aumentar la movilidad del aluminio, incrementa la solubilidad de otros elementos incluidos manganeso y otros metales pesados los cuales también podrían estar implicados en el la declinación forestal (Blank, 1985; Weiss y M. Rizzo, 1987).

Estudios señalan que tanto sequias como heladas tienen efecto en la declinación de los bosques, siendo más severas cuando hay presencia de algún patógeno reduciendo la vitalidad de las y la densidad de las masas forestales, sin poder explicar por si solas las sequias y heladas la gran diversidad de síntomas observados en este proceso (Johnson *et al.*, 1986).

(Colbeck y MacKenzie, 1994) sugiere que la caída de las hojas está asociado a los altos niveles de ozono , los cual ocasiona un incremento en los niveles de peróxido de hidrogeno y fotooxidación. Ocasionando un daño en la membrana celular, amarillamiento de las hojas, senescencia acelerada de las hojas viejas, caída de los árboles por ataque de patógenos, hongos e insectos y la formación de un dosel delgado con síntomas visibles de decaimiento secundario (Runeckles y Krupa, 1994).

(Cowling, 1985; Mayo, 1987) proponen a los cloroetanos como una de las causas directas de la declinación forestal , ya que el cloroetano se acumula en la capa de lípidos de las células vegetales, principalmente en la membrana de los tilacoides de los cloroplastos, donde se encuentra contenidos los pigmentos esenciales para la fotosíntesis, como la clorofila y el caroteno. Pudiendo ser síntomas característicos como el blanqueamiento y el amarillamiento de las hojas asociadas a la declinación.

De acuerdo con (Blank *et al.*, 1988) la declinación se origina por la deficiencia de boro, presentando un amarillamiento y caída prematura de las hojas, y un debilitamiento general.

A principios de los años sesenta en Estados Unidos se describió la declinación clorótica en *Pinus ponderosa* en las montañas de San Bernardino. Nombrando esta enfermedad como enfermedad X e investigaciones de ese tiempo propusieron que los contaminantes y la sequía o combinación de ambos podrían estar relacionados con este fenómeno (Miller *et al.*, 1963).

La declinación forestal en México se presentó en el Desierto de los Leones, un estudio realizado por (Alvarado, 1989) señala que a partir de 1970, el arbolado del parque mostro un menor crecimiento de sus anillos, y en 1982 se confirma la declinación forestal semejante a la del bosque del Ajusco y a la de Dínamos Contreras, siendo *Abies religiosa* la especie más afectada hasta en un 36%, probablemente por los altos niveles de ozono y dióxido de Azufre.

Sugiriendo que los contaminantes emitidos por las industrias y vehículos de la Ciudad de México, son arrastrados por el viento, causando daños a la vegetación a lo largo de su trayectoria, siendo las áreas más afectadas las del barbolento especialmente en cañadas donde se encajan los vientos (Granados y L. Ríos, 2001).

A inicios de los ochenta en el Distrito Federal se presentó el fenómeno de declinación de forma muy agresiva, el cual, por sus características climáticas, topográficas y por la alta densidad de población que tiene y las actividades que se realizan a partir de ésta; se han creado condiciones para alcanzar concentraciones fitotóxicas de algunos compuestos como el ozono, viéndose afectadas zonas boscosas como el Ajusco, los Dínamos en la Delegación Magdalena Contreras y El desierto de los Leones (Hernández-Tejeda, 1984; Alvarado, 1989), existiendo manchones con un 100% de mortalidad de su arbolado conocido como "Cementerios".

De acuerdo con (Alvarado, 1989) de 1984 a 1987 un 12% del total de la población de *Abies religiosa* en el Desierto de los Leones había sido afectada por el fenómeno de declinación forestal, con diferentes grados llegando en algunos casos a ocasionar la muerte de los individuos.

En el Desierto de los Leones se han realizado múltiples investigaciones con la finalidad de encontrar una solución y que permita rescatar a la vegetación del fenómeno de

declinación, de estos estudios se han enfocado en *Pinus hartwegii* y *Abies religiosa*, siendo *Abies* la especie que domina la zona ocupando 1375 ha de 1529 ha que tiene el parque y *hartwegii* ocupa las partes más altas en una superficie de 250 ha según (Sierra *et al.*, 1988). Estos autores concluyen la posible desaparición del oyamel en esta zona en un periodo relativamente corto basándose en inventarios pasados y actuales.

El síntoma principal es el follaje del arbolado con clorosis y bronceado o enrojecimiento, (López, 1996) sugiere que es ocasionado por las bajas temperaturas en invierno, apoyando a lo mencionado por (Harold y Hocker, 1984). refiriéndose a que tal síntoma se debe a temperaturas bajas después de un periodo con temperaturas muy cálidas, provocando el bronceado y la muerte del follaje.

(Finck, 2021; Domínguez, 1997) mencionan que los nutrimentos como el fósforo, manganeso, cobre y potasio inducen resistencia en las plantas a ser dañadas por el frío.(López, 1996), después de realizar un diagnóstico nutrimental mediante normas DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System) aplicó fertilización en brinzales de oyamel en la zona (El cementerio I) logrando así una disminución del enrojecimiento del follaje.

(López y R. Rivera, 1995) sugieren que este síntoma se debe a una posible retraslación de nutrimentos presentes en el follaje viejo hacia los tejidos que están en desarrollo, motivada por la presencia de ozono en el ambiente. Este síntoma sólo se presenta en el follaje de un año de edad o mayor de acuerdo a (López *et al.*, 1995), mencionando también la salida de nutrimentos almacenados en el follaje viejo pudiendo ser explicado por la necesidad de carbohidratos y nutrimentos en los tejidos jóvenes. Siendo que al árbol le resulta más fácil, retranslocar elementos almacenados en el follaje que obtenerlos del suelo en especial si existe deficiencia de elementos en el follaje (Binkley y Pérez, 1993; Binkley y Fisher, 2019).

(López, 1993) encontró que el inicio de la clorosis coincide con el rompimiento de las yemas lo que refuerza la existencia del proceso de retranslocación de nutrimentos del follaje.

De acuerdo con (Daniel 2021) en el DDLL existen individuos que desarrollaron un tipo de tolerancia a los contaminantes atmosféricos y a otros factores críticos presentes en la zona, ya que no manifiestan síntomas de declinación.

2.4.2 Enraizamiento de estacas

La propagación asexual es usada para maximizar rendimientos, calidad y uniformidad de las plantaciones forestales comerciales (Trueman y Peters, 2006; Burdon *et al.*, 2008; Bettinger *et al.*, 2009) Obteniendo plantas resistentes y tolerantes a plagas y enfermedades con mejores características morfológicas y fisiológicas (Poupard *et al.*, 1994).

La propagación vegetativa es usada en la preservación de especies en peligro de extinción o amenazadas, al conservar genotipos como resistencia a plagas o enfermedades, tolerantes a condiciones extremas (Jain y Häggman, 2007; Park *et al.*, 2016). En silvicultura, la propagación vegetativa es importante en la producción de genotipos seleccionados además de acortar los ciclos de selección en programas de mejoramiento (Bonga, 2015).

La propagación por estacas es una técnica muy usada para la multiplicación en grandes cantidades de genotipos seleccionados, la cual consiste en utilizar parte de la planta (tallo, raíz, u hoja) colocarla en condiciones favorables para así obtener una nueva planta idéntica (Hartmann *et al.*, 2002).

Varios autores (Ragonezi *et al.*, 2010; Foster *et al.*, 2000; Geiss *et al.*, 2009; Mitchell *et al.*, 2004a) concuerdan que en general las coníferas no son fáciles de propagar por estacas, presentando varias dificultades entre ellos: madurez de la planta madre, tamaño de estaca, estado nutrimental de la planta madre, época de colecta de estacas, condiciones ambientales y medio de enraizamiento.

El sustrato es un factor importante al ser utilizado como el medio de enraizado, debido a que en la etapa inicial requieren condiciones favorables de humedad sin llegar a la saturación o inundación del medio de crecimiento (Ragonezi *et al.*, 2010).

El sustrato debe de tener características ideales tales como disponibilidad, uniformidad, ligero, libre de plagas y económico para lograr la propagación de estacas.

La edad de la planta es un factor importante que deriva del éxito del estacado, siendo los tejidos fisiológicamente maduros tienen baja capacidad de enraizado a diferencia del material juvenil (Wendling *et al.*, 2014) Para ello la técnica más habitual es retrasar la maduración de los setos en algunas coníferas mediante el rejuvenecimiento de la planta donante (Mitchell y Jones, 2006b)

La nutrición es otro de los factores relevantes para el éxito de la propagación asexual, los nutrientes funcionan como componentes de estructuras orgánicas, activadores de reacciones enzimáticas, portadores de carga y osmorreguladores (Geiss *et al.*, 2009); pudiendo influir en la cantidad y calidad de los brotes disponibles, y en la capacidad y velocidad del enraizado y desarrollo de raíces.

La propagación vegetativa proporciona ventajas y beneficios en programas de mejoramiento genético de especies forestales, por lo que de acuerdo con (Escamilla-Hernández, 2020) se requiere afinar la técnica en coníferas mediante el enraizamiento de estacas. Por lo que este mismo autor recomienda: seleccionar el sustrato adecuado, determinar los posibles efectos de la maduración ontogénica y la nutrición de la planta madre.

2.5 MATERIALES Y MÉTODOS

2.5.1 Localización del área de estudio

El presente trabajo se realizó en dos sitios el primero fue en las instalaciones del vivero del Posgrado en Ciencias Forestales, Campus Montecillo, Colegio de Posgraduados, localizado a 19°27'37.65" L.N. y 98°54'24.51" L.O., a 2,247 m de altitud, y el segundo fuera de las instalaciones del Colegio de Posgraduados, siendo establecido en Montecillo Texcoco con coordenadas 19°27'31.46" L.N. y 98°54'26.83"L.O., a 2,253 m de altitud. Ambos experimentos de propagación vegetativa por medio de estacas se pretendió evaluar tipo de sustrato, posición de las estacas obtenidas de un individuo (alta, media y baja) así como el tipo de auxina (0, 3000 y 10000 ppm).

2.5.2 Obtención de las estacas de *Abies religiosa*

Las estacas obtenidas para este experimento procedieron de un bosque del cerro Tláloc pertenecientes al predio del ejido de San Dieguito en municipio de Texcoco Estado de México.

2.5.3 Ubicación

El Cerro Tláloc se encuentra ubicado en la región fisiográfica conocida como Sierra Nevada misma que separa las cuencas de México y Puebla y se localiza en las inmediaciones del Estado de México, Puebla y Tlaxcala. Esta sierra es de tipo volcánico con estratovolcanes y está orientada de norte a sur, el Cerro Tláloc es uno de los volcanes extintos que forma parte de la sierra, presentando una altura de 4,120 m de altitud y sus laderas presentan grandes problemas de erosión (Palma, 1996; INEGI, 2001; González, 2005).

2.5.4 Clima

Se tiene un clima templado subhúmedo con tres tipos de precipitación diferentes con lluvias en verano, con una precipitación media anual de 700 mm, y una temperatura media anual de 12 a 18°C (Flores, 2010).

2.5.5 Suelos

Los suelos de esta región de acuerdo con (Flores, 2010) son phaeozem háplico, regosol eútrico, cambisol eúrico, litosol y fluvisol; siendo estos suelos incipientes de textura gruesa en las proximidades del cono cinerítico del Tlálloc y en las áreas restantes son negros y profundos, ricos en materia orgánica de textura media.

2.5.6 Vegetación

(Palma, 1996) reporta seis tipos de vegetación Bosque de pino, bosque de oyamel, pastizal, bosque de pino-oyamel-encino, bosque de pino-aile-encino y bosque de pino-encino. Mientras que en un estudio más reciente se han identificado de acuerdo con (Sánchez y López, 2003) encinar arbustivo, bosque de encino, bosque mixto, bosque de oyamel, bosque de pino y pastizal alpino.

2.5.7 Fauna

(Espinoza, 2006) reporta 60 especies de aves agrupadas en seis órdenes y 21 familias, las familias mejor representadas son Parulidae (17%), Picidae (12%), Turdidae (12%) y Emberizidae (12%).

2.6 Enraizamiento de estacas de *Abies religiosa* en una estructura de madera rustica primer ensayo

Para el enraizamiento de estacas se realizaron dos experimentos, el primero fue establecido el 3 de julio del 2021 el mismo día se realizó la recolección del material vegetativo, en predios del ejido San Dieguito el cual se obtuvieron las estacas en pequeños manchones de renuevo, para obtener estacas de plantas madres con fenotipo juvenil, obteniendo estas estacas de tres diferentes partes del árbol (Alta, media y baja) (Figura 5).

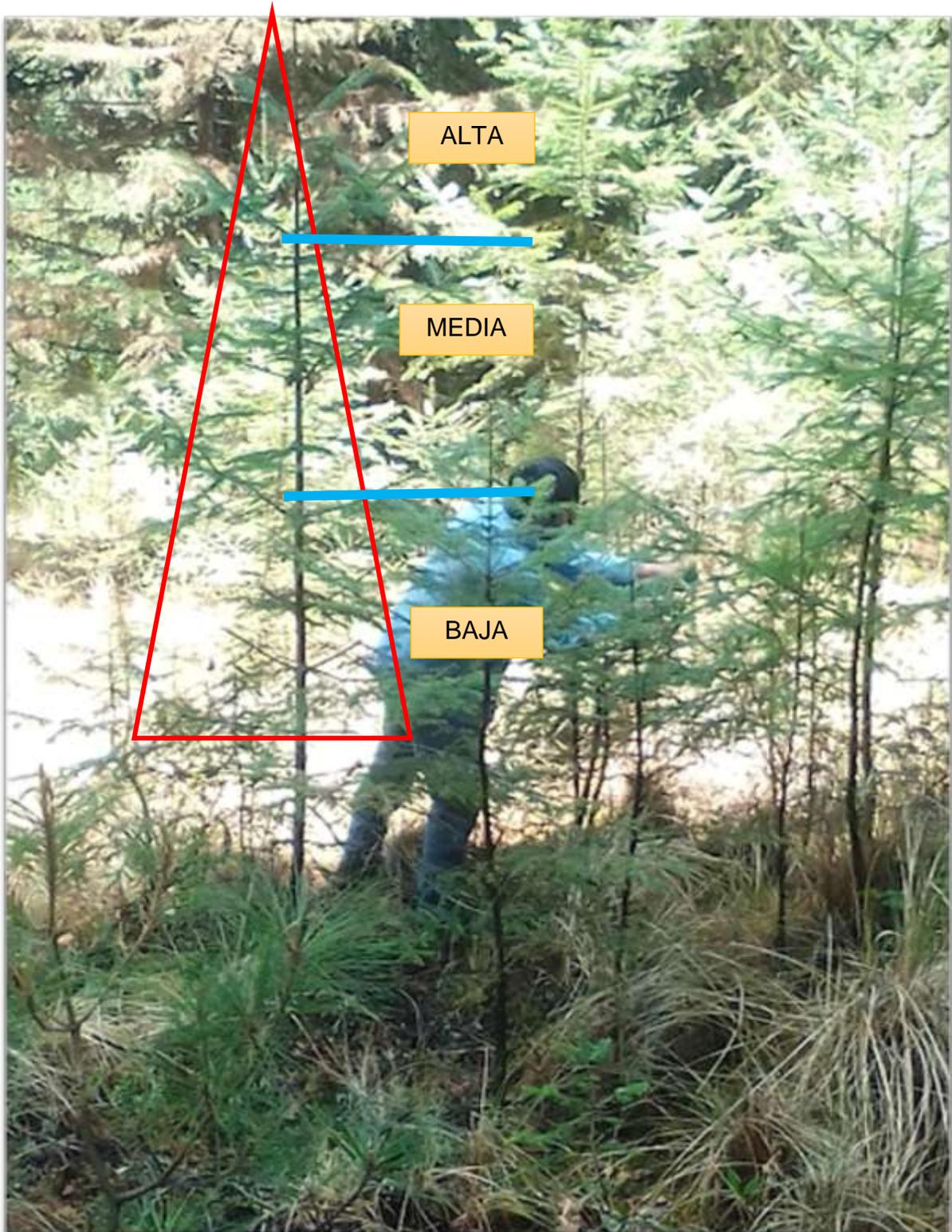


Figura 5. Obtención de las estacas de *Abies religiosa* en el ejido de San Dieguito Texcoco Estado de México.

Las estacas obtenidas fueron introducidas en bolsas de plástico que contenían sanitas (Figura 6), agregando un poco de agua en el interior de las bolsas con la finalidad de mantener frescas a las estacas, posteriormente se etiquetaron las estacas y guardaron en una hielera de unicel (Figura 7), para su transporte, evitando que se desecaran en el traslado al laboratorio de Ciencias Forestales del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.



Figura 6. Estacas introducidas en bolsas con sanitas humedecidas para mantenerlas frescas.



Figura 7. Introducción de todas las estacas en un termo para su traslado.

Las estacas de *Abies religiosa* se colocaron en una cama de enraizado rustica (Figura 8), con medidas de 2,50 m de largo, 90 cm de ancho y 30 cm de alto la cual fue recubierta con plástico de invernadero por dentro y por fuera (Figura 9), para así aumentar o al menos conservar la temperatura durante la noche y mantener la humedad relativa alta.



Figura 8. Cama de enraizamiento de estacas fabricación rustica de madera.



Figura 9. Cama de enraizamiento recubierta con plástico por dentro y por fuera para aumentar la temperatura.

La cama de enraizamiento se dividió en dos partes por los dos tipos de sustratos que se utilizaron (Figura 10) el Sustrato 1 (S_1) que fue 100% perlita y el sustrato 2 (S_2) que fue la mezcla perlita, vermiculita y turba en proporción de 5:3:2.

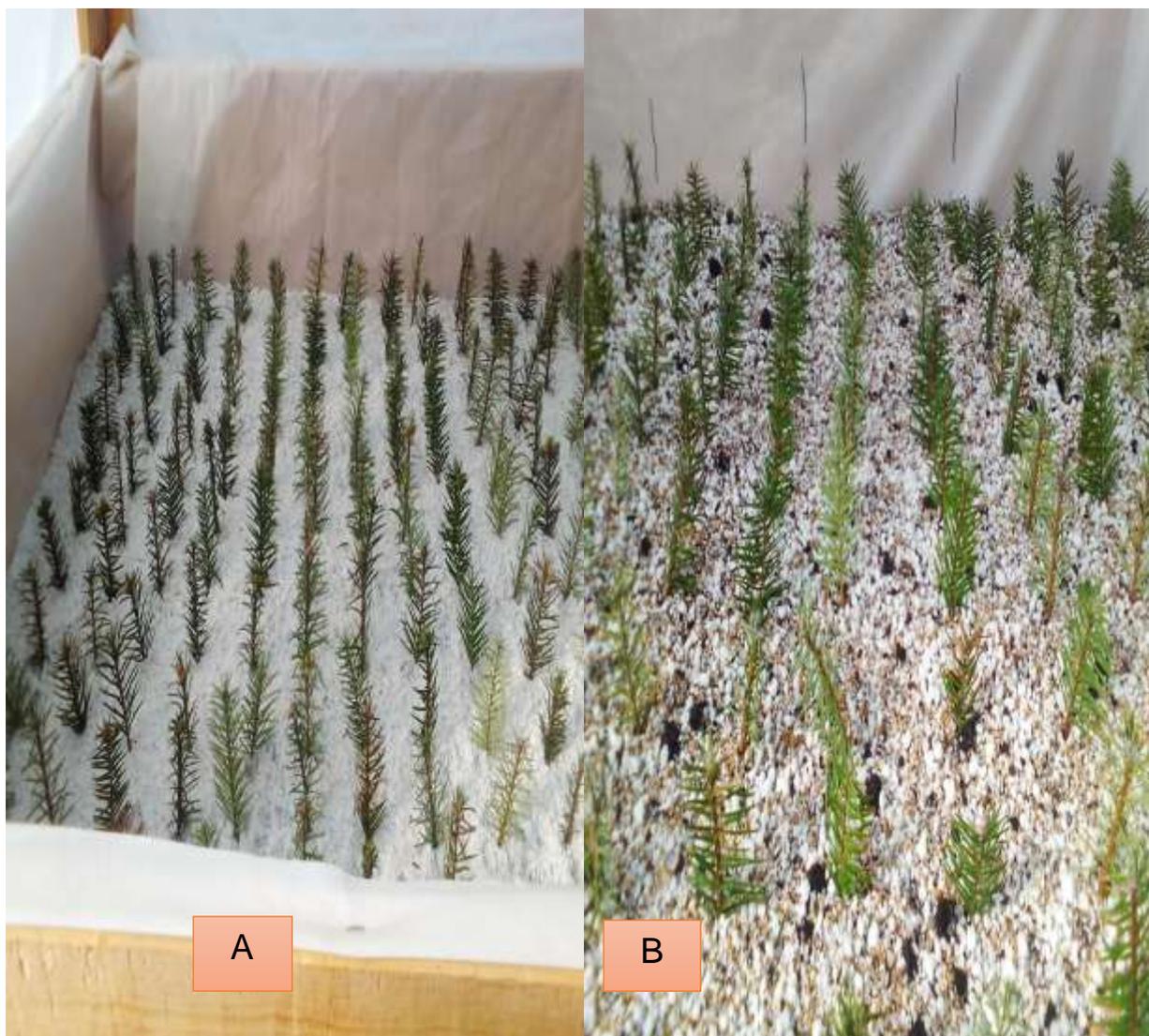


Figura 10. Estacas de *Abies religiosa* en ambos sustratos A) S₁ y B) S₂ en el primer mes de ser sembradas.

En este experimento se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo factorial teniendo los factores probados se muestran en el (Cuadro 5). con 4 estacas como unidad experimental y 5 repeticiones teniendo un total de 360 estacas.

Cuadro 6. Factores utilizados en el enraizamiento de estacas.

Factores	Sustratos	Hormona	Posición de las estaca
Niveles	S1	0	Alta
	100 % perlita	3000 ppm	Media
		10000 ppm	Baja
	S2	0	Alta
	Mezcla perlita, vermiculita y turba 5:3:2	3000 ppm	Media
		10000 ppm	Baja

Las estacas primero se desinfectaron con cloro usando clorales 1ml/1L de agua, y posteriormente se aplicó captan 1g/1L para prevenir la aparición de hongos, además se retiró aproximada mente 3 cm del follaje y se aplicó el enraizador, de acuerdo al tipo de tratamiento, en el sustrato se realizó con ayuda de un lápiz pequeños hoyos para colocar la estaca.

El tiempo del experimento fue de tres meses en los cuales se realizó el riego de manera manual con ayuda de una bomba de fumigar con agua corriente, realizando dos riegos por día (mañana y tarde).

Debido a las altas temperaturas que se tuvieron durante el día las estacas comenzaron a morir (Figura 11), por lo que se realizó mojar el piso a medio día para bajar la temperatura, durante el segundo mes el sustrato se contamina con musgo en ambas mezclas de sustratos, el cual no se controló al considerar que debido a que al no tener raíces las estacas no se verían afectadas.

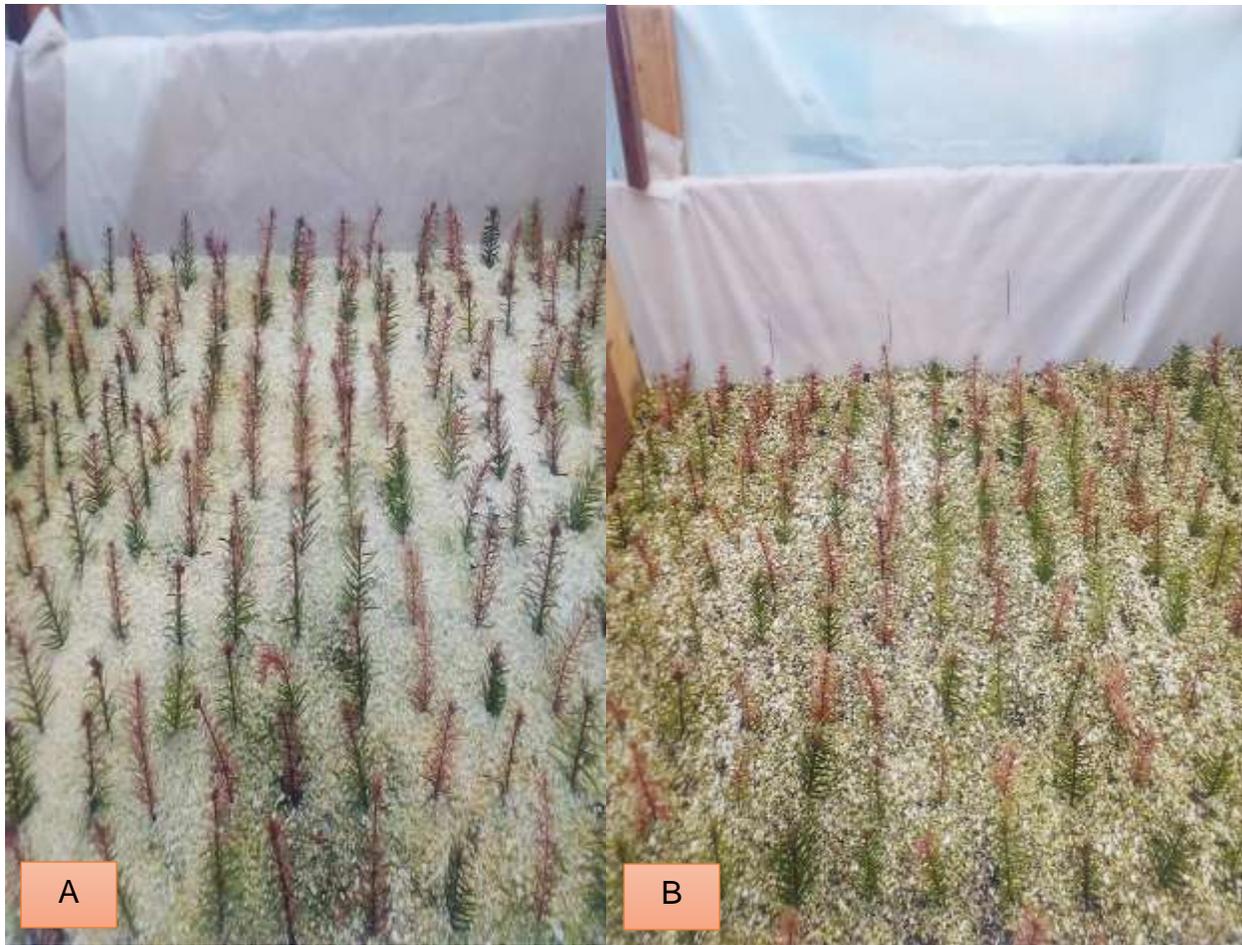


Figura 11. Estacas de *Abies religiosa* muriendo por altas temperaturas y presencia de musgo en ambos sustratos A) S₁ y B) S₂.

2.7 Enraizamiento de estacas de *Abies religiosa* en domos o charolas de plástico segundo ensayo

En el segundo experimento de enraizamiento de estacas de *Abies religiosa* se utilizaron los mismos factores sustratos (S₁, S₂), dosis de enraizador y posición de donde se obtuvieron las estacas, empleando el mismo diseño, la misma unidad experimental y las mismas repeticiones teniendo un total de 360 estacas.

Se usó el mismo procedimiento y área de extracción de las estacas lo único que cambio fue el área donde se estableció la cual fue en Montecillo Texcoco con coordenadas (19°27'31.46"N y 98°54'26.85"O), además de remplazar la cama de enraizamiento rustica de madera por charolas o domos de plástico, con medidas de 32 cm de largo, 26

cm de ancho y 18 cm de alto, de tal manera que las estacas se encontraban en un área más fresca, las charolas contaban con su respectiva tapa lo que se pretendía es que se generaría un micro clima el cual ayudaría a propiciar el enraizamiento, pero al estar en un lugar con sombra y con un exceso de humedad por el riego inicial, se dieron las condiciones adecuadas para propiciar la presencia de un hongo (Figura 12), el cual se intentó controlar con captan desde el primer día que se detectó además de que las charolas fueron expuestas al sol para tratar de disminuir el efecto del hongo lo cual no se logró, este hongo afecto a la yema principal ocasionado la pudrición ocasionando el fracaso del mismo experimento.

Las estacas en el primer mes se observaba que tenían las condiciones adecuadas para enraizar, pero a partir del segundo mes, en transcurso de días comenzaron a presentar la aparición de un hongo (Figura 13), el cual no se pudo identificar propagando muy rápido, el cual pudo ser ocasionado a diferentes factores como que se pudo contaminar el sustrato debido a que se transportó del Colegio de Posgraduados a Montecillo con una bolsa probablemente sucia, o no fue con la mejor asepsia posible en la desinfección de las estacas.

Lo que origino otro experimento fallido de enraizamiento por lo que se debe de tener una metodología y seguir las recomendaciones de acuerdo a trabajos ya realizados.



Figura 12. Estacas de *Abies religiosa* en Charolas de plástico en el momento del establecimiento y durante el primer mes.



Figura 13. Contaminación por hongos debido a un exceso de humedad en el sustrato y poca luz.

2.8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los dos ensayos realizados ambos no resultaron debido a que se deben considerar varios aspectos que aseguran el éxito de estacas enraizadas, (Iglesias, 1996) menciona que la propagación vegetativa es difícil de realizar, especialmente si se trata de árboles maduros en la cual se puede apreciar su genotipo especialmente en coníferas siendo realizado solo a nivel de investigación y no operativamente, existiendo problemas de bajo o nulo enraizamiento.

La edad de la planta madre es uno de los factores importantes a considerar ya que está muy relacionada a la emisión de raíces adventicias, debido a la madures ontogénica en especies leños disminuyendo la propagación vegetativa con la edad de la planta (Hackett, 1985; Poupard *et al.*, 1994; Amri *et al.*, 2010)

Otro de los factores que afectan el enraizamiento es la temperatura del ambiente y sustrato (Muñoz *et al.*, 2009) menciona que las temperaturas altas o muy bajas afectan la formación de raíces en estacas.

(Iglesias, 1996; Prat *et al.*, 1998) indican que la temperatura en el sustrato afecta la capacidad de enraizamiento al modificar varios procesos fisiológicos entre ellos la división celular, el movimiento de auxinas hacia la base de los esquejes, junto a la tasa de transpiración y respiración.

Recomendando considerar las temperaturas adecuadas para lograr un enraizado de estacas de acuerdo con (Hartmann *et al.*, 2002) las temperaturas a mantener son de 21 a 27 °C durante el día y de 15 °C durante la noche.

Otro de los factores a considerar es el sustrato los cuales influyen en el enraizamiento de estacas, (Rivera-Rodríguez *et al.*, 2016) obtuvo un mayor porcentaje de germinación en la especie de *Pinus patula* al usar 100% perlita a diferencia de otras mezclas, el cual asido usado en otras especies obteniendo resultados favorables.

Las Auxinas son importantes sobre todo aquellas que enraízan con dificultad (Hartmann *et al.*, 2002).

(Castillo-Flores *et al.*, 2013) menciona que la época de recolecta de estacas para *Abies religiosa* es en el mes de diciembre la cual influirá en el enraizado de las estacas siendo esta fecha la más adecuada.

Siendo solo estas algunas de las limitantes por las cuales los dos ensayos de enraizamiento no resultaron al no tener un control de la temperatura, la humedad del sustrato.

2.9 CONCLUSIONES

El enraizamiento de estacas de *Abies religiosa* es difícil debido a que se deben de controlar varios factores.

Una de las principales causas que ocasiono que los experimentos no resultaran satisfactorios fue que no se controló la temperatura del ambiente y sustrato ambos experimentos provocando en primero desecación de las estacas y en el segundo la presencia de hongos.

Las estacas obtenidas pudieron influir debido a que no se conocía la edad de la planta madre pudiendo superar los 3 años recomendados.

Existen poca información sobre el enraizamiento de *Abies religiosa* por lo que no se pudo seguir un protocolo de enraizamiento para esta especie.

Se recomienda a tomar en cuenta todos los factores mencionados con las especies que sí lograron enraizar como es el caso de *Pinus patula* para así lograr un enraizamiento exitoso en futuros trabajos de investigación.

CONCLUSIONES GENERALES

La propagación de *Abies religiosa* ya sea sexual o asexual mente tiene varias limitantes para poder germinar las semillas o el prendimiento de las estacas las cuales se deben buscar estrategias que permitan una mayor propagación de esta especie, al controlar los principales factores que limitan su propagación.

En el caso de la propagación sexual buscar la mejor época de colecta de la semilla, no ser almacenadas por un periodo largo para evitar un menor porcentaje de germinación, además probar diferentes tratamientos pregerminativos que ayuden a romper el periodo de letargo.

Mientras que en la propagación asexual obtener estacas jóvenes de no mayor a tres años, controlar la temperatura tanto de día como de noche mediante un monitoreo constante para prevenir y controlar cualquier agente que pueda reducir el éxito de las estacas enraizadas.

LITERATURA CITADA

- Agriculture., D. O. 1974. Seeds of Woody Plants in the United States. Agric. Handb. 450. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 883 pp.
- Alvarado, R. D. 1989. Declinación y muerte del bosque de oyamel (*Abies religiosa*) en el sur del Valle de México. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Montecillos, México, 78 pp.
- Alvarez-Aquino, C., L. Barradas-Sánchez, O. Ponce-González & G. Williams-Linera 2014. Soil seed bank, seed removal, and germination in a seasonally dry tropical forest in Veracruz, Mexico. *Botanical Sciences*, Vol. 92 (1):, 111-121 pp.
- Amri, E., Lyaruu, H. V. M., Nyomora, A. S. & Kanyeka, Z. L. 2010. Vegetative propagation of African Blackwood (*Dalbergia melanoxylon* Guill. & Perr.): effects of age of donor plant, IBA treatment and cutting position on rooting ability of stem cuttings. *New Forests*, Vol. 39, 183-194 pp.
- Anderson, A., Frampton, L. J. & Weir, R. J. 1999. Shoot production and rooting ability of cuttings from juvenile greenhouse Loblolly pine hedges. *Transactions of the Illinois State Academy of Science.*, Vol. 92 (1-2):, 1-14 pp.
- Arista, M. 1993. Germinación de las semillas y supervivencia de las plántulas de *Abies pinsapo* Boiss. Vol. 18, 173-177 pp.
- Arista, M., Talavera, S. & Herrera, J. 1992. Viabilidad y germinación de las semillas de *Abies pinsapo* Boiss. *Acta botánica malacitana*, Vol. 17, 223-228 pp.
- Arriaga, V., C. Virginia & A. Vargas-Mena 1994. Manual de reforestación con especies nativas. Instituto Nacional de Ecología UNAM. Facultad de Ciencias. 186 pp.
- Baskin, C. C. & Baskin, J. M. 2014. Variation in Seed Dormancy and Germination within and between Individuals and Populations of a Species.
- Baskin, J. M. & Baskin, C. C. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed science research*, Vol. 14 (1), 1-16 pp.
- Bautista, A. A. 2012. Manual de ensayos de semillas forestales. México: Secretaría de Medio Ambiente Gobierno del Estado de Coahuila., 27 pp.
- Benavides-Meza, H. M., M. O. Gazca Guzmán, S. F. López López, F. Camacho Morfín, D. Y. Fernández Grandizo & F. Nepamuceno Martínez 2011. Variabilidad en el crecimiento de plántulas de ocho procedencias de *Abies religiosa* (HBK) Schlecht. et Cham., en condiciones de vivero. *Madera y bosques*, Vol. 17 (3):, 83-102 pp.
- Bettinger, P., Clutter, M., Siry, J., Kane, M. & Pait, J. 2009. Broad implications of southern United States pine clonal forestry on planning and management of forests. *International Forestry Review*, Vol. 11, 331-345 pp.

- Binkley, D. & Fisher, R. F. 2019. Ecology and management of forest soils, John Wiley & Sons. 456 pp.
- Binkley, D. & Pérez, R. O. 1993. Nutrición Forestal. Prácticas de Manejo, Limusa. México. 518 pp.
- Blank, L. W. 1985. A new type of forest decline in Germany. *Nature*, Vol. 314, 311-314 pp.
- Blank, L. W., Roberts, T. M. & Skeffington, R. A. 1988. New perspectives on forest decline. *Nature*, Vol. 336, 27-30 pp.
- Bonga, J. M. 2015. A comparative evaluation of the application of somatic embryogenesis, rooting of cuttings, and organogenesis of conifers. *Canadian Journal of Forest Research*, Vol. 45, 1-5 pp.
- Bonner, F. T., J. A. Vozzo, W. W. Elam & Jr. Land Sb 1994. Tree Seed Technology Training Course. General Technical Report SO-107. United States Department of Agriculture, Forest Service. New Orleans, Louisiana . 90 pp.
- Bramlett, D. L., E. W. Belcher Jr, G. L. Debarr, G. D. Hertel, R. P. Karrfa1t, Cw. Lantz, T. Miller, K. D. Ware & R. O. Yates Iii 1977. Cone analysis of Southern pines-a guidebook. Gen.Tech. Rep. SE-13 USDA-Forest Service. 28. pp.
- Briscoe, C. B. 1990. Manual de ensayos de campo con árboles de usos múltiples. Estados Unidos. Winrock International Institute for Agricultural Development. 143 pp.
- Burdon, R. D., Carson, M. J. & Shelbourne, C. J. A. 2008. Achievements in forest tree genetic improvement in Australia and New Zealand 10: *Pinus radiata* in New Zealand. *Australian Forestry*, Vol. 71, 263-279 pp.
- Bushman, B. S., D. A. Johnson, K. Jconnors & T. A. Jones 2015. Germination and seedling emergence of three semiarid western North American legumes. *Rangeland Ecology & Management*, Vol. 68:, 501-506 pp.
- Caraguay-Yaguana, K. A., V. H. Eras-Guaman, D. Gonzales-Zaruma, J. Moreno-Serrano, J. Minchala-Patiño, M. Yaguana-Arevalo & C. Valarezo-Ortega 2016. Potencial reproductivo y análisis de calidad de semillas de *Cinchona officinalis* L., provenientes de relictos boscosos en la Provincia de Loja–Ecuador. *Revista Investigaciones Altoandinas*, Vol. 18, 271-280 pp.
- Carrier, L. 1986. Decline in Québec's forests;, Assessment of the situation. Service de la Recherche appliqué. Ministère del Energie et des Ressources, Quebec. 30 pp.
- Castillo-Flores, J. D., López-López, M. A., López-Upton, J., Cetina-Alcalá, V. M. & Hernández-Tejeda, T. 2013. Factores de influencia en el enraizamiento de estacas de *Abies religiosa* (Kunth) Schldl. et Cham. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, Vol. 19, 175-184 pp.

- Ciesla, W. M. 1989. Aerial photos for assessment of forest decline. A multinational overview. *Jour. of For.*, Vol. 87 (2), 37-41 pp.
- Colbeck, I. & Mackenzie, A. R. 1994. Air pollution by photochemical oxidants. 376 pp.
- Conafor, C. N. F. 2003. línea]. *Abies religiosa* (Kunth Schltdl. et Cham.). Disponible: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/873Abies%20religiosa.pdf> [Fecha de consulta Consulta: 13 Octubre 2021].
- Cowling, E. B. 1985. Comparison of regional decline of forests in Europe and North America: the posible role of airborne chemicals. in: *Proc. Air Pollutants Effects on Forest Ecosystems*. The Acid Rain Foundation, St. Paul, MN. 217-234 pp.
- Czabator, F. J. 1962. Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest science*, Vol. 8, 386-396 pp.
- De Pascual-Pola, C. N., Musálem, M. Á. & Ortega-Alcalá, J. 2003. Estudio de algunas características de conos y semillas de abies religiosa (hbk) schl. et cham. *Agrociencia*, Vol. 37, 521-531 pp.
- Domínguez, V. A. 1997. *Tratado de fertilización* 2a. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 601 pp.
- Donahue, J. K., Dvorak, W., Gutierrez, E. & Kane, M. 1985. *Abies guatemalensis*: a two year status report. CAMCORE bulletin on tropical forestry (USA).
- Donoso, Z. C. 1979. Variación y Tipos de Diferenciación en Poblaciones de Roble (*Nothofagus Obliqua* (Mirb.) Oerst.). *BOSQUE*, Vol. 3(1):, 1-14 pp.
- Donoso, Z. C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. *Ecología forestal*, Segunda Edición ed. 484 pp.
- Dvorak, W. S. & Donahue, J. K. 1992. CAMCORE Cooperative Research Review 1980-1992. Department of Forestry, College of Forest Resources, North Carolina State University. Raleigh, N.C., USA. 93 pp.
- Escamilla-Hernández, N. 2020. PROPAGACIÓN DE *Pinus patula* SCHIEDE ex SCHLTDL. et CHAM. POR ENRAIZADO DE ESTACAS. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. 83 pp.
- Espinoza, S. R. 2006. Riqueza y distribución de la avifauna asociada a bosques templados del Cerro Tláloc, Sierra Nevada, Estado de México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México., 46 pp.
- Figuroa, J. A. & Jaksic, F. M. 2004. Latencia y banco de semillas en plantas de la región mediterránea de Chile central. *Revista chilena de Historia Natural*, Vol. 77:, 201-215 pp.
- Finck, A. 2021. *Fertilizantes y fertilización*, Reverté, S. A. Barcelona. 439 pp.

- Flores, N. P. 2010. Impacto del proceso de declinación sobre la productividad primaria neta en bosques de *Abies religiosa*. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, 87 pp.
- Foster, G. S., Stelzer, H. & Mcrae, J. B. 2000. Loblolly pine cutting morphological traits: effects on rooting and field performance. *New Forests*, Vol. 19, 291-306 pp.
- Franklin, J. F. 1974. *Abies* (Mill Fir). abeto. *Agric Handb US Dep Agric*, Vol. 450:, 168-183 pp.
- Franz-Eugen, A. 1996. Manual de vivero forestal: Elaborado para algunas especies forestales nativas de la zona templada del Sur de Chile. CONAF: Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica. 123 pp.
- García-Salmerón, J. 2002. Manual de repoblaciones forestales. 2a. Edición Madrid:Fundación Conde del Valle de Salazar.
- Garrido-González, F. 1981. Los sistemas silviculturales aplicables a los bosques nativos chilenos. Proyecto CONAF/PNUD/FAO. 110 pp.
- Geiss, G., Gutierrez, L. & Bellini, C. 2009. Adventitious root formation: new insights and perspectives. *Annual plant reviews*, Vol. 37, 127-156 pp.
- Godínez-Álvarez, H. & Flores-Martínez, A. 2000. Germinación de semillas de 32 especies de plantas de la costa de Guerrero: su utilidad para la restauración ecológica. *Polibotánica*, Vol. 11, 1-29 pp.
- González, R. E. M. 2005. Caracterización espacial de la declinación forestal del oyamel *Abies religiosa* en el Desierto de los Leones. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México, 117 pp.
- Granados, S. D. & L. Ríos, G. F. 2001. Declinación forestal. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, Vol. 7, 5-13 pp.
- Hackett, W. P. 1985. Juvenility, maturation and rejuvenation in woody plants. *Horticultural reviews*, Vol. 7, 109-155 pp.
- Hamann, A. 1998. Adventitious root formation in cuttings of loblolly pine (*Pinus taeda* L.): developmental sequence and effects of maturation. *Trees*, Vol. 12, 175-180 pp.
- Harold, W. & Hocker, J. 1984. Introducción a la biología forestal. AGT. Editor SA México. 446 pp.
- Hartmann, H. T., D. E. Kester, F. T. Davies & R. L. Geneve 2002. *Plant propagation: principles and practices*, 7 th ed. Prentice-Hall.
- Hartmann, T. H. & Kester, D. E. 1988. *Propagación de plantas, principios y prácticas*, 2da edicion. ed. 761 pp.

- Hernández-Tejeda, T. 1984. Efecto de los gases oxidantes sobre algunas especies del género *Pinus* nativas del Valle de México. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México., 109 pp.
- Hinrichsen, D. 1987. The forest decline enigma. What underlies extensive dieback on two continents? *Bioscience*, Vol. 37 (8):, 542-546 pp.
- Iglesias-Andreu, L., Sánchez-Velásquez, L., Tivo-Fernández, Y., Luna-Rodríguez, M., Flores-Estévez, N., Noa-Carrazana, J., Ruiz-Bello, C. & Moreno-Martínez, J. 2010. Efecto de radiaciones gamma en *Abies religiosa* (Kunth) Schltd. et Cham. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, Vol. 16, 5-12 pp.
- Iglesias, G. L., M. Alarcón B. J. A. Prieto R. 1996. La propagación vegetativa de plantas forestales. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, Vol. 21, 15-41 pp.
- Inegi, I. N. D. E., (Geografía E Informática), 2001. Síntesis de información geográfica del estado de México. México. 139 pp.
- Infostad. 2011. InfoStat [En línea]. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba. Disponible: <http://www.infostat.com.ar/> [Fecha de consulta 24 de Septiembre 2021].
- Jain, S. M. & Häggman 2007. Protocols for micropropagation of woody trees and fruits., Springer. Dordrecht, The Netherlands. . 558 pp.
- Johnson, A. H., J. Friedland, A. & G. Dushoff, J. 1986. Recent and historic red spruce mortality: Evidence of climatic influencee. *Water, Air, and Soil Pollution*, Vol. 30, 319-330 pp.
- Kolotelo, D., E. Van. Steenis, M. Peterson, R. Bennett, D. Trotter & J. Dennis 2001. Seed handling guidebook., British Columbia Ministry. British Columbia. Canada. 106 pp.
- López, L. M. A. 1996. Declinación del oyamel del Desierto de los Leones, D. F.: Un modelo del proceso. In: *Memorias del II Simposio Internacional y III Reunión Nacional sobre Agricultura Sostenible: Una contribución al Desarrollo Agrícola Integral*. Comisión de Estudios Ambientales y Campus San Luis Potosi del Colegio de Postgraduados. México. 425-431 pp.
- López, L. M. Á. 1993. Evaluación nutrimental de *Abies religiosa* en el Desierto de los Leones, D. F. Tesis de Maestría en Ciencias. Programa Forestal. Colegio de Postgraduados, Campus Motecillo, Texcoco Estado de Mexico., 101 pp.
- López, L. M. A., M. I. Castañeda, G. & A. Velázquez, M. 1995. Sistema de evaluación del grado de daño de árboles de oyamel en proceso de declinación. Resúmenes de ponencias. In: *II Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales*. Montecillo México. 51 pp.
- López, L. M. A. & R. Rivera, A. 1995. Caracterización nutrimental de follaje de oyamel en proceso de declinación. In: *II Congreso Mexicano Sobre Recursos Forestales*. Montecillo, Estado de México. 50 pp.

- Madrigal, S. X. 1967. Contribución al conocimiento de la ecología de los bosques de oyamel (*Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham.) en el Valle de México., Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín Técnico No. 18. México, D.F. 94 pp.
- Majada, J., C. Martínez-Alonso, I. Feito, A. Kidelman, I. Aranda & R. Alía 2011. Mini-cuttings: an effective technique for the propagation of *Pinus pinaster* Ait. *New Forests*, Vol. 41, 399-412 pp.
- Manfrini, D. 2004. Análisis de vigor en semillas. *Rev. Plan Agropecuario.* , Vol. n.º111, 56-58 pp.
- Manzanilla, H. 1974. Investigaciones epidométricas y silvícolas en bosques mexicanos de abies religiosa. Dirección General de Información y Relaciones Públicas de la SAG. México. 165 pp, Secretaría de Agricultura y Ganadería, . 165 pp.
- Mayen, G., Leticia. 1987. Evaluación de los efectos de tres tipos de agua en el tiempo y porcentaje de germinación de semillas de oyamel (*Abies religiosa*). Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM., 69 pp.
- Mayo, J. M. 1987. The effects of acid deposition on forests, Prep. for the Alberta Government-Industry Acid Deposition Research Program by the Department of Biology, Emporia State University, Emporia, Kansas, ADRP-B-09-87, 80 pp.
- Miller, P. R., R., J. P., C. Taylor, O. & A. Cardiff, E. 1963. Ozone injury to the foliage of *Pinus ponderosa*. *Phytopathology;(United States)*, Vol. 53:, 1072-1076 pp.
- Mitchell, R. & Jones, N. 2006a. The effects of ontogenetic maturation in *Pinus patula*-Part II: hedge cycling and field performance. *Southern African Forestry Journal*, Vol. 2006, 3-6 pp.
- Mitchell, R., Zwolinski, J. & Jones, N. 2004a. A review on the effects of donor maturation on rooting and field performance of conifer cuttings. *Southern African Forestry Journal*, Vol. 2004, 53-63 pp.
- Mitchell, R. G., J. Zwolinski & N. B. Jones 2004b. A review on the effects of donor maturation on rooting and field performance of conifer cuttings. *Southern African Forestry Journal*, Vol. 2004, 53-63 pp.
- Mitchell, R. G. & Jones, N. B. 2006b. The effects of ontogenetic maturation in *Pinus patula*-Part II: hedge cycling and field performance. *Southern African Forestry Journal*, Vol. 2006, 3-6 pp.
- Muñoz, G. L., J. J. Vargas, H., J. López, U. & M. Soto, H. 2009. Effect of cutting age and substrate temperature on rooting of *Taxus globosa*. *New forests*, Vol. 38, 187-196 pp.
- Nelson, W. 2003. Propagating plantation trees from cuttings in containers. Management Ltd. Christchurch, New Zeland. 18 pp.

- Nieto De Pascual, P. C. 1995. Estudio sinecológico del bosque de oyamel de la cañada de Contreras, Distrito Federal. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, Vol. 20, 3-34 pp.
- Ordoñez-Henríquez, A. E. 1987. Germinación de las tres especies de *Nothofagus* siempreverde (coigues), y variabilidad en la germinación de procedencias de coigue común (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst.) Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia Chile.
- Ortiz-Bibian, M. A., Castellanos-Acuña, D., Gómez-Romero, M., Lindig-Cisneros, R., Silva-Farías, M. Á. & Sáenz-Romero, C. 2019. Variación entre poblaciones de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham a lo largo de un gradiente altitudinal. I. Capacidad germinativa de la semilla. *Revista fitotecnia mexicana*, Vol. 42, 301-308 pp.
- Palma, T. A. 1996. Tipología del uso forestal de la tierra de la región norte de la Sierra Nevada y su cartografía. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados . 103 pp.
- Park, Y. S., J. M. Bonga & Moon., H. K. 2016. Vegetative propagation of forest trees. National Institute of Forest Science. Seoul, Korea. 673 pp.
- Patiño, V. F., P. Garza, Y. Villagomez, I. Talavera & F. Camacho 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, México City. 181 pp. pp.
- Poschenrieder, C. & Barceló, J. 1985. La muerte de los bosques.¿ Tiene la culpa la acidez de la lluvia? *Circular farmacéutica*, Vol. 286, 71-80 pp.
- Poulsen, K. & Stubsgaard, F. 2000. Tres métodos de escarificación mecánica de semillas de testa dura. En *Técnicas para la escarificación de semillas Forestales*. Serie Técnica. Manual Técnico No. 36. CATIE-PROSEFOR-DFSC. Turibialba, Costa Rica. 35 pp.
- Poupard, C., M. Chauviere & O. Monteuuis 1994. Rooting *Acacia mangium* cuttings: effects of age, within-shoot position and auxin treatment. *Silvae Genetica*. Vol. 43:, 226-231 pp.
- Prado, L., C. Samaniego & J. Ugarte 2010. Estudio de las cadenas de abastecimiento de germoplasma forestal en Ecuador. ICRAF Working Paper No. 115. World Agroforestry Centre (ICRAF). Lima, Perú.
- Prat, L., Botti, C. & Palzkill, D. 1998. Rooting of jojoba cuttings: the effect of clone, substrate composition and temperature. *Industrial Crops and Products*, Vol. 9, 47-52 pp.
- Ragonezi, C., Klimaszewska, K., Castro, M. R., Lima, M., De Oliveira, P. & Zavattieri, M. A. 2010. Adventitious rooting of conifers: influence of physical and chemical factors. *Trees*, Vol. 24, 975-992 pp.

- Rivera-Rodríguez, M. O., J. J. Vargas-Hernández, J. López-Upton, Á. Villegas-Monter & M. Jiménez-Casas 2016. Enraizamiento de estacas de *Pinus patula*. *Revista fitotecnica mexicana*, Vol. 39, 385-392 pp.
- Rodríguez-Sánchez, L. 1995. Tratamientos pregerminativos para algunas especies forestales nativas, de la región Huertar Norte de Costa Rica. *Avances en la producción de semillas forestales en América Latina. Memorias del Simposio, Managua, NI, 16-20 Oct. 1995, 1995-10-16. 30-38 pp.*
- Runeckles, V. C. & Krupa, S. 1994. The impact of UV-B radiation and ozone on terrestrial vegetation. *Environmental Pollution*, Vol. 83, 191-213 pp.
- Sánchez, A. & López, L. 2003. Clasificación y ordenación de la vegetación del norte de la Sierra Nevada, a lo largo de un gradiente altitudinal. *Anales del Instituto de Biología. UNAM Serie Botánica*, Vol. 74, 47-71 pp.
- Schopmeyer, C. S. 1974. Seeds of woody plants in the United States. USDA Forest Service. Washington, D.C., Agriculture Handbook No. 450. 883. pp.
- Semarnat. 2016. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2016 [En línea]. SEMARNAT-Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos México. Disponible: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282951/2016.pdf> [Fecha de consulta 02 de Septiembre 2021].
- Shaban, M. 2013. Review on physiological aspects of seed deterioration. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS)*, Vol. 6, 627-631 pp.
- Sierra, P. A., D. A. Rodríguez, T. V., O. Bonilla, A., V. Flores, R., M. A. González, R., C. Olguín, C., H. Acosta, D., M. P. Ruíz, H., R. Valladares, M. & F. Gómez, S. 1988. Estructura y dinámica del bosque de oyamel afectado por la declinación forestal en el Desierto de los Leones. *COCODER. D. F.*
- Suárez, D. & Melgarejo, L. M. 2010. Biología y germinación de semillas. Experimentos en fisiología vegetal. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá Colombia., 13-25 pp.
- Trueman, S. J. & Peters, R. F. 2006. Propagation of Wollemi pine from tip cuttings and lower segment cuttings does not require rooting hormones. *Scientia horticultrae*, Vol. 109, 394-397 pp.
- Trujillo-Navarrete, E. 1992. Manejo de semillas, viveros y plantación inicial. Centro de Estudios del Trabajo. Bogotá. Colombia. 151 pp.
- Trujillo, N., E. 1996. Análisis y pruebas rápidas de la calidad de la semilla. In: Memorias de curso para profesores; Mejoramiento Genético, Selección y Manejo de Fuentes Semilleras y de Semillas Forestales. PROSEFOR, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 86-101 pp.
- Varela, S. A. & Arana, V. 2011. Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. *Sistemas Forestales Integrados*, Vol. 3, 1-10 pp.

- Vindas, E. F. 2013. La planta: estructura y función, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 4ta edición 1-92 pp.
- Weiss, M. J. & M. Rizzo, D. 1987. Forest decline in major forest types of the eastern United States. In : "Proceeding of the Workshop on Forest Decline and Reproduction: Regional and Global Consequences". L. Kairiukstis, Nilsson, & A. Stroszak. Eds. JIASA, Luxemburg, Austria 297-305 PP.
- Wendling, I., S. J. Trueman & Xavier, A. 2014. Maturation and related aspects in clonal forestry—Part I: Concepts, regulation and consequences of phase change. *New Forests*, Vol. 45, 449-471 pp.
- Willian, R. L. 1985. A guide to forest seed handling: With special reference to the tropics, Roma, IT: FAO, 1985
- Zabala, J. S., U. O. Lasuen, J. Majada, G., K. Txarterina, U. & M. Duñabeitia, A. 2008. Optimización de la propagación vegetativa por estaquillado de genotipos de interés comercial de "Pinus radiata". *Sociedad Española de Ciencias Forestales.*, Vol. 28:, 201-205 pp.
- Zulueta-Rodríguez, R., L.G. Hernández-Montiel & Ruiz-Ramirez, J. 2015. Efecto del hidro y bio-acondicionamiento sobre la germinación de semillas de *Abies religiosa* y *A. hickelii*. *Ecología, biotecnología y conservación del género Abies en México*. 168-178. pp.