

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

**Efecto del Acido Giberélico, el Acido Clorhídrico y la
estratificación, sobre la germinación de semillas de
pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder)**

PAULO CESAR ORTIZ BA.

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2003.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS

Efecto del Acido Giberélico, el Acido Clorhídrico y la estratificación,
sobre la germinación de semillas de pinabete (*Abies guatemalensis*
Rehder)

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

PAULO CESAR ORTIZ BA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO
EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DEL 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. Luis Alfonso Leal Monterroso

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	Br. Luis Antonio Raguay Pirique
VOCAL QUINTO	Br. Juan Manuel Corea Ochoa
SECRETARIO	Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes

Guatemala, noviembre del 2003

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Señores:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

**Efecto del Acido Giberélico, el Acido Clorhídrico y la
estratificación, sobre la germinación de semillas de
pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder)**

Presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando contar con la aprobación del mismo, me es grato presentarles mi agradecimiento por la atención a la presente.

Atentamente,

Paulo César Ortiz Ba.

ACTO QUE DEDICO

- A DIOS
Todopoderoso por concederme la oportunidad de alcanzar una de las metas más importantes de mi vida.
- A MIS PADRES
Julio César Ortíz Sandoval
Rosa Nelly Ba de Ortiz (Q.E.P.D.) que desde un lugar especial comparte mi alegría.
Por sus sacrificios y apoyo incondicional, los cuales se ven recompensados en el triunfo que he alcanzado.
- A MIS HERMANOS
Jorge Maynor, Julio Aldo, Néstor Vinicio.
- A MIS CUÑADAS
Ingrid y Delia.
- A MIS SOBRINOS
Nelly Dulce Maria, Andrea Saraí,
Maynor Omar y José Julio.
- A MIS ABUELOS
Francisco Marcos Ba (Q.E.P.D.)
María Teresa Castellanos
José Ricardo Ortíz (Q.E.P.D.)
María Antonia Sandoval
- A MIS TÍOS
- A MIS PRIMOS
- A MIS FAMILIARES POLÍTICOS
- A MIS COMPAÑEROS
- A MIS PADRINOS
DE GRADUACIÓN
Lic. Q.B. Nancy Meza Folgar.
Ing. Agr. Francisco Javier Vásquez Vásquez.
Lic. Admón. de Empresas Ovidio Medina Ortiz.

TESIS QUE DEDICO

A GUATEMALA.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA.

A EL GREMIO NACIONAL DE AGRÓNOMOS.

A EL BANCO DE SEMILLAS FORESTALES.

A MI NOVIA NANCY MEZA.

A MI AMIGO DAVID VALDEZ.

A TODOS MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS.

AGREDECIMIENTOS

- AL Ing. Agr. Francisco Javier Vásquez Vásquez por su tiempo, dedicación y su valiosa asesoría prestada en el desarrollo del presente trabajo de tesis.
- AL Banco de Semillas Forestales (BANSEFOR) en especial al Ing. William Melgar y Mario Rafael Rodríguez, por su valiosa colaboración en la ejecución del presente estudio.
- A La Finca Florencia, en especial al Lic. Alejandro del Valle, Víctor Vitelio Contreras y Luis Cermeño que contribuyeron en mi Ejercicio Profesional Supervisado (EPSA) así como en la realización del presente estudio.
- AL Ing. Agr. Ezequiel López por la colaboración en el análisis e interpretación de los datos.
- AL Ing. José Efraín Sosa Aguilar.
- A Mis compañeros, por su amistad y ayuda a lo largo de mi carrera y en la ejecución del presente estudio en especial a David Valdez

INDICE GENERAL

CONTENIDO	pagina
INDICE DE CUADROS	v
INDICE DE FIGURAS	vi
INDICE DE GRAFICAS	vii
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCION	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
III. MARCO TEORICO	3
3.1 Marco conceptual	3
3.1.1 Distribución geográfica del pinabete	3
3.1.2 Estado actual de las poblaciones de pinabete en Guatemala	4
3.1.2.1 Área y distribución	4
3.1.2.2 Tamaño de los bosques	5
3.1.3 Taxonomía	6
3.1.4 Condiciones climáticas del pinabete	7
3.1.5 Polinización de coníferas	7
3.1.6 El proceso de la germinación de la semilla	8
3.1.7 Germinación y crecimiento del pinabete	9
3.1.8 Porcentaje de germinación en semillas de pinabete	10
3.1.9 Problemas fisiológicos en la germinación de la semilla de pinabete	11
3.1.10 Dormancia de la semilla	11
3.1.11 Análisis de pureza	13
3.1.12 Tratamientos para romper la dormancia en la semilla	14
3.1.12.1 Escarificación con ácidos	14
3.1.12.3 Acido clorhídrico	15
3.1.12.4 Acido sulfúrico	15
3.1.12.5 Experimentos utilizando ácido clorhídrico y ácido sulfúrico como escarificadores de semillas	15

3.1.13	Reguladores del crecimiento de las plantas	17
3.1.13.1	Acido giberélico (Ga ₃)	17
3.1.13.2	Efecto de hormonas en la germinación	18
3.1.14	Estratificación (Enfriamiento en húmedo)	18
3.1.15	Pruebas de viabilidad de las semillas	20
3.1.15.1	Pruebas de germinación	20
3.2	Marco referencial.	21
3.2.1	Localización y características del lugar donde se desarrollo el estudio	21
3.2.1.1	Localización del laboratorio	21
3.2.1.2	Localización de la Finca Florencia	21
3.2.1.2.1	Limites de la Finca Florencia	21
3.2.1.2.2	Extensión de la Finca Florencia	21
3.2.1.2.3	Zona de vida de la Finca Florencia	21
3.2.1.2.4	Clima de la Finca Florencia	21
3.2.1.2.5	Invernadero de la Finca Florencia	22
IV.	OBJETIVOS	23
4.1	Objetivo general	23
4.2	Objetivos específicos	23
V.	HIPÓTESIS	24
VI.	METODOLOGÍA	25
6.1	Material experimental	25
6.1.1	Materiales y Métodos	25
6.1.2	Análisis de la semilla utilizada	25
6.2	Material vegetal	25
6.2.1	Procedencia de la semilla utilizada	25
6.3.	Metodología experimental	25
6.3.1	Factores y niveles	25
6.3.2	Tratamientos	26
6.3.3	Unidad experimental	27
6.3.4	Diseño experimental.	27
6.3.4.1	Modelo estadístico	29

6.4 Variables de respuesta	29
6.4.1 Porcentaje de germinación	29
6.4.2 Número de plántulas normales	29
6.4.3 Altura de la plántula	29
6.5 Análisis de los datos	29
6.6 Manejo del experimento	30
6.6.1 Fase de laboratorio	30
6.6.1.1 Prueba de pureza física	30
6.6.1.2 Análisis de tolerancia	30
6.6.1.3 Prueba de germinación	30
6.6.1.4 Preparación de las cajas de germinación	30
6.6.1.5 Desinfección de las cajas germinadoras	31
6.6.1.6 Aplicación del ácido clorhídrico	31
6.6.1.7 Aplicación del ácido giberélico	31
6.6.1.8 Tratamientos de estratificación	31
6.6.2 Fase de Campo	31
6.6.2.1 Practicas culturales del pinabete en vivero	31
6.6.2.1.1 Etapa de vivero	31
6.6.2.1.2 Llenado y preparación de bolsas	31
6.6.2.1.3 Transplante	32
6.6.2.1.4 Riego	32
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
7.1 Porcentaje de Germinación	33
7.1.1 Análisis de Varianza	33
7.1.2 Prueba de Medias Tukey	33
7.2 Altura de plantas (cms)	36
7.2.1 Análisis de Varianza	36
7.2.2 Prueba de Medias Tukey	37
7.3 Análisis económico	38
7.3.1 Rentabilidad	38
VIII. CONCLUSIONES	39

IX.	RECOMENDACIONES	40
X.	BIBLIOGRAFÍA	41
XI.	APÉNDICE	44

INDICE DE CUADROS

No.	CONTENIDO	pagina
1	Diagnóstico de las poblaciones de pinabete en Guatemala	5
2	Diagnóstico por tamaño de las poblaciones de pinabete en Guatemala	6
3	Clasificación taxonómica del pinabete	7
4	Tratamientos empleados para evaluar el efecto de pre-enfriamiento sobre el porcentaje de germinación de semillas de aliso <i>Alnus acuminata</i>	16
5	Tratamientos empleados para evaluar el efecto de escarificación química y mecánica sobre el porcentaje de germinación de semillas de aliso <i>Alnus acuminata</i>	16
6	Análisis de pureza física para las semillas de <i>Abies guatemalensis</i> R.	30
7	Análisis de Varianza para el porcentaje de germinación en las semillas de <i>Abies guatemalensis</i> R.	33
8	Prueba de medias de tukey, para los tratamientos utilizando ácido giberélico en semillas de pinabete <i>Abies guatemalensis</i> R. 2003	34
9	Prueba de medias de tukey, en el efecto de la estratificación en las semillas de pinabete <i>Abies guatemalensis</i> R. 2003	34
10	Análisis de Varianza para la Altura de plantas centímetros de <i>Abies guatemalensis</i> R. 2003	36
11	Prueba de medias de Tukey, para altura de plantas en centímetros para pinabete <i>Abies guatemalensis</i> R. 2003	37

INDICE DE FIGURAS

No.	CONTENIDO	pagina
1	Distribución geográfica de <i>Abies guatemalensis</i> R., en Guatemala México, Honduras y El Salvador.	3
2	Distribución geográfica de <i>Abies guatemalensis</i> R. en Guatemala.	4
3	Fórmula estructural del ácido giberélico.	17
4	Croquis y aleatorización de los tratamientos a evaluar en semillas de pinabete <i>Abies guatemalensis</i> R.	28

INDICE DE GRAFICAS

No.	CONTENIDO	pagina
1	Germinación de semillas de pinabete <i>Abies guatemalensis</i> R. utilizando Acido Giberélico (Ga ₃)	35
2	Germinación de semillas de pinabete <i>Abies guatemalensis</i> R. utilizando estratificación	35
3	Altura de planta en centímetros utilizando tratamientos de Acido Giberélico y estratificación en semillas de pinabete <i>Abies guatemalensis</i> R	38

Efecto del Acido Giberélico, el Acido Clorhídrico y la estratificación, sobre la germinación de semillas de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder)

Effect of the Gibberellic acid, the Hydrochloric acid and the stratification, on the germination of seeds of fir (*Abies guatemalensis* Rehder)

RESUMEN

El pinabete de Guatemala, *Abies guatemalensis* Rehder, tiene su importancia desde el punto de vista social y económico, lo que hace que sea una de las especies forestales demandada a escala nacional. Su aprovechamiento ha sido a una tasa superior a su regeneración natural, principalmente en época navideña, donde el corte y comercialización de sus ramas se considera ilegal. Los mayores problemas que presentan los bosques de pinabete en Guatemala son: la baja capacidad de germinación de la semilla y el corte de ramas donde se sitúan los conos los cuales maduran en noviembre y diciembre. Otros problemas que presentan son: cambio de uso del suelo, pastoreo del sotobosque, extracción de la madera y los incendios forestales.

En el presente estudio, se evaluó la respuesta del efecto del Acido Giberélico, Acido Clorhídrico y la estratificación, en el mejoramiento de la viabilidad de las semillas de pinabete *Abies guatemalensis* R. La investigación se realizó en dos fases: La fase de laboratorio, realizada en el Banco de Semillas Forestales BANSEFOR, y la fase de campo o invernadero, realizada en la Finca Florencia ubicada en el municipio de Santa Lucia Milpas Altas en el departamento de Sacatepéquez. La semilla de pinabete proveniente del municipio de Palestina de los Altos, del Departamento de Quetzaltenango, recolectada en el mes de Enero del año 2003 por la empresa ECODESA con porcentaje de germinación del 7%.

La metodología utilizada para esta investigación, consistió en someter las semillas de pinabete a diferentes concentraciones de los ácidos: Giberélico y Clorhídrico; así mismo la semilla fue estratificada en diferentes periodos en el cuarto frío.

Para la ejecución del experimento, se trabajo con 36 tratamientos, con 3 repeticiones distribuidos en un diseño Completamente al Azar y con arreglo combinatorio con tres factores, siendo la unidad experimental 50 semillas de pinabete. Las variables de respuesta evaluadas fueron: porcentaje de germinación en laboratorio y altura de plantas de pinabete en vivero.

El trabajo se enmarcó dentro de los siguientes objetivos: Evaluar el efecto de diferentes sustancias (Acido Giberélico, Acido Clorhídrico) y la estratificación para el rompimiento de la dormancia de las semillas de pinabete *Abies guatemalensis* Rehder bajo condiciones controladas de laboratorio y de invernadero. Así como el efecto individual de cada uno de las sustancias y la estratificación, y la interacción de estos factores. Se evaluó la respuesta al crecimiento de las plantas de pinabete *Abies guatemalensis* R. que presentaron la morfología aérea representativa de la especie en estudio bajo condiciones de invernadero.

De acuerdo a los resultados encontrados en este trabajo demostraron que: Los tratamientos en los que se utilizó Acido Giberélico el mejor tratamiento reportó en promedio una germinación de 13 % utilizando 300 ppm, siguiéndole el tratamiento con 200 ppm en el que se observó un porcentaje de germinación del 10 %. El tratamiento de Acido Giberélico en 100 ppm reportó un 7% de germinación y el testigo se comportó igual que el último tratamiento señalado.

En los tratamientos que se usó la estratificación en arena de río; el mejor tratamiento fue el de 75 días con 11% de germinación, seguidos del tratamiento con 25 días y el testigo que reportaron 8 y 7% de germinación respectivamente.

Se estableció que para la variable altura de planta en centímetros, el tratamiento que reporto una mayor altura (5.77 cms) fue el tratamiento utilizando 300 ppm de ácido giberélico y estratificación por 75 días.

Para fines comerciales el tratamiento que resulta ser rentable es el tratamiento de estratificación, en comparación con la aplicación de ácido giberélico; ya que utilizando la estratificación, la rentabilidad es de Q.634.42 (seiscientos treinta y cuatro quetzales con cuarenta y dos centavos). utilizando para este tratamiento 14.29 gramos de semilla almacenada por un tiempo de 75 días en el cuarto frío y utilizando 0.042 m³. de arena para realizar la estratificación; mientras que utilizando ácido giberélico se necesita 0.17 gramos para preparar 300 partes por millón, utilizando 14.29 gramos de semilla, siendo su rentabilidad de Q.4.25 (cuatro quetzales con veinticinco centavos).

I. INTRODUCCIÓN

El pinabete de Guatemala, *Abies guatemalensis* Rehder, tiene su importancia desde el punto de vista social y económico, lo que hace que sea una de las especies forestales demandada a escala nacional. Su aprovechamiento ha sido a una tasa superior a su regeneración natural, principalmente en época navideña, donde su corte y comercialización se considera ilegal. (1)

La misma obedece a razones culturales y socioeconómicas, ya que es una especie forestal que en época navideña su demanda se incrementa como árbol ornamental, debido a sus características morfológicas, diseño de la planta, aroma característico; así como madera para uso en el hogar. (1)

Los mayores problemas que presentan los bosques de pinabete en Guatemala son: la baja capacidad de germinación de la semilla y el corte de ramas donde se sitúan los conos los cuales maduran en noviembre y diciembre. Otros problemas que influyen son: cambio de uso del suelo, pastoreo del sotobosque, extracción de la madera y los incendios forestales.

Adicionalmente se reporta un bajo porcentaje de germinación de la semilla con valores que oscilan entre 7 y 10%, según la Cooperativa Ambiental de Coníferas y su Reforestación (CAMCORE), lo que limita su uso en programas de reforestación (9). El Banco de Semillas Forestales (BANSEFOR) reporta que el porcentaje de germinación de esta especie es de 7%.

En esta investigación se evaluó principalmente el efecto del Ácido giberélico, el Acido clorhídrico y el efecto que produjo la estratificación, en el mejoramiento de la viabilidad de la semilla.

La investigación se realizó en dos fases: La fase de laboratorio, realizada en BANSEFOR, y una fase de campo o invernadero, realizada en la Finca Florencia ubicada en el municipio de Santa Lucia Milpas Altas en el departamento de Sacatepéquez.

La metodología utilizada, consistió en someter la semilla de pinabete a diferentes concentraciones de los ácidos: Giberélico y Clorhídrico; así mismo la semilla fue estratificada en diferentes periodos en el cuarto frío, para lo cual se utilizó un diseño Completamente al Azar y con arreglo combinatorio. Las variables de respuesta en este trabajo fueron: porcentaje de germinación en laboratorio y altura de plantas de pinabete en vivero.

Los resultados encontrados en este trabajo demostraron que: Los tratamientos en los que se utilizó Acido giberélico el mejor tratamiento reportó en promedio una germinación de 13 % utilizando 300 ppm, siguiéndole el tratamiento con 200 ppm en el que se observó un porcentaje de germinación del 10 %. El tratamiento de Acido giberélico en 100 ppm reportó un 7% de germinación y el testigo se comportó igual que el último tratamiento señalado.

En los tratamientos que se usó la estratificación en arena de río; el mejor tratamiento fue el de 75 días con 11% de germinación, seguidos del tratamiento con 25 días y el testigo que reportaron 8 y 7% de germinación respectivamente.

Se estableció que para la variable altura de planta en centímetros, el tratamiento que reporto una mayor altura (5.77 cms) fue el tratamiento utilizando 300 ppm de ácido giberélico y estratificación por 75 días.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El pinabete de Guatemala *Abies guatemalensis* R. es una especie forestal que se encuentra en vías de extinción, debido a la escasa reproducción sexual (semilla), asociado a esto, el pinabete afronta el problema de los bajos porcentajes de germinación a nivel de campo y laboratorio. Bajo condiciones de campo la germinación es muy baja (1-2%), a nivel de laboratorio los porcentajes de germinación se encuentran entre 10-15% y con algunos tratamientos pregerminativos se ha alcanzado hasta un 30%. (CAMCORE 1985)

Según Salazar (1991), el porcentaje de germinación en tratamientos de estratificación y de ácido giberélico (Ga₃), alcanzó 36.50% utilizando períodos de estratificación de 40 días y con una dosis de ácido giberélico en 200 ppm. Sin embargo, otro valor alcanzado (33.50%) era observado en la combinación del tratamiento de 20/200 de estratificación y de ácido giberélico. En general, el porcentaje de germinación del *Abies guatemalensis* esta debajo del 50% incluso utilizando la mejor combinación de tratamientos de ácido giberélico y estratificación, debido a algunos problemas fisiológicos o quizás genéticos (endogamia) que están asociados a la baja capacidad de germinación de esta especie.

Con los bajos porcentajes de germinación, la explotación de la madera y el uso de las ramas para confeccionar árboles de navidad ha permitido que las poblaciones de ésta especie se reduzca considerablemente en Guatemala, a tal punto que se considera como una especie en vías de extinción (9).

El hombre busca con el rompimiento de la dormancia acelerar el proceso de germinación de la semilla y producir plántulas en menor tiempo, en la búsqueda de opciones para su producción, se ha recurrido a usar los reguladores de crecimiento (ácido giberélico Ga₃) que estimula la germinación de ciertas especies de semillas que están en dormancia, aumentan la velocidad de germinación y activa el crecimiento de las plántulas; la escarificación con ácidos (ácido clorhídrico), el cual modifica los tegumentos duros o impermeables de las semillas, así como tratamientos a bajas temperaturas (estratificación) que logren una germinación pronta y uniforme de la semilla.

En ese sentido es de gran importancia realizar investigaciones apoyándose en técnicas pregerminativas ya que a nivel nacional la investigación científica sobre la dormancia de la semilla de esta especie es escasa. Esta limitante dificulta la difusión de paquetes tecnológicos para las diferentes regiones donde se localiza el pinabete; y por ende su protección, reforestación y comercialización.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Distribución geográfica del pinabete.

Según CAMCORE, (1985), el Pinabete *Abies guatemalensis* Rehder, es un magnífico abeto que se encuentra en las montañas del Sur de México, Guatemala, El Salvador y Honduras de 1,800 a 4,000 msnm. Esta especie es única debido a que es la manifestación más al Sur del género de los abetos. Por tanto, puede ser especialmente adaptable al medio ambiente montañoso en las otras áreas de los trópicos y subtropicos. A pesar de sus prometedoras condiciones para los programas de reforestación en las grandes elevaciones, nunca había sido evaluada con una serie de ensayos coordinados para determinar su verdadero potencial.



Figura 1. Distribución geográfica de *Abies guatemalensis* R., Guatemala, México, Honduras y El Salvador

(Fuente: www.cites.com)

En Guatemala, *A. guatemalensis* se encuentra principalmente en los departamentos de Totonicapán, Huehuetenango, San Marcos, Sololá, El Quiché, Quetzaltenango y Jalapa. El último departamento está situado en las montañas centrales de Guatemala (Sierra Madre), así que es contrario a la conclusión general que la especie está restringida en Guatemala occidental. (29)

Según Gonzáles y Castañeda (1983), a través de su rango, *A. guatemalensis* se asocia comúnmente a ocho especies de bosque o géneros: *Pinus ayacahuite* Ehr., *Cupressus lusitanica* Miller, *Pinus rudis* Endl., *Arbutus xalapensis* HBK, *Prunus brachybotrya* Zucc., *Alnus* sp., *Litsea glaucescens* HBK y *Quercus* sp., y cinco especies de arbustos: *Cestrum guatemalense* Francey, *Senecio* sp., *Ceanothus coeruleus*, *Monnina xalapensis* y *Rubus trilobus*.

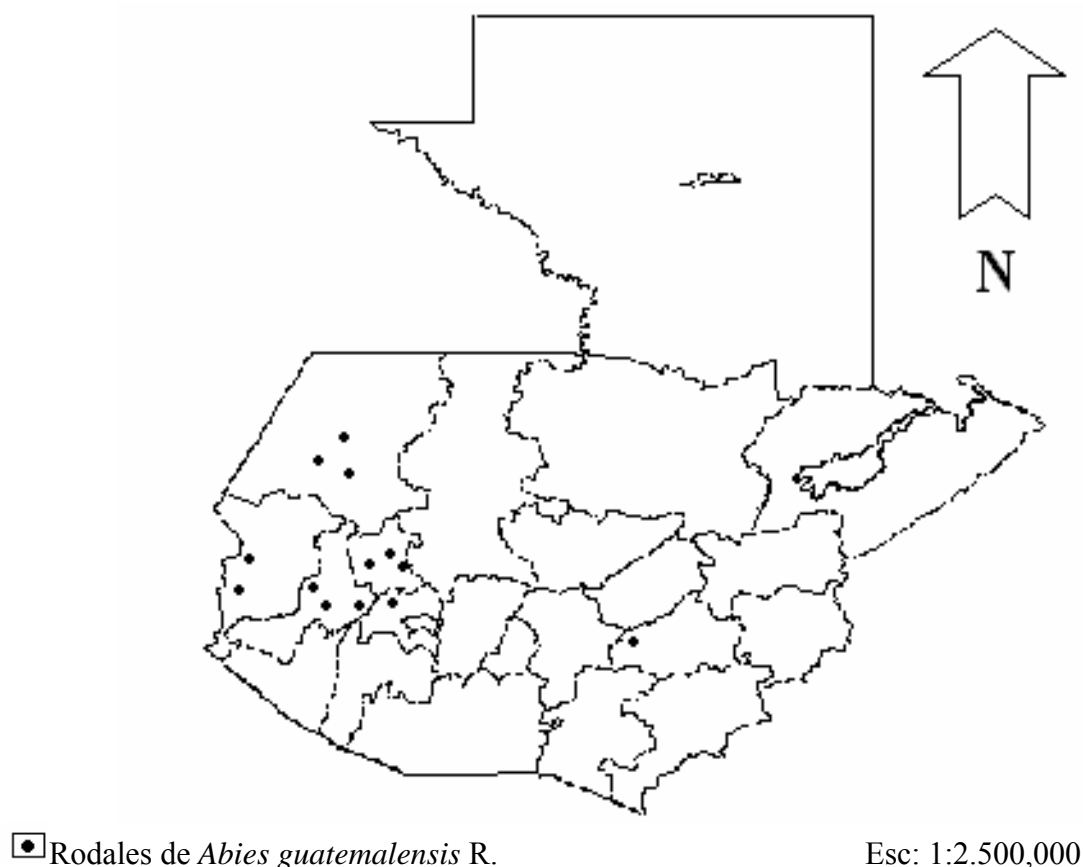


Figura. 2 Distribución geográfica de *Abies guatemalensis* R. en Guatemala. (Fuente INAFOR 1977)

3.1.2. Estado actual de las poblaciones de pinabete en Guatemala

3.1.2.1 Area y distribución

En la actualidad el área poblada por los bosques de pinabete en Guatemala ocupa una extensión de 25,255 hectáreas. A pesar de que a primera vista podría parecer una superficie de distribución grande, es importante tener en cuenta que los bosques no están unidos en uno solo, sino que se encuentran en áreas fragmentadas, en su mayoría en pequeños rodales. Con respecto al área boscosa de Guatemala, el pinabete representa aproximadamente el 0.3% del total (6).

En ocasiones, los bosques de pinabete son contiguos a otras áreas boscosas en donde el *Abies guatemalensis* aparece en densidades de un individuo por hectárea o menores, a los que les ha llamado áreas de influencia o zonas de amortiguamiento de los bosques de pinabete, ocupan un total de 13,953 hectáreas, que no aparecen en todos los bosques (6).

Ambos tipos de bosque forman el ecosistema del pinabete, y sumados abarcan 39,208 hectáreas, repartidas en todo el territorio nacional. El *Abies guatemalensis* se distribuye en las altas montañas de Guatemala, en un rango altitudinal que va desde los 2,400 msnm, en la Sierra de las Minas, hasta los 3,400 msnm, en Cotzic, San Marcos. En alturas más altas o más bajas es muy raro encontrarla creciendo de manera natural (6).

Cuadro 1. Diagnóstico de las poblaciones de pinabete en Guatemala. (Fuente CONAP 1999)

CONCEPTO	DIMENSION	OBSERVACIONES
Area de pinabete	25,255 ha	
Area de influencia de pinabete	13,953 ha	
Area total de bosque	39,208 ha	
Area de distribución original de pinabete	558,858 ha	
Altura más baja de presencia de pinabete	2,400 msnm	Sierra de las Minas
Altura más alta de presencia de pinabete	3,400 msnm	Cotzic, San Marcos
Densidad más alta de pinabete	1,053 árboles ha	Nuevo Salvador, Chiantla
Densidad más baja de pinabete	18 árboles ha	Mataquescuintla, Jalapa
Regeneración más alta de pinabete	9,542 brinzales ha	Chuatuj, Nebaj, Quiché
Regeneración más baja de pinabete	0 brinzales ha	Totonicapán
Presencia más alta de pinabete	100% (puro)	Todos Santos, Huehuetenango
Presencia más baja de pinabete	8% (mixto)	Mataquescuintla, Jalapa y Sierra de las Minas
Bosque más grande de pinabete	15,886 ha (63%)	Totonicapán (Comunal y Parcialidades)
Amenaza generalizada más importante (efecto de largo plazo)	Pastoreo y Desramado	General
Amenazas localizadas. En las áreas donde éstas amenazas están presentes, son las más importantes y pueden hacer que el bosque desaparezca a corto o mediano plazo.	Cambio de uso del suelo, debilidad o proceso de desarticulación social	Nuevo Salvador, Magdalena, Chiantla San Mateo Ixtatán, San Juan Ixcoy, Palestina de los Altos, Quetzaltenango
Régimen de propiedad		Comunal, municipal y en menor grado privado

3.1.2.2 Tamaño de los bosques

Como ya se ha indicado, la mayoría de los bosques de pinabete en Guatemala, son de pequeño tamaño. Sin embargo, hay varios que sobresalen por su extensión, como es el caso de Totonicapán, que es un bosque mixto en su composición florística. Este es el bosque más grande, con 15,886 hectáreas de bosque mixto, y ocupa gran parte del departamento. Del área ocupada por los bosques de pinabete en Guatemala, el de Totonicapán representa el 63% del total. Otros siete bosques ocupan el 25% del área total de pinabete, mientras que los restantes ocupan menos del 12% (6).

Según BANSEFOR de los años de 1997 a 2002 se tenían reforestadas 58.68 ha. bajo el proyecto de PINFOR.

Cuadro 2. Diagnóstico por tamaño de pinabete en Guatemala. (Fuente CONAP 1999)

Bosque de Totonicapán (comunal, privado y parcialidades)	15,886 ha	63,0%
Todos Santos mixto	2,081 ha	8,2%
Pinalón, Sierra de las Minas	1,292 ha	5,0%
Magdalena, Chiantla	912 ha	3,6%
Todos Santos puro	666 ha	2,6%
Pico Pecul, Zunil	613 ha	2,4%
Chuatuj, Nebaj	498 ha	2,0%
San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán	383 ha	1,5%
Los 53 bosques restantes	2,942 ha	11,7%
Total	25,255 ha	100%

3.1.3 Taxonomía

El Pinabete fue descrito por primera vez por Rehder como una especie guatemalteca nueva en 1939. Con anterioridad, se había creído que era *A. Religiosa* (HBK) Schlect. Et Cham. Las descripciones taxonómicas del *Abies guatemalensis* fueron suministradas por Rehder (1939), Standley y Setymark (1958), Martínez (1963), reconoció dos variedades de Pinabete: *Abies guatemalensis* var. *Tacanensis* Lundell Martínez. Que se encuentra principalmente a lo largo de la frontera entre México y Guatemala en Chiapas y San Marcos, y *Abies guatemalensis* var. *Jaliscana* Martínez. Fue identificada inicialmente en Jalisco y sus alrededores (9).

Árbol de hasta 50 m. de altura y 1.6 m. de diámetro. La copa cónica esta formada por ramas de color castaño, verticiladas, en la parte superior erectas, en la parte media rectas y en la parte inferior colgantes. Los árboles jóvenes presentan abundante ramificación.

- a. Hojas: En dos filas linealmente coriáceas, semejan agujas rígidas, de color oscuro; las hojas nuevas son de color verde claro.
- b. Flores: Unisexuales, las flores femeninas de color rojo púrpura.
- c. Cono: Madura en noviembre-diciembre, parado sobre las ramas sus escamas se desarrollan después de la maduración de las semillas, dejando en la rama el eje vertical del cono con las escamas basales. De 8.5 – 11.5 cm. de largo y 4.5 a 5 cm. de diámetro, anchamente truncado.
- d. Ramas: Delgadas, café, verticiladas, erectas en la parte superior del árbol y colgantes en la parte inferior.
- e. Corteza: La corteza de los árboles es gris-blanquecina y lisa; en los adultos café-grisáceo, ligeramente surcada y partida en placas no muy profundas.
- f. Uso: Su madera es menos apreciada, que la de *P. Ayacahuite*, sin embargo lo usan localmente los carpinteros para muebles. El follaje se usa mucho para adornos. Los árboles nuevos y sus ramas se venden mucho como árboles de navidad (19).

Cuadro 3. Clasificación taxonómica del pinabete, (Fuente: García. T. 1995)

Reino	Plantae
Sub-reino	Embryobionta
División	Pinophyta
Sub-división	Pinicae
Clase	Pinopsida
Orden	Pinales
Familia	Pinaceae
Genero	Abies
Especie	<i>Abies guatemalensis</i> Rehder, 1939. <i>Abies guatemalensis</i> Lundell, 1940. <i>Abies guatemalensis</i> var. <i>Tacanensis</i> (Lundell) Martínez, 1948.
Nombre común	Pinabete, Romerillo.

3.1.4 Condiciones Climáticas del pinabete

La Asociación Becaria Guatemalteca (1991), describe, que el pinabete crece en bosques subtropicales templados húmedos de las altas montañas, especialmente entre los 2,700 y 3,600 msnm. Necesita una precipitación pluvial anual de 1,500 a 3,000 mm, con época notoria de lluvia de abril a octubre y el resto del año con lluvias aisladas. La temperatura óptima para su desarrollo es entre 9°-10° C; en lugares más altos, soporta temperaturas bajo cero. CAMCORE (1985), agrega que el *Abies guatemalensis* crece en rodales puros y en rodales viejos, dispersos y mixtos, indicando que la procedencia que se encontró a más bajo nivel es Coapilla (1,700-1,900 msnm), y la procedencia encontrada a mayor altura sobre el nivel del mar en las pendientes del volcán de Tacaná está cerca de los 4,000 msnm.

La temporada de las heladas se extiende desde noviembre hasta mayo en las elevaciones sobre los 1800 msnm. La época fría dura entre los 155 y 195 días por año en las regiones que quedan después de los 1800 msnm, pero las heladas solamente duran 115 horas por temporada aproximadamente. En las alturas de 1800 a 2000 msnm, las temperaturas bajas nocturnas durante los meses de invierno son de aproximadamente -2° a -4°C. En el Porvenir (Chiapas) a 2,700 y en Serchil (San Marcos) a 2,900 msnm, la temperatura promedio mínima para los meses de diciembre a enero varían de 2.5° a 5°C.

3.1.5 Polinización de Coníferas

Indica Niembro (1986), que al llegar los estróbilos microsporangiados a la madurez, lo cual toma lugar en la primavera del año siguiente a su formación, comienza a liberar grandes cantidades de polen cuando son movidos por el viento, especialmente si éste es cálido y seco, para dar principio al fenómeno de la polinización.

La polinización como tal, consiste en la transferencia libre y al azar de las microsporas hacia los estróbilos. En los pinos la polinización es cruzada o alogama. Es decir, los granos de polen debido a su pequeño tamaño son rápidamente dispersados por el viento y llevados a los estróbilos de otros árboles, generalmente de la misma especie, aunque no se puede excluir la posibilidad de autopolinización, sobre todo en aquellos árboles que crecen aislados (23).

Al tiempo de la polinización los estróbilos megasporangiados alcanzan su máximo grado de receptividad, lo cual se reconoce fácilmente porque las escamas se encuentran erectas y separadas entre sí, con el objeto de facilitar la entrada de los granos de polen. Al momento de la polinización los óvulos han aumentado de tamaño y aparecen como dos perlas blancas e hinchadas. Los granos de polen que llegan al conillo, al principio se adhieren a las proyecciones que en forma de cuernos presentan en ese momento los tegumentos del óvulo, cuya función es ligeramente parecida al del estigma en las angiospermas. Posteriormente los óvulos secretan un fluido mucilaginoso que llena y sale a través del canal micropilar, extendiéndose como una película sobre los tegumentos. Dicha sustancia es producida por la degeneración de las células superficiales de la nucela que se encuentra en las proximidades del extremo micropilar. La función principal de este fluido, es el favorecer la adherencia de los granos de polen que llegan al estróbilo, e introducirlos posteriormente hacia el interior del óvulo (23).

Cuando las escamas del conillo se han cerrado, la gota de polinización se va reabsorbiendo a través del canal micropilar, llevando consigo a los granos de polen que quedaron atrapados. Una vez que la gota de polinización se terminó de reabsorber completamente, los granos de polen quedan adheridos a la superficie de la nucela. Mientras tanto los óvulos que no fueron polinizados abortan al poco tiempo después. La gran mayoría de los granos de polen que han entrado a la cámara polínica comienza a germinar unos cuantos días después, pero únicamente unos cuantos sobreviven y emiten completamente su tubo polínico. Durante los 11 meses posteriores a la polinización, el gametófito masculino (grano de polen), crece muy lentamente. Cada grano de polen normal produce un tubo polínico muy corto, el cual por lo general se ramifica al penetrar el ápice de la nucela (23).

González (1979), indica que los conos son subsetados, de 8.5 a 11.5 cm. de largo con un diámetro de 4.5 a 5.0 cm. cilíndricos resinosos. Las bracteas son cuneado ovadas o lanceoladas, de 3 a 8 cm. de largo y de 1.5 a 2.3 cm. de alto. Las escamas fructíferas se desarrollan al mismo tiempo o después de las tectrices y crecen considerablemente al transformarse las partes sexuales en estróbilos, constituyendo las recias escamas de la piña. González (1979), describe las semillas de pinabete como: cuneado ovadas de 8 a 10 mm. de largo, de un color castaño claro, las alas llegan a alcanzar 15 mm. de ancho.

3.1.6 El proceso de la germinación de la semilla

Según Hartman y Kester, una semilla está formada por un embrión y su provisión almacenada de alimento, rodeados por cubiertas protectoras. Durante la germinación de la semilla, el metabolismo celular se incrementa, el embrión reanuda su crecimiento activo, las cubiertas de la semilla se rompen y emerge la plántula.

El **primer estadio** de la germinación, activación o despertar, puede completarse en un período de minutos o de horas. La semilla seca absorbe agua, el contenido de humedad aumenta con rapidez y luego se estabiliza. La absorción inicial de agua significa la imbibición de la misma por los coloides de la semilla seca, lo cual ablanda las cubiertas de la semilla y ocasiona hidratación del protoplasma. Como resultado de ello, la semilla se hincha y sus cubiertas pueden romperse. Dado que la absorción de agua es en gran parte un proceso físico, puede efectuarse aún en semillas no viables. Los componentes del sistema de sinterización de proteínas de las células (diversas moléculas de DNA y RNA) se activan. Después de la absorción de agua, este sistema es reactivado para permitir la continuación de la síntesis de proteínas. Las enzimas producidas por la síntesis de proteínas controlan las actividades metabólicas de la célula. Algunas de ellas fueron producidas durante el desarrollo de la semilla y deben volverse a activar. Otras se sintetizan después del comienzo de la germinación (18).

De las ligaduras de gran energía del trifosfato de adenosina (ATP) que se encuentra en los mitocondrios se vuelve disponible la energía requerida para la síntesis de proteínas. Algunos de esos sistemas se formaron durante el desarrollo de la semilla, se conservaron en la semilla latente y se reactivaron con la hidratación de las células (18).

El **segundo estadio** de la germinación significa digestión y translocación. La absorción de agua y la respiración ahora continúan en un ritmo constante. Los sistemas celulares se han activado y los sistemas de síntesis de proteínas están funcionando para producir diversas nuevas enzimas, materiales estructurales, compuestos reguladores, ácidos nucleicos, etc., para efectuar las funciones celulares y sintetizar nuevos materiales. Aparecen enzimas y empiezan a digerir materias de reserva (grasas, proteínas, carbohidratos) contenidas en los tejidos de almacenamiento (cotiledones, endospermo, perispermo o megagametófito) a compuestos químicos más sencillos. Estos compuestos luego son translocados a los puntos de crecimiento del eje embrionario para usarse en el crecimiento y la formación de nuevas partes de la planta. En diferentes especies de plantas, los patrones metabólicos dependen en gran parte de los tipos de reservas químicas de la semilla. Las grasas y los aceites se convierten enzimáticamente a ácidos grasos y finalmente a azúcares. Las proteínas de almacenamiento, presentes en la mayor parte de las semillas, constituyen una fuente de nitrógeno fundamental para la plántula en crecimiento. El almidón, presente en muchas semillas como una fuente de energía, se convierte en azúcar. La secuencia de los patrones metabólicos que ocurren durante la germinación significa la activación de enzimas específicas en el momento adecuado y la regulación de su actividad. El control puede efectuarse dentro de las células por diversos procesos bioquímicos y pueden depender de la presencia de sustancias químicas específicas (18).

El **tercer estadio** de la germinación de semillas consiste en la división celular en los puntos de crecimiento separados del eje embrionario seguida de la expansión de las estructuras de la plántula. Una vez que principia el crecimiento en el eje embrionario, aumenta el peso fresco y el peso seco de la plántula pero disminuye el peso de los tejidos de almacenamiento. La respiración, medida por la absorción de oxígeno, aumenta en forma constante con el avance del crecimiento. Finalmente, cesa la actividad metabólica en los tejidos de almacenamiento, excepto en las plantas en que los cotiledones se vuelven activos en la fotosíntesis. A medida que avanza la germinación, pronto se pone de manifiesto la estructura de la plántula. El embrión está formado por un eje que tiene una o más hojas seminales o *cotiledones*. El punto de crecimiento de la raíz, *la radícula*, emerge de la base del eje embrionario. El punto de crecimiento del brote, *la plúmula*, se encuentra en el extremo superior del eje embrionario, arriba de los cotiledones. El tallo de la plántula se divide en la sección situada debajo de los cotiledones, *hipocótilo* y la sección que se encuentra arriba, el *epicótilo*. El crecimiento inicial de la plántula sigue dos patrones. En un tipo de germinación *Epigea*, el hipocótilo se alarga y eleva los cotiledones sobre el terreno. En el otro tipo, germinación *hipogea*, el alargamiento del hipocótilo no eleva los cotiledones arriba del nivel del suelo y solo emerge el epicótilo (18).

3.1.7 Germinación y Crecimiento del pinabete

La germinación de las semillas forestales está condicionada a factores de humedad, temperatura, nutrientes, espacio y otros elementos del medio que pueden favorecer o llegar a ser insuficientes para la germinación y crecimiento de las plantas (Díaz, 1993).

La germinación de las semillas de pinabete *Abies guatemalensis* es epigea, lo cual consiste en que los cotiledones y el pericarpio se elevan sobre la superficie para la elongación del hipocótilo, siendo el patrón típico de germinación de casi todas las coníferas. Las especies como el pinabete con desarrollo epigeo almacenan relativamente pocos nutrientes en endosperma y cotiledones, liberando rápidamente los cotiledones para que por medio de la fotosíntesis puedan estimular el desarrollo temprano de las raíces (12).

Con respecto a las etapas de desarrollo del cotiledón, se reconocen las siguientes etapas, según Marshall y Kozlowski (1977):

- a. Almacenamiento: En las células del cotiledón están distribuidas reservas alimenticias (ácidos grasos, carbohidratos, proteínas y nutrientes). Las reservas y los nutrientes se utilizan durante los primeros días de crecimiento.
- b. Transición: Cuando son expuestos a la luz solar, producen cambios que empiezan con el desarrollo cloroplástico y la síntesis clorofílica, desarrollo de los estomas, se expanden las células epidérmicas y forman en el mesófilo los espacios intercelulares.
- c. Fotosíntesis: Contribuye en forma importante al desarrollo de las yemas del ápice y laterales posteriores del tallo y la raíz. En algunas especies forestales comienza una fotosíntesis apreciable de 4 a 6 días después de emerger la radícula. Los picos de actividad fotosintética aparecen de 8 a 15 días después y continúan durante 4 semanas.
- d. Senectud: El peso seco se reduce y algunos nutrientes minerales son trasladados dentro de la planta a medida que declina la función del cotiledón.

Los cotiledones son extremadamente importantes para el desarrollo de las plántulas durante las primeras semanas. Cualquier daño que sufran causados por animales, heladas, etc., inhibirán el crecimiento de la planta (12).

3.1.8 Porcentaje de germinación en semillas de pinabete

De acuerdo a CAMCORE (1985), la semilla del *Abies guatemalensis* tiene una baja germinación. Después de varias semanas de la extracción de la semilla, los ensayos de germinación mostraron que la germinación es del 15%. Parece ser que la baja germinación es característica de los abetos. La germinación de la semilla del *Abies guatemalensis* baja notoriamente con el almacenamiento, frío normal (de 3°C a 4°C.) Después de un año en refrigeración el promedio de germinación de los lotes de ensayo, bajo de 15 a 2%. El trabajo realizado con los abetos en los climas templados de Norte América indica que la viabilidad puede mantenerse durante periodos de tiempos prolongados guardando la semilla en envases sellados a una temperatura de 15°C. y con un contenido de humedad del 9 al 12%. La estratificación fría y húmeda por 12 semanas aumenta la germinación de los lotes de semilla de CAMCORE del 10 al 30%.

Según García (1989) el pinabete produce alta cantidad de semilla sin embrión, y la presencia de depósitos de resina que rodean el embrión pueda ser uno de los factores que provocan el bajo porcentaje de germinación de la semilla, pero esto aun no ha sido comprobado.

Según CAMCORE (1985), debido a que se recolectan los conos antes de que estén totalmente maduros, se deben guardar en bolsas de lona a la sombra durante 8 semanas para que se complete el proceso de maduración. Esto mejora la germinación. Luego del tratamiento de 8 semanas bajo la sombra, se puede extraer la semilla, teniendo cuidado durante la extracción con el fin de no romper las bolsas de resina de bajo de la cubierta de la misma.

Si se rompe el tegumento (cubierta de la semilla), la semilla queda expuesta al ataque de los hongos y se reduce la germinación. En caso de que no haya equipo mecánico, se puede quitar una parte de las aletas frotando la semilla embolsada suavemente con las manos. Después de quitarle las aletas a la semilla se seca al sol durante 6 horas y esto reducirá el contenido de humedad de 6-8% lo cual favorecerá su almacenaje a largo plazo (9).

Según Peñalongo y Zanotti (1989), el método empleado en la multiplicación de árboles coníferos (pinabete, pino), es por semilla. La mejor semilla, es la que se obtiene en la región donde ha de multiplicarse la especie tomando en cuenta que se debe de obtener de árboles maduros (30 a 40 años de edad), sanos y vigorosos. La semilla debe recolectarse, cuando los frutos están en su completa madurez, y por ser dehiscentes, es aconsejable, cosechar los conos con sus bracteas cerradas, para evitar la caída y pérdida de las semillas. La colección debe efectuarse en días soleados, y sin viento. Como las semillas poseen cierto grado de humedad del propio fruto, tan pronto se recolectan deben colocarse en capas delgadas, en pisos impermeables o sobre lienzos expuestos al sol y en lugares aireados, para evitar la fermentación y recalentamiento de los frutos. La época de recolección de semillas de pinabete en Guatemala se extiende de diciembre a enero.

3.1.9 Problemas fisiológicos en la germinación de la semilla de pinabete

Según Salazar (1991) este abeto, como la especie de abeto de región templada, tiene una similar característica es decir, posee baja viabilidad. Por ejemplo, BANSEFOR reporta generalmente de 8 a 10% de germinación y algunos reportes de México también sostienen estos datos. MacCarter (1986) citado por Salazar, discute que la germinación de la semilla de *Abies guatemalensis* fluctúa entre 10 a 25%, y esto se puede mejorar bajo condiciones apropiadas; recolección de la semilla y manejo post-cosecha.

Este problema de la baja germinación hace más difícil de producir suficientes plantas de semillero para sustituir o para establecer plantaciones nuevas.

Poco se sabe sobre los factores que causan la baja germinación de *Abies guatemalensis*, la mayoría del trabajo con fisiología en la germinación de semilla en esta especie y los abetos relacionados se han restringido a la especie de la región templada. Sin embargo, la mayoría de los investigadores que se han ocupado de especies relacionadas, han atribuido la capacidad baja de la germinación a los factores de dormancia de la semilla o del embrión (29).

3.1.10 Dormancia de la semilla

Según Hartman y Kester (1988) La maduración de las semillas incluye el desarrollo de mecanismos internos que controlan el inicio de la germinación de tal manera, que ésta coincida con períodos del año en que es más probable que se presenten condiciones ambientales favorables para la supervivencia de las plántulas. En la semilla de la mayoría de las plántulas un método de control es la reducción del contenido de humedad a un nivel inferior al que se requiere para la germinación, pero la mayoría de las semillas recién cosechadas tienen mecanismos adicionales que impiden la germinación aún cuando las condiciones del medio parezcan favorables.

El término dormancia o letargo tiene una amplia aplicación en fisiología vegetal para indicar la falta de crecimiento de cualquier parte de planta debida a factores inducidos externa o internamente. Una semilla latente es aquella que no llega a germinar aún cuando ha absorbido agua y está expuesta a niveles favorables de temperatura y de oxígeno (18).

Indica Salazar que se han hecho varios ensayos de clasificar los niveles de dormancia de la semilla. Por ejemplo, los investigadores Juntilla, (1973); Khan, (1977); Copeland y McDonal, (1985); y Bradbeer, (1988) han aceptado la idea que distingue entre los factores exógenos y endógenos que causan la dormancia. Entre los factores exógenos que causan la dormancia externa están: físicas, químicas y mecánicas.

Leadem (1988) citado por Salazar indicó que las causas físicas están asociados a la impermeabilidad de las capas de semilla al agua o de capturar el oxígeno, mientras que la dormancia química se ha asociado a los inhibidores de la germinación, es decir, el ácido indolacético (IAA). Correspondientemente, dormancia mecánica es causada por restricción física de la capa de semilla, pericarpio, megagametófitos o por una interacción de estas partes.

La dormancia debido a los factores endógenos, sin embargo, son clasificados como morfológicos o fisiológicos. La dormancia morfológica ha estado, en la mayoría de los casos, asociados a inmadurez de la semilla. El tipo fisiológico está presente en los requerimientos metabólicos, iniciados generalmente por temperaturas ligeras y bajas, que tienen que ser apropiadas para que el embrión germine (27).

Alternativamente, Leadem (1988) resumió la dormancia como la inhabilidad del eje embrionario de superar las limitaciones que actuaban contra él. Tales limitaciones pueden residir dentro del embrión (dormancia del embrión) o pertenecer a los tejidos finos que lo rodean (dormancia capa-externa). Son importantes estas definiciones para entender las verdaderas causas de la dormancia de la semilla y por lo tanto intentar superarlas (27).

Una vez que las semillas han madurado, la sobrevivencia de la especie requiere que estas germinen en el tiempo y lugar favorables para el crecimiento y sobrevivencia de las plántulas. El mecanismo que impide la germinación hasta el momento adecuado se llama dormancia.

Puntos esenciales para entender la dormancia de la semilla:

1. La dormancia se encuentra bajo control genético en alto grado.
2. Las condiciones ambientales durante la maduración de la semilla pueden influenciar el grado de dormancia.
3. Las semillas pueden tener más de un tipo de mecanismo de dormancia.
4. El ambiente post-cosecha puede crear dormancia secundaria.
5. La diferencia entre dormancia y germinación retardada¹ no es siempre clara.
6. El menor de los tratamientos severos para contrarrestar la dormancia debe ser probado primero para evitar daños a las semillas; luego tratamientos más severos pueden ser probados en la medida que sean necesarios (25).

Tipos de dormancia

1. Dormancia de la testa (dormancia externa)
 - 1.1 Impermeabilidad a los gases.
 - 1.2 Resistencia mecánica a la hinchazón del embrión.
2. Dormancia del embrión (dormancia interna)
 - 2.1 Sustancias inhibitoras usualmente dentro del embrión y tejidos alrededor.
 - 2.2 Inmadurez fisiológica. Algunos sistemas enzimáticos o metabolitos cruciales pueden no estar en "su sitio".
3. Dormancia morfológica

Esta resulta cuando las semillas son diseminadas y el embrión no está completamente desarrollado; se requiere crecimiento adicional. La dormancia morfológica es similar a la inmadurez fisiológica

¹ **Germinación Retardada:** Término general aplicado a las semillas que no germinan inmediatamente pero no lo hacen lo suficientemente lento para ser consideradas como dormantes.

4. Dormancia secundaria

Esta resulta de alguna acción, tratamiento o herida de las semillas durante la colecta, manejo o siembra.

5. Dormancia combinada

Resulta de dos o más factores primarios, tales como dormancia de la testa y dormancia del embrión.

6. Dormancia doble

Resulta de la dormancia del embrión, tanto en la radícula como en el epicótilo. (25)

En *Abies guatemalensis* no se conoce exactamente el tipo de dormancia que lo afecta, pero según Salazar (1991), indica que, la mayoría de los investigadores que se han ocupado en el estudio de esta especie, han atribuido la baja capacidad de germinación a los factores de dormancia de la semilla o del embrión (dormancia interna).

3.1.11 Análisis de Pureza

Se entiende por pureza el porcentaje en peso de “semilla pura” presente en la muestra; y por “semilla pura” se conoce a la especie, variedad o tipo, que define en forma principal la semilla presente en el lote (18).

Dentro de las pruebas necesarias para evaluar la calidad de un lote de semillas, además de la prueba de humedad, está la prueba de pureza física. La pureza física, según Bonner citado por Vásquez y Aspuaca, (33) se define como la proporción de semillas limpias e intactas de la especie designada en un lote, usualmente expresada como un porcentaje del peso. Este valor es muy importante pues gracias a él se puede determinar qué tanto por ciento del lote es semilla pura y qué tanto no. El organismo regulador del análisis de calidad es la Asociación Internacional de Probadores de Semillas ISTA por sus siglas en inglés, establece el tamaño de la muestra que se deberá usar según el tamaño del lote y según la especie.

Una vez se cuenta con el peso necesario para realizar la prueba, se tiene que decidir si analizar la muestra completa o hacerlo dividiéndola en dos partes. El segundo procedimiento es el más recomendado, en vista de que permite comprobar la tolerancia de la prueba. La división se puede hacer manualmente o por medios mecánicos (33).

A continuación con ayuda de un diáfanoscopio se divide la semilla en tres fracciones; que se clasifica como:

- **Semilla pura:** incluye las semillas intactas de la especie deseada, así como partes de semilla mayores de la mitad de la misma. Para las familias: Fabaceae, Brassicaceae, Cupressaceae, Pinaceae, Taxaceae y Taxodiaceae, las cubiertas de semillas completamente removidas deben considerarse como materia inerte. Los cotiledones separados de Fabaceae también se consideran materia inerte.
- **Componentes de otras semillas:** son semillas de otras especies o variedades vegetales que no corresponden a la que se está evaluando.
- **Componentes de materia inerte:** se trata de fragmentos de semillas dañadas, cotiledones separados, semillas desprovistas de cubierta vegetal, glumas, paleas, tallos, hojas, conos, flores, quistes de nemátodos, suelo, arena, piedras y otro material que no sea semilla (33).

3.1.12 Tratamientos para romper la dormancia en la semilla

3.1.12.1 Escarificación con Acidos

La escarificación es un tratamiento mediante el cual se logra que la cubierta seminal se haga permeable al agua y/o a los gases.

En la naturaleza las cubiertas duras de las semillas se ablandan por medio de diversos agentes del ambiente, tales como abrasión mecánica, congelamiento y deshielo alternados, ataque por microorganismos del suelo, paso por el tracto digestivo de aves y mamíferos, desgaste por el fuego, sol y agua (22).

Artificialmente esta deficiencia se puede superar con los siguientes tratamientos:

- a) Escarificación de las semillas con limas, lijas y vasos de agitación
- b) Inmersión en agua caliente y en agua hirviendo
- c) Congelamiento por inmersión en nitrógeno líquido (a 190°C bajo cero)
- d) Presiones hidrostáticas elevadas (2,000 atmósferas)
- e) Vibraciones de alta frecuencia
- f) Ataque por ácido sulfúrico concentrado
- g) Lavados con etanol y otros disolventes

La escarificación puede agruparse en dos categorías generales:

- a) Escarificación mecánica
- b) Escarificación química

La escarificación mecánica es cualquier proceso de ruptura, rayado o alteración mecánica de las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua o a los gases. El desgaste o la ruptura de la cubierta seminal se puede lograr con la agitación de las semillas con algún material abrasivo como la arena o mediante raspado, también cortando la cubierta con un cuchillo. El frotar las semillas con papel lija, rayarlas con una lima y romper las cubiertas con un martillo, son métodos sencillos y útiles para lotes pequeños de semillas relativamente grandes (22).

La escarificación química es un método muy eficaz para interrumpir el reposo debido a la cubierta seminal. Si se sumergen las semillas en ácidos fuertes, como el ácido sulfúrico, o en disolventes orgánicos como la acetona o el alcohol, se puede interrumpir este tipo de reposo. Para este propósito incluso se ha empleado con éxito el agua hirviendo, especialmente para algunas leguminosas (22).

La escarificación con ácido tiene el objeto de modificar los tegumentos duros o impermeables de las semillas. La duración del tratamiento debe estandarizarse con todo cuidado. Esta depende de la temperatura, de la clase de semilla y a veces del lote específico de semilla. La duración del tratamiento varía desde 10 min., hasta 6 o más horas. Al final del tratamiento se escurre el ácido y las semillas se lavan, se debe usar de inmediato agua en abundancia para diluir el ácido con toda rapidez que se pueda, reducir la temperatura y evitar las salpicaduras (18).

3.1.12.2 Acido clorhídrico

El ácido clorhídrico es un compuesto químico inorgánico cuya fórmula molecular es HCl. Es un ácido muy fuerte que, en contacto con el aire, desprende un humo incoloro, de olor fuerte e irritante. Su sabor es agrio (21).

Tiene muchas aplicaciones en la industria farmacéutica, fotográfica, alimenticia y textil. Se utiliza en la fabricación de abonos, en la obtención de colorantes, curtido de pieles, como agente de hidrólisis, catalizador de reacciones, síntesis orgánica, etc. Es corrosivo para los ojos, la piel y las vías respiratorias. La inhalación de sus vapores puede provocar dificultades de respiración. Es el segundo ácido en importancia industrial, después del ácido sulfúrico (21).

3.1.12.3 Acido sulfúrico

Nombres químicos: ácido sulfúrico, ácido sulfúrico fumante. Sus nombres usuales son: ácido sulfúrico, óleum. Su fórmula molecular es: H_2SO_4 para el óleum es H_2SO_4 con SO_3 en solución.

El ácido sulfúrico es un líquido incoloro a la temperatura y presión ambiente; es más pesado que el agua. El óleum tiene un olor picante y penetrante (21).

3.1.12.4 Experimentos utilizando ácido clorhídrico y ácido sulfúrico como escarificadores de semillas

El tratamiento pregerminativo en *Albizia lebbek* (L.) Benth. Indica que:

1. Para el choque térmico: se sumergen en agua hirviendo, luego en agua fría y se dejan remojando durante 24 horas o se vierte agua hirviendo sobre las semillas y se dejan en el agua 24 horas. Se repite el proceso con las semillas que no se inhibieron.
2. Sumergirlas en ácido sulfúrico (H_2SO_4) o ácido nítrico (H_2NO_3) por 10, 15 ó 30 minutos y luego lavarlas en agua fría durante 5, 10 ó 15 minutos .
3. Sumergirlas en ácido sulfúrico al 98% por 5, 10 y 45 minutos. Este último produce buenos resultados (60 % de germinación y un índice de velocidad de germinación de 29.60%).
4. Sumergir en H_2SO_4 al 10 % por 18 horas.
5. Colocarlas en agua hirviendo por 5 minutos.
6. Agua a 35, 50, 70 y 100 °C.
7. Colocarlas en agua a 50 °C por 1, 2, 6 y 15 horas.
8. Sumergir en nitrito de sodio ($NaNO_2$) por 18 horas.
9. Sumergir en nitrato de amonio (NH_4NO_3) al 10% por 18 horas.
10. Sumergir en ácido indolacético (IAA) a 250, 500 y 1000 ppm por 18 horas.
11. Escarificación mecánica.

Se obtienen buenos resultados: 63 % de germinación y un índice de velocidad de 31.33% (5).

En un trabajo sobre el efecto del pre-enfriamiento y la escarificación química y mecánica sobre el porcentaje de germinación de semillas de aliso *Alnus acuminata* H.B.K. se evaluaron los siguientes tratamientos (28).

Cuadro 4. Tratamientos empleados para evaluar el efecto de Pre-enfriamiento sobre el porcentaje de germinación de semillas de aliso *Alnus acuminata* (Fuente: Ruiz 1986)

Tratamientos	Tiempo de enfriamiento
1	4 Días
2	8 Días
3	12 Días
4	Control

Cuadro 5. Tratamientos empleados para evaluar el efecto de escarificación química y mecánica sobre el porcentaje de germinación de semillas de aliso *Alnus acuminata* (Fuente: Ruiz 1986)

Tratamientos	Sustancia	Concentración	Tiempo
1	HCl	10%	10 minutos
2	HCl	20%	10 minutos
3	H ₂ SO ₄	10%	10 minutos
4	H ₂ SO ₄	20%	10 minutos
5	KNO ₃	1%	2 horas
6	KNO ₃	10%	2 horas
7	Tiourea	1%	2 horas
8	Tiourea	10%	2 horas
9	Escarificación mecánica		
10	Control		

Los resultados reportados son los siguientes:

En el pre-enfriamiento el mejor resultado se obtuvo sometiendo las semillas a un enfriamiento por espacio de 8 días, con un porcentaje de germinación del 67%, seguido de los tratamientos con enfriamiento por 12 días, con un porcentaje de germinación del 52%, control sin enfriamiento y finalmente el tratamiento por 4 días arrojó resultados inferiores, 32%. Se observó que la emergencia de la radícula ocurrió entre la primera y sexta semana de muestreo (28).

En la escarificación química y mecánica, se observó que el mejor resultado se obtuvo cuando las semillas se sometieron a escarificación química con tiourea en concentración del 10%, siguiendo los tratamientos de escarificación con nitrato de potasio (KNO₃) al 1%, tiourea al 1%, ácido clorhídrico (HCl) al 10%, control, KNO₃ 10%, ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 10%, H₂SO₄ 20% y HCl 20%. El material a escarificación mecánica presentó un porcentaje de germinación de cero.

La emergencia de la radícula se observó a partir de la primera y hasta la sexta semana de control, exceptuando el tratamiento de escarificación mecánica (28).

Los porcentajes de germinación obtenidos son: 85% empleando tiourea al 10%; el tratamiento con KNO_3 al 1% mostró un valor del 83%; con tiourea al 1% el porcentaje de germinación fue del 80%; en tanto que el HCl al 10% mostró un valor semejante al del respectivo control (79%). Los tratamientos restantes mostraron porcentajes inferiores a los obtenidos con el control correspondiente (28).

3.1.13 Reguladores del crecimiento de las plantas

Los reguladores del crecimiento de las plantas, se definen como compuestos orgánicos diferentes de los nutrientes que en pequeñas cantidades fomentan, inhiben o modifican de alguna u otra forma cualquier proceso fisiológico vegetal. Para su estudio, estas sustancias se agrupan en cuatro grupos: Auxinas, Giberelinas, Citocininas e Inhibidores. Las hormonas de las plantas son reguladores producidos por las mismas plantas que en bajas concentraciones regulan los procesos fisiológicos de aquellas (34).

En general, el término hormona se aplica sólo cuando se refiere a los productos naturales de las plantas, sin embargo el término regulador no se limita a los compuestos sintéticos sino que pueden también incluir hormonas, dicho término puede aplicarse a cualquier material que pueda modificar los procesos fisiológicos de cualquier planta. El término regulador debe utilizarse en lugar de hormonas, al referirse a productos químicos agrícolas que se utilicen para controlar cultivos (34).

3.1.13.1 Acido giberélico (Ga_3)

Nombre comercial: Acido giberélico; *Sustancia activa:* Giberalina (Ga_3); *Formula estructural:*

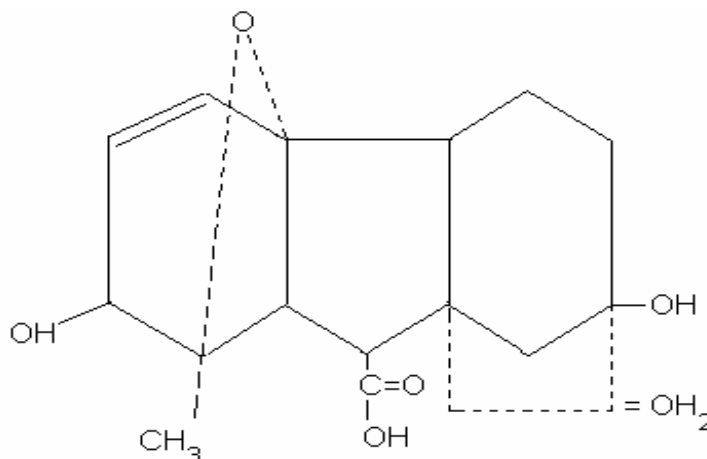


Fig. 3. Formula estructural del ácido giberélico (Fuente Weaver 1976)

a. Mecanismos de acción: El ácido giberélico puede provocar cambios a nivel genético que estimula a su vez la síntesis enzimática en las células, así también provoca la estimulación de la síntesis de ARN en las capas de aleurona (34).

Una de las teorías sostiene que el ácido giberélico tiene relación con la síntesis del ARN mensajero dirigido por ADN en el núcleo. En la actualidad se cree que el ácido giberélico modifica el ARN producido en los núcleos y así puede ejercer su control sobre la expansión celular, así como sobre otras actividades de crecimiento y desarrollo vegetal. El ácido giberélico puede provocar la expansión celular, mediante la inducción de enzimas que debilitan las paredes celulares. Con frecuencia el ácido giberélico incrementa el contenido de Auxinas, transportándolas a su lugar de acción (34).

El ácido giberélico (Ga₃) estimula la germinación en ciertas especies de semillas latentes, aumenta la velocidad de germinación, estimula el crecimiento de las plántulas y supera el enanismo de los epicótilos latentes. Este último efecto puede ser transitorio y producir en crecimiento anormal de la plántula (18).

3.1.13.2 Efecto de hormonas en la germinación

Mientras que en la mayoría de los casos la inactividad de la semilla se puede romper por la humedad, luz y combinaciones de temperatura, usualmente prosiguiendo la estratificación, se ha encontrado que algunos lotes según parece de semillas sanas no germinan satisfactoriamente. Se piensa que tales fallas pueden ser causados por inhibidores en las semillas. Por ejemplo, Sondheimer *et al.* identificaron el ácido absísico (ABA) en la semilla del fresno blanco (*Fraxinus americana* L.) como el principal factor que inhibió el crecimiento de embriones eliminados. Estos investigadores determinaron que el efecto de tales sustancias se puede invertir fácilmente con la aplicación de sustancias antagónicas tales como ácido giberélico, kinetina o auxinas (29).

Esta una práctica aceptada ampliamente, tratamientos con hormonas, especialmente las giberelinas (Ga₃), las auxinas (IAA, ácido indol, 3-acético) y las kinetinas han tenido mejores resultados en la germinación de semillas de árboles dormantes. En experimentos con árboles de madera dura, estimulo favorablemente la síntesis giberélica en la germinación de la semilla. Los mejores resultados ocurrieron con *Liquidambar styraciflua* L. (Burns 1967), fresno blanco (Bride y Dickson 1972), *Acer Sacharum* Marsh. (Webb y Dumbroff 1969), *Fraxinus excelsior* L. (Villiers 1968) y *Acer platanoides* L. (Pinfield *et al.* 1974) (29).

La investigación en especies de coníferas, por otra parte, y especialmente con *Picea* y *Abies* también ha demostrado que las giberelinas tienen un papel principal en el rompimiento de semilla dormante (29).

3.1.14 Estratificación (Enfriamiento en húmedo)

Esta parece ser entre el tipo más común de tratamiento para romper la dormancia de semillas en árboles forestales, especialmente en coníferas, puede ser superado usando diversos períodos de pregerminación en frío (estratificación en frío) generalmente 2° y 4°C (Asociación internacional de pruebas de semillas 1976) o usando una combinación de tratamientos para superar otros factores que causan dormancia. Barnett y Leadem (1988) indicaron que la estratificación puede obstaculizar los inhibidores químicos promoviendo el desarrollo de los estimuladores de la germinación o puede superar algunas barreras mecánicas de la germinación (29).

Gosling (1988) citado por Salazar, encontró que la pregerminación en frío evidentemente promovió el máximo porcentaje de germinación del Abeto-Douglas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) germinada sobre un rango de temperaturas entre 10°C y 30°C. Similar a Copeland y McDonal (1985) se determinó que la semilla lobular del pino (*Pinus taeda* L.) y del pino blanco (*Pinus strobus* L.) llegó a ser más sensible a la luz después de tratamientos de la estratificación.

Un factor importante asociado a los tratamientos de pregerminación en frío, es la longitud del tiempo necesaria para romper dormancia. Diversas especies forestales tienen diferentes requerimientos. Por ejemplo Gosling (1988) encontró que tres semanas de preenfriar en húmedo substancialmente ampliando el rango de temperaturas sobre el abeto Douglas logro germinar. Igualmente Mittal *et al.* (1987) concluyeron que el índice de la germinación de picea blanco y la semilla de pino blanco del Este, fue aumentado significativamente en tratamientos de pre-enfriamiento de 3 a 8 semanas (29).

Adkins *et al.*(1983) han discutido que otros factores tales como: la luz y la temperatura de germinación tienen una influencia directa en la determinación de la longitud total de estratificación y por lo tanto en promover la germinación de la semilla. Determinaron esa germinación máxima del abeto fraser (*Abies fraseri* (Pursh.) Poir) en las bajas temperaturas y en oscuridad que ocurrió después de 12 semanas de estratificación. Para la germinación en las altas temperaturas y con un tratamiento diario, de 8 semanas de estratificación eran necesarios alcanzar la máxima germinación (29).

McCarter (1986) concluyó que la germinación de la semilla de *Abies guatemalensis* se puede mejorar mediante la estratificación húmeda fría alrededor de un mes. Pero, incluso, la germinación de la semilla era entonces menos de 50. Él argumentó que quizás, prácticas adicionales eficaces tales como el bajo contenido de agua (9 a 12%) de la semilla y la baja temperatura de almacenaje después de cosechar, puede mejorar substancialmente la viabilidad de la semilla (29).

Según Hartman y Kester el objeto de este tratamiento es proporcionar la exposición a bajas temperaturas que en ocasiones se requiere para lograr una germinación pronta y uniforme de la semilla. Este tratamiento es necesario para que germinen las semillas de muchas especies de árboles y de arbustos, ya que permite que se efectúen cambios fisiológicos en el embrión. El procedimiento exige la exposición a temperaturas bajas (de 0° a 10°C) a la humedad y al aire por algún tiempo. Aunque la estratificación ha sido benéfica para ablandar las cubiertas de las semillas; en general, si se tienen semillas con tegumentos duros, para ablandarlos es más efectivo someter las semillas a un tratamiento húmedo y cálido antes de enfriarlas.

La temperatura más usual de almacenamiento es de 2° a 7°C. Pueden ser satisfactorias temperaturas más altas, aunque pueden producir brotando prematuro. Casi cualquier medio que retenga la humedad, proporcione aireación y no contenga sustancias tóxicas, es adecuado. Entre ellos se puede incluir a la arena bien lavada, al musgo turboso, al musgo esfagnífero bien desmenuzado, a la vermiculita y al aserrín bien intemperizado (el aserrín fresco puede contener sustancias tóxicas). Cualquier medio que se use debe ser húmedo pero no debe estar tan mojado que se pueda exprimir el agua (18).

La mezcla se hace usando de uno a tres volúmenes del medio por uno de semilla, o bien puede estratificarse en capas de 1.5 a 7.5 cm de grueso alternándolas con un espesor igual del medio. Los recipientes apropiados son cajas, botes de hojalata, frascos de vidrio (con tapas perforadas) u otros recipientes que permitan aireación, impidan que se sequen y las protejan de los roedores. Las bolsas de polietileno son excelentes recipientes donde se pueden estratificar las semillas sin necesidad de emplear algún medio. Se puede agregar un funguicida como protector de las semillas (18).

Se sabe que muchos cambios fisiológicos en las semillas inhibidas que son expuestas a temperaturas bajas ocurren en este proceso, básicamente hay un aumento celular del consumo de oxígeno y un aumento en la energía al eje de crecimiento, aumenta el número de Catalasas, Fosfatasas, Lipasas, Peroxidasas; hay cambios en los niveles hormonales de la semilla estratificada, por ejemplo los niveles de ácido abscísico (ABA) disminuyen durante la estratificación de la manzana, almendra y otros (11).

En algunos casos el mismo efecto se logra con la condición de Giberlinas exógenas y en ciertos casos se ha visto aumento de las giberlinas endógenas durante la estratificación. La Asociación de Analistas Oficiales de Semillas (AOSCA) acepta la estratificación como una ayuda para la germinación de ciertas especies el porcentaje de germinación de muchas semillas aumenta si cada día se expone a ciclos alternos de cambio de temperatura, incluso semillas que necesitaban luz y temperaturas constantes para germinar, germinaron bajo este proceso aun en la oscuridad (11).

Todos estos cambios están relacionados con la dormancia endógena; para el procedimiento generalmente preacondicionan las semillas entre 3° y 10°C, variando la duración del preacondicionamiento y temperatura según las especies es absolutamente necesario la estratificación para germinar mientras que para otras solo promueve la germinación y acelera el crecimiento para otras especies disminuye la sensibilidad de las semillas a las condiciones externas y así aumentar el rango de temperaturas bajo las cuales pueden germinar, el tiempo de estratificación necesaria varia de especies en especie y se han listado más de 60 especies que requieren estratificación para la germinación, la edad de la semilla también influye en los requerimientos de la semilla, al aumentar su edad disminuye la dormancia endógena y por lo tanto la necesidad de estratificación, este fenómeno tiene distintas velocidades según las especies (11).

3.1.15 Pruebas de viabilidad de las semillas

Existe cierta confusión con respecto al preciso significado de lo que es Viabilidad, para muchos es sinónimo de capacidad germinativa de una semilla y la producción de una planta normal. En otros casos Viabilidad se toma como el grado al cual una semilla esta viva, metabólicamente activa, y posee enzimas capaces de catalizar las reacciones necesarias para la germinación y crecimiento. En este caso la viabilidad se refiere tanto a los tejidos como a la semilla completa en cualquiera de los dos casos la viabilidad tiene mayor probabilidad cuando la semilla está madura, aunque las condiciones ambientales en la planta madre, no permitan la germinación. Conforme la madurez fisiológica deja de ser óptima, las probabilidades de viabilidad disminuyen. Existen dos formas de expresar la viabilidad: mediante pruebas directas de germinación y pruebas indirectas calorimétricas como el tetrazolio, índigo carmín y otros (25).

3.1.15.1 Pruebas de germinación

Es una forma de expresar la viabilidad de las semillas en la mayoría de los casos el objetivo principal de las pruebas de germinación a nivel de laboratorio es conocer la máxima expresión germinativa de las semillas en condiciones adecuadas de temperatura, humedad, oxígeno y sustrato entre otros (3).

Las pruebas de germinación determinan una muestra de la proporción de semillas que son capaces de germinar en condiciones favorables, sirve para obtener un valor estimado de plantas que se puede obtener (3).

A. Pruebas directas

Evalúan la capacidad de germinación y las principales son las que se realizan en arena, papel y algún otro sustrato para germinación.

B. Pruebas indirectas

Estiman la capacidad germinativa de la semilla, midiendo otros parámetros, tales como la actividad metabólica y enzimática. Entre estas se puede mencionar tetrazolio, índigo carmín e inspecciones de embriones. Estas son difundidas a mayor escala debido a la rapidez de la obtención del porcentaje (3).

La mayor parte de las semillas que se evalúan en su germinación por pruebas directas, tardan de 7 a 14 días después de sembradas en germinador. Los pastos y otras semillas forestales requieren períodos más largos que van de 21 a 35 días, o más. Si las semillas están en dormancia, los períodos de prueba se prolongan debido a que hay que incluir el tiempo requerido por los tratamientos previos necesarios para superar la dormancia (3).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Localización y características del lugar donde se desarrolló el estudio

3.2.1.1 Localización del laboratorio

La primera fase de la investigación se llevó a cabo en las instalaciones del BANSEFOR ubicado a 1,502.32 msnm. a una latitud Norte de 14°35'44" y una longitud Oeste de 90°31'50" la temperatura es de 22°C una humedad relativa del 70% un promedio diario de 10 hrs. luz, realizándose las pruebas de germinación con semilla de pinabete *Abies guatemalensis* R. (15).

3.2.1.2 Localización de la Finca Florencia

La Finca Florencia, propiedad de la Municipalidad de Antigua Guatemala, está situada en el municipio de Santa Lucía Milpas Altas, departamento de Sacatepéquez. Geográficamente se localiza en las siguientes coordenadas: 90°41'06" longitud Oeste y 14°33'25" latitud Norte, y una altura aproximada de 1900 msnm (2).

3.2.1.2.1 Límites de la Finca Florencia

La Finca Municipal Florencia limita al Norte con el municipio de Santa Lucía Milpas Altas. Al Sur con Magdalena Milpas Altas, al Este con Santo Tomás Milpas Altas (aldea de Santa Lucía Milpas Altas) y al Oeste con San Miguel Milpas Altas (aldea de Magdalena Milpas Altas) y la Finca Cruz de Monjas (2).

3.2.1.2.2 Extensión de la Finca Florencia

La Finca Municipal Florencia ocupa una extensión aproximada de 405 Ha (9 caballerías) (2).

3.2.1.2.3 Zona de vida de la Finca Florencia

Según el mapa de la zona de vida, a nivel de reconocimiento de la República de Guatemala, escala 1:600,000; publicado por el Instituto Nacional Forestal, la finca municipal Florencia se encuentra dentro de la zona de vida: Bosque húmedo Montano Bajo Subtropical bh-MB (10).

3.2.1.2.4 Clima de la Finca Florencia

Las condiciones climáticas registradas en el área son las siguientes:

- Precipitación media anual 1,224 mm distribuidos en 106 días, en los meses de Junio a Septiembre;
- Temperatura media anual 19°C y
- Humedad relativa promedio anual 77%, con una velocidad del viento de 4.15 km/hr (2).

3.2.1.2.5 Invernadero de la Finca Florencia

El invernadero esta destinado a la producción de plantas ornamentales y algunas forestales. La estructura es de madera recubierto de polietileno, el cual posee aereación, bancales y riego por aspersión.

En cuanto a su clasificación según el tiempo de permanencia este se clasifica como un invernadero permanente o fijo, las mediadas que posee son de 10 mts de ancho y 30 mts de largo.

El invernadero posee las condiciones necesarias que debe reunir entre las que están:

- Especies a propagar
- Buena accesibilidad
- Personal a cargo
- Riego por aspersión
- Bancales de 1.5 mts de ancho por 10 mts de largo.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General: Evaluar el efecto de diferentes sustancias (Acido giberélico, Acido clorhídrico) y la estratificación para el rompimiento de la dormancia de la semilla del pinabete *Abies guatemalensis* Rehder. bajo condiciones controladas de laboratorio y de invernadero.

4.2 Objetivos Específicos:

4.2.1 Evaluar el efecto del Acido giberélico en la germinación de semillas de pinabete *Abies guatemalensis* Rehder.

4.2.2 Evaluar el efecto del Acido clorhídrico en la germinación de semillas de pinabete *Abies guatemalensis* Rehder.

4.2.3 Evaluar la respuesta de la estratificación, en la germinación de las semillas de pinabete *Abies guatemalensis* Rehder.

4.2.4 Evaluar las combinaciones de las sustancias (Acido giberélico, clorhídrico) y la estratificación, en la germinación de pinabete *Abies guatemalensis* Rehder.

4.2.5 Determinar el crecimiento de las plantas de pinabete *Abies guatemalensis* R. que presenten la morfología aérea representativa de la especie en estudio bajo condiciones de invernadero.

V. HIPÓTESIS

5.1 Entre los tratamientos pregerminativos a evaluar en las semillas de pinabete *Abies guatemalensis* R por lo menos uno provocará diferencias significativas en el porcentaje de germinación que el resto de los tratamientos, en condiciones controladas de laboratorio e invernadero.

5.2 Las semillas de pinabete *Abies guatemalensis* R. responden a una concentración de ácido giberélico a evaluar y provocará diferencias significativas en el porcentaje de germinación que el resto de las concentraciones.

5.3 Las semillas de pinabete *Abies guatemalensis* R. responden a una concentración de ácido clorhídrico a evaluar y provocará diferencias significativas en el porcentaje de germinación de que el resto de las concentraciones.

5.4 Las semillas de pinabete *Abies guatemalensis* R. responden a un nivel de estratificación a evaluar y provocará diferencias significativas en el porcentaje de germinación de que el resto de los niveles.

5.5 Las semillas de pinabete *Abies guatemalensis* R. responden a una interacción de ácido giberélico, ácido clorhídrico y estratificación y provocará diferencias significativas en el porcentaje de germinación que el resto de las interacciones.

5.6 Las plántulas de pinabete *Abies guatemalensis* R. responden a niveles y/o concentraciones de ácido giberélico, ácido clorhídrico y estratificación aplicados e influyen en el incremento de altura

VI. METODOLOGÍA

6.1 Material Experimental

6.1.1 Materiales y Métodos

La investigación se realizó en dos fases:

A) Fase de laboratorio, en el BANSEFOR,

B) Fase de campo, en la Finca Florencia ubicada en el municipio de Santa Lucia Milpas Altas del departamento de Sacatepequez.

6.1.2 Análisis de la semilla utilizada

La semilla utilizada en el experimento se sometió a los análisis de: germinación y pureza, para poder determinar su calidad física. Las pruebas fueron realizadas basadas en las reglas internacionales para ensayos de semillas (ISTA, 1976), las cuales son utilizadas en el BANSEFOR.

6.2. Material Vegetal

6.2.1 Procedencia de la semilla utilizada

La semilla de pinabete provino del municipio de Palestina de los Altos, del Departamento de Quetzaltenango, recolectada en enero del año 2003 del lote identificado como ECO-04/03 "A" la que fue colectada por la empresa Ecodesa. Después de colectada, la semilla fue preservada en cuarto frío a $\pm 5^{\circ}\text{C}$, luego de su beneficiado. La altitud del terreno de donde proviene la semilla colectada y utilizada en este ensayo se encuentra a 2,950 msnm. Después de colectada la semilla se le efectuó una prueba de germinación que según ECODESA es del 7%.

6.3. Metodología Experimental

Para este estudio se procedió a utilizar un diseño completamente al azar con arreglo combinatorio. En el cual se evaluaron tres factores con tres concentraciones.

6.3.1 Factores y niveles

Los factores en estudio con sus respectivos niveles son los siguientes:

Factor	Nivel
A. Acido giberélico (Ga_3)	A ₁ = 0 ppm A ₂ = 100 ppm A ₃ = 200 ppm A ₄ = 300 ppm
B. Acido clorhídrico (HCl)	B ₁ = 0 molar B ₂ = 0.1 molar B ₃ = 0.2 molar
C. Estratificación	C ₁ = 0 días C ₂ = 25 días C ₃ = 75 días

6.3.2 Tratamientos

Los tratamientos evaluados se identifican así:

- 1.- A1B1C1 = 0 ppm de Ga₃, 0 M de ácido clorhídrico y 0 días de estratificación.
- 2.- A1B1C2 = 0 ppm de Ga₃, 0 M de ácido clorhídrico y 25 días de estratificación.
- 3.- A1B1C3 = 0 ppm de Ga₃, 0 M de ácido clorhídrico y 75 días de estratificación.
- 4.- A1B2C1 = 0 ppm de Ga₃, 0.1 M de ácido clorhídrico y 0 días de estratificación.
- 5.- A1B2C2 = 0 ppm de Ga₃, 0.1 M de ácido clorhídrico y 25 días de estratificación.
- 6.- A1B2C3 = 0 ppm de Ga₃, 0.1 M de ácido clorhídrico y 75 días de estratificación.
- 7.- A1B3C1 = 0 ppm de Ga₃, 0.2 M de ácido clorhídrico y 0 días de estratificación.
- 8.- A1B3C2 = 0 ppm de Ga₃, 0.2 M de ácido clorhídrico y 25 días de estratificación.
- 9.- A1B3C3 = 0 ppm de Ga₃, 0.2 M de ácido clorhídrico y 75 días de estratificación.
- 10.- A2B1C1 = 100 ppm de Ga₃, 0 M de ácido clorhídrico y 0 días de estratificación.
- 11.- A2B1C2 = 100 ppm de Ga₃, 0 M de ácido clorhídrico y 25 días de estratificación.
- 12.- A2B1C3 = 100 ppm de Ga₃, 0 M de ácido clorhídrico y 75 días de estratificación.
- 13.- A2B2C1 = 100 ppm de Ga₃, 0.1 M de ácido clorhídrico y 0 días de estratificación.
- 14.- A2B2C2 = 100 ppm de Ga₃, 0.1 M de ácido clorhídrico y 25 días de estratificación.
- 15.- A2B2C3 = 100 ppm de Ga₃, 0.1 M de ácido clorhídrico y 75 días de estratificación.
- 16.- A2B3C1 = 100 ppm de Ga₃, 0.2 M de ácido clorhídrico y 0 días de estratificación.
- 17.- A2B3C2 = 100 ppm de Ga₃, 0.2 M de ácido clorhídrico y 25 días de estratificación.
- 18.- A2B3C3 = 100 ppm de Ga₃, 0.2 M de ácido clorhídrico y 75 días de estratificación.
- 19.- A3B1C1 = 200 ppm de Ga₃, 0 M de ácido clorhídrico y 0 días de estratificación.
- 20.- A3B1C2 = 200 ppm de Ga₃, 0 M de ácido clorhídrico y 25 días de estratificación.
- 21.- A3B1C3 = 200 ppm de Ga₃, 0 M de ácido clorhídrico y 75 días de estratificación.
- 22.- A3B2C1 = 200 ppm de Ga₃, 0.1 M de ácido clorhídrico y 0 días de estratificación.
- 23.- A3B2C2 = 200 ppm de Ga₃, 0.1 M de ácido clorhídrico y 25 días de estratificación.
- 24.- A3B2C3 = 200 ppm de Ga₃, 0.1 M de ácido clorhídrico y 75 días de estratificación.

- 25.- A3B3C1 = 200 ppm de Ga₃, 0.2 M de ácido clorhídrico y 0 días de estratificación.
- 26.- A3B3C2 = 200 ppm de Ga₃, 0.2 M de ácido clorhídrico y 25 días de estratificación.
- 27.- A3B3C3 = 200 ppm de Ga₃, 0.2 M de ácido clorhídrico y 75 días de estratificación.
- 28.- A4B1C1 = 300 ppm de Ga₃, 0 M de ácido clorhídrico y 0 días de estratificación.
- 29.- A4B1C2 = 300 ppm de Ga₃, 0 M de ácido clorhídrico y 25 días de estratificación.
- 30.- A4B1C3 = 300 ppm de Ga₃, 0 M de ácido clorhídrico y 75 días de estratificación.
- 31.- A4B2C1 = 300 ppm de Ga₃, 0.1 M de ácido clorhídrico y 0 días de estratificación.
- 32.- A4B2C2 = 300 ppm de Ga₃, 0.1 M de ácido clorhídrico y 25 días de estratificación.
- 33.- A4B2C3 = 300 ppm de Ga₃, 0.1 M de ácido clorhídrico y 75 días de estratificación.
- 34.- A4B3C1 = 300 ppm de Ga₃, 0.2 M de ácido clorhídrico y 0 días de estratificación.
- 35.- A4B3C2 = 300 ppm de Ga₃, 0.2 M de ácido clorhídrico y 25 días de estratificación.
- 36.- A4B3C3 = 300 ppm de Ga₃, 0.2 M de ácido clorhídrico y 75 días de estratificación.

6.3.3 Unidad Experimental

Se encuentra representada por 50 semillas de pinabete *A. guatemalensis* R.

6.3.4 Diseño Experimental

El diseño experimental que se utilizó fue el siguiente:

Experimento factorial en un diseño Completamente al Azar y con arreglo combinatorio.

En total se tienen 36 tratamientos y 3 repeticiones.

A ₂ B ₂ C ₂ RI	A ₁ B ₃ C ₂ RII	A ₄ B ₂ C ₁ RII	A ₂ B ₂ C ₂ RIII	A ₄ B ₃ C ₃ RIII	A ₁ B ₃ C ₃ RII
A ₃ B ₂ C ₂ RII	A ₁ B ₁ C ₁ RI	A ₄ B ₁ C ₁ RII	A ₁ B ₃ C ₁ RIII	A ₃ B ₃ C ₁ RI	A ₃ B ₁ C ₃ RI
A ₃ B ₂ C ₁ RI	A ₄ B ₁ C ₃ RI	A ₂ B ₂ C ₁ RIII	A ₂ B ₁ C ₁ RI	A ₃ B ₃ C ₃ RI	A ₃ B ₂ C ₁ RIII
A ₂ B ₃ C ₂ RI	A ₃ B ₁ C ₃ RIII	A ₃ B ₂ C ₂ RI	A ₃ B ₂ C ₃ RII	A ₄ B ₃ C ₂ RIII	A ₄ B ₃ C ₁ RII
A ₂ B ₂ C ₃ RIII	A ₃ B ₃ C ₂ RIII	A ₄ B ₂ C ₂ RIII	A ₃ B ₁ C ₁ RI	A ₃ B ₂ C ₁ RII	A ₂ B ₃ C ₂ RII
A ₂ B ₂ C ₃ RII	A ₁ B ₃ C ₁ RII	A ₃ B ₃ C ₂ RI	A ₁ B ₁ C ₁ RII	A ₂ B ₂ C ₁ RII	A ₂ B ₂ C ₃ RI
A ₂ B ₂ C ₂ RII	A ₂ B ₃ C ₁ RIII	A ₁ B ₁ C ₃ RII	A ₁ B ₂ C ₃ RII	A ₂ B ₃ C ₃ RI	A ₄ B ₁ C ₁ RI
A ₃ B ₁ C ₂ RII	A ₁ B ₁ C ₂ RIII	A ₂ B ₃ C ₁ RI	A ₃ B ₃ C ₃ RII	A ₁ B ₃ C ₁ RI	A ₁ B ₃ C ₂ RIII
A ₃ B ₃ C ₁ RIII	A ₂ B ₁ C ₁ RII	A ₁ B ₂ C ₃ RI	A ₁ B ₂ C ₁ RII	A ₄ B ₁ C ₂ RI	A ₂ B ₁ C ₂ RIII
A ₃ B ₃ C ₃ RIII	A ₃ B ₁ C ₁ RII	A ₄ B ₁ C ₃ RIII	A ₂ B ₂ C ₁ RI	A ₄ B ₂ C ₁ RIII	A ₂ B ₃ C ₁ RII
A ₄ B ₂ C ₃ RIII	A ₄ B ₁ C ₁ RIII	A ₁ B ₂ C ₂ RII	A ₄ B ₃ C ₁ RI	A ₄ B ₂ C ₂ RII	A ₄ B ₁ C ₃ RII
A ₃ B ₁ C ₃ RII	A ₂ B ₃ C ₂ RIII	A ₁ B ₂ C ₂ RI	A ₃ B ₂ C ₃ RI	A ₂ B ₁ C ₂ RII	A ₁ B ₂ C ₁ RI
A ₁ B ₁ C ₂ RIII	A ₂ B ₁ C ₃ RII	A ₂ B ₁ C ₃ RI	A ₂ B ₁ C ₂ RI	A ₃ B ₃ C ₂ RII	A ₂ B ₃ C ₃ RII
A ₂ B ₁ C ₃ RIII	A ₃ B ₁ C ₂ RIII	A ₃ B ₁ C ₁ RIII	A ₁ B ₁ C ₂ RII	A ₂ B ₃ C ₃ RIII	A ₁ B ₃ C ₂ RI
A ₄ B ₃ C ₂ RII	A ₁ B ₃ C ₃ RIII	A ₁ B ₂ C ₂ RIII	A ₄ B ₃ C ₃ RII	A ₁ B ₂ C ₃ RIII	A ₃ B ₂ C ₂ RIII
A ₃ B ₃ C ₁ RII	A ₄ B ₃ C ₂ RI	A ₁ B ₃ C ₃ RI	A ₄ B ₂ C ₁ RI	A ₃ B ₂ C ₃ RIII	A ₁ B ₁ C ₁ RIII
A ₁ B ₁ C ₂ RI	A ₁ B ₂ C ₁ RIII	A ₄ B ₁ C ₂ RII	A ₄ B ₃ C ₃ RI	A ₄ B ₁ C ₂ RIII	A ₄ B ₂ C ₃ RI
A ₁ B ₁ C ₃ RIII	A ₄ B ₂ C ₃ RII	A ₄ B ₂ C ₂ RI	A ₂ B ₁ C ₁ RIII	A ₁ B ₁ C ₃ RI	A ₃ B ₁ C ₂ RI

Figura 4. Croquis de distribución y aleatorización de los tratamientos a evaluar en semillas de pinabete *Abies guatemalensis* R. para promover su germinación, en un Diseño Completamente al Azar con arreglo combinatorio.

6.3.4.1 Modelo estadístico

El modelo estadístico asociado a este experimento es:

$$\hat{Y}_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + E_{ijk}; \text{ Donde:}$$

\hat{Y}_{ijk} = Variable de respuesta observada en la ijk – ésima unidad experimental

μ = Media general

α_i = Efecto del i – ésimo nivel del factor A

β_j = Efecto del j – ésimo nivel del factor B

γ_k = Efecto del k – ésimo nivel del factor C

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Interacción entre el i –ésimo nivel del factor A y el j –ésimo nivel del factor B

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = Interacción entre el i –ésimo nivel del factor A y el k –ésimo nivel del factor C

$(\beta\gamma)_{jk}$ = Interacción entre el j –ésimo nivel del factor B y el k –ésimo nivel del factor C

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ = Interacción entre el i –ésimo nivel del factor A, el j –ésimo nivel del factor B y el k –ésimo nivel del factor C

E_{ijk} = Error experimental asociado a la ijk – ésima unidad experimental

6.4 Variables de respuesta

6.4.1 Porcentaje de germinación: se efectuó una prueba de germinación para cada tratamiento en cada una de las 3 réplicas de 50 semillas cada una y se llevo la secuencia de germinación hasta los 28 días. (se anotó en porcentaje y se aplicó la tabla de tolerancia del ISTA.

6.4.2 Número de plántulas normales: plantas que presentaron la morfología aérea representativa de la especie, se anotó al final de la prueba de germinación el número de plantas en porcentaje.

6.4.3 Altura de la plántula: se midió la altura de la plántula en centímetros desde la superficie del sustrato hasta la parte superior de las plántulas. La lectura de la planta se tomó a los 30 días después del trasplante .

6.5 Análisis de los Datos

Los datos que se obtuvieron en la prueba de germinación y del número de plantas normales, se sometieron a un análisis de Normalidad de Shapiro-Wilk, para comprobar si los datos se distribuyen normalmente.

Los resultados que se obtuvieron de la prueba de Shapiro-Wilk indicaron que los datos siguen aproximadamente una distribución normal, se aplicó un análisis de varianza con un nivel de significancia de 0.05 .

Al número de plantas normales obtenidas, se les realizó un análisis de varianza y como existe significancia prueba de Tukey.

La altura de plántulas se midió en centímetros (cms) y posteriormente se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación múltiple de medias de acuerdo al criterio de Tukey, como existe significancia.

6.6 Manejo del experimento

6.6.1 Fase de laboratorio

6.6.1.1 Prueba de pureza física

Con el objeto de determinar el porcentaje de pureza física del lote de semillas, se realizó esta prueba al inicio del experimento. Expresando el resultado en porcentaje.

Cuadro 6. Análisis de pureza física para las semillas pinabete *Abies guatemalensis* R.

Componente	Muestra 1		Muestra 2		Diferencia (M2-M1)	Tolerancia	Se acepta (Sí/No)
	(g)	%	(g)	%			
Semilla pura	100.1	54.93	105.1	56.39	5	4.89	Sí
Otras semillas	0	0	0	0	0		
Materia inerte	82.1	45.06	82.8	43.60	0.7		

6.6.1.2 Análisis de Tolerancia

A los análisis de germinación se les realizó una prueba de tolerancia recomendada por las Reglas Internacionales para Ensayos de Semillas.

El resultado obtenido se encuentra de acuerdo a la tolerancia permitida (4.89).

6.6.1.3 Prueba de germinación

Se consultó en las tablas de las Reglas Internacionales para Ensayos de Semillas (ISTA) el sustrato: papel absorbente, la temperatura: 25°C y aplicación de agua cada 2 días con un atomizador, necesarios para la especie. Se llevó a cabo la prueba de germinación en el germinador. Se colocaron las semillas sobre papel absorbente, mojándolas y cubriéndolas con otra capa de papel absorbente.

6.6.1.4 Preparación de las cajas de germinación

Para el análisis de germinación se utilizó la metodología que se emplea en el Banco de Semillas Forestales, la cual se basa en las reglas del ISTA. Esta consiste en colocar las semillas en cajas germinadoras (36 X 26 X 8.5 cm), con el sustrato recomendado. Las condiciones que son recomendadas por ISTA son: sustrato papel absorbente, temperatura 20-25°C.

Las cajas fueron identificadas con la fecha de siembra, número de repetición y tratamiento, de la especie evaluada.

6.6.1.5 Desinfección de las cajas germinadoras

Un día antes de la colocación de las semillas dentro de las cajas de germinación; se limpiaron con agua, jabón y alcohol al 90%, así como las pinzas, cajas de petri, beakers, mesa de trabajo. Se aplicó Etridiazole + Tiofanato-metil (nombre comercial Banrot) al principio de la siembra (2.14 gr. de producto por 1 Gal.) para el combate de enfermedades fungosas. Los intervalos de aplicación se basaron en las recomendaciones del fabricante.

Para cada tratamiento se utilizó 3 réplicas de 50 semillas cada una y llevando la secuencia de germinación hasta los 28 días para conseguir datos exactos para los parámetros de germinación que se registren.

6.6.1.6 Aplicación del ácido clorhídrico

Se sumergieron las semillas en el ácido por 5 min. en las diferentes concentraciones evaluadas (0.1 y 0.2 molar). Luego se lavaron con abundante agua.

6.6.1.7 Aplicación del ácido giberélico

Se realizaron tres diferentes tratamientos con ácido giberélico (Ga₃): 0, 100, 200 y 300 ppm. Las semillas primero se humedecieron en agua destilada por 24 horas y enseguida se colocaron en la solución de la hormona por otras 24 horas (29).

6.6.1.8 Tratamientos de estratificación

Se realizó cuatro diferentes tratamientos de estratificación: 0, 25, y 75 días; las semillas se colocaron en capas de arena de río esterilizada, en el cuarto frío a temperatura constante de $4 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

6.6.2 Fase de Campo

6.6.2.1 Prácticas culturales del pinabete en vivero

6.6.2.1.1 Etapa de vivero

Las plántulas obtenidas en la prueba de germinación se transplantaron a bolsas de polietileno para anotar los datos de altura en centímetros (cm.) desde el transplante hasta el primer mes siguiente, a los cuales se les dieron los cuidados necesarios en esta etapa.

6.6.2.1.2 Llenado y preparación de bolsas

Según Peñalongo y Zanotti (24) la mezcla ideal para el llenado de bolsas, para el transplante de pinabete es la proporción siguiente: dos partes de tierra negra, una parte de arena y una parte de broza de pino, la broza tiene la particularidad de contener la micorriza que necesita la pequeña plántula para crecer vigorosamente.

6.6.2.1.3 Transplante

Por lo general el transplante en pinabete se realiza entre cuatro y cinco semanas después de germinada la semilla. Ocho días después del transplante se verifica la supervivencia de las plantas y se reponen las que han muerto, o las que presenten síntomas de enfermedad o poco vigor (24).

Cuando las plántulas no se transplantan a tiempo presentan las desventajas siguientes:

- Mayor número de raíces que introducir en la bolsa
- Al realizar el transplante pierden gran número de raíces secundarias
- Es menor el porcentaje de prendimiento (24).

6.6.2.1.4 Riego

Se realizaron aplicaciones con regadera de mano semanalmente.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Porcentaje de Germinación

Para evaluar el supuesto de normalidad, se realizó la prueba de Shapiro-wilk, encontrándose un valor de 0.1555, lo cual nos indica que los errores siguen aproximadamente una distribución normal. Por lo tanto se procedió a efectuar un análisis de varianza que se indica en el cuadro 7. Como se puede observar se encontró diferencia significativa en los tratamientos evaluados.

7.1.1 Análisis de Varianza

En el análisis de varianza practicado, se encontró significancia para los tratamientos en los que se utilizó ácido giberélico, así también para los tratamientos en donde se utilizó la estratificación, sin embargo para aquellos tratamientos en donde se utilizó ácido clorhídrico no se obtuvo diferencia significativa; es decir las diferentes concentraciones de ácido clorhídrico utilizado en el experimento no influyeron en el porcentaje de germinación, así mismo no se encontraron diferencias significativas en los efectos en ningunas de las interacciones evaluadas: **ácido giberélico* ácido clorhídrico; ácido giberélico*estratificación; ácido clorhídrico*estratificación; ácido giberélico*ácido clorhídrico*estratificación** (ver cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis de Varianza para el porcentaje de germinación en las semillas de *Abies guatemalensis* R.

Variable	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Pr>F (0.05)
AC.Ga3	3	781.78	260.60	27.92	<.0001
AC.HCl	2	26.96	13.48	1.44	0.24
AC.Ga3* AC.HCl	6	96.89	16.15	1.73	0.13
Est.	2	291.19	145.60	15.60	<.0001
AC.Ga3* Est.	6	96.67	16.11	1.73	0.13
AC.HCl* Est.	4	19.26	4.81	0.52	0.72
AC.Ga3* AC.HCl* Est.	12	154.67	12.89	1.38	0.19
Error Experimental	72	672.00	9.33		
Total	107	2139.41			

AC.Ga3 = Acido giberélico; AC.HCl = Acido clorhídrico; Est. = Estratificación.

Coefficiente de variación, 34.32%

7.1.2 Prueba de Medias Tukey

Para identificar los mejores tratamientos se efectuó una prueba de media de Tukey para los tratamientos en los que se utilizó ácido giberélico (ver cuadro 8), encontrándose que el mejor tratamiento reportó en promedio una germinación de 13% utilizando 300 ppm, siguiéndole el tratamiento con 200 ppm en el que se observó un porcentaje de germinación del 10%. El tratamiento de ácido giberélico en 100 ppm reportó un porcentaje de germinación de 7% y el testigo que se comportó igual que el ultimo tratamiento mencionado (ver grafica 1).

Cuadro 8. Prueba de comparación múltiple medias de acuerdo con el criterio de Tukey, para los tratamientos utilizando Ácido giberélico en semillas de pinabete *Abies guatemalensis* R. 2003.

ACIDO GIBERELICO Ga3	MEDIA	GRUPO
300 ppm	13%	a
200 ppm	10%	b
100 ppm	7%	c
Testigo	6%	c

En cuanto a los tratamientos en los que se usó la estratificación en arena de río esterilizada (ver cuadro 9); el tratamiento que produjo el mejor resultado fue el de 75 días con 11% de germinación, seguidos del tratamiento con 25 días y el testigo que reportaron 8 y 7% de germinación respectivamente (ver grafica 2).

Cuadro 9. Prueba de comparación múltiple medias de acuerdo con el criterio de Tukey, en el efecto de la Estratificación en las semillas de pinabete *Abies guatemalensis* R. 2003.

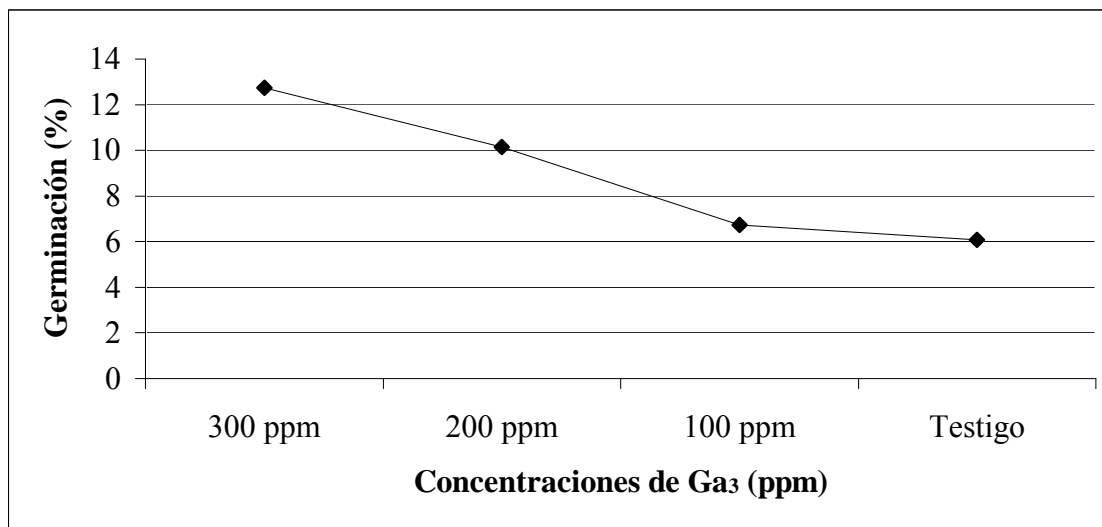
ESTRATIFICACIÓN	MEDIA	GRUPO
75 días	11%	a
25 días	8%	b
Testigo	7%	c

Con base en los resultados obtenidos anteriormente se puede observar que tanto el tratamiento con ácido giberélico en 300 ppm y el tratamiento de estratificación a 75 días, se obtiene resultados de germinación muy similares (13% de germinación respectivamente). Según los datos de los resultados de las pruebas de germinación para las semillas de pinabete *Abies guatemalensis* R. realizadas en el Banco de semillas forestales (BANSEFOR), el técnico de dicha institución Mario Rafael Rodríguez² indica que estos valores son de 7% de germinación. Comparando los resultados obtenidos en este estudio y los de BANSEFOR el porcentaje de germinación para esta especie utilizando ácido giberélico a una concentración de 300 ppm o utilizando la estratificación en arena de río dicho porcentaje se incrementa en 5% de germinación. A pesar que se logra un pequeño incremento en la viabilidad de semilla esto puede beneficiar a los productores que manejan grandes poblaciones de plántulas.

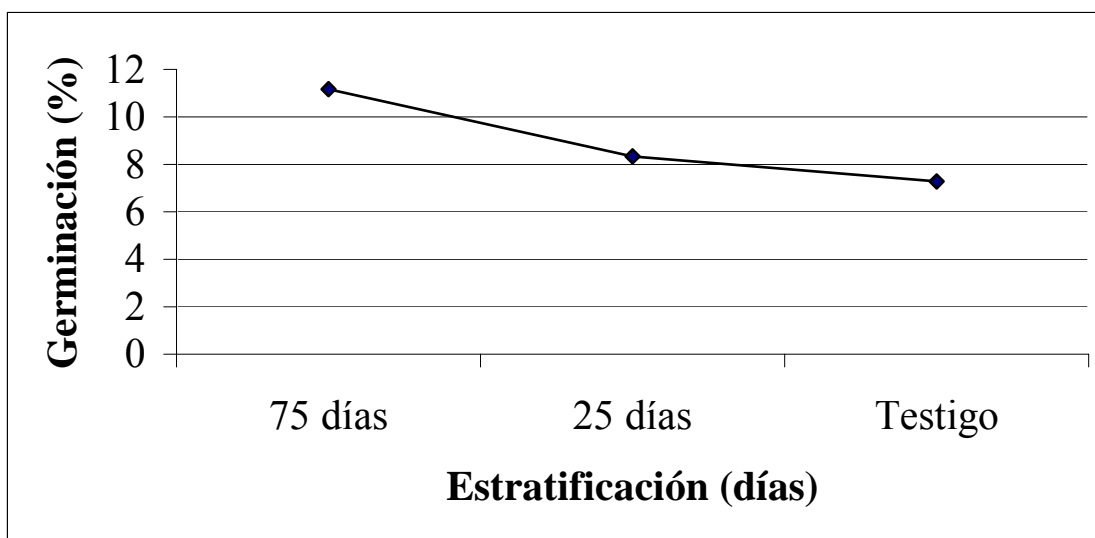
Otro detalle importante es el hecho de que las plantas que se sumergieron en Ga3 en altas concentraciones y estratificación en periodos más prolongados de días, germinaron en menos tiempo (14 días) que el tiempo normal que se reporta para esta especie (28-35 días).

De los dos tratamientos que en este trabajo resultaron ser los mejores (ácido giberélico en 300 ppm y estratificación en arena de río a 75 días) considerando el alto costo del ácido giberélico y su manipulación para ser aplicado en las semillas, se considera que el tratamiento de estratificación a 75 días con arena de río resulta más económico y menos laborioso para ser utilizado en la germinación de pinabete *Abies guatemalensis* R.

² Consulta personal



Grafica. 1. Germinación de semillas de pinabete *Abies guatemalensis* R. utilizando Ga_3 .



Grafica. 2. Germinación de semillas de pinabete *Abies guatemalensis* R utilizando estratificación.

Salazar M. (1991), evaluó la respuesta del porcentaje de germinación en semillas de pinabete, utilizando tratamientos de estratificación en períodos de 40 días y de ácido giberélico (Ga₃) en una dosis de 200 ppm y el mejor resultado que obtuvo fue 36.50% de germinación. Tomando en cuenta estos resultados así como los resultados obtenidos por BANSEFOR (7%), ECODESA (7%) y los resultados obtenidos en esta investigación (13%), los porcentajes de germinación de la semilla de pinabete se encuentran debajo del 50 % de germinación.

Algo muy importante que indica García (1989) es que el pinabete produce alta cantidad de semilla sin embrión, y la presencia de depósitos de resina que rodean el embrión pueda ser uno de los factores que provocan el bajo porcentaje de germinación de la semilla, pero esto aun no ha sido comprobado. CAMCORE (1985), recomienda que se deben recolectar los conos antes de que estén totalmente maduros, y después se deben guardar en bolsas de lona a la sombra durante 8 semanas para que se complete el proceso de maduración. Luego del tratamiento de 8 semanas bajo la sombra, se puede extraer la semilla, teniendo cuidado durante la extracción con el fin de no romper las bolsas de resina de bajo de la cubierta de la misma. Esto quizás puede mejorar la germinación.

Es poco lo que se conoce sobre los factores que causan la baja germinación de *Abies guatemalensis* R, sin embargo, la mayoría de los investigadores que se han ocupado de especies relacionadas, han atribuido la capacidad baja de la germinación a los factores de dormancia de la semilla o del embrión.

7.2 Altura de Plantas (cm)

7.2.1 Análisis de Varianza

Se efectuó un análisis de varianza para esta variable porque presentó la mejor altura de planta, encontrándose significancia para los tratamientos en los que se utilizó ácido giberélico, así también para los tratamientos en donde se utilizó la estratificación, así como en la interacción ácido giberélico y estratificación; sin embargo para aquellos tratamientos en donde se utilizó ácido clorhídrico no se obtuvo diferencia significativa; es decir las diferentes concentraciones de ácido clorhídrico utilizado en el experimento no influyeron en la altura de plantas en centímetros, así mismo no se encontraron diferencias significativas en los efectos de las interacciones: **ácido giberélico* ácido clorhídrico; ácido clorhídrico*estratificación; ácido giberélico*ácido clorhídrico* estratificación.** (ver cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis de Varianza para la Altura de plantas (cm) de *Abies guatemalensis* R. 2003

Variable	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Pr>F (0.05)
AC.Ga₃	3	21.63	7.21	21.64	<.0001
AC.HCl	2	0.56	0.28	0.85	0.43
AC.Ga ₃ * AC.HCl	6	4.53	0.76	2.27	0.05
Est.	2	11.45	5.72	17.18	<.0001
AC.Ga₃* Est.	6	12.70	2.11	6.35	<.0001
AC.HCl* Est.	4	1.64	0.41	1.23	0.31
AC.Ga ₃ * AC.HCl* Est.	12	7.81	0.65	1.95	0.05
Error Experimental	51	17.00	0.33		
Total	86	88.84			

AC.Ga₃ = Acido giberélico; AC.HCl = Acido clorhídrico; Est = Estratificación.

Coefficiente de variación, 14.36%

Como existe diferencia significativa en la interacción de ácido giberélico*estratificación el análisis interpretativo se hará solo de la interacción, ya que se encontró que existe efecto interactivo entre los tratamientos evaluados.

7.2.2 Prueba de Medias Tukey

En vista de que en la interacción ácido giberélico*estratificación presentaron una diferencia significativa, se practicó una prueba de medias Tukey, para la variable evaluada altura de planta en centímetros, (ver cuadro 11)

Cuadro 11. Prueba de comparación múltiple medias de acuerdo con el criterio de Tukey, para altura de plantas en centímetros para pinabete *Abies guatemalensis* R. 2003.

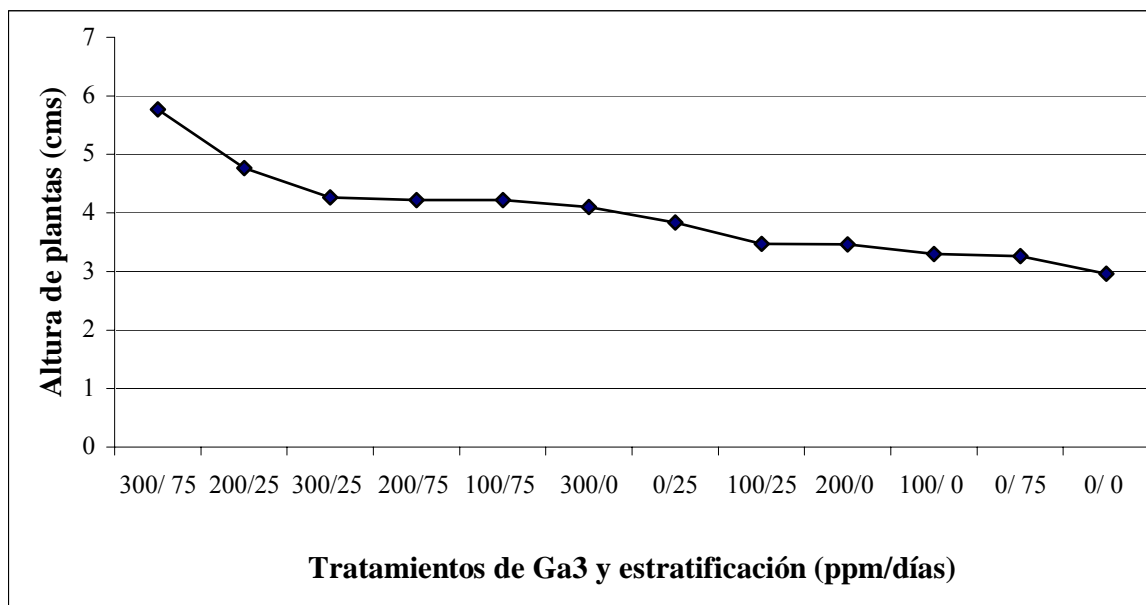
Ga3 Y ESTRATIFICACION	MEDIA	GRUPO
300 ppm y 75 días	5.77	a
200 ppm y 25 días	4.77	b
300 ppm y 25 días	4.27	b
200 ppm y 75 días	4.22	b
100 ppm y 75 días	4.22	b
300 ppm y 0 días	4.10	b
0 ppm y 25 días	3.84	c
100 ppm y 25 días	3.47	c
200 ppm y 0 días	3.46	c
100 ppm y 0 días	3.30	c
0 ppm y 75 días	3.26	c
0 ppm y 0 días	2.96	d

Se llegó a establecer que de los siguientes promedios, comprendidos con igual letra se comportan estadísticamente igual.

Se estableció que el mejor tratamiento para esta variable fue la interacción de ácido giberélico*estratificación utilizando 300 ppm de ácido giberélico y 75 días de estratificación, reportándose una altura promedio de 5.77 cms. En orden descendente, los tratamientos que reportan la segunda menor altura de planta estadísticamente son; los que poseen la literal “b”; en un rango de 4.77 a 4.10 cms; con un promedio de altura de plántulas de 4.32 cms.

Los siguientes tratamientos que le siguen en orden descendente son los que poseen la literal “c”; en un rango de 3.84 a 3.26 cms, con un promedio la altura de plántulas de 3.47 cms. Por ultimo el tratamiento que reporto menor altura fue el testigo con una altura de 2.95 cms con la literal “d”.

Lo anterior nos explica la superioridad que mostró el tratamiento de 300 ppm de ácido giberélico y 75 días de estratificación con respecto a los demás tratamientos evaluados (ver grafica 3).



Grafica 3. Altura de planta en centímetros utilizando tratamientos de ácido giberélico y estratificación en semillas de pinabete *Abies guatemalensis* R.

7.3 Análisis económico

7.3.1 Rentabilidad:

Es una relación entre quetzales ganados versus quetzales invertidos que generalmente se expresa en porcentaje de quetzales ganados versus quetzales invertidos. Este criterio cuando se aplica a varias alternativas o tratamientos, dado que expresa la razón de quetzales ganados versus quetzales invertidos para cada alternativa, no siempre conduce a la alternativa de máxima ganancia.(32)

Su formula general es:

$$R = [(IB - CT)/CT] * 100$$

Mediante el análisis económico efectuado para el mejor tratamiento y del resultado obtenido de los análisis de varianza, mediante la comparación múltiple medias de acuerdo con el criterio de Tukey, se determino que los mejores tratamientos para la variable porcentaje de germinación fueron los tratamientos donde se utilizo ácido giberélico en 300 ppm con un porcentaje de germinación del 13%, y el tratamiento de estratificación en arena de río por un tiempo de 75 días con un porcentaje de germinación del 11%.

Obteniéndose una rentabilidad de 425%; utilizando ácido giberélico en 300 ppm, esto significa que por un quetzal invertido se obtiene Q. 4.25 de ganancia (ver cuadro 19 apéndice).

Para la estratificación en arena de río se obtiene una rentabilidad de 6,344.2%, esto significa que por un quetzal invertido se obtiene Q. 634.42 de ganancia. (ver cuadro 18 apéndice).

VIII. CONCLUSIONES

1. Mediante los análisis de varianza efectuados a la variable porcentaje de germinación se encontraron efectos significativos en los tratamientos con ácido giberélico y estratificación, no así en los tratamientos en los que se utilizó ácido clorhídrico, ni en sus interacciones.
2. Las semillas que se sumergieron en Ga₃ en altas concentraciones (300 partes por millón) y estratificación en periodos mas prolongados de frío (75 días), se observó una reducción del número de días en la germinación de semillas de pinabete *Abies guatemalensis* R, (14 días) con relación al tiempo normal que se reporta para esta especie (28-35 días).
3. Las semillas de pinabete *Abies guatemalensis* R sometidas al tratamiento con ácido giberélico (Ga₃) a una concentración de 300 ppm reportaron una media de 13 por ciento de germinación, la que superó en 5% por ciento de germinación al valor reportado por el testigo (6.0 por ciento) así como al valor reportado por el Banco de Semillas Forestales (7.0 por ciento).
4. Las semillas de pinabete *Abies guatemalensis* R sometidas a la estratificación por un tiempo de 75 días (11 por ciento) incrementó la germinación de estas en 4.0 por ciento, en comparación con los resultados obtenidos utilizando una estratificación de 25 días (8.0 por ciento) así como el resultado obtenido por el testigo (7.0 por ciento).
5. En cuanto a la variable altura de plantas de pinabete *Abies guatemalensis* R. se encontró diferencias significativas en la interacción ácido giberélico*estratificación en comparación con las otras interacciones, siendo esta la interacción que reportó una mayor altura (5.77 cms) utilizando 300 ppm de ácido giberélico y estratificación por 75 días; bajo condiciones controladas de invernadero, por lo que esta interacción beneficia un mejor desarrollo de las plantas que podrían en un momento dado alcanzar rápidamente su desarrollo y ser trasladadas al campo definitivo.

IX. RECOMENDACIONES

1. Validar los resultados de esta investigación realizando pruebas donde se aplique a las semillas de pinabete *Abies guatemalensis* R., tratamientos de ácido giberélico en 300 partes por millón; sumergidas durante 24 horas en agua destilada y luego por otras 24 horas en el regulador de crecimiento (Ga3) y estratificación por espacio de 75 días ya que en este estudio se identificaron como los mejores tratamientos.
2. Se recomienda efectuar otras evaluaciones aumentando la concentración de Ácido Giberélico y el tiempo de estratificación en días, destinadas a explorar la posibilidad de incrementar el porcentaje de germinación en semillas de pinabete *Abies guatemalensis* R; bajo condiciones de laboratorio.
3. Para fines comerciales el tratamiento que resulta ser rentable es el tratamiento de estratificación, en comparación con la aplicación de ácido giberélico; ya que utilizando la estratificación, la rentabilidad es de Q.634.42 (seiscientos treinta y cuatro quetzales con cuarenta y dos centavos). utilizando para este tratamiento 14.29 gramos de semilla almacenada por un tiempo de 75 días en el cuarto frío y utilizando 0.042 m³. de arena para realizar la estratificación; mientras que utilizando ácido giberélico se necesita 0.17 gramos para preparar 300 partes por millón, utilizando 14.29 gramos de semilla, siendo su rentabilidad de Q.4.25 (cuatro quetzales con veinticinco centavos).

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Becaria Guatemalteca, GT. 1991. Guauhitemala: lugar de bosques. Guatemala, Piedra Santa. v. 1, p. 62-65
2. Castillo, D. 1991. Estudio de crecimiento y rendimiento de *Cupressus lusitanica*, en la finca municipal Florencia, Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 41 p.
3. CATIE, CR. 1997. Nota técnica sobre manejo de semillas forestales *Gliricidia sepium* Jacquin. Turrialba, Costa Rica. P. 1-2 (Nota Técnica no. 3).
4. CITES. ES. s.f. Pinacea, *Abies guatemalensis* R. (en línea). España, Universidad de Córdoba. Consultado 11 Sep. 2003. Disponible en: <http://www.uco.es/organiza/servicios/jardin/cd1/maderas%20CITES/abies.htm>
5. CONABIO, MX. 1996. Tratamiento pregerminativo en *Albizia lebbbeck* (L.) Benth. (en línea) México. Consultado 11 Sep. 2003. Disponible en http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/39-legum5m.pdf.
6. CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT) 1990. El pinabete es nuestro. Guatemala. no.7, 6 p.
7. CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas. GT) 1996. Lista roja de flora silvestre para Guatemala. Diario de Centro América (Guatemala.) no.1, p. 4-19
8. CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas. GT) 1999. Diagnostico de las poblaciones naturales de pinabete (*Abies guatemalensis* R.) en Guatemala y estrategia para su conservación, Guatemala. Doc. 11, 38 p.
9. Cooperativa Ambiental de Coníferas y su Reforestación, GT. 1985. *Abies guatemalensis*: informe sobre el estado en que se encuentra el estudio a los dos años. Boletín de CAMCORE sobre Asuntos Forestales Tropicales (US) no.3, 19 p.
10. Cruz, JR. De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 24 p.
11. Derek B, J; Black, M. 1985. Seeds physiology of development and germination. New York, (US), Plenum Press. p. 175-200
12. Díaz, AL. 1993. Estudio de la reducción del bosque de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) y sus condiciones microclimáticas de germinación *in situ* en Palestina de los Altos, Quetzaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala USAC. 45 p.
13. García Rodríguez, GR. 1989. Respuesta de la semilla de tres especies forestales (*Abies guatemalensis* Rehder, *Tectona grandis* Linneo y *Juglans guatemalensis* Manning) a varios tratamientos pre-germinativos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 37 p.

14. García Tello, W. 1995. Estudio de la respuesta de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) a su reproducción vegetativa in vitro utilizando dos medios de cultivo, dos explantes y seis combinaciones hormonales. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 56 p.
15. Gómez Gálvez, BA. 1999 Estudios Anatómico y Morfológico de la semilla de pinabete. (*Abies guatemalensis* R.) Tesis Ing. Agr. Guatemala, URL. Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales. 55 p.
16. Gonzales, M. ; Castañeda, C. 1983. Las comunidades de pinabete (*A. guatemalensis* Rehder) en Guatemala. Tikalia (GT) 2 (1):5-36.
17. Gonzáles Martínez, J.H. 1979. Caracterización ecológica de las comunidades de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 79 p.
18. Hartmann, HT; Kestler, DE. 1988. Propagación de plantas; principio y práctica. 2 ed. México, McGraw-Hill. 760 p.
19. INAFOR (Instituto Nacional Forestal, GT) 1977. Tablas de volumen para las especies coníferas de Guatemala, Guatemala 162 p. (Documento de Trabajo no. 17)
20. ISTA (International Seed Testing Association, SW). 1996. International rules for seed testing. Zurich, Switzerland. 159 p.
21. LA FACU. US. s.f. Ácido clorhídrico. (en línea). US. Consultado 11 Sep. 2003. Disponible en www.lafacu.com/apuntes/quimica/aci_clo/default.htm
22. Monroy Escobar, VM. 1985. Efecto de escarificación y de tres estimuladores de la germinación en semillas de cardamomo (*Elettaria cardamomum* (L) Maton) bajo condiciones de laboratorio y de campo. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 84 p.
23. Niembro Roca, A. 1986. Mecanismos de reproducción sexual en pinos. México, Limusa, 130 p.
24. Peñalonzo, R. ; Zanotti, JR. 1989. El pinabete (*Abies guatemalensis*), su producción para árboles de navidad. Guatemala Dirección General de Bosques y Vida Silvestre. 21 p.
25. Pivaral Leiva, LI. 1999 Desarrollo de patrones de tinción de tetrazolio e índigo carmín, para determinar viabilidad en semillas de *Enterolbium cyclocarpum*, (Conacaste), *Gliricidia sepium* (Madrecacao) y *Delonix regia*. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 75 p.
26. Ramírez, E; Perez, GE. 2000 Adaptación de un Método de embriogenesis somática para la regeneración de embriones asexuales de pinabete (*Abies guatemalensis* R.) MAGA-ICTA-UNEPROCH. Quetzaltenango, Guatemala. 25 p.
27. Roberts, EH. 1972. Viability of seed. US, University Press. p. 321-325
28. Ruiz Peña, MC; Orozco de Amézquita, M. 1986. Efectos del pre-enfriamiento y la escarificación química y mecánica sobre el porcentaje de germinación de *Alnus acuminata* H.B.K. Boletín Pérez-Arbelaesia (CO) 1(3):357-370.

29. Salazar, ME. 1991. Development of treatments to improve seed germination, and effect of nitrogen on seedling growth of *Abies guatemalensis* Rehder. Tesis MSc. US, University of State North Carolina. 102 p.
30. Saquimux, CF; Castiglione J; Salazar JR.1999. Generación de Tecnología en el desarrollo inicial del cultivo del pinabete (*Abies guatemalensis* R.). Quiche, Guatemala, MAGA-ICTA-UNEPROCH, 43 p.
31. Simmons, C; Tarano, JM.; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
32. Sitún, AM. 1996. Guía para el Análisis Económico de Resultados Experimentales. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, CIAGROS, Boletín Informativo no. 2-96, 12 p.
33. Vásquez, F; Aspuaca JR. 2002. Practicas de laboratorio del curso de tecnología de semillas. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 52 p
34. Weaver, RJ. 1976. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. México, CECSA. 352 p.

XI. APENDICE

GLOSARIO

BANSEFOR: Banco de Semillas Forestales

CAMCORE: Cooperativa Ambiental de Coníferas y su Reforestación

CONAP: Comisión de Areas Protegidas

ECODESA: Equipo de Consultores de Desarrollo Ecológico Sostenible S.A.

Ga₃: Acido Giberélico

HCl: Acido Clorhídrico

H₂SO₄: Acido Sulfúrico

INAFOR: Instituto Nacional Forestal

ISTA (abreviaturas en ingles): Asociación Internacional para ensayos de semillas

MSNM: Metros sobre el Nivel del Mar

PINFOR: Proyecto de Incentivos Forestales

PPM: Partes Por Millón

Cuadro 12. Media del porcentaje de germinación en semillas de pinabete *Abies guatemalensis* R. utilizando 0 días de estratificación.

CUADRO "A"		
Tratamiento		% Germinación
		(Promedio de trat.)
1	A1B1C1	7.33
2	A1B2C1	4.67
3	A1B3C1	6.00
4	A2B1C1	8.67
5	A2B2C1	6.67
6	A2B3C1	2.00
7	A3B1C1	6.00
8	A3B2C1	6.00
9	A3B3C1	9.00
10	A4B1C1	10.67
11	A4B2C1	8.67
12	A4B3C1	11.33

Acido giberélico Ga₃	
A1	0 ppm
A2	100 ppm
A3	200 ppm
A4	300 ppm

Acido clorhídrico HCl	
B1	0 molar
B2	0.1 molar
B3	0.2 molar

Estratificación	
C1	0 días
C2	25 días
C3	75 días

Cuadro 13. Media del porcentaje de germinación en semillas de pinabete *Abies guatemalensis* R. utilizando 25 días de estratificación.

CUADRO "B"		
Tratamiento		% Germinación
		(Promedio de trat.)
1	A1B1C2	6.67
2	A1B2C2	3.33
3	A1B3C2	3.33
4	A2B1C2	6.00
5	A2B2C2	6.67
6	A2B3C2	5.33
7	A3B1C2	6.67
8	A3B2C2	13.33
9	A3B3C2	8.67
10	A4B1C2	15.33
11	A4B2C2	12.67
12	A4B3C2	12.00

Acido giberélico Ga₃	
A1	0 ppm
A2	100 ppm
A3	200 ppm
A4	300 ppm

Acido clorhídrico HCl	
B1	0 molar
B2	0.1 molar
B3	0.2 molar

Estratificación	
C1	0 días
C2	25 días
C3	75 días

Cuadro 14. Media del porcentaje de germinación en semillas de pinabete *Abies guatemalensis* R. utilizando 75 días de estratificación.

CUADRO "C"		
Tratamiento		% Germinación (Promedio de trat.)
1	A1B1C3	8.00
2	A1B2C3	6.67
3	A1B3C3	8.67
4	A2B1C3	9.33
5	A2B2C3	8.67
6	A2B3C3	7.33
7	A3B1C3	14.00
8	A3B2C3	12.67
9	A3B3C3	14.67
10	A4B1C3	16.00
11	A4B2C3	16.67
12	A4B3C3	11.33

Acido giberélico Ga₃	
A1	0 ppm
A2	100 ppm
A3	200 ppm
A4	300 ppm

Acido clorhídrico HCl	
B1	0 molar
B2	0.1 molar
B3	0.2 molar

Estratificación	
C1	0 días
C2	25 días
C3	75 días

Cuadro 15. Media de la altura de plantas de pinabete *Abies guatemalensis* R. en centímetros utilizando 0 días de estratificación.

CUADRO "A"		
Tratamiento		Altura de plantas (cms) (Promedio de trat.)
1	A1B1C1	2.67
2	A1B2C1	2.10
3	A1B3C1	2.03
4	A2B1C1	2.13
5	A2B2C1	2.13
6	A2B3C1	3.50
7	A3B1C1	3.50
8	A3B2C1	2.30
9	A3B3C1	3.87
10	A4B1C1	2.93
11	A4B2C1	2.80
12	A4B3C1	2.47

Acido giberélico Ga₃	
A1	0 ppm
A2	100 ppm
A3	200 ppm
A4	300 ppm

Acido clorhídrico HCl	
B1	0 molar
B2	0.1 molar
B3	0.2 molar

Estratificación	
C1	0 días
C2	25 días
C3	75 días

Cuadro 16. Media de la altura de plantas de pinabete *Abies guatemalensis* R. en centímetros utilizando 25 días de estratificación.

CUADRO "B"		
		Altura de plantas (cms)
Tratamiento		(Promedio de trat.)
1	A1B1C2	3.47
2	A1B2C2	1.40
3	A1B3C2	3.87
4	A2B1C2	2.47
5	A2B2C2	4.00
6	A2B3C2	2.70
7	A3B1C2	2.90
8	A3B2C2	4.27
9	A3B3C2	5.70
10	A4B1C2	2.47
11	A4B2C2	4.53
12	A4B3C2	4.57

Acido giberélico Gas	
A1	0 ppm
A2	100 ppm
A3	200 ppm
A4	300 ppm

Acido Clorhídrico HCl	
B1	0 molar
B2	0.1 molar
B3	0.2 molar

Estratificación	
C1	0 días
C2	25 días
C3	75 días

Cuadro 17. Media de la altura de plantas de pinabete *Abies guatemalensis* R. en centímetros utilizando 75 días de estratificación.

CUADRO "C"		
		Altura de plantas (cms)
Tratamiento		(Promedio de trat.)
1	A1B1C3	1.90
2	A1B2C3	2.43
3	A1B3C3	3.27
4	A2B1C3	2.70
5	A2B2C3	4.30
6	A2B3C3	1.43
7	A3B1C3	4.30
8	A3B2C3	2.87
9	A3B3C3	2.70
10	A4B1C3	6.80
11	A4B2C3	5.73
12	A4B3C3	4.77

Acido giberélico Gas	
A1	0 ppm
A2	100 ppm
A3	200 ppm
A4	300 ppm

Acido Clorhídrico HCl	
B1	0 molar
B2	0.1 molar
B3	0.2 molar

Estratificación	
C1	0 días
C2	25 días
C3	75 días

Cuadro. 18 Costos de estratificación en semillas de pinabete *Abies guatemalensis* R.

Costos de estratificación en semillas de pinabete <i>Abies guatemalensis</i> R.		
PRODUCTOS	CANTIDAD	COSTO TOTAL
Semilla de pinabete	1 lb.	Q.430.00
Arena de río	1 m ³	Q.40.00
Estratificación cuarto frío (BANSEFOR)	30 días	Q.2.40

CALCULOS

ESTRATIFICACIÓN:

Datos:

- 1 semilla pesa: 0.03325 gr
- 450 semillas usadas en los 75 días de estratificación (mejor tratamiento)
- Costo de 1 lb. de pinabete Q. 430.00
- 450 semillas pesan 14.96 gr
- Q. 2.40 precio por almacenaje de un Kg. semilla por un mes (BANSEFOR)
- 1 m³. de arena de río su costo es de Q. 40.00 (BANSEFOR)
- Medida de las cajas germinadoras: 0.36 cm de largo; 0.26 cm de ancho y 0.05 cm profundidad de estratificación (BANSEFOR)
- 9 cajas utilizadas para los 75 días de estratificación (BANSEFOR)

$$0.36 \text{ cm} * 0.26 \text{ cm} * 0.05 = 0.00468 \text{ m}^3. \text{ arena} * 9 \text{ cajas} = 0.04212 \text{ m}^3. \text{ arena}$$

$$450 \text{ semillas} * (0.03325\text{gr}/1 \text{ semilla}) = 14.96 \text{ gr}$$

$$\text{a) } (Q. 2.40/30 \text{ días}) * 75 \text{ días} = \text{Q. } 6.00$$

$$\text{b) } (Q. 2.40/1000 \text{ gr}) * 14.96 \text{ gr} = \text{Q. } 0.0359$$

$$\text{c) } (Q. 40.00/1 \text{ m}^3. \text{ arena}) * 0.04212 \text{ m}^3. = \text{Q. } 1.68$$

	Q. 7.72
Total	Q. 7.72

Rentabilidad: su formula es $R = [(IB - CT)/CT]*100$

$$Q. 430.00/450 \text{ gr de semilla (1 lb.)} * 14.96 \text{ gr de semilla utilizada} = \text{Q. } 14.29$$

Costo fijo: Q. 2.40

Costo variable: Q. 7.72

Volumen de producción: 450 semillas usadas

Su costo es de: Q. 14.29

$$\text{Costo total: } Q. 7.72 + Q. 2.40 = \text{Q. } 10.12$$

$$\text{Ingreso bruto: } 450 \text{ semillas usadas} * \text{Q. } 14.29 = \text{Q. } 6,430.50$$

$$\text{Ingreso neto: } Q. 6430.5 - Q. 10.12 = \text{Q. } 6,420.38$$

Rentabilidad: $6,420.38/10.12 = 634.42 = 6,344.2\%$

Cuadro. 19 Costos de aplicación del Acido Giberélico en semillas de pinabete *Abies guatemalensis* R.

Costos de aplicación del Acido Giberélico en semillas de pinabete <i>Abies guatemalensis</i> R.		
PRODUCTOS	CANTIDAD	COSTO TOTAL
Semilla de pinabete	1 lb.	Q.430.00
Acido Giberélico cristalino 90%	1 gr	Q.1045.00

ACIDO GIBERÉLICO

Datos:

- ppm equivalente : mg/lit
- 500 ml preparados
- 450 semillas usadas para 300 ppm de Ga₃ (mejor tratamiento)
- Costo de 1 lb. de pinabete Q. 430.00
- 450 semillas pesan 14.96 gr
- pureza del reactivo: 90%
- Concentración de 300 ppm de Ga₃ (mejor tratamiento)

a) $(300 \text{ mg/lit} * 0.5 \text{ lit}) * (100\% / 90\%) * (1 \text{ gr}/1000 \text{ mg}) = 0.17 \text{ gr de reactivo}$

b) $Q. 1045.00 / 1 \text{ gr de reactivo} * 0.17 \text{ gr de reactivo} = Q. 177.65$ costo de 0.17 gr de reactivo para preparar 300 ppm de Ga₃.

Rentabilidad: su formula es $R = [(IB - CT)/CT]*100$

$Q. 430.00/450 \text{ gr de semilla (1 lb.)} * 14.96 \text{ gr de semilla utilizada} = Q. 14.29$

Costo fijo: Q. 1,045.00

Costo variable: Q. 177.65

Volumen de producción: 450 semillas usadas

Su costo es de: Q. 14.29

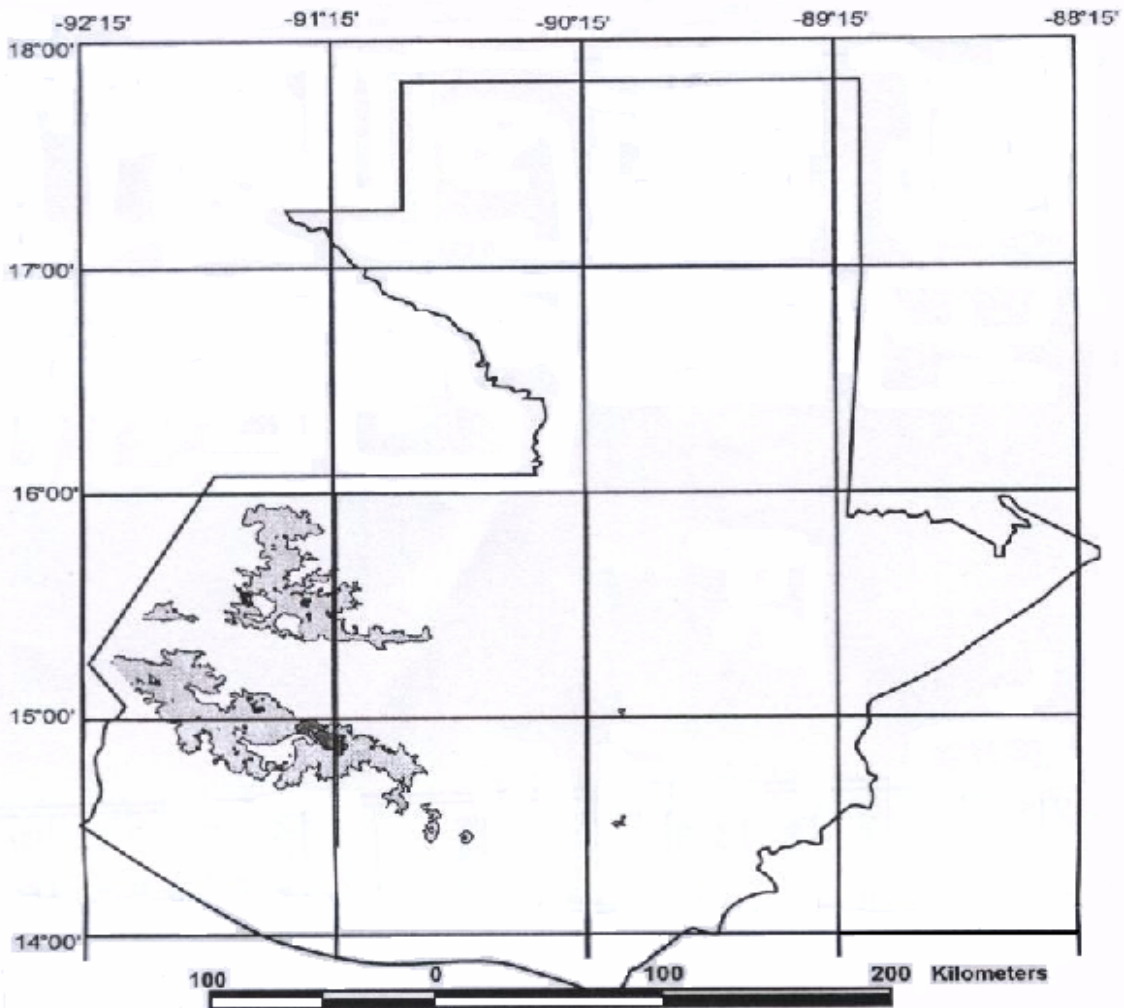
Costo total: $Q. 177.65 + Q. 1045.00 = Q. 1,222.65$

Ingreso bruto: $450 \text{ semillas usadas} * Q. 14.29 = Q. 6,430.50$

Ingreso neto: $Q. 6430.5 - Q. 1222.65 = Q. 5,207.85$





Rentabilidad: $5,207.85/1,222.65 = 4.25 = 425\%$

ESTADO DEL PINABETE EN GUATEMALA



Autor: Elmer López. Noviembre de 1999

SIMBOLOGIA

-  Limite del pais
-  Referencia
-  Area actual de pinabete
-  Distribucion original

Distribucion original	558,858 ha
Distribucion actual	25,255 ha
Area de amortiguamiento	13,958 ha
Porcentaje actual sobre la distribucion original	4%

Escala 1:2.500.000

Fig. 5 Estado del pinabete en Guatemala. (6)