

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

COMPORTAMIENTO DE LA VIABILIDAD DE LAS SEMILLAS DE CUATRO ESPECIES
FORESTALES, ALMACENADAS A 5 ° C EN EL BANCO DE SEMILLAS FORESTALES
DEL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES –BANSEFOR- GUATEMALA

DAVID ALEJANDRO VALDEZ CANCINOS

Guatemala, Abril del 2005

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

COMPORTAMIENTO DE LA VIABILIDAD DE LAS SEMILLAS DE CUATRO ESPECIES
FORESTALES, ALMACENADAS A 5 ° C EN EL BANCO DE SEMILLAS FORESTALES
DEL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES –BANSEFOR- GUATEMALA

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

POR

DAVID ALEJANDRO VALDEZ CANCINOS

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

Guatemala, Abril del 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. M.V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	DR. ARIEL ABDERRAMAN ORTIZ LOPEZ
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. ALFREDO ITZEP MANUEL
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. MANUEL DE JESUS MARTINEZ OVALLE
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. ERBERTO RAUL ALFARO ORTIZ
VOCAL CUARTO	Maestro JUVENCIO CHOM CANIL
VOCAL QUINTO	Maestro BAYRON GEOVANY GONZALEZ CHAVAJAY
SECRETARIO	Ing. Agr. PEDRO PELAEZ REYES

Guatemala, Abril del 2005

Honorable junta directiva
Honorable tribunal examinador
Facultad de agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Distinguidos miembros:

De conformidad con las normas establecida en la Ley Organica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado

COMPORTAMIENTO DE LA VIABILIDAD DE LAS SEMILLAS DE CUATRO ESPECIES FORESTALES, ALMACENADAS A 5 ° C EN EL BANCO DE SEMILLAS FORESTALES DEL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES –BANSEFOR- GUATEMALA

Presentado como requisito previo a optar él titulo de Ingeniero Agrónomo en sistemas de producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

En espera de su aprobación, me es grato presentarles mi agradecimiento.

Atentamente,

David Alejandro Valdez Cancinos

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS Todopoderoso por concederme la oportunidad de alcanzar una de las metas más importantes de mi vida.

MIS PADRES Víctor Manuel Valdez de León
Ana Maria de Valdez
Por sus sacrificios y apoyo incondicional, los cuales se ven recompensados en el triunfo que he alcanzado.

MI HERMANO Carlos Raúl

MIS ABUELOS Manuel Valdez Tello (Q.E.P.D)
Josefina de Valdez (Q.E.P.D)
David Cancinos Barrios (Q.E.P.D)
Maria de Cancinos (Q.E.P.D)

MIS TIOS

MIS PRIMOS

MIS FAMILIARES POLÍTICOS

MIS COMPAÑEROS

MIS PADRINOS DE GRADUACIÓN

TESIS QUE DEDICO

A:

GUATEMALA.

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

LA FACULTAD DE AGRONOMÍA.

EL GREMIO NACIONAL DE AGRÓNOMOS.

EL BANCO DE SEMILLAS FORESTALES.

TODOS MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS.

AGRADECIMIENTOS

A:

Ing. Agr. Francisco Javier Vásquez Vásquez por su tiempo, dedicación y su valiosa asesoría prestada en el desarrollo del presente trabajo de tesis.

Todo el personal del Banco de Semillas Forestales (BANSEFOR)
Por su valiosa colaboración en la ejecución del Presente estudio.

Mis compañeros, por su amistad y ayuda a lo largo de mi carrera y en la Ejecución del presente estudio.

INDICE GENERAL

	Contenido	PAGINA
	Índice de cuadros	iv
	Índice de figuras	v
	Índice de gráficas	vi
	Resumen	vii
1.	Introducción	1
2.	Planteamiento del problema	3
3.	Marco teórico	4
3.1	Marco conceptual	4
3.1.1	Pino colorado, pino de ocote, pino Chaj. (<i>Pinus oocarpa</i> Schiede)	4
3.1.1.2	Características botánicas de la especie	4
3.1.1.3	Principales usos de la especie	5
3.1.1.4	Uso de la especie en reforestación	5
3.1.1.5	Calidad física y germinación	5
3.1.1.6	Almacenamiento	5
3.1.2	Pinabete (<i>Abies guatemalensis</i> Rehder)	5
3.1.2.2	Características botánicas de la especie	5
3.1.2.3	Principales usos de la especie	6
3.1.2.4	Uso de la especie en reforestación	6
3.1.2.5	Calidad física y germinación	6
3.1.2.6	Almacenamiento	7
3.1.3	Pino, Ocote, Pino canis. Cantaj, Tzin (<i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore)	7
3.1.3.2	Requerimientos ambientales de la especie	7
3.1.3.3	Principales usos de la especie	7
3.1.3.4	Calidad física y germinación	8
3.1.3.5	Almacenamiento	8
3.1.4	Pino de la sierra (<i>Pinus tecunumanii</i> Eguiluz y Perry)	8
3.1.4.2	Variación de procedencias de la especie	8
3.1.4.3	Potencial de la especie en plantaciones	9
3.1.4.4	Ventajas de la especie	9
3.1.4.5	Desventajas de la especie	9
3.1.4.6	Principales usos de la especie	10
3.1.4.7	Calidad física y germinación	10
3.1.4.8	Almacenamiento	10
3.1.5	Proceso de germinación de la semilla	11
3.1.6	Almacenamiento de semillas	12
3.1.6.2	Determinación del contenido de humedad de las semillas	13
A	Método de mordedura	13
B	Deshidratación por medio del horno	13
3.1.6.3	Temperatura de almacenamiento	14
3.1.6.4	Secado de las semillas	15
A	Método de calor seco	16

B	Método de exposición de las semillas a flujo de aire	16
C	Método de exposición de las semillas a flujo de aire seco	16
3.1.6.5	Envasado de Semillas	17
A	Envasado en latas o tambores aislantes de humedad	18
B	Envasado en cajas de metal o recipientes desecantes sólido	19
3.1.6.6	Pruebas de viabilidad de las semillas	21
A	Incisión del embrión	22
B	Tetrazolium	22
C	Pruebas de germinación	22
A	Capacidad de germinación	23
B	Velocidad de germinación	23
C	Homogeneidad de germinación	23
3.1.6.8	Normas de calidad de semillas	26
3.1.6.9	Análisis de pureza física	26
3.2	Marco referencial	28
3.2.1	Semilla del estudio	28
3.2.2	Taxonomía de las especies	28
3.2.2.2	<i>Pinus oocarpa</i> Schiede	28
3.2.2.3	<i>Abies guatemalensis</i> Rehder	30
3.2.2.4	<i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore	31
3.2.2.5	<i>Pinus tecunumanii</i> Eguluz y Perry	32
3.2.3	Distribución de las especies	33
3.2.3.2	<i>Pinus oocarpa</i> Schiede	33
3.2.3.3	<i>Abies guatemalensis</i> Rehder	35
3.2.3.4	<i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore	36
3.2.3.5	<i>Pinus tecunumanii</i> Eguluz y Perry	36
3.2.2	Localización y características del lugar donde se desarrollará el estudio	37
3.2.3	Estudios similares realizados	37
4.	Objetivos	38
4.1	Objetivo general	38
4.2	Objetivos específicos	38
5.	Hipótesis	39
6.	Metodología	40
6.1	Metodología del muestreo	40
6.2	Tratamientos o poblaciones	40
6.3	Unidad de muestreo	40
6.4	Datos a tomar	40
6.5	Variables a analizar	41
6.6	Análisis de la información	41
7.	Resultados y discusión	42
7.1	<i>Pinus oocarpa</i> Schiede	42
7.1.2	Análisis de pureza física	42
7.1.3	Pruebas de germinación	42
7.2	<i>Abies guatemalensis</i> Rehder	43

7.2.2	Análisis de pureza física	43
7.2.3	Pruebas de germinación	44
7.3	<i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore	45
7.3.2	Análisis de pureza física	45
7.3.3	Pruebas de germinación	46
7.4	<i>Pinus tecunumanii</i> Eguluz y Perry	47
7.4.2	Análisis de pureza física	47
7.4.3	Pruebas de germinación	48
7.5	Comparación múltiple de medias utilizando la distribución t	49
8.	Conclusiones	50
9.	Recomendaciones	51
10.	Bibliografía	52
11.	Apéndice	55

INDICE DE CUADROS

No.	CONTENIDO	No pagina
1	Clasificación taxonómica de <i>Pinus oocarpa</i> Schiede	30
2	Clasificación taxonómica de <i>Abies guatemalensis</i> Rehder	31
3	Clasificación taxonómica de <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore	32
4	Clasificación taxonómica de <i>Pinus tecunumanii</i> Eguiluz y Perry	33
5	Recomendaciones del ISTA acerca de los días de lectura en pruebas de germinación de las especies en estudio	40
6	Resultados del análisis de pureza física para <i>Pinus oocarpa</i> Schiede	42
7	Resultados de las 8 pruebas de germinación para <i>Pinus oocarpa</i> Schiede	42
8	Resultados del análisis de pureza física para <i>Abies guatemalensis</i> Rehder	44
9	Resultados de las 8 pruebas de germinación para <i>Abies guatemalensis</i> Rehder	44
10	Resultados del análisis de pureza física para <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore	46
11	Resultados del análisis de las 8 pruebas de germinación para <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore	46
12	Resultados del análisis de pureza física para <i>Pinus tecunumanii</i> Eguiluz y Perry	47
13	Resultados del análisis de las 8 pruebas de germinación para <i>Pinus tecunumanii</i> Eguiluz y Perry	48
14	Comparación múltiple de medias utilizando la distribución t	49
15 a	Cronograma de actividades	56
16 a	Representación de los porcentajes máximos y mínimos de pruebas de germinación de las especies en estudio hechas por BANSEFOR.	57
17 a	Análisis de varianza para <i>Pinus tecunumanii</i> Eguiluz y Perry	57
18 a	Análisis de varianza para <i>Pinus oocarpa</i> Schiede	57
19 a	Análisis de varianza para <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore	57
20 a	Análisis de varianza para <i>Abies guatemalensis</i> Rehder	58

INDICE DE FIGURAS

	CONTENIDO	PAGINA
1	Secado de semillas con flujo continuo de aire	16
2	Exposición de las semillas a flujos de aire seco	17
3	Recipiente de lamina para almacenar semillas	18
4	Plano de un cuarto para almacenar semillas por largos periodos de tiempo	19
5	Recipientes aislantes de humedad para almacenar semillas	19
6	Opciones para almacenar los recipientes que contienen semillas	20
7	Cajas metálicas para almacenamiento de semillas	20
8	Distribución geográfica de colorado <i>Pinus oocarpa</i> Schiede	34
9	Distribución geográfica de <i>Abies guatemalensis</i> Rehder	35
10	Distribución geográfica de <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore,	36
11	Distribución geográfica de <i>Pinus tecunumanii</i> Eguluz y Perry,	37

INDICE DE GRÁFICAS

	CONTENIDO	PAGINA
1	Gráfica de la distribución de las pruebas de germinación de <i>Pinus oocarpa</i> Schiede.	43
2	Gráfica de la distribución de las pruebas de germinación de <i>Abies guatemalensis</i> Rehder.	45
3	Gráfica de la distribución de las pruebas de germinación de <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore.	47
4	Gráfica de la distribución de las pruebas de germinación de <i>Pinus tecunumanii</i> Eguiluz y Perry.	48
5	Modelo de regresión lineal simple al que se ajustan los datos de germinación en función del almacenamiento de <i>Pinus tecunumanii</i> Eguiluz y Perry	49

Comportamiento de la viabilidad de las semillas de cuatro especies forestales, almacenadas a 5 ° C en el banco de semillas forestales de Instituto Nacional de Bosques –BANSEFOR- Guatemala

Behavior of the Viability of the seed of the four forestall species, storage at 5 ° C in the gene bank of Guatemala

RESUMEN

Las cuatro especies existentes en Guatemala, Pinabete *Abies guatemalensis* Rehder, Pino candelillo *Pinus maximinoi* H.E. Moore, Pino colorado *Pinus oocarpa* Schiede, Pino de la sierra *Pinus tecunumanii* Eguluz y Perry, tienen importancia para nuestro país desde el punto de vista socioeconómico, así como lo sería la perpetuación genética de estas especies, reforestaciones voluntarias, mejoramiento del ambiente.

El objetivo primordial de esta investigación fue la creación de ecuaciones con las cuales se pueda predecir la viabilidad de las semillas de estas especies en base al tiempo de almacenamiento.

En el presente estudio se evaluaron ocho pruebas de germinación en función del tiempo de almacenamiento, dichas pruebas fueron basadas en las reglas que norma el ISTA (International Seed Testing Association).

La fase de experimentación se llevó a cabo en el –BANSEFOR- (Banco de semillas forestales), dicho banco es una dependencia del Instituto Nacional de Bosques de nuestro país.

La metodología consistió en evaluar 4 repeticiones de 50 semillas de cada especie, de las cuales se obtenía el promedio y por lo tanto un resultado por prueba de cada una de las especies en estudio. Los resultados de la germinación en función del tiempo de almacenamiento fueron analizados por un modelo de regresión lineal simple.

Con base en los análisis efectuados se determinó que la viabilidad de las semillas de la especie *Pinus tecunumanii* Eguluz y Perry fue afectada por el tiempo de almacenamiento, iniciando con un % de germinación de 68 y finalizó con 86, mostrando así un incremento de 18 % en la germinación a los 168 días de almacenamiento. La especie *Pinus oocarpa* Schiede, fue afectada por el tiempo de almacenamiento, iniciando con un % de germinación de 70 y finalizó con 80, mostrando así un incremento del 10 % en 168 días de almacenamiento. La especie *Abies guatemalensis* Rehder, disminuyó su germinación en un 3 %, iniciando su porcentaje de germinación en 5 y terminando en 2, a los 224 días de almacenamiento. En el mismo sentido La especie *Pinus maximinoi* H.E. Moore, disminuyó su germinación en un 4 %, empezando con 78 y finalizando con 74 a los 168 días de almacenamiento.

De acuerdo a los resultados obtenidos se determinó que solo para la especie *Pinus tecunumanii* Eguiluz y Perry, se ajustan los datos obtenidos a un modelo de regresión lineal simple, dando así una ecuación de (Y: porcentaje de germinación)= $65.780+0.1213(x: \text{días de almacenamiento})$, para que nos pueda servir con fines de predicción.

Para las otras 3 especies: *Abies guatemalensis* Rehder, *Pinus maximinoi* H.E. Moore, *Pinus oocarpa* Schiede, los datos de germinación obtenidos en el estudio en función de los días de almacenamiento no pueden ser ajustados a un modelo de regresión lineal por lo cual no se puede crear una ecuación de regresión con fines con fines de predicción.

1. INTRODUCCIÓN

Las especies existentes en Guatemala, Pinabete *Abies guatemalensis* Rehder, Pino candelillo *Pinus maximinoi* H.E. Moore, Pino colorado *Pinus oocarpa* Schiede, Pino de la sierra *Pinus tecunumanii* Eguiluz y Perry, tienen importancia para nuestro país; en los programas de reforestación especialmente en los planes de incentivos forestales (PINFOR), en el mejoramiento del ambiente, influencia en el ciclo hidrológico y además un rol importante en el abastecimiento de leña para las comunidades.

El Banco de Semillas Forestales (BANSEFOR) del Instituto Nacional de Bosques (INAB) es el ente que se encarga de la selección de rodales productores de semilla, recolección de las mismas y luego el proceso de beneficiado.

Posteriormente a estas fases se procede al almacenamiento de ellas en cámaras refrigeradas para la buena conservación de la viabilidad de las mismas.

Aunque se utilizan técnicas de manejo adecuadas, algunos de los usuarios del banco manifiestan una disminución de la germinación de las semillas, esto conlleva a los productores de plántulas forestales a pérdidas económicas.

Mediante esta investigación se pretende crear curvas de germinación en función del tiempo de almacenamiento de las cuatro especies antes descritas, mediante esta información el BANSEFOR sabrá con exactitud en que momento del almacenaje la viabilidad de dichas semillas decae a niveles inaceptables comercialmente.

A la vez de conocer la viabilidad de las semillas durante el estudio se podrán observar parámetros con los cuales se pueda determinar hasta que momento es factible el almacenamiento de las mismas en el BANSEFOR.

Con base en los análisis efectuados se determinó que la viabilidad de las semillas de la especie *Pinus tecunumanii* Eguiluz y Perry fue afectada por el tiempo de almacenamiento, iniciando con un % de germinación de 68 y finalizo con 86, mostrando así un incremento de 18 % en la germinación a los 168 días de almacenamiento. La especie *Pinus oocarpa* Schiede, fue afectada por el tiempo de almacenamiento, iniciando con un % de germinación de 70 y finalizo con 80, mostrando así un incremento del 10 % en 168 días de almacenamiento. La especie *Abies guatemalensis* Rehder, disminuyó su germinación en un 3 %, iniciando su porcentaje de germinación en 5 y terminando en 2, a los 224 días de almacenamiento. En el mismo sentido La especie *Pinus maximinoi* H.E. Moore, disminuyó su germinación en un 4 %, empezando con 78 y finalizando con 74 a los 168 días de almacenamiento.

Mediante esta investigación se determinó que al ajustar los datos obtenidos del porcentaje de germinación con el modelo de regresión lineal simple se puede pronosticar la viabilidad de las semillas de *Pinus tecunumanii* Eguluz y Perry, pero para las otras tres especies: *Abies guatemalensis* Rehder, *Pinus maximinoi* H.E. Moore, no se puede predecir la viabilidad de sus semillas

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Guatemala la producción de semillas certificadas de las siguientes especies forestales: Pinabete *Abies guatemalensis* Rehder, Pino candelillo *Pinus maximinoi* H.E. Moore, Pino colorado *Pinus oocarpa* Schiede, Pino de la sierra *Pinus tecunumanii* Eguluz y Perry, es una actividad que le representa beneficios a BANSEFOR y posteriormente a los usuarios del banco. Una información certera de un lote de semilla del porcentaje de germinación, su pureza física, contenido de humedad entre otras son de importancia para tener éxito en la germinación de las mismas.

Los usuarios que adquieren dicha semillas forestales manifiestan que en algunas ocasiones el porcentaje de germinación baja un poco.

El problema fundamental radica en que la institución no cuenta con información relacionada con la viabilidad de las semillas de estas especies, en función del tiempo de almacenamiento, a tal grado que no se sabe si la semilla mantiene su viabilidad, se incrementa o disminuye conforme es almacenada.

La germinación influye directamente en el número de plántulas obtenidas, que posteriormente algunas serán utilizadas en programas de reforestación, ya que el éxito de estas actividades depende en gran medida de la germinación de las semillas.

En este sentido es importante la realización de investigaciones de este tipo ya que en el ámbito nacional las investigaciones científicas sobre la viabilidad de las semillas en función del tiempo de almacenamiento son escasas.

A la vez el presente trabajo se justifica en virtud de que los usuarios del BANSEFOR, resultan beneficiados al adquirir semillas que garanticen su viabilidad y por ende aprovechar mejor este recurso en proyectos de reforestación en el ámbito nacional.

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Pino colorado, pino de ocote, pino Chaj (14) Pino resinoco, ocote macho (5) (*Pinus oocarpa* Schiede)

3.1.1.2 Características botánicas de la especie

Hojas

Generalmente cinco por fascicula de 17-29 cm. Tiesas rara vez suaves, de color verde claro. Canales subterminales. Largamente pedunculadas de color verde claro. Canales resinífero septales.

Vainas

Persistentes de 9-13 cm. Con escamas acuminadas subterminales largamente pedunculadas de color azulado (14).

Flores

En honduras la floración se inicia en julio, sin embargo las primeras flores se ven en septiembre. En México la floración ocurre de noviembre a marzo, siendo más abundante en diciembre y enero. La polinización anemófila comienza a principios de diciembre y termina a mediados de enero (5).

Las flores masculinas son largamente cilíndricas, de color amarillo llamativo, las femeninas son azuladas. Floración diciembre-febrero.

Conillos

Son subterminales sobre pedúnculos relativamente largos.

Yemas

Ovoide cónico u oblongas, de color castaño.

Conos

Persistentes y numerosos, anchamente ovoide u ovoide cónico, hasta globulosos. Tamaño 5-9-3 cm. Largo y 4.5-7.5 cm. Ancho, bien firme y de escamas duras. (11) Su coloración es color café oscuro, lustroso se agrupan de 2 a 3 en las ramas (5).

Ramas

Generalmente gruesas, pero a veces también finas, rectas.

Corteza

Agrietada, cortezuda con placas longitudinales, de color gris a café-grisáceo (14).

3.1.1.3 Principales usos de la especie

Construcciones, resinación, leña y palillos de ocote (14).

3.1.1.4 Uso de la especie en reforestación

Se recomienda en amplias zonas dentro de su ámbito. Muy resistente y crece inclusive en suelos pobres y secos. La regeneración natural es buena. En la planificación de la reforestación hay que compararlo con otras especies de pinos en la relación de la producción (14).

3.1.1.5 Calidad física y germinación

Generalmente Existen de 41,000 a 65,000 semillas por kilogramo. Se han reportado porcentajes de germinación de 70 y 90% y porcentajes de pureza de 90 a 99%.

La germinación es epigea y se inicia a los siete días después de la siembra y termina a los 17 días, se reportan porcentajes de germinación superiores a 80% (5).

3.1.1.6 Almacenamiento

En lo que se refiere a almacenamiento, las semillas son del tipo ortodoxo y almacenadas en bolsas selladas a bajas temperatura (3-4 grados centígrados), con un contenido de humedad de 6 a 8% mantiene su poder germinativo superior a 80% (5).

3.1.2 Pinabete (14) Abeto de Guatemala, romerillo (5) (*Abies guatemalensis* Rehder) (14)

3.1.2.2 Características botánicas de la especie

Hojas

En dos filas, semejan agujas rígidas, de color oscuro; las hojas nuevas de color verde claro.

Flores

Unisexuales, las flores femeninas de color rojo púrpura.

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 diámetro, anchamente truncado.

Ramas

Delgadas, morenas, verticiladas, erectas en la parte superior del árbol y colgantes en la parte inferior.

Corteza

Ligeramente surcada y de color moreno-grisáceo en los árboles adultos, gris-blanquecina y lisa en los árboles jóvenes (14).

3.1.2.3 Principales usos de la especie

Su madera es menos apreciada, que la de (*Pinus ayacachuite*), sin embargo lo usan localmente los carpinteros para muebles. El follaje se usa mucho para adornos. Los árboles nuevos se venden como árboles de navidad (14).

3.1.2.4 Uso de la especie en reforestación

En las alturas, bajo semi-sombra, y en lugares con más de 1300 m.m. de precipitación, puede revestir mucha importancia por su excelente crecimiento. En los primeros 8 años su crecimiento es lento pero posteriormente se desarrolla muy bien. Para los árboles de navidad su cultivo será también de mucha importancia (14).

3.1.2.5 Calidad física y germinación

Un kilogramo contiene un promedio entre 30,000 y 35,000 semillas, la semilla fresca presenta bajos porcentajes de germinación (20 a 35%), el contenido de humedad inicial varía entre 15 y 20%. No toleran la deshidratación por debajo del 12% de contenido de humedad. Por lo cual se considera recalcitrantes.

Su germinación es epigea y se inicia a los 6 días después de la siembra y se completa 16 o 22 días después. El bajo porcentaje de germinación está asociado con un alto número de semillas vacías y embriones inmaduros (5).

Según García (1989) el pinabete produce una alta cantidad de semillas sin embrión, y la presencia de depósitos de resina que rodean el embrión puede ser uno de los factores que provocan el bajo porcentaje de germinación de la semilla, pero esto aun no a sido comprobado por estudios (10).

La especie no requiere tratamientos pregerminativos, sin embargo se a determinado que la cubierta externa de la semilla constituye una barrera a la entrada de agua y oxígeno durante la germinación y también posee varias vesículas de resina debajo de la cubierta seminal, por lo cual se recomienda una escarificación manual simple para mejorar la germinación (5).

3.1.2.6 Almacenamiento

La semilla puede ser almacenada por pocas semanas, ya que pierde su viabilidad rápidamente, el almacenamiento en cámaras a 5 grados centígrados puede alargar la viabilidad de las semillas por varias semanas (5).

3.1.3 Pino, Ocote, Pino canis, Cantaj, Tzin (*Pinus maximinoi* H.E. Moore) (6)

3.1.3.2 Requerimientos ambientales de la especie

1. Altitud (m.s.n.m) De 600 a 2400, Suelo con una Textura franco a franco arcilloso, con buena Profundidad y con buen drenaje, con pH Ácidos, de 4.2 a 6.5.
2. Características físicas del suelo tales como Humus de 15 a 35 cm de espesor.
3. Características químicas del suelo Bajos contenidos de calcio, medios de nitrógeno y potasio.
4. Temperatura en grados centígrados Media 19 (18-22), Mínima - Máxima 40.
5. Precipitación (mm) 1000 – 2,000
6. Esta especie no tolera heladas prolongadas (6).

3.1.3.3 Principales usos de la especie

Es uno de los mejores pinos y de más rápido creciendo en condiciones semitropicales para madera de aserrío y celulosa, con un peso específico de 0.46. También usado para leña combustible.

Comercial

Maderable y celulósico. Madera liviana y fácil de preservar, muy útil en aserrío, postes, durmientes y tableros de partículas.

Otros

Leña combustible (6).

3.1.3.4 Calidad física y germinación

Generalmente existen de 50,000 a 100,000 semillas por kilogramo, se han reportado porcentajes de germinación de 84 a 95 y porcentajes de pureza de 90 a 99.

La germinación es de tipo epígea y se inicia a los 7 días después de la siembra y finaliza de 15 a 17 días después.

Como tratamiento pregerminativo para obtener una germinación uniforme se recomienda sumergir las semillas en agua limpia durante 12 horas antes de la siembra (5).

3.1.3.5 Almacenamiento

Las semillas son de tipo ortodoxo y pueden ser almacenadas por periodos de cinco a 10 años sin que pierda su viabilidad de una forma significativa, manteniéndola a temperatura entre 3 y 4 grados centígrados y contenidos de humedad de 6 a 8%, en bolsas de plástico herméticamente selladas. En condiciones ambientales pierde su viabilidad en menos de dos meses (5).

3.1.4 Pino de la sierra (*Pinus tecunumanii* Eguluz y Perry) (5)

3.1.4.2 Variación de procedencias de la especie

Las procedencias de pino de la sierra pueden dividirse en general en dos grupos en su ambiente original. Las procedencias de altitudes elevadas (AE) son las que se dan aproximadamente entre los 1.500 y 2.900 m de altura; las procedencias de altitudes bajas (AB) se encuentran entre los 450 y los 1.500 m de altitud. De las 48 procedencias ensayadas por la cooperativa ambiental de coníferas y su reforestación (CAMCORE), 30 son de AE y 18 de AB. La evaluación de 78 de los ensayos más antiguos de CAMCORE indica que Monté bello (Chiapas), México y San Jerónimo, Guatemala, son las procedencias más productivas de AE. Villa Santa, Honduras, San Rafael del Norte y Yucul, Nicaragua, resultaron las mejores procedencias de AB. Camelias y Apante, Nicaragua, mostraron también un buen potencial, seguidas por las procedencias de Honduras de Culmí, San Esteban y San Francisco. Las peores procedencias en cuanto a producción en volumen corresponden a las áreas de recolección situadas en altitudes elevadas 2.200 m de la zona central de Chiapas o las entremezcladas con *Pinus oocarpa* Schiede, en el extremo meridional del ámbito geográfico del pino de la sierra en el centro de Nicaragua (8).

3.1.4.3 Potencial como plantación

Hay aproximadamente 10.000 hectáreas de pino de la sierra en las zonas tropicales y subtropicales. La cuantía anual de plantación probablemente es inferior a 2.000 ha. Los esfuerzos de investigación de CAMCORE han demostrado el gran potencial del pino de la sierra, cuando se planta en nichos ecológicos correctos. Su importancia puede ampliarse mucho si se desarrolla el interés por utilizarlo para hibridación. Aunque la especie tiene varios inconvenientes, éstos se pueden salvar con mejores sistemas selvícolas combinados con selección y mejora genética. Hay que realizar actividades de mejora genética con el pino de la sierra, de segunda generación a fin de determinar el valor real de la especie. Si esto fracasa, habrá que depender de las especies que se utilizaron en el último siglo, sean o no las mejores para todas las estaciones (6).

A continuación se resumen las ventajas e inconvenientes del pino de la sierra, desde el punto de vista de los miembros de CAMCORE (8).

3.1.4.4 Ventajas de la especie

Crece con rapidez en el vivero, muestra una mejor resistencia a la sequía que el *Pinus patula* en Sudáfrica, durante los años que siguen a su establecimiento tiene mejor productividad que el *Pinus oocarpa* y a veces el *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*, en la mayoría de las estaciones de las zonas tropicales en que el período de rotación es 16 años tiene una mayor productividad que el *Pinus patula*. En zonas con heladas poco frecuentes tiene mayor productividad que el *Pinus elliottii*.

Tiene menor contenido de corteza por unidad de volumen que el *Pinus taeda*, posee menor porcentaje de extractos (aproximadamente el 4%) que algunos de los pinos del Sur de los Estados Unidos, tiene una mayor densidad de la madera que el *Pinus patula* en Colombia y Sudáfrica, su densidad de la madera es más uniforme dentro de los anillos anuales y entre ellos que en el caso del *Pinus elliottii*, *Pinus patula* y *Pinus taeda* en Sudáfrica.

Más resistente a *Sphaeropsis sapinea* (*Diplodia*) que *Pinus patula* y *Pinus greggi* en el sur de Brasil, posee una tolerancia moderada a alta al *Fusarium subglutinans* f. *sp. pini* (chancro resinoso) en investigaciones con brinzales.

Sé hibridiza fácilmente con varias especies de pino(8).

3.1.4.5 Desventajas de la especie

El tamaño del envase de vivero influye mucho en la estructura del sistema radical, el sistema radical es propenso a ser tumbado por el viento. Se comporta mal en sitios húmedos y cuando hay una fuerte competencia de malezas, Poco resistente a la helada.

La rotura de la parte alta del tallo es corriente a partir de 3 años de edad en la mayoría de los sitios, en algunos sitios, su copa ligera no consigue evitar totalmente la competencia de malezas en el sotobosque, después de cerrarse las copas, lo que se traduce en el aumento de combustible y un mayor riesgo de incendios, no rebrota bien después de los incendios.

Es moderadamente susceptible al *Pineus pini* (áfido lanudo) en Sudáfrica, susceptible a los ataques del *Cinara cronartii* (áfido negro) en el sur de África, moderadamente susceptible al *Cylindrocladium* spp. En zonas tropicales de tierras bajas, muy susceptible al coleóptero *Hylastes* sp. en la etapa de brinzal en el sur de África, muy susceptible al *Cronartium quercuum* f. sp. fusiforme (pudrición fusiforme) en ensayos de investigación con brinzales (8).

3.1.4.6 Principales usos de la especie

En postes para transmisión eléctrica, muebles, ventanas, puertas, artesanías, artículos de adorno (5).

3.1.4.7 Calidad física y germinación

Generalmente existen de 50,000 a 70,000 semillas por kilogramo, se han reportado porcentajes de germinación de 80 a 95 y porcentajes de pureza de 95 a 99, el contenido de humedad inicial varía de 9.3 a 10.3%.

La germinación es de tipo epigea y se inicia a los siete días de la siembra y finaliza de 12 a 16 días después.

Como tratamiento pregerminativo para obtener una germinación uniforme se recomienda sumergir las semillas en agua limpia durante 12 horas antes de la siembra (5).

3.1.4.8 Almacenamiento

Las semillas son de tipo ortodoxo y pueden ser almacenadas por periodos de cinco a 10 años sin que pierda su viabilidad de una forma significativa, manteniéndola a temperatura entre 3 y 4 grados centígrados y contenidos de humedad de 6 a 8%, en bolsas de plástico herméticamente selladas Conserva su viabilidad de 5 a 10 años, en condiciones ambientales no controladas la semilla puede permanecer viables por espacio de 5 a 7 semanas (5).

3.1.5 El proceso de la germinación de la semilla

Según Hartan y Kester (13), 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 periodo 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 inhibición de la misma por los coloides de la semilla seca, lo cual ablanda las cubiertas de las semillas 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 sintetización 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.

De las ligaduras de gran energía del trifosfato de adenosina (ATP) que se encuentran 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.

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) contenidos 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 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.

El tercer estadio de la germinación de semillas consiste en la división celular en los puntos de crecimiento separado del eje embrionario seguida de la expansión de las estructuras 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 de 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 con 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 plántula, se encuentra en el extremo superior del eje embrionario, 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 epicotiló. 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 epicotiló (13).

3.1.6 Almacenamiento de semilla

Las semillas se almacenan después de la cosecha por periodos variables de tiempo. La viabilidad al término del periodo de almacenamiento es resultado de (a) la viabilidad inicial de la cosecha, determinada por factores de producción y métodos de manejo y (b) la tasa a que se efectúa la determinación esta tasa esta asociada con la clase de semilla y con las condiciones ambientales de almacenamiento, primordialmente temperatura y humedad (13).

Existen diversos factores que pueden causar daño en las semillas después de la cosecha: alto contenido de humedad, altas temperaturas, fuerte insolación, insectos y enfermedades producidas por hongos y bacterias que pueden matar el embrión. Por esto el almacenamiento debe iniciarse una vez seleccionada y limpiadas las semillas, y prolongarse hasta el inicio de la siembra.

Los dos factores que más afectan la longevidad de las semillas en condiciones de almacenamiento son: el contenido de humedad de las semillas (CH) y la temperatura del sitio donde se almacenan. Se ha encontrado que el tiempo de vida de las semillas en almacén puede duplicarse por cada 1% de reducción en el contenido de humedad y/o por cada 5°C de reducción en la temperatura.

La determinación del contenido de humedad de las semillas antes de su almacenamiento es de gran importancia. Si son almacenadas con contenidos de humedad mayores al 13% se puede presentar germinación, elevación de la temperatura e invasión por hongos, que destruye rápidamente su viabilidad. Igualmente, si son secadas por debajo del 4-5% de la CH, pueden sufrir daño debido a procesos bioquímicos en su interior y que causan deterioro genético.

Las semillas deben ser secadas tan rápido como sea posible y almacenadas con CH menor del 13% y mayores de 5%, dicho rango es ideal para lograr la máxima longevidad en condiciones de almacenamiento (15).

3.1.6.2 Determinación del contenido de humedad de las semillas

La humedad de las semillas tiene una gran influencia sobre el tiempo en que la semilla permanece viable, en niveles altos de humedad, las semillas pueden desarrollar mohos y ésta pierda su viabilidad en unos pocos días.

A temperatura ordinaria, si la humedad relativa del aire que rodea las semillas es de más de 75%, es muy probable que se desarrollen mohos en ellas, al grado que no deben de almacenarse en esas condiciones, aun por un tiempo corto.

El contenido de humedad de las semillas en equilibrio con esta humedad relativa crítica, varía con las diferentes clases, para varios granos de cereales a una humedad relativa de 75% corresponde contenidos de humedad en el rango de 13.5-15%, a esta misma humedad atmosférica, las semillas ricas en aceite tienen un menor contenido de humedad.

Todavía más a niveles de humedad inferiores a aquellas que originan la germinación de las semillas o el desarrollo de hongos, puede ser lo suficiente elevado como para sostener dentro de la semilla viviente una cantidad regular de actividad fisiológica, con el tiempo esa actividad produce un debilitamiento prematuro y la pérdida de la viabilidad. Para la determinación de la humedad en la semilla se mencionan los siguientes métodos (2).

A Método de mordedura

El CH puede determinarse por el método de "mordedura", que consiste, como su nombre lo dice, en morder la semilla. Si se siente blanda, el contenido de humedad es peligrosamente alto. Aunque es un método muy impreciso, permite saber cuando se presentan altos CH y puede ser usado para tiempos de almacenamientos cortos (15).

B Deshidratación por medio de horno

Otro método, sencillo y ampliamente aceptado por su veracidad, es la deshidratación de las semillas por medio de un horno. No requiere gran cantidad de infraestructura, dado que solamente se necesita un horno y una balanza precisa. Consiste de los siguientes pasos:

- Calentar el horno a 105°C o 130°C.
- Pesarse el envase (vasija de aluminio) en que se colocarán las semillas. Se recomienda usar tenazas, ya que con las manos se puede depositar humedad en el envase.

- Pesar el envase con una muestra de las semillas frescas (recién colectadas).
- Colocar el envase con las semillas en el horno a temperatura de 105°C de 16 a 24 hrs. o a 130°C por 1 hr.
- Sacar el envase con las semillas y colocarlo en un desecador por dos horas, con el objeto de enfriar las semillas sin incrementar su humedad.
- Pesar el envase con las semillas secas (deshidratadas) y descontar el peso del envase. Se recomienda evaluar dos muestras por lote al mismo tiempo, para disminuir el error de cálculo.
- Calcular el contenido de humedad con base a peso fresco en la siguiente formula:

$$\% \text{ CH} = \frac{\text{Peso en fresco} - \text{Peso seco}}{\text{Peso en fresco}} \times 100$$

Peso en fresco

Este procedimiento proporciona el contenido de humedad con base al peso fresco. Su ventaja es que el % CH expresa la cantidad real de agua de la semilla. Asimismo, permite saber cuánta agua deben perder (deshidratación) para que sean almacenadas sin sufrir menoscabo alguno en la conservación de su viabilidad. (15)

3.1.6.3 Temperaturas de almacenamiento

Como se mencionó, la temperatura de almacenamiento es también decisiva para la conservación de las semillas; sin embargo, como se podrá ver más adelante, tanto la temperatura como el contenido de humedad se encuentran estrechamente relacionados y su conjugación es determinante en la conservación de la viabilidad de las semillas.

Las temperaturas aceptables para almacenar semillas por largos periodos pueden ser inclusive por debajo de 0°C, siempre y cuando, presenten contenidos de humedad menores al 14%. Desdichadamente la mayoría de los almacenes con temperaturas menores de 0°C presentan alta humedad relativa (cantidad de agua que se presenta en el medio, con relación a una temperatura determinada), lo que ocasiona que después de cierto tiempo de almacenamiento las semillas ganen humedad, debido a que normalmente llegan a un equilibrio con la humedad relativa (HR) del medio que las rodea, lo que a la larga resulta en pérdida de viabilidad por daños celulares. Este problema puede ser contrarrestado secando previamente las semillas y guardándolas en recipientes impermeables a la humedad (ver Recipientes impermeables a la humedad en d) Envasado de las semillas, para posteriormente almacenarlas a temperaturas de 0 a 5°C. Con esto se asegura la conservación de la viabilidad y se reduce la actividad nociva de hongos e insectos (15).

Harrington ha proporcionado dos reglas prácticas (a) para semillas que no se ven afectadas en forma adversa por condiciones bajas de humedad de la semilla, entre el 5 y 14%, duplica la vida de la misma y (b) cada disminución de 5 grados centígrados entre 0 y 44.5 grados centígrados en la temperatura de almacenamiento, también duplica la vida. Por otra parte, las semillas almacenadas a baja temperatura pero con una humedad relativa elevada pueden perder viabilidad con rapidez cuando se cambien a temperatura mas elevadas (13).

3.1.6.4 Secado de las semillas

El alto contenido de humedad en las semillas durante el almacenamiento es una de las razones principales por las que pierde su capacidad para germinar. La humedad afecta el grado de respiración de las semillas y a los microorganismos, al grado que la humedad superior al 20 % puede producir calor con la velocidad suficiente para destruir la semilla o empezar incendios en una masa de semilla. Algunas semillas sufren daño mecánico en el manejo y el tratamiento, si su contenido de humedad es muy alto.

El moho tiende a desarrollarse en los lotes húmedos de semillas, sobre todo cuando la semilla tiene rajaduras o está dañada y los mohos pueden entrar y desarrollarse más fácilmente. El daño de la mayoría de gorgojos e insectos no puede multiplicarse a grados de humedad inferiores o cercanos al 8 % y tiende a morir. Por lo tanto las semillas deben de ser secadas a fin de que su tratamiento y almacenaje sean satisfactorios (2).

Para secar las semillas es necesario que la humedad relativa de su entorno esté por debajo de su contenido de humedad, ya que esto provoca un gradiente de humedad que favorece la pérdida de agua de las semillas al aire; si por el contrario la humedad relativa es mayor, se propiciará que éstas ganen mayor humedad, lo cual no es favorable para su conservación.

Las recomendaciones de secado varían en función del tiempo que se pretenda almacenar a las semillas:

- Para un año, el secado deber estar en equilibrio con una humedad relativa del 65%.
- Para dos o tres años, a 45% de humedad relativa.
- Para periodos mayores de 25% de contenidos de humedad relativa (15).

El secado de las semillas puede hacerse por varios métodos:

A Método de calor seco

Las semillas se ponen en un horno, a temperaturas que no excedan los 35°C, el tiempo necesario para obtener el contenido de humedad deseado. La desventaja de este método es la dificultad para mantener constantes las temperaturas, porque los hornos no tienen la precisión para controlarlas, pudiendo implicar elevaciones de temperatura que pueden dañar a las semillas (15).

B Método de exposición de las semillas a flujos de aire

El empleo de aire también ayuda al secamiento debido al calentamiento de la semilla y en consecuencia a su contenido de humedad (2).

Es alternativo al método anterior y resulta igual de sencillo y económico. Consiste en la exposición de las semillas a una fuente de aire constante, como la de un ventilador, por varios días hasta obtener un contenido de humedad aceptable, se puede observar en la figura 1 (15).

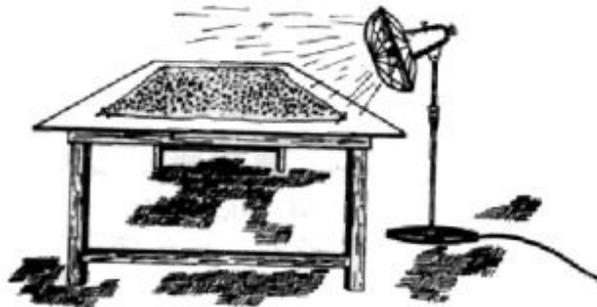


Figura. 1 Secado de semillas con flujo continuo de aire. Fuente: www.INE.com (15).

C Método de exposición de las semillas a flujos de aire seco

Se ponen en dispositivo cerrado con dos conexiones, una por donde entra el aire seco y otra por donde el aire húmedo es extraído y reemplazado por seco se puede observar en la figura 2. Es claro que este método involucra una mayor precisión que los anteriormente descritos, sin embargo, su desventaja radica en la necesidad de infraestructura, por lo que se recomienda aplicarlo sólo cuando se tenga en mente formar bancos permanentes de germoplasma y usar los dos primeros métodos cuando las semillas se deseen almacenar por tiempo no muy prolongados.

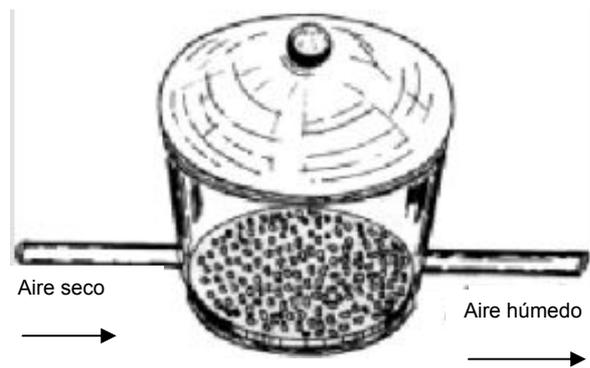


Figura. 2 Exposición de las semillas a flujos de aire seco en Silica gel.
Fuente: www.INE.com (5).

La importancia de rodear a las semillas en almacén de un medio seco ha sido mencionada varias veces con anterioridad, por ello a continuación describiremos dos métodos confiables para lograr la remoción de la humedad del aire en el almacén: refrigeración de desecación.

La refrigeración debe realizarse a temperaturas controladas de 20°C. Es una técnica compleja y requiere de infraestructura especial y costosa, ya que usa un sistema de refrigerantes que condensa la humedad del aire como hielo y posteriormente, el agua es drenada al exterior de los dispositivos.

La desecación involucra compuestos químicos que son accesibles económicamente y sencillos de manipular; puede utilizar desecantes inertes sólidos como la silica gel o alumina activada ambos compuestos absorben la humedad del almacén o cuarto de secado, propiciando que el recirculamiento de aire absorba la humedad de las semillas. El desecante deber ser periódicamente revisado y activado por calentamiento a altas temperaturas.

Después que las semillas han sido secadas al contenido de humedad deseado, deben ser almacenadas en recipientes que impidan su rehidratación (15).

3.1.6.5 Envasado de las semillas

Las semillas de muchas clases de plantas que se usan en volúmenes comerciales grandes se almacenan en graneros o en diversos tipos de sacos u otros recipientes. En estas condiciones la longevidad de las semillas depende en gran parte de la humedad relativa y la temperatura de la atmósfera de almacenamiento, aunque también es dependiente de la clase de semilla y de la condición que tenga al principio del almacenamiento, en consecuencia la retención de la viabilidad depende de las condiciones climatológicas de la región en la que se hace el almacenamiento. Las condiciones más malas se presentan en climas cálidos y húmedos y las mejores en regiones secas o frías.

Muchas clases de semillas comerciales pueden almacenarse en condiciones no controladas cuando menos por un año, es decir, se pueden guardar de una estación a la siguiente (2).

El almacenamiento de las semillas en seco puede hacerse de 3 formas: latas o tambos aislantes de humedad, cuartos deshumidificadores y cajas de metal o recipientes con desecante sólido. Aunque los principios para todos ellos son los mismos, los fines, operatividad, infraestructura y costos varían considerablemente (15).

A Envasado en latas o tambores aislantes de humedad

Los recipientes impermeables a la humedad son muy variados en su capacidad y tipo de materiales empleados, pudiendo ser desde latas o botes hasta tambos de grandes dimensiones. Deben estar internamente recubiertos con varias bolsas de polietileno de grosor 700, además de ser sellados herméticamente con su tapa y recubrimiento de estaño, se puede observar en la figura 3. La desventaja que muestra este método es su poca operatividad, pues el sellado del recipiente dificulta el trabajo para aquellos lotes de semillas que requieren ser manipuladas continuamente.



Figura. 3 Recipiente de lámina para almacenar semillas.
Fuente: www.INE.com (15).

Una alternativa para el método anterior es el uso de cuartos deshumidificadores. La construcción de cuartos de almacenamiento e puede ver en la figura 4, deben ser impenetrables a la humedad y debe considerar los siguientes aspectos: no debe tener ventanas u otros orificios, contando únicamente con la puerta de acceso, que deberá ser recubierta con aislante térmico como si fuera una puerta de refrigerador; las paredes, techo, piso y puerta deben estar completamente selladas para evitar la entrada de humedad. Se sugiere que los sellos estén en el interior de la estructura, éstos consisten de asfalto (de por lo menos 3mm de grosor), varias capas de polietileno (de grosor de 1000) y láminas de aluminio. Si bien representa una alternativa operativa, su desventaja radica en que son muy costosos e inaccesibles para muchas áreas que carecen de servicios, lo que hace poco factible este tipo de infraestructura. Sin embargo, es una opción recomendable y precisa si se tiene en mente establecer un banco de germoplasma permanente (15).

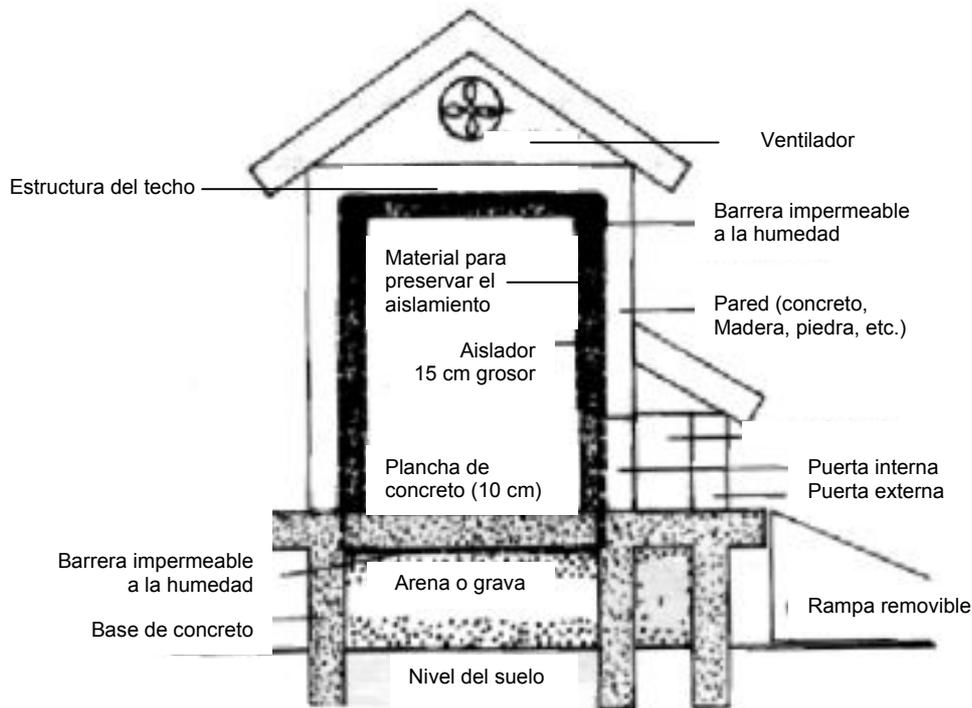


Figura. 4 Plano de un cuarto para almacenar semillas por largos periodos de tiempo. Fuente: www.INE.com (15).

B Cajas de metal o recipientes con desecantes sólido

Otro método que puede ser igual de éxitos en el mantenimiento de la longevidad de las semillas, y que es muy accesible tanto operativa como económicamente, es el uso de cajas de acero inoxidable con tapas herméticas, o recipientes impenetrables a la humedad, como es frasco de vidrio o plástico con tapa, algunos de estos se muestran en la figura 5.

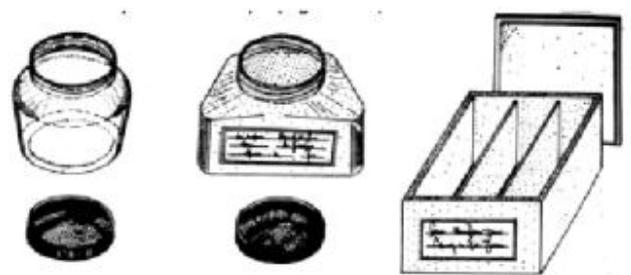


Figura. 5 Recipientes aislantes de humedad para almacenar semillas. Fuente: www.INE.com (15).

En estas cajas o recipientes las semillas pueden ser introducidas con un paquete de desecante como es la silica gel, posteriormente se tapa y se almacena a temperaturas de 20 a 25°C como se muestra en la figura 6.

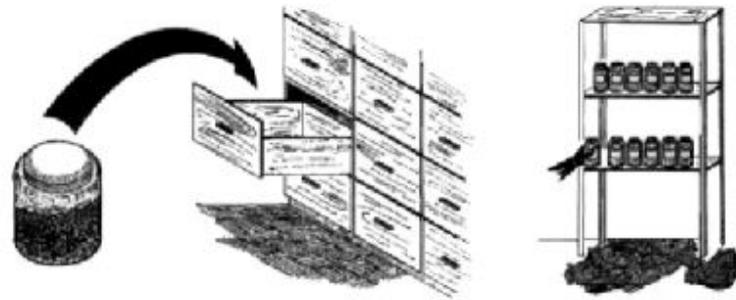


Figura. 6 Opciones para almacenar los recipientes que contienen a las semillas.
Fuente: www.INE.com (15).

Para 5kg de semillas se requiere incorporar 1kg de sílica en una bolsa de tela de algodón. Si la apertura de las cajas es muy frecuente, es necesario revisar la coloración que presenta la sílica gel, que cambia de azul a rosa cuando está saturada de humedad. Esta coloración indica que es necesario cambiarla por desecante seco.

La sílica puede ser secada al horno a una temperatura de 175°C, se enfría en un recipiente cerrado y posteriormente se regresa a la caja de metal que contiene las semillas. En estas condiciones las semillas tenderán a mantener el equilibrio con la sílica a una humedad relativa del 45%, lo cual es deseable para conservar la longevidad de las semillas por 2 ó 3 años.

Las cajas de metal tienen otras ventajas como ser fáciles de apilar y acomodar en sitios pequeños, ser impenetrables a los incendios y roedores, y que sólo requieren de inspección periódica para corroborar que la sílica gel permanezca azul, dichas cajas se pueden observar en la figura 7.

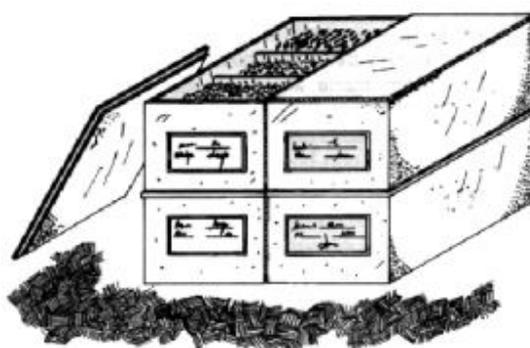


Figura. 7 Cajas metálicas para almacenamiento de semillas.
Fuente: www.INE.com (15).

Para facilitar la manipulación de las semillas y tener un control de existencia de cada una de las especies, cada caja deberá tener una etiqueta que contenga el nombre de la especie (científico y común) lugar, fecha de colecta y de almacenamiento.

El lugar donde se pongan las cajas de metal o recipientes que contengan las semillas debe presentar las siguientes características:

- Tener una estructura y lugar especial para las semillas almacenadas.
- Aislar las semillas de lugares en los que haya comida.
- No almacenar semillas en lugares donde exista maquinaria, plantas secas, paquetes de bolsa, o algún otro tipo de objetos donde los insectos y roedores puedan ocultarse.
- La construcción en donde se guarden las semillas debe ser fresca (entre 20-25°C), oscura y seca .

Aunque la viabilidad de las semillas se mantiene exitosamente en condiciones de deshidratación, hay 2 situaciones que deben ser tomadas muy en cuenta: Considerar que las semillas secas son más fácilmente dañadas por la manipulación que pueda presentarse en el transporte y siembra, y mencionar que el inicio de la germinación en semillas que han sido almacenadas es más lenta que en aquellas que se siembran con altos contenidos de humedad.

El retraso de la germinación no debe interpretarse como pérdida de viabilidad o vigor: lo que en realidad sucede es que las semillas secas necesitan recuperar agua, y por eso necesitan más tiempo para germinar.

Para contrarrestar el fenómeno, antes de la siembra las semillas deben ser rehidratadas a contenidos de humedad que no dañen la viabilidad. En caso de que vayan a ser transportadas por distancias largas, es ideal rehidratarlas y mantenerlas en equilibrio con humedad relativa del 65%, con lo que se reducen los daños por transporte y se incrementa la germinación, sin dañar a las semillas por hongos o calentamiento (15).

3.1.6.6 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 se toma como el grado el cual una semilla esta viva, metabólicamente activa y posee enzimas capaces de catalizar las reacciones necesarias para la germinación y crecimiento (18).

Algunas formas sencillas de evaluar la viabilidad de las semillas y la efectividad de los tratamientos pregerminativos aplicados. Evidentemente las pruebas para evaluar el éxito germinativo se tiene que realizar antes de la siembra masiva de las semillas en el vivero .

La estimación de la viabilidad es posible obtenerla mediante los tres métodos: Incisión del embrión, Tetrazolio y Pruebas de germinación.

Aunque los dos primeros no son tan confiables como el tercero, sí pueden proporcionar información cuando el tiempo es limitado.

A continuación se reseña cada uno de estos métodos (15).

A Incisión del embrión

La prueba se realiza por exposición o remoción del embrión, con esto se evita que las estructuras que lo envuelven promuevan la latencia de la semilla; ya desnudo el embrión, se pone a germinar para evaluar si es viable. Esta prueba es muy tediosa y requiere de tiempo, ya que muchas semillas necesitan de varios días para que su cubierta protectora se reblandezca y pueda ser cortada, para extraer al embrión. Usualmente los resultados pueden obtenerse en 20 días (15).

B Tetrazolio

La prueba con tetrazolio es un método bioquímico en el cual se demuestra la viabilidad no por la germinación, sino por el color rojo que aparece cuando se remojan las semillas en una solución de cloruro de 2, 3, 5 trifeniltetrazolio (13).

Consiste en teñir los tejidos internos de la semilla, lo cual indica que está viva. Las semillas se reblandecen y cortan para permitir que el producto químico tetrazolio se desplace al interior de las semillas, posteriormente se ponen a remojar en agua durante 2 horas, para finalmente dejarlas remojando en la solución de Tetrazolio toda la noche (15).

C Pruebas de germinación

El objetivo fundamental de todos análisis de germinación es evaluar la potencialidad para germinar (15).

Es una forma de expresar la viabilidad de las semillas en la mayoría de los casos el objetivo principal a nivel de laboratorio es conocer la máxima expresión germinativa de las semillas en condiciones adecuadas de temperatura, humedad, oxígeno entre otros (20).

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 pueden obtener (3).

Tres aspectos fundamentales deben ser considerados para evaluar el éxito de la germinación de las semillas (15).

a Capacidad de germinación

Es el número de semillas que germinan en condiciones definidas (bajo un tratamiento específico por ejemplo), puede ser expresado en porcentaje (%) o en números absolutos (15).

b Velocidad de germinación

Puede medirse con varios métodos, se puede determinar el número de días requerido para lograr un porcentaje de germinación específico. Con el otro método, se calcula el número promedio de días requerido para que emerja plúmula o la radícula de un lote de semillas (13).

c Homogeneidad de germinación

Señala qué tan sincrónica se presenta la germinación. Los resultados que se obtienen en cada uno de estos índices permitirán evaluar no sólo la viabilidad del lote de semillas, sino también la efectividad del tratamiento pregerminativo y el vigor de las semillas, elementos fundamentales para asegurar una producción exitosa. De no contemplar estos aspectos se pueden presentar fuertes problemas, además de afectar su planeación en el vivero debido a que en primera instancia, la irregularidad en la germinación ocasiona la obtención de plantas con tamaños distintos con el problema al momento del trasplante, y en segunda porque se pueden requerir largos periodos para lograr la germinación, lo que incrementa los costos de producción (15).

Una provisión de semillas viables es primordial para tener éxito en la propagación por semilla. Sin embargo, la diferencia entre una semilla viva y una muerta puede no estar bien marcada sino caracterizada por una declinación gradual en vigor y por la aparición de necrosis o lesiones en áreas localizadas de la semilla (13).

Aunque se recomienda que las evaluaciones se realicen en condiciones controladas de laboratorio, creemos que es conveniente realizarlas también en vivero, sobre todo si tomamos en cuenta que generalmente los resultados obtenidos en laboratorio rara vez son igualados por los de campo (idealmente se debería contar con ambos); aunado a que en nuestro país hay pocos laboratorios que se dediquen a realizar este tipo de pruebas en semillas (de especies nativas) que van a ser utilizadas en la reforestación.

A continuación reseñamos una serie de pasos que pueden ser puestos en práctica en vivero de manera sencilla, y que dan alguna aproximación del proceso germinativo. Evidentemente, todas las pruebas que se vayan a aplicar deberán realizarse con semillas puras.

- Hacer una almácigo con divisiones claras (compartimientos), que eviten que las semillas a sembrar (especies, tiempos de almacenamientos, tratamientos, y/o localidades distintas) se revuelvan.
- Humedecerlo perfectamente.
- Sembrar las semillas en el almácigo (previamente tratadas con el tratamiento pregerminativo elegido) considerando no menos de 100 semillas por tratamiento y en caso de contar con un buen número de semillas probar 200, considerando la importancia de aplicar testigos (semillas sin tratamiento) y réplicas.
- Anotar la fecha, día y mes, de la siembra.
- Regar diariamente el almácigo y revisar que no presente hongos, insectos, basura.
- Una vez iniciada la germinación anotar la fecha y el número de semillas que germinan diariamente, hasta que la última haya germinado, o esperar de 1 a 3 meses, dependiendo el número de semillas que hayan germinado, para obtener la germinación diaria en el tiempo.
- Contar los días transcurridos desde el día de la siembra, hasta que la germinación de las semillas se inició; A esto se le conoce como Tiempo de Latencia (TL), y permite conocer la efectividad del tratamiento para romper la latencia de las semillas, además de presentar grandes ventajas, cuando se quieren comparar diferentes tratamientos sobre lotes de semillas de la misma especie.
- Sumar el número de semillas germinadas que se contaron diariamente y hacer una relación a porcentaje (%), para obtener la capacidad de germinación (CG%).

-La relación se hace en base a la siguiente formula:

$$CG\% = \frac{n * 100}{N}$$

N

Donde:

CG%= porcentaje de capacidad de germinación

n = número de semillas germinadas

N = número de semillas sembradas

Se considera una CG aceptable cuando presenta valores por arriba del 60%. Cuando la germinación esté por debajo de dicho valor se sugiere buscar otro tipo de tratamientos pregerminativos.

- Contar los días que se requieren para obtener el mayor número de semillas germinadas, a partir del primer día en que inició la germinación, para conocer el tiempo necesario para alcanzar el máximo porcentaje de germinación (TCG). Este índice permitirá inferir el vigor de las semillas, ya que se menciona que la mayoría de las que germinen después de este día no lograrán establecerse.
- Graficar todos estos índices para obtener una idea del éxito de la germinación en el tiempo.

Los resultados obtenidos de esta forma y su graficación permite inferir eficacia del tratamiento pregerminativo; tiempo en que las semillas deben sembrarse; número de semillas que deben sembrarse para obtener el número de plantas deseado; tiempo de espera para decidir si es necesario hacer resiembra, y qué uniformidad se tendrá en la edad y talla de las plántulas.

Evidentemente existen otros métodos de evaluación más precisos, sin embargo, consideramos que los mencionados dan un primer acercamiento que podrá generar una serie de propuestas para la propagación. Con la finalidad de mostrar su aplicabilidad, en el Estudio de caso para la propagación de especies nativas de una selva baja caducifolia, ejemplificamos numéricamente todo el proceso de evaluación y hacemos un resumen de resultados.

Una vez que se conoce cómo se obtiene la germinación óptima de las semillas en vivero, se está en condiciones de iniciar la siembra para la propagación masiva de las especies de interés.

Obviamente el número de semillas a sembrar estará en función de la demanda de plantas que la reforestación requiera, por lo que se debe determinar la cantidad de semillas necesarias para la siembra con base en la viabilidad del lote, sus características germinativas, peso y dimensiones.

Dos métodos complementarios, sencillos y de gran utilidad para calcular el número de semillas a sembrar y el número plántulas susceptibles de obtener, son la determinación del número de semillas por kilogramo y la determinación del número de semillas viables por kilogramo. Ambos métodos son útiles para determinar la cantidad de semillas y plántulas necesarias para reforestar un área deseada.

Con la información vertida hasta el momento, es claro que la propagación masiva de especies nativas es una tarea laboriosa, que requiere de varios ensayos que involucren el control de todos los aspectos mencionados, pues del éxito que se obtenga en la propagación de las plántulas, dependerá que la reforestación pueda realizarse en el tiempo y metas planteadas (15).

3.1.6.7 Normas de calidad de semillas

La certificación de semillas es el sistema que se utiliza para mantener registros de genealogía, para las variedades cultivadas y para tener disponibles fuentes de semillas y materiales de propagación genéticamente puros para la distribución general (2).

En la mayoría de países que producen semilla existen normas que sirven de base para certificar semilla. Es así como existen normas de campo, normas de laboratorio y reglamento.

Estas normas tienen como finalidad, establecer criterios de producción que garanticen la calidad genética de la semilla, la calidad patológica es más fácil de controlar en el campo.

Las normas mínimas de calidad han llegado a estandarizarse, con la finalidad de facilitar el mercadeo de semillas y tener seguridad del producto que se envía de un país a otro. Cada especie tiene sus reglamentos sin embargo en cuanto a pureza física y viabilidad los estándares son mas uniformes.

En el control de calidad tienen un papel de mucha importancia, los laboratorios de control de calidad en donde regularmente se realizan los análisis de pureza física, germinación, humedad y en algunos casos patología de semillas, todo dependerá del tipo de laboratorio o que se tenga (22).

3.1.6.8 Análisis de pureza física

Se define como la proporción de semillas limpias e intactas de la especie designada en un lote, usualmente expresada como un porcentaje de peso. Este valor es muy importante ya que con el se puede obtener el porcentaje de semilla pura y que porcentaje de la misma no es pura (23).

En algunos casos es posible comprobar la autenticidad de la semilla respecto a variedad o especie por inspección visual. Sin embargo, en ocasiones, la identificación no puede hacerse si no se cultivan las plantas (13).

Para evitar los errores debido a cualquier manipulación, la muestra de origen se reduce al peso más próximo al que se requiere por las reglas. La muestra de trabajo puede exceder el peso especificado, pero nunca debe ser menor (2).

Para hacer dicho análisis hay dos formas la muestra completa o hacerlo dividiendo en dos mitades, el más recomendado es el segundo, las semillas se pueden dividir ya sea manualmente o mecánicamente.

Con la ayuda del diáfanoscopio se divide en tres fracciones:

Semilla pura: Incluye las semillas intactas de la especie deseada.

Componentes de otras semillas: Son semillas de otras especies.

Componentes de material inerte: Se trata de semillas dañadas, tallos, hojas, suelo y otro material que no sea semilla (22).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Semilla o población del estudio

Las cuatro especies de semilla en estudio fueron cosechadas y beneficiadas por BANSEFOR, y pertenecen a la cosecha 2003-2004 (19).

Semilla de *Pinus oocarpa* Schiede, cosechada en San Jerónimo Baja Verapaz.

Semilla de *Abies guatemalensis* Rehder, cosechada en aldea Palestina Quetzaltenango.

Semilla de *Pinus maximinoi* H.E. Moore, cosechada en San Raymundo, Guatemala.

Semilla de *Pinus tecunumanii* Eguiluz y Perry, cosechada en San Jerónimo Baja Verapaz.

3.2.2 Taxonomía de las especies

3.2.2.2 *Pinus oocarpa* Schiede (pino colorado, pino de ocote)

Árbol de mucha importancia en el país que alcanza alturas considerables en buenos suelos, hasta 40 y más metros, mientras en suelos malos no se desarrolla más que 25 m. La altura del árbol está en estrecha relación con el diámetro y la clase de sitio. Es notable la diferencia encontrada en las dimensiones de esta especie, en comparación con la descripción de otros autores. La copa es muy variable, tanto en su forma, como en su densidad.

Se encuentran especímenes de esta especie con copas de poca densidad, esparcidas, con ramas finas y otras copas redondeadas y densas. En sitios más húmedos el follaje es más denso y de color más oscuro.

Las ramas son generalmente gruesas y extendidas, pero se encuentran proveniencias también con ramas finas, a las cuales hay que dar la preferencia en la recolección de semillas al marcarse los árboles padres para la regeneración natural.

La corteza es agrietada, con placas longitudinales, de color gris hasta café-grisáceo, y en la parte interior entre las escamas, de color amarillo-café-rojizo.

Las ramillas nuevas, suelen tener el color café violáceo, ásperas al principio y después escamas; desapareciendo la aspereza, debido a la caducidad de la base de las brácteas.

Las hojas por fascícula son en general cinco, en algunos casos también cuatro. La variación en el número de las hojas se puede atribuir a algunas variedades y no a la especie tipo.

El largo de las hojas oscila entre 17-29 cm; comúnmente de 22-25 cm. Las hojas son tiesas y ásperas. Sin embargo en algunos ejemplares se encuentra también hojas suaves. El espesor de las hojas es de 0.7-1.0 mm.

Los cortes transversales de las hojas caracterizan a esta especie por sus canales resinífero septales en número de 5-8, es decir que los canales resiníferos están tocando al endodermo y al hipodermo.

El hipodermo está compuesto de varias hileras de células, formando partes entrantes en el clorénquima, con paredes relativamente delgadas.

Las células del endodermo son algo irregulares, con paredes algo engrosadas y de tamaño. Tiene dos haces fibrovasculares aproximados y continuos.

Las vainas son persistentes, de 9-30 mm. De largo, regularmente de 12-19 mm. Y de 1.6-2.0 mm. De diámetro y de color 10 r $\frac{3}{4}$ con escamas acuminadas.

Las flores masculinas son largamente cilíndricas de color amarillo y las femeninas son subterminales de color azulado, la floración de diciembre a febrero. Conillos subterminales subglobulosos sobre pedúnculos relativamente largo, el cual es escamoso.

Los conos son perennes y numerosos, quedando mucho tiempo sobre la rama después de la producción de semilla. Los conos se caracterizan porque no se abren sus escamas a un mismo tiempo.

La forma varía de anchamente ovoides u ovoides cónico a globulosos, de varios tamaños. Los conos son fuertes y pesados. Tamaños de 5-9.5 cm. De largo y de 4.5-7.5 cm de ancho. El cono abierto suele ser a veces más ancho que largo y tiene la forma de una roseta regular simétrica. La proporción de los conos abiertos es en general 1:1 en relación del largo y del ancho. El color del cono es de ocre hasta ocre-verdoso, más tarde ocre-grisáceo. Los pedúnculos son débiles y de 2 a 3 cm. De largo, los cuales quedan con el cono al caerse.

Las escamas son fuertes, dejando muy marcados en sus partes internas las alas de las semillas con un borde muy oscuro, sobre un fondo moreno; aplastadas, algo ensanchadas en su parte media. El ápice es redondeado hasta recto. Los apófisis son aplastados y de forma más o menos de un rombo. La cúspide es pequeña con una espina chica y caediza.

La semilla es pequeña de unos 6-7 mm. De largo, café oscuro con ala de 10-15 mm de largo (14).

La clasificación taxonómica de la especie se describe en el cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de *Pinus oocarpa* Schiede,

Reino	Plantae
Sub-reino	Embryobionta
División	Pinophyta
Sub-división	Pinicae
Clase	Pinopsida
Orden	Pinales
Familia	Pinaceae
Genero	Pinus
Especie	<i>Pinus oocarpa</i> Schiede
Nombre común	Pino colorado, pino de ocote.

Fuente: CATIE. 2000 (5).

3.1.2.3 *Abies guatemalensis* Rehder (pinabete, romerillo)

Árbol de hasta 50 m. De altura y 1.6 m de diámetro. Esta especie fue largo tiempo confundida con la especie de (*Abies religiosa* Schlecht).

Requiere lugares altos y húmedos, de 2700 a 3500 m.s.n.m desarrolla muy buenos fustes y su crecimiento es asombroso si se toma en consideración la altura de su hábitat. Especie muy intolerante su regeneración bajo el dosel es nula y en áreas circundantes a los rodales se ve también impedida por el fuerte pastoreo de ovejas y chivos. El pinabete se encuentra asociado con (*Pinus ayacachuite*), (*Pinus Rudis*) y (*Cupressus lusitánica*).

La copa cónica está formada por ramas de color moreno-oscuro o castaño verticilada, en la parte superior erectas, en la parte media rectas y en la parte inferior colgantes. Los árboles jóvenes presentan mucha ramificación.

La corteza de los Árboles jóvenes es gris-blanquecina y lisa; en los adultos moreno-grisácea, surcada y partida en placas no muy profundas.

Las hojas formadas por dos filas, rígidas, algo ascendentes de 1 a 4.5 cm. de largo por 1 a 2 mm. De ancho, obtusas y usualmente emergidas en la cúspide. El anverso de color verde oscuro aunque excepcionalmente de color verde claro, lustroso; el reverso ligeramente glaucoscentes debido a la presencia de los estomas. Dos canales resiníferos externos, un hipodermo bien desarrollado y dos haces fibrovasculares aproximados pero bien distinguibles le son característicos.

Los conos subsésiles de 8.5 a 11.5 cm. de largo, anchamente truncados en forma cilíndrica tienen un diámetro que fluctúa entre 4.5 y 5 cm., son resinosos y sus brácteas cuneado-abovadas, o lanceoladas. Su relación largo ancho es de 1: 0.5 y son anchamente redondeadas o truncadas, de cúspide generalmente.

Las escamas anchamente cuneadas-abovadas o transversalmente oblongas de 2.7 a 3 cm. de ancho por 1.5 a 2.2 cm. de largo, con el margen interiormente hirtello-puberulento.

Sus semillas haladas con de color amarillento-café claro tiene una dimensión de 8-10 mm. De longitud. Las alas abovadas por su parte tienen entre 10-15 mm. De longitud y entre 1.4-1.5 mm de ancho (14).

La clasificación taxonómica de la especie se describe en el cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de *Abies guatemalensis* Rehder,

Reino	Plantae
Sub-reino	Embryobionta
División	Pinophyta
Sub-división	Pinicae
Clase	Pinopsida
Orden	Pinales
Familia	Pinaceae
Genero	Abies
Especie	<i>Abies guatemalensis</i> Rehder
Nombre común	Pinabete, romerillo.

Fuente: García. T. 1995 (11).

3.2.2.4 *Pinus maximinoi* H.E. Moore (pino ocote, pino canis, Cantaj, Candelillo)

Parte de la información que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Nicaragua ha generado acerca de esta especie se incluye a continuación: árbol que generalmente alcanza de 30 a 35 metros de altura, ocasionalmente hasta 40 o 50 m. La corteza del árbol joven es delgada y lisa; en el árbol maduro es fisurada color café rojizo descascarándose en placas elongadas, hojas aciculares, generalmente con 5 acículas por fascículo, delgadas, largas con 20 a 28 centímetros de longitud, usualmente con canales resiníferos. Conos ovoides, angulares de 5 a 10 cm de largo y de 4 a 7 centímetros de ancho, con un pedúnculo oblicuo que se mantiene unido al cono cuando este cae, dichos conos maduran en marzo y abril.

Hay de 55,000 a 74,000 semillas por Kg 40 semillas por cono aunque la producción por árbol es baja. Regularmente se producen 120 conos por árbol anualmente, lo que da un rendimiento usual de semilla de 0.25 a 0.50 kg semilla por árbol.

La semilla. Se colecta en su área de distribución natural. Se recomienda elegir árboles sanos, vigorosos y bien conformados, estos deben estar espaciados al menos 100 m de distancia.

El Período de recolección de la semilla es de diciembre a enero. Los frutos se recolectan directamente del árbol, el cual debe ser escalado con equipo apropiado. Usar ganchos afilados y en forma de campana que se empujan desde el centro de la copa hacia los extremos de las ramas.

Si los conos se colectan un poco verde, se guardan en costales bajo sombra durante 3 semanas para que completen maduración. Después secar los conos al sol. Golpear los conos para extraer las semillas. Se recomiendan tambores giratorios con aberturas suficientemente grandes para que las semillas pasen a una charola recolectora. Separar de la semilla el ala ya sea manualmente o con máquinas. Eliminar las impurezas, alas y semillas vanas. Para esto último, si los lotes son pequeños se hace manualmente, si los lotes son grandes se recomienda utilizar máquinas "sopladoras", que avientan aire para separar partículas según su peso en columnas de acrílico, las cuales a varias distancias tienen trampas (17).

La clasificación taxonómica de la especie se describe en el cuadro 3.

Cuadro 3. Clasificación taxonómica de *Pinus maximinoi* H.E. Moore,

Reino	Plantae
Sub-reino	Embryobionta
División	Pinophyta
Sub-división	Pinicae
Clase	Pinopsida
Orden	Pinales
Familia	Pinaceae
Genero	Pinus
Especie	<i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore
Nombre común	Pino de ocote, pino canis, cantaj, candelillo.

Fuente: CATIE. 2000 (5).

3.2.2.5 *Pinus tecunumanii* Eguluz y Perry (pino de la sierra)

Sobre esta especie Styles dice lo siguiente: "árbol de fuste generalmente recto que llega a medir hasta 55 metros de altura. Follaje de color verde claro. Usualmente presenta de 3 a 5 acículas por fascículo de 12 a 25 cm de longitud. Conos pequeños, duros estrechamente conoidales de 4 a 9 centímetros de largo por 3 a 6 centímetros de ancho de color café claro con un pedúnculo que llega a medir hasta 2 cm de largo. La cantidad de conos por árbol es usualmente pequeña (21).

Árbol con alturas de 40 a 55 metros y diámetros de 50 a 120 centímetros, fuste recto, libre de ramas hasta un 40 a 60% de su altura; ramas verticiladas, normalmente delgadas, cortas, extendidas y con escamas decurrentes de color café rojiza en la base, con placas pequeñas separadas por fisuras poco profundas, de 2 a 5 centímetros de

espesor a la altura del pecho, tórnanose lisa, decidua y de tonalidad rojo naranja. Las hojas son acículas de color verde brillante, a veces amarillas verdosas.; en fascículos de 4 acículas, algunas veces de 3 a 5, de 14 a 21 centímetros de largo y de 0.5 a 0.8 mm de grueso, flexible, triangulares, con vaina persistente, de 12 a 23 mm de largo, con estomas en los tres lados. Canales resiníferos de dos a tres, usualmente medios. Los estróbilos masculinos estaminados, al final de las ramitas; Los estróbilos femeninos pequeños color café, de forma conoidal, apice puntiagudo, base redondeada, con pedúnculos largos y delgados, escasos y dispersos en el árbol (5).

La clasificación taxonómica se describe en el cuadro 4

Cuadro 4. Clasificación taxonómica de *Pinus tecunumanii* Eguluz y Perry,

Reino	Plantae
Sub-reino	Embryobionta
División	Pinophyta
Sub-división	Pinicae
Clase	Pinopsida
Orden	Pinales
Familia	Pinaceae
Genero	Pinus
Especie	<i>Pinus tecunumanii</i> Eguluz y Perry
Nombre común	Pino de la sierra.

Fuente: CATIE. 2000 (5).

3.2.3 Distribución de las especies

3.2.3.2 *Pinus oocarpa* Schiede

La especie (*Pinus oocarpa* Schiede), tiene una amplia distribución en Guatemala, atravesando el país desde México hasta El Salvador y Honduras. Generalmente se encuentra esta especie en las dos áreas de la zona de vida, denominados bosque húmedo sub-tropical y húmedo montano bajo. Aparece formando rodales puros o entremezclados con él (*Quercus sp*) o asociado con (*Pinus montezumae*), (*Pinus pseudostrobus*), (*Pinus tenuifolia*), (*Pinus oocarpa microphylla*), (*Pinus teocote macrophylla*) y (*Pinus tecunumanii* Eguluz y Perry) Se encuentra también mezcladas con otras especies hasta la fecha no determinadas pero localizadas en Guatemala, la distribución de la especie se puede observar en la figura 8.

Se han colectado y examinado ejemplares de los siguientes lugares:

Huehuetenango: La Democracia, San Pedro Necta, Ixtahuacán, Colotenango, San Sebastián Huehuetenango, Aguacatán, Malacatancito.

Totonicapán: Sta. Ana, San Bartolo.

Quiche: Sta Cruz del Quiché, Chiché, Zacualpa, Sta Rosa, San Andrés Sajcabajá, Chinique, Cunen, Uspantán, Encuentros, Chichicastenango.

Chimaltenango: Patzún, Zaragoza, San Martín Jilotepeque.

Guatemala: Guatemala, Chinautla, San Pedro Sacatepéquez, San Juan Sacatepéquez, Norte de San Juan Sacatepéquez en la finca La Providencia, Chuarrancho.

Baja Verapaz: Granados, Rabinal, Salamá, San Jerónimo, Cubulco, El Chol, El Jícara en la Fca. El bucaral y la Fca. La providencia.

Progreso: Sanarate, Sansare.

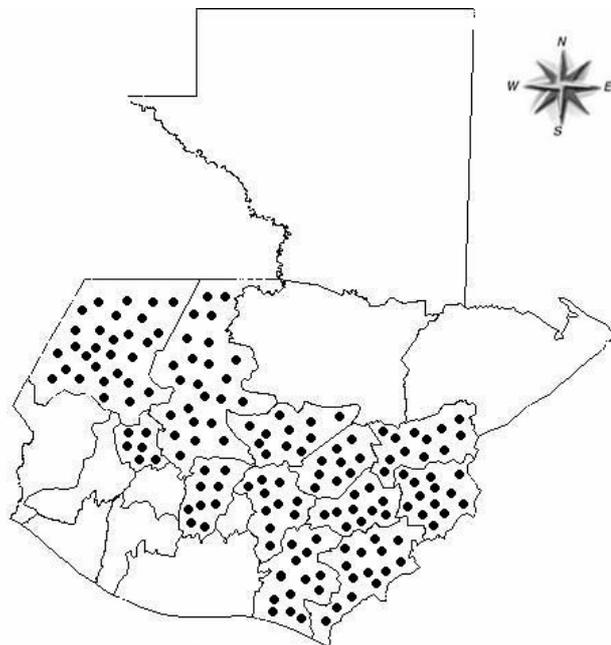
Zacapa: Sierra de las Minas, Jones, Rió Hondo.

Jalapa: Jalapa N/E, en la Fca. La Lagunilla, Camino de Jalapa a San Pedro Pinula, Camino de Jalapa a Sansare, Jalapa a Mataquesuintla.

Chiquimula: Chiquimula a Quetzaltepeque, Esquipulas.

Santa Rosa: Casillas, Laguna Ayarza.

Jutiapa: Jutiapa a Progreso (14).



Escala 1: 3500000

Figura. 8 distribución geográfica de la especie *Pinus oocarpa* Schiede.
Fuente INAFOR (14).

3.2.3.3 *Abies guatemalensis* Rehder

Es una especie en riesgo de extinción, que crece en bosques subtropicales templados húmedos en las altas montañas, especialmente entre los 2700 y 3600 m.s.n.m. Es el abeto más meridional de todo el continente americano. Se distribuye naturalmente desde el sur de México hasta Guatemala, Honduras y algunas partes altas de El Salvador, la distribución de la especie en Guatemala se observa en la figura 9 (5).

En Guatemala lo encontramos en los siguientes departamentos:

Huehuetenango: Todos los Santos, Cumbre del Aire, Chancol, San Mateo Ixtán.

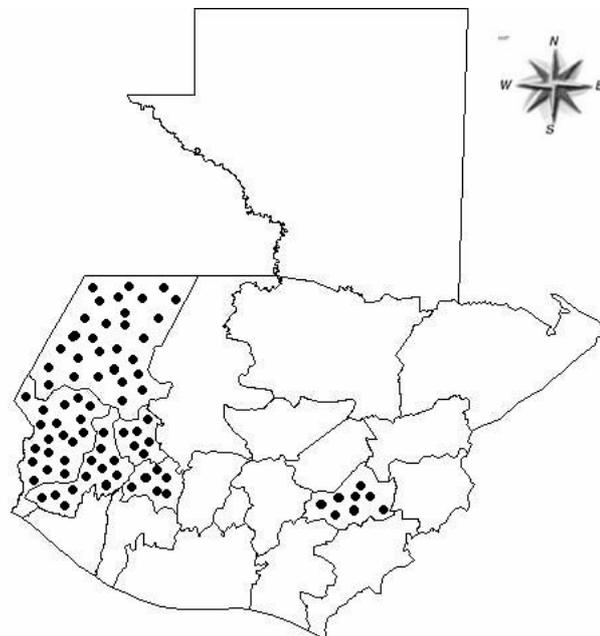
Totonicapán: Totonicapán, Desconsuelo, San Francisco el Alto, Momostenango (los Altos).

Quetzaltenango: Vn. Zunil, montas del Sur-Este de Palestina.

San Marcos: Vn. Tajumulco, Vn. Tacana, Región de Serchil.

Solola: Siete Cruces, faldas Nor-Este del Vn Zunil.

Jalapa: Alturas de la montaña al Este de Mataquescuintla (14).



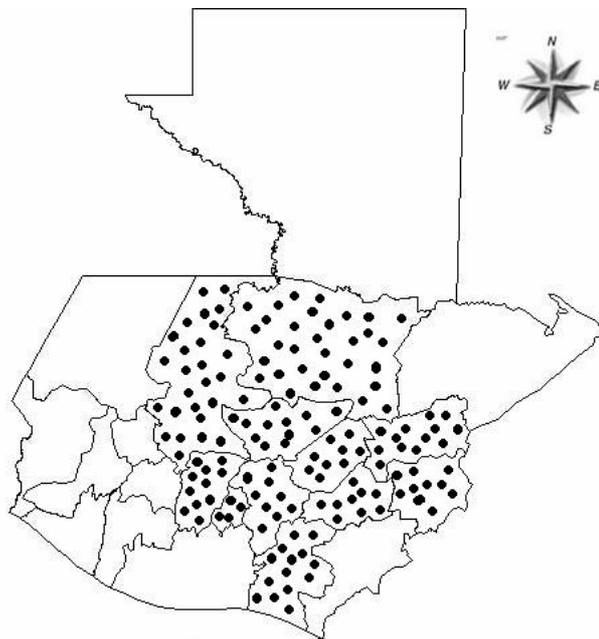
Escala 1:3500000

Figura. 9 distribución geográfica de la especie. *Abies guatemalensis* Rehder
Fuente INAFOR (14).

3.2.3.4 *Pinus maximinoi* H.E. Moore

Se distribuye naturalmente desde el sureste de México, centro de Guatemala y Honduras, norte de El Salvador hasta el noroeste de Nicaragua (5).

Aguilar indica lo siguiente: “La distribución de esta especie es también amplia, se encuentra El Salvador, Honduras y Nicaragua. En Guatemala se encuentra en los siguientes departamentos: El Quiché, Alta Verapaz, Baja Verapaz, El progreso, Zacapa, Chiquimula, Jalapa, Guatemala, Sacatepéquez, Solola y Santa Rosa”, la distribución de la especie se puede observar en la figura 10 (1).



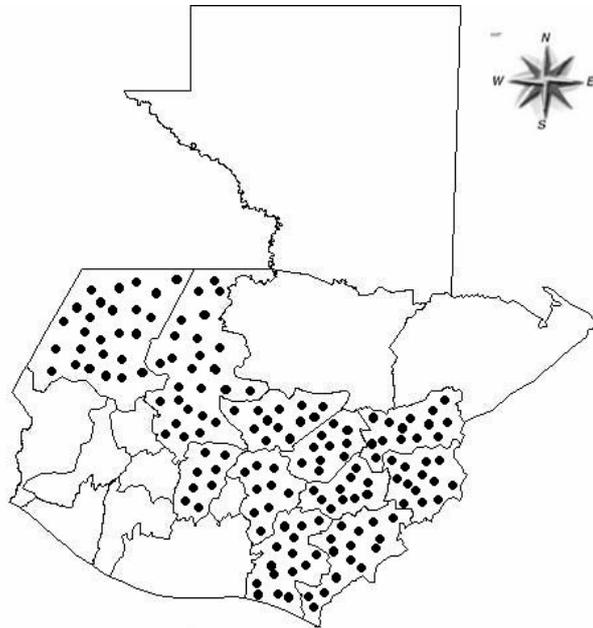
Escala 1:350000

Figura. 10 distribución geográfica de la especie. *Pinus maximinoi* H.E. Moore Fuente Aguilar (1).

3.2.3.5 *Pinus tecunumanii* Eguluz y Perry

La distribución geográfica del (*Pinus tecunumanii* Eguluz y Perry), va desde las tierras altas del centro de Chiapas, en México, hasta la parte central de Nicaragua, con una distancia aproximada de 1.000 Km. Varios taxonomistas sugieren que él (*Pinus tecunumanii* Eguluz y Perry), se extiende por el oeste hasta Oaxaca y Guerrero, en México. Sin embargo, el examen del DNA de árboles de estas zonas, utilizando marcadores moleculares, indica que están emparentados con él *Pinus patula* y él *Pinus Herrerae* (8).

En nuestro país se encuentra en los departamentos de Huehuetenango, Quiché, Chimaltenango, Guatemala, Baja Verapaz, El progreso, Zacapa, Jalapa, Chiquimula, Santa Rosa, Jutiapa, la distribución se puede observar en la figura 11 (1).



Escala 1:3500000

Figura. 11 distribución geográfica de la especie. *Pinus tecunumanii* Eguiluz y Perry Fuente Aguilar (1).

3.2.2 Localización y características del lugar donde se desarrollará el estudio

BANSEFOR se encuentra ubicado en la 7 avenida 6-80 zona 13. A 1,502.32 m.s.n.m. a una latitud Norte $14^{\circ}35'44''$ y una longitud Oeste de $90^{\circ}31'50''$, la temperatura es 22 grados centígrados, una humedad relativa del 70%, un promedio diario de 10 hrs. Luz con una área de cámara refrigerada de 40 metros cuadrados y una temperatura promedio de 5 grados centígrados, la germinadora cuenta con cuatro lámparas de luz y mantiene un promedio de temperatura de 25 grados centígrados (12).

3.3 Estudios similares realizados

Se puede decir que no hay mucha información similar a este estudio ya que las investigaciones de semillas han sido enfocados con mayor énfasis a hortalizas, granos básicos y algunos a especies forestales pero no de la familia Pinacea, la investigación que es bastante similar es la de Cordón, Pablo en el año 2003 en la cual evaluaba 5 especies forestales de Interés socio-económico en función del tiempo de almacenamiento de 12 meses la cuales son *Abies guatemalensis* Rehder, *Pinus oocarpa* Schiede, *Cupressus lusitanica* M, *Tectona grandis* L,F, *Gmelina arborea* R, las evaluaciones las realizo por medio de modelos de regresión lineales y no lineales (7).

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Estudiar el comportamiento de la viabilidad de las semillas de Pinabete *Abies guatemalensis* Rehder, Pino candelillo *Pinus maximinoi* H.E. Moore, Pino colorado *Pinus oocarpa* Schiede, Pino de la sierra *Pinus tecunumanii* Eguluz y Perry, en función del tiempo de almacenamiento durante 8 meses.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

4.2.1 Evaluar el porcentaje de germinación de las semillas de Pinabete *Abies guatemalensis* Rehder, Pino candelillo *Pinus maximinoi* H.E. Moore, Pino colorado *Pinus oocarpa* Schiede, Pino de la sierra *Pinus tecunumanii* Eguluz y Perry, en almacenamiento, en forma mensual durante 8 meses.

4.2.2 Analizar mediante el modelo de regresión lineal simple los resultados de la germinación, con el fin de predecir la viabilidad de las cuatro especies en estudio en función del tiempo de almacenamiento de las mismas.

5. HIPÓTESIS

5.1

El porcentaje de germinación de las semillas de Pinabete *Abies guatemalensis* Rehder, Pino candelillo *Pinus maximinoi* H.E. Moore, Pino colorado *Pinus oocarpa* Schiede, Pino de la sierra *Pinus tecunumanii* Eguiluz y Perry, se reducirá con el tiempo de almacenamiento.

6. METODOLOGÍA

6.1 Metodología del muestreo

6.2 Tratamientos o poblaciones

Semillas evaluadas:

- a- Población de semillas de *Abies guatemalensis* Rehder.
- b- Población de semillas de *Pinus maximinoi* H.E. Moore.
- c- Población de semillas de *Pinus oocarpa* Schiede
- d- Población de semillas de *Pinus tecunumanii* Eguluz y Perry.

6.3 Unidad de muestreo

Consistió en 50 semillas de cada especie evaluadas con cuatro repeticiones por prueba.

6.4 Datos a tomar

Se efectuó una prueba de germinación para cada una de las especies, cada prueba consistió en cuatro repeticiones utilizando 200 semillas en total, se efectuaron 8 pruebas de germinación para cada especie determinado su porcentaje de germinación, se tomo como base las reglas del Asociación Internacional para Ensayos de Semillas (ISTA), las especies y los días de lectura son los que se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Tiempo de lecturas en pruebas de germinación para la especies evaluadas

Especie	Lectura que se recomienda para pruebas de germinación en días después de la siembra
<i>Abies guatemalensis</i> Rehder	28
<i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore	21
<i>pinus oocarpa</i> Schiede	21
<i>pinus tecunumanii</i> Eguluz y Perry	21

Fuente: International Seed Testing Association -ISTA- 1996.
(16).

6.5 Variables a analizar

El porcentaje de germinación de cada especie en función al tiempo de almacenamiento de 8 pruebas.

Las semillas que se utilizaron estaban almacenadas en el cuarto frío del banco a 5 grados centígrados. Previamente se hizo un análisis de pureza física y se guardaron en bolsas de plástico selladas con 200 semillas cada una, cada bolsa poseía su debida identificación de número de prueba, en que mes se utilizara y especie. Para las pruebas de germinación mensuales se desinfectaron las bandejas plásticas, se colocaron las semillas en papel filtro aplicándoles una lamina de riego cada dos días, se pusieron en la germinadora y por ultimo se tomaron lecturas en el número de días indicado por las normas del ISTA que esta detallado en el cuadro anterior.

6.6 Análisis de la información

Aunque existen otros análisis de regresión los cuales no son lineales en este trabajo únicamente se utilizo el análisis de regresión lineal simple, en el cual la variable independiente será el tiempo de almacenamiento y la variable dependiente será el porcentaje de germinación, también fueron evaluados los mismos datos con un análisis de estadística descriptiva.

Tanto el modelo de regresión lineal simple como el de estadística descriptiva que se usaron son los que se encuentra disponibles en el programa Microsoft Excel de Office 2000 (9) (3).

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 *Pinus oocarpa* Schiede

7.1.2 Análisis de pureza física

En este análisis se determinó que el porcentaje de pureza física para la especie *Pinus oocarpa* Schiede es de 98, lo que evidencia que la semilla cosechada en su mayoría posee características físicas y morfológicas que representan la especie en estudio.

En el cuadro 6 muestran los diferentes valores obtenidos por el análisis de pureza física de: semilla pura, otras semillas y material inerte.

Al analizarlo con las tolerancias permitidas por el ISTA mencionando que es aceptado el análisis para los tres componentes.

Cuadro 6. Resultados del análisis de pureza física de *Pinus oocarpa* Schiede

Componente	Muestra 1		Muestra 2		Diferencia (M1-M2)	Tolerancia	Aceptación
	(g)	%	(g)	%			
Semilla pura	67.58	98.48	68.2	98.42	0.06	1.31	Si
Otras semillas	0	0	0	0	0	0.21	Si
Material inerte	1.04	1.52	1.09	1.57	0.06	1.31	Si
Total (peso y % de la muestra)	68.62	100	69.29	100			

7.1.3 Pruebas de germinación de la especie *Pinus oocarpa* Schiede

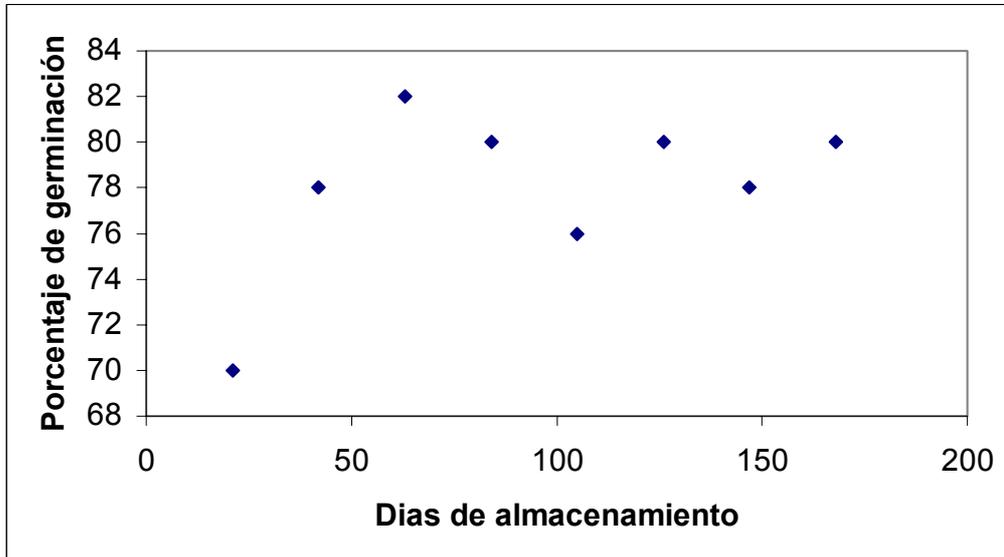
El promedio del porcentaje de germinación de la especie es de 78, dicho valor se encuentra en el rango de los resultados que a obtenido BANSEFOR en los últimos años. (ver cuadro 7)

Según dicho cuadro se puede observar que el porcentaje de germinación de la semilla fue incrementando hasta la tercera prueba y luego decreció levemente hasta la última, iniciando con 70% y finalizando con 80%

Cuadro 7. Resultados de las ocho pruebas de germinación de la especie *Pinus oocarpa* Schiede

Prueba de germinación	Días de almacenamiento	Porcentaje de germinación
1	21	70
2	42	78
3	63	82
4	84	80
5	105	76
6	126	80
7	147	78
8	168	80
		Media = 78

La distribución de los datos de la germinación de la especie en función del tiempo de almacenamiento se puede observar en la grafica numero 1.



Grafica 1. Comportamiento del porcentaje de germinación de la especie *Pinus oocarpa* Schiede en función del tiempo de almacenamiento.

Al ajustar el modelo de análisis de regresión lineal simple con los resultados de las pruebas de germinación de la especie *Pinus oocarpa* Schiede con un nivel de confianza de 95% se determinó que el modelo no se adecua a explicar la variabilidad de los datos de germinación en función del almacenamiento, como se puede ver en el ANDEVA y también basándonos en el coeficiente de determinación ajustado que fue de 9.3 %, el cual es considerado como muy bajo para poder ser aceptado (3) (9).

Los resultados obtenidos por Córdón Pablo (2003), para dicha especie en un estudio de germinación en función de tiempo de almacenamiento indican que no se puede ajustar los resultados a un modelo de regresión lineal simple, lo cual se confirma con este estudio (7).

7.2 *Abies guatemalensis* Rehder

7.2.2 Análisis de pureza física

En este análisis se determinó que el porcentaje de pureza física para la especie *Abies guatemalensis* Rehder es de 81, lo que evidencia que la semilla cosechada en una buena cantidad posee características físicas y morfológicas que representan la especie en estudio.

En el cuadro numero 8 se muestran los diferentes valores obtenidos por el análisis de pureza física de: semilla pura, otras semillas y material inerte.

Al analizarlo con las tolerancias permitidas por el ISTA mencionando que es aceptado el análisis para los tres componentes.

Cuadro 8. Análisis de pureza física de la especie *Abies guatemalensis* Rehder

Componente	Muestra 1		Muestra 2		Diferencia (M1-M2)	Tolerancia	Aceptación
	(g)	%	(g)	%			
Semilla pura	20.6	80.21	20.9	81.51	1.3	3.9	Si
Otras semillas	0	0	0	0	0.0	0.21	Si
Material inerte	5.08	19.78	4.74	18.48	1.3	3.9	Si
Total (peso y % de la muestra)	25.68	100	25.64	100			

7.2.3 Pruebas de germinación de la especie *Abies guatemalensis* Rehder

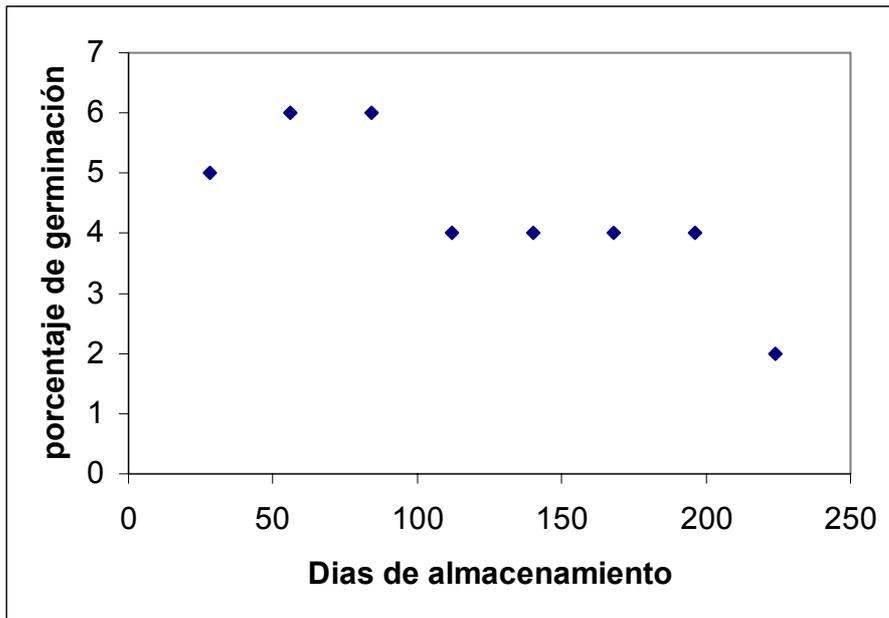
El promedio del porcentaje de germinación de la especie es de 4%, dicho valor se encuentra en el rango de los resultados que a obtenido BANSEFOR en los últimos años. (ver cuadro 9)

Según dicho cuadro se puede observar que el porcentaje de germinación de la semilla fue incrementado levemente desde la primera prueba hasta la tercera, luego decreció, iniciando con 5% y finalizando con 2%.

Cuadro 9. Resultados de las ocho pruebas de germinación de la especie *Abies guatemalensis* Rehder

Prueba de germinación	Días de almacenamiento	Porcentaje de germinación
1	28	5
2	56	6
3	84	6
4	112	4
5	140	4
6	168	4
7	196	4
8	224	2
		Media = 4

La distribución de los datos de la germinación de la especie en función del tiempo de almacenamiento se puede observar en la grafica numero 2.



Grafica 2. Comportamiento del porcentaje de germinación de la especie *Abies guatemalensis* Rehder en función del tiempo de almacenamiento.

Al ajustar el modelo de análisis de regresión lineal simple con los resultados de las pruebas de germinación de la especie *Abies guatemalensis* Rehder con un nivel de confianza de 95% se determinó que el modelo no se adecua a explicar la variabilidad de los datos de germinación en función del almacenamiento, como se puede observar en el ANDEVA y también basándonos en el coeficiente de determinación ajustado que fue de 63 %, el cual es considerado como bajo para poder ser aceptado (3) (9).

Los resultados obtenidos por Córdón, Pablo (2003), para dicha especie en un estudio de germinación en función de tiempo de almacenamiento indican que no se puede ajustar los resultados a un modelo de regresión lineal simple, lo cual se confirma con este estudio (7).

7.3 *Pinus maximinoi* H.E. Moore

7.3.2 Análisis de pureza física

En este análisis se determinó que el porcentaje de pureza física para la especie *Pinus maximinoi* H.E. Moore es de 98, lo que evidencia que la semilla cosechada en su mayoría posee características físicas y morfológicas que representan la especie en estudio.

En el cuadro 10 se muestran los diferentes valores obtenidos por el análisis de pureza física de: semilla pura, otras semillas y material inerte.

Al analizarlo con las tolerancias permitidas por el ISTA mencionando que es aceptado el análisis para los tres componentes.

Cuadro 10. Análisis de pureza física de la especie *Pinus maximinoi* H.E. Moore

Componente	Muestra 1		Muestra 2		Diferencia (M1-M2)	Tolerancia	Aceptación
	(g)	%	(g)	%			
Semilla pura	19.8	98.23	19.5	98.46	0.23	1.31	Si
Otras semillas	0	0	0	0	0.00	0.21	Si
Material Inerte	0.356	1.76	0.304	1.53	0.23	1.31	Si
Total (peso y % de la muestra)	20.156	100	19.804	100			

7.3.3 Pruebas de germinación de la especie *Pinus maximinoi* H.E. Moore

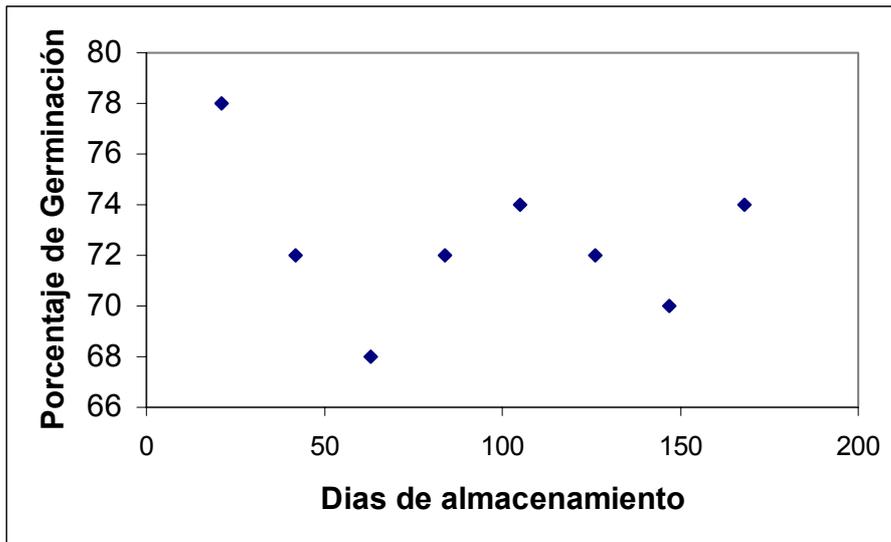
El promedio del porcentaje de germinación de la especie es de 72, dicho valor se encuentra en el rango de los resultados que a obtenido BANSEFOR en los últimos años. (ver cuadro 11)

Según dicho cuadro se puede observar que el porcentaje de germinación de la semilla decreció levemente desde la primera prueba hasta la ultima, iniciando con 78% y finalizando con 74%.

Cuadro 11. Resultados de las ocho pruebas de germinación de la especie *Pinus maximinoi* H.E. Moore

Prueba de germinación	Días de almacenamiento	Porcentaje de germinación
1	21	78
2	42	72
3	63	68
4	84	72
5	105	74
6	126	72
7	147	70
8	168	74
		Media = 72

La distribución de los datos de la germinación de la especie en función del tiempo de almacenamiento se puede observar en la grafica numero 3.



Gráfica 3. Comportamiento del porcentaje de germinación de la especie *Pinus maximinoi* H.E. Moore en función del tiempo de almacenamiento.

Al ajustar el modelo de análisis de regresión lineal simple con los resultados de las pruebas de germinación de la especie *Pinus maximinoi* H.E. Moore con un nivel de confianza de 95% se determinó que el modelo no se adecua a explicar la variabilidad de los datos de germinación en función del almacenamiento, basándonos en el ANDEVA y también en el coeficiente de determinación ajustado que fue de - 10%, el cual es considerado como inapreciable para poder ser aceptado (3) (9).

7.4 *Pinus tecunumanii* Eguiluz y Perry

7.4.2 Análisis de pureza física

En este análisis se determinó que el porcentaje de pureza física para la especie *Pinus tecunumanii* Eguiluz y Perry es de 98, lo que evidencia que la semilla cosechada en su mayoría posee características físicas y morfológicas que representan la especie en estudio.

En el cuadro número 12 se muestran los diferentes valores obtenidos por el análisis de pureza física de: semilla pura, otras semillas y material inerte.

Al analizarlo con las tolerancias permitidas por el ISTA mencionamos que es aceptado el análisis para los tres componentes.

Cuadro 12. Resultados del análisis de pureza física de *Pinus tecunumanii* Eguiluz y Perry.

Componente	Muestra 1		Muestra 2		Diferencia (M1-M2)	Tolerancia	Aceptación
	(g)	%	(g)	%			
Semilla pura	11.194	97.858	15.671	97.384	0.474	1.40	Si
Otras semillas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.21	Si
Material inerte	0.245	2.142	0.421	2.616	0.474	1.40	Si
Total (peso y % de la muestra)	11.439	100.00	16.092	100.00			

7.4.3 Pruebas de germinación de *Pinus tecunumanii* Eguiluz y Perry

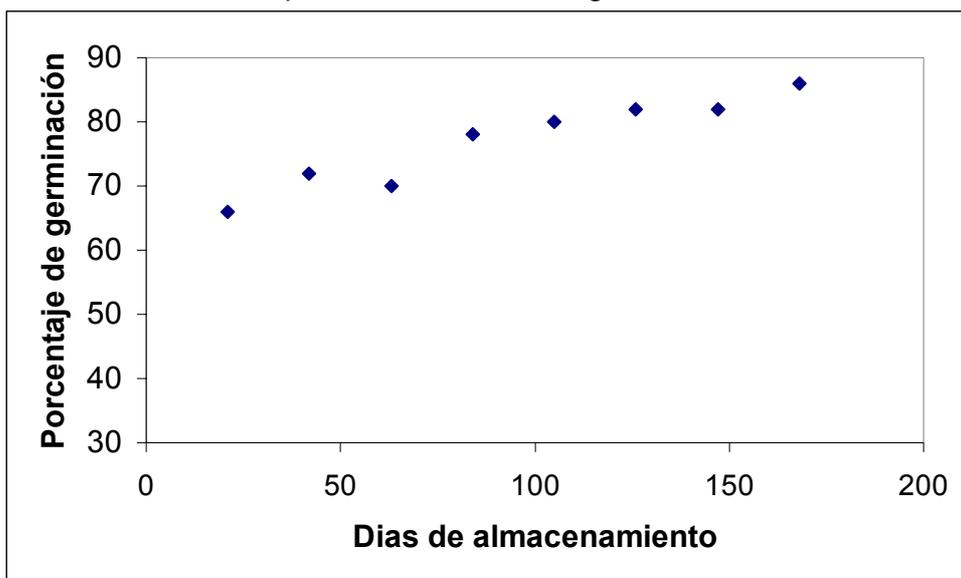
El promedio del porcentaje de germinación de la especie es de 77, dicho valor se encuentra en el rango de los resultados que a obtenido BANSEFOR en los últimos años. (ver cuadro13)

Según dicho cuadro se puede observar que el porcentaje de germinación de la semilla fue incrementado a lo largo de las pruebas, iniciando con 68% y finalizando con 86%, en el único caso que el porcentaje de germinación descendió fue a los 63 días, con el 70%.

Cuadro 13. Resultados de las ocho pruebas de germinación de la especie *Pinus tecunumanii* Eguiluz y Perry

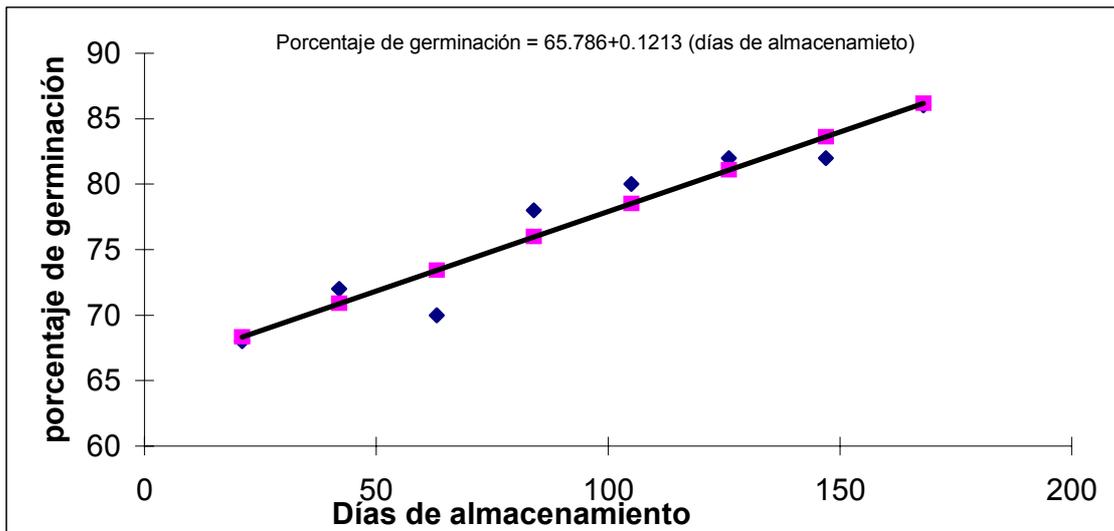
Prueba de germinación	Días de almacenamiento	Porcentaje de germinación
1	21	68
2	42	72
3	63	70
4	84	78
5	105	80
6	126	82
7	147	82
8	168	86
		Media = 77

La distribución de los datos de la germinación de la especie en función del tiempo de almacenamiento se puede observar en la grafica numero 4.



Gráfica 4. Comportamiento del porcentaje de germinación de la especie *Pinus tecunumanii* Eguiluz y Perry en función del tiempo de almacenamiento.

Al ajustar el modelo del análisis de regresión lineal simple con los resultados de las pruebas de germinación de la especie *Pinus tecunumanii* Eguiluz y Perry con un nivel de confianza de 95% se determinó que el modelo se adecua y explica muy bien la variabilidad de los datos de germinación en función del almacenamiento, basados en el ANDEVA y en el coeficiente de determinación ajustado que es del 90%, esta ecuación de regresión ($Y = 65.780 + 0.1213X$), nos sirve para predecir en un momento dado que porcentaje de germinación tendría una muestra de semillas de la especie en estudio en función del tiempo de almacenamiento que tenga (3) (9). (ver grafica 5)



Grafica 5. Modelo de regresión lineal simple de las pruebas de germinación de la especie *Pinus tecunumanii* Eguiluz y Perry

7.5 Comparación múltiple de medias utilizando la distribución t

Al comparar las medias del porcentaje de germinación de las especies analizadas se menciona lo siguiente: se establecen tres grupos distintos en el grupo A mostrando el mayor porcentaje de germinación, se encuentran las especies *Pinus oocarpa* Schiede y *Pinus tecunumanii* Eguiluz y Perry.

En el grupo B teniendo un valor intermedio en el porcentaje de germinación, se encuentra la especie *Pinus maximinoi* H.E. Moore. Y en el grupo C presentando el menor porcentaje de germinación se encuentra, la especie *Abies guatemalensis* Rehder, la cual presenta el menor porcentaje de germinación, los resultados se presenta en el cuadro 14.

Cuadro 14. Comparación múltiple de medias utilizando la distribución t

Especie	Media	Grupo
<i>Pinus oocarpa</i> Schiede	78.00	A
<i>Pinus tecunumanii</i> Eguiluz y Perry	77.225	A
<i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore	72.50	B
<i>Abies guatemalensis</i> Rehder	4.375	C

8. CONCLUSIONES

8.1

La viabilidad de la especie *Pinus tecunumanii* Eguiluz y Perry, fue afectada positivamente por el tiempo de almacenamiento a 5 ° C, iniciado con un porcentaje de germinación de 68 y finalizando con 86 respectivamente, lo que denota un incremento en el 18 % a los 168 días de almacenamiento en la germinación. El análisis de regresión lineal simple nos reporto un % de coeficiente de determinación ajustado de 90, el cual garantiza que la ecuación que se obtuvo puede ser utilizada con fines predictivos de la germinación en función del tiempo de almacenamiento.

8.2

Pinus oocarpa Schiede, presento una tendencia similar a la anterior especies, iniciando con un porcentaje de germinación de 70 y finalizando con 80 respectivamente, lo que muestra un incremento del 10 % en el porcentaje de germinación a los 168 días de almacenamiento. El análisis de regresión lineal simple que se le practico a esta especie denota que el porcentaje de coeficiente de determinación ajustado es de 9.3, el cual es considerado como muy bajo para que sea utilizada la ecuación que nos da el análisis con fines predictivos de la germinación en función del tiempo de almacenamiento.

8.3

Pinus maximinoi H.E. Moore, presento una tendencia decreciente en la germinación, iniciando con un porcentaje de germinación de 78 y finalizando con 74 respectivamente, lo que muestra un descenso del 4 % en el porcentaje de germinación a los 168 días de almacenamiento. El análisis de regresión lineal simple que se le practico a esta especie denota que el porcentaje de coeficiente de determinación ajustado es de -10, el cual es considerado como muy bajo para que sea utilizada la ecuación que nos da el análisis con fines predictivos de la germinación en función del tiempo de almacenamiento.

8.4

Abies guatemalensis Rehder presento una tendencia decreciente en la germinación, iniciando con un porcentaje de germinación de 5 y finalizando con 2 respectivamente, lo que muestra un descenso del 3 % en el porcentaje de germinación a los 224 días de almacenamiento. El análisis de regresión lineal simple que se le practico a esta especie denota que el porcentaje de coeficiente de determinación ajustado es de 63, el cual es considerado como muy bajo para que sea utilizada la ecuación que nos da el análisis con fines predictivos de la germinación en función del tiempo de almacenamiento.

9. RECOMENDACIONES

9.1

Cuando se comercialice semilla de las especies analizadas en este estudio, las cuales han sido almacenadas por más del tiempo del recomendable, se hace necesario compensar al usuario con un mayor peso en semillas a manera de no afectar el número de semillas viables.

9.2

A los investigadores en semillas, hacer otros ensayos similares a este estudio en otras especies forestales de importancia para la reforestación de nuestro país.

9.3

Cuando se analicen resultados de viabilidad de semillas en función de tiempo de almacenamiento de las siguientes especies: *Pinus maximinoi* H.E. Moore, *Pinus oocarpa* Schiede, *Abies guatemalensis* Rehder, realizarlo por modelos de regresión no lineales.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar, I. 1961. Pinos de Guatemala. Guatemala, Ministerio de Agricultura. 33 p.
2. AID (Agencia para el Desarrollo Internacional, MX). 1961. Seed the yearbook of agriculture. México, Continental. 1007 p.
3. Álvarez, V; Gonzáles, B. 2000. Modelación de regresión. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 33 p.
4. CATIE, CR. 1997. Nota técnica sobre manejo de semillas forestales (*Gliricidia sepium* Jacquin). Turrialba, Costa Rica. p. 1-2. (Nota Técnica no. 3).
5. CATIE, CR. 2000. Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Costa Rica. 204 p.
6. CONAFOR (Consejo Nacional Forestal, MX). 2004. Especies con usos no maderables en bosques de encino, pino y pino encino, en los estados de Chihuahua, Durango, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca (en línea). México. Consultado 12 ene 2004. Disponible en [www.conafor.gob.mx/programas nacionales forestales](http://www.conafor.gob.mx/programas_nacionales_forestales)
7. Cerdón Cabrera, P. 2003. Comportamiento de la viabilidad de semillas de 5 especies forestales, almacenadas a cinco grados centígrados durante 1 año en el banco de semillas forestales (BANSEFOR), del INAB, ciudad Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 57 p.

8. Dvorak, W; Hodge G; Romero, J. 2004. Resultado de investigación sobre el *Pinus tecunumanii* por la cooperativa de CAMCORE (en línea). US. Consultado 10 ene 2004. Disponible www.fao.org/DOCREP/004/y2316s/y2316s02.htm
9. Gonzáles, B. 2000. Modelación de regresión empleando Epiinfo 2000 y Excel. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Centro de Telemática. 15 p.
10. 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 pregerminativos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 37p
11. 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.
12. Gonzáles, M; Castañeda, C. 1983. Las comunidades del pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) en Guatemala. *Tikalia* 2(1):5-36.
13. Hartman, HT; Kestler, DE. 1988. Propagación de plantas; principio y practica. 2 ed. México, McGraw-Hill. 760 p
14. INAFOR (Instituto Nacional Forestal, GT). 1977. Tablas de volumen para las especies coníferas de Guatemala. Guatemala. 162 p. (Documento de Trabajo no 1).
15. INE (Instituto Nacional de Ecología, MX). 2003. Almacenamiento de semillas, métodos de almacenamiento semillas, pruebas de germinación (en línea). México. 137 p. Consultado 12 dic 2003. Disponible <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/21/estudio.html>

16. ISTA (International Seed Testing Association, SW). 1996. International rules for seed testing. Zurich, Switzerland. 335 p.
17. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, NI). 1994. Pino / pinabete *Pinus maximinoi* H.E. Moore. Pinaceae; especies para reforestación. Nicaragua. (Nota Técnica no. 31).
18. 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
19. Rodríguez, M. 2004. Porcentajes de germinación de Pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder), Pino candelillo (*Pinus maximinoi* H.E. Moore), Pino colorado (*Pinus oocarpa* Schiede), Pino de la sierra (*Pinus tecunumanii* Eguluz y Perry), los cuales se han obtenido en BANSEFOR (Entrevista). Guatemala, INAB, BANSEFOR.
20. 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.
21. Styles, BT; Hughes, CE. 1983. Studies of variation in Central American pines III: notes on the taxonomy and nomenclature of the pines and related gymnosperms in Honduras and adjacent Latin American republic. Oxford, Reino Unido, Instituto de Forestaría de la Commonwealth, Departamento de Forestaría. 23 p
22. Vásquez, F. 2003. Apuntes de tecnología de semillas y viveros. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 95 p.
23. Vásquez, F; Aspuaca, JR. 2002. Practicas de laboratorio de curso de tecnología de semillas. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 52 p.

11. APÉNDICE

Cuadro.15 a Cronograma de actividades

Actividad	<i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore <i>Pinus oocarpa</i> Schiede <i>Pinus tecunumanii</i> Eguluz y Perry	<i>Abies guatemalensis</i> Rehder
Análisis de pureza física	Primera semana de Abril	
Siembra de prueba 1	1-4-2004	1-4-2004
Conteo de la prueba 1	21-4-2004	28-4-2004
Siembra de la prueba 2	21-4-2004	28-4-2004
Conteo de la prueba 2	11-5-2004	25-5-2004
Siembra de la prueba 3	11-5-2004	25-5-2004
Conteo de la prueba 3	31-5-2004	21-6-2004
Siembra de prueba 4	31-5-2004	21-6-2004
Conteo de la prueba 4	20-6-2004	18-7-2004
Siembra de la prueba 5	20-6-2004	18-7-2004
Conteo de la prueba 5	10-7-2004	14-8-2004
Siembra de la prueba 6	10-7-2004	14-8-2004
Conteo de la prueba 6	30-7-2004	10-9-2004
Siembra de prueba 7	30-7-2004	10-9-2004
Conteo de la prueba 7	19-8-2004	7-10-2004
Siembra de la prueba 8	19-8-2004	7-10-2004
Conteo de la prueba 8	8-9-2004	3-11-2004
Análisis de datos	Noviembre-Diciembre	
Redacción del informe final	Diciembre 2004 –Febrero 2005	

Cuadro. 16 a. Representación de valores mínimos y máximos en porcentaje de germinación de las especies en estudio elaborado por BANSEFOR

Semilla	% de germinación
<i>Pinus oocarpa</i> Schiede	60-88
<i>Abies guatemalensis</i> Rehder	3-10
<i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore	54-82
<i>Pinus tecunumanii</i> Eguluz y Perry	63-67

Fuente: Entrevista Mario Rodríguez (técnico BANSEFOR)

Cuadro. 17 a. Análisis de varianza para la regresión lineal simple *Pinus tecunumanii* Eguluz y Perry

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de la F
Regresión	1	272.59	272.59	71.40	0.000149969*
Residuos	6	22.90	3.81		
Total	7	295.5			

Cuadro. 18 a. Análisis de varianza de la regresión lineal simple *Pinus oocarpa* Schied

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de la F
Regresión	1	21.4285	21.4285	1.7241	0.2371
Residuos	6	74.5714	12.4285		
Total	7	96			

Cuadro 19 a. Análisis de varianza de la regresión lineal simple *Pinus maximinoi* H.E. Moore

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de la F
Regresión	1	3.4257	3.4257	0.3512	0.5750
Residuos	6	58.5714	9.7619		
Total	7				

Cuadro 20 a. Análisis de varianza de la regresión lineal simple *Abies guatemalensis* Rehder

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de la F
Regresión	1	8.148	8.148	13.12	0.01106 *
Residuos	6	3.726	0.621		
Total	7				