

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

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TEMPERATURA, FOTOPERÍODO Y SUSTRATOS EN LA
GERMINACIÓN DE *Cedrela odorata* L; *Grevillea robusta* Cunn. Y *Cupressus lusitanica* Miller.

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



SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

Guatemala, octubre de 1,998

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Ing. Agr. EFRAÍN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO:

VOCAL PRIMERO.

VOCAL SEGUNDO.

VOCAL TERCERO.

VOCAL CUARTO.

VOCAL QUINTO.

SECRETARIO.

Ing. Agr. Msc. José Rolando Lara Alecio.

Ing. Agr. Juan José Castillo Montt.

Ing. Agr. William Roberto Escobar López.

Ing. Agr. Alejandro Arnoldo Hernández Figueroa.

Br. Oscar Javier Guevara Pineda.

P. Agr. Edgar Danilo Juárez Quim.

Ing. Agr. Guillermo Edilberto Méndez Beteta.

AGRADECIMIENTOS

A:

Ing. Agr. Msc Edgar Oswaldo Franco Rivera e Ing. Agr. César Telón Donis por sus desvelos y entrega al presente trabajo.

Ing. Agr. Msc. Julio López por brindarme la confianza y oportunidad de realizarme como profesional util a la patria.

Ing. Agr. Msc Horacio Juárez Arellano e Ing. Alejandro Pérez por su incondicional apoyo durante mi formación profesional.

Familias: Pérez Ventura, Hernández Ventura y Mejía Ajcucún por comunicarme sus sentimientos positivos para enmendar los errores.

Ing. Miguel Antonio Reyes Ventura por mejorar mi Imagen de ayer y servirme como guía en el camino del triunfo.

Guatemala, octubre de 1,998.

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente:

Distinguidos miembros:

De la manera mas cordial y de acuerdo con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a consideración de ustedes, el trabajo de tesis titulado.

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TEMPERATURA, FOTOPERÍODO Y SUSTRATOS EN LA GERMINACIÓN DE *Cedrela odorata* L; *Grevillea robusta* Cunn. Y *Cupressus lusitanica* Miller.

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

Esperando merezca su aprobación, me suscribo de ustedes.

Atentamente,


Ángel Estuardo Reyes Ventura.

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS:

Porque las palabras no alcanzarían para expresar mi gratitud, por lo que ha hecho en mi vida.

MI PADRE:

Miguel Ángel Reyes Tecú (+) él que duerme, que despierte por un momento para que sea partícipe de mi éxito.

MIS MADRES:

Rosa Arellano Viuda de Ventura. (+)

Carmen Alicia Ventura Arellano

Como una pequeña recompensa a una vida de sacrificios y limitaciones, que con amor y abnegación siempre superaron el cansancio, los desvelos y las adversidades.

MIS HERMANOS:

Miguel Antonio y

Carlos Darío

Como una muestra de afecto al cariño sincero.

MIS PRIMOS:

Carlos Alejandro, Javier Eduardo, Claudia María, Héctor Nery, Claudia Liseth y Reyna Mariela.

MIS TÍOS:

Especialmente a: Rosa Amalia Ventura de Pérez,

Aída Trinidad Reyes Tecú,

Lic. Rubén Darío Ventura Arellano.

MIS AMIGOS:

Especialmente: Auggie Jerónimo, Dorian Izaguirre,

Gerónimo Pérez, Mara Ruano, Walter Mus, Juan Pablo Mus,

Byron Orozco, Efraín Sosa y Luis Pivaral.

Por aprender el arte de dar compañía, dialogar y esparcir la alegría.

TESIS QUE DEDICO

A:

GUATEMALA

RABINAL BAJA VERAPAZ

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

BANCO DE SEMILLAS FORESTALES

INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES

CONTENIDO GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.	1
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.	2
3. MARCO TEÓRICO.	3
3.1 Marco Conceptual.	3
3.1.1 Semilla.	3
A. Definición de Semilla.	3
B. Morfología de la Semilla.	3
C. Cambios morfológicos en la germinación.	4
3.1.2 Germinación.	4
A. Control de germinación de las semillas.	6
B. Proceso de la germinación.	6
3.1.3 Factores ambientales que intervienen en la germinación.	7
A. La luz.	7
a. Incidencia de la luz en la germinación.	7
B. Sustratos.	8
C. Temperatura.	9
D. Humedad y Oxígeno.	9
E. Factores internos que afectan la germinación.	10
3.1.4 Tratamientos pregerminativos.	10
A. Método físico.	10
B. Remojado en agua.	10
C. Método biológico.	11
3.1.5 Pruebas Directas	11
A. Prueba de tetrazolio.	11
B. Pruebas rápidas.	12
C. Prueba de calor y fuego.	12
D. Prueba de Índigo carmín.	12
3.2 Marco Referencial.	12
3.2.1 Ubicación.	12
3.2.2 Descripción de especies forestales estudiadas.	12
A. Cedro (<i>Cupressus lusitanica</i>).	13
a. Descripción.	13
b. Distribución.	13
c. Tratamiento de la semilla.	13
B Gravillea (<i>Grevillea robusta</i>).	15
a. Descripción.	15
b. Distribución.	15
c. Usos.	15
d. Otros usos.	15
I. Madera.	15
II. Miel.	15
e. Requerimientos ecológicos.	16
I. Temperatura.	16
II. Precipitación.	16
III. Establecimiento.	16
f. Tratamiento pregerminativo.	16

C. Cedro (<i>Cedrella odorata</i>).	18
a. Descripción.	18
b. Características estructurales de la madera.	18
c. Producción.	18
d. Tratamientos pregerminativos.	19
3.2.3 Porcentaje de germinación.	20
3.2.4 Valor germinativo.	20
3.2.5 Estudios realizados sobre el efecto de la temperatura y sustratos. sobre la germinación de especies forestales.	20
4. OBJETIVOS	22
5. HIPÓTESIS	22
6. MATERIALES Y MÉTODOS	23
6.1 Material experimental.	23
6.2 Equipo e insumos.	26
6.2.1 Equipo.	26
6.2.2 Sustratos para la germinación.	26
6.3 Factores y niveles.	26
6.3.1 Temperatura.	26
6.3.2 Fotoperíodo.	26
6.3.3 Sustratos.	27
6.4 Aplicación de tratamientos pregerminativos.	27
6.5 Diseño experimental.	27
6.6 Unidad experimental.	27
6.7 Variables de respuesta	27
6.8 Manejo del experimento	28
6.8.1 Preparación de los sustratos.	28
A. Preparación de mezcla de suelo.	28
B. Preparación de aserrín.	28
C. Preparación del papel filtro.	28
D. Preparación de la arena blanca.	28
6.8.2 Preparación de cajas plásticas.	28
6.8.3 Siembra de las unidades experimentales.	28
A. Preparación de mezcla de suelo.	28
B. Preparación de arena.	29
C. Preparación del aserrín.	29
D. Preparación de papel filtro.	29
6.8.4 Aplicación de los tratamientos.	29
6.8.5 Toma de datos.	30
6.9 Análisis estadístico.	30
7 RESULTADOS.	31
7.1 Cedro.	31
7.1.1 Porcentaje de germinación.	31
7.1.2 Valor germinativo	33
7.1.3 Relación del porcentaje de germinación y el valor germinativo.	35
7.2 Gravilea	36
7.2.1 Porcentaje de germinación.	36
7.2.2 Valor germinativo.	39
7.2.3 Relación del porcentaje de germinación y el valor germinativo.	41

7.3 Ciprés.	42
7.3.1 Porcentaje de germinación.	42
7.3.2 Valor germinativo.	45
7.3.3 Relación del porcentaje de germinación y el valor germinativo.	47
8. CONCLUSIONES.	49
9. RECOMENDACIONES.	50
10. BIBLIOGRAFÍA.	51
APÉNDICES.	55

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Tratamientos con mayor porcentaje de germinación de la semilla de <i>Cedrela odorata</i> .	31
Cuadro 2.	Tratamientos con menor respuesta en el porcentaje de germinación de la semilla de <i>Cedrela odorata</i> .	32
Cuadro 3.	Tratamientos con mayor valor germinativo, de la semilla de <i>Cedrela odorata</i> .	34
Cuadro 4.	Tratamientos con menor respuesta en el valor germinativo de la semilla de <i>Cedrela odorata</i> .	34
Cuadro 5.	Tratamientos con mayor porcentaje de germinación de la semilla de <i>Grevillea robusta</i> .	37
Cuadro 6.	Tratamientos con una menor respuesta en el porcentaje de germinación de la semilla de <i>Grevillea robusta</i> .	38
Cuadro 7.	Tratamientos con mayor valor germinativo de la semilla de <i>Grevillea robusta</i> .	39
Cuadro 8.	Tratamientos con menor valor germinativo de la semilla de <i>Grevillea robusta</i> .	40
Cuadro 9.	Tratamientos con mayor porcentaje de germinación de la semilla de <i>Cupressus lusitanica</i> .	43
Cuadro 10.	Tratamientos con una menor respuesta en el porcentaje de germinación de la semilla de <i>Cupressus lusitanica</i> .	44
Cuadro 11.	Tratamiento con mayor valor germinativo de la semilla de <i>Cupressus lusitanica</i> .	45
Cuadro 12.	Tratamientos con menor respuesta en el valor germinativo de la semilla de <i>Cupressus lusitanica</i> .	46
Cuadro 13 A.	Porcentaje de germinación de la semilla de <i>Cedrela odorata</i> .	56
Cuadro 14 A.	Valor germinativo de la semilla de <i>Cedrela odorata</i> .	57
Cuadro 15 A.	Porcentaje de germinación de la semilla de <i>Grevillea robusta</i> .	58
Cuadro 16 A.	Valor germinativo de la semilla de <i>Grevillea robusta</i> .	59
Cuadro 17 A.	Porcentaje de germinación de la semilla de <i>Cupressus lusitanica</i> .	60
Cuadro 18 A.	Valor germinativo de la semilla de <i>Cupressus lusitanica</i> .	61
Cuadro 19 A.	Análisis de varianza del porcentaje de germinación de <i>Cedrela odorata</i> .	62
Cuadro 20 A.	Análisis de varianza del valor germinativo de <i>Cedrela odorata</i> .	62
Cuadro 21 A.	Análisis de varianza del porcentaje de germinación de <i>Grevillea robusta</i> .	63

Cuadro 22 A.	Análisis de varianza del valor germinativo de <i>Grevillea robusta</i> .	63
Cuadro 23 A.	Análisis de varianza del porcentaje de <i>Cupressus lusitanica</i> .	64
Cuadro 24 A.	Análisis de varianza del valor germinativo de <i>Cupressus lusitanica</i>	64
Cuadro 25 A.	Presentación de la prueba de Tukey del porcentaje de germinación en Cedro	65
Cuadro 26 A.	Presentación de la prueba de Tukey del valor germinativo en Cedro	66
Cuadro 27 A.	Presentación de la prueba de Tukey del porcentaje de germinación en gravilea	67
Cuadro 28 A.	Presentación de la prueba de Tukey del valor germinativo en gravilea	67
Cuadro 29 A.	Presentación de la prueba de Tukey del porcentaje de germinación en ciprés	68
Cuadro 30 A.	Presentación de la prueba de Tukey del valor germinativo en ciprés	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Hoja, fruto, semilla y flor de la especie <i>Cupressus lusitanica</i> .	14
Figura 2.	Hoja, fruto, semilla y flor de la especie <i>Grevillea robusta</i> .	17
Figura 3.	Hoja, fruto, semilla y flor de la especie <i>Cedrela odorata</i> .	19
Figura 4.	Procedencia y lugar de recolección de las semillas de la especie <i>Cupressus lusitanica</i> y <i>Grevillea robusta</i> , Departamento de Sacatepéquez.	23
Figura 5	Procedencia y lugar de recolección de la semilla de la especie <i>Cedrela odorata</i> . Departamento de Suchitepéquez.	24
Figura 6.	Comportamiento gráfico del porcentaje de germinación de la semilla de <i>Cedrela odorata</i> .	33
Figura 7	Comportamiento del valor germinativo de la semilla de <i>Cedrela odorata</i> .	35
Figura 8	Relación del porcentaje de germinación y valor germinativo de la semilla <i>Cedrela odorata</i> .	36
Figura 9	Comportamiento gráfico del porcentaje de germinación de la semilla <i>Grevillea robusta</i> .	38
Figura 10	Comportamiento gráfico del valor germinativo de la semilla <i>Grevillea robusta</i> .	40
Figura 11	Relación del porcentaje de germinación y valor germinativo de la semilla de <i>Grevillea robusta</i> .	42
Figura 12	Comportamiento gráfico del porcentaje de germinación de la semilla de <i>Cupressus lusitanica</i> .	44
Figura 13	Comportamiento gráfico del valor germinativo de la semilla de <i>Cupressus lusitanica</i> .	46
Figura 14	Relación del porcentaje de germinación y valor germinativo de la semilla <i>Cupressus lusitanica</i> .	48

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TEMPERATURA, FOTOPERÍODO Y SUSTRATOS SOBRE LA GERMINACIÓN DE *Cedrela odorata* L., *Grevillea robusta* Cunn. Y *Cupressus lusitanica* Miller.

EVALUATION OF THE TEMPERATURE, FOTOPERIOD AND SUBTRACTS EFFECT, ON THE GERMINATION OF, *Cedrela odorata* L., *Grevillea robusta* Cunn Y *Cupressus lusitanica* Miller.

RESUMEN

En la presente investigación se tuvo como objetivo evaluar el efecto de las interacciones de temperatura (24, 28 y 32° C), fotoperíodo (0, 12 y 24 horas luz) y sustratos (arena, aserrín, papel filtro y mezcla de suelo y arena a una relación de 2:1); en respuesta a la germinación de las especies forestales *Cedrela odorata*, *Grevillea robusta* y *Cupressus lusitanica*.

La investigación se realizó en el Banco de Semillas forestales de Instituto Nacional de Bosques, aprovechando la infraestructura con la que éste cuenta y debido a la importancia que las especies en mención tienen para el mismo (especies con alto potencial energético, demanda para programas de reforestación y problemas en la germinación de sus semillas)

Se utilizó para cada una de las especies, un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, con un arreglo combinatorio de 3 x 3 x 4, con 144 unidades experimentales formadas de 100 semillas cada una. Se aplicaron 36 tratamientos los que consistieron en la combinación de los tres factores en estudio (temperatura, fotoperíodo y sustratos); utilizando como variable de respuesta para evaluar el efecto de los mismos, el porcentaje de germinación y el valor germinativo.

Para la semilla de *Cedrela odorata*, la combinación de temperatura 24° C, fotoperíodo de 24 horas luz y sustrato de aserrín redujo a cuatro días el inicio del proceso germinativo, así como se logró aumentar al 94% de germinación en relación a la reportada para la especie 60%¹. La temperatura de 28° C, fotoperíodo de 12 horas luz y mezcla presentó la germinación de 84.25% en un periodo de 7 a 12 días. La combinación de temperatura 32 °C, fotoperíodo 12 horas luz y sustrato

¹ Porcentaje de germinación de la especie *Cedrela odorata*, reportado en las pruebas rutinarias del Banco de Semillas, bajo condiciones ambientales

de papel en un período del día doce al día veinte y temperatura de 28° C fotoperíodo de 24 horas luz y sustrato de papel presentaron el porcentaje mas bajo de germinación 53.75% y 52.25%.

Para la especie *Grevillea robusta*, la combinación de temperatura 32° C, fotoperíodo de 12 horas luz y sustrato de mezcla arena y suelo 2 :1, logró aumentar al 62% de germinación en relación a la reportada para esta especie 55%². La temperatura 24° C, fotoperíodo 0 horas luz y sustrato de aserrín, presentó el mas bajo porcentaje de germinación 17.5%, en un período del día veinte hasta el día veinticinco.

En la especie *Cupressus lusitanica*, la temperatura 24° C, fotoperíodo de 24 horas luz y sustrato de papel filtro, redujo en 5 días el inicio del proceso germinativo, así como aumentó al 63.75% de germinación en relación a la reportada 55%³. La combinación de temperatura 32° C, fotoperíodo 12 horas luz y sustrato de aserrín, presentó el porcentaje más bajo de germinación 13.75%. en un período del día trece hasta el día veinte.

² Porcentaje de germinación para la especie *Grevillea robusta*, reportado en pruebas rutinarias en el Banco de Semillas, bajo condiciones ambientales.

³ Porcentaje de germinación para la especie *Cupressus lusitanica*, reportado en pruebas rutinarias en el Banco de Semillas, bajo condiciones ambientales.

1. INTRODUCCIÓN.

Las semillas de especies forestales han sido poco estudiadas en lo que respecta a los factores que afectan el proceso de germinación. El trabajo de investigación que se presenta se orienta al estudio de la temperatura el fotoperíodo y sustrato, factores que tienen efecto en la germinación de tres especies forestales de importancia, siendo estas: *Cupressus lusitanica*, *Cedrela odorata*, y *Grevillea robusta*.

Para el Banco de Semillas Forestales (BANSEFOR), los resultados de la evaluación del efecto de temperatura, fotoperíodo, sustratos en las especies de Cedro (*Cedrela odorata*), Gravilea (*Grevillea robusta*), Ciprés (*Cupressus lusitanica*), son de utilidad en las pruebas de germinación que se realizan y servirán para dar recomendaciones para la germinación más eficiente de las semillas a quienes las adquieran.

Para las especies indicadas, aun con tratamientos pregerminativos, se reportan porcentajes de germinación bajos (cedro 60%, gravilea 55%, ciprés 55%) (1). La baja germinación limita el uso de semillas o en algunos casos aumenta el costo del precio de la misma al momento de la adquisición, además sin las condiciones adecuadas se pierde semilla que podría ser viable, no dejando de subrayar el tiempo, en que ésta podría germinar, si dichas condiciones se manipularan de la mejor manera.

El conocimiento de los factores que se estudian como lo son la temperatura, luz, y la calidad del sustrato son vitales para el manejo de las semillas en el proceso de germinación. No se conocen para las especies forestales mencionadas la interacción de las condiciones adecuadas de los factores a estudiar, de manera que es necesario su estudio para conocer si con la manipulación y la aplicación de dichos factores en diferentes niveles, se logra establecer el máximo porcentaje de germinación en el menor tiempo posible (velocidad de germinación).

En la presente investigación se evaluó el efecto de tres factores que influyen en la germinación de las semillas, como lo son: la temperatura, el fotoperíodo y el sustrato; en este trabajo se presenta la metodología utilizada, y los diferentes tratamientos empleados, así como los resultados que se obtuvieron.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

En la germinación de las semillas forestales existen factores exógenos como la luz, temperatura y sustratos que pueden manipularse para poder incrementar el porcentaje de germinación y aumentar la velocidad de germinación.

En tal sentido la selección de las especies se realizó con base a: bajos porcentajes de germinación manifestados por la acción de los factores exógenos, la demanda para actividades silviculturales de reforestación y forestación. Además cabe señalar que estas especies poseen diversos usos dentro de los cuales se puede mencionar el aprovechamiento para leña, para la producción de madera a nivel industrial .

La semilla de las especies Cedro (*Cedrela odorata*), Gravilea (*Grevillea robusta*) y Ciprés (*Cupressus lusitanica*), tienen porcentajes de germinación de 60%, 55% y 55% respectivamente, los porcentajes que anteriormente se mencionaron para cada especie se consideran relativamente bajos, lo cual al manipular los factores de temperatura, fotoperíodo y sustratos pueden incrementar el porcentaje de germinación en menor tiempo.

Los porcentajes de germinación de las semillas pueden mejorarse si se conoce la respuesta en la germinación a los factores exógenos mencionados y con ello obtener un mayor número de plantas, con la cual el costo de producción por compra de semilla disminuirá.

3. MARCO TEÓRICO.

3.1 Marco Conceptual.

3.2.1 La semilla.

A. Definición.

Son varias las definiciones de semillas que se han encontrado, a continuación se presentan algunas de ellas.

La semilla es una estructura en reposo. Por lo regular está deshidratada, compuesta principalmente de tejido de reserva y rodeada por una cubierta esencialmente impermeable (3). Deriva del rudimento fertilizado, es el sitio del parcial desarrollo del nuevo esporófito (embrión) y juega el papel más importante en la continuidad entre generaciones sucesivas (28).

La semilla, es el medio principal para perpetuar de generación en generación la mayoría de las plantas (ya que algunas, se regeneran vegetativamente) y gran parte de las especies leñosas. La vida de la semilla es una serie de eventos biológicos que comienza con la floración de los árboles y termina con la germinación de la semilla madura (29). La semilla de un árbol es un óvulo maduro que consiste de un embrión y un endosperma envueltos de cubiertas seminales (17).

La semilla se considera como un individuo específico en estado de reposo, capaz, mediante el estímulo de una excitación especial, de pasar de dicho estado vegetativo, para continuar las manifestaciones de la especie que presenta (22).

B. Morfología de la Semilla.

El embrión se forma por división del cigoto y se inserta en el saco embrionario por un suspensor, zona morfológicamente diferenciada que procede de la célula proximal o célula orientada hacia el micrópilo. Del extremo apical del embrión se origina una o dos protuberancias, según se trate de monocotiledoneas o dicotiledoneas, quedando entre ambas, en el último de los casos, el meristemo apical epicotíleo (25).

Hay semillas que conservan un endosperma, derivado de una triple fusión entre dos núcleos y un gameto masculino, que tiene como función principal almacenar sustancias de reserva sintetizadas durante su desarrollo (20). Cuando la semilla madura cae al suelo, se inicia en la mayor parte de los casos el período en el que los tejidos reducen su actividad metabólica al mínimo. Este período, que se define con el nombre de letargo, marca un compás de espera para el potencial nuevo de la planta, mientras duran las condiciones especiales adversas para la germinación (4).

C. Cambios morfológicos en la germinación.

Los hechos iniciales que siguen a la fertilización son similares en la mayor parte de las plantas. El polen germina sobre el estigma formando el tubo polínico, que penetra en el estilo y lleva los dos núcleos masculinos al saco embrionario. Un núcleo masculino se fusiona con el núcleo de la célula de huevo formando el cigote. El segundo núcleo gamético masculino penetra en la célula central y se une con los dos núcleos polares para formar el núcleo del endospermo primario. El desarrollo posterior del cigote y del endospermo difiere considerablemente en diferentes grupos de plantas (8, 13).

3.1.2 Germinación.

En un ensayo de laboratorio se define la germinación como la emergencia y desarrollo a partir del embrión de la semilla, de aquellas estructuras esenciales que para la clase de semilla que se está ensayando indican la capacidad para desarrollarse en planta normal bajo condiciones favorables en el suelo (5, 32).

La germinación es el proceso de reactivación del metabolismo de la semilla y la emergencia de la radícula (raíz) y de la plúmula (tallo), conducentes a la producción de una plántula. Fisiológicamente, la germinación comienza con las etapas iniciales de reactivación bioquímica y termina con la emergencia de la radícula (12).

Cuando el embrión que está dentro de la semilla reinicia su crecimiento, el problema primario es lograr el crecimiento y desarrollo de un sistema radicular así como de órganos fotosintéticos que la hagan autosuficiente respecto a la obtención de agua, minerales y producción fotosintética. Para su

crecimiento inicial, la plántula depende de las reservas alimenticias que se encuentran dentro de la semilla y la utilización de estas reservas, a su vez, dependen de mecanismos que produzcan una transformación regulada de los productos de reserva a una forma que pueda ser transportada a las regiones de crecimiento de la plántula. Ésta movilización se debe ante todo, a la acción en los tejidos de almacenamiento (endospermo o cotiledones) de enzimas hidrolíticas como las amilasas que convierten el almidón en azúcares, las proteasas que desintegran las proteínas en aminoácidos las nucleasas que hidrolizan los ácidos nucleicos a nucleótidos y las lipasas que dividen las grasas en glicerol y ácidos grasos. La actividad de estas hidrolasas en la semilla se incrementa en las primeras etapas de la germinación, conduciendo a una desintegración rápida de los materiales de reserva (12, 27, 13).

La germinación de la semilla es un fenómeno biológico, que puede interpretarse como la continuación del crecimiento del embrión, el cual ha sido temporalmente interrumpido durante la formación de la semilla. Durante el desarrollo de la germinación interviene eventos genéticos, metabólicos, anatómicos y bioquímicos. Básicamente supone la activación metabólica de la semilla hasta que se da origen a una plántula normal, durante la formación de la semillas, se producen y almacenan reservas en el endosperma (monocotiledoneas) o los cotiledones (dicotiledoneas) (12,13).

La germinación de la semilla es un proceso del embrión hasta la formación de la planta. Se precisa en el concurso de una serie de factores fisiológicos, que requieren fundamentalmente humedad y luz, gases (principalmente oxígeno) y una adecuada temperatura. Este proceso ocurre después de la diseminación de las semillas, si las condiciones ambientales son propicias. Bajo condiciones normales, las semillas forestales se siembran enterradas y germinan; la tierra usada en los germinadores, no es totalmente impermeable a la luz y permite que esta llegue hasta la semilla; el oxígeno necesario para la germinación se encuentra presente en las porosidades del suelo (17).

A. Control de la germinación de las semillas

A medida que la semilla madura, el embrión entra en un período de latencia que impide que la semilla germine dentro del fruto que la ha producido. Esta condición desaparece más o menos con rapidez después de la liberación de las semillas en muchas plantas tropicales y de cultivo, posiblemente por procesos de inactivación metabólica de los inhibidores de crecimiento derivados

del fruto, denominado a este fenómeno "postmaduración." Una vez que se ha completado la postmaduración, se puede iniciar la germinación si se proporciona humedad y se llenan ciertos requerimientos críticos de temperatura ya sea máximos o mínimos según las características de las especies. Las semillas de las plantas silvestres adaptadas a climas templado-frío poseen una latencia persistente que sólo puede terminarse exponiéndolas a un periodo de temperatura fría (21).

La germinación es un proceso de cambio: el cambio de una pequeña estructura inactiva viviendo con abastecimiento mínimo, a una planta, que crece activamente, destinada a llegar a la autosuficiencia antes que los materiales de reserva de la semilla se terminen (8).

B. Proceso de germinación.

La iniciación de la germinación requiere que se llenen tres condiciones:

Primera: La semilla debe ser viable; esto es, el embrión debe estar vivo y ser capaz de germinar.

Segunda: La semilla no debe estar en letargo ni el embrión quiescente. No deben existir barreras fisiológicas o físicas que induzcan letargo ni químicas para la germinación.

Tercera: La semilla debe estar expuesta a las condiciones ambientales apropiadas: disponibilidad de agua, temperatura adecuada, oxígeno, luz, debido a las interacciones en el ambiente y condiciones específicas de letargo (31, 19,13).

En la mayor parte de los casos, puede considerarse que el proceso continuo de germinación esta compuesto de dos fases principales (31).

1. Inicio del metabolismo activo en el embrión, seguido rápidamente por el crecimiento y diferenciación del mismo, apoyado por la utilización de material de reserva embriónica inmediata (31).
2. Crecimiento continuo del embrión, apoyado por el flujo de productos de la hidrólisis de los cotiledones o reservas alimenticias extraembriónica tal como el endospermo. Esta fase continúa hasta que la planta se establece como un organismo fotosintético o muere por haberse terminado la reserva alimenticia (31).

3.1.3 Factores ambientales que intervienen en la germinación.

A. La luz.

La luz tiene un efecto importante en la latencia de la semilla de algunas especies. La luz es generalmente efectiva solo cuando la semilla ha sido hidratada. Con excepción de algunas semillas de *Pinus* que se puede romper por la luz. Las semillas que no se encuentran en latencia pueden ser hidratadas y germinadas en oscuridad. El efecto de la luz a menudo interactúa intensamente con el efecto de la temperatura. Al estudiar las condiciones naturales bajo las cuales se desarrolla y termina la latencia y bajo las cuales ocurre la germinación puede ayudar a determinar el manejo de una clase específica de semilla (2,15, 14).

Existen teorías para explicar el efecto de la luz en la germinación; basadas en: 1) La existencia de un pigmento que absorbe la luz y 2) Que una reacción fotoquímica es el primer paso (5).

a. Incidencia de la luz en la germinación.

En muchas semillas, la germinación es inducida por la luz. Esta evidencia indica que el sitio de activación producido por la luz en las semillas es el fitocromo. Los requerimientos de luz para la germinación en general se encuentran en semillas pequeñas. Es indudable que su valor consiste en impedir que la semilla germine cuando está demasiado enterrada como para llegar a ser una plántula que tenga éxito. Estas semillas germinarán cuando sean sacadas a la superficie por disturbio o labranza del terreno. El proceso de germinación involucra ciertos aspectos importantes de comportamiento controlados por la luz, que ayudan a resolver los problemas que tiene el brote joven para salir a la superficie del suelo. La respuesta a la luz, controlada por el fitocromo sirve para asegurar que los brotes de las semillas que germinan a cierta distancia debajo de la superficie del suelo, se alarguen con rapidez (21).

B. Sustratos.

Los sustratos tienen como función mantener una proporción adecuada entre la disponibilidad de aire y agua. Nunca deben ser humedecidos en exceso, esto hace que el agua envuelva a la semilla

impidiendo el paso de oxígeno. Las características deseables del sustrato son: Libre de sustancia tóxica que afecten las plantas, libre de microorganismos, éstos tienen la capacidad de penetrar el oxígeno y el agua. Los tipos de sustratos utilizados en la germinación son: papel filtro arena, suelo, papel toalla, papel crepé y algodón. El tipo sustrato depende de la semilla, su tamaño y la exigencia de luz (19,14).

Por suelo debe entenderse el sustrato sólido formado por la roca madre y los materiales de esta roca alterados por agentes físicos, químicos, y biológicos. Las modificaciones que todos estos agentes causan sobre las rocas forman una capa apelmazada, porosa, embebida en agua, rica en nutrientes móviles, inorgánicos u orgánicos. La principal propiedad del suelo, bajo el punto de vista de la nutrición mineral de las plantas es su capacidad de retención de las sustancias minerales y la posibilidad de que estas sustancias sean móviles o inmóviles (4).

La germinación de las semillas puede ser fuertemente modificada por el tiempo que permanecen en el suelo y por las interacciones que estas tienen con el complejo ambiente edáfico que las rodea. Factores de naturaleza tan diversa como efectos a largo plazo de factores físicos como luz y temperatura del suelo, factores químicos como iones y compuestos orgánicos de la solución del suelo que las semillas absorben. Sin embargo su estudio resulta de una complejidad mucho mayor que el de los factores físicos del microclima. Con el objeto de tener una idea preliminar de cual podría ser el efecto a nivel multifactorial del suelo sobre las semillas, se han realizado experimentos de almacenamiento de semillas en condiciones edáficas naturales para conocer los cambios que ocurren en las respuestas germinativas, expresadas en germinación, bajo los tratamientos de luz y temperaturas controladas, en condiciones naturales como en cámaras de germinación. Los resultados obtenidos hasta ahora han demostrado que las especies difieren por las respuestas a su potencialidad de permanecer viables en el suelo (2, 15, 31).

C. Temperatura.

La temperatura es el factor más importante que afecta las reacciones bioquímicas dentro de la semilla. Las temperaturas más efectivas para la germinación son similares a las del medio natural en donde las temperaturas del suelo son relativamente frías al inicio de la primavera, pero aumentan a medida que avanza la estación. En embriones separados de la semilla, no sometidos a

postmaduración, se ha mostrado que el achaparramiento fisiológico resulta de la exposición de los meristemas apicales a temperaturas de germinación cálidas (12). Los requerimientos térmicos de la semilla se agrupan en: a) Máxima temperatura de germinación: Es la máxima temperatura en la cual las semillas germinan; b) Mínima temperatura de germinación: Es la temperatura mínima en la cual las semillas germinan y c) Óptima temperatura: Es la temperatura en cual se obtiene la máxima germinación en el menor tiempo. Estas temperaturas no caracterizan rigurosamente el tiempo de germinación, porque ésta es variable. Sus valores dependen del tiempo de incubación y mientras mayor es éste, mayor es el desplazamiento de la óptima hacia valores más bajos, es más frecuente que una semilla este sujeta a temperaturas fluctuantes más bien que fijas, la variación puede ser diaria o estacional (5, 14, 22).

La germinación de semillas es un proceso complejo, comprendiendo diversas fases. Los efectos de la temperatura en la germinación reflejan apenas una consecuencia global habiendo un coeficiente único que caracteriza a la germinación. Los efectos de temperatura sobre la germinación pueden ser también influenciados por condiciones fisiológicas de la semilla. Semillas de especies que crecen en climas cálidos, presentan dormancia residual, generalmente requieren temperaturas diferentes de aquellas requeridas por semillas que no presentan dormancia residual (23).

D. Humedad y oxígeno.

La humedad es el factor más importante para la emergencia del embrión, sin embargo un exceso de humedad podría facilitar la producción de patógenos en el semillero y por ende el bajo suministro de oxígeno, provocando una baja o nula germinación (23).

E. Factores internos que afectan a la Germinación.

Tan pronto que el embrión comienza a crecer se requiere de energía. Inicialmente esta energía la provee la misma semilla, la cual se obtiene en el proceso de respiración, durante el mismo se consume la reserva de alimentos (31).

3.1.3 Tratamientos pregerminativos:

Las semillas de algunas especies poseen una cubierta dura y cutinizada que impide totalmente la imbibición de agua y a veces también el intercambio de gases. Sin imbibición e intercambio de gases son imposibles la renovación del crecimiento embrionario y la germinación. Los tratamientos previos para romper la latencia física de la cubierta tienen por finalidad ablandar, perforar, rasgar o abrir la cubierta para hacerla permeable sin dañar el embrión ni el endosperma que están en su interior. Los pretratamientos comprenden métodos como físicos biológicos, calor seco y remojo en agua o soluciones químicas. Todo tratamiento que destruye o reduce la impermeabilidad de la cubierta se denomina escarificación. Por lo general basta destruir la impermeabilidad en un sólo punto de la cubierta para que puedan producirse la imbibición y el intercambio de gases (19).

A. Método físico:

Uno de los métodos físicos más sencillos y directos consiste en cortar, perforar o abrir un pequeño orificio en la cubierta de cada semilla antes de sembrarlas y luego sumergir la semilla en agua durante 24 horas. Se puede usar tijera de podar o un papel de lija. El tratamiento manual de las semillas, una por una es un procedimiento lento, pero es un método seguro y eficaz (18).

F. Remojado en agua.

Varios tratamientos comprenden el remojo de las semillas en agua u otros líquidos. Estos tratamientos en húmedo combinan a veces dos efectos, el de ablandar la cubierta dura y el de extraer por lixiviación los inhibidores químicos. Algunas semillas que tienen poca resistencia a la germinación pueden responder bien al remojo durante 24 horas en agua o temperatura ambiente. La relación adecuada entre el volumen de agua y el volumen de semillas se ha sugerido sea de 5 a 10 veces más de agua. Algunas especies responden mejor a una temperatura inicial bastante inferior a la ebullición. Las instrucciones sobre el tratamiento de semillas con agua caliente para eliminar la latencia de la cubierta deben observarse meticulosamente, pues de lo contrario pueden morir debido al calentamiento excesivo (18). La escarificación con agua caliente tiene un efecto en semillas que se desean obtener un porcentaje de germinación bastante considerado, el proceso es el siguiente; Las semillas se colocan en un recipiente en una proporción de 4 a 5 veces su volumen de agua caliente a

temperatura entre 77 y 100 grados centígrados. Después las semillas que no se han hinchado se pueden separar con cribas adecuadas y pueden volvérselas a remojar o someterlas a otro tratamiento (18).

C. Métodos biológicos.

En la naturaleza, los animales y microorganismos son un factor importante a la hora de romper la impermeabilidad de la cubierta seminal. Aunque resulta difícil utilizar a esos microorganismos como un tratamiento previo y controlado de las semillas, en algunos casos se han obtenido resultados satisfactorios (18).

3.1.5 Pruebas directas.

A. Prueba del tetrazolio.

La prueba con tetrazolio es un método bioquímico el cual la viabilidad de las semillas se determina por el color rojo que aparece cuando las semillas se remojan en una solución de cloruro 2,3,5-trifenil tetrazolio. Los tejidos vivos cambian la solución de cloruro a un compuesto insoluble rojo (químicamente conocido como formazán. La prueba es positiva en presencia de las enzimas deshidrogenasas. Esta prueba se usa principalmente para obtener resultados rápidos tanto en semillas en letargo como en las que no lo están (18).

Mediante esta prueba puede tomar decisiones respecto a la viabilidad de la semilla; es un método más confiable que la intuición o la experiencia. El tetrazolio es una sal no tóxica que tiñe de color rojo intenso los tejidos vivos por reacciones de reducción de la sal en contacto con las enzimas (deshidrogenasa) producida por el tejido vivo (18).

B. Pruebas rápidas:

Los períodos de tiempo relativamente largos que se requieren para llevar a cabo las pruebas de germinación han obstaculizado el progreso hacia la mayor eficiencia en la obtención de buenas plantas para la plantación y las operaciones de venta (18). Trujillo (30) menciona que existe la posibilidad de

utilizar pruebas nuevas y rápidas en el control de la calidad de las semillas basadas en la respuesta de los tejidos vivos o muertos a diferentes tratamientos físicos o químicos, entre el más importante se encuentra el índigo carmín y el tetrazolio.

C. Prueba de calor y fuego:

La radiación solar no se utiliza por si sola para promover la germinación, pero es un componente importante del tratamiento el cual consiste en alternar remojado y secado. En los trópicos que son estacionalmente húmedos y secos, el fuego es un poderoso factor natural para eliminar la latencia de la cubierta. Un fuego fuerte mata las semillas, pero un fuego entre leve y moderado, como los que se asocian con la combustión temprana controlada, reduce la impermeabilidad de la cubierta y estimula el proceso de la germinación, haciendo que el embrión emerge en lo más pronto posible. A veces se extienden los frutos en el suelo, en una capa gruesa y se cubren con hierba a la que se le prende fuego o también se puede quemar ligeramente los frutos con una pistola de llama, éstas son algunas técnicas para el proceso de éste tratamiento (27).

G. El Índigo carmín como prueba de viabilidad.

Índigo carmín (disodio 5,5-indigtin disulfonato; índigo azul soluble) es utilizado para determinar la viabilidad de semillas, siendo una prueba indirecta. El índigo carmín es un polvo azul oscuro con cobre lustroso. En solución es azul o se torna a color morado. A diferencia del tetrazolio, el índigo carmín colorea las áreas muertas del embrión. Las áreas muertas son coloreadas de azul, mientras que las áreas vivas permanecen sin colorante, como la plúmula, radícula, los codiledones, membrana celular. Esta prueba indirectas entre las que destaca el índigo carmín tiene la facilidad de detectar los resultados de la viabilidad de la semilla en menor tiempo (30).

3.2. MARCO REFERENCIAL.

3.2.1 Ubicación.

La investigación se realizó en la Ciudad de Guatemala, en el Instituto d Nacional de Bosques, en las instalaciones del Banco de Semillas Forestales 7av. 6-80 zona 13.

3.2.2 Descripción de las especies estudiadas.

A. Ciprés (*Cupressus lusitanica* Miller).

a. Descripción.

El ciprés pertenece a la familia Cupressaceae, alcanza alturas arriba de los 30 metros y un diámetro superior a los 180 cm. Posee un alto grado de hibridación y variación genética, lo que ha llevado a polémicas en cuanto a su clasificación, sin embargo con fines prácticos se acepta como *Cupressus ssp* (24).

b. Distribución.

La adaptación que el ciprés posee a diversos ambientes hacen que esta especie sea plantada en diferentes condiciones: pero por sus características de crecimiento se recomienda que sea plantado en un rango de altitud que va de 1,500 a 3,000 msnm, con una precipitación media anual entre 1,000 y 3,000 mm, la temperatura media anual arriba de el 12 grado centígrado, en suelos neutros con drenaje adecuado. Es un árbol nativo de Guatemala. Los bosques naturales se encuentran a elevaciones entre 2,200 y 3,300 msnm (16). Uno de los mejores ejemplares de bosque de ciprés en Guatemala estuvo localizado en el cerro de Tecpán, en Chimaltenango, pero éste ha sido degradado por las extracciones de madera. (16).

Entre los factores limitantes para el desarrollo de la especie se encuentran: Suelos poco profundos y mal drenados, competencia por gramíneas y la existencia de algunos patógenos que causan cierto daño (16).

c. Tratamiento pregerminativo.

Algunos tratamientos pregerminativos que se aplican a las semillas de ciprés son:

Estratificación en arena húmeda durante 17 días, Estratificación en estiércol de vaca húmedo durante 17 días y remojo de semillas en agua corriente por 24 horas (30).



Figura 1. Hoja, fruto, semilla y flor de la especie *Cupressus lusitanica*.

B. *Gravilea (Grevillea robusta)*.

a. Descripción.

Pertenece a la familia Proteaceae, sus nombres comunes; gravilea, silk, silver oak, roble de seda. Es un bello árbol australiano que alcanza 35 metros de altura, tiene forma muy atractiva, es elegante y ornamental, con densos racimos de flores amarillas doradas y un follaje finamente aserrado. Es caducifolio por un breve período, al final del invierno: algunas veces las hojas nuevas se van desarrollando conforme las viejas vayan cayendo. Sus hojas son verdes en la cara superior y plateadas en el envés, cubiertas con una pelusa gris acedada (1).

b. Distribución.

Este árbol es nativo de las áreas costeras subtropicales de Nueva Gales del Sur y Queensland y ha sido cultivada con éxito para sombra o madera, en climas semiáridos, templados y subtropicales en la India, Sri Lanka, Kenia, Mauricio, Zambia, Tanzania, Uganda, Sudáfrica, Hawai y Jamaica (1).

c. Usos.

La madera es resistente, elástica, y moderadamente densa (peso específico 0,57). En Sri Lanka se usa para leña. El árbol no rebrota bien de cepa pero puede rebrotar cuando se corta la copa del árbol y también se reproduce rápidamente por semilla (1).

d. Otros usos.

I. Madera: El duramen color rosa pálido castaño se asemeja al del roble. Tiene una bonita veta, es fuerte durable, excelente para ebanistería, La madera también se utiliza para durmientes de ferrocarril, paneles de madera. Ornamentación: Debido a su altura atractiva forma bellas flores se utiliza en ornamentación en calles (1).

II. Miel: Las flores amarillas doradas atraen a las abejas lo que la convierte en una importante planta productora de néctar para la miel. Utilizándose además para sombra en las plantaciones de café (1).

e. Requerimientos ecológicos.

I. Temperatura: La especie se adapta a una temperatura media anual alrededor de 20 grados centígrados. Las plantas adultas pueden soportar una ligera helada ocasional (10 grados centígrados) pero las plantas jóvenes son sensibles a las heladas. Altitud: crece en un amplio rango de altitudes, desde el nivel del mar hasta 2,300 msnm (1).

II. Precipitación: La precipitación anual en su hábitat natural es 700 ó más de 1,500 mm la mayor parte de la cual ocurre en el verano (1).

Además puede crecer en áreas que reciben hasta 2,500 mm, de precipitación anual. Los suelos donde se desarrolla la planta son: suelos arenosos, francos, de mediana fertilidad y ácidos, prefieren suelos profundos ya que su sistema radicular tiende a ser profundo. No tolera la saturación de agua en el suelo (1).

III. Establecimiento: esta especie se propaga con facilidad por la gran cantidad de semilla que produce desde los diez años de edad. Se regenera en forma natural. En condiciones de almacenamiento las semillas permanecen viables por pocos meses (1).

f. Tratamiento pregerminativo.

Esta especie no necesita tratamiento pre-germinativo, ya que germina uniformemente (20).



Figura 2. Hoja, fruto, semilla y flor de la especie *Grevillea robusta*.

C. Cedro (*Cedrela odorata* L).

a. Descripción.

Pertenece a la familia Meliaceae, su sinonimia es; *Cedrela yucatanana* Blake, *Cedrela sintenisii* C.DC., sus nombres comunes son: cedro, cedro rojo, cedro real, cedro oloroso, cedro del país, cedro hembra, cedro macho, culche, cuche, yoxcha, tioxché, cedro blanco. El cedro es un árbol que mide entre 20 y 30 metros de altura. El tronco es de mas de 1 metro de diámetro, frecuentemente con ramas delgadas. La corteza externa es de color café claro con fisuras verticales ásperas es de color rosáceo. Es de ramas lisas, copa grande, alta y redondeada, las hojas son grandes y están compuestas de 10 - 30 foliolos oblicuamente lanceolados. Las flores en ramilletes, son pequeñas y con un aroma parecido al del ajo. El fruto es una cápsula de muchas semilla aladas. El cedro crece en los bosques húmedos de América, desde México, Centroamérica, hasta el Perú, Ecuador, Brasil y las Guyanas (6).

b. Características estructurales de la madera de cedro.

El color de la madera va de un tono rosado hasta un rojo o castaño rojizo; el brillo, desde mediano hasta brillante, un dorado. La contextura, va desde fina y uniforme, hasta áspera y dispareja; la veta por lo general es recta; el peso medio es de 35 libras por pie cubico; es fácil de trabajar, seca fácilmente, sin combarse ni rajarse, es fuerte en proporción a su peso, y conserva muy bien la forma después de que ha sido manufacturada, es durable y resistente al ataque de los animales. Las clases mas pesadas tienen un lustre dorado y se presentan muy bien para la manufactura de muebles finos (6).

c. Producción.

El cedro crece rápido, no obstante considerarse una especie de madera preciosa. Se hacen entresagues desde los 7 hasta los 10 años. El aprovechamiento final es a los 40 años produciendo hasta trece metros cúbicos de madera por hectárea. La infusión que se obtiene del cocimiento de sus hojas, raíz, y corteza se usa como medicina casera contra la bronquitis, dispepsia, ingestión, fiebres, diarrea. Generalmente se utiliza para fabricar muebles finos, marcos de ventanas (6).

d. Tratamiento pregerminativo.

Esta especie no requiere tratamientos pregerminativos (20) (30).

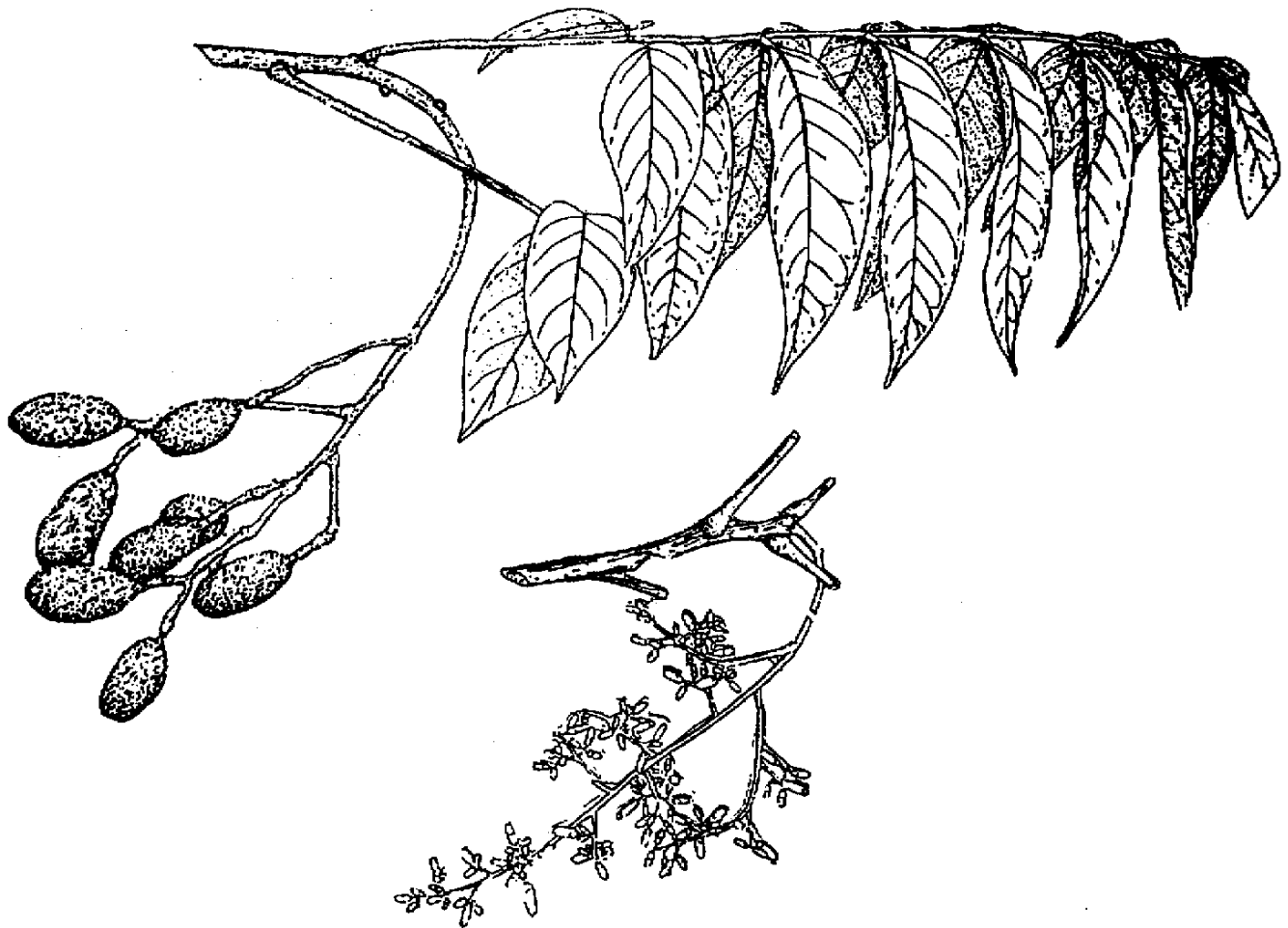


Figura 3. Hoja, fruto, semilla y flor de la especie *Cedrela odorata*.

3.2.3 Porcentaje de Germinación.

El porcentaje de germinación, representa la proporción de semilla pura que germina. La semilla pura es aquella que predomina en las pruebas hechas en un lote de semilla. El porcentaje de germinación; es el porcentaje de una muestra de semilla que produce plántulas normales en los ensayos de laboratorio según el procedimiento establecido (7).

3.2.4 Valor germinativo.

El valor de germinación es la expresión de la germinación total al término del período de ensayo multiplicada por la velocidad de germinación (7). Djavansjir y Poourbeik (7) desarrollaron la ecuación para calcular el valor de germinación, la misma considera la velocidad de germinación diaria y el porcentaje total de germinación y se expresa como:

$$GV = \sum DGS/N \times GP \times 10.$$

En donde la GV es el valor de germinación, DGS es la velocidad de germinación que se obtiene de dividir el porcentaje de germinación acumulada por el número de días y puede ser calculada para cada día o a intervalos de dos días, dependiendo de la toma de datos, GP es el porcentaje de germinación al final de la prueba, N es la frecuencia en que se considera la velocidad de germinación. La ecuación se aplica para semillas de especies forestales.

Las ventajas de la ecuación.

1. Definición exacta del valor de germinación en la plantación esperada proveniente de campos o plantaciones de laboratorio.
2. La ecuación no proporciona resultados erróneos debido a las diferentes velocidades de germinación los que ocurren durante el ensayo.
3. La ecuación determina mediante operaciones matemáticas el final del ensayo así como un modelo normalizado para la duración del ensayo común para todas las semillas.

4. Ésta ecuación es muy sensible en cuanto a la determinación del fin del ensayo para cualquier tipo de germinación.

3.2.5 Estudios realizados sobre el efecto de temperatura sustratos y fotoperíodo sobre la germinación de especies forestales.

En Guatemala no se han realizado estudios sobre en *Cupressus lusitanica*, *Cedrela odorata* y *Grevillea robusta*. A nivel Centroamericano se reportan estudios realizados por el Samaniego Peña, quien evaluó el efecto de la temperatura, sustratos, pH del sustrato y la luz en la germinación de Caoba y Laurel.

Para caoba la mejor temperatura fue de 30^o C., el sustrato en donde se obtuvo el mas alto porcentaje de germinación fue una mezcla de arena y suelo en proporción 1:1, seguido de arena, con fotoperíodo de 16 horas luz se obtuvo la mejor germinación en comparación con luz constante (fotoperíodo de 24 horas).

Para Laurel la temperatura en la cual se obtuvo la mejor germinación fue de 30^o C., el sustrato en el que se obtuvo el mas alto porcentaje de germinación fue el papel toalla, seguido de la arena, no encontrándose diferencias estadísticas entre el fotoperíodo de 16 horas y luz constante, aunque el porcentaje de germinación mas alto se obtuvo con luz constante. El pH del sustrato en las dos especies no tuvo efecto significativo en la germinación.

Peter Gosling, realizó estudios de pretratamientos en germinación de *Acacia nilotica* y *Leucaena leucocephala* donde los resultados obtenidos fueron: Para *Acacia nilotica* con las temperaturas de 20 y 30^o C. se obtuvieron los más altos porcentajes de germinación, para *Leucaena leucocephala*, la mejor temperatura fue de 20 y 30^o C; en este rango de temperatura se obtuvieron los porcentajes más altos de germinación.

4. OBJETIVO.

4.1 Evaluar el efecto de las horas luz (fotoperíodo), temperatura y sustratos, en la germinación de *Cedrela odorata*, *Grevillea robusta* y *Cupressus lusitanica*.

5. HIPÓTESIS.

5.1 Para la exposición de semillas de, *Cedrela odorata*, *Grevillea robusta* y *Cupressus lusitanica*, existe una combinación de horas luz (fotoperíodo), temperatura y sustratos, que interviene en el proceso de la germinación, incrementando significativamente la germinación.

6. MATERIALES Y MÉTODOS.

6.1 Material experimental.

Se utilizaron semillas de las especies, *Cedrela odorata*, *Grevillea robusta* y *Cupressus lusitanica*, se encuentran en el Banco de Semillas Forestales de Instituto Nacional de Bosques, provenientes de las siguientes localidades: *Cupressus lusitanica*, de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, con un 55% de germinación, *Cedrela odorata*, de Cocalles Patutul Suchitepéquez, con un 60% germinación y *Grevillea robusta*, de Ciudad Vieja, Sacatepéquez, con un 55% germinación (11). Tal y como puede observarse en la figura 4 y 5.

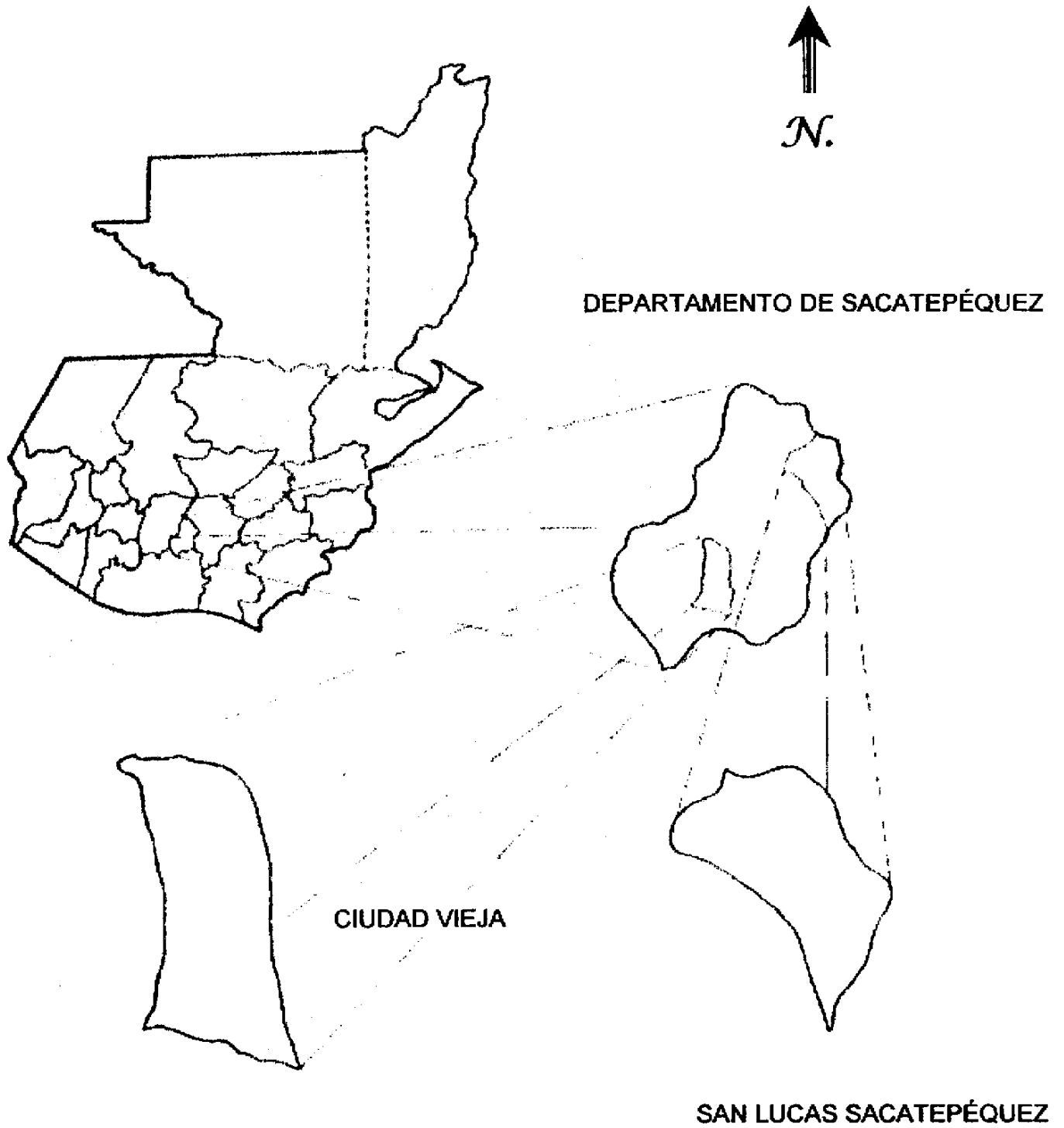


Figura 4. Mapa de procedencia de Ciprés y Gravilea (sin escala)

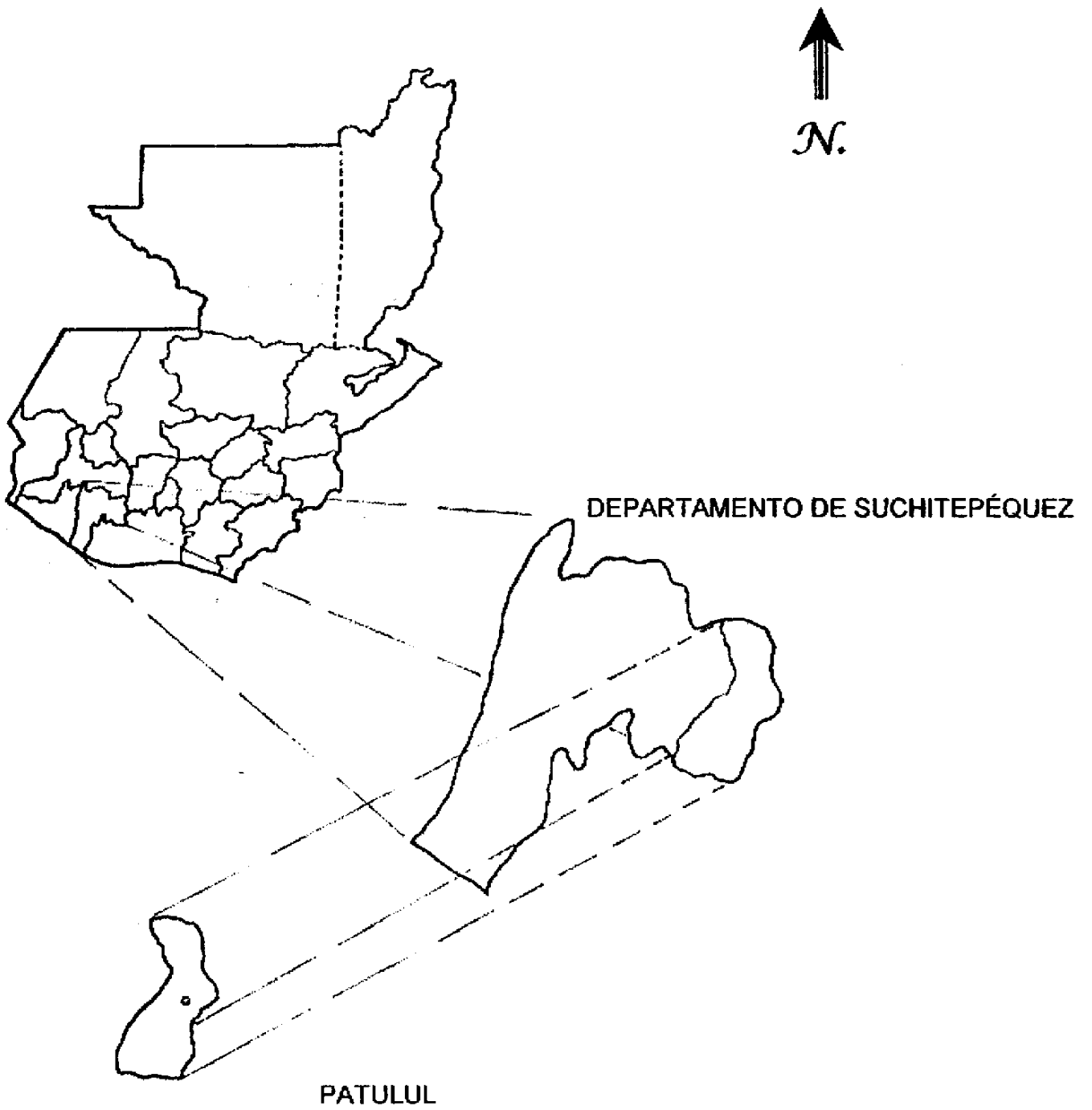


Figura 5. Mapa de prosedencia de Cedro (sin escala).

6.2 Equipo e insumos.

6.2.1 Equipo.

El equipo que se utilizó para el desarrollo de la investigación fue el siguiente:

*Incubadora con control de luz y temperatura.

*Balanza analítica.

*Horno con control de temperatura.

6.3 Factores y niveles.

6.3.1 Temperatura:

Se evaluaron las temperaturas siguientes:

- ❖ 24° C.
- ❖ 28° C.
- ❖ 32° C.

6.3.2 Fotoperíodo:

Se evaluaron para las tres especies forestales los fotoperíodos siguientes:

- ❖ Exposición de 0 horas luz (Oscuridad).
- ❖ Exposición de 12 horas luz.
- ❖ Exposición de 24 horas luz.

6.3.3 Sustratos:

Los sustratos que se evaluaron fueron los siguientes:

- ❖ Arena.
- ❖ Aserrín.
- ❖ Papel.
- ❖ Mezcla de tierra y arena (2:1).

Los sustratos a excepción del papel filtro fueron desinfectados. Para ello se utilizó PCNB (Pentacloronitrobenceno) a razón de 10 gr. /litro diluido en agua y aplicado a los sustratos

Cada tratamiento consistió en la combinación de la temperatura, el fotoperíodo y el sustrato, quedando los tratamientos de la siguiente manera:

- ❖ Tratamiento 1: Temperatura 24°C, Fotoperíodo 0, sustrato de arena.
- ❖ Tratamiento 2: Temperatura 24°C, Fotoperíodo 0, sustrato de aserrín.
- ❖ Tratamiento 3: Temperatura 24°C, Fotoperíodo 0, sustrato de papel.
- ❖ Tratamiento 4: Temperatura 24°C, Fotoperíodo 0, sustrato de mezcla.
- ❖ Tratamiento 5: Temperatura 24°C, Fotoperíodo 12, sustrato de arena.
- ❖ Tratamiento 6: Temperatura 24°C, Fotoperíodo 12, sustrato de aserrín.
- ❖ Tratamiento 7: Temperatura 24°C, Fotoperíodo 12, sustrato de papel.
- ❖ Tratamiento 8: Temperatura 24°C, Fotoperíodo 12, sustrato de mezcla.
- ❖ Tratamiento 9: Temperatura 24°C, Fotoperíodo 24, sustrato de aserrín.
- ❖ Tratamiento 10: Temperatura 24°C, Fotoperíodo 24, sustrato de aserrín.
- ❖ Tratamiento 11: Temperatura 24°C, Fotoperíodo 24, sustrato de papel.
- ❖ Tratamiento 12: Temperatura 24°C, Fotoperíodo 24, sustrato de mezcla.
- ❖ Tratamiento 13: Temperatura 28°C, Fotoperíodo 0, sustrato de arena.
- ❖ Tratamiento 14: Temperatura 28°C, Fotoperíodo 0, sustrato de aserrín.
- ❖ Tratamiento 15: Temperatura 28°C, Fotoperíodo 0, sustrato de papel.
- ❖ Tratamiento 16: Temperatura 28°C, Fotoperíodo 0, sustrato de mezcla.
- ❖ Tratamiento 17: Temperatura 28°C, Fotoperíodo 12, sustrato de arena.
- ❖ Tratamiento 18: Temperatura 28°C, Fotoperíodo 12, sustrato de aserrín.
- ❖ Tratamiento 19: Temperatura 28°C, Fotoperíodo 12, sustrato de papel.
- ❖ Tratamiento 20: Temperatura 28°C, Fotoperíodo 12, sustrato de mezcla.
- ❖ Tratamiento 21: Temperatura 28°C, Fotoperíodo 24, sustrato de aserrín.
- ❖ Tratamiento 22: Temperatura 28°C, Fotoperíodo 24, sustrato de aserrín.
- ❖ Tratamiento 23: Temperatura 28°C, Fotoperíodo 24, sustrato de papel.
- ❖ Tratamiento 24: Temperatura 28°C, Fotoperíodo 24, sustrato de mezcla.
- ❖ Tratamiento 25: Temperatura 32°C, Fotoperíodo 0, sustrato de arena.
- ❖ Tratamiento 26: Temperatura 32°C, Fotoperíodo 0, sustrato de aserrín.
- ❖ Tratamiento 27: Temperatura 32°C, Fotoperíodo 0, sustrato de papel.
- ❖ Tratamiento 28: Temperatura 32°C, Fotoperíodo 0, sustrato de mezcla.
- ❖ Tratamiento 29: Temperatura 32°C, Fotoperíodo 12, sustrato de arena.
- ❖ Tratamiento 30: Temperatura 32°C, Fotoperíodo 12, sustrato de aserrín.
- ❖ Tratamiento 31: Temperatura 32°C, Fotoperíodo 12, sustrato de papel.

- ❖ Tratamiento 32: Temperatura 32°C, Fotoperíodo 12, sustrato de mezcla.
- ❖ Tratamiento 33: Temperatura 32°C, Fotoperíodo 24, sustrato de aserrín.
- ❖ Tratamiento 34: Temperatura 32°C, Fotoperíodo 24, sustrato de aserrín.
- ❖ Tratamiento 35: Temperatura 32°C, Fotoperíodo 24, sustrato de papel.
- ❖ Tratamiento 36: Temperatura 32°C, Fotoperíodo 24, sustrato de mezcla.

6.4 Aplicación de los tratamientos pre-germinativos:

A la especie *Cupressus lusitanica*, se le aplicó el tratamiento pregerminativo con el cual se reporta que se obtiene el más alto porcentaje de germinación (26). El tratamiento pregerminativos que se aplicó a la especie indicada fue el siguiente: Se sumergieron las semillas en agua corriente durante 24 horas y posteriormente se sacaron para colocarlas en los sustratos.

6.5 Diseño experimental.

El diseño que se utilizó en la investigación fue un completamente al azar, con arreglo combinatorio, independiente para cada especie.

6.5 Unidad Experimental.

La unidad experimental consistió, en cien semillas que se colocaron en una caja plástica de 15.5 x 10.5 x 5 cm, para las especies *Grevillea robusta*, *Cedrela odorata* y *Cupressus lusitanica*, para las especies *Cupressus lusitanica*, *Cedrela odorata* y *Grevillea robusta* la unidad experimental estuvo constituida por 100 semillas colocadas en una bandeja cubierta por el papel filtro.

6.6 Variables de Respuesta.

Se evaluaron el porcentaje de germinación y el valor germinativo.

6.8 Manejo del experimento:

6.8.1 Preparación de Sustratos.

A. Preparación de mezcla de suelo.

Se realizó en una proporción de 2:1 suelo y arena blanca del subsuelo de la meceta central de Guatemala, se preparó para cada una de las cajas plásticas a utilizar 250 gramos de la mezcla. Este sustrato fue desinfectado con una solución de Pentacloronitrobenceno después de hacer la mezcla.

B. Preparación del aserrín.

El material utilizado para aserrín se obtuvo de la especie de pino (*Pinus caribea*), de acuerdo a los análisis químicos y físicos que se le hicieron éste presenta un pH 5.5, posee un drenaje moderado que facilita la humedad de acuerdo a su textura (sus partículas están dispersas) y la aireación es suficiente; este material fue desinfectado, con Pentacloronitrobenceno a razón de 10gr/l. Seguidamente se prepararon 250 gramos para cada una de las cajas plásticas.

C. Preparación del papel filtro.

El papel filtro únicamente se humedeció con agua destilada ya que es un inerte.

D. Preparación de la arena blanca.

La arena fue cernida con tamices de 0.05 mm de diámetro, luego se lavó con agua y se dejó al sol durante 48 horas, seguidamente se esterilizó en un horno a 200 grados centígrados durante 2 horas, cada caja de preparación tuvo un peso de 250 gramos.

6.8.2 Preparación de cajas plásticas:

Las cajas plásticas fueron desinfectadas con alcohol al 70%, aplicándose éste antes de la colocación del sustrato.

6.8.3 Siembra de unidades experimentales.

A. Mezcla de suelo (suelo y arena 2:1).

Se sembraron 100 semillas en cada unidad experimental (cajas plásticas) la forma en que se

Se sembraron 100 semillas en cada unidad experimental (cajas plásticas) la forma en que se hizo fue la siguiente: Se colocaron una capa de mezcla de un grosor de 10 milímetros, las semillas se sembraron en forma aleatoria, luego se cubrieron por otra capa de mezcla cuyo grosor fue el doble del diámetro de la semilla, sin comprimir las semillas, posteriormente se le agregaron 75 centímetros cúbicos de agua destilada.

A. Sustrato de arena.

Las semillas se sembraron de la siguiente forma; Sobre una capa de arena se colocaron 100 semillas por caja, seguidamente se cubrieron por otra capa de arena de un grosor equivalente al doble del diámetro de la semilla sin comprimirla, posteriormente se humedeció el sustrato agregándole 75 centímetros cúbicos de agua destilada.

B. Sustrato de aserrín.

Se distribuyeron las 100 semillas en cada unidad experimental de la siguiente forma: En una capa de aserrín de grosor de 12 milímetros se colocaron 100 semillas aleatoriamente, luego se cubrieron por otra capa de un grosor equivalente al doble del diámetro de la semilla, sin comprimirla, seguidamente se le agregarán 75 centímetros cúbicos de agua destilada.

C. El papel filtro.

En el papel filtro las semillas se colocaron de la forma siguiente: Las semillas se colocaron en la primera capa húmeda de papel filtro (las dimensiones son: 24 x 23.5 centímetros), luego se cubrieron por otra capa de papel filtro más grande de (74 x 37 centímetros) seguidamente se humedecieron con agua destilada y se colocaron las bandejas directamente dentro del germinador, el papel filtro se mantuvo siempre húmedo.

6.8.4 Aplicación de tratamientos:

En una cámara de germinación se colocaron las bandejas, con las unidades experimentales,

6.8.5 Toma de datos.

Cada día, a partir del segundo día de la siembra de las semillas se anotó para cada unidad experimental el número de semillas germinadas, para ello se tomaron como criterio de germinación la presencia de la radícula y los cotiledones emergidos.

6.9 Análisis estadístico.

El análisis de los datos para cada especie se hizo utilizando el modelo correspondiente al diseño completamente al azar; con arreglo combinatorio modelo que a continuación se presenta:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + E_{ijk}$$

En donde:

y_{ijk} = Valor del porcentaje de germinación de la ijk -ésima unidad experimental.

μ = Valor de la media general de germinación.

A_i = Efecto de la i -ésima condición de temperatura.

B_j = Efecto de la j -ésima condición de fotoperíodo.

C_k = Efecto de la k -ésima condición de sustratos.

AB_{ij} = Efecto de la ij -ésima interacción de temperatura y fotoperíodo.

AC_{ik} = Efecto de la ik -ésima interacción de temperatura y sustrato.

BC_{jk} = Efecto de la jk -ésima interacción de fotoperíodo y sustrato.

ABC_{ijk} = Efecto de la ijk -ésima interacción de temperatura fotoperíodo y sustrato.

E_{ijk} = Error experimental.

Se realizó el análisis de varianza al dato del porcentaje de germinación y valor germinativo obtenido de los diferentes tratamientos aplicados, haciendo uso de la fórmula del arco seno, para convertir los datos. El nivel de significancia utilizado fue de 0,05.

$$Y = \text{seno}^{-1} (\sqrt{\frac{X}{100}}).$$

Para la comparación de medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey para conocer la significancia entre los tratamientos de cada especie.

7. RESULTADOS.

A continuación se presentan los resultados y la discusión, para cada una de las especies que fue objeto de investigación.

7.1 Cedro (*Cedrela odorata* L.)

7.1.1 Porcentaje de germinación.

El porcentaje de germinación se incrementó con la aplicación de los tratamientos. El análisis de varianza para el porcentaje de germinación, mostró diferencias significativas (ver apéndice 2 cuadro 19) y por la prueba de Tukey (apéndice 3 cuadro 25), se determinó que el más alto porcentaje de germinación se obtuvo con la combinación de temperatura 24° C, fotoperíodo de 12 horas luz y sustrato de aserrín, el porcentaje de germinación para este tratamiento fue de 94.5%. En orden descendente los siguientes tratamientos mostraron un incremento significativo en la media del porcentaje de germinación: temperatura 24° C, fotoperíodo de cero horas luz y sustrato arena con una media de 94%; temperatura 24° C, fotoperíodo 24 horas luz y sustrato aserrín con una media de 93.5%; temperatura 32° C, fotoperíodo cero horas luz, sustrato aserrín con una media de 93.25%; temperatura 28° C, fotoperíodo cero horas luz, sustrato arena con una media de 93%; temperatura 24° C fotoperíodo 12 horas luz sustrato arena con una media de 92.25%; temperatura 28° C, fotoperíodo cero horas luz, sustrato mezcla con una media de 92.25% y temperatura 28° C, fotoperíodo cero horas luz, sustrato aserrín con una media de 92%. En el cuadro 1 se presentan las combinaciones y sus porcentajes de germinación de los tratamientos que mostraron mayor porcentaje de germinación, no habiendo diferencias estadísticas significativas entre cada uno de ellos.

Cuadro 1. Tratamientos con mayor porcentaje de germinación de semilla de *Cedrela odorata*.

Temperatura en °C.	Fotoperíodo en hr luz.	Sustrato.	Porcentaje de germinación.
24	12	Aserrín.	94.5
24	0	Arena.	94
24	24	Aserrín.	93.5
32	0	Aserrín.	93.25
28	0	Arena.	93.00
24	12	Arena.	92.25
28	0	Mezcla	92.25
28	0	Aserrín.	92.00

En forma general se puede observar una tendencia en el incremento del porcentaje de germinación de la semilla de cedro al usar el sustrato de aserrín, ya que éste por sus características físicas permite una mayor retención de la humedad y por consiguiente una mejor imbibición de la semilla.

La aplicación de temperatura 28° C, fotoperiodo de 24 horas luz y sustrato de papel mostró el menor porcentaje de germinación (52.25%). Los tratamientos estadísticamente iguales al tratamiento que presentaron menor respuesta al porcentaje de germinación fueron; temperatura 32° C, fotoperiodo 12 horas luz y sustrato de papel con 53.75%, temperatura 28° C, fotoperiodo 24 horas luz y sustrato de arena con 57.5%, temperatura 32° C, fotoperiodo 12 horas luz y sustrato de aserrín con 62.5% y temperatura 32° C, fotoperiodo 24 horas luz y sustrato de mezcla de tierra y arena 2:1 con 66.25%. En el cuadro 2 se puede observar en forma ascendente los tratamientos que mostraron menor respuesta en el porcentaje de germinación.

Cuadro 2. Tratamientos con menor respuesta en el porcentaje de germinación de la semilla de *Cedrela odorata*.

Temperatura en ° C.	Fotoperiodo en hr luz.	Sustrato.	Porcentaje de germinación.
32	12	Papel.	53.75
28	24	Arena.	57.5
32	12	Aserrín.	62.5
32	24	Mezcla.	66.25

Con respecto a la temperatura se observa una tendencia en la menor respuesta del porcentaje de germinación en la semilla de cedro con la aplicación de temperatura de 32° C. Esta baja respuesta al ser aplicada una temperatura alta se debe a que es una temperatura que está fuera del rango adecuado de crecimiento de la semilla de cedro.

Con respecto al fotoperíodos, éste no es un factor determinante que influye en el incremento del porcentaje de germinación. La figura 6 muestra los treinta y seis tratamientos, y el porcentaje de germinación de cada uno, donde los tratamientos que presentan un incremento del porcentaje de germinación se puede apreciar con barras oscuras y con un rango de germinación de 85-95% y los tratamientos intermedios se representan barra oscuras y claras y los tratamientos que presentaron una menor respuesta en el porcentaje de germinación están representados por barras blancas con un rango de germinación del 55-66% de germinación.

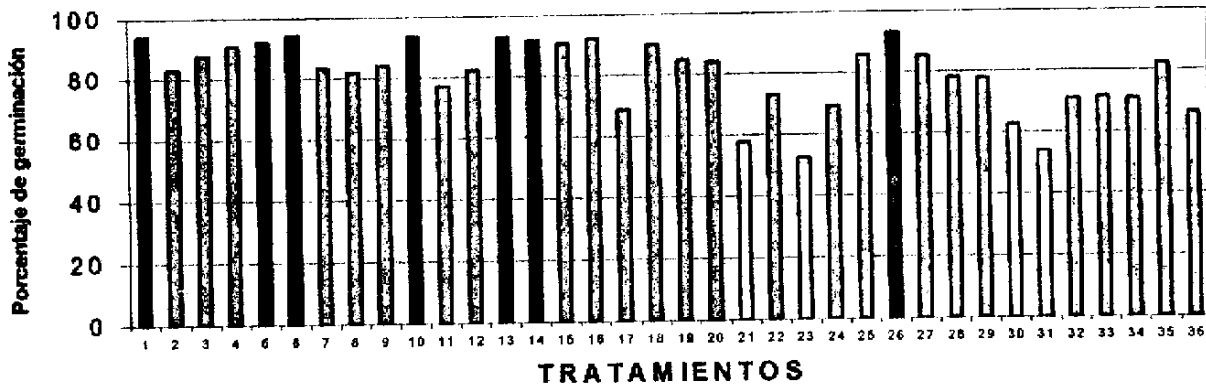


Figura 6. Comportamiento del porcentaje de germinación de la semilla de *Cedrela odorata*.

1: 24°C, 0 hr luz, arena. 2: 24°C, 0 hr luz, aserrín. 3: 24°C, 0 hr luz, papel. 4: 24°C, 0 hr luz, mezcla. 5: 24°C, 12 hr luz, arena. 6: 24°C, 12 hr luz, aserrín. 7: 24°C, 12 hr luz, papel. 8: 24°C, 12 hr luz, mezcla. 9: 24°C, 24 hr luz, arena. 10: 24°C, 24 hr luz, aserrín. 11: 24°C, 24 hr luz, papel. 12: 24°C, 24 hr luz, mezcla. 13: 28°C, 0 hr luz, arena. 14: 28°C, 0 hr luz, aserrín. 15: 28°C, 0 hr luz, papel. 16: 28°C, 0 hr luz, mezcla. 17: 28°C, 12 hr luz, arena. 18: 28°C, 12 hr luz, aserrín. 19: 28°C, 12 hr luz, papel. 20: 28°C, 12 hr luz, mezcla. 21: 28°C, 24 hr luz, arena. 22: 28°C, 24 hr luz, aserrín. 23: 28°C, 24 hr luz, papel. 24: 28°C, 24 hr luz, mezcla. 25: 32°C, 0 hr luz, arena. 26: 32°C, 0 hr luz, aserrín. 27: 32°C, 0 hr luz, papel. 28: 32°C, 0 hr luz, mezcla. 29: 32°C, 12 hr luz, arena. 30: 32°C, 12 hr luz, aserrín. 31: 32°C, 12 hr luz, papel. 32: 32°C, 12 hr luz, mezcla. 33: 32°C, 24 hr luz, arena. 34: 32°C, 24 hr luz, aserrín. 35: 32°C, 24 hr luz, papel. 36: 32°C, 24 hr luz, mezcla.

7.1.2 Valor germinativo.

El análisis de varianza para el valor germinativo, mostró diferencias significativas (ver apéndice 2 cuadro 20) y de acuerdo a la prueba de Tukey (apéndice 3 cuadro 26), el que mejor resultado mostró, fue la combinación de temperatura 32° C, fotoperíodo de 24 horas luz y sustrato de papel, se obtuvo un valor germinativo de 58.64. En orden descendente los siguientes tratamientos mostraron un incremento significativo en la media del valor germinativo: temperatura 24° C, fotoperíodo de 24 horas luz y sustrato de aserrín con una media de 56.53; temperatura 28° C, fotoperíodo 12 horas luz y sustrato de aserrín con un valor germinativo de 55.97; temperatura 24° C, fotoperíodo 24 horas luz, sustrato de arena con una media de 49.37; temperatura 32° C, fotoperíodo cero horas luz sustrato mezcla con una media de 46.47; temperatura 32° C, fotoperíodo cero horas luz sustrato de aserrín con una media 44.68. En el cuadro 3 se presentan los tratamientos con los cuales se obtuvieron los mas altos, no habiendo diferencias estadísticas significativas entre cada uno de ellos.

Cuadro 3. Tratamientos con mayor valor germinativo, de la semilla de *Cedrela odorata*.

Temperatura en ° C	Fotoperíodo en hr luz	Sustrato	Valor germinativo
32	24	Papel	58.64
24	24	Aserrín	56.53
28	12	Aserrín	55.97
24	24	Arena	49.37
24	24	Mezcla	46.47
32	0	Aserrín	44.68

Con la aplicación de temperatura 32° C, fotoperíodo de 12 horas luz y sustrato de papel se obtuvo una menor respuesta en el valor germinativo de 17.17. Los tratamientos estadísticamente iguales al tratamiento que presentó menor respuesta al valor germinativo fueron; temperatura 28° C, fotoperíodo 24 horas luz y sustrato de arena, con una media de 17.31; temperatura 28° C, fotoperíodo 24 horas luz y sustrato de papel con una media de 18.13; temperatura 28° C, fotoperíodo 24 horas luz y sustrato de mezcla con una media de 20.39; temperatura 32° C, fotoperíodo 12 horas luz y sustrato de Aserrín con una media de 20.7; temperatura 24° C fotoperíodo cero horas luz y sustrato de aserrín con una media de 24.81; temperatura 24° C, fotoperíodo 12 horas luz y sustrato de mezcla con una media de 25.54; temperatura 28° C, fotoperíodo 12 horas luz y sustrato de arena con una media de 28; temperatura 28° C, fotoperíodo cero horas luz y sustrato de papel con una media de 28.53; temperatura 28° C, fotoperíodo cero horas luz y sustrato de mezcla de tierra y arena 2:1 con una media de 31.65 y temperatura 32° C, fotoperíodo 12 horas luz y sustrato de arena con una media de 31.71. En el cuadro 4 se puede observar los tratamientos que tuvieron menor respuesta en el valor germinativo.

Cuadro 4. Tratamientos con menor valor germinativo de semilla de *Cedrela odorata*

Temperatura en ° C	Fotoperíodo en horas luz	Sustrato	Valor germinativo
32	12	Papel	17.17
28	24	Arena	17.31
28	24	Papel	18.13
28	24	Mezcla	20.39
32	12	Aserrín	20.7
24	0	Aserrín	24.81
24	12	Mezcla	25.54
28	12	Arena	28
28	0	Papel	28.53
28	0	Mezcla	31.65
32	12	Arena	31.71

El comportamiento del valor germinativo de los tratamientos que tuvieron mayor respuesta, tratamientos intermedios y los que presentaron una menor respuesta se presentan en la figura 7.

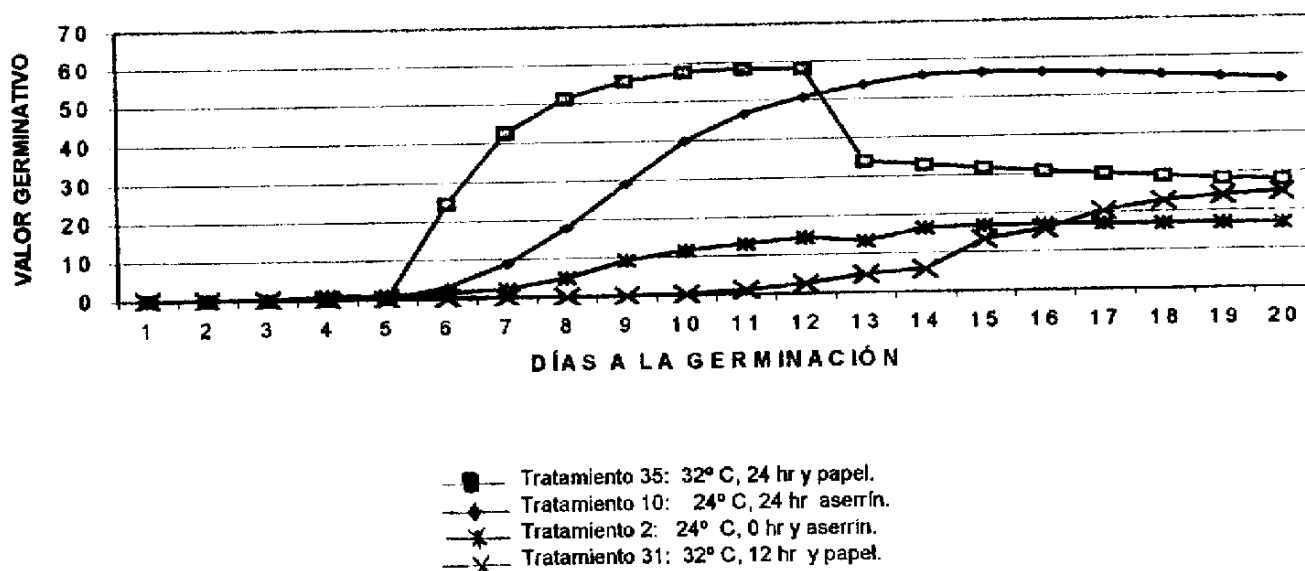


Figura 7. Comportamiento del Valor Germinativo de la semilla de *Cedrela odorata*

En la figura 7 se observa la tendencia del valor germinativo, el tratamiento en el cual se obtuvo el más alto valor está constituido con la combinación temperatura 32° C, fotoperíodo 24 y sustrato papel, la germinación con este tratamiento se inició a los cuatro días, alcanzando su máximo valor germinativo el día doce. El tratamiento, que estadísticamente es igual al anteriormente mencionado es la combinación de temperatura 24° C, fotoperíodo 24 y sustrato aserrín, este muestra el inicio de la germinación en el día sexto extendiéndose hasta el decimoquinto día.

La temperatura 32° C, fotoperíodo de 12 horas luz y sustrato papel presentó el más bajo valor germinativo, iniciando la germinación a los 12 días, presentando su máximo valor germinativo el día diecinueve y reduciendo la misma en el día veinte.

7.1.3 Relación porcentaje de germinación y valor germinativo.

En el tratamiento donde se combina temperatura 24° C, fotoperíodo 24 y el sustrato de aserrín, se puede observar que existe un porcentaje de germinación y valor germinativo altos. Este tratamiento, en términos generales se puede decir que es el mejor ya que se alcanza la tasa más alta de germinación en corto tiempo. El tratamiento en el que se combina la temperatura 32° C, el fotoperíodo de 24 horas luz y el sustrato de papel, aparece como uno de los mejores en

Existen porcentajes de germinación altos que presentan valores germinativos bajos tal es el caso de las combinaciones de temperatura 28° C, fotoperíodos de cero horas luz y sustrato de mezcla.

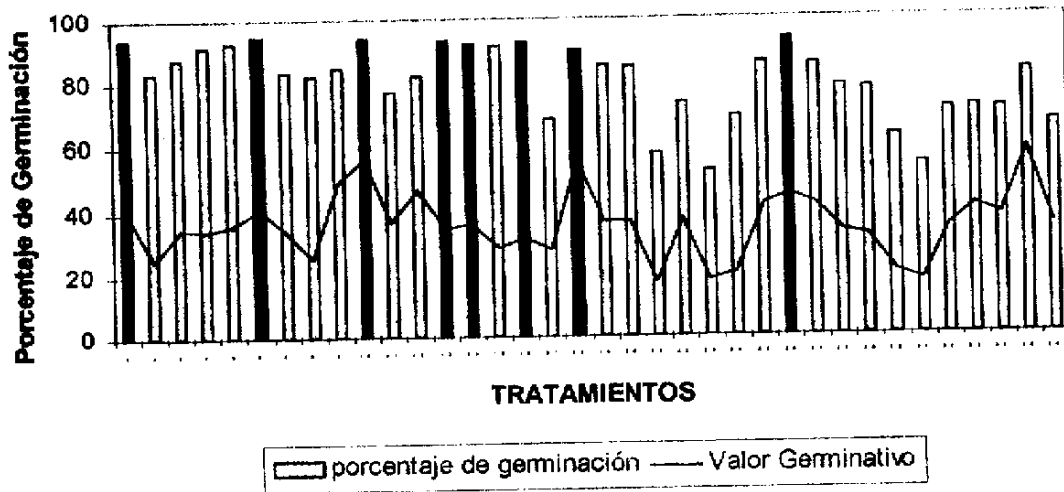


Figura 8. Relación del porcentaje de germinación y valor germinativo de la especie *Cedrela odorata*

1: 24°C, 0 hr luz, arena. 2: 24°C, 0 hr luz, aserrín. 3: 24°C, 0 hr luz, papel. 4: 24°C, 0 hr luz, mezcla. 5: 24°C, 12 hr luz, arena. 6: 24°C, 12 hr luz, aserrín. 7: 24°C, 12 hr luz, papel. 8: 24°C, 12 hr luz, mezcla. 9: 24°C, 24 hr luz, arena. 10: 24°C, 24 hr luz, aserrín. 11: 24°C, 24 hr luz, papel. 12: 24°C, 24 hr luz, mezcla. 13: 28°C, 0 hr luz, arena. 14: 28°C, 0 hr luz, aserrín. 15: 28°C, 0 hr luz, papel. 16: 28°C, 0 hr luz, mezcla. 17: 28°C, 12 hr luz, arena. 18: 28°C, 12 hr luz, aserrín. 19: 28°C, 12 hr luz, papel. 20: 28°C, 12 hr luz, mezcla. 21: 28°C, 24 hr luz, arena. 22: 28°C, 24 hr luz, aserrín. 23: 28°C, 24 hr luz, papel. 24: 28°C, 24 hr luz, mezcla. 25: 32°C, 0 hr luz, arena. 26: 32°C, 0 hr luz, aserrín. 27: 32°C, 0 hr luz, papel. 28: 32°C, 0 hr luz, mezcla. 29: 32°C, 12 hr luz, arena. 30: 32°C, 12 hr luz, aserrín. 31: 32°C, 12 hr luz, papel. 32: 32°C, 12 hr luz, mezcla. 33: 32°C, 24 hr luz, arena. 34: 32°C, 24 hr luz, aserrín. 35: 32°C, 24 hr luz, papel. 36: 32°C, 24 hr luz, mezcla.

7.2 *Grevillea robusta*. (Gravilea)

7.2.1 Porcentaje de germinación.

El porcentaje de germinación se incrementó con la aplicación de los tratamientos en comparación con la germinación reportada para la especie. El análisis de varianza para el porcentaje de germinación, mostró diferencias significativas (ver apéndice 2 cuadro 21) y por la prueba de Tukey (apéndice 3 cuadro 27), se determinó que el más alto porcentaje de germinación se obtuvo con la combinación de temperatura 32° C, fotoperíodo de 12 horas luz y sustrato de mezcla, el porcentaje de germinación para este tratamiento fue de 62%. En orden descendente los siguientes tratamientos que mostraron un incremento significativo en la media del porcentaje de germinación, fueron: temperatura 28° C; fotoperíodo de cero horas luz y sustrato arena con una media de 57.25%; temperatura 28° C, fotoperíodo cero horas luz y sustrato de papel 56.5%; temperatura 28° C, fotoperíodo 24 horas luz, sustrato mezcla 52.75%; temperatura 28° C, cero horas luz, sustrato de mezcla 52.25. En el cuadro 5 se presentan las combinaciones y sus

porcentajes de germinación de los tratamientos que mostraron altos porcentaje de germinación, no habiendo diferencias estadísticas significativas entre cada uno de ellos.

Cuadro 5. Tratamientos con mayor porcentaje de germinación de la semilla *Grevillea robusta*.

Temperatura en ° C	Fotoperíodo en hr luz	Sustrato	Porcentaje de germinación
32	12	Mezcla	62
28	0	Arena	57.25
28	0	Papel	56.5
28	24	Mezcla	52.75
28	0	Mezcla	52.25

Con respecto a temperatura se observa una tendencia en la mayor respuesta del porcentaje de germinación en la semilla de gravilea con la aplicación de temperatura 28° C. Los mayores porcentajes de germinación se debe a que la semilla está influenciada por el rango de temperatura para el desarrollo de la gravilea.

Con la aplicación de temperatura 24° C, fotoperíodo de cero horas luz y sustrato de aserrín se obtuvo una el menor porcentaje de germinación que fue del 17.5%. Los tratamientos estadísticamente iguales al tratamiento que presentó menor respuesta al porcentaje de germinación fueron; temperatura 24° C, fotoperíodo 12 horas luz y sustrato de aserrín con una media de 21.25%; temperatura 24° C, fotoperíodo cero horas luz y sustrato de papel con una media de 22.75%; temperatura 24° C, fotoperíodo 12 horas luz y sustrato de mezcla con una media de 24%; y temperatura 24° C, fotoperíodo 12 horas luz y sustrato de papel con una media de 25.75%; temperatura 24° C, fotoperíodo cero horas luz y sustrato mezcla con una media de 26%; temperatura 24° C, fotoperíodo 12 horas luz y sustrato de arena media de 26.5%; temperatura 24° C, fotoperíodo cero horas luz y sustrato de arena porcentaje de 26.5%; temperatura 32° C, fotoperíodo cero horas luz y sustrato de mezcla porcentaje de 27.5%; temperatura 24° C, fotoperíodo de 24 horas luz y sustrato arena media de 27.75%. En el cuadro 6 se puede observar en forma ascendente los tratamientos que tuvieron menor respuesta en el porcentaje de germinación.

Cuadro 6. Tratamientos con menor respuesta en el porcentaje de germinación de semilla de *Grevillea robusta*.

Temperatura en ° C	Fotoperíodo en hr luz	Sustrato	Porcentaje de germinación
24	0	Aserrín	17.5
24	12	Aserrín	21.25
24	0	Papel filtro	22.75
24	12	Mezcla	24
24	12	Papel filtro	25.75
24	0	Mezcla	26
24	12	Arena	26.5
24	0	Arena	26.5
32	0	Mezcla	27.5
24	24	Arena	27.75

Con respecto a la temperatura existe una tendencia a tener menor respuesta a la germinación cuando se aplica temperatura 24° C, la baja respuesta se debe a que el metabolismo de la semilla de gravilea no responde a bajas temperaturas.

Con respecto al fotoperíodo, éste no es un factor determinante en el incremento de la germinación para la semilla de gravilea. En la figura 9 se muestra los treintiséis tratamientos, y el porcentaje de germinación de cada uno, donde los tratamientos que presentan un incremento del porcentaje de germinación se puede apreciar con barras oscuras y con un rango de germinación de 57-63% y los tratamientos intermedios se representan barra celestes 30-50% y los tratamientos que presentaron una menor respuesta en el porcentaje de germinación están representados por barras rojas con un rango de germinación del 20-30% de germinación

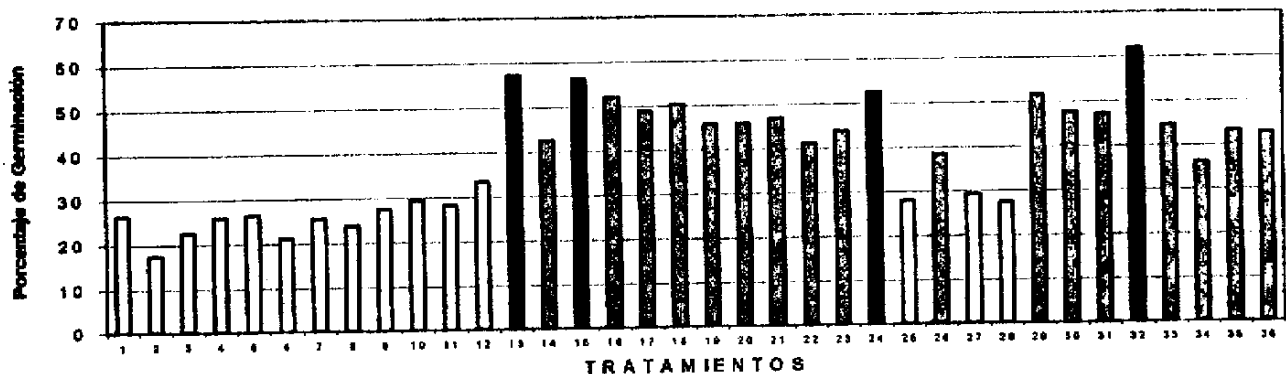


Figura 9. Comportamiento del porcentaje de germinación de la semilla *Grevillea robusta*.

1: 24°C, 0 hr luz, arena. 2: 24°C, 0 hr luz, aserrín. 3: 24°C, 0 hr luz, papel. 4: 24°C, 0 hr luz, mezcla. 5: 24°C, 12 hr luz, arena. 6: 24°C, 12 hr luz, aserrín. 7: 24°C, 12 hr luz, papel. 8: 24°C, 12 hr luz, mezcla. 9: 24°C, 24 hr luz, arena. 10: 24°C, 24 hr luz, aserrín. 11: 24°C, 24 hr luz, papel. 12: 24°C, 24 hr luz, mezcla. 13: 28°C, 0 hr luz, arena. 14: 28°C, 0 hr luz, aserrín. 15: 28°C, 0 hr luz, papel. 16: 28°C, 0 hr luz, mezcla. 17: 28°C, 12 hr luz, arena. 18: 28°C, 12 hr luz, aserrín. 19: 28°C, 12 hr luz, papel. 20: 28°C, 12 hr luz, mezcla. 21: 28°C, 24 hr luz, arena. 22: 28°C, 24 hr luz, aserrín. 23: 28°C, 24 hr luz, papel. 24: 28°C, 24 hr luz, mezcla. 25: 32°C, 0 hr luz, arena. 26: 32°C, 0 hr luz, aserrín. 27: 32°C, 0 hr luz, papel. 28: 32°C, 0 hr luz, mezcla. 29: 32°C, 12 hr luz, arena. 30: 32°C, 12 hr luz, aserrín. 31: 32°C, 12 hr luz, papel. 32: 32°C, 12 hr luz, mezcla. 33: 32°C, 24 hr luz, arena. 34: 32°C, 24 hr luz, aserrín. 35: 32°C, 24 hr luz, papel. 36: 32°C, 24 hr luz, mezcla.

7.2.2 Valor germinativo.

El análisis de varianza para el valor germinativo, mostró diferencias significativas (ver apéndice 2 cuadro 22) y de acuerdo a la prueba de Tukey (apéndice 3 cuadro 28), el que mejor resultado mostró, fue la combinación de temperatura 32° C, fotoperíodo de 12 horas luz y sustrato de mezcla, con este se obtuvo un valor germinativo de 10.25, en orden descendente los siguientes tratamientos mostraron un alto valor germinativo: temperatura 28° C, fotoperíodo de cero horas luz y sustrato de arena con una media de 9.93; temperatura 32° C, fotoperíodo 24 horas luz y sustrato de mezcla con un valor germinativo de 8.71; temperatura 28° C, fotoperíodo cero horas luz, sustrato de mezcla valor germinativo de 8.59; temperatura 28° C, 12 horas luz, sustrato mezcla con una media de 8.52; temperatura 28° C, fotoperíodo 24 horas luz sustrato de mezcla con una media de 7.79; temperatura 28° C, fotoperíodo 12 horas luz sustrato de aserrín con una media 7.7; temperatura 28° C, fotoperíodo 0 horas luz sustrato de papel con una media de 7.66; temperatura 32° C, fotoperíodo 24 horas luz sustrato de arena con una media 7.58. En el cuadro 7 se presentan los tratamientos con los valores germinativos más altos, no habiendo diferencias estadísticas significativas entre cada uno de ellos.

Cuadro 7. Tratamientos con mayor Valor germinativo, para la semilla *Grevillea robusta*

Temperatura en ° C	Fotoperíodo en hr luz	Sustrato	Valor germinativo
32	12	Mezcla	10.25
28	0	Arena	9.93
32	24	Mezcla	8.71
28	0	Mezcla	8.59
28	12	Mezcla	8.52
28	24	Mezcla	7.79
28	12	Aserrín	7.77
28	0	Papel filtro	7.66
32	24	Arena	7.58

Con la aplicación de temperatura 24° C, fotoperíodo de cero horas luz y sustrato de aserrín se obtuvo una menor respuesta en el valor germinativo (0.72). Los tratamientos estadísticamente iguales al tratamiento que presentó menor respuesta al valor germinativo fueron; temperatura 24° C, fotoperíodo cero horas luz y sustrato de papel media de 1.11; temperatura 24° C, fotoperíodo cero horas luz y sustrato de mezcla con una media de 1.33; temperatura 24° C, fotoperíodo 12 horas luz y sustrato de aserrín con una media de 1.43; temperatura 24° C, fotoperíodo cero horas luz y sustrato de arena con una media de 1.58; temperatura 24° C, fotoperíodo 12 horas luz y

sustrato de papel con una media de 1.82; temperatura 24° C, fotoperíodo 12 horas luz y sustrato de mezcla con una media de 1.90. En el cuadro 8 se puede observar en forma ascendente los tratamientos que tuvieron menor respuesta en el valor germinativo.

Cuadro 8. Tratamientos con menor valor germinativo de semilla de *Grevillea robusta*.

Temperatura en ° C	Fotoperíodo en hr luz	Sustrato	Valor germinativo
24	0	Aserrín	0.72
24	0	Papel filtro	1.11
24	0	Mezcla	1.33
24	12	Aserrín	1.43
24	0	Arena	1.58
24	12	Papel filtro	1.82
24	12	Mezcla	1.9

El comportamiento del valor germinativo de los tratamientos que tuvieron una mayor respuesta, tratamientos intermedios y los que presentaron una menor respuesta en la figura 10.

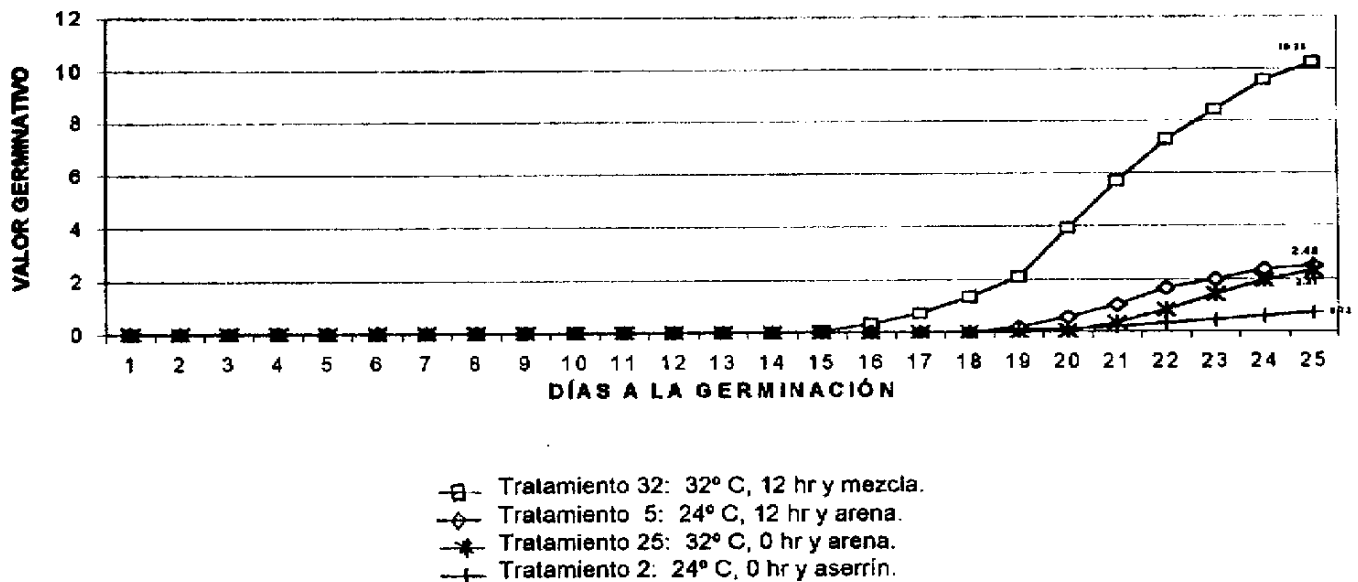


Figura 10. Comportamiento gráfico del valor germinativo de la semilla *Grevillea robusta*.

En la figura 10 se observa la tendencia del valor germinativo, presentando el mejor tratamiento temperatura 32° C, fotoperíodo 12 horas luz y sustrato mezcla, mostrando el inicio de la germinación durante los primeros cinco días, alcanzando su máximo valor germinativo el día quince y reduciéndose, el día vigésimo quinto.

La temperatura 24° C, fotoperíodo 12 horas luz y sustrato arena y la temperatura de 32° C, fotoperíodo de cero horas luz y arena, muestran el inicio de la germinación que inició en el día diecinueve y finalizó el día veinticinco, éstos tratamientos representan los intermedios del valor germinativo.

Es preciso indicar que en la misma figura 10 se observa que la combinación la temperatura de 24° C, fotoperíodo cero horas luz y sustrato aserrín; muestran el inicio de germinación en el día veinte, alcanzando su máximo valor germinativo el día veinte, reduciendo el proceso germinativo el día veinticinco.

7.2.3 Relación porcentaje de germinación y valor germinativo.

En el tratamiento donde se combina la temperatura 32° C, fotoperíodo de 12 horas y sustrato mezcla, se puede ver que existe una coincidencia en cuanto al porcentaje de germinación y valor germinativo alto. Este tratamiento, en términos generales se puede decir que es el mejor ya que alcanza la tasa mas alta de germinación en corto tiempo

Existen porcentajes de germinación altos que presentan valores germinativos bajos tal es el caso de las combinaciones de temperatura 28° C, fotoperíodos de cero horas luz y sustrato aserrín, la combinación de temperatura 28° C, fotoperíodos de 12 horas luz y sustrato de arena, temperatura 28° C fotoperíodo 12 horas luz y sustrato de papel filtro.

Los porcentajes bajos y valores germinativos bajos se presentan con las combinaciones de temperatura 24° C, fotoperíodo de 24 horas luz y arena, temperatura de 24° C, fotoperíodo de 24 horas luz y sustrato de aserrín, la temperatura de 24° C, fotoperíodos de 12 horas luz y aserrín y la combinación de temperatura de 32° C, fotoperíodo de cero horas luz y sustrato arena.

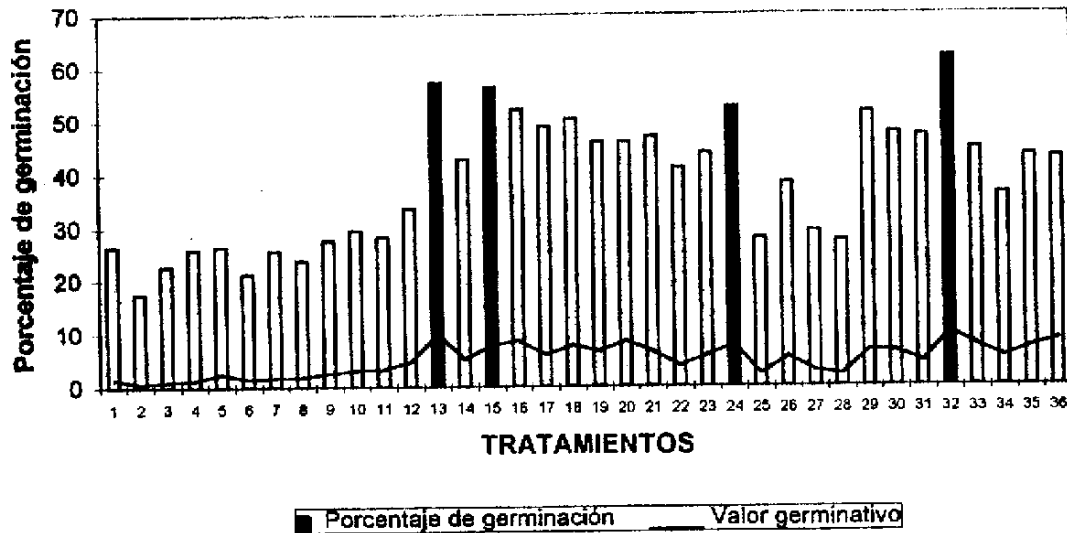


Figura 11. Relación del porcentaje de germinación y el valor germinativo de la semilla *Grevillea robusta*.

1: 24°C, 0 hr luz, arena. 2: 24°C, 0 hr luz, aserrín. 3: 24°C, 0 hr luz, papel. 4: 24°C, 0 hr luz, mezcla. 5: 24°C, 12 hr luz, arena. 6: 24°C, 12 hr luz, aserrín. 7: 24°C, 12 hr luz, papel. 8: 24°C, 12 hr luz, mezcla. 9: 24°C, 24 hr luz, arena. 10: 24°C, 24 hr luz, aserrín. 11: 24°C, 24 hr luz, papel. 12: 24°C, 24 hr luz, mezcla. 13: 28°C, 0 hr luz, arena. 14: 28°C, 0 hr luz, aserrín. 15: 28°C, 0 hr luz, mezcla. 16: 28°C, 12 hr luz, arena. 17: 28°C, 12 hr luz, aserrín. 18: 28°C, 12 hr luz, papel. 19: 28°C, 12 hr luz, mezcla. 20: 28°C, 12 hr luz, mezcla. 21: 28°C, 24 hr luz, arena. 22: 28°C, 24 hr luz, aserrín. 23: 28°C, 24 hr luz, papel. 24: 28°C, 24 hr luz, mezcla. 25: 32°C, 0 hr luz, arena. 26: 32°C, 0 hr luz, aserrín. 27: 32°C, 0 hr luz, papel. 28: 32°C, 0 hr luz, mezcla. 29: 32°C, 12 hr luz, arena. 30: 32°C, 12 hr luz, aserrín. 31: 32°C, 12 hr luz, papel. 32: 32°C, 12 hr luz, mezcla. 33: 32°C, 24 hr luz, arena. 34: 32°C, 24 hr luz, aserrín. 35: 32°C, 24 hr luz, papel. 36: 32°C, 24 hr luz, mezcla.

7.3 Ciprés (*Cupressus lusitanica*).

7.3.1 Porcentaje de germinación.

El porcentaje de germinación se incrementó con la aplicación de los tratamientos en relación al porcentaje reportado para la especie. El análisis de varianza para el porcentaje de germinación, mostró diferencias significativas (ver apéndice 2 cuadro 23) y por la prueba de Tukey (apéndice 3 cuadro 29) se determinó que el más alto porcentaje de germinación se obtuvo con la combinación de temperatura 24° C, fotoperíodo de 24 horas luz y sustrato de papel, porcentaje de germinación para este tratamiento fue de 63.75%. En orden descendente los siguientes tratamientos que mostraron un incremento significativo en la media del porcentaje de germinación, fueron: temperatura 24° C, fotoperíodo de 12 horas luz y sustrato aserrín con una media de 59.25%, temperatura 24° C, fotoperíodo 24 horas luz y sustrato de aserrín con una media de 58.5%, temperatura 24° C, fotoperíodo 24 horas luz, sustrato arena con una media de 56.5%, temperatura 28° C, 12 horas luz, sustrato de aserrín con una media de 56.25. En el cuadro 9 se

presentan las combinaciones y sus porcentajes de germinación de los tratamientos que mostraron los más altos porcentajes de germinación, no habiendo diferencias entre cada uno de ellos.

Cuadro 9. Tratamientos con mayor porcentaje de germinación de la semilla de *Cupressus lusitanica*.

Temperatura en° C	Fotoperíodo en hr luz	Sustrato	Porcentaje de germinación
24	24	Papel	63.75
24	12	Aserrín	59.25
24	24	Aserrín	58.5
24	24	Arena	56.5
28	12	Aserrín	56.25

Con respecto a la temperatura se observó una tendencia en la menor respuesta del porcentaje de germinación en la semilla de gravilea, en términos generales esta temperatura es la adecuada para el desarrollo de la semilla.

Con la aplicación de temperatura 32° C, fotoperíodo de 12 horas luz y sustrato de aserrín se observó el menor porcentaje de germinación del 13.75%, los tratamientos estadísticamente iguales al tratamiento que presentó menor respuesta al porcentaje de germinación fueron; temperatura 32° C, fotoperíodo 12 horas luz y sustrato de arena con una media de 19.25%; temperatura 32° C, fotoperíodo 12 horas luz y sustrato de mezcla con una media de 24.25%; temperatura 32° C, fotoperíodo cero horas luz y sustrato de aserrín con una media de 26%; temperatura 32° C, fotoperíodo cero horas luz y sustrato de arena con una media de 26.25%; temperatura 32° C, fotoperíodo cero horas luz y sustrato papel con una media de 27.75%; temperatura 32° C, fotoperíodo 24 horas luz y sustrato de arena con una media de 32.75%; temperatura 32° C, fotoperíodo cero horas luz y sustrato de mezcla con una media de 35.5% y temperatura 32° C, fotoperíodo 12 horas luz y sustrato de papel con una media de 36.25%. En el cuadro 10 se puede observar en forma ascendente los tratamientos que tuvieron menor respuesta influencia en el porcentaje de germinación.

Cuadro 10. Tratamientos con menor respuesta en el porcentaje de la semillas de *Cupressus lusitanica*.

Temperatura en ° C	Fotoperíodo en hr luz	Sustrato	Porcentaje de germinación
32	12	Aserrín	13.75
32	12	Arena	19.25
32	12	Mezcla	24.25
32	0	Aserrín	26
32	0	Arena	26.25
32	0	Papel filtro	27.75
32	24	Arena	32.75
32	0	Mezcla	35.5
32	12	Papel	36.25

Con respecto al fotoperíodo es un factor dispensable para el desarrollo de la semilla de ciprés presentando un incremento en el porcentaje, con la exposición de 12 horas luz. En la figura 12, muestra los treinta y seis tratamientos y el porcentaje de germinación de cada uno de ellos, donde los tratamientos que presentan un incremento del porcentaje de germinación se pueden apreciar con barras oscuras y con un rango de germinación de 50-60% y los tratamientos intermedios se presentan con barras claras y oscuras presentando un rango de germinación de 40-50%, y los tratamientos que presentaron una menor respuesta en el porcentaje de germinación están presentados por barras blancas con un rango de germinación de 20-30%.

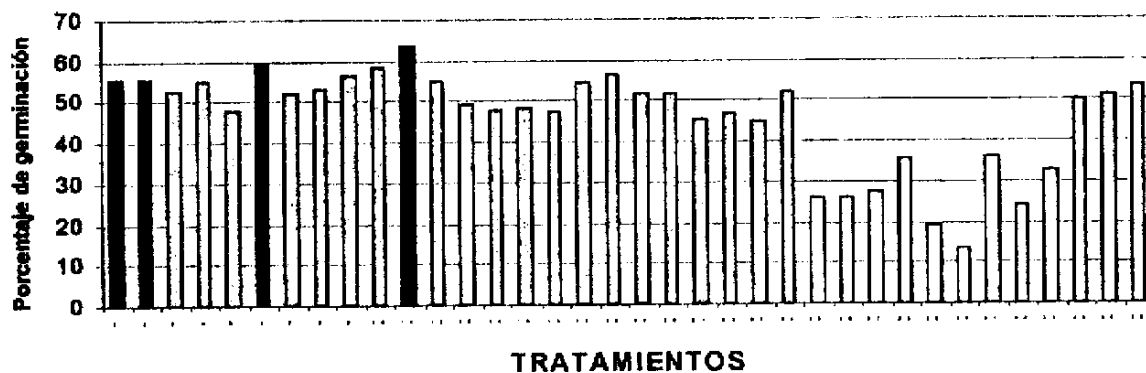


Figura 12. Comportamiento del porcentaje de germinación de la semilla *Cupressus lusitanica*.

1: 24°C, 0 hr luz, arena. 2: 24°C, 0 hr luz, aserrín. 3: 24°C, 0 hr luz, papel. 4: 24°C, 0 hr luz, mezcla. 5: 24°C, 12 hr luz, arena. 6: 24°C, 12 hr luz, aserrín. 7: 24°C, 12 hr luz, papel. 8: 24°C, 12 hr luz, mezcla. 9: 24°C, 24 hr luz, arena. 10: 24°C, 24 hr luz, aserrín. 11: 24°C, 24 hr luz, papel. 12: 24°C, 24 hr luz, mezcla. 13: 28°C, 0 hr luz, arena. 14: 28°C, 0 hr luz, aserrín. 15: 28°C, 0 hr luz, papel. 16: 28°C, 0 hr luz, mezcla. 17: 28°C, 12 hr luz, arena. 18: 28°C, 12 hr luz, aserrín. 19: 28°C, 12 hr luz, papel. 20: 28°C, 12 hr luz, mezcla. 21: 28°C, 24 hr luz, arena. 22: 28°C, 24 hr luz, aserrín. 23: 28°C, 24 hr luz, papel. 24: 28°C, 24 hr luz, mezcla. 25: 32°C, 0 hr luz, arena. 26: 32°C, 0 hr luz, aserrín. 27: 32°C, 0 hr luz, papel. 28: 32°C, 0 hr luz, mezcla. 29: 32°C, 12 hr luz, arena. 30: 32°C, 12 hr luz, aserrín. 31: 32°C, 12 hr luz, papel. 32: 32°C, 12 hr luz, mezcla. 33: 32°C, 24 hr luz, arena. 34: 32°C, 24 hr luz, aserrín. 35: 32°C, 24 hr luz, papel. 36: 32°C, 24 hr luz, mezcla.

7.3.2 Valor germinativo.

El análisis de varianza para el valor germinativo, mostró diferencias significativas (ver apéndice 2 cuadro 24) y de acuerdo a la prueba de Tukey (apéndice 3 cuadro 30) el que mejor resultado mostró, fue la combinación de temperatura 24° C, fotoperíodo de 24 horas luz y sustrato de papel filtro, se obtuvo un valor germinativo de 31.11, como se puede observar en el cuadro 11.

Cuadro 11. Tratamiento con mayor Valor Germinativo para la semilla de *Cupressus lusitanica*

Temperatura e n° C	Fotoperíodo en hr luz	Sustrato	Valor Germinativo
24	24	Papel	31.11

En forma general se puede observar una tendencia en el incremento del valor germinativo de la semilla de ciprés al usar la combinación de los tres factores.

Con la aplicación de temperatura 32° C, fotoperíodo de 12 horas luz y sustrato de aserrín se obtuvo una menor influencia en el valor germinativo 1.02. Los tratamientos estadísticamente iguales al tratamiento que presentó menor respuesta al valor germinativo fueron; temperatura 32° C, fotoperíodo 12 horas luz y sustrato de arena con un valor germinativo de 1.28; temperatura 32° C, fotoperíodo cero horas luz y sustrato de aserrín con un valor germinativo de 2.09; temperatura 32° C, fotoperíodo cero horas luz y sustrato papel con un valor germinativo de 2.44; temperatura 32° C, fotoperíodo cero horas luz y sustrato de arena con un valor germinativo de 2.48; temperatura 32° fotoperíodo 12 horas luz y sustrato de mezcla con un valor germinativo de 3.05; temperatura 32° C, fotoperíodo cero horas luz y sustrato de mezcla con un valor germinativo de 3.80; temperatura de 28° C, fotoperíodo de cero horas luz y sustrato mezcla con un valor de 4.61; temperatura de 28° C, fotoperíodo de cero horas luz y sustrato de aserrín con un valor de 4.82; temperatura 32° C, fotoperíodo 24 horas luz y sustrato de arena con un valor germinativo de 5.23; temperatura 32° C, fotoperíodo 12 horas luz y sustrato de papel con un valor germinativo de 5.88; temperatura 28° C, fotoperíodo cero horas luz y arena con un valor de 6.97; temperatura 28° C, fotoperíodo cero horas luz y sustrato de papel con un valor de 7.02 y temperatura 24° C, fotoperíodo de cero horas luz y sustrato de papel con un valor de 7.05. En el cuadro 12 se puede observar en forma ascendente los tratamientos que tuvieron menor respuesta en el valor germinativo de la especie *Cupressus lusitanica*.

Cuadro 12. Tratamientos con menor Valor Germinativo de semilla de *Cupressus lusitanica*.

Temperatura en ° C	Fotoperíodo en hr luz	Sustrato	Valor germinativo
32	12	Aserrín	1.02
32	12	Arena	1.28
32	0	Aserrín	2.09
32	0	Papel filtro	2.44
32	0	Arena	2.48
32	12	Mezcla	3.05
32	0	Mezcla	3.80
28	0	Mezcla	4.61
28	0	Aserrín	4.82
32	24	Arena	5.23
32	12	Papel filtro	5.88
28	0	Arena	6.97
28	0	Papel	7.02
24	0	Papel	7.05

El comportamiento del valor germinativo de los tratamientos que tuvieron mayor respuesta, tratamiento intermedio y los que presentaron menor respuesta se presentan en la figura 13.

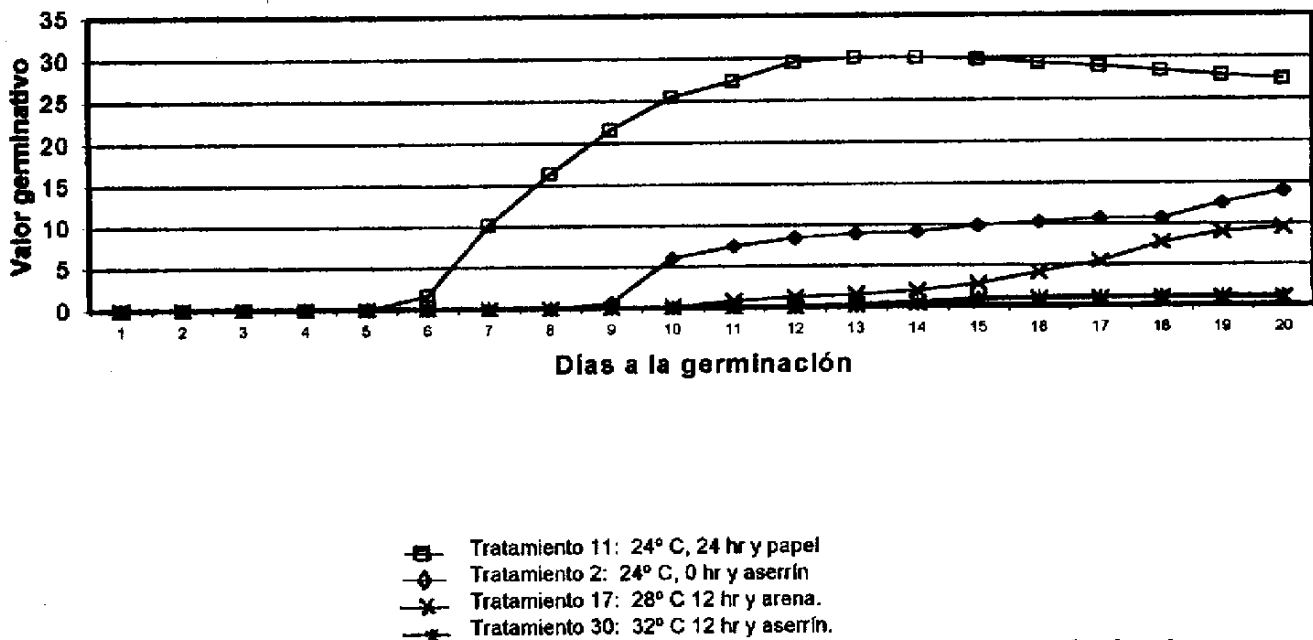


Figura 13. Comportamiento del valor germinativo de la semilla *Cupressus lusitanica*.

En la figura 13 se observa la tendencia del valor germinativo, el tratamiento con el cual se obtuvo el más alto valor germinativo es la temperatura 24° C, fotoperíodo 24 y sustrato papel filtro, mostrando el inicio de la germinación durante los primeros cinco días, alcanzando su máximo valor germinativo el día doce terminando su poder germinativo el día veinte.

Las combinaciones de temperatura 24° C, fotoperíodos de cero horas luz y sustratos de aserrín muestran el inicio de la germinación en el día nueve finalizándolo el día veinte, la combinación de temperatura 28° C, fotoperíodos de 12 horas luz y sustrato de arena inician la germinación al décimo y terminan al día veinte. Se puede hacer notar que las bajas temperaturas, y los fotoperíodos altos, estimulan el rápido desarrollo de la germinación, estas combinaciones muestran que el factor determinante para el desarrollo de la germinación es el sustrato, el cual está dado a partir de los primeros días.

Es preciso indicar que en la misma figura 13 muestra la combinación de temperatura 32° C fotoperíodo 12 y sustrato aserrín, presentando una menor respuesta en el valor germinativo, el inicio de la germinación es presentada a partir del día trece hasta el día veinte.

7.3.3 Relación porcentaje de germinación y valor germinativo.

Existen porcentajes de germinación altos, que presentan valor germinativo altos, tal es el caso de las combinaciones de temperatura 24° C, fotoperíodos de 24 horas luz y sustrato papel, en un período de sexto al décimo vigésimo día, el sustrato de papel filtro es ideal para las semillas pequeñas penetrando de una manera la luz el cual viene a activar el fitocromo para el desarrollo y aceleramiento de los procesos enzimáticos.

La combinación de temperatura 24° C, fotoperíodos de cero horas luz y sustrato de arena; temperatura 24° C fotoperíodo 20 horas luz y sustrato de aserrín; temperatura 24 fotoperíodo de cero y sustrato de mezcla de tierra y arena 2:1, temperatura de 24° C fotoperíodos de 12 horas luz y aserrín, la temperatura de 24 fotoperíodo de 24 y arena; la temperatura de 24 fotoperíodo de 24 y aserrín; la temperatura de 28° C, fotoperíodo de 12 y sustrato de aserrín mostraron una media del 55% de germinación y un valor germinativo de 11, iniciando su germinación a partir del día noveno hasta el día.

Los bajos porcentajes de germinación y valor germinativo bajo, es la combinación de temperatura 32° C, fotoperíodo de 12 horas y sustrato de aserrín, la combinación de estos tres factores de alguna forma influyó en el proceso germinativo causando una excesiva hidratación a la semilla.

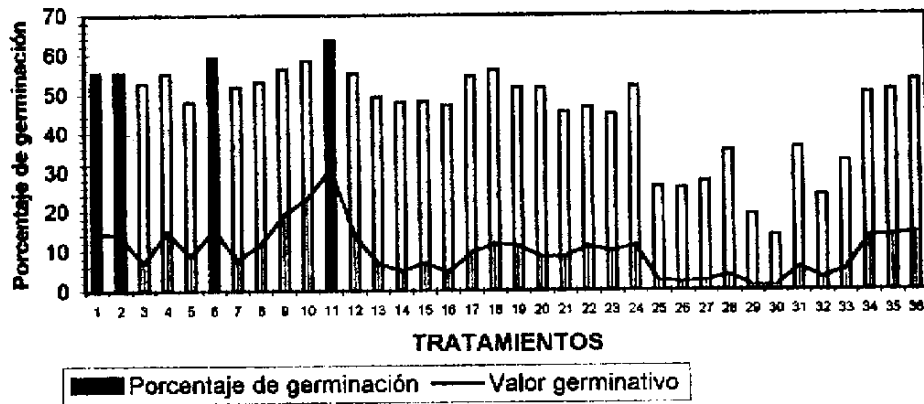


Figura 14. Relación de valores germinativos y los porcentajes de germinación de la semilla *Cupressus lusitanica*.

1: 24°C, 0 hr luz, arena. 2: 24°C, 0 hr luz, aserrín. 3: 24°C, 0 hr luz, papel. 4: 24°C, 0 hr luz, mezcla. 5: 24°C, 12 hr luz, arena. 6: 24°C, 12 hr luz, aserrín. 7: 24°C, 12 hr luz, papel. 8: 24°C, 12 hr luz, mezcla. 9: 24°C, 24 hr luz, arena. 10: 24°C, 24 hr luz, aserrín. 11: 24°C, 24 hr luz, papel. 12: 24°C, 24 hr luz, mezcla. 13: 28°C, 0 hr luz, arena. 14: 28°C, 0 hr luz, aserrín. 15: 28°C, 0 hr luz, papel. 16: 28°C, 0 hr luz, mezcla. 17: 28°C, 12 hr luz, arena. 18: 28°C, 12 hr luz, aserrín. 19: 28°C, 12 hr luz, papel. 20: 28°C, 12 hr luz, mezcla. 21: 28°C, 24 hr luz, arena. 22: 28°C, 24 hr luz, aserrín. 23: 28°C, 24 hr luz, papel. 24: 28°C, 24 hr luz, mezcla. 25: 32°C, 0 hr luz, arena. 26: 32°C, 0 hr luz, aserrín. 27: 32°C, 0 hr luz, papel. 28: 32°C, 0 hr luz, mezcla. 29: 32°C, 12 hr luz, arena. 30: 32°C, 12 hr luz, aserrín. 31: 32°C, 12 hr luz, papel. 32: 32°C, 12 hr luz, mezcla. 33: 32°C, 24 hr luz, arena. 34: 32°C, 24 hr luz, aserrín. 35: 32°C, 24 hr luz, papel. 36: 32°C, 24 hr luz, mezcla.

8. CONCLUSIONES

- 8.1 La semilla de *Cedrela odorata*, presenta un incremento en el porcentaje de germinación y valor germinativo con una combinación de temperatura 24° C, con una exposición de 24 horas luz y con el sustrato de aserrín.
- 8.2 La semilla de *Grevillea robusta*, presenta un incremento en el porcentaje de germinación y valor germinativo con una combinación de temperatura 32° C fotoperíodo de 24 horas luz y sustrato mezcla de tierra y arena (2:1).
- 8.3 La temperatura de 24° C, la exposición de la semilla de 24 horas luz y el sustrato papel, son factores que logran aumentar el valor germinativo y el porcentaje de germinación en la semilla de *Cupressus lusitanica*

9 RECOMENDACIONES.

1. Para obtener un porcentaje alto de germinación (94.5%) en un periodo corto para la especie *Cedrela odorata* se recomienda el tratamiento de temperatura de 24° C, fotoperíodo de 24 horas luz y sustrato de aserrín; esto para realizarlo en condiciones de laboratorio. Si no se cuenta con un germinador, y las condiciones ambientales del área poseen una temperatura de 24° C y un fotoperíodo de 12 horas luz, se recomienda el tratamiento de temperatura 24° C, fotoperíodo de 12 horas luz y sustrato de arena, en este caso se tendrá un alto porcentaje de germinación pero a un mayor tiempo.
2. Para obtener un alto porcentaje de germinación (63%) en un periodo corto para la especie *Gravilea robusta* se recomienda el tratamiento de temperatura de 32° C, fotoperíodo de 12 horas luz y sustrato de mezcla de arena y suelo en relación 2:1; esto para realizarlo en condiciones de laboratorio, o para las condiciones ambientales de un área que poseen una temperatura de 32° C y un fotoperíodo de 12 horas luz.
3. Para obtener un porcentaje alto de germinación (62.5%) en un periodo corto para la especie *Cupressus lusitanica* se recomienda el tratamiento de temperatura de 24° C, fotoperíodo de 24 horas luz y sustrato de papel; esto para realizarlo solamente en condiciones de laboratorio.
4. Realizar este mismo estudio pero con diferentes procedencias de las especies trabajadas para tener una información más amplia sobre la germinación de las mismas.

10 BIBLIOGRAFÍA

1. BARRERA GARAVITO, L.E. 1985. Comportamiento inicial de tres especies forestales bajo dos métodos de reforestación en San Andrés Itzapa, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 21-23
2. BAWA, K. S.; D MALLEY, D. N. 1987. Ecología de planta en los bosques mesoamericanos. *Revista Biología Tropical (Col.)* 35(1):90-92.
3. BIDWELL, R.G.S. 1990. Fisiología vegetal. México, A.G.T. p. 75, 577-578
4. CÓRDOBA, C. V. 1976. Fisiología vegetal. Madrid, España, Blume. p. 165-166
5. CORREA, J. 1990. El proceso de la germinación. *In* Seminario Taller Sobre Investigación en Semillas Forestales Tropicales (I., 1988, Bogotá, Colombia). Memoria. Bogotá, Colombia, Gente Nueva. p. 95-100
6. DETLEFSEN RIVERA, E.G. 1984. Comportamiento inicial de tres especies forestales para producción de leña con y sin asocio de maíz (*Zea mays* L.) en La Máquina, Suchitepéquez, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 24-27
6. DJAVANSHIR K, POURBEIK, H. 1976. Germination value a new fórmula. *Silva Genetica (E.E.U.U.)* 25(2): 79-83
8. DUFFUS, C.; COLIN, S. 1980. La semilla y sus usos. México, AGT. 88 p.
9. GARCIA ESQUIVEL, J. 1995. Análisis de la exportación de la madera aserrada rústica de tres especies de importancia económica en Guatemala; situación actual y perspectivas. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 85 p.

10. GOSLING, P. 1995. Pretreatment and germination of *Acacia nilotica* and *Leucaena leucocephala* seeds. In Simposio Forestry Research Station (I., 1994, Olesen). Memoria. Arusha, Tanzania, Olesen. 94 p.

11. GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES. 1998. Tarjeta de control de datos sobre germinación de semillas forestales.

Sin publicar.

12. HARTMANN, H. 1988. Propagación de plantas; principios y prácticas. México, CESSA. p. 87-159

13. JARA N, L.F. 1996. Biología de semillas Forestales. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Programa de Investigación, Proyecto de Semillas forestales PROSEFOR. 31 p.

14. _____ 1996. Optimización de condiciones de laboratorio para la germinación de Semillas Forestales. Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Programa de Investigación Proyecto de Semillas Forestales. Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales. no.15 23 p.

15. KAREN, E.; SALAZAR, R. 1998. Condiciones óptimas para la germinación de *Alnus acuminata* spp, *argulta* y *Pithecelobium saman* Benth. Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa de Investigación Proyecto de Semillas Forestales. Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales no. 19. 31p.

16. LOPEZ P., J.C. 1992. Determinación de índice de sitio y estudio de crecimiento de ciprés común (*Cupressus lusitanica* Miller) establecido en plantaciones, en tres localidades del departamento de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 7-12

17. NEWNAM, D. 1989. Biología de la semilla manejo de semillas forestales. Colombia, s.n. 78 p.

18. PADILLA, M. 1995. Tratamientos pregerminativos. In Curso Nacional de Recolección y Procesamiento de Semillas Forestales (I., 1994, Guatemala). Memoria. Guatemala. CATIE. p. 3-5

19. POPINIGIS, F. 1985. Fisiología da semente. 2 ed. Brasil, ABEAS. p. 58-59, 68, 194-251
20. RAMÍREZ, S. 1989. Manual sobre tratamientos pregerminativos. Guatemala, Dirección General de Bosques y Vida Silvestre, Banco de Semillas Forestales. p. 12-15
21. RAY, P. M. 1980. La planta viviente. México, CECSA. p. 245-252
22. ROJAS GARCIDUEÑAS, M. 1979. Fisiología vegetal aplicada. 2 ed. México, McGraw-Hill p.197-199
23. SAMANIEGO PEÑA, J.A. 1995. Estandarización de técnicas para el manejo de semillas de *Swietenia macrophila* y *Cordia alliodora*. Tesis de Mag. Sc. Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 89 p.
24. STANDLEY, P.; STEYERMARK, J. 1985. Flora of Guatemala. Chicago, EE.UU, Natural History Museum, Fieldiana Botany. v. 24. pt. 1
25. TISCORNIA, J. R. 1972. Multiplicación de plantas. Buenos Aires, Argentina, ALBA. p. 10
26. TRUJILLO, N.E. 1993. Establecimiento de la variación del porcentaje de germinación en laboratorio y vivero para 15 especies forestales. In Convención Centroamericana de Semillas Forestales. (2., 1992, Siguatepeque, Honduras). Memoria. Bogotá, Colombia, Grupo Centroamericano de Semillas Forestales. p. 197-215.
27. _____. 1995. Fisiología de la germinación y tratamientos pregerminativos. In Curso Nacional y Procesamiento de Semillas Forestales. (I., 1994. Guatemala). Memoria. Guatemala, INDERENA. p. 10-13.
28. _____. 1995. La semilla, elemento primordial en la conservación germoplasma. In Curso Nacional y Procesamiento de Semillas Forestales. (I., 1994. Guatemala). Memoria. Guatemala, INDERENA. p. 13-20.
29. _____. 1995. Manejo de Semillas, Viveros y Plantación inicial. Guatemala, INDERENA. p. 17-34

30. _____ 1995. Tratamientos pregerminativos en semillas de especies forestales. In Curso Nacional y Procesamiento de Semillas Forestales (I., 1994. Guatemala). Listado Preliminar. Guatemala, INDERENA. p. 15-16.
31. WILLAN, R.L. 1991. Guía para la Manipulación de Semillas Forestales. Roma, Italia, Viale delle Terme di Caracalla, v 20. pt 2.
32. ZAMORA, N.; CHAVARRI, A.; ZUÑIGA. 1995. Ensayo de germinación del lloró. In Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina (I., 1995, Managua, Nicaragua). Memorias. Managua, Nicaragua, CATIE. p. 179-186.

no. B^o.

Miriam De La Roca



Apéndice

Cuadro 13A. Porcentajes de germinación de la semilla *Cedreia odorata*.

FACTORES			Repeticiones				Medias
			1	2	3	4	
24°C	0 hr	Arena	98	93	93	92	94.00
		Aserrín	81	85	86	80	83.00
		Papel filtro	96	67	91	97	87.75
		Mezcla	95	91	88	90	91.00
	12 hr	Arena	90	92	93	94	92.25
		Aserrín	98	95	90	95	94.50
		Papel filtro	85	80	84	84	83.25
		Mezcla	78	83	88	78	81.75
	24 hr	Arena	84	89	79	85	84.25
		Aserrín	96	95	90	93	93.50
		Papel filtro	70	71	80	87	77.00
		Mezcla	84	71	85	89	82.25
28°C	0 hr	Arena	83	98	94	97	93.00
		Aserrín	91	88	96	93	92.00
		Papel filtro	82	95	92	95	91.00
		Mezcla	97	83	98	91	92.25
	12 hr	Arena	77	82	58	57	68.50
		Aserrín	93	93	79	96	90.25
		Papel filtro	77	89	84	90	85.00
		Mezcla	81	98	67	91	84.25
	24 hr	Arena	53	60	58	59	57.50
		Aserrín	64	80	72	76	73.00
		Papel filtro	50	47	60	52	52.25
		Mezcla	66	65	72	73	69.00
32°C	0 hr	Arena	85	90	89	80	86.00
		Aserrín	91	88	96	98	93.25
		Papel filtro	95	90	81	75	85.25
		Mezcla	66	78	89	80	78.25
	12 hr	Arena	75	83	73	80	77.75
		Aserrín	56	61	66	67	62.50
		Papel filtro	58	47	49	61	53.75
		Mezcla	73	63	69	78	70.75
	24 hr	Arena	62	76	77	71	71.50
		Aserrín	76	71	62	75	71.00
		Papel filtro	86	82	82	80	82.50
		Mezcla	66	71	68	60	66.25

Cuadro 14 A. Valor germinativo de la semilla *Cedrela odorata*

FACTORES			Repeticiones				Media
			1	2	3	4	
24°C	0 hr	Arena	42.48	36.70	46.08	37.00	40.57
		Aserrín	26.67	27.35	23.31	21.92	24.81
		Papel filtro	41.20	19.86	34.49	44.45	35.00
		Mezcla	35.92	35.60	32.51	32.60	34.16
	12hr	Arena	35.19	37.66	37.36	34.69	36.23
		Aserrín	40.90	43.98	38.86	40.90	41.16
		Papel filtro	34.06	32.30	32.97	37.43	34.19
		Mezcla	22.03	30.78	31.80	17.53	25.54
	24hr	Arena	48.22	48.89	45.46	54.92	49.37
		Aserrín	59.34	61.68	47.51	57.60	56.53
		Papel filtro	25.64	33.31	46.96	41.20	36.78
		Mezcla	46.17	39.33	48.11	52.25	46.47
28°C	0 hr	Arena	29.27	39.24	31.93	37.61	34.51
		Aserrín	35.77	34.28	37.73	37.28	36.27
		Papel filtro	23.52	31.07	28.57	30.95	28.53
		Mezcla	31.50	36.90	21.50	36.70	31.65
	12hr	Arena	33.40	35.70	22.70	20.20	28.00
		Aserrín	61.31	62.93	43.66	55.96	55.97
		Papel filtro	31.72	39.16	34.12	40.87	36.47
		Mezcla	35.70	45.22	21.20	45.07	36.80
	24hr	Arena	14.80	16.87	17.17	20.38	17.31
		Aserrín	28.80	45.72	34.75	40.49	37.44
		Papel filtro	17.24	13.07	24.30	17.89	18.13
		Mezcla	20.19	18.57	19.89	22.91	20.39
32°C	0 hr	Arena	38.41	45.92	45.67	37.42	41.86
		Aserrín	41.65	40.95	46.19	49.92	44.68
		Papel filtro	50.13	42.26	37.24	37.83	41.87
		Mezcla	24.25	32.79	42.28	34.65	33.49
	12hr	Arena	28.14	36.77	28.45	33.48	31.71
		Aserrín	17.03	19.48	23.00	23.28	20.70
		Papel filtro	21.51	12.69	12.48	22.01	17.17
		Mezcla	32.95	30.27	30.74	41.68	33.91
	24hr	Arena	34.62	44.59	44.28	41.67	41.29
		Aserrín	43.28	35.57	29.85	42.50	37.80
		Papel filtro	55.21	61.23	61.25	56.86	58.64
		Mezcla	33.00	40.24	36.05	29.90	34.80

Cuadro 15A. Porcentaje de germinación de la especie *Grevillea robusta*.

FACTORES			Repeticiones				Media
			1	2	3	4	
24°C	0 hr	Arena	39	23	24	20	26.5
		Aserrín	16	19	21	14	17.50
		Papel filtro	25	14	27	25	22.75
		Mezcla	23	26	30	25	26.00
	12hr	Arena	20	22	45	19	26.50
		Aserrín	19	25	20	21	21.25
		Papel filtro	27	21	28	27	25.75
		Mezcla	22	26	20	28	24.00
	24hr	Arena	35	24	21	31	27.75
		Aserrín	32	24	22	40	29.50
		Papel filtro	27	28	21	37	28.25
		Mezcla	31	34	36	33	33.50
28°C	0 hr	Arena	65	53	44	67	57.25
		Aserrín	30	38	56	47	42.75
		Papel filtro	57	58	55	56	56.50
		Mezcla	59	59	43	48	52.25
	12hr	Arena	49	47	53	47	49.00
		Aserrín	52	39	52	59	50.50
		Papel filtro	55	50	30	49	46.00
		Mezcla	48	56	47	33	46.00
	24hr	Arena	49	48	38	53	47.00
		Aserrín	41	51	37	36	41.25
		Papel filtro	42	52	38	44	44.00
		Mezcla	58	51	50	52	52.75
32°C	0 hr	Arena	24	23	28	37	28.00
		Aserrín	27	43	31	53	38.50
		Papel filtro	16	40	26	35	29.25
		Mezcla	25	28	32	25	27.50
	12hr	Arena	53	55	46	53	51.75
		Aserrín	50	47	53	41	47.75
		Papel filtro	53	53	43	40	47.25
		Mezcla	66	69	54	59	62.00
	24hr	Arena	44	34	54	47	44.75
		Aserrín	36	39	36	34	36.25
		Papel filtro	42	45	39	48	43.50
		Mezcla	45	39	41	47	43.00

Cuadro 16A. Valor germinativo de la especie *Grevillea robusta*.

FACTORES			Repeticiones				Media
			1	2	3	4	
24°C	0 hr	Arena	3.13	1.24	1.19	0.77	1.58
		Aserrín	0.52	0.77	1.20	0.39	0.72
		Papel filtro	1.28	0.47	1.45	1.24	1.11
		Mezcla	1.00	1.36	1.69	1.28	1.33
	12hr	Arena	0.86	1.76	6.35	0.95	2.48
		Aserrín	1.07	1.69	1.41	1.55	1.43
		Papel filtro	2.14	1.21	1.89	2.04	1.82
		Mezcla	1.80	1.94	1.21	2.65	1.90
	24hr	Arena	3.87	1.96	1.54	2.93	2.58
		Aserrín	3.67	2.10	1.64	4.95	3.09
		Papel filtro	3.05	3.28	1.70	5.01	3.26
		Mezcla	4.18	4.78	4.93	4.64	4.63
28°C	0 hr	Arena	14.70	7.28	5.92	11.80	9.93
		Aserrín	2.27	4.04	7.55	6.48	5.09
		Papel filtro	7.85	9.99	5.15	7.63	7.66
		Mezcla	13.04	9.36	5.24	6.73	8.59
	12hr	Arena	5.11	6.75	5.89	5.78	5.88
		Aserrín	7.15	4.86	10.24	8.55	7.70
		Papel filtro	7.66	7.09	3.66	8.15	6.64
		Mezcla	10.50	8.28	9.88	5.41	8.52
	24hr	Arena	6.72	7.58	4.96	6.74	6.50
		Aserrín	3.69	4.70	2.91	3.97	3.82
		Papel filtro	5.42	7.50	4.28	6.00	5.80
		Mezcla	10.20	6.92	6.11	7.94	7.79
32°C	0 hr	Arena	1.54	1.56	1.89	4.26	2.31
		Aserrín	2.85	6.62	3.46	9.23	5.54
		Papel filtro	0.87	4.47	1.98	4.04	2.84
		Mezcla	2.16	2.44	2.10	1.86	2.14
	12hr	Arena	7.95	8.44	4.59	5.70	6.67
		Aserrín	6.66	6.89	7.66	4.80	6.50
		Papel filtro	5.70	5.03	3.73	3.67	4.53
		Mezcla	9.79	12.14	8.22	10.84	10.25
	24hr	Arena	6.27	4.16	9.69	10.19	7.58
		Aserrín	5.62	6.27	4.99	4.77	5.41
		Papel filtro	6.72	7.57	5.85	9.01	7.29
		Mezcla	7.25	5.72	13.20	8.67	8.71

Cuadro 17A. Porcentajes de germinación de la semilla *Cupressus lusitanica*

FACTORES			Repeticiones				Media
			1	2	3	4	
24°C	0 hr	Arena	58	55	57	52	55.50
		Aserrín	63	53	53	53	55.50
		Papel filtro	45	59	56	51	52.75
		Mezcla	67	53	50	51	55.25
	12hr	Arena	47	48	52	45	48.00
		Aserrín	50	58	65	64	59.25
		Papel filtro	46	57	47	58	52.00
		Mezcla	53	51	56	53	53.25
	24hr	Arena	63	55	58	50	56.50
		Aserrín	56	61	57	60	58.50
		Papel filtro	60	58	67	70	63.75
		Mezcla	55	51	58	57	55.25
28°C	0 hr	Arena	48	51	50	48	49.25
		Aserrín	45	48	51	48	48.00
		Papel filtro	46	50	50	47	48.25
		Mezcla	46	43	53	47	47.25
	12hr	Arena	53	56	51	58	54.50
		Aserrín	58	47	56	64	56.25
		Papel filtro	47	51	48	61	51.75
		Mezcla	50	52	59	46	51.75
	24hr	Arena	51	34	46	51	45.50
		Aserrín	46	45	50	46	46.75
		Papel filtro	53	44	40	43	45.00
		Mezcla	46	57	51	54	52.00
32°C	0 hr	Arena	21	25	30	29	26.25
		Aserrín	26	29	28	21	26.00
		Papel filtro	26	30	27	28	27.75
		Mezcla	29	25	49	39	35.50
	12hr	Arena	12	21	24	20	19.25
		Aserrín	15	11	16	13	13.75
		Papel filtro	32	40	40	33	36.25
		Mezcla	26	28	23	22	24.25
	24hr	Arena	36	30	37	28	32.75
		Aserrín	51	51	48	51	50.25
		Papel filtro	49	41	57	57	51.00
		Mezcla	52	47	53	62	53.50

Cuadro 18A. Valor germinativo de la semilla *Cupressus lusitanica*.

FACTORES			Repeticiones				Media
			1	2	3	4	
24°C	0 hr	Arena	13.97	13.88	16.66	13.96	14.62
		Aserrín	18.34	14.01	11.33	12.22	13.98
		Papel filtro	5.30	8.45	7.18	7.27	7.05
		Mezcla	21.51	12.03	13.30	13.14	15.00
	12hr	Arena	9.28	7.25	10.66	7.37	8.64
		Aserrín	10.64	13.31	18.91	19.45	15.58
		Papel filtro	8.21	10.66	5.24	7.16	7.82
		Mezcla	11.24	9.29	13.59	13.34	11.87
	24hr	Arena	23.38	17.59	19.18	16.77	19.23
		Aserrín	21.18	23.74	27.03	21.88	23.46
		Papel filtro	36.76	23.74	26.72	37.20	31.11
		Mezcla	13.85	13.99	15.01	13.50	14.09
28°C	0 hr	Arena	10.58	7.46	4.40	5.46	6.97
		Aserrín	4.52	4.48	5.81	4.49	4.82
		Papel filtro	7.89	4.58	6.96	8.64	7.02
		Mezcla	4.63	3.86	5.57	4.36	4.61
	12hr	Arena	9.15	9.40	9.75	9.90	9.55
		Aserrín	13.31	8.29	10.99	14.54	11.78
		Papel filtro	7.28	9.67	9.58	18.67	11.30
		Mezcla	7.52	7.03	12.08	7.76	8.60
	24hr	Arena	10.82	4.60	8.42	10.86	8.68
		Aserrín	9.52	9.17	12.31	13.23	11.06
		Papel filtro	14.79	10.47	6.53	7.75	9.89
		Mezcla	7.89	13.28	11.03	13.27	11.37
32°C	0 hr	Arena	1.76	2.81	2.33	3.00	2.48
		Aserrín	2.01	2.39	2.25	1.70	2.09
		Papel filtro	2.45	3.19	2.45	1.66	2.44
		Mezcla	3.46	3.33	5.30	3.09	3.80
	12hr	Arena	0.70	1.24	1.70	1.47	1.28
		Aserrín	1.13	0.64	1.41	0.89	1.02
		Papel filtro	4.12	6.77	7.23	5.38	5.88
		Mezcla	3.44	3.43	2.84	2.49	3.05
	24hr	Arena	6.06	4.47	6.42	3.96	5.23
		Aserrín	14.03	13.75	12.52	14.12	13.61
		Papel filtro	12.46	8.93	16.72	17.15	13.82
		Mezcla	13.73	11.00	13.55	19.77	14.51

Cuadro 19A. Análisis de varianza de la variable porcentaje de germinación de la semilla *Cedreia odorata*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Sumatoria de cuadrado	Cuadrados medios	F evaluada	Pr > F
T	2	1,983.1073	991.55	36.16	0.0001
F	2	3,534.38	1767.19	64.45	0.0001
S	3	428.18	142.72	5.21	0.0021
T*F	4	2,144.16	536.04	19.55	0.0001
T*S	6	570.14	95.02	3.47	0.0036
F*S	6	251.19	41.86	1.53	0.1761
T*F*S	12	1,908.57	159.05	5.8	0.0001
ERROR	108	2,901.10	27.41		
TOTAL	143	13,720.84			

C.V. 8.05 %

Cuadro 20ª. Análisis de varianza de la variable Valor germinativo de la semilla *Cedreia odorata*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Sumatoria de cuadrado	Cuadrados medios	F evaluada	Pr > F
T	2	1113.52	556.76	17.66	0.0001
F	2	542.35	271.17	8.6	0.0003
S	3	865.46	288.49	9.15	0.0001
T*F	4	6193.29	1548.32	49.11	0.0001
T*S	6	1990.47	331.74	10.52	0.0001
F*S	6	683.22	113.86	3.61	0.0026
T*F*S	12	3642.85	303.57	9.63	0.0001
ERROR	108	3404.75	31.53		
TOTAL	143	18435.90			

C.V. 15.79 %

Cuadro 21A. Análisis de varianza para la variable Porcentaje de germinación de la semilla *Grevillea robusta*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Sumatoria de cuadrado	Cuadrados medios	F evaluada	Pr > F
T	2	5048.83	2524.42	163.27	0.0001
F	2	328.16	164.09	10.61	0.0001
S	3	171.75	57.25	3.7	0.0140
T*F	4	1249.63	312.41	21.21	0.0001
T*S	6	65.63	10.94	0.71	0.6442
F*S	6	67.11	11.19	0.72	0.6316
T*F*S	12	592.89	49.41	3.20	0.0006
ERROR	108	1669.84	15.46		
TOTAL	143	9193.85			

C.V. 10.33 %

Cuadro 22A. Análisis de varianza para la variable valor germinativo de la semilla *Grevillea robusta*

Fuente de variación	Grados de libertad	Sumatoria de cuadrado	Cuadrados medios	F evaluada	Pr > F
T	2	609.37	304.68	94.11	0.0001
F	2	61.63	30.81	9.52	0.0002
S	3	56.81	18.94	5.85	0.0010
T*F	4	170.19	42.55	13.14	0.0001
T*S	6	26.58	4.43	1.37	0.23
F*S	6	42.62	7.10	2.19	0.04
T*F*S	12	106.94	8.91	2.75	0.0027
ERROR	108	349.66	3.24		
TOTAL	143	1423.82			

C.V. 36.06 %

Cuadro 23A. Análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación de la semilla *Cupressus lusitanica*

Fuente de variación	Grados de libertad	Sumatoria de cuadrado	Cuadrados medios	F evaluada	Pr > F
T	2	4724.88	2362.44	263.12	0.0001
F	2	635.41	317.70	35.38	0.0001
S	3	187.32	62.44	6.95	0.0003
T*F	4	1408.87	352.22	39.23	0.0001
T*S	6	382.04	63.67	7.09	0.0001
F*S	6	142.41	23.74	2.64	0.0197
T*F*S	12	471.57	39.29	4.38	0.0001
ERROR	108	969.68	8.98		
TOTAL	143	8922.18			

C.V. 7.04 %

Cuadro 24A. Análisis de varianza para la variable valor germinativo de la semilla *Cupressus lusitanicas*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Sumatoria de cuadrado	Cuadrados medios	F evaluada	Pr > F
T	2	2192.84	1097.92	162.29	0.0001
F	2	1646.39	823.19	121.68	0.0007
S	3	124.10	41.37	6.11	0.0001
T*F	4	552.57	138.14	20.42	0.0001
T*S	6	151.43	25.24	3.73	0.0021
F*S	6	348.45	58.07	8.58	0.0001
T*F*S	12	709.56	59.13	8.74	0.0001
ERROR	108	730.66	6.77		
TOTAL	143	6458.99			

C.V. 26.26 %

Cuadro 25A. Presentación de la Prueba de Tukey del porcentaje de germinación de la semilla *Cedrela odorata*.

TRATAMIENTO	Porcentaje de germinación																			
Temperatura 24° C, fotoperíodo de 12 horas luz y sustrato de aserrín	94.5	a																		
Temperatura 24° C, fotoperíodo de 0 horas luz y sustrato de arena	94	a																		
Temperatura 24° C, fotoperíodo de 24 horas luz y sustrato de aserrín	93.5	a																		
Temperatura 32° C, fotoperíodo de 0 horas luz y sustrato de aserrín	93.25	a																		
Temperatura 28° C, fotoperíodo de 0 horas luz y sustrato de arena	93	a																		
Temperatura 24° C, fotoperíodo de 12 horas luz y sustrato de arena	92.25	a																		
Temperatura 28° C, fotoperíodo de 0 horas luz y sustrato de mezcla	92.25	a																		
Temperatura 28° C, fotoperíodo de 0 horas luz y sustrato de aserrín	92	a																		
Temperatura 24° C, fotoperíodo de 0 horas luz y sustrato de mezcla	91	a	b																	
Temperatura 28° C, fotoperíodo de 0 horas luz y sustrato de papel	91	a	b																	
Temperatura 28° C, fotoperíodo de 12 horas luz y sustrato de aserrín	90.25	a	b	c																
Temperatura 24° C, fotoperíodo de 0 horas luz y sustrato de papel	87.75	a	b	c																
Temperatura 32° C, fotoperíodo de 0 horas luz y sustrato de arena	86	a	b	c	d															
Temperatura 32° C, fotoperíodo de 0 horas luz y sustrato de papel	85.25	a	b	c	d															
Temperatura 28° C, fotoperíodo de 12 horas luz y sustrato de papel	85	a	b	c	d															
Temperatura 24° C, fotoperíodo de 24 horas luz y sustrato de aserrín	84.25	a	b	c	d	e														
Temperatura 28° C, fotoperíodo de 12 horas luz y sustrato de mezcla	84.25	a	b	c	d	e														
Temperatura 24° C, fotoperíodo de 12 horas luz y sustrato de papel	83.25	a	b	c	d	e	f													
Temperatura 24° C, fotoperíodo de 0 horas luz y sustrato de aserrín	83	a	b	c	d	e	f													
Temperatura 24° C, fotoperíodo de 24 horas luz y sustrato de mezcla	82.5	a	b	c	d	e	f													
Temperatura 32° C, fotoperíodo de 24 horas luz y sustrato de papel	82.5	a	b	c	d	e	f													
Temperatura 24° C, fotoperíodo de 12 horas luz y sustrato de mezcla	81.75	a	b	c	d	e	f	g												
Temperatura 32° C, fotoperíodo de 0 horas luz y sustrato de mezcla	78.25		b	c	d	e	f	g	h											
Temperatura 32° C, fotoperíodo de 12 horas luz y sustrato de arena	77.75		b	c	d	e	f	g	h											
Temperatura 24° C, fotoperíodo de 24 horas luz y sustrato de papel	77			c	d	e	f	g	h											
Temperatura 28° C, fotoperíodo de 24 horas luz y sustrato de aserrín	73				d	e	f	g	h	i										
Temperatura 32° C, fotoperíodo de 24 horas luz y sustrato de arena	71.5					e	f	g	h	i										
Temperatura 32° C, fotoperíodo de 24 horas luz y sustrato de aserrín	71						e	f	g	h	i									
Temperatura 32° C, fotoperíodo de 12 horas luz y sustrato de mezcla	70.75							f	g	h	i	j								
Temperatura 28° C, fotoperíodo de 24 horas luz y sustrato de mezcla	69								g	h	i	j								
Temperatura 28° C, fotoperíodo de 12 horas luz y sustrato de arena	68.5								g	h	i	j								
Temperatura 32° C, fotoperíodo de 24 horas luz y sustrato de mezcla	66.25									h	i	j	k							
Temperatura 32° C, fotoperíodo de 12 horas luz y sustrato de aserrín	62.5										i	j	k	l						
Temperatura 28° C, fotoperíodo de 24 horas luz y sustrato de arena	57.5											j	k	l						
Temperatura 32° C, fotoperíodo de 12 horas luz y sustrato de papel	53.75													k	l					
Temperatura 28° C, fotoperíodo de 24 horas luz y sustrato de papel	52.25														l					



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

Ref. Sem.033-98

LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DEL EFECTO DE TEMPERATURA, FOTOPERIODO Y SUSTRATO EN LA GERMINACION DE Cedrela odorata L; Grevillea robusta Cunnun. Y Cupressus lusitanica Miller"

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: ANGEL ESTUARDO REYES VENTURA

CARNET No: 9210041

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. M.Sc. Marino Barrientos García
 Ing. Agr. M.Sc. Domingo Amador Pérez
 Ing. Agr. Edwin E. Cano Morales

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ing. Agr. M.Sc. Edgar Oswaldo Franco Rivera
 ASESOR

Ing. Agr. César Augusto Telón Donis
 ASESOR

Ing. Agr. Fernando Rodríguez
 DIRECTOR DEL IIA.



I M P R I M A S E

Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
 D E C A N O



cc:Control Académico
 Archivo
 FR/prr.

APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C. A.

TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770