

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
(CATIE)
PROGRAMA DE ENSEÑANZA
ÁREA DE POSTGRADO

ESTANDARIZACIÓN DE TÉCNICAS PARA EL MANEJO DE SEMILLAS DE
Swietenia macrophylla y *Cordia alliodora*

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico de Postgrado y Capacitación del Programa de Enseñanza en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar el grado de

Magister Scientiae

por

Juan Alberto Samaniego Peña

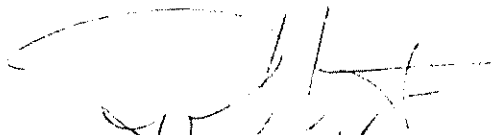
Turrialba, Costa Rica.

1995.

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales
MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:



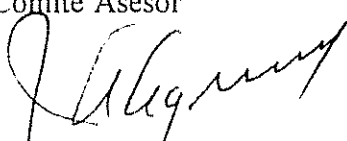
Rodolfo Salazar
Profesor Consejero




Luis Fernando Jara
Miembro Comité Asesor




Pedro Oñoro
Miembro Comité Asesor



Juan A. Aguirre
Jefe, Area de Postgrado



Pedro Ferreira
Director, Programa de Enseñanza



Juan Alberto Samaniego Peña
Candidato

Dedicatoria

A Marta:

Mi querida esposa
y fiel compañera.

A mis padres:

Cristino
y
Fermina

A mis hermanos:

Elidia
Gilberto
Milciades
y
Daisy

A Panamá, mi patria querida

Agradecimientos

El autor expresa su más sincero agradecimiento a las siguientes personas e instituciones.

A Rodolfo Salazar, Ph.D. profesor consejero, por su apoyo, enseñanza y amistad

A Pedro Oñoro, Ph.D. por sus oportunos consejos y apoyo durante mi estancia en el CATIE, así como por su intervención en la revisión del presente trabajo.

A Luis F. Jara, M. Sc. miembro del Comité Asesor, por su amistad y tiempo dedicado a la revisión del presente trabajo.

A Enrique Trujillo N., M. Sc., por su apoyo en la planificación y ejecución de la fase de campo del proyecto (Profesor consejero en la etapa inicial).

Al personal del Banco Latinoamericano de Semillas Forestales (BLSF), Alfonso, Alexis, Mario, Geraldo y Alba.

A mi esposa, padres y hermanos por su apoyo moral y estímulo constante para cumplir la meta fijada.

Al Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables (INRENARE) y al Instituto para la Formación y Aprovechamiento de Recursos Humanos (IFARHU) de Panamá por la oportunidad que me brindaron para continuar con mi desarrollo y formación profesional.

Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría.

En especial un sincero agradecimiento a Dios "Nuestro Señor" por darme salud, fuerza y sabiduría en la realización del objetivo propuesto.

Biografía

El autor nació en Rincón Hondo de Pesé, Herrera, Panamá el 8 de marzo de 1960. Realizó sus estudios primarios en la Escuela primaria de Rincón Hondo, los estudios secundarios en el Colegio José Daniel Crespo de Chitré e Instituto Nacional de Agricultura (INA) de Divisa, Panamá.

De 1980 a 1985 realizó estudios de Agronomía en la Universidad de Ciencias Agrícolas de Debrecen, Hungría, donde se graduó como Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia.

De 1987 a 1994 laboró como funcionario de tiempo completo en el Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables de Panamá.

En 1994 ingresó al Programa de Estudios de Posgrado del CATIE, donde obtuvo el grado de Mg. Sc. en 1995, en el área de Agroforestería con énfasis en semillas forestales.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
BIOGRAFIA	v
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE CUADROS	xii
RESUMEN	xv
SUMMARY	xvii
1 INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Importancia y usos de las semillas	3
2.2. Importancia de las especies en estudio	4
2.2.1 <i>Swietenia macrophylla</i>	4
2.2.2 <i>Cordia alliodora</i>	7
2.3. Pruebas de rutina	12
2.3.1. Muestreo en semillas	13
2.3.2. Manejo de humedad en semillas	13
2.3.3. Análisis de pureza en semillas	13
2.3.4. Pruebas de germinación	14
2.3.4.1. Temperaturas	15
2.3.4.2. Sustratos	16
2.3.4.3. Luz	16
2.3.4.4. Tratamientos pregerminativos	17
2.4. Pruebas rápidas	17
2.4.1. Inspección directa	18
2.4.2. Prueba del tetrazolio	18
2.5. Relación laboratorio-vivero	19
3. MATERIALES Y METODOS	20
3.1. Zona de estudio	20

3.2. Recolección de semillas	22
3.2.1. <i>Swietenia macrophylla</i>	22
3.2.2. <i>Cordia alliodora</i>	25
3.3. Procesamiento de semillas	25
3.3.1. <i>Swietenia macrophylla</i>	26
3.3.2. <i>Cordia alliodora</i>	30
3.4. Costos directos de recolección y procesamiento (ambas especies)	31
3.5.. Pruebas de laboratorio	32
3.5.1. Pruebas de rutinas	32
3.5.1.1. Mediciones de peso	32
3.5.1.2. Análisis de pureza	33
3.5.1.3. Análisis del contenido de humedad (CH)	34
3.5.2. Pruebas de germinación	34
3.5.2.1. Temperaturas	37
3.5.2.2. Sustrato, pH, Luz	38
3.5.2.3. Tratamientos pregerminativos	41
3.5.3. Pruebas rápidas	42
3.5.3.1. Inspección directa	42
3.5.3.2. Prueba en tetrazolio	43
3.5.4. Pruebas final de laboratorio	45
3.6. Pruebas de campo	46
4. RESULTADOS Y DISCUSION	48
4.1. <i>Swietenia macrophylla</i>	48
4.1.1. Recolección de semillas	48
4.1.2. Procesamiento de semillas	51
4.1.3. Almacenamiento temporal de semillas	54
4.1.4. Pruebas de laboratorio	59
4.1.4.1. Pruebas de rutina	59
4.1.4.2. Efecto de la temperatura sobre la germinación	60
4.1.4.3. Efecto de los sustratos, pH y luz sobre la germinación	62
4.1.4.4. Efecto de los tratamientos pregerminativos en la germinación	66
4.1.4.5. Prueba final de germinación en laboratorio	69
4.1.5. Resultados de germinación en vivero	69
4.1.6. Pruebas rápidas de <i>S. macrophylla</i>	72
4.1.6.1. Inspección directa o prueba de corte	72
4.1.6.2. Prueba del tetrazolio	74
4.1.6.3. Comparación del porcentaje de germinación entre experimentos	76

4.2. Cordia alliodora	78
4.2.1. Recolección de semillas	78
4.2.2. Procesamiento de semillas	81
4.2.3. Almacenamiento temporal de semillas	84
4.2.4. Pruebas de laboratorio	88
4.2.4.1. Pruebas de rutina	88
4.2.4.2. Efecto de la temperatura en la germinación	88
4.2.4.3. Efecto de los sustratos, pH y luz en la germinación	91
4.2.4.4. Tratamientos pregerminativos	95
4.2.4.5. Prueba final de germinación en laboratorio	96
4.2.5. Resultados de germinación en vivero	96
4.2.6. Pruebas rápidas	99
4.2.6.1. Inspección directa	99
4.2.6.2. Prueba del tetrazolio	100
4.2.7. Comparación del porcentaje de germinación entre experimentos	102
5. CONCLUSIONES	103
6. RECOMENDACIONES	107
7. BIBLIOGRAFIA	108
8. ANEXO	115

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Relación entre las fases de manejo de las semillas de <i>Swietenia macrophylla</i> y <i>Cordia alliodora</i>	21
2. Efectos de tres sitios de almacenamiento temporal en la germinación de semillas de <i>Swietenia macrophylla</i> , evaluación a los 2, 4 y 6 meses.....	55
3. Efecto del almacenamiento temporal de semillas de <i>S. macrophylla</i> bajo tres contenidos de humedad en la germinación, evaluación a los 2, 4 y 6 meses	56
4. Efecto del almacenamiento temporal en dos envases sobre la germinación de semillas de <i>Swietenia macrophylla</i> , evaluación a los 2, 4 y 6 meses.....	57
5. Efecto del lugar x contenido de humedad en el almacenamiento temporal de las semillas de <i>S macrophylla</i>	58
6. Efecto de los lugares x tipos de envases utilizados en el almacenamiento temporal de las semillas de <i>S. macrophylla</i>	58
7. Efectos del contenido de humedad x tipo de envases utilizados en el almacenamiento temporal de las semillas de <i>S. macrophylla</i>	59
8. Efecto de la temperatura en la germinación de semillas de <i>Swietenia macrophylla</i>	60
9. Efecto de los sustratos en la germinación de semillas de <i>Swietenia macrophylla</i>	62
10. Efecto del pH del sustrajo en la germinación de semillas de <i>Swietenia macrophylla</i>	65
11. Efecto de la luz sobre la germinación de semillas de <i>Swietenia macrophylla</i>	65
12. Efectos de los tratamientos pregerminativos sobre la germinación de semillas de <i>S. macrophylla</i>	68
13. Efecto de la luz solar en la germinación de semillas <i>Swietenia macrophylla</i> a nivel de vivero.....	70

14. Viabilidad de las semillas de <i>S. macrophylla</i> según los diferentes ensayos realizados.....	77
15. Efecto de tres lugares de almacenamiento temporal en la germinación de semillas de <i>laurel</i> , evaluación a los 2 y 4 meses.....	85
16. Efectos del almacenamiento temporal utilizando tres contenidos de humedad en la germinación de semillas de <i>laurel</i> , evaluación a los 2 y 4 meses.....	86
17. Efecto del almacenamiento temporal utilizando dos envases en la germinación de semillas de <i>laurel</i> , evaluación a los 2 y 4 meses.....	87
18. Efecto de la temperatura en la germinación de semillas de <i>Cordia alliodora</i>	89
19. Efecto de la temperatura en la germinación de semillas de <i>Cordia alliodora</i>	90
20. Efecto de los sustratos en la germinación de semillas de <i>Cordia alliodora</i>	94
21. Efecto del pH del sustrato en la germinación de semillas de <i>Cordia alliodora</i>	94
22. Efectos de los tratamientos pregerminativos en la germinación de semillas de <i>Cordia alliodora</i>	96
23. Efecto de la sombra en la germinación de semillas de <i>C. alliodora</i> a nivel de vivero.....	97
24. Porcentajes de germinación de las semillas de <i>C. alliodora</i> según los diferentes ensayos probados.....	102
A1. Tendencia del contenido de humedad inicial (CHI) en base al tipo de envase utilizado durante 6 meses de almacenamiento temporal de semillas de <i>S. macrophylla</i>	130
A2. Efecto del sustrato en la velocidad de germinación de las semillas de <i>S. macrophylla</i>	131
A3. Efecto del pH del medio en la velocidad de germinación de las semillas de <i>S. macrophylla</i>	131
A4. Efecto de la luz en la velocidad de germinación de las semillas de <i>S. macrophylla</i>	132

A5. Efecto de los tratamientos pregerminativos en la velocidad de germinación de las semillas de <i>S. macrophylla</i>	132
A6. Efecto de la luz solar en la velocidad de germinación de las semillas de <i>S. macrophylla</i>	133
A7. Tendencia del contenido de humedad inicial (CHI) en base a la influencia del tipo de envase utilizado durante 4 meses de almacenamiento temporal en semillas de <i>C. alliodora</i>	133
A8. Efecto de la temperatura en la velocidad de germinación de las semillas de <i>C. alliodora</i>	134
A9. Efecto de la luz solar en la velocidad de germinación de las semillas de <i>C. alliodora</i>	134

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Características de los sitios de recolección de semillas de <i>S. macrophylla</i> y <i>C.alliodora</i> en Costa Rica.....	23
2. Combinación de los sitios, contenido de humedad y envases utilizados en el almacenamiento temporal de las semillas de <i>S.macrophylla</i> y <i>C.alliodora</i>	29
3. Combinación del sustrato, pH y luz en la germinación de semillas de <i>S macrophylla</i> y <i>C.alliodora</i>	39
4. Características de los árboles, frutos y semillas recolectados de <i>S.macrophylla</i> en un bosque secundario de C.R.....	48
5. Resumen del rendimiento diario, en la recolección de frutos y semillas de <i>S. macrophylla</i> en bosque secundario de C.R.....	50
6. Tiempos de secado de semillas de <i>S. macrophylla</i> utilizando el método tradicional (sol) y método artificial (secadora de semillas).....	52
7. Resumen de los costos totales de recolección y procesamiento de 43.3 kg de semillas de <i>S.macrophylla</i>	53
8. Efecto de la temperatura en la velocidad y valor germinativo de las semillas de <i>S.macrophylla</i>	61
9. Efectos de los sustratos , pH del medio y luz en la velocidad y valor germinativo de las semillas de <i>S.macrophylla</i>	64
10. Efectos de los tratamientos pregerminativos en la velocidad y valor germinativo de las semillas de <i>S.macrophylla</i>	67
11. Efecto de la luz solar en la germinación de semillas de <i>S. macrophylla</i>	70
12. Resultados de la prueba de inspección directa en semillas de <i>S.macrophylla</i>	72
13. Diagramas de tinción creados para interpretar los resultados de la prueba de tetrazolio en semillas de <i>S.macrophylla</i>	74

14.	Resultados de la prueba de tetrazolio en semillas de <i>S. macrophylla</i>	75
15.	Características de los árboles, frutos y semillas recolectados de <i>C. alliodora</i>	78
16.	Resumen del rendimiento diario, en la recolección de frutos y semillas de <i>C. alliodora</i>	80
17.	Tiempos de secado de semillas de <i>C. alliodora</i> utilizando el método tradicional (sol) y método artificial (secadora de semillas).....	82
18.	Resumen de los costos totales de recolección y procesamiento de 13 kg de semillas de <i>C. alliodora</i>	83
19.	Efecto de la temperatura en la velocidad y valor germinativo de las semillas de <i>C. alliodora</i>	90
20.	Efecto de los sustratos, pH del medio y luz en la velocidad y valor germinativo en la germinación de las semillas de <i>C. alliodora</i>	93
21.	Resultados de la prueba de inspección directa en semillas de <i>C. alliodora</i>	99
22.	Diagramas de tinción creados para interpretar los resultados de la prueba de tetrazolio en semillas de <i>C. alliodora</i>	100
23.	Resultados de la prueba de tetrazolio en semillas de <i>C. alliodora</i>	101
24.	Resumen de los resultados obtenidos en la recolección, procesamiento, almacenaje y estandarización de las técnicas de manejo en semillas de <i>S. macrophylla</i> y <i>C. alliodora</i>	106
A1.	Registro de información general.....	116
A2.	Registro análisis de laboratorio.....	118
A3.	Resultados del análisis de varianza para lugares, contenido de humedad envases y épocas en el almacenamiento temporal de semillas de <i>S. macrophylla</i> . Datos transformados (Arcoseno \sqrt{x}).....	120
A4.	Resultados del análisis de varianza para la variable temperatura evaluada en la germinación de las semillas de <i>S. macrophylla</i> Datos transformados (Arcoseno \sqrt{x}).....	122

A5. Resultados del análisis de varianza para las variables sustratos, pH del medio y luz evaluadas durante la germinación de semillas de <i>S. macrophylla</i> Datos transformados (Arcoseno \sqrt{x}).....	122
A6. Resultados del análisis de varianza para los tratamientos pregerminativos evaluados durante la germinación de semillas de <i>S. macrophylla</i> Datos transformados (Arcoseno \sqrt{x}).....	123
A7. Resultados del análisis de varianza para los tratamientos de sombra evaluados durante la germinación de semillas de <i>S. macrophylla</i> Datos transformados (Arcoseno \sqrt{x}).....	124
A8. Resultados del análisis de varianza de la materia seca para los tratamientos de sombra utilizados en la evaluación del desarrollo y vigor de las plántulas durante la germinación de semillas de <i>S. macrophylla</i> a nivel de vivero.....	125
A9. Resultados del análisis de varianza para lugares, contenido de humedad, envases y épocas en el almacenamiento temporal de semillas de <i>C. alliodora</i> Datos transformados (arcoseno \sqrt{x}).....	125
A10. Resultados del análisis de varianza para variable temperatura evaluada en la germinación de semillas de <i>C. alliodora</i> Datos transformados (arcoseno \sqrt{x}).....	126
A11. Resultados del análisis de varianza para las variables sustratos, pH del medio y luz evaluadas durante la germinación de semillas de <i>C. alliodora</i> . Datos transformados (arcoseno \sqrt{x}).....	127
A12. Resultados del análisis de varianza para los tratamientos pregerminativos evaluados durante la germinación de semillas de <i>C. alliodora</i> Datos transformados (arcoseno \sqrt{x}).....	129
A13. Resultados del análisis de varianza para los tratamientos de sombra evaluados durante la germinación de semillas de <i>C. alliodora</i> a nivel de vivero. Datos transformados (arcoseno \sqrt{x}).....	129

SAMANIEGO PEÑA, J.A. 1995. Estandarización de técnicas para el manejo de semillas de *Swietenia macrophylla* y *Cordia alliodora*. Thesis Mg. Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 134 p.

Palabras Claves: *Swietenia macrophylla* (caoba), *Cordia alliodora* (laurel), semillas forestales, recolección, procesamiento, almacenamiento, germinación, temperaturas, sustratos, pH, luz, tratamientos pregerminativos, inspección directa, tetrazolio, vivero.

RESUMEN

La presente investigación fue desarrollada con el objeto de determinar las mejores técnicas de manejo de las semillas de **caoba** y **laurel**, desde la recolección, procesamiento, almacenaje temporal, caracterización fisiológica (pruebas de germinación en laboratorio), hasta pruebas de germinación en vivero.

El trabajo de investigación se realizó en el Banco Latinoamericano de Semillas Forestales (BLSF), Proyecto de Semillas Forestales (PROSEFOR), CATIE, Costa Rica.

Para valorar el comportamiento de las semillas de las dos especies almacenadas temporalmente, se probaron diferentes sitios, contenidos de humedad y envases.

A nivel de laboratorio fueron realizados varios experimentos tendientes a maximizar el potencial germinativo de las semillas; la germinación obtenida en condiciones óptimas de temperaturas, sustratos, pH, luz y tratamientos pregerminativos fue comparada con la prueba de germinación de rutina, con la germinación obtenida a nivel de vivero y con los resultados obtenidos en las pruebas rápidas: tetrazolio e inspección directa.

Se logró establecer de manera preliminar para estas dos especies forestales: sitios y época de recolección

Las semillas de **caoba** lograron mantener su viabilidad después de 6 meses al ser almacenadas temporalmente a temperatura de 15 °C (constante), contenido de humedad de 4.8% y bolsas de polietileno plásticas, transparentes. Las semillas de **laurel** a los 4 meses perdieron su viabilidad.

Los resultados indican que las semillas de caoba en las cabinas de germinación germinan mejor a 30 °C de temperatura, en un sustrato de arena:tierra, pH del sustrato neutro, 16 horas luz-8 horas sin luz y previa imbibición en agua durante 24 horas como tratamiento pregerminativo. La germinación aumentó en 9.2% con relación a la obtenida en la prueba de rutina.

La germinación del **laurel** mejoró en 16.2% con respecto a la germinación de rutina cuando se colocó a 28 °C de temperatura, arena como sustrato, pH del medio ácido, luz constante durante 24 horas, humedad relativa de 30% en la cámara y 87% de humedad relativa dentro de las cajas germinadoras.

Las pruebas rápidas con tetrazolio resultó la más confiable para determinar la viabilidad de las semillas de ambas especies.

Se espera que los resultados obtenidos en laboratorio puedan servir de base para desarrollar protocolos de trabajo en análisis de semillas para programas de certificación fisiológica de estas dos especies.

SAMANIEGO PEÑA, J.A. 1995. Standardization of techniques for the management of seeds of *Switenia macrophyla* and *Cordia alliodora*. Thesis Mg. Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 134 p.

Key Words: *Switenia macrophyla* (caoba), *Cordia alliodora* (laurel), forest seeds, recollection, processing, storage, germination, temperature, substrate, pH, light, pregerminative treatments, direct inspection, tetrazolium, greenhouse.

SUMMARY

This research was developed in order to determine the best management techniques for seeds of **caoba** and **laurel**, during recollection, processing, temporal storage, physiological characterization (germination tests in laboratory), and germination tests in greenhouse.

The research work was carried out in the Latin American Forest Seed Bank (BLSF), Forest Seeds Project (PROSEFOR), CATIE, Costa Rica.

To value the seeds' behavior of the two species temporarily stored in natural conditions, different sites, moisture content and containers were tested.

Experiments were undertaken in the laboratory to maximize the seeds' germinative potential; the germination obtained in optimal temperature conditions, substratum, pH, light and pregerminative treatments were compared with the regular germination test, with the germination obtained at greenhouse and with the results obtained in the rapid tests (tetrazolium and direct inspection).

It was possible to previously establish recollection sites and periods for these two forest species:

The seeds of **caoba** maintained its viability after 6 months, being temporarily stored at 15°C (constant), 4.8% moisture and transparent polyethylene bags. The seeds of laurel lost its viability after 4 months.

The results show that **caoba** seeds in the germination cabinets germinate better at 30°C, in a sand-soil substrate, neutral pH, 16 hours of light - 8 hours of darkness, and previous submersion in gibereline (100 ppm) during 26 hours as a pregerminative treatment. The germination increased 9.2% compared to that obtained in the regular test.

The germination of **laurel** improved under 28°C, sand, pH 4, constant light for 24 hours a day, 30% moisture in the camera and 87% moisture in the germination boxes. The germination increased 16.2% compared to the regular germination.

The rapid tests with tetrazolium were the most accurate to determine the seeds' viability for both species.

It is hoped that the results obtained in the laboratory may be useful as a basis to develop work protocols in seeds analysis for physiological certification programs of these two species

1. INTRODUCCION

La mayoría de las especies forestales del trópico, se propagan mediante semillas y su calidad fisiológica y genética influyen de manera significativa en el éxito de las plantaciones. Willan (1991), menciona que la expresión "buena semilla", se refiere tanto a semillas viables y vigorosas (características fisiológicas), como a semillas genéticamente idóneas para el lugar y fines con que se plantan.

La poca información disponible y el uso de métodos diferentes para el manejo de las semillas de especies forestales tropicales, pone de manifiesto la necesidad de estandarizar los sistemas de trabajo en los centros de análisis de semillas.

Salvo en el caso de algunas especies muy conocidas, como *Tectona grandis*, la investigación sobre semillas forestales tropicales ha sido insuficiente. Existen vacíos evidentes sobre las diferentes técnicas de manejo y respuesta de las semillas a tratamientos específicos, que hagan posible un mejor conocimiento de sus características fisiológicas (Del Castillo y Trujillo, 1990).

Es indudable la necesidad de conocer el manejo adecuado y la caracterización confiable de semillas, mediante la estimación precisa de indicadores que describan su calidad. Sin embargo, esta información sería incompleta y poco utilizable si se desconocen las variaciones que dichos indicadores experimentan, bajo la acción de factores externos reconocidos ampliamente; ejemplo, deterioro por envejecimiento en condiciones de almacenamiento no adecuadas.

Actualmente se impulsa en América Central un programa de certificación genética y fisiológica de semillas forestales. Para la certificación fisiológica (características físicas), no existen parámetros de comparación en términos de límites o rangos de las variables a calificar. Esta situación es extensiva a la mayoría de las especies forestales del trópico.

Aunque existe un conocimiento amplio respecto a las características de la madera y hábitat para las especies en estudio (**caoba** y **laurel**) no se ha alcanzado ese mismo nivel en cuanto al manejo de sus semillas.

La presente investigación fue desarrollada con el objeto de determinar y estandarizar las técnicas más adecuadas de recolección, procesamiento, secado, almacenaje temporal y caracterización de la calidad fisiológica de semillas de ***Swietenia macrophylla*** y ***Cordia alliodora***.

Los objetivos específicos del presente trabajo fueron:

- Determinar la producción; los rendimientos y costos de la recolección y procesamiento de frutos y semillas de las dos especies estudiadas.
- Identificar y evaluar los sistemas más adecuados de procesamiento de frutos y semillas de las dos especies.
- Establecer las relaciones entre fruto fresco y semilla seca y limpia después del procesamiento.
- Caracterizar la calidad física evaluando la respuesta de la germinación a tratamientos específicos (pruebas de rutina, temperaturas, sustratos, pH del sustrato, tratamientos pregerminativos).
- Determinar la viabilidad mediante pruebas rápidas.
- Establecer la correlación existente entre semillas germinadas en laboratorio y semillas germinadas a nivel de vivero, de las dos especies forestales en estudio: ***Swietenia macrophylla*** y ***Cordia alliodora***.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Importancia y usos de las semillas

La semilla es el material biológico fundamental en la propagación sexual de las plantas (Rojas, 1989). Es el resultado de la fertilización y maduración de un óvulo. Consta de un embrión, que se desarrolla en plántula durante la germinación, de un tejido nutritivo en la mayoría de los casos, y de una cubierta protectora, la testa, que recubre a ambos (Estación de Ensayos de Semillas, 1978).

Willan (1991), menciona que en muchos países del mundo aumenta cada año el número de árboles que se plantan y que con algunas excepciones, ejemplo: los sauces, álamos y algunas casuarinas, los árboles se propagan mediante semillas.

Bonner y Vozzo (1990), clasifican las semillas de acuerdo a la tolerancia al almacenamiento de la siguiente manera:

- **Semillas recalcitrantes templadas**, no se les puede reducir el contenido de humedad abajo de un 20 ó 30%. Pero pueden ser almacenadas por tres o cinco años, con temperaturas cercanas a los 0 oC.
- **Semillas recalcitrantes tropicales**, al igual que las recalcitrantes templadas no pueden ser secadas y mueren al mantenerse a temperaturas menores a 10 ó 15 oC. Son las semillas más difíciles de almacenar.
- **Semillas ortodoxas típicas**, pueden secarse hasta un 4 ó 5% de contenido de humedad y almacenarse sin sufrir daño alguno. Las semillas de las especies estudiadas pertenecen a éste grupo.
- **Semillas subortodoxas**, similar a las ortodoxas típicas, sin embargo su período de almacenamiento debe ser corto debido a un contenido alto de lípidos o a la presencia de cubiertas muy delgadas.

La viabilidad de las semillas varía notablemente de acuerdo con la especie y depende entre otras cosas de la cantidad y calidad de las sustancias químicas contenidas en el embrión y en los tejidos de reserva (Niembro, 1990).

Willan (1991) menciona que la cadena de operaciones de manipulación de las semillas no es más fuerte que su eslabón más débil. Por consiguiente, para mantener la viabilidad de la semilla en todo el proceso, desde el árbol padre hasta el semillero del vivero, es preciso prestar gran atención a todas las fases. Cuando una semilla pierde su viabilidad en una de las fases iniciales del proceso, ni los mejores métodos de almacenamiento o tratamiento previo lograrán resucitarla.

2.2. Importancia de las especies en estudio

2.2.1 *Swietenia macrophylla*

La **caoba**, identificada mundialmente como madera preciosa, pertenece a la familia **Meliáceae**, es una especie de gran demanda comercial por sus excelentes características físico mecánicas; lamentablemente ha ido disminuyendo su existencia natural en las selvas tropicales del mundo, debido principalmente a la sobreexplotación selectiva que se ha hecho, y a lo difícil de su regeneración natural, (Gallegos 1980).

Es originaria de los bosques húmedos, se encuentra desde el sur de México hasta la cuenca del Amazonas, (ENDA-CARIBE, 1991).

Alcanza hasta 50 metros de altura y 1.5 metros de dap, con tronco recto y carente de ramificaciones hasta una tercera parte de la altura total. La corteza es agrietada, escamosa, de color castaño rojizo y hasta de dos pulgadas de espesor. Copa extendida, con cierto parecido a una sombrilla. Hojas compuestas, alternas, con 4-5 pares de folíolos. Flores con cáliz pequeño, pétalos de color verde pálido amarillento; anteras de color castaño. Fruto ovoide, de 16 x 9 cm.; exocarpio grueso; castaño claro; leñoso. Semilla alada, lustrosa, de color castaño rojizo, con almendra,

de sabor sumamente amarga, en algunos lugares de la península de Yucatán (México) la usan como calmante del "dolor de muelas" (Bertoni, *et al* 1981).

La dispersión de la semilla se hace por el viento principalmente. El terreno al pie del árbol se cubre de miles de brinzales, después de la caída de la semilla, pero desaparecen casi en su totalidad poco tiempo después, (Burgos 1954).

Las semillas se siembran directamente en bolsas (1 a 2 por bolsa), o en semilleros en hileras a 15 cm, a 1.5 cm de profundidad. La germinación ocurre más o menos 3 semanas después a nivel de vivero.

En los almácigos o viveros la caoba crece mejor con cierto grado de sombra (Burgos 1954).

La plaga más peligrosa tanto a nivel de plántulas en vivero y en plantaciones es el barrenador *Hypsipilla grandella*, que ataca los brotes terminales de las plántulas y árboles jóvenes, causando deformaciones en el fuste e inclusive provocan la muerte (Luyando 1968) En zonas donde existe esta plaga se recomienda plantar en asociación con otras especies (ENDA-CARIBE, 1991). Luyando (1968), reporta que algunas procedencias estudiadas han mostrado resistencia al ataque del *H. grandella* y recomienda trabajar con semillas de dichas procedencias.

La **caoba** se ha plantado en México utilizando el sistema Taungya, con excelentes resultados, (Porrás *et al* 1974).

Recolección de semillas:

La **S. macrophylla** ha sido explotada en forma tan intensa que en algunas áreas ya han desaparecido, y en otras los ejemplares que quedan son generalmente de mala forma y con características poco deseables para utilizarlos como progenitores (Salazar, 1989).

El mismo autor menciona que para suplir la demanda de material reproductivo es común en la región (Centro América), cosechar semillas de cualquier árbol sin prestar mayor atención a su apariencia fenotípica.

Kriek (1985), dice que una recolección así, significa muchas veces que se colecten semillas donde es más fácil. Por ejemplo: de los árboles más bajos y con gran profusión de semillas, que invierten mucha de su energía en la floración y producción de semillas en detrimento de su producción de madera, cuando lo que se quiere es precisamente árboles con buena producción de madera.

Cuando se compran en el mercado semillas sin buena calificación e identificación, se corre el riesgo de que las mismas provengan de árboles con características no deseables.

Se recomienda hacer la cosecha de frutos de **caoba** antes de su completa maduración, poniéndolos a secar al sol en un proceso de post-maduración, el cual puede variar entre una y ocho semanas, (la cantidad de tiempo de secado depende de las condiciones climáticas existentes en el área).

Trujillo (1979), recomienda para ésta especie, colocar los frutos en bastidores de malla en sitios ventilados y suficientemente sombreados hasta que se complete el ciclo de maduración.

Limpieza de semillas:

Antes de almacenar las semillas, deben ser limpiadas cuidadosamente, suprimiendo alas y otros materiales indeseables que disminuyen su calidad y dificultan su manejo; la limpieza se puede hacer manualmente ó utilizando mallas de diferentes calibres ó ventiladores, etc.

Almacenaje de semillas:

Becerra (1979), recomienda intensificar y orientar las investigaciones del almacenaje de semillas forestales tropicales, para determinar la efectividad de diferentes sistemas de almacenaje, temperatura óptima y tiempo máximo que pueden permanecer almacenadas sin perder su viabilidad.

Montalvo *et al* (1991), realizaron un estudio para determinar las características de la calidad intrínseca de semillas de **caoba** de 14 procedencias, almacenadas durante tiempos de 0, 2, y 3 años en envases herméticos a 5 ± 2 oC.

Durante los dos primeros años la capacidad germinativa se redujo en 66 % con respecto al valor de la semilla fresca, y después del tercer año la reducción fue de 89%. Estos resultados indican que la técnica de almacenamiento usada no controló el ritmo de envejecimiento de las semillas. Lo que obliga a emplear sólo semillas frescas para la producción de plantones y, por otra parte, determinar regímenes de conservación más eficaces para bancos de germoplasma u otros fines de conservación o mejoramiento genético.

2.2.2. *Cordia alliodora*

Conocida en América Central como laurel; amapa prieta, hormiguillo en México; varía amarilla en Cuba; solera, moho, laurel, canaleta, nogal cafetalero (Colombia); árbol de ajo (Perú); ajo (Bolivia), etc. (CATIE 1994). Pertenece a la familia **Boraginaceae**.

De manera natural crece desde México hasta Bolivia, Venezuela, Guayana Británica, Antillas Menores, Trinidad, Cuba, Haití y República Dominicana (Flinta, 1960). Según la clasificación de Holdridge (1967), se ubica en las zonas de vida de Bosque Húmedo Tropical, Bosque muy Húmedo Tropical y Bosque Seco Tropical, pudiendo encontrarse también en la Faja Subtropical.

Alcanza hasta 25 metros de altura y 60 cm de dap. Las hojas, verde amarillento, despiden un olor a ajo al estrujarse, lo que le ha valido su nombre común. Sus ramitas terminales ensanchadas en su bifurcación, son casi siempre huecas y están llenas de hormigas agresivas, lo cual permite reconocer rápidamente la especie (IRENA, 1992).

Sus hojas son simples, alternas, elípticas u oblongas, de 10 a 20 cm de largo y de 2 a 7 cm de ancho (IRENA, 1992).

Flores pequeñas, blancas, olorosas. Dispuestas en panículas, se tornan de color marrón al secarse. Frutos en forma de nuececillas obongas de unos 6 mm de largo, con todas las partes florales persistentes. Cada fruto contiene una sola semilla de 4 a 5 mm de largo.

La semilla de laurel es dispersada por el viento y la mayor parte cae dentro de un radio de 40 m

En América Central es común ver pasturas con una densidad alta de árboles de laurel, además, comúnmente es utilizada como árbol de sombra en plantaciones de café y cacao en Costa Rica, Colombia y Venezuela (Johnson *et al*, 1972).

Crece recto y rápido, de copa pequeña, se auto poda, excelente madera, raíces profundas, lo que la hace atractiva para utilizarse en combinaciones agroforestales con cultivos como: café, cacao y pastos.

McCaffrey (1969), indica que los rodales naturales de laurel son más vigorosos cuando crecen en suelos drenados y de buena textura.

Recolección:

Las semillas de *C. alliodora*, deben ser colectadas directamente del árbol, asegurándose que la semilla esté completamente madura. La semilla madura presenta una coloración blanquizca, muy parecida a los granos de arroz, (ITCR,

1990). El árbol se escala y se cortan los racimos de frutos los cuales son recolectados en mantas colocadas bajo la copa.

Cortes Sáenz (1990), menciona que el **laurel** tiene las semillas concentradas hacia los extremos de la copa, esto facilita la dispersión por el viento como resultado de la baja resistencia de los pedúnculos, por lo tanto es necesario realizar la recolección mediante el ascenso con espuelas, corte con desjarretadera y agitación de ramas previa extensión de carpas elevadas del suelo sin la presencia de vientos.

El mismo autor menciona que el mayor inconveniente en la recolección de semillas de esta especie es definir el período exacto de cosecha.

Bermúdez (1993) dice que el grado de madurez de la semilla de **laurel** se nota por el color del extremo que sobresale de la corola, pasando de verde a amarillo y luego café

DE LAS SALAS (1980), citando a (Tschinkel, 1967), dice que la semilla de **laurel** debe colectarse tres semanas antes de su caída natural del árbol. Además, indica que el árbol que presenta semilla lista para recolección, es aquel que exhibe una serie de manojos de color café oscuro en las partes terminales de sus ramas. Se ha comprobado, que a medida que el color café se hace más oscuro, la semilla presenta menor viabilidad. La coloración café corresponde al color de los pétalos persistentes. Los frutos presentan una coloración verde en la parte superior del ovario. Se ha observado también que, cuando ésta coloración pasa a amarilla y café sin presentar el aspecto quemado, la viabilidad de sus semillas aumenta (De las Salas y Valencia, 1979).

Es difícil conseguir semilla sana debajo de los árboles, ya que rápidamente pierden la viabilidad. Este fenómeno se ha comprobado al menos en la región de Tumaco, Colombia (De las Salas y Valencia, 1979).

Triviño *et al* (1990), menciona que el embrión de esta especie puede seguir un proceso de post-maduración durante los primeros 240 días de almacenamiento.

Cortes Sáenz (1990), reporta un rendimiento en la recolección de semillas de **laurel** de 0.4 kg/hora/hombre si el ascenso es con espuelas, corte con desjarretadera y captación del material en carpa; y un rendimiento de 1.293 kg/hora/hombre si el ascenso es con escalera de manila, corte con desjarretadera y captación del material en carpa.

Transporte de frutos y semillas:

Una vez colectada la semilla esta debe ser manejada cuidadosamente para evitar su deterioro, debe utilizarse el medio de transporte más rápido para ser trasladadas al sitio de procesamiento y almacenamiento.

Cortes Sáenz (1990), recomienda que para el transporte de frutos de **laurel**, se utilicen costales de fique, limpio y seco, apropiado por lo aireado; luego deben ser limpiadas y secadas al sol antes de almacenarse.

Limpieza de frutos y semillas:

Para limpiar las semilla de **laurel** se sacuden los ramilletes y luego se limpian de la mayor cantidad de impurezas posibles; el proceso es bastante sencillo de realizar, se ejecuta siempre manualmente (INDERENA, 1992).

Secado y almacenaje de semillas:

Muchas especies nativas del trópico se caracterizan por producir grandes cantidades de semillas con pequeñas reservas; el período en que mantienen su viabilidad es muy corto, restringiendo con ello su almacenamiento (Kageyama *et al*, 1983). El contenido de humedad inicial y la humedad de equilibrio son citados por éstos mismos autores como críticos para la conservación de semillas de algunas especies.

Las diferencias morfológicas y fisiológicas que caracterizan a las semillas, influyen en el contenido de humedad ideal para su almacenamiento. La mayoría de las especies (ortodoxas) mantienen su viabilidad cuando son almacenadas con un contenido de humedad alrededor del 8 %; otras especies (recalcitrantes) pierden más rápidamente su viabilidad cuando son secadas.

Triviño *et al* (1990), considerando que el CH inicial del **laurel** es alto (11 a 40%), se debe secar rápidamente para acondicionar la semilla a una humedad alrededor de 8 a 9%. Debe ser secada gradualmente a la sombra para no afectar el proceso de post-maduración

del embrión observado durante el almacenaje. El mismo autor menciona que el tratamiento con 6.9% de CH y 2°C de temperatura y la aplicación de Vitavax 300, permite conservar semillas con el 60% de germinación hasta por 450 días con un descenso insignificante (9%).

Trujillo (1979), recomienda cuando las condiciones climáticas lo permiten, secar las semillas en el sitio de colección, utilizando lonas y exponiéndolas por tiempo determinado a los rayos del sol.

Otro aspecto importante es identificar las semillas de **laurel** que poseen larvas de coleóptero en su interior, con apariencia de semilla sana pero que fueron atacadas durante la ontogenia del fruto (Triviño, 1978)

Bermúdez (1993), menciona que la viabilidad del **laurel** baja rápidamente en condiciones normales y que para prolongar la viabilidad de la semilla es necesario almacenarlas con un contenido de humedad del 12 al 25%, y en cámara de refrigeración de 4°C a 5°C.

Ensayos realizados en Colombia indican que la viabilidad del **laurel** se mantuvo por más de 14 meses con 76% de germinación, conservada a baja temperatura (2°C a 5°C) y CH (6.7%), empacadas en bolsas de polietileno calibre 0.06 o de aluminio Triviño *et al* (1990).

2.3. Pruebas de rutina

Datos sobre la calidad física de la semilla de **laurel** son reportados por el (ITCR, 1990) en donde se estima que un kilogramo contiene entre 80,000 y 115,000 semillas en condición fresca.

Vega *et al* (1980), reportan que el número de semillas de **caoba** por kg es de 2500 y la germinación a los 20 días de sembradas es de 90 % a nivel de vivero.

El proyecto (ENDA-CARIBE, 1991) reporta entre 1300 y 2500 semillas por kilo de **caoba**.

Triviño *et al* (1990), reportan los siguientes datos sobre la calidad física de semillas de ***C. alliodora***:

Pureza: 95.86%

C.H.: 10.94%

No. Semillas viables/kg: 32,679 - 40,899

No. Semillas/fruto: 1

Peso semillas/fruto: 0.030 g

Germinación: 76%

Trujillo (1986) reporta datos similares:

Pureza: 92 %

C.H.: 16.4 %

No. semillas puras/g: 35

Semillas viables/kg: 27,098

Germinación: 63.3%

Inicio de germinación: 9 día

Final de la germinación: 22 día

2.3.1. Muestreo en semillas

Las pruebas de calidad que se realizan en el laboratorio se practican sobre una muestra del lote de semillas en cuestión; por lo tanto, es importante que esta muestra sea lo más representativa posible (ISTA, 1976).

2.3.2. Manejo de humedad en semillas

La semilla como un material vivo e higroscópico, intercambia humedad en forma continua con el medio ambiente circundante en procesos alternos de hidratación y deshidratación, hasta llegar a un punto de equilibrio higroscópico (CHE). Este fenómeno está afectado por la cantidad de agua libre que posee la semilla en el momento de alcanzar su madurez fisiológica, las características de la testa o cubiertas seminales (espesor, presencia de sustancias impermeables como ceras y su estructura) y por la composición química del endosperma, donde el tipo de sustancia de reserva predominante, determina un mayor o menor grado de higroscopocidad (Bryant, 1985 citado por Triviño *et al*, 1990)

El conocimiento de las tasas de hidratación y deshidratación de las semillas a temperaturas y humedades relativas conocidas, es importante para seleccionar los horarios de secados y empaques a utilizar para el manejo y almacenaje, bajo condiciones controladas (Triviño *et al*, 1989).

2.3.3. Análisis de pureza en semillas:

Se efectúa para determinar la composición en peso de la muestra que se analiza y por consiguiente del lote de semillas, y para determinar la cantidad de semilla pura, la identidad de las diferentes especies cuyas semillas estén presentes, así como la de las partículas de materia inerte.

Dado que las semillas de **laurel** no se extraen del fruto para su almacenamiento, no se cuenta con datos sobre el número de semillas puras por kilo.

Para fines prácticos, se proporcionan datos sobre el número de semillas que contiene un kilo de frutos, que es como normalmente se comercializa

2.3.4. Pruebas de germinación:

En la mayoría de los casos el objetivo principal de los ensayos de germinación a nivel de laboratorio es conocer la máxima expresión germinativa de las semillas en condiciones óptimas (temperatura, humedad, oxígeno, sustrato, etc.).

ISTA (1976) define la germinación como el nacimiento y desarrollo, a partir del embrión, de las partes esenciales que son indicativas de su capacidad para transformarse en una planta normal en condiciones favorables.

Dependiendo del tipo de ensayo, los investigadores de semillas forestales utilizan diferentes criterios para definir el momento de la germinación, las cuales varían desde la aparición de la radícula, el que alcance dos o más veces el tamaño de la semilla, hasta la aparición de las hojas cotiledonales.

El poder germinativo está dado por el número total de semillas germinadas hasta el final del ensayo, expresándose en porcentaje.

Según Garza López De Lara *et al* (1980) para que la germinación pueda tener lugar, deben cumplirse tres condiciones: **Primera**, la semilla debe ser viable, esto es, que el embrión esté vivo y sea capaz de germinar; **Segundo**, las condiciones internas de las semillas deben ser favorables para la germinación, esto es, debe haber desaparecido cualquier barrera física o química para que se realice la germinación; **Tercero**, las semillas deben estar expuestas a condiciones ambientales favorables, siendo factores esenciales la disponibilidad de agua, temperatura apropiada, provisión de oxígeno y luz.

Durante el proceso de la germinación ocurren los siguientes eventos: absorción de agua como un fenómeno físico por el cual la semilla se hidrata permitiendo el desencadenamiento de reacciones bioquímicas, activación enzimática,

con incremento de la velocidad de la respiración, asimilación y translocación de las reservas alimenticias a los puntos de crecimiento, alargamiento y división celular, dando lugar a la emergencia de la radícula y la plúmula.

Trujillo (1993) clasifica los factores que intervienen en la germinación en:

Externos: corresponden estos a la disponibilidad de agua, temperatura adecuada, provisión de luz, siendo directamente dependientes de las características físicas del sustrato.

Internos: dentro de estos se tiene la viabilidad que en términos prácticos se puede referir en porcentajes de un lote de semillas que son capaces de germinar, la persistencia de la viabilidad depende de la especie, condiciones de almacenamiento, fluctuación de humedad y estado de latencia. Este período permanece más o menos constante con tendencia a disminuir, una vez superado, la semilla comienza a envejecer hasta perder totalmente la capacidad germinativa.

Según Bermúdez (1993), el laurel presenta una germinación muy irregular con porcentajes de germinación que van de 43 hasta 84%, tanto en laboratorio como en vivero. Si se utiliza semillas frescas la germinación puede ser superior al 85% (Estación Biológica la Selva, 1992). La germinación es epigea, empezando normalmente a los 10 días y tarda un mes o menos en completarse.

2.3.4.1. Temperaturas

Garza López De Lara y Ortega (1980), mencionan que la temperatura juega un papel importante en la germinación, ya que determina la tasa de reacciones bioquímicas dentro de las semillas; también, afirman que la temperatura interviene indirectamente en la germinación, pues tanto la imbibición del agua como la solubilidad del oxígeno disminuyen cuando la temperatura es elevada.

Estudiando la germinación a diferentes temperaturas en cinco especies forestales, estos autores concluyen que la germinación es afectada por la temperatura; así como la velocidad del desarrollo (vigor) y el inicio de la germinación. Entre las especies estudiadas se menciona la **caoba**, donde la temperatura de 30 oC fue la mejor.

2.3.4.2. Sustratos

Está destinado a mantener una proporción adecuada entre la disponibilidad de agua y aireación. Nunca debe ser humedecido en exceso, porque se forma una película de agua alrededor de la semilla, lo que restringe la penetración de oxígeno (Popinigis 1977).

Las características deseables de un buen sustrato son: no tóxicos a las plantas, libres de esporas, hongos u otros microorganismos, que tenga capacidad de proveer adecuadamente agua y oxígeno.

La escogencia del sustrato depende del tamaño de la semilla, exigencia de luz, facilidad de manejo, que permita un buen soporte y desarrollo de las plántulas. Los más utilizados son: papel de diferentes tipos, arena, tierra, algodón, mica, musgo, etc., así como combinaciones de los mismos en diferentes proporciones.

2.3.4.3. Luz

Normalmente, en condiciones naturales, las semillas de árboles germinan sin luz, debido a que siempre están tapadas con hojarasca. Sin embargo, en algunos casos la luz estimula la germinación y su efecto depende de las condiciones internas de la semilla y de los factores del medio ambiente.

Se puede clasificar las semillas de acuerdo a la respuesta a la luz en:

- semillas que sólo germinan cuando reciben un estímulo luminoso (fotoblásticas),

- semillas insensibles a la luz,
- semillas cuya germinación es inhibida por la luz (fotoblastismo negativo).

La calidad y tipo de luz también tiene influencia sobre la germinación; las semillas fotoblásticas germinan cuando son expuestas a la luz roja y se inhibe la germinación cuando son expuestas a la luz rojo lejano.

2.3.4.4. Tratamientos pregerminativos:

La giberelina pertenece a un grupo de hormonas vegetales que tiene una actividad significativa en la fisiología de las semillas.

El ácido giberélico (GA3) estimula la germinación de semillas latentes en ciertas especies, aumenta la velocidad de germinación y estimula el crecimiento de las plántulas.

La respuesta a este tratamiento puede variar, dependiendo de la clase de semillas. Las semillas se tratan remojándolas durante cierto tiempo en una solución acuosa de GA3 en diferentes concentraciones. Para permitir la penetración puede ser necesario eliminar las cubiertas restrictivas. El empleo en gran escala de este tratamiento debe estar precedido de pruebas preliminares. El ácido giberélico es producido comercialmente por medio de cultivos de hongos y está disponible como sal de potasio.

2.4. 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 plantación y las operaciones de venta (Delouche *et al*, 1962).

Triviño (1979), menciona que la posibilidad de utilizar pruebas rápidas en el control de la calidad de las semillas basadas en la respuesta de los tejidos vivos o

muerdos a diferentes tratamientos físicos o químicos no es nueva. Desde inicio de siglo se conocía los principios en que se basan estas pruebas, sin embargo, su aplicación práctica se ha plasmado sólo en las últimas décadas.

2.4.1. Inspección directa

Algunas especies, presentan un proceso de germinación, relativamente largo y si el número de lotes a analizar es muy grande, el proceso se vuelve demasiado costoso. Es por esto que han sido desarrollados una serie de métodos rápidos para estimar la viabilidad de las semillas, sin necesidad de colocarlas a germinar y definir así su potencial germinativo (Salazar, 1994).

El sistema más práctico para valorar la viabilidad, es cortando la semilla. El corte depende del tamaño, la anatomía y la disposición del embrión dentro de ella. El corte deberá ser lo suficientemente profundo para romper el pericarpio y el endosperma, pero no tanto que alcance el embrión (Triviño, 1979).

Si el endosperma tiene un color normal y el embrión está bien desarrollado, la semilla tiene muchas posibilidades de germinar.

Willan (1991) menciona que es sumamente difícil distinguir las semillas moribundas, recién muertas o recién dañadas, que siguen teniendo el mismo aspecto que las semillas viables. Esto hace que ésta prueba no sea muy fiable.

2.4.2. Prueba del tetrazolio:

Mediante la prueba del tetrazolio se establece una base para tomar decisiones respecto a la viabilidad de la semilla; más confiables que la intuición o la experiencia. Además, se dispone de los resultados de las pruebas en horas, en vez de días o semanas (Delouche *et al*, 1962).

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.

Utilizando semillas de maíz (Lakon, 1942 citado por Triviño, 1979), interpreta los resultados basados en la extensión y localización de una "mancha" brillante, rojo carmín, que se desarrolla en el tejido vivo como resultado de la reducción **in situ** del tetrazol.

Actualmente la prueba de tetrazolio para determinar viabilidad de semillas ha sido aceptada por las Reglas Internacionales del Ista (1976), como prueba bioquímica de viabilidad en los análisis de semillas

2.5. Relación laboratorio-vivero

En el laboratorio es posible manipular los factores que limitan la germinación de las semillas, hasta encontrar las condiciones óptimas para cada especie maximizando su capacidad de germinación. La utilización de condiciones ideales normalizadas en el laboratorio, garantiza que los resultados obtenidos con un determinado lote en un laboratorio sean idénticos a los obtenidos en cualquier otro laboratorio.

Por el contrario, está claro que los resultados que se obtienen en las condiciones ideales controladas en el laboratorio no son directamente aplicables en el vivero, donde sólo se puede ejercer un control limitado sobre las condiciones ambientales. Cada productor debe aplicar su propio factor de corrección, derivado de la experiencia, para convertir el potencial germinativo de un lote tal como viene determinado por los ensayos de laboratorio en la germinación efectiva que obtendrá en el vivero (Willan, 1991).

Gallardo (1989), mediante entrevistas hechas a 17 viveristas del Cantón de Hojancha, Costa Rica, concluye que el factor de pérdida más importante en los viveros, lo constituye el bajo porcentaje de germinación de las semillas que compran.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Zona de estudio

Las investigaciones fueron realizadas en el Banco Latinoamericano de Semillas Forestales (BLSF), Proyecto de Semillas Forestales (PROSEFOR) y en el vivero experimental, localizados en las instalaciones principales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Educación superior (CATIE), Turrialba, Costa Rica, a una altura de 602 msnm, con una temperatura promedio de 21.5 oC y una humedad relativa de 87.5 %.

El BLSF cuenta con un germinador de 17 m³ con capacidad para 116 cajas germinadoras de (22 x 30) cm y 3 cabinas germinadoras con capacidad de 16 cajas de (22 x 30) cm cada una. En todas ellas la luz y temperatura son reguladas de acuerdo a las necesidades.

El estudio empezó con la recolección de las semillas, continuando con el procesamiento, donde se probaron diferentes métodos de limpieza y secado. Además, se realizaron pruebas de almacenamiento temporal, utilizando diferentes lugares, contenidos de humedad y envases. Paralelamente a las pruebas de almacenamiento, en laboratorio se practicaron las pruebas de rutinas donde se determinó la pureza, número de semillas viables por kg, contenido de humedad, energía germinativa y germinación; también en laboratorio se probaron en forma separadas diferentes temperaturas y tratamientos pregerminativos. Los sustratos, pH del medio y luz se probaron juntas, en un solo diseño. Finalmente, conociendo las mejores condiciones de cada prueba individual, (T°, sustrato, pH, luz y trat. pregerm.) se hizo una última prueba de germinación la cual se usó de base para compararla con el porcentaje de germinación obtenida en la prueba de rutina, con el porcentaje de germinación obtenido en las pruebas rápidas de tetrazolio, inspección directa y germinación en vivero. La Figura 1 muestra la relación entre las fases y los tratamientos en cada una de las etapas relacionadas con el manejo de las semillas para las dos especies en estudio.

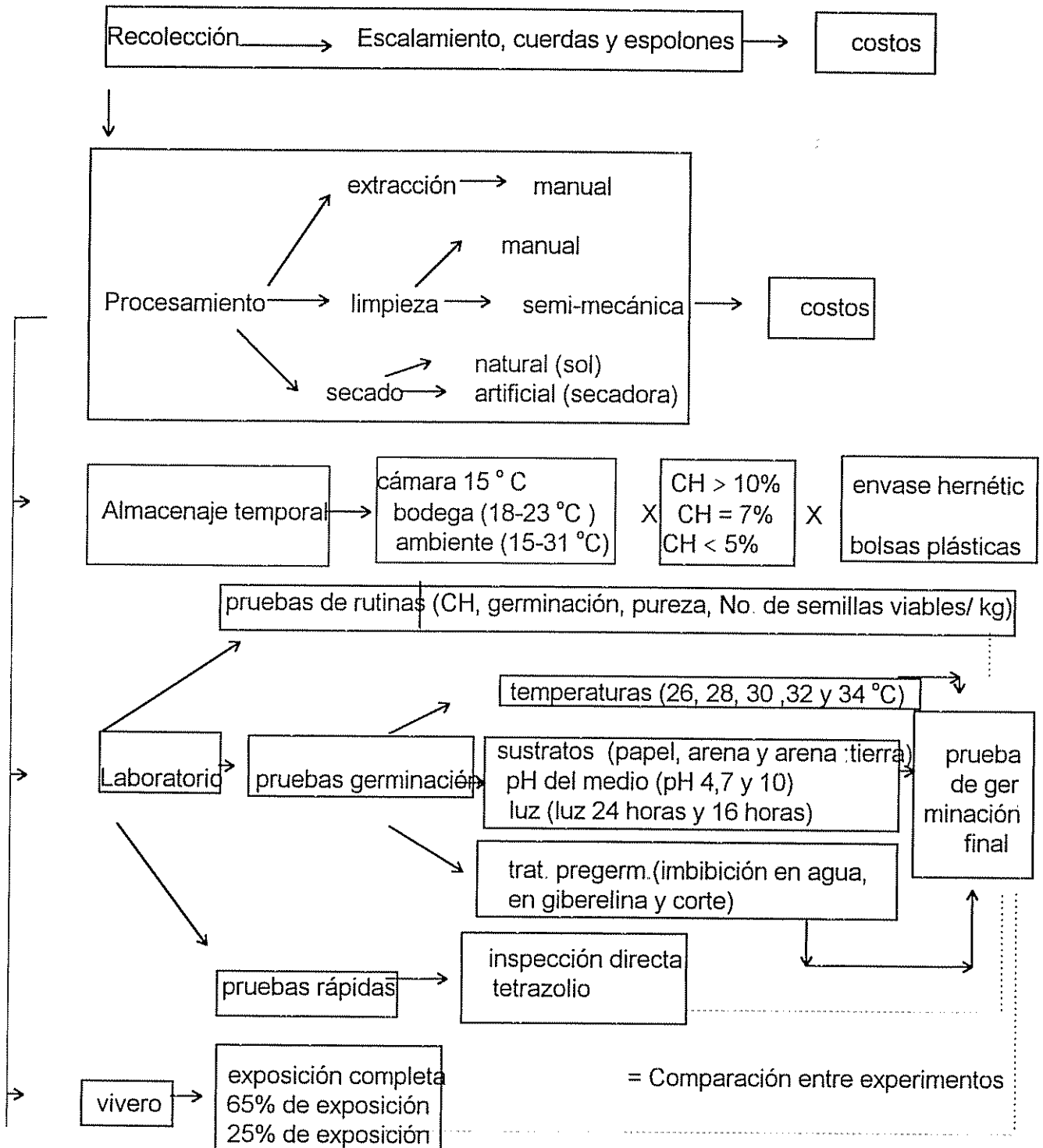


Figura 1. Relación entre las fases de manejo de las semillas de *Swietenia macrophylla* y *Cordia alliodora*.

3.2. Recolección de semillas

La mano de obra utilizada en la recolección para ambas especies fue de carácter especializada, ya que fueron los operarios del BLSF quienes hicieron la labor. Esto implica supuestamente un mayor rendimiento por la experiencia de los operarios, pero también implica mayores gastos, por la movilización, salarios, viáticos y hospedaje.

Para valorar los costos en recolección, fueron recolectados los frutos de 8 árboles en 5 días no consecutivos (diferentes fechas) y los frutos de 10 árboles en 5 días consecutivos para **caoba** y **laurel** respectivamente.

En los cálculos de los costos de recolección, además del tiempo efectivo, fue incluido el tiempo de movilización del CATIE a los sitios de la zona de recolección que para la **caoba** fueron distancias mayores a 20 km entre árboles y mayores a 30 km entre parcelas (**laurel**).

3.2.1. *Swietenia macrophylla*

La recolección de **caoba** (árboles dispersos y aislados) se realizó en el noroeste de Costa Rica, en terrenos de la comunidad de Sardinal, provincia de Puntarenas (Cuadro 3), a más de 200 km del CATIE. La recolección se hizo en tres etapas (3 giras diferentes); la movilización de personal y frutos para cada etapa (gira) fue de 2 días y la suma del tiempo efectivo de recolección fue de 5 días.

La localización, época de recolección, número de árboles cosechados y características de los sitios se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características de los sitios de recolección de semillas de *Swietenia macrophylla* y *Cordia alliodora* en Costa Rica.

Características	<i>S. macrophylla</i>	<i>C. alliodora</i>
Epoca de recolección	10 - 11/94	03/95
Localización	Sardinal-Puntarenas	Talamanca - Limón
No. de árboles recol	8	10
Pendiente (%)	11.8	10
Zona de vida (Holdridge)	bosque húmedo tropical	bosque húmedo tropical
Prec. anual (mm)	2274	2771
Altitud (msnm)	230	150
Temp M.A (oC)	24	26
Tipo de rodal	bosque secundario	bosque secundario
Altura total, prom. árb (m)	19.6	31.8
Dap prom. árb (cm)	74.1	45.3
Densidad (árb/ha)	Dispersos	77

Los materiales utilizados por el equipo recolector (un asistente de investigación y un escalador) fueron: espolones, cuerdas, cortadoras, sacos, balanzas, etiquetas, libretas de apuntes, cinturones de seguridad, lonas, guantes, machetes, cinta métrica, cinta diamétrica, clinómetro y un pick up.

La cosecha de frutos de **caoba** se realizó antes de completar su total maduración, para evitar que se abran en el árbol y se pierda la semilla. Fueron escalados los árboles con ayuda de cuerdas y espolones.

Antes de iniciar la recolección de **caoba** se tomó una muestra (un fruto), se abrió y mediante inspección ocular, se determinó el grado de madurez de sus semillas basado en el color, el café fue el color ideal.

La inspección ocular se hizo cuatro veces durante la recolección de un árbol, a medida que el escalador avanzaba en el desprendimiento de los frutos rama por rama, que por lo general se hizo siguiendo una misma dirección; en los cuatro puntos cardinales del árbol (norte-sur-este-oeste) se inspeccionó la muestra y se verificó la madurez de los frutos y semillas.

Toda el área debajo del árbol fue limpiada, luego los frutos fueron colocados en sacos para su transporte.

Se recolectó al menos un 70% del total de frutos de ocho árboles. Al final de cada árbol recolectado, fueron pesados los frutos libres de ramas y hojas y se cuantificó el tiempo invertido.

Cada árbol fue identificado con un número, utilizando etiquetas de aluminio clavadas a unos 3 m de altura, esto permitirá la recolección en años posteriores.

La identificación de los sacos se hizo utilizando etiquetas de papel endeble (resistente al agua) y con la siguiente información: especie, lugar de recolección, fecha, No. de árbol. Para mayor seguridad se colocó una etiqueta dentro y otra fuera del saco.

Utilizando el formulario de PROSEFOR "Registro de información general" (Anexo 1), se tomó la información del sitio y otros datos de interés general sobre diferentes variables importantes para determinar la calidad de las semillas, ejemplo, altura (clinómetro), dap (cinta diamétrica), forma y tamaño de copa, estado general del árbol semillero (fenología), etc.

3.2.2. *Cordia alliodora*

Los árboles cosechados de **laurel**, según la clasificación propuesta por el PROSEFOR (Mesén, 1994), sobre "Fuentes de producción de semillas forestales", están dentro de la categoría inferior **Fuentes identificadas (FI)**.

Fueron establecidas tres parcelas de 1000 m² cada una y se cosechó un total de 10 árboles (bosque natural), se midió la altura y dap de todos los árboles dentro de la parcela. Fueron seleccionadas para la recolección aquellos que presentaban mejor forma y suficiente cantidad de semilla madura.

La recolección se hizo escalando los árboles con cuerdas y espolones. La madurez se determinó mediante inspección ocular directa de una muestra de semilla, la cual se repitió en varias ocasiones. Los frutos se abrieron presionando con los dedos la parte interior; las semillas maduras presentaron un color blanco y duro, parecido a un grano de arroz.

Con la ayuda de una cortadora el escalador desprendió los racimos de frutos con todo y rama, con una tijera podadora el ayudante cortó en el suelo, sobre una lona, ramas y hojas, los frutos fueron colocados dentro de sacos y fueron pesados en el sitio. La identificación se hizo de igual manera que en la **caoba**.

3.3. Procesamiento de semillas

El procesamiento se realizó en el BLSF y consistió básicamente en labores de extracción, limpieza, secado y almacenamiento de semillas; para ello se utilizó: zarandas, lonas, limpiadora de semillas, secadora de semillas, balanzas, envases y etiquetas.

3.3.1. *Swietenia macrophylla*

El fruto del **caoba** es carnosos y duro, el cual ayudó a proteger las semillas de daños mecánicos o de otro tipo. El procesamiento empezó inmediatamente los frutos llegaron a las instalaciones del BLSF, con el secado y posterior extracción de la semilla

Manejo de frutos y extracción de semilla

Los frutos fueron colocados en zarandas a la sombra durante 8 días como proceso de post-maduración y al mismo tiempo presecado; cada día mediante inspección ocular, se observó las condiciones sanitarias de los frutos; al noveno día fueron colocadas al sol por cinco horas, durante este tiempo más del 80 % de los frutos se abrieron. Los que no abrieron se colocaron nuevamente al sol por cinco horas más, algunos frutos (5%) fue necesario abrirlos mediante golpeteos contra el piso. Los frutos y luego las semillas se mantuvieron separadas por árbol durante todo el procesamiento.

Se cuantificó el tiempo empleado en la extracción; además, con una forcípula se midió el diámetro y largo de los frutos y se contó el número de semillas por fruto en una muestra de 20 frutos por árbol, para determinar si existe alguna relación entre el tamaño y número de semillas por frutos.

Limpieza de semillas

Consistió en desalar y eliminar todos los materiales inertes encontrados, se hizo de dos maneras: **manual**, 7.4 kg de semilla correspondiente a un árbol y **semi-mecánico**, el lote lo conforman el resto de las semillas (35.9 kg). Se midió el tiempo empleado y se calculó el porcentaje de pureza de ambos lotes.

- **manual**: se desaló semilla por semilla, (99.2% pureza).

- **semi-mecánico:** el lote de semillas (98.85% pureza), se colocó al sol durante una hora, con las manos se frotó las semillas hasta que se quebraran sus alas y después, con el limpiador de semillas tipo **Klipper** modelo **100 BA**, se completó el proceso de limpieza; se cuantificó el tiempo empleado. Al final se pesó para sacar la relación de peso bruto y peso neto de semilla limpia.

Secado de semillas:

Lo más importante del proceso de secado es conocer el contenido de humedad óptimo con que las semillas pueden ser almacenadas sin afectar su viabilidad. Se utilizaron dos sistemas: **natural** (sol) y **artificial** (secadora de semilla).

- **natural:** las semillas fueron colocadas en el patio al sol en zarandas durante 29 horas, promedio de 3.2 horas por día, se evitó las horas demasiado calientes del mediodía.

- **artificial:** las semillas fueron colocadas en una secadora artificial en zarandas a temperatura constante (35 oC) y 10% de humedad relativa durante 28 horas.

Cada día se determinó el contenido de humedad para el sistema natural y cada 6 horas para el artificial, que consistió en sacar una muestra representativa (manual) de cada lote de semilla (un kg), posteriormente de ese kg se tomaron dos submuestras de 5 g cada una; debido al tamaño de la semilla de **caoba** fue necesario partirlas con una tijera podadora en pequeños pedacitos. Para pesar (3 puntos decimales de aproximación) las muestras se utilizó la balanza analítica marca Muttler PM 200 con capacidad de 200 g.

Cada muestra (2) de 5 g fue colocada en el horno (GRIEVE) por 16 horas a 103 oC de temperatura, después se colocó en el "desecador" (con selenita) por 20 minutos y se volvió a pesar para calcular el contenido de humedad.

Se aplicó la siguiente fórmula general:

$$\frac{Ph - Ps}{Ph} \times 100 = \text{Contenido de humedad}$$

Ph= Peso húmedo de la muestra

Ps= Peso seco de la muestra

Almacenamiento temporal de semillas

La semilla de todos los árboles fue mezclada y se obtuvo un sólo lote, del cual se almacenaron temporalmente 6.7 kg de semilla, en tres diferentes lugares, con tres diferentes contenidos de humedad y dos diferentes envases; en un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial, con 4 repeticiones y 370 g de semillas por tratamiento.

Cuadro 2. Combinación de los lugares x CH x envases utilizados en el almacenamiento temporal de las semillas de *S. macrophylla* y *C. alliodora*.

Tratamientos	Sitios	CH	Envases
1	cámara 15 °C	> 10	hérmético*
2	cámara 15 °C	> 10	bolsas plásticas**
3	cámara 15 °C	8.1%	hérmético
4	cámara 15 °C	8.1%	bolsas plásticas
5	cámara 15 °C	< 5%	hérmético
6	cámara 15 °C	< 5%	bolsas plásticas
7	bodega (18-23 °C)	> 10	hérmético
8	bodega (18-23 °C)	> 10	bolsas plásticas
9	bodega (18-23 °C)	8.1%	hérmético
10	bodega (18-23 °C)	8.1%	bolsas plásticas
11	bodega (18-23 °C)	< 5%	hérmético
12	bodega (18-23 °C)	< 5%	bolsas plásticas
13	ambiente (15-31 °C)	> 10	hérmético
14	ambiente (15-31 °C)	> 10	bolsas plásticas
15	ambiente (15-31 °C)	8.1%	hérmético
16	ambiente (15-31 °C)	8.1%	bolsas plásticas
17	ambiente (15-31 °C)	< 5%	hérmético
18	ambiente (15-31 °C)	< 5%	bolsas plásticas

* envase hermético de plástico

** bolsas plásticas , transparentes , calibre 0.06

Las evaluaciones se hicieron cada dos meses mediante pruebas de germinación y de contenido de humedad (durante 6 y 4 meses para **caoba** y **laurel** respectivamente).

3.3.2. *Cordia alliodora*

El procesamiento se inició en el sitio de recolección manteniendo los frutos en lugar seco y aireado, hasta el momento del transporte.

Extracción de frutos

Para separar los frutos de ramas y otros materiales indeseables, fueron probados dos métodos: **Primero**, 69.2 kg de frutos y otros materiales indeseables (peso bruto) fueron colocados al sol por 4.5 horas; luego fueron sacudidas para separar los frutos de las ramitas; **Segundo**, 28.7 kg de frutos con ramas, hojas y otros materiales indeseables fueron colocados en la secadora durante 21 horas a 35 °C y 10% de humedad relativa, luego fueron sacudidas para separar los frutos de sus ramitas.

Limpieza de semillas

Se probaron dos métodos: **manual**, frotando los frutos manualmente hasta separar las partes florales persistentes, luego se ventiló y retiró manualmente las ramitas y otros desechos; **manual artificial** frotando los frutos manualmente hasta separar las partes florales persistentes, luego se colocaron en la limpiadora de semillas, fue necesario repetir el proceso tres veces hasta obtener semillas limpias. Se cuantificó el tiempo empleado y el porcentaje de pureza para ambos métodos.

Secado de semillas

Se practicaron dos métodos: **natural**, las semillas fueron colocadas al sol durante 6 días (4.5 horas/día), se removió constantemente para lograr un secado uniforme, se evitaron las horas demasiado calientes sobre todo las del mediodía; todo

los días se hicieron pruebas de contenido de humedad. El otro método fue **artificial**, las semillas fueron colocadas en una secadora de semilla a 35 oC y 10% de humedad relativa durante 22 horas consecutivas, cada seis horas se realizó una prueba de contenido de humedad.

Almacenamiento temporal de semillas

Los tratamientos y metodología utilizada, fue similar al utilizado con las semillas de **caoba** referida en la sección de almacenamiento temporal de **S. macrophylla**, el periodo de almacenamiento fue de 4 meses.

3.4. Costos directos de recolección y procesamiento (ambas especies)

Los costos directos de recolección fueron calculados con base en:

- Gastos de **movilización** del personal, equipos y transporte de materiales recolectados, incluye movilización del CATIE hasta los sitios de recolección, movilización dentro de las áreas de recolección y transporte de frutos y semillas al Banco de semillas en CATIE.
- **Hospedaje**, fue calculado de acuerdo a las normas establecidas por Catie, cuyo montó por persona por día es de: 6000 colones (US \$35.00) para la zona de Sardinal (**caoba**) y de 5000 colones (US \$28.50) para la zona de Talamanca (**laurel**).
- **Viáticos**, 2450 colones (US \$14) por persona para la zona de Sardinal y de 2100 colones (US \$12) pra la zona de Talamanca.
- **Materiales** de recolección, incluye sacos, cuerdas, etiquetas, papelería.
- **Salarios**, tiempo de los funcionarios de CATIE; incluye prestaciones.
- **Gastos administrativos**, 15 % de los gastos totales.

Para el cálculo de los costos de procesamiento de frutos y semillas la principal variable evaluada fue la mano de obra; para esta actividad se contrató personal temporal.

Estos costos son considerados directos; en el cálculo de los mismos no se compró equipo, ni se tomó en cuenta la depreciación del vehículo, ni de los equipos y maquinarias utilizadas, ni renta de instalaciones. Fueron calculados para el BLSF y no para el productor; no se consideraron los costos de establecimientos y manejo de plantaciones, ni precio de las semillas.

3.5.. Pruebas de laboratorio

Las pruebas se hicieron bajo condiciones controladas.

3.5.1. Pruebas de rutinas

Para determinar la calidad física de las semillas de **caoba** y **laurel** en laboratorio, se realizaron mediciones de peso, pureza, contenido de humedad y germinación. Materiales usados: semillas, balanza analítica con capacidad de 200 g (3 puntos decimales de aproximación), espátulas, tijera podadora, bisturí, platos petri, estufa, bolsas plásticas, cámara de germinación, cajas germinadoras, arena, tierra, papel, HCL, KOH, giberelina, bomba de riego, formularios.

El lote de semillas de **caoba** (43.3) y **laurel** (13 kg) fueron homogenizados manualmente, luego se tomó la muestra para las siguientes pruebas; ajustadas a las normas de ISTA.

3.5.1.1. Mediciones de peso:

El peso de las semillas es un factor muy variable, debido a que es influenciado por el contenido de humedad, el número de semillas vanas, impurezas y origen.

Existen varias formas para expresar el peso de las semillas:

Peso mil semillas puras (g): indica el peso promedio de mil semillas puras, expresado en gramos y calculado según la metodología ISTA, los cuales serán

utilizados para calcular el número de semillas puras y con impurezas por kg (Anexo 2).

El cálculo resultó de 8 sub muestras de 100 semillas cada una con aproximación al punto decimal; para efectos de tolerancia se calculó el coeficiente de variación que en ningún caso se aceptó mayor del 4.0 %. Se utilizó el formato del BLSF (Anexo 2) y una balanza analítica (**Muttler PM 200**) con capacidad de 200 g.

Peso mil semillas puras con impureza (g):

$$= \frac{\text{Peso mil semillas puras (g)}}{\text{Pureza (\%)}} \times 100$$

3.5.1.2. Análisis de pureza:

Esta prueba se realizó manualmente para ambas especies, se utilizaron dos muestras de 100 g cada una por especie y con la ayuda de una espátula, fueron separadas las semillas puras de materiales inertes y otros desechos. Para los cálculos de pureza se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Pureza} = \frac{\text{Peso semillas puras}}{\text{Peso total muestra}} \times 100$$

Número de semillas puras más impurezas por/kg: Muestra el número real de semillas puras en un lote comercial. Se calcula mediante la fórmula:

$$= \frac{1.000.000}{\text{Peso 1000 semillas puras + impurezas}}$$

Número de semillas viables por kilogramo: Es el registro de mayor utilidad, puesto que es el resultado de combinar el número de semillas puras más impurezas/kg y el porcentaje de germinación, dan como resultado el número de semillas viables por kilogramo.

$$= \frac{\text{Numero de semillas puras} + \text{impurezas / kg} \times \% \text{ germinacion}}{100}$$

3.5.1.3. Análisis del contenido de humedad (CH):

Se realizó una prueba de contenido de humedad inicial (CHI), al momento de llegar las semillas al área de procesamiento para ambas especies y posteriormente dependiendo del método de secado: método **natural** (sol), se repitió la prueba 6 y 4 veces para **caoba** y **laurel** respectivamente, método **artificial** (secadora), 5 y 7 veces para **caoba** y **laurel** respectivamente. Durante el almacenamiento se realizó la prueba cada 2 meses, por tratamiento.

La metodología para determinar el CH del lote de semillas fue descrita en la sección de procesamiento de semillas de **caoba** (Punto 3.3.1).

3.5.2. Pruebas de germinación

Se definió como el momento de la germinación, cuando la radícula alcanzó el doble del tamaño de la semilla, esto para ambas especie.

Se consideró el inicio de la germinación como el tiempo transcurrido entre la siembra y la germinación de la primera semilla y el final cuando por espacio de tres días consecutivos no germinó ninguna semilla más.

La germinación fue evaluada diariamente, lo que permitió calcular la velocidad de germinación y el valor de germinación.

La velocidad de germinación se expresa en forma de valor máximo (VM), que es la germinación diaria media máxima (porcentaje acumulado de germinación de semilla llena dividido por el número de días transcurridos desde la fecha de siembra) que se alcanza en cualquier momento del período del ensayo.

La velocidad de germinación diaria se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{VGD} = \frac{\% \text{ de germinación acumulada (diaria)}}{\text{No de días (período de germ)}}$$

Czabator (1962) define el concepto de **valor de germinación** como la expresión de la germinación total al término del período de ensayo multiplicada por la velocidad de germinación.

Djavanshir y Pourbeik (1976) calculan el valor de germinación mediante la siguiente fórmula:

$$\text{VG} = (\sum \text{VGD} / N) \times (\text{PG} \times 10)$$

VG = Valor de la germinación

PG = Porcentaje de germinación al final del ensayo

VGD = Velocidad de germinación diaria, que se obtiene dividiendo el porcentaje de germinación acumulado por el número de días transcurridos desde la siembra.

\sum VDG = Total que se obtiene sumando todas las cifras de VDG obtenidas en los recuentos diarios.

N = Número de recuentos diarios, empezando a contar a partir de la fecha de la primera germinación.

Para las pruebas de germinación se utilizó la reglamentación vigente recomendada por ISTA (1976), en donde la cantidad de semilla utilizada para éstas pruebas dependen del tamaño de las mismas. El porcentaje de germinación para la **caoba** se determinó mediante la siembra de 400 semillas divididas en 8 repeticiones de 50 semillas cada una y para el **laurel** se usaron 4 repeticiones de 100 semillas cada una. Las semillas de **caoba** fueron sembradas en posición vertical, con la parte cóncava hacia abajo (lugar donde se encuentra el embrión), a una profundidad de 3/4 partes de su tamaño y las semillas de **laurel** fueron sembradas a una profundidad de dos veces el tamaño de sus semillas.

Las cajas se mantuvieron cerradas para evitar pérdida de humedad y sólo fueron regadas una vez; el exceso de humedad causa pudrición de las semillas y la falta de humedad retrasa la germinación.

Para el resto de las pruebas (temperaturas, hormonas, sustrato, pH del sustrato, luz) se utilizaron sólo 4 repeticiones de 50 y 100 semillas para la **caoba** y **laurel** respectivamente.

A excepción de los ensayos de temperaturas, el resto de las pruebas se realizaron en un germinador de 17 m³, con capacidad para 116 cajas germinadoras de 22 cm x 30 cm, en donde la humedad relativa de la cámara se mantuvo constante (30%).

Para la caracterización y estandarización de la calidad física de las semillas de **caoba** y **laurel**, fueron realizados los experimentos detallados a continuación:

3.5.2.1. Temperaturas

En tres cabinas de germinación con capacidad de 16 cajas germinadoras de 22 cm x 30 cm cada una se probaron los siguientes tratamientos, para ambas especies: 26, 28, 30 32 y 34 °C.

Se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar; cada tratamiento se colocó en una cámara germinadora distinta bajo las mismas condiciones de luz, humedad y fotoperíodo, con cuatro repeticiones por tratamiento. La luz fue permanente durante 24 horas.

Se colocaron 50 semillas por caja germinadora para la **caoba** y 100 semillas por caja para el **laurel**.

Fue evaluada la germinación diariamente, la cual se utilizó de base para calcular la germinación acumulada, la velocidad de germinación y el valor germinativo, las cuales permiten evaluar el efecto de la temperatura.

Para analizar los datos se utilizó el modelo correspondiente al diseño de bloques completos al azar:

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + e_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = Variable aleatoria observada

U = Media general

T_i = Efecto del i-esimo tratamiento

B_j = Efecto del j-esimo bloque (cuando cada bloque corresponde a un "turno")

e_{ij} = Error aleatorio, independiente de T y B

Se utilizó el paquete SAS para hacer los cálculos y Quatro-pro para gráficas, pruebas de Duncan para comparar los promedios de los tratamientos y el arcoseno \sqrt{x} para la transformación de los datos.

3.5.2. 2. Sustrato, pH, Luz

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial para analizar el efecto de los sustratos, pH del medio y luz en la germinación de **caoba** y **laurel**

La arena se tamizó y lavó con agua reiteradas veces hasta quedar completamente limpia, utilizando una solución de cloroformo al 5% disuelta en agua se regó y se cubrió con plástico durante 3 días, para desinfectarla.

Se preparó una solución de cloro disuelta en agua al 1% para desinfectar el papel germinador, el cual se realizó mediante imbibición y posterior secado antes de su uso.

Se preparó una mezcla de arena y tierra en proporción 1:1, para su desinfección se utilizó cloroformo al 5% y se cubrió con plástico durante 3 días.

Para evaluar la respuesta de la germinación a diferentes niveles de pH del medio en que se ponen a germinar las semillas de **caoba** y **laurel**, se prepararon tres soluciones utilizando un pH-metro y reactivos de HCl y KOH., las cuales fueron aplicadas en el riego al momento de la siembra.

Cuadro 3. Combinación del sustrato*ph* luz en la germinación de semillas de *S. macrophylla* y *C. alliodora*.

Tratamientos	Sustratos	pH	Luz
1	Arena	4	24 h luz
2	Arena	7	16 h luz
3	Arena	10	24 h luz
4	Arena	4	16 h luz
5	Arena	7	24 h luz
6	Arena	10	16 h luz
7	Tierra: arena	4	24 h luz
8	Tierra: arena	7	16 h luz
9	Tierra: arena	10	24 h luz
10	Tierra: arena	4	16 h luz
11	Tierra: arena	7	24 h luz
12	Tierra: arena	10	16 h luz
13	Papel germinador	4	24 h luz
14	Papel germinador	7	16 h luz
15	Papel germinador	10	24 h luz
16	Papel germinador	4	16 h luz
17	Papel germinador	7	24 h luz
18	Papel germinador	10	16 h luz

Con 16 lámparas de neón de 39 watt cada una se logró mantener luz permanente en la cámara germinadora. La mitad de los tratamientos (9) recibieron luz permanente durante 24 horas y la otra mitad (9), la luz, fue regulada utilizando cajitas de cartulinas de color negro, durante 8 horas fueron cubiertas y el resto del día (16 horas) recibieron luz permanente. Para mayor comodidad se cubrieron las cajas que recibieron luz alterna de 7 am hasta las 3 pm; el resto de la tarde y toda la noche recibieron luz permanentemente, durante todo el período de germinación.

La germinación fue evaluada diariamente, se mantuvo a temperatura constante 30 °C y humedad relativa de 30% en la cámara germinadora. Dentro de la cámara de germinación hay un ventilador y un aire acondicionado que funcionan automáticamente, los cuales permiten regular la temperatura y la humedad relativa.

Se utilizaron cajas germinadoras de 22 cm x 33 cm x 6 cm transparentes con 50 semillas cada una y cajas de 11x17x6 cm con 100 semillas cada una para **caoba** y **laurel** respectivamente.

La cantidad de sustrato (arena o mezcla: tierra-arena) dependió del tamaño de las cajas que se utilizaron, para las cajas de 22x33x6 cm se midió 2 kg por caja de germinación y para las cajas más pequeñas (11x17x6 cm) sólo se midió un kg de sustrato por caja; en cuanto al papel se colocaron tres capas del material en el fondo y se cubrieron las semillas con una capa.

El pH se ajustó con agua destilada acidificada con HCl 1% y KOH; 0.1 N al momento del riego.

La variable evaluada fue la germinación diaria, en base a ella se calcularon las variables de interés: velocidad de germinación, valor de germinación, germinación acumulada, sustratos, pH del medio y la influencia de la luz.

El análisis de los datos se hizo utilizando el modelo correspondiente al diseño de bloques completos al azar considerando los tres factores en el arreglo factorial de la siguiente manera:

$$Y_{ijkem} = u + a_i + b_j + (ab)_{ij} + ck + (ac)_{ik} + (bc)_{ij} + (abc)_{ijk} + em + E_{ijkem}$$

Y_{ijkem} = variable aleatoria observada

u = media general

a_i = efecto de sustrato i

b_j = efecto de pH j

ck = efecto de luz k

$(ab)_{ij}$ = efecto de la interacción de sustrato i y el pH j

$(ac)_{ik}$ = efecto de la interacción de sustrato i y la luz k

$(bc)_{jk}$ = efecto de la interacción del pH j y la luz K

$(abc)_{ijk}$ = efecto de la interacción del sustrato i, el pH j y la luz k

E_{ij} = error

em = efecto del bloque (repetición)m.

Para la comparación de medias de los tratamientos se utilizó la prueba de "Duncan", y el arcoseno \sqrt{x} para la transformación de los datos, los análisis se realizaron utilizando el paquete SAS y el programa Quatro-pro.

3.5.2.3. Tratamientos pregerminativos:

Para analizar el efecto de los tratamientos pregerminativos se probaron los siguientes tratamientos en **caoba** y **laurel**: testigo (sin trat.), escarificación mecánica (corte), imbibición en agua durante 24 horas, imbibición en ácido giberélico (Ag3) 10, 100 y 500 ppm.

El corte, solo se práctico en semillas de ***S. macrophylla***, cada corte se hizo en la posición opuesta al embrión; el resto de los tratamientos fueron practicadas en las dos especie. La aplicación de los tratamientos hormonales se hicieron mediante imbibiciones. Para determinar el tiempo de imbibiciones en agua y en las soluciones preparadas de giberelina, se calcularon curvas de "imbibición" tomando en cuenta el peso de la muestra (100 g) de semillas (capacidad de absorción) con respecto al tiempo de imbibición transcurrido.

Para obtener una concentración de 500, 100 y 10 ppm, se disolvió 12.5, 2.5 y 0.125 mililitros de giberelina al 4% en un litro de agua; respectivamente.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, 50 y 100 semillas por repetición para **caoba** y **laurel** respectivamente; la prueba se realizó en la cámara germinadora, con una temperatura de 30 oC, humedad relativa de 30%.

Se evaluó la germinación diaria, con base a ésta se calculó la germinación acumulada, velocidad y valor germinativo y la respuesta de las diferentes concentraciones de giberelina en la germinación.

El análisis de los datos se hizo utilizando el modelo correspondiente a bloques completos al azar y se utilizó la prueba de Duncan para comparar las medias de los tratamientos.

3.5.3. Pruebas rápidas

En laboratorio se determinó la viabilidad de semillas de **caoba** y **laurel** mediante pruebas rápidas utilizando tetrazolio e inspección directa; se usaron 4 repeticiones de 100 semillas cada una, de acuerdo a las recomendaciones de ISTA (1976). Los resultados se compararon con la germinación tradicional obtenida en laboratorio. Se determinaron los patrones de comparación (patrones de tinción) existentes entre las semillas viables y no viables.

Los materiales utilizados fueron: semillas, bisturí, estereoscopio, lupa, platos petri, tetrazolio.

3.5.3.1. Inspección directa

La inspección consistió en un examen de la estructura interna de las semillas, se observó especialmente la forma, tamaño, turgencia, color y aspecto del embrión.

El acondicionamiento de la semilla (**caoba**) consistió en eliminar la testa, hacer un corte longitudinal por la mitad de la semilla para exponer el embrión y hacer la evaluación.

Se usó la siguiente clasificación para evaluar las semillas de **caoba**:

Son semillas viables:

a) aquellas totalmente sanas,

b) aquellas con daños en el endosperma (menos de la mitad), pero con el embrión sano.

Son semillas **No** viables aquellas:

c) con endosperma sano, pero con el embrión dañado,

d) totalmente dañadas u oxidadas (con coloración negruzca).

Para extraer las semillas de **laurel** de su fruto, se hizo presionando con los dedos cuidadosamente la parte interna del fruto.

Se usó la siguiente clasificación para evaluar las semillas de **laurel** al someterlas a la prueba de inspección directa.

Son semillas viables:

a) aquellas totalmente sanas, que presenten una coloración blanca y consistente (no se deshacen al presionarse con los dedos)

b) aquellas con necrosis en los cotiledones (menos de la mitad), pero con el embrión sano.

Son semillas **No** viables aquellas:

c) con los cotiledones sanos, pero con el embrión dañado.

d) totalmente dañadas u oxidadas (con coloración negruzca en la punta de la radícula); vacías, lechosas (se deshacen al presionarse con los dedos).

3.5.3.2. Prueba en tetrazolio

La solución de tetrazolio penetra en los tejidos de la semilla y en los procesos de reducción de las células vivas toma el hidrógeno liberado por las deshidrogenasas. Por hidrogenación del cloruro de 2.3.5.-Trifenil tetrazolio se forma en las células vivas, una sustancia roja, estable y no difusible: el Trifenil formazan. De ésta forma se pueden distinguir las partes vivas de las semillas, que se colorean en rojo, de las muertas no coloreadas. Además de las semillas que son viables

completamente coloreadas y de aquellas que están muertas, sin colorear, pueden aparecer semillas parcialmente coloreadas, encontrándose diversas proporciones de tejido necrótico en diferentes zonas de estas semillas parcialmente teñidas. La localización y el tamaño de las superficies necróticas en el embrión y/o el endospermo, y no la intensidad de la coloración, determina si estas semillas deben clasificarse como viables o no viables.

Al evaluar las semillas debe tenerse presente todos los daños mecánicos, quebraduras del embrión, magulladuras, ocurridas durante la preparación previa a la tinción. Si se trabaja con semillas recién dañadas, en contacto con el tetrazolio desarrollan una mancha rojo oscuro, mientras que el tejido no dañado, si está vivo, desarrolla una tinción roja, uniforme y clara. Siempre que se trate de daños recientes, la semilla se teñirá y germinará eventualmente. Si hay deterioro interno las manchas de tinción son desuniformes (Yacubson, 1983; Ramos, 1990).

Las semillas de **caoba** fueron colocadas en agua por 24 horas, posteriormente se eliminó la testa y mediante cortes longitudinales se partió las semillas, dejando el embrión intacto en una de las dos mitades, éstas fueron colocadas en la solución (0.1%), de cloruro de 2,3,5- Trifenil tetrazolio por 3 horas, en envases de vidrio, y completamente oscuro, a 30 oC de temperatura. La evaluación se hizo con la ayuda del estereoscopio y la lupa. Para obtener esta concentración se disolvió 0.1 g de sal de tetrazolio (polvo) en 100 ml de agua.

La evaluación se realizó según los siguientes criterios:

- son semillas viables, aquellas que presenten el embrión y endosperma completamente teñido,
- aquellas que presenten necrosis superficial en la mitad del endosperma, principalmente en las partes lejanas al embrión,
- aquellas que presenten áreas no teñidas (muertas) en el endosperma, en lugares opuesta a la radícula,

- son semillas **No** viables, aquellas que presenten el embrión y endosperma sin teñir (muertas),
- aquellas que presenten el embrión sin teñir aunque el endosperma éste teñido,
- aquellas que presenten necrosis aguda en el embrión,
- aquellas que presenten el embrión teñido y el endosperma sin teñir.

El acondicionamiento de las semillas de **laurel** consistió en mantenerlas durante 3 horas en agua, después se sacaron y cuidadosamente se presionó con los dedos la parte interior hasta extraer las semillas de su fruto, luego fueron colocadas en una solución de tetrazolio, en completa oscuridad, a 30 oC de temperatura, al cabo de 2 horas se hizo la evaluación.

La evaluación se realizó según los siguientes criterios:

Son semillas viables.

- aquellas que presenten el embrión y todas las partes esenciales completamente teñidas;
- semillas que muestren manchas no teñidas en la parte opuesta a la radícula;

Son semillas **No** viables:

- aquellas que no se tiñen,
- aquellas que presenten necrosis en la punta de la radícula,
- aquellas que presenten daños graves en más de la mitad de las partes esenciales de la semilla.

3.5.4. Pruebas final de laboratorio

Para maximizar el potencial germinativo de las semillas, se utilizó la mejor temperatura, sustrato, pH del medio, luz y tratamiento pregerminativo encontrados en las diferentes pruebas de germinación, este resultado se comparó primeramente con

la prueba de germinación de rutina, luego se comparó con los resultados obtenidos en las pruebas rápidas y con el vivero.

3.6. Pruebas de campo

Se establecieron en el laboratorio y en el vivero pruebas simultáneas de germinación para **caoba** y **laurel**. Los objetivos de estas pruebas fueron estimar la cantidad de plántulas que se puede obtener en el vivero, con base en los datos de calidad física de la semilla obtenidos en laboratorio.

Se utilizaron los siguientes materiales: semillas, cajas germinadoras, arena, tierra, cuarto de germinación, mallas de zarán, madera.

En el laboratorio se utilizaron condiciones que dieron los mejores resultados en los ensayos anteriores, para **caoba**: se usó como sustrato una mezcla de arena y tierra, a 30 °C, imbibición en agua por 24 horas como tratamiento pregerminativo y luz alterna. Para **laurel**: se usó arena, luz permanente, 28 °C de temperatura.

En vivero se usó la siembra directa en eras sobre una mezcla de arena y tierra en partes iguales, con adición de abono (10:30:10) y materia orgánica, depositando una semilla por postura en hileras y riego de acuerdo a las necesidades, sombra (65% de exposición).

Se evaluaron tres tipos de exposición a la luz solar:

- exposición total (pleno sol),
- 65% de exposición a los rayos solares y
- 25% de exposición a los rayos solares

Para obtener la sombra deseada se usó zarán o poli sombra con la graduación respectiva.

Para cada tratamiento se evaluaron cuatro repeticiones con 100 semillas cada una.

Para determinar la variación entre laboratorio y vivero se usó la siguiente fórmula, con el fin de encontrar el factor variable.

$$F = (V)/(L)$$

F = Factor variable ó factor de seguridad

V = No. de semillas deseadas por m² y

L = No. de semillas germinadas en laboratorio

$$C = \frac{D}{N.P.G.F.}$$

C = Cantidad de semilla a sembrar, en gramos / m²

D = No. de plántulas requeridas para producir en el vivero

N = No. de semillas puras por gramo

P = Pureza en tanto por uno

G = Germinación en laboratorio en tanto por uno

El factor variable o factor de seguridad F, es un factor propio de cada vivero, indica el porcentaje de semillas que germinan en el vivero con relación al porcentaje que germina bajo condiciones controladas.

Además de la velocidad y valor germinativo calculados en los tratamientos probados en vivero, para determinar el vigor de las plántulas (**caoba**) se midió el peso de materia seca de 20 plántulas por tratamiento. Para conocer el peso seco, las muestras fueron colocadas en bolsas de papel en el horno a 103 °C de temperatura, durante 16 horas, luego se pesó y se hicieron los calculos.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. *Swietenia macrophylla*

4.1.1. Recolección de semillas

Los resultados de la recolección de semillas son presentados de acuerdo a la metodología de Jara *et al* (1994).

El cuadro 4 muestra los resultados de la producción de frutos y semillas; dap, altura total y tamaño de copa de los árboles de **caoba** recolectados; además, muestra la relación fruto/semilla.

Cuadro 4. Características de los árboles, frutos y semillas recolectados de *S. macrophylla* en un bosque secundario de C.R.

Arbol	dap	Altura Total	Area de copa	Peso frutos	Peso semillas	Relación fruto/semilla
No.	(cm)	(m)	(m ²)	(kg)	(kg)	
1	68.5	16.2	262	181.4	7.4	24.51
2	58.2	18.7	299	134.7	2.9	46.44
3	58.5	23.3	247	98.7	2.4	41.12
4	76.6	21.0	247	181.6	8.4	21.61
5	105.0	24.0	432	362.8	13.1	27.69
6	75.7	16.7	270	155.5	4.1	37.92
7	71.7	17.7	241	37.5	1.1	34.09
8	57.5	19.6	163	93.0	3.9	23.84
\bar{x}	71.5	19.6	270	155.6	5.4	32.1

Se estima que todos los árboles recolectados del bosque secundario superaron los 20 años de edad, se encontraban aislados y dispersos dentro de fincas privadas.

Para obtener un kg de semilla limpia y seca es necesario recolectar por lo menos 32 kg de frutos (Cuadro 4).

Los rendimientos de la producción de frutos y semillas presentan muchas variaciones entre cosechas y dependen de muchos factores. Entre los factores más destacados, Jara (1995) menciona los siguientes: posición del árbol en el bosque, cantidad de luz recibida en la copa, área de copa, aislamiento, madurez de los frutos, cosechas anteriores, calidad de los frutos, época de cosecha y estado fisiológico de cada árbol.

A su vez dependen de otros factores externos, entre los más importantes tenemos: experiencia del escalador, equipo utilizado, distancia y accesibilidad al sitio de recolección.

El Cuadro 5 muestra la cantidad de días, cantidad de árboles, diámetro y altura total promedio de los árboles, el rendimiento total de los frutos y semillas recolectados diariamente, cantidad de trabajadores y el tiempo efectivo de la jornada de trabajo.

Cuadro 5. Resumen del rendimiento diario, en la recolección de frutos y semillas de *S. macrophylla* en bosque secundario de C. R.

Días de recolección.	No. de árboles/día	dap \bar{x} (cm)	Altura total \bar{x} (m)	Peso \bar{x} frutos/día (kg)	Peso \bar{x} semillas/día (kg)	Número de hombres	Jornada de trabajo (hr/d)
1	2	63.3	34.9	158.0	5.1	2	3.5
2	1	58.5	23.3	98.7	2.4	2	2.0
3	2	90.8	22.5	271.8	10.7	2	6.0
4	2	73.7	17.2	96.5	2.6	2	3.0
5	1	57.5	19.6	93.0	3.9	2	2.0
\bar{x}	1.6	68.7	23.5	143.6	4.9	2	3.3

En el presente caso que se trata de un bosque secundario en un día normal de recolección la mayor cantidad de tiempo se usó en la búsqueda de los mejores árboles y en el estado de madurez de los frutos, siendo el tiempo efectivo de recolección bajo (3.3 horas al día), la cantidad de árboles promedio que se logró recolectar diariamente fue de 1.6 árboles/día (Cuadro 5), en plantaciones se espera un mayor rendimiento.

El rendimiento de la recolección de **caoba** en kg/hombre/día fue de 124.5 kg de frutos, lo que equivale a 4.3 kg de semillas limpias.

Los costos de recolección aumentan significativamente debido a las distancias de los sitios y sobre todo a la cantidad de viajes que son necesarios realizar (transporte de personal y frutos). Dentro de la zona de recolección, las distancias que se debió recorrer entre árboles (> a 20 km), influyó negativamente en el rendimiento y por consiguiente en los costos. Los costos de recolección también son influenciados por el rendimiento obtenido.

El costo de recolección para el BLSF de **caoba** fue de: \$ 18.30/kg en mano de obra , incluye salario y viáticos; \$ 2.60/kg en materiales (sacos, cuerdas, etiquetas, papelerías, etc); \$ 7.75/kg en transporte (combustible y repuestos) y \$ 4.00/kg en gastos administrativos los cuales suman un total de USA\$ 32.65/kg o sea la recolección de 43.3 kg de semillas costó US\$ 1414.40 (Cuadro 7).

4.1.2. Procesamiento de semillas

El tamaño promedio de los frutos de **caoba** fue de 18 cm de largo y 8 cm de diámetro. Cada fruto contiene de 62 a 70 semillas, de las cuales el 73% (48 semillas) son semillas viables y el resto 27% (18 semillas) son vanas.

En total fueron recolectados 1245.2 kg de frutos de los cuales se obtuvo 43.3 kg de semillas limpias.

El rendimiento de la limpieza **manual**, fue de 2.5 kg/hora/hombre y la limpieza **semi-mecánica**, fue de 29.5 kg/hora/hombre.

Aunque el porcentaje de pureza (99.2%) fue mejor con la limpieza manual, no compensa el tiempo invertido. La limpieza semi-mecánica es casi 12 veces más rápido que el método totalmente manual.

El Cuadro 6 muestra los resultados obtenidos en el secado de las semillas de **caoba**; relaciona el contenido de humedad con el tiempo de secado, utilizando el método natural (sol) y artificial (secadora de semilla).

Cuadro 6. Tiempos de secado de semillas de *S. macrophylla* utilizando el método tradicional (sol) y método artificial (secadora de semillas)

Natural (sol)			Artificial (secadora)		
CH (%)	Horas de secado	No. de días de secado	CH (%)	Horas de secado	No. de días de secado
20.0	0	0	20.0	0	
15.3	6	1	14.2	6	
11.9	6	1	9.0	6	
9.2	5	1	7.9	6	
7.9	2h/día	6	5.0	6	
			4.8	4	
Total	29	9		28	1.1

Aunque el tiempo de secado al sol (natural), está altamente influenciado por las condiciones climáticas del área, tiene la ventaja de ser menos costoso.

El lote que fue secado al sol se tomó 9 días para reducir el contenido de humedad a 7.9%; con la secadora artificial solo se necesitaron 28 horas consecutivas para reducir el contenido de humedad a 4.8%.

Con base en los resultados obtenidos, se observa que la cantidad de frutos y semillas no influyen en los costos de procesamiento; no obstante, para secado al sol, si las condiciones climáticas existentes son adversas pueden ocasionar un aumento en los costos y las semillas no pueden ser secadas rápidamente.

Los costos totales para procesar 43.3 kg de semillas de *caoba* fueron \$ 69.05 o sea \$ 1.60/kg (Cuadro 7)

Cuadro 7 Resumen de los costos totales de recolección y procesamiento de 43.3 kg de semillas de *S. macrophylla*.

Actividades	Mano de obra			Materiales	Transporte	ADM-15%	Costo total	Costo/kg
	Días Costo/día	Costo Salario*	Viát. hosp.					
		\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Costos de recolección	11 \$26.50	291.50	502.70	110.50	336.0	173.7	1414.40	32.65
Costos de procesamiento	6 \$6.5	39.00	0.0	21.05	0.0	9.0	69.05	1.60
Total		330.50	502.70	131.55	336.0	182.7	1483.4	34.25

* Incluye prestaciones sociales

Actualmente el precio de venta de un kg de semilla de **caoba**, según el catálogo de semillas forestales, CATIE (1994) es de \$ 110.00.

No se incluyen los costos de almacenamiento, ni depreciación del equipo, ni renta de instalaciones.

4.1.3. Almacenamiento temporal de semillas

Las pruebas de almacenamiento temporal fueron realizadas con el propósito de determinar las condiciones para almacenar las semillas de **caoba** por tiempo corto, sin perjudicar su viabilidad, con un mínimo de esfuerzo y costos.

Los resultados muestran que existen diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre: los lugares, contenidos de humedad y envases probados; también entre épocas de medición (Cuadro A3)

Los resultados indican que las diferencias estadísticas de los promedios en la germinación de los tratamientos (Duncan) almacenados en la cámara de 15 oC (60%) y los otros dos tratamientos son altamente significativas y que no existen diferencias significativas entre el almacenamiento en la bodega (46%) y el almacenamiento al ambiente (45.2%) (Cuadro A3). Existen diferencias altamente significativas (Duncan) entre las semillas de **caoba** que fueron almacenadas con contenidos de humedad de 4.3% (63.3%) y los otros dos tratamientos. Las diferencias en germinación no son significativas entre las semillas almacenadas con CH de 7.9% (44.4%) y 11% (43.6%) (Cuadro A3). Las pruebas muestran diferencias significativas (Duncan) entre los dos envases utilizados, para bolsas plásticas la germinación fue de 53.6% y para envase hermético 'pichingas' 47.3% y diferencias entre las tres épocas de evaluación a los 2 (58.4%), 4 (51.1%) y 6 (41.8%) meses respectivamente (Cuadro A3).

La Figura 2 muestra los porcentajes promedios de germinación de los tres lugares de almacenamiento probados y la evaluación bimensual; se observa que la germinación promedio para la cámara de 15 oC fue la mejor y el almacenamiento al ambiente fue el peor. De igual manera la Figura 2 muestra la disminución en la germinación a medida que las semillas envejecen según los lugares de almacenamiento; el almacenamiento en cámara a 15 oC, obtuvo una germinación a los 2 meses de 75.5% y a los 6 meses fue de 73.7. El porcentaje de germinación para el almacenamiento en bodega a los 2 meses fue de 65.2% y de 43.5% a los 6 meses.. Los porcentajes de germinación al ambiente fueron de 75.1 y 27.6 a los 2 y 6 meses respectivamente.

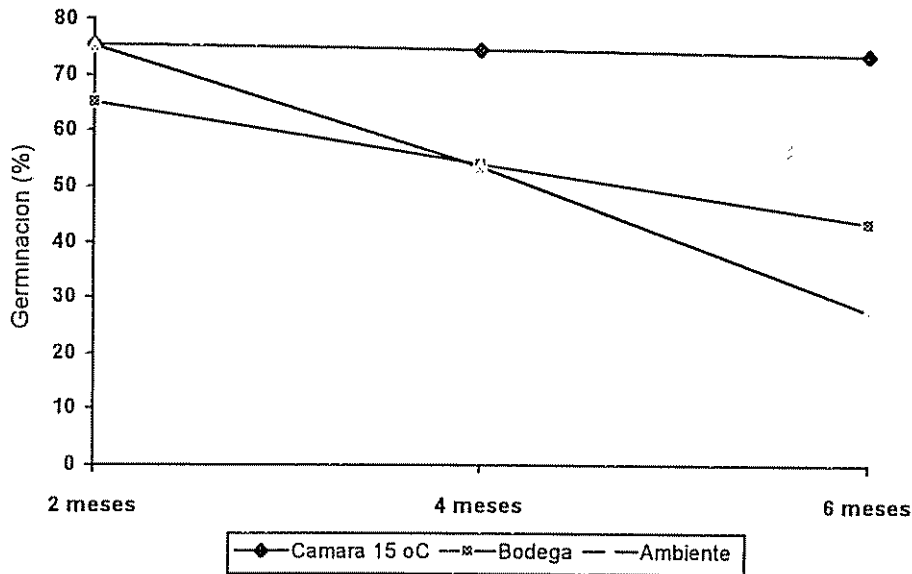


Figura 2. Efecto de tres lugares de almacenamiento temporal en la germinación de semillas de *Swietenia macrophylla*, evaluación a los 2, 4 y 6 meses.

En la Figura 3 se muestra que el promedio de la germinación de las semillas almacenadas temporalmente con contenido de humedad (CH) de 4.8% a los 6 meses resultó el más alto y el almacenamiento con CH de 11% el más bajo.

Los promedios de la germinación para almacenamiento con CH de 4.8% a los 2 meses fue de 80.3% y a los 6 meses fue de 77.7%; para el almacenamiento con CH de 7.9 a los 2 meses el porcentaje de germinación fue de 64.2 y de 35.8% a los 6 meses. Los porcentajes de germinación de las semillas de *caoba* almacenadas con CH de 11% fueron de 71.2% y 31.2% a los 2 y 6 meses respectivamente (Figura 3).

Los tipos de envases utilizados (bolsas plásticas y envases herméticos 'pichingas'), no son capaces de mantener el contenido de humedad inicial (CHI) de almacenamiento estable y éste tiende a cambiar con el tiempo (Figura A1).

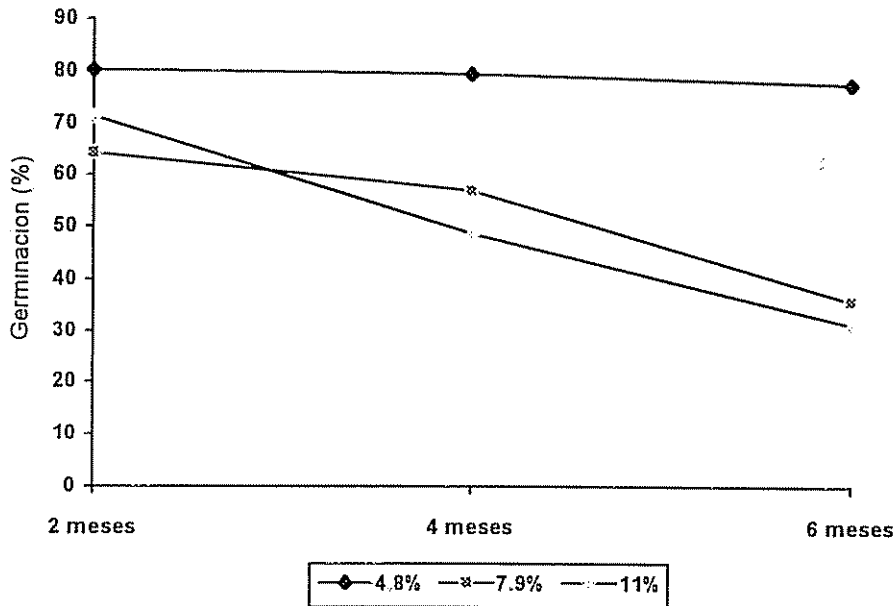


Figura 3. Efecto del almacenamiento temporal de semillas de *Swietenia macrophylla* bajo tres contenidos de humedad en la germinación, evaluación a los 2, 4 y 6 meses

El porcentaje promedio en las tres evaluaciones para el almacenamiento en envase de bolsas plásticas fue de 64.3% y el almacenamiento en envases herméticos "Pichingas" fue de 56.3%. Para almacenamiento en papel plástico, la germinación a los 2 meses fue de 72.9% y a los 6 meses fue de 52.0%. Para almacenamiento en "pichingas" a los 2 meses el porcentaje de germinación fue de 70.9 y de 44.5% a los 6 meses (Figura 4).

El almacenamiento en cámara con temperatura constante, permitió mantener la viabilidad de las semillas por más tiempo, los otros dos lugares precisamente debido a la fluctuación de las temperaturas, las semillas perdieron la viabilidad paulatinamente, de igual manera las semillas almacenadas con contenido de humedad bajo lograron mantenerse por más tiempo viables, debido al bajo ritmo de respiración; los efectos de los envases fueron similares, talves debido a que no son

100% impermeables y permiten un intercambio de gases con el medio externo, que a la larga resultó perjudicial.

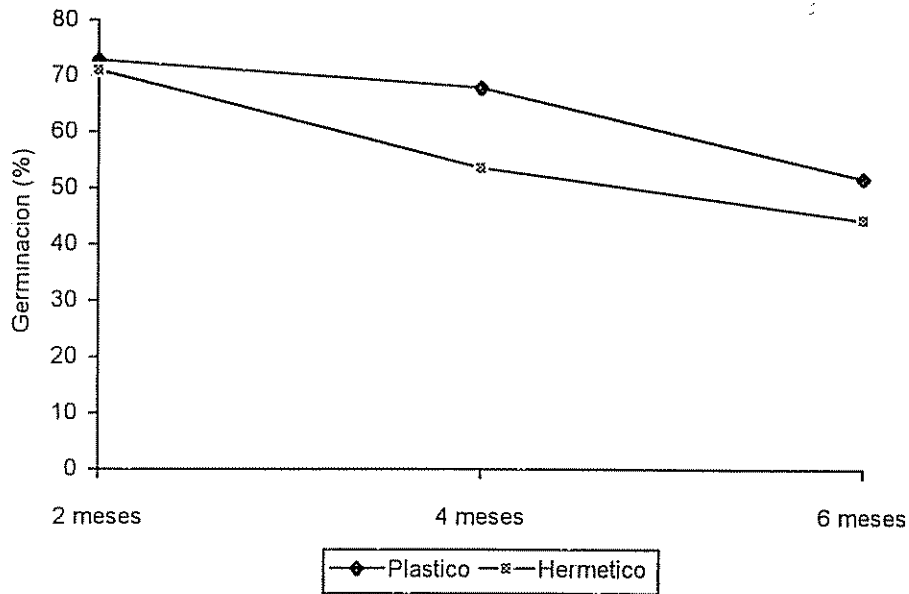


Figura 4. Efecto del almacenamiento temporal en dos envases sobre la germinación de semillas de *Swietenia macrophylla*, evaluación a los 2, 4 y 6 meses

En la figura 5 se muestra las interacciones entre el lugar de almacenamiento x el contenido de humedad de las semillas, evaluación a los 6 meses de almacenamiento. Se observa que el mejor promedio de germinación se obtuvo con cámara (15 °C) x 4.8% de CH. Las semillas almacenadas con contenidos de humedad bajos mantienen su viabilidad por más tiempo independientemente del sitio de almacenamiento.

Al evaluar las interacciones de lugar x envase (Figura 6), se nota la gran importancia de almacenar las semillas de **caoba** en lugares con temperaturas constantes.

En la Figura 7 se observa que al combinar un contenido de humedad bajo (4.8%) con un envase hermético se obtienen buenos resultados después de 6 meses de almacenamiento.

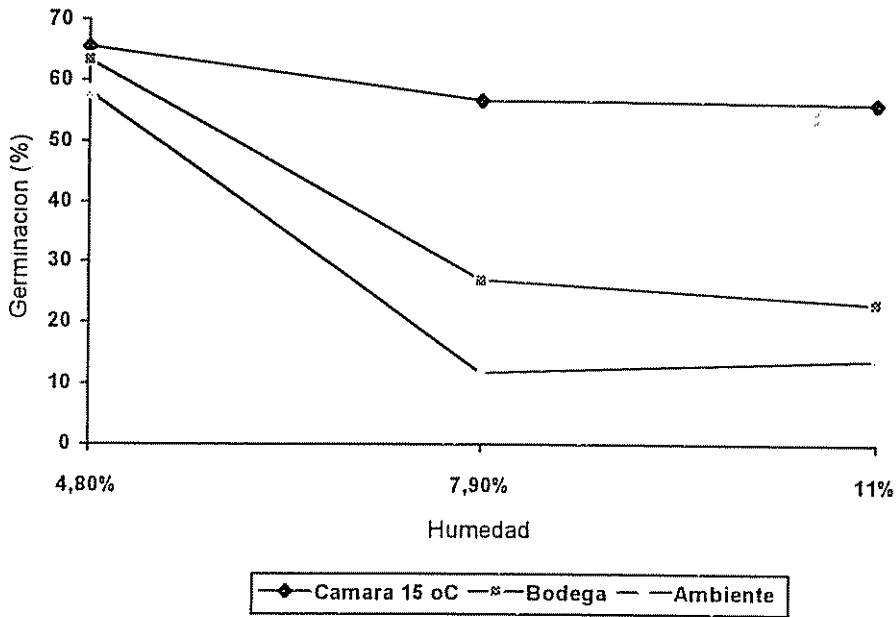


Figura 5. Efecto del lugar x el contenido de humedad en el almacenamiento temporal de las semillas de *S. macrophylla*. Datos transformados (arcoseno \sqrt{x}), evaluación a los 6 meses.

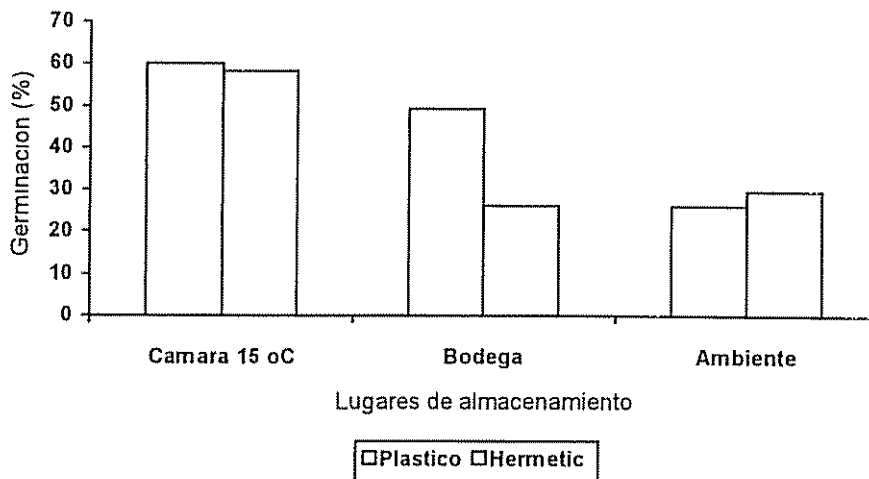


Figura 6. Efecto de los lugares x tipos de envases utilizados en el almacenamiento temporal de las semillas de *S. macrophylla*. Datos transformados (arcoseno \sqrt{x}), evaluación a los 6 meses.

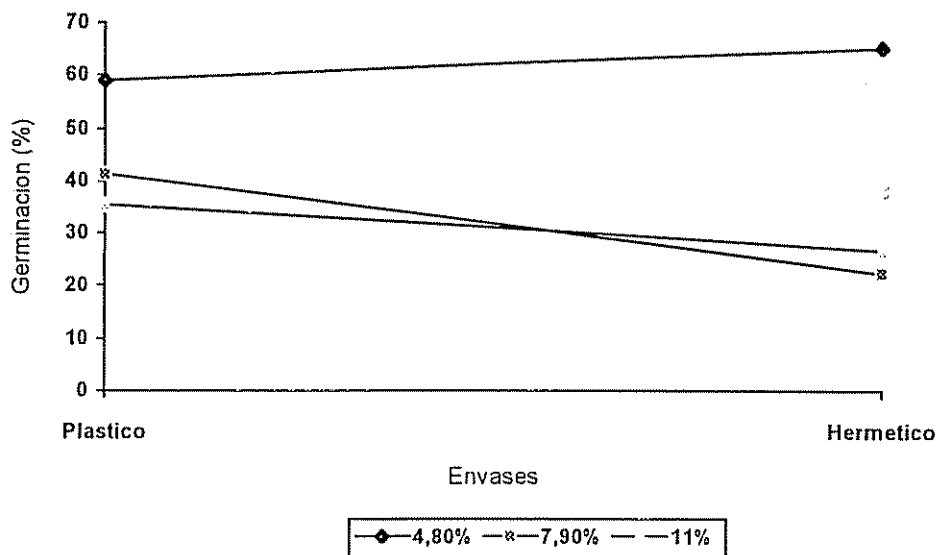


Figura 7. Efectos del contenido de humedad x tipo de envase utilizados en el almacenamiento temporal de las semillas de *S. macrophylla*. Datos transformados ($\arccos \sqrt{x}$), evaluación a los 6 meses.

4.1.4. Pruebas de laboratorio

4.1.4.1. Pruebas de rutina

Los resultados del análisis de la calidad física del **caoba** se resumen de la siguiente manera:

Contenido de humedad (CH)	= 4.8 %
Pureza	= 98.85 %
Peso mil semillas	= 478.12 g
No. de semillas puras por kg	= 2091
No. de semillas puras + impuras por kg	= 2068
Germinación	= 77 %
Energía germinativa	= 13 días

A nivel de laboratorio es usual que las semillas de **caoba** inicien la germinación a los 8 días y termine a los 21 días.

4.1.4.2. Efecto de la temperatura sobre la germinación

Los resultados muestran que estadísticamente existen diferencias altamente significativas entre las temperaturas probadas; no hay diferencias significativas entre las repeticiones o bloques (Cuadro A4). Los mayores porcentajes de germinación se obtuvieron con la temperatura de 30 °C; coincidiendo con los estudios de temperatura para **caoba** llevadas a cabo por (Garza López De Jara y Ortega, 1980). La temperatura de 26 °C, presentó los más bajos resultados (Figura 8).

A 30 °C de temperatura se logró un 83.6% de germinación acumulada a los 21 días y a 26 °C el porcentaje fue de 63.3%.

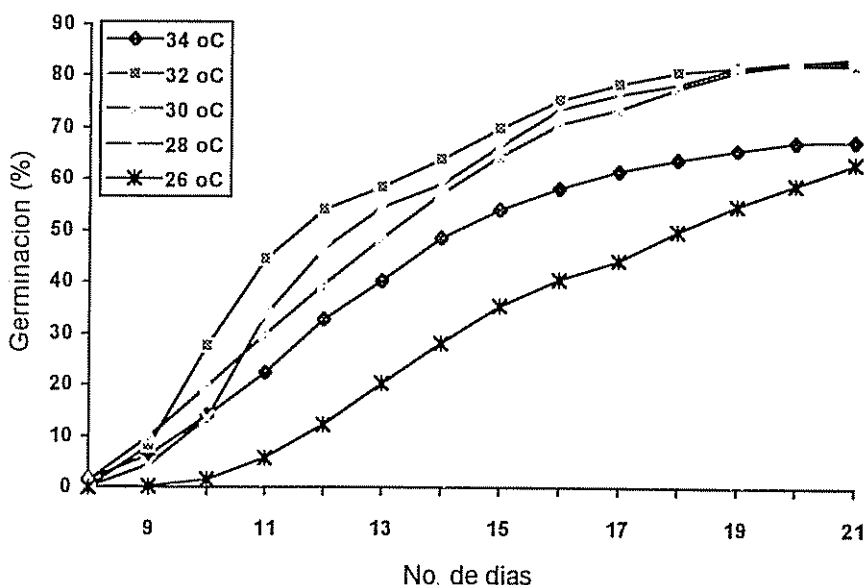


Figura 8. Efecto de la temperatura en la germinación de semillas de *Swietenia macrophylla*.

Las pruebas de medias de los tratamientos (Duncan) muestran que no existen diferencias significativas entre 28, 30 y 32 °C de temperaturas y que entre estas temperaturas comparada con la de 34 °C y 26 °C la diferencia es altamente significativa (Cuadro A4).

A excepción de la temperatura de 26 °C el valor máximo de la velocidad de germinación diaria se alcanzó entre los 15 y 16 días. Se observa en el Cuadro 8 que los valores de la velocidad y el valor germinativo son similares para las temperaturas de 28 a 32 °C. A medida que la temperatura aumenta de 32 a 34 °C tanto el porcentaje de germinación como el valor germinativo empiezan a disminuir, lo cual coincide con (Garza López de Jara y Ortega , 1980), donde mencionan que la solubilidad del oxígeno disminuyen cuando la temperatura es elevada, al disminuir la temperatura a 26 °C también se observa una disminución en la germinación, y sobre todo la velocidad de germinación se ve afectada negativamente, las semillas germinan lentamente y solo las más vigorosas.

Cuadro 8. Efecto de la temperatura en la velocidad y valor germinativo de las semillas de *Swietenia macrophylla*.

Tratamientos	Velocidad de germinación	Germinación	Valor germinativo
	VG	Día	(%)
34 °C	3.6	15	67.7
32 °C	4.7	15	82.5
30 °C	4.4	16	83.7
28 °C	4.6	16	83.0
26 °C	3.0	20	63.3

Se observa que la semillas de **caoba** germinan perfectamente en un rango de temperatura de 28 a 32 °C.

4.1.4.3. Efecto de los sustratos, pH y luz sobre la germinación

Sustratos

Los resultados indican que existen diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre los tres sustratos probados (Cuadro A5); los mejores resultados se obtuvieron con la mezcla de tierra y arena en proporción 1:1, seguida del sustrato arena; los resultados en papel germinador fueron los más bajos. Este último además, presentó problemas de infestación de hongos (Figura 9).

Con la mezcla tierra arena se logró un 77.4% de germinación acumulada a los 21 días y con el papel germinador 61.3%

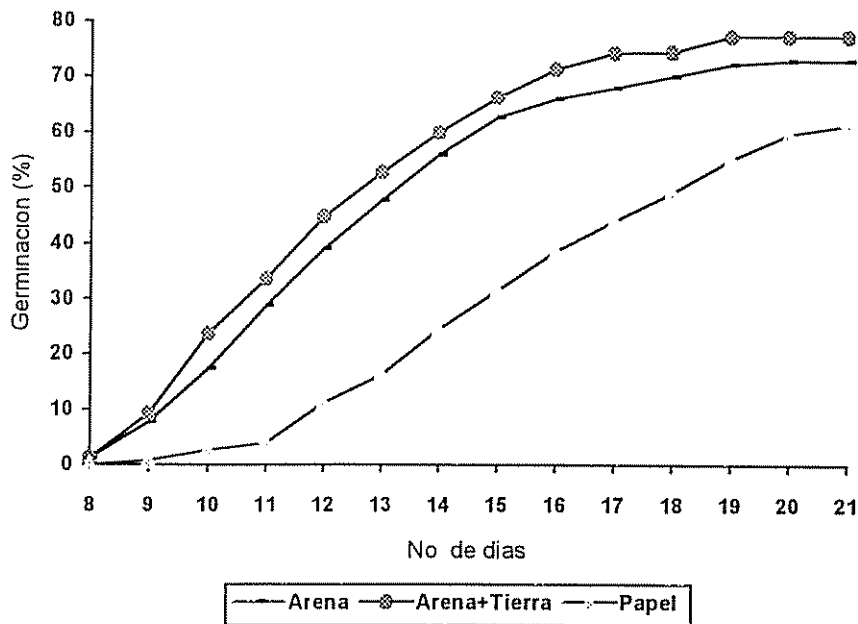


Figura 9 Efecto de los sustratos en la germinación de semillas de *Swietenia macrophylla*.

Los promedios de los tratamientos según la prueba de Duncan muestran que estadísticamente las diferencias entre los sustratos arena-tierra y arena vs papel germinador son altamente significativa y que entre los sustratos de arena-tierra y arena no hubo diferencias significativas (Cuadro A5).

Para los sustratos arena-tierra y arena, el valor pico de la velocidad de germinación diaria se obtuvo a los 16 y 15 días respectivamente; no obstante para el papel germinador se alcanzó a los 20 días, prácticamente al final del ensayo. También se observa en el Cuadro 9 y Figura A2 que el mejor porcentaje de germinación y valor germinativo correspondió a la mezcla de arena:tierra.

pH del medio

Estadísticamente no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos probados (Cuadro A5). La **caoba** germinó igual con sustratos de pHs ácidos (4), que con sustratos básicos (10) (Figura 10).

Los promedios de germinación alcanzados fueron de 72%, 71.5% y 68.3% para pH de 4, 7 y 10 respectivamente.

El efecto de los diferentes niveles de pH en la velocidad de germinación fueron similares para los tres tratamientos (Figura A3). El valor germinativo también fue similar para los tres tratamientos (Cuadro 9)

luz

Se encontró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las horas luz probadas (Cuadro A5); los promedios más altos se lograron con luz alterna (16 horas luz, 8 sin luz) (Figura 11)

Con el tratamiento de luz controlada (16 horas luz, 8 sin luz) se logró un 72.9% de germinación acumulada a los 21 días y con luz permanente durante 24 horas el porcentaje fue de 68.2%.

El máximo valor de la velocidad de germinación diaria se obtuvo a los 16 días para ambos tratamientos (Figura A4). El vigor de la germinación resultó mejor para luz alterna (Cuadro 9).

Cuadro 9. Efecto de los sustratos, pH del medio y luz en la velocidad y valor germinativo de las semillas de *Swietenia macrophylla*.

Tratamientos	Velocidad de germinación		Germinación	Valor germinativo
	VG	Día	(%)	<u>Diavanshir</u> <u>Pourbeik</u>
Arena:tierra	4.5	16	77.4	26.4
Arena	4.2	15	73.1	22.7
Papel	3.0	20	61.3	10.2
pH ₄	3.8	16	72.0	20.3
pH ₇	3.7	16	71.5	19.4
pH ₁₀	3.5	16	68.3	17.9
Luz 24 horas	3.6	16	68.2	18.0
Luz 16 horas	3.8	16	72.9	20.4
Arena:tierra*luz 16 horas	4.1	16	75.2	23.3
Arena:tierra*luz 16 h*pH ₄	4.8	15	82.5	29.8

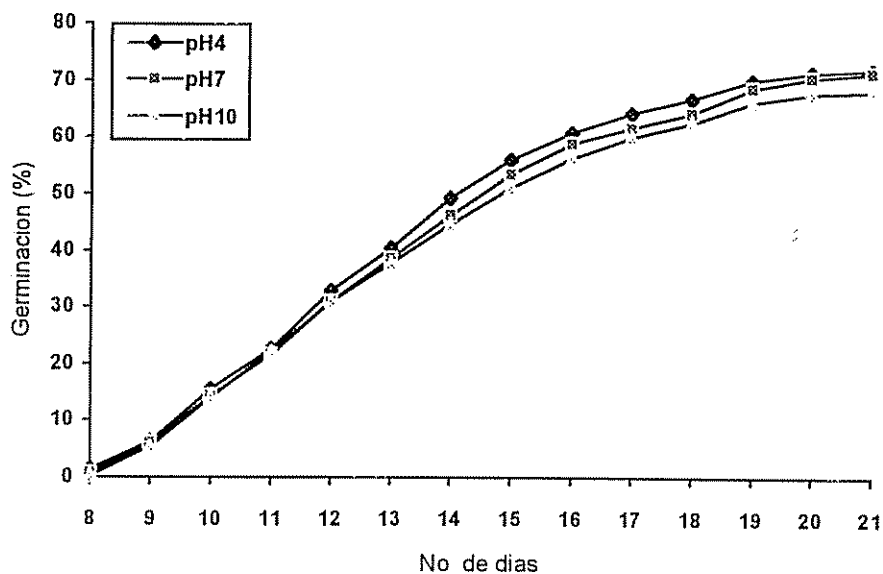


Figura 10. Efecto del pH del sustrato en la germinación de semillas de *Swietenia macrophylla*.

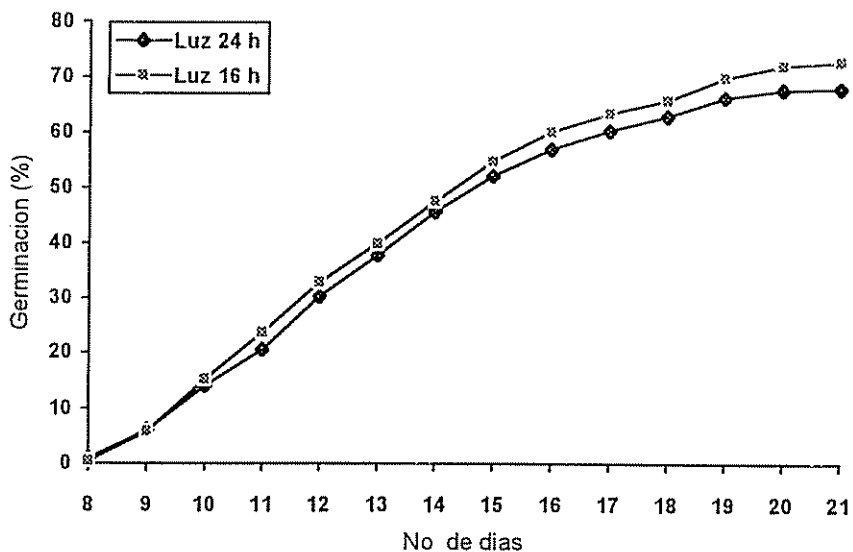


Figura 11. Efecto de la luz sobre la germinación de semillas de *Swietenia macrophylla*.

Se encontró diferencias significativas para la interacción de sustrato x luz. La combinación tierra:arena y luz alterna resultó mejor. La peor combinación se obtuvo con papel y luz 24 horas (Cuadro A5).

Según el Cuadro 9, la mayor velocidad y valor germinativo se obtuvo al utilizar el sustrato de tierra:arena.

Este aumento en la germinación se debió posiblemente a que la tierra usada como sustrato permite proveer adecuadamente agua y oxígeno a las semillas, el papel no es recomendable para germinar semillas grandes ya que algunas partes de la superficie de la semilla no están en contacto con el papel, reseca y muere. De igual manera las semillas de **caoba** en condiciones naturales germinan mejor bajo sombra, sin la exposición directa de la luz, por lo tanto unas horas sin luz ayudaron a su germinación. Aunque no hubo diferencias significativas entre los diferentes pH, pareciera ser que el HCl que se utilizó para calibrar el pH₄ (ácido), surtió algún efecto en las reacciones bioquímicas que se llevan a cabo durante la germinación.

4.1.4.4. Efecto de los tratamientos pregerminativos en la germinación

Estadísticamente se determinó que existen diferencias significativas entre los tratamientos probados (Cuadro A6); los mejores resultados de germinación al final del ensayo se obtuvieron al imbibir las semillas de **caoba** en agua durante 24 horas (Figura 12), sin embargo las imbibiciones en diferentes concentraciones de giberelina aumentaron la velocidad de germinación y su vigor.

Con el tratamiento pregerminativo físico (imbibición en agua durante 24 horas) se logró un 77.0% de germinación acumulada a los 21 días y con el corte de las semillas el porcentaje fue de 64.5%.

El resultado de las curvas de imbibición obtenidas en las pruebas preliminares muestran que para asegurar una adecuada absorción de las soluciones de giberelina por las semillas de **caoba**, fue necesario mantenerlas imbibidas durante 26 horas.

No se observó diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes concentraciones (10, 100 y 500 ppm) de giberelina utilizadas; los porcentajes de germinación fueron de 72, 73 y 68.5% para 10, 100 y 500 ppm de giberelina respectivamente, que al final del experimento resultaron mayores que el testigo (sin tratamiento), cuyo porcentaje de germinación fue de 65%.

Los promedios de los tratamientos según las pruebas de Duncan también muestran que hay diferencias significativas entre agua 24 horas (T1), giberelina 100 ppm (T4) y giberelina 10 ppm (T3) vrs giberelina 500 ppm (T5), testigo (T2) y corte (T6); además la prueba muestra que no hay diferencias entre los tratamientos hormonales (T3, T4 y T5) (Cuadro A6).

Para los tratamientos pregerminativos hormonales (10, 100 y 500 ppm de giberelina), el valor máximo de la velocidad de germinación diaria se obtuvo entre los días 9 y 11, no obstante para el testigo la velocidad de germinación se alcanzó a los 17 días (Cuadro 10) y (Figura A5).

Cuadro 10. Efecto de los tratamientos pregerminativos en la velocidad y valor germinativo de semillas de *Swietenia macrophylla*.

Tratamientos	Velocidad de germinación		Germinación	Valor germinativo
	VG	Día	(%)	<u>Diavanshir Pourbeik</u>
Agua 24 horas	4.8	13	77.0	25.0
Testigo	3.4	17	65.0	14.0
Gib. 10 ppm	5.4	11	72.0	26.7
Gib. 100 ppm	5.8	10	73.0	30.3
Gib. 500 ppm	6.1	9	68.5	29.4
Corte	3.4	17	64.5	13.8

Se observa en el Cuadro 10 que a pesar que la germinación total al final del ensayo fue mejor para el tratamiento "agua 24 horas" (77%), el valor germinativo fue menor que el valor de los tratamientos con giberelina, esta diferencia se debió a que las semillas tratadas con giberelina germinaron más rápido y en menor tiempo.

Para los tratamientos pregerminativos con giberelina, la germinación se inició primero y el tiempo de germinación fue menor, empezando la germinación a los 4 días y terminando a los 15 días (Figura A5). Aquí la velocidad de germinación o energía germinativa toma gran importancia ya que probablemente sólo las semillas que germinan con rapidez y vigor en condiciones favorables de laboratorio serán capaces de producir plántulas normales en las condiciones de vivero, en donde una germinación débil o retrasada suele tener consecuencias negativas (Aldous 1972, citado por Willan 1991).

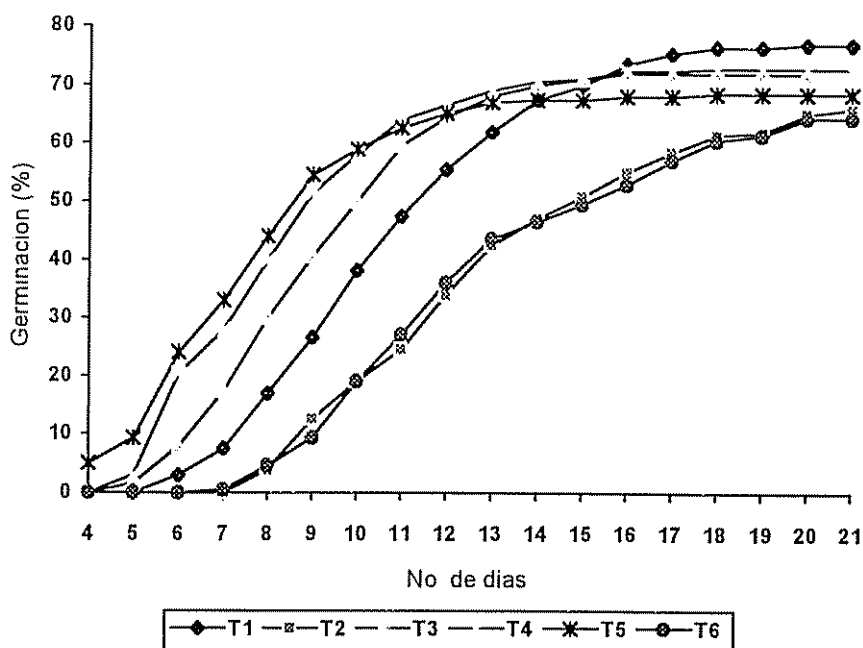


Figura 12. Efecto de los tratamientos pregerminativos sobre la germinación de semillas de *S. macrophylla*.

T1 = Agua 24 horas

T2 = Testigo (Sin tratamiento)

T3 = Giberelina 10 ppm

T4 = Giberelina 100 ppm

T5 = Giberelina 500 ppm

T6 = Corte

4.1.4.5. Prueba final de germinación en laboratorio

El porcentaje de germinación obtenido fue de 85%, el cual se comparó con la germinación obtenida en la prueba de rutina, con los resultados obtenidos en las pruebas rápidas y con los resultados de vivero.

4.1.5. Resultados de germinación en vivero

Se determinó que estadísticamente existen diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre los tres tratamientos probados (Cuadro A7). La polisombra de mallas de zarán con 65% de exposición a los rayos mostró los mejores resultados y el tratamiento a pleno sol produjo la germinación más baja (Figura 13).

La germinación se inició a los 16 y 17 días para los tratamientos de 65 y 25 % de exposición a rayos solares respectivamente y a los 18 días para el tratamiento a pleno sol; en todos los casos finalizó a los 45 días. Con una exposición a los rayos solares de 65% se logró un 79.5% de germinación acumulada al final del ensayo y con el tratamiento a pleno sol el porcentaje fue de 49.5%. Los promedios de los tratamientos según las pruebas de Duncan muestran que hay diferencias altamente significativas entre el 65% de exposición a los rayos solares y los otros dos tratamientos (Cuadro A7)

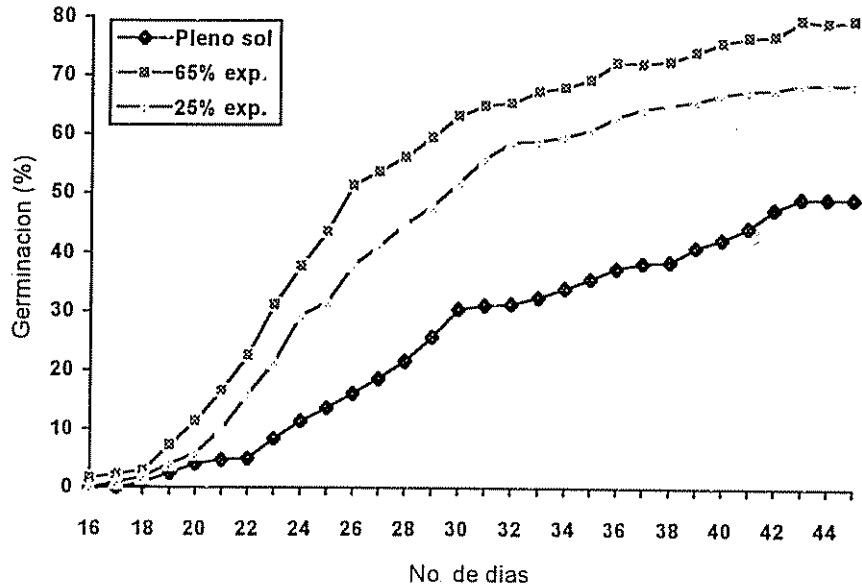


Figura 13. Efecto de la luz solar en la germinación de semillas *Swietenia macrophylla* a nivel de vivero.

Para los dos tratamientos en donde se usó polisombra de zarán (65 y 25% de exposición) el valor máximo de la velocidad de germinación diaria se obtuvo a los 30 y 31 días y para el tratamiento a pleno sol se alcanzó a los 39 días, prácticamente al final del ensayo (Figura A6). Estos resultados parecen demostrar que las semillas de **caoba** responden a estímulos de luz (fotoblásticas), pero que una exposición directa por mucho tiempo inhiben la germinación.

Cuadro 11. Efecto de la luz solar en la germinación de semillas de *Swietenia macrophylla*.

Tratamientos	Velocidad de germinación		Germinación (%)	Valor germinativo
	VG	Día		
65% de exp.	2.1	30	79.7	12.5
25% de exp.	1.9	31	68.7	8.9
exp. completa	1.1	39	49.5	3.6

Los resultados de la comparación del peso de materia seca entre tratamientos en vivero muestran diferencias altamente significativas (Cuadro A8).

El tratamiento de 65% de exposición a los rayos solares presentó el más alto promedio de peso de materia seca (7.587 g), seguida de 25% de exposición, con 6.075 g y exposición total con 3.992 g. Demostrando que las plántulas de **caoba** se desarrollan mejor bajo sombra.

Con base en los resultados obtenidos en el vivero y en el laboratorio se procedió a calcular la cantidad de semilla a sembrar para obtener una determinada cantidad de plántulas, se incluyó el factor F, aplicable en la fórmula tradicional relacionada por Trujillo (1986), en donde;

$$F = (V)/(L) = (79.5)/(85) = 0.94$$

F = Factor variable ó factor de seguridad

V = No. deseadas por m² y

L = No. de semillas germinadas en laboratorio

Reemplazando en la fórmula se obtiene:

$$C = (D)/(N * p * G * F)$$

$$C = (200)/(2.09 * 0.989 * 0.85 * 0.94) = 101.1 \text{ g/m}^2.$$

C = Cantidad de semilla a sembrar en gramo por m²

D = No. de semillas germinadas en el vivero

N = No. de semillas puras por gramo

P = Pureza en tanto por uno

G = Germinación en laboratorio en tanto por uno

Para obtener una cantidad de 200 plántulas por m² de eras en el vivero, se necesita sembrar en hileras 121.1 gramos de semillas de **Caoba**.

Estos datos se calculan en los análisis de rutina que se hacen periódicamente para cada especie.

4.1.6. Pruebas rápidas de *S. macrophylla*

4.1.6.1. Inspección directa o prueba de corte

El Cuadro 12 muestra los resultados obtenidos en la prueba de corte o inspección directa de semillas de **caoba**, las clases a, b, c y d fue explicada en la sección 3.5.3.1 de materiales y métodos.

Cuadro12. Resultados de la prueba de inspección directa en semillas de *S. macrophylla*.

CLASE	REPETICIONES				PROMEDIO SEMILLAS VIABLES
	1	2	3	4	
a	72	78	80	84	78.50
b	4	3	2	1	2.50
c	4	7	8	6	6.25
d	20	12	10	9	12.75
Total	100	100	100	100	100

Al sumar las clases a y b se obtuvo un 81% de semillas viables. Este porcentaje es 4% inferior a la germinación obtenida en laboratorio (85%). Al comparar los resultados de esta prueba con los de la prueba de germinación llevada a cabo en laboratorio en donde se utilizaron las condiciones mejores obtenidas: 30 oC de temperatura, mezcla de arena:tierra como sustrato, pH neutro, luz controlada, imbibición en agua durante 24 horas como tratamiento pregerminativo, y usando la tabla para compatibilidad de los ensayos (ISTA 1993, Tabla 5C), muestran que las dos pruebas son equivalentes (compatibles).

Debido a que las semillas de **caoba** son relativamente grandes, es bastante sencillo determinar como no viables, aquellas que tienen el embrión y endosperma lechoso, poco firme, mohoso, podrido, con olor rancio o semillas sin embrión, por lo

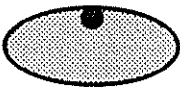




que la prueba de corte constituye un parámetro aceptable para evaluar el porcentaje de semillas viables de **caoba**. Sin embargo, el acondicionamiento y evaluación es laboriosa, se necesitaron 20 horas de trabajo para evaluar 400 semillas.

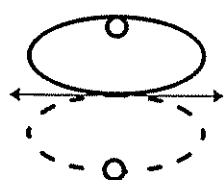
La prueba toma gran importancia cuando no existen las condiciones para hacer una prueba de germinación o otras pruebas más confiables (ejemplo, prueba al tetrazolio) o cuando se necesite conocer los resultados en un tiempo corto; en caso contrario esta prueba no debe reemplazar la prueba tradicional de germinación en donde se necesita sólo 21 días para tener los resultados. Por otro lado, el evaluador debe tener un amplio conocimiento sobre la estructura interna de la semilla de **caoba**; por ejemplo, conocer la forma, localización y tamaño del embrión

4.1.6.2. Prueba del tetrazolio

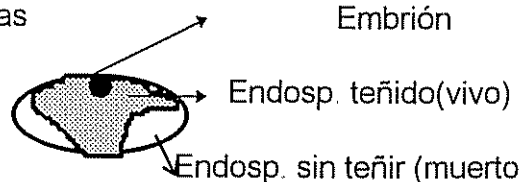
El Cuadro 13 muestra cinco diagramas de tinción para interpretar los resultados de la prueba de tetrazolio en semillas de *Swietenia macrophylla*.

Cuadro 13. Diagramas de tinción para interpretar los resultados de la prueba de tetrazolio en semillas de *S. macrophylla*.

CLASE	VIABILIDAD	DESCRIPCION	ESQUEMA
1	Viables	Semilla con teñido homogéneo: tinción roja, uniforme en el embrión y endosperma.	
2	Viables	Endosperma parcialmente teñido (más de la mitad), embrión con tinción uniforme y clara.	
3	Dudosas	Semilla con embrión teñido; menos de la mitad del endosperma teñido.	
4	No viables	Embrión sin colorear o coloreado menos de la mitad (no se toma en cuenta el resto de la semilla).	
5	No viables	Embrión y endosperma sin teñir (muertos).	



⇔ Corte longitudinal de las
semillas de caoba



El Cuadro 14 presenta los resultados obtenidos en la prueba de tetrazolio.

Cuadro 14. Resultados de la prueba de tetrazolio en semillas de *S. macrophylla*.

Clase	REPETICIONES				PROMEDIO SEMILLAS VIABLES
	1	2	3	4	
a	75	68	77	71	72.75
b	7	8	7	6	7.00
c	6	8	4	4	5.50
d	3	3	6	7	4.75
e	9	13	6	12	10.00

Para calcular el número de semillas viables, se multiplica el promedio de la clase a y b por uno y las semillas de la categoría c (dudosas) se asume que solo germinará el 50% o sea se multiplica por 0.5 de esta manera se obtiene el total de semillas viables que en este caso fue de 82.5%. Este porcentaje de 82.5 % es muy similar al resultado obtenido en el laboratorio (85%). Al hacer las comparaciones de la prueba topográfica al tetrazolio con la prueba de germinación llevada a cabo en laboratorio en donde se utilizaron las mejores condiciones probadas (30 oC de temperatura, arena:tierra en sustrato, pH neutro del sustrato, luz alterna, 24 horas en agua como tratamientos pregerminativos) muestran equivalencia (tolerancia) (ISTA 1993, Tabla 5C). Puede decirse que el tetrazolio es una prueba que da resultados confiables sobre la viabilidad de semillas de *Swietenia macrophylla*.

Steiner *et al* (1989) al comparar una serie de pruebas rápidas para determinar viabilidad en un lote de semillas, demostró que la prueba del tetrazolio es la más precisa.

4.1.6.3. Comparación del porcentaje de germinación entre experimentos

La Figura 14 muestra la viabilidad de las semillas *Swietenia macrophylla* según los diferentes ensayos realizados.

Bajo condiciones controladas, la germinación puede llegar a maximizarse; si se conocen las condiciones óptimas para cada especie en particular. Para la **caoba**, el % obtenido en la prueba de germinación de rutina (antes de conocerse las mejores condiciones de germinación de las semillas de **caoba**), fue de 77% y, posteriormente, al utilizarse las mejores condiciones encontradas en los diferentes ensayos la germinación mejoró en 9.5%, o sea la germinación aumentó a 85%.

Las pruebas rápidas permiten determinar el porcentaje de germinación de un lote de semillas, ya sea de alta o baja calidad, bajo condiciones controladas, pero ninguna prueba puede predecir la germinación a obtener en el campo, debido a las variaciones propias del ambiente, que no se puede predecir ni controlar (Moore *et al*, 1987)

En general al comparar los resultados obtenidos en laboratorio con el resto de las pruebas (inspección directa, tetrazolio y vivero) se observa que hay un ligero incremento de la viabilidad de las semillas de **caoba** al manejar la germinación en condiciones controladas, pero las diferencias son mínimas como se observa en la Figura 14.

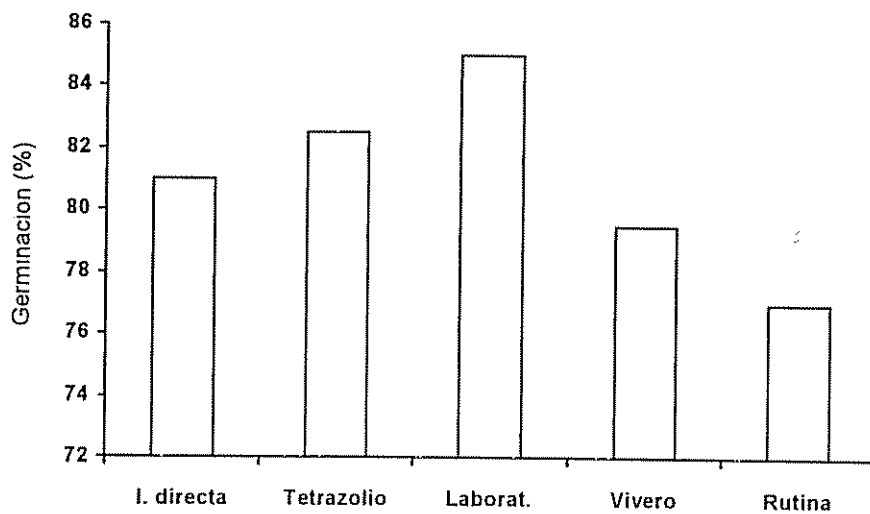


Figura 14. Viabilidad de las semilla de *S. macrophylla* según los diferentes ensayos realizados.

4.2. *Cordia alliodora*

4.2.1. Recolección de semillas

Los resultados de la recolección de semillas son presentados de acuerdo a la metodología de Jara *et al* (1994).

En el Cuadro 15 se presentan las características de los árboles.

Cuadro 15. Producción de semilla por árbol, dap, altura, peso de frutos y semillas, relación fruto/semilla de *Cordia alliodora*

Par-cela No.	Árbol No.	dap (cm)	Altura Total (m)	Diámetro de copa (m)	Peso frutos (kg.)	Peso semillas (kg.)	Rel. fruto/smlla.
1	1	42.5	29.0	9.7	8.8	1.7	5.5
1	2	45.0	26.0	13.5	9.7	1.4	6.9
3	1	50.0	32.5	17.0	20.5	2.5	8.2
3	2	53.0	38.5	14.4	7.9	0.8	9.8
3	3	54.0	39.5	18.0	6.5	1.1	5.9
3	4	53.0	37.0	17.5	15.8	2.5	6.3
4	1	44.0	29.5	12.1	9.4	0.9	10.4
4	2	42.0	32.5	14.4	8.0	0.5	20.0
4	3	33.5	31.5	12.8	7.2	1.1	7.2
4	4	35.5	31.5	8.8	4.1	0.5	8.2
	\bar{x}	45.3	31.8	13.8	9.8	1.3	8.8

Se estima que todos los árboles recolectados superaban los 20 años de edad, estos árboles aunque no son plantados, desde temprana edad son cuidados por sus propietarios, ya que en la mayoría de los casos se encuentran en sistemas agroforestales, en combinación con plantaciones de cacao o plátano; indirectamente

reciben cuidados especiales. Uno de los principales problemas en la recolección de semillas de *C. alliodora* fue encontrar árboles con todas las semillas maduras. En la mayoría de los árboles que calificaban como semilleros por sus características fenotípicas, las semillas estaban pasadas de recolección, y se desprendían solas por efecto del viento y en otros casos, aún le faltaban madurar. Si se encuentran racimos de frutos con flores blancas en cualquier parte del árbol es un indicador de que a las semillas aún le falta tiempo para madurar y si desde el suelo se ven racimos de frutos ralos es indicador de que las semillas están pasándose de maduras.

A medida que se avanzaba en la recolección fue necesario inspeccionar directa y ocularmente las semillas para evitar recolectar semillas inmaduras que en ningún caso llegaran a germinar y bajan la calidad del lote de semilla en general.

Se estimó una densidad de 77 árboles/ha. En las tres parcelas establecidas se recolectó un total de 10 árboles (20%) y se descartaron 40 árboles (80%). Se recolectó al menos un 70% del total de semillas de cada árbol seleccionado. Fue necesario recolectar por lo menos 8.8 kg. de frutos para obtener un kg. de semillas limpias (Cuadro 15).

El Cuadro 16 muestra los resultados del rendimiento de la recolección diaria de frutos y semillas de laurel.

Cuadro 16. Resumen del rendimiento diario, en la recolección de frutos y semillas de *Cordia alliodora*

Días de recolección	No. de árboles recolectados/día	dap \bar{x} (cm)	Altura \bar{x} (m)	Peso total de frutos recol/día (kg)	Peso total de semillas recol./día (kg)	Número de hombres	Jornada de trabajo (hr/d)
1	1	42.5	29.0	8.8	1.7	4	2.0
2	2	51.5	35.5	28.4	3.3	4	3.2
3	2	53.5	38.2	22.3	3.6	4	3.0
4	4	38.7	31.2	28.7	3.0	4	6.1
5	1	45.0	26.0	9.7	1.4	4	1.5
\bar{x}	2	46.2	32.7	9.8	1.3	4	3.1

La mayor cantidad de tiempo en un día normal de recolección, se invirtió en la búsqueda de rodales naturales de **laurel**, para establecer las parcelas, con árboles aptos y en buen estado de madurez, siendo el tiempo efectivo de recolección de 3.1 horas al día y sólo se logró recolectar un promedio de dos árboles diarios.

El rendimiento de la recolección de **laurel** en kg/hombre/día fue de 4.9 kg de frutos, correspondiente a 0.65 kg de semillas limpias.

Los costos de recolección aumentaron significativamente debido a las distancias de los sitios de recolección, transporte de personal y frutos dentro de la zona de recolección y debido a las distancias que se debió recorrer entre parcelas (rodales), que en algunos casos fueron de más de 20 km entre un rodal y otro. Los costos de recolección también son influenciados por el rendimiento obtenido de semillas.

El costo de recolección del **laurel** fue de: \$ 684.50 en mano de obra, incluye salario (2 personas), además, viáticos y hospedaje para 4 personas durante 5 días; \$

110.50 en materiales (sacos, cuerdas, etiquetas, papelería, etc.); \$ 112.00 en transporte (combustible y repuestos) y \$ 136.05 en gastos administrativos los cuales suman un total de US\$ 1043.05, o sea US\$ 80.25/kg (Cuadro 18). Estos costos fueron calculados para el BLSF y no para el productor.

4.2.2. Procesamiento de semillas

En total se recolectaron 98 kg de frutos de los cuales se obtuvo 13 kg de semillas limpias. El rendimiento de la limpieza totalmente **manual** fue de 4.7 kg/hora/hombre y la limpieza **semi-mecánica** fue de 4.0 kg/hora/hombre. El porcentaje de pureza fue similar para ambos métodos (99.11%),

El Cuadro 17 muestra los resultados sobre la relación entre el contenido de humedad y el tiempo de secado utilizando el método natural (sol) y artificial (secadora de semilla).

Cuadro 17. Tiempos de secado de semillas de *C. alliodora* utilizando el método tradicional (sol) y método artificial (secadora de semillas).

Natural (sol)			Artificial (secadora)		
CH (%)	Horas de secado	No. de días de secado	CH (%)	Horas de secado	No. de días de secado
44.5	4.5	1	44.5	21	
35.2	4.5	1	26.8	6	
24.5	5.0	1	15.4	6	
13.0	3.0	1	10.8	6	
10.9	5.0	1	7.0	4	
9.9	6.0	1	6.5	12	
6.5			6.1	20	
			4.3		
Total	28	6		75	3.1

Aunque el tiempo de secado al sol (natural), esta altamente influenciado por las condiciones climáticas del área, tiene la ventaja que es más económico.

El lote que fue secado al sol (6.5 kg de semillas de laurel) tardó 6 días para bajar su contenido de humedad a 6.0%, aunque en los 6 días fueron expuestas al sol 28 horas. Esto dificulta el secado y aumenta los costos de procesamiento ya que es necesario contratar un trabajador manual para que coloque las semillas al sol y este pendiente de las condiciones climáticas existentes. Con la secadora artificial independientemente de las condiciones climáticas se necesitó 2.5 días (55 horas continuas), para que el lote de semillas (6.5 kg) llegara a un contenido de humedad de 6.1%. El CH de 4.3% que se observa en el Cuadro 17 se hizo para algunos

tratamientos en pruebas de almacenamiento tratadas más adelante y se necesitó 20 horas más para llegar a este contenido de humedad.

Uno de los cuidados que se debe tener en el secado al sol de semilla de *Cordia alliodora* es que cada día que se está secando se debe guardar las semillas durante las noches en envases herméticos para que no absorban humedad y no atrasen el tiempo de secado. En una sola noche las semillas de laurel pueden absorber tanta humedad que aumentan su contenido de humedad hasta un 2 a 3%.

Con base en los resultados obtenidos, se observa que la cantidad de frutos y semillas no influyen en los costos de procesamiento, cuesta lo mismo procesar 50 kg de frutos o 200 kg. No obstante, para secado al sol, las condiciones climáticas existentes pueden ocasionar aumento en los costos si son adversas y las semillas no puedan secarse rápidamente.

Los costos directos totales de procesamiento de semillas de laurel fueron de \$ 76.50 (Cuadro 18) para un total de 13.0 kg de semillas procesadas. Esto equivale a un costo de procesamiento de US\$ 5.88/kg.

Cuadro 18. Resumen de los costos totales de recolección y procesamiento de 13 kg de semillas de *Cordia alliodora*.

Actividades	Mano de obra			Materiales	Transporte	Adm 15%	Costo Total	Costo/kg
	Días	Costo Total*	Viát. hosp.					
	costo \$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Costos de recolección	5 26.50	132.50	552.00	110.50	112.00	136.05	1043.05	80.25
Costos de procesamiento	7 6.50	45.50	0.00	21.00	0.00	10.00	76.50	5.88
Totales		178.00	552.00	131.50	112.00	136.05	1119.50	86.13

* Incluye prestaciones

La tasa de cambio que se utilizó para realizar éstos cálculos fue de 175 colones por un US\$, marzo de 1995.

Actualmente el costo de venta de un kg de semilla de **laurel**, según el catálogo de semillas forestales, CATIE (1994) es de \$ 80.00. No se incluyen los costos de almacenamiento, depreciación del equipo, ni renta de instalaciones.

4.2.3. Almacenamiento temporal de semillas

Las pruebas de almacenamiento temporal fueron realizadas con el propósito de determinar las mejores condiciones en que se puede almacenar las semillas de **laurel** por corto tiempo, sin perjudicar su viabilidad, con un mínimo de esfuerzo y de costos.

Los resultados muestran que estadísticamente existen diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre los tres sitios probados, entre los tres contenidos de humedad probados y también entre las dos épocas de evaluación (Cuadro A9).

También los promedios de los tratamiento (prueba de Duncan) muestran que las diferencias entre la cámara de almacenamiento de 15 oC y los otros dos tratamientos son altamente significativas y que existen diferencias significativas entre el almacenamiento en la bodega y el almacenamiento al ambiente (Cuadro A9).

Los promedios de los tratamientos según la prueba de Duncan muestran diferencias altamente significativas entre las semillas de **laurel** que fueron almacenadas con contenidos de humedad de 4.3% (bajo), 8.1% (medio) y 13% (alto) (Cuadro A9). De igual manera, las pruebas muestran que las diferencias no son significativas entre los dos envases utilizados (bolsas plásticas y envase hermético 'pichingas'); pero que si hay estadísticamente diferencias altamente significativas entre las dos épocas de evaluación (2 y 4 meses) (Cuadro A9).

La Figura 15 muestra la disminución en la germinación a medida que las semillas envejecen y de acuerdo a los lugares de almacenamiento. Para

almacenamiento en cámara a 15 °C, la germinación inicial fue de 53.7%, y a los 4 meses fue de 14.5%. Para el almacenamiento en bodega a los 4 meses fue de sólo 3.7%, prácticamente todas las semillas murieron. La tendencia fue similar para las semillas de laurel almacenadas al ambiente.

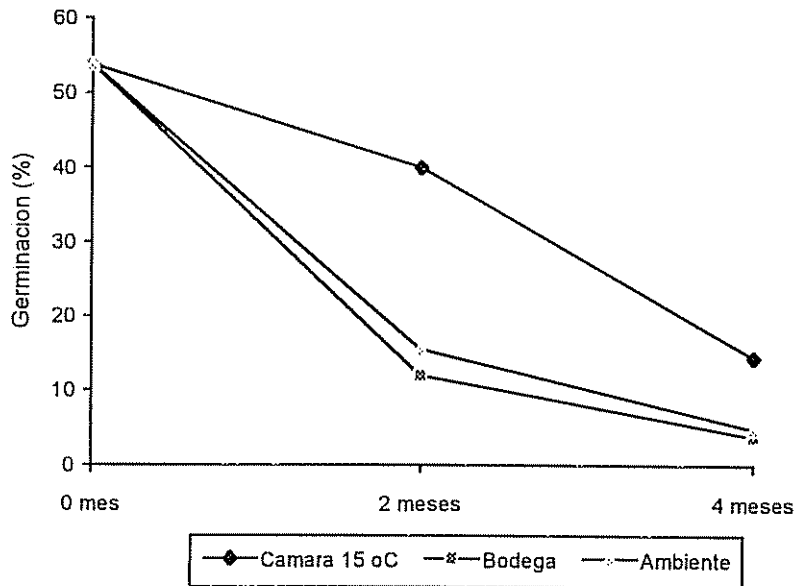


Figura 15. Efecto de tres lugares de almacenamiento temporal en la germinación de semillas de *Cordia alliodora*, evaluación a los 2 y 4 meses.

Los porcentajes promedios de germinación de acuerdo a los tres contenidos de humedad (CH) probados y la evaluación bimensual se presentan en la Figura 16. Se observa la disminución en la germinación a medida que las semillas envejecen, llegando a niveles muy bajos.

Los tipos de envases utilizados, (bolsas plásticas y envases herméticos 'pichingas'), no permitieron mantener el contenido de humedad inicial (CHI) estable y este cambió con el tiempo. Las semillas que fueron almacenadas en envase hermético aumentaron su contenido de humedad al final de los 4 meses con respecto al contenido de humedad inicial. Semillas almacenadas con contenido de humedad

inicial de 13% aumentaron a 17.1%, de 8.1% a 10% y de 4.3% a 6.6%. A excepción de las semillas almacenadas con contenido de humedad de 13% que al final del ensayo (4 meses), bajaron a 12.7% la tendencia fue similar para las semillas almacenadas en bolsas plásticas: ejemplo de 8.1% subió a 10.6% y de 4.3% a 7.2% (Figura A7).

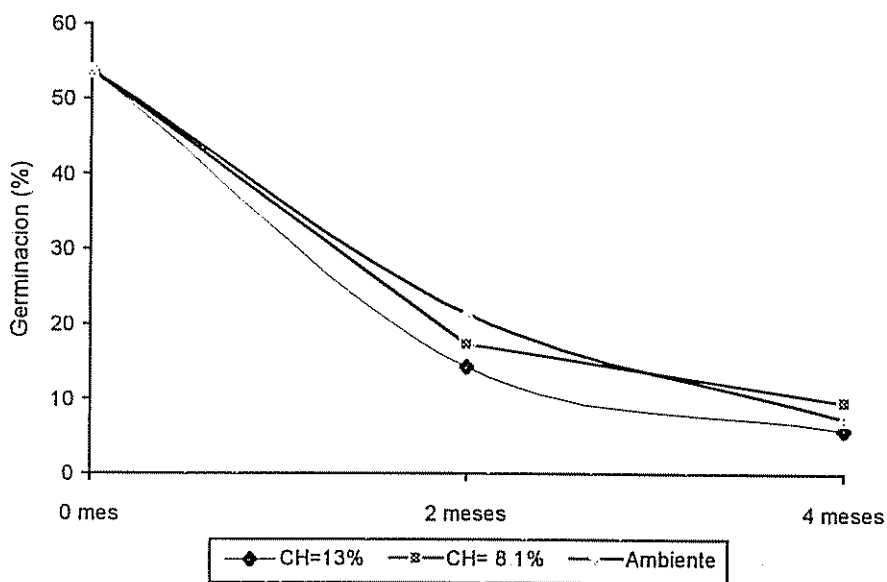


Figura 16. Efecto del almacenamiento temporal utilizando tres contenidos de humedad en la germinación de semillas de *Cordia alliodora*, evaluación a los 2 y 4 meses.

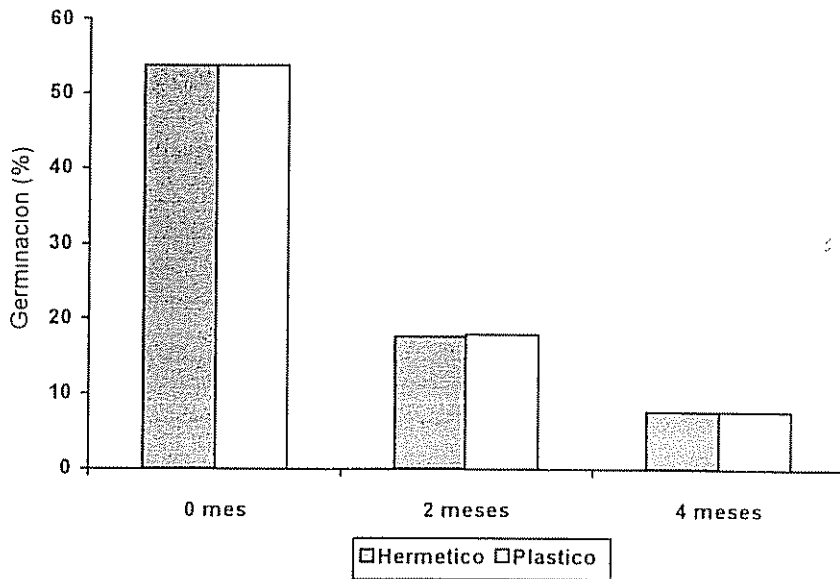


Figura 17. Efecto del almacenamiento temporal utilizando dos envases en la germinación de semillas de *Cordia alliodora*, evaluación a los 2 y 4 meses

Los porcentajes promedios de germinación de acuerdo a los dos envases utilizados y la evaluación bimensual se presentan en la Figura 17, donde la germinación promedio al final de los 4 meses de almacenamiento fueron similares, prácticamente todas las semillas murieron

Finalmente puede decirse que ninguno de los tratamientos probados lograron detener el proceso de envejecimiento de las semillas de laurel, se debió sobre todo a las altas temperaturas de los sitios probadas Triviño *et al* recomienda almacenar las semillas de laurel a temperaturas de 2 a 5 °C. En condiciones naturales las semillas de laurel pierden su viabilidad en un par de semanas

4.2.4. Pruebas de laboratorio

4.2.4.1. Pruebas de rutina

Los resultados del análisis de la calidad física del **laurel** se resumen de la siguiente manera:

Contenido de humedad (CH)	= 6.5 %
Pureza	= 99.11 %
Peso mil semillas	= 9.69 g
No de semillas puras por kg	= 103,199
No de semillas puras + impuras por kg	= 102,354
Germinación	= 45 %
Energía germinativa	= 17 días

En el laboratorio es usual que las semillas de **laurel** inicien la germinación a los 9 días y termine a los 25 días

Las cajas germinadoras se mantuvieron cerradas para evitar pérdida de humedad y sólo fueron regadas una vez; el exceso de humedad causa pudrición de las semillas y la falta de humedad retrasa la germinación.

4.2.4.2. Efecto de la temperatura en la germinación

Los resultados muestran que existen diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre los tres tratamientos probados; no hay diferencias significativas entre las repeticiones o bloques (Cuadro A10). Los porcentajes más altos se obtuvieron con la temperatura de 30 °C; la temperatura de 34 °C mostró la germinación más baja (Figura 18)

A 30 °C de temperatura se logró un 52.7% de germinación acumulada a los 25 días y a 34 °C el porcentaje fue de 33.5%.

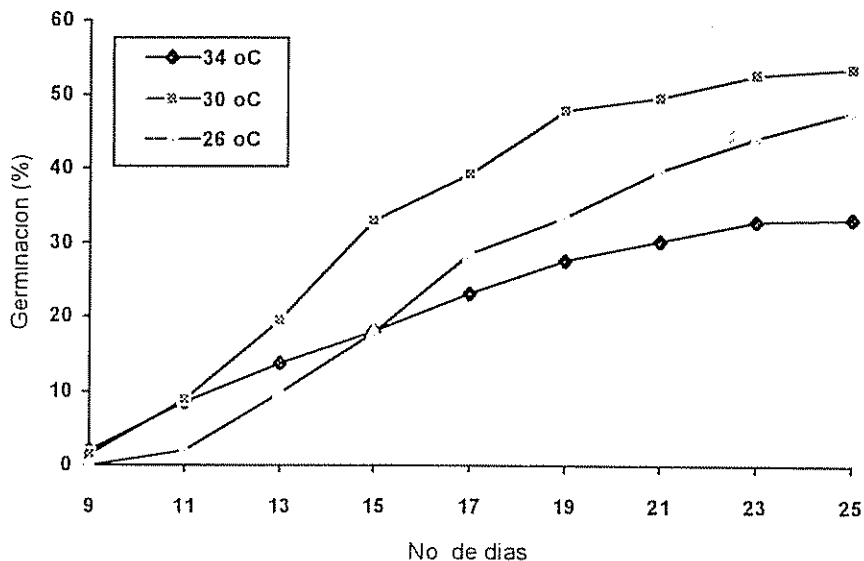


Figura 18 Efecto de la temperatura en la germinación de semillas de *Cordia alliodora*.

Los promedios de los tratamientos según las pruebas de Duncan muestran que existen diferencias altamente significativas al nivel 0.01 entre las temperaturas de 30 °C, 26 °C y la temperatura de 34 °C, también muestra que las diferencias entre 26 °C y 30 °C son significativas (Cuadro A10)

El efecto de la temperatura también fue mostrado en la velocidad de germinación y el valor germinativo, para la temperatura de 30 °C el máximo valor de la velocidad de germinación diaria se obtuvo a los 18 días (Figura A8). El valor germinativo también fue mejor para 30 °C (Cuadro 19)

Cuadro 19. Efecto de la temperatura en la velocidad y valor germinativo de las semillas de *Cordia alliodora*.

Tratamientos	Velocidad de germinación		Germinación (%) :	Valor germinativo	
	VG	Día		<u>Diavanshier</u>	<u>Pourbeik</u>
34 °C	1.5	18	33.2	3.9	
30 °C	2.5	18	53.5	10.0	
26 °C	1.9	20	47.0	5.9	

Dado que la diferencia fue de 8 °C entre las temperaturas extremas (26 y 34 °C), se decidió con base en los resultados montar otro experimento utilizando temperaturas de 28, 30 y 32 °C. La (Figura 19) muestra los resultados que indican que no existen diferencias significativas entre éstas tres temperaturas utilizadas. Tampoco se encontró diferencias en la velocidad y valor germinativo de estas tres temperaturas. Se observa que la mejor temperatura para la germinación del laurel es de 28 °C y ésta puede variar de 28 a 32 oC sin influir en la germinación (Figura 19).

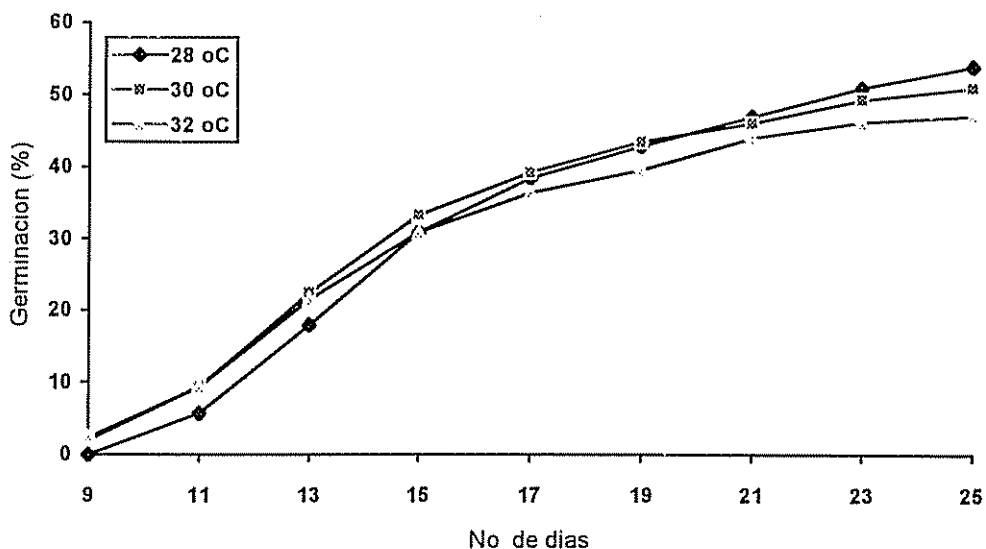


Figura 19. Efecto de la temperatura en la germinación de semillas de *Cordia alliodora*.

4.2.4.3. Efecto de los sustratos, pH y luz en la germinación

Sustratos

Se determinó que estadísticamente existen diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre los tres sustratos utilizados (Cuadro A11); los mejores resultados se obtuvieron con el papel toalla, seguida de arena; los resultados con la mezcla arena:tierra fueron los más bajos (Figura 20).

Con el papel toalla se logró un 46.0% de germinación acumulada a los 25 días y con la mezcla arena:tierra el porcentaje fue de 38.5%. A pesar de que el papel mostró el más alto % de germinación, su uso es cuestionable en la germinación de semillas de **laurel**, ya que hubo muchos problemas con la proliferación de hongos, causantes inclusive de la muerte de algunas semillas. La proliferación de hongos fue controlada con Dithane M-45 (fungicida) en dosis de 10 g/litro de agua.

Las pruebas de Duncan para medias de los tratamientos de muestran que hay diferencias significativas entre los sustratos: papel y los otros dos tratamiento (arena:tierra y arena solamente); entre los sustratos de arena:tierra y arena no hay diferencias significativas (Cuadro A11).

pH del medio

Se determinó que estadísticamente existen diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre los tres tratamientos de pH probados; no hay diferencias significativas entre las repeticiones (Cuadro A11). Los mejores resultados se lograron con pH₁₀; el pH neutro (7) mostró la germinación más baja (Figura 21).

Con pH₁₀ se obtuvo un 45.5% de germinación acumulada a los 25 días y con pH₇ el porcentaje fue de 35.5%.

Al comparar los promedios de los tratamientos (Duncan) se determinó que existen diferencias estadísticas significativas entre pH₁₀, pH₄ y el pH₇, además, la

prueba muestra que entre los pH₁₀ y pH₄ no existen diferencias significativas (Cuadro A11).

luz

Los resultados muestran que no existen diferencias estadísticas significativas entre los dos tratamientos probados (Cuadro A11); aunque los % de germinación más altos se obtuvieron con luz permanente durante 24 horas (42% de germinación) y con luz alterna (16 horas luz, 8 sin luz) la germinación fue de 40%. Estos resultados indican que las semillas de **laurel** pueden ponerse a germinar con luz regulada cada 8 horas si las condiciones lo permiten, de lo contrario lo más práctico sería mantenerlas con luz permanente, con resultados similares.

Al comparar los promedios de los tratamientos (Duncan) se observa que no existen diferencias significativas entre los dos niveles de luz probados (Cuadro A11).

Se encontró diferencias altamente significativas para las interacciones de sustrato x pH. Con el papel germinador combinado con pH₁₀ se obtuvo la mejor combinación. También se encontró diferencias significativas para las interacciones sustrato x pH x luz. La mejor combinación se obtuvo con papel x pH₁₀ x luz alterna. Debido a los problemas ocasionado por el papel (hongos) es recomendable la segunda mejor combinación. arena x pH₄ x luz alterna (Cuadro A11).

El papel puede ser una alternativa para utilizarse como sustrato en la germinación de semillas de **laurel**, porque estas semillas son pequeñas, la proliferación de hongos se debe sobre todo a la humedad, por lo tanto se debe cuidar el exceso de humedad en el riego. El uso de fungicidas para el control de hongos es válido, sin embargo puede ocasionar efectos en la germinación por los ingredientes activos, que en algunos casos pueden promover la germinación y en otros inhibirla.

En condiciones naturales las semillas de **laurel** germinan en presencia de luz (fotoblásticas), en laboratorio las 16 horas de luz que recibieron fue suficiente para promover la germinación.

En el Cuadro 20 se observa que los efectos individuales de los sustratos , pH y luz en la velocidad de germinación son similares, a excepción del papel germinador todos alcanzaron el máximo valor de la velocidad de germinación diaria entre los 15 y 17 días. Llama la atención el hecho de que el valor germinativo del pH₇ sea más bajo que el pH₄ y pH₁₀, posiblemente se deba que el HCl y KOH, soluciones utilizadas para calibrar pH ácido y básico respectivamente, hayan causado algún efecto en las reacciones bioquímicas de la semilla llevadas a cabo durante la germinación y ayudaron en la germinación de las semillas.

Cuadro 20. Efecto de los sustratos, pH del medio y luz en la velocidad y valor germinativo en la germinación de las semillas de *Cordia alliodora*.

Tratamientos	Velocidad de germinación		Germinación	Valor germinativo
	VG	Día	(%)	<u>Djavanshir</u> <u>Pourbeik</u>
Arena:tierra	1.8	16	38.5	5.6
Arena	1.7	17	39.4	5.5
Papel	2.1	14	54.25	12.8
pH ₄	2.1	16	45.5	7.9
pH ₇	1.6	16	35.4	4.7
pH ₁₀	1.9	15	42.9	7.0
Luz 24 horas	1.9	16	42.3	6.8
Luz 16 horas	1.8	16	40.3	6.2
Papel+pH4+luz 24h	2.7	14	54.25	12.8
Arena+pH4+luz 16h	1.9	18	43.25	6.8

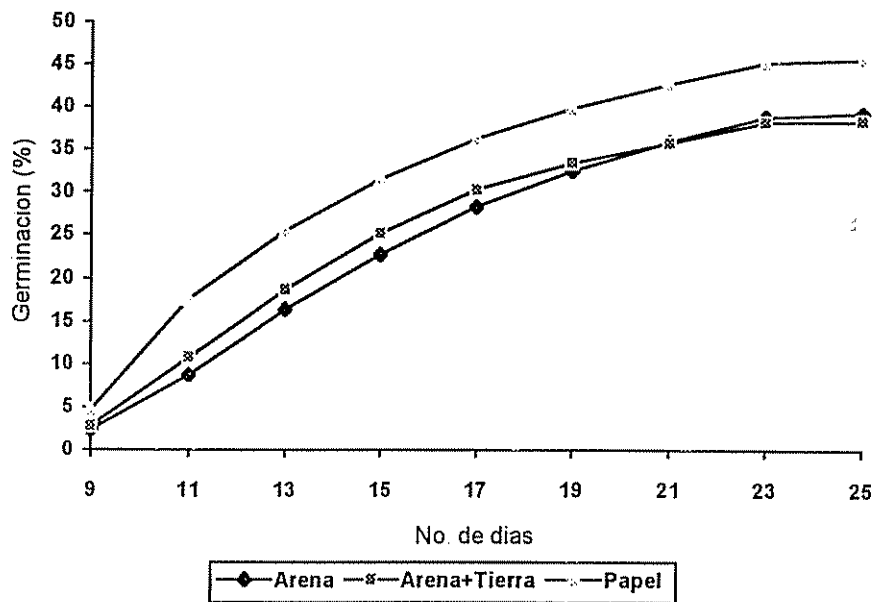


Figura 20. Efecto de los sustratos en la germinación de semillas de *Cordia alliodora*.

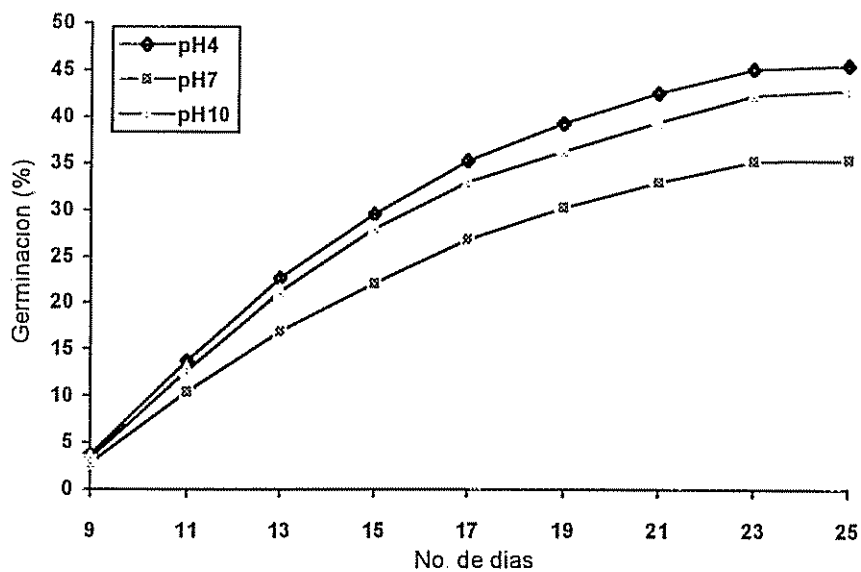


Figura 21. Efecto del pH del sustrato en la germinación de semillas de *Cordia alliodora*.

4.2.4.4. Tratamientos pregerminativos

La germinación de las semillas imbibidas en soluciones de giberelina (24 horas, 3 horas, 15 minutos y 3 minutos) y agua (24 horas) resultaron más bajas que el testigo (sin tratamiento) (Figura 22). Se supone que las semillas de laurel necesitan absorber agua lentamente, debido a su estructura, la cual tiene cavidades vacías entre el fruto y la semilla y al absorber agua en cantidades grandes se satura e inhibe la respiración ocasionando la muerte de las semillas.

Los resultados muestran que existen diferencias estadísticas significativas al nivel 0.01 entre los tratamientos probados (Cuadro A12); con el tratamiento testigo (sin tratamiento) se logró un 44.7% de germinación acumulada a los 25 días y con la imbibición en solución de giberelina (500 ppm) el porcentaje fue mucho menor (27.7%).

Tampoco se observó diferencias significativas entre las diferentes concentraciones de giberelina utilizadas; los porcentajes de germinación fueron de 32.0, 29.5 y 27.7% para 10, 100 y 500 ppm respectivamente, que al final del experimento resultaron peores que el testigo.

Al comparar las medias de los tratamientos (Duncan) se determinó que hay diferencias significativas entre el testigo (T1) y el resto de los tratamientos; además la prueba de Duncan muestran que no hay diferencias entre los tratamientos hormonales (T3, T4 y T5) (Cuadro A12).

La velocidad de germinación y el valor germinativo fue mejor para el testigo (sin tratamiento).

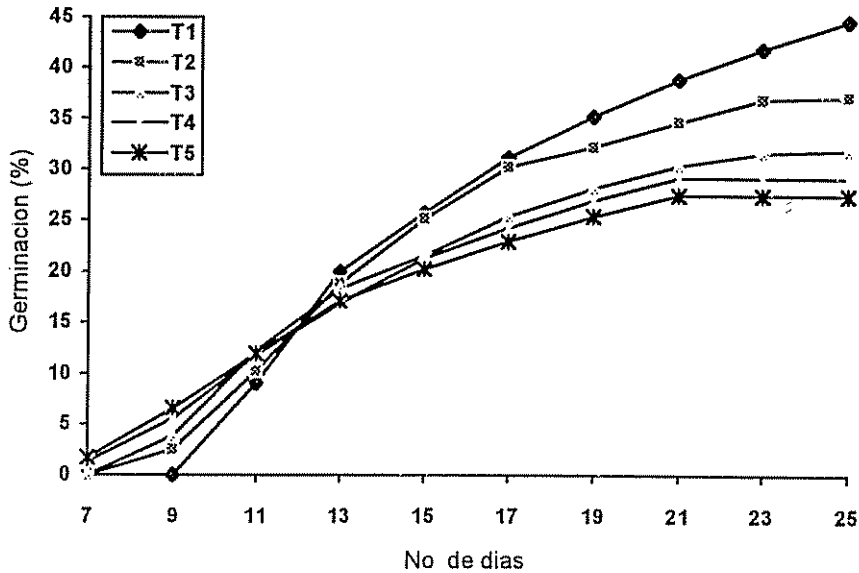


Figura 22. Efecto de los tratamientos pregerminativos en la germinación de semillas de *Cordia alliodora*.

T1 = Testigo (Sin tratamiento) T4 = Giberelina 100 ppm
 T2 = Agua, 15 minutos T5 = Giberelina 500 ppm
 T3 = Giberelina 10 ppm

4.2.4.5. Prueba final de germinación en laboratorio

El porcentaje de germinación obtenido fue de 54%, el cual se comparó con la germinación obtenida en la prueba de rutina, con los resultados obtenidos en las pruebas rápidas y el vivero.

4.2.5. Resultados de germinación en vivero

Los resultados muestran diferencias al nivel de 0.01 entre los tres tratamientos probados (Cuadro A13). La polisombra de mallas de zarán con 65% de exposición fue la mejor y el tratamiento a pleno sol la más baja (Figura 23).

La germinación se inició a los 15 días después de sembradas las semillas de laurel y terminó a los 35 días.

Con una exposición de 65% se logró un 47.5% de germinación acumulada y con el tratamiento a pleno sol el porcentaje fue de 18.5%.

Las pruebas de Duncan para de medias de tratamientos muestran que hay diferencias significativas entre la exposición completa (pleno sol) y los otros dos tratamientos. Además, no hay diferencias significativas entre 65% exposición de rayos solares (47.5% de germinación) y 25% de exposición (43.2%) (Cuadro A13).

La sombra también afectó la velocidad de germinación y el valor germinativo. Los dos tratamientos donde se usó polisombra de zarán (65 y 25% de exposición) la velocidad de germinación se obtuvo a los 24 y 25 días (Figura A9).

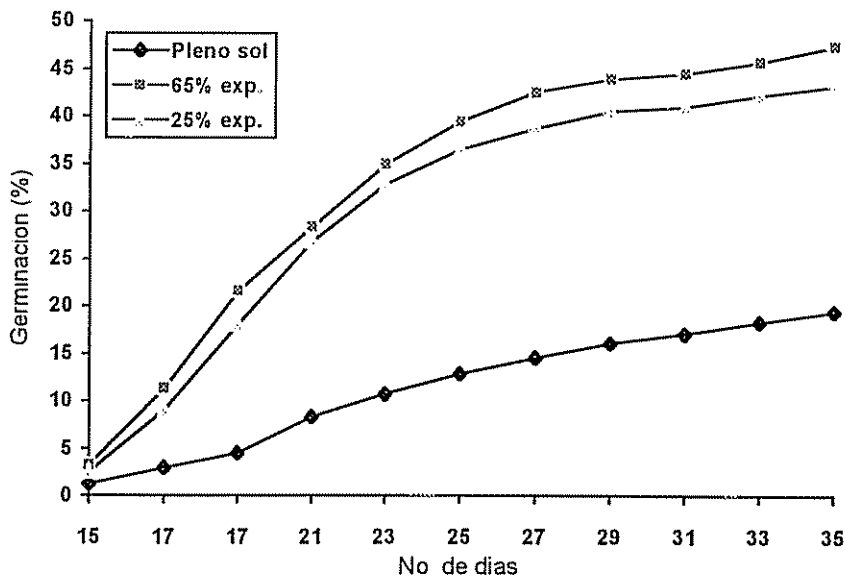


Figura 23. Efecto de la sombra en la germinación de semillas de *C. alliodora* a nivel de vivero.

El valor germinativo fue muy superior para 65% de exposición en comparación al resto de los tratamientos, valores de 0.8, 6.1 y 5.1 para exposición total, 65% y 25% respectivamente.

Con base en los resultados obtenidos en el vivero y en el laboratorio se procedió a calcular la cantidad de semilla a sembrar para obtener una determinada cantidad de plántulas. Se incluyó el factor F, el cual es un valor propio de cada vivero que indica el porcentaje de semillas a germinar en el campo en relación con el porcentaje que germina bajo condiciones controladas, Trujillo (1986), en donde;

$$F = (V)/(L) = (47.5)/(53.75) = 0.88$$

F = Factor variable ó factor de seguridad

V = No. de semillas deseadas por m² y

L = No. de semillas germinadas en laboratorio

Reemplazando en la fórmula se obtiene:

$$C = (D)/(N \cdot p \cdot G \cdot F)$$

$$C = (200)/(103.19 \cdot 0.9911 \cdot 0.5375 \cdot 0.88) = 4.13 \text{ g/m}^2.$$

C = Cantidad de semilla a sembrar en gramo por m²

D = No. de semillas germinadas en el vivero

N = No. de semillas puras por gramo

P = Pureza en tanto por uno

G = Germinación en laboratorio en tanto por uno

Para obtener una cantidad de 200 plántulas aproximadamente listas para trasplantar, se necesita sembrar en hileras 4.13 g de semillas de **laurel** por m².

Estos datos se calculan en los análisis de rutina que se hacen periódicamente para cada especie.

4.2.6. Pruebas rápidas

4.2.6.1. Inspección directa.

Dedido al tamaño tan reducido de las semillas de **laurel**, la inspección directa solo se pudo hacer con la ayuda de una lupa y un estereoscopio.

El Cuadro 21 muestra los resultados de la evaluación de las semillas de **C. alliodora** mediante inspección directa.

Cuadro 21. Resultados de la prueba de inspección directa en semillas de **C. alliodora**.

CLASE	REPETICIONES				PROMEDIO SEMILLAS VIABLES
	1	2	3	4	
a	52	50	54	51	51.75
b	14	12	11	9	11.50
c	8	6	12	14	10.00
d	26	32	23	26	26.75






Al sumar las categorías a y b se obtuvo un 63.25% de semillas viables. Esta prueba sobre estima en 9.5% la germinación obtenida en laboratorio (53.75%).

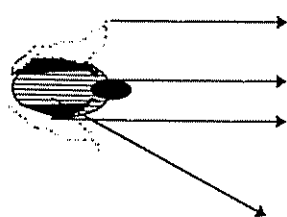
Esta diferencia (9.5%) posiblemente se debe a la dificultad de la evaluación, por el tamaño tan pequeño de las semillas. Al comparar los resultados de esta prueba con los resultados de la prueba de germinación obtenidos a nivel de laboratorio, usando la tabla para compatibilidad de los ensayos (ISTA 1993, Tabla 5C), resulta que las dos pruebas no son tolerantes (compatibles) o sea no es conveniente utilizar la inspección directa en sustitución de la prueba de germinación en laboratorio.

4.2.11.2. Prueba del tetrazolio

El Cuadro 22 muestra cinco diagramas de tinción para interpretar los resultados de la prueba de tetrazolio en semillas de *C. alliodora*.

Cuadro 22. Diagramas de tinción para interpretar los resultados de la prueba de tetrazolio en semillas de *C. alliodora*.

CLASE	VIABILIDAD	DESCRIPCION	ESQUEMA
1	Viables	Semilla con teñido homogéneo: tinción roja, uniforme en el embrión y partes esenciales.	
2	Viables	Semilla parcialmente teñida (más de la mitad), embrión con tinción uniforme y clara.	
3	Dudosas	Semilla con menos de la mitad teñida, embrión sano.	
4	No viables	Embrión sin colorear o coloreado menos de la mitad (no se toma en cuenta el resto de la semilla).	
5	No viables	Semilla y embrión sin teñir (muertos).	



Fruto

Embrión

Partes esenciales teñidas (vivas)

Partes esenciales sin teñir (muertas)

El Cuadro 23 presenta los resultados obtenidos en la prueba de tetrazolio.

Cuadro 23. Resultados de la prueba de tetrazolio en semillas de *C. alliodora*.

CLASE	REPETICIONES				PROMEDIO SEMILLAS VIABLES
	1	2	3	4	
a	38	42	47	43	42.50
b	4	5	4	3	4.00
c	12	8	9	6	8.75
d	7	9	6	15	9.25
e	39	36	34	33	35.50

Para calcular el número de semillas viables, se multiplica el promedio de las clases a y b por uno y las semillas de la clase c (se supone que solo germinará el 50%) se multiplica por 0.5. El total de semillas viables en este caso es de 50.9%.

Este porcentaje de 50.9% coincidió con los resultados obtenidos en el laboratorio (54%). Al hacer las comparaciones de la prueba topográfica al tetrazolio con la prueba de germinación llevada a cabo en laboratorio, se determinó tolerancia (ISTA 1993, Tabla 5C). Con base en lo anterior, se puede decir que el tetrazolio es una prueba que suministra resultados confiables sobre la viabilidad de un lote de semillas de *C. alliodora*.

4.2.7. Comparación del porcentaje de germinación entre experimentos

La Figura 24 muestra la viabilidad de las semillas *Cordia alliodora* según los diferentes ensayos realizados.

Bajo condiciones controladas de laboratorio, la germinación puede llegar a maximizarse; si se conocen las condiciones de germinación óptimas para cada especie en particular. Los resultados obtenidos en la prueba de germinación de rutina para laurel (antes de conocerse las mejores condiciones de germinación), fue de sólo 45% y posteriormente al utilizarse las mejores condiciones encontradas (28 oC de temperatura, arena como sustrato, pH₄ del medio, luz durante 24 horas y sin tratamientos pregerminativos la germinación fue de 54%, o sea mejoró en 20% al termino de ésta serie de experimentos.

En general, al comparar los resultados obtenidos en laboratorio con las pruebas de inspección directa se puede afirmar que ésta última sobreestima en un 17.1% el porcentaje de germinación. Mientras que el ensayo topográfico en tetrazolio y los resultados obtenidos en vivero, proporcionan valores acordes con los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio (Figura 24).

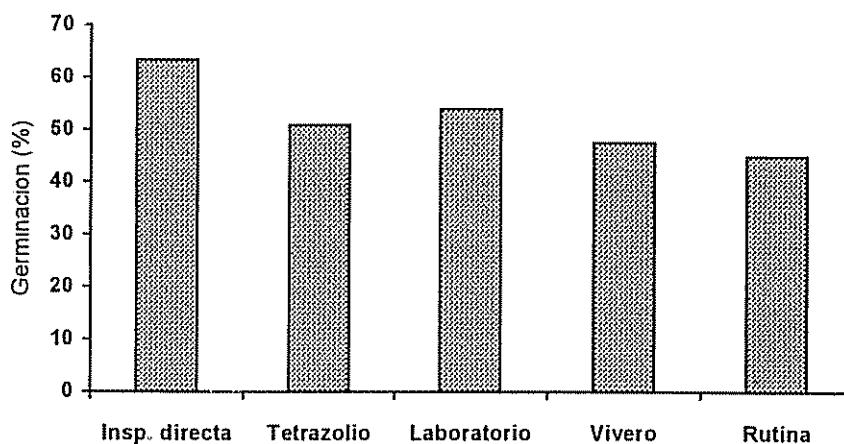


Figura 24. Porcentajes de germinación de las semillas de *C. alliodora* según los diferentes ensayos probados.

5. CONCLUSIONES

Para obtener un kg de semilla limpia y seca de **caoba** fue necesario recolectar 32 kg de frutos. En caso de la recolección del **laurel** fue necesario recolectar 9 kg de frutos para obtener un kg de semillas limpia y seca.

La mayor cantidad de tiempo en un día normal de recolección, bajo las condiciones específicas de los sitios, se invirtió en la búsqueda de los árboles aptos y con frutos maduros, siendo el tiempo efectivo de recolección de 3.3 horas por día para **caoba** y de 3.1 horas por día para **laurel**, considerado bajo; en promedio se logró recolectar 1.6 por día de **caoba** y 2 árboles por día de **laurel**.

El rendimiento de la recolección de frutos de **caoba** fue de 124.5 kg/hombre/día, correspondientes a 4.3 kg de semillas limpias y secas y de 4.9 kg/hombre/día de frutos, correspondientes a 0.65 kg de semillas limpias y secas de **laurel**.

El costo total de la recolección fue de US \$32.65/kg para **caoba** y de US \$80.25/kg para **laurel**.

En el procesamiento de frutos y semillas de **caoba** el rendimiento de la limpieza **semi-mecánica** (29.5 kg/hora/hombre) fue 12 veces mejor que el método **manual** (2.5 kg/hora/hombre).

El rendimiento de la limpieza de frutos y semillas de **laurel** fue mejor para el método totalmente **manual** cuyo rendimiento fue de 4.7 kg/hora/hombre y la limpieza **semi-mecánica** fue de 4.0 kg/hora/hombre.

Para ambas especies el secado artificialmente fue el más eficaz.

Las semillas de **caoba** pueden almacenarse temporalmente (corto plazo) con contenidos de humedad de 4 a 5%, en envases plásticos y a temperatura constante (15 °C). En cuanto al **laurel** los resultados mostraron que los tratamientos aplicados no lograrán detener el proceso de envejecimiento de las semillas.

A nivel de laboratorio, la germinación del **caoba** se inicia a los 8 días y finaliza a los 21 días; para el **laurel** la germinación se inicia a los 9 días y finaliza a los 25 días.

Una temperatura constante de 30 oC y 28 oC son necesarias para maximizar la germinación de **S. macrophylla** y **C. alliodora** respectivamente a nivel de laboratorio.

La mezcla de tierra:arena de río en proporción 1:1 es excelente para maximizar la capacidad germinativa de las semillas de **S. macrophylla**; de igual manera, la arena de río utilizada como sustrato es la más recomendable en la germinación de **C. alliodora** a nivel de laboratorio.

El pH del medio no influyó en la germinación del **caoba**, un pH ácido (4) aumentó la germinación del **laurel**.

Luz alterna (16 h luz y 8 h sin luz) para **caoba** y luz permanente durante 24 horas para el **laurel** son necesarias para aumentar la capacidad germinativa de sus semillas, a nivel de laboratorio.

El mejor tratamiento pregerminativo en la germinación de las semillas de **caoba** fue la imbibición en agua durante 24 horas. El **C. alliodora** no necesita de tratamientos pregerminativos.

La sombra debe mantenerse hasta el momento del transplante a bolsas y debe tener capacidad para filtrar el 65% de los rayos solares para **caoba**.

El **C. alliodora** a nivel de vivero debe sembrarse en eras, preferiblemente en hileras. La profundidad de siembra debe ser de dos veces el tamaño de las semillas y es indispensable el uso de sombra (polisombra o zarán con capacidad de filtrar el 65% de los rayos solares).

Al comparar los resultados obtenidos en la germinación en el vivero con la obtenida en el laboratorio se determinó, en el caso de **S. macrophylla**, que su

germinación en el vivero corresponde a un 94% de la obtenida bajo condiciones controladas, mientras que para **C. alliodora** corresponde a un 88%.

La prueba de corte o inspección directa para determinar la viabilidad de las semillas de **caoba**, es recomendable. Se necesita de un analista experimentado, con suficientes criterios para calificar las semillas objetivamente.

Para las semillas de **laurel** los resultados de la prueba de inspección directa no es confiable al compararla con los resultados obtenidos en condiciones controladas de laboratorio.

Las pruebas de tetrazolio pueden reemplazar las pruebas de germinación tradicional en laboratorio.

Cuadro 24. Resumen de los resultados obtenidos en la recolección, procesamiento, almacenaje y estandarización de las técnicas de manejo en semillas de *S. macrophylla* y *C. alliodora*.

ACTIVIDADES	<i>S. macrophylla</i>	<i>C. alliodora</i>
Recolección	Quando los frutos aún están en el árbol y antes de completar su total maduración, escalar con espolones.	Quando los frutos aún están en el árbol, en racimos, maduros, escalar con espolones.
Procesamiento	Extracción: manual Limpieza: semi-mecánica. Secado: artificial	Extracción: manual Limpieza: manual Secado: artificial
Almacenamiento temporal	Lugar: Cámara 15 oC CH: 4.3% Envase: bolsas plásticas	Lugar: 2 °C a 5 oC * CH: 6 a 7% * Envase: bolsa de polietileno *
Pruebas de laboratorio	Inicia: 8 días Finaliza: 21 días Temperatura 30 oC Sustrato Mezcla Arena:tierra pH del sustrato Neutro (7) Luz 16 horas luz y 8 horas sin luz Tratamientos pregerminativos Imbibición en agua durante 24 horas	Inicia: 9 días Finaliza: 25 días 28 oC Arena pH ₄ Luz 24 horas Sin tratamientos pregerminativos
Germinación a nivel de vivero	Inicia: 15 días Finaliza: 45 días Sombra: 65% de exposición a los rayos solares	Inicia: 15 días Finaliza: 35 días Sombra: 65% de exposición a los rayos solares
Comparación entre la germinación en laboratorio e inspección directa	Tolerantes (Compatibles)	No tolerantes (Incompatibles)
Comparación entre la germinación obtenida en laboratorio y la prueba de TTZ	Tolerantes (Compatibles)	Tolerantes (Compatibles)

* Según Triviño *et al* (1990).

6. RECOMENDACIONES

No recolectar más del 50% del total de frutos de un árbol semillero de **laurel** si el método de recolección es el corte de ramas terminales, ya que la producción en años posteriores podría verse afectada.

Si el secado de las semillas se hace exponiéndola al sol, es recomendable evitar las horas demasiado calientes del día.

En el caso de **laurel** es necesario en futuras investigaciones profundizar en los tratamientos a utilizar para almacenamientos temporales, ya que las semillas pierden la viabilidad con mucha facilidad en poco tiempo, sobre todo en lo referente a las temperaturas de almacenamiento y el tipo de envase, éste último podría reemplazarse por envases de aluminio.

En caso de utilizar el papel germinador como sustrato en la germinación de semillas de **laurel**, es recomendable desinfectar el papel con una solución de cloro al 5% y en el riego aplicar un fungicida (que puede ser Dithane M-45 en dosis de 10 g por litro de agua) para prevenir la proliferación de hongos.

El uso de soluciones de HCl o KOH, aplicadas en el riego para modificar el pH del medio de germinación puede producir efectos en el momento que las semillas absorben humedad y con ella las soluciones, sin conocerse a ciencia cierta si los cambios de la germinación se debieron realmente a la modificación del pH del medio o simplemente al efecto de las soluciones, es recomendable en investigaciones futuras profundizar sobre este tema.

7. BIBLIOGRAFIA

- BECERRA, J.E. 1979. Estado actual de los conocimientos e importancia de la investigación sobre semillas forestales tropicales. *In* Primer Curso Sobre Semillas Forestales. (4-8 junio, 1979), Bogotá, Colombia. Coordinado por Proyecto Investigaciones y Desarrollo Industrial Forestal COL/74/005-INDERENA-PNUD-FAO-CONIF-ACIF. 13 P.
- BERMUDEZ, R.F. 1993. Efecto de Cuatro Dosis d Vitavax y Benlate en el Porcentaje de Germinación del *Cordia alliodora* en Costa Rica. *In* II Convención Centroamericana de Semillas Forestales. [Memoria]. (1993, Siguatepeque, Honduras, C.A.) p. 240-259.
- BERTONI, R.; JUAREZ, V.M.; 1980. Comportamiento de nueve especies forestales tropicales plantadas en 1971 en el campo experimental forestal tropical "El Tormento". *In* Ciencia Forestal Revista del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF), México, 1980. Boletín técnico No. 25. vol.5. p.3-7
- BONNER, F.; VOZZO, J. 1990. Storing recalcitrant tropical forest tree seeds. *In* Seminario Taller sobre Investigaciones en Semillas Forestales (1988, Bogotá, Colombia). [Memoria]. Ed. Triviño, T.; Jara, L. Bogotá, Colombia, Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF). p. 139-141.
- BRISABOA, P.G.; FAJARDO, R. 1986. La repoblación forestal en República Dominicana: Especies Recomendadas. Santo Domingo, R.D. P.11. IICA Publicaciones Misceláneas No. A1/DO-86-002.
- BURGOS, J.A.; 1954. Un estudio de la silvicultura de algunas especies forestales en Tingo María, Perú. *In* The Caribbean Forester. U.S. Department Of Agriculture Forest Service. Tropical Forest Experiment Station, Río Piedras, Puerto Rico. Vol. 15. Nos 1-2. p 16-17.
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (CATIE). 1994. Catálogo de semillas forestales. Lista de Existencia y Precios de Semillas Forestales. CATIE, PROSEFOR-BLSF. 7 p.

- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (CATIE). 1994. Laurel. *Cordia alliodora* (Ruiz y Pavón) Oken. Especie de árbol de uso múltiple en América Central. (MADELEÑA-3), CATIE/USAID/G-CAP/RENARM Y FINNIDA/PROCAFOR/Proyecto1/FUNDECOR. MIRENEN. Area de Manejo y Silvicultura de Bosques Tropicales, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica No. 39. 41 p.
- CORTES SAENZ, E.F. 1990. Ensayos sobre métodos de recolección y transporte de frutos y semillas forestales. In CONIF- Seminario Taller Sobre Investigación en Semillas Forestales Tropicales. [Memorias]. Ed: T.T. Dias y L.F. Jara. Serie Documentación No. 18. Colombia. p. 119-138.
- CZABATOR, F.J. (1962). Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. Forest Science Vol. 8, 386-396.
- DEL CASTILLO, A.R.; TRUJILLO, E. 1990. Estudios fisiológicos en semillas de tomate de árbol. INDERENA (PAFC-PLANIF). Bogotá, Colombia, Diciembre 1990. 7-40 p.
- DELOUCHE, J.C.; STILL, T.W.; RASPET, M.; LIENHARD, M. 1962. Prueba de viabilidad de la semilla con tetrazol. México, Agencia para el Desarrollo Internacional (AID) 71 p.
- DJAVANSHIER, K.; POURBEIK, H. (1976). Germination value - a new formula. Silvae genética. Vol. 25, 79-83.
- ESTACION BIOLOGICA LA SELVA. 1992. Segundo encuentro regional sobre especies forestales nativas de la zona norte y atlántica de Costa Rica. Sarapiquí, C.R. 24-25 set. 1992. p. 38-42.
- ESTACION DE ENSAYOS DE SEMILLAS. 1979. Manual para evaluación de plantulas en análisis de germinación. Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero. Madrid, España. 129 p.
- FLINTA, C.M.; 1960. Prácticas de plantación forestal en América Latina. Roma, FAO. p. 105-313.

- GALLARDO, J. 1989. Estudio de mercado de plantas y semillas forestales en el cantón de Hojanca, Costa Rica. Madeleña, CATIE-ROCAP 596-0117. Informes de Consulta, 1989. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p.20.
- GALLEGOS, F.; 1980. Situación concreta de las investigaciones realizadas sobre *Hypsipilla grandella zeller* en el sureste de México. In Ciencia Forestal Revista del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF), México, 1980. Boletín técnico No. 28. vol.5. nov.-dic. p. 17-23.
- GARZA LOPEZ DE LARA, P.; ORTEGA, C. 1980. Efecto de la temperatura sobre la germinación de cinco especies tropicales. San Felipe, México, octubre, 1980. In Memoria, Méjico D.F. Instituto Nacional de Investigación Forestal 281-198.
- GIL B.P.; FAJARDO K.R. 1986. La Repoblación forestal en República Dominicana: Especies Recomendadas. IICA. Publicación Miscelanea No. A1/DO-86-002. R.D. 43 p.
- HOLDRIDGE, L.R.; 1967. Life zone ecology. 2a. ed. San José, Costa Rica, Tropica Science Center. 206 p.
- INSTITUTO NICARAGUENSE DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE (IRENA). 1992. Arboles forestales utiles para su propagación. (Mayo, 1992). Servicio Forestal Nacional, Managua, Nicaragua. p. 85-88.
- INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA (ITCR). 1990. I encuentro regional sobre especies forestales nativas de la zona norte y atlántica (1989, Chilamate, Sarapiquí, C.R.). [Memoria]. Eds. González, J.E.; Butterfield, R.; Segleau, J.; Espinoza, M.C. Cartago, Costa Rica. 46 p.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. 1976. International rules for seed testing. Seed Science and Technology (Switzerland) 209 p.
- JARA, L.F.; VALLE, M.; SALINAS, J. 1994. Producción, rendimientos y costos de recolección y procesamiento de semillas forestales en El Salvador. CATIE-PROSEFOR. 19 p.

- JARA, L. F. 1995. Producción y rendimientos de diez especies tropicales en Centro América. Proceedings XX IUFRO world congress, Tampere, Finlandia August 6-12, 1995. 194 p.
- JOHNSON, P.; MORALES, R.A.; 1972. Review of *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. Turrialba, Costa Rica, 22 (2): 210-220.
- KAGEYAMA, P.Y.; MARQUEZ, F.C.M. 1983. Comportamiento de semillas de corta longevidad almacenadas con diferentes contenidos de humedad inicial: Género *Tabebuia*. In Reunión Sobre Problemas en Semillas Forestales Tropicales. México, D.F., México, 1983. Publicación Especial No. 40. Tomo II. p. 13-18.
- KRIEK, W. 1985. Hacia el uso de semillas mejoradas en Costa Rica. In Primer Taller Nacional Semillas y Viveros Forestales. (1985, Cartago, Costa Rica). Memoria del Taller. Ed. Rojas, F.R. 1985. Cartago, Costa Rica. ITCR. p. 97-115.
- LUYANDO, G.B. 1968. Proyecto de estudios de procedencia en **Caoba** y **Cedro** para mejorar su resistencia al ataque de *Hypsipilla grandella*. In Séptima Convención Forestal del Sureste. (marzo 1968, Jalap Veracruz, México). [Memoria]. México. p.399-403.
- McCAFFREY, D.; 1969. Management of **laurel**, *Cordia alliodora*, on farms in San Carlos and Sarapiquí, Costa Rica. Masters Thesis. 103 p.
- MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO EN EL CARIBE (ENDA-CARIBE). 1991. Crecimiento inicial de catorce especies maderables locales eintroducidas en Zambrana-Chacuey, Cotuy, Provincia Sánchez Ramírez, República Dominicana. ed. INAF/MISEREOR/enda-caribe. Santo Domingo, R.D. 1991. p.6-16.
- MESEN, F. 1994. Clasificación de fuentes de producción de semillas forestales. In Curso Corto Sobre Selección y Manejo de Rodales Semilleros. [Memoria]. PROSEFOR, CATIE/Danida. CENCADE - CEL, San Salvador, El Salvador, Sep.de 1994. p.11-15.

- MINISTERIO DE AGRICULTURA - INSTITUTO DE RECURSOS NATURALES (INDERENA), 1992. Determinación morfológica y anatómica de semillas en cinco especies forestales. No.49. Santa Fe de Bogotá, Colombia. 95 p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA - INSTITUTO DE RECURSOS NATURALES (INDERENA), 1992. " 20 Años de Experiencia en viveros forestales. No. 44. Santa Fe de Bogotá, Colombia. 120 p.
- MONTALVO, J. M.; PEÑA, A.; CASTILLO, E.; SORDO, L. 1991. Características de la calidad intrínseca de las semillas de *Swietenia macrophylla*. In Revista Baracoa 21 (2-3), 1991. Habana, Cuba p. 75-84.
- NIEMBRO, A. 1990. La composición química de las semillas y su efecto en su conservación. In Seminario Taller sobre Investigaciones en Semillas Forestales (1988, Bogotá, Colombia). [Memoria]. Ed. Triviño, T.; Jara, L. Bogotá, Colombia, Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF). p 111-118.
- PATIÑO, V.; VILLAGOMEZ, A. 1976. Los análisis de semillas y su utilización en la propagación de especies forestales. México, Instituto Nacional de Investigación Forestal. 26 p.
- POPINIGIS, F. 1977. Fisiología da semente. Ministerio de Agricultura, AGILPAN. Brasil. Banco Interamericano de Desenvolvimento Empréstimo 327/SF-BR. 1977. 289 p.
- PORRAS, J.M; LUYANO, G.B.; 1974. "Es posible mediante el sistema taungya aumentar la productividad de los bosques tropicales en México!". Secretaria de Agricultura y Ganadería, Subsecretaria Forestal y de la Fauna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, México, D.F. Boletín Técnico No. 39. Junio de 1974. 39 p.
- RAMOS, A. 1990. Técnicas para análise de sementes de Bracatinga, *Mimosa scabrella*. Informe da Pesquisa (Brasil) No. 95: 9-16.
- STEINER, J.; GRABE, D.; TULO, M. 1989. Seed physiology, production and technology. Crop Science (EE.UU) 29(3):782-786.

- TRIVIÑO, T. 1979. Pruebas rápidas de viabilidad: Excisión del embrión (EET), rayos X, tetrazolio (TTC/TTB) e índigo carmín. In Primer Curso Sobre Semillas Forestales. (4-8 Junio, 1979), Bogotá, Colombia. Coordinado por Proyecto Investigaciones y Desarrollo Industrial Forestal - Col/74/005-INDERENA-PNUD-FAO-CONIF-ACIF. 20 P.
- ; ACOSTA, R. de; CASTILLO, A. 1989. Investigación de los componentes sanitarios y fisiológicos en semillas de seis especies forestales tropicales en Colombia. In Memorias Seminario-Taller sobre Investigaciones en Semillas Tropicales. (1988, oct.26-28, Bogotá). Eds. T. Triviño y L.F. Jara, CONIF. Serie de Documentación No. 18. p. 119-138.
- ; ACOSTA, R. de; CASTILLO, A. 1990. Técnicas de manejo de semillas para algunas especies forestales neotropicales en Colombia. Mejoramiento de Semillas y Fuentes Semilleras en Colombia. Proyecto Cooperativo: CONIF - INDERENA - CIID. Mayo 1990, Bogotá, Colombia. Serie de Documentación No. 19. 91 p.
- TRUJILLO, E. 1979. Notas generales sobre semillas forestales selección, recolección y manejo. In Primer Curso Sobre Semillas Forestales. (4-8 de junio 1979), Bogotá, Colombia. Proyecto Investigaciones y Desarrollo Industrial Forestal-COL/74/005, INDERENA, PNUD, FAO, CONIF, ACIF. 30 p.
- TRUJILLO, E.N. 1986. Manual general sobre uso de semillas forestales. Inderena, Bogotá, 55 p.
- TRUJILLO, E. N. 1993. Establecimiento de la variación del porcentaje de germinación en laboratorio y vivero para 15 especies forestales. In II Convención Centroamericana de Semillas Forestales. (1993, Siguatepeque, Honduras). [Memoria]. p.197- 215.
- ROJAS CARMEN, E.A. 1989. Germinación de catorce especies forestales en San Ramón. Banco de semillas, Estación experimental forestal. San Ramón, Costa Rica. Documento No. 67. 41. p.
- SALAS, G. DE LAS. 1980. El laurel (*Cordia alliodora*), una especie forestal prometedora para el trópico americano: evidencias en Colombia y Costa Rica. In Simposio IUFRO/MAB/Servicio Forestal: Producción de Madera en los

Neotropicos por Medio de Plantaciones. (1980, Puerto Rico) (Actas). p. 274-286.

SALAZAR, R.; BOSHIER, D. 1989. Establecimiento y manejo de rodales semilleros de especies forestales prioritarias en América Central. Informe Técnico No.148. (MADELEÑA) CATIE-ROCAP 596-0117, 1989. Turrialba, Costa Rica. p. 10-11.

SALAZAR, R. 1994. Valoración de la calidad de las semillas. (Notas de clase).

WILLAN, R.L. 1991. Guía para la manipulación de semillas Forestales. Roma, Italia, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 502 p.

YACUBSON, D. 1983. Principios fundamentales de los seres vivos. In Reunión sobre Problemas en Semillas Forestales Tropicales (1983, Quintana Roo, México). [Memoria]. México, Instituto Nacional de Investigaciones. p 149-162.

8. ANEXOS

2

ANEXO 1.

Registro de información general

ANEXO 2.

Registro analisis de laboratorio

Cuadro A3. Resultados del análisis de varianza para lugares, contenido de humedad, envases y épocas en el almacenamiento temporal de semillas de *S. macrophylla*. Datos transformados (Arcoseno \sqrt{x})

Fuente de variación	gl	CM	SIG
Lugar	2	5005.86	**
Rep	3	62.55	NS
Lugar*Rep	6	8.83	NS
Humedad	2	8929.93	**
Envase	1	2153.95	**
Humedad*Envase	2	953.97	**
Lugar*Humedad	4	957.68	**
Lugar*Envase	2	886.48	**
Lugar*Humedad*Envase	4	927.51	**
Lugar*Rep*Humedad*Envase	45	18.11	NS
Epocas	2	5019.22	**
Lugar*Epocas	4	1513.40	**
Humedad*Epocas	4	1062.37	**
Envase*Epocas	2	374.92	**
Lugar*Humedad*Envase*Epoca	24	337.66	**
Error	108	26.91	

gl - Grados de libertad

CM - Cuadrado medio

** - Significativo al nivel 0.01

* - Significativo al nivel 0.05

NS - No significativo

PRUEBA DE DUNCAN

Tratamientos (Lugares)	Promedio de semillas germinadas	Significancia
Camara 15 oC	60.05	A
Bodega	46.01	B
Ambiente	45.22	B

Promedios con diferentes letras presentan diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), según la prueba de Duncan.

Contenido de humedad		
CH 4.3%	63.28	A
CH 7.9%	44.40	B
CH 11.0%	43.61	B

Promedios con diferentes letras presentan diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), según la prueba de Duncan.

Cont.....

Envases

Plásticos	53.59	A
Herméticos	47.27	B

Promedios con diferente letras presentan diferencias significativas (< 0.05), según la prueba de Duncan.

Epoca

2 meses	58.4	A
4 meses	51.1	B
6 meses	41.8	C

Promedios con diferente letras presentan diferencias significativas (< 0.05), según la prueba de Duncan.

Interacciones

Humedad

	4.8%	7.9%	11%
Lugar			
Cámara 15 °C	65.6	56.7	56.2
Bodega	63.4	26.9	23.2
Ambiente	58.1	11.8	13.9

Envase

	Bolsas plásticas	Herméticos
Lugar		
Cámara 15 °C	60.2	58.8
Bodega	49.4	26.4
Ambiente	26.2	29.6

Envase

	Bolsas plásticas	Herméticos
CH		
4.8%	59.1	65.5
7.9%	41.2	22.5
11%	35.4	26.8

Cuadro A4. Resultados del análisis de varianza para la variable temperatura evaluada en la germinación de semillas de *S. macrophylla*. Datos transformados (arcoseno \sqrt{x}).

Fuente de Variación	gl	CM	SIG
Tratamientos	2	173.38	**
Repeticiones	2	25.49	NS
Error	4	10.59	

gl - Grados de libertad

CM - Cuadrado medio

** - Significativo al nivel 0.01

NS - No significativo

PRUEBA DE DUNCAN

Temperatura	30 °C	66.2	A
Temperatura	28 °C	65.8	A
Temperatura	32 °C	65.7	A
Temperatura	34 °C	55.4	B
Temperatura	26 °C	52.7	B

Promedios con diferentes letras presentan diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), según la prueba de Duncan.

Cuadro A5. Resultados del análisis de varianza para las variables sustratos, pH del medio y luz evaluadas durante la germinación de semillas de *S. macrophylla*. Datos transformados (arcoseno \sqrt{x}).

Fuente de variación	gl	CM	SIG
Bloque	3	55.03	NS
Sustrato	2	681.15	**
pH	2	43.54	NS
Luz	1	163.73	*
Sustrato x pH	4	44.14	NS
Sustrato x luz	2	81.17	*
pH x luz	2	50.21	NS
Sust x pH x luz	4	22.44	NS
Error	51	24.92	

gl - Grados de libertad

CM - Cuadrado medio

** - Significativo al nivel 0.01

* - Significativo al nivel 0.05

NS - No significativo

PRUEBA DE DUNCAN

Tratamientos (Sustratos)	Porcentaje de semillas germinadas	Significancia
Arena-tierra	62.01	A
Tierra	58.95	B
Papel germinador	51.64	C

Promedios con diferentes letras presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

pH del medio		
pH ₄	58.45	A
pH ₇	58.13	A
pH ₁₀	55.99	A
Luz		
16 h luz y 8 sin luz	59.04	A
Luz 24 horas	56.03	B

Promedios con diferente letras presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

Interacciones

Sustrato	Luz	
	24 h luz	16 h luz
Arena	59.6	58.3
Tierra:arena	59.6	64.5
Papel	49.0	54.6

Cuadro A6. Resultados del análisis de varianza para los tratamientos pregerminativos evaluados durante la germinación de semillas de *S. macrophylla*.

Datos transformados ($\arcseno \sqrt{x}$).

Fuente de variación	gl	CM	SIG
Tratamientos	5	38.57	*
Repeticiones	3	1.26	NS
Error	15	8.92	

gl - Grados de libertad

CM - Cuadrado medio

* - Significativo al nivel 0.05

NS - No significativo

PRUEBA DE DUNCAN

Tratamientos	Porcentajes de semillas germinadas	Significancia
Agua 24 horas	61.4	A
Giberelina 500 ppm	58.7	A B
Giberelina 100 ppm	58.1	A B C
Giberelina 10 ppm	56.0	B C
Testigo (Sin trat.)	53.7	C
Corte	53.4	C

Promedios con diferentes letras presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

Cuadro A7. Resultados del análisis de varianza para los tratamientos de sombra evaluados durante la germinación de semillas de *S. macrophylla* a nivel de vivero.

Datos transformados ($\arccos \sqrt{x}$).

Fuente de variación	gl	CM	SIG
Tratamientos	2	349.52	**
Repeticiones	3	14.24	NS
Error	6	10.20	

gl - Grados de libertad

CM - Cuadrado medio

** - Significativo al nivel 0.01

NS - No significativo

PRUEBA DE DUNCAN

65% de exposición	63.26	A
25% de exposición	56.07	B
Exposición completa	44.72	C

Promedios con diferentes letras presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

Cuadro A8. Resultados del análisis de varianza de la materia seca para los tratamientos de sombra utilizados en la evaluación del desarrollo y vigor de las plántulas durante la germinación de semillas de *S. macrophylla* a nivel de vivero.

Fuente de variación	gl	CM	SIG
Tratamientos	2	13.03	**
Repeticiones	3	0.78	NS
Error	6	0.21	

gl - Grados de libertad

CM - Cuadrado medio

** - Significativo al nivel 0.01

NS - No significativo

PRUEBA DE DUNCAN

65% de exposición	7.59	A	
25% de exposición	6.07		B
Exposición completa	3.99		C

Promedios con diferentes letras presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

Cuadro A9. Resultados del análisis de varianza para lugares, contenido de humedad, envases y épocas en el almacenamiento temporal de semillas de *C. alliodora*.

Datos transformados (arcoseno \sqrt{x}).

Fuente de variación	gl	CM	SIG
Lugar	2	2421.28	**
Rep	3	7.78	NS
Lugar * Rep	6	8.56	NS
Humedad	2	396.64	**
Envase	1	2.32	NS
Humedad * Envase	2	3060.99	**
Lugar * Humedad	4	93.38	**
Lugar * Envase	2	9.62	NS
Lugar * Humedad * Envase	4	365.27	**
Lugar * Rep * Humedad * Envase	45	10.94	NS
Épocas	1	3884.23	**
Lugar * Épocas	2	74.13	**
Humedad * Épocas	2	131.86	**
Envase * Épocas	1	5.57	NS
Lugar * Humedad*Envase*Épocas	12	67.57	**
Error	54	8.76	

gl - Grados de libertad

CM - Cuadrado medio

** - Significativo al nivel 0.01

* - Significativo al nivel 0.05
NS - No significativo

PRUEBA DE DUNCAN

Tratamientos (Lugares)	Porcentajes de semillas germinadas	Significación
Camara °C	25.90	A
Ambiente	15.27	B
Bodega	12.43	C

Promedios con diferentes letras presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

Contenido de humedad		
CH 4.8%	20.35	A
CH 8.1%	18.53	B
CH 13.0%	14.72	C

Promedios con diferentes letras presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

Envases		
Piásticos	17.99	A
Herméticos	17.74	A

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas (< 0.05), según la prueba de Duncan.

Cuadro A10. Resultados del análisis de varianza para la variable temperatura evaluada en la germinación de semillas de *C. alliodora*.

Datos transformados (arcoseno \sqrt{x}).

Fuente de variación	gl	CM	SIG
Tratamientos	2	148.14	**
Repeticiones	2	4.85	NS
Error	4	2.73	

gl - Grados de libertad
CM - Cuadrado medio
** - Significativo al nivel 0.01
NS - No significativo

PRUEBA DE DUNCAN

Temperatura	30 °C	47.15	A
Temperatura	34 °C	43.85	B
Temperatura	26 °C	35.36	C

Promedios con diferentes letras presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

Cuadro A11. Resultados del análisis de varianza para las variables sustratos, pH del medio y luz evaluadas durante la germinación de semillas de *C. alliodora*.

Datos transformados (arcoseno \sqrt{x}).

Fuente de variación	gl	CM	SIG
Bloque	3	10.43	NS
Sustrato	2	130.04	**
pH	2	232.12	**
Luz	1	24.89	NS
Sustrato * pH	4	125.81	**
Sustrato * Luz	2	6.24	NS
pH * Luz	2	11.95	NS
Sustrato * pH * Luz	4	41.65	*
Error	51	11.25	

gl - Grados de libertad

CM - Cuadrado medio

** - Significativo al nivel 0.01

* - Significativo al nivel 0.05

NS - No significativo

PRUEBA DE DUNCAN

Tratamientos (Sustratos)	Porcentaje de semillas germinadas	Significancia
Papel germinador	42.60	A
Arena	38.82	B
Tierra : Arena	38.35	B

Promedios con diferentes letras presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

pH del medio		
pH ₄	42.40	A
pH ₁₀	40.93	A
pH ₇	36.43	B

Luz		
Luz 24 horas	40.51	A
16 h luz y 8 h sin luz	39.33	A

Promedios con diferente letras presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

Interacciones

Sustrato	pH		
	pH ₄	pH ₇	pH ₁₀
Arena	41.2	37.7	37.4
Tierra:arena	39.4	37.5	38.1
Papel	46.5	34.0	47.2

Sustrato	pH			
	pH ₄	pH ₇	pH ₁₀	
Arena	41.1	41.3	35.7	luz 24 h
Arena	39.7	39.6	35.3	luz 16 h
Tierra:arena	40.2	38.6	37.4	luz 24 h
Tierra:arena	37.6	40.2	35.9	luz 16 h
Papel	45.6	47.4	37.7	luz 24 h
Papel	30.3	46.9	47.6	luz 16 h

Cuadro A12. Resultados del análisis de varianza para los tratamientos pregerminativos evaluados durante la germinación de semillas de *C. alliodora*.

Datos transformados (arcoseno \sqrt{x}).

Fuente de variación	gl	CM	SIG
Tratamientos	4	68.96	*
Repeticiones	3	8.17	NS
Error	12	13.02	

gl - Grados de libertad

CM - Cuadrado medio

* - Significativo al nivel 0.05

NS - No significativo

PRUEBA DE DUNCAN

Tratamientos	Porcentajes de semillas germinadas	Significancia	
Testigo (Sin trat.)	41.99	A	
Agua 15 minutos	37.50	A	B
Giberelina 10 ppm	34.44	A	B
Giberelina 100 ppm	32.87		B
Giberelina 500 ppm	31.62		B

Promedios con diferentes letras presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

Cuadro A13. Resultados del análisis de varianza para los tratamientos de sombra evaluados durante la germinación de semillas de *C. alliodora*

a nivel de vivero. Datos transformados (arcoseno \sqrt{x}).

Fuente de variación	gl	CM	SIG
Tratamientos	2	386.81	**
Repeticiones	3	1.16	NS
Error	6	4.47	

gl - Grados de libertad

CM - Cuadrado medio

** - Significativo al nivel 0.01

NS - No significativo

PRUEBA DE DUNCAN

65% de exposición	43.57	A	
25% de exposición	41.12	A	
Exposición completa	25.44		B

Promedios con diferentes letras presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

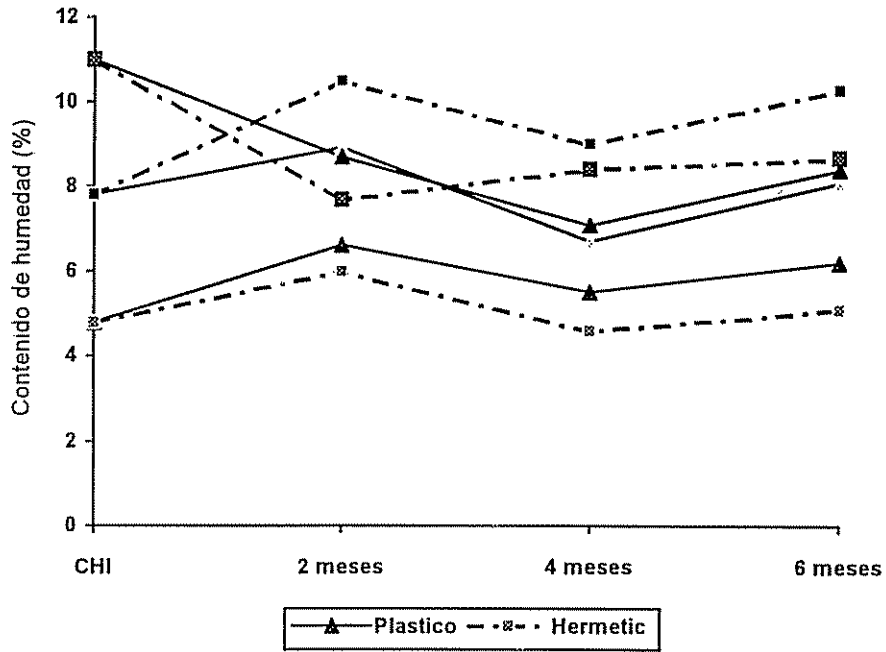


Figura A1. Tendencia del contenido de humedad inicial (CHI) en base al tipo de envase utilizado durante 6 meses de almacenamiento temporal de semillas de *S. macrophylla*.

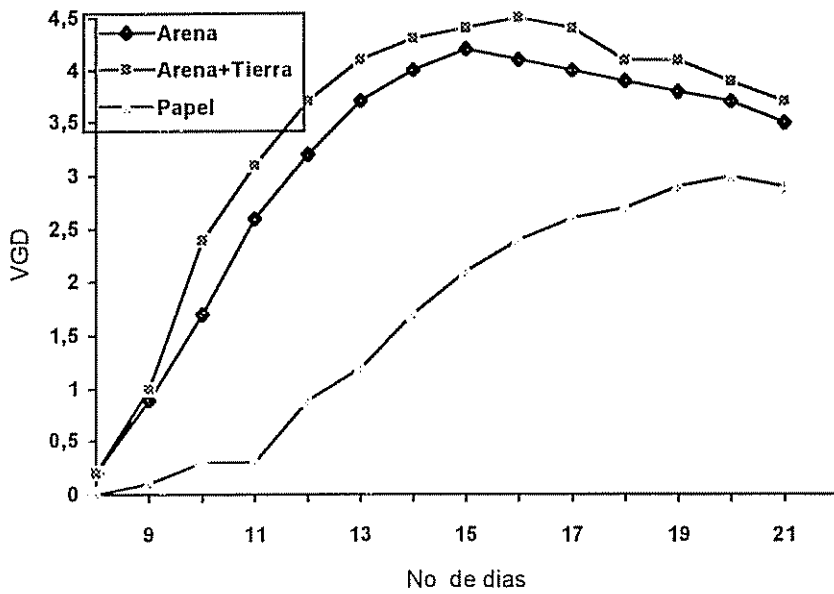


Figura A2. Efecto del sustrato en la velocidad de germinación de las semillas de *S. macrophylla*.

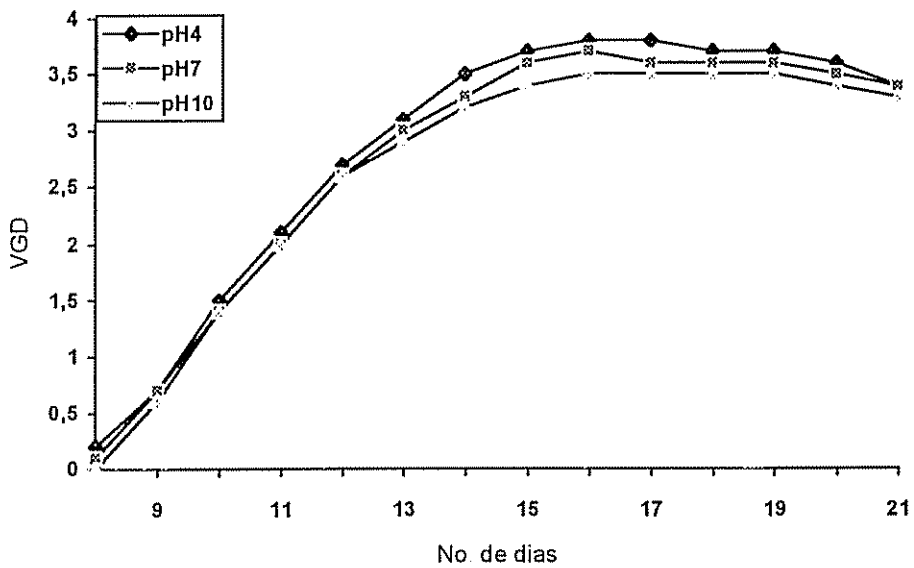


Figura A3. Efecto del pH del medio en la velocidad de germinación de semillas de *S. macrophylla*.

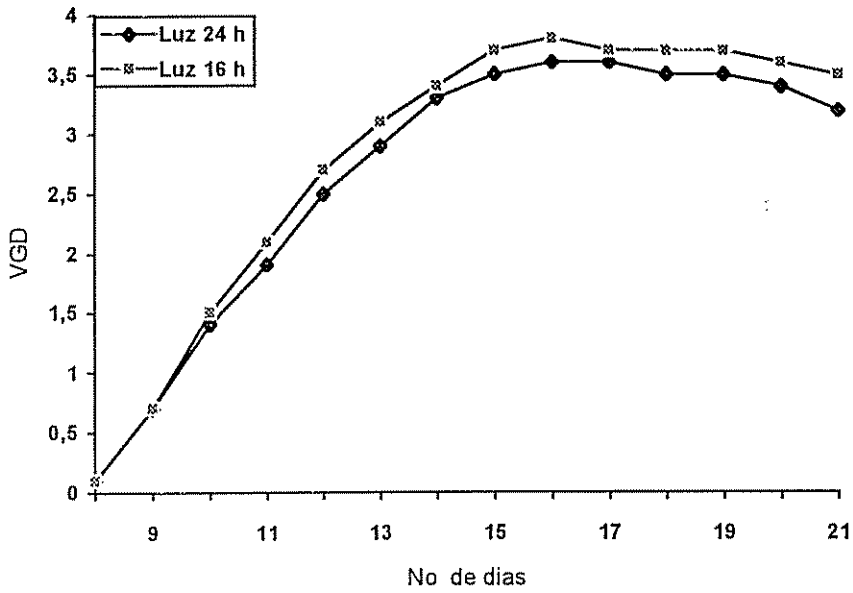


Figura A4. Efecto de la luz en la velocidad de germinación de las semillas de *S. macrophylla*.

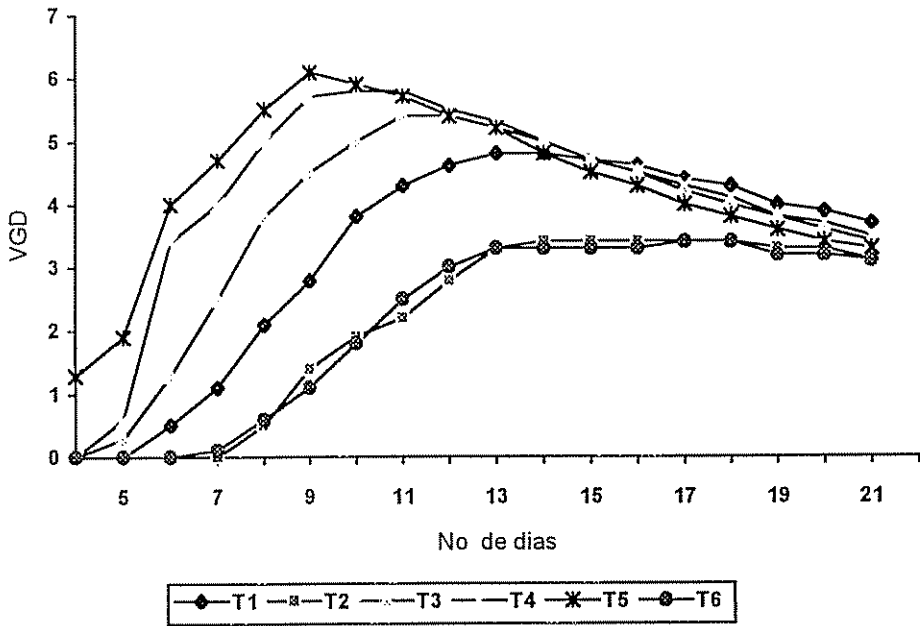


Figura A5. Efecto de los tratamientos pregerminativos en la velocidad de germinación de las semillas de *S. macrophylla*.

- | | |
|-----------------|------------------|
| T1- Agua 24 h | T4- Gib. 100 ppm |
| T2- Testigo | T5- Gib. 500 ppm |
| T3- Gib. 10 ppm | T6- Corte |

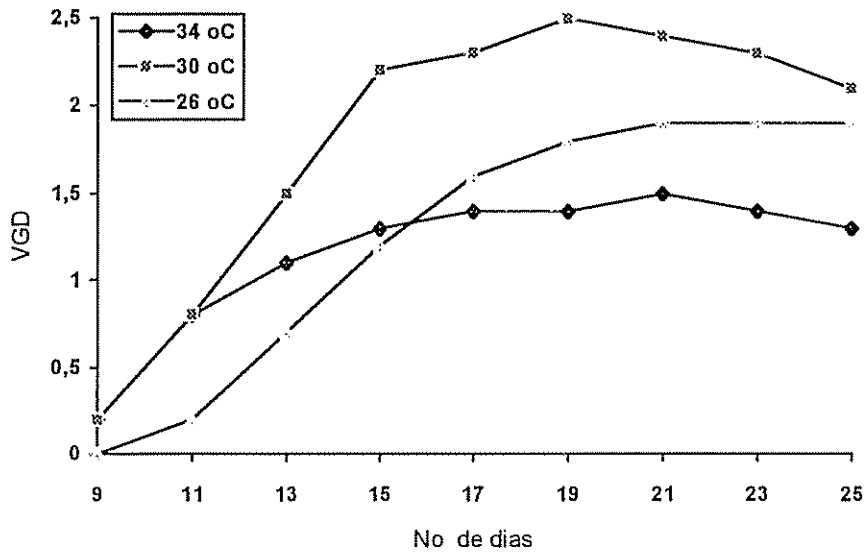


Figura A8. Efecto de la temperatura en la velocidad de germinación de las semillas de *C. alliodora*.

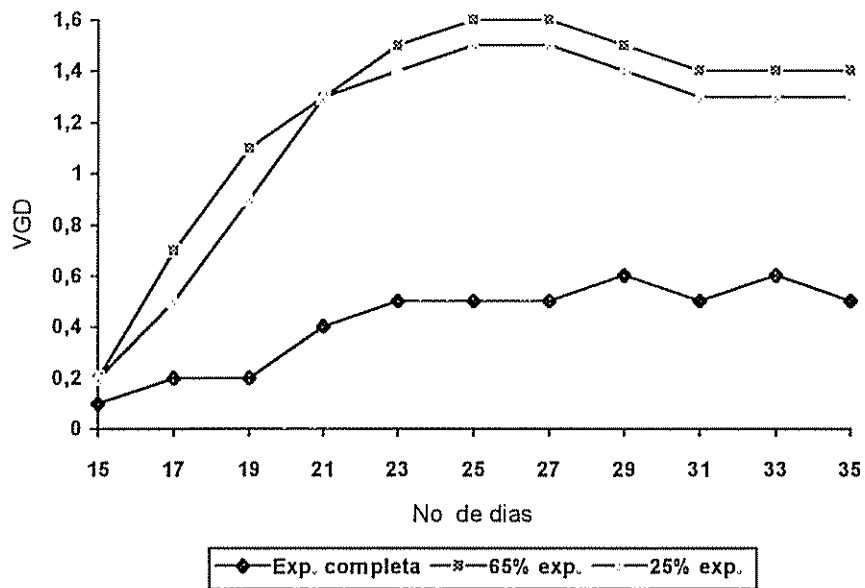


Figura A9. Efecto de la luz solar en la velocidad de germinación de las semillas de *C. alliodora*.